Collection GADO

SCIENCES PHYSIQUES

Le plus grand recueil de cours, d'exercices et de sujets d'examen corrigés

Terminales C, D et E (10ème édition)



Rappel de cours de Physique et de Chimie

Exercises et problèmes variés

Sujets de Bac C, D et E (Bénin)

Epreuves internationales

(Togo, Niger, Cote d'ivoire, Nouvelle Calédonie, Réunion)

Corrigés des exercices et des sujets d'examen

Sous la direction de: *I. Gado, Ph.D. Docteur en Education*

En collaboration avec: *Kelani Raphaël, Issa Oumarou et Badjo Moussa*

SCIENCES PHYSIQUES

Terminales C, D & E

(10ème édition)
Le répertoire des savoir et savoir-faire

Sous la direction de :

I. GADO, Ph.D.
Docteur en Education (Curriculum et Instruction)
Professeur Certifié de Sciences Physiques

En collaboration avec :

KELANI R. Raphaël
Master of Arts en Curriculum et Instruction
Professeur Certifié de Sciences Physiques (Bénin)

Issa Oumarou
Professeur Certifié de Sciences Physiques (Niger)

BADJO Moussa
Professeur Certifié de Sciences Physiques (Niger)

COLLECTION GADO

Classe de Cinquième
(2ème Edition)
Classe de Quatrième
(3ème Edition)
Classe de Troisième
(8ème Edition-2001)
Classe de Seconde Bénin-Togo-Niger
(3ème Edition-2000)
Classe de Première
(3ème Edition)
Classe de Terminales C, D & E
(10ème Edition)

Directeur et Editeur de la Collection :
I. GADO, Ph.D.
Professeur Certifié de Sciences Physiques
Docteur en Education (Curriculum et Instruction)

Conseiller à la rédaction :
Bénoît ADOUKONOU
Inspecteur de l'Enseignement Secondaire
en Sciences Physiques.

Conception Artistique
Groupe GADO Informatique

Sponsor :
Centre d'Action pour la Promotion de l'Enseignement des Sciences et de la Technologie (C.A.P.E.S.T.)

SOMMAIRE

Préface....4
Sommaire....5
Programme de Sciences Physiques Terminale D....7
Programme de sciences Physiques Terminales C et E....10
Conseils et recommandations....13

PREMIERE PARTIE : RAPPEL DE COURS ET EXERCICES DE CHIMIE

C_1 - Généralités sur les solutions aqueuses....15
C_2 - Produit ionique de l'eau et pH....19
C_3 - Acides forts et bases fortes....23
C_4 - Acides faibles et bases faibles Couples acide-base....29
C_5 - Réaction entre un acide fort et une base forte....36
C_6 - Réaction acide faible - base forte ; réaction acide fort - base faible....44
C_0 - Notion de stéréochimie....57
C_7 - Les alcools, les aldéhydes et les cétones....63
C_8 - Les amines....76
C_9 - Les acides carboxyliques et leurs dérivés....84
C_{10} - Estérifications - Hydrolyse - Saponification....92
C_{11} - Les acides α-aminés....101
C_{12} - Cinétique chimique....109

DEUXIEME PARTIE : RAPPEL DE COURS ET EXERCICES DE PHYSIQUE

MECANIQUE

P_1 – Cinématique....120
P_2 – Mouvement du centre d'inertie d'un solide....131
P_3 – Interaction gravitationnelle. Mouvement des satellites. (Série C uniquement)....143
P_4 – Mouvement d'une particule soumise à une force constante dans le champ de pesanteur....152
P_5 – Mouvement d'une particule soumise à une force constante dans le champ électrique....161
P_6 – Pendule élastique....168

ELECTROMAGNETISME

P_7 – Champ magnétique et action du champ magnétique sur une particule chargée....180
P_8 – Action du champ magnétique sur un circuit parcouru par un courant : Loi la Laplace....192
P_9 – Induction électromagnétique et auto-induction....197
P_{10} – Circuits oscillants....206
P_{11} – Circuits R.L.C. en régime sinusoïdal forcé....215

OPTIQUE
P_{12} – optique : les lentilles minces.....229

PHYSIQUE ATOMIQUE ET NUCLEAIRE

P_{13} – Niveaux d'énergie dans un atome.....238
P_{14} – Noyau atomique et réactions nucléaires.....247

TROISIEME PARTIE : SUJETS D'EXAMEN (BAC) PROPOSES AU BENIN

Sujet 1 : Baccalauréat 1995/Série D (Bénin) Session de remplacement 264
Sujet 2 : Baccalauréat 1995/Série C (Bénin) Session de remplacement 267
Sujet 3 : Baccalauréat 1996/Série D (Bénin) Session normale.....270
Sujet 4 : Baccalauréat 1996/Série C/E (Bénin) Session normale 272
Sujet 5 : Baccalauréat 1998/Série D (Bénin) Session normale 276
Sujet 6 : Baccalauréat 1998/Série C/E (Bénin) Session normale 280
Sujet 7 : Baccalauréat 1999/Série D (Bénin) Session de remplacement 284
Sujet 8 : Baccalauréat 2000/Série C/E (Bénin) Session de remplacement 288
Sujet 9 : Baccalauréat 2000/Série D (Bénin) Session de remplacement 292
Sujet 10 : Baccalauréat 2000/Série C (Bénin) Session de remplacement 296
Sujet 11 : Baccalauréat 2001/Série C (Bénin) 299
Sujet 12 : Baccalauréat 2001/Série D (Bénin) 302
Sujet 13 : Baccalauréat 2002/Série D (Bénin) Session de remplacement 306
Sujet 14 : Baccalauréat 2002/Série C (Bénin) Session de remplacement 309

QUATRIEME PARTIE : EPREUVES INTERNATIONALES D'EXAMEN
(Epreuves du Togo, Niger, Côte d'Ivoire, Antilles, Réunion, Nouvelle Calédonie)
Epreuve 1 : Baccalauréat 1991/Série D (Côte-d'Ivoire) Session de remplacement 314
Epreuve 2 : Baccalauréat 1991/Série D (Côte-d'Ivoire) Session normale.....316
Epreuve 3 : Baccalauréat 1998/Série C/E (Niger) 318
Epreuve 4 : Baccalauréat 1999/Série C/E (Niger) 321
Epreuve 5 : Baccalauréat 2000/Série D (Niger).....324
Epreuve 6 : Baccalauréat 2001/Série D (Niger).....326
Epreuve 7 : Baccalauréat 2002/Série D (Niger) 329
Epreuve 8 : Baccalauréat Technologique Session juin 1998 (Antilles).....331
Epreuve 9 : Baccalauréat Technologique Session septembre1997 (Antilles).....333
Epreuve 10 : Baccalauréat Technologique Session juin 1998 (Réunion).....335
Epreuve 11 : Baccalauréat Technologique Session septembre 1997 (Nouvelle Calédonie) 336
Epreuve 12 : Baccalauréat Technologique Session 1992 Série STL 337
Epreuve 13 : Baccalauréat 1998 /série C (TOGO) Session de remplacement....339
Epreuve 14 : Baccalauréat 1998 /série D (TOGO) Session de remplacement....342

CINQUIEME PARTIE :
Corrigés des exercices de chimie.....1 à 65
Corrigés des exercices de physique.....66 à 145
Corrigés-type des sujets de BAC.....146 à 191
Corrigés-Types des épreuves internationales .....192 à 220

PROGRAMME DE SCIENCES PHYSIQUES - TERMINALE D

CHIMIE

A - CHIMIE GENERALE

I) L'eau

1. L'eau, solvant ionisant
2. Produit ionique ; pH d'une solution.

II) Les solutions aqueuses d'acide chlorhydrique et d'hydroxyde de sodium

1. Solution aqueuse d'acide chlorhydrique.
2. Solution aqueuse d'hydroxyde de sodium.
3. pH des solutions aqueuses.

III) Couples acide - base

1. Définition des couples acide-base, exemples.
2. Définition de la constante K_a ; applications : Classification des couples acide-base, domaines de prédominance de la forme acide et de la forme basique.
3. Cas particulier des acides forts et des bases fortes.

IV) Réaction acide-base

1. Acide faible, base forte
2. Acide fort, base faible
3. Acide fort, base forte.

V) Application au dosage par pH - métrie

B - CHIMIE ORGANIQUE

I) Notions élémentaires de stéréochimie

1. Possibilité de rotation autour d'une liaison C– C ; planéité des doubles liaisons.
2. Notion de configuration, de conformation : cas du cyclohexane.
3. Carbone asymétrique, énantiomérie ; chiralité ; activité optique.

II) Les alcools

1. Existence des trois classes d'alcools; nomenclature.
2. Préparation par hydratation d'un alcène. Obtention de l'éthanol par fermentation.
3. Quelques propriétés des alcools:

a) Réaction avec le sodium
b) Déshydratation de l'éthanol
c) Oxydation des alcools primaires et secondaires; groupe carbonyle C = 0 des aldéhydes et des cétones; caractère réducteur des aldéhydes ; passage aux acides.
d) Passage aux phosphates d'alkyle.

4. Polyalcools : exemples
   . Glycol : formule, principe de sa préparation.
   . Glycérol : formule

III) Les amines

1. Existence des trois classes d'amines; nomenclature.
2. Quelques propriétés des amines:
   - caractère basique

- caractère nucléophile ; réaction avec les dérivés halogénés (réaction d'HOFFMAN),
- passage aux amides.

IV) Les acides carboxyliques

1. Formule des acides carboxyliques,
2. Réactions d'estérification et d'hydrolyse. Saponification des esters.
3. Passage aux fonctions dérivées : anhydride d'acide et chlorure d'acyle. Intérêt en ce qui concerne la synthèse des esters.
4. Passage aux amides

V) Les acides α-aminés

1. Formule générale et exemples; représentation de Fischer et nomenclature de configuration D et L; chiralité et activité optique.
2. Existence de plusieurs formes : non ionique et ionique ; amphion.
3. Liaison peptidique : passage aux protéines.
4. Importance des protéines en biochimie : cas des enzymes

C - CINETIQUE CHIMIQUE

I) Définition de la vitesse de formation d'un corps

II) Etude qualitative de l'influence des concentrations et de la température

1. Influence des concentrations.
2. Influence de la température.

III) Catalyse

1. Définition
2. Exemples

PHYSIQUE

A – MECANIQUE

I) Cinématique

1. Vecteur position et vecteur vitesse d'un point dans un repère donné.
2. Vecteur accélération $\vec{a}$; accélération tangentielle et accélération normale.
3. Quelques mouvements particuliers.
4. Mouvement rectiligne (uniforme ; uniformément varié ; sinusoïdal).
5. Mouvement circulaire uniforme.

I) Dynamique

1. Mouvement du centre d'inertie d'un solide dans un référentiel galiléen.
2. Relation fondamentale de la dynamique de translation dans un référentiel galiléen.

$$\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

3. Mouvement d'une particule soumise à une force $\vec{F}$ constante.
4. Mouvement d'un oscillateur harmonique non amorti : cas du pendule élastique ; équation différentielle; fréquence propre; conservation de l'énergie; amortissement.

B - ELECTROMAGNETISME

I) Champ magnétique

1. Mise en évidence expérimentale ; spectres magnétiques ; vecteur champ magnétique ; champ magnétique créé par un solénoïde.
2. Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme ; force subie ; relation $\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$

II) Induction Electromagnétique

1. Induction électromagnétique : mise en évidence expérimentale ; loi de Lenz ; force électromotrice d'induction $e = -\frac{d\phi}{dt}$
2. Auto-induction : mise en évidence expérimentale ; force électromotrice d'auto-induction ; auto-inductance.
3. Energie et puissance emmagasinées ou restituées par une bobine.

III) Oscillations électriques

1. Circuits oscillants : circuit (L, C)

a) Equation différentielle ; fréquence propre ; conservation de l'énergie.

b) Entretien des oscillations à l'aide d'un circuit intégré linéaire.

2. Circuit en régime sinusoïdal forcé. Circuit R-L-C série.

a) Oscillations forcées en régime sinusoïdal d'un circuit R-L-C série ; impédance ; résonance d'intensité ; bande passante ; facteur de qualité.

b) Intensité et tension électriques efficaces. Puissance ; facteur de puissance.

C – OPTIQUE

I) Lentilles minces

Lentilles minces convergentes et divergentes ; position et grandeur de l'image ; vergence.

II) Décomposition de la lumière

1. Dispersion de la lumière par un prisme.
2. Diffraction de la lumière par un réseau.
3. Polarisation de la lumière.

D – PHYSIQUE ATOMIQUE ET NUCLEAIRE

I) Niveaux d'énergie atomique

Spectres de raies d'émission et d'absorption ; existence des niveaux d'énergie dans un atome ; relation $E_2 - E_1 = h\nu$

II) Noyau atomique

1. Composition du noyau , nucléons ; énergie de liaison.
2. Réactions nucléaires spontanées : loi de décroissance d'un nucléide radioactif ; radioactivité α ; β^- ; β^+ ; émission γ ; absorption de rayonnements.
3. Réactions nucléaires provoquées : fission et fusion.

PROGRAMME DE PHYSIQUE - TERMINALES C et E

CHIMIE

A - CHIMIE GENERALE

I) L'eau

1. L'eau, ionisant
2. Produit ionique ; pH d'une solution

II) Les solutions aqueuses d'acide chlorhydrique et d'hydroxyde de sodium

1. Solution aqueuse d'acide chlorhydrique
2. Solution aqueuse d'hydroxyde de sodium
3. pH des solutions aqueuses.

III) Couples acide – base

1. Définition des couples acide – base ; exemples
2. Définition de la constante d'acidité K_a ; application : classification des couples acide - base, domaines de prédominance de la forme acide et de la forme basique.
3. Cas particuliers des acides forts et des bases fortes.

IV) Réaction acide - base

1. Acide faible - base forte
2. Acide fort - base faible
3. Acide fort - base forte

V) Application au dosage par pH-métrie

B - CHIMIE ORGANIQUE

I) Notions élémentaires de stéréochimie : rappels

- Possibilité de rotation autour d'une liaison C – C ; planéité des doubles liaisons

II) Les alcools

1. Existence des trois classes d'alcool ; nomenclature.
2. Préparation par hydratation d'un alcène ; obtention de l'éthanol par fermentation.
3. Quelques propriétés des alcools.

a) Réaction avec le sodium
b) Déshydratation de l'éthanol
c) Oxydation des alcools primaires et secondaires ; groupe carbonyle C = 0 des aldéhydes et des cétones ; caractère réducteur des aldéhydes ; passage aux acides carboxyliques.

4. Exemples de polyalcools :
   - Le glycol : formule, principe de sa préparation, utilisations.
   - Le glycérol

III) Les amines

1. Existence des trois classes d'amine ; nomenclature
2. Caractère basique des amines.

IV) Les acides carboxyliques

1. Formules des acides carboxyliques; exemples.
2. Réactions d'estérification et d'hydrolyse. Saponification des esters.

3. Passage aux fonctions dérivées : anhydride d'acide et chlorure d'acyle. Intérêt en ce qui concerne la synthèse des esters.
4. Passage aux amides

V) Les acides α-aminés

1. Formule générale et exemples
2. Existence de plusieurs formes : non ionique et ionique ; amphion.
3. Liaison peptidique ; passage aux protéines.

C - CINETIQUE CHIMIQUE

I) Définition de la vitesse de formation d'un corps

II) Etude qualitative de l'influence des concentrations et de la température

1. Influence des concentrations.
2. Influence de la température

III) Catalyse

1. Définition
2. Exemples

PHYSIQUE

A – MECANIQUE

I) Cinématique

1. Vecteur position et vecteur vitesse d'un point dans un repère donné.
2. Vecteur accélération $\vec{a}$; accélération tangentielle et accélération normale.
3. Quelques mouvements particuliers.

a) Mouvement rectiligne (uniforme ; uniformément varié ; sinusoïdal).

b) Mouvement circulaire uniforme.

II) Dynamique

1. Mouvement du centre d'inertie d'un solide dans un référentiel galiléen.
2. Relation fondamentale de la dynamique de translation dans un référentiel galiléen. $\vec{F} = \frac{d\vec{p}}{dt}$
3. Interaction gravitationnelle. Mouvement circulaire des satellites
4. Mouvement d'une particule soumise à une force $\vec{F}$ constante.
5. Mouvement d'un oscillateur harmonique non amorti : cas du pendule élastique ; équation différentielle; fréquence propre; conservation de l'énergie; amortissement.

B – ELECTROMAGNETISME

I) Champ magnétique

1. Mise en évidence expérimentale ; spectres magnétiques ; vecteur champ magnétique ; champ magnétique créé par un solénoïde.
2. Mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme ; force subie ; relation $\vec{F} = q.\vec{v} \wedge \vec{B}$
3. Action d'un champ magnétique sur un circuit parcouru par un courant électrique ; loi de Laplace.

II) Induction Electromagnétique

1. Induction électromagnétique : mise en évidence expérimentale ; loi de Lenz ; force électromotrice d'induction $e = -\frac{d\phi}{dt}$
2. Auto-induction : mise en évidence expérimentale ; force électromotrice d'auto-induction ; auto-inductance.
3. Energie et puissance emmagasinées ou restituées par une bobine.

III) Oscillations électriques

1. Circuits oscillants : circuit (L, C)

a) Equation différentielle ; fréquence propre ; conservation de l'énergie.

b) Entretien des oscillations à l'aide d'un circuit intégré linéaire.

2. Circuit en régime sinusoïdal forcé. Circuit R-L-C série.

a) Oscillations forcées en régime sinusoïdal d'un circuit R-L-C série ; impédance ; résonance d'intensité ; bande passante ; facteur de qualité.

b) Intensité et tension électriques efficaces. Puissance ; facteur de puissance.

C – OPTIQUE

I) Lentilles minces

Lentilles minces convergentes et divergentes ; position et grandeur de l'image ; vergence.

II) Décomposition de la lumière

1. Dispersion de la lumière par un prisme.
2. Diffraction de la lumière par un réseau.

D – PHYSIQUE ATOMIQUE ET NUCLEAIRE

I) Particules de grande énergie

Expression de leur quantité de mouvement, de leur énergie totale et de leur énergie cinétique ; masse et énergie ;
Cas particulier du photon ; vérification expérimentale

II) Niveaux d'énergie atomiques

Spectres de raies d'émission et d'absorption ; existence des niveaux d'énergie dans un atome ; relation $E_2 - E_1 = h\nu$

III) Noyau atomique

1. Composition du noyau ; nucléons ; énergie de liaison.
2. Réactions nucléaires spontanées : loi de décroissance d'un nucléide radioactif ; radioactivité α ; β^- ; β^+ ; émission γ ; absorption de rayonnements.
3. Réactions nucléaires provoquées : fission et fusion.

CONSEILS ET RECOMMANDATIONS

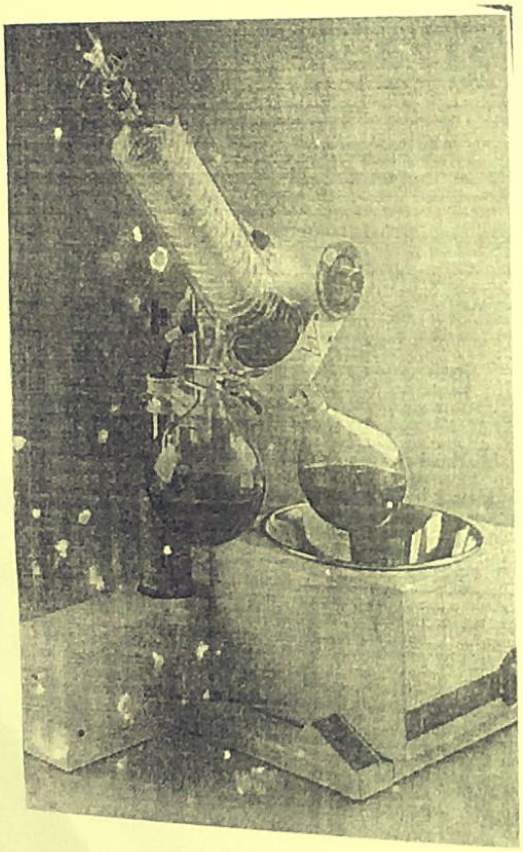
1) Comment résoudre un exercice de sciences physiques

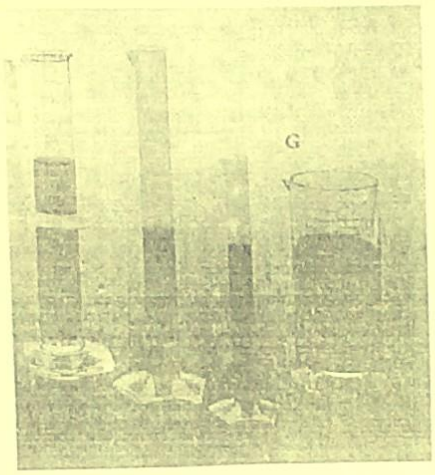
- ✓ Lire l'énoncé entièrement et attentivement.
- ✓ Repérer les mots importants
- ✓ Observer les schémas et les documents
- ✓ Faire l'inventaire des données
- ✓ Faire l'inventaire des questions posées.
- ✓ Passer des données aux questions posées
- ✓ Identifier les grandeurs concernées et leur représentation littérale.
- ✓ Reconnaître la situation physique et choisir les lois à appliquer.
- ✓ Passer de l'énoncé au modèle : Faire un schéma clair et grand, écrire une équation bilan.
- ✓ Choisir puis mettre en œuvre l'outil mathématique adapté.
- ✓ Raisonner en utilisant le calcul littéral.
- ✓ Donner, lorsque c'est possible, l'expression littérale du résultat et vérifier sa vraisemblance.
- ✓ Effectuer le calcul numérique. utiliser des unités cohérentes dans le cadre du Système international.
- ✓ Mettre en évidence la conclusion ou la question demandée.

PREMIERE PARTIE

CHIMIE

RAPPEL DE COURS et EXERCICES





Chapitre 1 (Chimie)

GENERALITES sur les SOLUTIONS AQUEUSES

L'essentiel du cours

1 - SOLUTION AQUEUSE

- Un solvant est un liquide dans lequel on peut dissoudre des corps.
- Les solutés sont des corps dissous dans le solvant ; un soluté peut être solide, liquide ou gazeux.
- Une solution est un mélange formé d'un solvant et d'un soluté (ou des solutés s'il y en a plusieurs). Une solution aqueuse est une solution dont le solvant est l'eau.

2 - CONCENTRATION MOLAIRE OU MOLARITE

La concentration molaire volumique ou molarité d'une solution en une espèce chimique X est le nombre de moles de l'espèce X par litre de solution.

$$[X] = C = \frac{n}{V}$$

n = nombre de moles de l'espèce X en moles (mol.)
V = volume de la solution en litre (L)
C = [X] = molarité de l'espèce X en mol/L

3 - CONCENTRATION MASSIQUE D'UNE ESPECE CHIMIQUE X EN SOLUTION

La concentration massique d'une espèce chimique X en solution est la masse de l'espèce chimique donnée par litre de solution.

$$C_m = \frac{m}{V}$$

m = masse de l'espèce X en grammes (g)
V = volume de la solution en litres (L)
C_m = concentration massique en g/L

4 - DETERMINATION DU NOMBRE DE MOLES D'UN SOLUTE

1er cas : Si m est la masse du soluté et M sa masse molaire, on a :

$M \leftrightarrow 1$ mol

$m \leftrightarrow n$ mol d'où $n = \frac{m}{M}$ On a alors : $\boxed{[X] = C = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV}}$

2ème cas : Si v est le volume du soluté gazeux et V_o le volume molaire dans les conditions de l'expérience, on a :

$V_o \leftrightarrow 1$ mol

$v \leftrightarrow n$ mol, d'où $n = \frac{v}{V_o}$ On a alors : $\boxed{[X] = C = \frac{n}{V} = \frac{v}{V.V_o}}$

5 - DISSOLUTION DANS L'EAU D'UNE SUBSTANCE

La dissolution totale dans l'eau d'un solide AB à structure ionique s'écrit :

$$AB \xrightarrow{eau} A^-(aq) + B^+(aq)$$

Pour des raisons de simplicité, on écrit A^- et B^+

Exemples :

$$NaCl \longrightarrow Na^+ + Cl^-$$

$$NaOH \longrightarrow Na^+ + OH^-$$

Remarque :

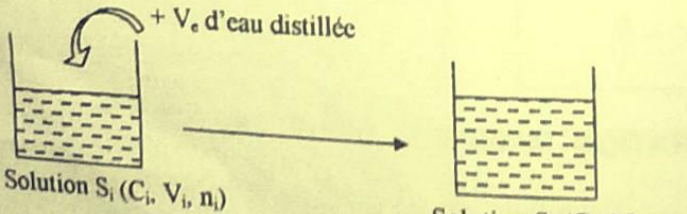
La dissolution d'une substance dans l'eau peut-être :

- ✓ soit exothermique (c'est le cas de NaOH (s)) ;
- ✓ soit endothermique (cas du NH_4Cl (s), KNO_3(s)) ;
- ✓ soit athermique (cas de NaCl (s)).

6 - DILUTION DES SOLUTIONS

La dilution est l'opération qui consiste à diminuer la concentration d'une espèce chimique dans une solution.

Soit une solution aqueuse S_i de volume V_i et de concentration molaire initiale C_i. Pour diluer cette solution, il suffit d'ajouter progressivement un volume V_e d'eau distillée jusqu'à l'obtention d'une solution S_f de concentration molaire C_f et de volume $V_f = V_i + V_e$



Dans la solution initiale S_i, le nombre de moles de soluté est :

$n_i = C_i V_i$

Dans la solution finale S_f, le nombre de moles de soluté est :

$n_f = C_f V_f$ avec $V_f = V_i + V_e$

Lors de l'addition d'eau, le nombre de moles de soluté ne varie pas :

Exercices

Exercice C_1 -1

On dissout 2 g d'hydroxyde de sodium (NaOH) dans 5 L d'eau distillée.

1) Calculer la concentration massique de la solution obtenue.
2) Calculer la concentration molaire de la solution obtenue.
3) Quelle masse d'hydroxyde de sodium faut-il dissoudre dans l'eau distillée pour obtenir 1,5 L de solution de concentration molaire C = 0,04 mol/L ?

On donne les masses molaires atomiques en g/mol : M(H) = 1 ; M(O) = 16 ; M(Na) = 23.

Exercice C_1 - 2

La concentration massique d'une solution d'hydroxyde de sodium est égale à 2,5 g/L.

1) Déterminer la concentration molaire de cette solution.
2) Calculer la masse d'hydroxyde de sodium nécessaire pour préparer 2,5 L de cette solution. En déduire le nombre de moles d'hydroxyde de sodium correspondant.

On donne : M(H) = 1 g/mol ; M(O) = 16 g/mol ; M(Na) = 23 g/mol.

Exercice C_1 - 3

1) Qu'appelle-t-on concentration molaire et concentration massique ?
   Etablir l'expression entre la concentration molaire et la concentration massique.
2) a) Qu'est-ce- qu'une solution aqueuse ?
   b) Comment peut-on montrer qu'une solution aqueuse est acide ?
   c) Comment mettre en évidence qu'une solution aqueuse est ionique ?
3) a) Quelle masse de chlorure de sodium NaCl faut-il dissoudre dans de l'eau pour obtenir 500 cm^3 d'une solution de concentration molaire 0,02 mol/L en NaCl ?
   b) Quelle est alors la concentration massique de la solution obtenue ?
   c) A la solution précédente on ajoute V_e = 1,5 L d'eau. Calculer la nouvelle concentration molaire. On donne : M(Na) = 23 g/mol; M(Cl) = 35,5 g/mol.

Exercice C_1 - 4

Un volume V = 2 L d'acide chlorhydrique de concentration molaire C = 5.10^{-2} mol./L est obtenu en dissolvant un volume V_o de chlorure d'hydrogène gazeux dans l'eau distillée.

1) Calculer le volume V_o mesuré dans les conditions normales de température et de pression.
2) On ajoute 5,85 g de chlorure de sodium solide à la solution précédente. Calculer la concentration des ions chlorure Cl^- et des ions sodium Na^+ dans le mélange.

On donne : M(Na) = 23 g/mol ; M(Cl) = 35,5 g/mol.

Exercice C_1-5

1) On prépare une solution d'acide chlorhydrique en faisant dissoudre V_o = 5,6 L de chlorure d'hydrogène (volume gazeux mesuré dans les conditions normales de température et de pression) dans V = 500 cm^3 d'eau distillée.
Calculer la concentration molaire C_1 de la solution ainsi préparée.
2) Quelle masse m de dichlorure de calcium $CaCl_2$ faut-il dissoudre dans V = 500 cm^3 d'eau distillée pour obtenir une solution de concentration molaire $C_2 = 0,1\ mol.L^{-1}$?
3) On prélève V_1 = 20 cm^3 de la solution de dichlorure de calcium (obtenue à la question précédente) et on complète par de l'eau distillée de façon à obtenir V_2 = 100 cm^3 d'une nouvelle solution.
a) Décrire le mode opératoire permettant de diluer la solution de dichlorure de calcium en utilisant une pipette jaugée et une fiole jaugée. Faire le schéma de la pipette et de la fiole.
b) Calculer la concentration molaire de cette nouvelle solution en ions calcium et ions chlorure.

On donne : M(Ca) = 40 g/mol ; M(Cl) = 35,5 g/mol.
Volume molaire V_M = 22,4 L/mol

Exercice C_1 - 6

- On dissout une masse m de chlorure de sodium dans l'eau et on obtient V_1 = 100 cm^3 d'une solution A de concentration molaire $C_1 = 10^{-1}\ mol.L^{-1}$
- On prélève le quart (¼) de cette solution qu'on place dans un bécher et on complète avec de l'eau distillée de façon à obtenir V_2 = 200 cm^3 d'une solution B de concentration C_2.
- On prélève V'_2 = 10 cm^3 de la solution B qu'on dilue 20 fois ; on obtient une solution C de concentration C_3. Calculer :

a) La masse m de chlorure de sodium utilisé.
b) La concentration molaire en ions Na^+ et Cl^- de la solution A.
c) La concentration molaire C_2 de la solution B.
d) La concentration molaire C_3 de la solution C.

On donne : M(Na) = 23 g/mol ; M(Cl) = 35,5 g/mol.

Exercice C_1 - 7

1) On mélange un volume V_1 = 200 cm^3 d'une solution de dichlorure de calcium $CaCl_2$ de concentration $C_1 = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$ et un volume V_2 = 300 cm^3 d'une solution de chlorure de sodium NaCl de concentration molaire $C_2 = 10^{-1}\ mol.L^{-1}$. Calculer la concentration molaire des ions Na^+, Cl^-, Ca^{2+} contenus dans le mélange.
2) Quel volume V'_2 d'une solution de chlorure de sodium de concentration molaire $C_2 = 10^{-1}\ mol.L^{-1}$ faut-il verser dans V'_1 = 100 cm^3 d'une solution de dichlorure de calcium de concentration $C_1 = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$ pour que la concentration des ions Cl^- dans le mélange soit de $5.10^{-2}\ mol.L^{-1}$?

Chapitre 2 (Chimie)

PRODUIT IONIQUE de L'EAU et pH

L'essentiel du cours

1 - AUTOPROTOLYSE DE L'EAU

- ✓ Une réaction chimique au cours de laquelle il y a transfert de protons est appelée protolyse.
- ✓ Il y a autoprotolyse lorsque le transfert de protons s'effectue entre deux molécules identiques. L'équilibre d'autoprotolyse de l'eau s'écrit :

$$2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$$

2 - PRODUIT IONIQUE DE L'EAU

Toutes les solutions aqueuses contiennent les ions H_3O^+ et OH^-. Pour des solutions diluées, quelles que soient les espèces chimiques présentes dans la solution aqueuse, le produit de la molarité en ions hydronium H_3O^+ par la molarité en ions hydroxyde OH^- est une constante K_e appelée produit ionique de l'eau :

$$K_e = [H_3O^+].[OH^-]$$

K_e est sans unité

K_e augmente avec la température

K_e est une constante à une température donnée

$K_e = 1{,}00.10^{-14}$ à 25 °C

On définit la constante $\mathbf{pK_e = -\log K_e}$

3 - pH DES SOLUTIONS AQUEUSES

Définition

Le pH d'une solution aqueuse est défini à partir de la concentration en ions H_3O^+ par la relation :

$$pH = -\log [H_3O^+] \quad \text{ou} \quad [H_3O^+] = 10^{-pH}\ mol.L^{-1}$$

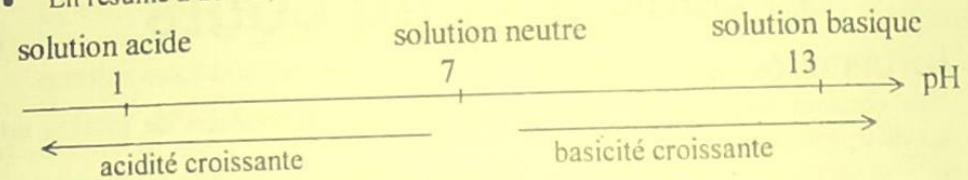
Remarque :

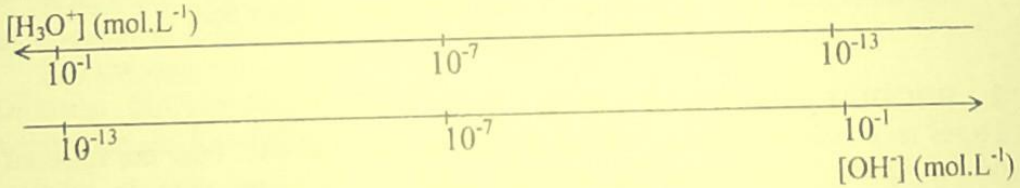
La relation $pH = -\log [H_3O^+]$ est d'autant mieux vérifiée que les concentrations en espèces ioniques et moléculaires dans la solution aqueuse étudiée sont faibles ($C < 10^{-2}$ mol.L^{-1}).

Aux fortes concentrations, la relation n'est plus valable et $pH \neq -\log [H_3O^+]$

4 - CLASSIFICATION DES SOLUTIONS AQUEUSES

- A température quelconque
  - solution neutre si $[H_3O^+] = [OH^-]$
  - solution acide si $[H_3O^+] > [OH^-]$
  - solution basique si $[H_3O^+] < [OH^-]$
- A 25 °C
  - solution neutre si $[H_3O^+] = [OH^-] = 10^{-7}$ mol/L ou pH = 7
  - solution acide si $[H_3O^+] > 10^{-7}$ mol/L ou $[OH^-] < 10^{-7}$ mol/L ou pH < 7
  - solution basique si $[H_3O^+] < 10^{-7}$ mol/L ou $[OH^-] > 10^{-7}$ ou pH > 7
- En résumé à 25 °C, on a :





5 - RELATIONS CARACTERISANT LES SOLUTIONS AQUEUSES

a) Equation de la dissolution de l'espèce chimique dans l'eau.

L'ionisation peut-être totale :

Exemple : $HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$

L'ionisation peut-être partielle.

Exemple : $NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$

b) Relation d'électroneutralité (ou neutralité électrique)

La somme des molarités des cations est égale à la somme des molarités des anions, chaque molarité étant multipliée par la valeur absolue de la charge de l'ion correspondant.

$$[H_3O^+] + n[B^{n+}] = [OH^-] + m[A^{m-}]$$

Exemple : Pour une solution qui contient les ions H_3O^+, OH^-, Ca^{2+}, et Cl^-, la relation d'électroneutralité s'écrira : $[H_3O^+] + 2[Ca^{2+}] = [Cl^-] + [OH^-]$

c) Relation de conservation de la matière

Le nombre de moles de l'espèce chimique X introduite (n_o) est égale à la somme des nombres de moles des parties de X ionisées (n_1) et non ionisées (n_2) à l'équilibre, soit $n_o = n_1 + n_2$. Le volume étant constant, la relation peut s'écrire en remplaçant les nombres de moles par des concentrations, soit : $[X]_o = [X]_1 + [X]_2$

Exemple : Pour une solution contenant les espèces chimiques OH^-, H_3O^+, CH_3COOH et CH_3COO^-, la relation de conservation de la matière s'écrit :

$$[CH_3COOH]_O = C = [CH_3COOH] + [CH_3COO^-]$$

Exercices

Exercice C_2 - 1

1) Calculer à 25 °C le pH des solutions dont les molarités en ions hydronium H_3O^+ sont : 0,025 mol.L^{-1} ; 4,8.10^{-9} mol.L^{-1}
2) Calculer à 25°C le pH des solutions dont les molarités en ions hydroxyde OH^- sont : 6,5.10^{-9} mol.L^{-1} ; 3,6.10^{-2} mol.L^{-1}.
   On établira d'abord la relation entre pH et [OH^-].
3) Calculer si c'est possible les molarités en ions OH^- et H_3O^+ des solutions dont les pH sont : 2,1 ; 11,4 ; 0,2 et 13,8.

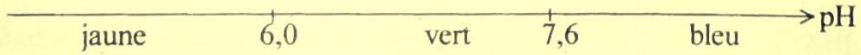
Exercice C_2 - 2

Les caractéristiques acido-basiques de quatre solutions aqueuses S_1, S_2, S_3 et S_4 sont à 25°C :

- Solution S_1 : [OH^-] = 5,6.10^{-11} mol/L
- Solution S_2 : [H_3O^+] = 4,7. 10^{-5} mol/L
- Solution S_3 : pH = 9,5
- Solution S_4 : 50 cm^3 de cette solution contiennent 3.10^{-8} mol d'ions H_3O^+.

Quelle couleur prend le bleu de bromothymol dans chacune des solutions précédentes ?

On donne le diagramme ci-après pour le bleu de bromothymol :



Exercice C_2-3 pH du sang

La température normale du corps humain est de 37°C.

A cette température, le produit ionique de l'eau est K_e = 1,9.10^{-14}

1- Déterminer le pH d'une solution neutre à cette température.

2- Le sang est a un pH de 7,39 ; est –t-il basique ou acide ?

3- Déterminer les concentrations des ions hydronium et hydroxyde dans les deux cas suivants.

- le pH du bol alimentaire dans l'estomac peut atteindre une valeur 1,2.
- La dégradation des protéines dans l'intestin se produit à un pH voisin de 8,5.

Exercice C_2 - 4

1) On dissout 4,8 g de dichlorure de magnésium $MgCl_2$ dans l'eau et on obtient une solution S_1 de volume V= 2 L.

a) Calculer la molarité de la solution S_1.

b) Calculer les molarités en ions magnésium et chlorure de la solution S_1.

c) Vérifier que la solution est neutre.

d) On ajoute 500 cm^3 d'eau à la solution S_1 et on obtient une solution S'_1. Que deviennent les molarités en ions magnésium et chlorure dans la solution S'_1 ?

2) On considère une solution S_2 de chlorure de sodium de molarité C_2 = 0,03 mol/L. On mélange 400 cm^3 de la solution S_1 avec 600 cm^3 de la solution S_2.

a) Calculer les molarités des différents ions présents dans le mélange obtenu.
b) Que vaut le pH du mélange à 25 °C ?

N.B.: Le dichlorure de magnésium et le chlorure de sodium NaCl sont entièrement dissociés et ionisés en solution aqueuse. On donne :
M(Mg) = 24,3 g/mol ; M(Cl) = 35,5 g/mol.

Exercice C_2 - 5

L'étiquette de la bouteille d'eau minérale naturelle "Possotomè" donne la composition de ce breuvage dont les propriétés curatives sont dues à la présence de certains ions en solution. Le tableau suivant indique les valeurs approchées des concentrations des espèces majoritaires.

Espèce	Ca^{2+}	Cl^-	Na^+	K^+	Mg^{2+}	SO_4^{2-}	HCO_3^-	NO_3^-
c en mg/L	54	115	70	15	19	9,5	260	0
10^3C en mol.L^{-1}	1,35	3,24	3,05	0,38	0,78	0,10		

1) Compléter ce tableau en calculant la molarité de la solution en ions hydrogénocarbonate HCO_3^-
2) Vérifier la neutralité électrique de la solution en négligeant les quantités d'ions apportées par l'autoprolyse de l'eau.
3) Calculer le pH de l'eau minérale de Possotomè sachant que l'équation d'électroneutralité tenant compte de tous les ions présents dans la solution conduit à la relation :
$[H_3O^+] + 7{,}6999.10^{-3} = [OH] + 7{,}7000.10^{-3}$ dans laquelle les concentrations sont exprimées en mole par litre.

D'après Bac D/1987-Bénin

Exercice C_2-6

Une solution B est étudiée à l'aide de trois indicateurs colorés. On obtient les résultats suivants :

Indicateur coloré	Zone de virage	Coloration dans le milieu		
		Milieu de pH = 1	Milieu de pH = 13	Solution B
Thymol bleu	8,0 – 9,6			
Bleu de bromothymol	6,0 – 7,6			
Bleu de bromophénol	3,0 – 4,6			

Quelles sont les limites que l'on peut attribuer au pH de cette solution ?
En déduire son caractère du point de vue acido-basique.

D'après Bac 1995 Niger

Chapitre 3 (Chimie)

ACIDES FORTS et BASES FORTES

L'essentiel du cours

1- ESPECES MINORITAIRES et ULTRA-MINORITAIRES

Une espèce chimique A est minoritaire devant une espèce chimique B si :

$$\frac{[A]}{[B]} \leq 10^{-2}.$$

Une espèce chimique A est ultra-minoritaire devant une espèce chimique B si :

$$\frac{[A]}{[B]} \leq 10^{-4}$$

2 - pH D'UNE SOLUTION D'ACIDE FORT

a) Cas d'un monoacide fort

Un monoacide fort est une espèce chimique qui réagit totalement avec l'eau en libérant une mole d'ions H_3O^+ par mole de soluté introduite.

Exemple : $HCl + H_2O \rightarrow H_3O^+ + Cl^-$

Soit C_a la concentration molaire d'une solution de monoacide fort. La formule permettant de calculer le pH de cette solution est :

$\boxed{pH = -\log C_a}$ Cette relation équivaut à : $\boxed{C_a = 10^{-pH}}$

avec $10^{-6} \leq C_a \leq 10^{-1}$ mol/L.

b) Cas d'un diacide fort

Un diacide fort est une espèce chimique qui réagit totalement avec l'eau en libérant 2 moles d'ions H_3O^+ par mole de soluté introduite.

Exemple : $H_2SO_4 + 2\,H_2O \rightarrow 2H_3O^+ + SO_4^{2-}$

Pour une solution de diacide fort de concentration C_a, on a :

$$\boxed{pH = -\log 2C_a}$$

3 - pH D'UNE SOLUTION DE BASE FORTE

a) Cas d'une monobase forte

Une monobase forte est une espèce chimique qui, mise en solution aqueuse, libère une mole d'ions OH^- par mole de soluté .

Exemples : $NaOH \rightarrow Na^+ + OH^-$

$C_2H_5O^- + H_2O \rightarrow C_2H_5OH + OH^-$

Le pH d'une solution de monobase forte de concentration C_b est donné par la relation :

$$\boxed{pH = 14 + \log C_b} \quad \text{avec } 10^{-6} \leq C_b \leq 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$$

b) Cas d'une dibase forte

Une dibase forte est une espèce chimique qui libère 2 moles d'ions OH^- lors de la dissolution dans l'eau d'une mole de soluté.

Exemple : $Ca(OH)_2 \xrightarrow{eau} Ca^{2+} + 2\ OH^-$

Le pH d'une solution de dibase forte de concentration C_b est donné par la relation :

$$\boxed{pH = 14 + \log 2C_b}$$

4 - METHODE GENERALE DE RESOLUTION DES EXERCICES

- Ecrire l'équation de dissociation (totale ou partielle) de l'espèce chimique en solution.
- Dresser l'inventaire des espèces chimiques (ions, molécules) présentes.
- Utiliser la valeur du pH.
- Exprimer le produit ionique de l'eau.
- Ecrire la relation d'électroneutralité.
- Ecrire l'équation de conservation de la matière.

Faire les approximations légitimes qui consistent à négliger la concentration de certaines espèces chimiques devant celle des autres.

Exercices

Exercice C_3 - 1

Une solution de dihydroxyde de calcium $Ca(OH)_2$ de concentration C = 148 mg/L a un pH = 11, 6 à 25°C.

a) Quelle est la molarité en ions OH^- de cette solution ?

b) Montrer que le dihydroxyde de calcium est une dibase forte.
On donne : M(Ca) = 40 g/mol ; M(O) = 16 g/mol ; M(H) = 1g/mol.

Exercice C_3 - 2

On mélange 100 mL d'acide chlorhydrique à 10^{-2} mol/L et 100 mL d'acide bromhydrique HBr de concentration inconnue C. Le pH de la solution obtenue est égal à 1,8. Les acides HCl et HBr sont des acides forts et le restent même quand on les mélange.

a) Quelles sont les concentrations des ions H_3O^+, Cl^-, Br^- et OH^- dans le mélange ?

b) Quelle est la concentration C de la solution bromhydrique initiale ?

Exercice C_3 - 3

Une solution S_A d'acide nitrique a un pH = 5,9. L'acide nitrique est un acide fort.

1) a) Calculer les molarités des espèces chimiques présentes dans la solution S_A.

b) On prélève 10 cm^3 de la solution S_A et on ajoute 90 cm^3 d'eau pure. Quelle est la nouvelle valeur du pH ?

2) On prépare une solution S_B en dissolvant une masse m d'hydroxyde de calcium $Ca(OH)_2$ dans 500 cm^3 d'eau pure.

a) La concentration molaire de la solution S_B étant $C_B = 4.10^{-6}$ mol/L, calculer la masse m d'hydroxyde de calcium utilisé.

b) Quels volumes V_A de S_A et V_B de S_B doit-on mélanger pour avoir une solution de volume total V = 120 cm^3 et de pH = 7 ?

Exercice C_3 - 4

On dissout 11,2 cm^3 de chlorure d'hydrogène pris dans les conditions normales dans 500 mL d'eau pure. Le pH de la solution S obtenue est égal à 3. Le volume molaire dans les conditions normales est 22,4 L.

1) - Calculer les molarités des différentes espèces chimiques présentes dans la solution S.
- Montrer que la réaction entre le chlorure d'hydrogène et l'eau est totale.

2) Quel volume de chlorure d'hydrogène faut-il dissoudre dans la solution S pour que son pH devienne égal à 2 ? La solution de pH = 2 est notée solution S_1.

3) Avec quel volume d'eau faut-il diluer cette solution S_1 pour que le pH soit égal à 4 ?

4) Décrire deux expériences montrant la nature des ions H_3O^+ et Cl^- présents dans la solution.

Exercice C_3 - 5

On considère les trois solutions suivantes :

- Solution S_1 d'hydroxyde de sodium de molarité $C_1 = 8.10^{-3}$ mol.L^{-1}.
- Solution S_2 de dihydroxyde de calcium $Ca(OH)_2$ de molarité $C_2 = 2.10^{-3}$ mol.L^{-1}.
- Solution S_3 de chlorure de sodium NaCl de molarité $C_3 = 10^{-3}$ mol.L^{-1}.

1) Calculer le pH de chacune des solutions S_1, S_2 et S_3.
2) Décrire deux expériences prouvant que la solution d'hydroxyde de sodium contient des ions OH^- et des ions Na^+.
3) On obtient une solution A en mélangeant un volume $V_1 = 50$ cm^3 de la solution S_1, un volume $V_2 = 100$ cm^3 de la solution S_2 et un volume $V_o = 100$ cm^3 d'eau.

a) Calculer la concentration des espèces chimiques présentes dans la solution A.
b) En déduire le pH_A de la solution A.
c) Dans la solution A, on ajoute 0,2 g d'hydroxyde de sodium en pastilles et on obtient une solution A'. Calculer la nouvelle concentration des ions Na^+ dans la solution A'.

4) On obtient une solution B en mélangeant $V_1 = 50$ cm^3 de la solution S_1, $V_2 = 100$ cm^3 de la solution S_2 et $V_3 = 100$ cm^3 de la solution S_3.

a) Calculer la concentration molaire des espèces chimiques présentes dans la solution B.
b) En déduire le pH_B de la solution B.

On donne : M(Na) = 23 g/mol ; M(O) = 16 g/mol ; M(H) = 1 g/mol.

Exercice C_3 - 6

1) Quelle masse d'acide nitrique HNO_3 faut-il mélanger à l'eau pure pour obtenir 1 litre de solution S_1 de concentration $C_1 = 10^{-2}$ mol/L ?
2) On obtient 1 litre d'une solution S_2 par dissolution de 960 mL de chlorure d'hydrogène HCl dans l'eau pure.

a) Ecrire l'équation bilan de la réaction.
b) Quel est le pH de la solution si dans les conditions de l'expérience le volume molaire des gaz est 24 L ?

3) On prépare 100 mL d'une solution S_3 en mélangeant 40 mL de S_1 et 60 mL de S_2. Quel est le pH de S_3 ?
4) On ajoute à 10 mL du mélange S_3 un volume V_b de soude de concentration $C_b = 2.10^{-2}$ mol/L.

Déterminer les volumes V_{b1} et V_{b2} pour obtenir respectivement :

- une solution de $pH_1 = 7$
- et une solution de $pH_2 = 10$.

On donne : H : 1 g.mol^{-1} ; O : 16 g.mol^{-1} ; N : 14 g.mol^{-1}.

D'après Bac 1992 Série D (Bénin)

Exercice C_3 - 7

1/ Une solution S_1 de dihydroxyde de magnésium $Mg(OH)_2$ a un pH = 12.

a) Quelles sont les concentrations des espèces chimiques présentes dans la solution S_1 ?

b) Quelle masse de $Mg(OH)_2$ trouve-t-on dans 2 L de cette solution ?

2/ Une solution S_2 d'acide chlorhydrique a un pH = 3,7.

a) Quelles sont les concentrations des espèces chimiques présentes dans S_2 ?

b) Quel volume de chlorure d'hydrogène a-t-on dissous dans l'eau pour préparer 500 mL de la solution S_2 ?

3/ On dilue 1000 fois la solution S_2 pour obtenir une solution S'_2.

a) Quelles sont les concentrations des espèces chimiques présentes dans S'_2 ?

b) Quelle est la valeur du pH de la solution S'_2 ?

4/ Une solution S_3 est préparée en mélangeant V_1 = 600 mL de S_1, V_2 = 400 mL de S_2 et V = 300 mL d'une solution de chlorure de magnésium $MgCl_2$ de concentration $C = 10^{-1}$ mol.L^{-1}.

a) Calculer les concentrations des ions Mg^{2+} et Cl^- dans S_3.

b) La solution S_3 est-elle acide, basique ou neutre ?

c) Calculer son pH.

5/ On mélange un volume V'_1 de S_1 avec un volume V'_2 de S_2 de telle sorte que l'on obtienne une solution finale S de volume V' = 300 mL et de pH = 11,5. Calculer V'_1 et V'_2.

Toutes les solutions sont étudiées à 25°C.

On donne : volume molaire gazeux $V_0 = 24$ L mol^{-1} ;

Masse molaires atomiques (en g/mol) : Mg : 24 ; O : 16 ; H : 1.

(D'après concours d'entrée à la FSS/1999)

Exercice C_3 - 8

On prépare une solution S en mélangeant une solution S_1 d'acide chlorhydrique de volume V_1 = 60 mL, de concentration $C_1 = 4.10^{-2}$ mol/L et une solution S_2 d'acide nitrique de volume V_2 = 40 mL, de concentration $C_2 = 10^{-2}$ mol/L.

1) Quel est le pH de la solution S ?

2) Déterminer la concentration molaire des espèces chimiques présentes dans la solution S.

3) Quel volume d'eau faut-il ajouter à la solution S pour avoir une solution S' de pH = 2 ?

4) A la solution S', on ajoute 50 mL d'une solution de soude (Hydroxyde de sodium) de concentration molaire 2.10^{-2} mol/L.

Quelle est la nature du mélange obtenu ? Justifier votre réponse. Calculer son pH.

(D'après concours d'entrée à la FSS/2001)

Exercice C_3 – 9

Une solution d'hydroxyde de potassium a un pH égal à 10 ; l'hydroxyde de potassium est une base forte.

1) Démontrer la relation pH = 14 + Log C. En déduire la molarité C de la solution d'hydroxyde de potassium.

2) Quelle masse d'hydroxyde de potassium a-t-il fallu dissoudre pour obtenir un litre de cette solution ?

3) Quelle masse d'hydroxyde de potassium faut-il ajouter pour que le pH devienne égal à 12 ? (Le volume n'a pas varié).

4) On chauffe 1 L de la solution d'hydroxyde de potassium de pH = 10 de manière à éliminer une partie de l'eau par ébullition. Calculer le volume d'eau à éliminer pour obtenir un pH = 11.

Exercice C_3 – 10

1) Une solution S_1 d'acide chlorhydrique de molarité $C_1 = 3{,}16.10^{-2}$ mol.L^{-1} a un pH = 1,5.

a) Montrer avec un minimum de calcul que l'acide est fort.

b) Calculer les molarités des espèces chimiques présentes dans la solution S_1.

c) Le volume de chlorure d'hydrogène à dissoudre dans l'eau distillée pour obtenir 500 cm^3 de S_1 est de :

α) 0,22 L ; β) 0, 38 L ; γ) 0,15 L

Choisir la bonne réponse et montrer votre raisonnement.

Le volume molaire dans les conditions de l'expérience est $V_M = 24$ L.mol^{-1}.

d) Quel volume d'eau distillée faut-il ajouter à 100 cm^3 de la solution S_1 pour obtenir une solution S_2 de pH = 2,0 ?

2) Le dichlorure de calcium ($CaCl_2$) se dissocie totalement dans l'eau : 4g de ce composé sont dissous dans 500 mL d'eau distillée pour préparer une solution S_4. On considère que lors de la dissolution, il n'y a pas variation de volume.

a) Calculer les molarités des ions présents dans S_4

b) S_4 est-elle acide, basique ou neutre ?

3) On mélange 100 cm^3 de la solution S_1 avec 400 cm^3 de la solution S_4.

a) Le pH du mélange est-il 1,5 ; 3,4 ou 2,2 ? Choisir la réponse correcte et montrer votre cheminement.

b) Déterminer les concentrations molaires des ions dans le mélange.

On donne : O : 16 g.mol^{-1}; H: 1 g.mol^{-1}; Na : 23 g.mol^{-1} ; Cl : 35,5 g.mol^{-1} ; Ca : 40 g.mol^{-1}.

ACIDES FAIBLES et BASES FAIBLES : COUPLE ACIDE-BASE

L'essentiel du cours

1 - DEFINITION DES ACIDES ET DES BASES (BRONSTED ET LOWRY)

- Un acide A est une espèce chimique (molécule ou ion) susceptible de céder un (ou des) proton (s) :

$$A \longrightarrow B + H^+$$

- Une base B est une espèce chimique (molécule, ion) susceptible de capter un (ou des) proton (s) :

$$B + H^+ \longrightarrow A$$

- A toute réaction de perte d'un proton par un acide A correspond une réaction inverse éventuelle de gain d'un proton par l'espèce B en laquelle A s'est transformé. La réaction de transfert entre A et B s'écrit :

$$A \rightleftharpoons B + H^+$$

L'acide A et la base B définissent un couple acide/base noté couple A/B. A et B sont appelés acide et base conjugués.

- En solution dans l'eau, on convient d'écrire :

- pour l'acide : $A + H_2O \rightleftharpoons B + H_3O^+$
- pour la base : $B + H_2O : \rightleftharpoons A + OH^-$

2 - CONSTANTE D'ACIDITE

Pour tout couple acide faible/base faible (A/B) en solution aqueuse tel que :

$$A + H_2O \rightleftharpoons B + H_3O^+$$

les molarités des espèces chimiques A, B et H_3O^+ à l'équilibre vérifient la relation :

$$\frac{[H_3O^+] \cdot [B]}{[A]} = \text{constante.}$$

Cette constante caractéristique du couple acide/base est appelée constante d'acidité du couple A/B et notée K_a

$$K_a = \frac{[H_3O^+] \cdot [\text{Base}]}{[\text{acide}]} = \frac{[H_3O^+] \cdot [B]}{[A]}$$

K_a est sans dimension
K_a est une constante à une température donnée
K_a dépend de la température

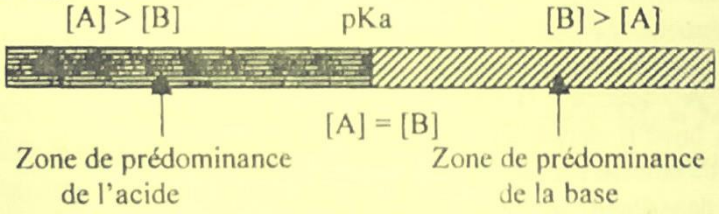
On définit également la constante pKa :

$$pK_a = -\log K_a \quad ; \qquad pH = pK_a + \log \frac{[B]}{[A]} \quad ; \qquad K_a = 10^{-pKa}$$

3 - DOMAINES DE PREDOMINANCE D'UN ACIDE ET DE SA BASE CONJUGUEE

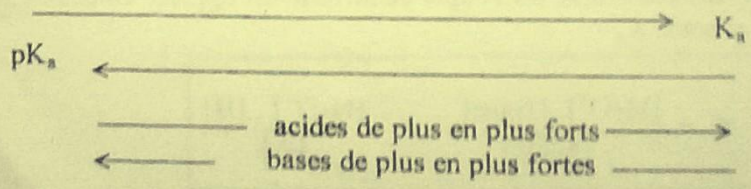
- Si pH > pK_a, $\log \frac{[B]}{[A]} > 0 \Rightarrow [B] > [A]$; la forme basique prédomine
- Si pH < pKa , $\log \frac{[B]}{[A]} < 0 \Rightarrow [A] > [B]$; la forme acide prédomine
- Si pH = pKa, $\log \frac{[B]}{[A]} = 0 \Rightarrow [A] = [B]$; les 2 formes sont en quantités égales

Tableau récapitulatif



4 - CLASSIFICATION DES COUPLES ACIDE-BASE DANS L'EAU

- De deux acides faibles, le plus fort est celui dont la constante d'acidité K_a du couple auquel il appartient est la plus grande. On peut dire aussi que de deux acides faibles, le plus fort est celui dont la constante pK_a est la plus petite.
- Plus un acide est fort, plus sa base conjuguée est faible et inversement.
- De deux bases faibles, la plus forte est celle pour laquelle la constante d'acidité du couple auquel elle appartient est la plus petite. On peut dire aussi que de deux bases faibles, la plus forte est celle pour laquelle le pK_a du couple auquel elle appartient est le plus grand.
- Tableau récapitulatif.



Exercices

Exercice C_4 – 1

Sur l'étiquette d'une bouteille commerciale d'ammoniac, on peut lire les informations suivantes :

NH_3 { masse molaire : $M = 17\ g.mol^{-1}$; masse volumique de la solution : $\rho = 450\ kg.m^{-3}$; pourcentage en masse de NH_3 : $p = 33\%$

a) Calculer la concentration molaire de cette solution.

b) Quel volume de cette solution faut-il prélever pour préparer $V_1 = 500$ mL d'une solution S de concentration $C_1 = 0,1\ mol.L^{-1}$?

c) Décrire le mode opératoire pour préparer les 500 mL de S.

d) La solution S a un pH égal à 11,1 à 25°C.
Calculer les concentrations molaires et les quantités de matière des ions H_3O^+ et OH^- présents dans la solution S.

e) Déterminer le pK_a du couple ion ammonium/ammoniac à 25°C.

Exercice C_4 - 2

On désigne par A_1H l'acide éthanoïque CH_3COOH, par A^-_1 sa base conjuguée; par A_2H l'acide monochloroéthanoïque $CH_2ClCOOH$, A^-_2 sa base conjuguée ; par A_3H, l'acide dichloroéthanoïque, $CHCl_2COOH$; par A^-_3 sa base conjuguée ; par A_4H l'acide trichloroéthanoïque, CCl_3COOH ; par A^-_4 sa base conjuguée.

a) Le pH d'une solution aqueuse de A_1H de concentration molaire 0,01 mol/L vaut 3,4 à 25°C.

b) Le pK_a du couple A_2H/A^-_2 est 2,9.

c) Dans une solution aqueuse de A_3H, de pH = 1,3 les concentrations molaires $[A_3H]$ et $[A_3^-]$ sont égales.

d) Dans une solution aqueuse de A_4H de pH = 1, le coefficient de dissociation de A_4H est $\alpha = 0,67$.

1) Montrer que l'acide éthanoïque est un acide faible.

2) Déterminer les constantes d'acidité et les pK_a des 4 couples.

3) Dresser un tableau permettant de classer les 4 acides, les 4 bases conjuguées.
Que remarque-t-on ?

4) Préciser l'influence sur les propriétés acides, du remplacement de 1, 2 ou 3 atomes d'hydrogène du groupe méthyle - CH_3 par 1, 2 ou 3 atomes de chlore.

N.B. : On appelle coefficient de dissociation d'un acide AH, le rapport α de la quantité de molécules dissociées à la quantité totale de molécules mises en solution.

Exercice C_4 - 3

L'étiquette d'un flacon contenant une solution S_o d'acide méthanoïque de commerce porte les indications suivantes :

- masse d'acide pur = 80%
- densité de la solution : d = 1,18
- masse molaire moléculaire $M = 46\ g.mol^{-1}$
- formule : HCOOH

1) Calculer la molarité C_o de la solution S_o.
2) On prélève un volume v = 5 cm^3 de S_o que l'on complète à l'eau distillée pour obtenir 1 litre de solution S ; donner la molarité C de la solution S.
3) On mesure le pH de la solution S et on trouve 2,4. Calculer les concentrations molaires volumiques des différentes espèces chimiques de la solution S. En déduire le pK_a du couple acide méthanoïque/ion méthanoate.
4) On verse dans la solution S quelques gouttes d'indicateur coloré HIn. Le couple HIn/In^- a un pK_a égal à 5,1. La forme acide HIn de cet indicateur est rouge, la forme basique In^- est jaune. Une solution contenant quelques gouttes de cet indicateur coloré apparaît rouge si $[HIn] > 10\ [In^-]$ et jaune si $[In^-] > 10\ [HIn]$

a) Quelles sont les valeurs du pH délimitant la zone de virage de cet indicateur ?
b) Quelle couleur prend alors la solution S ?

Exercice C_4 - 4

Une solution aqueuse A est obtenue en mélangeant 20 mL de solution décimolaire d'acide chlorhydrique à 40 mL de solution décimolaire d'acétate de sodium. Le pH du mélange est égal à 5.

1) Quelles sont, pour la solution A, les concentrations molaires :
a) en ions H_3O^+ et en ions OH^-
b) en ions sodium et en ions chlorure
c) en ions éthanoate et en molécules d'acide acétique.
2) Quelles sont les espèces majoritaires et minoritaires ?
3) Quel est le pK_a du couple d'acide acétique dont dérive l'acétate de sodium?

Exercice C_4 - 5

1) On dispose d'une solution commerciale d'acide sulfurique de densité d par rapport à l'eau égale à 1,8 et contenant 49 pour cent en masse d'acide pur. Calculer la concentration molaire C_o de la solution commerciale
2) On désire préparer un volume V = 300 mL d'une solution S de concentration $C = 3.10^{-2}$ $mol.L^{-1}$ à partir de la solution commerciale. On considère l'acide sulfurique comme un diacide fort en première approximation.

a) Quel volume V_o de la solution commerciale aurait-il fallu pour cela ? En déduire le volume d'eau à compléter.
b) Calculer le pH de la solution S.
3) En réalité, le pH de la solution est égale à 1,42. On explique cela par le fait que la seconde acidité de l'acide sulfurique est faible ; l'ion HSO_4^- obtenu lors de l'ionisation totale de H_2SO_4 n'est pas un acide fort : il n'est que partiellement dissocié dans l'eau.

a) Ecrire les équations des différentes réactions chimiques.
b) Calculer les concentrations des espèces chimiques présentes dans la solution.
c) Calculer la constante d'acidité K_a et la constante pK_a du couple acide-base présent dans la solution S.

On donne : H : 1 $g.mol^{-1}$; S : 32 $g.mol^{-1}$; O : 16 $g.mol^{-1}$.

Exercice C_4 – 6

Les solutions sont maintenues à 25°C.

1) Une solution A d'acide benzoïque a un pH = 3,1. On la dilue 100 fois et on obtient une solution B de pH = 4,1.

a) Comment procéderiez-vous pour obtenir, à partir de la solution A, 1 L de solution diluée ?

b) En comparant les concentrations molaires en ions H_3O^+ dans la solution A et dans la solution B, dire si l'acide benzoïque est un acide fort ou faible.

c) Donner l'équation-bilan de la réaction de cet acide sur l'eau.

d) Sachant que la solution A a une concentration $C = 10^{-2}$ mol.L^{-1}, calculer les concentrations molaires des différentes espèces chimiques présentes dans cette solution. En déduire la valeur du pK_A du couple $C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-$.

2) On ajoute une quantité n_1 (en mole) d'acide benzoïque à une solution S_2 de benzoate de sodium dans l'eau. S_2 contient une quantité n_2 de benzoate et sa concentration inconnue, est assez voisine de 0,01 mol.L^{-1}. Le mélange obtenu est appelé S_3.

Si le pH de S_3 est égal au pKa du couple $C_6H_5COOH/C_6H_5COO^-$:

a) montrer que les concentrations de S_3 en espèces C_6H_5COOH et $C_6H_5COO^-$ sont égales ; en utilisant les approximations permises par les conditions de l'énoncé, en déduire $n_1 \simeq n_2$.

b) montrer que l'addition d'une quantité modérée d'eau à S_3 ne modifierait pas sensiblement son pH.

Exercice C_4 -7

On considère une solution d'hydrogénocarbonate de sodium $NaHCO_3$ (encore appelée bicarbonate de sodium) de concentration molaire 0,1 mol.L^{-1}.

1- En solution, le sel dissocie totalement en ions Na^+ et HCO^-_3. Ecrire les deux couples acide- base faisant intervenir l'ion HCO^-_3 et montrer que c'est un ampholyte.

2- On appelle Ka_1 et Ka_2 les constantes d'acidité des deux couples précédemment décrits. On donne $pKa_1 = 6,4$; $pKa_2 = 9,9$. Attribuer un pKa à chaque couple.

3- HCO^-_3 étant un ampholyte, identifier les produits A et B dans l'équilibre suivant :

$$HCO^-_3 + HCO^-_3 \rightleftharpoons A + B.$$

A l'équilibre, en solution aqueuse, montrer que le rapport : $\dfrac{[A]\,[B]}{[HCO^-_3]^2}$ est une constante que l'on appellera K et que l'on calculera en fonction de K_{a1} et K_{a2}. Donner sa valeur numérique.

4- En admettant que lors de la dissolution de $NaHCO_3$ dans l'eau la réaction acide-base prédominante est celle décrite à la question 3-, calculer à l'équilibre les rapports $\dfrac{[A]}{[HCO^-_3]}$ et $\dfrac{[B]}{[HCO^-_3]}$

En déduire que la concentration en ions H_3O^+ s'écrit : $[H_3O^+] = \sqrt{Ka_1 Ka_2}$.
Calculer numériquement le pH et montrer que la solution est basique.

Exercice C_4- 8

Toutes les mesures de pH sont faites à 25 °C.
On dispose de trois flacons contenant les solutions aqueuses A, B et C, toutes différentes. Les trois solutions ont la même concentration molaire volumique. On a oublié de les étiqueter. Dans le but de rétablir les étiquettes, on procède aux tests suivants avec des indicateurs colorés.
Les résultats de ces tests sont consignés dans le tableau ci-dessous.

Indicateur coloré	Couleur de la forme acide	Zone de virage	Couleur de la forme basique	A	B	C
Hélianthine	rouge	3,1 -4,4	Jaune	orange	jaune	rouge
Jaune d'alizarine	Jaune	10,1-12,1 (violet)	lilas (couleur mauve)	jaune	violet	jaune
Bleu de bromophénol	Jaune	3 - 4,8	Bleu	vert	bleu	jaune
phtaléine	incolore	8,2 - 10	rouge violacé	incolore	rouge violacé	incolore

1/ Classer les solutions A, B et C par ordre d'acidité croissante. Justifier la réponse.
2/ Le pK_a du couple possédant l'acide le plus fort est 2,9. La mesure de son pH donne 2,5.
Montrer que la concentration molaire volumique de chacune des solutions vaut 10^{-2} mol.L^{-1} environ.
3/ Le pH de la solution la plus basique que l'on note M est 11,3.
a) Ecrire l'équation-bilan de la réaction de la base M avec l'eau.
b) Faire le bilan quantitatif des différentes espèces chimiques présentes dans la solution basique et en déduire le pK_a du couple MH^+/M.
4/ On mesure le pH de la solution restante (on le notera AH). Le pHmètre indique la valeur 3,4.
a) Pourquoi cette mesure permet-elle d'affirmer que l'acide AH est un acide faible dans l'eau ?
b) Calculer les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques présentes en solution et vérifier que la valeur du pK_a du couple AH/A^- est 4,8.
5/ En utilisant le tableau suivant, identifier chacune des solutions A, B et C en écrivant leur formule semi-développée et leur nom.

Constante d'acidité	Couple acide - base
$1,3.\ 10^{-3}$	acide monochloroéthanoïque/ion monochloroéthanoate
$1,6.\ 10^{-4}$	acide méthanoïque/ion méthanoate
$1,6.\ 10^{-5}$	acide éthanoïque/ion éthanoate
$6,3.\ 10^{-10}$	ion ammonium / ammoniac
$2,0.10^{-11}$	ion diméthylammonium/diméthylamine

(D'après Concours d'Entrée à la FSS / 1997)

Exercice C_4 - 9

A - La mesure du pH à 25 °C d'une solution aqueuse S_o d'ammoniac de concentration molaire C = 0,1 $mol.L^{-1}$ donne pH = 11,1.

1/ Déterminer les concentrations molaires des espèces chimiques présentes dans la solution et en déduire la constante d'acidité K_a du couple NH_4^+/NH_3.

2/ A un litre de cette solution, on ajoute des cristaux de chlorure d'ammonium pour obtenir la solution S_1. On admet que le volume reste constant.

a) Montrer que le pH de la solution S_1 est inférieur à celui de la solution S_o.

b) Déterminer la quantité de chlorure d'ammonium introduit sachant que le pH varie de 1,3.

(D'après Concours d'Entrée à la FSS / 1998).

Exercice C_4 - 10

Les pK_a des couples HCO_2H/HCO_2^- ; $CH_3CO_2H/CH_3CO_2^-$; $CH_2ClCO_2H/CH_2ClCO_2^-$; H_3O^+/H_2O ; H_2O/OH^- sont respectivement : 3,8 ; 4,8 ; 2,9 ; 0 et 14.

1/ a) Une solution de méthanoate de sodium est-elle acide, basique ou neutre ? Justifier la réponse.

Ecrire l'équation de la réaction de l'ion méthanoate avec l'eau. Est-elle totale ou limitée ? On calculera la constante de la réaction

$K_r = \dfrac{[\text{acide 2}]\,[\text{base 1}]}{[\text{acide 1}]\,[\text{base 2}]}$ on conclura que la réaction est limitée si $k_r << 1$ et réaction complète si $k_r >> 1$. (acide 1 + base 2 $\rightleftarrows$ acide2 + base1).

b) Montrer qu'une solution de monochloroéthanoate de potassium est basique.

A partir de la constante de la réaction de l'ion éthanoate avec l'eau préciser si cette réaction est totale ou limitée.

2/ Ecrire l'équation de la réaction de la méthylamine avec un acide fort et calculer la constante d'équilibre k_r de cette réaction. Un acide fort peut-il servir au dosage d'une solution de méthylamine ?

Le dosage est-il possible avec la soude ?

Donnée numérique : $pK_a\ (CH_3NH_3^+ / CH_3NH_2) = 10,7$

(D'après Concours d'Entrée à Kinésithérapie/2000)

Chapitre 5 (Chimie)



REACTION entre un ACIDE FORT et une BASE FORTE

L'essentiel du cours

1. REACTION ENTRE UN MONOACIDE FORT ET UNE MONOBASE FORTE

1-1 Dispositif expérimental

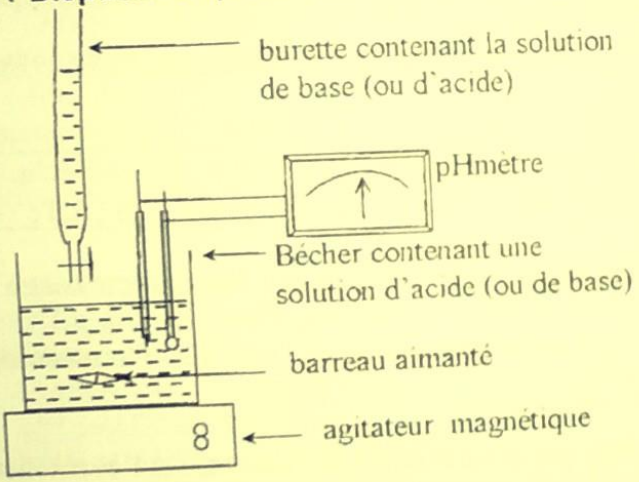


Fig.1 Dispositif expérimental

1-2 Mode opératoire

- étalonner le pH-mètre à l'aide d'une solution tampon de pH connu ;
- verser progressivement la solution contenue dans la burette dans la solution du bécher ;
- agiter avant chaque mesure de pH pour rendre le mélange bien homogène ;
- lire le pH sur l'appareil pour chaque volume versé et dresser le tableau des mesures.

1-3 Réaction acide base

L'équation de la réaction entre l'acide chlohydrique et l'hydroxyde de sodium s'écrit :

$$(H_3O^+ + Cl^-) + (Na^+ + OH^-) \rightarrow Na^+ + Cl^- + 2H_2O$$

Les ions chlorure Cl^- et sodium Na^+ ne participent pas à la réaction chimique car on les retrouve dans les deux membres de l'équation précédente. L'équation bilan de la réaction entre l'acide chlorhydrique et l'hydroxyde de sodium s'écrit plus simplement :

$$H_3O^+ + OH^- \rightarrow 2H_2O$$

Lorsqu'on mélange une solution d'hydroxyde de sodium ($Na^+ + OH^-$) et une solution d'acide chlorhydrique ($H_3O^+ + Cl^-$), il se produit une réaction acide-base totale entre les ions H_3O^+ et OH^- ; les ions H_3O^+ apportés par l'acide réagissent avec les ions OH^- apportés par la base pour former de l'eau : on dit qu'il y a une réaction de neutralisation acido-basique.

1-4 Allure de la courbe de dosage

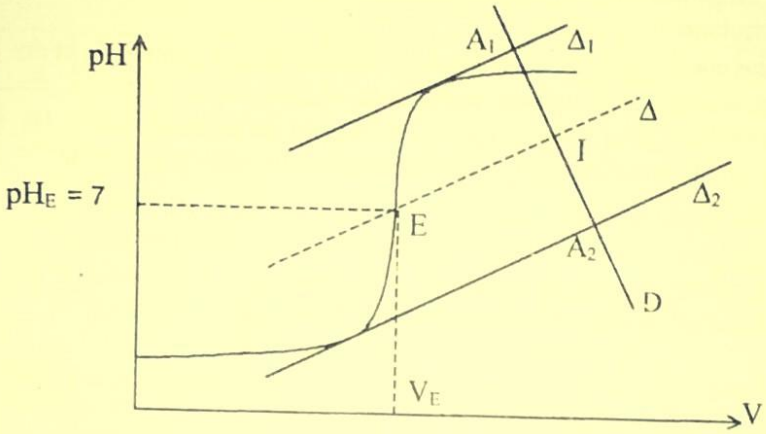


Fig.2 : Courbe de dosage et détermination du point d'équivalence

Remarque :

Le virage d'un indicateur coloré approprié permet de déterminer l'équivalence lors d'un dosage acide-base. Le point équivalent est déterminé par la méthode des tangentes.

Le pH à l'équivalence lors du dosage acide fort-base forte est égal à 7 à 25°C ; la solution à l'équivalence est neutre.

2. EQUIVALENCE ACIDO-BASIQUE

Lors d'une réaction entre une solution d'acide chlorhydrique et une solution d'hydroxyde de sodium, on dit qu'il y a équivalence acido-basique lorsque le nombre n_A d'ions hydronium H_3O^+ apportés par la solution acide est égal au nombre n_B d'ions hydroxyde OH^- apportés par la solution basique.

$$n_{H_3O^+} = n_{OH^-}$$

Dans le cas d'un monoacide, on a :

$n_{H_3O^+} = C_aV_a$ avec C_a = Concentration molaire de l'acide et V_a = Volume d'acide.

Dans le cas d'une monobase, on a :

$n_{OH^-} = C_bV_b$ avec C_b = Concentration molaire de la base et V_b = Volume de base

$$n_{H_3O^+} = n_{OH^-} \Leftrightarrow \boxed{C_aV_a = C_bV_b}$$

Généralisation

Pour un acide libérant n_a moles d'ions H_3O^+ par mole et neutralisé par une base libérant n_b moles d'ions OH^- par mole ; on a : $n_aC_av_a = n_bC_bv_b$.

3. DETERMINATION DU POINT D'EQUIVALENCE (METHODE DES TANGENTES PARALLELES) : voir figure 2

- On trace deux tangentes Δ_1 et Δ_2 parallèles passant par les zones de forte concavité et enveloppant la courbe.
- On trace ensuite une droite D orthogonale à ces deux tangentes ; soient A_1 et A_2 les points d'intersection de D avec les tangentes Δ_1 et Δ_2.
- La droite Δ parallèle à Δ_1 et Δ_2 et passant par le milieu I du segment A_1A_2 coupe la partie de forte variation de pH de la courbe en un point E qui est le point équivalent.

Exercices

Exercice C_5 – 1

On mélange 100 mL d'acide chlorhydrique à 10^{-2} mol/L et 100 mL d'acide bromhydrique HBr de concentration inconnue C. Le pH de la solution obtenue est égal à 1,8. Les acides HCl et HBr sont des acides forts et le restent même quand on les mélange.

a) Quelles sont les concentrations des ions H_3O^+, Cl^-, Br^- et OH^- dans le mélange ?
b) Quelle est la concentration C de la solution bromhydrique initiale ?
c) Quel volume de soude à 0,2 mol/L faut-il ajouter au mélange précédent pour obtenir l'équivalence acido-basique ?

Exercice C_5 - 2

Un volume V = 100 cm^3 d'acide chlorhydrique à 5.10^{-2} mol/L est obtenu en dissolvant un volume v_o de chlorure d'hydrogène gazeux dans l'eau. La dissolution se fait sans variation de volume.

1) Calculer le volume v_o de gaz chlorure d'hydrogène utilisé (le volume molaire est 22,4 L dans les conditions de l'expérience).
2) L'acide chlorhydrique ainsi préparé est ajouté progressivement à 20 cm^3 d'une solution d'hydroxyde de sodium. On constate que l'équivalence acido-basique est atteinte pour un volume v_a d'acide versé égal à 40 cm^3.

a) Que représente l'équivalence acido-basique ?
b) Expliquer, en quelques lignes, la façon dont il faut procéder pour faire le dosage. Représenter le dispositif nécessaire.
c) Calculer la concentration molaire de la solution d'hydroxyde de sodium.

3) Quelle masse d'hydroxyde de sodium faut-il dissoudre dans l'eau pour obtenir V' = 1 litre de solution ayant cette concentration ?

On donne : M (Na) = 23 g/mol ; M(O) = 16 g/mol ; M(H) = 1 g/mol.

Exercice C_5 - 3

Dans un bécher contenant un volume $V_a = 10\ cm^3$ d'acide chlorhydrique, on verse à l'aide d'une burette, une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $0,4\ g.L^{-1}$.

Le tableau ci-dessous indique pour différentes valeurs du volume V_b de la solution de base versée, les valeurs correspondantes du pH.

V_b en mL	0	2	4	6	8	9	9,4	9,8	10,2	10,4	10,6	11	12	13	14	15
pH	1,9	2	2,2	2,4	2,8	3,1	3,4	4,6	9,1	9,7	10	10,4	10,7	10,9	11	11,1

1) Proposer un schéma du dispositif permettant d'effectuer ce dosage.
2) Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui se produit au cours de ce dosage.
3) a) Construire le graphique $pH = f(V_b)$ sur papier millimétré.
   Echelles : en abscisse 1 cm pour $1\ cm^3$
   : en ordonnée 1 cm pour une unité de pH

b) A l'aide du graphique obtenu, déterminer le point d'équivalence E ; en déduire la concentration C_a en $mol.L^{-1}$ de la solution d'acide chlorhydrique utilisée.

c) Quelle est la nature de la solution obtenue à l'équivalence ?

4) Calculer les concentrations molaires volumiques des différentes espèces chimiques présentes dans la solution lorsqu'on a versé un volume $V_b = 3\ cm^3$ d'hydroxyde de sodium.
5) Si on évaporait l'eau de la solution obtenue à l'équivalence, on obtiendrait un solide blanc.
   Quel est son nom ?
   Calculer sa masse.
6) On dispose des trois indicateurs colorés suivants :
   Hélianthine : zone de virage de pH = 3,1 à pH = 4,4
   Phénolphtaléine : zone de virage de pH = 8 à pH = 10
   Bleu de bromothymol : zone de virage de pH = 6 à pH = 7,6

a) Choisir en le justifiant l'indicateur coloré le plus indiqué pour ce dosage.
b) Comment serait repéré le volume équivalent ?
   On donne : M(H) = 1 g/mol ; M(O) = 16 g/mol ; M(Na) = 23 g/mol.

Exercice C_6 - 4

1) On obtient une solution S en mélangeant un volume $V_1 = 20$ mL d'une solution d'acide sulfurique de concentration $C_1 = 2.10^{-2}\ mol.L^{-1}$ avec un volume $V_2 = 40$ mL d'une solution d'hydroxyde de potassium de concentration $C_2 = 5.10^{-2}\ mol.L^{-1}$.

L'acide sulfurique est un diacide fort.

Calculer le pH_1 de la solution S obtenue.

2) Le mélange précédent est dilué par l'eau distillée et son volume est porté à 100 mL. On obtient une solution S'.
Calculer le pH_2 de la solution S'.
3) Répondre aux questions suivantes :
a) Quel volume V_a d'acide chlorhydrique centimolaire faut-il ajouter dans la solution S' pour que son pH devienne égal à 7 ?
b) Quel volume v de chlorure d'hydrogène gazeux faut-il dissoudre dans la solution S' pour que son pH soit égal à 7 ?.
Le volume molaire dans les conditions de l'expérience est $V_M = 22,4$ L/mol.

Exercice C_5 - 5

On considère un monoacide fort de masse molaire M. On en verse différentes masses dans un volume noté V de 1L d'eau et on mesure à chaque fois le pH. Les résultats obtenus sont les suivants :

m (g)	0,032	0,13	0,5	1,6
pH	3,3	2,7	2,1	1,6

1) Ecrire la relation entre m et pH.
2) Tracer le graphe pH = f (log m). En déduire que le pH peut s'écrire sous la forme pH = a + b.log m.
Donner les valeurs de a et b.
3) Que représente a ? En déduire la masse molaire M et identifier l'acide parmi la liste d'acides
forts suivants : HCl ; HNO_3 ; H_2SO4 ; $HClO_3$.
4) La solution d'acide présente de pH = 2,1 de volume $V_1 = 20$ mL est mélangé à un volume V_2 d'une solution aqueuse d'acide sulfurique de pH = 3.
a) Calculer le volume V_2 si le pH du mélange est 2,5.
b) Un volume $v_a = 10$ mL du mélange précédent (pH = 2,5) est dosé par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration 5.10^{-2} mol L^{-1}.
- Calculer le volume de solution de soude à l'équivalence
- Donner l'allure de la courbe pH = f (V_b) où V_b est le volume de solution de soude versé.

On donne : H : 1 $g.mol^{-1}$; O : 16 $g.mol^{-1}$; S : 32 $g.mol^{-1}$; N : 14 $g.mol^{-1}$
Cl : 35,5 $g.mol^{-1}$.

Exercice C_5 – 6

Dans un bécher contenant $V_B = 20$ cm^3 d'une solution de dihydroxyde de magnésium ($Mg(OH)_2$) de molarité C_B inconnue, on verse à l'aide d'une burette, une solution aqueuse centimolaire d'un monoacide fort HA. On mesure le pH en fonction du volume V_A d'acide versé. Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

V_A (cm^3)	0	2	3	4	5	6	7	8	9	9,5
pH	11,7	11,55	11,5	11,4	11,3	11,2	11,0	10,85	10,55	10,2

9,9	10	10,1	10,5	11	12	13	14
9,5	7,0	4,5	3,8	3,5	3,2	3,0	2,9

Le dihydroxyde de magnésium est une base forte.

1) Ecrire équation-bilan de la réaction entre les solutions de l'acide HA et de la base utilisée.
2) Calculer C_B à partir de la valeur du pH de la solution initiale de base ($V_A = 0$)
3) Tracer sur papier millimétré la courbe de la variation du pH en fonction du volume V_A d'acide versé.
   Echelles abscisse: 1 cm pour 1 cm^3 ; ordonnée : 1 cm pour 1 unité de pH
4) Déterminer les coordonnées du point équivalent E. En déduire une valeur approchée de la concentration C_B. Comparer cette valeur à celle trouvée en 2°)
5) Le mélange obtenu à l'équivalence est complètement déshydraté. Le composé X obtenu a une masse m = 7,4 mg.

a) Déterminer la masse molaire moléculaire de l'acide utilisé.
b) Donner le nom de cet acide à partir du tableau suivant :

Acides	Acide chlorhydrique (HCl)	Acide sulfurique (H_2SO_4)	Acide nitrique (HNO_3)
Masse molaire moléculaire (g/mol)	36,50	98	63

6) Le dosage précédent peut-être suivi à l'aide d'un indicateur coloré.
   Lequel des indicateurs colorés suivants est approprié pour ce dosage ? On indiquera la raison :

pH de la zone de virage

Hélianthine : 3,1----------4,4
Bleu de bromothymol : 6,0----------7,6
Phénolphtaléine : 8 ----------10

7) Calculer les molarités des différentes espèces chimiques présentes dans le mélange obtenu lorsqu'on verse les volumes suivants d'acide :

a) $V_A = 5\ cm^3$;
b) $V'_A = 11\ cm^3$

On donne en g/mol les masses molaires atomiques :
Mg : 24 ; H : 1 ; Cl : 35, 5 ; N : 14 ; O : 16 ; S : 32.

Exercice C_5 - 7

L'étiquette d'un flacon d'un produit d'entretien du commerce porte l'indication : «Solution d'hydroxyde de sodium à 20% ». Pour en faire la vérification, on effectue les expériences suivantes (la solution commerciale sera notée S_o).

1- On prépare, à partir de S_o, 1000 mL de solution S_1 de concentration C_1, 100 fois plus faible que celle de S_o.

a) Calculer le volume de S_o nécessaire.

b) Décrire brièvement le mode opératoire, en précisant le matériel utilisé.

2- On prélève $V_1 = 10$ mL de cette solution S_1 qui sera dosée à l'aide d'une solution A d'acide chlorhydrique de concentration $C_a = 0{,}10$ mol.L^{-1} en présence du bleu de bromothymol

a) L'équivalence acido-basique est obtenue lorsque l'on a versé $V_a = 6$ mL de la solution A.

- Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
- En déduire la concentration de S_1 et la masse de sel obtenu.

b) Donner l'allure de la courbe qui donne les variations du pH du mélange en fonction du volume d'acide versé. Préciser les coordonnées du point d'équivalence.

3- La masse volumique de S_o est 1220 kg.m^{-3}. En déduire le pourcentage en masse d'hydroxyde de sodium dans S_o, et comparer avec l'indication de l'étiquette.

Masses molaires atomiques :

M_H : 1 g.mol^{-1} ; M_O : 16 g.mol^{-1} ; M_{Na} : 23 g.mol^{-1} ; M_{Cl} : 35,5 g.mol^{-1}

Exercice C_5 - 8

On dissout 11,2 cm^3 de chlorure d'hydrogène pris dans les conditions normales dans 500 mL d'eau pure. Le pH de la solution obtenue est égal à 3. Le volume molaire normal est 22,4 L/mol.

1) Montrer que la réaction entre le chlorure d'hydrogène et l'eau est totale puis calculer les molarités des différentes espèces chimiques présentes dans la solution.

2) Avec quel volume d'eau faut-il diluer cette solution pour que le pH obtenu soit égal à 5 ?

3) On prépare une solution de soude en introduisant 2 g d'hydroxyde de sodium dans 0,5 L d'eau pure. On néglige la variation de volume. On prélève 10 mL de cette solution que l'on dose avec une solution d'acide chlorhydrique non diluée étudiée plus haut. Calculer le volume équivalent.

On donne H : 1g.mol^{-1} ; O : 16g.mol^{-1} ; Na : 23g.mol^{-1}.

D'après BAC 85/C.

Exercice C_5 - 9

1) Quelle masse d'acide nitrique HNO_3 faut-il mélanger à l'eau pure pour obtenir 1 litre de solution S_1 de concentration $C_1 = 10^{-2}$ mol.L^{-1} ?

2) On obtient 1 litre d'une solution S_2 par dissolution de 960 mL de chlorure d'hydrogène HCl dans l'eau pure.

a) Ecrire l'équation bilan de la réaction.

b) Quel est le pH de la solution si dans les conditions de l'expérience le volume molaire des gaz est 24 L/mol.

3) On prépare 100 mL d'une solution S_3 en mélangeant 40 mL de S_1 et 60 mL de S_2. Quel est le pH de S_3 ?

4) On ajoute à 10 mL du mélange S_3 un volume v_b de soude de concentration $C_b = 2.10^{-2}$ mol/L.

Déterminer les volumes v_{b_1} et v_{b_2} pour obtenir respectivement :

- une solution de $pH_1 = 7$.
- et une solution de $pH_2 = 10$.
- On donne : H : 1g.mol^{-1} ; O : 16g.mol^{-1} ; N : 14g.mol^{-1}

D'après BAC 92 / D

Exercice C_5 – 10

On considère les cinq solutions suivantes :

- Solution A d'acide chlorhydrique (HCl) de concentration molaire $C_1 = 1,2.\ 10^{-2}$ mol.L^{-1}.
- Solution B d'acide sulfurique (H_2SO_4) de concentration molaire $C_2 = 1,5.\ 10^{-2}$ mol.L^{-1}.
- Solution C d'acide bromhydrique (HBr) de concentration massique 0,81 g/L.
- Solution D d'hydroxyde de sodium (NaOH) de concentration molaire $C_4 = 1,3.10^{-2}$mol.L^{-1}.
- Solution E d'hydroxyde de potassium (KOH) de concentration massique 0,7 g/L

1) Calculer le pH de chaque solution a 25°C.

2) On réalise une solution S constituée de $V_1 = 10$ cm^3 de A, de $V_2 = 6$ cm^3 de B, de $V_3 = 13$ cm^3 de C, de $V_4 = 18$ cm^3 de D et de $V_5 = 13$ cm^3 E.

a) La solution S est-elle acide ou basique ? Justifier la réponse.

b) Laquelle des deux solutions précédentes d'acide sulfurique ou de soude doit-on verser dans solution S pour obtenir une solution S' de pH égal à 7 à 25°C ?

c) Ecrire l'équation d'électroneutralité dans la solution S'. En déduire le volume de S' et le volume de la solution ajoutée à la solution S.



REACTION ACIDE FAIBLE- BASE FORTE. REACTION ACIDE FORT- BASE FAIBLE. SOLUTION TAMPON.

L'essentiel du cours

1. REACTION ENTRE UN MONOACIDE FAIBLE ET UNE MONOBASE FORTE

1-1 Réaction acide faible-base forte

- La réaction entre un monoacide faible et une monobase forte est quasi totale. Le bilan réactionnel s'écrit :

  $A + OH^- \longrightarrow B + H_2O$

  Exemple : $CH_3COOH + OH^- \longrightarrow CH_3COO^- + H_2O$

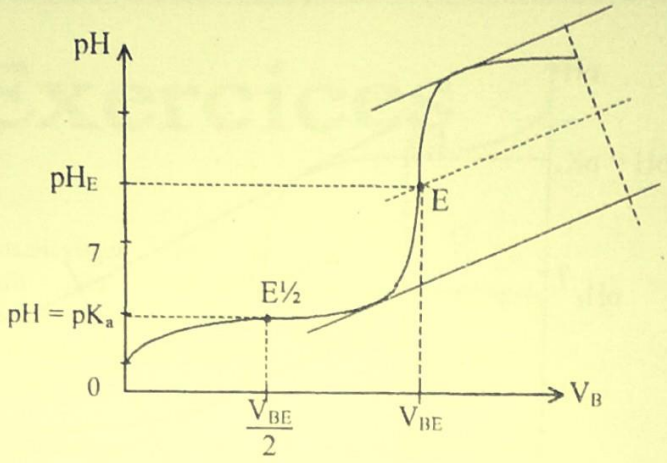
- Le dosage s'effectue par addition progressive d'une quantité n_{OH^-} de monobase forte à une quantité n_A de monoacide faible. L'équivalence est atteinte lorsque : n_{acide} apportés par l'acide = n_{OH^-} apportés par la base soit :

$$C_A V_A = C_B V_B$$

1-2 Courbe de variation du pH

La courbe de variation du pH d'une solution d'acide faible (CH_3COOH par exemple) en fonction du volume de base (NaOH par exemple) versé, est croissante et présente deux points d'inflexion :

- le point d'équivalence dont le pH est supérieur à 7 ;
- le point de demi-équivalence dont le pH est égal au pK_a du couple A/B ;



L'allure de la courbe de dosage est caractérisée par une très faible variation de pH autour du point de demi- équivalence et par une brusque variation du pH autour du point d'équivalence E.

Le point d'équivalence est déterminé par la méthode des tangentes

Au point de demi-équivalence :

$pH = pK_a$ et $V_B = \frac{V_{BE}}{2}$

2. REACTION ENTRE UNE MONOBASE FAIBLE ET UN MONOACIDE FORT

- La réaction entre une monobase faible et un monoacide fort est quasi totale et s'exprime par le bilan réactionnel suivant :

  $B + H_3O^+ \longrightarrow A + H_2O$

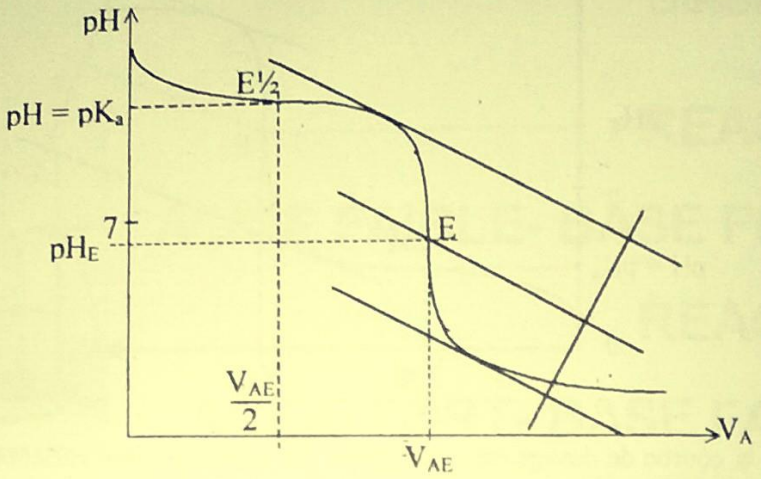
  (Exemple $NH_3 + H_3O^+ \longrightarrow NH_4^+ + H_2O$)

- Le dosage s'effectue par addition progressive d'une quantité $n_{H_3O^+} = C_AV_A$ d'acide fort à une quantité $n_B = C_BV_B$ de monobase faible.

L'équivalence est atteinte lorsque :

$$\boxed{C_AV_A = C_BV_B.}$$

- La courbe de variation du pH d'une solution de monobase faible (NH_3 par exemple) en fonction du volume d'acide fort (HCl par exemple) versé, est croissante et présente deux points d'inflexion :
  - le point d'équivalence dont le pH est inférieur à 7 ;
  - le point de demi-équivalence dont le pH est égal au pK_a du couple A/B
- L'allure de la courbe de dosage est caractérisée par une très faible variation de pH autour du point de demi-équivalence et par une brusque variation du pH autour du point d'équivalence.



Au point de demi-équivalence :

- $pH = pK_a$ et $V_A = \frac{V_{AE}}{2}$

- les concentrations de la base et de l'acide conjugué sont égales : [B] = [A]

3. SOLUTION TAMPON

- Une solution tampon est constituée d'un mélange équimolaire d'un acide faible et de sa base conjuguée. Son pH est égal au pK_a du couple acide-base correspondant.

N.B.:

- Une solution tampon idéale est obtenue pour $pH = pK_a$ soit [A] = [B]
- On utilise souvent des solutions tampons de pH voisin du pK_a ;

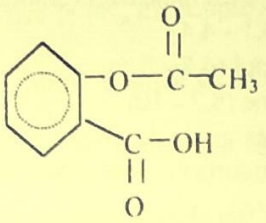
en pratique $pH \simeq pK_a$ pour $0.2 \leq \frac{[A]}{[B]} \leq 5$

- Le pH d'une solution tampon :
  - varie faiblement lors de l'addition d'une quantité modérée d'acide fort
  - varie faiblement lors de l'addition d'une quantité modérée de base forte
  - ne varie pas lors d'une dilution modérée.

Exercices

Exercice C_6- 1

L'acide acétylsalicylique est le composant actif des comprimés d'aspirine. L'acide acétylsalicylique, connu sous le nom commercial d'aspirine a la formule ci-contre :



Ce corps possède la fonction acide carboxylique et la fonction ester.

1) Déterminer la formule brute et la masse molaire de l'aspirine.
2) On se propose de déterminer la masse d'acide contenue dans un comprimé d'aspirine. Pour cela, on dissout un comprimé d'aspirine (non effervescent) dans 250 cm^3 d'eau distillée. Le mélange obtenu est agité à l'aide d'un agitateur magnétique pendant une vingtaine de minutes jusqu'à la dissolution aussi complète que possible de l'aspirine. On dose 100 mL de la solution A d'aspirine à l'aide d'une solution B d'hydroxyde de sodium décimolaire. Dans les conditions expérimentales du dosage, l'ester ne réagit pas avec la solution d'hydroxyde de sodium. Le dosage suivi au pH-mètre a donné les résultats suivants :

V_b en cm^3	0	0,5	1	2	4	5	6	7	9
pH	2,77	3,10	3,30	3,40	3,45	3,50	3,55	3,60	3,80

10	10,5	10,8	11	11,3	12	13
4,10	4,70	6,10	8	11	11,9	12,1

a) - Faire le schéma du dispositif expérimental.
   - Construire la courbe $pH = f(V_b)$
   Echelles : en ordonnée : 1 cm pour une unité de pH
   en abscisse : 1 cm pour 1 cm^3
b) L'acide acétylsalicylique est-il un acide fort ou faible ? Justifier la réponse.
c) Ecrire l'équation-bilan de la réaction acide-base qui se produit lors du dosage.
d) Déduire de la courbe obtenue :
   - les coordonnées du point équivalent
   - la concentration molaire C_a de la solution d'aspirine.
e) Déterminer graphiquement le pK_a du couple acide-base ainsi mis en évidence.
f) Calculer le nombre de moles et la masse d'acide acétylsalicylique dans un comprimé d'aspirine.

g) Calculer les concentrations molaires volumiques de toutes les espèces présentes dans la solution qui a été dosée.
En déduire le pK_a. Comparer la valeur calculée du pK_a à celle déterminée graphiquement.

h) On dispose de trois indicateurs colorés dont on précise les zones de virage.
Hélianthine (3,1 - 4,4)
Rouge de phénol (6,8 - 8,4)
Phénolphtaléine (8,2 - 10)
Représenter ces zones de virage sur le graphe $pH = f(V_b)$.
Quel(s) indicateur(s) coloré(s) peut-on utiliser pour suivre le dosage à défaut de pH mètre ?
Justifier votre réponse.

Exercice C_6 - 2

On dispose de la solution d'un monoacide organique AH que l'on veut doser à l'aide d'une solution de soude dont on connaît la molarité $C_B = 0,2$ mol/L.
Pour cela, on introduit dans un bécher $V_a = 50$ cm^3 de la solution acide et on fait couler lentement, à l'aide d'une burette la solution de soude. Pour chaque volume versé, on note les valeurs du pH.

V (cm^3)	0	1	2	3	5	8	10	14	16
pH	3	3,5	3,8	4	4,2	4,5	4,7	5	5,3

18	19	19,5	20	20,5	21	22	24
5,6	6	6,4	8,6	10,5	11	11,4	11,8

1) Tracer la courbe de neutralisation $pH = f(v)$
Echelle : 1 cm pour 1 cm^3 et 1 cm pour 1 unité de pH.
2) Déterminer graphiquement le point d'équivalence. En déduire la concentration C_A de la solution acide utilisée.
3) Déterminer la concentration molaire volumique de toutes les espèces chimiques présentes dans le mélange lorsque pH = 8,6.
Déterminer graphiquement le pK_a du couple AH/A^-
4) On utilise le mélange obtenu à l'équivalence pour déterminer la nature de l'acide : on fait évaporer l'eau du mélange, puis on sèche le produit obtenu et on le pèse. On obtient 0,328 g de composé solide. En déduire la formule semi-développée de l'acide ainsi que son nom.

On donne les masses molaires atomiques des éléments suivants :
C : 12 g.mol^{-1} ; O : 16 g.mol^{-1} ; H : 1 g.mol^{-1} ; Na : 23 g.mol^{-1}
La formule de l'acide organique utilisé est R-COOH avec $R = -C_nH_{2n+1}$ (n étant le nombre d'atomes de carbone dans le radical R).

Exercice C_6 - 3

1) Un litre de solution aqueuse a été obtenu en dissolvant dans l'eau une certaine quantité d'acide méthanoïque HCOOH.

a) Ecrire l'équation de la réaction entre l'acide méthanoïque et l'eau. Quelle est la base conjuguée de cet acide ?

b) Le pH de la solution est 2,7. Sachant que le pK_a du couple acide-base est 3,8. Calculer :

- le rapport entre la concentration de la forme basique du couple et celle de la forme acide,
- les concentrations molaires volumiques de toutes les espèces chimiques présentes dans la solution,
- la concentration molaire volumique de la solution d'acide méthanoïque.

2) On ajoute à la solution une masse m d'hydroxyde de sodium pur. On négligera la variation de volume.

a) Ecrire l'équation de la réaction.

b) Quelle doit être la valeur de m pour que le pH de cette nouvelle solution soit égal à 3,8 ? Quelle propriété remarquable cette solution possède-t-elle ?

On donne : O : 16 $g.mol^{-1}$, H : 1 $g.mol^{-1}$, Na : 23 $g.mol^{-1}$.

Exercice C_6 - 4

On prélève dans un bécher un volume V_A = 50 mL de la solution S_A d'un monoacide X.
On verse progressivement dans la solution contenue dans ce bécher une solution S_B de dihydroxyde de calcium $Ca(OH)_2$ de molarité $C_B = 10^{-1}$ mol/L.
Les valeurs du pH en fonction du volume de base versée sont consignées dans le tableau I.

V_B (mL)	0	0,5	1	1,5	3	4	4,5	5	6
pH	3	3,5	3,7	4,0	4,3	4,5	4,6	4,7	4,8

7	8	9	9,5	10	10,50	11	12
4,9	5,3	5,6	6,0	8,6	11	11,4	11,8

Tableau I

1) Tracer la courbe traduisant la variation du pH en fonction de V_B

Echelle { abscisse : 1 cm pour 1 mL
ordonnée : 1 cm pour 1 unité de pH

2) a) Peut-on à partir de la forme de la courbe obtenue dire que l'acide utilisé est fort ?

b) Déterminer graphiquement les coordonnées du point d'équivalence.

c) En déduire la concentration molaire C_A de la solution S_A.

3) a) Déterminer la constante d'acidité K_A du couple acide-base correspondant à l'acide utilisé.

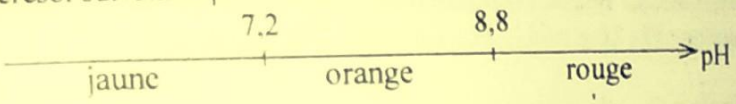
b) Identifier, à partir du tableau II, cet acide.
c) Vers quelle valeur tend le pH du mélange (acide-base) si V_B devient très important devant V_A ?

Couples acide-base conjugués	acide benzoïque/ ion benzoate	acide éthanoïque/ion éthanoate	ion ammonium/ ammoniac	acide méthanoïque/ion méthanoate
$K_A.10^5$	6,91	1,99	$5,01.10^{-5}$	15,8

Tableau II

Exercice C_6 -5

1) Le rouge de crésol est un indicateur coloré dont deux formes sont désignées par I_A et I_B. Le pK_a du couple I_A/I_B vaut 8. La figure ci-dessous donne les couleurs du rouge de crésol suivant le pH.



Après avoir défini un indicateur coloré, expliquer les différentes couleurs prises par le rouge de crésol.

2) On dose 15 mL d'une solution de monoéthylamine C_2H_5-NH_2 par une solution d'acide chlorhydrique C_a = 0,1 mol/L. L'évolution de la réaction est suivie par pH-métrie. Le tableau ci-dessous donne les résultats expérimentaux.

Volume d'acide en mL	0	1	2	3	4	5	6	7	7,5	8	8,5	9	9,5	10	12
PH	11,8	11,5	11,3	11,1	10,9	10,7	10,5	10,3	10,1	9,9	9,5	6,1	2,7	2,3	2

a) Tracer le graphe pH = f(v). Echelle obligatoire : en abscisse : 1 cm pour 1 mL ; en ordonnée : 1 cm pour 1 unité de pH.
b) vers quelle limite tend le graphe ?
c) quelle est la concentration de la solution de monoéthylamine ?
d) écrire l'équation de la réaction.
e) déterminer la constante d'acidité K_a de la monoéthylamine.
3) On désire suivre le dosage de la solution de monoéthylamine avec le rouge de crésol. En utilisant la courbe pH = f(v) de la question 2-a) :
a) déterminer les volumes v_1 et v_2 d'acide chlorhydrique versés correspondants au début et à la fin du virage du rouge de crésol.
b) dans chacun des deux cas, calculer la précision du dosage par comparaison de v_1 et v_2 avec v_E le volume à l'équivalence.
c) que conseillez-vous pour ce dosage avec le rouge de crésol ?

Exercice C_6 - 6

L'étude envisagée a pour but de déterminer la composition d'un mélange d'acide benzoïque C_6H_5 - COOH noté A et de benzoate de potassium C_6H_5 - COOK noté B. Le pH du mélange est 4,0 à 25°C.

1) A 10 cm^3 du mélange, on ajoute une solution de potasse KOH de concentration molaire 0,10 mol/L ; le pH varie d'abord très lentement puis une variation importante intervient pour un volume versé de 12 cm^3.

a) Ecrire l'équation-bilan de la réaction chimique se produisant par addition de potasse.

b) Quelle est la signification de la variation de pH ?

c) Quelle est la concentration molaire en acide benzoïque de la solution ?

2) A 10 cm^3 du mélange initial on ajoute de l'acide chlorhydrique à 0,1.mol/L. Le pH décroît d'abord très lentement puis une variation significative intervient pour un volume versé de 8 cm^3.

a) Ecrire l'équation-bilan de la réaction chimique qui se produit par addition d'acide chlorhydrique.

b) Vers quelle limite tend le pH si on continue d'ajouter de l'acide chlorhydrique ?

c) Quelle est la concentration molaire en benzoate de potassium de la solution ?

3) a) Faire un recensement des espèces chimiques présentes dans la solution initiale.

b) Calculer les concentrations molaires des différentes espèces chimiques présentes dans la solution.

c) Calculer le pK_a du couple acide/base : acide benzoïque/ion benzoate.

Exercice C_6 - 7

Dans un bécher A on verse 10 cm^3 d'une solution d'acide chlorhydrique et dans un bécher B, 10 cm^3 d'une solution d'acide éthanoïque.

Dans une burette graduée on verse une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire 10^{-2} $mol.L^{-1}$.

1) Décrire un mode opératoire de dosage pH-métrique de chacune des deux solutions acides.

2) Les résultats des dosages sont regroupés dans le tableau suivant :

V (mL)	0	2	4	6	8	9	9,4	9,8	10
pH_1	1,9	2	2,2	2,4	2,8	3,2	3,4	4,6	7
pH_2	3,3	4,4	4,7	4,9	5,3	5,7	5,9	6,2	8,2

10,2	10,4	10,6	11	12	13	14	15
9,1	9,7	9,9	10,4	10,7	12,1	11	11,1
9,1	9,7	9,9	10,4	10,7	10,9	11	11,1

a) L'une des mesures est aberrante, laquelle ? Citer une des erreurs possibles ayant conduit à cette aberration. Corriger la valeur de la mesure aberrante.
b) Tracer dans le **même repère** les courbes $pH_1 = f(v)$ et $pH_2 = f(v)$. Echelles : 1 cm par unité de pH ; 1 cm pour 1 mL.

3) a) Identifier la courbe correspondant au dosage de la solution du bécher A et celle correspondant au dosage de la solution du bécher B. Justifier la réponse.
b) Exploiter les graphiques obtenus pour déterminer la concentration molaire volumique de chacune des deux solutions acides et la valeur approchée du pK_a du couple acide éthanoïque-ion éthanoate.

4) Les affirmations suivantes sont-elles justes ou fausses ? Justifier la réponse dans chaque cas, sans calcul, mais en écrivant éventuellement des équations de réaction :

a) la concentration molaire volumique des ions chlorure ne varie pas au cours du dosage.
b) le nombre de moles d'ions éthanoate contenus dans le bécher varie au cours du dosage.

Exercice C_6 - 8

Un indicateur coloré est un composé organique de formule assez complexe qui se comporte comme un acide faible dont la base conjuguée présente une couleur différente. Par souci de simplification on convient de représenter un indicateur coloré par le symbole HIn.

Le vert de bromocrésol est un indicateur coloré dont le couple HIn/In^- a un $pK_a = 4,8$. La forme acide HIn est jaune tandis que la forme basique In^- est bleue.

Une solution contenant cet indicateur coloré apparaît jaune si $[HIn] > 10\ [In^-]$ et bleue si $4\ [HIn] < [In^-]$

1) Ecrire l'équation de la réaction entre l'indicateur coloré et l'eau.
2) Déterminer les valeurs du pH délimitant la zone de virage de l'indicateur coloré.
3) Au cours d'une expérience réalisée en classe on introduit dans un bécher un volume $V_b = 20\ cm^3$ d'une solution de dihydroxyde de calcium $Ca(OH)_2$ de concentration $C_b = 10^{-2}\ mol.L^{-1}$ en présence de quelques gouttes de vert de bromocrésol. On verse progressivement dans le bécher une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire $C_a = 2.10^{-2}\ mol.L^{-1}$.

a) Calculer le volume d'acide chlorhydrique à verser pour atteindre l'équivalence acido-basique.
b) Déterminer le volume V_1 d'acide versé correspondant au début du virage.
c) Déterminer le volume V_2 d'acide versé correspondant à la fin du virage.
d) Que conseillez-vous pour ce dosage avec le vert de bromocrésol ?

4) Au cours d'une autre expérience, on met dans un bécher $500\ cm^3$ d'une solution d'acide éthanoïque de concentration $C_1 = 10^{-1}\ mol.L^{-1}$ puis on ajoute quelques gouttes du vert de bromocrésol. Le pK_a du couple CH_3COOH/CH_3COO^- vaut 4,8 à 25°C.

a) Quelle masse minimale m_o d'hydroxyde de sodium solide faut-il alors ajouter à

la solution contenue dans le bécher pour observer un début de virage du vert de bromocrésol ?

b) Quelle serait la masse d'hydroxyde de sodium solide à ajouter à la solution initiale d'acide pour atteindre l'équivalence acido-basique ?

On donne : M(Na) = 23 g/mol ; M(O) = 16 g/mol ; M(H) = 1 g/mol.

Exercice C_6 - 9

1) 100cm^3 d'acide chlorhydrique à $5{,}0.10^{-2}$ mol/L sont obtenus par dilution d'un volume V_1 d'acide chlorhydrique à 1 mol/L dans l'eau pure. Déterminer le volume V_1. Expliquer brièvement comment on réalise pratiquement une telle opération.

2) L'acide chlorhydrique ainsi préparé est ajouté progressivement à 20 cm^3 d'une solution aqueuse d'éthylamine, $C_2H_5NH_2$. Un pH-mètre permet de suivre l'évolution du pH du mélange au cours de cette manipulation. On constate que l'équivalence acido-basique est obtenue pour un volume d'acide versé égal à 40 cm^3.

a) Donner l'allure de la courbe pH = f(v)

b) Que représente l'équivalence acido-basique ?

c) Calculer la concentration molaire de la solution aqueuse d'éthylamine.

d) En quelques lignes, expliquer la façon dont il faut procéder pour déterminer graphiquement le pK_a du couple constitué par l'éthylamine et son acide conjugué

e) donner le nom et la formule de l'acide conjugué de l'éthylamine.

3) Pour 30 cm^3 d'acide chlorhydrique ajoutés à 20 cm^3 de la solution précédente d'éthylamine, le pH mesuré est égal à 10,3. Quelles sont les espèces chimiques présentes dans la solution à ce stade de la manipulation ?

Calculer leurs concentrations molaires. En déduire le pK_a du couple constitué par l'éthylamine et son acide conjugué.

4) Lors du dosage on obtient un point particulier pour lequel le pH est égal au pK_a. Le mélange qui correspond à ce point est appelé solution tampon. Quelles expériences faut-il mettre en œuvre pour vérifier que la solution obtenue pour pH = pK_a est une solution tampon ?

Exercice C_6 – 10

Toutes les solutions sont à 25 °C.

1) Quelle masse d'hydroxyde de sodium faut-il dissoudre dans de l'eau pure pour obtenir 500 mL de solution S_1 de concentration molaire $C_1 = 1{,}0.10^{-2}$ mol/L ?
Quel est le pH de cette solution S_1 ?

2) A 10 mL de solution S_1, on ajoute un volume V_2 d'une solution S_2 d'acide chlorhydrique de concentration molaire $C_2 = 5{,}0.10^{-3}$ mol/L pour obtenir un mélange de pH = 7,0.

a) Ecrire l'équation bilan de la réaction qui se produit.

b) Quel volume V_2 de la solution S_2 faut-il verser ?

3) A 10mL d solution S_1 on ajoute un volume V_3 = 10 mL d'une solution S_3 de chlorure de sodium de concentration molaire $C_3 = 1{,}0.10^{-2}$ ml/L

a) Quel est le pH de la solution S_3 ?

b) Calculer la concentration molaire des ions OH^- dans le mélange. En déduire le pH de ce mélange.
4) A 10 mL de solution S_1, on ajoute un volume $V_4 = 40$ mL d'une solution S_4 d'acide éthanoïque de concentration molaire $= 5{,}0.10^{-3}$ mol/L. On obtient un mélange de pH = 4,8.
a) Ecrire l'équation bilan de la réaction qui se produit.
b) Calculer les concentrations molaires des différentes espèces chimiques présentes dans cette solution. Les classer en espèces majoritaires, minoritaires et ultra-minoritaires.
c) Ce mélange présente un caractère particulier, lequel ?
On donne les masses molaires atomiques suivantes en g/mol : M(Na) = 32 ; M(O) = 16 ; M (H) = 1.

Exercice C_6-11

Le pH d'une solution S_1 de méthanoate de sodium de concentration molaire volumique 10^{-1} mol.L^{-1} est égal à 8,4.
1) Calculer les concentrations molaires volumiques des espèces chimiques présentes dans la solution. Calculer la constante d'acidité K_A et le pK_A du couple acide-base.
2) A 10 mL de la solution S_1, on ajoute 10 mL d'une solution S_2 d'acide méthanoïque de concentration molaire 10^{-1}mol.L^{-1}.
Le pH de la solution obtenue est :
a) 5,4 ; b) 3,8 ; c) 7,0.
Choisissez la bonne réponse et montrer votre raisonnement.
3) A 10 mL de la solution S_2, on ajoute un volume x de la solution S_1 pour atteindre un pH égal à 4,1. Montrer à partir des équations d'électroneutralité et de la conservation de la matière, que l'on peut exprimer en fonction de x les concentrations molaires volumiques de HCO^-_2 et de HCO_2H. On négligera les concentrations molaires en ions H_3O^+ et OH^- devant celle en Na^+.
En déduire la valeur de x en utilisant la valeur de K_A calculée à la question 1)-

Exercice C_6-12

Dans un laboratoire d'hôpital, on veut vérifier la composition de l'"aspirine 500" en acide acétylsalicylique. Pour cela on écrase un comprimé de cette aspirine que l'on dissout dans 500 mL d'eau. On prélève 200 mL de cette solution que l'on dose avec une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique $C_b = 1{,}00.10^{-1}$ mol.L^{-1}. L'opération est suivie au pHmètre.
1/ Faire un schéma bien annoté du dispositif expérimental.
2/ Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

V_b(mL)	0,0	2,0	4,0	6,0	8,0	9,0	10,0	10,3	10,5
PH	3,1	3,3	3,5	3,7	4,1	4,4	4,7	5,0	5,2

V_b	10,7	10,9	11,0	11,1	11,2	11,5	11,7	12,0	13,0	14,0	16,0
PH	5,7	6,6	7,1	8,6	9,3	9,9	10,1	10,3	10,6	10,8	11,0

a) Sachant que le comprimé d'aspirine contient de l'acide acétylsalicylique, un acide carboxylique, écrire l'équation bilan du dosage en prenant pour simplifier AH comme sa formule moléculaire.
b) Tracer la courbe représentant la variation du pH au cours du dosage en fonction du volume V_b d'hydroxyde de sodium versé dans les 200 mL de solution d'aspirine.
c) En déduire le point d'équivalence E.
d) Sachant que la masse molaire moléculaire de l'acide acétylsalicylique est M = 180 g/mol., calculer la masse m en mg de cet acide contenu dans un comprimé d'"aspirine 500".
3/ On note V_{bE}, le volume d'hydroxyde de sodium au point d'équivalence E. En utilisant la courbe tracée :
a) Donner le pH_E au point d'équivalence et les pH pour une variation de volume de 0,1 mL.
b) Donner le pH_I au point I de volume V_{bI} = 5,5 mL et les pH pour une variation de 0,1 mL
c) Que conclure quant à la nature de la solution obtenue au point I ?
d) Alors, entre l'"aspirine 500" ordinaire et l'"aspirine 500" tamponnée, laquelle conseilleriez-vous à un malade ? Pourquoi ?

(D'après Concours d'Entrée à la FSS/1995)

Exercice C_6-13

On dispose d'une série de solutions aqueuses de même concentration $c = 10^{-2}$ mol.L^{-1}.
A : Solution d'acide méthanoïque HCO_2H (acide faible).
B : Solution de méthanoate de sodium HCO_2Na.
C : Solution d'hydroxyde de sodium (ou soude).
D : Solution de chlorure de sodium.
E : Solution d'acide chlorhydrique.
Les pH mesurés à 25 °C sont, dans l'ordre croissant : 2,0 ; 2,9 ; 7,0 ; 7,9 ; 12,0.
1/ a) Attribuer, en justifiant brièvement le choix, à chacune des solutions A, B, C, D, E, la valeur du pH qui lui correspond.
b) Calculer les concentrations en mol.L^{-1}, des espèces chimiques présentes dans la solution A et en déduire le pK_a du couple HCOOH/ $HCOO^-$.
2/ On mélange 20 cm^3 de la solution A et 20 cm^3 de la solution B. Le pH du mélange obtenu F est de 3,75. Calculer les concentrations, en mol.L^{-1}, des espèces chimiques contenues dans la solution F.
3/ On fait tomber progressivement la solution C dans 20 cm^3 de la solution A.
a) Quelle est la réaction chimique qui se produit ?
b) Quel volume de la solution C faut-il verser pour obtenir un mélange ayant même pH que la solution F, soit 3,75 ?
c) Donner l'allure, en précisant les points importants, du graphe $pH = f(v_C)$, v_C étant le volume de solution C ajouté.

(D'après Concours d'Entrée à la FSS/1996)

Exercice C_6-14

Un laborantin veut préparer un volume V = 250 mL d'une solution tampon de pH = 4,8.

1/ Quelles sont les propriétés de cette solution ?

2/ Il dispose dans son laboratoire les solutions suivantes :

- solution S_3 d'acide acétique de concentration $C_3 = 5{,}0.10^{-2}$ mol.L^{-1}
- solution S_4 de soude de concentration $C_4 = 1{,}0.10^{-2}$ mol.L^{-1}
- solution S_5 d'acide benzoïque de concentration $C_5 = 2{,}5.10^{-2}$ mol.L^{-1}
- solution S_6 d'acétate de sodium de concentration $C_6 = 3{,}0.10^{-2}$ mol.L^{-1}
- solution S_7 de chlorure d'ammonium de concentration $C_7 = 1{,}2.10^{-1}$ mol.L^{-1}
- solution S_8 d'ammoniac de concentration $C_8 = 2{,}5.10^{-2}$ mol.L^{-1}

a) Quelles sont les combinaisons possibles à réaliser par ce laborantin ?

b) Pour chaque combinaison, calculer les volumes des solutions à mélanger.
On donne : pKa (NH_4^+/NH_3) = 9,2 ; pKa (CH_3COOH/CH_3COO^-) = 4,8

(D'après Concours d'Entrée au CPU/2000)

Exercice C_6-15

On effectue le dosage de 20 mL d'une solution d'un monoacide carboxylique AH, de concentration molaire volumique inconnue, par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique
$C_B = 10^{-1}$ mol.L^{-1}.
On note les résultats dans le tableau ci-dessous :

V_B en mL	0	2	4	6	8	10	11	12	14	16	18	18,5
pH	2,65	3,2	3,6	3,7	4	4,2	4,2	4,3	4,45	4,7	5,05	5,15

V_B en mL	19	19,4	19,8	20	20,2	20,4	20,6	21	23	25	29
pH	5,3	5,5	5,75	6,45	6,7	9,1	10,35	11	11,45	11,6	11,75

1/ a) Tracer la courbe de variation du pH en fonction de V_B.

Echelle : - 1 cm pour 2 mL
- 1 cm pour une unité de pH.

b) A partir de la courbe, préciser si AH est un acide fort ou un acide faible. Justifier la réponse

c) Déterminer graphiquement le point équivalent E et retrouver la réponse de la question précédente 1) b).

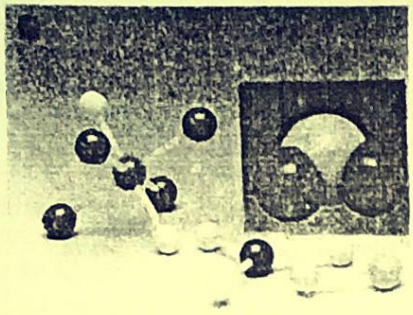
d) Trouver graphiquement le pK_a de l'acide AH, en déduire le K_a et identifier cet acide. On donne :

acide	méthanoïque	propanoïque	butanoïque	monophényléthanoïque
K_a	$1{,}7.10^{-4}$	$1{,}4.10^{-5}$	3.10^{-5}	$6{,}3.10^{-5}$

2/ a) Calculer la concentration molaire volumique initiale C_a de l'acide.

b) A l'aide de la courbe déterminer le pH initial de l'acide, les concentrations des espèces chimiques présentes dans l'acide AH et calculer la valeur du pK_a. Conclure.

(D'après Concours d'Entrée à l'Ecole de Pharmacie/2000)

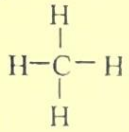


NOTIONS de STEREOCHIMIE

L'essentiel du cours

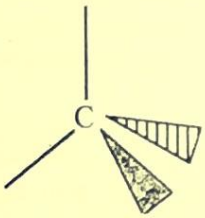
1- L'ATOME DE CARBONE TETRAEDRIQUE

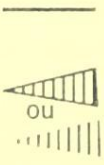
On a l'habitude de représenter la molécule du méthane (CH_4) par la formule développée plane suivante :



Mais en réalité, les quatre atomes d'hydrogène sont disposés aux sommets d'un tétraèdre régulier et, l'atome de carbone en occupe le centre. On dit que l'atome de carbone est tétraédrique.

On choisit, par convention, de représenter ces différentes liaisons de la façon suivante :





Liaisons dans le plan de la figure (en traits pleins)

Liaisons en arrière du plan (triangle allongé hachuré)

Liaisons en avant du plan (triangle allongé plein)

Fig. 1 : Représentation projective d'un atome de carbone tétraédrique

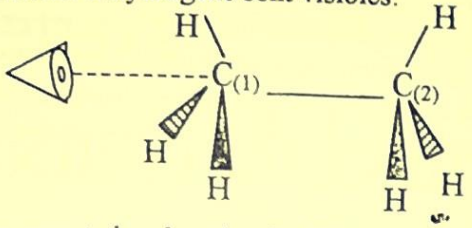
2- CONFORMATION DES MOLECULES

2-1 Définition

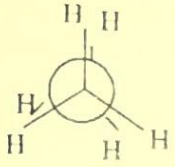
- On appelle conformations d'une molécule, les différentes structures spatiales qu'elle peut prendre par suite de rotation autour des liaisons simples carbone-carbone.
- On appelle stéréoisomères de conformation ou isomères de conformation ou conformères, des molécules qui ne diffèrent les unes des autres que par une rotation autour d'une liaison simple.

2-2 Distinction entre deux conformations et représentation de Newman

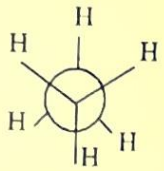
Considérons la formule développée d'éthane C_2H_6. On regarde la molécule dans l'axe de la liaison C – C (un carbone cachant l'autre) ; seuls le carbone antérieur et les six atomes d'hydrogène sont visibles.



Le carbone situé en avant du plan de la feuille se projette suivant un point ; le carbone situé en arrière se représente par un cercle. Cette représentation est une projection plane.



Forme A : Conformation éclipsée (Représentation de Newman)



Forme B : Conformation oblique ou décalée (Représentation de Newman)

Les deux atomes de carbone tournent de manière continuelle autour de l'axe de la liaison C– C ; les formes (A) et (B) ne représentent donc que deux positions particulières pouvant se transformer l'une en l'autre, avec une infinité de positions intermédiaires entre elles.

Dans la conformation éclipsée, (forme A) les atomes d'hydrogène s'éclipsent deux à deux ; ils sont situés l'un derrière l'autre. Cette conformation est défavorisée car elle correspond à un rapprochement maximal des atomes d'hydrogène et à un maximum d'énergie pour la molécule.

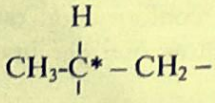
Dans la conformation décalée (forme B), les six atomes d'hydrogène forment une étoile à six branches. Cette conformation dans laquelle les hydrogènes n'appartenant pas au même groupe $-CH_3$ sont ainsi loin que possible les uns des autres, est «favorisée» par le fait qu'elle correspond à un minimum d'énergie.

3 – L'ENANTIOMERIE

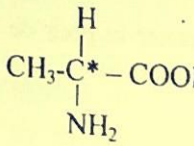
3-1 Le carbone asymétrique

On appelle atome de carbone asymétrique (noté **C***) un atome de carbone lié à quatre atomes ou groupes d'atomes différents.

Exemples :



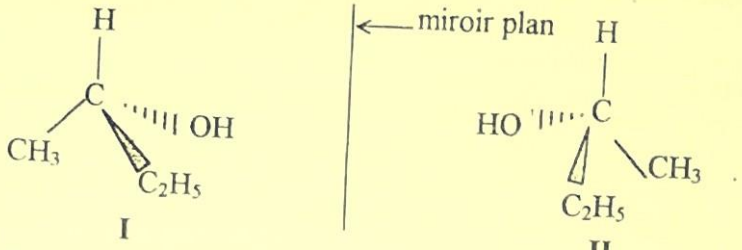
butan-2-ol



acide 2-aminopropanoïque

Une molécule chirale est une molécule non superposable à son image dans un miroir plan.

Les molécules I et II ci-dessous sont images l'une de l'autre dans un miroir plan et ne sont pas superposables : chacune d'elle est chirale.



I II

La présence d'un atome de carbone asymétrique dans une molécule est la cause de chiralité la plus fréquente en chimie et en biochimie.

Mais il est à noter qu'une molécule peut être chirale sans posséder de carbone asymétrique et qu'une molécule possédant plusieurs carbones asymétriques peut ne pas être chirale. Elle est dite alors achirale.

3-2 Enantiomérie

- Une molécule possédant un carbone asymétrique est chirale et admet deux stéréoisomères appelés énantiomères, images l'un de l'autre dans un miroir plan et non superposables.
- Deux isomères qui ne sont pas images l'un de l'autre dans un miroir sont des diastéréoisomères. L'isomérie Z/E est un exemple de diastéréoisomérie.

Les molécules des énantiomères sont optiquement actives ou sont douées d'activité optique c'est-à-dire que leur solution possède la propriété de faire tourner le plan de polarisation d'une lumière polarisée rectilignement.

Le pouvoir rotatoire d'une substance optiquement active, exprimé en degrés, est l'angle α dont tourne le vecteur lumineux d'un faisceau de lumière polarisée ; il a pour expression :

$$\alpha = [\alpha].\ C.l$$

$[\alpha]$: pouvoir rotatoire spécifique exprimé en degré $dm^{-1}.\ g^{-1}.\ cm^3$.

C : concentration de la solution exprimée en $g.cm^{-3}$.

l : longueur de la cuve traversée exprimée en dm.

La propriété physique fondamentale de deux énantiomères est qu'ils ont des pouvoirs rotatoires spécifiques égaux en valeur absolue mais de signes opposés. Ils sont dits dextrogyre ou lévogyre.

Une substance est dite **dextrogyre** et notée (+) lorsqu'elle fait tourner le plan de polarisation de la lumière polarisée dans le sens des aiguilles d'une montre.

- Une substance est dite **lévogyre** et notée (-) lorsqu'elle fait tourner le plan de polarisation de la lumière polarisée dans le sens contraire des aiguilles d'une montre.
- Une solution composée d'un mélange équimolaire de deux énantiomères est appelée mélange racémique. Elle ne présente pas d'activité optique.

Exercices

Exercice E_1

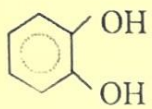
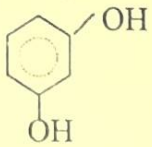
Préciser pour chaque couple, le type d'isomérie de constitution présenté :

a) $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CHO$ et $CH_3 - CH_2 - CO - CH_3$

b) $CH_2 = CH - CH_2 - CH_2 - OH$ et $CH_3 - CH_2 - CO - CH_3$

c) $CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - CHO$ et $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CHO$

d) $CH_2 = CH - CH_2 - CH_2 - OH$ et $CH_3 - CH = CH - CH_2 - OH$

e)  et 

Exercice E_2

1) Donner les formules semi-développées des alcènes isomères admettant les formules brutes suivantes :
   a) C_4H_8 b) C_5H_{10}
2) Quels sont ceux qui présentent une stéréoisomérie de type Z-E ?
3) Donner les formules semi-développées et les noms des stéréoisomères correspondant à ces formules.

Exercice E_3

1) Ecrire les formules semi-développées de tous les corps suivants :
pentane ; 2,2-diméthylpentane ; 2, ·-diméthylpropane ; 2-méthylbutane ;
3,3-diméthylpentane ; 2,3-diméthylpentan : , 2,4-diméthylpentane.
2) Indiquer quels sont les isomères de constitution.
3) Parmi les molécules précédentes, quelles sont celles qui présentent un atome de carbone asymétrique ?

Exercice E_4

1) Par quelle propriété distingue-t-on deux énantiomères ?
2) Quand dit-on qu'une substance est dextrogyre ? lévogyre ?
3) Définissez le pouvoir rotatoire.
4) Que pouvez-vous dire du pouvoir rotatoire spécifique de deux énantiomères ?
5) Qu'est-ce qu'un mélange racémique ? Pourquoi n'a-t-il pas d'activité optique ?

Exercice E_5

Un composé organique A a pour formule $R\text{-}\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}\text{-}CO_2H$

R est le groupement alkyle (C_nH_{2n+1})

1) Proposer une formule brute générale de ce composé en désignant par n le nombre d'atomes de carbone.
2) La masse molaire moléculaire de ce composé 89 $g.mol^{-1}$. Trouvez la formule semi-développée de ce composé.
3) Si l'on réalise une réaction de décarboxylation, ce qui correspond à un départ de CO_2 de la formule, on obtient un composé B. Quelle est la formule semi-développée du composé B.
4) Montrer que A, contrairement à B, possède deux configurations énantiomères que l'on représentera dans l'espace.
5) On désire préparer une solution contenant 10 $g.L^{-1}$ du mélange racémique de A. Préciser la concentration molaire volumique de chaque énantiomère dans cette solution.

Exercice E_6

On dissout 0,6 g d'un composé organique A dans du chloroforme de façon à obtenir une solution dont le volume total est de 10 cm^3.

Le pouvoir rotatoire de cette solution, mesuré au polarimètre à l'aide d'une cuve de 20 cm de long, est de +15,04° pour la raie D du sodium à 25° C

1)Que signifie le signe + du pouvoir rotatoire ?

2)Comment appelle-t-on de tels composés ?

3)Calculer le pouvoir rotatoire spécifique du composé A à 25°C, pour la raie D du sodium

Exercice E_7

Partie A :- Lire attentivement le document ci-dessous. Il servira pour répondre aux questions.

Extrait d'un article de la revue de vulgarisation scientifique «Sciences et Avenir » de Août 1993.

Une coquille d'escargot, une montre à aiguilles, un dé à jouer... ont une propriété commune : ils ne sont pas superposables à leur image dans un miroir. On dit qu'ils sont chiraux. Cette propriété est très importante en chimie, car les deux formes inverses, appelées énantiomères, d'une molécule chirale n'ont pas, en général, les mêmes propriétés biologiques.

En effet, les propriétés biologiques d'une molécule sont intimement liées à sa configuration spatiale.

Par exemple, les deux molécules d'asparagine image l'une de l'autre dans un miroir, de même formule :

$NH_2 - CO - CH_2 - CHNH_2 - COOH$,

ont des propriétés différentes : la forme «droite» (D) de l'asparagine est sucrée, alors que la forme «gauche» (L) est insipide...

Tant qu'il s'agit de goût, la question peut sembler de peu d'importance. Mais dans certains cas la distinction est cruciale. La L- Dopa, par exemple, est le médicament de base dans le traitement de la maladie de Parkinson, alors que la D- Dopa est toxique.

Tout le génie de la chirotechnologie consiste à essayer de mettre au point des procédés permettant de produire à l'échelle industrielle et à un coût raisonnable l'énantiomère utile seul. En effet, lorsqu'elle est réalisée sans précautions particulières, la synthèse d'une molécule chirale donne un mélange racémique.

Partie B- Questions :

1-D'après l'article, qu'est-ce qu'une molécule chirale ? En chimie organique, quelle est la cause principale de chiralité ?

2-Soit la molécule d'asparagine, citée dans l'article, de formule

$NH_2 - CO - CH_2 - CHNH_2 - COOH$.

a) Ecrire sa formule développée plane et nommer les fonctions chimiques qu'elle contient puis encadrer les groupes fonctionnels correspondants.

b) Montrer que cette molécule est chirale. Faire une représentation spatiale des deux énantiomères.

3- Qu'est-ce qu'un mélange racémique ?



Chapitre 7 (Chimie)

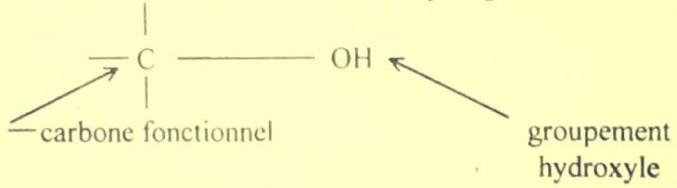
LES ALCOOLS, les ALDEHYDES et les CETONES

L'essentiel du cours

1. DEFINITION ET CLASSES D'ALCOOL

1.1. Définition

On appelle alcools, les composés organiques possédant un groupe hydroxyle, -OH, lié à un atome de carbone tétraédrique c'est-à-dire ne formant que des liaisons de covalence simple avec d'autres atomes de carbone ou d'hydrogène.



Formule générale des alcanols R-OH ou C_nH_{2n+1}-OH
avec R = C_nH_{2n+1}- groupement alkyle

1.2. Nomenclature des alcools dérivés des alcanes

Le nom d'un alcool dérive de celui de l'alcane correspondant en remplaçant la terminaison "e" par "ol". La position du groupe fonctionnel est indiquée par l'indice de position (numéro du carbone fonctionnel) placé avant la terminaison "ol". La chaîne carbonée est numérotée de façon à ce que l'atome de carbone fonctionnel ait le plus petit numéro.

Exemples : $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2OH$ butan-1-ol ; $CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3$ propan-2-ol

$CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2-CHOH-\underset{\underset{C_2H_5}{|}}{CH}-C_2H_5$ 5-éthyl-2-méthylheptan-4-ol

1.3. Les classes d'alcools

Lorsque le carbone fonctionnel est lié à :

- 0 ou 1 atome de carbone, l'alcool est primaire ;
- 2 atomes de carbone, l'alcool est secondaire ;
- 3 atomes de carbone, l'alcool est tertiaire.

Classe d'alcools	Formule générale	Groupement fonctionnel	Exemples
alcool primaire	$R\text{-}CH_2\text{-}OH$	$-CH_2OH$	$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2OH$
alcool secondaire	$R_1\text{-}\underset{R_2}{\overset{}{C}}H\text{-}OH$	$>CHOH$	$CH_3\text{-}CHOH\text{-}CH_3$
alcool tertiaire	$R_1\text{-}\underset{R_2}{\overset{R_3}{C}}\text{-}OH$	$-\overset{}{\underset{}{C}}OH$	$CH_3\text{-}\underset{C_2H_5}{\overset{CH_3}{C}}\text{-}OH$

2) PREPARATION DES ALCOOLS

- **Par hydratation des alcènes**

On peut obtenir toutes les classes d'alcools

$$>C=C< + H_2O \rightarrow H\text{-}\overset{|}{\underset{|}{C}}\text{-}\overset{|}{\underset{|}{C}}\text{-}OH$$

N.B. : Si l'hydratation peut conduire à deux alcools de classes différentes, on obtient majoritairement l'alcool de la classe la plus élevée.

- **Par hydrogénation d'un aldéhyde** : on obtient un alcool primaire

$$R\text{-}C(=O)\text{-}H + H_2 \rightarrow R\text{-}CH_2OH$$

aldéhyde — alcool primaire

- **Par hydrogénation d'une cétone** : on obtient un alcool secondaire

$$R_1\text{-}\overset{O}{\overset{\|}{C}}\text{-}R_2 + H_2 \rightarrow R_1\text{-}\underset{OH}{\overset{}{C}}H\text{-}R_2$$

cétone — alcool secondaire

- **Par hydrolyse d'un ester** (voir Estérification-Hydrolyse)
- **Par fermentation alcoolique**

3) QUELQUES PROPRIETES CHIMIQUES DES ALCOOLS

3-1 Réaction avec le sodium

L'éthanol est l'oxydant du couple oxydo-réducteur C_2H_5OH/H_2 et le sodium est le réducteur du couple Na^+/Na.

$2\,C_2H_5OH + 2e^- \rightleftarrows 2\,C_2H_5O^- + H_2$

$(x2)\quad Na \rightleftarrows Na^+ + e^-$

$2\,C_2H_5OH + 2\,Na \longrightarrow 2\,C_2H_5O^- + 2\,Na^+ + H_2$.

($C_2H_5O^-$, Na^+) est l'éthanolate de sodium

3.2. Estérification

$R\text{-}COOH + R'OH \rightleftarrows R\text{-}COOR' + H_2O$

La limite d'estérification dépend de la classe d'alcool.

Pour un mélange équimolaire acide-alcool, cette limite est de 66 % si l'alcool est primaire, 60 % si l'alcool est secondaire, 2 à 10 % si l'alcool est tertiaire.

3.3. L'oxydation ménagée

L'oxydation ménagée est une oxydation qui ne modifie pas le squelette carboné. Les oxydants les plus utilisés sont le bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) et le permanganate de potassium $KMnO_4$

- L'oxydation d'un alcool primaire conduit à un aldéhyde, qui peut être lui-même oxydé en acide carboxylique.

  Alcool primaire $\longrightarrow$ aldéhyde $\longrightarrow$ acide

  $R\text{-}CH_2\text{-}OH \longrightarrow R\text{-}CHO \longrightarrow R\text{-}COOH$

- L'oxydation d'un alcool secondaire conduit à une cétone

  $R_1\text{-}CHOH\text{-}R_2 \longrightarrow R_1\text{-}CO\text{-}R_2$

- L'oxydation ménagée d'un alcocl tertiaire est impossible

  - alcool tertiaire $\longrightarrow$ rien

Demi-équations électroniques et équilibrage des réactions d'oxydation des alcools.

- Oxydation ménagée de l'alcool primaire en aldéhyde par l'ion dichromate

$Cr_2O_7^{2-} + 14\,H_3O^+ + 6e^- \rightleftarrows 2\,Cr^{3+} + 21\,H_2O$

$(x3)\quad RCH_2OH + 2\,H_2O \rightleftarrows R\,CHO + 2\,H_3O^+ + 2e^-$

$3\,RCH_2OH + Cr_2O_7^{2-} + 8\,H_3O^+ \longrightarrow 3\,RCHO + 2\,Cr^{3+} + 15\,H_2O$

- Oxydation ménagée de l'aldéhyde en acide carboxylique

$Cr_2O_7^{2-} + 14\,H_3O^+ + 6e^- \rightleftarrows 2\,Cr^{3+} + 21\,H_2O$

$(x3)\quad RCHO + 3\,H_2O \rightleftarrows R\,COOH + 2\,H_3O^+ + 2e^-$

$3\,RCHO + Cr_2O_7^{2-} + 8\,H_3O^+ \longrightarrow 3\,RCOOH + 2\,Cr^{3+} + 12H_2O$

- Oxydation ménagée de l'alcool primaire en acide carboxylique par l'ion dichromate

(x2) $Cr_2O_7^{2-} + 14\ H_3O^+ + 6e^- \rightleftharpoons 2\ Cr^{3+} + 21\ H_2O$

(x3) $RCH_2OH + 5\ H_2O \rightleftharpoons R\ COOH + 4\ H_3O^+ + 4e^-$

$3\ RCH_2OH + 2\ Cr_2O_7^{2-} + 16\ H_3O^+ \longrightarrow 3\ RCOOH + 4\ Cr^{3+} + 27\ H_2O$

- Oxydation ménagée de l'alcool secondaire en cétone

$Cr_2O_7^{2-} + 14\ H_3O^+ + 6e^- \rightleftharpoons 2\ Cr^{3+} + 21\ H_2O$

(x3) $R\text{-}CHOH\text{-}R' + 2\ H_2O \rightleftharpoons R\text{-}CO\text{-}R' + 2\ H_3O^+ + 2e^-$

$3\ R\text{-}CHOH\text{-}R' + Cr_2O_7^{2-} + 8\ H_3O^+ \longrightarrow 3\ R\text{-}CO\text{-}R' + 2\ Cr^{3+} + 15H_2O$

4. LES ALDEHYDES

4.1 Généralités

Formule générale R-C(=O)-H Le groupement fonctionnel aldéhyde est : -C(=O)-H

Le nom de l'aldéhyde dérive de celui de l'alcane correspondant en remplaçant la terminaison "e" par "al"

4.2 Test spécifique des aldéhydes : caractère réducteur des aldéhydes

Aldéhyde + réactif de Schiff ⟶ coloration rose

Aldéhyde + liqueur de fehling ⟶ précipité rouge brique

Aldéhyde + Nitrate d'argent ammoniacal (réactif de Tollens) ⟶ dépôt d'argent

4.3 Equilibre de quelques réactions

- **Oxydation d'un aldéhyde par la liqueur de Fehling.**

$2\ Cu^{2+} + 2\ OH^- + 2e^- \longrightarrow Cu_2O(s) + H_2O$

$R - CHO + 3\ OH^- \rightleftharpoons R - COO^- + 2\ H_2O + 2e^-$

$R - CHO + 2\ Cu^{2+} + 5\ OH^- \longrightarrow R - COO^- + 3H_2O + Cu_2O(s).$

- **Oxydation de l'aldéhyde par le nitrate d'argent ammoniacal**

(x2) $[Ag(NH_3)_2]^+ + e^- \rightleftharpoons Ag(s) + 2\ NH_3$

$RCHO + 3\ OH^- \rightleftharpoons RCOO^- + 2\ H_2O + 2\ e^-$

$2[Ag(NH_3)_2]^+ + RCHO + 3\ OH^- \longrightarrow CH_3 - COO^- + 2\ H_2O + 2\ Ag(s) + 4\ NH_3.$

5- LES CETONES

5.1 Généralités

Formule générale $R_1\text{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}\text{-}R_2$ avec R_1 et R_2 des groupes carbonés

Groupement fonctionnel cétone : $\diagdown C{=}O \diagup$

Le nom de la cétone s'obtient en remplaçant le « e » final de l'alcane correspondant par « one ». La place du carbone du groupe –CO- est indiquée par l'indice de position c'est-à-dire par son numéro, situé avant la terminaison "one". La chaîne carbonée est numérotée de façon à ce que l'atome de carbone du groupe –CO- ait le plus petit numéro.

Exemple : $CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}\text{-}CH_3$ pentan-2-one

$CH_2^{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}^{-}CH_2^{-}\underset{\underset{C_2H_5}{|}}{CH}^{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{\overset{\overset{O}{\|}}{C}}^{-}CH_3$ 5-éthyl-3-méthylheptan-2-one

5.2 Test commun aux aldéhydes et cétones

La propriété commune est due à la présence du groupe carbonyle $\diagdown C{=}O \diagup$ dans les deux corps.

Le test positif (obtention d'un précipité jaune de 2,4-dinitrophénylhydrazone à l'action de la 2,4-dinitrophénylhydrazine (2,4-DNPH) caractérise un aldéhyde ou une cétone.

Aldéhyde + DNPH $\longrightarrow$ précipité jaune

Cétone + DNPH $\longrightarrow$ précipité jaune

Exercices

Exercice C_7 - 1

Donner les noms des composés suivants (on utilisera la nomenclature internationale) : dire ceux qui possèdent de carbone asymétrique.

a) $CH_3-CH_2-CHOH-CH_3$

b) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{COH}}-CH_2-CH_3$

c) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_2-CH_2-CH_2OH}{\underset{|}{CH}}-CH_3$

d) $HO-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-OH$

e) $CH_2OH-CHOH-CH_2OH$

f) $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-\underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{C}}-CH_3$
$\qquad\qquad\qquad\qquad\qquad\quad CH_2-CH_3$

g) $CH_3-CH_2-C(=O)-H$

h) $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CHO$

i) $CH_2-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-C(=O)-H$

j) $CH_3-\underset{\displaystyle O}{\underset{||}{C}}-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2-CH_3$

k) $CH_3-CO-CH_2-CH_3$

l) $O=\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}-\underset{\displaystyle C_2H_5}{\underset{|}{CH}}-CH_2-\underset{\displaystyle C_2H_5}{\underset{|}{CH}}-CH_3$

Exercice C_7 - 2

Ecrire les formules semi-développées des composés suivants :

a) 3-méthyl butan-2-ol
b) 2-éthylpentan-1-ol
c) 4-éthyl-3-méthylheptan-2-one
d) 4-éthyl-3-méthylhexan-3-ol
e) éthanediol (éthane-1,2-diol)
f) propane-1, 2-diol
g) 2-méthylbutanal
h) phénylméthanol
i) 2,3-diméthylpentanal
j) 3-méthylbutan-2-one

Quels sont ceux qui possèdent de carbone asymétrique ?

Exercice C_7 - 3

1) Déterminer les formules semi-développées et les noms des alcools de formule brute $C_4H_{10}O$ et les alcènes de formule brute C_4H_8.

2) Un composé organique A de formule brute $C_4H_{10}O$ donne par déshydratation un corps B de formule brute C_4H_8.

L'hydratation du corps B donne de façon prépondérante le composé C. Le composé C par oxydation ménagée conduit à un composé D qui donne un précipité jaune avec la D.N.P.H. et est sans action sur la liqueur de fehling. D'autre part, l'oxydation ménagée du composé A conduit à un produit E qui réagit positivement avec la D.N.P.H. et le réactif de SCHIFF.

a) Donner les formules semi-développées et les noms des composés A, B, C, D et E.
b) Qu'obtient-on par oxydation ménagée des composés D et E ?

Exercice C_7- 4

1) La combustion complète de 3,6 g d'un composé organique B de formule brute C_xH_yO donne de l'eau et un volume v = 4,48 L de dioxyde de carbone. La densité de vapeur de ce composé est 2,48.

a) Donner l'équation de cette combustion.

b) Quelles sont les valeurs de x et de y ?

c) Quelle est la formule brute du composé ?

2) Quelques expériences réalisées avec le composé B ont permis d'établir sa structure.

Si on verse quelques gouttes de la substance B dans un tube à essai contenant de la 2,4-dinitrophénylhydrazine (D.N.P.H.), on obtient un précipité jaune. Quelles sort les formules semi-développées que l'on peut envisager pour le liquide B ? Indiquer également les noms des produits correspondant à chaque formule.

3) Une solution de dichromate de potassium en milieu acide est réduite par le composé B ; à quelle famille de produits organiques B appartient-il ? Indiquer le (ou les) nom(s) que l'on peut retenir.

4) Le corps B est en fait l'isomère à chaîne linéaire. Indiquer la formule semi-développée et le nom du corps organique C obtenu dans la réaction de B, avec la solution de dichromate de potassium. Ecrire l'équation de la réaction permettant d'obtenir le composé C.

5) Le liquide B provient de l'oxydation ménagée d'un alcool A. Préciser son nom, sa classe et sa formule développée.

Exercice C_7 - 5

L'hydratation complète de 16,8 g de propène conduit à un mélange de deux alcools isomères A et B.

1) Donner le nom et la classe des alcools formés. On désignera par A l'alcool primaire.

2) A et B, mélangés, sont oxydés en milieu acide par le dichromate de potassium en excès. On obtient, par une réaction totale, un mélange de deux composés organiques C et D que l'on sépare par des méthodes chimiques et que l'on dissout dans l'eau.

On constate que la solution contenant D donne un précipité jaune avec la 2,4-DNPH et ne conduit pas le courant électrique. La solution contenant C ne donne aucun précipité avec la 2,4-DNPH ; elle conduit le courant électrique et son pH est inférieur à 7.

a) Identifier C et D en justifiant la réponse.

b) Quel est l'alcool qui a conduit à C ?

3) On fait réagir la solution C avec de l'hydroxyde de sodium de concentration C_b = 0,25 mol/L. L'équivalence acido-basique est obtenue pour un volume v_b = 200 mL de solution d'hydroxyde de sodium. Déduire de cette mesure la proportion

de la quantité de $\frac{n_A}{n_A + n_B}$ matière n_A de l'alcool à la quantité de matière totale

des alcools A et B produits par l'hydratation du propène.

Exercice C_7 - 6

1) Un composé organique de formule C_xH_yO contient en masse 64,86 % de carbone et 21,6 % d'oxygène.

a) Quelle est la masse molaire du composé ?

b) Quelles sont les valeurs de x et de y ?

c) Déterminer les noms et les formules semi-développées possibles de ce composé qui est un alcool.

2) On considère deux produits isomères A et B de cet alcool.

Le composé A par chauffage sur alumine donne un seul alcène C.

Le composé B par chauffage sur alumine donne un mélange de deux alcènes C et D.

L'oxydation de A par le dichromate de potassium en milieu acide donne, entre autre, un produit qui réagit avec le réactif de Tollens ;

L'oxydation de B dans les mêmes conditions conduit à un produit ne réagissant ni avec le réactif de Tollens, ni avec la liqueur de Fehling mais seulement avec la D.N.P.H.

- Donner les formules semi-développées et les noms des composés A, B, C et D.

Exercice C_7 - 7

On procède à l'oxydation ménagée d'une masse m = 2,15 g d'un alcool saturé A, à l'état d'acide carboxylique avec un rendement de 80 %. Tout l'acide formé est dissout dans trois huitièmes de litre d'eau pure. On dose 10 mL de cette solution par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration égale à $2{,}9.10^{-2}$ mol.L^{-1}, en présence d'un indicateur coloré convenable. Le virage de cet indicateur a lieu lorsque l'on a versé 18 mL de la solution de soude.

1) Donner la masse molaire moléculaire et la formule brute de l'alcool A.

2) Ecrire la formule semi-développée et donner le nom et la classe de tous les alcools à chaînes ramifiées isomères de l'alcool A.

3) Sachant que tous les atomes d'hydrogène que contient le seul radical lié au carbone fonctionnel appartiennent à des groupes méthyle, écrire la formule semi-développée et le nom de l'alcool A.

4) Quels sont le nom et la formule semi-développée de l'acide formé ?

Exercice C_7 - 8

Données (grammes par mole) : M(H) = 1 ; M(C) = 12 ; M(N) = 14 ; M(O) = 16.

L'oxydation ménagée d'un alcool saturé non cyclique A fournit un composé B qui donne un précipité jaune avec la 2,4-dinitrophénylhydrazine.

B fait rosir le réactif de Schiff. Sa masse molaire représente les 94/100 de celle de A.

1) Donner le nom et la formule semi-développée des composés A et B.

2) On ajoute à B une solution aqueuse de bichromate de potassium en milieu acide ; la solution devient verte et on obtient un composé organique C.

a) Donner, en justifiant la réponse, la formule semi-développée de C.

b) Indiquer dans la liste suivante le ou les réactifs qui permettent de caractériser C

isolé : liqueur de Fehling, hélianthine, nitrate d'argent ammoniacal, bleu de bromothymol, chlorure de baryum.

3) Une solution de C de concentration molaire 0,1 mol.L^{-1} a un pH = 2,4. Justifier ou réfuter les affirmations ci-dessous :

a) la valeur du pK_a est 3,8.

b) Lorsqu'on ajoute 90 mL d'eau pure à 10 mL de la solution de C le pH du mélange diminue.

Votre avis sera donné en quelques lignes, puis illustré au besoin par un calcul.

Exercice C_7 - 9

Un composé organique A de densité de vapeur d = 2,55 contient dans sa formule du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène. Une analyse élémentaire montre qu'il renferme 64,8 % de carbone et 13,8 % d'hydrogène.

1) Déterminer sa masse molaire moléculaire et en déduire sa formule moléculaire brute.

2) Le composé organique A, traité par une solution diluée de dichromate de potassium en milieu acide, prend une coloration verte. Que peut-on en déduire et quelle est la fonction organique de A ?

3) Le composé B extrait de la solution obtenue ne réagit pas avec la liqueur de Fehling, mais donne des cristaux jaunes avec la 2,4-dinitrophénylhydrazine (D.N.P.H.).

a) Donner la formule semi-développée de A et son nom.

b) Ecrire la formule semi-développée de B et le nommer.

4) Le composé A est obtenu par hydratation d'un alcène D en milieu acide. Déterminer les formules semi-développées possibles de D.

D'après Bac 1991 série C (Bénin)

Exercice C_7 – 10 Chimie des glucides

On appelle «ose » un groupe de molécules organiques appartenant à la famille des glucides appelés aussi «hydrates de carbone» car de formule générale : $C_n(H_2O)_n$.

Partie 1- Le plus simple des oses est le 2,3- hydroxypropanal (ou glycéraldéhyde)

1- Donner sa formule semi-développée.

2- Cette molécule est-elle chirale ? Pourquoi ?

3- Si oui, représenter les deux énantiomères de cette molécule.

Partie 2- Le nom officiel du sucre utilisé en cuisine est le saccharose. Le saccharose s'hydrolyse en milieu acide en fructose et en glucose. Les formules de ces deux oses sont :

Fructose : $HO - CH_2 - CHOH - CHOH - CHOH - CO - CH_2OH$

Glucose : $HO - CH_2 - CHOH - CHOH - CHOH - CHOH - CHO$

1- Donner les formules brutes de ces deux oses.

2- Sachant que l'hydrolyse du saccharose (A) peut s'écrire :

$$\underset{\text{Saccharose}}{A} + H_2O \xrightarrow{H^+} \underset{\text{glucose}}{B} + \underset{\text{fructose}}{C}$$

Donner la formule brute de saccharose.

3- Les molécules de glucose et fructose possèdent-elles des carbones asymétriques ? Lesquels ?

4- Reconnaître les différentes fonctions présentes dans chacune de ces deux molécules.

5- On effectue un test à la liqueur de Felhing avec le glucose et le fructose.
   a) Dire pour chaque ose si le test est positif ou négatif. Justifier
   b) Ecrire l'équation bilan de la réaction produite.

6- On numérote les atomes de carbone de la molécule de glucose de la façon suivante :

$HOCH_2 - CHOH - CHOH - CHOH - CHOH - CHO$
(6) (5) (4) (3) (2) (1)

   a) En utilisant la présentation de Newman, représenter la molécule de glucose vue par un observateur placé le long de l'axe C_2- C_3, dans sa conformation la plus stable.
   b) Quelle est la différence entre conformation et configuration ?

Exercice C_7 – 11

1/ On oxyde une masse m = 13,2 g d'un mono-alcool saturé A par un oxydant en excès. La dissolution dans l'eau distillée du produit de cette oxydation donne une solution S de volume V = 100 cm^3. On prélève un volume V_a = 20 cm^3 de S que l'on dose par une solution molaire S' d'hydroxyde de sodium. L'équivalence acido-basique est obtenue pour un volume V_b = 30 cm^3 de S'.

Déterminer :

a) La masse molaire moléculaire de l'alcool A.

b) La formule brute de A.

On donne les masses molaires atomiques suivantes en g/mol : O : 16 ; H : 1 ; C : 12

c) Ecrire les formules semi-développées et donner les noms de tous les alcools isomères de A.

2/ Par la suite, on considère l'isomère C le plus ramifié. On effectue l'oxydation ménagée de C ; le produit obtenu donne un test négatif/positif avec la DNPH et négatif/positif avec le réactif de Schiff. Choisir les termes qui conviennent et justifier le choix.

(D'après concours d'Entrée à la FSS/1996)

Exercice C_7 – 12

Données numériques : M(H) = 1 g.mol^{-1} ; M(C) = 12 g. mol^{-1} ; M(O) = 16 g. mol^{-1}.
Toutes les mesures de pH sont faites à 25 °C.

1/ Un composé bifonctionnel A contenant du carbone, de l'hydrogène et de l'oxygène a la composition centésimale en masse suivante :
- pourcentage en carbone : 32,43.
- pourcentage en oxygène : 64,86.

Sa densité à l'état gazeux par rapport à l'air est d = 2,55.
Déterminer sa masse molaire moléculaire et en déduire sa formule brute.

2/ La solution aqueuse du composé A prend une coloration rouge en présence de l'hélianthine.
Par ailleurs, on fait réagir le composé A avec de la liqueur de Fehling ; on observe après chauffage, la formation d'un précipité rouge brique.
a) Quelles informations peut-on déduire des tests précédents ?
b) Ecrire la formule développée du composé A.

3/ Le composé A, traité par une solution diluée de dichromate de potassium en milieu acide, prend une coloration verte.
a) Que peut-on en déduire ?
b) Ecrire les deux demi-équations électroniques d'oxydation et de réduction. En déduire l'équation-bilan d'oxydo-réduction traduisant l'action des ions dichromate sur le composé A.

4/ Le composé organique A peut être obtenu par oxydation ménagée incomplète d'un autre composé bifonctionnel B dont les groupes fonctionnels sont identiques.
Par action du sodium métallique (sans trace d'eau) sur le composé B, les deux groupes fonctionnels réagissent. Il se forme un composé ionique D avec un dégagement gazeux.
a) Identifier le composé B en précisant sa formule semi-développée et son nom en nomenclature officielle.
b) Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui s'est produite.

5/ On considère une solution aqueuse du composé D de concentration molaire volumique C = 10^{-2} mol.L^{-1}.
a) Ecrire l'équation-bilan de la réaction du composé D avec l'eau.
b) Calculer le pH de la solution obtenue.
c) Déterminer le volume V' d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique de concentration molaire volumique C' = 10^{-2} mol.L^{-1} qu'il faut verser dans un volume V = 20 cm^3 de la solution aqueuse précédente de D pour obtenir un mélange de pH = 7 à 25 °C.

(D'après Concours d'Entrée à la FSS/1997)

Exercice C_7 – 13

1) L'analyse d'un corps indique les pourcentages et masses suivants :
C : 85,71 % H : 14,29 %.
La densité de vapeur de ce corps est d = 1,93.
Donner :

a) sa formule brute
b) ses isomères et leurs noms.

2) L'hydratation de l'un des isomères en présence d'un catalyseur approprié conduit à deux alcools A et B.

On notera A l'alcool qui correspond à la classe la plus élevée.

On réalise l'oxydation ménagée de A à l'aide d'une solution aqueuse de permanganate de potassium en milieu acide. On constate un changement de couleur. On obtient un seul produit C.

L'oxydation de B conduit à deux produits D et E

a) Identifier l'isomère en question et donner son nom.
b) Donner les formules semi-développées et les noms de A, B , C, D et E. Ecrire l'équation-bilan de la réaction chimique qui conduit de A à C.
c) Préciser la couleur du milieu réactionnel avant et après réaction.
d) On fait subir aux produits C et D différents tests dans le but de vérifier leurs fonctions chimiques.

- Que donne le test du 2,4 – dinitro phenylhydrazine ?
- Que donne le test de la liqueur de Felhing ?

(D'après Concours d'Entrée à la FSA/1998)

Exercice C_7 – 14

On procède à l'oxydation ménagée de 3,7 g d'un alcool A à chaîne non cyclique saturée par le dichromate de potassium en présence d'acide sulfurique. On obtient un composé B qui en présence de nitrate d'argent ammoniacal (réactif de Tollens) donne un dépôt d'argent. Lorsque l'oxydant est en excès, on obtient 4,4 g d'un composé C.

1/ a) Donner les fonctions chimiques des composés B et C en justifiant votre réponse.
b) Déterminer les formules semi-développées possibles des composés A, B, C.
c) Ecrire les différentes réactions d'oxydation avec l'un des isomères de votre choix.

2/ Le composé C traité par le chlorure de thionyle $SOCl_2$ donne un composé D. La déshydratation intermoléculaire entre deux molécules du composé C conduit au composé E. Les composés C, D et E respectivement traités par le méthanol, donnent un même composé organique à chaîne ramifiée F.

a) Identifier le composé F puis D, E et A (formule semi-développée, nom et fonction chimique).
b) Ecrire les équations des réactions donnant le composé F.
c) En comparant les 3 réactions, que peut-on dire du pourcentage du composé F obtenu ?

3/ Calculer la masse du composé F obtenu.

On donne en gramme par mole : C : 12 ; 0 : 16 ; H : 1

(D'après Concours d'Entrée au CPU/1998)

Exercice C_7 – 15

On considère trois flacons contenant chacun un alcool. Ces alcools ont la même formule brute mais appartiennent à des classes différentes.

1/ Pour trouver la classe de ces différents alcools, on dispose du B.B.T et d'une solution acidifiée de dichromate de potassium.

Proposer dans un ordre rigoureux, une suite de 3 tests pour déterminer la classe de chacun de ces alcools.

2/ Après avoir identifié le flacon contenant l'alcool primaire, on réalise l'expérience suivante :

On oxyde une masse m = 1,85 g d'alcool primaire avec un excès de dichromate de potassium.

Le composé final obtenu est dosé avec une solution d'hydroxyde de sodium de concentration C_b = 1 mol/L. L'équivalence est réalisée après addition d'un volume V_b = 25 mL de cette solution. En déduire la formule moléculaire brute de l'alcool. Ecrire les formules semi-développées des isomères de cet alcool. On donne : M_{Na} = 23 g/mol.

3/ En fait l'alcool primaire utilisé est à chaîne carbonée ramifiée. A partir des demi-équations d'oxydation et de réduction, écrire l'équation-bilan de la réaction d'une solution acidifiée de dichromate de potassium en excès sur cet alcool primaire.

(D'après Concours d'Entrée au CPU/1999)

Exercice C_7 – 16

On fait réagir du dichlore sur du propane. Au cours de la réaction il apparaît deux isomères monosubstitués.

1/ Ecrire la formule semi-developpée de ces 2 isomères.

2/ On sépare, par une technique appropriée l'isomère le plus abondant noté B_1. B_1 réagit avec l'hydroxyde de sodium par substitution d'un groupement OH à l'atome de chlore : on obtient du chlorure de sodium et un alcool B_2. Par oxydation ménagée, B_2 donne un composé B_3 qui réagit avec le réactif de Schiff. Ecrire les formules semi-développées des composés B_1, B_2 et B_3 en justifiant le choix des formules retenues.

3/ L'oxydation de B_3 donne un acide carboxylique B_4. On fait réagir B_4 sur une solution aqueuse d'ammoniac et la déshydratation du composé obtenu donne une amide B_5.

Ecrire les équation-bilans de ces réactions en précisant les formules semi-développées de B_4 et B_5.

(D'après Concours d'Entrée à la FSA/2000)

LES AMINES

L'essentiel du cours

1 - DEFINITION ET CLASSES D'AMINES

Les amines sont des composés organiques de formules générales :

$R\text{-}NH_2$ (amines primaires)

$R\text{-}NH\text{-}R_1$ (amines secondaires)

$R\text{-}N(R_2)\text{-}R_1$ (amines tertiaires)

Les groupes R, R_1 et R_2 sont des groupes hydrocarbonés alkyle ou aryle ; ces groupes peuvent être identiques ou différents.

N.B. :

- L'amine est une alkylamine ou amine aliphatique lorsque tous les groupes hydrocarbonés sont des groupes alkyle ; les amines aliphatiques ont pour formule brute $C_nH_{2n+3}N$.

Exemples : $CH_3\text{-}CH_2\text{-}NH_2$; $CH_3\text{-}NH\text{-}C_2H_5$; $(CH_3)_2NC_2H_5$.

- L'amine est une arylamine ou amine aromatique si l'un au moins des groupes hydrocarbonés est un groupe aryle (un groupe aryle est un groupe dérivé du benzène ou d'un carbure aromatique)

Exemples : $CH_3\text{-}NH\text{-}C_6H_5$;  $-NH_2$.

2 - NOMENCLATURE

Il existe deux possibilités pour nommer les amines dans le système de nomenclature officielle.

2.1 Nomenclature radico-fonctionnelle

a) Les amines primaires

- Une amine primaire $R\text{-}NH_2$ est nommée en ajoutant la terminaison amine au nom du groupe hydrocarboné R-.

Exemples :

$CH_3\text{-}NH_2$ méthylamine

$CH_3\text{-}CH_2\text{-}NH_2$ éthylamine

$CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}NH_2$ propylamine

$C_6H_5\text{-}NH_2$ ( $-NH_2$) phénylamine (aniline est le nom usuel recommandé)

- Si le groupe R- est ramifié, sa chaîne principale (la plus longue chaîne carbonée) doit contenir le carbone lié au groupe NH_2 ; ce carbone porte toujours le numéro 1 de sorte que l'on ne donne pas d'indice de position à la fonction. Les groupes greffés à la chaîne principale sont nommés comme des substituants.
- Pour nommer une amine primaire à chaîne ramifiée, on ajoute en préfixe, au nom de la chaîne principale, les noms des groupes alkyle substituants précédés des indices de position respectifs.

Exemples :

$CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{C}}H-CH_3$ 1-méthylpropylamine

$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}H-NH_2$ isopropylamine ou 1-méthyléthylamine

$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}}H-\underset{\displaystyle C_2H_5}{\underset{|}{C}}H-CH_2-NH_2$ 2-éthyl-3-méthylbutylamine

Remarque :

Lorsqu'une molécule organique contient plusieurs groupes fonctionnels, le groupe-NH_2 est traité comme un substituant ordinaire appelé amino si cette fonction n'est pas prioritaire.

Exemples : $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{C}}H-COOH$ acide 2-aminobutanoïque

$CH_3-CH_2-CHOH-CH_2-NH_2$ 1-aminobutan-2-ol.

- Notons que l'on ne peut utiliser cette méthode que si le groupe amino n'est pas prioritaire dans le composé polyfonctionnel.

Cette méthode ne doit pas être utilisée lorsque la fonction amine est la seule présente dans le composé nommé.

Exemple : $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{C}}H-CH_3$ 1-méthylpropylamine et non 2-aminobutane

b) Les amines secondaires et tertiaires

Cas des amines secondaires et tertiaires symétriques.

On appelle amines secondaires symétriques, les amines secondaires dont les groupes R et R_1 sont tous identiques.

On appelle amines tertiaires symétriques, les amines tertiaires comportant les groupes R, R_1 et R_2 tous identiques.

Les amines secondaires et tertiaires symétriques (R-NH-R et $R-\underset{\displaystyle R}{\underset{|}{N}}-R$)

sont nommés en faisant suivre le nom du groupe –R (précédé du préfixe multiplicateur di ou tri respectivement) de la terminaison amine.

Exemples : $CH_3-NH-CH_3$ diméthylamine

CH_3-CH_2-NH-CH_2-CH_3 diéthylaminne

CH_3-N(CH_3)-CH_3 triméthylamine

$(C_2H_5)_3N$ triéthylamine

Cas des amines secondaires et tertiaires non symétriques.

- Les amines secondaires et tertiaires non symétriques (ou mixtes) sont des amines secondaires et tertiaires dont les groupes R ne sont pas tous identiques.
- Les amines secondaires et tertiaires non symétriques sont considérées comme des dérivés de substitution sur l'azote N de l'amine primaire R-NH_2 constituée avec le groupe R- le plus complexe ou le plus long (c'est-à-dire contenant le plus grand nombre d'atomes de carbone).
- Au nom de l'amine primaire formée avec le groupe R- le plus long ou le plus complexe lié à l'azote, on ajoute en préfixe le (ou les) nom(s) du (ou des) groupe(s) substitué(s) à l'azote précédé(s) de la lettre N. éventuellement répétée.
- Les substituants sont énoncés dans l'ordre alphabétique.

N.B. : Si l'atome d'azote de l'amine primaire considérée porte deux substituants identiques, on accole au nom du substituant le préfixe N,N-di.

Exemples :

CH_3-NH-C_2H_5 N-méthyléthylamine

C_2H_5-NH-CH_2-CH_2-CH_3 N-éthylpropylamine

C_2H_5-NH-CH_2-CH(CH_3)-CH_2-CH_3 N-éthyl-2-méthylbutylamine

CH_3-NH-CH(CH_3)-CH_2-CH_3 N-méthyl-1-méthylpropylamine

CH_3-CH_2-CH_2-N(CH_3)-C_2H_5 N-éthyl N-méthylpropylamine

CH_3-CH_2-CH_2-N(CH_3)$_2$ N,N-diméthylpropylamine

2.2 Nomenclature substitutive

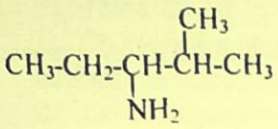
a) Les amines primaires

Le nom de l'amine primaire est obtenu à partir du nom de l'alcane correspondant en supprimant la lettre e et en ajoutant la terminaison amine. La position du groupe -NH– est indiquée par le numéro du carbone lié au groupe NH_2 ; ce numéro ou indice de position est placé avant la terminaison amine.

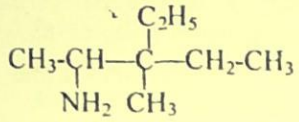
Exemples :

CH_3-CH_2-CH_2-NH_2 propan-1-amine

CH_3-CH_2-CH(NH_2)-CH_3 butan-2-amine



2-méthylpentan-3-amine



3-éthyl-3-méthylpentan-2-amine

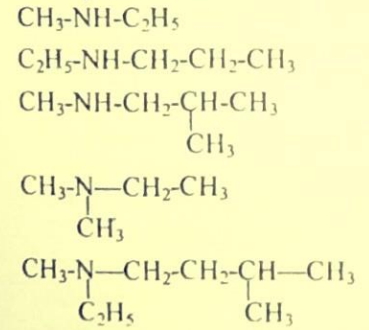
b) Les amines secondaires et tertiaires

Les amines secondaires ou tertiaires sont considérés comme des dérivés de substitution sur l'azote N de l'amine primaire constituée avec le groupe R- contenant le plus grand nombre d'atomes de carbone.

Au nom de l'amine primaire formée avec le groupe R- le plus long ou le plus complexe lié à l'azote, on ajoute en préfixe le(s) nom(s) du (ou des) groupe(s) substitué(s) à l'azote, énumérés dans l'ordre alphabétique s'il en a plusieurs, précédé(s) de la lettre N, éventuellement répétée.

Si l'atome d'azote de l'amine primaire considérée porte deux substituants identiques, on accole au nom du substituant le préfixe N,N-di.

Exemples :



N-méthyléthanamine

N-éthylpropan-1-amine

N-méthyl-2-méthylpropan-1-amine

N,N-diméthyléthanamine

N-éthyl N-méthyl-3-méthylbutan-1-amine

3 - CARACTERE BASIQUE DES AMINES

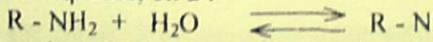
Le caractère basique des amines est dû à la présence sur l'atome d'azote d'un doublet d'électrons qui peut fixer un proton H^+ au cours d'une réaction chimique



On dit que l'atome d'azote est un centre nucléophile.

Les amines sont des bases faibles.

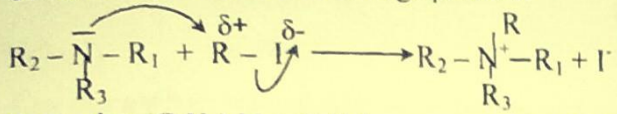
En solution aqueuse, on a :



L'acide conjugué d'une amine B est un ion alkylammonium substitué BH^+.

4- CARACTERE NUCLEOPHILE DES AMINES

Le caractère nucléophile d'un composé mesure son aptitude à attaquer les atomes de carbone porteurs d'une charge positive.



Exemple : $(C_2H_5)_3N + C_2H_5I \longrightarrow (C_2H_5)_4N^+ + I^-$

Le caractère nucléophile d'une amine apparaît aussi lors de la préparation d'une amide substituée à partir des amines primaires et secondaires.

Exercices

Exercice C_8 - 1

Ecrire les formules semi-développées des composés suivants :

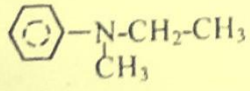
a) propan -2-amine
b) 2-méthylbutylamine
c) N-méthylpropan-2-amine
d) N-éthyl N-méthyl-2-méthylbutan-1-amine
e) butane-1,3-diamine
f) 1-aminobutan-2-ol
g) hexane-1,3,6-triamine
h) N,N-diméthylbutan-2-amine
i) N-méthyl-2-méthylpropan-1-amine
j) 5-éthyl-3-méthyl-7-phénylheptan-2-amine

Exercice C_8 - 2

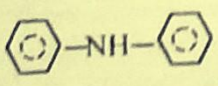
Nommer les composés suivants :

1) $CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}NH_2$

2) $CH_3\text{-}\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}\text{-}CH_2\text{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}\text{-}CH_3$

3) 

4) $NH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}NH_2$

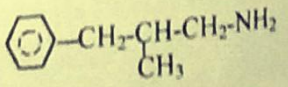
5) 

6) $CH_3\text{-}CHOH\text{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}\text{-}CH_2\text{-}NH_2$

7) $NH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}\text{-}CH_2\text{-}NH_2$

8) $\begin{matrix} CH_2\text{-}CH\text{-}NH_2 \\ | \\ CH_2\text{-}CH_2 \end{matrix}$

9) $CH_3\text{-}CH_2\text{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}\text{-}CH_2\text{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{\displaystyle C_2H_5}{\underset{|}{C}}}\text{-}CH_2\text{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}\text{-}NH_2$

10) 

Exercice C_8 - 3

Donner les formules semi-développées, les noms et les classes de toutes les amines de formule brute $C_4H_{11}N$.
Distinguer celle(s) dont la molécule est chirale.

Exercice C_8 - 4

1) On considère une base faible B, la monoéthylamine, de formule $C_2H_5NH_2$; quel est son acide conjugué A ?

2) Ecrire l'équation de la réaction qui se produit quand on introduit la base B dans l'eau.

3) On dissout 10^{-2} mole de monoéthylamine dans un litre d'eau distillée. Le pH de la solution obtenue est égal à 11,35. Calculer les molarités des diverses espèces chimiques présentes dans la solution.
En déduire la constante d'acidité K_a et le pK_a du couple A/B.

4) On ajoute à la solution obtenue en 3/ la quantité d'acide chlorhydrique suffisante pour que le pH prenne la valeur pK_a-1. Laquelle des espèces A et B devient prédominante ? Dans quel sens a évolué l'équilibre chimique étudié à la $2^{ème}$ question ?

5) La solution précédemment étudiée est remplacée par celle de la méthylamine de formule CH_3NH_2 dont le couple ion méthylammonium/méthylamine a un pK_a égal à 10,72.
Déterminer la concentration des diverses espèces chimiques en solution.
En déduire le nombre de moles et le volume de méthylamine (gaz) qu'il a fallu dissoudre dans 0,25 litre d'eau pour préparer cette solution.
Dans les conditions de l'expérience, le volume molaire est V_M = 24 L/mol. Le pH de la solution est égal à 11,50.

6) Quelle est la plus faible des deux bases ?

Exercice C_8 - 5

1) En combien de classes les amines peuvent-elles être réparties ?
Donner un exemple de chaque classe en précisant le nom du corps.
Etablir la formule générale des amines, identique pour toutes les classes.

2) Pour déterminer la formule brute d'une amine saturée on dissout 0,59 g de l'amine dans un peu d'eau. Puis on ajoute de l'acide chlorhydrique de concentration molaire 0,5 mol/L. L'équivalence acido-basique est obtenue pour 20 cm^3 de la solution acide.

a) Ecrire l'équation-bilan de la réaction entre les solutions d'amine et d'acide chlorhydrique.

b) Calculer la masse molaire de l'amine et en déduire sa formule brute.

c) Ecrire les formules semi-développées des amines isomères possibles et indiquer la classe d'amine à laquelle appartient chacune d'elles.

d) A partir de l'acide acétique (éthanoïque) et de l'une des amines précédentes (on choisira l'amine primaire ayant une chaîne carbonée linéaire) on peut obtenir une amide. Ecrire une réaction d'obtention de ce dérivé. La molécule de l'amide obtenue possède un motif important en biologie; l'identifier (formule développée et nom).

N.B.: Les amines en question dans cet exercice sont saturés et non cycliques.

Exercice C_8-6

On considère une amine primaire de formule R-NH_2 dans laquelle R est un groupe alkyle.

1) a) Quelle est l'équation-bilan de la réaction de cette amine avec l'eau ?

b) Quel est le couple acide-base correspondant à cette amine ?

2) A 25 °C, cette amine est un liquide de masse volumique 0,75 kg/L.

On verse progressivement cette amine dans V_A = 200 cm^3 d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire volumique $C_A = 2{,}0.10^{-1}$ mol/L. On suit l'évolution du pH du mélange au cours de l'addition.

Une brutale augmentation du pH correspondant à l'équivalence est observée lorsqu'on a versé V_B = 4,6 cm^3 d'amine.

a) Quelle est l'équation de la réaction ? Calculer la concentration molaire de l'amine.

b) Déterminer la masse molaire de l'amine.

c) Quelle est la formule brute de l'amine primaire considérée ?

d) Donner la formule semi-développée possible et le nom de cette amine sachant que le carbone porteur du groupe amine n'est pas lié à l'hydrogène.

3) Après équivalence on ajoute à nouveau 4,6 cm^3 d'amine. Le pH du mélange est alors 10.6.

a) Calculer les concentrations molaires volumiques des différentes espèces présentes dans le mélange.

b) En déduire le pK_a du couple correspondant à l'amine R-NH_2.

c) Quelles propriétés possède le mélange obtenu ?

On donne : H : 1 g/mol ; C : 12 g/mol ; N : 14 g/mol.

Exercice C_8- 7

1) Quelle est la formule brute des monoamines primaires saturées non cycliques contenant n atomes de carbone ?

2) a) Exprimer en fonction de n le pourcentage en masse d'azote contenu dans une telle molécule.

b) Une masse de 11,4 g d'une telle amine contient 2.2 g d'azote.

Déterminer n ; donner la formule brute et écrire les formules semi-développées et les noms possibles de cette amine primaire.

3) On considère une solution aqueuse de l'amine primaire à chaîne linéaire.

Que peut-on dire de son pH par rapport à celui d'une solution d'hydroxyde de sodium de même concentration molaire ?

On donne : H : 1 $g.mol^{-1}$; C : 12 $g.mol^{-1}$; N : 14 $g.mol^{-1}$.

Exercice C_8 - 8

1) Ecrire les formules générales des trois classes d'amines aliphatiques (amines saturées non cycliques)

2) Montrer que la formule brute d'une monoamine saturée non cyclique contenant n atomes de carbone est $C_nH_{2n+3}N$ (on établira cette formule à partir de la formule générale d'une monoamine secondaire saturée non cyclique)

3) Le pourcentage en masse d'azote d'une monoamine A saturée non cyclique est 23,7 %

a) Déterminer la formule brute de A.
b) Donner les noms, les formules semi-développées et les classes des isomères possibles de cette amine.
c) Identifier l'amine A sachant que l'atome d'azote est relié à un atome d'hydrogène.
4) Le pH d'une solution aqueuse de l'amine A de concentration $C_1 = 0,1$ mol.L^{-1} vaut 11,4 à 25 °C.
a) Ecrire l'équation-bilan de la réaction de cette amine A avec l'eau.
b) Calculer la valeur du pK_{a1} du couple acide-base considéré.
5) Une solution aqueuse d'éthylamine, de concentration $C_2 = 1,3.10^{-2}$ mol.L^{-1}, a un pH égal à 11,4 à 25 °C. Quelle est, de l'éthylamine ou de l'amine A, la base la plus forte ?

Exercice C_8 - 9

La masse molaire d'une amine saturée non cyclique est 73 g/mol.
1) Déterminer la formule brute de cette amine.
2) Donner les formules semi-développées possibles, les noms et les classes des amines correspondantes.
3) On dissout une masse m de cette amine dans de l'eau pure de façon à obtenir 1 litre de solution. On dose un volume $V_1 = 40,0$ cm^3 de cette solution par de l'acide chlorhydrique de concentration $C_a = 0,2$ mol/L. Le virage de l'indicateur coloré approprié utilisé se produit quand on a versé un volume $V_a = 20,5$ cm^3 d'acide. Déterminer la masse m.

Exercice C_8 - 10

1) Le dosage d'une masse m = 0,236 g d'une monoamine aliphatique saturée, notée A, nécessite un volume v = 40 cm^3 d'une solution chlorhydrique à 10^{-1} mol.L^{-1} pour obtenir l'équivalence.
a) Déterminer la masse molaire moléculaire de cette amine et sa formule brute.
b) Quels sont les divers isomères possibles correspondant à cette formule brute ? (écrire leurs formules semi-développées). Noter pour chacun d'eux, la classe d'amine à laquelle il appartient.
2) Une solution aqueuse à 10^{-1} mol.L^{-1} de cette amine a un pH = 11,4. En déduire :
- Le pk_{a_1} du couple C_1 formé par l'amine et son acide conjugué,
- Le coefficient d'ionisation de l'amine dans cette solution.
3) Des couples C_1 et C_2 (NH_4^+/NH_3 ; $pK_{a_2} = 9,2$), indiquer en le justifiant :
- celui qui possède la base la plus forte ;
- celui qui possède l'acide le plus fort.

On donne : C : 12 g.mol^{-1} ; H : 1 g.mol^{-1} ; N : 14 g .mol^{-1}.

Les ACIDES CARBOXYLIQUES et leurs DERIVES

L'essentiel du cours

1 – LES ACIDES CARBOXYLIQUES

Définition

Un acide carboxylique est un composé organique dont la molécule contient le groupe – COOH (-C(=O)OH) appelé groupement fonctionnel acide carboxylique.

Le groupe – COO – (- C(=O)O-) est appelé groupe carboxyle.

Formule générale : R-C(=O)OH ou Ar-C(=O)O-H

2 – PROPRIETES ACIDES DES ACIDES CARBOXYLIQUES

Les acides carboxyliques solubles dans l'eau s'y comportent comme des acides dont la base conjuguée est l'ion carboxylate $R\text{-}COO^-$.

$R\text{-}COOH + H_2O \rightleftharpoons R\text{-}COO^- + H_3O^+$

Un acide carboxylique est d'autant plus faible que sa constante d'acidité K_a est plus petite (ou qu'il possède plus d'atomes de carbone).

$$K_a = \frac{[H_3O^+]\,[RCOO^-]}{[RCOOH]}$$

3 – DECARBOXYLATION

C'est l'élimination du groupe –COO- par chauffage en présence d'un catalyseur.

On a :

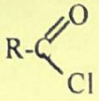
- un alcane (en présence de nickel ou de soude) : $R\text{-}COOH \longrightarrow RH + CO_2$
- une cétone (en présence d'alumine Al_2O_3) : $2\ R\text{-}COOH \longrightarrow R\text{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}\text{-}R + CO_2 + H_2O$
- un acide (en partant d'un diacide) : $COOH\text{-}C_nH_{2n}\text{-}COOH \longrightarrow C_nH_{2n+1}\text{-}COOH + CO_2$.

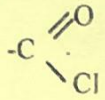
4 – FONCTIONS DERIVEES DES ACIDES CARBOXYLIQUES

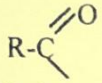
4-1 Les chlorures d'acyle

Définition

On appelle chlorure d'acyle le dérivé d'un acide carboxylique, RCOOH, dont la formule générale est :

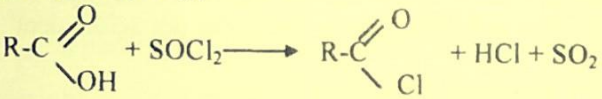


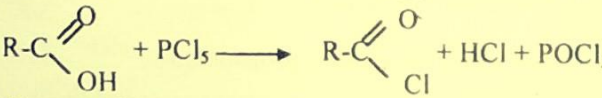
Le groupement fonctionnel chlorure d'acyle est : 

Le groupe  est appelé groupe acyle ou groupe alcanoyle si R est un groupement alkyle.

Obtention

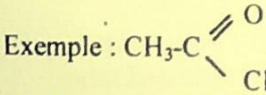
On les prépare en faisant réagir l'acide anhydre avec un réactif (le chlorure de thionyle ($SOCl_2$), le pentachlorure de phosphore (PCl_5) et le trichlorure de phosphore (PCl_3)).





Nomenclature

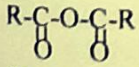
Le nom du chlorure d'acyle est obtenu en remplaçant le mot acide, dans le nom de l'acide par "chlorure" et la terminaison "oïque" par "oyle".

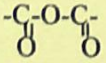
Exemple :  chlorure d'éthanoyle

4-2 Les anhydrides d'acide

Définition

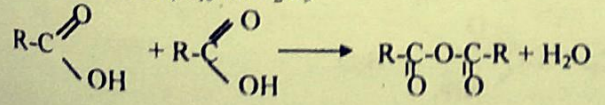
On appelle anhydride d'acide tout composé organique dont la formule générale est :



Groupement fonctionnel anhydride d'acide 

Obtention :

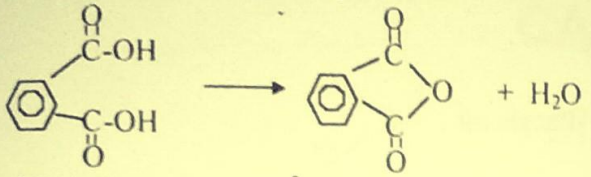
Par élimination d'une molécule d'eau entre deux molécules d'acide carboxylique (déshydratation intermoléculaire) en présence d'un déshydratant puissant P_4O_{10} ou P_2O_5



- Par action du chlorure d'acyle sur l'acide :

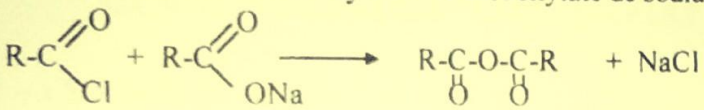
$$R\text{-}COCl + R\text{-}COOH \longrightarrow R\text{-}CO\text{-}O\text{-}CO\text{-}R + HCl$$

- Par déshydratation intramoléculaire d'un diacide carboxylique par simple chauffage en milieu déshydratant.



Acide orthophtalique Anhydride orthophtalique

Par action du chlorure d'acyle sur le carboxylate de sodium :



Nomenclature

On nomme un anhydride d'acide en faisant suivre le mot anhydride du nom de l'acide dont il dérive ou s'il s'agit d'un anhydride mixte, des noms des acides dont il dérive. Le mot acide est supprimé.

Exemples : $CH_3\text{-}CO\text{-}O\text{-}CO\text{-}CH_3$ anhydride éthanoïque

$CH_3\text{-}CO\text{-}O\text{-}CO\text{-}C_2H_5$ anhydride éthanoïque propanoïque

4- 3 Les esters (voir estérification et hydrolyse)

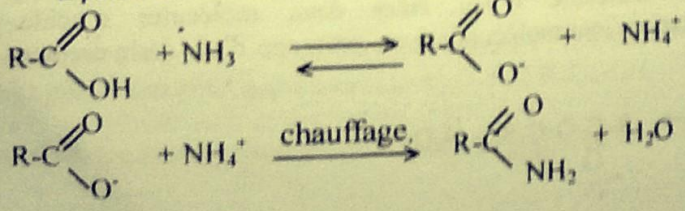
4- 4 Les amides

a) Amides non substituées à l'azote

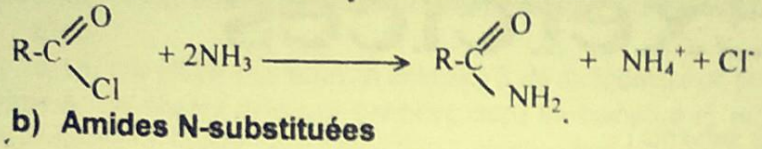
- Formule générale : $R\text{-}CONH_2$
- Groupement fonctionnel : $-CONH_2$
- Nom générique : alcanamide. Exemple : $CH_3\text{-}CONH_2$ éthanamide

Préparation :

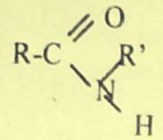
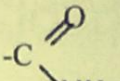
- à partir d'un acide carboxylique et de l'ammoniac



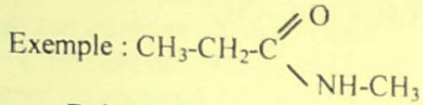
- à partir d'un chlorure d'acyle et de l'ammoniac



b) Amides N-substituées

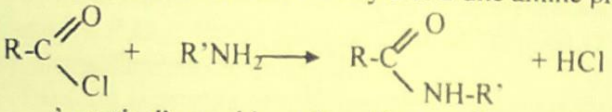
- Formule générale  Groupement fonctionnel 

Nom générique : N–alkyl alcanamide

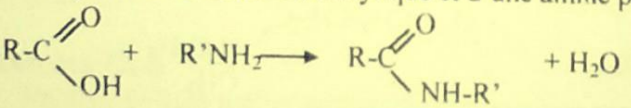
Exemple :  N-méthylpropanamide

- Préparation :

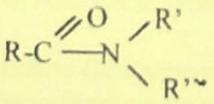
- à partir d'un chlorure d'acyle et d'une amine primaire :



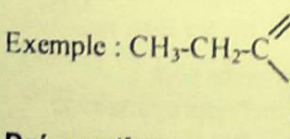
- à partir d'un acide carboxylique et d'une amine primaire



c) Amides N,N-disubstituées

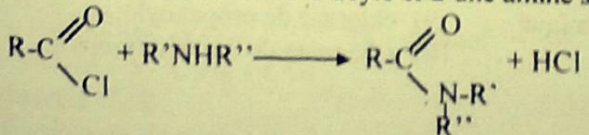
- Formule générale : 

- Nomenclature : On ajoute en préfixe N-alkyl^{1}N-alkyl^2 au nom de l'amide non substituée d'où le nom générique : N-alkyl^{1}N-alkyl^2 alcanamide.

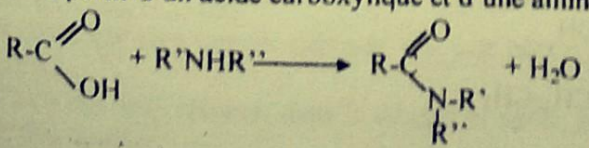
Exemple :  N-éthyl N-méthylpropanamide

Préparation :

- à partir d'un chlorure d'acyle et d'une amine secondaire :



- à partir d'un acide carboxylique et d'une amine secondaire :



Exercices

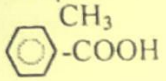
Exercice C_9-1

Nommer les composés suivants :

1) $CH_3-CH_2-CH_2-COOH$

2) $CH_3-CH(CH_3)-CH(C_2H_5)-CH_2-COOH$

3) $CH_3-CH(CH_3)-COOH$

4) 

5) $CH_3-CH_2-C(=O)-O-C(=O)-CH_3$

6) $COOH-CH_2-CH_2-CH_2-COOH$

7) $CH_3-CH(CH_3)-CH_2-C(=O)-O-C(=O)-C_2H_5$

8) $CH_3-C(=O)-O-C(=O)-CH_3$

Exercice C_9-2

Nommer les composés suivants :

1) $CH_3-C(=O)-NH_2$

2) $CH_3-CH_2-CH(CH_3)-C(=O)-NH_2$

3) $CH_3-CH_2-C(=O)-NH-CH_3$

4) $CH_3-CH(C_2H_5)-CH_2-C(=O)-NH-CH_2-CH_3$

5) $H-C(=O)-N(CH_3)-CH_3$

6) $CH_3-CH_2-C(=O)-N(CH_3)-C_2H_5$

7) $CH_3-CH_2-C(CH_3)(C_2H_5)-C(=O)-N(CH_3)-CH_3$

8) $CH_3-C(=O)-NH-CH_2-CH(CH_3)-CH_3$

Exercice C_9- 3

Ecrire les formules semi-développées des composés dont les noms sont :

1) acide 2-méthylbutanoïque
2) acide 2-éthyl-3-méthylpentanoïque
3) acide hexane-1,6-dioïque
4) anhydride éthanoïque propanoïque
5) anhydride méthanoïque
6) N-éthylN-méthylpropanamide
7) N-éthyl 2-méthylbutanamide
8) 2-éthylbutanamide
9) chlorure de propanoyle
10) éthanoate de 2-méthylpropyle.

Exercice C_9-4

On connaît les formules de 4 corps A, B, D et E

Formule de A : $CH_3-CH_2-CH_2-OH$

Formule de B : $CH_3-CHOH-CH_3$

Formule de D : $CH_3-CH_2-COOCH_2-CH_3$

Formule de E : $CH_3-CO-NH_2$

1) Nommer ces corps et indiquer le groupe fonctionnel caractéristique de chacun d'eux.

2) a) On fait réagir une solution acidifiée S de dichromate de potassium sur le corps A. On obtient dans une première étape un composé F, puis dans une seconde un composé G. Ecrire l'équation-bilan correspondant à chacune de ces deux étapes.

b) La même solution S agit maintenant sur le corps B pour donner un corps H. Donner la formule semi-développée et le nom de H.

c) Indiquer la nature des composés F, G et H. Donner leurs noms. Citer un réactif permettant de distinguer F de H.

3) a) La densité de vapeur d'un monoacide carboxylique à chaîne saturée non cyclique I est voisine de 3. Donner les formules semi-développées possibles pour I, ainsi que les noms correspondants.

b) L'isomère non ramifié de I réagit sur B en présence d'un catalyseur pour donner un composé J. Ecrire l'équation-bilan de cette réaction. Donner le nom de J. Préciser les caractéristiques de cette réaction.

4) a) Le composé G subit l'action d'un déshydratant énergique, l'oxyde de phosphore P_4O_{10}. Ecrire l'équation de la réaction et nommer le produit K obtenu. Que donne l'hydrolyse du produit K ?

b) Quel est le produit obtenu par décarboxylation de l'isomère non ramifié du composé I ?

Exercice C_9-5

1) On dissout 0,74 g d'un monoacide carboxylique saturé A dans de l'eau et on complète la solution à $V = 100\ cm^3$. $V_a = 10\ cm^3$ de cette solution sont exactement dosés par $V_b = 20\ cm^3$ d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_b = 5.10^{-2} mol.L^{-1}$.

a) Déterminer la masse molaire du composé A et sa formule brute.

b) Ecrire trois formules semi-développées correspondant à cette formule brute. Indiquer celle qui correspond au composé A dont on précisera le nom.

2) Indiquer un procédé qui permet d'obtenir le composé A à partir d'un alcool X. Indiquer quel est cet alcool X.

3) Donner les formules semi-développées et les noms des composés qui figurent dans les équations ci-dessous :

$$A + NH_3 \rightleftharpoons B \text{ et } B \xrightarrow{\text{lent chauffage}} C + H_2O$$

$$2A \xrightarrow{P_4O_{10}} H_2O + D \; ; \qquad D + \text{éthanol} \longrightarrow Y + Z$$

$$Z \longrightarrow C_2H_6 + CO_2$$

Exercice C_9-6

1) On dispose de quatre flacons contenant respectivement des composés organiques notés (A), (B), (C), (D).

Ces composés sont soit un aldéhyde, soit une cétone, soit un acide carboxylique, soit un alcool.

A l'aide des tests résumés dans le tableau ci-après, indiquer la fonction de (A), (B), (C), (D). Justifier.

Corps / Réactif	A	B	C	D
Dichromate de potassium en milieu acide	Solution orange	Solution verte	Solution verte	Solution orange
D. N. P. H	Solution jaune	Solution jaune	Précipité jaune	Précipité jaune
Réactif de SCHIFF	Solution incolore	Solution incolore	Solution rose	Solution incolore
Liqueur de FEHLING	Solution bleue	Solution bleue	Précipité rouge-brique	Solution bleue

2) (A) et (C) peuvent être obtenus par action du dichromate de potassium, en milieu acide, sur (B). Sachant que (B) est un composé saturé dont la molécule contient 3 atomes de carbone, donner les formules semi-développées et les noms de (A), (B), (C).

3) Ecrire l'équation de la réaction de (A) sur (B) ; donner le nom des produits obtenus : indiquer les caractéristiques de cette réaction.

4) Par action du pentachlorure de phosphore PCl_5 ou du chlorure de thionyle $SOCl_2$ sur (A), on obtient un corps (E).donner la formule semi-développée et le nom de (E). Ecrire l'équation de la réaction de (E) sur (B). Comparer cette dernière réaction à celle de (A) sur (B).

Exercice C_9-7

1/ On a analysé 1,80 g d'une monoacide organique A et l'on a constaté qu'il se formait par combustion totale 1,1 g d'eau et 2,6 g de dioxyde de carbone.
Quelle est la formule de A ?

2/ On dissout une certaine quantité de A dans l'eau et on neutralise la solution avec 20 cm^3 de solution de soude molaire. On obtient 1,64 g de sel.
Déduire la masse molaire de A, sa formule développée et son nom.

3/ A a été obtenu par oxydation d'un alcool B.
Déduire une expérience permettant le passage de B à A et écrire l'équation de la réaction chimique correspondante. Préciser le nom de B.

4/ On réalise le mélange équimolaire : une mole de A et une mole de B.
Donner l'équation et préciser les caractéristiques de la réaction obtenue.

Données : Masses molaires : M(H) = 1 ; M(C) = 12 ; M(O) = 16 ; M(Na) = 23 en g/mol.

(D'après concours d'entrée à la FSA/1995)

Exercice C_9-8

On mélange une mole d'un acide carboxylique de formule générale $C_nH_{2n+1}COOH$ et une mole d'éthanol.

1/ a) Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui a lieu.
b) Ecrire la formule générale du composé organique E obtenu.
A quelle famille appartient-il ?

2/ Le pourcentage en masse de carbone du composé E est %C = 58,82 %.
a) Donner la formule semi-développée et le nom du composé organique E.
b) Quels sont la formule semi-développée et le nom de l'acide carboxylique ?

3/ Cette réaction est lente.
a) Définir la vitesse v de formation du composé E.

b) Parmi les possibilités suivantes, choisir les actions qui permettent d'augmenter v. Justifier le choix.
- Abaisser la température du mélange.
- Elever la température du mélange.
- Ajouter l'acide sulfurique.
- Ajouter l'eau.

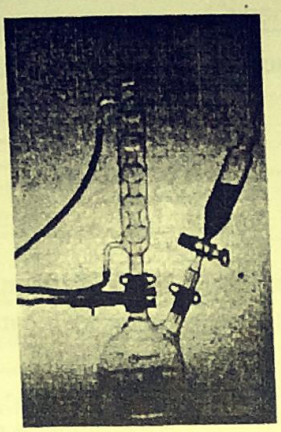
4/ En utilisant un réactif autre que l'acide carboxylique, on peut obtenir le même composé organique E à partir de L'éthanol, beaucoup plus rapidement.
a) Citer un réactif possible (formule semi-développée et nom).
b) Ecrire l'équation-bilan de sa réaction sur l'éthanol.
5/ L'éthanol utilisé est obtenu par dissolution de 6,8 g d'éthanolate de sodium dans 1 L d'eau. On prélève 25 mL de cette solution qu'on introduit dans une fiole jaugée de 250 mL puis on complète jusqu'au trait de jauge. La solution obtenue a un pH = 12.
a) Montrer que la solution obtenue est celle d'une base forte.
b) Ecrire l'équation-bilan de la réaction acide-base correspondante.
Quels sont les couples acide-base mis en jeu ?
c) Calculer la concentration en $mol.L^{-1}$ de toutes les espèces chimiques présentes dans la solution.

(D'après concours d'entrée au CPU/1996)

Exercice C_9-9

On donne en g/mol les masses molaires : $M_c = 12$; $M_O = 16$; $M_H = 1$; $M_S = 32$.
1/ On dissout 8,8 g d'un monoacide carboxylique A_1 dans 500 mL d'eau distillée. On en prélève un volume $V_a = 50$ mL que l'on dose par une solution d'hydroxyde de sodium de molarité $C_b = 10^{-1}$ mol/L. L'équivalence acido-basique est atteinte pour un volume d'hydroxyde de sodium $V_b = 100$ mL.
a) Déterminer la masse molaire moléculaire du composé A_1.
b) En déduire sa formule semi-développée et son nom sachant que sa chaîne carbonée est ramifiée.
2/ On réalise un mélange équimolaire de l'acide organique A_1 avec un monoalcool saturé B_1. On obtient un composé C dont le rapport de la masse des atomes de carbone qu'il contient sur celle des atomes d'oxygène est 2,625.
a) Déterminer la formule brute de l'alcool B_1.
b) Sachant qu'on a utilisé au départ 1,5 g d'alcool et qu'à l'équilibre il n'en reste que 0,60 g, déterminer la classe et la formule semi-développée de l'alcool B_1.
c) Donner les caractéristiques de la réaction produite après l'avoir nommée.
d) Ecrire l'équation – bilan de cette réaction et nommer le produit C obtenu.
3/ a) On fait réagir l'acide A_1 sur du chlorure de thionyle. Ecrire l'équation-bilan de la réaction et nommer le produit organique D obtenu.
b) On réalise ensuite la déshydratation de l'acide A_1 en présence du décaoxyde de tétraphosphore P_4O_{10}. Ecrire l'équation-bilan de la réaction et nommer le produit E obtenu.
4/ On fait réagir le produit D sur l'alcool B_1. Ecrire l'équation de la réaction produite et donner ses caractéristiques.
5/ Ecrire l'équation de la réaction de la N – méthyléthanamine sur le composé E. Nommer les produits obtenus.

(D'après concours d'entrée à la FSS/2000)

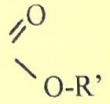
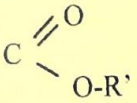


Chapitre 10 (Chimie)

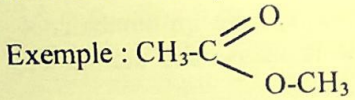
ESTERIFICATION
HYDROLYSE
SAPONIFICATION

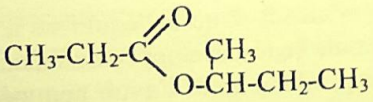
L'essentiel du cours

1 – DEFINITION ET NOMENCLATURE DES ESTERS

- La formule générale des esters est :  avec R' ≠ H
- Le groupement fonctionnel ester est : 
- Un ester a pour formule brute : $C_nH_{2n}O_2$
- Nomenclature : alcanoate d'alkyle

Les esters sont désignés par le nom de l'acide constituant dont on a changé la terminaison "oïque" par "oate" et auquel on ajoute "de" suivi du nom du radical R' de l'alcool correspondant.

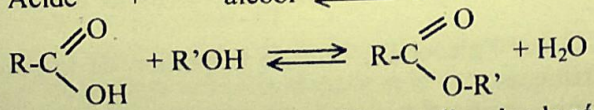
Exemple :  éthanoate de méthyle

 propanoate de 1-méthylpropyle.

2 – PREPARATION DES ESTERS

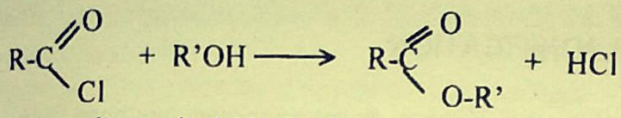
- A partir d'un acide carboxylique et d'un alcool (estérification directe) ; la réaction est lente, limitée et athermique :

Acide + alcool ⇌ ester + eau



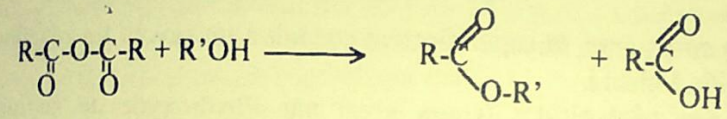
- A partir d'un alcool et d'un chlorure d'acyle ; la réaction est rapide et totale

Chlorure d'acyle + alcool ⟶ ester + chlorure d'hydrogène.



- A partir d'un anhydride d'acide et d'un alcool : la réaction est rapide et totale.

Anhydride d'acide + alcool ⟶ ester + acide carboxylique



3 – REACTION D'ESTERIFICATION DIRECTE ENTRE UN ACIDE CARBOXYLIQUE ET UN ALCOOL

La réaction d'estérification directe entre un acide carboxylique et un alcool est une réaction lente, limitée et athermique. La limite d'estérification est définie par :

$$I = \frac{\text{nombre de moles d'ester formé au bout d'un temps très long}}{\text{nombre de moles d'ester prévu par l'équation bilan pour une réaction totale}}$$

Remarque :

Pour un mélange équimolaire acide-alcool, cette limite est de :

- 67 % pour les alcools primaires ;
- 60 % pour les alcools secondaires ;
- 2 à 10 % pour les alcools tertiaires.

4 – LA REACTION D'HYDROLYSE

La réaction d'hydrolyse d'un ester est la réaction entre un ester et l'eau avec formation d'un acide et d'un alcool. La réaction d'hydrolyse est une réaction lente, limitée, et athermique.

ester + eau $\rightleftharpoons$ acide + alcool

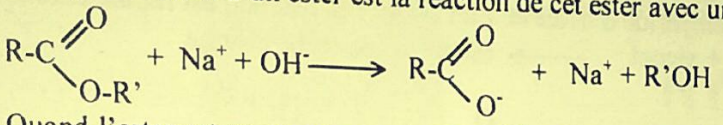
$R\text{-}COOR' + H_2O \rightleftharpoons R\text{-}COOH + R'OH$

5 - DEPLACEMENT DE L'EQUILIBRE

- Les réactions d'estérification sont déplacées et rendues pratiquement totales par :
  - élimination de l'eau ;
  - distillation de l'ester ;
  - addition d'acide ou d'alcool (en excès)
- L'hydrolyse est rendue totale par :
  - élimination de l'acide au fur et à mesure de sa formation ;
  - addition d'ester ou d'eau.

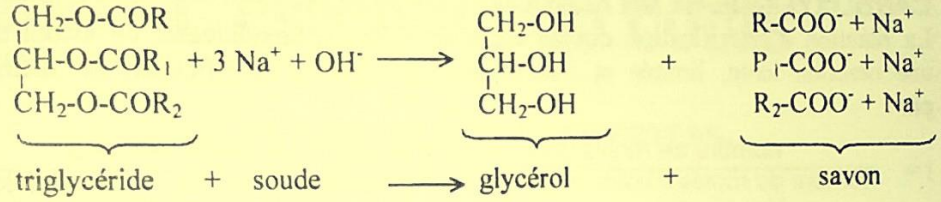
6 - REACTION DE SAPONIFICATION

La saponification d'un ester est la réaction de cet ester avec une base forte.



Quand l'ester est un corps gras, la saponification conduit à un savon. La réaction est totale et plus rapide à chaud.

La saponification des triglycérides (corps gras) par l'hydroxyde de sodium conduit au glycérol et à des carboxylates de sodium ($R\text{-}COO^- + Na^+$) qui constituent les savons.



Exercices

Exercice C_{10}-1

1) Un ester A a pour formule brute $C_5H_{10}O_2$.
Ecrire les formules semi-développées des différents esters répondant à cette formule et donner leurs noms.

2) On fait l'hydrolyse de A : on obtient un alcool B et un acide carboxylique C.

a) Quelles sont les caractéristiques de cette hydrolyse ?

b) L'alcool B subit une oxydation ménagée : on obtient un corps D qui donne un précipité jaune avec la D.N.P.H. , mais qui est sans acti n sur le réactif de Schiff. L'acide C peut être obtenu par oxydation ménagée d'un alcool E lui-même obtenu par hydratation catalytique d'un alcène F.
En déduire :

- la famille de D ;
- les classes des alcools B et E ;
- les noms et les formules semi-développées des corps B, C, D, E, F et la formule semi-développée de A.

Exercice C_{10}-2

1) On veut identifier un monoacide carboxylique A, à chaîne carbonée saturée. On prend 3,11 g de cet acide et on le dissout dans 1 litre d'eau pure. On prélève 20 cm^3 de cette solution qu'on dose par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_b = 5.10^{-2}$ mol/L. L'équivalence acido-basique a lieu quand on a ajouté 16,8 cm^3 de la solution d'hydroxyde de sodium.

a) Calculer la concentration C_a de la solution acide.

b) Déterminer la masse molaire, la formule brute de l'acide A, sa formule semi-développée et son nom.

c) Ecrire l'équation-bilan de la réaction acido-basique.

2) On fait agir sur l'acide A de décaoxyde de tétraphosphore P_4O_{10} qui est un déshydratant puissant. Donner la formule semi-développée et le nom du composé obtenu à partir de l'acide A.

3) On fait agir de l'ammoniac NH_3 sur l'acide A. Le composé obtenu est ensuite déshydraté par un chauffage prolongé. Donner la formule semi-développée et le nom de la substance que l'on obtient alors.

4) On fait réagir, dans une étuve, un mélange de 0,50 mol d'éthanol et 0,50 mol d'acide A.

Au bout de 12 heures, l'état d'équilibre est atteint : la composition du mélange n'évolue plus ; l'acide restant est dosé par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire 5 mol/L. L'équivalence acido-basique est atteinte lorsqu'on a versé 34 cm^3 de solution d'hydroxyde de sodium.

a) Déterminer la quantité d'alcool estérifié.

b) En déduire les pourcentages d'alcool et d'acide estérifiés.

5) On fait réagir dans les mêmes conditions 0,50 mol d'éthanol et 2,0 mol d'acide A. L'état d'équilibre est atteint au bout de 12 heures : la composition du mélange n'évolue plus ; on constate qu'il contient 1,54 mol d'acide A.

a) Ecrire l'équation de la réaction ayant lieu dans l'étuve. Quels sont les produits obtenus ?

b) Calculer la quantité d'alcool estérifié.

Déterminer la composition du mélange à l'équilibre.

c) En déduire les pourcentages d'alcool et d'acide estérifiés.

6) En tenant compte des résultats précédents (questions 4 et 5), préciser comment varient les pourcentages d'alcool et d'acide estérifiés lorsqu'on change les concentrations initiales d'alcool et d'acide.

Exercice C_{10}-3

Un composé organique A de formule $C_4H_8O_2$ donne, par hydrolyse, deux composés notés B et C.

1) Sachant que le composé B a des propriétés acides, proposer les formules semi-développées et les noms possibles pour A.

2) On dissout 0,92 g du composé B dans de l'eau et on complète la solution à 100 cm^3. On dose 10 cm^3 de cette solution par 20 cm^3 d'une solution de soude à 10^{-1} $mol.L^{-1}$.

a) Déterminer la masse molaire moléculaire, la formule brute, la formule développée et le nom du composé B.

b) En déduire les noms et les différentes formules semi-développées possibles pour le composé C.

3) Par oxydation ménagée, C donne un composé D qui donne un précipité jaune avec la 2,4-dinitrophénylhydrazine, mais qui ne réduit pas le nitrate d'argent ammoniacal. Ecrire la formule semi-développée de D. En déduire celle de C et enfin celle du composé A de départ.

Exercice C_{10}-4

1) L'oxydation de 1,5 g d'un ester organique à chaîne linéaire non ramifiée, produit 2,673 g de dioxyde de carbone et de l'eau.

a) Donner la formule générale d'un ester d'acide carboxylique à chaîne saturée en fonction du nombre n d'atomes de carbone.

b) Déterminer la formule brute de cet ester.

c) Quelles sont les formules semi-développées possibles ?

2) Une masse de 1 g de cet ester est traitée par de l'eau. Au bout de quelques mois, l'acide formé est dosé par une solution de soude de molarité 0,5 mol/L en présence de phénolphtaléine. Il faut verser 9 cm^3 de soude pour faire virer l'indicateur.

a) Quel est le pourcentage d'ester hydrolysé ?

b) Identifier l'ester sachant que l'acide obtenu est celui qui possède le pK_a le plus faible.

On donne C : 12 g/mol ; H : 1 g/mol ; O : 16 g/mol.

Exercice C_{10}-5

La décarboxylation d'un acide carboxylique a donné un alcane qui admet comme proportion en masse 4,5 fois plus de carbone que d'hydrogène.

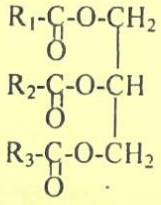
1) Déterminer la formule brute de l'alcane.

2) En déduire la formule brute de l'acide carboxylique. Ecrire les formules semi-développées possibles et préciser les noms correspondants.

3) Un ester de même formule brute que l'acide carboxylique dérive de l'acide méthanoïque. Proposer les différentes formules semi-développées possibles de l'ester et préciser les noms correspondants.

Exercice C_{10}-6

1) Les composés naturels dénommés graisses (solides) et huiles (liquides) sont pour la plupart des triglycérides c'est-à-dire des triesters du glycérol (propane-1,2,3-triol) et d'acides gras. La formule générale d'un triglycéride est ci-dessous :



R_1, R_2 et R_3, identique ou non, représentent des chaînes carbonées linéaires pouvant éventuellement contenir une ou plusieurs doubles liaisons.

Ecrire l'équation de la réaction d'hydrolyse de ce triglycéride. Préciser les caractéristiques de cette réaction.

2) On veut obtenir un triglycéride X en faisant réagir le propane-1,2,3-triol (glycérol) sur l'acide palmitique de formules $C_{15}H_{31}$-COOH.

Ecrire l'équation-bilan de la formation de ce triglycéride X. Nommer la réaction correspondante et le triglycéride obtenu.

3) On réalise la saponification du triglycéride X précédemment obtenu par l'hydroxyde de sodium.

a) Ecrire l'équation-bilan de cette réaction de saponification et nommer les

produits obtenus.

b) Calculer la masse du savon obtenu à partir de 10 kg du triglycéride X si le rendement de la réaction est de 85 %.

Exercice C_{10}-7

1) Un ester A dans la molécule duquel on ne note que de simples liaisons carbone-carbone, contient 43,24% en masse d'oxygène.

a) Quelle est sa formule brute ?

b) Donner les formules semi-développées et les noms des esters isomères.

2) L'hydrolyse de A conduit à deux composés chimiques B et C. La déshydratation de 60 g de B en présence d'un catalyseur (pentoxyde de diphosphore P_2O_5) donne 51 g d'anhydride d'acide.

a) Identifier A, B, C et l'anhydride d'acide.

b) Donner les équations des différentes réactions qui ont lieu.

On donne C : 12 $g.mol^{-1}$; H : 1 $g.mol^{-1}$; O : 16 $g.mol^{-1}$.

D'après Bac 1990 Série C (BENIN)

Exercice C_{10}-8

Le texte ci-dessous extrait de Science et Vie n° 156 de Septembre 1986

"Lorsqu'on parle de composition chimique du vin, il faut bien savoir que le vin ne peut pas être considéré comme une simple solution hydroalcoolique... Le vin est le résultat de la transformation biologique d'un produit biologique. Cette transformation a lieu principalement sous l'action d'un micro-organisme, la levure, qui se trouve sur la pellicule du raisin à maturité et dont la fonction principale est de métaboliser les sucres du raisin en éthanol, glycérol, acides carboxyliques et un ensemble complexe d'autres composés... Nos connaissances sur les constituants du vin ont augmenté de manière exponentielle ces dernières années grâce à l'apparition des techniques modernes d'analyse, notamment la chromatographie, et grâce aux progrès réalisés en spectrométrie de masse. Ces techniques ont permis l'identification et le dosage de près de 600 composés parmi lesquels on compte près de 200 esters, près de 140 acides carboxyliques, une cinquantaine d'alcools, des composés carbonylés, environ 30 composés azotés, des phénols, des composés soufrés...

La fermentation alcoolique prend la première place dans la production des composés volatifs (plus de 99 % sans compter l'éthanol). Les composés les plus abondants sont les alcools supérieurs : alcool isoamylique, 2-phényléthanol, isobutanol (ou 2-méthylpropan-1-ol), propanol, butan-1-ol, butan-2-ol, 3-méthylthiopropanol. Les levures produisent également de nombreux esters comme l'éthanoate d'éthyle, l'éthanoate d'isoamyle, l'octanoate d'éthyle, l'hexanoate d'éthyle, le butanoate d'éthyle ..., leur teneur augmentant au cours du vieillissement... Parmi les autres composés volatils produits par les levures, on trouve l'acétaldéhyde et quelques acides gras..."

D'après http : /www2.ac-lille.fr/physiquechimie/évalu/vin/vin.htm

Questions d'intelligence

1) Indiquer 3 types de composés qu'on trouve dans le vin et pour chacun d'eux, donner la formule du groupe fonctionnel.

2) Quels sont les thèmes importants développés dans le texte ? Résumer le texte au tiers de sa longueur initiale.

3) Tu es invité(e) à traduire le texte dans ta langue maternelle à un sage du village qui extrait le vin de palme. Propose une traduction orale de ce texte à tes camarades de classe. Quelles sont les difficultés rencontrées dans la traduction du texte?

Exercice C_{10}-9 :Chimie de l'ananas

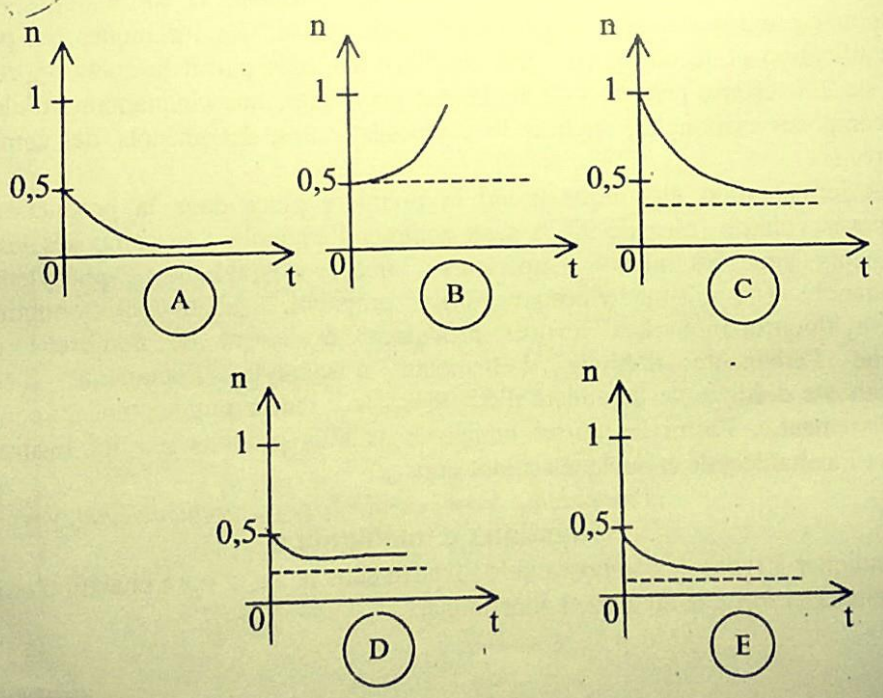
1- L'analyse d'un composé organique A donne en pourcentages massiques : C : 54,6% ; H : 9,1% ; O : 36,4%. La masse molaire de A est de 88g.mol^{-1}.
Quelle est la formule brute de A. ?

2- A est soluble dans l'eau. Sa solution fait virer au jaune le bleu de bromothymol (BBT). La chaîne de A est linéaire.
Identifier A en donnant sa formule semi-développée et son nom.

3- Pour préparer un arôme artificiel «ananas », on introduit dans un ballon 0,5 mol d'éthanol et 0,5 mol de A et quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. On chauffe à reflux pendant 45 mn, puis on refroidit le mélange réactionnel.

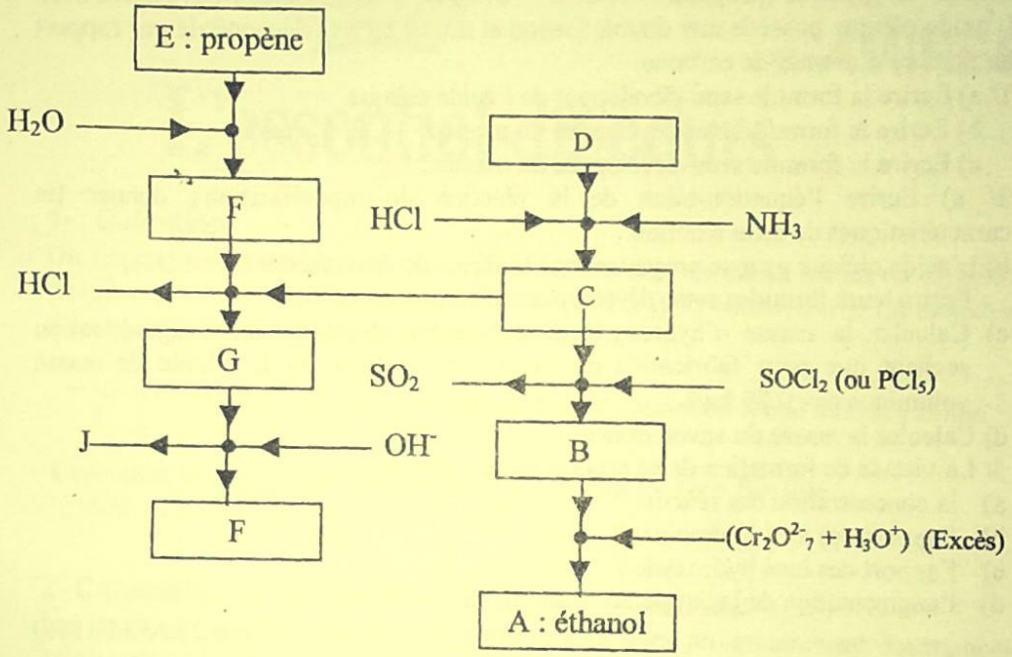
a) - Quelle est la réaction qui s'est produite dans le ballon ?
- Ecrire l'équation-bilan de cette réaction. Nommer le composé obtenu, à odeur d'ananas.
- Quel est le rôle de l'acide sulfurique ?

b) En cours de réaction, à intervalles de temps réguliers, on a prélevé dans le mélange réactionnel de très petits échantillons de volume connu, que l'on a dosés. On peut ainsi connaître l'évolution du nombre de moles n_A du composé A dans le mélange réactionnel au cours du temps.
Parmi les courbes proposées ci-après, quelle est celle qui correspond à l'expérience réalisée ? Justifier le choix



Exercice C_{10}-10

Dans l'organigramme ci-dessous, les rectangles correspondent à des molécules organiques. Un point • signifie que la réaction entre les réactifs situés en amont (X —▶•) donne les produits situés en aval (•—▶ Y)



1- Donner le nom et la formule semi-développée de tous les corps figurant dans les rectangles. On prendra pour F, le produit majoritaire obtenu lors de l'hydratation du propène.

2- Quel nom donne-t-on à la réaction qui, à partir de:
   - C et F, permet d'obtenir G ?
   - G, permet d'obtenir J et F ?

Exercice C_{10}-11

Données (en $g.mol^{-1}$) : H : 1 ; C : 12 ; O : 16 ; K : 39.

On se propose de déterminer la masse des produits formés lors d'une réaction de saponification. Pour cela, on utilise une huile qui contient essentiellement un triester de glycérol (propane – 1, 2, 3 – triol) et d'acide oléique ($C_{17}H_{33}COOH$). L'acide oléique possède une double liaison et admet un axe de symétrie par rapport au nombre d'atomes de carbone.

1/ a) Ecrire la formule semi-développée de l'acide oléique.

b) Ecrire la formule semi-développée du propane –1, 2, 3 – triol.

c) Ecrire la formule semi-développée du triester.

2/ a) Ecrire l'équation-bilan de la réaction de saponification ; donner les caractéristiques de cette réaction.

b) L'acide oléique peut se présenter sous la forme de deux diastéréoisomères. Ecrire leurs formules semi-développées et les nommer.

c) Calculer la masse d'hydroxyde de potassium nécessaire à la saponification sachant que pour fabrication du savon, on a utilisé 50 L d'huile de masse volumique $\rho = 0,89$ kg/L.

d) Calculer la masse du savon obtenu.

3/ La vitesse de formation de ce produit varie-t-elle avec :

a) la concentration des réactifs ?

b) l'apport des ions hydronium ?

c) l'apport des ions hydroxyde ?

d) l'augmentation de la température du milieu réactionnel ?

(D'après concours d'entrée à la FSS/1999)

Exercice C_{10}-12

Le constituant principal de l'huile d'olive est l'oléine qui est le triester du propane–1, 2, 3-triol et de l'acide oléique.

L'acide oléique, acide à 18 atomes de carbone, a une chaîne carbonée linéaire avec une seule double liaison covalente entre les atomes de carbone 9 et 10.

1/ a) Ecrire les formules semi-développées respectives du propane –1, 2, 3-triol et de l'acide oléique. On mettra ensemble les groupes – CH_2 – situés d'un même côté de la double liaison $(-CH_2)_n-$; valeurs de n à préciser)

b) En déduire la formule semi-développée de l'oléine.

2/ On fait agir sur une masse m d'oléine de la potasse (hydroxyde de potassium).

a) Ecrire l'équation globale de la réaction produite.

b) Quel non donne-t-on à cette réaction ?

c) Donner deux caractéristiques importantes de cette réaction.

d) Proposer deux moyens permettant d'accélérer cette réaction.

3/ a) La masse du produit ionique obtenu étant $m' = 25$ g, déterminer la masse m.

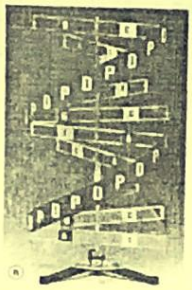
On donne : masse molaire moléculaire de :

* oléine : $M = 884$ g. mol^{-1}

* produit ionique : $M' = 320$ g. mol^{-1}

b) En réalité on a utilisé 28,8 g d'oléine. Quel est alors le rendement de cette opération ?

(D'après concours d'entrée au CPU/2000)



Chapitre 11 (Chimie)

LES ACIDES α-AMINES

L'essentiel du cours

1- Définition

On appelle acide α-aminé tout composé portant, sur un même atome de carbone, une fonction acide carboxylique –COOH et une fonction amine $-NH_2$. La molécule d'un acide α-aminé contient l'élément de structure :

$-\underset{|}{N}-\underset{R}{\underset{|}{C}}H-COOH$ dans lequel l'atome d'azote appartient à une fonction amine.

Cependant la plupart des acides α-aminés naturels ont pour formule :

$NH_2-\underset{R}{\underset{|}{C}}H-COOH$

2- Caractères acido- basiques des acides α-aminés

Les acides α-aminés ont des propriétés acides dues au groupement fonctionnel acide carboxylique – COOH et des propriétés basiques dues au groupe amine $-NH_2$: on dit qu'ils sont amphotères ou ampholytes.

3 – Les différentes formes d'un acide α-aminé

- Dans l'eau pure, les acides α-aminés existent essentiellement sous la forme d'un ion dipolaire électriquement neutre connu sous le nom de zwitterion ou amphion de formule $NH_3^+ - CHR - COO^-$

$$R-\underset{NH_2}{\underset{|}{C}}H-COOH \xrightleftharpoons{H_2O} R-\underset{NH_3^+}{\underset{|}{C}}H-COO^- \text{ (amphion ou zwitterion)}$$

- Dans un milieu acide, l'amphion se comporte comme une base

$$R-\underset{NH_3^+}{\underset{|}{C}}H-COO^- + H_3O^+ \rightleftharpoons R-\underset{NH_3^+}{\underset{|}{C}}H-COOH + H_2O$$

base — cation A (doublement acide)

On a le couple cation A/amphion

La forme prédominante dans un milieu acide est le cation NH_3^+- CHR-COOH

- Dans un milieu basique, l'amphion se comporte un acide

$$R-\underset{NH_3^+}{\underset{|}{C}}H-COO^- + OH^- \rightleftharpoons R-\underset{NH_2}{\underset{|}{C}}H-COO^- + H_2O$$

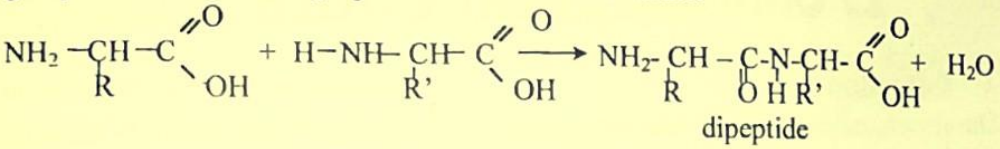
acide — anion B (doublement basique)

On a le couple amphion /anion B
La forme prédominante dans un milieu basique est l'anion $NH_2-CHR-COO^-$

4 - Synthèse des peptides

• La liaison peptidique

Un dipeptide est un composé obtenu par l'élimination d'une molécule d'eau (réaction de condensation) entre le groupe amine d'un acide α-aminé et le groupement acide carboxylique d'un autre acide α-aminé.



dipeptide

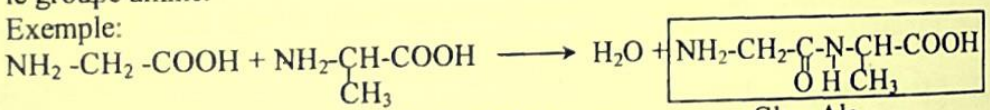
La liaison peptidique correspond à la liaison C—N du groupe amide $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-\overset{\overset{H}{|}}{N}-$
formé lors de la réaction de condensation de deux acides α - aminés.
Dans certains ouvrages, le groupe —NH— CO —est appelé liaison peptidique.

• Peptides et protéines

Un peptide est une molécule obtenue par la condensation de plusieurs molécules d'acides α-aminés.
On appelle polypeptide un composé dont la molécule est constituée d'un enchaînement d'acides α-aminés reliés par des liaisons peptidiques.
On appelle protéine, un polypeptide formé à partir de plus de 50 molécules d'acides α-aminés.

• Nomenclature

On nomme les peptides avec les abréviations des noms usuels des acides α-aminés les constituant, cités dans l'ordre en commençant par l'extrémité portant le groupe amine.
Exemple:



glycine (Gly) + alanine (Ala) Gly - Ala

Exercices

Exercice C_{11}-1

Une solution contient un acide α-aminé inconnu X constitué d'une chaîne carbonée saturée non cyclique. On bloque sa fonction amine par l'action de l'acide méthanoïque versé en excès. On prélève 20 cm^3 de la solution que l'on dose jusqu'à équivalence par 5 cm^3 d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire 0,05 mol/L.

On sait par ailleurs que 100 cm^3 de la solution contiennent 0,111 g de l'acide α-aminé inconnu.

1) Déterminer la formule semi-développée et le nom de cet acide α-aminé.

2) En solution aqueuse, cet acide α - aminé donne trois formes ionisées et deux couples acide-basiques dont les pK_a sont : $pK_{a1} = 2,3$ et $pK_{a2} = 9,7$. Une solution de cet acide α-aminé de concentration molaire $C_1 = 10^{-1}$ mol/L a un pH de 6,0 à 25 °C. Calculer la concentration molaire des différents ions présents dans cette solution.

Exercice C_{11}-2

1) La formule semi - développée de l'acide 2-aminopropanoïque (alanine) est :

$$CH_3\text{-}\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}\text{-}COOH$$

a) Justifier le nom d'acide α-aminé donné à cette substance. Donner la formule semi-développée et le nom de l'espèce qui apparaît dans une solution aqueuse d'alanine.

b) Ecrire les équations des réactions entre l'alanine et la soude et entre l'alanine et l'acide chlorhydrique.

c) Parmi les espèces impliquées dans les réactions précédentes, identifier le diacide, la dibase, l'ampholyte.

2) a) Ecrire la formule de l'acide 2-aminoéthanoïque (glycine)

b) On mélange en quantité équimolaire la glycine et l'alanine. Ecrire les formules semi-développées et les noms de tous les dipeptides qu'on peut obtenir lors de la condensation de ces acides α-aminés.

Exercice C_{11}-3

Soit un composé organique A contenant du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote. On soumet à l'analyse élémentaire 0,78 g de ce composé organique. Sa combustion produit 1,47 g de CO_2 et 0,66 g d'eau. Le volume d'azote recueilli dans les conditions normales pour la même masse du composé est 74,7 cm^3.

a) Quelle est la composition centésimale du composé ?

b) Déterminer sa formule brute sachant qu'elle ne contient qu'un seul atome d'azote par molécule.

c) Quelles sont ses formules semi-développées possibles sachant que ce composé est un acide α-aminé. Donner leur nom en nomenclature officielle.

d) La chaîne carbonée de A est ramifiée et l'atome de carbone porteur des deux

groupes fonctionnels porte également un groupe méthyle.
Ecrire l'équation-bilan de la réaction de condensation de A et de l'un des isomères. Mettre en évidence la liaison obtenue et donner son nom.
Comment appelle-t-on le produit obtenu de la condensation ?
e) Ecrire l'équation-bilan de la réaction d'une solution de A sur une solution aqueuse de KOH d'une part et sur une solution aqueuse de HNO_3 d'autre part.

Exercice C_{11}-4

La leucine (Leu) et l'isoleucine (Ile) sont deux acides α-aminés naturels isomères de formule $R\text{-}\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{C}}H\text{-}COOH$ et dont les groupes alkyles R diffèrent.

Le groupe alkyle de la leucine est noté R_L, celui de l'isoleucine est noté R_I. Les groupes alkyle R_L et R_I sont saturés et possèdent chacun une seule ramification.
1) Qu'est-ce que tous les acides α-aminés naturels ont en commun ?
2) On considère une solution aqueuse de leucine. On bloque sa fonction amine par une méthode appropriée. On prélève 20 cm^3 de la solution que l'on dose jusqu'à équivalence par 10 cm^3 d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire 0,1 mol/L.
On sait, par ailleurs, que dans 100 cm^3 de la solution on a 655 mg de leucine.
- Déterminer la masse molaire de la leucine.
- En déduire la formule brute du groupe alkyle R.

3) Par décarboxylation de la leucine on obtient un composé A nommé 3-méthylbutan-1-amine.
- Ecrire la formule semi-développée du composé A.
- Déterminer la formule semi-développée de la leucine et celle de l'isoleucine. Préciser leur nom en nomenclature officielle.

4) a) Ecrire les formules semi-développées des dipeptides que l'on peut penser obtenir à partir d'un mélange de leucine et de l'isoleucine. On donnera les noms des dipeptides en utilisant les abréviations Leu pour la leucine et Ile pour l'isoleucine. (Pour ne pas alourdir l'écriture, on symbolisera dans cette question et les suivantes les groupes alkyle par R_L et R_I)
b) Quel est le dipeptide obtenu lorsqu'on réalise la synthèse en bloquant la fonction amine de la leucine et la fonction acide carboxylique de l'isoleucine ?
c) La fonction acide carboxylique de l'isoleucine peut être bloquée en la transformant en ester par réaction avec le 2-méthylpropan-2-ol. Ecrire la formule semi-développée du composé obtenu.
5) a) En solution aqueuse la leucine donne un ion dipolaire encore appelé «amphion » ou « zwittérion ».
Donner la formule de cet ion et interpréter sa formation.
b) Ecrire les équations – bilans de l'action sur la leucine de :
- une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ;
- une solution aqueuse d'acide chlorhydrique.

c) En déduire les couples acide/base correspondant à la leucine et la forme sous laquelle on trouve la leucine en milieu acide et en milieu basique.

On donne les masses molaires atomiques suivantes :

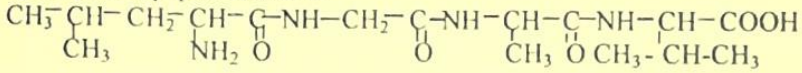
M(H) = 11 g/mol ; M(O) = 16 g/mol ; M(C) = 12 g/mol ; M(N) = 14 g/mol.

6) L'hydrolyse totale d'une mole d'un tripeptide donne deux moles de leucine et une mole d'isoleucine.

a) Ecrire les formules semi-développées des trois enchaînements différents envisageables pour le tripeptide.

b) Nommer ces tripeptides en utilisant les mêmes abréviations qu'à la question 4/.

7) Donner les noms et les formules semi-développées des composés obtenus par hydrolyse du peptide suivant :



Exercice C_{11}-5

1) Donner la définition d'un atome de carbone asymétrique.
Quand dit-on qu'une molécule est chirale ?

2) Ecrire les formules des acides α-aminés suivants en mettant le (ou les carbones) asymétrique(s) par un astérisque C*

a) Acide 2-aminopropanoïque ou alanine.

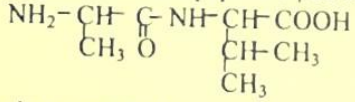
b) Acide 2-amino-3-méthylbutanoïque ou valine.

c) Acide 2-amino-4-méthylpentanoïque ou leucine.

d) Acide 2-amino-3-hydroxybutanoïque ou thréonine.

3) Représenter, en projection de Fischer les deux énantiomères de la valine et les deux énantiomères de l'alanine. Les nommer en utilisant la notation D et L des biochimistes.

4) On désire synthétiser le dipeptide P_1 de formule :



a) Donner les noms des deux acides α-aminés à utiliser.

b) Comment doit-on procéder pour obtenir uniquement le dipeptide P_1 ? (décrire les grandes étapes de la synthèse).

c) Si la synthèse du dipeptide P_1 est réalisée à partir d'un mélange racémique des deux acides α-aminés, combien de stéréoisomères de P_1 obtiendrait-on ?

Exercice C_{11} –6

Une amine aliphatique à chaîne ramifiée admet pour proportion en masse 65,75 % de carbone. Cette amine A est obtenue par décarboxylation d'un acide α-aminé naturel B.

1) a) Quelle est la formule brute de l'amine A ?

b) Donner la formule semi-développée et le nom de l'amine A.

c) Donner la formule semi-développée et le nom de l'acide α-aminé B en nomenclature systématique.

2) On fait réagir l'acide α-aminé B avec un autre acide α-aminé naturel C. On obtient un dipeptide de masse molaire moléculaire M = 174 $g.mol^{-1}$.

a) Quels sont la formule semi-développée et le nom de l'acide α-aminé C ?

b) Donner les formules semi-développées possibles du dipeptide.
On donne : C : 12 $g.mol^{-1}$; H : 1 $g.mol^{-1}$; N : 14 $g.mol^{-1}$; O : 16 $g.mol^{-1}$.

D'après Bac 1992 – Remplacement Série D (Bénin)

Exercice C_{11} –7

1/ On donne les composées organiques ci-dessous :
glycine ($NH_2 - CH_2 - COOH$), alanine ($CH_3 - \underset{\displaystyle NH_2}{CH} - COOH$),

Valine ($CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{CH} - \underset{\displaystyle NH_2}{CH} - COOH$)

a) A quel groupe de composés organiques appartiennent-ils ?
b) Donner leurs noms en nomenclature officielle.
2/ a) Parmi ces molécules, certaines sont chirales. Lesquelles ? Justifier la réponse.
b) Donner les représentations de Fischer de la valine et nommer les configurations obtenues. Préciser, après justification, celle qui a la configuration destrogyre.
3/ a) Sous quelle forme existent ces composés en milieu aqueux ?
b) Ecrire la formule de la glycine en milieu aqueux.
c) Ecrire l'équation de la réaction d'une solution de glycine avec une solution d'acide chlorhydrique, puis avec une solution d'hydroxyde de sodium.
Quels sont les couples acide-base caractérisant la glycine en milieu acide et en milieu basique. Affecter à chaque couple l'un des pK_a ci-dessous :
$pKa_1 = 2,4$; $pKa_2 = 9,6$.
4/ On désire préparer uniquement le tripeptide H – Ala – Gly – Val – OH
a) Comment procéder ?
b) Ecrire la formule du tripeptide.

(D'après Concours d'Entrée à la FSS/2000)

Exercice C_{11}–8

On considère un acide α-aminé A qui par décarboxylation donne une amine aliphatique A' contenant en masse 53,33 % de carbone.
1/ Déterminer la formule brute ainsi que la formule semi-développée de A'.
2/ Déduire alors la formule semi-développée de l'acide α-aminé A à partir des informations précédentes et donner son nom officiel.
3/ En solution aqueuse l'acide α-aminé A donne trois (3) formes ionisées dont une bipolaire.
a) Ecrire les formules de ces ions et les deux couples acide-base dans lesquels ils figurent.
b) En utilisant ce que vous savez de l'ordre de grandeur des pKa des couples associés aux acides carboxyliques et aux amines, attribuer les deux valeurs de $pKa_1 = 2,3$ et $pKa_2 = 9,9$ à chacun des couples précédemment définis.
4/ Quelle est l'espèce majoritaire à pH = 2, pH = 6 et pH = 12 ?
5/ On réalise la réaction de condensation de A avec un autre acide aminé A" inconnu de formule $R-\underset{\displaystyle NH_2}{CH}-COOH$.
a) Combien de dipeptides peut-on obtenir théoriquement ?

b) Déterminer la formule semi-développée de A" sachant que R comporte du carbone, de l'hydrogène et un groupement hydroxyle et la masse molaire du dipeptide est M = 176 g/mol.

c) Comment faire pour obtenir uniquement le dipeptide dont l'acide α-aminé N-terminal est A ?

(D'après concours d'entrée au CPU/2000)

Exercice C_{11} –9

L'alanine est l'acide α-aminé de formule : $H_2N - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - COOH$

1) Cette molécule peut-elle exister sous deux formes énantiomères ? Justifier la réponse.
2) Donner en nomenclature officielle le nom de l'alanine.
3) Donner les représentations de Fischer des énantiomères correspondant à l'alanine et les nommer (nomenclature D-L).
4) Quelles sont les trois espèces chimiques qui coexistent en équilibre chimique dans la solution aqueuse d'alanine ?
5) Ecrire la formule de l'espèce chimique majoritaire de l'alanine en solution aqueuse, dans les cas suivants : pH = 1,8 ; pH = 8 ; pH = 11

On donne :

$pK_1 = 2,3$ pour le couple : acide conjugué du zwittérion/zwittérion.

$pK_2 = 9,7$ pour le couple : zwittérion/base conjuguée du zwittérion.

6) La condensation d'une molécule d'alanine et d'une molécule de glycine de formule $H_2N - CH_2 - COOH$ conduit à un dipeptide. Deux réactions sont possibles. Ecrire les équations de ces réactions en donnant les formules semi-développées et noms des deux dipeptides que l'on peut obtenir.

(D'après Concours d'Entrée à la FSA /2001)

Exercice C_{11} –10

L'oxydation ménagée d'un corps A donne un composé B qui donne un précipité jaune en présence de DNPH et réduit la liqueur de Fehling. Lorsqu'on poursuit l'oxydation ménagée de A par excès d'oxydant on obtient un corps C unifonctionnel ayant la même chaîne carbonée que le corps suivant nommé D.

$R_1 - \underset{\displaystyle R_2}{\underset{|}{CH}} - \underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}} - COOH$; R_1 et R_2 sont des groupes hydrocarbonés.

Une masse m = 10,2g de C est exactement titrée avec un volume V= 100 mL de soude molaire.

1) Déterminer la masse molaire, la formule semi-développée et le nom de C.
2) Donner en les justifiant les noms et les formules semi-développées des corps A, B, D.
3) Ecrire l'équation de la réaction de condensation de D sur le composé de formule $NH_2 - CH_2 - COOH$

Exercice C_{11} –11

Soit un composé organique A contenant du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote.
On soumet à l'analyse élémentaire 0,78g de ce composé organique.
Sa combustion produit 1,47g de CO_2 et 0,66g d'eau. Le volume d'azote recueilli dans les conditions normales pour la même masse du composé est $74,7cm^3$.
a) Quelle est la composition centésimale du composé ?
b) Déterminer sa formule brute sachant qu'elle ne contient qu'un seul atome d'azote par molécule.
c) Quelle sont ses formules semi-développées possibles sachant que ce composé est un acide α – aminé. Donner leur nom en nomenclature officielle.
d) La chaîne carbonée de A est ramifiée et l'atome de carbone porteur des deux groupes fonctionnelles pore également un groupe méthyle.
Ecrire l'équation-bilan de la réaction de la réaction de condensation de A et de l'un des isomères. Mettre en évidence la liaison obtenue et donner son nom. Comment appelle-t-on le produit obtenu de la condensation ?
e) Ecrire l'équation-bilan de la réaction d'une solution de A sur une solution de aqueuse de KOH d'une part et sur une solution aqueuse de HNO_3 d'autre part.

Exercice C_{11} –12

1/ On considère un acide α-aminés à chaîne carbonée saturée aliphatique.

a) Donner la formule générale des acides α-aminés
b) On désire bloquer la fonction amine puis la fonction acide d'un aminoacide. Indiquer les principes de ces blocages.

2/ On prend une masse m = 55,5 mg de l'aminoacide dont on bloque la fonction amine. Le composé obtenu, mis en solution aqueuse, a un volume v = 50 mL. On prélève 10mL de cette solution que l'on dose par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique $c_b = 5.10^{-2}$ mol L^{-1}. L'équivalence acido-basique est atteinte lorsqu'on a ajouté 2,5 mL. De solution de soude.
Déterminer la formule semi-développée et le nom de cette acide α-aminés.

3/ En solution aqueuse, l'acide 2-minopropanoïque se présente sous trois formes ionisées.

a) Ecrire ces trois formes ionisées et préciser l'amphion.
b) Cet amphion réagit avec de l'eau. Ecrire les équations chimiques de cette réaction, puis citer les couples acido-basiques mis en jeu.
c) Le pKa de ces couples sont $pKa_1 = 2,3$ et $pKa_2 = 9,9$.
Choisir, ; en justifiant la réponse, la valeur du pKa qui correspond à chacun de ces couples.

4/ Des affirmations suivantes, lesquelles sont exactes ou fausses. Justifier la réponse.

a) A pH = 6, l'espèce acide prédomine.
b) A pH = 2, l'espèce amphion prédomine.
c) A pH = 12, l'espèce amphion prédomine.

D'après Bac 1995/Série D/ Session de remplacement/Bénin



Chapitre 12 (Chimie)

CINETIQUE CHIMIQUE

L'essentiel du cours

1. TYPES DE REACTIONS CHIMIQUES

On rencontre essentiellement trois types de réactions chimiques :

- Les réactions rapides qui se produisent immédiatement dès que les réactifs sont en contact l'un avec l'autre.
- Les réactions lentes qui se produisent avec un certain délai entre le mélange des réactifs et la formation des produits.
- Les réactions infiniment lentes ou réactions bloquées qui ne se déclenchent lors de la mise en contact des réactifs qu'avec une intervention extérieure (chauffage, catalyseur, lumière)

2. VITESSE DE FORMATION D'UN PRODUIT

2-1 Vitesse de formation

Si X est le produit obtenu lors d'une réaction à volume constant, on appelle **vitesse de formation de X à la date** t, la grandeur :

$$v_x(t) = \frac{d[X]}{dt}$$

v_x en $mol.L^{-1}.s^{-1}$

La vitesse de formation du produit X à la date t est le coefficient directeur de la tangente à la courbe [X] = f(t) au point M d'abscisse t (voir fig.1 :)

2-2 Vitesse moyenne de formation

On appelle **vitesse moyenne de formation** du produit X entre les instants de date t_1 et t_2 la grandeur :

$$v_m = \frac{[X]_2 - [X]_1}{t_2 - t_1}$$

v_m en $mol.L^{-1}.s^{-1}$

La vitesse moyenne de formation de X est le coefficient directeur (ou pente) de la sécante à la courbe [X] = f(t) aux points A et B d'abscisses t_1 et t_2 (voir fig.2)

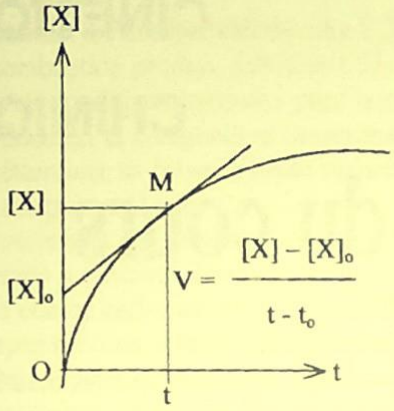


Fig. 1 : Détermination graphique de la vitesse de formation

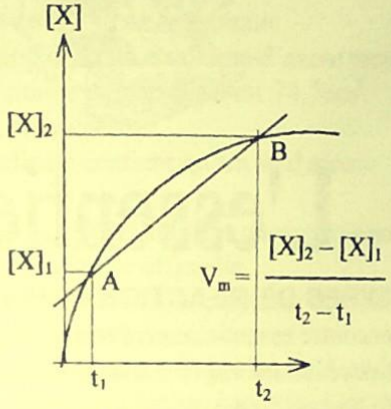


Fig. 2 : Détermination de la vitesse moyenne de formation

3. VITESSE DE DISPARITION D'UN REACTIF X

3-1 Vitesse de disparition

Si X est le réactif, on appelle vitesse de disparition de X à un volume constant, la quantité :

$$V_x(t) = -\frac{d[X]}{dt}$$

La vitesse de disparition du réactif X à un instant t est numériquement égale à la valeur de l'opposé du coefficient directeur de la tangente à la courbe [X] = f(t) au point M d'abscisse t.

3-2 Vitesse moyenne de disparition

On appelle vitesse moyenne de disparition du réactif X entre les instants t_1 et t_2, la quantité :

$$V_m = -\frac{[X_2] - [X_1]}{t_2 - t_1}$$

La vitesse moyenne de disparition de X entre les instants de date t_1 et t_2 est l'opposée du coefficient directeur de la sécante à la courbe [X] = f(t) aux points A et B d'abscisse t_1 et t_2

4. LES FACTEURS CINETIQUES

4-1- Influence des concentrations

Le plus souvent (mais pas toujours) la vitesse de formation des produits (ou celle de disparition des réactifs) augmente si l'on augmente la concentration des réactifs (toutes choses égales par ailleurs).

4-2- Influence de la température

La vitesse de formation des produits (ou de disparition des réactifs) augmente toujours si l'on augmente la température.

4-3- Les catalyseurs

Un catalyseur est une substance qui augmente la vitesse de formation d'un corps sans entrer dans le bilan de la réaction.

La catalyse est homogène lorsque les réactifs et le catalyseur forment un mélange homogène.

La catalyse est hétérogène lorsque les réactifs et le catalyseur ne sont pas miscibles.

Afin de rendre optimale l'action d'un catalyseur solide, il est nécessaire que sa surface soit la plus grande possible.

4-4 Influence de la surface de contact

Une réaction mettant en jeu un ou plusieurs solides est d'autant plus rapide que la surface de contact de ces solides avec les réactifs est plus grande.

Exercices

Exercice C_{12} - 1

On se propose d'étudier la réaction de saponification d'un ester : l'éthanoate d'éthyle. A la date t = 0, on mélange un volume $V_1 = 0,50$ L d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire $C_1 = 2,0.10^{-2}$ mol/L avec un volume $V_2 = 0,50$ L d'une solution d'éthanoate d'éthyle de concentration molaire $C_2 = 2,0.10^{-2}$ mol/L. Il se forme de l'éthanoate de sodium et de l'éthanol.

1) Ecrire l'équation de la réaction.

2) Par dosage acido-basique, on détermine la concentration de l'hydroxyde de sodium restant à la date t.

a) Montrer qu'on peut en déduire la concentration molaire de l'éthanol notée $[CH_3CH_2OH]$ à la même date t.

b) Calculer $[CH_3CH_2OH]$ à la date t = 25 min, sachant que la concentration molaire des ions OH^- est de $0,62.10^{-2}$ mol/L.

3) En dosant de temps en temps les ions hydroxyde de la solution on obtient les résultats suivants :

t (min)	10	20	30	40	50	60	80	100
$[OH^-]$ en mol/L	$0,8.10^{-2}$	$0,67.10^{-2}$	$0,57.10^{-2}$	$0,5.10^{-2}$	$0,44.10^{-2}$	$0,4.10^{-2}$	$0,33.10^{-2}$	$0,29.10^{-2}$
$[CH_3CH_2OH]$								

a) Compléter le tableau ci-dessus en calculant la concentration molaire de l'éthanol.

b) Tracer la courbe de variation de $[CH_3CH_2OH]$ en fonction du temps.

Echelles : 1 cm pour 10 min ; 1 cm pour 10^{-3} mol/L.

c) A quelle date la vitesse de formation de l'éthanol est-elle la plus grande ?

d) A quelle date la concentration molaire de l'éthanol sera-t-elle de $0,53.10^{-2}$ mol/L ?

4) Calculer la vitesse moyenne de l'éthanol entre les dates $t_1 = 20$ min et $t_2 = 45$ min (en $mol.L^{-1}.min^{-1}$)

5) Définir la vitesse *instantanée d'apparition de l'éthanol.*

- La déterminer graphiquement pour $t_3 = 10$ min et $t_4 = 60$ min.
- Comment varie la vitesse au cours du temps ? Justifier cette évolution.

Exercice C_{12} - 2

On réalise l'estérification d'une mole d'acide RCO_2H par une mole d'alcool primaire $R'CH_2OH$. On dose d'heure en heure l'acide restant et on trouve les résultats suivants :

T en h	1	2	3	4	5	6	7
n_a	0,57	0,42	0,37	0,34	0,335	0,33	0,33

n_a = quantité de matière d'acide restant en mole.

1) Ecrire l'équation bilan.
2) Tracer la courbe représentant la quantité de matière d'ester formé en fonction du temps.
   Echelle : 2 cm pour 0,1 mole d'ester et 2 cm pour 1 heure.
3) a) Comment peut-on vite atteindre l'équilibre ?
b) Qu'appelle-t-on vitesse moyenne de formation de l'ester entre les instants t_1 et t_2 ? La calculer entre les instants $t_1 = 1$ h et $t_2 = 3$ h.
c) Par quoi est représentée géométriquement la vitesse de formation à l'instant t ?
- Déterminer graphiquement la vitesse de formation de l'ester à l'instant t = 2 h et au début de la réaction à t = 0 h.
- Comment évolue qualitativement la vitesse de formation de l'ester et pourquoi ?

d) Comment peut-on déplacer l'équilibre dans le sens de la formation de l'ester ?
4) L'ester obtenu a pour formule brute $C_4H_8O_2$
a) Quels sont les noms et les formules semi-développées possibles de cet ester ?
b) Par action de l'ammoniac sur l'acide RCO_2H on obtient un carboxylate d'ammonium qui par déshydratation conduit à une espèce chimique A de formule brute C_2H_5ON.
- Ecrire les équations des réactions et en déduire la formule développée et le nom de A.
- Donner les noms de l'acide RCO_2H, de l'alcool $R'CH_2OH$ et de l'ester formé.

5) Après avoir déterminé l'alcool et l'acide utilisés, évaluer le volume réactionnel, sachant que la masse volumique de l'alcool est $\rho_1 = 790$ $kg.m^{-3}$ et celle de l'acide $\rho_2 = 1080$ $kg.m^{-3}$.

Exercice C_{12} - 3

On veut étudier la cinétique de la réaction de l'acide méthanoïque sur le propan-1-ol.
Pour cela on réalise dans chaque tube à l'instant de date t = 0 un mélange contenant 5.10^{-2} mol d'acide méthanoïque, 5.10^{-2} mol de propan-1-ol et 3 gouttes, d'acide sulfurique concentré.

On place immédiatement ces tubes dans un bain-marie maintenu à une température de 80 °C. Le volume de chaque mélange sera pris égal à $V_o = 10$ mL.
A différentes dates t, on dose l'acide restant dans un tube à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_b = 2$ mol.L^{-1}.
Soit V_b le volume d'hydroxyde de sodium qu'il faut ajouter au contenu du tube pour obtenir l'équivalence. Un dosage préalable montre que 3 gouttes d'acide sulfurique concentré sont neutralisées par $V = 2$ cm^3 de la solution d'hydroxyde de sodium. On obtient le tableau suivant :

T (min)	0	2	5	8	12	16	20	25	30	40	50	60
V_b (cm^3)		22	17,5	15	13,1	12,2	11,6	11,1	10,9	10,6	10,5	10,5
[HCOOH] restant (mol.L^{-1})												
[ester] formé (mol.L^{-1})												

1) Ecrire l'équation-bilan de la réaction entre l'acide méthanoïque et le propan-1-ol.
2) Ecrire l'équation de la réaction entre l'acide méthanoïque et l'hydroxyde de sodium.
3) a) Calculer la concentration initiale C_o de l'acide méthanoïque (à t = 0).
b) Compléter le tableau en indiquant les concentrations en acide restant et en ester formé (on expliquera les calculs pour le premier prélèvement puis on donnera les autres valeurs dans le tableau).
4) Quel a été le rôle des gouttes d'acide sulfurique ?
5) a) Construire le graphique représentant l'évolution de la concentration de l'ester formé en fonction du temps.
Echelles : en abscisses : 1 cm pour 4 min
en ordonnées : 1 cm pour 0,5 mol.L^{-1}

b) Déterminer graphiquement $\frac{d\,[ester]}{dt}$ à $t_o = 0$ puis à $t_1 = 20$ min. Interpréter.

c) A partir du graphique, déterminer la date à laquelle la moitié de l'acide initial a réagi.
d) Indiquer un procédé permettant :
- de rendre la réaction plus rapide
- d'augmenter la composition du mélange à l'équilibre.

6) a) Construire la courbe représentant la concentration de l'acide restant en fonction du temps (même échelle qu'à la question 5/a).
b) Calculer la vitesse moyenne de disparition de l'acide entre les instants $t_1 = 8$ min et $t_2 = 20$ min.
c) Calculer la vitesse de disparition de l'acide à la date $t_2 = 20$ min.
La comparer à la vitesse de formation de l'ester à cette date.

d) Que se passe-t-il pour $t \geq 50$ min ?

Exercice C_{12}-4

On veut étudier la réaction d'oxydation autocatalysée de l'acide éthanedioïque $H_2C_2O_4$ (ou acide oxalique) par les ions permanganate MnO_4^- en milieu acide.
A la date $t = 0$ on mélange rapidement dans un bécher $V_1 = 50$ cm^3 d'une solution acidifiée de permanganate de potassium ($K^+ + MnO_4^-$) de concentration $C_1 = 10^{-3}$ mol.L^{-1} avec $V_2 = 50$ cm^3 d'une solution d'acide éthanedioïque de concentration $C_2 = 10^{-1}$ mol.L^{-1}. L'équation de la réaction d'oxydoréduction est :

$$5\ H_2C_2O_4 + 2\ MnO_4^- + 6\ H_3O^+ \longrightarrow 10\ CO_2 + 2\ Mn^{2+} + 14\ H_2O.$$

1) Citer les couples rédox qui interviennent et comparer les forces des espèces oxydantes correspondantes.
2) a) Calculer le nombre de moles d'ions permanganate MnO_4^- initialement présents dans le mélange.
b) Calculer la concentration des ions MnO_4^- dans le mélange initial.
c) Le nombre de moles d'ions permanganate nécessaire pour oxyder tout l'acide oxalique est-il suffisant ?
Sinon calculer le nombre de moles d'acide oxalique qui n'a pu être oxydé au cours de la réaction.
3) La mesure de la concentration des ions Mn^{2+} à différentes dates t a conduit aux résultats suivants :

t en s	0	60	120	150	180	210	240	255	270	285	300	315	330	360	390	420
$[Mn^{2+}]$ en 10^{-5} mol.L^{-1}	0	1	3	4	5,5	7	11,5	15,5	22	33	44	47	49	49,5	50	50

a) Tracer la courbe représentant les variations de la concentration des ions Mn^{2+} en fonction du temps.
Echelles : en abscisses 1 cm pour 30 s ; en ordonnées 1 cm pour 5.10^{-5} mol.L^{-1}.
b) - Définir la vitesse instantanée de formation des ions Mn^{2+} ;
- Déterminer graphiquement la vitesse de formation des ions Mn^{2+} aux dates $t_1 = 120$ s et $t_2 = 360$ s.
- Calculer à la date $t_1 = 120$ s la concentration molaire des ions MnO_4^-
c) Interpréter l'allure de la courbe tracée et montrer que celle-ci se justifie en considérant la réaction étudiée comme autocatalytique.

Exercice C_{12}-5

On réalise en présence de catalyseurs la décomposition de l'eau oxygénée H_2O_2 en eau et oxygène dans un ballon maintenu à température constante. A l'instant $t = 0$, on verse, dans une solution contenant les catalyseurs la quantité d'eau oxygénée nécessaire pour que la solution de volume 1 litre soit à la concentration 1 mol.L^{-1}. Le volume V_{O_2} d'oxygène dégagé est mesuré à pression constante. Il permet de connaître la concentration molaire volumique résiduelle C_r d'eau oxygénée dans le ballon.

Exercice C_{12}-7

On étudie la réaction d'estérification partir d'un mélange contenant une mole d'acide éthanoïque et une mole d'éthanol. Le volume du mélange réactionnel est V = 0,2 L. Le mélange étant maintenu à température constante, on dose d'heure en heure l'acide restant. Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau suivant :

temps t (heures)	0	1	2	4	6	8	10	15	20	25
nombre de moles d'acide restant n_A	1,00	0,82	0,70	0,55	0,46	0,41	0,38	0,35	0,34	0,335

1/ a) Ecrire l'équation de la réaction entre l'éthanol et l'acide éthanoïque. Quel est le composé organique qui se forme ? A quoi sert-il ?

b) Quelles sont les caractéristiques d'une telle réaction ?

c) Compléter le tableau de mesures en évaluant le nombre de moles d'ester (n_E) formé au cours du temps, ainsi que la concentration molaire volumique de l'ester (C_E).

2/ Représenter graphiquement les variations de C_E en fonction du temps t. (Echelle : 1 cm pour 1 $mol.L^{-1}$; 1 cm pour 2 h).

3/ a) Définir la vitesse de formation de l'ester. Donner son interprétation graphique.

b) Déterminer le temps au bout duquel la moitié de l'acide initialement présent a réagi.

c) Calculer la vitesse d'estérification à cet instant.

4/ Indiquer un procédé permettant :

a) de rendre la réaction plus rapide,

b) de modifier la composition du mélange à l'équilibre,

c) d'avoir une réaction d'estérification rapide et totale.

Données : masses molaires atomiques en $g.mol^{-1}$: C : 12 ; 0 : 16 ; H : 1

(d'après concours d'entrée à la FSA/1998)

Exercice C_{12}-8

L'eau H_2O_2 se décompose lentement en eau et en dioxygène.

1/ Ecrire l'équation-bilan de la réaction.

2/ On se propose d'étudier la cinétique de cette réaction. Pour cela on effectue des prélèvements échelonnés dans le temps. Chaque prélèvement a un volume v_0 = 10 mL. On dose immédiatement l'eau oxygénée restante par une solution acidifiée de dichromate de potassium de concentration $c = 1{,}510^{-2}$ mol/L.

Les volumes V nécessaires pour obtenir dans chaque cas l'équivalence sont les suivants :

t(s)	0	230	390	570	735	910	1055
v(mL)	12,3	7,8	5,7	4,0	2,9	2,0	1,55
$[H_2O_2]$ (mol/L)							

On donne les potentiels normaux d'oxydo-réduction suivants :

$Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}$: $E_1^0 = 1{,}33$ V ; O_2/H_2O_2 : $E_2^0 = 0{,}68$ V

Ecrire les demi-équations d'oxydoréduction correspondant à ces couples ainsi que l'équation-bilan de cette réaction d'oxydoréduction.

3/ Exprimer la concentration $[H_2O_2]$ lors de chaque prélèvement en fonction de C, V et V_0.

4/ En déduire que : $[H_2O_2] = 4{,}5.10^{-3}$ V (V en mL).

5/ Compléter le tableau ci-dessus. Tracer la courbe $[H_2O_2]$ en fonction du temps.

Echelles : 1cm pour 510^{-3} mol/L ; 1 cm pour 100 s.

(D'après Concours d'Entrée au CPU/1999)

Exercice C_{12}-9

On saponifie par la soude un ester de formule générale $C_nH_{2n}O_2$ contenant 31,37% en masse d'oxygène. Cet ester est obtenu par action d'un acide autre que l'acide méthanoïque sur un alcool A. L'oxydation ménagée de A donne un corps B qui, à son tour, donne un précipité jaune avec la dinitro-2-,4 phénylhydrazine et reste sans action sur la liqueur de Fehling.

1) a) Détermine la formule brute de cet ester ainsi que toutes ses formules semi-développées ;

b) Donne les noms de l'alcool et de l'ester qui a été saponifié ;

c) Ecris l'équation-bilan de la réaction de saponification.

2) A la date t = 0, on réalise un mélange contenant les deux réactifs de même concentration $C = 10^{-2}$ mol.L^{-1}. Le mélange est maintenu à 29°c.

On introduit dans sept (07) tubes à essais , $10cm^3$ du mélange à des dates différentes. Par dosages successifs, on détermine le volume x de solution d'acide chlorhydrique, 10^{-2}mol.L^{-1} utilisé. On obtient les résultats suivants :

Date t (min)	2	4	6	8	10	12	14
Volume x (cm^3)	8,55	7,40	6,80	6,45	6,20	6,05	5,95

a) Représente graphiquement sur une feuille de papier millimétrique, la concentration molaire volumique de l'alcool formé en fonction du temps.

Echelle : 1 cm ⟶ 1mn

2 cm ⟶ 10^{-3}mol.L^{-1}

b) A quelle date la concentration molaire volumique de l'alcool sera-t-elle égale à $3{,}4.10^{-3}$mol.L^{-1} ? Evalue la vitesse de formation de l'alcool à cette date.

D'après BAC C/1992 (Session de Remplacement)

Exercice C_{12}-10

1) On désire réaliser à température constante et en présence d'un catalyseur la décomposition du peroxyde d'hydrogène (H_2O_2 ; eau oxygénée). L'équation –bilan de cette réaction est : $2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O_2 + O_2$

A cet effet, on part d'un volume v = 10 mL de solution de peroxyde d'hydrogène de molarité $c = 6{,}0.10^{-2}$ mol/L. Par intervalles de temps réguliers, on mesure le volume du dioxygène dégagé à pression constante. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

Date t (min)	0	5	10	15	20	25	30
V_{O2} dégagé (mL)		1,56	2,74	3,65	4,42	4,90	5,26
$[H_2O_2]$ restant (10^{-2}mol/L)							

1) Donner la définition d'un catalyseur.
2) Montrer que la molarité du peroxyde d'hydrogène restant peut s'écrire sous la forme $[H_2O_2]_{restant} = c - \frac{2V_{o_2}}{V.V_o}$

Avec V_o : Volume molaire dans les conditions d'expérience.
On considèrera constant le volume V de la solution du peroxyde et prendra $V_o = 24,0L/mol$

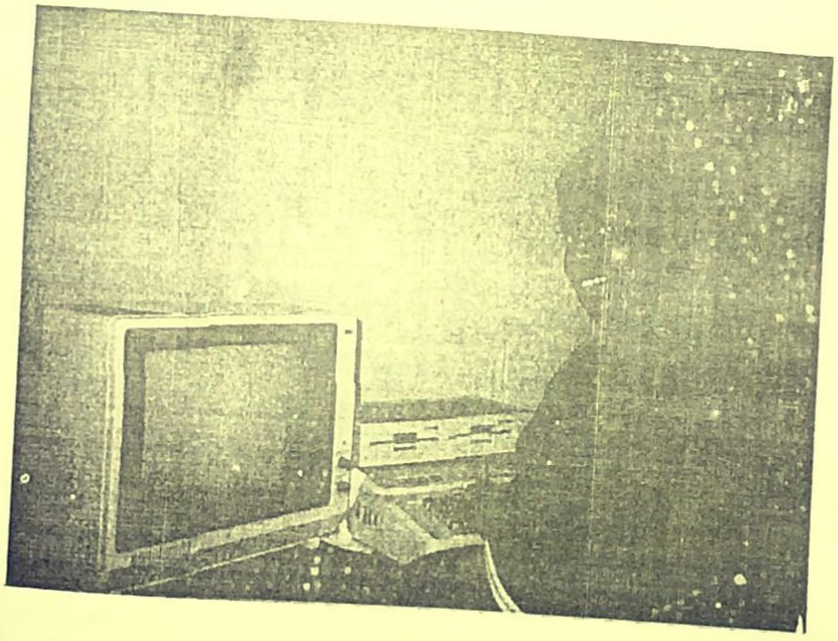
3) a) Reproduire le tableau ci-dessus et remplir les cases vides.
   b) Représenter graphiquement les variations de $[H_2O_2]_{restant}$ en fonction du temps. Echelle { abscisses : 1cm pour min ; ordonnées : 2cm pour $1,0.10^{-2}$ mol/L

4) a) Donner la définition de la vitesse moyenne et celle de la vitesse instantanée de disparition du peroxyde d'hydrogène.
b) Calculer les vitesses moyennes entre les instants 0 et 10 min ; 20 min et 30 s et conclure.
c) - Calculer les vitesses aux instants t = 0 min, t = 15 min.
- Tirer une conclusion.
d) A quelle date aura-t-on la formation d'un volume $V_{o2} = 1,92$ mL de dioxygène
e) Quelle est la vitesse de formation du dioxygène à la date t = 15 min ?

DEUXIEME PARTIE

PHYSIQUE

RAPPEL DE COURS
et
EXERCICES



CINEMATIQUE du POINT

L'essentiel du cours

1- REPERAGE D'UN POINT

1-1 Notion de référentiel

La cinématique est l'étude mathématique des mouvements, indépendamment des causes qui les produisent ou les modifient. La description du mouvement d'un point se fait par rapport à un objet, choisi comme référence, appelé référentiel. Dans l'étude d'un mouvement, il importe de toujours préciser le référentiel choisi.

1-2 Notions de repère d'espace et de repère de temps

Pour décrire les caractéristiques (position, vitesse, et accélération) d'un mouvement, il faut utiliser un repère d'espace et un repère de temps :

- Un repère d'espace est déterminé par un point O lié au référentiel d'observation et une base, le plus souvent orthonormé (voir figure 1).
- Un repère de temps permet de mesurer le temps à partir d'une origine des dates.

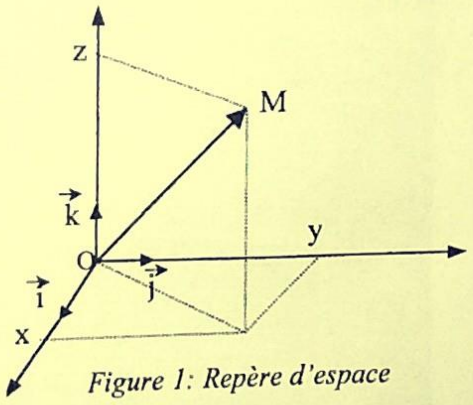


Figure 1: Repère d'espace

1-3 Paramètres de position

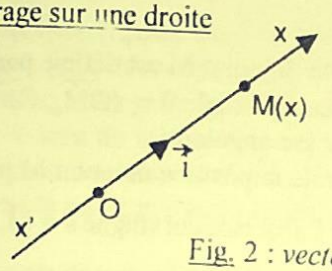
La position d'un point M au cours de son mouvement peut être définie :

- soit par ses coordonnées cartésiennes x, y, z dans un repère orthonormé lié au référentiel ;
- soit par son abscisse curviligne $s = \overset{\frown}{OM}$;
- soit par son abscisse angulaire θ.

a) Utilisation des coordonnées cartésiennes

Relativement à un référentiel R d'origine O, la position d'un point mobile M est donnée par le vecteur-position $\overrightarrow{OM}$.

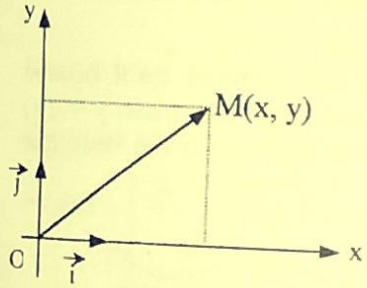
- Repérage sur une droite



* Repère $(O, \vec{i})$
* abscisse x
* vecteur position $\overrightarrow{OM} = x.\vec{i}$
* M(x)

Fig. 2 : *vecteur-position dans un espace à une dimension.*

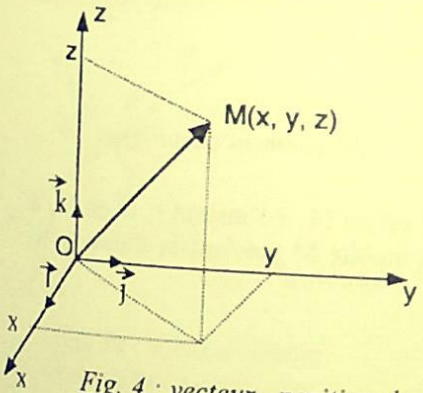
- Repérage sur un plan



* Repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$
* Coordonnées de M : x et y
* Vecteur-position $\overrightarrow{OM} = x.\vec{i} + y.\vec{j}$
* M(x, y)

Fig. 3 : vecteur-position dans un espace à deux dimensions

- Repérage dans l'espace



Repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$
Vecteurs unitaires $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$
Coordonnées de M (x, y, z)
Vecteur position $\overrightarrow{OM} = x.\vec{i} + y.\vec{j} + z.\vec{k}$
Les coordonnées cartésiennes

$x = f(t)$
$y = g(t)$
$z = h(t)$

sont les équations horaires ou paramétriques de la trajectoire.

Fig. 4 : vecteur –position dans un espace à trois dimensions

b) Utilisation de l'abscisse curviligne

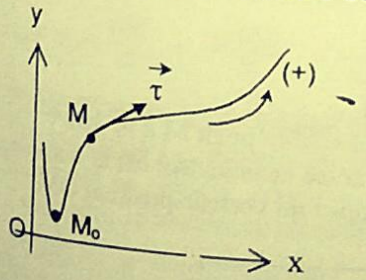


Fig. 5 Abscisse curviligne du point M

$\vec{\tau}$ est un vecteur unitaire tangent à la trajectoire au point M.
On choisit l'origine M_o et un sens positif arbitraire.
L'abscisse curviligne s est la longueur de l'arc de courbe orienté d'origine M_o
$s = \overset{\frown}{M_oM} = f(t)$ est l'abscisse curviligne du mobile.

c) Utilisation de l'abscisse angulaire

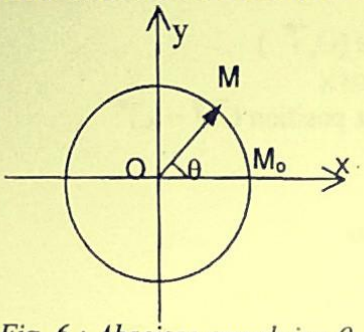


Fig. 6 : Abscisse angulaire θ

* La position du point M est définie par la connaissance de l'angle $\theta = (\overrightarrow{OM_o}, \overrightarrow{OM})$ appelé abscisse angulaire.
* Sur le cercle la position du point M peut être définie par l'abscisse curviligne $s = \overset{\frown}{M_oM}$.
* Relation entre l'abscisse curviligne s et l'abscisse angulaire θ :
$s = R\,\theta$ avec s en m, θ en rad, R en m.

1-4 La trajectoire

La trajectoire d'un point mobile M est l'ensemble des positions qu'il occupe successivement lors de son mouvement. L'équation d'une trajectoire plane $y = f(x)$ s'obtient en éliminant la variable t dans les expressions algébriques des deux lois horaires x(t) et y(t).

2) VECTEUR – VITESSE $\vec{V}$

2-1 Vecteur vitesse moyenne $\vec{v}_m$

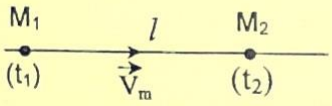


Fig. 7 : Mouvement rectiligne

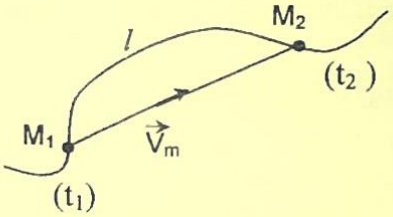


Fig. 8 : Mouvement curviligne

Dans les deux cas (Fig. 7 et Fig. 8), le mobile M est en M_1 à l'instant t_1 et en M_2 à l'instant t_2 ; le vecteur vitesse moyenne du point mobile M pendant la durée $t_2 - t_1$ est donné par la relation :

$$\vec{V}_m = \frac{\overrightarrow{M_1M_2}}{t_2 - t_1}$$

Remarque : En module, la vitesse moyenne d'un mobile entre deux instants est:

$$V_m = \frac{\text{Distance parcourue}}{\text{Temps du parcours}} = \frac{\ell}{t}$$ avec ℓ en m ; t en s et v_m en m/s.

2-2 Vecteur vitesse instantanée

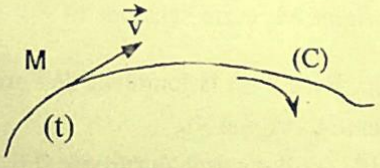


Fig. 9 : vecteur vitesse $\vec{v}$

a) Définition

Le vecteur vitesse $\vec{v}$ du point M à la date t (dit vecteur vitesse instantanée) est la dérivée par rapport au temps t du vecteur-position $\overrightarrow{OM}$.

$$\vec{v} = \frac{d(\overrightarrow{OM})}{dt}$$

b) Caractéristiques du vecteur vitesse à l'instant t

* Origine : la position du mobile M à l'instant t.
* Direction : la tangente en M à la trajectoire.
* Sens : le sens du mouvement.
* Module ou intensité : la vitesse instantanée du mobile à la date t. L'unité SI de la vitesse est le mètre par seconde (m/s).

c) Expression de $\vec{v}$ dans la base cartésienne $(\vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$

Dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$, le vecteur position $\overrightarrow{OM}$ s'exprime par :

$$\overrightarrow{OM} = x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k}$$

Nous avons $\vec{v} = \dfrac{d\overrightarrow{OM}}{dt} = \dfrac{d(x\vec{i} + y\vec{j} + z\vec{k})}{dt} = \dfrac{dx}{dt}\vec{i} + \dfrac{dy}{dt}\vec{j} + \dfrac{dz}{dt}\vec{k}$

En notant : $v_x = \dfrac{dx}{dt} = \dot{x}$; $v_y = \dfrac{dy}{dt} = \dot{y}$; $v_z = \dfrac{dz}{dt} = \dot{z}$

Il vient :

$$\vec{v} = v_x.\vec{i} + v_y.\vec{j} + v_z.\vec{k}$$

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2 + v_z^2}$$

d) Expression du vecteur vitesse dans la base curviligne

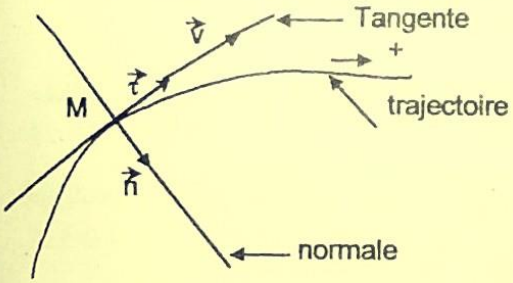


Fig. 10 : vecteur vitesse dans la base curviligne

* Le vecteur vitesse du point M dans la base $(\vec{\tau}, \vec{n})$ est donnée par l'expression :

$$\vec{v} = \frac{ds}{dt}\vec{\tau}$$

*dans la base $(\vec{\tau}, \vec{n})$, le vecteur $\vec{v}$ est déterminé par les composantes :

$$v_\tau = v_s = \frac{ds}{dt} = \dot{s} \text{ et } v_n = 0.$$

Cas particulier d'une trajectoire circulaire

Pour une trajectoire circulaire, $s = R\theta$; on a alors :

$$v_\tau = v_s = \frac{ds}{dt} = \frac{d(R\theta)}{dt} = R\frac{d\theta}{dt} = R\dot{\theta}$$ avec $\dot{\theta}$ vitesse angulaire en rad/s.

3) VECTEUR ACCELERATION $\vec{a}$

3-1 Vecteur accélération moyenne $\vec{a}_m$

Si $\vec{v}_1$ est le vecteur vitesse du mobile à l'instant t_1 et $\vec{v}_2$ son vecteur vitesse à l'instant t_2, le vecteur accélération moyenne est donné par la relation :

$$\vec{a}_m = \frac{\vec{v}_2 - \vec{v}_1}{t_2 - t_1}$$

3-2 Vecteur accélération instantanée $\vec{a}$

a) Définition

Le vecteur accélération $\vec{a}$ du point mobile M à la date t (dit vecteur accélération instantanée) est la dérivée par rapport au temps du vecteur vitesse $\vec{v}$ ou la dérivée seconde par rapport au temps du vecteur position $\overrightarrow{OM}$ à la date t.

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = \frac{d^2(\overrightarrow{OM})}{dt}$$

b) Expression du vecteur accélération en coordonnées cartésiennes.

Dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$,
les coordonnées du vecteur accélération $\vec{a}$ sont obtenues en dérivant les composantes du vecteur $\vec{v}$, soit :

$$\vec{a} = a_x.\vec{i} + a_y.\vec{j} + a_z.\vec{k} \text{ avec } \begin{cases} a_x = \frac{dv_x}{dt} = \frac{d^2x}{dt^2} = \dot{v}_x = \ddot{x} \\ a_y = \frac{dv_y}{dt} = \frac{d^2y}{dt^2} = \dot{v}_y = \ddot{y} \\ a_z = \frac{dv_z}{dt} = \frac{d^2z}{dt^2} = \dot{v}_z = \ddot{z} \end{cases}$$

L'accélération instantanée a pour norme :

$$a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2 + a_z^2}$$ a en $m.s^{-2}$.

c) Expression du vecteur accélération dans la base curviligne $(\vec{\tau}, \vec{n})$

Dans la base curviligne, le vecteur accélération est donné par l'expression :

$$\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt} = a_\tau.\vec{\tau} + a_n.\vec{n} \begin{cases} \text{avec } a_\tau = \frac{dv_s}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2} & \text{(accélération tangentielle)} \\ \text{avec } a_n = \frac{V_s^2}{R} & \text{(accélération normale)} \end{cases}$$

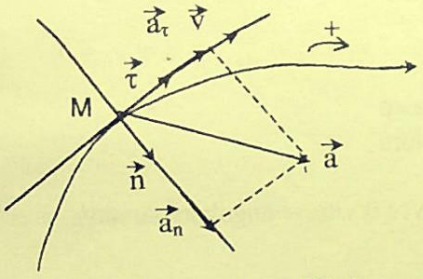


Fig. 11 : Mouvement accéléré
($a_\tau > 0$; $\vec{a}_\tau$ et $\vec{v}$ sont de même sens)

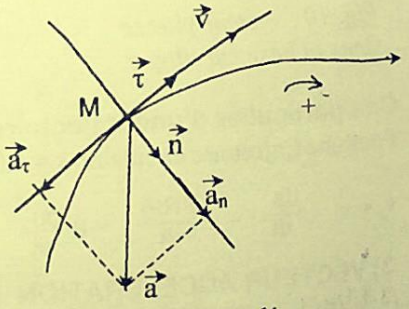


Fig. 12 : Mouvement retardé
($a_\tau < 0$; $\vec{a}_\tau$ et $\vec{v}$ sont de sens contraire)

4) ETUDE DE QUELQUES CAS PARTICULIERS

4-1 Mouvement rectiligne uniforme

Les caractéristiques du mouvement sont les suivantes :

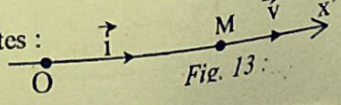


Fig. 13 :

* vecteur-vitesse : $\vec{v} = v_x.\vec{i}$ est un vecteur constant
* vecteur-accélération : $\vec{a} = 0$
* Vecteur-position : $\overrightarrow{OM} = \vec{v}t + \overrightarrow{OM_o}$ ou encore $x = v_x.t + x_o$

4-2 Mouvement rectiligne uniformément varié

Les caractéristiques du mouvement sont (dans le repère $(O, \vec{i})$) :
* Vecteur accélération : $\vec{a} = a_x.\vec{i}$ avec a_x = constante
* Vecteur vitesse : $\vec{v} = v_x.\vec{i}$ avec $v_x = a_x.t + v_{ox}$
* Vecteur position : $\overrightarrow{OM} = x.\vec{i}$ avec $x = \frac{1}{2} a_x.t^2 + v_{ox}t + x_o$
* Relation entre vitesse et espace parcouru : $v_x^2 - v_{ox}^2 = 2a_x(x-x_o)$.

4-3 Mouvement rectiligne sinusoïdal

Le mouvement d'un point est rectiligne et sinusoïdal si sa trajectoire est une droite et si son équation horaire est une fonction sinusoïdale du temps.
Les caractéristiques du mouvement rectiligne sinusoïdal sont :

$\overrightarrow{OM} = x\vec{i}$ avec $x = x_m \sin(\omega t + \varphi)$
$\vec{v} = v_x.\vec{i}$ avec $v_x = x = x_m\, \omega\cos(\omega t + \varphi)$
$\vec{a} = a_x\vec{i}$ avec $a_x = -x_m\omega^2\sin(\omega t + \varphi) = -\omega^2 x$

Période : $T = \frac{2\pi}{\omega}$; T en s

Fréquence : $N = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$; N en hertz (Hz)

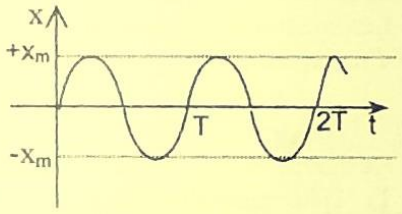


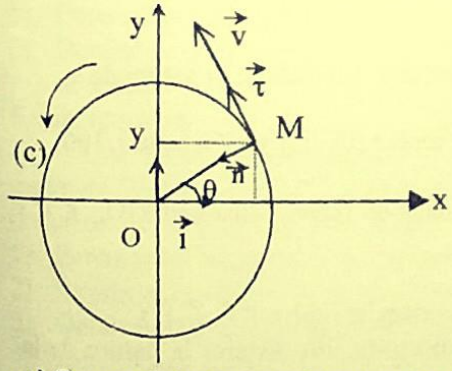
Fig. 14 : Représentation graphique d'un mouvement rectiligne sinusoïdal

4-4 Mouvement circulaire uniforme

a) Définition

Un point est animé d'un mouvement circulaire uniforme si sa trajectoire est un cercle et si sa vitesse a une valeur constante.

b) Repérage de la position du mobile



* Le mouvement du point M est repéré par :
- les coordonnées cartésiennes du point M : $\overrightarrow{OM} = x\vec{i} + y\vec{j}$ avec $x = R\cos\theta$ et $y = R\sin\theta$
- l'abscisse angulaire θ : $\theta = (\overrightarrow{OM_o}, \overrightarrow{OM})$
- l'abscisse curviligne s : $s = \overset{\frown}{M_oM}$

* Les abscisses angulaire et curviligne sont liées par la relation : $s = R\,\theta$

c) Caractéristiques du mouvement circulaire uniforme

* Le vecteur vitesse $\vec{v}$, tangent à la trajectoire, change de direction : ce n'est pas un vecteur constant mais son module reste constant.

* La vitesse angulaire $\omega = \frac{v}{R}$ reste constante.

* Le vecteur accélération est radial centripète.

$$\vec{a} = a_n.\vec{n} + a_\tau.\vec{\tau} \text{ avec } \begin{cases} a_\tau = \dfrac{dv}{dt} = 0 \text{ (accélération tangentielle)} \\ a_n = \dfrac{v^2}{R} = R\omega^2 = \omega v \text{ (accélération normale)} \end{cases}$$

Son intensité $a = a_n$ reste constante

* La période (durée d'une révolution) et la fréquence sont :

$$T = \frac{2\pi}{\omega} \; ; \; N = \frac{1}{T} = \frac{\omega}{2\pi}$$

Exercices

Exercice P_1-1

Les équations horaires du mouvement d'un mobile se déplaçant dans un plan muni d'un repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ sont :

$$\begin{cases} x = t^2 - 2 & x \text{ en m} \\ y = 2t^2 - 2 & y \text{ en m} \end{cases} \quad \text{avec } t \geq 0$$

Le mobile est mis en mouvement à la date $t_o = 0$ s

1) Déterminer l'équation cartésienne de la trajectoire. En déduire la nature de la trajectoire.

2) Déterminer l'expression de l'abscisse curviligne S du mobile à un instant t quelconque en prenant comme origine des abscisses curvilignes la position du mobile au début du mouvement.

3) Calculer le trajet parcouru par le mobile après 10 s.

Exercice P_1-2

Les équations paramétriques du mouvement d'un mobile se déplaçant dans un plan muni d'un repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ sont :

$$\begin{cases} x = 3 + 2\cos(2t + 1) & x \text{ en m, t en s} \\ y = 4 + 2\sin(2t + 1) & y \text{ en m} \end{cases}$$

1) Déterminer l'équation cartésienne de la trajectoire. En déduire la nature de la trajectoire.

2) Représenter la trajectoire du mobile dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ à l'échelle 1/100.

Exercice P_1-3

Les coordonnées cartésiennes d'un point mobile dans un repère orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j})$ sont : $\begin{cases} x = 2t^2 - 2 & (x \text{ en m}) \\ y = t^2 + 1 & (y \text{ en m}) \end{cases}$

1) Donner l'expression du vecteur position $\overrightarrow{OM}$ dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$.

2) Déterminer l'équation cartésienne de la trajectoire. En déduire la nature de la trajectoire.

3) Représenter la trajectoire entre les dates $t_o = 0$ s et $t_1 = 3$ s.
Echelle : 1 cm pour 2 m. Situer le point mobile sur la trajectoire à la date $t_2 = 2$ s.

4) Donner les caractéristiques (composantes et module) des vecteurs vitesse et accélération du mobile à l'instant t. Faire l'application numérique pour $t_2 = 2$ s.

5) Quelle est la distance parcourue par le point mobile pendant la durée $t_2 - t_o$? Quelle est sa vitesse moyenne pendant cette durée ?

6) Déterminer l'expression de l'abscisse curviligne S du point mobile à un instant t quelconque en prenant comme origine des abscisses curvilignes la position du mobile à l'instant t_o.

Utiliser cette expression pour calculer la distance parcourue par le point mobile au bout de 2 s.

Exercice P_1-4

La position d'un point matériel se déplaçant dans un plan muni d'un repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ est définie à chaque instant par les équations paramétriques suivantes :

$$\begin{cases} x = 2t \\ y = -5t^2 + 2t \quad \text{avec } t \geq 0 \end{cases}$$

Le point matériel est mis en mouvement à la date t = 0 s.

1) Déterminer l'équation cartésienne de la trajectoire.

2) Donner les caractéristiques (composantes et module) du vecteur vitesse à un instant t quelconque. Calculer la vitesse du mobile au début du mouvement.

3) Déterminer le vecteur-vitesse du point matériel lorsque celui-ci passe par son ordonnée maximale y_{max} qu'on calculera. Quelle est l'abscisse du point dont l'ordonnée est maximale ?

4) A quelle date le point matériel passe-t-il par le point M_o d'ordonnée nulle ?

- Quelle est l'abscisse de ce point ?
- Quelle est la vitesse du mobile à cet instant ?

5) Déterminer les coordonnées du point matériel 1s après le début du mouvement. Quelle est alors sa vitesse ?

Exercice P_1-5

La position d'un point M dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ est donnée à chaque instant par le vecteur $\overrightarrow{OM}$.

$\overrightarrow{OM} = (t^2 - 4t)\vec{i} + (t^2 + 2)\vec{j}$ avec $t \geq 0$

1) Déterminer l'équation cartésienne de la trajectoire.

2) Donner les intervalles de temps pendant lesquels le mouvement est retardé puis accéléré.

Exercice P_1-6

Une bille B est lancée verticalement avec une vitesse initiale $\vec{V}_o = 15\vec{i}$ à partir de l'origine O d'un repère $(O, \vec{i})$ vertical ascendant. Le point O est situé à 2 m du sol. La bille est soumise à l'accélération $\vec{a} = -10\vec{i}$.

1) Ecrire la loi horaire du mouvement de la bille.

2) Exprimer la vitesse V_x de la bille en fonction de t.

3) Quelle est l'abscisse du point culminant atteint par la bille ?

4) Quelles sont les abscisses x_1 et x_2 des positions de la bille aux instants $t_1 = 1$ s et $t_2 = 2$ s et les vitesses V_{1x} et V_{2x} à ces deux dates ? Préciser à chaque fois le sens d'évolution de la bille.

5) A quelle date et avec quelle vitesse algébrique la bille repassera-t-elle au point O ? Quel est alors son vecteur-vitesse $\vec{v}$?

6) Combien de temps après son lancement touchera-t-elle le sol situé à 2 m en

dessous du point O ? Calculer la norme de la vitesse de la bille juste avant le choc sur le sol.

Exercice P_1-7

1) Une automobile décrit une trajectoire rectiligne dans un repère $(O, \vec{i})$. Son accélération est constante. A l'instant $t_o = 0$ s, l'automobile part d'un point M_o. A l'instant $t_1 = 3$ s, l'automobile passe par le point M_1 d'abscisse $x_1 = 59$ m à la vitesse algébrique $V_{1x} = 6$ m.s^{-1}. Elle arrive ensuite au point M_2 d'abscisse $x_2 = 150$ m à la vitesse algébrique $V_{2x} = 20$ m.s^{-1}.

a) Etablir l'équation horaire du mouvement de l'automobile.

b) A quel instant t_2 l'automobile passe-t-elle par le point M_2 ?

c) Calculer la longueur l du trajet effectué par l'automobile pendant la phase d'accélération dont la durée est fixée à 20 s.

2) A la date T = 1 s, une moto se déplaçant sur la même droite à la vitesse constante $V_x' = 20$ m.s^{-1} passe par le point M' d'abscisse x' = - 5 m. Pendant toute la durée du mouvement fixée à 20 s, la moto va d'abord dépasser l'automobile ; ensuite l'automobile va rattraper la moto.

Déterminer :

a) l'équation horaire du mouvement de la moto dans le repère $(O, \vec{i})$,

b) les dates des dépassements,

c) les abscisses des dépassements,

d) la vitesse de l'automobile au moment où elle rattrape la moto,

e) la distance d parcourue par la moto entre les dates T = 1s et la date où elle dépasse l'automobile.

Exercice P_1-8

1) Une automobile roule sur une route droite à la vitesse constante de 108 km/h. Soudain, le conducteur perçoit à 150 m devant lui un panneau de limitation de vitesse à 60 km.h^{-1}. Le conducteur actionne le frein et atteint le panneau avec la vitesse de 45 km.h^{-1}.

a) Donner les caractéristiques (sens et intensité) du vecteur accélération supposé constant de l'automobile durant la phase de ralentissement.

b) Calculer le temps mis par le conducteur pour atteindre le panneau à partir du début du freinage.

2) Quelles devraient être l'accélération algébrique de l'automobile et la durée du freinage pour que le conducteur atteigne le panneau à la vitesse de 60 km.h^{-1}.

3) En réalité, le conducteur commence par freiner 0,8 s après avoir vu le panneau. Il impose à son automobile l'accélération calculée au 1/a).
Avec quelle vitesse arrive-t-il au niveau du panneau ? Est-il en infraction ?

4) Le conducteur maintient constante après le panneau la vitesse précédemment calculée. A cette vitesse, il doit négocier un virage de rayon R = 150 m.

a) Déterminer les caractéristiques (sens et intensité) du vecteur accélération pendant le virage.

b) Calculer la durée du virage si on l'assimile à un quart de cercle.

Exercice P_1-9

Un mobile est animé d'un mouvement de translation rectiligne dans un repère $(O, \vec{i})$. Le mouvement comporte deux phases dont la 1ère dure 30 s. Un chronométreur a relevé la vitesse en fonction du temps. Après conversion on obtient le tableau suivant :

t en s	0	10	20	30	40	50	100	150
v en $m.s^{-1}$	0	4	8	12	11	10	5	0

1) Tracer le graphique v = f(t) Echelle : 1 cm pour 4 $m.s^{-1}$; 1 cm pour 10 s.
2) Etablir l'équation horaire du mouvement pour chaque phase . Préciser la nature du mouvement pendant chaque phase. La position du mobile est repérée à chaque instant par son abscisse x comptée à partir de l'origine O du repère.
3) a- Calculer la longueur du trajet parcouru par le mobile pendant toute la durée du mouvement.

b- Montrer que cette distance est représentée par l'aire de la figure donnée par le graphique v = f(t).
4) Quelle est la distance parcourue par le mobile à la date t = 60 s ? Quelle est alors sa vitesse ?

Exercice P_1-10

Un automobiliste effectue une liaison entre deux stations A et B sur un tronçon d'autoroute rectiligne x'Ox. Les deux stations sont séparées par la distance AB = d = 900 m. L'automobiliste démarre de la station A avec une accélération constante $a_1 = 0,4\ m.s^{-2}$.
Au bout d'une durée t_1, jugeant sa vitesse suffisante pour pouvoir atteindre la station B, l'automobiliste coupe définitivement le moteur. Différentes forces de frottement ralentissent le mouvement qui s'effectue avec une décélération constante de valeur absolue $a_2 = 0,1\ m.s^{-2}$.
1) Calculer les durées t_1 et t_2 des deux phases du parcours.
2) Calculer les distances d_1 et d_2 parcourues au cours de ces deux phases.
3) Déterminer la vitesse maximale de l'automobiliste et sa vitesse moyenne entre les deux stations.
4) Représenter graphiquement la fonction $v_x = f(t)$.

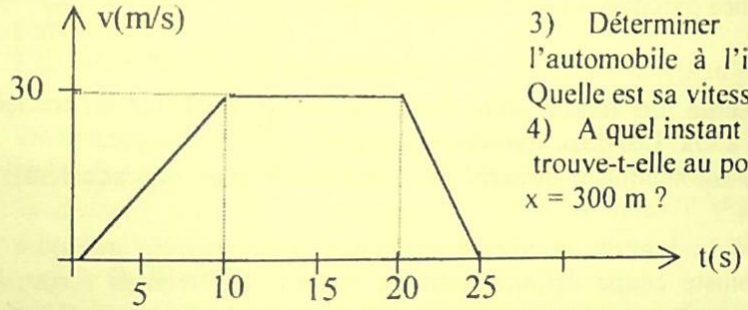
Exercice P_1-11

1) Une bille B_1 est lancée verticalement vers le haut à partir de l'origine O d'un repère $(O, \vec{i})$, avec une vitesse initiale d'intensité $V_o = 15\ m.s^{-1}$; son vecteur accélération est $\vec{a}$, dirigé vers le bas (on prendra $a = 10 m.s^{-2}$) ; le repère $(O, \vec{i})$ est vertical ascendant.

a) Ecrire l'équation horaire du mouvement de B_1 en prenant comme origine des temps l'instant du lancement.
b) Quelle est l'altitude maximale atteinte ? Quelle est la durée de l'ascension ?
2) Une seconde après le départ de B_1, on lance une bille B_2 d'un point A situé à 3 m au dessous de O avec la même vitesse et la même accélération.
a) Ecrire l'équation horaire du mouvement de B_2 dans le même repère.
b) A quel instant et à quelle altitude B_1 et B_2 se rencontrent-elles ?

c) Quelles sont les vitesses de B_1 et B_2 juste avant la rencontre ?
d) Dans quel sens évolue chaque bille juste avant le choc ?
3) On laisse tomber la bille B_1 en chute libre avec une vitesse initiale nulle sur une profondeur h dans un puits de mine avec la même accélération.
a) La durée de la chute est de 7,0 s. Calculer la profondeur h et la vitesse v avec laquelle la bille arrive au fond du puits.
b) Au bout de combien de temps après le lâcher perçoit-on le bruit du choc au fond du puits ? La vitesse du son dans l'air vaut V = 340 m/s.

Exercice P_1-12 (non corrigé)
Une automobile décrit une trajectoire rectiligne. Sa position par rapport à un point O de la trajectoire orientée est repérée à la date t par son abscisse x. On a représenté sur la figure ci-dessous le diagramme des vitesses.
1) Caractériser le mouvement de l'automobile durant les diverses étapes du mouvement (on donnera les équations horaires de l'abscisse x et de la vitesse algébrique v_x).
2) Déterminer la distance totale parcourue pour chaque phase du mouvement.

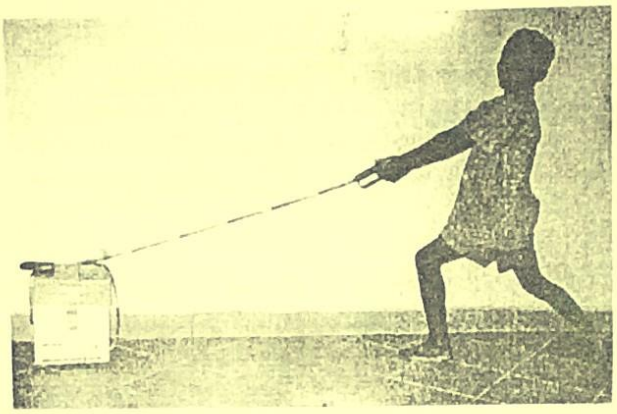


3) Déterminer la position de l'automobile à l'instant t = 22 s. Quelle est sa vitesse ?
4) A quel instant l'automobile se trouve-t-elle au point d'abscisse x = 300 m ?

Exercice P_1-13
La position d'un mobile M se déplaçant dans un plan muni d'un repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ est déterminée à chaque instant par les équations horaires suivantes :

$$\overrightarrow{OM} \begin{cases} x = R\cos(\omega t + \varphi) \\ y = R\sin(\omega t + \varphi) \end{cases} \qquad \text{avec } R = 8 \text{ cm et } \omega = 2\pi \text{ rad.s}^{-1}$$

1) Déterminer φ sachant qu'à l'instant t = 0 s le mobile se trouve au point M_o de coordonnées $x_o = 0$ et $y_o = R$.
2) a) Montrer que la valeur de la vitesse du mobile est constante.
b) Montrer que la valeur de l'accélération du mobile est constante.
c) Déterminer l'équation de la trajectoire du mobile.
d) En déduire la nature du mouvement du mobile.
3) a) Montrer que les vecteurs accélération et position sont colinéaires.
b) En déduire le sens du vecteur accélération.
4) a) Représenter la trajectoire du mobile dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$ à l'échelle ¼.
b) Placer sur cette trajectoire les positions M_o, M_1, M_2, M_3 du mobile qui correspondent respectivement aux instants $t_o = 0s$, $t_1 = 0{,}25s$, $t_2 = 0{,}5s$, $t_3 = 2/3$ s.



Chapitre 2 (Physique)

MOUVEMENT du CENTRE D'INERTIE d'un SOLIDE

L'essentiel du cours

1 CARACTERISTIQUES D'UN SYSTEME

1-1 Définition

Un système matériel est un ensemble de points matériels : il peut être déformable ou indéformable.

1-2 Masse d'un système

La masse d'un système est la somme de la masse de chaque point du système.

$$M = m_1 + m_2 + \ldots\ldots + m_n$$

1-3 Centre d'inertie G (centre de gravité ou centre de masse) d'un système

La position du centre d'inertie G d'un système est définie par le barycentre des points du système ayant pour coefficients les masses de chacun de ces points:

$$\sum_{i=1}^{n} m_i.\overrightarrow{GA_i} = \vec{0}$$

Si O est un point fixe (qui peut être l'origine d'un repère),cette expression vectorielle se transforme en la relation suivante :

$$M.\overrightarrow{OG} = \sum_{i=1}^{n} m_i.\overrightarrow{OA_i} \text{ soit } \overrightarrow{OG} = \frac{\sum_{i=1}^{n} m_i.\overrightarrow{OA_i}}{M} \quad \text{avec } M = \sum_{i=1}^{n} m_i$$

$$\text{ou plus simplement } \overrightarrow{OG} = \frac{m_1.\overrightarrow{OA_1} + m_2.\overrightarrow{OA_2} + \ldots}{m_1 + m_2 + \ldots}$$

Remarque : le centre d'inertie G est parfois appelé centre de gravité ou centre de masse.

2 VECTEUR QUANTITE DE MOUVEMENT D'UN SYSTEME

2-1 Cas d'un point matériel de masse m



Le vecteur quantité de mouvement est :
$\vec{p} = m\vec{v}$ avec m en kg, v en $m.s^{-1}$ et p en $kg.m.s^{-1}$

2-2 Cas d'un système quelconque

C'est la somme des vecteurs quantité de mouvement de chacun des points matériel qui le compose.

$$\vec{p} = \vec{p_1} + \vec{p_2} + ... \vec{p_i} = \sum_{i=1}^{n} \vec{p_i} = \sum_{i=1}^{n} m_i \vec{v_i} = M.\vec{V_G}$$

3 RELATION FONDAMENTALE DE LA DYNAMIQUE

3-1 Enoncé de la relation

La relation fondamentale de la dynamique postule qu'il existe des référentiels (appelés référentiels galiléens) dans lesquels la somme vectorielle des forces appliquées à un système est égale à la dérivée par rapport au temps du vecteur quantité de mouvement du système à cet instant.

$$\sum \vec{F_i} = \frac{d\vec{p}}{dt}$$

3-2 Théorème du centre d'inertie

Dans un repère galiéen, la somme vectorielle des forces appliquées à un solide est égale au produit de sa masse m par le vecteur accélération de son centre d'inertie.

$$\sum \vec{F_i} = m.\vec{a_G}$$

4 THEOREME DE L'ENERGIE CINETIQUE

Dans un repère galiléen, la variation d'énergie cinétique d'un solide, est égale à la somme algébrique des travaux effectués par les forces s'exerçant sur le solide, pendant la durée de la variation.

$$\Delta E_c = E_{c2} - E_{c1} = \sum W_{\vec{Fi}}$$

5 UTILISATION DU THEOREME DU CENTRE D'INERTIE ET DU THEOREME DE L'ENERGIE CINETIQUE

5-1 Conseils généraux

Pour résoudre un problème de dynamique, nous vous conseillons la méthode suivante :

- préciser le système considéré ;
- choisir le référentiel galiléen et le munir d'un repère $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$;
- faire l'inventaire des forces appliquées au système ;
- appliquer selon le cas :

soit la relation $\sum \vec{F}_i = m\,\vec{a}_G$

soit le théorème de l'énergie cinétique $\Delta E_c = \sum W_{F_i}$

- préciser les conditions initiales.

5-2 Le point sur la réaction d'un point

Lorsqu'un solide se déplace sur un support, deux cas sont à envisager : le contact peut s'effectuer sans frottement (fig.1) ou avec frottement (fig.2).

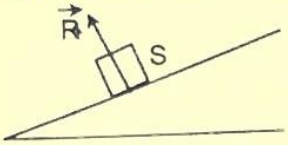


Fig 1 : Contact sans frottement
La réaction R est perpendiculaire au support elle s'oppose à l'enfoncement de l'objet dans le support

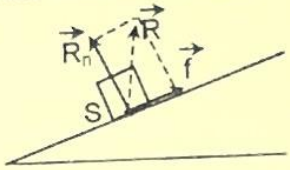


Fig 2 : Contact avec frottement.
La réaction $\vec{R}$ n'est plus perpendiculaire au support Elle possède deux composantes :

- la composante normale $\vec{R}_n$ qui s'oppose à l'enfoncement dans le support ;
- la composante tangentielle $\vec{R}_t = \vec{f}$ qui s'oppose au glissement possible et que l'on appelle souvent force de frottement.

5-3 Exercice d'application

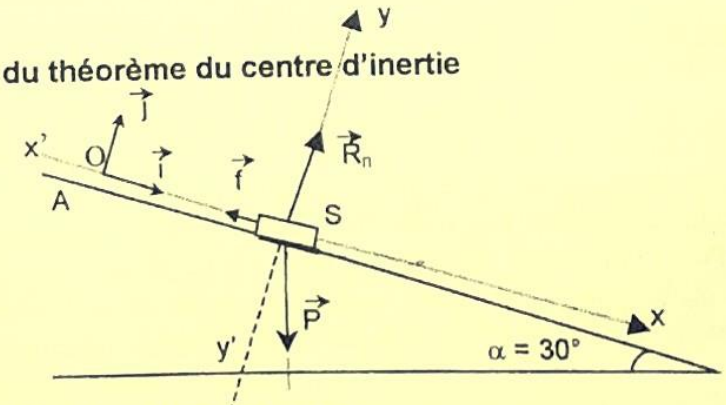
Enoncé

Un solide de masse m = 2 kg, abandonné en A sans vitesse initiale, glisse le long de la ligne de plus grande pente AB d'un plan incliné faisant un angle $\alpha = 30°$ avec l'horizontale Les forces de frottements sont équivalentes à une force $\vec{f}$ constante d'intensité f = 2 N On prendra g = 10 N/kg.

1) Utiliser le théorème du centre d'inertie pour calculer l'accélération a du solide.
2) Utiliser le théorème de l'énergie cinétique pour calculer la distance nécessaire pour que la vitesse du solide passe de la valeur $V_1 = 2\ m.s^{-1}$ acquise à l'instant t_1 à la valeur $V_2 = 5\ m.s^{-1}$ acquise à l'instant t_2.
3) Montrer que cette distance peut être calculée en utilisant une autre relation.

Solution

1) Application du théorème du centre d'inertie



* Le système étudié est le solide S de masse m.

* Le repère choisi est le repère terrestre $(O, \vec{i}, \vec{j})$ supposé galiléen.
* Les forces appliquées au solide S sont :
- le poids $\vec{P}$ du solide S
- la réaction normale $\vec{R_n}$ du plan incliné
- la force de frottement f opposée au mouvement du solide.
* D'après le théorème du centre d'inertie, on a :

$$\sum \vec{F_i} = m\vec{a} \text{ soit } \vec{P} + \vec{R_n} + \vec{f} = m\vec{a}$$

* Projetons sur les axes x'x et y'y
- sur x'x, on a : $P_x + R_{nx} + f_x = ma_x$ soit $mg\sin\alpha + 0 - f = ma_x$ d'où $a_x = g\sin\alpha - \frac{f}{m}$
- sur y'y, on a : $P_y + R_{ny} + f_y = ma_y$ soit $-mg\cos\alpha + R_n + 0 = 0$ ($a_y = 0$ car le mouvement est perpendiculaire à l'axe y'y).

Il vient alors : $\vec{a} = a_x\vec{i} + a_y\vec{j}$ avec $\begin{cases} a_y = 0 \\ a_x = g\sin\alpha - \frac{f}{m} = 4 m.s^{-2} \end{cases}$

En module, on a : $a = \sqrt{a_x^2 + a_y^2} = 4 m.s^{-2}$.

2) Application du théorème de l'énergie cinétique :

$$E_{c_2} - E_{c_1} = W_{\vec{P}} + W_{\vec{R_n}} + W_{\vec{f}}$$

Avec $W_{\vec{P}} = mgd\sin\alpha$, $W_{\vec{R_n}} = 0$, $W_{\vec{f}} = -f.d$ (d = distance parcourue).

Il vient alors : $\frac{1}{2} mV_2^2 - \frac{1}{2} mV_1^2 = mgd\sin\alpha + 0 - f.d$.

d'où : $d = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2(g\sin\alpha - f/m)}$; A.N : d = 2,6 m.

3) Le mouvement du solide S étant rectiligne uniformément varié, la relation indépendante du temps permet d'obtenir le résultat précédent.

On a : $V_{2x}^2 - V_{1x}^2 = 2a_x (x_2 - x_1)$ avec $x_2 - x_1 = d$.

Il vient alors : $x_2 - x_1 = d = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2a_x} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2(g\sin\alpha - f/m)}$

Exercices

Exercice P_2-1

1) Une bille B de masse m est reliée à deux points O et O' de l'axe de rotation vertical y'y par deux fils souples inextensibles de longueur OB = O'B = L = 60 cm. On donne OO' = 60 cm. L'ensemble est mis en rotation autour de l'axe y'y à la vitesse angulaire ω_2. (voir figure 1) m = 0,2 kg et on prendra g = 10N/kg.

a) Calculer les tensions T et T' des fils OB et O'B lorsque la vitesse de régime est atteinte. Pour l'application numérique, prendre $\omega_2 = 10$ rad.s^{-1}.

b) Pour quelle valeur de la vitesse angulaire ω_0 la tension du fil O'B est-elle nulle ? Quelle est alors la valeur de la tension du fil OB ?

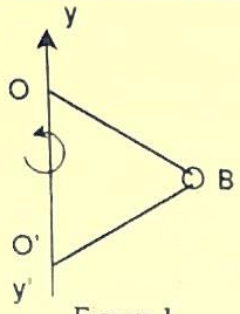


Figure 1

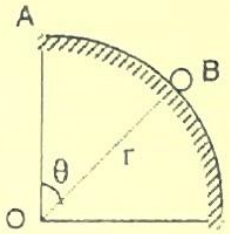


Figure 2

2) On supprime les deux fils. La bille B, de masse m, assimilable à un point matériel, est placée au sommet A d'une sphère de rayon r = 60 cm. On déplace légèrement la bille B de sorte qu'elle quitte la position A avec une vitesse que l'on considère comme nulle, puis glisse sans frottement le long de la sphère. Au cours du mouvement, la position de la bille B sera repérée par l'angle $\theta = (\overrightarrow{OA}, \overrightarrow{OB})$ (voir figure 2)

a) Donner l'expression de la vitesse de la bille B en fonction de O avant qu'elle ne quitte la sphère (on appliquera le théorème de l'énergie cinétique).

b) Exprimer en fonction de θ, le module de la réaction $\vec{R}$ exercée par la sphère sur la bille B (on utilisera la relation fondamentale de la dynamique).

c) Calculer la vitesse v de la bille et la réaction de la sphère pour θ = 30°.
Calculer les valeurs numériques des accélérations normales et tangentielles de la bille pour θ = 30°

d) Pour quelle valeur de l'angle θ la bille quitte-t-elle la sphère ?
Quelle est alors la vitesse de la bille en ce point ?

Exercice P_2-2 *(non corrigé)*

Un train se compose d'une locomotive de 150 tonnes et de deux wagons identiques de 50 tonnes chacun. Les forces de résistance à l'avancement sont supposées constantes et égales à 50 N par tonne en mouvement. On prendra g = 10 N/kg.

1) Le train démarre sur une voie rectiligne et horizontale et atteint la vitesse de 18 km/h au bout d'un parcours de 125 m. On suppose constante la force propulsive créée par le moteur de la locomotive.

a) Calculer l'accélération du train, le temps mis pour effectuer le parcours de 125 m et la force de propulsion du moteur pendant la durée du démarrage.

b) Avec la même accélération, sur quel parcours et en combien de temps le train atteint-il sa vitesse normale de 90 km/h ?

c) Quelle est la puissance du moteur à un instant t compté à partir du début du mouvement ?

2) Le train roule à la vitesse constante de 90 km/h. Que devient la force de propulsion développée par le moteur ?

3) Les différents wagons composant le train sont reliés entre eux par des crochets d'attelage. Déterminer dans les deux cas précédents la force de traction liant :

a) la locomotive au premier wagon.

b) le premier wagon au deuxième wagon.

4) La force motrice étant supprimée, le train aborde à la vitesse de 90 km/h une

voie rectiligne qui s'élève de 3 mm par mètre de voie.
a) A quelle distance le train s'arrêtera-t-il si les forces de résistance à l'avancement conservent la valeur primitive.
b) Combien de temps le train continuera-t-il à rouler sur cette voie ?

Exercice P_2-3

On considère un ressort R de masse négligeable, à spires non jointives, enfilé sur une tige OA. La tige est soudée en O à un axe de rotation vertical (Δ). L'une des extrémités du ressort est fixée en O tandis qu'à l'autre extrémité on accroche une bille B de masse m = 200 g coulissant sans frottement sur la tige (voir figure 1). La longueur à vide du ressort est l_o = 20 cm ; sa raideur est k = 50 N/m.
La limite d'élasticité du ressort est atteinte lorsque la tension T prend la valeur limite T_{max} = 5 N. On donne g = 10 N/kg.

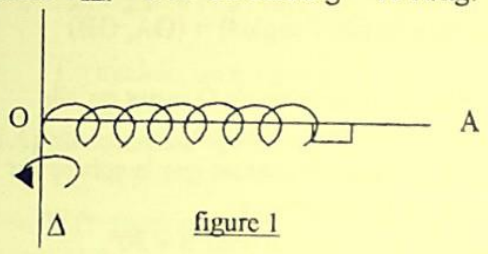


figure 1

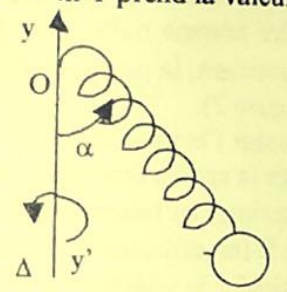


figure 2

1) La tige OA tourne autour du point O à la vitesse angulaire $\omega = 6$ rad.s^{-1}
a) Exprimer la longueur L_1 du ressort en fonction de m, k, w et L_o. Calculer L_1.
b) Quelle doit être la vitesse de rotation maximale pour ne pas détériorer le ressort ?
2) La tige OA est supprimée. Le système ressort-bille est maintenant fixé en O à l'axe de rotation vertical qui tourne à la vitesse angulaire constante ω_1. A cette vitesse l'axe du système ressort – bille décrit un cône de demi-angle au sommet $\alpha = \frac{\pi}{3}$ (voir figure 2).

a) Exprimer la vitesse angulaire ω_1 en fonction de l_o, m, g, k et α. Calculer ω_1.
b) La limite d'élasticité du ressort a-t-elle été atteinte ? Sinon calculer la valeur maximale de l'angle α et la vitesse angulaire maximale à ne pas dépasser.

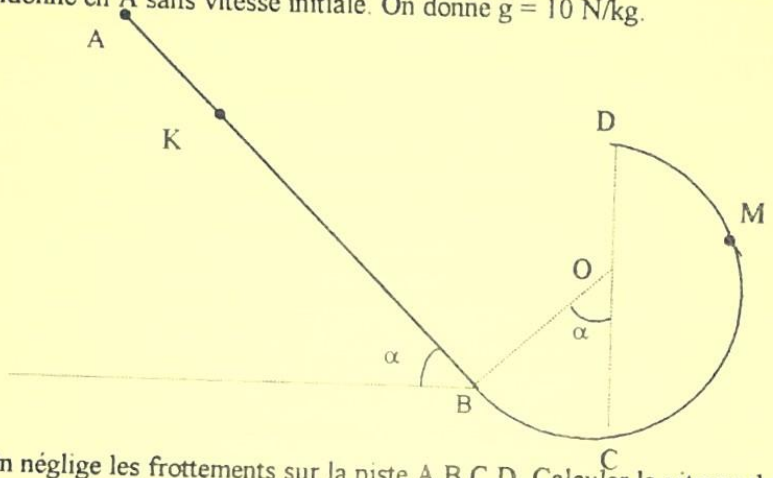
Exercice P_2-4

Une automobile (avec son conducteur) a une masse de 1000 kg. Pour simplifier, on admettra dans tout le problème que la somme de toutes les forces de frottement est constante, parallèle au déplacement et égale à 150 N.
1) Calculer la puissance que doit développer le moteur de cette automobile pour maintenir une vitesse de 72 km/h sur une route horizontale.
2) A cette vitesse de 72 km/h cette voiture aborde une courbe horizontale de 200 m de rayon. De quel angle doit être relevée la route pour qu'il n'y ait aucune force tendant à faire déraper le véhicule ?
3) L'automobile monte une pente de 2 %. Calculer la nouvelle puissance pour maintenir la vitesse de 72 km/h.
4) Au cours de cette montée, la voiture roulant toujours à 72 km/h le chauffeur

débraye et freine en même temps. La voiture s'arrête après avoir parcouru 58 m. Calculer la force résistante due au freinage. g = 9,8 m/s².

Exercice P_2-5

Une piste verticale est constituée d'une partie rectiligne AB de longueur l = AB = 1 m, inclinée d'un angle $\alpha = 60°$ sur l'horizontale et d'une partie circulaire BCD raccordée tangentiellement en B à la partie AB. Le rayon de la partie circulaire est r = 20 cm. Un solide ponctuel de masse m = 200 g, de dimensions négligeables, est abandonné en A sans vitesse initiale. On donne g = 10 N/kg.



1) On néglige les frottements sur la piste A B C D. Calculer la vitesse du solide lors de son passage en B, C, D.

2) Le solide est lâché d'un point K situé entre A et B à une distance AK = x.

a) Exprimer la vitesse V_D du solide en D en fonction de r, α, x, l et g.

b) Donner l'expression de la réaction R_D exercée par la piste sur le solide au point D en fonction de r, α, g, et x, m et l.

c) Quelles valeurs faut-il donner à x pour que le solide puisse atteindre le sommet D de la trajectoire circulaire ?

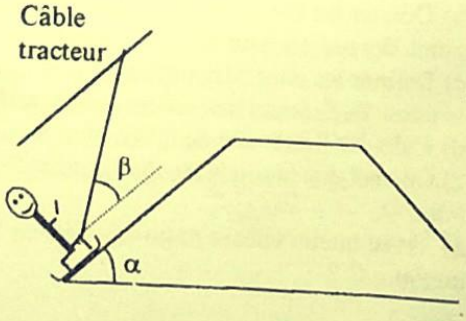
3) En fait sur la partie rectiligne AB existent des forces de frottement assimilables à une force $\vec{f}$ constante. Le solide lâché du point A sans vitesse initiale arrive au point B avec une vitesse $v_1 = 2\ m.s^{-1}$ et s'engage dans la partie circulaire.

a) Calculer l'intensité f de la force de frottement.

b) Le solide décolle de la partie circulaire en un point M situé au-dessus du plan horizontal passant par O et repéré par l'angle $\theta = (\overrightarrow{OC}, \overrightarrow{OM})$. Déterminer la valeur de l'angle θ lorsque le solide quitte la sphère.

Exercice P_2-6

Un skieur de masse m = 80 kg (équipement compris), tiré par un remonte pente, gravit une piste rectiligne inclinée d'un angle $\alpha = 20°$ par rapport au plan horizontal. Le skieur est relié au câble tracteur par une tige métallique T qui fait un angle constant $\beta = 30°$ avec la ligne de plus grande pente de la piste.



La piste est recouverte de neige fraîche créant une force de frottement. Pendant tout le mouvement, l'ensemble des forces de frottement agissant sur le skieur est équivalent à une force unique de même direction que sa vitesse, de sens opposé et d'intensité constante f = 40 N. On prendra g = 9,8 N/kg.

1) Le mouvement du skieur pendant la montée sur le plan incliné comprend deux phases :

- une première phase uniformément accélérée de durée 8 s au cours de laquelle sa vitesse passe de 0 à 2 $m.s^{-1}$.
- une deuxième phase effectuée à vitesse constante de 2 $m.s^{-1}$ pendant 246 s.

a) Calculer la tension T de la tige au cours des deux phases du mouvement.

b) Calculer la distance totale parcourue par le skieur au cours de cette montée.

2) A la fin de la montée, le skieur arrive sur une piste horizontale et se libère de la tige qui le tire. Sur cette piste, il effectue un mouvement rectiligne uniformément retardé de vitesse initiale v = 2 $m.s^{-1}$. Calculer la distance parcourue jusqu'à l'arrêt sur la piste horizontale.

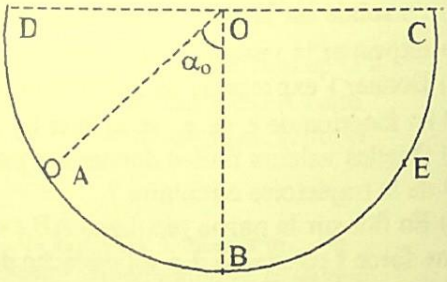
3) Le skieur descend sans vitesse initiale une piste rectiligne de longueur 150 m et dont la pente est estimée à 10 %.

a) Calculer l'accélération du skieur dans la descente et la vitesse atteinte après un parcours de 20 m.

b) Au bout de combien de temps arrive-t-il au bas de la pente ?

Exercice P_2-7

Un solide de petites dimensions, considéré comme un point matériel, de masse m = 20 g glisse sans frottement à l'intérieur d'une demi-sphère de centre O et de rayon r = 8 cm, en un lieu où g = 9,8 N/kg. Au cours de son mouvement, la position du solide est repérée par l'angle α que fait la verticale passant par O avec OA (voir figure).



1) On lâche le solide sans vitesse initiale d'un point A caractérisé par l'angle $\alpha_o = (\overrightarrow{OA}, \overrightarrow{OB}) = 30°$.

a) Représenter clairement les forces appliquées au solide au point A.

b) Donner les caractéristiques du vecteur-vitesse $\vec{v}_B$ du solide au passage par le point B situé au fond de la demi-sphère.

c) Donner les caractéristiques du vecteur-accélération $\vec{a}$ du solide au passage par le point B. Préciser ses composantes normale et tangentielle.

d) Calculer l'intensité de la réaction $\vec{R}$ de la demi-sphère sur le solide en B.

2) On veut que le solide atteigne le point C situé dans le plan horizontal passant par le point O.

a) Avec quelle vitesse minimale doit-on le lancer depuis le point A pour qu'il atteigne C ?

b) En réalité $v_A = 2{,}0\ m.s^{-1}$; que se passe-t-il ?
Etablir l'équation horaire du mouvement du solide au-delà du point C. De combien s'élèvera-t-il au-dessus du plan horizontal passant par le point C ?
3) Le solide, lancé du point A avec une vitesse initiale $v_A = 1\ m.s^{-1}$, atteint un point E situé entre B et C puis rebrousse chemin.
Calculer l'angle $\alpha = (\overrightarrow{OB}, \overrightarrow{OE})$ que fait la verticale passant par O avec OE.

Exercice P_2-8

1- Une automobile de masse m = 1380 kg est arrêtée sur une route horizontale rectiligne ; elle démarre et sa vitesse V_1, atteint 80 km/h au bout d'un parcours $d_1 = 400$ m.
a) Déterminer l'équation horaire liant l'abscisse x de l'automobile au temps en considérant l'accélération a_1 constante.
b) En utilisant le théorème du centre d'inertie, donner les caractéristiques de la force motrice $\overrightarrow{F_1}$ de l'automobile.
2- A cette vitesse, l'automobiliste cesse d'accélérer, freine et s'arrête sur une distance d_2=22 m.
a) Calculer la force de freinage F_2 constante nécessaire pour que la voiture s'immobilise.
b) Le temps mis pour s'arrêter est : α) 3,2 s ; β) 1,98 s ; γ) 4,5 s
Choisissez la réponse correcte et montrer votre raisonnement.

Exercice P_2-9

Un mobile pouvant glisser sans frottement sur un plan incliné faisant un angle K avec l'horizontale est abandonné en un point A sans vitesse initiale. A l'instant t = 0 le mobile passe en un point O d'abscisse x = 0 m. Le dispositif est muni d'un capteur qui permet ensuite de connaître la vitesse v du mobile à la date t. On obtient le tableau suivant :

Date t (en s)	0,0096	0,0279	0,0452	0,0617	0,0776	0,0927	0,1074	0,1214
Vitesse v (en $m.s^{-1}$)	1,066	1,127	1,184	1,239	1,292	1,343	1,392	1,439

1- Tracer sur papier millimétré la courbe donnant la vitesse v du mobile en fonction de t : v = f(t). On donne les échelles : 1 cm pour 0,01s en abscisse et 1 cm pour 0,1 $m.s^{-1}$ en ordonnée.
2- a) Déduire de la courbe, en justifiant la réponse, la nature du mouvement du mobile et calculer son accélération.
b) Déterminer la vitesse V_o du mobile à la date t = 0
c) Calculer la date à laquelle le mobile a été abandonné sans vitesse initiale, du point A.
d) En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, déterminer la distance OA parcourue par le mobile. On donne : $g = 9{,}8\ m.s^{-2}$; K = 20°.
3- Etablir l'expression théorique d'accélération et la calculer. Comparer à la valeur expérimentale et conclure.

4- La même expérience est refaite avec un banc à coussin d'air défectueux. On mesure une accélération a' = 2,1 $m.s^{-2}$. Déterminer l'expression de la force de frottement et calculer sa valeur numérique, m = 100 g.

Exercice P_2-10

1- On réalise un essai de freinage sur piste horizontale rectiligne d'un véhicule de masse m = 1300 kg. Lors d'un parcours AB = 68,75 m, on registre en A une vitesse v_A =108 $km.h^{-1}$ et en B une vitesse v_B = 90 km/h. L'ensemble des forces résistantes est équivalent à une force de freinage unique $\vec{f}$ de valeur f constante, de sens opposé à la vitesse.

a) Enoncer le théorème de l'énergie cinétique.

b) En déduire la valeur f de la force de freinage et la distance AC nécessaire pour obtenir l'arrêt du véhicule.

2- a) En utilisant le théorème du centre d'inertie, montrer que l'accélération du véhicule a pour valeur a = 2,0 $m.s^{-2}$.

b) Conclure quant à la nature du mouvement du véhicule.

3- On choisit comme origine des espaces le point A et comme origine des dates l'instant de passage en A

a) Donner les expressions littérales et numériques de la vitesse du véhicule et de son équation horaire.

b) Déduire de ces expressions la date de passage en B et la durée nécessaire pour obtenir l'arrêt du véhicule.

Exercice P_2-11

Dans les fêtes foraines, il y a parfois des stands où il est possible de montrer ses qualités athlétiques. Dans l'un d'entre eux, il s'agit de propulser à une certaines hauteur h un petit chariot de masse m qui peut se déplacer sur deux rails parallèles. Le schéma ci-dessous en donne le profil dans un plan vertical. Les rails comportent quatre parties.

- Une portion horizontale AB ;
- Un premier arc de cercle BC ;
- Une partie rectiligne CD ;
- Un dernier arc de cercle DE de rayon r, de centre O situé sur l'horizontale $\overrightarrow{AB}$.

E est alors sur la verticale passant par O à une hauteur h = r au-dessus de O. Le chariot condéré comme ponctuel.

1) On lance le chariot en exerçant, entre A et B, une force constante $\vec{F}$ de même sens que $\overrightarrow{AB}$. Entre A et E, le chariot glisse le long du guide ; il est soumis à des forces de frottement équivalentes à une force constante $\vec{f}$, opposée au vecteur vitesse.

a) En appliquant le théorème de l'énergie cinétique, calculer la vitesse du chariot au passage en B pour qu'il arrive en E avec une vitesse nulle. La distance parcourue entre B et E est ℓ.

b) Le chariot étant au repos en A, déterminer en fonction de f, m et g l'intensité de la force $\vec{F}$ qu'il est nécessaire d'exercer entre A et B pour que le chariot arrive en E avec une vitesse nulle. On donne :

Distance AB = $\frac{h}{2}$ et $\ell = 2h$.

c) A.N : m = 10 kg ; h = 2 m ; ℓ = 2h ; g = 10 m.s^{-2} ; f = 20 N calculer v_B et F.

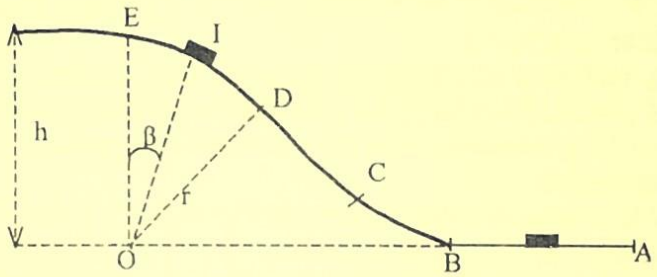
2) Repartant de E avec une vitesse nulle, le chariot revient vers son point de départ.

a) Donner l'expression de la vitesse v du chariot en un point I quelconque de l'arc $\overset{\frown}{ED}$, en fonction de l'angle $\beta = (\overrightarrow{OE}, \overrightarrow{OI})$.

b) Calculer en fonction de l'angle β et des autres données, la composante normale de la réaction que les rails exercent sur le chariot en ce point I.

A.N. : $\beta = 40°$; m = 10 kg ; h = 2 m.

c) La vitesse du chariot à son passage en B est de α) 7,5 m.s^{-1} ; β) 4,9 m.s^{-1} ; γ) 12,4 m.s^{-1}. Choisir la réponse correcte et justifier votre choix



Exercice P_2-12

A - On considère un attelage formé d'une automobile de masse 1 200 kg et d'une caravane de masse 800 kg. L'ensemble partant du repos, effectue un démarrage sur une route rectiligne et horizontale sous l'action d'une force motrice constante et égale à 1000 N. Les forces de frottement sont considérées comme négligeables.

1/ Quelle est la vitesse du convoi 9s après le départ ?

2/ Quel est l'espace parcouru depuis le départ ?

3/ Quel effort tractif l'automobile exerce-t-elle sur le crochet d'attelage de la caravane ?

B – L'attelage partant à nouveau du repos sur la même voie, est supposé effectuer un démarrage à puissance constante égale à 9 kW. Les forces de frottement sont négligeables.

1/ En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, et en choisissant l'instant de départ comme instant origine établir l'expression v = f(t) de la vitesse du convoi en fonction du temps et donner la valeur de cette vitesse 9 s après le départ.

2/ A partir de l'expression v = f(t) précédente, établir celle x = f(t) donnant l'espace parcouru par le convoi en fonction du temps et calculer cet espace 9 s après le démarrage.

3/ Etablir, de même, à partir de l'équation v = f(t), l'expression $a_x = \ddot{x} = f(t)$ donnant l'accélération des véhicules en fonction du temps et calculer l'effort tractif s'exerçant sur le crochet de la caravane 9s après le départ.

C – Dans cette question la voiture et la caravane se déplacent à la vitesse de croisière constante égale à 75 km/h sur une route rectiligne et horizontale.

Les diverses causes s'opposant au mouvement du convoi ne peuvent plus être négligées et l'on admet que l'intensité de ces résistances passives se répartit à raison de $\frac{1}{3}$ pour la voiture et $\frac{2}{3}$ pour la caravane. Dans ces conditions le moteur développe une puissance utile de 20 kw.

Déterminer l'intensité de la force qui équivaut à l'action du moteur et en déduire l'effort tractif s'exerçant sur le crochet d'attelage de la caravane.
D – L'attelage aborde, enfin, un virage non relevé, de rayon R = 150 m à la vitesse de 75 km/h.
L'adhérence du convoi à la route autorise la résultante des diverses réactions exercées par le sol sur l'attelage à prendre une inclinaison pouvant atteindre 30° par rapport à la verticale.
Les véhicules peuvent-ils aborder le virage sans risque de dérapage ? La réponse devra être justifiée.
N.B. : Les vitesses seront exprimées en km/h ; $g = 9,8\ m/s^2$.

(D'après Concours d'Entrée au CPU/1995)

Exercice P_2-13

Au plafond d'un véhicule situé sur une route rectiligne et horizontale, on accroche un pendule constitué d'une petite sphère assimilable à un point matériel de masse m = 10 g, suspendue à un fil inextensible de longueur $\ell = 50$ cm et de masse négligeable.
1/ La vitesse du véhicule passe de $V_1 = 60$ km/h à $V_2 = 70$ km/h et le pendule fait un angle $\alpha_1 = 30°$ avec la verticale.
a) Faire un schéma représentant les forces appliquées au pendule et indiquer le sens du mouvement du véhicule.
b) Déterminer la durée de la variation de la vitesse.
2/ Le véhicule est à l'arrêt.
a) Quelle est la position du pendule ?
b) On communique au pendule une énergie de $3,0.10^{-2}$J. Il passe à une position P_2, faisant un angle α_2 avec la verticale. L'intensité de la vitesse V_O en ce point vaut $2,0\ m.s.^{-1}$. Calculer l'angle α_2.
3/ Au passage par la position P_2, le fil casse.
a) Etablir l'équation de la trajectoire de la sphère.
b) Calculer l'abscisse du point C où la sphère touche le sol, sachant que le point P_2 est à 20 cm au-dessus du sol.
On donne $g = 10\ ms^{-2}$.

(D'après Concours d'Entrée à la FSA1995)

CHAPITRE 3 (Physique)
Série C uniquement

INTERACTION GRAVITATIONNELLE. MOUVEMENT des SATELLITES

L'essentiel du cours

1 LOI D'INTERACTION GRAVITATIONNELLE : loi de Newton

Deux corps ponctuels, de masses m et m' et distants de r, exercent l'un sur l'autre des forces d'interaction $\vec{F}$ et $\vec{F'}$ dites forces gravitationnelles telles que :

- leur direction est commune
- leurs sens sont opposés (il y a toujours attraction)
- leur intensité commune vérifie l'expression :

$$F = F' = K\frac{mm'}{r^2}$$ avec { m et m' en kg ; r en m ; F et F' en N ; K en $N.m^2.kg^{-2}$.

$K = 6{,}67.10^{-11}\ N.m^2.kg^{-2}$ est la constante de gravitation universelle.

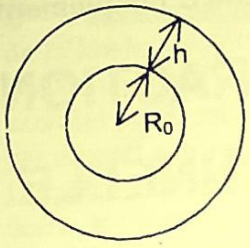
2 CHAMP DE GRAVITATION

2-1 Définitions

* On appelle champ de gravitation toute région de l'espace où un corps de masse m se trouve soumis à des forces gravitationnelles.
* Le champ de gravitation est caractérisé par le vecteur champ de gravitation $\vec{G}$.
* Un corps de masse m, placé en un point où le vecteur champ de gravitation est $\vec{G}$ subit la force gravitationnelle $\vec{F}$ telle que : $\vec{F} = m.\vec{G}$.
* L'intensité du champ de gravitation crée au point considéré par un objet de masse M est donnée par :

$$G = \frac{F}{m} = K\frac{M}{r^2}$$ avec G en $N.kg^{-1}$.

2-2 Champ de gravitation terrestre



Le champ de gravitation créé par la terre en un point de sa surface (altitude h = 0) a pour expression :

$G_o = K\frac{M}{R^2_o}$ avec : R_o = rayon de la terre
M = masse de la terre

Le champ de gravitation créé par la terre en un point d'altitude h a pour expression :

$$G = K\frac{M}{r^2} = \frac{KM}{(R_o+h)^2} : \frac{G_oR_o^2}{(R_o+h)^2}$$

2-3 Champ de gravitation terrestre et champ de pesanteur

En pratique, en un lieu donné, en négligeant les effets de rotation terrestre (c'est-à-dire la force d'inertie centrifuge $\vec{F_i} = -\vec{ma}$ due à la rotation de la terre), le champ de pesanteur $\vec{g}$ est assimilé au champ de gravitation terrestre $\vec{G}$: $\vec{g} \simeq \vec{G}$

Le poids d'un corps est alors assimilé à la force de gravitation $m\vec{g} \simeq m\vec{G}$.
Il vient alors :

- à l'altitude h = 0 (au sol) : $g_o = \frac{KM}{R_o^2}$

à l'altitude h : $g = \frac{KM}{(R_o+h)^2} = \frac{g_oR_o^2}{(R_o+h)^2}$

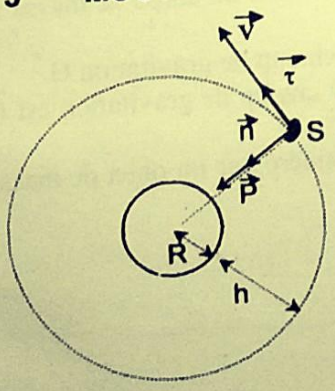
2-4 Energie potentielle de gravitation

L'énergie potentielle E_p de gravitation d'un système de deux corps de masse m et M, distants de r, est donnée par l'expression :

$$E_p = -\frac{KMm}{r} + C^{te}$$

En posant E_p = o pour r = ∞, on a : $C^{te} = 0$ d'où $E_p = -\frac{KMm}{r}$

3 MOUVEMENT CIRCULAIRE DES SATELLITES



***Le satellite est soumis dans le référentiel géocentrique à la force de gravitation ou de pesanteur $\vec{P} = m\vec{g}$.**

***A l'altitude h :**

- **sa vitesse linéaire est : $v = R_o\sqrt{\frac{g_o}{R_o+h}}$**

- **sa vitesse angulaire est $\omega = \frac{v}{R_o+h} = R_o\sqrt{\frac{g_o}{(R_o+h)^3}}$**

- sa période de révolution est : $T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi(R_o + h)}{v} = \frac{2\pi}{R_o}\sqrt{\frac{(R_o+h)^3}{g_o}}$

* Un satellite géostationnaire est un satellite qui tourne dans le sens de rotation de la terre (dans le plan de l'Equateur) avec la même vitesse qu'elle.

4 MOUVEMENT DES PLANETES : Troisième loi de Kepler

En élevant au carré l'expression de la période, on a :

$$T^2 = \frac{4\pi^2 r^3}{R_o^2 G_o} = \frac{4\pi^2 r^3}{KM} \quad \text{d'où} \quad \frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{KM} = \text{constante}$$

Cette relation correspond à la troisième loi de Kepler.

5 EXERCICE RESOLU

a) Enoncé

On étudie le mouvement d'un satellite dans le repère géocentrique. Le satellite, assimilé à une masse ponctuelle m = 300 kg décrit une orbite circulaire dans le plan équatorial de la terre à l'altitude h = 36000 km.

1) a) Montre que la vitesse V du satellite est constante.
   b) Calcule la valeur de la vitesse du satellite et sa période de révolution.
2) En réalité le satellite est géostationnaire.
   Explique l'expression "satellite géostationnaire " .
3) L'énergie potentielle de gravitation du système "satellite-Terre " a pour expression:

$$E_p = -\frac{mG_oR_o^2}{(R_o+h)}$$

Evalue l'énergie mécanique du satellite dans le champ de gravitation.

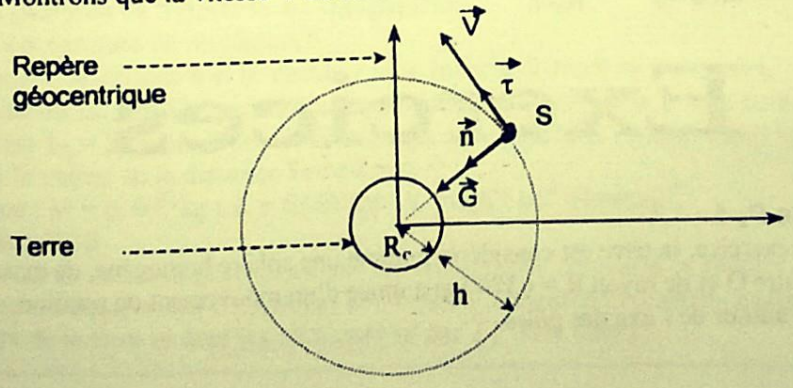
Données :

Rayon terrestre : $R_o = 6{,}37.10^3$ km. Champ de gravitation de la Terre à l'altitude h = 0 : $G_o = 9{,}8$ N/kg.

D'après BAC 1992 (séries C et E) - Bénin

b) Solution détaillée

1) a) Montrons que la vitesse V du satellite est constante repère géocentrique.



Le système considéré est le satellite S assimilé à un point matériel en mouvement circulaire dans le repère géocentrique, pratiquement galiléen. Le satellite est soumis à la force de gravitation $\vec{F} = m\vec{G}$. (A l'altitude considérée, la résistance de l'air est totalement négligeable).

D'après la relation fondamentale de la dynamique, on a :

$\sum\vec{F} = m\vec{a}$ d'où $\vec{F} = m\vec{G} = m\vec{a}$ soit $\vec{a} = \vec{G}$

En projetant suivant $\vec{\tau}$, on a : $a_\tau = G_\tau = 0$; $a_\tau = \frac{dV}{dt} = 0$ d'où V = constante.

Le mouvement du satellite est circulaire uniforme.

b) Valeur de la vitesse V du satellite

Le vecteur $\vec{G}$ est centripète (voir schéma).

La relation $\vec{a} = \vec{G}$ conduit à : $a_n = G$.

$$a_n = \frac{V^2}{R_o+h} \quad \text{et } G = \frac{G_o R_o^2}{(R_o+h)^2} \quad \text{d'où } \frac{V^2}{R_o+h} = \frac{G_o R_o^2}{(R_o+h)^2}$$

$$\text{Soit : } V = R_o\sqrt{\frac{G_o}{(R_o+h)}} = 6{,}37.10^6\sqrt{\frac{9.8}{(6{,}37.10^6+36.10^6)}} = 3063{,}5 \text{ m.s}^{-1}$$

La période de révolution du satellite est :

$$T = \frac{2\pi(R_o+h)}{V} \text{ avec } V = R_o\sqrt{\frac{g_o}{R_o+h}} \text{ d'où } T = \frac{2\pi}{R_o}\sqrt{\frac{(R_o+h)^3}{g_o}} = 86855 \text{ s.}$$

2) Un satellite géostationnaire est un satellite qui tourne sur une orbite circulaire dans le même sens que la terre, avec la même vitesse angulaire qu'elle, autour du même axe puisque le plan de sa trajectoire est équatorial. Par suite, le satellite reste toujours au-dessus du même point de la terre. Grâce à cette propriété de fixité apparente, le satellite géostationnaire est utilisé pour assurer des communications intercontinentales permanentes.

3) Energie mécanique du satellite dans le champ de gravitation.

$$E = E_c + E_p = \frac{1}{2}mV^2 - \frac{mG_oR_o^2}{R_o+h} \quad \text{avec } V^2 = \frac{G_oR_o^2}{R_o+h}$$

$$\text{D'où : } E = \frac{mG_oR_o^2}{2(R_o+h)} - \frac{mG_oR_o^2}{R_o+h} = -\frac{mG_oR_o^2}{2(R_o+h)} \text{ ; A.N : } E = -1{,}4.10^9 \text{ J}$$

Exercices

Exercice P$_3$-1

Dans cet exercice, la terre est considérée comme une sphère homogène, de masse M, de centre O et de rayon R = 6370 km animée d'un mouvement de rotation uniforme autour de l'axe des pôles.

A l'aide d'une fusée on satellise autour de la terre un satellite de masse m sur une orbite circulaire à l'altitude z = 400 km. L'orbite est dans le plan de l'Equateur. A l'altitude z l'intensité du champ de pesanteur est donnée par la relation :

$$g_z = g_o \frac{R^2}{(R+z)^2} \quad \text{avec } g_o = 9{,}8 \text{ N/kg}$$

1) a) Déterminer dans le repère géocentrique la vitesse v, la vitesse angulaire ω_o et la période T du satellite.
b) Le satellite se déplace vers l'Est. Calculer l'intervalle de temps qui sépare deux passages successifs du satellite à la verticale d'un point donné de l'équateur. La vitesse angulaire de rotation de la terre dans le repère géocentrique est $\omega_T = 7{,}29.10^{-5}$ rad.s^{-1} et on rappelle que dans ce repère, la vitesse d'un point de l'équateur est dirigée vers l'Est.
c) Même question si le satellite se déplace vers l'Ouest.
2) On veut que le satellite précédent devienne un satellite géostationnaire.
a) Qu'est-ce qu'un satellite géostationnaire ? Préciser son sens de rotation (vers l'Est ou vers l'Ouest) et le plan dans lequel il doit tourner.
b) Quelle est la vitesse angulaire de ce satellite dans le repère géocentrique ?
c) Calculer le rayon de son orbite.

Exercice P_3-2 *(non corrigé)*

Le mouvement d'un satellite, de masse m, est étudié dans le repère géocentrique considéré comme galiléen, ayant son origine au centre de la terre et ses axes dirigés vers des étoiles lointaines supposées fixes. La terre est assimilée à une sphère de masse M et de rayon R. Le satellite se déplace sur une trajectoire circulaire à la distance r = R + h du centre de la terre, h étant l'altitude du satellite.
1)a) Déterminer la nature du mouvement du satellite.
b) Etablir l'expression de la vitesse du satellite en fonction de M, R, h et de la constante de la gravitation K.
2) Exprimer la vitesse du satellite en fonction de sa période de révolution T et montrer que le quotient

$$\frac{T^2}{(R+h)^3} = \text{constante (cas particulier de la troisième loi de Kepler).}$$

3) On suppose que le satellite est géostationnaire
a) Dans quel plan sa trajectoire est-elle contenue ?
b) Quel est son sens de révolution ?
c) Calculer son altitude h et la vitesse v avec laquelle il décrit sa trajectoire.
4) La lune est un satellite de la terre. La période de révolution de la lune autour de la terre est T_L = 27 jours 7 heures 43 minutes. En utilisant le résultat établi au 2), calculer la valeur de la distance Terre-Lune.
On donne : M = 6.10^{24} kg ; R = 6380 km ; K = $6{,}67.10^{-11}$ N.m^2.kg^{-2}.

Exercice P_3-3

Un satellite de masse m gravite sur une orbite supposée circulaire de rayon r et sensiblement équatoriale, d'Ouest en Est dans un référentiel géocentrique (centré au centre de la terre et dont les axes passent par 3 étoiles fixes).

1) Exprimer sa période de révolution T en fonction de r, de l'intensité g_o de la pesanteur au sol, et du rayon terrestre R.
Que deviendrait cette période si r était multiplié par 2, par 4 ? Que deviendrait cette période si m était multipliée par 2, par 4 ?
2) Calculer sa période T avec les données numériques suivantes : R = 6400 km ; g_o = 9,81 N/kg ; r = $3,85.10^8$ m.
Compte tenu de la rotation de la terre, le verra-t-on se déplacer vers l'Est ou vers l'Ouest ? avec quelle vitesse angulaire apparente ?
3) Calculer l'accélération qu'il subit de la part de la terre. Sachant que la force attractive subie est de l'ordre de 2.10^{20} N, en déduire sa masse.

Exercice P_3-4

La terre est assimilée à une sphère de centre O, de rayon R = 6400 km et de masse $M = 6.10^{24}$ kg. Un satellite supposé ponctuel, de masse $m = 10^3$ kg, décrit une orbite circulaire d'altitude h autour de la terre. L'orbite est dans le plan de l'équateur. On supposera que le repère géocentrique, dont l'origine coïncide avec le centre de la Terre et dont les axes ont une direction fixe par rapport aux étoiles, est galiléen.
1) Rappeler les caractéristiques de la force gravitationnelle $\vec{F}$ exercée par la terre sur le satellite de masse m.
2) a) Montrer que le mouvement du satellite est uniforme.
b) Déterminer l'expression de la vitesse v du satellite, celle de sa période et celle de son énergie cinétique en fonction de M, R, h et K la constante de gravitation.
3) L'expression de l'énergie potentielle d'un satellite dans le champ de pesanteur est $E_p = -\frac{K.M.m}{r}$ en convenant que $E_p = 0$ pour r infini.
a) Que penser de l'affirmation suivante : « plus le satellite s'éloigne de la terre, plus l'énergie potentielle du système Satellite-Terre croît ».
b) Comparer E_o et E_p.
c) Exprimer l'énergie mécanique totale du satellite en fonction de K, M, m, R et h.

Exercice P_3-5

Dans cet exercice, le mouvement est rapporté à un référentiel géocentrique.
La terre est assimilée à une sphère de rayon R, de masse M, possédant une répartition sphérique de masse. On rappelle que deux corps sphériques de masse m_1 et m_2 dont les centres sont distants de r exercent l'un sur l'autre des forces d'attraction ayant pour intensité :
$F = G.\frac{m_1.m_2}{r^2}$ G : constante de la gravitation universelle.

1- Montrer que l'intensité du champ de gravitation terrestre à l'altitude h peut se mettre sous la forme

$g = g_o \frac{R^2}{(R+h)^2}$ où g_o est l'intensité du champ de gravitation terrestre au niveau du sol.

2- Un satellite a une orbite circulaire, dont le centre est confondu avec le centre de la terre. L'altitude de ce satellite est h.
a) Montrer que le mouvement de ce satellite est uniforme

b) Etablir l'expression de la vitesse V du satellite et de sa période T en fonction de g_o, R et h.

c) Application numérique : Calculer V et T pour : h = 300 km ; $g_o = 9{,}80\ m.s^{-2}$; $R = 6{,}37.10^3$ km

3- L'énergie potentielle d'un corps de masse m, situé à l'altitude h étant donnée par la relation

$$E_p = - G \frac{M.m}{R + h}$$

a) Etablir l'expression de l'énergie mécanique du satellite, de masse m, à l'altitude h, en fonction de m, g_o, et h ; montrer qu'elle est égale à $-\frac{1}{2} mv^2$.

b) Le satellite se trouvant dans les hautes couches de l'atmosphère est soumis à des forces de frottement. Comment va évoluer son énergie mécanique ?
En déduire qualitativement l'évolution de la vitesse et de l'altitude du satellite.

Exercice P_3-6

On donne la constante gravitation $G = 6{,}67.10^{-11}$ S.I. On étudie le mouvement d'un satellite de la planète Saturne, de masse M. Le mouvement du satellite, assimilé à un point matériel de masse m, est étudié dans un référentiel considéré comme galiléen, muni d'un repère ayant son origine au centre O de la planète et ses trois axes dirigés vers les étoiles fixes. On admet que Saturne a une distribution de masse à symétrie sphérique et que l'orbite du satellite est un cercle de centre O et de rayon r.

1- Indiquer les caractéristiques de la force gravitationnelle exercée par Saturne sur le satellite.
2- En déduire que le mouvement du satellite est uniforme.
3- Exprimer la vitesse V et la période T du satellite en fonction de G, r et M.
Montrer que le rapport $\frac{r^3}{T^2}$ est constant.
4- Sachant que la période de révolution du satellite Mimas est T = 22,6 heures et que le rayon de son orbite est r = 185500 km, calculer la masse M de Saturne.
5- Un autre satellite de Saturne, Rhéa, a une période T' = 108,4 heures. En déduire le rayon de l'orbite de Rhéa.

Exercice P_3-7

1- Rappeler la loi de la gravitation universelle. On notera G la constante de gravitation et on prendra $G = 6{,}67.10^{-11}\ N.m^2.kg^{-2}$.

2- **Satellite en orbite circulaire** : La terre est assimilée à une sphère homogène de masse M_T, de centre T et de rayon $R_T = 6380$ km. On admettra que la force de gravitation, quelle exerce sur les objets situés à une distance $r > R_T$ de son centre T, est la masse même que si toute la masse M_T était concentrée en T. Un satellite artificiel de la terre, de masse m, est en orbite circulaire à l'altitude h = 300 km au-dessus de la terre.

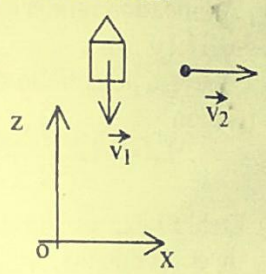
a) Montrer que le mouvement du satellite est uniforme. Déterminer l'expression de sa vitesse en fonction de $r = R_T + h$, G et M_T. Pourquoi le mouvement du satellite est-il indépendant de sa masse ?

b) On sait que $v = 7740\ m.s^{-1}$. Calculer la masse de la terre.

3- **Descente du satellite** : Pendant cette phase, le champ de pesanteur $\vec{g}$ est supposé uniforme ($g \simeq 10\ m.s^{-2}$). L'axe des z est choisi parallèle à $\vec{g}$ et de sens opposé. Le sol terrestre supposé horizontal est pris comme plan xOy des coordonnées.

On suppose que le satellite, freiné par un parachute, descend d'un mouvement vertical rectiligne, de vitesse $v_1 = 10\ m.s^{-2}$.

Le satellite étant arrivé au point M_o de Coordonnées ($x_o = 0$, $y_o = 0$, $z_o = 3{,}0$ km) , à un instant pris comme origine des temps, une balise radio est éjectée horizontalement du satellite dans le plan xOz avec le vecteur vitesse $\vec{v_2}$ ($v_2 = 2\ m.s^{-1}$) par rapport au satellite : cela signifie qu'au point M_o, la balise radio a par rapport à la terre, le vecteur vitesse initiale : $\vec{v_o} = \vec{v_1} + \vec{v_2}$



Le mouvement du satellite est supposé non modifié par l'éjection de la balise. Celle-ci tombe dans le champ de pesanteur terrestre, les frottements de l'air étant supposés négligeables.

a) On appelle z l'altitude instantanée du satellite, x_B, y_B, et z_B les coordonnées instantanées de la balise. Déterminer les équations horaires $z_S(t)$, $x_B(t)$, $y_B(t)$, et $z_B(t)$.

b) Lequel des deux objets, le satellite ou la balise, touchera le sol le premier ? Quel est l'intervalle de temps qui sépare les deux arrivées ?

Exercice P_3-8

Le 25 Juin 1997, la station spatiale russe "Mir" qui tourne au-dessus de notre tête à l'altitude H, depuis février 1986 a subi des avaries par suite d'une collision au cours d'un amarrage avec le vaisseau cargo "Progress" et nécessite l'envoi, depuis la Terre, début Août 1997, d'un équipage américano-russe de dépannage à bord d'un vaisseau spatial "Soyouz-TM24" en procédant par la technique classique de "transfert d'orbite" qui se résume comme suit :

- d'abord décollage du cosmodrome terrestre de l'ensemble Soyouz-Fusée porteuse jusqu'à extinction et "largage" du premier étage – moteur ;
- ensuite satellisation sur une orbite circulaire basse altitude $h_0 = 200$ km avec extinction et "largage" du deuxième étage-moteur ;
- le troisième et dernier étage-moteur est largué après avoir fourni l'impulsion nécessaire à "Soyouz-TM 24" pour, à partir d'un point A de l'orbite circulaire basse, le placer sur une orbite elliptique dont le périgée est à l'altitude 200 km et l'apogée à l'altitude $h_1 = 450$ km ;
- enfin, le satellite Soyouz-TM 24 assure lui-même sa circulation en orbite circulaire haute d'altitude h_1 avant de commencer à perdre l'altitude à chaque tour jusqu'à finir par s'amarrer à "Mir" à son altitude H = 250 km. Imaginez que vous êtes l'un des ingénieurs du centre de contrôle des vols spatiaux (TSOUP) à Kaliningrad près de Moscou et répondez aux questions suivantes en assimilant la terre à une répartition homogène sphérique de masse de période de révolution T = 86 140 s.

1) Temps sidéral et temps solaire : définitions et comparaison ; constante de gravitation universelle et intensité du champ de gravitation : définitions et comparaison.

2) Dans quel référentiel s'effectue l'étude des mouvements considérés ? Pourquoi ? et quel est le système étudié ?

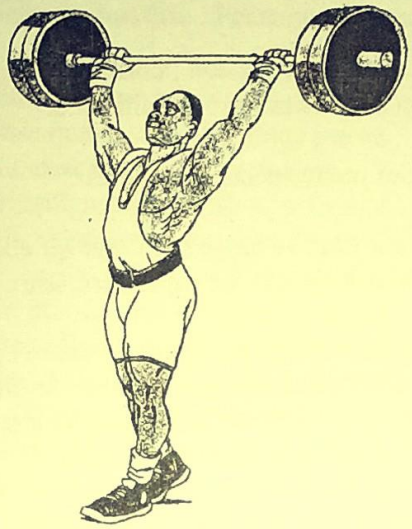
3) Calculez la vitesse de "Soyouz-TM 24" sur l'orbite basse ; montrer qu'elle est constante et en déduire la période de ce satellite artificiel. Le rayon terrestre est $R_T = 6{,}4.10^3$ km.

4) Précisez, en le justifiant par les calculs, si cette orbite est géostationnaire ou non.

5) Le plan de cette orbite passe, le 10 Août 1997 par Lomé et Cotonou ; les deux villes sont distantes de 150 km. En négligeant la rotation de la Terre, quel intervalle de temps séparerait le passage de "Soyouz-TM 24" au dessus de Lomé et Cotonou ?

6) A partir de l'orbite circulaire haute d'altitude h_1 le satellite artificiel perd l'altitude à chaque tour, de manière que la réduction d'altitude est $\Delta h = \frac{h_1}{100}$ à la fin de ce tour. Montrez que les altitudes ultérieures à la fin de chaque tour varient, dans ces conditions en progression arithmétique. En déduire la valeur n du nombre de tours effectués par Soyouz quand il atteint Mir.

(D'après Concours d'Entrée au CPU/1999)



Chapitre 4 (Physique)

MOUVEMENT d'une PARTICULE dans le CHAMP de PESANTEUR TERRESTRE

L'essentiel du cours

L'exercice illustré suivant représente le rappel de cours et résume les expressions qu'il faut savoir établir à propos du mouvement d'un projectile dans un champ de pesanteur uniforme.

Enoncé

D'un point O, à une date t = 0 s, un projectile M de masse m est lancé avec un vecteur vitesse $\vec{v_o}$ de norme v, faisant un angle de tir α avec le plan horizontal ox.

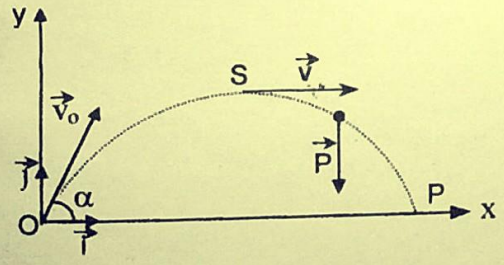
1) Etablir dans un référentiel que l'on précisera, l'équation de la trajectoire du point M. En déduire la nature du mouvement.

2) Quelle est l'altitude (hauteur) maximale h, atteinte par le projectile en S, sommet de la trajectoire ? Cette altitude maximale est appelée **flèche**. Quelle est alors la vitesse du projectile en S ?

3) Déterminer la **portée** du tir c'est-à-dire la distance d(OP) entre le point de chute P sur l'horizontale et le point de lancement O.

4) Quelle est l'énergie mécanique du système (M, terre) ? Retrouver l'altitude maximale calculée en 2).

Solution détaillée et commentée



1) Le système considéré est le projectile de masse m en mouvement dans le repère terrestre supposé galiléen. Associons au mouvement du projectile le repère d'espace orthonormé $(O, \vec{i}, \vec{j})$ avec $\vec{j}$ vecteur unitaire vertical dirigé vers le haut, $\vec{i}$ vecteur unitaire horizontal tel que v_o, représenté à partir de O, soit dans le plan $(O, \vec{i}, \vec{j})$.

* D'après le théorème du centre d'inertie appliqué au projectile M, on a :
$\Sigma\vec{F}_i = m\vec{a}$ donc $\vec{P} = m\vec{g} = m\vec{a}$ soit $\vec{a} = \vec{g}$
* L'état de mouvement initial est caractérisé par :
- le vecteur position initiale nul ($x_o = 0$; $y_o = 0$) ;
- le vecteur vitesse initiale $\vec{v_o}$ ($v_{ox} = v_o\cos\alpha$; $v_{oy} = v_o\sin\alpha$) ;

* En étudiant le mouvement projeté sur l'axe x'x, on a : $a_x = g_x = 0$ car $\vec{g} \perp$ à l'axe x'x
On en déduit par intégrations successives :
V_x = constante = $v_o\cos\alpha$
$x = v_xt + x_o = v_otcos\alpha$ car $x_o = 0$
* En étudiant le mouvement projeté sur l'axe y'y vertical ascendant, on a :
$a_y = g_y = -g$ car $\vec{g}$ de sens opposé à $\vec{j}$ (axe y'y)
Par intégrations successives on en déduit :
$v_y = -gt + v_{oy} = -gt + v_o\sin\alpha$
$y = -\frac{1}{2}a_yt^2 + v_{oy}t + y_o = -\frac{1}{2}gt^2 + v_otsin\alpha$
* Les coordonnées du vecteur position $\overrightarrow{OM}$ à tout instant sont :

$$\overrightarrow{OM}\begin{cases} x = v_otcos\alpha & (1) \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + v_otcos\alpha & (2) \end{cases}$$

* L'équation cartésienne de la trajectoire s'obtient en éliminant le temps t entre les deux lois horaires x et y. D'après (1) on a : $t = \frac{x}{v_o\cos\alpha}$

En reportant l'expression de t dans (2), on obtient :

$$y = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x}{v_o\cos\alpha}\right)^2 + v_o\sin\alpha\frac{x}{v_o\cos\alpha}$$

soit $y = -\frac{1}{2}\frac{gx^2}{v_o^2\cos^2\alpha} + x\tan\alpha$;

c'est l'équation cartésienne de la trajectoire du centre d'inertie du projectile.
* Le projectile est en chute libre dans un champ de pesanteur uniforme ; le vecteur accélération est constant ; la vitesse initiale est oblique par rapport à la verticale : le mouvement est donc parabolique. Le projectile décrit une trajectoire parabolique déterminée par l'état de mouvement initial.

2)* Altitude maximale ou flèche

Lorsque le projectile atteint le sommet S de sa trajectoire, son vecteur vitesse $\vec{v}$ est horizontal (parallèle à Ox) : par conséquent la composante suivant l'axe Oy est nulle.
Au point S, $v_{sy} = -gt_s + v_o\sin\alpha = 0$ d'où $t_s = \frac{v_o\sin\alpha}{g}$
En reportant t_s dans l'expression (2) on obtient :

$$y_s = h = -\frac{1}{2}g\left(\frac{v_o\sin\alpha}{g}\right)^2 + v_o\left(\frac{v_o\sin\alpha}{g}\right)\sin\alpha = \frac{v_o^2\sin^2\alpha}{2g}$$

Remarque 1 : La flèche (altitude maximale) se calcule aussi en appliquant le théorème de l'énergie cinétique entre le point O et le point S, sommet de la trajectoire :

$\frac{1}{2}m v_s^2 - \frac{1}{2}mv_o^2 = -mgh$ avec $v_s = v_{ox} = v_o\cos\alpha$.

Il vient alors : $\frac{1}{2}mv_o^2\cos^2\alpha - \frac{1}{2}mv_o^2 = -mgh$

$h = \frac{v_o^2}{2g}(1 - \cos^2\alpha)$ soit $h = \frac{v_o^2\sin^2\alpha}{2g}$; $(1 - \cos^2\alpha = \sin^2\alpha)$.

Remarque 2 : La flèche (altitude maximale) se calcule aussi à partir du maximum (point culminant) de la trajectoire, ce qui se traduit mathématiquement par l'annulation de la dérivée première de y par rapport à x, soit :

$$\frac{d_y}{d_x} = -\frac{gx_s}{v_o^2\cos^2\alpha} + \tan\alpha = 0 \text{ d'où } x_s = \frac{v_o^2\cos^2\alpha.\tan\alpha}{g}$$

En reportant cette valeur de x_s dans l'expression de y, on obtient la valeur h de la flèche :

$$y_s = h = \frac{-g}{2v_o^2\cos^2}\left(\frac{v_o^2\cos^2\alpha.\tan\alpha}{g}\right)^2 + \tan\alpha\frac{v_o^2\cos^2\alpha.\tan\alpha}{g}$$

On obtient après des considérations trigonométriques : $y_s = h = \frac{v_o^2\sin^2\alpha}{2g}$

* Vitesse du projectile en S

Le vecteur vitesse au sommet de la trajectoire est horizontal ; ses coordonnées sont :

$v_{sx} = v_o\cos\alpha$ et $v_{sy} = 0$.

La norme est $v_s = \sqrt{v_{sx}^2 + v_{sy}^2} = v_o\cos\alpha$.

3) La portée x = d est la distance entre le point de tir O et le point de chute P sur le plan horizontal y = 0.

La distance $OP = x_p = d$ se calcule en écrivant $y_p = 0$ et $x_p = d$ au point de chute :

$$y_p = 0 = -\frac{1}{2}\frac{gd^2}{v_o^2\cos^2\alpha} + d\tan\alpha \text{ d'où } d = OP = \frac{v_o^2\sin 2\alpha}{g}$$

4) L'énergie mécanique du système est donnée par l'expression :

$E = E_c + E_p$ soit $E = mv^2/2 + mgy$

L'énergie mécanique est constante car le système ne reçoit aucun travail extérieur. Pour déterminer sa valeur, nous pouvons considérer l'état de mouvement initial caractérisé par $y_o = 0$ et $v = v_o$; on a alors :

$E = E_o = mv_o^2/2 + mgy_o$ soit $E = E_o = mv_o^2/2$

Au sommet de la trajectoire, $v_s = v_o\cos\alpha$ et $y_s = h$.

$E_s = \frac{1}{2}mv_s^2 + mgy_s = \frac{1}{2}mv_o^2\cos^2\alpha + mgy_s$.

L'énergie mécanique se conserve. On a donc :

$$E_s = E_o \text{ soit } \frac{1}{2}mv_o^2\cos^2\alpha + mgy_s = \frac{1}{2}mv_o^2 \text{ d'où } y_s = \frac{v_o^2(1-\cos^2\alpha)}{2g} = \frac{v_o^2\sin^2\alpha}{2g}$$

Exercices

Exercice P_4-1

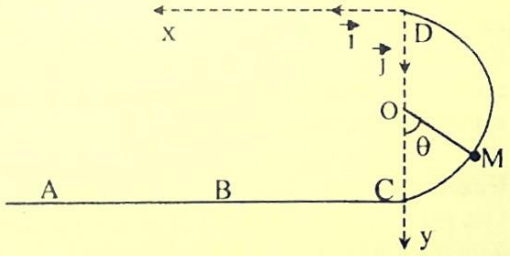
Un projectile de masse m est lancé dans le champ de pesanteur terrestre considéré, localement, comme uniforme. La vitesse de lancement $\vec{v_o}$ fait avec le plan horizontal un angle de tir α. La résistance de l'air est négligée. On étudie le mouvement du centre d'inertie du projectile ; $v_o = 200$ m/s ; $g = 9.8$ m/s^2 .

1) Etablir les équations horaires du mouvement.
2) Etablir l'équation de la trajectoire. En déduire la nature du mouvement.
3) Etablir l'expression de la portée horizontale.
4) Déterminer la portée maximale.
5) Etablir l'expression de la flèche c'est-à-dire l'altitude maximale h_{max} atteinte par le projectile. Quelle est la valeur maximale de la flèche.
6) Déterminer la vitesse à l'altitude h = 100 m si $\alpha = 30°$.
7) Le projectile étant lancé avec la vitesse v_o, calculer pour une portée horizontale d = 2500 m :

a) les angles possibles du tir;
b) la flèche ;
c) la durée du tir, l'impact se faisant sur le sol, plan horizontal contenant le point de lancement ;
d) la vitesse lors de l'impact.

Exercice P_4-2

Dans tout le problème on négligera les frottements et on prendra $g = 10 m.s^{-2}$.
La piste de lancement d'un projectile M est située dans un plan vertical : elle comprend une partie rectiligne horizontale ABC et une portion CD qui est un demi-cercle de centre O et de rayon r = 1 m (voir figure).

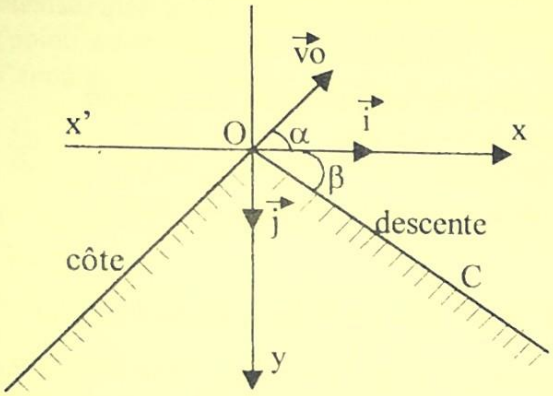


Le projectile, de masse m = 0,5 kg, est initialement au repos en A. On le lance sur la piste, en faisant agir sur lui, le long de la partie AB de sa trajectoire une force $\vec{F}$ horizontale et d'intensité F constante. On pose AB = l = 1,5 m et BC = 5 m.

1) Au point M défini par l'angle $(\overrightarrow{OC}, \overrightarrow{OM}) = \theta$, établir en fonction de F, l, m, r, θ et g l'expression de :
a) La valeur V_M de la vitesse du projectile.
b) L'intensité R_M de la réaction $\vec{R}$ de la piste.
2) Quelle intensité minimale F_o faut-il donner à $\vec{F}$ pour que le projectile atteigne le point D ?
3) On donne à la force $\vec{F}$ la valeur $F_1 = 15$ N.
a) Avec quelle vitesse le projectile arrive-t-il au point D ?

b) Quel est le mouvement ultérieur du projectile après avoir dépassé le point D ?
- Etablir l'équation de sa trajectoire dans le repère (D, $\vec{i}$, $\vec{j}$).
c) A quelle distance de la verticale passant par C le projectile va-t-il toucher le plan ABC ?
- Quelle est alors la vitesse du projectile à l'instant où il touche le plan ABC ?
d) Avec quelle force $\vec{F_2}$ faut-il lancer le projectile pour qu'il touche le plan ABC en un point situé à 3 m de C ?

Exercice P_4-3



Un skieur parcourt une côte inclinée d'un angle $\alpha = 40°$ sur l'horizontale. Au sommet O de cette côte, sa vitesse a pour valeur $v_o = 12\ m.s^{-1}$.
Après le point O se présente une descente inclinée d'un angle $\beta = 45°$ sur l'horizontale. Le skieur accomplit un saut et reprend contact avec la piste en un point C.

Déterminer :
a) La nature de la trajectoire correspondant au saut du skieur ;
b) Les coordonnées du point C dans le repère (O, $\vec{i}$, $\vec{j}$) indiqué sur la figure.
c) La longueur OC.
d) La durée du saut.
On prendra $g = 10 m.s^{-2}$ et on négligera la résistance de l'air. La masse du skieur n'est pas donnée car elle s'élimine dans les calculs. On étudiera le mouvement du centre d'inertie du skieur.

Exercice P_4-4

Une petite sphère solide (S) de rayon négligeable, de masse m = 20 g est accrochée à un point fixe O par un fil inextensible sans masse. La distance de O au centre A de la sphère est OA = l = 20 cm.
1) On écarte la sphère (S) de la position d'équilibre, le fil faisant un angle $\alpha_o = 60°$ avec la verticale. On lâche la sphère sans vitesse initiale.
a) Déterminer à un instant t quelconque, la vitesse linéaire du solide en fonction de l'angle α que fait le fil avec la verticale.
b) Calculer cette vitesse et la tension du fil au passage par la position d'équilibre.
2) La sphère décrit maintenant une circonférence de centre O de rayon l. Le fil est coupé brusquement quand la sphère passe par le point C, point le plus bas de sa trajectoire avec la vitesse de 5 m/s.
a) Etablir l'équation de la trajectoire de la sphère.
b) A quelle distance de la verticale de C la sphère touchera-t-elle le sol sachant que C est à 2 m du sol.

c) Déterminer au point de chute, les composantes du vecteur-vitesse. Calculer son module.

On donne $g = 10\ m.s^{-2}$.

D'après Bac 1992 Série D (Bénin)

Exercice P_4-5

Dans tout le problème on prendra $g = 10\ m.s^{-2}$.

A) Un fusil de masse M = 3,6 kg tire suivant une horizontale Ox des balles de masse m = 10 grammes. La vitesse d'une balle à la sortie du canon est $v_0 = 200\ m.s^{-1}$. Chaque balle assimilée à un point matériel est située, avant la mise à feu, à la distance l = 50 cm de la sortie O du canon sur l'axe Ox de celui-ci.

1) On suppose que le mouvement de la balle à l'intérieur du canon est rectiligne et uniformément varié suivant l'axe du canon. Calculer :

a) l'accélération de ce mouvement

b) le temps O écoulé entre la mise à feu et la sortie de la balle du canon.

2) On considère comme isolé le système constitué par la balle et le fusil.

a) Etablir l'expression de la vitesse $\vec{v}$ de recul du fusil et celle de son énergie cinétique à la date θ où la balle sort du canon.

b) L'épaule du tireur s'oppose au recul du fusil en développant une force supposée constante, de module f. Sachant que la crosse du fusil s'immobilise après un parcours d = 2 cm, calculer f.

B) On s'intéresse maintenant au mouvement de la balle après sa sortie du canon en négligeant la résistance de l'air. Le tireur tire sur une cible A située sur Ox à la distance D de O. On désigne par Oy la verticale de O orientée vers le bas. L'axe du canon fait à présent un angle α avec l'horizontale Ox de telle sorte que la sortie du canon coïncide toujours avec le point O.

1) On désire déterminer l'angle α_0 dont le tireur doit incliner l'axe de son fusil sur l'horizontale Ox pour que la balle atteigne le point A.

a) Etablir l'équation de la trajectoire de la balle pour un angle d'inclinaison quelconque α. Quelle est la nature de cette trajectoire ?

b) Etablir l'expression donnant α_0 en fonction de D et v_0 et montrer que α_0 peut prendre deux valeurs dont la plus petite sera dénommée β.

Application numérique : Calculer β pour D = 460 m. On admettra que pour un angle θ inférieur à 0,12 rad on peut écrire : $\cos\theta \simeq 1 - \frac{\theta^2}{2}$; $\sin\theta \simeq \theta$ en radian.

2) Un obstacle plan, vertical et perpendiculaire à Ox se dresse devant le tireur. Sa hauteur au-dessus du plan horizontal passant par O est légèrement inférieure à l'altitude maximale H qu'atteint la balle au-dessus de ce même plan sur la trajectoire précédente.

a) Quelle est, en grandeur et direction, la vitesse de la balle en ce point d'altitude maximale ? En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, établir l'expression de H. Calculer sa valeur numérique.

b) Quelle doit être la position de l'obstacle afin que l'inclinaison β ne soit pas modifiée, la cible étant toujours le point A ?

D'après Bac 1991 Série C (Bénin)

Exercice P_4-6

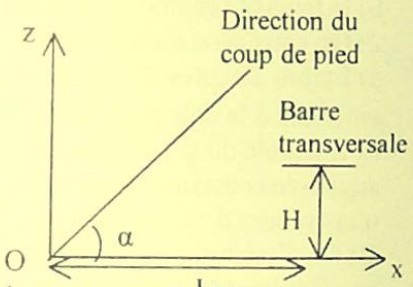
On se propose d'étudier un coup de pied de pénalité au cours d'un match de rugby. Au moment du coup de pied, le ballon de masse m = 420 g se trouve au sol en O face aux poteaux à la distance L = 60 m. Le tireur lui communique une énergie cinétique de translation E_c = 120 J et le fait partir dans le plan (Ox, Oz) avec un angle $\alpha = 50°$ par rapport au sol (voir figure).

On négligera l'action de l'air ; on admettra que le champ de pesanteur de valeur $g = 9{,}8\ m.s^{-2}$ est uniforme et on étudiera le mouvement du centre d'inertie du ballon.

1- Etablir l'équation de la trajectoire du centre d'inertie du ballon dans le plan (Ox, Oz) en fonction de α , g et v_o la vitesse initiale. Montrer que cette équation peut se mettre sous la forme : $z = \frac{mg}{4E_c\cos^2\alpha}\ x^2 + x\tan\alpha$

2- Pour marquer, il faut que le ballon passe au-dessus de la barre transversale qui se trouve à la hauteur H = 3,0 m. La pénalité est-elle marquée ? Justifier la réponse.

3- Donner l'expression littéraire, puis calculer, la durée entre l'instant du tir et l'arrivée du ballon au sol.



Exercice P_4-7

Dans tout l'exercice, on considérera que le référentiel terrestre est galiléen et on négligera les frottements dus à l'air. On prendra $g = 9{,}8\ m.s^{-2}$ comme accélération de la pesanteur. Les parties I et II sont indépendantes.

I- 1er tir : «drive ».

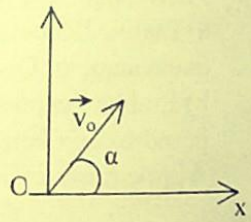
Un golfeur se présente au départ d'un parcours de golf.

Le centre d'inertie G de la balle qu'il va lancer se trouve en O. A t = 0 la balle est lancée dans un plan vertical repéré par Ox, Oy avec une vitesse de G de valeur $144\ km.h^{-1}$ et faisant un angle $\alpha = 40°$ avec l'horizontale.

a) Etablir les équations horaires x(t) et y(t) du mouvement de G.

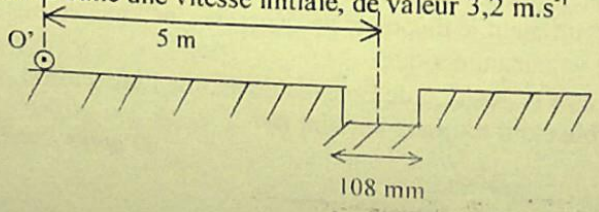
b) En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire de G.

c) A quelle distance du point O de la balle retombe-t-elle ?



II- 2ème tir : « approche ».

La balle de masse m = 45 g se trouve maintenant sur le «green » (terrain horizontal, en O', et le golfeur doit pousser la balle à l'aide de son «club », sans la soulever, pour la faire tomber dans un trou situé à 5 m de la balle. Les forces de frottements s'exerçant sur la balle sont supposées constantes et équivalentes à une force $f = 5{,}0.10^{-2}$ N. La balle se déplace en ligne droite. Le «club » communique au centre d'inertie G de la balle une vitesse initiale, de valeur $3{,}2\ m.s^{-1}$



a) Faire le bilan des forces s'exerçant sur la balle et les représenter sur un schéma.

b) L'accélération de G est : α) 0 ; β) 9,8 m .s^{-2} ; γ) −1,1 m.s^{-2}
choisir la bonne réponse après avoir montré votre cheminement et en déduire la nature du mouvement de G.

c) Etablir l'équation horaire de la position de G, notée $x_1(t)$.

d) L'affirmation "L'approche est réussie" , est-t-elle vrai ou fausse ? Justifier votre choix en calculant la distance parcourue par la balle avant de s'arrêter.

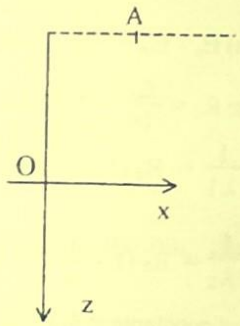
Exercice P_4-8

1/ Un jeune-homme, sur le balcon du premier étage d'une maison, coudes sur le garde-fou, laisse tomber, par mégarde, une des petites billes de masse m = 20 g chacune, qu'il a en main.

Dans un repère (Ox, Oz) dont l'origine O est prise au sol situé à 3,2 m du point de chute A de la bille, on étudie le mouvement de la bille. (voir figure)

1.1) Enoncer le théorème de l'énergie cinétique.

1.2) On néglige toutes les forces passives ; appliquer le théorème énoncé ou bien utiliser toute autre voie pour déterminer la nature du mouvement pris par la bille.



1.3) En déduire les équations horaires.

1.4) Ecrire l'équation de la trajectoire.

1.5) Calculer la date d'arrivée au sol de la bille sachant que g au lieu de chute de la bille est égale à 10 ms^{-2}.

2/ Du point A, le jeune-homme lance à présent vers le haut une autre petite bille identique à la première, avec une vitesse $\vec{v}_A$ d'intensité v_A = 2,4 $m.s^{-1}$ qui fait un angle α = 30° avec l'horizontal.

2.1) Ecrire l'équation de la trajectoire de la bille.

2.2) En déduire l'altitude maximale h_m atteinte par la bille et l'abscisse du point B où elle repasse par le plan horizontal contenant le point A.

(D'après Concours d'Entrée à la FSS/1995)

Exercice P_4-9

Pour effectuer un service, un joueur de tennis lance une balle (considérée comme un point matériel) verticalement vers le haut à partir d'un point situé à 1,60 m au-dessus du sol. Il la frappe avec sa raquette lorsqu'elle atteint le sommet de sa trajectoire situé à 0,40 m plus haut. Elle part alors avec une vitesse $\vec{v}_0$ horizontale et doit passer au-dessus d'un filet de hauteur 0,90 m. La distance du joueur au filet est 12 m.

1/ Avec quelle vitesse le joueur lance-t-il la balle verticalement ?

2/ Etablir dans un repère que l'on définira, l'équation de la trajectoire de la balle après le choc avec la raquette.

3/ Quelle doit-être la valeur de $\vec{v}_0$ pour que la balle passe 10 cm au-dessus du filet ?

4/ Quelle est, lors de ce passage, la direction du vecteur vitesse de la balle ?

On négligera la résistance de l'air. On prendra g = 9,8 m/s^2.

(D'après Concours d'Entrée à la FSS/1995)

b) Facteur de qualité : $Q = \frac{L\omega_o}{R+r} = \frac{2\pi N_o L}{R+r} = 38,8$

c) Impédance du dipôle : $Z_o = R + r = 25,4\ \Omega$

PHYSIQUE II

1/ a) Spectroscope b) Ioniser l'hydrogène, c'est lui arracher son électron

2/ a) $En = \frac{-E_o}{n_2}$. Pour n = 5 ; $E_n = -0,544$; l'atome d'hydrogène peut avoir cette énergie.

b) L'état fondamental de l'atome d'hydrogène correspond à -13,6 eV puisque pour n = 1 ; $E = \frac{-13,6}{1} = -13,6$ eV

c) L'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène est 13,6 eV car $E_i = E_\infty - E_1 = 13,6$ eV.

4/ a) $E_p - E_m = \frac{hc}{\lambda}$ d'où $\frac{1}{\lambda} = \frac{E_o}{hc}\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{p^2}\right) = R_1\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{p^2}\right)$

avec $R_1 = \frac{E_o}{hc} = 1,09.107\ m^{-1}$

b) $\frac{1}{\lambda 1} = R_2\left(1 - \frac{1}{4}\right)$ d'où $R_2 = 4,39.10^7$

$\frac{1}{\lambda_2} = R_2\left(1 - \frac{1}{9}\right)$ d'où $R_2 = 4,39.10^7$ et ainsi de suite.

R_2 = constante = $4,39.10^7\ m^{-1}$

Relation liant R_1 à R_2

$\frac{R_2}{R_1} = 4$ d'où $R_2 = 4\ R_1$

CORRIGE TYPE DU SUJET 7

CHIMIE I

1/ Concentration molaire C

$pH = 14 + \log C$ d'où $C = 10^{-14+pH} = 7,94.10^{-3}$ mol/L

2/ a) La nature acide de Σ_2 est due à l'ion ammonium NH_4^+ qui est un acide faible.

NH_4^+ réagit avec l'eau selon l'équation : $NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$

b) Bilan qualitatif et quantitatif

$[SO_4^{2-}] = C = 7,94.10^{-3}$ mol/L ; $[H_3O^+] = 3,16.10^{-6}$ mol/L ;

$[OH^-] = 3,16.10^{-9}$ mol/L ; $[NH_4^+] = 2\,[SO_4^{2-}] + [OH^-] - [H_3O^+] = 1,59.10^{-2}$ mol/L

$[NH_3] = 2C - (NH_4^+] \simeq 3,16.10^{-6}$ mol/L

c) $pK_a = 9,2$

3/ a) Calcul de V_1 et V_2

Chapitre 5 (Physique)

MOUVEMENT d'une PARTICULE dans le CHAMP ELECTRIQUE

L'essentiel du cours

- On appelle champ électrique $\vec{E}$, toute région de l'espace où une charge électrique q se trouve soumise à une force électrique $\vec{F}$.

$$\boxed{\vec{F} = q\vec{E}} \quad \text{d'où } \vec{E} = \frac{\vec{F}}{q} \quad ; \text{ en module } F = |q|\,E$$

- Si $q > 0$, $\vec{F}$ et $\vec{E}$ ont même sens.
- Si $q < 0$, $\vec{F}$ et $\vec{E}$ sont de sens contraire.

- Le travail effectué par la force électrique $\vec{F}$ lorsque la charge q se déplace de A à B est égal au produit de la charge q par la différence entre le potentiel de départ V_A et le potentiel d'arrivée V_B.

$$\boxed{W_{AB}(\vec{F}) = q(V_A - V_B)}$$

- Si $V_A - V_B = U$ désigne la tension entre les plaques, d leur distance, l'intensité du champ électrostatique uniforme en tout point entre les plaques vaut :

$$\boxed{E = \frac{U}{d}} \qquad U \text{ en V ; d en m ; E en V.m}^{-1}$$

Le vecteur-champ $\vec{E}$ est toujours dirigé dans le sens des potentiels décroissants.

- L'énergie potentielle d'une particule est égale au produit de sa charge par la valeur du potentiel V au point où elle se trouve. $E_p = qV$.

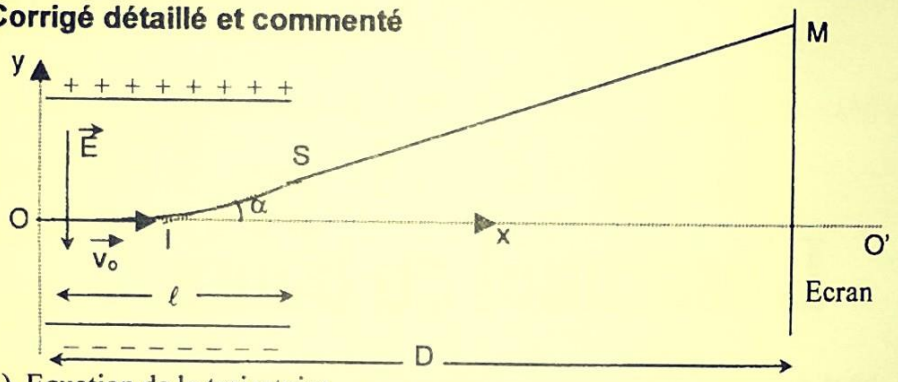
EXERCICE RESOLU

Enoncé

Un faisceau de particules identiques, de masse m, de charge q = - e, pénètre à la vitesse initiale $\vec{v_o}$ dans un champ électrique uniforme $\vec{E}$ crée par deux plaques horizontales reliées à un générateur électrostatique. On s'arrange, en outre, pour que les vecteurs $\vec{E}$ et $\vec{v_o}$ soient perpendiculaires.

1) Déterminer l'équation de la trajectoire.
2) Soient d la distance entre les plaques et ℓ la longueur de chaque plaque. Calculer la déviation α du faisceau à la sortie S des plaques.
3) Calculer la dérivation H sur l'écran situé à une distance D du point d'entrée O.

Corrigé détaillé et commenté



1) Equation de la trajectoire

Choisissons comme origine des temps et des espaces l'instant t et le point d'entrée du faisceau dans le champ, et appliquons les lois de la mécanique au système que constitue l'un des électrons du faisceau de charge q = -e.

Les forces appliquées à un électron sont :

- la force électrique $\vec{F} = q\vec{E} = -e\vec{E}$
- le poids $\vec{P} = m\vec{g}$.

On néglige le poids de l'électron devant la force électrique (les calculs numériques confirment cette hypothèse).

* D'après le théorème du centre d'inertie :

$\Sigma\vec{F_i} = m\vec{a}$ d'où $\vec{F} = q\vec{E} = -e\vec{E} = m\vec{a}$ soit $\vec{a} = -\frac{e\vec{E}}{m}$

N.B : Les grandeurs $\vec{E}$, e, et m étant constantes, le vecteur $\vec{a}$ l'est aussi. De plus le vecteur $\vec{v_o}$ est perpendiculaire au vecteur $\vec{E}$, donc au vecteur $\vec{a}$: en conséquence, le mouvement de l'électron dans le champ $\vec{E}$ est parabolique.

Les coordonnées du vecteur accélération sont :

$$\vec{a} = -\frac{e\vec{E}}{m} \begin{cases} a_x = -\frac{eE_x}{m} = 0 \text{ car } \vec{E} \perp \text{ à l'axe x'x} \\ a_y = -\frac{eE_y}{m} = \frac{(-e)(-E)}{m} = \frac{eE}{m} \end{cases} ; \vec{E} \text{ et } \vec{j} \text{ sont de sens contraires.}$$

Le vecteur $\vec{v_o}$ a pour coordonnées : $v_{ox} = v_o$; $v_{oy} = 0$

* Par une première intégration du vecteur $\vec{a}$ avec les conditions initiales choisies, il vient :

$$\vec{v}\begin{cases} v_x = \text{constante} = v_{ox} = v_o \\ v_y = \dfrac{eE}{m}\, t + v_{oy} = \dfrac{eE}{m}\, t \end{cases}$$

* Par une deuxième intégration on a :

$$\overrightarrow{OM}\begin{cases} x = v_o t + x_o \text{ avec } x_o = 0 \\ y = \dfrac{1}{2}\dfrac{eE.t^2}{m} + v_{oy}t + y_o \end{cases} \quad \begin{cases} x = v_o t \\ y = \dfrac{1}{2}\dfrac{eE.t^2}{m} \end{cases}$$

* En éliminant la variable t, entre les lois horaires, l'équation cartésienne de la trajectoire s'écrit :

$$y = \frac{1}{2}\frac{eEx^2}{mv_o^2}$$

2) La trajectoire de la particule, de O en S, est parabolique. Au-delà elle est rectiligne, puisque après S, le champ $\vec{E}$ est nul. La particule prend alors la direction de la tangente en S à la parabole.

L'angle α, entre les tangentes en O et en S à la trajectoire détermine la déflexion (ou déviation) subie par la particule chargée. Cet angle α est donné par :

$$\tan\alpha = \left(\frac{dy}{dx}\right)_S = \frac{eEx_s}{mv_o^2} \text{ or } x_s = \ell \text{ donc } \tan\alpha = \frac{eE\,\ell}{mv_o^2}$$

$$\text{Avec } E = \frac{U}{d} \text{ on a } \tan\alpha = \frac{eU\,\ell}{mv_o^2 d}$$

3) Calculons la déviation H sur l'écran situé à une distance D du point d'entrée O. En considérant le triangle rectangle IO'M, on a :

$$\tan\alpha = \frac{H}{IO'} = \frac{H}{D - \ell/2} \quad \text{avec } IO' = D - \ell/2.$$

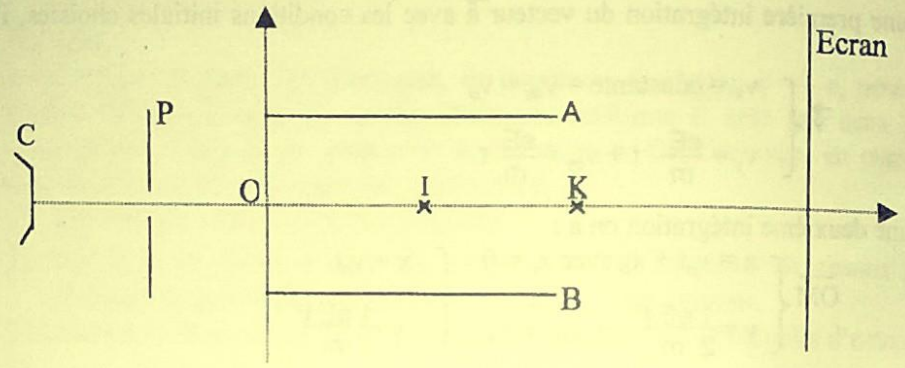
$$\text{Il vient alors : } H = (D - \ell/2)\tan\alpha = \frac{eU\,\ell\,(D - \ell/2)}{mv_o^2 d}$$

Exercices

Exercice P_5-1

On prendra pour charge de l'électron $q = -e = -1{,}6.10^{-19}$ C et pour masse de l'électron $m = 9{,}1.10^{-31}$kg.

1) Un faisceau d'électrons est émis par une cathode C, avec une vitesse pratiquement nulle. Ce faisceau d'électrons est accéléré par une tension U_1 appliquée entre la plaque P et la cathode C (voir figure)



a) Déterminer le signe de $U_1 = V_p - V_C$ et le sens du champ électrique $\vec{E_1}$ existant entre la plaque P et la cathode C.

b) Quelle est la nature du mouvement d'un électron entre C et P ?

c) Calculer la tension U_1 pour que les électrons arrivent sur la plaque P avec la vitesse $v_1 = 25000\ km.s^{-1}$.

2) La plaque P est percée d'un trou laissant passer les électrons. Ces électrons, en faisceau homocinétique, pénètrent à la vitesse $\vec{v_1}$, suivant l'axe horizontal Ox, dans un déflecteur électrostatique constitué de deux armatures A et B d'un condensateur plan.

Soient d, la distance entre les deux armatures, ℓ, leur longueur, D, la distance du centre I du condensateur à l'écran fluorescent, $U = V_A - V_B > 0$, la tension entre les armatures et $\vec{E}$ le champ électrique qui règne entre les armatures.

On donne : U = 100 V ; D = 0,4 m ; ℓ = 0,1 m ; d = 2,5 cm.

a) Déterminer l'équation de la trajectoire d'un électron entre les armatures. En déduire la nature du mouvement.

b) Déterminer les coordonnées du point S par lequel le faisceau d'électrons sort du condensateur.
Que vaut la déviation verticale h du faisceau à la sortie du déflecteur ?

c) Déterminer la déviation angulaire en fonction de v_1, e, m, E et ℓ puis faire l'application numérique.

d) Déterminer la vitesse v_S de sortie d'un électron.

e) Montrer que la déviation linéaire H sur l'écran n'est fonction ni de la masse ni de la charge de l'électron.

f) Quelle est la vitesse d'un électron à son arrivée sur l'écran fluorescent ?

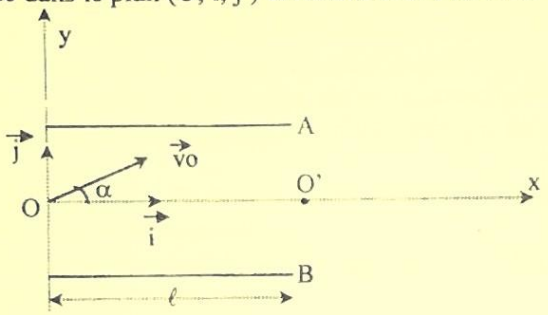
3) La chambre à vide associée au déflecteur électrostatique constitue un tube électronique expérimental dont la déflexion (ou déviation) verticale h peut être réglée à partir de la tension accélératrice U_1.

a) Montrer que la déviation verticale h à la sortie du condensateur est fonction de U_1, ℓ et E.

b) Montrer que les électrons ne peuvent sortir de l'espace entre les armatures (du côté de l'armature A) que pour un champ électrique $E \leq \frac{2U_1 d}{\ell^2}$. Calculer dans ce cas la valeur maximum U_{max} de la tension U.

Exercice P_5-2

Un condensateur plan est constitué de deux plaques métalliques parallèles horizontales rectangulaires A et B de longueur ℓ et séparées par une distance d. En chargeant les plaques, on crée entre elles un champ électrostatique uniforme $\vec{E}$ L'expérience a lieu dans le vide. On raisonnera dans le plan $(O, \vec{i}, \vec{j})$, le point O étant équidistant des plaques et situé à l'entrée du condensateur.
Un faisceau homocinétique de protons de masse m arrive en O avec la vitesse $\vec{v_o}$ contenue dans le plan $(O, \vec{i}, \vec{j})$ et faisant avec l'axe x'x un angle α (voir schéma).



1) a) Indiquer en le justifiant le sens du champ électrique $\vec{E}$ et le signe de la tension $V_A - V_B = U$ pour que le faisceau de protons puisse recouper l'axe x'x.
b) Etablir l'équation de la trajectoire du faisceau de protons ; en déduire la nature du mouvement.
2) a) Exprimer littéralement la condition qui doit être vérifiée par la tension U si l'on veut que le faisceau de protons sorte du condensateur par le point O' situé sur l'axe x'x.
b) Calculer la valeur numérique de U.
On donne $v_o = 500$ km.s^{-1}; $\alpha = 30°$; $\ell = 20$ cm ; d = 10 cm ; m = $1{,}6.10^{-27}$ kg ; e = $1{,}6.10^{-19}$ C.
c) La tension U ayant la valeur précédemment calculée, déterminer la hauteur maximale atteinte par le faisceau de protons au dessus de l'axe x'x. A quelle distance minimale du plateau supérieur passe le faisceau de protons ?

Exercice P_5-3

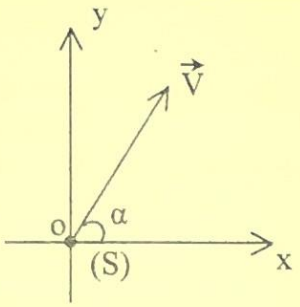
Un solide ponctuel S, de masse m = 2g, est lancé de l'origine O d'un repère galiléen d'axe O_x et O_y, à la date t = 0. Le vecteur vitesse initial $\vec{V_o}$ de ce solide est situé dans le plan xOy et fait angle K avec l'axe O_x (voir figure).
Dans toutes les expériences suivantes, supposées être réalisées dans le vide, $\vec{V_o}$ garde la même valeur $V_o = 2$ m.s^{-1}, l'angle K prenant par contre différentes valeurs.
1- Le solide S est soumis à la seule action d'un champ de pesanteur uniforme caractérisé par un vecteur $\vec{g}$ tel que g = 10 m.s^{-2}.
a) Quand K = 90°, calculer l'ordonnée y(M) du sommet M de la trajectoire du solide.
b) Quand K = 45°, montrer que l'ordonnée y(M') du sommet M' de la trajectoire est telle que $y(M') = \frac{1}{2} y(M)$; quelles sont les coordonnées de M' ?

2- On prend $\alpha = 0$ et le solide S porte maintenant une charge électrique q. On superpose au champ de pesanteur un champ électronique uniforme, indépendant du temps, caractérisé par un vecteur $\vec{E}$

a) Lorsque $q = -2.10^{-6}$C, le mouvement du solide est rectiligne uniforme : En déduire les caractéristiques (direction, sens, intensité) du champ électronique.

b) Lorsque $q = -6.10^{-6}$C :

- Etablir l'équation de la trajectoire du solide dans le système d'axes Ox,Oy ;
- Montrer que cette trajectoire par le point M' défini en 1-b), et déterminer les caractéristiques du vecteur vitesse du solide en ce point.



Exercice P_5-4

On prendra $g = 10\ m.s^{-2}$

Une sphère conductrice M, assimilable à un point matériel, de masse m = 2,0 g et portant une charge q positive, est suspendue en un point fixe O, par l'intermédiaire d'un fil isolant, inextensible, de masse négligeable, de longueur ℓ = 10 cm. Le pendule ainsi constitué est placé entre 2 armatures métalliques A et B, planes horizontales de grandes dimensions, distantes entre elles de d = 20 cm. Le point de suspension O est situé à 5 cm au-dessous de l'armature supérieure A. On applique entre les deux armatures, une différence de potentiel $U_{AB} = V_A - V_B = 2000V$, créant alors entre A et B, un champ électrostatique uniforme, $\vec{E}$

1- Donner les caractéristiques de la force électrostatique et de la force de pesanteur s'exerçant sur la sphère M.

2- La sphère porte une charge électrique $q = +0{,}20.10^{-6}$C. Le pendule est écarté de sa position d'équilibre d'un angle de 90°, et abandonné sans vitesse initiale. Déterminer la vitesse de la sphère M, la tension du fil au passage à la verticale.

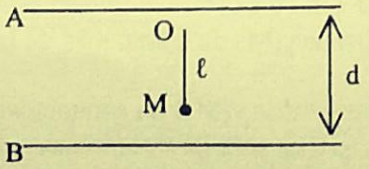
3- Le fil casse au passage à la verticale.

a) Déterminer l'équation et la nature de la trajectoire de M après la rupture du fil.

b) La durée du mouvement, jusqu'au moment où M touche l'armature B est ;

α) $9{,}5.10^{-2}$ s; β) 2.10^{-6}s ; γ) 1s

Quelle est la bonne durée. Justifier votre choix.



Exercice P_5-5

N.B. : On négligera dans tout le problème les forces de pesanteur.

1/ Un mobile assimilable à un point matériel est soumis à une forces $\vec{F}$ verticale constante. A un instant choisi comme origine des temps, le mobile a une vitesse $\vec{V_o}$ horizontale.

a) Montrer que la trajectoire du mobile est dans le plan contenant $\vec{V_o}$ et $\vec{F}$.

b) Etablir l'équation de cette trajectoire dans le repère (Ox, Oy) ; O est le point où la vitesse est $\vec{V_o}$, Ox est horizontal orienté suivant $\vec{v_o}$ et Oy vertical, orienté selon $\vec{F}$. F est le module de $\vec{F}$, v_o celui de $\vec{v_o}$ et m la masse du mobile.

2/ Un électron pénètre avec une vitesse $\vec{v_o}$ parallèlement et à égale distance des armatures d'un condensateur plan. Entre ces armatures horizontales, longues de l et distantes de d, existe un champ électrique uniforme de module $E = \frac{U}{d}$

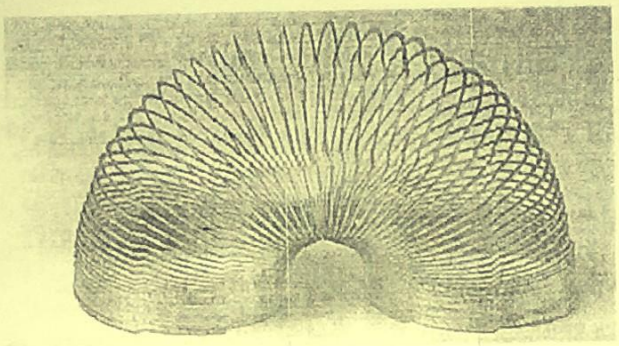
L'expérience a lieu dans le vide. U est une tension constante existant entre les armatures de ce condensateur.

a) En utilisant les résultats du 1/ écrire l'équation de la trajectoire de l'électron dans le condensateur.

b) A la sortie du condensateur, l'électron décrit une trajectoire rectiligne. Montrer que cette nouvelle trajectoire coupe le support de $\vec{v_o}$ au point I d'abscisse OI = (O est le point où l'électron pénètre dans le condensateur).

c) Un écran perpendiculaire à $\vec{v_o}$ est à la distance D de I. Montrer que la déviation Y du point d'impact de l'électron sur l'écran est proportionnelle à U ($D > \frac{l}{2}$)

(D'après Concours d'Entrée à la FSS/1998)



Chapitre 6 (Physique)

LE PENDULE ELASTIQUE

L'essentiel du cours

1) DEFINITION

Un pendule élastique est constitué par un solide suspendu à l'extrémité d'un ressort. Ecarté de sa position d'équilibre, il s'anime d'un mouvement de translation rectiligne en oscillant autour de sa position d'équilibre. Le pendule élastique est un oscillateur mécanique harmonique de translation.

2) FORCE DE RAPPEL ELASTIQUE

Que le ressort travaille en extension ou en compression, la force $\vec{F}$ qu'il exerce pointe toujours vers la position I d'équilibre. Cette force, nommée **force de rappel**, s'exprime vectoriellement par :

$$\vec{F} = -k.\vec{IM} \text{ avec } \begin{cases} \text{I position d'équilibre et M position quelconque} \\ \text{du centre d'inertie du solide en mouvement.} \end{cases}$$

Sur un axe Ix (axe d'origine I), la relation précédente donne :

$$\vec{F} = -k \times \vec{I}$$

3) CARACTERISTIQUES DU MOUVEMENT

- L'équation différentielle d'un pendule élastique est : $m\frac{d^2x}{dt^2} = -kx$ ou $m\ddot{x} + kx = 0$
- La solution de cette équation est :

$$x = x_m \cos(\omega_o t + \varphi) \text{ ou } x = x_m \sin(\omega_o t + \varphi)$$

avec x_m = amplitude
x = élongation
ω_o = pulsation propre
φ = phase initiale

Il est important de se rappeler les expressions de :

* la période : $T_o = \frac{2\pi}{\omega_o} = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}}$

* la pulsation propre : $\omega_o = \sqrt{\frac{k}{m}}$

* la fréquence : $N_o = \frac{1}{T_o}$

* l'accélération : $\ddot{x} = -\omega^2_o x$

* l'énergie potentielle élastique : $Ep_{el} = \frac{1}{2}kx^2$

* la conservation de l'énergie mécanique : $E_c + E_p$ = constante.

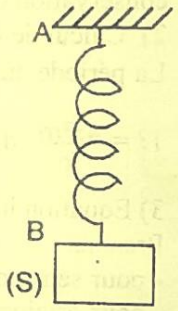
4) PHENOMENE D'AMORTISSEMENT

Par suite de l'existence d'inévitables phénomènes dissipatifs d'énergie (en particulier en présence de frottements), l'énergie mécanique diminue, l'amplitude de l'oscillation décroît jusqu'à l'arrêt de l'oscillateur : c'est le phénomène d'amortissement.

Pour maintenir en vibration un oscillateur, on peut, par un moyen adapté, fournir à chaque instant à l'oscillateur l'énergie qu'il perd par suite des frottements : les oscillations ne sont plus libres, elles sont entretenues (ou forcées).

5) EXERCICE RESOLU

Enoncé



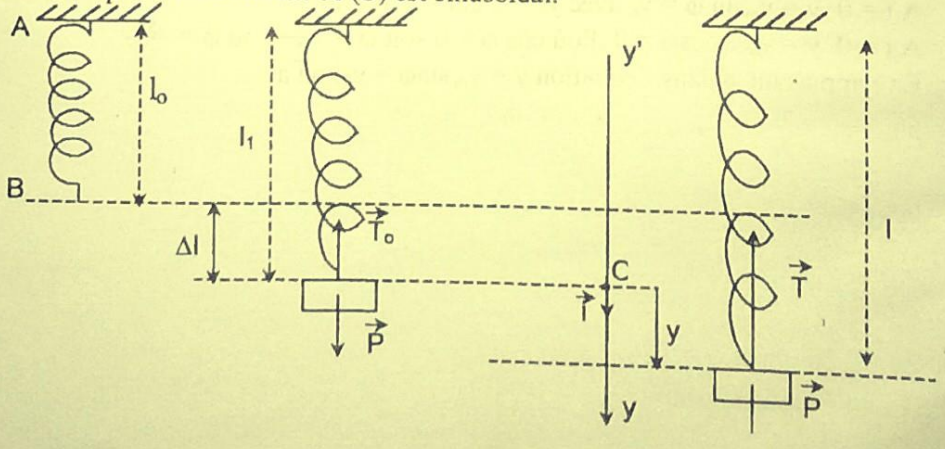
On dispose d'un ressort à spires non jointives de masse négligeable, de longueur AB et supportant en B un solide (S) de masse m. La constante de raideur du ressort est k = 2,5 N.m^{-1}.
On déplace verticalement le solide (S) à partir de sa position d'équilibre de 2 cm vers le bas et on l'abandonne sans vitesse initiale.

1) Montrer que le mouvement de (S) est sinusoïdal.
2) La période des oscillations est T = 1,25 s. Calculer la masse m du solide (S).
3) Etablir l'équation horaire y = f(t) de (S). On précisera le sens positif, les origines des espaces et du temps choisis.

D'après Bac 1992 Bénin (Série D)

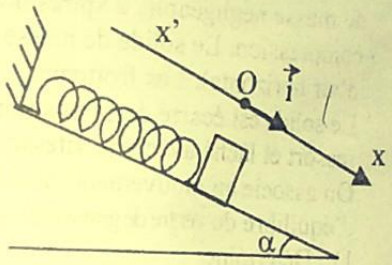
Solution détaillée

1) Montrons que le mouvement de (S) est sinusoïdal.



Exercice P_6-3

On considère un ressort à spires non jointives de masse négligeable, de raideur $k = 50\ N.m^{-1}$ et dont l'une des extrémités est fixée à un support fixe. A l'autre extrémité du ressort on accroche un solide (S) de masse m = 500 g. Le dispositif est tel que le solide (S) peut glisser sans frottement suivant un axe x'x sur le plan P incliné d'un angle $\alpha = 30°$ par rapport au plan horizontal. (voir figure).



1) Calculer l'allongement Δl_o du ressort quant le système (ressort-solide (S) – terre) est en équilibre. On prendra g = 10 N/kg.

2) On déplace le solide S à partir de sa position d'équilibre prise comme origine des abscisses en comprimant le ressort d'une longueur a = 4 cm, puis on l'abandonne sans vitesse initiale à la date t = 0 s.

a) En appliquant le théorème du centre d'inertie au solide (S), établir l'équation différentielle de son mouvement

b) Déterminer l'équation horaire du mouvement.

c) La période T du mouvement dépend-elle de l'angle α ?

3) a) En prenant comme référence de l'énergie potentielle de pesanteur le plan horizontal contenant le centre de gravité du solide S à l'équilibre, exprimer en fonction du temps t les valeurs de :

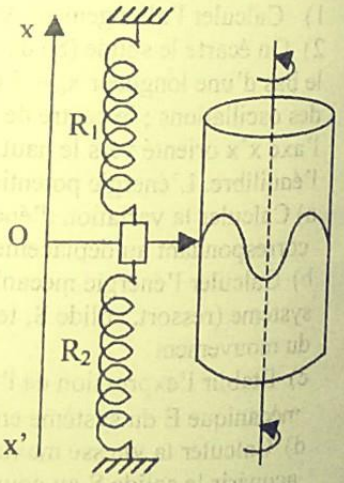
- l'énergie potentielle du système (solide - ressort – terre)
- l'énergie cinétique du système

b) Montrer que l'énergie mécanique totale du système se conserve.

Exercice P_6-4

Un solide S de masse m = 100 g est placé entre deux ressorts R_1 et R_2 identiques. Les ressorts sont convenablement guidés pour que le mouvement du solide S soit de translation verticale. Lorsque le solide S est en équilibre, les deux ressorts sont tendus ; le ressort R_1 est allongé de a_1 tandis que le ressort R_2 est allongé de a_2. Soit k la raideur de chaque ressort. Le solide S, écarté de sa position d'équilibre puis abandonné se met à osciller. On prend comme origine la position G_o du centre d'inertie G du solide S à l'équilibre.

L'abscisse x de G à l'instant t sera déterminée sur l'axe (O, i) vertical ascendant (voir schéma). Les deux ressorts sont toujours tendus pendant le mouvement.



1) Etablir la relation entre a_1 et a_2 à l'équilibre.

2) Le solide est à une hauteur $x < a_1$ au dessus de sa position d'équilibre à un instant t.

a) Exprimer littéralement en fonction de x l'énergie potentielle du système (solide S, ressort R_1, ressort R_2, terre).

b) En utilisant la conservation de l'énergie mécanique, établir l'équation différentielle qui régit le mouvement.

c) En déduire la nature et l'expression de la période du mouvement du solide S.

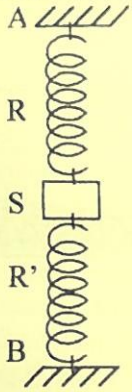
3) On fixe un stylet inscripteur sur le solide S et on enregistre son mouvement sur une feuille de papier enregistreur enroulé sur un cylindre de rayon R = 10 cm tournant à la vitesse constante de n =15 tours par minute. L'axe du cylindre est vertical (voir schéma). Sur le papier enregistreur déroulé, on constate que 25 oscillations sont représentées sur la longueur L =31,4cm.

a) Calculer la fréquence N du mouvement enregistré.

b) En déduire la constante de raideur des ressorts.

Exercice P_6-5

Un oscillateur est constitué de deux ressorts R et R' et d'un solide S de masse m = 160 g. L'extrémité supérieure de R est accrochée à un point fixe A, l'extrémité inférieure au solide S. L'extrémité supérieure de R' est accrochée à S l'extrémité inférieure à un point fixe B situé sur la même verticale que A ; la distance AB est telle que les deux ressorts sont toujours tendus au cours du mouvement de l'oscillateur.



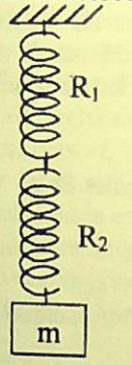
On donne : raideur de R : $k = 50\ N.m^{-1}$
raideur de R' : $k' = 40\ N.m^{-1}$
intensité de la pesanteur : $g = 10\ m.s^{-2}$

a) A l'équilibre le ressort R est allongé de b = 8 cm ; quel est l'allongement b' de R' ?

b) On tire légèrement S vers le bas ; on l'abandonne sans vitesse. S prend un mouvement de translation verticale. Montrer que l'oscillateur est harmonique et calculer sa période. Les frottements sont négligeables.

Exercice P_6-6

On place bout à bout deux ressorts R_1 et R_2 de masses négligeables, d'axe vertical commun. Les raideurs respectives de R_1 et R_2 sont k_1 et k_2. Une masse ponctuelle m est accrochée à l'extrémité inférieure de l'ensemble.



1) Le système est d'abord supposé en équilibre. L'intensité de la pesanteur étant désignée par g, montrer que les deux ressorts ont la même tension puis déterminer leurs allongements respectifs a_1 et a_2 en fonction de m, g, k_1 et k_2.

2) On écarte ensuite verticalement la masse m de sa position d'équilibre et on l'abandonne à elle-même. Elle prend un mouvement oscillatoire. A l'instant t son abscisse est $\overline{OA} = x$, O désignant la position d'équilibre. Les allongements des ressorts à cet instant sont respectivement :
$a'_1 = a_1 + x_1$ et $a'_2 = x_2 + a_2$

a) Exprimer respectivement x_1 et x_2 en fonction de x, de k_1 et k_2.
b) Etablir l'équation différentielle du mouvement. En déduire la nature du mouvement et l'expression de la période T.
c) A.N. Calculer la période T des oscillations pour $k_1 = k_2 = 49$ N.m^{-1} et m = 0,36 kg ; g = 9,80 N/kg.

Exercice P_6-7

1) On accroche un solide (S) de masse m = 200 g à l'extrémité libre d'un ressort R vertical à spires non jointives dont l'autre extrémité est fixe (voir figure 1). La constante de raideur du ressort R vaut k = 25 N/m.
Le solide étant à l'équilibre, on le tire verticalement vers le bas d'une longueur x_o = 5 cm et on l'abandonne sans vitesse initiale à l'instant t = 0.
a) Etablir l'équation différentielle et l'équation horaire caractérisant le mouvement du solide.
b) Calculer la période T des oscillations de ce pendule.
Que devient cette période si on fait osciller ce pendule sur la lune ? On rappelle que l'accélération de la pesanteur sur la terre est 6 fois plus grande que celle existant sur la lune.
c) Calculer la valeur de la vitesse et de l'accélération du solide lorsque celui-ci s'est déplacé par rapport à sa position d'équilibre d'une longueur l = 2,5 cm.

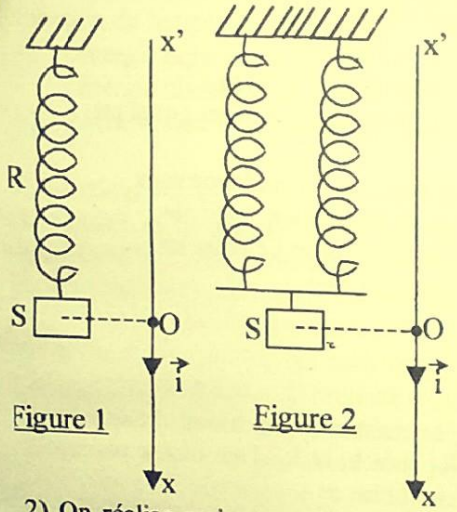


Figure 1

Figure 2

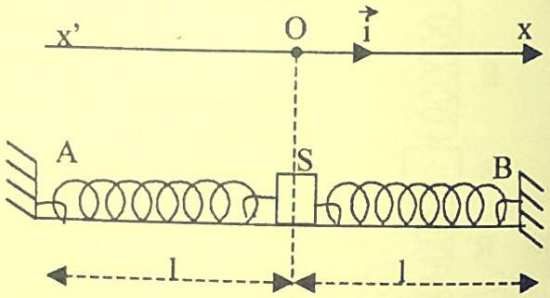


Figure 3

2) On réalise maintenant le montage de la figure 2 avec deux ressorts identiques (même longueur à vide l_o = 20 cm, même constante de raideur k = 25 N/m). A partir de la position d'équilibre du solide, on le tire verticalement vers le bas d'une longueur x_o = 5 cm et on le lâche sans vitesse initiale.
a) Calculer l'allongement des ressorts à l'équilibre.
b) Etablir l'équation différentielle du mouvement des oscillations verticales de ce nouvel oscillateur.
c) Donner l'expression de la période T_1 de ce pendule. En déduire entre la relation T_1 et T.
d) Déterminer l'expression de l'énergie potentielle du système ainsi formé lorsque

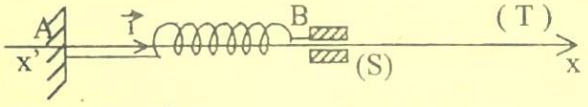
le solide est à l'abscisse x_o. En déduire la vitesse du solide lorsque son centre d'inertie passe par la position d'équilibre.
L'énergie potentielle de pesanteur sera prise égale à zéro dans la position d'équilibre du solide S.
3) Les deux ressorts précédents sont accrochés au solide (S) comme l'indique la figure 3.La longueur à vide de chaque ressort est toujours l_o = 20 cm.La longueur des ressorts lorsqu'ils sont accrochés au solide (S) est l = 45 cm. Les ressorts sont toujours tendus au cours du mouvement. Les frottements sont négligeables sur la table plane et horizontale.
On tire le solide (S) suivant la droite AB d'une distance x_o = 5 cm et on l'abandonne sans vitesse initiale.

a) Etablir l'équation différentielle du mouvement.
b) Calculer la période T_2 des oscillations du pendule. La comparer à T et à T_1.
c) Calculer la vitesse maximale du solide.

N.B. : On prendra si c'est nécessaire g = 10 N/kg sur terre.

Exercice P_6-8

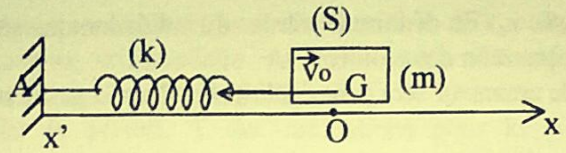
Un ressort de raideur k, à spires non jointives et de masse négligeable, est enfilé sur une tige horizontale (T) dont il est solidaire en son extrémité A. L'autre extrémité B du ressort est liée à un solide (S) supposé ponctuel et de masse m. L'ensemble ressort plus solide (S) coulisse sans frottement sur la tige (T).



On oriente l'axe $\overrightarrow{x'x}$ comme indiqué sur la figure et on choisit comme origine O de l'axe la position d'équilibre du solide (S) (S) est écarté de la position d'équilibre suivant la direction x'x et lâché sans vitesse initiale. Il passe en O à l'instant pris comme origine des temps avec un vecteur vitesse dirigé de O vers A : $\vec{V}_o = -V_o\vec{i}$; $\vec{i}$ étant le vecteur unitaire qui oriente l'axe $\overrightarrow{x'x}$.
On donne : $V_o = 0{,}164\ m.s^{-1}$; $k = 10 N.m^{-1}$; m = 0,15 kg
1) Etablir l'équation différentielle du mouvement de (S).
2) On sait que la solution de cette équation peut être cherchée sous la forme :
$x(t) = X_m \cos(\omega_o t + \varphi)$ avec $X_m > 0$
Etablir l'expression de la pulsation propre ω de ce mouvement. Calculer sa valeur numérique.
3) Déterminer les valeurs des constantes X_m et φ et écrire l'équation horaire x (t) du mouvement de (S).

Exercice P_6-9

Les frottements seront négligés dans tout l'exercice.
Un ressort, de masse négligeable, à spires non jointives, de coefficient de raideur k = 10 $N.m^{-1}$, peut se déplacer le long de l'axe horizontal Ox ; on fixe l'une de ses extrémités en A et on accroche à l'autre extrémité un objet S de masse m = 0,1 kg
Lorsque S est en équilibre, la projection sur x'x de son centre d'inertie G coïncide avec l'origine O des abscisses. L'objet S étant en équilibre, on lui communique une vitesse $\vec{V}_o$ dirigée suivant l'axe du ressort (voir figure) et de valeur $V_o = 0{,}4\ m.s^{-1}$



A la date t = 0.

1) Etablir l'équation différentielle du mouvement du centre d'inertie G du solide S.

2) En déduire l'équation horaire du mouvement de G en précisant les valeurs numériques de l'amplitude, de la pulsation et de la phase.

3) a) Exprimer, à la date t, l'énergie mécanique totale E_m du système «ressort plus solide S », en fonction de k, m, x et $\dot{x} = \frac{dx}{dt}$

Donner la valeur de E_m en fonction de k et de l'élongation maximale X_m.

b) Retrouver l'équation différentielle établie en 1- à partir de l'expression de l'énergie mécanique E_m.

Exercice P_6-10

Un solide S de masse m est accroché à un ressort de coefficient de raideur k à spires non jointives. Il peut glisser sans frottement sur un plan horizontal. Le centre de masse G de S est repéré sur un axe horizontal x'Ox dont l'origine correspond à la position de repos de S (voir figure 1)

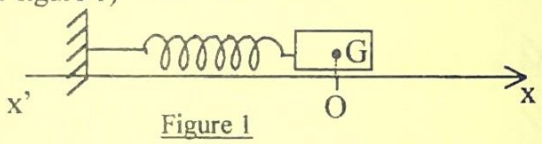
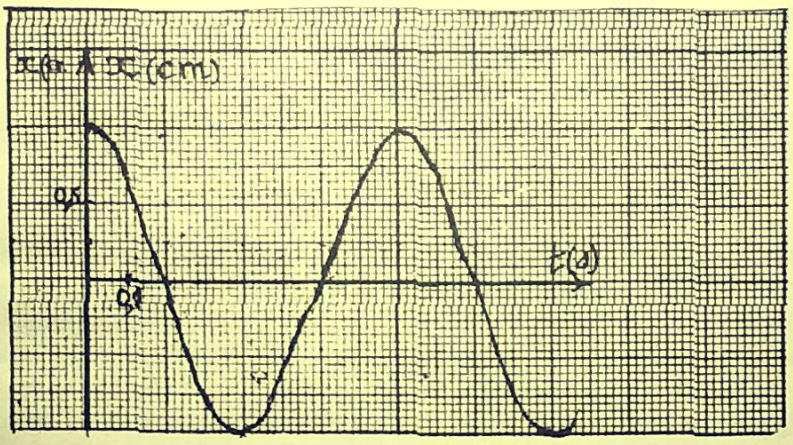


Figure 1

Le ressort est allongé d'une longueur λ_o et le solide S est lâché à l'instant t = 0. Un dispositif permet d'enregistrer la variation de l'abscisse x en fonction du temps (voir figure2).



1- Déterminer, à partir du graphique, les conditions initiales du mouvement ainsi que le sens de déplacement du mobile lorsqu'il passe pour la première fois par l'origine. Quelle est la période T et la pulsation propre C_o du mouvement ?

2- Etude du mouvement du solide.

a) Faire le bilan des forces agissant sur le solide : on fera un schéma soigné du système étudié en indiquant l'orientation des forces et leur point d'application.

b) Etablir l'équation différentielle du mouvement du solide. Quelle relation existe-t-il entre ω_o, m, et k ?

c) L'équation horaire du mouvement est $x(t) = x_o \cos(\omega_o t)$. Montrer qu'elle vérifie l'équation différentielle établir ainsi que les conditions initiales.

3- Donner l'expression de l'énergie potentielle élastique du ressort à un instant quelconque en fonction de k, x_o, ω et t. Sachant que l' énergie potentielle élastique du ressort à l'instant t = 0 est égale à $3{,}7.10^{-2}$ J déterminer la valeur de k. Quelle est la valeur de la masse m ?

Exercice P_6-11

On suspend un solide S de masse M = 50g à un ressort R_1 dont une extrémité est fixée à un support rigide.

1- On déplace le solide S verticalement, vers le bas d'une longueur a et on le laisse partir sans vitesse initiale.

a) Décrire le mouvement de S en précisant sa nature.

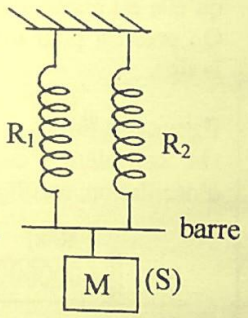
b) On trouve que la durée de dix oscillations est 3,5 s. Calculer la raideur K_1 du ressort.

c) Quel est l'allongement de ce ressort quand S est immobile ? Sa longueur, dans ces conditions est 5 cm. Pourquoi ?

2- On ajoute à coté du précédent, entre le support et S, un deuxième ressort de raideur $K_2 = 10$ N.m^{-1} et de longueur au repos $\ell_2 = 1{,}5$ cm. F_1 et F_2 sont les intensités des forces exercées par chacun des ressorts sur S.

a) Calculer la nouvelle position d'équilibre du solide S.
Calculer $\frac{F_1}{F_2}$

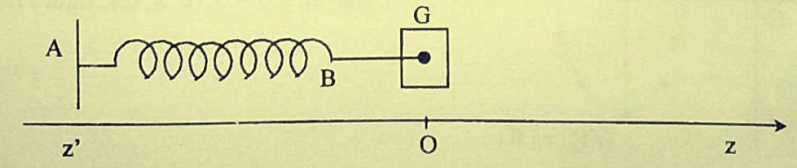
b) Calculer les caractéristiques du ressort équivalent à R_1 et R_2 qui exercerait la même force pour chaque position de S.



c) Le rapport $\frac{F_1}{F_2}$ est-il constant au cours des oscillations ?
On prendra g = 10 N kg^{-1}

Exercice P_6-12

Un ressort horizontal AB, à spires non jointives, de raideur k et de masse négligeable porte à son extrémité B, un corps C de masse m. Ce corps peut glisser le long d'une tige parallèlement à la direction z'z. A l'équilibre, le centre de masse G du corps C coïncide avec l'origine O du repère (Voir schéma).



1/ a) Représenter sur un schéma, toutes les forces qui s'exercent sur le corps C, lorsqu'il est en mouvement.
b) Etablir l'équation différentielle qui traduit le mouvement du centre de masse G.
c) En déduire l'expression générale de l'équation horaire z(t).
2/ Le mouvement de G est enregistré par un oscilloscope. Le dispositif électronique d'enregistrement fait correspondre proportionnellement une tension U à un allongement z du ressort tel que pour U = +6V, on note un allongement z = 12 cm.
a) Compléter alors le tableau ci-après, renfermant les valeurs relatives au mouvement de G.

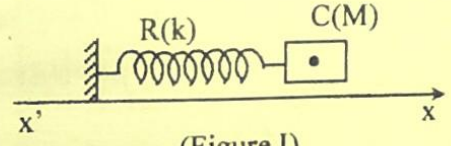
$T_{(ms)}$	0	50	100	150	175	200	250	350	400	525	600	700	750	800	875
$U_{(V)}$	-3	-2,6	-1,8	-0,7	0	+0,6	+1,9	+3	+2,7	0	-1,8	-3	-2,6	-1,8	0
$z_{(cm)}$															

b) Tracer la courbe z = f(t)
Echelles : 2 cm pour t = 100 ms
: 0,5 cm pour z = 1 cm
c) Cette étude expérimentale est-elle conforme à l'étude théorique faite précédemment ? justifier votre réponse.
3/ a) A partir de la courbe z = f(t), déterminer graphiquement la période, la pulsation, l'amplitude et la phase φ à l'origine des temps du mouvement.
b) En déduire l'expression z = f(t)
4/ Calculer la masse du corps C sachant que la raideur du ressort est k = 18,5 N/m.
5/ Etablir l'expression littérale de l'énergie mécanique totale du système. Montrer qu'elle est constante. Calculer sa valeur numérique.
On prendra pour nulle l'énergie potentielle de pesanteur au plan horizontal portant la tige.

(D'après Concours d'Entrée à la FSA/1999)

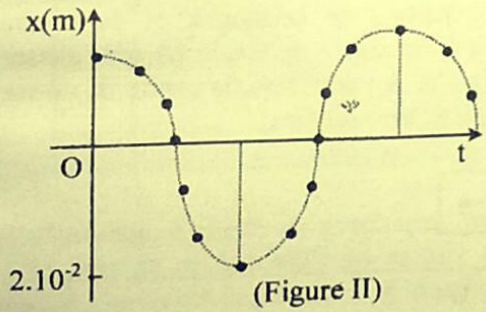
Exercice P_6-13

On considère l'oscillateur mécanique suivant dont on étudie le mouvement d'oscillation, rectiligne et horizontal (cf. figure I).



(Figure I)

C'est un système constitué d'un corps C de masse M fixé à l'extrémité d'un ressort R à spires non jointives, de raideur k, et de masse négligeable.
L'enregistrement, en fonction du temps, de l'élongation x d'un point du corps C est donné sur la figure ci-contre. Les différents points sont obtenus par étincelage à intervalles de temps successifs égaux chacun à $\theta = 5.10^{-2}$s. (cf..figure II).



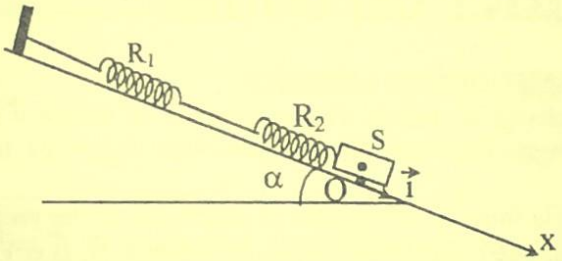
(Figure II)

1/ En supposant tous les frottements négligeables, établir l'équation différentielle du mouvement et donner l'expression de sa période propre T_0.
2/ Déduire de l'enregistrement avec le plus de précision possible :
a) la valeur de cette période propre,
b) l'expression numérique de l'élongation x en fonction du temps, compte tenu des origines choisies sur la figure.
3/ Vérifier la validité de cette expression en comparant les valeurs calculées avec les valeurs mesurées sur l'enregistrement, correspondant aux dates :
$t_1 = 15.10^{-2}$ s ; $t_2 = 3.10^{-1}$ s ; $t_3 = 60.10^{-2}$ s.
4/ Quelle valeur doit avoir la masse M du corps C pour que l'oscillation harmonique ait effectivement la période propre déduite de l'enregistrement.
On donne k = 5,5 N/m.

(D'après Concours d'Entrée en Kinésithérapie/2000)

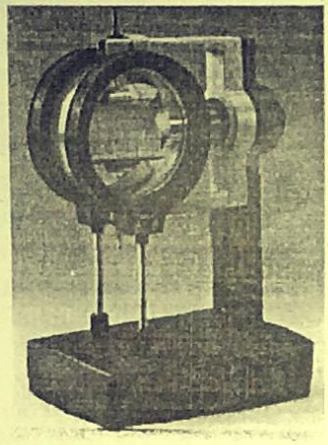
Exercice P_6-14

Dans tout l'exercice, on suppose que les frottements sont négligeables.
Deux ressorts R_1 et R_2 de raideur respectives K_1 et K_2, de longueur à vide lo_1 et lo_2 et de masse négligeable sont disposés comme l'indique la figure 1. On déplace le solide S de masse m = 10 g vers le bas de d = 5 cm et on le lâche sans vitesse initiale.



1) A un instant t, donner l'expression des allongements X_1 et X_2 des deux ressorts en fonction de k_1, k_2 et du déplacement X de S.
2) Etablir l'équation différentielle qui régit le mouvement de S.
Quelle est la nature de son mouvement ?
3) Le solide S effectue 5 oscillations en 1,49 secondes.
a) Déterminer l'équation horaire du mouvement.
b) Donner la représentation graphique X = f(t) sur 2 périodes.
4) La raideur du ressort R_2 est k_2 = 50 N/m. Calculer la raideur k_1 du ressort R_1.
5) Calculer l'énergie mécanique d'oscillation, du système ressort-solide sachant que l'allongement total des ressorts à l'équilibre est $X_O = \frac{d}{2}$.

(D'après Concours d'Entrée en Pharmacie/2001)



CHAMP MAGNETIQUE et ACTION d'un CHAMP MAGNETIQUE sur une PARTICULE CHARGEE

L'essentiel du cours

1) FORCE MAGNETIQUE DE LORENTZ

Une particule de charge q, animée d'un mouvement de vitesse $\vec{v}$ dans le champ magnétique $\vec{B}$, subit une force magnétique appelée force de Lorentz, telle que :
$\vec{F} = q\,\vec{v} \wedge \vec{B}$.

- La direction de la force est orthogonale au plan formé par les vecteurs $\vec{v}$ et $\vec{B}$.
- Son sens est tel que le trièdre formé par les vecteurs $q\vec{v}$, $\vec{B}$ et $\vec{F}$ soit direct ; le sens du vecteur $q\vec{v}$ dépend évidemment du signe de la charge q.
- Son module (ou intensité) est donné par : $F = |q|\, v\, B \sin\alpha$.

avec
- α l'angle inférieur a π formé par $q\vec{v}$ et $\vec{B}$;
- F en newtons (N) , v en m/s ;
- q en coulombs (C), B en teslas (T).

2) ETUDE DYNAMIQUE : cas où le vecteur vitesse initiale $\vec{v}_o$ est perpendiculaire à $\vec{B}$ ($\alpha = \frac{\pi}{2}$)

- Dans une zone où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, une particule de charge q arrivant avec une vitesse initiale $\vec{v}_o$ perpendiculaire à $\vec{B}$ est animée d'un mouvement circulaire uniforme dans le plan perpendiculaire à $\vec{B}$.

- Le rayon de la trajectoire circulaire est : $R = \dfrac{mv_o}{|q|\,B}$

- La valeur de la quantité de mouvement est : $p = mv_o = |q|\,R\,B$.

- L'expression de la période est : $T = \dfrac{2\pi}{\omega} = \dfrac{2\pi m}{|q|\,B}$

3) EXERCICE RESOLU

Enoncé

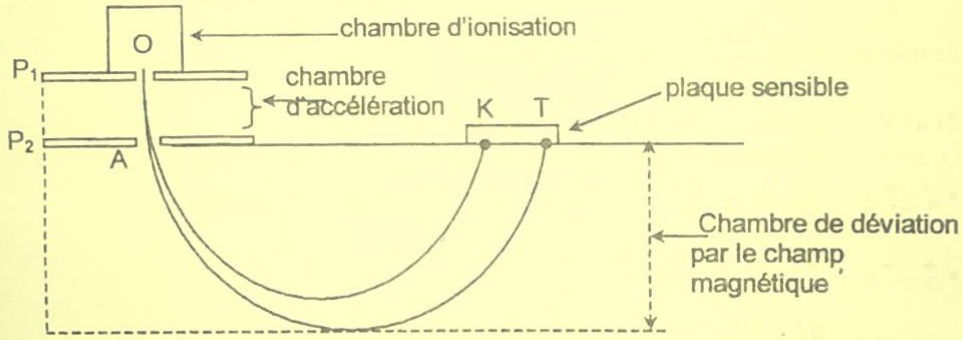
L'uranium naturel contient essentiellement deux isotopes : l'uranium 235 et l'uranium 238. On désire séparer les deux isotopes de l'uranium à l'aide d'un spectrographe de masse (voir figure).

Les ions $^{235}U^{+}$ de masse m_1 et $^{238}U^{+}$ de masse m_2 produits dans une chambre d'ionisation sont introduits avec une vitesse initiale négligeable en O dans une chambre d'accélération entre deux plaques P_1 et P_2 soumises à une tension $U = V_{P1} - V_{P2}$. Ces ions sortent par la fente A.

1) a) Représentez sur un schéma le sens du champ électrique $\vec{E}$ régnant entre les plaques P_1 et P_2 permettant l'accélération des ions.

b) Exprimez les vitesses v_1 et v_2 des ions $^{235}U^{+}$ et $^{238}U^{+}$ en fonction de q, U et ses masses respectives m_1 et m_2.

En déduire une relation entre m_1, m_2, v_1, et v_2.



2) A la sortie en A de la chambre d'accélération les ions pénètrent dans une région où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ perpendiculaire au plan de la figure.

a) Quel doit être le sens de $\vec{B}$ pour que les ions soient déviés vers la plaque sensible ?

b) Démontrez que les ions prennent dans le champ magnétique un mouvement circulaire uniforme dans un plan que vous préciserez.

c) Déterminez les rayons de courbures R_1 et R_2 des trajectoires des ions en fonction de $U = V_{P1} - V_{P2}$, q, B et de la masse de l'ion correspondant.

d) Déterminez l'ion qui correspond à chacune des traces K et T sur la plaque sensible. Calculer la distance KT.

3) Le courant d'ions issu de la chambre d'ionisation a une intensité de 10 µA. Sachant que l'uranium naturel contient en nombre d'atomes 0,7 % d'isotopes légers, calculer en mg la masse de chaque isotope recueillie en 24 h.

Données numériques : $B = 10^{-3}$ T ; $U = 4$ kV ;

Charge électrique élémentaire: $e = 1{,}6.10^{-19}$ C

Unité de masse atomique: $1\ u = 1{,}66.10^{-27}$ kg

Masse de l'uranium 235: $m_1 = 235\ u$

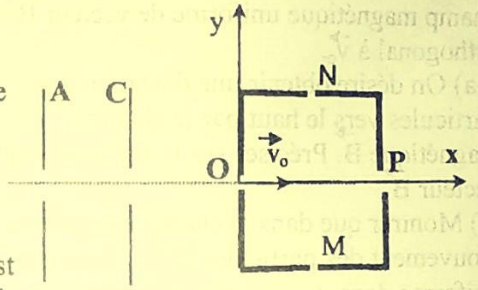
Masse de l'uranium 238: $m_2 = 238\ u$

2) Quelle doit être la vitesse des particules pour que, soumises simultanément aux champ $\vec{E}$ et $\vec{B}$, elles ne subissent aucune déviation entre les armatures ?
3) Décrire comment sont déviées les particules plus lentes et les particules plus rapides.

Exercice P_7-3

Dans le dispositif ci-dessous règne un vide poussé. La force de pesanteur sera négligée par rapport aux autres forces.

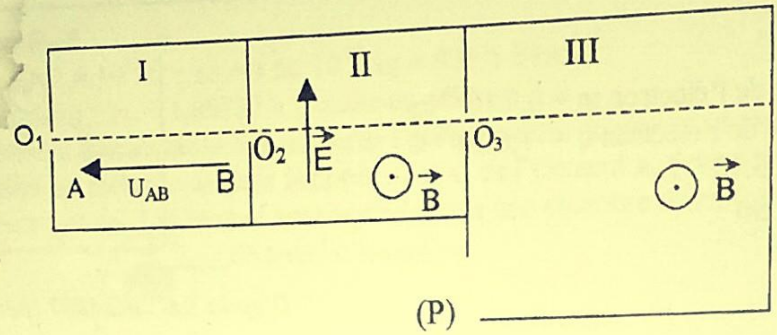
Un faisceau homocinétique de protons d'abord accéléré par une tension appliquée entre deux plaques A et C pénètre en O à une vitesse $v_o = 800$ km.s^{-1} dans une enceinte de section carrée de côté $2r = 50$ cm où les ouvertures OMPN sont situées aux milieux des côtés. Le proton est une particules de masse. $m = 1{,}67 \times 10^{-27}$ kg et de charge $q = 1{,}6 \times 10^{-19}$ C.



1) a) Quel doit être le signe de la différence de potentiel $U = V_A - V_C$?
b) Calculer en joule et en électron-volt l'énergie cinétique d'un proton qui franchit l'ouverture O.
2) Dans cette enceinte règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ pour que les protons décrivent à la vitesse constante v_o un quart de cercle de rayon r avant de sortir par l'ouverture M.
a) Donner l'expression de la force $\vec{F}$ qui s'exerce sur un proton de vitesse $\vec{v_o}$ dans le champ magnétique $\vec{B}$.
b) Préciser la direction et le sens de $\vec{B}$.
c) Etablir l'expression de la valeur B du champ magnétique en fonction de v_o, q, m et r. Calculer numériquement B.
3) On supprime le champ magnétique précédent et on applique maintenant un champ électrique uniforme $\vec{E}$ pour que le faisceau franchisse l'ouverture N après avoir décrit une trajectoire parabolique dans le repère (Ox ; Oy).
a) Donner l'expression de la force $\vec{F'}$ qui s'exerce sur un proton dans le champ électrique uniforme $\vec{E}$.
b) Préciser la direction et le sens de $\vec{E}$.
c) Donner l'expression de la valeur E du champ électrique en fonction de m, v_o, q, E et r. Calculer numériquement E.
4)Les champs $\vec{E}$ et $\vec{B}$, conservant les directions et sens précédents, sont appliqués simultanément. Quelle relation doivent vérifier leurs valeurs pour que les protons sortent du dispositif par l'ouverture P sans être déviés ?

Exercice P_7-4

Un spectrographe de masse est composé de 3 enceintes notées (I), (II) et (III) sur la figure ci-dessous :



1) Des ions potassium K^+ pénètrent sans vitesse initiale dans l'enceinte (I) par l'ouverture O_1 et sont ensuite accélérés par une tension $U_{AB} = U$ appliquée entre les plaques A et B. Etablir l'expression de la vitesse v des ions à leur sortie en O_2, en fonction de leur charge q et de leur masse m.

2) Ces ions pénètrent par l'ouverture O_2 dans l'enceinte (II) où règnent simultanément un champ électrique $\vec{E}$ et un champ magnétique $\vec{B}$ dont les direction et sens sont indiqués sur le schéma.

a) Déterminer les caractéristiques (direction, sens et module) des forces électriques $\vec{F}_e$ et magnétique $\vec{F}_m$ agissant sur un ion K^+ à son entrée en O_2.

b) En déduire que seuls les ions dont la vitesse est telle que $v = E/B$ pourront sortir par l'ouverture O_3.

c) Les valeurs de E et B sont fixées : $E = 5.10^4$ V/m et B = 0,5 T. Quelle valeur doit-on donner à la tension accélératrice U pour sélectionner les ions de l'isotope ^{39}K ?

On donne : $\begin{cases} e = 1{,}6.10^{-19}\text{C (charge électrique élémentaire)} \\ m_p = m_n = 1{,}67.10^{-27}\text{ kg (masse d'un nucléon).} \end{cases}$

3) Les ions ainsi sélectionnés pénètrent dans l'enceinte (III) par l'ouverture O_3 et ne sont plus soumis qu'au seul champ magnétique $\vec{B}$ (champ précédent)
On observe sur la plaque sensible (P) une trace T due à l'impact des ions.
Interpréter la position de cette trace et calculer la distance O_3T (expression littérale puis valeur numérique).

Exercice P7-5

Un électron pénètre dans un champ magnétique uniforme de vecteur $\vec{B}$ agissant dans un domaine de largeur l avec une vitesse $\vec{v}$ perpendiculaire à $\vec{B}$. (voir figure).

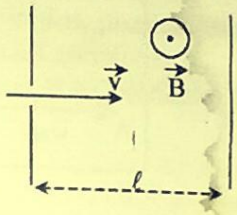
1) Montrer que dans l'espace champ magnétique le mouvement de l'électron est circulaire et uniforme dans le plan perpendiculaire à $\vec{B}$. On négligera le poids de l'électron devant les autres forces.

2) Quelle devrait être la valeur de la vitesse à l'entrée du champ pour que l'électron ressorte en un point S après avoir dévié d'un angle $\alpha = 30°$?

3) On superpose au champ magnétique un champ électrique $\vec{E}$. Donner les caractéristiques de ce champ pour que la déviation de l'électron devienne nulle. Faire un schéma et représenter $\vec{E}$, $\vec{F}_m$ (force magnétique) et $\vec{F}_e$ (force électrique).

Données numériques :

- masse de l'électron $m = 0{,}9.10^{-30}$ kg
- charge de l'électron $q = -1{,}6.10^{-19}$ C
- $B = 1{,}5.10^{-3}$ T
- $\ell = 3$ cm



D'après BAC BG 1987 (Bénin)

Exercice P_7-6

1) Un faisceau d'électrons, émis d'une cathode par effet thermoélectronique, est accéléré au moyen d'une anode OA. La différence de potentiel entre anode et cathode est $U_o = 285$ V. Cette valeur est suffisamment faible pour que le mouvement des électrons entre les deux électrodes puisse être considéré comme non relativiste. En admettant que les électrons sont émis par la cathode avec une vitesse négligeable, exprimer littéralement puis numériquement la vitesse v_o des électrons lorsqu'ils traversent le trou A.

2) Le faisceau d'électrons pénètre ensuite dans une région où règne un champ magnétique $\vec{B}$ dans laquelle il décrit un quart de cercle de rayon R = 20 cm. Calculer littéralement (en fonction de U_o et de R), puis numériquement, la norme B du champ magnétique.

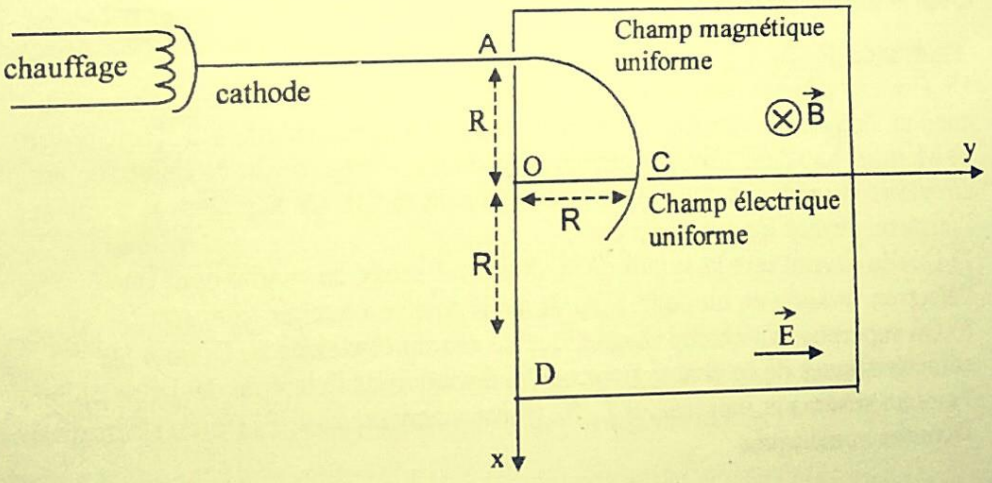
Caractériser le vecteur vitesse $\vec{v}$ des électrons (direction et norme) à la traversée du trou C.

3) Le faisceau d'électrons est enfin dévié par un champ électrostatique uniforme $\vec{E}$ parallèle à l'axe Oy, régnant dans le dièdre xOy. (voir figure).

Etablir les équations horaires du mouvement projeté sur les axes Ox et Oy. En déduire l'équation et la nature de la trajectoire. Calculer la valeur à donner à la norme E du champ électrostatique pour que le faisceau d'électrons traverse le trou D à une distance R du point O ; on exprimera E en fonction de U_o et de R.

On donne : charge de l'électron : $-e = -1{,}6.10^{-19}$ C

Masse de l'électron : $m = 9{,}1.10^{-31}$ kg.

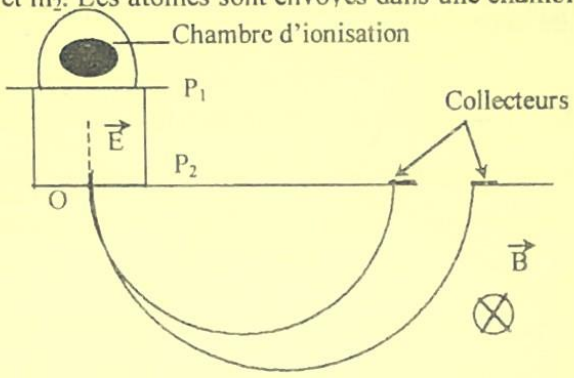


Exercice P_7-7

On donne $e = 1{,}6.10^{-19}$C ; $1u = 1{,}66.10^{-27}$ kg = 931,5 Mev/c^2

Masse du proton : $m_p = 1{,}00727$ u ; masse du neutron : $m_n = 1{,}00866$ u. On assimilera la masse de l'atome à celui du noyau correspondant.

On considère un mélange de deux isotopes x_1 et x_2 de l'élément x, de masses respectives m_1 et m_2. Les atomes sont envoyés dans une chambre d'ionisation.



A la sortie de la chambre d'ionisation sans vitesse, les ions porteurs chacun d'une charge $|q|$ tel que $q = e$ pénètrent sans vitesse initiale dans un champ accélérateur $\vec{E}$. Ils en sortent en O avec les vitesses v_1 et v_2. La tension entre les plaques est $U_{P_1P_2} = +10^{4}$V.

1/ a) Déterminer le sens du vecteur champ électrique $\vec{E}$ et le signe de la charge portée par chaque ion.

b) Etablir pour chaque ion l'expression de la vitesse v_i à la sortie du champ électrique.

2/ A la sortie du champ accélérateur, les ions pénètrent en O dans un champ magnétique B = 0,2 T. Ils en sortent par les collecteurs après avoir décrit des demi-cercles. Les distances de O aux points de sortie ont pour valeurs 38,15 cm et 35,32 cm.

a) Montrer que le mouvement des particules dans le champ magnétique est circulaire et uniforme de rayon R_1 et R_2.

b) Etablir les expressions des masses m_1 et m_2 des ions en fonction de R_i, B, q, U avec $U = U_{P_1P_2}$ et $R_i = R_1$ ou R_2. Déterminer leurs valeurs en unité de masse atomique u.

3/ Les énergies de liaison des noyaux des isotopes sont $E_1 = 37{,}67$ Mev et $E_2 = 31{,}96$ Mev.

a) Calculer les nombres de masse A_i et le numéro atomique Z des isotopes :

On a $A_i = 2{,}33\ Z$ et $A_j = 2\ Z$

b) Identifier l'élément x.

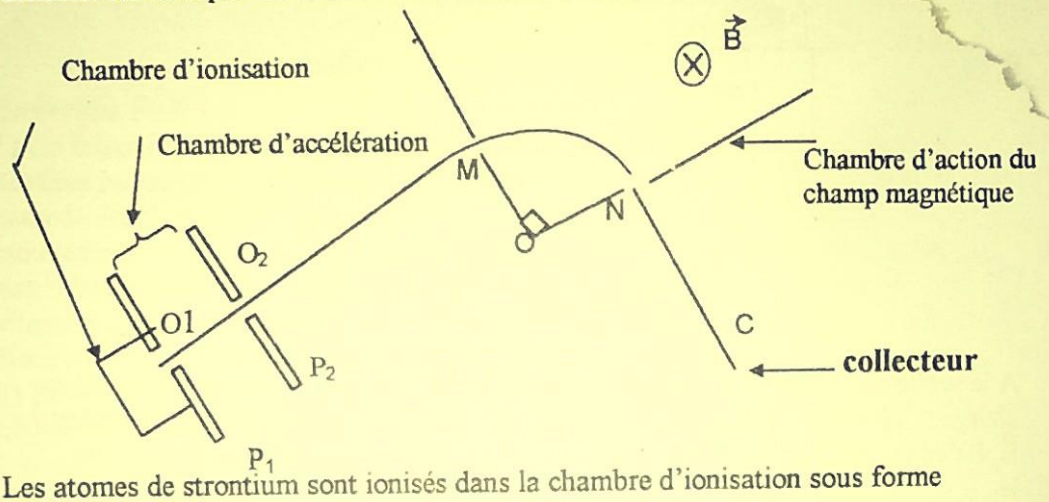
$^{1}_{1}H$; $^{4}_{2}He$; $^{7}_{3}Li$; $^{9}_{4}Be$; $^{11}_{5}B$; $^{12}_{6}C$

(D'après Concours d'Entrée au CPU/1998 Options Techniques Biologiques)

Exercice P7-8

Dans tout l'exercice on négligera le poids des ions devant les autres forces auxquelles ils sont soumis et on supposera que le mouvement des ions a lieu dans le vide.

On utilise le spectrographe de masse schématisé sur la figure ci-dessous pour identifier les isotopes du strontium Sr.



Les atomes de strontium sont ionisés dans la chambre d'ionisation sous forme d'ions Sr^{2+}.

Ces ions isotopes, de masse m variable et de charge q, sortent de la chambre d'ionisation en O_1 avec une vitesse quasiment nulle et sont accélérés entre deux plaques P_1 et P_2 par une tension $U = V_{P_1} - V_{P_2}$ continuc et réglable. Ces ions sont ensuite déviés entre M et N par un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ régnant dans une enceinte de section carrée . Un collecteur C permet de recueillir ces ions à la sortie du champ magnétique $\vec{B}$.

1) Le sens du champ magnétique $\vec{B}$ indiqué sur le schéma permet-il aux ions strontium de sortir par l'ouverture N ? Sinon indiquer le sens à attribuer au champ $\vec{B}$.

2) a) Etablir en fonction de q, m et U l'expression de la valeur v avec laquelle un ion quelconque du strontium pénètre en M dans la chambre d'action du champ magnétique.

b) A quelle vitesse v' cet ion sort-il du champ magnétique ?

c) Montrer que la portion MN de la trajectoire est un arc de cercle de centre O et de rayon R. On exprimera le rayon R en fonction de q, v, B et m puis en fonction de q, B, U et m.

d) Donner l'expression du temps de transit des ions dans le champ magnétique en fonction de m, q et B.

3) La chambre d'ionisation contient un mélange d'isotopes du strontium. Tous les ions que l'on veut recueillir dans le collecteur C doivent suivre la même trajectoire O_1O_2MNC.

a) Pour que les ions du strontium 88 soient collectés en C, il faut donner à la tension réglable $U = V_{P_1} - V_{P_2}$ la valeur $U_o = 13800$ V. Calculer le rayon R de la trajectoire dans le champ magnétique sachant que B = 0,16 T.

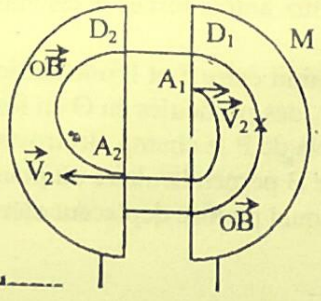
b) Pour recueillir les autres isotopes du strontium dans le collecteur C suivant la même trajectoire, il faut donner à la tension U différentes valeurs comprises entre 13890 V et 14460 V.
Quels sont les nombres de masse de ces isotopes ?
On donne :
Masse d'un atome de strontium 88 : m = 88 u
Unité de masse atomique : 1 u = $1{,}66.10^{-27}$ kg
Charge électrique élémentaire : e = $1{,}6.10^{-19}$ C
On rappelle que le noyau d'un atome de symbole X se représente par ${}^{A}_{Z}X$ où A est le nombre de masse et Z le nombre de charge ou numéro atomique.

On admettra que la masse m du noyau ${}^{A}_{Z}X$ est égale à A unités de masse atomique : m = A.u.

Exercice P7-9

Une particule de charge q et de masse m, qui entre en A_1 avec une vitesse $\vec{V_1}$ dans « Dee » D_1, décrit un demi-cercle de rayon $R_1 = \frac{mV_1}{|q|B}$ pendant le temps $t_1 = \frac{\pi R_1}{V_1}$
Dans l'espace inter-électrodes, la particule soumise à un champ électronique tangentiel à la trajectoire est accélérée, elle aborde la deuxième « Dee » D_2 en A_2 avec une vitesse $\vec{V_2}$ et décrit un demi-cercle de rayon $R_2 > R_1$ en un temps $t_2 = \frac{\pi R_2}{V_2}$
La tension sinusoïdale appliquée entre les électrodes charge de signe après chaque demi-tour de la particule dans un « Dee ». La période de cette tension étant $T = \frac{2\pi m}{|q|B}$ une particule décrit successivement dans chaque « Dee » des demi-cercles de rayon de plus en plus grand avec une vitesse dont la valeur est de plus en plus grande et donc avec une énergie de plus en plus grande.

Les particules chargées extraites lorsqu'elles parviennent à l'extrémité de l'enceinte de rayon R_{max} ont alors une énergie $E_{max} = \frac{q^2B^2R^2max}{2m}$ et sont dirigées contre une cible.
Le premier cyclotron construit en 1931 avec un diamètre de 13 cm et pouvait fournir des protons ayant une énergie jusqu'à 80 keV. Les cyclotrons permettent actuellement d'obtenir des énergies de quelques dizaines de MeV pour des protons.
« Dee » : moitié d'une boîte cylindrique plate coupée suivant un plan diamétral.
Remarque : en réalité, l'écartement entre les deux « Dee » est très faible.
Données : charge élémentaire e = $1{,}6.10^{-19}$C ;
masse d'un proton m = $1{,}67.10^{-27}$ kg
Le poids d'une particule chargée est négligeable par rapport à la force électrique ou à la force magnétique qu'elle subit.



1- Action du champ magnétique sur le mouvement des particules.
a) Quel est le rôle du champ magnétique $\vec{B}$

uniforme existant ?
b) Donner l'expression de la force subie par une particule chargée d'un champ magnétique. Pourquoi l'action d'un champ magnétique ne peut-elle pas faire varier l'énergie cinétique d'une particule chargée ?
c) La figure du texte fait apparaître un point M. Représenter sur la copie, au point M, le vecteur vitesse $\vec{V}$ et la force magnétique $\vec{F}$ exercée sur une particule chargée. En considérant que les particules chargées sont des protons H^+, préciser le sens du champ magnétique.
d) Préciser les caractéristiques du mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme, perpendiculaire à sa vitesse initiale. En utilisant le théorème du centre d'inertie, établir l'expression du rayon de courbure de la trajectoire.
e) Montrer que la durée de parcours dans chaque « Dee » est indépendante du rayon de courbure de la trajectoire.
2- L'accélération s'effectue à chaque passage entre les deux « Dee ».
a) Quelle est la cause de l'augmentation de la vitesse d'une particule chargée dans un accélérateur comme le cyclotron ?
b) Pourquoi faut-il charger le signe de la tension appliquée entre les électrodes après chaque demi-tour d'une particule chargée ?
c) Pourquoi la période de la tension doit-elle être telle que $T = \dfrac{2\pi m}{|q|B}$?
d) Soit $U = |V_1 - V_2|$ la valeur absolue de la tension entre les deux « Dee » au moment d'une traversée. Exprimer la variation d'énergie cinétique d'un proton H^+ lors d'une traversée, puis après un tour dans le cyclotron.
3- Energie maximale.
a) Etablir l'expression $Ec_{max} = \dfrac{q^2B^2R_{max}}{2m}$
b) Calculer la valeur de B dans le premier cyclotron construit.
c) Quels sont les facteurs qui limitent la valeur maximale de l'énergie obtenue pour des particules chargées données ?

Exercice P_7-10*

On admettra que la masse d'un atome ${}^{A}_{Z}X$ est égale à A unités de masse atomique u. Des particules de charge q et de masse m sont émises en un point S avec une vitesse négligeable. Devant S est placée une plaque métallique P percée d'un trou O (fig. a) . L'ensemble est placé dans le vide. On néglige le poids des particules par rapport aux autres forces et les vitesses restent faibles devant la célérité de la lumière.
1) On établit entre S et P une tension $U_1 = V_S - V_P$. Etablir l'expression de la vitesse v_o des particules en O en fonction de q, m et U_1.
2) Au delà de P le champ électrostatique est nul et il règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ perpendiculaire au plan de la figure.
a) Dans quel plan se déplacent alors les particules ?

b) Le rayon de la trajectoire circulaire d'une particule étant donné par $R = \frac{mv_o}{|q|B}$ exprimer ce rayon en fonction de $|q|$, m, B et U_1.

c) Les particules étudiées étant les ions des isotopes du zinc, $^{68}Zn^{2+}$ de masse m_1 et $^{70}Zn^{2+}$ de masse m_2, on observe le point d'impact des ions $^{68}Zn^{2+}$ au point M_1 tel que $OM_1 = 20$ cm (fig. a). En déduire le sens de $\vec{B}$.

d) M_2 étant le point d'impact sur P des ions $^{70}Zn^{2+}$, calculer OM_2.

3) Pour identifier des ions désignés par A, D et C, portant chacun une charge absolue $e = 1{,}6.10^{-19}$ C, on les introduit successivement en O avec la même vitesse $\vec{v}_o$ que les ions $^{68}Zn^{2+}$. Les trajectoires obtenues sont représentées sur la figure b et leurs rayons ont pour valeur : $R_A = 5{,}59$ cm ; $R_D = 10{,}30$ cm ; $R_C = 6{,}76$ cm.

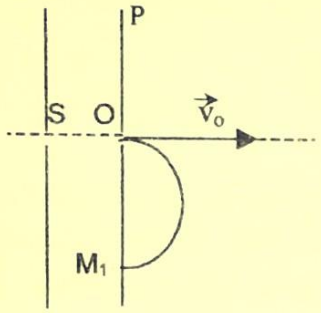


Figure a

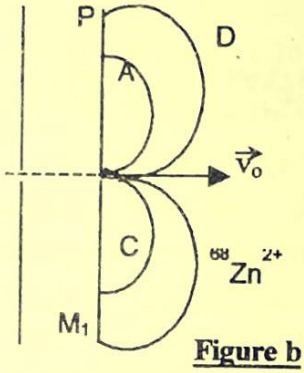


Figure b

a) Justifier le signe de la charge portée par chacun des ions.

b) Déterminer les masses m_A, m_D et m_C, en unité de masse atomique, pour chaque ion.

c) Dans la liste ci-dessous, identifier les ions A, D et C.

$^{39}K^+$; $^{23}Na^+$; $^{35}Cl^-$; $^{19}F^-$

ACTION d'un CHAMP MAGNETIQUE sur un CIRCUIT PARCOURU par un COURANT: LOI DE LAPLACE

L'essentiel du cours

1) LOI DE LAPLACE

Une portion de circuit rectiligne de longueur ℓ parcourue par un courant d'intensité I et placée dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, subit une force magnétique $\vec{F}$ donnée par la loi de Laplace : $\vec{F} = I\,\vec{\ell} \wedge \vec{B}$ ($\vec{F}$ est appelée force de Laplace).

Les caractéristiques de la force $\vec{F}$ sont :

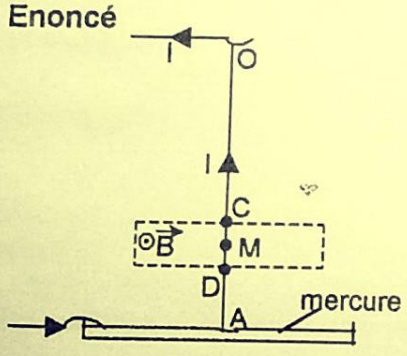
- sa direction est orthogonale au plan défini par les vecteurs $I\,\vec{\ell}$ et $\vec{B}$; $\vec{l\ell}$ est orienté dans le sens du courant.
- son sens est tel que le trièdre défini par les vecteurs $I\,\vec{\ell}$, $\vec{B}$, $\vec{F}$ soit direct ; ce sens est donné par la règle des trois doigts de la main droite (ou par une règle équivalente).
- sa valeur ou intensité est : $F = I\ell B\,|\sin\alpha|$.
- son point d'application : tout se passe comme si cette action répartie était appliquée au milieu du segment de longueur ℓ placé dans le champ uniforme $\vec{B}$.

2) APPLICATIONS DE LA LOI DE LAPLACE

- Le conducteur-pendule
- La balance de Cotton
- Les rails de Laplace
- La roue de Barlow

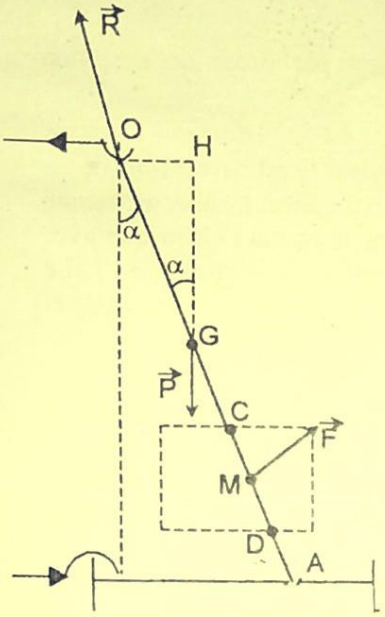
3) EXERCICE RESOLU

Enoncé



Un fil cylindrique homogène OA de longueur OA = 1 m, de masse m = 5 g est suspendu par son extrémité supérieure O à un axe Δ autour duquel il peut tourner librement. Il est parcouru par un courant d'intensité I = 5A. Un champ magnétique B = 0,05T, perpendiculaire au plan de la figure est appliquée au voisinage de M sur une largeur CD = 2 cm. On donne OM = 0,8 m. Calculer l'écart angulaire α que fait le fil avec la verticale.

Corrigé détaillé



Le système considéré est le fil OA. Les forces appliquées au fil sont :

- le poids $\vec{P} = m\vec{g}$
- la force de Laplace $\vec{F} = I\vec{\ell} \wedge \vec{B}$ ($\vec{\ell} = \vec{CD}$)
- la réaction $\vec{R}$ de l'axe en O.

A l'équilibre, le théorème des moments donne :

$\sum M = 0$ soit $-P.OH + F.OM = 0$ (1)

$OH = OG \sin\alpha$ et $F = I\ell B = I.CD.B.$

(1) donne $mg.OG.\sin\alpha = I.CD.B.\ OM$

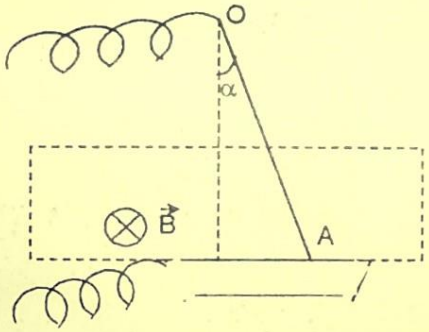
d'où $\sin\alpha = \dfrac{I.CD.B.OM}{mg.OG} = 0{,}16$

Il vient alors : $\alpha = 9{,}2°$

Exercices

Exercice P_6-1

On utilise le dispositif expérimental classique schématisé ci-dessous.



OA est une tige cylindrique en cuivre de longueur OA = L = 40 cm, de diamètre d = 3 mm, de masse volumique μ = 8900 kg/m^3, mobile autour de O. L'induction $\vec{B}$, horizontale, agit uniquement sur la moitié inférieure de la tige. (zone encadrée). Le courant d'alimentation I est maintenu à une valeur constante I. On négligera la poussée de mercure sur la tige.

1) Représenter sur un schéma les forces appliquées à la tige. Ecrire l'équation d'équilibre et en déduire la valeur de la déviation α. Avec les hypothèses précédentes, cette valeur dépend-elle de la longueur de la tige ?

A.N. B = 0,05 T I = 3A. g = 10 N/kg.

2) On utilise successivement le même montage avec 4 tiges ABCD de même longueur, mais de diamètres et nature différents.

A en Acier : diamètre 4 mm, densité 7,8

B en Bronze diamètre 4 mm, densité 9

C en Cuivre : diamètre 3 mm, densité 8,9
D en Duralumin : diamètre 3 mm, densité 3

A partir de considérations simples, classer les 4 tiges par ordre de déviation croissante α.

Exercice P_8-2

1) Un fil de cuivre rigide, rectiligne, homogène, de longueur R est susceptible de se mouvoir dans un plan vertical, autour d'une de ses extrémités. L'autre extrémité plonge dans un bac de mercure qui permet de maintenir le contact électrique avec un générateur de tension continue. L'intensité du courant dans le circuit est I. Le dispositif peut être plongé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, horizontal, et orthogonal au plan de la figure 1.

a) Que se passe-t-il dans les cas suivants :

1er cas : $I = 0$ et $B \neq 0$; 2è cas : $I \neq 0$ et $B = 0$; 3è cas : $I \neq 0$ et $B \neq 0$.

Modifie-t-on quelque chose quand on permute les bornes du générateur ?

b) On néglige la longueur de la partie de la tige située dans le mercure ; on admet d'autre part que la ligne d'action de la force électromagnétique passe par le milieu de la tige.

Calculer la déviation angulaire de la tige quand elle atteint sa position d'équilibre dans le cas où : I = 6 A, $B = 2.10^{-2}$ T, R = 10 cm. Le poids de la tige est 8.10^{-2} N.

2) Soit le dispositif représenté à la figure 2 : il possède une roue mobile autour d'un axe horizontal (Δ), constituée de rayons rigides en cuivre de longueur R régulièrement répartis. Le dispositif est plongé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$.

a) Expliquer pourquoi on observe un mouvement de rotation. Préciser son sens.

b) La vitesse de rotation est 90 tours/minute. Calculer la puissance développée par la force électromagnétique, supposée appliquée au milieu d'un rayon.

On donne : $B = 2.10^{-2}$ T ; R = 10 cm ; I = 6 A.

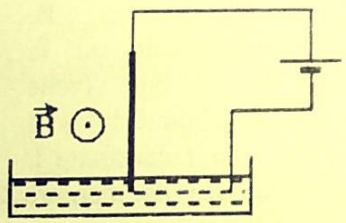


figure 1

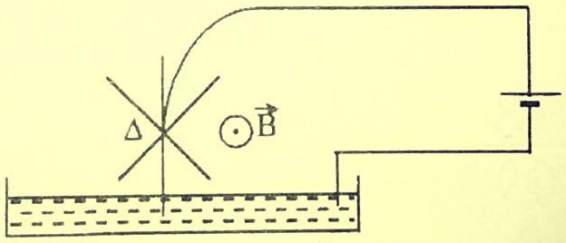
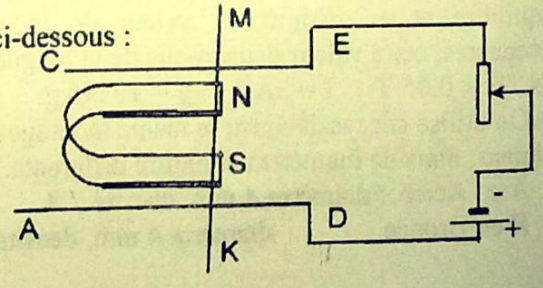


figure 2

Exercice P_8-3

On considère le montage schématisé ci-dessous :



La tige de cuivre KM, de masse m, est homogène et de section constante. Elle est placée dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, sur une longueur ℓ et elle est parcourue par un courant constant I. On admettra que la tige ne peut que glisser sans frottement sur ses rails.

1) De quel angle α peut-on incliner les rails AD et CE et dans quel sens pour que la tige soit en équilibre, dans les deux cas suivants :

a) $\vec{B}$ reste perpendiculaire aux rails,

b) $\vec{B}$ reste vertical ?

2) On incline le plan des rails d'un angle $\alpha = 30°$ dans le sens défini à la question 1/ a). $\vec{B}$ est perpendiculaire au plan des rails.

a) Quelle est la nature du mouvement de la tige KM ?

b) Calculer son accélération et sa vitesse 0,5 s après la fermeture du circuit.

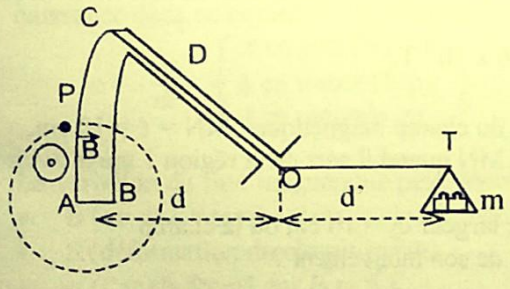
On admettra dans cette partie que la résistance du circuit est suffisamment élevée pour qu'on puisse négliger les phénomènes d'induction.

On donne : B = 0,5 T ; I = 4 A ; m = 20 g ; ℓ = 6 cm ; g = 10 m/s².

Exercice P_8-4

Une balance de Cotton est constituée par un fléau coudé TOC, mobile autour de l'axe horizontal O et portant d'un côté une palette P en matière isolante limitée par deux arcs de cercles, AC et BD, de centre O. La partie rectiligne AB est située sur le prolongement de TO. Un ruban conducteur où l'on peut faire circuler un courant est appliqué sur le contour de la palette P. L'ensemble est construit de façon que le plateau étant vide de toute masse marquée, courant dans le ruban conducteur (voir figure).

1) On se sert de cette balance pour mesurer l'induction magnétique $\vec{B}$ du champ pratiquement uniforme qui existe dans l'entrefer d'un électro-aimant. A cette fin, la partie encerclée sur la figure est placée dans le champ magnétique de façon que le vecteur $\vec{B}$ soit perpendiculaire au plan de la figure.



a) Préciser sur la figure les forces agissant sur la balance, ainsi que le sens du courant circulant dans le fil conducteur.

b) Ecrire la condition d'équilibre de cette balance.

2) Afin de déterminer la valeur de $\vec{B}$, on a fait les mesures suivantes pour différentes valeurs de l'intensité du courant :

I en A	0	1	2	3	4	5
m en g	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1

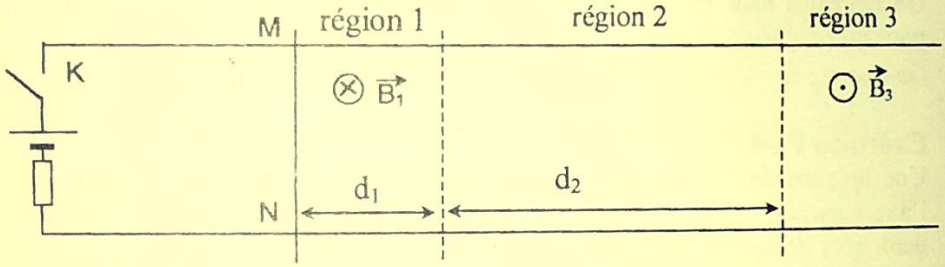
a) Tracer le graphique m = f(I) en choisissant une échelle appropriée.
b) Déterminer à l'aide du graphique le coefficient directeur de la droite obtenue. En déduire B.

On donne : AB = ℓ = 2 cm ; g = 9,8 m.s^{-2} ; d = d'.

Exercice P_8-5

Dans tout l'exercice, on néglige le phénomène d'induction et le champ magnétique terrestre.

1) Un circuit électrique est composé d'un générateur, d'un interrupteur K, de deux rails métalliques horizontaux, parallèles, d'un résistor de protection et d'un barreau métallique mobile MN horizontal, de masse m, pouvant glisser sans frottement en restant perpendiculaire aux rails (voir figure, circuit vu de dessus) :



Le courant débité par le générateur a une intensité I supposée constante, les contacts électriques en M et N n'introduisant pas de résistances supplémentaires appréciables. La région 1 du schéma ci-dessus est soumise à l'action d'un champ magnétique $\vec{B_1}$ d'intensité B_1 perpendiculaire au plan des rails et dirigé comme indiqué sur la figure. Le barreau MN étant immobile, on ferme l'interrupteur K à l'instant t = 0.

a) Dresser la liste des forces que subit alors le barreau mobile MN en donnant les caractéristiques de chacune d'elles.
b) Exprimer le vecteur accélération $\vec{a_1}$ pris par le barreau lors de son mouvement dans la région 1.

Application numérique : I = 5 A ; $B_1 = 6 \times 10^{-3}$ T.

Masse de barreau m = 50 grammes.

Longueur du barreau subissant l'action du champ magnétique : MN = ℓ = 10 cm.

c) Déterminer la vitesse v_1 du barreau MN quand il sort de la région 1 après avoir parcouru la distance d_1 = 5 cm.

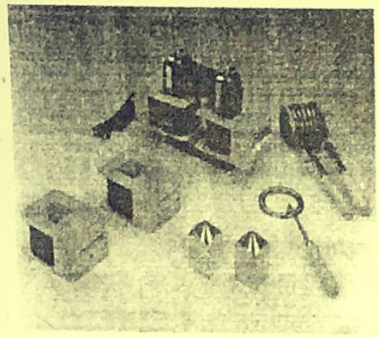
2) Le barreau traverse une région 2 de largeur d_2 = 10 cm où le champ magnétique est nul. Quelle est la nature de son mouvement ?

Calculer le temps mis pour la traverser.

3) Le barreau entre alors dans la région 3 et subit l'action du champ magnétique que $\vec{B_3}$ d'intensité $B_3 = 6 \times 10^{-3}$ T et orienté comme l'indique la figure.

a) Quel est le vecteur accélération $\vec{a_3}$ du barreau ?
b) A quelle date le barreau repasse-t-il par sa position initiale de la question 1 ?

D'après BAC



Chapitre 9 (Physique)

INDUCTION ELECTROMAGNETIQUE et AUTO-INDUCTION

L'essentiel du cours

1) FLUX MAGNETIQUE

Le flux ϕ, du champ magnétique à travers un circuit est le produit scolaire du vecteur-champ $\vec{B}$ par le vecteur-aire S.

$\phi = \vec{B}.\vec{S} = BS\cos\alpha$

avec α l'angle inférieur ou égal à π formé par $\vec{B}$ et $\vec{S}$

ϕ s'exprime en weber (Wb)

B en tesla (T)

S en mètre carré (m^2)

Si une bobine traversée par un champ uniforme comporte N spires, le flux magnétique est :

$\phi = N.\vec{B}.\vec{S}$

2) PHENOMENE D'INDUCTION MAGNETIQUE : f.é.m induite

- Toute variation du flux magnétique à travers un circuit s'accompagne de la naissance dans ce circuit d'une force électromotrice induite e donnée par :

$$e = -\frac{d\phi}{dt} \begin{cases} \text{e en volt (V)} \\ \phi \text{ en weber (Wb)} \\ \text{t en seconde (s)} \end{cases}$$

La variation du flux magnétique peut dépendre de :

- B (ou de l'intensité dans le circuit inducteur)
- S (déformation du circuit induit)
- α (l'angle formé par $\vec{B}$ et $\vec{S}$)
- La f.é.m d'induction et le courant induit sont de même signe.

Un courant induit ne prend naissance dans un circuit fermé que s'il se produit des variations du flux inducteur à travers le circuit.

- Le sens du courant induit se détermine par la loi de Lenz qui stipule que le flux induit et la variation de flux inducteur sont de signes opposés.

- Méthode générale d'étude théorique
  Pour prévoir le sens du courant induit, il est conseillé de procéder comme suit :
- orienter le circuit (cette orientation peut être arbitraire) ;
- chercher le signe du flux inducteur ϕ ;
- chercher le signe de la variation $\Delta\phi$ du flux inducteur ;
- en déduire le signe du flux induit φ ;
- retenir que le signe du flux induit φ est opposé à celui de la variation $\Delta\phi$ du flux inducteur et que le signe du courant induit i est le même que celui du flux induit.

3) AUTO-INDUCTION

3-1 Définition

Le flux propre φ à travers un circuit (c'est-à-dire le flux du champ magnétique crée par le courant qui parcourt le circuit) est donné par :

$$\boxed{\varphi = L.i}$$ L en henry (H), φ en Wb, i en A.

L est appelé auto-inductance ou, en abrégé, inductance.

N.B : Pour un solénoïde possédant N spires équidistantes réparties sur sa longueur l, on a :

$$L = \frac{\mu_0 N^2 S}{l}$$

3-2 F.é.m d'auto-induction

Une variation de l'intensité du courant dans un circuit d'inductance constante L entraîne l'apparition dans le circuit d'une f.é.m., dite auto-induite, ou d'auto-induction donnée par :

$$e = -L\frac{di}{dt} \begin{cases} e \text{ en V} \\ L \text{ en H} \\ i \text{ en A} \\ t \text{ en s} \end{cases}$$

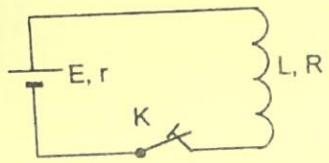
3-3 Loi d'Ohm pour une bobine inductive

La tension aux bornes d'un dipôle résistant et inductif est donnée par : $u = Ri + L\frac{di}{dt}$

4) EXERCICE RESOLU

Enoncé

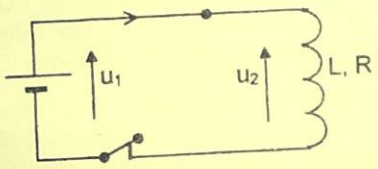
Un circuit comprend, associés en série, un générateur de f.é.m. E et de résistance r, une bobine d'inductance L et de résistance R, et un interrupteur K.
A l'instant t = 0, on ferme l'interrupteur K (voir figure). On donne E = 6 V.



1) Etablir l'équation différentielle donnant i en fonction du temps.
2) Etablir l'expression de la valeur maximale de l'intensité du courant qui traverse le circuit en régime permanent.
3) Vérifier que la loi d'établissement du courant (circuit en régime transitoire) est donnée par la relation : $i = \frac{E}{R+r}\left(1 - e^{-(R+r)t/L}\right)$

4) Calculer au bout de combien de temps l'intensité atteint les 8/10 de sa valeur de régime permanent.
Application numérique pour L = 0,6 H ; r = 1 Ω ; R = 5 Ω ;

Corrigé détaillé



1) Equation différentielle donnant i en fonction du temps.
La loi d'additivité des tensions donne :
$u_1 - u_2 = 0$ soit $E - ri - (L.di/dt + Ri) = 0$.
D'où l'équation différentielle :
$E = (R + r)i + L\, di/dt$ (1)

2) En régime permanent, l'intensité du courant est constante.

On a alors : $\frac{di}{dt} = 0$ pour $i = i_{max}$

L'équation (1) devient : $E = (R + r)\, i_{max}$ d'où $i_{max} = \frac{E}{R+r}$

3) Vérifions que l'expression donnée est bien solution de l'équation différentiell (1).

* $i = \frac{E}{R+r} - \frac{E}{R+r} e^{-(R+r)t/L}$; d'où $(R+r)\, i = E - Ee^{-(R+r)t/L}$ (2).

* $\frac{di}{dt} = 0 - \frac{-E(R+r)}{(R+r)L} e^{-(R+r)t/L} = \frac{E}{L} e^{-(R+r)t/L}$ d'où $L\frac{di}{dt} = Ee^{-(R+r)t/L}$ (3)

Il vient alors :

$(3) + (2) = L\frac{di}{dt} + (R+r)\,i = E.e^{-(R+r)t/L} + E - E.e^{-(R+r)t/L} = E$

autrement : $L\frac{di}{dt} + (R + r)\,i = E$ ce qu'il fallait démontrer.

4) Soit t_1 le temps au bout duquel $i = \frac{8}{10} i_{max}$

$$i = \frac{8}{10} i_{max} \Rightarrow \frac{E}{R+r}(1 - e^{-(R+r)t/L}) = \frac{8E}{10(R+r)}$$

Il vient alors : $1 - e^{-(R+r)t/L} = \frac{8}{10}$

$e^{-(R+t)t/l} = 1 - \frac{8}{10} = 0,2$

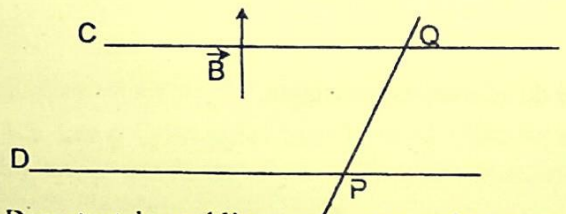
$-(R+r)t/L = \ln 0,2$ et $t = \frac{-L.\ln 0,2}{R + r}$

soit finalement $t = \frac{L.\ln 5}{R + r} = 0,16$ s.

Exercices

Exercice P_9-1

Dans un plan horizontal deux rails conducteurs C et D rectilignes, parallèles, sont distants de a ; D est supposé en avant par rapport à C. Une tige conductrice PQ, peut glisser sans frottement sur les rails en restant perpendiculaire à ces rails. L'ensemble de ce dispositif est placé dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ vertical, dirigé vers le haut.



Dans tout le problème et en tout point, on pourra négliger, devant $\vec{B}$, le champ magnétique créé par le circuit lui-même.

1) C et D sont reliés par un conducteur ohmique de résistance R et un générateur de force électromotrice E, montés en série. Le générateur et les rails ont une résistance négligeable devant R. On maintient la tige immobile. Donner les caractéristiques de la force électromagnétique $\vec{F}$ s'exerçant sur cette tige.

2) Le générateur est supprimé. Le conducteur ohmique reste seul entre C et D.

a) On déplace la tige à vitesse constante $v = 6,0$ m.s^{-1}. Déterminer l'intensité I du courant dans le circuit et la puissance électrique dissipée. Pour un sens déterminé de la vitesse, préciser sur un schéma le sens du courant.

b) A partir de l'intensité du courant précédent, déterminer le sens et l'intensité de la force électromagnétique $\vec{F}$.

Calculer la puissance correspondante.

La comparer à la puissance électrique dissipée.

On donne : a = 5,0 cm ; B = 0,20 T ; E = 6,0 V ; R = 24 Ω.

D'après Bac

Exercice P_9-2

On considère le dispositif schématisé sur la figure 1 :

- MM' et NN' sont deux rails conducteurs, parallèles, horizontaux, et situés dans le même plan horizontal ;
- CD est un barreau conducteur, perpendiculaire aux rails ; il peut se déplacer, parallèlement à ceux-ci, en restant en contact électrique avec eux ;

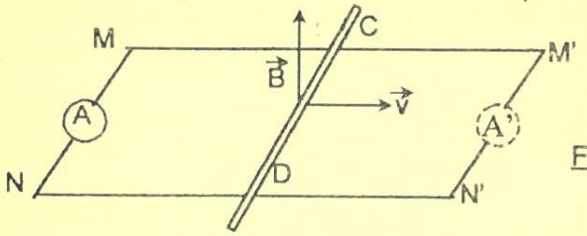


Figure 1

- Le circuit MCDN est fermé à travers un ampèremètre A à zéro central, qui indique le passage d'un courant positif quand le courant passe de M vers N ;
- Le tout est placé dans un champ magnétique $\vec{B}$, uniforme, vertical, et dirigé vers le haut.

a) On éloigne CD de MN avec une vitesse $\vec{v}$ (cf. fig. 1) ; l'ampèremètre dévie ; est-ce dans le sens positif ou le sens négatif ?

b) Comment peut-on inverser le sens du courant dans le circuit MCDN ?

c) CD est laissé maintenant en position fixe par rapport aux deux rails ; le circuit indéformable formé par l'ensemble de ceux-ci, de CD, et de l'ampèremètre A, est déplacé dans son plan horizontal, en restant toujours à l'intérieur de la zone où règne le champ magnétique uniforme $\vec{B}$. Y a-t-il déviation de l'ampèremètre, et, si oui, dans quel sens ?

d) On reprend la situation des questions a, b, et le barreau CD redevient mobile ; les rails sont fixes mais on établit maintenant une connexion électrique supplémentaire entre leurs extrémités M' et N', à travers un ampèremètre A' identique à A (cf. pointillés de la figure 1) ; le branchement de A' est tel qu'il dévie dans le sens positif quand un courant le parcourt de M' vers N'. Qu'observe-t-on au niveau des deux ampèremètres quand CD est déplacé de MN vers M'N' ?

D'après BAC

Exercice P_9-3

Un conducteur ohmique, de résistance R = 100 Ω, et une bobine, d'auto-inductance L = 1 H et de résistance négligeable sont alimentés en série par un générateur G.

Sur l'écran d'un oscillographe on observe les variations au cours du temps de la tension instantanée $u_R = u_{BC}$ aux bornes du conducteur ohmique.

cette tension est périodique de période $T = 2.10^{-2}$ s (fig. 1 et 2). Le choix de l'origine des temps est précisé sur la figure 2.

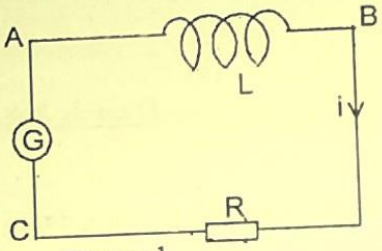


Figure 1

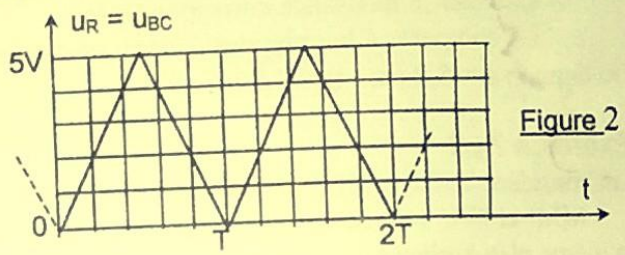


Figure 2

1) Soit i l'intensité instantanée du courant qui traverse le conducteur ohmique de B vers C. Représenter sur un graphique, tracé sur papier millimétré, les variations de i dans le circuit en fonction de t pour deux périodes.

Echelle : 1 cm pour 4 ms
1 cm pour 10 mA.

Exprimer i en fonction de t pour t variant entre 0 et 10 ms puis t variant entre 10 ms et 20 ms.

2) Représenter sur un deuxième graphique les variations de la tension instantanée $u_L = u_{AB}$ aux bornes de la bobine en fonction de t pour deux périodes.

Echelles : 1 cm pour 4 ms ; 1 cm pour 1 V.

Ces deux représentations graphiques seront faites sur la même feuille de papier millimétré.

D'après BAC

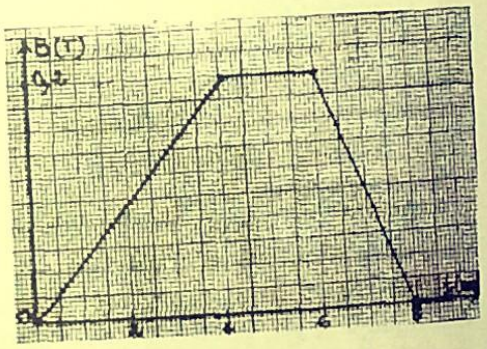
Exercice P_9-4

On considère une bobine plate, comportant N = 20 spires, de forme rectangulaire, ses cotés ayant pour longueur a = 2 cm et b = 3 cm. Cette bobine, placée dans un plan vertical, est plongée dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$; $\vec{B}$ est perpendiculaire au plan de la bobine, et sa mesure varie au cours du temps suivant le graphique de la figure 1.

On oriente la bobine dans le sens indiqué sur la figure 2.

1) Représenter, en justifiant soigneusement, la courbe de la f.é.m induite aux bornes de la bobine en fonction du temps.

2) En déduire le sens du courant induit circulant dans la bobine (supposé fermée) selon les intervalles considérés.



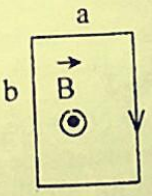


Figure 2

Exercice P_9-5

Une bobine de résistance négligeable et d'inductance L est montée en série avec un conducteur ohmique de résistance R = 10 kΩ. L'ensemble est alimenté par un générateur de signaux basses fréquences délivrant une tension périodique triangulaire. A l'aide d'un oscillographe bicourbe, on visualise les tensions $u_{AM}(t)$ et $u_{BM}(t)$ (voir figure 1). On obtient les oscillogrammes de la figure 2.

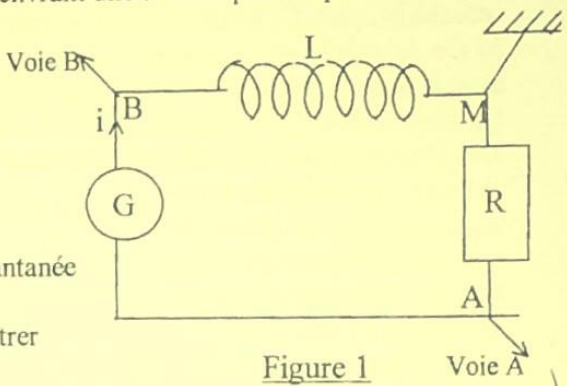


Figure 1

1) On appelle i(t) l'intensité instantanée traversant le circuit ; son sens positif de circulation est indiqué sur la figure1.

a) Exprimer littéralement la tension instantanée $u_{BM}(t)$ en fonction de i(t) et L.

b) A partir du circuit de la figure 1, montrer que $u_{AM}(t) = - R\, i(t)$.

c) Déduire des expressions précédentes $u_{BM}(t)$ et $u_{AM}(t)$ que

$$u_{BM}(t) = -\frac{L}{R}\frac{du_{AM}(t)}{dt} \; ;$$

d) Justifier la forme de l'oscillogramme de la voie B par rapport à celle de l'oscillogramme de la voie A.

2- Les réglages de l'oscillogramme sont :
voie A : 2V/division ;
voie B : 200 mV/division.
Base de temps : 0,2 ms/division.
La ligne médiane horizontale de l'écran correspond à 0V.

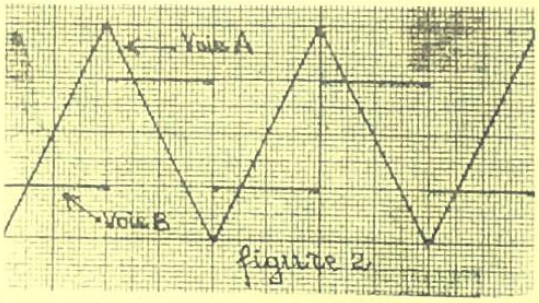


Figure2

A partir des oscillogrammes :

a) Calculer la période et la fréquence des tensions observées.

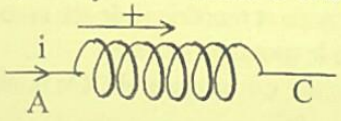
b) Calculer les valeurs entre lesquelles varient ces tensions.

c) La valeur de l'inductance L est : α) 0,5 H ; β) –2 H ; γ) 0,1 H
Choisissez la vraie valeur en justifiant le choix.

Exercice P_9-6

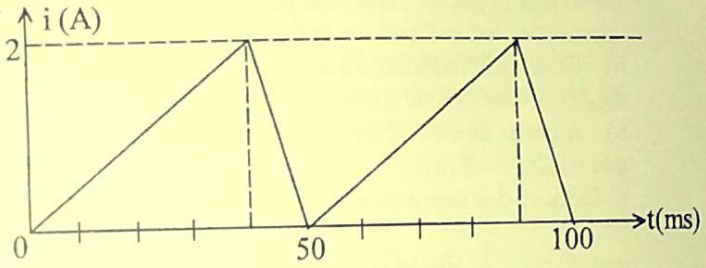
On donne $\mu_o = 4\pi\ 10^{-7}$ uSI.

Soit un solénoïde (A,C) de résistance négligeable, de longueur ℓ = 1m. Il comporte N = 500 spires circulaires, de rayon r = 10cm. L'orientation choisie pour l'intensité i est de A vers C.



1) Il est parcouru par un courant d'intensité i = 5A. Donner les caractéristiques du champ magnétiques créé dans la région centrale du solénoïde par le passage de i. Proposer des expériences permettant de déterminer ces caractéristiques.
2) Etablir l'expression de l'auto-inductance L du solénoïde en fonction de ses caractéristiques. Calculer sa valeur numérique en prenant $\pi^2 = 10$.
3) Ce solénoïde est maintenant parcouru par un courant i(t) dont l'intensité varie avec le temps comme l'indique la figure ci-dessous :
Un phénomène d'auto-induction prend naissance dans le solénoïde dont les bornes A et C sont reliées à un oscillographe afin de visualiser la tension u_{AC}.

a) Donner l'expression de la tension u_{AC} au cours des deux phases pour t variant de 0 à 50 ms.
b) Tracer la courbe $u_{AC}(t)$ visualisée à l'oscillographe sachant que : la base de temps est réglée sur 10 ms/cm. La sensibilité verticale est de 0,5V/cm



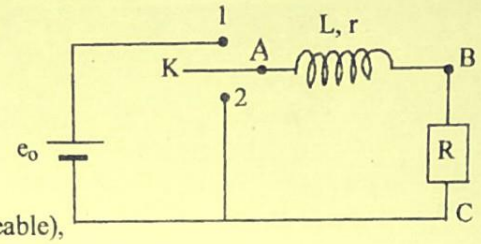
Exercice P_9-7

Un solénoïde de longueur ℓ, section S et comportant N spires est parcouru par un courant continu d'intensité i.
1) Donner la valeur du champ magnétique $\vec{B}$ à l'intérieur du solénoïde.
2) Etablir l'expression de l'inductance propre L du solénoïde.
3) En déduire l'énergie électromagnétique W emmagasinée dans le solénoïde.
4) L'énergie W déterminée précédemment peut encore être considérée comme l'énergie nécessaire pour créer le champ $\vec{B}$. En supposant que le champ $\vec{B}$ est nul à l'extérieur du volume délimitant le solénoïde et que l'énergie W est stockée de façon homogène dans ce volume, déterminer l'expression de la densité d'énergie électromagnétique ρ à l'intérieur du solénoïde et montrer qu'elle est égale à $\frac{B^2}{2\mu_o}$

Exercice P_9-8

Un solénoïde de 50 cm de long et 8 cm de diamètre est considéré comme infiniment long ; il comporte 2000 spires par mètre.
1/ Donner les caractéristiques du vecteur champ magnétique à l'intérieur du solénoïde quand celui-ci est parcouru par un courant et préciser le sens de ce courant.
2/ Etablir l'expression littérale du flux propre ϕ_p de ce solénoïde en admettant que les caractéristiques précédentes sont valables dans tout l'espace intérieur.
3/ En déduire les expressions littérale et numérique de son auto-inductance L.
4/ On réalise avec ce solénoïde le montage suivant.
La résistance interne du générateur est négligeable. On donne
$e_o = 9v$; $r = 8\Omega$; $R = 10\Omega$

a) L'interrupteur K est dans la position 1. Déterminer l'intensité I_o du courant dans le circuit en régime permanent.



b) A l'instant t = 0 (en un temps négligeable), L'interrupteur passe de la position 1 à la position 2.
Etablir l'équation différentielle vérifiée par l'intensité i du courant dans le circuit.

Montrer que l'intensité du courant est donnée en fonction du temps par la relation

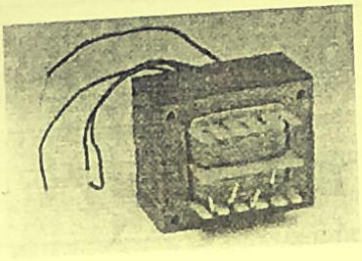
$i = I_o e^{-t/\tau}$ avec $\tau = \frac{L}{R+r}$ (constante de temps).

5) Soit U_R la tension aux bornes du dipôle (B,C). On désigne respectivement par t_1 et t_2, les temps au bout desquels U_R atteint 90% et 10% de sa valeur maximale.

a) Exprimer $t_d = t_2 - t_1$ en fonction de τ

b) la représentation graphique de U_R en fonction de temps t nous donne $t_d = 1{,}6$ ms. En déduire la valeur de τ.

(D'après concours d'entrée au CPU/1998 Option : Techniques Industrielles)



Chapitre 10 (Physique)

CIRCUITS OSCILLANTS

L'essentiel du cours

1) CIRCUIT OSCILLANT NON AMORTI

1-1 Définition

Un circuit électrique oscillant est composé d'un condensateur de capacité C et d'une bobine d'auto-inductance L et de résistance nulle.

1-2 Etude de la décharge du condensateur dans la bobine

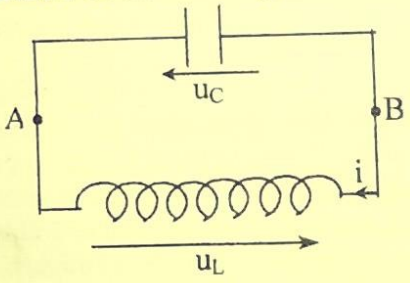


Fig.1 : Circuit oscillant

* Pour une bobine inductive non résistive, la relation générale de la tension $u_L = ri - e$

devient : $u_L = L\frac{di}{dt}$

avec r = 0, $e = -\frac{L\,di}{dt}$ avec $i = \frac{dq}{dt}$

- La tension aux bornes du condensateur est : $u_C = \frac{q}{C}$
- L'équation différentielle régissant les oscillations d'un circuit oscillant est :

$$L\frac{d^2q}{dt^2} + \frac{q}{C} = 0 \text{ ou } \frac{d^2q}{dt^2} + \omega_o^2 q = 0 \text{ avec } \omega_o^2 = \frac{1}{LC}$$

- La solution de cette équation différentielle est une fonction sinusoïdale du temps :

$$q = Q_m\cos(\omega_o t + \varphi)\ ;\ i = \frac{dq}{dt} = -Q_m\omega_o\sin(\omega_o t + \varphi).$$

- La pulsation propre ω_o est : $\omega_o = \sqrt{\frac{1}{LC}}$
- La période propre T_o est : $T_o = 2\pi\sqrt{LC}$
- La fréquence propre N_o est : $N_o = \frac{1}{T_o} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

2) ENERGIE ELECTRIQUE DU CIRCUIT LC

A chaque instant, l'énergie totale du circuit LC est égale à la somme :

- de l'énergie potentielle magnétique emmagasinée dans la bobine : $E_M = \frac{Li^2}{2}$
- de l'énergie potentielle électrique emmagasinée dans le condensateur :

$$E_E = \frac{q^2}{2C}$$

D'où au total $E = E_M + E_E = \frac{1}{2} Li^2 + \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$

Il y a conservation de l'énergie électromagnétique d'un circuit oscillant.

3) ENTRETIEN DES OSCILLATIONS ELECTRIQUES

En réalité, la résistance électrique de la bobine d'un circuit oscillant est la cause de phénomènes dissipatifs qui font diminuer l'énergie électromagnétique du circuit. L'équation différentielle régissant les oscillations amorties est :

$$L\frac{d^2q}{dt^2} + R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0$$

Pour compenser les pertes d'énergie électromagnétique subies par le dipôle pendant un intervalle de temps dt, il faut une source d'énergie extérieure.
En pratique un amplificateur opérationnel (A.O.) permet de réaliser automatiquement cette compensation.

4) EXERCICE RESOLU

Enoncé

Les armatures d'un condensateur initialement chargé de capacité C = 0,1 µF, sont reliées aux bornes d'une bobine d'inductance L = 0,1 H et de résistance R = 10 ohms.

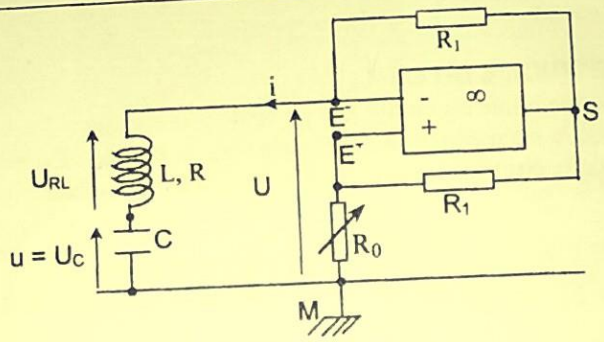
1) Un oscilloscope permet de visualiser la tension aux bornes du condensateur. On observe un régime d'oscillations amorties (régime pseudo-périodique).

a) Etablir l'équation différentielle $\frac{d^2u}{dt^2} + \frac{R.du}{L.dt} + \frac{u}{LC} = 0$, u étant la tension aux bornes du condensateur.

b) Représenter l'allure de la courbe observée à l'oscilloscope.

c) Représenter l'allure de la courbe observée à l'oscilloscope dans le cas où la résistance R serait négligeable.

2) Pour compenser les pertes d'énergie électromagnétique subies par le circuit il faut une source d'énergie extérieure qui doit fonctionner par « bouffées », fournissant davantage d'énergie lorsque l'intensité est extrémale. En pratique, un amplificateur opérationnel permet de réaliser automatiquement cette compensation et d'entretenir de ce fait les oscillations.
Le dipôle constitué par la bobine de résistance R et d'inductance L, placé en série avec le condensateur de capacité C, est monté entre le fil de masse M du montage et l'entrée inverseuse E^- de l'amplificateur opérationnel parfait fonctionnant en régime linéaire (voir figure ci-après).



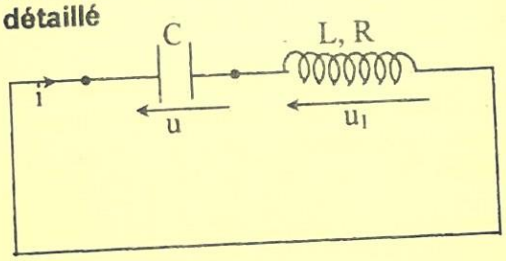
a) Montrer que la partie du montage située à droite de la flèche tension U est considérée comme un générateur délivrant une tension U proportionnelle à l'intensité i du courant débité soit U = K.i (on exprimera K en fonction de R_o et on précisera son unité).

b) Quelle valeur faut-il donner au coefficient K pour que des oscillations sinusoïdales prennent naissance dans le circuit ?

c) La condition précédente étant réalisée, calculer la fréquence N_o des oscillations.

Corrigé détaillé

1)



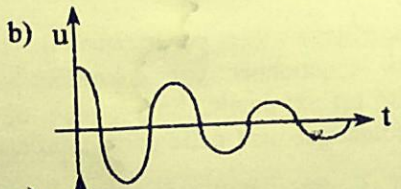
a) Equation différentielle. $u + u_1 = 0$ avec $u_1 = R.i + L.\frac{di}{dt}$, $u = \frac{q}{C}$ et $i = \frac{dq}{dt}$;

On a alors : $u + R.i + L.\frac{di}{dt} = 0$ soit $u + R.\frac{dq}{dt} + L.\frac{d^2q}{dt^2} = 0$.

En remplaçant q par C.u, il vient $LC.\frac{d^2u}{dt^2} + RC.\frac{du}{dt} + u = 0$.

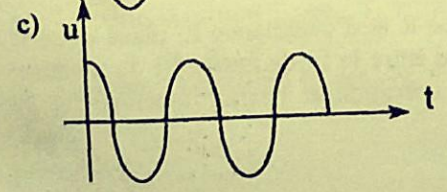
Ou encore $\frac{d^2u}{dt^2} + \frac{R}{L}.\frac{du}{dt} + \frac{u}{LC} = 0$.

b)



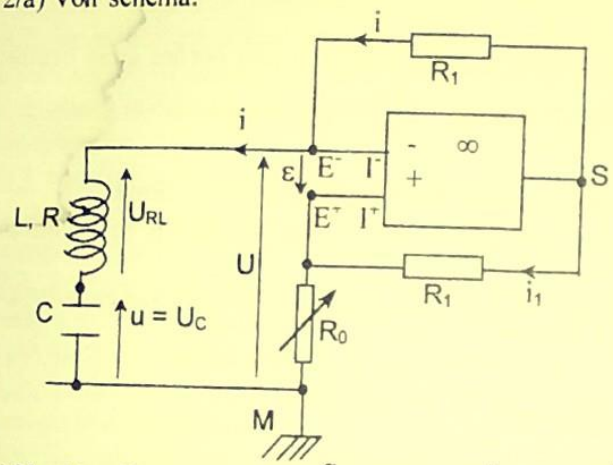
On observe une décharge oscillante du condensateur à cause de la résistance électrique R de la bobine. Si R = 0 l'équation différentielle devient : $\frac{d^2u}{dt^2} + \frac{u}{LC} = 0$

c)



la solution est de la forme $u = U_m\cos(\omega t + \varphi)$; on observe des oscillations sinusoïdales.

2/a) Voir schéma.



$\varepsilon + R_1.i_1 - R_1 i = 0$; pour un AO parfait, $\varepsilon = 0$ d'où $i = i_1$.
$U = R.i_1 - \varepsilon$ or $\varepsilon = 0$ et $i = i_1$ d'où $U = R_o.i = Ki$
Donc $K = R_o$; la tension U est donc proportionnelle à l'intensité i du courant débité. K s'exprime en ohms.

b) $U = U_c + U_{RL}$ donc $R_o.i = \frac{q}{C} + Ri + L\frac{di}{dt}$ or $i = \frac{dq}{dt}$

d'où $L.\frac{d^2q}{dt^2} + (R - R_o)\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = 0$ avec $q = C.U_C$.

On a alors $LC\frac{d^2U_c}{dt^2} + (R - Ro)C.\frac{dU_c}{dt} + U_c = 0$.

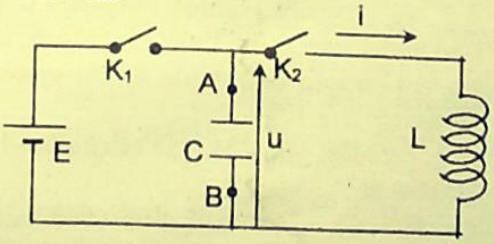
Les oscillations sont sinusoïdales si $R - R_o = 0$ soit $K = R_o = R$;

c) Si $R = R_o$ on a l'équation différentielle $LC\frac{d^2U_c}{dt^2} + U_c = 0$ dont l'une des solutions est : $U_c = U_{cm}\cos(w_o t + \varphi)$

avec $\omega_o = \sqrt{\frac{1}{LC}}$; la fréquence N_o vaut : $N_o = \frac{\omega_o}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

Exercices

Exercice P_{10}-1



Dans le montage de la figure ci-contre :
E = 15 V ; C = 0,4 µF ; L = 80 mH.
L'interrupteur K_2 est ouvert, on ferme K_1 puis, après quelques secondes, on l'ouvre à nouveau.

1) Quelle est la valeur de la charge q_o portée par l'armature « supérieure » du condensateur ?
Calculer, dans ces conditions, l'énergie électrostatique ε_E et l'énergie magnétique ε_M emmagasinées, respectivement, dans le condensateur et dans la bobine.

2) A l'instant t = 0, on ferme l'interrupteur K_2 et on note :
· i l'intensité algébrique du courant dans la bobine (voir figure).
· q la charge de l'armature supérieure du condensateur.

- Quelle relation y a-t-il entre i et $\frac{dq}{dt}$?
- En exprimant de deux façons différentes la tension u aux bornes de la bobine, établir l'équation différentielle du circuit : $\frac{d^2u}{dt^2} + \frac{1}{LC}u = 0$

3) Vérifier que la solution de cette équation différentielle est de la forme : $u = U_{max} \cos(\omega_0 t + \varphi)$. Calculer numériquement U_{max} et φ sachant qu'à l'instant initial l'intensité i est nulle.

4) Déterminer la valeur numérique de la période propre T_o du circuit et calculer, à l'instant $\frac{T_o}{4}$:

- la charge q de l'armature supérieure ;
- l'intensité i dans la bobine ;
- l'énergie électrostatique ε'_E et l'énergie magnétique ε'_M présentes dans le circuit.

5) Répondre aux mêmes questions qu'en 4), mais en considérant l'instant $\frac{T_o}{2}$

Exercice P_{10}-2

Partie A :

On considère l'ensemble mécanique formé par un solide S de masse m = 250 g fixé à l'extrémité d'un ressort de masse négligeable, à spires non jointives, de raideur $k = 100\ N.m^{-1}$ et dont l'autre extrémité est liée à un support fixe. Par un guidage approprié, le centre d'inertie de S se déplace sans frottement dans l'axe du ressort. Dans cette partie, l'ensemble est tel que le mouvement de S a lieu suivant une direction horizontale. On prendra $g = 9{,}81\ m.s^{-2}$

A.1. On déplace S de 5 cm à partir de sa position d'équilibre en étirant le ressort et on le lâche sans vitesse initiale à l'instant origine des temps ; après avoir établi l'équation différentielle régissant le mouvement de S, montrer que l'équation horaire de S est de la forme $x = a\sin(\omega_0 t + \varphi)$, dans laquelle on déterminera les valeurs a, ω_0, φ ainsi que la valeur de la période T_o du mouvement de S ;

A.2. En prenant comme référence des énergies potentielles de pesanteur le plan horizontal contenant l'axe du ressort, exprimer les valeurs de l'énergie cinétique E_c et de l'énergie potentielle E_p du système (solide – ressort – terre) en fonction du temps t ;

A.3. Montrer que l'énergie mécanique totale du système se conserve ;

Partie B :

On dispose maintenant d'un condensateur de capacité C = 4 µF que l'on charge sous une différence de potentiel U_o = 100 V ; ce condensateur chargé est ensuite branché aux bornes d'une bobine d'induction de résistance négligeable et d'inductance L = 0,04 H. On constate alors que le circuit formé par le condensateur et la bobine est le siège d'un courant d'intensité variable i(t). On rappelle que si u(t) est la tension instantanée aux bornes du condensateur, la charge instantanée du condensateur est de la forme q(t) = Cu(t) et son énergie a comme expression $E = \frac{1}{2}C(u(t))^2$.

B.1 Donner les valeurs de la charge Q_o et de l'énergie E_o du condensateur avant son branchement aux bornes de la bobine ;

B.2 En exprimant d'une part la valeur instantanée de la tension aux bornes du condensateur, d'autre part celle de la tension aux bornes de la bobine, établir l'équation différentielle concernant la charge q(t) du condensateur après le branchement ;

B.3 Montrer qu'on peut écrire q(t) sous la forme $q(t) = Q_m \sin(\omega'_o t + \varphi')$ dans laquelle on exprimera les valeurs de Q_m, ω'_o et φ' (à l'instant du branchement, pris comme instant initial, il n'y a pas encore de courant) ;

B.4. Sachant qu'à tout instant l'énergie électromagnétique emmagasinée dans la bobine est de la forme $E' = \frac{1}{2} L(i(t))^2$, donner les expressions instantanées de l'énergie E du condensateur de E' de la bobine ;

B.5. En déduire la relation simple qui lie E, E' et E_o. Quelle conclusion physique peut-on tirer de cette relation ?

B.6. En rapprochant l'équation différentielle régissant le mouvement du solide S dans la question A-1 de l'équation différentielle régissant la valeur instantanée de la charge q(t) du condensateur dans la question B-2, établir une analogie entre les deux systèmes physiques étudiés ; en particulier on indiquera les correspondances entre les deux systèmes sous la forme suivante :

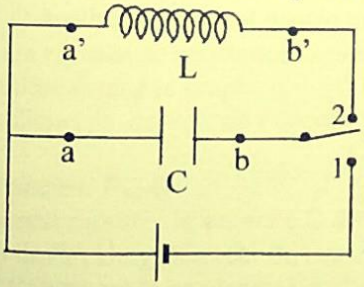
Aux valeurs mécaniques	correspondent	les valeurs électriques.
x	⟷	.....
.....	⟷	L
k	⟷	.....
$v = dx/dt$	⟷	.....
$E_c = \frac{1}{2}mv^2$	⟷	.....
.....	⟷	$E = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C}$

Exercice P_{10}-3

1) Soit un solénoïde placé dans l'air comportant N = 200 spires, de longueur l = 50 cm et de diamètre D = 5 cm. Etablir l'expression littérale de l'auto-inductance L de ce solénoïde puis calculer la valeur numérique de L.

On supposera le champ magnétique uniforme à l'intérieur du solénoïde et on rappelle que la perméabilité de l'air est voisine de celle du vide : $\mu_o = 4\pi.10^{-7}$ H/m dans le système international.

2) On branche ce solénoïde dans le montage représenté ci-dessous qui comporte un condensateur de capacité C = 0,5 µF et une source de tension électrique continue de valeur U_o = 10 V.



On charge le condensateur en plaçant l'interrupteur K en position 1 et on le fait ensuite se décharger dans le solénoïde en plaçant l'interrupteur dans la position 2.

a) Donner l'expression de l'intensité instantanée i du courant qui circule dans le solénoïde à partir de l'instant $t_o = 0$ où l'on ferme l'interrupteur en position 2. Sur un schéma on précisera les conventions d'orientation qui permettent de définir les valeurs algébriques du courant et des tensions.

On suppose que le circuit étudié ici a une résistance négligeable.

b) Déterminer la valeur de la pulsation de l'oscillateur électrique ainsi réalisé.

3) Montrer que l'énergie emmagasinée dans le circuit constitué par le condensateur et le solénoïde est globalement constante.

Ceci est-il possible dans la réalité ? Pourquoi ?

D'après BAC

Exercice P_{10}-4

1) On considère un générateur qui débite un courant d'intensité indépendante du temps, I = 150 µA. On charge avec ce générateur un condensateur de capacité C = 18 µF initialement déchargé.

Calculer 8 secondes après le début de la charge :

- les charge Q_A et Q_B de chaque armature ;
- la différence de potentiel $V_A - V_B$ entre ses armatures ;
- l'énergie W accumulée.

On précisera sur un schéma la charge de chaque armature en les justifiant (voir figure 1).

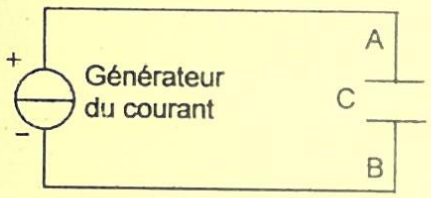


Figure 1

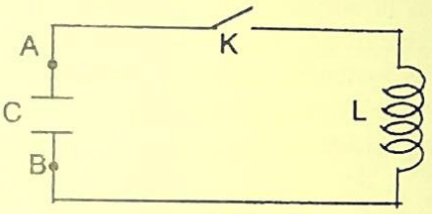


Figure 2

2) Le condensateur est alors isolé du générateur puis branché sur une bobine d'inductance L = 0,5 H et de résistance négligeable (voir figure 2).

a) On appellera q(t) la charge portée par l'armature A à l'instant t. Etablir l'équation différentielle vérifiée par la charge q(t) lorsque l'interrupteur K est fermé.

b) En déduire l'expression générale de la tension $u_{AB} = f(t)$ (on prendra comme origine des dates l'instant de la fermeture de K).

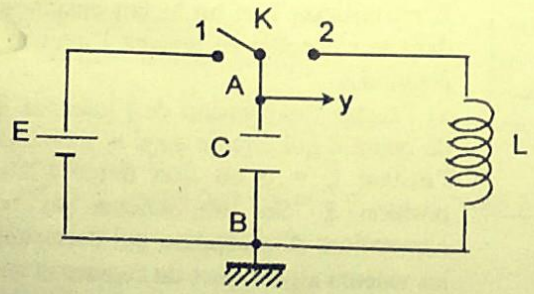
c) Calculer la période T des oscillations électriques.

d) A la date $t = 1{,}5\pi.10^{-3}$ s, calculer la tension u_{AB}, l'intensité i du courant et déterminer le sens du courant.

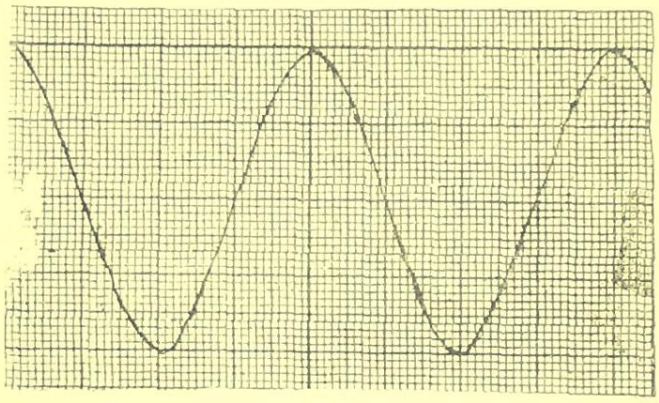
D'après BAC

Exercice P_{10}-5

Pour étudier expérimentalement un circuit oscillant, on réalise le montage suivant :



Le condensateur a une capacité C = 0,1 µF. La bobine a une résistance négligeable et une inductance inconnue L.
Les deux bornes du condensateur sont reliées à l'entrée vertical Y d'un oscillographe.
1/ On place l'interrupteur K en position 1. Décrire brièvement le phénomène auquel est soumis le condensateur.
2/ On place ensuite l'interrupteur K en position 2. On observe alors sur l'écran de l'oscillograghe la courbe suivante :



Base de temps : 0,2 ms/div Sensibilité verticale : 1 V/div

a) Indiquer la grandeur representee par cette courbe et expliquer le phénomène mis ainsi en évidence.
b) Déterminer la période propre T_o de ce circuit oscillant ainsi que sa pulsation propre.

3/ Le temps est compté à partir d'un instant pour lequel la charge du condensateur est maximale.
a) Déterminer d'après l'oscillogramme la charge maximale du condensateur.
b) Dans ces conditions, écrire l'équation différentielle qui rend compte du phénomène observé.
c) Ecrire l'expression de la charge q du condensateur en fonction du temps, puis celle de l'intensité du courant qui parcourt le circuit.
d) Calculer l'intensité du courant lorsque la charge q est maximale.

4/ Calculer la valeur de l'inductance L de la bobine.
5/ Un résistor de résistance variable R est inséré dans le circuit. Indiquer de quelle manière évolue le graphe q = f(t) lorsque R augmente.
Expliquer le devenir de l'énergie initialement emmagasinée dans le condensateur.

Exercice P_{10}-6

On veut mesurer la capacité C d'un condensateur par deux méthodes.
Partie A : Un générateur de tension continue de f.é.m. E permet de changer préalablement le condensateur. Celui-ci se décharge alors dans un conducteur

ohmique de résistance R = 10 Ω. Un dispositif permet d'enregistrer les valeurs de la tension U_C aux bornes du condensateur en fonction du temps. On obtient les résultats suivants sachant que la décharge commence à un instant pris comme origine des dates.

t(s)	2	4	6	8	10
u_C(V)	1,45	1,24	1,06	0,90	0,77

1- Tracer la courbe représentant les variations de $\ell nu_C(t)$ en fonction du temps (Echelle : $\ell nu = 1 \longrightarrow 10$ cm et 1s $\longrightarrow$ 1 cm)

2- Sachant que $u_C(t)$ est de la forme $u_C(t) = Ee^{-t/RC}$, que représente le coefficient directeur de la droite obtenue précédemment ? On pose $\tau = RC$. Calculer la valeur de τ puis celle de C.

3- Déterminer E à partir du graphe.

4- Quelle est l'influence de la valeur de la constante RC sur la durée de la décharge du condensateur ?

Partie B : Le condensateur précédant initialement chargé est relié à une bobine d'inductance L= 1,3 mH de résistance négligeable. Sa décharge commence à un instant pris comme origine des dates et un oscilloscope permet de visualiser la tension U_C aux bornes du condensateur en fonction du temps (voir figure ci-dessous). Les réglages de l'oscilloscope sont 2 V par division et 0,2 ms par division.

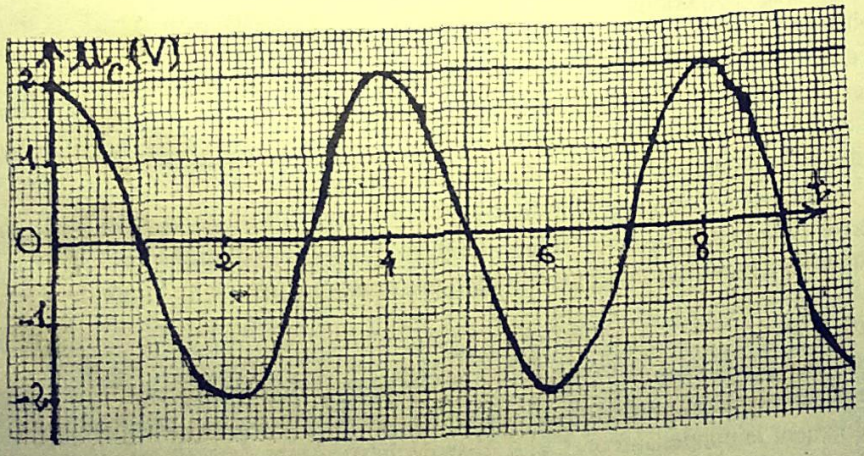
1- Expliquer le phénomène physique qui a lieu dans le circuit LC.

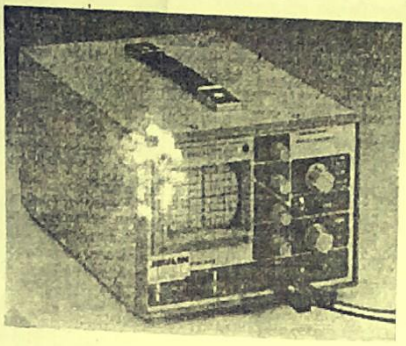
2- Sachant que l'équation différentielle du circuit s'écrit $L\ \ddot{q} + \frac{q}{C} = 0$ sa solution générale est : $Q_m\cos(\omega_o t + \varphi)$

a) En déduire l'expression générale de $u_C(t)$.

b) Etablir la relation entre la période T_o, L et C

c) Déterminer numériquement les valeurs de T_o et de C et écrire l'expression numérique de $u_C(t)$.





Chapitre 11 (Physique)

CIRCUITS R, L, C en REGIME SINUSOIDAL FORCE

L'essentiel du cours

1) ETUDE DU DIPOLE R, L, C SERIE

1-1 Définition

Le circuit R L C série est un circuit formé d'un conducteur ohmique de résistance R, d'une bobine purement inductive d'auto-inductance L et d'un condensateur de capacité C montés en série.

1-2 Equations régissant les grandeurs électriques du circuit

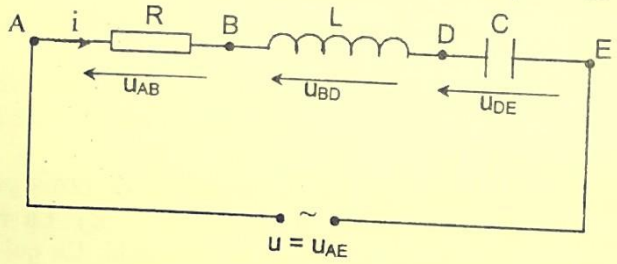


Fig. 1: Circuit R L C série

- Le circuit est alimenté par la tension sinusoïdale :
  $u = U_m\cos(\omega t + \varphi)$ avec U_m amplitude de la tension

  $U_m = U\sqrt{2}$ avec U la tension efficace.

- Le circuit est parcouru par un courant d'intensité :
  $i = I_m\cos \omega t$ avec I_m l'amplitude de l'intensité du courant.

  $I_m = I\sqrt{2}$ avec I l'intensité efficace
- La relation entre I et U en régime sinusoïdal est :
  $U = ZI$ avec Z l'impédance du circuit (Z en ohms) ou encore $U_m = ZI_m$.
- La loi des tensions aux bornes du circuit RLC permet d'écrire :

$$u_{AE} = u_{AB} + u_{BD} + u_{DE} = Ri + L\frac{di}{dt} + \frac{q}{C} \text{ avec } q = \int_0^t idt$$

Soit $u_{AE} = Ri + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int_0^t idt$ (équation différentielle du circuit RLC)

En remplaçant $u_{AE} = U_m\cos(\omega t + \varphi)$ et $i = I_m\cos\omega t$, on a :
$U_m\cos(\omega t + \varphi) = RI_m\cos\omega t + L\omega I_m\cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) + \frac{I_m}{C\omega}\cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$

- La résolution par la méthode de Fresnel (figure 2) conduit à :

$$\tan\varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}$$

φ est le déphasage de la tension par rapport au courant :

$$Z = \frac{U_m}{I_m} = \sqrt{R^2 + (L\omega - 1/C\omega)^2}$$

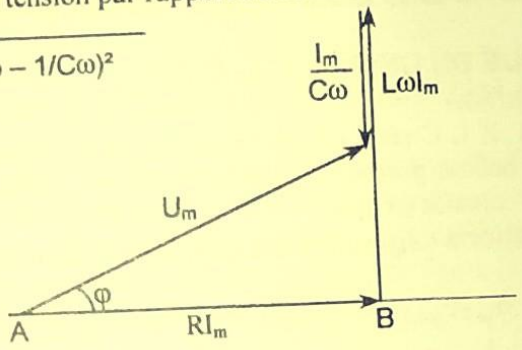


Fig.2

1-3 Résonance d'intensité

- La résonance d'intensité se produit lorsque la pulsation imposée par le générateur est égale à la pulsation propre du dipôle ($\omega = \omega_o$). La réponse en intensité est maximale et l'impédance du circuit est minimale. Ce qui se traduit par :

$$L\omega - \frac{1}{C\omega} = 0 \text{ soit } LC\omega^2 = 1 \text{ d'où } \omega = \omega_o = \sqrt{\frac{1}{LC}}$$

La fréquence propre du circuit R L C est alors : $N_o = \frac{\omega_o}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

- A la résonance :

$Z = R$; $U = RI$; $\varphi = 0$; $u_C = U_L$; $Z_C = Z_L$

1-4 Bande Passante

La bande passante est le domaine de fréquence dans lequel l'intensité I est supérieure ou égale à $\frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$. La largeur de la bande passante est telle que :

$$\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1 = \frac{R}{L}\text{ ; }\Delta N = \frac{\Delta\omega}{2\pi} = \frac{R}{2\pi L}$$

1-5 Facteur de Qualité

Le facteur de qualité est défini par :

$$Q = \frac{N_o}{\Delta N} = \frac{\omega_o}{\Delta\omega} = \frac{L\omega_o}{R} = \frac{1}{RC\omega_o} = \frac{1}{R}\sqrt{\frac{L}{C}}$$

2) PUISSANCE MOYENNE

La puissance moyenne d'un dipôle série alimenté sous tension sinusoïdale est :
$P = UI\cos\varphi$ où $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$ désigne le facteur de puissance du dipôle.

3) EXERCICE RESOLU

Enoncé

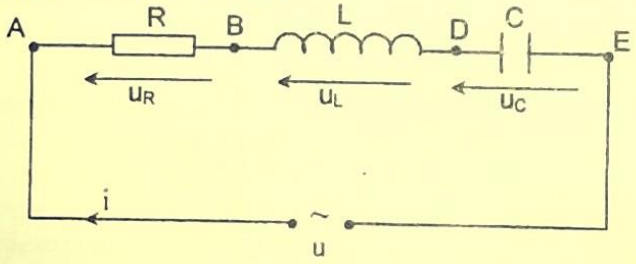
Le dipôle R L C à étudier est formé d'une bobine d'auto-inductance L associée en série avec un condensateur de capacité C et un conducteur ohmique de résistance R. L'alimentation est constituée par un générateur basse fréquence (G.B.F) qui délivre une tension sinusoïdale de fréquence réglable.

1) Etablir l'expression de la tension u(t) aux bornes du dipôle en fonction de l'intensité i du courant. Quelle est la phase de u par rapport à i ? Déterminer l'impédance Z du circuit.

2) A quelle condition se produit la résonance d'intensité ? En déduire la fréquence propre N_o du dipôle R L C.

Corrigé détaillé et commenté

1) * Expression de u en fonction de i



Appliquons la loi d'additivité des tensions aux valeurs instantanées :
$u = u_R + u_L + u_C$ (1).

La loi d'Ohm pour chaque dipôle permet d'écrire :

- pour le conducteur ohmique : $u_R = Ri$
- pour la bobine : $u_L = ri - e = ri - (-L\frac{di}{dt}) = L\frac{di}{dt}$ car $r = 0$
- pour le condensateur : $u_C = \frac{q}{C} = \frac{1}{C}\int idt$

L'équation (1) devient alors :

$$u = Ri + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int_0^t idt \quad (2)$$

- Déterminons la phase de u par rapport à i

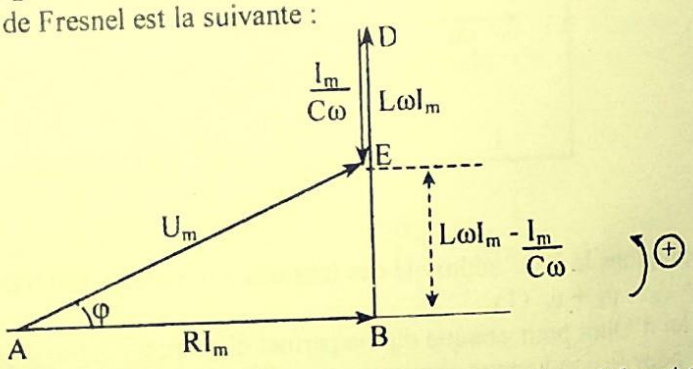
D'une façon générale, en posant $u(t) = U_m\cos\omega t$, il est commode d'écrire l'intensité sous la forme : $i(t) = I_m\cos(\omega t - \varphi)$.
Une autre façon équivalente d'aborder le problème est d'écrire la tension appliquée sous la forme :
$u = U_m\cos(\omega t + \varphi)$ et l'intensité comme : $i = I_m\cos\omega t$.
Dans les deux cas, φ désigne la phase de u par rapport à i.
Les calculs sont plus simples en adoptant le second point de v ıe, ce qui sera fait içi.
L'équation différentielle du circuit R L C devient alors :

$$u = Ri + L\frac{di}{dt} + \frac{1}{C}\int_0^t i\,dt.$$

$$U_m\cos(\omega t + \varphi) = RI_m\cos\omega t + L\omega I_m\cos\left(\omega t + \frac{\pi}{2}\right) + \frac{I_m}{C\omega}\cos\left(\omega t - \frac{\pi}{2}\right)$$

Résolvons l'équation précédente par la méthode de Fresnel.
En associant à chacune des quatre fonctions précédentes un vecteur de Fresnel, on obtient :

- $u = U_m\cos(\omega t + \varphi)$ représentée par $\overrightarrow{AE}$ $(AE = U_m, \varphi)$
- $u_R = RI_m\cos\omega t$ représentée par $\overrightarrow{AB}$ $(AB = RI_m, 0)$
- $u_L = LI_m\omega\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$ représentée par $\overrightarrow{BD}$ $(BD = LI_m\omega, \frac{\pi}{2})$
- $u_C = \frac{I_m}{C\omega}\cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$ représentée par $\overrightarrow{DE}$ $(DE = \frac{I_m}{C\omega}, -\frac{\pi}{2})$
- Puisque $u = u_R + u_L + u_C$ alors $\overrightarrow{AE} = \overrightarrow{AB} + \overrightarrow{BD} + \overrightarrow{DE}$
- La représentation de Fresnel est la suivante :



U_m est représentée par l'hypoténuse d'un triangle rectangle dont les côtés ont pour valeurs :
$AB = RI_m$ et $BE = (L\omega - \frac{1}{C\omega})I_m$

- L'exploitation géométrique de ce diagramme donne :

$$\tan\varphi = \frac{(L\omega - \frac{1}{C\omega})I_m}{RI_m} \quad \text{soit} \quad \tan\varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}$$

avec φ déphasage entre u et i.

Le triangle ABE conduit à :
$U_m^2 = (RI_m)^2 + (L\omega I_m - \frac{I_m}{C\omega})^2$. Il vient alors : $U_m = I_m\sqrt{R^2 + (L\omega - 1/C\omega)^2}$

D'où l'impédance $Z = \frac{U_m}{I_m} = \sqrt{R^2 + (L\omega - 1/C\omega)^2}$

2) * La résonance d'intensité se produit lorsque la pulsation imposée par le générateur est égale à la pulsation propre du dipôle R L C ($\omega = \omega_o$)

- A la résonance d'intensité :

- l'impédance est minimale : $Z = R$ et $L\omega - \frac{1}{C\omega} = 0$
- l'amplitude I_m de l'intensité est maximale et égale à $\frac{U_m}{R}$
- la réactance $X = L\omega - \frac{1}{C\omega}$ est nulle

- Calcul de fréquence propre N_o

A la résonance d'intensité, $\omega = \omega_o$ et $L\omega_o - \frac{1}{C\omega_o} = 0$

D'où $LC\omega_o^2 = 1$ soit $w_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$. Il vient alors $N_o = \frac{\omega_o}{2\pi} = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$

Exercices

Exercice P_{11}-1

1) On branche un voltmètre aux bornes d'une source de courant alternatif. Il indique 220 V. La fréquence du courant est 50 Hz. Quelle est la valeur maximale de la tension de la source ?
2) On dispose en série, aux bornes de la source précédente, une résistance pure r, une bobine B de résistance R et de coefficient d'induction L et un ampèremètre. Celui-ci indique alors 3,5 A. Un voltmètre branché aux bornes de la seule résistance r indique $U_r = 140$ V, et aux bornes de la bobine B, $U_B = 120{,}8$ V.

a) Déterminer les impédances Z_r de la résistance, Z_B de la bobine et Z de l'ensemble.
b) Calculer les valeurs de r, R et L.
c) Déterminer le déphasage entre la tension aux bornes de la source et l'intensité du courant.
d) Ecrire l'expression de l'intensité du courant en prenant comme origine des temps l'instant où la tension est maximum.

Exercice P_{11}-2

Un générateur délivrant une tension sinusoïdale u(t) de valeur efficace U = 6 V et de fréquence N, est branché aux bornes A et B d'un circuit, comprenant, montés en série :

- un résistor R = 23 Ω
- un condensateur de capacité C = 2,5 μF.
- une bobine inductive de coefficient d'auto-induction L et de résistance r inconnus.
- un ampèremètre d'impédance négligeable.

1) Pour la pulsation correspondant à la fréquence N, donner l'expression de l'impédance Z_{AB} du dipôle AB.

2) On fait varier la fréquence N et on note les valeurs correspondantes de I. On constate que l'intensité du courant est maximale (I_o = 0,2 A) pour la fréquence N_o = 100 Hz.

a) Calculer alors l'impédance Z_{AB}.

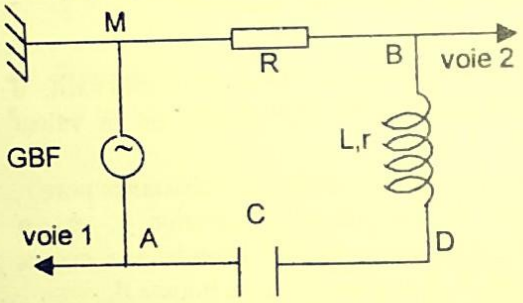
b) En déduire les caractéristiques r et L de la bobine. On prendra $\pi^2 = 10$.

3) La fréquence vaut maintenant N_1 = 80 H_z. Représenter l'allure du diagramme de Fresnel correspondant, sur lequel on fera apparaître la phase φ de la tension U en prenant l'intensité I comme origine des phases.

Exercice P_{11}-3

Un dipôle AM comprend en série un conducteur ohmique de résistance R = 40 Ω, une bobine de coefficient d'inductance L et de résistance r, un condensateur de capacité C = 0,83 μF.

Ce dipôle est alimenté par un générateur BF qui délivre une tension sinusoïdale $u = u_{AM}$. On observe les tensions u_{AM} et u_{BM} à l'oscilloscope bicourbe.



1) Dans un premier temps, on obtient l'oscillogramme a)
- sensibilité sur les voies 1 et 2 ; 0,2 V/carreau
- base de temps : 0,05 ms/carreau.

a) A quel phénomène correspond cet oscillogramme ? Justifier votre réponse.

b) Déterminer r et L.

2) Dans un deuxième temps, on modifie la fréquence du générateur et l'on obtient l'oscillogramme b)
- sensibilité sur la voie 1 : 0,2 V/carreau
  sur la voie 2 : 0,1 V/carreau
- Base de temps : 0,1 ms/carreau.

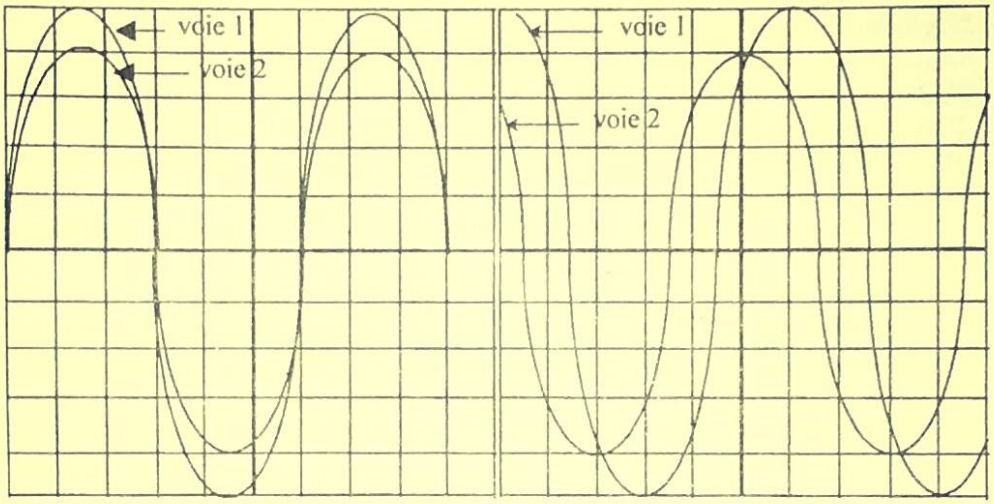
a) Le dipôle est-il globalement inductif ou capacitif ? Justifier la réponse.

b) Calculer le déphasage φ de u par rapport à i.

c) Si la tension aux bornes du générateur est maximale à l'instant t = 0, déterminer les expressions instantanées u(t) et i(t) ainsi que celles des tensions u_{BM}, u_{DB}, u_{AD}.

d) Représenter le diagramme de Fresnel des tensions partielles aux bornes de chaque élément du dipôle : U_{BM}, U_{DB}, U_{AD} et U_{AM} (efficaces).

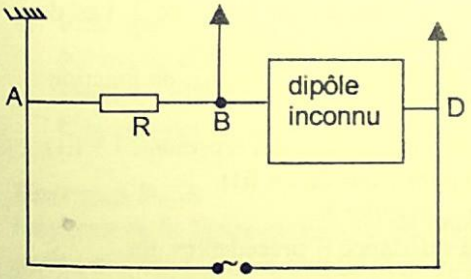
Echelle : 0,1 V pour 1 cm, On prendra i comme origine des phases. Faire figurer φ.

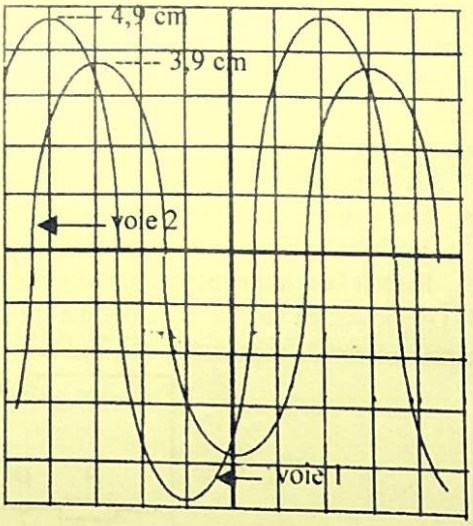


oscillogramme a) oscillogramme b)

Exercice P_{11}-4

Un résistor de résistance R = 55 Ω et un dipôle inconnu (qui peut être une bobine pure d'inductance L, ou un condensateur de capacité C) sont montés en série entre A et D. Aux bornes de l'ensemble, on applique une différence de potentiel alternative sinusoïdale de valeur efficace U, de fréquence N. $u_{DA} = U_M \cos 2\pi N t$.





On observe sur l'écran d'un oscillographe bicourbe les courbes représentant

$u_{BA} = f(t)$ sur la voie 1

$u_{DA} = g(t)$ sur la voie 2

La sensibilité est de : 2 volts par cm sur la voie 1

5 volts par cm sur la voie 2

L'échelle des temps est de 0,2 ms par cm.

1/ a) Déterminer la fréquence du courant dans ce circuit.

b) Quelle est la tension efficace aux bornes du générateur ?

2/ a) Quelle est la tension efficace aux bornes du résistor ?

b) En déduire l'intensité efficace du courant dans le circuit. Donner l'expression de sa valeur instantanée i(t).

3) En déduire la nature du dipôle inconnu et calculer son coefficient caractéristique.

Exercice P_{11}-5

On considère une bobine (b) de résistance r et d'inductance L. Elle porte les indications suivantes fournies par le constructeur r = 14 Ω et L = 0,11 H. Pour contrôler ces indications, on réalise les essais suivants :

- On alimente la bobine en courant continu sous une tension de 3 volts ; l'intensité du courant est alors de 214 mA.
- La bobine est ensuite alimentée en courant alternatif sinusoïdal, de fréquence 50 Hz, sous la tension efficace de 6 volts ; l'intensité efficace du courant est alors de $56{,}2.10^{-3}$ A.

1) Calculer les valeurs de la résistance r et de l'inductance L déduites de ces essais. Sont-elles en accord avec les indications du constructeur ?

2) Une portion de circuit AB est constituée par une résistance R montée en série avec la bobine (b) dont on utilisera les valeurs indiquées par le constructeur.

On applique entre A et B une tension $u_{AB} = U_m \cos(\omega t)$ de fréquence N = 50 Hz (voir fig. 1).

On visualise à l'oscillographe la tension u_{PB} aux bornes de la résistance R et la tension u_{AB}. Les sensibilités verticales sont 2 V/div pour la voie A et 20 V/div pour la voie B. La figure observée sur l'écran est représentée sur la figure 2. Les deux courbes qui la constituent sont notées (1) et (2) voir papier millimétré

a) Etablir la relation différentielle donnant la tension instantanée u_{AB} en fonction de l'intensité instantanée i dans le circuit.

b) Des deux courbes numérotées (1) et (2), quelle est celle qui représente i = f(t). Justifier la réponse. Donner l'expression numérique de i = f(t).

c) Etablir la relation permettant d'obtenir R ; calculer R.

3) On ajoute, en série avec la bobine (b) et la résistance R précédentes, un condensateur de capacité C = 1,2 µF.

Fig. 1 :

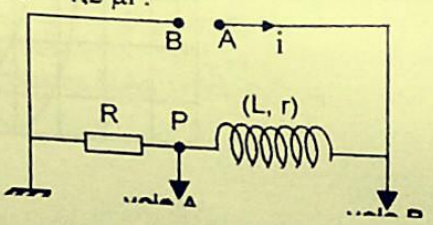
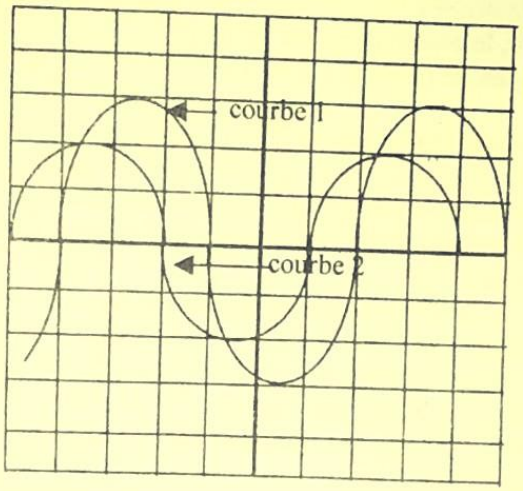


Fig. 2 :



Aux bornes de l'ensemble ainsi réalisé, on établit une tension alternative u_{AB} telle que $u_{AB} = U\sqrt{2}\cos \omega t$ avec U = 24 volts. L'intensité i du courant dans le circuit est alors $i = I\sqrt{2}\cos(\omega t + \varphi)$ et a le même sens qu'en 2/a.

a) Etablir la relation $u = f(i, R, L, r, \frac{di}{dt}$ et $\int i dt)$

b) Etablir également $u = f(q, R, L, r, \frac{dq}{dt}, \frac{d^2q}{dt^2})$

c) A partir de a/, donner la représentation de Fresnel et en déduire l'expression de l'impédance du circuit.

d) Etudier les variations de I et de φ en fonction de la pulsation ω. On supposera que la fréquence du courant a une valeur maximale de 2000 Hz. En déduire l'allure de la courbe de $I = f(\omega)$.

e) Pour quelle valeur ω' de ω a-t-on $\varphi = 0$? Quel est le composant du circuit, bobine ou condensateur qui est prépondérant si : $\omega > \omega'$? ou $\omega < \omega'$.

f) Donner l'expression de la puissance moyenne consommée dans le dipôle R, L, C et calculer sa valeur pour $\omega = \omega'$.

Exercice P_{11}-6

Le circuit de la figure ci-dessous est alimenté par un générateur de tension supposé parfait délivrant une tension E = 6,0 V. Les deux commutateurs K_1 et K_2 ont deux positions 0 ou 1.

1- Avec les conventions indiquées sur la figure, déterminer les relations liant :

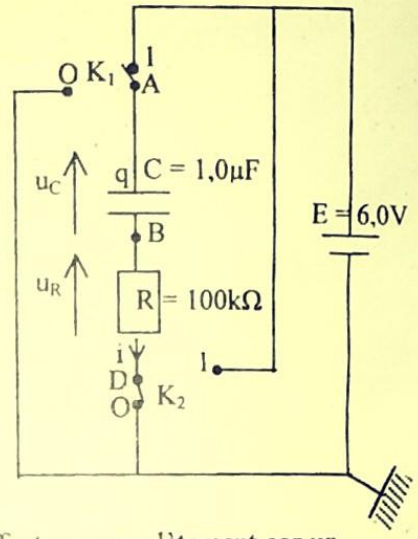
a) u_R, R et i ;

b) u_C, q et C ;

c) i et $\frac{dq}{dt}$;

2- A l'instant t = 0, le condensateur est déchargé. Le commutateur K_1 est en position 1 et K_2 en position 0.

a) Montrer que q vérifie l'équation : $R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C} = E$



b) En déduire l'équation vérifiée par u_C.

3- Vérifier que $u_C = E(1 - e^{-t/RC})$ est solution de l'équation trouvée au 2- b).

4- Quelle est la quantité d'électricité emmagasinée par le condensateur au bout d'une durée supérieure à 5 τ ? (avec τ = RC)

5- R = 100 kΩ et C = 1,0µF. Quelle est l'intensité i du courant traversant le circuit RC au bout d'une seconde ?

6- En réalité, la charge du condensateur ne peut s'effectuer complètement car un dispositif fait basculer les commutateurs en même temps lorsque u_C = 3,0 V. En prenant pour nouvelle origine des temps cet instant de commutation, la tension u_C évolue suivant l'expression :

$$u_C = -E\left(1 - \frac{3}{2}e^{-t/RC}\right)$$

a) Calculer les valeurs de u_C à t = 0 et lorsque t tend vers l'infini.

b) Un nouveau basculement intervient lorsque u_C atteint –3,0 V. Calculer l'intervalle de temps Δt compris entre ces deux basculements

Exercice P_{11}-7

Une bobine est assimilable à un conducteur ohmique de résistance R et à une inductance L disposés en série. On veut mesurer les valeurs de R et de L.

1- Dans une 1ère mesure, la bobine est alimentée par un générateur délivrant une tension continue U_1 = 12 V ; l'intensité du courant qui traverse la bobine est alors égale à I_1 = 0,192 A.

Dans une 2ème mesure, la bobine est alimentée par un générateur basse fréquence (G.B.F.) délivrant une tension alternative sinusoïdale de fréquence f = 100 Hz et de valeur efficace U_e = 15 V : l'intensité efficace est alors égale à I_e = 10,3 mA . Déduire de ces données les valeurs de R et L.

2- On cherche à vérifier ces résultats à l'aide d'une autre mesure. Avec la bobine et condensateur de capacité C = 1,00 µF, disposés en série, on constitue un circuit que l'on alimente par le G.B.F. précédent. On fait varier la fréquence f de la tension alternative sinusoïdale en maintenant sa valeur efficace constante et égale à 5 V et on suit l'évolution de l'intensité efficace. Celle-ci passe par une valeur maximale I_e = 80 mA pour f_o = 182 Hz.

a) Comment appelle-t-on le phénomène observé ?

b) Déduire de ces données les valeurs de R et L.

c) On se place à la fréquence f_1 = 100 Hz. Calculer la valeur de l'impédance Z du circuit ; en déduire la valeur de l'intensité efficace I_e.

Calculer la phase φ de la tension instantanée u(t) par rapport à l'intensité instantanée i(t).

Exercice P_{11}-8

Un générateur de tension sinusoïdale G.B.F. dont la tension efficace garde une valeur constante U, alimente 3 dipôles montés en série : un conducteur ohmique de résistance R, une bobine d'inductance L et de résistance r et un condensateur de capacité C. Un ampèremètre permet de mesurer l'intensité efficace I du courant dans le circuit.

1- Un voltmètre permet de mesurer la tension efficace U_c aux bornes du condensateur.
La fréquence du G.B.F. étant fixée à la valeur N = 290 Hz, on lit : I = 60 mA, U_c = 8,2 V.

a) Calculer l'impédance Z_c du condensateur.
b) Calculer la capacité C du condensateur.

2- On fait varier la fréquence N du générateur et on mesure l'intensité efficace I. On obtient la courbe I = f(N) : figure

a) Déduire de cette courbe la fréquence N_o et l'intensité I_o du courant correspondant à la résonance.
b) A partir des résultats précédents, calculer l'inductance L de la bobine.
c) Calculer la tension efficace U_c aux bornes du condensateur qu'on notera Uc_o

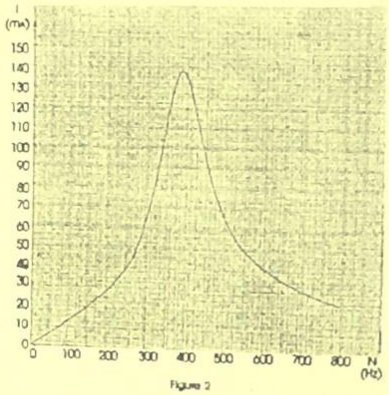


Figure 2

3-On rappelle que le facteur de qualité est défini par : $Q = \frac{N_o}{\Delta N}$ et $Q = \frac{L\omega_o}{R_T}$ où ΔN représente la largeur de la bande passante et R_T la résistance totale du circuit.

a) Sur la courbe I = f (N) de la figure, déterminer la largeur de la bande passante et en déduire le facteur de qualité $Q = \frac{N_o}{\Delta N}$ du circuit.
b) Déduire des résultats précédents la valeur R_T de la résistance totale du circuit ainsi que la valeur de la tension efficace U du générateur.
c) A partir de la valeur du rapport $\frac{Uco}{U}$, déduire la nature du phénomène accompagnant la résonance.

Exercice P_{11}-9

Un dipôle est constitué par l'association en série d'une bobine de résistance r et d'inductance L, d'un condensateur de capacité C = 2,0 μF et d'un conducteur ohmique de résistance R = 10 Ω. Le dipôle est alimenté par un générateur basse fréquence,produisant une tension sinusoïdale de fréquence N (figure 1). On étudie le circuit avec un oscillographe bicourbe convenablement branché. On visualise sur

la voie A, la tension instantanée u(t) aux bornes du dipôle et sur la voie B, la tension instantanée u'(t) aux bornes du conducteur ohmique (figure 2).

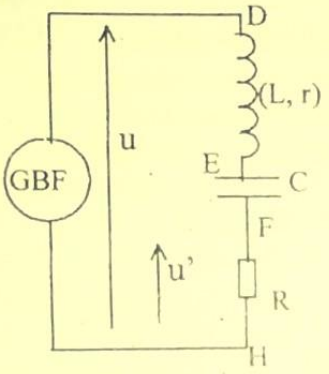


Figure 1

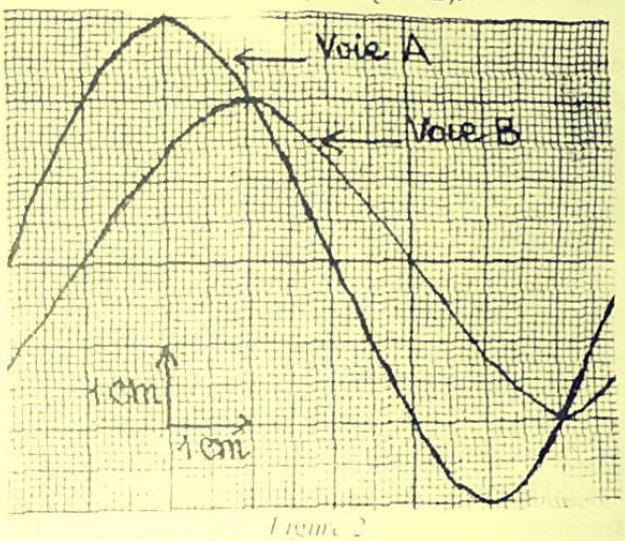


Figure 2

1/ Expliquer pourquoi en visualisant la tension u'(t) sur la voie B, par la même occasion, on visualise l'intensité i(t) dans le circuit.

2/ a) Compléter le schéma du montage (figure 1) en précisant les points du circuit où doivent être respectivement raccordées les bornes d'entrée Y_A, Y_B et la masse M de l'oscillographe qui visualise u(t) et u'(t).

b) Le balayage de l'oscillographe est réglé sur 1 ms par cm, la sensibilité verticale de la voie A réglée sur 2 V par cm et celle de la voie B sur 0,2 V par cm. A partir des oscillogrammes (figure 2), déterminer :

- la fréquence des oscillations ;
- la valeur maximale de la tension instantanée u(t) ;
- la valeur maximale de l'intensité instantanée i(t) ;
- la phase φ de u(t) par rapport à i(t). (Il faudrait préciser si u(t) est en avance ou en retard sur i(t)) ;
- l'impédance du dipôle ;
- la résistance r de la bobine et son inductance L ;
- les valeurs de la tension efficace aux bornes du générateur et l'intensité efficace du courant.

D'après Concours d'Entrée au CPU/1996 (Option Techniques Biologiques)

Exercice P_{11}-10

Partie A

On désire identifier trois dipôles D_1, D_2, D_3. D_1 est une bobine de résistance r et d'inductance L, D_2 un conducteur ohmique de résistance R, et D_3 un condensateur de capacité C. Pour chaque dipôle on réalise deux expériences :

Première expérience :

On établit aux bornes de chacun des dipôles une tension alternative sinusoïdale de fréquence N = 50 Hz et de valeur efficace U_1 = 12 V et on relève l'intensité efficace I_1 correspondante.

Deuxième expérience :
On établit aux bornes de chacun des dipôles une tension continue U_2 égale à 6,0 V et on mesure l'intensité I_2 du courant qui le traverse.
On obtient les résultats suivants :

Dipôles	I_1 (A)	I_2 (A)	$\frac{U_2(\Omega)}{I_2}$	$\frac{U_1(\Omega)}{I_1}$
	3,2	2,4		
	2,5	1,25		
	$5,0.10^{-3}$	0		

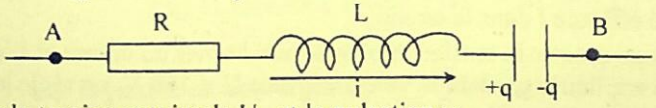
1/ Compléter le tableau ci-dessus en justifiant l'identification de chaque dipôle.
2/ Des deux expériences précédentes, déduire :
- la résistance R du conducteur ohmique ;
- la capacité C du condensateur ;
- la résistance r et l'inductance L de la bobine.

Partie B
On met en série avec une bobine de résistance r' et d'inductance L', un condensateur de capacité C'.
L'ensemble est alimenté par un générateur délivrant une tension alternative sinusoïdale u(t) d'amplitude constante mais de fréquence N réglable.
1/ On mesure les tensions efficaces aux bornes du générateur, du condensateur et de la bobine. On trouve la même valeur.
a) Exprimer l'inductance L' et la capacité C' en fonction de la résistance r' et de la fréquence N.
b) Calculer L' et C' pour r' = 2,5 Ω et N = 50 Hz.
c) Etablir l'expression littérale conduisant au calcul du déphasage φ entre la tension instantanée u(t) et l'intensité instantanée i(t). Donner sa valeur numérique.
2/ On modifie la fréquence N jusqu'à ce que le déphasage entre i(t) et u(t) devienne nul.
a) Comment appelle-t-on ce phénomène ?
b) Calculer la fréquence correspondante.

D'après Concours d'Entrée à la FSS/1997

Exercice P_{11}-11

Première partie
La portion de circuit AB ci-dessous est soumise à une différence de potentiel sinusoïdale $u = U_m \cos\omega t$ de fréquence 50 H_z et de valeur efficace 110 volts.



a) Calculer la tension maximale U_m et la pulsation ω.
c) Etablir l'équation différentielle en q qui régit les oscillations électriques du circuit.

1-3 Vergence d'une lentille

$$C = \frac{1}{\overline{OF'}} \begin{cases} \overline{OF'} = \text{distance focale en m} \\ C = \text{vergence en dioptries } (\delta) \end{cases}$$

- $C > 0$ si la lentille est convergente
- $C < 0$ si la lentille est divergente
- N.B. : Pour calculer la vergence d'une lentille à partir de ses rayons de courbure, on utilise l'expression :

$$C = (n-1)\left(\frac{1}{\overline{OC_1}} - \frac{1}{\overline{OC_2}}\right)$$

$\overline{OC_1}$ et $\overline{OC_2}$ sont les rayons de courbure en m
n est l'indice de réfraction de son milieu.

- Théorème des vergences

La vergence d'un système de lentilles minces coaxiales et accolées est égale à la somme algébrique des vergences des lentilles composantes.

$$C = \sum_{i=1}^{n} C_i$$

Le système optique obtenu est :
- convergent : $C > 0$
- divergent : $C < 0$
- équivalent à une lame à faces parallèles, telle une vitre : $C = 0$

2) POSITION ET GRANDEUR DE L'IMAGE

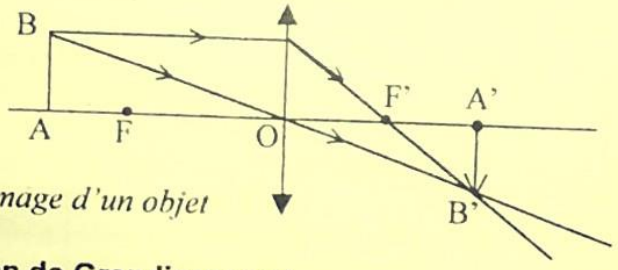


Fig. 2 : Image d'un objet

2-1 Relation de Grandissement

Le grandissement γ est donné par le quotient : $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ avec $\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$

- γ est positif si l'image est droite par rapport à l'objet.
- γ est négatif si l'image est renversée par rapport à l'objet.

2-2 Relation de conjugaison

$$\frac{1}{\overline{OF'}} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}$$

$\overline{OA'}$ est positif si l'image est réelle, négatif si l'image est virtuelle.
$\overline{OA}$ est négatif si l'objet est réel, est positif s'il est virtuel.

3) EXERCICE RESOLU

Enoncé

Partie A

Calculer la vergence et la distance focale de chacune des lentilles convergentes suivantes taillées dans un verre d'indice n = 1,5 :

1) Lentille mince plan convexe de rayon R = 50 cm.

2) Lentille mince biconvexe de rayons $R_1 = R_2 = 50$ cm

Partie B

Un ménisque convergent taillé dans un verre d'indice n = 1,5 est assimilable à une lentille mince dont la première face a pour rayon $R_1 = 0,05$ m et la seconde face a pour rayon $R_2 = 2/3\ R_1$.

1) Calculer la vergence C_1 et la distance focale f_1 de cette lentille. Quels résultats obtiendrait-on si on permutait l'ordre des deux faces.

2) On accole la lentille précédente L_1 à une autre lentille L_2 mince convergente de distance focale f_2. Le système optique ainsi constitué a le même axe principal. On place devant ce système optique un objet AB de telle sorte que son image A'B' obtenue sur un écran ait la même dimension que AB. La mesure de la distance objet-image donne $l = 48$ cm.

a) En déduire la vergence C_2 et la distance focale f_2 de la lentille L_2.

b) Laquelle des lentilles L_1 ou L_2 est la plus convergente.

Partie Ç

On veut vérifier la valeur de la distance focale de la lentille L_2 en utilisant la méthode de Bessel.

On place la lentille, sur un banc d'optique gradué, entre l'objet et l'écran. La distance objet -écran vaut D = 150 cm.

On déplace la lentille sur le banc et pour une certaine position, il se forme une image nette A'B' plus grande que l'objet. En déplaçant la lentille de la distance d vers l'écran il se forme une deuxième image nette A''B'' plus petite que l'objet.

a) Montrer que si $D > 4f_2$ on peut obtenir une image nette de l'objet sous deux positions de la lentille à égale distance du milieu de l'intervalle objet–écran. A quoi correspond le cas $D = 4f_2$?

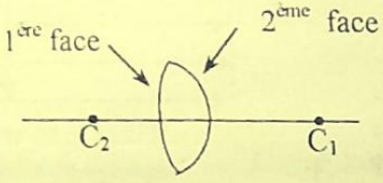
b) Exprimer la distance focale f_2 de la lentille en fonction de la distance D et de la distance d qui sépare ces deux positions.

Calculer f_2 si d = 67cm et conclure.

Corrigé détaillé

Partie A





1- Vergence de la lentille plan convexe

$C = (n - 1)\left(\frac{1}{\overline{OC_1}} - \frac{1}{\overline{OC_2}}\right)$ avec $\overline{OC_1} = \infty$ et $\overline{OC_2} = -R$

On a alors $C = \frac{n-1}{R}$ = 1 dioptrie et $f = 1/C = 1$ m.

2/ Vergence de la lentille mince

$C = (n-1)\left(\frac{1}{\overline{OC_1}} - \frac{1}{\overline{OC_2}}\right)$ avec $\overline{OC_1} = R_1$ et $\overline{OC_2} = -R_2 = -R_1$.

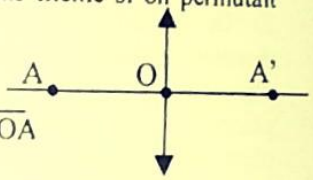
On a alors $C = (n-1)\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}\right) = 2$ dioptries et $f = 1/C = 0{,}5$ m.

Partie B

1/ Comme précédemment on a $C_1 = (n-1)\left(\frac{1}{\overline{OC_1}} - \frac{1}{\overline{OC_2}}\right) = 5$ dioptries et $f_1 = 1/C_1 = 0{,}2$ m.

Les résultats (vergence et distance focale) ne changent pas même si on permutait l'ordre des deux faces.

2/ Soit f' la distance focale du système ainsi formé.



$\frac{1}{f'} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}$ or $\frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} = -1$ d'où $\overline{OA'} = -\overline{OA}$

$\frac{1}{f'} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}} = \frac{1}{\overline{OA'}} + \frac{1}{\overline{OA'}} = \frac{2}{\overline{OA'}}$ d'où $\overline{OA'} = 2f'$ et $\overline{OA} = -2f'$

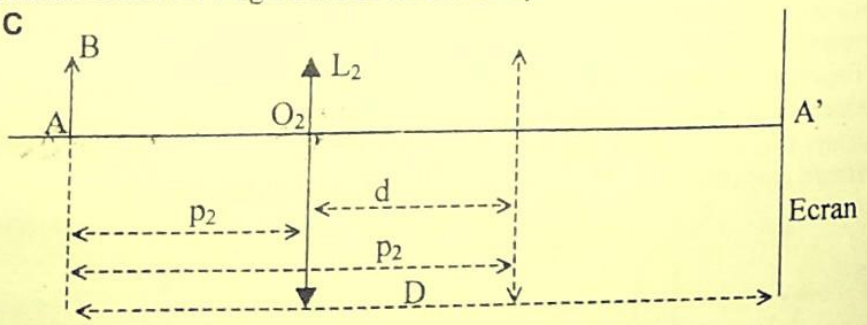
$\overline{AA'} = \overline{AO} + \overline{OA'} = \overline{OA'} - \overline{OA} = 4f'$ d'où $f' = \frac{\overline{AA'}}{4} = \frac{48}{4} = 12$ cm

Si C' est la vergence du système équivalent, on a :
$C' = C_1 + C_2$ d'où $C_2 = C' - C_1 = 1/f' - C_1 = 3{,}33$ dioptries on a alors
$f_2 = 1/C_2 = 0{,}3$ m.

3/ La lentille la plus convergente est celle qui a la plus grande vergence ou la plus petite distance focale : il s'agit donc de la lentille L_1.

Partie C

a)



$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{p'} - \frac{1}{p}$ avec $p' = \overline{O_2A'} = \overline{AA'} - \overline{AO_2} = \overline{AA'} + \overline{O_2A} = D + p$

$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{D+p} - \frac{1}{p}$ d'où $\frac{1}{f_2} = \frac{-D-p+p}{Dp+p^2}$ soit $p^2 + Dp + Df_2 = 0$

Calculons le discriminant : $\Delta = D^2 - 4Df_2$.
L'équation admet deux solutions (ce qui correspond à deux positions de la lentille par rapport à l'objet) si on a :
$\Delta > 0$ soit $D^2 - 4Df_2 > 0$; or $D > 0$ d'où $D > 4f_2$.

b) On a $p_1 = \dfrac{-D + \sqrt{D^2 - 4Df_2}}{2}$ et $p_2 = \dfrac{-D - \sqrt{D^2 - 4Df_2}}{2}$.

Si d est la distance entre les deux lentilles, on a :
$d = p_1 - p_2 = \sqrt{D^2 - 4Df_2}$ soit $d^2 = D^2 - 4Df_2$.

D'où $f_2 = \dfrac{D^2 - d^2}{4D}$; A.N. $f_2 = \dfrac{150^2 - 67^2}{4 \times 150} = 30$ cm.

Exercices

Exercice P_{12}-1

1) On dispose de deux lentilles L_1 et L_2. La distance focale f'_1 de la lentille L_1 vaut 20 cm. La lentille L_2 a pour vergence $C_2 = 10$ dioptries.

a) Calculer la vergence C_1 de la lentille L_1 et la distance focale f'_2 de la lentille L_2.

b) On veut comparer les lentilles L_1 et L_2. Laquelle est la plus convergente ?

2) A l'aide de la lentille L_1, on veut former l'image A'B' d'un objet AB sur un écran. L'objet, de longueur AB = 10 cm, est situé à 40 cm du centre optique de la lentille.

a) Déterminer la position de l'image A'B' donnée par la lentille.

b) Calculer le grandissement de l'image.

c) Calculer la dimension A'B' de l'image.

d) Construire graphiquement l'image A'B' de AB à l'échelle de 1 cm pour 10 cm. Retrouver la position de l'image graphiquement et en déduire le grandissement.

Exercice P_{12}-2

Un objet lumineux AB de hauteur 2 cm est placé perpendiculairement à l'axe principal d'une lentille mince convergente de distance focale $f' = 8$ cm. Le point A est sur l'axe principal.

1) Déterminer la position, le sens, la grandeur et la nature de l'image A'B' dans les cas suivants :

a) l'objet est à 16 cm en avant de la lentille,

b) l'objet est à 24 cm en avant de la lentille,

c) l'objet est à 12 cm en avant de la lentille,

d) l'objet est à 6 cm entre le centre optique O et le foyer de la lentille.

- Comparer dans chaque cas la hauteur de l'objet à celle de l'image.
- Dans quel cas a-t-on un fonctionnement en loupe ? Justifier la réponse.

2) Où se forme l'image lorsque l'objet AB est à 8 cm en avant de la lentille ?

3) Où se forme l'image lorsque l'objet AB est à l'infini ?

4) Quand dit-on qu'une image est réelle et quand dit-on qu'elle est virtuelle ?

Exercice P_{12}-3

On dispose d'une lentille convergente L, de distance focale f' = 30 cm, disposée de telle façon que son axe principal soit horizontal. Une petite flèche lumineuse AB de longueur 2 cm est placée, perpendiculairement à l'axe principal de cette lentille. Le point A est sur cet axe à 0,90 m de la lentille.

1) Déterminer, par le calcul, les caractéristiques (position, nature, sens et grandeur) de l'image A'B' de l'objet AB.
2) Retrouver ce résultat par un schéma représentant la construction de l'image et représenter la marche d'un pinceau lumineux issu de B (on représentera la flèche AB par sa longueur réelle de 2 cm, et les autres distances à l'échelle de 1 cm pour 10 cm).
3) On considère, encore une fois, la lentille L_1 et une flèche CD, perpendiculaire à l'axe principal, à 45 cm de L_1, le point C étant sur l'axe. Au foyer image F'_1, on place un miroir plan perpendiculairement à l'axe principal. La flèche CD sera représentée par une longueur de 1 cm.

Comment émerge du système le rayon incident issu de D passant par le foyer principal objet ?

Exercice P_{12}-4

Un microscope est constitué d'un objectif assimilable à une lentille mince convergente L_1 de distance focale f'_1 = 5 mm, et d'un oculaire assimilable à une lentille convergente L_2 de distance focale f'_2 = 20 mm.

Les deux lentilles ont le même axe principal et la longueur optique du microscope $D = \overline{F'_1F_2}$ vaut 175 mm. (On appelle longueur optique du microscope la distance qui sépare le foyer principal image F'_1 de l'objectif du foyer principal objet F_2 de l'oculaire). L'ensemble est supposé fonctionner dans les conditions de l'approximation de Gauss. O_1 et O_2 sont respectivement les centres optiques des lentilles L_1 et L_2.

1) L'objet AB est situé à 5,14 mm en avant de la lentille L_1.
   a) Calculer la position par rapport à O_1 de l'image A_1B_1 de l'objet AB donnée par l'objectif.
   b) L'image A_1B_1 sert d'objet réel pour la lentille L_2. Calculer la position par rapport à O_2 de l'image définitive A_2B_2 que l'œil observe à travers l'oculaire.
   c) Utiliser ces résultats pour justifier les caractères de l'image définitive de l'objet AB obtenue à travers le microscope : «virtuelle, renversée, très agrandie ».
   d) Faire une figure et construire les images A_1B_1 et A_2B_2 de l'objet AB placé au voisinage de foyer objet F_1 ?
2) a) L'objet observé avec le microscope est une hématie de diamètre 20 µm dont le centre est situé sur l'axe optique des lentilles. A quelle distance de l'objectif doit se trouver l'hématie pour que son image soit vue à l'infini ?
   b) L'œil de l'observateur étant placé au voisinage du foyer principal image de l'oculaire, sous quel angle voit-il alors l'hématie ?

Exercice P_{12}-5

Une lentille mince convergente L, de centre optique O, donne d'un objet réel AB situé dans un plan perpendiculaire à l'axe principal, une image réelle A'B'. Le point A est sur l'axe principal.

1) Pour vérifier expérimentalement la relation de conjugaison de Descartes, on représente $1/p' = f(1/p)$, en posant : $p = \overline{OA}$; $p' = \overline{OA'}$ et $f' = \overline{OF'}$ distance focale image.

a) De quel matériel a-t-on besoin ? Exposer brièvement un protocole expérimental. On a relevé les mesures inscrites dans le tableau où les longueurs sont exprimées en m. Compléter les deux lignes vides.

P	-0,50	-0,60	-0,70	-0,80	-0,90	-1,10
p'	1,00	0,75	0,64	0,57	0,53	0,50
1/p						
1/p'						

P	-1,0	-1,20	-1,30	-1,40	-1,50
p'	0,48	0,46	0,45	0,44	0,43
1/p					
1/p'					

b) Représenter graphiquement $1/p' = f(1/p)$ avec l'échelle de 20 mm pour 1 m^{-1} sur les deux axes.

2) a) Montrer à l'aide du graphique obtenu que la relation de Descartes est vérifiée. En déduire la vergence de la lentille.

b) Limiter la représentation compte tenu des hypothèses : l'objet est réel et l'image est réelle.

c) Interpréter les points d'intersection avec les axes représentatifs de 1/p et de 1/p'.

Exercice P_{12}-6

1- L'objectif O d'un appareil photographique est assimilé à une lentille convergente. Un bâtiment d'une hauteur AB = 25 m et situé à la distance AO = 1250 m de l'objectif donne une image A'B' de 1mm de hauteur sur la pellicule.

a) Calculer le grandissement de l'objectif et la distance objectif-pellicule OA'.

b) Déterminer la distance focale de l'objectif. Pouvait-on déduire cette valeur des résultats précédents ?

2- On souhaite obtenir du même objet placé à la même distance une image A''B'' de 1 cm de hauteur sur la pellicule. Calculer alors la distance focale image de l'objectif et la distance objectif-pellicule.

3- Pour obtenir cette image A''B'' de 1cm de hauteur avec l'appareil de 50 mm de profondeur, on utilise un téléobjectif assimilé à une lentille convergente L_1 (côté objet) placé à 18 cm d'une lentille divergente L_2 (côté pellicule).

a) Expliquer les positions relatives et la nature objets et des images.

Faire un schéma de principe.

b) Si γ_1 et γ_2 sont les grandissements de L_1 et L_2, montrer que pour le téléobjectif $\gamma = \gamma_1\gamma_2$.

En déduire que $\frac{\overline{O_1A'}}{\overline{O_2A'}} = \gamma \frac{\overline{O_1A}}{\overline{O_2A''}}$,

c) En déduire $\overline{O_1A'}$ et $\overline{O_2A'}$ à partir de l'expression de $\overline{O_1O_2}$.

d) Calculer les distances focales images des lentilles L_1 et L_2.

Exercice P_{12}-7

Deux lentilles convergentes L_1 et L_2 ont la même distance focale f' = 50 cm ; elles ont le même axe optique et sont distantes l'une de l'autre de f'.

1/ Construire, à travers le système, l'image d'un objet situé à 1 m en avant de la première lentille à l'échelle 1/25.

2/ Déterminer graphiquement la position de cette image et le rapport des dimensions de l'image et de l'objet.

3/ Vérifier les résultats de la question n° 2 par calcul.

4/ Laissant l'objet et l'écran d'observation fixes, on enlève les deux lentilles.

a) En quelle position doit-on placer une lentille unique pour que l'image ne soit pas modifiée ?

b) Quelle serait sa distance focale ?

c) En déduire la vergence de cette lentille.

D'après Concours d'Entrée au CPU/1996 (Option Techniques Industrielles)

Exercice P_{12}-8

Deux lentilles L_1 et L_2 ont respectivement O_1 et O_2 comme centres optiques.

La distance focale de L_1 est $f_1 = 4$ cm. La vergence C_2 de L_2 est le double de celle de L_1 : $C_2 = 2C_1$

1/ a) Calculer les vergences C_1 et C_2 des lentilles L_1 et L_2.

b) A partir de ces valeurs, peut-on connaître la nature de ces lentilles ?

2/ Un objet AB de hauteur h = 1 cm est placé à 6 cm de L_1, perpendiculairement à l'axe optique principal de L_1. Déterminer par calcul, la position, la nature de l'image A'B' et le grandissement de L_1

3/ On garde l'objet AB et la lentille L_1 dans leur position et on dispose L_2 de façon que les axes optiques de L_1 et L_2 soient confondus.

a) L_2 donne de A'B' une image A''B'' réelle telle que A''B'' = 4 A'B'.

Déterminer la distance O_1O_2.

b) Construire l'image A''B'' donnée par le système des deux lentilles.

Echelle sur la verticale : 1 cm ⟶ 1 cm

Echelle sur l'horizontal : 1 cm ⟶ 0,5 cm.

c) Quel est le grandissement du système ?

D'après concours d'entrée à la FSS (1998)

Exercice P_{12}-9

Un objet AB de 1,5 cm de hauteur, est placé perpendiculairement à l'axe optique d'une lentille L_1 de vergence +25 dioptries à 5 cm avant cette lentille.

1/ Par calcul, trouver la position, la nature de l'image A_1B_1 et le grandissement γ_1.

2/ On remplace la lentille précédente par une lentille divergente L_2 de distance focale - 4 cm.

a) Déterminer par construction géométrique à l'échelle 1 la position de l'image A_2B_2, sa nature et le grandissement γ_2.
b) Retrouver ces résultats par calcul.
3/ On associe L_1 et L_2 de façon que L_2 soit placée à 2 cm derrière L_1. L'objet AB est maintenu à 5 cm devant L_1. Les axes optiques des deux lentilles sont confondus.
a) Déterminer par construction géométrique à l'échelle 1 la position, la nature et la grandeur de l'image finale A'B'.
b) Par calcul, retrouver les résultats précédents.
4/ Citer deux appareils utilisant le principe des lentilles.

D'après Concours d'Entrée au CPU/2000 (Option Techniques Industrielles)

Exercice P_{12}-10

N.B. : L'œil humain est assimilable à une lentille mince convergente. La distance de l'image (qui se forme sur rétine) à la lentille est fixe. L'œil voit des objets placés à des distances différentes. L'œil est donc une lentille mince à distance focale variable, grâce à l'accommodation.
1) a) L'œil normal, au repos (sans accommodation donc) fixant un objet à l'infini en donne une image nette. Sachant que la rétine est située à 15 mm derrière le cristallin qui joue le rôle d'une lentille mince convergente, quelle est la distance focale du cristallin de cet œil ? En déduire sa vergence.
b) Donner la formule de conjugaison d'une lentille mince.
2) L'œil normal voit nettement un objet à l'infini (le punctum remotum) jusqu'à une distance minimum d = 25 cm (le punctum proximum). L'œil normal voit donc les objets placés entre l'infini et 25 cm.
Calculer alors la distance focale du cristallin quand l'œil voit un objet placé au punctum proximum.
3) Un objet haut de 2 mètres et situé à une distance de 10 m du cristallin est nettement vu par l'œil.
a) Calculer la nouvelle distance focale de cet œil, sa nouvelle vergence et la grandeur de l'image formée sur la rétine.
b) Calculer l'angle sous lequel cet œil voit l'objet précédent.
4) La myopie est une maladie très fréquente de l'œil. L'œil myope est l'œil de celui qui ne voit que de près. En effet le punctum remotum et le punctum proximum sont respectivement situés à 10 mètres et à 10 centimètres.
a) Calculer les distances focales limites de cet œil malade.
b) Calculer la vergence de l'œil myope sachant qu'au repos l'image d'un objet situé à l'infini se forme à 10 mm derrière le cristallin. Cela explique-t-il la malvoyance de cet œil ? Justifier la réponse.
c) Déterminer la nature et la vergence de la lentille mince qu'il faut accoler au cristallin de ce myope pour lui corriger la vue (l'image se forme alors sur la rétine).
5) Cet œil ainsi corrigé, après quelques années, se voit obligé de ne plus voir qu'à partir de 40 cm au lieu de 25 cm (le punctum proximum). Indiquer la nature et la vergence de la lentille mince qui corrigerait cet œil. (C'est la réunion de ces deux lentilles dans un même verre, permettant de voir de loin et de près qui donne les lunettes communément appelées lunettes double foyer).

Chapitre 13 (Physique)

NIVEAUX D'ENERGIE dans un ATOME

L'essentiel du cours

1) QUANTIFICATION DE L'ENERGIE D'UN ATOME

Un atome ne peut exister que dans des états stationnaires d'énergies bien définies, discontinues et discrètes E_1, E_2 ....E_n. Chacune de ces énergies porte le nom de niveau d'énergie de l'atome : on dit que les niveaux d'énergie sont quantifiés.

2) TRANSITION ELECTRONIQUE PAR ABSORPTION OU EMISSION DE PHOTONS

- Transition par absorption d'un photon

Pour qu'un atome passe d'un niveau d'énergie E_p à un niveau d'énergie supérieur E_n, il faut qu'il absorbe un photon qui lui fournit l'énergie : $E = h\upsilon_{np} = E_n - E_p$ avec $\upsilon_{np} = c/\lambda$. L'atome se trouve dans un état excité. L'excitation s'accompagne d'une série de raies correspondant à des longueurs d'onde données : l'ensemble de ces raies forme le spectre d'absorption.

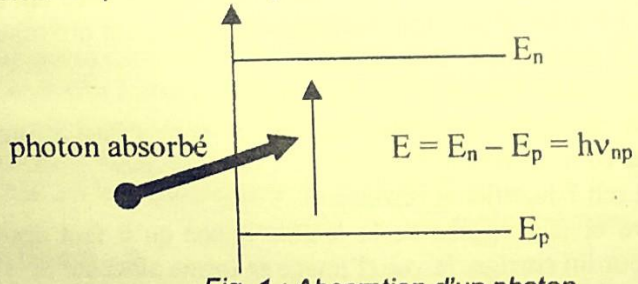


Fig. 1 : Absorption d'un photon

- Transition par émission d'un photon

Lorsqu'un atome passe d'un niveau d'énergie E_n à un niveau d'énergie inférieur E_p, il y a émission d'un photon d'énergie : $E = h\nu_{np} = E_n - E_p$.

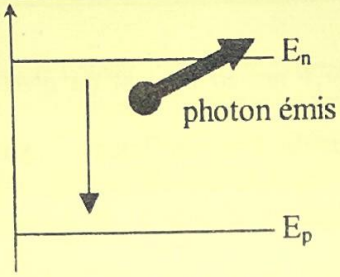


Fig. 2 : Emission d'un photon

Le système se désexcite. La désexcitation s'accompagne d'une série de raies ou de radiations lumineuses de longueurs d'onde données : l'ensemble de ces raies forment le spectre d'émission.

3) APPLICATION A L'ATOME D'HYDROGENE

Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par :

$E_n = -\frac{E_o}{n^2}$ avec $\begin{cases} E_o = 13{,}6 \text{ eV et n entier positif.} \\ E_n \text{ en eV.} \end{cases}$

- Pour $n = 1$, $E_1 = -Eo$: l'atome est à l'état fondamental.
- Pour $n \to \infty$, $E_\infty \to 0$: l'atome est à l'état de référence.
- Une transition entre deux états d'énergie E_n et E_p met en jeu l'énergie

$$E = E_n - E_p = E_o\left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2}\right) \text{ soit } h\upsilon_{np} = \frac{hc}{\lambda} = E_o\left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

d'où on en déduit la longueur d'onde du rayonnement électromagnétique

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{E_o}{hc}\left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2}\right)$$

On appelle $R_H = \frac{E_o}{hc}$ la constante de Rydberg qui vaut : $R_H = 1{,}0956.10^7\ m^{-1}$.

4) EXERCICE RESOLU

Enoncé

On donne l'expression de l'énergie des niveaux de l'atome d'hydrogène :

$$E_n = -\frac{13{,}6}{n^2} \quad (E_n \text{ en eV et } n \geq 1)$$

1) Lis attentivement les affirmations suivantes. Sont-elles justes ou fausses ? Justifie ta réponse.

a) Lorsque l'atome est dans son état fondamental, $n = \infty$.

b) Les spectres (d'absorption ou d'émission) de l'atome d'hydrogène sont continus.

c) L'énergie d'ionisation d'un atome d'hydrogène est 27,2 eV .

d) L'atome d'hydrogène peut émettre la radiation électromagnétique de longueur

d'onde dans le vide λ = 97,1 nm en passant du niveau fondamental au niveau d'énergie n = 4.

e) Toutes les radiations capables d'ioniser l'atome d'hydrogène dans le vide appartiennent au domaine du rayonnement électromagnétique ultraviolet.

2) a) Montre que les longueurs d'onde λ de certaines radiations émises par l'atome

d'hydrogène obéissent à la formule : $\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2})$ où n est un entier tel que n > 2

et R une constante, appelée constante de Rydberg de l'atome d'hydrogène.

b) Calcule R en unité SI.

c) Quelle est la valeur maximale λ_M de la longueur d'onde de la série précédente ?

Données : Constante de Planck : $h = 6{,}63.10^{-34}$ J.s.
Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3.10^8$ m/s.
1 nanomètre = 1 nm = 10^{-9} m.
Domaine des ultraviolets : 10 nm < λ < 0,4 µm
1 électron-volt = 1 eV = $1{,}6.10^{-19}$ J.

D'après Bac 1992 Série D (Bénin)

Solution détaillée et commentée

1) a) Cette affirmation est fausse car lorsque l'atome se trouve dans son état fondamental, on a n = 1, tandis que pour n = ∞, l'atome se trouve dans son état de référence.

b) Cette affirmation est fausse. Les spectres (d'absorption ou d'émission) de

l'atome d'hydrogène sont discontinus car $E_n = -\frac{13{,}6}{n^2}$ avec n qui est un entier

naturel supérieur ou égal à 1.

L'énergie de l'atome ne peut pas prendre n'importe quelle valeur. L'énergie de l'atome ne peut prendre que des valeurs particulières : on dit que l'énergie est quantifiée d'où une discontinuité des spectres (d'absorption ou d'émission).

c) Cette affirmation est fausse car l'énergie d'ionisation d'un atome d'hydrogène vaut :

$$E_i = E_\infty - E_1 = 0 - \frac{-13{,}6}{1^2} = 13{,}6 \text{ eV}.$$

d) Cette affirmation est fausse car une telle transition du niveau fondamental au niveau d'énergie n = 4 (si elle est possible) correspond à une absorption de radiation électromagnétique et non à une émission.

e) L'ionisation est possible lorsque l'énergie E de la radiation excitatrice est supérieure ou égale à l'énergie d'ionisation, soit : $E \geq E_i$

$$E = \frac{hc}{\lambda} \geq E_i \text{ d'où } \lambda \leq \frac{hc}{E_i} ; \frac{hc}{E_i} = 9{,}14.10^{-8} \text{ m} = 91{,}4 \text{ nm} ; \lambda \leq 91{,}4 \text{ nm} ;$$

toutes les radiations capables d'ioniser l'atome d'hydrogène n'appartiennent pas au domaine du rayonnement ultraviolet ; certaines appartiennent au domaine des ultraviolets et d'autres non. L'affirmation est donc fausse.

2) a) Un atome d'hydrogène qui se trouve dans un état excité de numéro n a pour énergie :

$E_n = -\frac{13,6}{n^2}$ avec $n > 1$. Un atome d'hydrogène qui se trouve dans un état excité de numéro $n = 2$ a pour énergie : $E_2 = -\frac{13,6}{2^2}$

Lorsque l'atome d'hydrogène passe du niveau excité du numéro $n > 2$ au niveau excité de numéro 2, il abandonne d'un seul coup le grain d'énergie $E = E_n - E_2$ constituant un photon dont le rayonnement électromagnétique associé a pour longueur d'onde λ telle que :

$$E = \frac{hc}{\lambda} = E_n - E_2 = -\frac{13,6}{n^2} - (-\frac{13,6}{2^2}) = 13,6(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}) \text{ d'où}$$

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{13,6}{hc}(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}) = R(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}) \text{ avec } R = \frac{13,6}{hc} = \text{constante de}$$

Rydberg pour l'atome d'hydrogène.

b) Valeur de R en unité SI : $R = \frac{13,6}{hc} = \frac{13,6 \times 1,6.10^{-19}}{6,63.10^{-34} \times 3.10^8} = 1,094.10^7 m^{-1}$

c) Valeur maximale λ_M de la longueur d'onde de la série précédente.

$$\frac{1}{\lambda} = R(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{n^2}) = R(\frac{n^2 - 2^2}{2^2.n^2}) \text{ d'où } \lambda = \frac{2^2.n^2}{R(n^2 - 2^2)} \quad \text{avec } n > 2.$$

La longueur d'onde λ est maximum si n minimale. La valeur minimale de n est égale à 3 car dans la série précédente, n est supérieure à 2.

On a alors : $\lambda_M = \frac{2^2 \times 3^2}{1,094.10^7(3^2 - 2^2)} = 6,58.10^{-7}$ m.

Exercices

Exercice P_{13}-1

Les niveaux d'énergie quantifiés de l'atome d'hydrogène sont donnés par la formule :

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \quad \text{avec } E_n \text{ en eV}$$

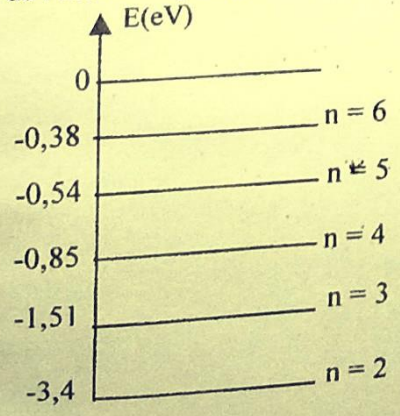
a) Calculer les énergies correspondant à n = 1, n = 2, n = 3, n = 4, n = ∞ et représenter le diagramme des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène.
b) Quelle est l'énergie minimale que l'on doit fournir à un atome d'hydrogène pour qu'il passe de l'état fondamental à un état excité ? La transcrire sur le diagramme.
c) Cette énergie est apportée à l'atome par une radiation lumineuse monochromatique. Calculer sa longueur d'onde.
d) Quelle est l'énergie d'ionisation d'un atome d'hydrogène ?
e) Calculer les énergies correspondant aux transitions électroniques de n = 4 à n = 2 et de n = 3 à n = 2. On donne : $h = 6,62.10^{-34}$ J.s ; $c = 3.10^8$ m.s^{-1}.

Exercice P_{13}-2

1) Les niveaux d'énergie quantifiés de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation

$$E_n = -\frac{13,6}{n^2} \quad \text{avec } E_n \text{ en eV et n, un nombre entier supérieur ou égal à 1.}$$

a) Quelle est l'énergie d'ionisation d'un atome d'hydrogène ?
b) Quelle est l'énergie cinétique minimale d'un électron capable de provoquer par choc l'excitation d'un atome d'hydrogène de son niveau fondamental (n = 1) à son premier niveau excité (n = 2) ?
c) L'atome d'hydrogène précédemment excité revient à l'état fondamental (n = 1) avec émission d'une onde lumineuse. Quelle est sa longueur d'onde ?
d) Etablir la relation littérale donnant la fréquence des ondes lumineuses émises lorsque les atomes d'hydrogène préalablement excités passent d'un état d'énergie caractérisé par n > 2 à l'état d'énergie caractérisé par n = 2. Calculer la plus grande longueur d'onde des ondes lumineuses émises dans ce cas. On donne : constante de Plank, $h = 6,62.10^{-34}$ J.s ; charge élémentaire, $e = 1,6.10^{-19}$ C ; célérité de la lumière dans le vide, $c = 3.10^8$ m.s^{-1}.
2) a) Sur le diagramme ci-dessous sont représentés quelques-uns des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène. A quoi correspond le niveau E = 0 eV ?



b) Représenter par des flèches sur ce diagramme les transitions électroniques de la série de Balmer qui se produisent lors du retour de l'électron excité au niveau n = 2. Indiquer l'énergie correspondant à chacune de ces transitions.
c) Quelle est la plus petite longueur d'onde correspondant à une radiation émise lorsqu'un électron excité revient sur le niveau n = 2 ?

Cette radiation est-elle visible ? (limites du visible 400 nm – 750 nm).
On donne : $h = 6{,}62.10^{-34}$ J.s ; $c = 3.10^{8}$ m.s^{-1} ; 1 eV = $1{,}6.10^{-19}$ J ; 1 nm = 10^{-9} m.

Exercice P_{13}-3

Les niveaux d'énergie quantifiés de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation :

$E_n = -\frac{E_o}{n^2}$ avec $E_o = 13{,}6$ eV. On prendra : $h = 6{,}62.10^{-34}$ J.s ; $C = 3.10^{8}$ m/s.

1) Que vaut n lorsque l'atome est dans son état fondamental ?
2) a) Quelle est, en eV, l'énergie d'ionisation d'un atome d'hydrogène ?
b) Calculer la longueur d'onde de la radiation susceptible d'ioniser l'atome d'hydrogène.
3) a) Quelle est l'énergie cinétique minimale d'un électron capable de provoquer, par choc, l'excitation d'un atome d'hydrogène de son niveau fondamental à son premier niveau excité (n = 2) ?
b) Calculer la longueur d'onde de la radiation lumineuse émise lorsque l'atome d'hydrogène précédemment excité revient à son état fondamental.
4) On fournit à l'atome d'hydrogène, pris dans son état fondamental l'énergie suffisante pour qu'il parvienne au niveau excité caractérisé par n > 2.
a) Etablir la relation littérale donnant la fréquence des radiations lumineuses émises lorsque l'atome d'hydrogène préalablement excité passe d'un état d'énergie caractérisé par n > 2 à l'état d'énergie caractérisé par n = 2.
b) Calculer la plus grande longueur d'onde et la plus petite longueur d'onde des ondes lumineuses émises dans ce cas. Laquelle de ces deux radiations est visible ?
Limites du spectre visible : 400 nm – 800 nm.

Exercice P_{13}-4

Les niveaux énergétiques possibles de l'atome d'hydrogène sont donnés par la formule :

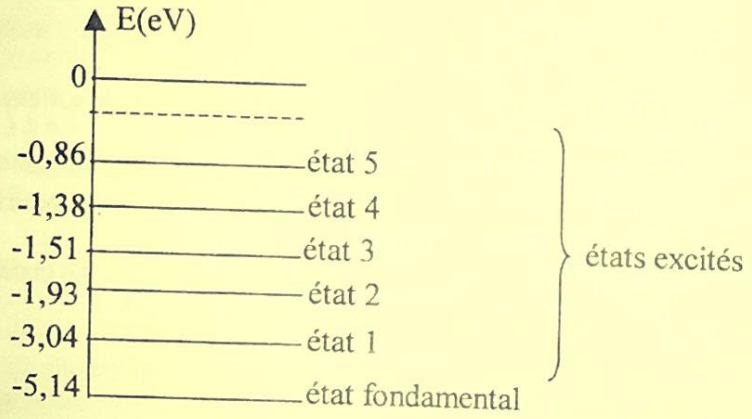
$E_n = -\frac{E_o}{n^2}$ avec $E_o = 13{,}6$ eV. On donne $h = 6{,}62.10^{-34}$ J.s; $C = 3.10^{8}$ m/s; 1 nm = 10^{-9} m

1) Expliquer pourquoi les spectres atomiques d'absorption de l'atome d'hydrogène sont constitués de raies noires et fines tandis que les spectres atomiques d'émission sont constitués de raies brillantes et fines.
2) Le spectre d'émission de l'hydrogène contient des raies de longueurs d'onde $\lambda_1 = 656{,}3$ nm ; $\lambda_2 = 486{,}1$ nm et $\lambda_3 = 1875$ nm.
a) Etablir si c'est possible une relation entre les fréquences des radiations correspondantes.
b) Sachant que pour les deux radiations de longueurs d'onde λ_1 et λ_2 le niveau final de la transition est n = 2, déterminer les numéros n_1 et n_2 des niveaux initiaux.
c) A quelle transition électronique correspond la radiation de longueur d'onde λ_3 ?
3) a) Calculer les énergies des niveaux donnés par n = 2, $n = n_1$ et $n = n_2$.
b) Placer ces différentes valeurs d'énergie sur un diagramme et représenter les transitions correspondant aux raies de longueurs d'onde λ_1, λ_2 et λ_3.
c) Calculer la fréquence de la radiation émise lorsque l'atome passe du niveau d'énergie caractérisé par n = 2 au niveau fondamental.

Exercice P_{13}-5

On prendra dans cet exercice : $h = 6{,}6.10^{-34}$ J.s ; $c = 3.10^{8}$ m.s^{-1} ; 1 eV = $1{,}6.10^{-19}$ J. Les questions 1/, 2/, 3/, 4/, 5/ sont indépendantes. La figure ci-dessous donne le diagramme énergétique simplifié de l'atome de sodium.

1) Comment peut-on expliquer la discontinuité des niveaux d'énergie de l'atome de sodium ?
2) Quelle est l'énergie d'ionisation du sodium ?
3) Calculer en J et en eV la variation d'énergie qui correspond à l'émission de la raie jaune de longueur d'onde $\lambda_1 = 589$ nm pour l'atome de sodium.
   Quelle sont les états concernés par la transition correspondant à l'émission de cette raie ?



4) On fournit successivement à l'atome de sodium pris dans son état fondamental les quanta d'énergie suivants 3,21 eV, 3,5 eV et 7 eV grâce à des radiations électromagnétiques.
   - Dans quel(s) cas l'atome pourra-t-il absorber cette énergie ?
   - Dans quel état se trouvera-t-il dans chacun des trois cas ?
5) L'atome de sodium dans son état fondamental est heurté par un électron ayant l'énergie cinétique 3,5 eV. Lors de l'interaction, l'atome de sodium reste pratiquement immobile et passe de l'état fondamental à son 2ème état excité.

a) Quelle est l'énergie cinétique de l'électron après cette interaction ?
b) L'atome de sodium se désexcite et revient à son 1er état excité par émission d'un photon de longueur d'onde λ_2. Calculer λ_2.

Exercice P_{13}-6

Les niveaux d'énergie quantifiés de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation : $E_n = -\dfrac{E_o}{n^2}$ Avec $E_o = 13{,}6$ eV et $n \in \mathbb{N}^*$

1) Expliquer brièvement l'expression : « niveaux d'énergie quantifiés de l'atome d'hydrogène».

2) a) Déterminer, en eV, l'énergie d'un photon permettant le passage de l'atome d'hydrogène, de son état fondamental à son premier état excité.
b) Quelle est la longueur d'onde λ de la radiation émise lors du passage de l'atome d'hydrogène de son premier état excité à son état fondamental?
A quel domaine spectral appartient cette radiation?
3) On considère la série de Balmer, constituée de raies émise lorsque l'atome d'hydrogène passe d'un état excité $n > 2$ à l'état excité $n = 2$.
a) Déterminer la longueur d'onde maximale des raies de la série de Balmer.
b) A quel domaine spectral appartient la raie possédant cette longueur d'onde?
4- L'atome d'hydrogène, se trouvant dans son état fondamental, absorbe un photon de longueur d'onde $\lambda' = 8{,}5.10^{-8}$m.
Montrer que l'atome est alors ionisé.
Données numériques:

- Constante de Planck : $h = 6{,}62.10^{-34}$ J.s
- Célérité de la lumière dans le vide : $c = 3.10^{8}$ m.s^{-1}
- Charge élémentaire : $e = 1{,}6.10^{-19}$ C.
- Domaine du visible : $0{,}4\ \mu m \leq \lambda \leq 0{,}8\ \mu m$.

Exercice P_{13}-7

Données : Constante de Planck : $h = 6{,}62.10^{-34}$J.s
- Célérité de la lumière dans le vide : $C = 3.10^{8}$ m.s^{-1}
- Charge élémentaire : $e = 1{,}6.10^{-19}$C
- Domaine du visible : $0{,}4\mu m \leq \lambda \leq 0{,}8\ \mu m$

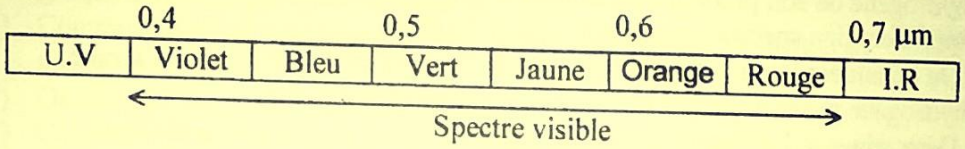
L'énergie de niveau n de l'atome d'hydrogène est donnée par $E_n = -\frac{13{,}6}{n^2}$ avec E_n en eV et n nombre entier non nul.
1) Quelle est l'énergie correspondant au niveau fondamental de l'atome ?
2) Une transition d'un niveau 4 à un niveau 2 peut-elle se faire par absorption ou par émission d'un photon ? Quelle est l'énergie du photon ?
3) Lorsque l'atome est dans son état fondamental, quelle est la plus grande longueur d'onde λ des radiations qu'il peut absorber ? A quel domaine spectral appartient λ ?
4) Quelle est l'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène ?
5) On envoie sur des atomes d'hydrogène dans l'état fondamental différents photon, d'énergies respectives 8,2 eV ; 10,2 eV ; 13,6 eV ;14,6 eV.
Quels sont les photons pouvant être absorbés ?
Quel est l'état final du système ?

Exercice P_{13}-8

1/ Un atome, dans son état fondamental, possède un électron de niveau 2 s.
a) Indiquer les traitements que l'on peut envisager, pour que cet électron passe au niveau 3 s. La réponse doit être justifiée.
b) Indiquer le type de phénomène auquel il faut s'attendre, lorsque l'électron qui est au niveau 3 s retrouve son niveau d'origine 2 s.
2/ L'énergie des photons émis lors de la désexcitation d'un atome d'hydrogène vaut 301,13 kJ/mol. Calculer la longueur d'onde de la lumière correspondant à ces

photons. Indiquer si elle appartient au spectre visible et dans ce cas préciser sa couleur.

Données : C = 3.10^8 m/s ; h = 6,62 10^{-34} J.s ; $\mathcal{N}$ = 6,02 10^{23}/mol.



D'après Concours d'Entrée à la FSS/1996

Exercice P_{13}-9

On classe les raies du spectre de l'atome d'hydrogène en séries, les premières étant appelées respectivement séries de Lyman, de Balmer et de Paschen. Pour chacune de ces séries, le nombre d'onde (inverse de la longueur d'onde) reste inférieur à un nombre d'onde limite donné par les valeurs suivantes :

Lyman : 10,96776 10^6/m
Balmer : 2,74194 10^6/m
Paschen : 1,21864 10^6/m

1/ A quelle variation d'énergie correspondrait pour l'atome, l'émission des raies limites si ces raies pouvaient être observées ? calculer les énergies en eV des niveaux correspondant aux trois raies limites données.

On précise que ce sont les trois premiers niveaux. On donne :

- constante de Planck h = 6,626.10^{-34} J.S.
- charge élémentaire : 1,602.10^{-19} C.
- célérité de la lumière dans le vide : c = 2,998.10^8 m/s

2/ Montrer que ces énergies peuvent se mettre sous la forme $E = -\frac{E_o}{n^2}$ avec E_0 positif, n étant successivement l'un des trois entiers consécutifs ; déterminer n pour les trois premiers niveaux.

3/ Expliquer pourquoi on peut mettre l'expression de l'énergie des photons correspondant aux différentes raies de la série Lyman sous la forme

$E_L = -E_O(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{1^2})$ p étant un nombre entier. Donner les expressions analogues de E_B et E_p pour les photons des séries de Balmer et Paschen.

D'après Concours d'Entrée au CPU/1998 (Option Techniques Biologiques)

Chapitre 14 (Physique)

NOYAU ATOMIQUE et REACTIONS NUCLEAIRES

L'essentiel du cours

1) LE NOYAU ATOMIQUE

* Un nucléide se représente par l'écriture : ${}^{A}_{Z}X$

avec
- A : le nombre de nucléons appelé aussi nombre de masse
- Z : le nombre de protons appelé aussi numéro atomique
- X : symbole de l'élément chimique correspondant
- A – Z = N : nombre de neutrons

- Un nucléide est l'ensemble des noyaux de même composition, donc de même nombre de masse A et de même numéro atomique Z.
- Défaut de masse

La masse du noyau est M_x

La somme des masses des nucléons libres est : $m_i = Z.m_p + N.m_n$

$m_i = Z.m_p + (A - Z).m_n$

La variation de masse ou défaut de masse Δ_m vaut : $\Delta_m = m_i - M_x$

$\Delta_m = [Z.m_p + (A - Z)m_n] - M_x$

- Energie de liaison $E_\ell = \Delta_m.c^2 = [Z.m_p + (A - Z)m_n - M_x]c^2$
- Energie de liaison par nucléon : $E_a = \frac{E_\ell}{A}$

2) LES REACTIONS NUCLEAIRES

2-1 Les principales radioactivités

- La radioactivité α : c'est l'émission d'un noyau d'hélium, la particule α. L'équation de la réaction nucléaire est :

$${}^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A-4}_{Z-2}Y + {}^{4}_{2}He$$

- La radioactivité β^- (émission d'électrons)

$$^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z+1}Y + {}^{0}_{-1}e^{-} + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$ ($\overline{\nu}$ est l'antineutrino)

- La radioactivité β^+ (émission de positrons)

$$^{A}_{Z}X \longrightarrow {}^{A}_{Z-1}Y + {}^{0}_{+1}e^{+} + {}^{0}_{0}\nu$$ (ν est le neutrino)

- La désexcitation γ : c'est l'émission de photons lors des transitions à l'intérieur du noyau (retour à l'état fondamental d'un noyau excité).

$$^{A}_{Z}Y^{*} \longrightarrow {}^{A}_{Z}Y + \gamma$$ (Y^* est le noyau excité)

2-2 Lois de la radioactivité

Les réactions nucléaires vérifient les quatre lois de conservation :

- conservation de la quantité de mouvement ;
- conservation de l'énergie ;
- conservation de la charge électrique ;
- conservation du nombre de nucléons.

2-3 Décroissance radioactive

- Loi de décroissance

Le nombre de noyaux radioactifs d'une source décroît au cours du temps selon la loi :

$N = N_o e^{-\lambda t}$

N est le nombre de noyaux présents à l'instant t

N_o est le nombre de noyaux présents à la date t = 0

λ est la constante radioactive.

- Activité

L'activité A d'une source est la vitesse de désintégration radioactive c'est-à-dire le nombre de désintégrations par seconde.

$A = -\frac{dN}{dt}$ d'où $A = \lambda N$. Soit en remplaçant N par sa valeur :

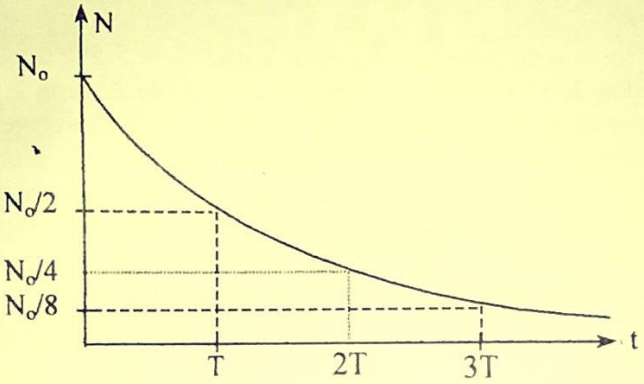
$A = \lambda N_o e^{-\lambda t}$ ou encore $A = A_o e^{-\lambda t}$

- Période d'un corps radioactif (ou demi-vie)

La période est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux initialement présents dans un échantillon a disparu.

$T = \frac{\ln 2}{\lambda}$

- Courbe de décroissance



2-3 Réactions de fission nucléaire

La fission est la cassure d'un noyau lourd, sous l'impact d'un neutron, avec formation de deux noyaux mi-lourds (plus légers).

2-4 Réactions de fusion nucléaire

La fusion est la réunion (l'agglomération) de deux noyaux légers en un noyau plus lourd.

3) EXERCICE RESOLU

Enoncé

1) L'activité A d'une substance radioactive représente le nombre de désintégrations par seconde et peut s'exprimer par la relation $A = -\frac{dN}{dt}$ D'autre part, la loi de décroissance radioactive se traduit par la relation $N(t) = N_o e^{-\lambda t}$ où N_o représente le nombre de particules radioactives à t = 0.

a) Quelle est l'unité légale d'activité et comment nomme-t-on λ ?

b) Etablir la relation donnant A(t) en fonction de N et λ ou A(t) est l'activité de la substance radioactive à l'instant t. En déduire l'expression donnant A_o (activité à t = 0) et exprimer le rapport $\frac{A(t)}{A_o}$ que vous pourrez utilisez à la dernière question du 2/.

c) Qu'appelle-t-on période radioactive T ? Etablir la relation entre λ et T

2/ L'isotope 14 du carbone est radioactif. Sa formation est provoquée par le choc des neutrons, présents à haute altitude, sur les atomes d'azote $^{14}_{7}N$. On obtient ainsi un atome $^{14}_{6}C$ et une particule de type $^{A}_{Z}X$ que l'on identifiera en appliquant les lois de conservation.

a) Ecrire l'équation de cette réaction nucléaire.

b) L'isotope 14 du carbone est émetteur β^-. Ecrire l'équation de cette désintégration.

c) La période ou demi-vie du carbone 14 a pour valeur T = 5 590 années. Pour dater un échantillon de bois ancien, on mesure son activité A et on la compare à celle d'un bois récent. On rappelle que le carbone de l'atmosphère contient en proportions constantes les différents isotopes de carbone. Les plantes vivantes assimilent le carbone dans l'atmosphère. A leur mort, le processus d'assimilation s'arrête. Un échantillon de bois ancien donne 325 désintégrations par minute. Un échantillon de même masse de bois récent donne 1 350 désintégrations par minute. Quel est l'âge du bois ancien ?

D'après BAC 1992 Série D (Etranger)

Solution détaillée

1) a) L'unité légale d'activité d'un corps radioactif est le becquerel (Bq).

La constante λ est la constante radioactive.

b) L'activité d'une source est par définition :

$A(t) = -\frac{dN}{dt}$ or $N = N_o e^{-\lambda t}$ d'où $A(t) = +\lambda N_o e^{-\lambda t}$. On a alors $A(t) = \lambda N$.

- A t = 0 on a $N = N_o$ d'où $A_o = \lambda N_o$.

Il vient alors $A(t) = A_o e^{-\lambda t}$ d'où $\frac{A(t)}{A_o} = e^{-\lambda t}$

c) La période radioactive est la durée T au bout de laquelle la moitié des noyaux initialement présents dans un échantillon a disparu.

En faisant $N = \frac{N_o}{2}$ pour t = T dans la formule $N = N_o e^{-\lambda t}$

On obtient : $\frac{N_o}{2} = N_o e^{-\lambda T}$ d'où $e^{-\lambda T} = ½$.

Il vient alors $-\lambda T = \ln \frac{1}{2}$ soit $\lambda T = \ln 2$ ou $T = \frac{\ln 2}{\lambda}$

2) a) $^{14}_{7}N + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{14}_{6}C + {}^{1}_{1}H$

b) $^{14}_{6}C \longrightarrow {}^{14}_{7}N + {}^{0}_{-1}e$

c) Calcul de l'âge du bois ancien.

$\frac{A}{A_o} = e^{-\lambda t}$ d'où $\ln \frac{A_o}{A} = \lambda t = \frac{\ln 2}{T} t$ soit $t = \frac{T}{\ln 2} \cdot \ln \frac{A_o}{A}$

A.N : t = 11484 années environ.

Exercices

Exercice P_{14}-1

On considère les deux variétés suivantes de l'élément uranium : $^{235}_{92}U$ et $^{238}_{92}U$

1) a) Que représentent les nombres qui figurent à gauche du symbole U ?
b) Indiquer la composition des noyaux des deux variétés d'uranium.
c) Que peut-on dire des propriétés chimiques de ces deux variétés d'uranium ? Pourquoi ?
2) Rappeler la définition de l'énergie de liaison d'un noyau atomique.
3) Calculer pour chaque variété d'uranium
- le défaut de masse
- l'énergie de liaison en MeV
- l'énergie de liaison par nucléon

4) L'uranium naturel est un mélange contenant 99,29% de l'uranium 238 pour seulement 0,71% d'uranium 235. Calculer en unité de masse atomique la masse d'un atome de l'élément uranium.

On donne :
masse du proton : $m_p = 1{,}00727$ u
masse du neutron : $m_n = 1{,}00866$ u
masse du noyau uranium 235 : $m_{235} = 234{,}9942$ u
masse du noyau uranium 238 : $m_{238} = 238{,}0508$ u
$1\,u = 931{,}5\ MeV/c^2 = 1{,}66.10^{-27}$ kg.

Exercice P_{14}-2

1) Quelle est la valeur d'une unité de masse atomique (on partira de la définition et on établira sa valeur en kg)
2) Calculer le défaut de masse du nucléide d'uranium $^{235}_{92}U$

En déduire l'énergie de cohésion de ce nucléide (énergie de liaison).
3) Quelle énergie serait libérée par la fission de 1 mg d'uranium 235 ?

On donne :
masse du proton $m_p = 1{,}00727$ u
masse du neutron $m_n = 1{,}00866$ u
masse de l'uranium 235 $m_u = 234{,}9942$ u
nombre d'Avogadro $N_A = 6{,}02.10^{23}\ mol^{-1}$

Exercice P_{14}-3

1) Dans une centrale nucléaire, l'une des réactions de fission de l'uranium 235 peut se résumer ainsi : $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{92}_{40}Zr + ^{142}_{52}Te + ?$

a) Compléter l'équation de la réaction.
b) Calculer l'énergie produite par la désintégration d'un gramme d'uranium 235

exprimée en MJ (Mégajoule) sachant que l'énergie moyenne de cohésion par nucléon est : 7,7 MeV pour l'uranium 235 ; 8,8 MeV pour le zirconium 92 (Zr) et 8,45 MeV pour le tellure 142 (Te). On néglige l'énergie mise en jeu par les neutrons.

2) Parmi les produits de la fission, on trouve dans le cœur de la centrale nucléaire les produits radioactifs suivants qui se désintègrent selon les réactions dont on complétera les équations :

$$^{137}_{55}Cs \longrightarrow {}^{137}_{56}Ba + ? \qquad \text{Période } T_1 = 30 \text{ ans}$$

$$^{87}_{37}Rb \longrightarrow {}^{87}_{38}Sr + ? \qquad \text{Période } T_2 = 5.10^{11} \text{ ans}$$

$$^{87}_{35}Br \longrightarrow {}^{87}_{36}Kr + ? \qquad \text{Période } T_3 = 55 \text{ s}$$

a) Compléter les équations des réactions qui se produisent.

b) Ecrire la loi de variation du nombre N d'atomes restants, en fonction du temps, si on désigne par N_o le nombre d'atomes à t = 0 et par T la période. Représenter N = f(t) pour une durée égale à 4 périodes.

c) Calculer le pourcentage d'atomes radioactifs restant pour chacune des 3 désintégrations, au bout de 3 ans de séjour dans la piscine dite de refroidissement.

Données : $N_A = 6{,}022.10^{23}$ mol^{-1} ; 1 MeV = $1{,}6.10^{-19}$ MJ.

Exercice P_{14}-4

1/ En capturant un neutron lent, l'uranium 235 subit une fission suivant la réaction

$$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{148}_{57}La + {}^{85}_{x}Br + y\,{}^{1}_{0}n$$

a) Déterminer x et le nombre y de neutrons produits.

b) Le tableau suivant renferme les masses des atomes et des particules intervenant dans la réaction, en unités de masse atomique.

$^{A}_{Z}X$	$^{235}_{92}U$	$^{148}_{57}La$	$^{1}_{0}n$	$^{85}_{x}Br$
m (u)	235,044	147,932	1,009	84,916

En utilisant ce tableau, calculer en unités de masse atomique la perte de masse au cours de la réaction précédente et l'énergie libérée.

2/ L'uranium 235 est utilisé comme combustible dans une centrale nucléaire. De nombreuses autres réactions de fission se produisent et on admettra que la perte

moyenne de masse par atome d'uranium est de 0,2 u. Calculer alors l'énergie libérée par une mole d'atomes d'uranium 235.

3/ La centrale précédente fournit une puissance électrique moyenne de 1000 MW. Le rendement de la transformation de l'énergie nucléaire en énergie électrique est de 30%.

Quelle masse d'uranium 235 est nécessaire pour faire fonctionner la centrale pendant 6 mois ?

4/ Dans une centrale thermique, un kilogramme de fioul libère une énergie de 45.10^6 joules sous forme de chaleur. Quelle masse de fioul faudrait-il utiliser pour produire la même énergie électrique que la centrale nucléaire avec le même rendement ?

5/ Quelle conclusion tirez-vous sachant que le prix de 1 kg de fioul est 170 F CFA, tandis que celui d'un kilogramme d'uranium 235 est 16000 F CFA ?

On donne 1 uc^2 = 931,5 MeV

Nombre d'Avogadro : $N = 6{,}02.10^{23}$; $c = 3.10^8$ m/s.

Exercice P_{14}-5

Dans la haute atmosphère, l'action des neutrons dûs au rayonnement cosmique, sur l'azote 14 ($^{14}_{7}N$) engendre du radiocarbone ^{14}C. Celui-ci oxydé à l'état de dioxyde de carbone 14 participe au cycle de la matière vivante. Le noyau ^{14}C est radioactif β^- et la constante radioactive de la désintégration est $\lambda = 3{,}93.10^{-12}\ s^{-1}$.

1) Ecrire les deux processus nucléaires décrits ci-dessus puis calculer en secondes et en années la période radioactive T du carbone 14.

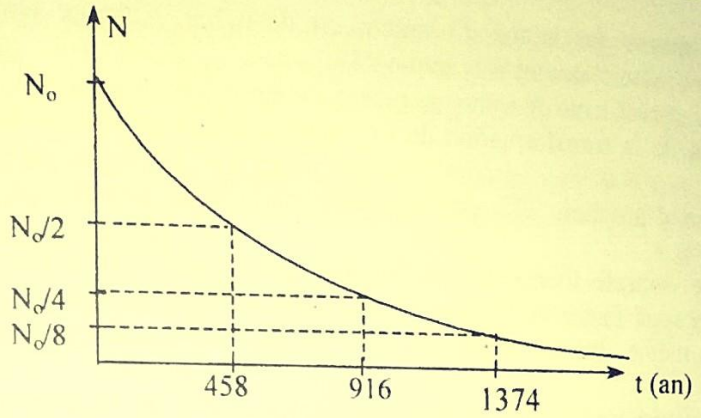
2/ Un équilibre s'établit entre la production et la destruction du radio-carbone et sa concentration dans la matière vivante se maintient constante ; toutefois, à la mort de l'organisme vivant, seule subsiste la désintégration du carbone 14. Des mesures effectuées sur des restes d'organismes vivants permettent de déterminer leur âge. La mesure de l'activité du crâne humain "actuel" a donné A_o = 2,5 Bq ; pour un crâne analogue découvert au cours d'une fouille archéologique, on a obtenu $A_t = 2{,}44.10^{-3}$ Bq. Calculer l'âge de l'ancêtre concerné.

On rappelle qu'à un instant de date t, l'activité d'un échantillon radioactif est le nombre $A(t) = \lambda N(t)$ de désintégrations par seconde.

D'après Bac Série D 1988 Bénin

Exercice P_{14}-6

1) L'américium $^{243}_{95}Am$ est un radio-émetteur α. La courbe de décroissance exponentielle du nombre N de noyaux non désintégrés d'un échantillon est la suivante :



a) Ecrire l'équation de cette désintégration.
b) Déterminer sa demi-vie à l'aide de la courbe.
c) Calculer la constante radioactive de cet élément.

2) Les particules α obtenues sont utilisées pour bombarder du béryllium $^{9}_{4}Be$.

Il se forme un corps X avec libération d'un neutron. Ecrire l'équation de la réaction nucléaire et reconnaître X.

3) Ces neutrons provoquent la fission de l'uranium par la réaction suivante :

$$^{1}_{0}n + {}^{235}_{92}U \longrightarrow {}^{139}_{53}A + {}^{94}_{x}B + y\,{}^{1}_{0}n$$

Déterminer A, B, x, y. On s'aidera du tableau suivant :

$_{3}Li$	$_{6}C$	$_{13}Al$	$_{37}Rb$	$_{39}Y$	$_{45}Rh$	$_{50}Sn$
$_{80}Hg$	$_{90}Th$	$_{53}I$	$_{100}Fm$	$_{93}Np$	------	------

Exercice P_{14}-7

Le thorium $^{227}_{90}Th$ subit la désintégration de type α et conduit au radium Ra.

1) Ecrire l'équation de cette réaction nucléaire.
2) La période (ou demi-vie) du thorium 227 est T = 18,3 jours
a) Que veut dire "demi-vie" ?
b) A la date t = 0 on considère un échantillon de thorium 227 de masse m_o = 1 g. Calculer l'activité radioactive A_o de cet échantillon à t = 0.
c) Calculer la masse de thorium 227 de l'échantillon considéré qui a disparu au bout de 30 jours. Quelle est alors l'activité de l'échantillon ?

d) Au bout de combien de temps ne restera-t-il que les 2/3 de la masse initiale ?
On donne : Nombre d'Avogadro : $N = 6{,}02.10^{23}\ mol^{-1}$
Masse molaire du thorium : $M = 227\ g/mol$.

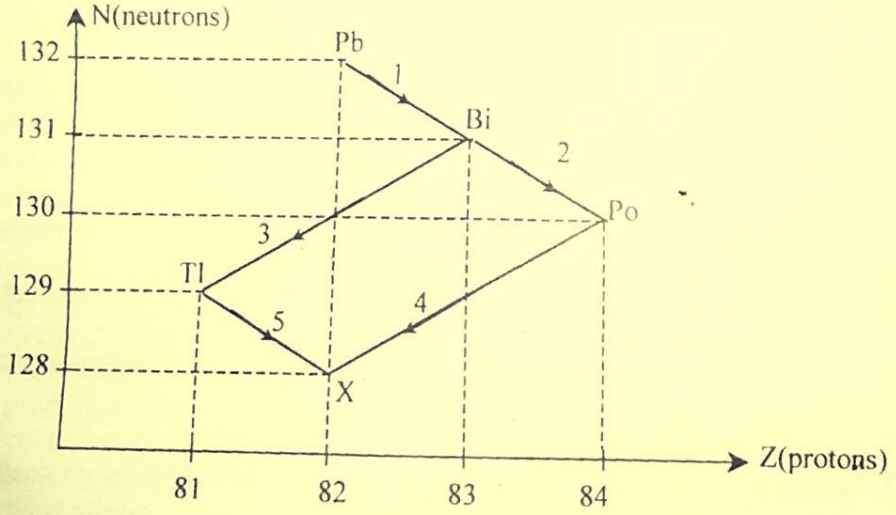
Exercice P_{14}-8

1) On étudie la désintégration radioactive de la famille de l'uranium 238.

L'uranium $^{238}_{92}U$ conduit après plusieurs désintégrations successives à un isotope stable du plomb $^{206}_{82}Pb$ après avoir subi x désintégrations de type α et y désintégrations de type β^-.

a) Ecrire l'équation de la transformation globale et calculer le nombre x de désintégrations α et le nombre y de désintégrations β^-.

b) Un extrait des nucléides de la famille radioactive de l'uranium 238 est donné dans le graphique suivant :



Ecrire les équations des désintégrations 1, 2, 3, 4, 5 et préciser à chaque fois le type de désintégrations. Donner le nom du nucléide X.

2) La première désintégration de l'uranium 238 est de type α et conduit à un noyau de thorium.

a) En admettant que toute l'énergie libérée au cours de la réaction nucléaire est transmise à la particule α sous forme d'énergie cinétique, calculer la valeur de la vitesse d'émission v des particules α en admettant qu'elles ne sont pas relativistes.

b) En réalité, cette désintégration s'accompagne de l'émission d'un rayonnement γ. La détermination expérimentale de la vitesse des particules α montre qu'elle est égale à $1{,}4.10^7$ m/s. En déduire la longueur d'onde λ du rayonnement γ émis.

On donne : masse du noyau d'uranium 238 : $m_1 = 238{,}086$ u ;

masse du noyau de thorium : $m_2 = 234,0781$ u ;
masse de la particule α : $m_3 = 4,0026$ u ;
constante de Planck : $h = 6,62.10^{-34}$ J.s ;
célérité de la lumière : $c = 3.10^8$ m/s ;
unité de masse atomique : $1\ u = 1,66.10^{-27}$ kg.

Exercice P_{14}-9

La désintégration du polonium $^{210}_{81}Po$ engendre la formation des particules α et de plomb Pb.

1) Ecrire l'équation de cette réaction nucléaire.
2) a) Quelle est, en joules et en électronvolts, l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de polonium 210 ?

On donne : masse du noyau de polonium : $m_1 = 210,04821$ u ;
masse de la particule α : $m_2 = 4,00260$ u ;
masse du noyau de plomb : $m_3 = 206,03853$ u.
$1\ u = 931,5\ MeV/c^2$

b) En admettant que cette énergie est entièrement acquise par la particule α sous forme d'énergie cinétique, calculer en appliquant les lois de la mécanique classique la vitesse d'émission de cette particule.
c) En réalité, l'énergie libérée par cette désintégration est répartie entièrement entre la particule α et un photon γ de longueur d'onde $\lambda = 10^{-12}$ m. Calculer la valeur réelle de la vitesse d'émission de la particule α.

On donne : constante de Planck $h = 6,62.10^{-34}$ J.s.

3) La période radioactive ou demi-vie du polonium 210 est égale à 140 jours. A la date t = 0, on dispose d'une masse $m_o = 2$ g de polonium 210.
a) Calculer la masse restante au bout de $t_1 = 280$ jours, $t_2 = 420$ jours et $t_3 = 2$ années (1 année = 365,25 jours)
b) Calculer le temps correspondant à la disparition des 2/3 de la masse initiale du polonium.
c) Calculer l'activité du polonium à la date $t_1 = 280$ jours
d) Quelle est à la date $t_1 = 280$ jours, la masse d'hélium obtenu ? Quel est son volume dans les conditions normales ?

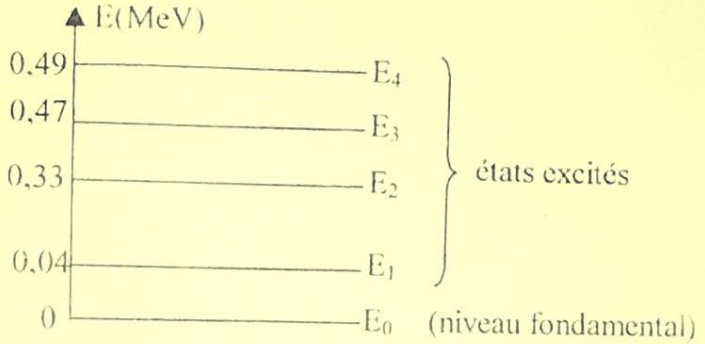
On donne : masse molaire du polonium : $M(Po) \simeq 210$ g/mol ;
masse molaire de l'hélium : $M(He) \simeq 4$ g/mol ;
volume molaire : 22,4 L/mol.

Exercice P_{14}-10

1) L'isotope 212 du bismuth $^{212}_{83}Bi$ possède simultanément la radioactivité α et la radioactivité β^-.
a) Donner la nature de ces rayonnements et écrire les équations-bilans des réactions correspondantes.
b) Les noyaux-fils (ou les descendants) obtenus par radioactivité α sont radioactifs β^- et inversement, ceux obtenus par radioactivité β^- sont radioactifs α. Ecrire les équations-bilans des réactions nucléaires.

c) Représenter ces transformations sur le diagramme N = f(Z) avec N nombre de neutrons et Z nombre de charge.

2) Lors de la désintégration du bismuth 212, il se forme du thallium (Tl). Certains noyaux de thallium peuvent apparaître sous différents états excités correspondant au diagramme des énergies ci-dessous.



a) Qu'observe-t-on lorsque le noyau regagne son état fondamental, éventuellement par l'intermédiaire d'autres états excités.

b) Dans l'hypothèse où le noyau thallium est produit dans l'état excité correspondant au niveau E_2, représenter par des flèches sur le diagramme d'énergie les transitions correspondant aux différentes façons de revenir à l'état fondamental.

- Déterminer les énergies, les fréquences et les longueurs d'onde possibles du rayonnement émis lors de sa désexcitation.
- Etablir une relation simple entre les fréquences des radiations émises.

3) Une source contenant 0,05 g de bismuth 212 radioactif α produit $1,89.10^{17}$ désintégrations en 7 s.

a) Calculer l'activité A_o de cette source en becquerels.

b) En déduire la constante et la période radioactive du bismuth 212.

c) A partir de la masse initiale $m_o = 0,05$ g de bismuth, calculer la masse du radioélément restant au bout de : 1 min ; 5 min ; 1 h ; 2 jours.

d) Calculer le temps correspondant à la désintégration des 7/8 de la masse de l'échantillon initial.

On donne : nombre d'Avogadro : $N = 6,02.10^{23}$ mol^{-1} ; 1 eV = $1,6.10^{-19}$ J

Constante de Planck : $h = 6,62.10^{-34}$ J.s Célérité de la lumière : $c = 3.10^{8}$ m/s

Masse molaire du bismuth 212 : M = 212 g/mol

Extrait du tableau de classification périodique : $_{81}$Tl ; $_{82}$Pb ; $_{83}$Bi ; $_{84}$Po ; $_{85}$At.

Exercice P_{14}-11

1) Définir les termes suivants : réaction nucléaire, fission nucléaire, fusion nucléaire, transmutation.

2) Compléter les équations des réactions nucléaires suivantes en indiquant les valeurs de a, b, c, d, e, f, g, h, i, j et le noyau X inconnu ; préciser à chaque fois s'il s'agit d'une fission ou d'une transmutation.

a) $^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{148}_{57}La + {}^{85}_{a}Br + b\,{}^{1}_{0}n$

b) $^{10}_{5}B + {}^{4}_{2}He \longrightarrow {}^{c}_{d}N + {}^{1}_{0}n$

c) $^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{e}_{38}Sr + {}^{139}_{f}Xe + 2\,{}^{1}_{0}n$

d) $^{2}_{1}H + {}^{3}_{2}He \longrightarrow {}^{g}_{h}X + {}^{1}_{1}H$

e) $^{1}_{i}n + {}^{j}_{1}H \longrightarrow {}^{3}_{1}H$

3) Une réaction de fission de l'uranium 235 est la suivante :

$$^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{139}_{53}I + {}^{94}_{x}Y + y\,{}^{1}_{0}n$$

a) Déterminer x et y .

b) Calculer en MeV et en J l'énergie libérée par une fission et l'énergie fournie par la fission de 1 kg d'uranium 235 selon l'équation ci-dessus.

4) L'une des réactions possibles de fusion contrôlée envisageable pour produire de l'énergie à partir de deutérium est : $^{2}_{1}H + {}^{2}_{1}H \longrightarrow {}^{3}_{2}He + {}^{1}_{0}n$

a) Calculer en MeV et en J l'énergie libérée par une fusion et l'énergie fournie par la fusion de 4 g de deutérium.

b) Quelle masse de deutérium faut-il utiliser pour produire la même énergie que celle produite par la combustion de 2 kg de charbon soit 60000 kJ ?

On donne les masses de noyaux :

- masse du deuton (ou deutérium D = $^{2}_{1}H$) : $m_D = 2.0136$ u
- masse du neutron : $m_n = 1,0087$ u
- masse du noyau d'hélium 3 : $m_{He} = 3,0162$ u
- 1 u = 931,5 MeV/C² (1 uc² = 931,5 MeV)
- masse de l'uranium : $m_U = 235,0$ u
- masse de l'iode : $m_I = 138,9$ u
- masse de l'yttrium : $m_Y = 93,91$ u

Exercice P_{14}-12

Un engin destiné à effectuer des travaux de génie civil utilise la fission de l'élément uranium 235 par des neutrons lents. La fission d'un noyau d'uranium produit des neutrons rapides non relativistes.

1) Calculer l'énergie dégagée par tous les noyaux d'une masse d'uranium égale à 2,35 grammes si l'on admet que la fission d'un noyau dégage une énergie 2.10^8 eV.

2) Pour produire une réaction en chaîne il faut que ces neutrons rapides provoquent à leur tour des fissions. A cet effet on les ralentit pour les rendre efficaces en leur faisant subir des chocs élastiques sur les noyaux atomiques d'un élément modérateur.

a) Soient M la masse d'un noyau du modérateur de vitesse nulle avant le choc, m et v_o, les valeurs respectives de la masse et de la vitesse des neutrons rapides. Les vitesses étant colinéaires après le choc, établir l'expression de la vitesse v d'un neutron après le choc en fonction de m, M et v_o.

b) En déduire l'expression de son énergie cinétique E après le choc en fonction de m, M et E_o, énergie cinétique d'un neutron avant le choc.

3) En fait l'énergie cinétique moyenne des neutrons après chaque choc diminue de 14% de ce qu'elle était avant ce choc. Si l'on admet que le neutron est lent lorsqu'il acquiert l'énergie cinétique E' = 0,2 eV, déterminer le nombre de chocs nécessaires au ralentissement.

On donne : $m = 1,66.10^{-27}$ kg ; $N = 6,02.10^{23}$ = nombre d'Avogadro ;
U = 235 g = masse atomique de l'uranium 235.
1 eV = $1,6.10^{-19}$ J. $E_o = 2.10^6$ eV

Exercice P_{14}-13

Les questions 1, 2 et 3 sont indépendantes.

Données : Unité de masse atomique : $1u = 1,66.10^{-27}$ kg = 931MeV/C²
Masse du proton : 1,00727 u ; masse du neutron : 1,00866 u
Masse du noyau d'hélium 4 : 4,0015 u
Masse du noyau de plomb 206 : 205,9295 u
Masse du noyau de thorium 234 : 234,0781 u
Masse du noyau d'uranium 238 : 238,086 u
Célérité de la lumière dans le vide : $C = 3,00.10^6 m.s^{-1}$
Masse molaire atomique de l'uranium 238 : $M(U) = 238$ g.mol^{-1}
Nombre d'Avogadro : $N_A = 6.02.10^{23}$ mol^{-1}
Extrait du tableau périodique $_{89}Ac$; $_{90}Th$; $_{91}Pa$; $_{92}U$; $_{93}Np$.

1- Le noyau d'uranium 238 se désintègre en émettant une particule α. Ecrire l'équation de désintégration et identifier le noyau fils formé.

2- On considère les d
3- eux noyaux suivants : $^{238}_{92}U$ et $^{206}_{82}Pb$.

a) Quel est, pour chacun d'eux, l'énergie de liaison par nucléon exprimée en MeV/nulcéon ?

b) Indiquer, en justifiant, lequel de ces deux noyaux est le plus stable.

4- On mesure au laboratoire l'activité de l'uranium 238.
Un échantillon d'uranium 238 de masse $1,0.10^{-3}$g émet $7,4.10^{2}$ particules α par minute.

a) Rappeler la définition de l'activité d'un nucléide radioactif ainsi que l'unité correspondante. Calculer celle de l'uranium 238.

b) Calculer la constante de désintégration λ de l'uranium 238 en s^{-1}.

Définir la période T (ou demi-vie) d'un radionucléide.
Calculer T, en années, pour l'uranium 238 ;
La comparer à l'âge de la terre qui est estimé à environ $4,6.10^{9}$ années.

Exercice P_{14}-14

Le nucléide artificiel $^{238}_{94}Pu$ est un émetteur α qui donne un isotope de l'uranium.
Sa période est T = 86,4 ans.

1- Ecrire l'équation-bilan de la réaction nucléaire correspondante

2- Rappeler la loi de décroissance radioactive. Définir la période radioactive qui lui est associée.

3- On rappelle que l'activité d'un échantillon radioactif est égale au nombre de désintégrations par unité de temps. Etablir la relation liant l'activité A, la période T et le nombre N de noyaux présents dans l'échantillon.

4- Lors de cette désintégration, l'émission d'une particule α s'accompagne de la libération d'une énergie E = 5,48 MeV. Quelle est l'activité d'un échantillon dégageant une puissance P = 1 kW ? En déduire le nombre moyen de noyaux présents.

Exercice P_{14}-15

L'uranium est un élément qui a plusieurs isotopes dont l'uranium 234, l'uranium 235, l'uranium 238 et l'uranium 239. On fournit les données suivantes :
1 u = $1,66.10^{-27}$ kg = 931,5 MeV/c^2 ; 1 MeV = $1,6.10^{-13}$ J.
Célérité de la lumière dans le vide : c = 3.10^{8} m/s

1/ Le nucléide $^{238}_{92}U$, en captant un neutron rapide, se transforme en $^{239}_{92}U$.

a) Ecrire l'équation de cette réaction de transformation.

b) Le nucléide ^{239}U à son tour, subit deux désintégrations successives de type β^- et donne le plutonium $^{A}_{Z}Pu$

Ecrire l'équation de ces désintégrations et en déduire A et Z.

2/ Un autre isotope, le $^{235}_{92}U$, est bombardé par un neutron lent et subit une fission dont l'équation est :

$$^{234}_{92}U + ^{1}_{o}n \longrightarrow ^{94}_{x}Sr + ^{y}_{54}Xe + 2\,^{1}_{o}n$$

Déterminer x et y.

a) Ecrire l'équation de cette réaction et identifier le noyau fils en s'aidant du tableau ci-dessous :

Nom	Hélium	Uranium	Thorium	Neptunium
Symbole	$^{4}_{2}He$	$^{234}_{92}U$	$^{230}_{90}Th$	$^{236}_{92}Np$
masse du noyau (en u)	4,0015	233,9904	229,9737	235,9956

b) Calculer en MeV et en joules l'énergie dégagée par la désintégration de l'uranium 234.

c) Cette énergie se présente sous forme d'énergie cinétique du noyau fils et de la particule α. Le noyau fils emporte 2 % de ladite énergie.

Calculer la vitesse d'expulsion de la particule α.

D'après Concours d'Entrée FSS/1995

Exercice P_{14}-16

Une source radioactive ponctuelle, constituée de cobalt 60 est placée contre la fenêtre plane d'un compteur enregistrant les impulsions produites par les désintégrations des atomes de la source. Le rendement du compteur est 5 %.

1/ On compte 600000 impulsions par minute. Quelle est, en curies, l'activité de la source ?

2/ La période du $^{60}_{27}Co$ est T = 5,2 ans. Quelle sera l'activité de la source dans 20 ans ?

3/ Calculer la masse d'élément $^{60}_{27}Co$ contenue actuellement dans la source.

4/ Calculer la masse d'élément $^{60}_{27}Co$ que contiendra la source dans 20 ans.

5/ Quelle sera, dans 20 ans, la période radioactive de l'élément cobalt ?
A-t-il « vieilli » ?

Données : 1 curie = $3,7.10^{10}$ désintégrations/s
1an = $3,15.10^{7}$ s
constante d'Avogadro : N = $6,02.10^{23}$ mol^{-1}.

D'après Concours d'Entrée à la FSA/1995

Exercice P_{14}-17

Dans une centrale nucléaire, chaque noyau d'uranium $^{235}_{92}U$ subit la fission sous le choc d'un neutron lent. L'un des processus possibles conduit à la formation d'un noyau de césium $^{137}_{55}Cs$ d'un noyau de zirconium $^{97}_{80}Zr$, de neutrons, d'électrons et de photons γ.

1/ Ecrire l'équation bilan de cette fission.

2/ Calculer approximativement en MeV et en joule, l'énergie libérée lors de la fission d'un noyau. Sous quelles formes apparaît cette énergie ?

3/ En supposant que tous les autres modes de fission soient équivalents du point de vue énergétique, à celui-ci.
Calculer l'énergie libérée par la fission d'un gramme d'uranium 235. Le rendement de la centrale, rapport de l'énergie électrique à l'énergie nucléaire, étant de 30 %.
Calculer la consommation journalière en uranium 235 de la centrale, pour une puissance électrique de 800 MW.
Donner numériques : Energie de liaison par nucléon pour :
- le noyau d'uranium : 7,62 MeV/nucléon.
- le noyau de césium : 8,45 MeV/nucléon.
- le noyau de zirconium : 8,65 MeV/nucléon.

Masse du noyau d'uranium : 235 u
1 u = 1,66 10^{-27} kg ; charge de l'électron : -1,6 10^{-19} C

D'après Concours d'Entrée à la FSS/1996

Exercice P_{14}-18

L'uranium 235, sous l'action d'un neutron lent, donne la réaction suivante :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{94}_{x}Sr + ^{A}_{54}X_e + 11\,^{1}_{0}n$$

1/ a) Quel nom donne-t-on à ce type de réaction nucléaire ?
b) Déterminer x et A. Quelles sont les lois de conservation utilisées ?
2/ La réaction précédente a lieu dans une centrale nucléaire. Elle consomme actuellement une masse d'uranium m = 1150 kg. Un noyau d'uranium en réagissant produit une énergie moyenne E_m = 200 Mev. La centrale fournit annuellement une énergie électrique égale à 3.10^{16} J.
Calculer le rendement r de la centrale.
3/ L'un des sous produits des centrales thermonucléaires est l'iode $^{131}_{53}I$.
Cet iode se désintègre en Xe (xenon) en émettant des particules β^-
a- Ecrire l'équation bilan de cette désintégration.
b- Définir la période radioactive T et l'activité A d'un échantillon radioactif à l'instant t.
c- Etablir la relation liant A, T et le nombre N de noyaux présents dans l'échantillon à un instant t.

4/ La période de l'iode 131 est de 8,1 jours.
Quelle est l'activité de l'iode à l'instant de date t = 60 jours sachant que son activité A_0 à l'instant t = 0 est égale à $2,6.10^9$ Bq.
On donne : 1u = $1,67.10^{-27}$ kg ; e = $1,6.10^{-19}$ C

D'après Concours d'Entrée à la FSA/1999

TROISIEME PARTIE :

Sujets d'Examen (BAC) proposés au Bénin

Sujet 1	BACCALAUREAT 1995 : SERIE D / BENIN Session de Remplacement

CHIMIE I

Soit le composé A de formule :

$$CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_2OH$$

1/ Donner le nom de ce composé, sa fonction chimique et préciser sa classe.

2/ Le composé A est mis en présence d'une solution de dichromate de potassium en milieu acide.

a) Ecrire l'équation bilan de la réaction qui se produit dans les cas suivants :

- la solution de dichromate de potassium est utilisée en quantité insuffisante ;
- la solution de dichromate de potassium est utilisée en excès.

b) Donner dans chaque cas, le nom du produit organique formé et préciser une méthode d'identification de chaque produit.

3/ a) On considère l'ester B de formule semi-développée :

$$H-\overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}}-O-\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-CH_3$$

donner les formules semi-développées des isomères de même fonction chimique que B.

b) L'action prolongée, à chaud, d'un excès d'eau sur B conduit à la formation de deux composés D et E que l'on sépare.

Le composé D par dissolution dans l'eau donne une solution acide.

- Proposer une méthode d'identification du composé E.
- Donner la formule semi-développée, le nom et la fonction chimique de D et E.

4/ L'action d'un composé organique G sur E donne par réaction complète l'ester B et le composé D.

a) Déterminer la formule semi-développée, la fonction chimique et le nom du composé G.

b) Ecrire l'équation-bilan de cette réaction.

5/ L'action du pentachlorure de phosphore PCl_5 sur D donne un composé organique I.

Déterminer la formule semi-développée, le nom et la fonction chimique du composé I.

CHIMIE II

1/ On considère un acide α-aminé à chaîne carbonée aliphatique.

a) Donner la formule générale des acides α-aminés.

b) On désire bloquer la fonction amine puis la fonction acide d'un aminoacide. Indiquer les principes de ces blocages.

2/ On prend une masse m = 55,5 mg de l'aminoacide dont on bloque la fonction amine. Le composé obtenu, mis en solution aqueuse, a un volume v = 50mL. On prélève 10 mL de cette solution que l'on dose par une solution d'hydroxyde de

sodium de concentration molaire volumique $C_b = 5.10\text{-}2$ mol.L^{-1}. L'équivalence acido-basique est atteinte lorsqu'on a ajouté 2,5 mL de solution de soude.
Déterminer la formule semi-développée et le nom de cet acide α-aminé.
3/ En solution aqueuse, l'acide 2-aminopropanoïque se présente sous trois formes ionisées.
a) Ecrire ces trois formes ionisées et préciser l'amphion.
b) Cet amphion réagit avec de l'eau. Ecrire les équations chimiques de cette réaction, puis citer les couples acido-basiques mis en jeu.
c) Les pK_a de ces couples sont $pK_{a1} = 2,3$ et $pK_{a2} = 9,9$.
Choisir, en justifiant la réponse, la valeur du pK_a qui correspond à chacun de ces couples.
4/ Des affirmations suivantes, lesquelles sont exactes ou fausses. Justifier la réponse.
a) A pH = 6, l'espèce acide prédomine.
b) A pH = 2, l'espèce amphion prédomine.
c) A pH = 12 l'espèce base prédomine.

PHYSIQUE I

Données numériques :
- nombre de masses : $A_1 = 68$; $A_2 = 70$
- nombre d'un nucléon (proton ou neutron) : $m_n = 1,67.10^{-27}$ kg ;
- charge élémentaire : $e = 1,6.10^{-19}$ C
- charge d'un ion Zn^{2+} : $q = 2e$.

Modules des champs magnétiques uniformes : $B_1 = 0,4$ T ; $B_2 = 0,1$ T.
1/ On désire séparer deux isotopes ^{68}Zn et ^{70}Zn de masses respectives m_1 et m_2. Ces masses sont proportionnelles aux nombres de masses A_1 et A_2 de ces atomes.
En traversant la chambre d'ionisation, ces atomes ionisés en ions $^{68}Zn^{2+}$ et $^{70}Zn^{2+}$ sortent par la fente F_1 avec une vitesse négligeable. Ils sont accélérés par un champ électrostatique uniforme $\vec{E_1}$ règnant entre les plaques P_1 et P_2 de la chambre d'accélération (voir figure 1). La tension U entre ces plaques vaut 16000 V.

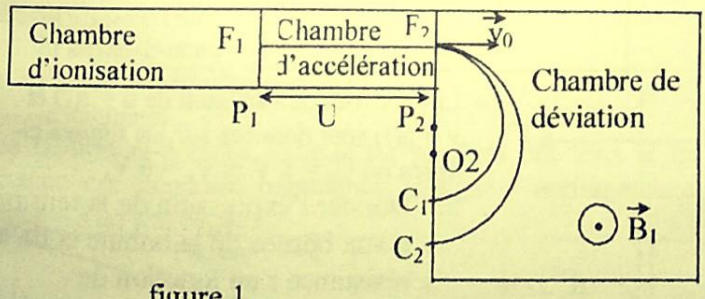


figure 1

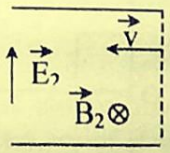


figure 2

a) Préciser le sens de la force électrostatique $\vec{Fe}$ agissant sur les ions et en déduire celui du vecteur champ électrique $\vec{E_1}$.
b) Montrer que l'énergie cinétique des différents isotopes à leur passage par la fente F_2 est indépendante de leur masse.

c) Calculer les modules v_{o1} et v_{o2} des vitesses des ions à la sortie de la chambre d'accélération.

2/ Ces ions pénètrent par cette fente dans la chambre de déviation où règne un champ magnétique uniforme $\vec{B}_1$ perpendiculaire au plan de la figure.

a) Montrer que les mouvements des ions sont circulaires uniformes.

b) Les ions sortent de la chambre de déviation par les collecteurs C_1 et C_2 après avoir décrit une demi-circonférence.

- Déterminer les ions arrivant en C_1 et ceux arrivant en C_2.
- Calculer les rayons R_1 et R_2 de leur trajectoire et en déduire la distance C_1C_2.

3/ A la sortie de la chambre de déviation, les ions $^{68}Zn^{2+}$ animés de leur vitesse $\vec{V}$ entrent en I dans une zone de l'espace où un champ magnétique $\vec{B}_2$ se superpose à un champ électrique $\vec{E}_2$ (fig. 2). Cette vitesse $\vec{V}$ et le champ électrique $\vec{E}_2$ sont dans le plan de la figure. Le vecteur champ magnétique $\vec{B}_2$ est perpendiculaire à ce plan. Quelle relation doit-il exister entre E_2 et B_2 pour que les ions traversent la zone d'un mouvement rectiligne uniforme ? Calculer alors E_2.

PHYSIQUE II

1/ Une bobine de longueur ℓ comporte N spires de diamètre d.

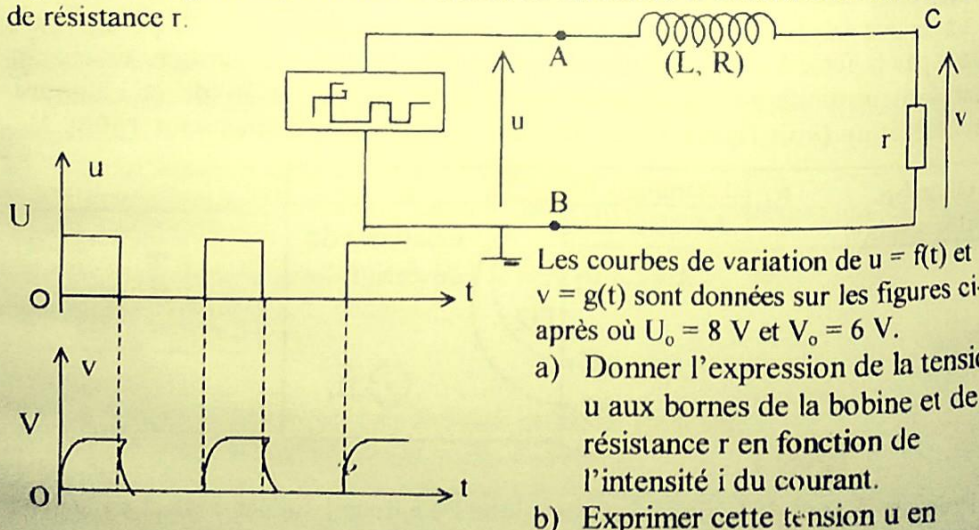
a) Etablir l'expression de son inductance L.

b) Calculer L.

c) Quelle est la longueur $\mathcal{L}$ de fil nécessaire pour construire cette bobine ?

On donne : $\mu_o = 4\pi.10^{-7}$ u SI ; ℓ = 50 cm ; d = 5 cm ; $\pi^2 = 10$; N = 1000.

2/ On désire déterminer la résistance R de la bobine. A cet effet, on réalise le montage suivant dans lequel un générateur G "basse fréquence" délivrant des signaux rectangulaires, alimente la bobine de résistance R en série avec un résistor de résistance r.



Les courbes de variation de u = f(t) et v = g(t) sont données sur les figures ci-après où U_o = 8 V et V_o = 6 V.

a) Donner l'expression de la tension u aux bornes de la bobine et de la résistance r en fonction de l'intensité i du courant.

b) Exprimer cette tension u en fonction de v et de sa dérivée par rapport au temps.

c) A partir de la mesure de V_o' calculer R.

3/ La bobine seule se trouve dans un circuit fermé sans générateur. Elle est introduite dans un champ magnétique uniforme $\vec{B}$ parallèle à son axe. Le module du champ magnétique $\vec{B}$ est égal à 0,5 T

a) Calculer la f.e.m moyenne induite quand en 50 ms on double l'intensité du champ magnétique B.

b) Calculer l'intensité du courant induit i et indiquer son sens sur un schéma clair.

Sujet 2	BACCALAUREAT 1995 : SERIE C / BENIN Session de Remplacement

Exercice I

Chacune des affirmations ci-dessous vous paraît-elle exacte ? Justifier la réponse

1/ Le pH d'une solution d'acide chlorhydrique centimolaire est 2 $mol.L^{-1}$.

2/ La seule réaction qui puisse se produire entre une solution aqueuse d'acide fort et une solution aqueuse de base forte est traduite par l'équation-bilan :

$H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$.

3/ L'hydratation du prop-1-ène donne essentiellement du propan-1-ol.

4/ Les anhydrides d'acides résultent de l'élimination d'une molécule d'eau entre deux molécules d'acide carboxyliques identiques.

5/ L'action d'une solution d'acide chlorhydrique sur une solution de thiosulfate de sodium donne entre autres du soufre.

6/ Dans un mouvement rectiligne uniformément accéléré, la valeur algébrique de l'accélération est toujours positive.

7/ On peut placer deux satellites de masses différentes sur une même orbite.

8/ Dans un circuit (L, C) où L est constante, il faut quadrupler la capacité C du condensateur pour que la fréquence propre diminue de moitié.

9/ Un prisme permet de décomposer une lumière monochromatique.

10/ L'énergie d'un photon croit avec la longueur d'onde de l'onde associée.

Exercice II

On dispose de quatre flacons A, B, C et D sans étiquette contenant les composés organiques suivants :

- le propan-1-ol ;
- la butan-2-one ;
- l'acide 2-méthylbutanoïque ;
- le méthanal.

Le tableau ci-dessous indique les résultats des tests et les réactifs utilisés pour chacun des composés organiques, le signe + correspondant à un test positif et le signe – à un test négatif.

Flacon → / ↓Réactifs	A	B	C	D
Dichromate de potassium en milieu acide	+	+	-	-
2,4-Dinitrophénylhydrazine	-	+	-	+
Réactif de Schiff	-	+	-	-

1/ a) Identifier le contenu de chaque flacon.
b) Ecrire les formules semi-développées de chacun des composés.
c) Donner les formules semi-développées et les noms des isomères de même fonction de chacun des composés lorsqu'il existent.
2/ a) Deux des flacons contiennent des produits qui réagissent l'un sur l'autre. Quels sont ces produits ? Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
b)Préciser le nom du produit organique obtenu, et indiquer les caractéristiques de la réaction.
3/ Un mélange initial contenant une mole de chacun des composés de la question 2 est maintenu à la température constante $\theta = 60$ °C.
a) Proposer un mode opératoire permettant de déterminer à tout instant t, la quantité de matière du produit organique, formé.
b) On trouve les résultats suivants où n désigne la quantité de matière du produit organique formé.

t (heures)	0	1	2	3	4	5	6	7	8
n (mol)	0	0,42	0,57	0,62	0,65	0,66	0,67	0,67	0,67

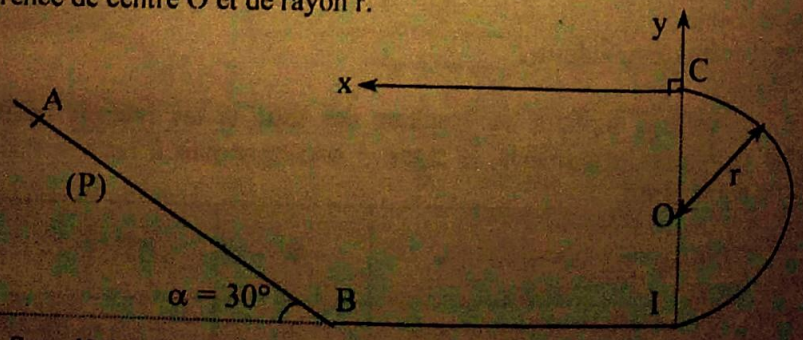
Tracer la courbe représentant la quantité de matière de produit organique formé en fonction du temps.
Echelles :

1 cm pour 0,1 $mol.L^{-1}$ de produit
1 cm pour 1 heure.

Calculer les vitesses de formation aux dates $t_1 = 1$ h et $t_2 = 4$ h.

Exercice III

Données $g = 10\ m.s^{-2}$; $\pi^2 = 10$; AB = d.
1/ Un solide S, assimilable à un point matériel de masse m = 1,25 kg se déplace sans frottement sur une piste dont la coupe par un plan vertical est représentée par la figure ci-dessous : (P), plan incliné d'un angle α sur l'horizontale BI , $\overset{\frown}{IC}$, demi-circonférence de centre O et de rayon r.



Le solide S est lâché sans vitesse initiale du point A.
a) En utilisant le théorème de l'énergie cinétique que l'on énoncera, déterminer la vitesse du solide en B en fonction de g, d et α. La calculer pour d = 5 m.

b) Exprimer en fonction de d et α la valeur maximale de r pour que le solide S ne décolle pas de la piste en C.
Application numérique : d = 5 mètres.
2/ La piste s'arrête en C. On donne r = 1 mètre.
a) Calculer la vitesse en C.
b) Dans le repère (Cx , Cy), établir l'équation cartésienne de la trajectoire du solide.
c) A quelle date le solide arrive-t-il sur l'horizontale BI de longueur suffisante ?
d) Donner en ce point les caractéristiques de sa vitesse.

Exercice IV

1/ Le radium $^{226}_{88}Ra$ est émetteur α.
a) Indiquer la composition de son noyau.
b) Ecrire l'équation de la réaction nucléaire en identifiant le noyau fils parmi les nucléides suivants :

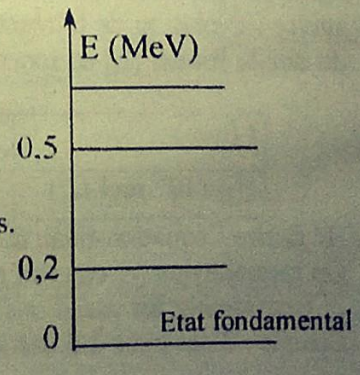
$^{223}_{87}Fr$; $^{228}_{90}Th$; $^{235}_{92}U$; $^{222}_{86}Rn$; $^{234}_{91}Pa$; $^{227}_{86}Ac$

c) En supposant qu'au repos le noyau du radium est isolé et que les particules ne sont pas relativistes, calculer en MeV l'énergie E dissipée par cette désintégration. En déduire la valeur de la vitesse v de la particule K, sachant que E est libérée sous forme cinétique.
On donne :
- masse de la particule α : 4,0038 u ;
- masse du noyau fils : 221,9703 u ;
- masse du noyau de radium : 225,9792 u ;
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3.10^8\ m.s^{-1}$;
- charge de l'électron : $q = -e = -1,6.10^{-19}C$.

$1\ u = 1,67.10^{-27}\ kg$
$1\ MeV = 1,6.10^{-13}\ J$.
2/ La demi-vie du radium 226 vaut 1620 ans.
a) Qu'appelle-t-on demi-vie d'un nucléide radioactif ?
b) Un échantillon de radium 226 a une masse m_o à la date $t_o = 0$.

Déterminer le rapport $\frac{m}{m_o}$ sachant que m désigne la masse restante au bout de t = 100 ans.

3/ Le noyau issu de la désintégration du radium 226 peut exister dans différents états ou niveaux d'énergie comme l'indique la figure ci-dessous.
a) Quel phénomène accompagne le passage du 2ème état excité à l'état fondamental.
b) Calculer la longueur d'onde associée au photon émis.
On donne constante de Planck : $h = 6,62.10^{-34}\ J.s$.



Sujet 3	BACCALAUREAT 1996 : SERIE D / BENIN Session normale

CHIMIE

Exercice I

On réalise la saponification d'un ester E par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire 1 $mol.L^{-1}$. Une masse m = 8,8 g de cet ester réagit avec 100 mL de solution d'hydroxyde de sodium.

1) a) Ecrire l'équation – bilan de la réaction de saponification.

b) Déterminer la masse molaire et la formule brute cet ester.

c) Donner les formules semi-développées et les noms des isomères de E.

2) On récupère l'alcool C formé au cours de la réaction de saponification. Son oxydation ménagée par un excès d'une solution de dichromate de potassium en milieu acide conduit à un acide carboxylique A

Le volume v_a = 20 cm^3 de cet acide de concentration massique 4,6 $g.L^{-1}$, est neutralisé exactement par un volume v_b = 20 cm^3 d'une solution d'hydroxyde de sodium décimolaire .

a) Calculer la concentration molaire et la masse de cet acide. En déduire sa formule brute et celle de l'alcool C.

b) Identifier l'ester E (formule semi-développée et nom). En déduire le nom et la formule semi-développée de l'acide qui a servi à la préparation de cet ester.

3) Ecrire les demi-équations redox et en déduire l'équation-bilan de la réaction d'oxydation de l'alcool C, sachant que le couple oxydant-réducteur est :

$Cr_2O_7^{2-} / Cr^{3+}$.

On donne les masses molaires atomiques en grammes par mole : M(C) = 12 ; M(O) = 16.

Exercice II

On désire étudier l'évolution de la réaction entre les ions iodure I^- et les ions peroxodisulfate $S_2O_8^{2-}$: A l'instant t = 0 min, on prépare 1L d'une solution aqueuse S en mélangeant 0,5 L d'une solution 0,4 $mol.L^{-1}$ d'iodure de potassium (K^+, I^-) avec 0,5L d'une solution 0,2 $mol.L^{-1}$ de peroxodisulfate de potassium ($2K^+$, $S_2O_8^{2-}$). Dans cette solution S, maintenue à la température constante de 20°C et sous agitation permanente, on effectue des prélèvements réguliers qui permettent de suivre l'évolution de la réaction. On détermine par dosage, la concentration molaire du diiode formé, $[I_2]$ en fonction du temps :

t (min)	0	2,5	5	10	15	20	30
$[I_2].(10^{-2}\ mol.L^{-1})$	0	0,95	1,72	2,96	3,87	4,57	5,58

1/ Ecrire l'équation-bilan de la réaction.

On rappelle que les couples redox mis en jeu sont : I_2/I^- et $S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$

2/ Représenter les variations de $[I_2]$ en fonction du temps

Echelle : 2 cm pour 2,5 min en abscisse

2 cm pour 10^{-2} mol.L^{-1} en ordonnée.

3/ a) Calculer les concentrations molaires initiales des ions iodure et peroxodisulfate dans le mélange S. L'un des réactifs est-il en excès ? Justifier votre réponse et conclure.

b) Etablir la relation permettant de calculer la concentration des ions iodure à la date t connaissant celle du diode.

4/ a) Déterminer graphiquement le temps nécessaire pour que la moitié des réactifs disparaisse (temps de demi-réaction).

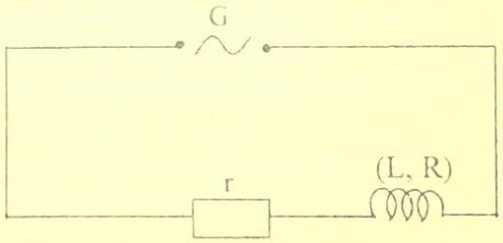
b) Pour effectuer cette expérience, on a pris soin de diluer immédiatement chaque prélèvement par de l 'eau glacée avant dosage. Quels avantages en résulte-t-il ?

c) Quelle est la vitesse de formation du diode à la date t = 10min ? En déduire la vitesse de disparition des ions à la même date.

PHYSIQUE

Exercice I

On réalise un circuit électrique comportant en série une bobine d'inductance L = 0,45 H et de résistance R = 50 Ω et un conducteur ohmique de résistance r = 1 Ω. L'ensemble est alimenté par un générateur G de tension sinusoïdale de fréquence N variable (voir schéma).



On désire étudier à l'oscillographe bicourbe ce circuit en visualisant la tension u (t) fournie par G sur la voie Y_A et l'intensité i (t) du courant dans le circuit sur la voie Y_B.

1) La fréquence de la tension aux bornes de G est fixée à N = 50 Hz .

a) Proposer un branchement des voies Y_A,Y_B et de la masse de l'oscillographe qui permet de visualiser les courbes représentatives des grandeurs u(t) et i(t).

b) Donner sur une même figure les allures des deux courbes observées.

c) A l'aide de la représentation de Fresnel, expliquer pourquoi l'une des courbes est en avance de phase sur l'autre. Calculer ce déphasage.

2- On ajoute, en série, au conducteur ohmique et à la bobine un condensateur de capacité C. On fait varier la fréquence du générateur G ; on constate alors que i(t) et u(t) sont en phase pour une valeur N_o = 193,7 Hz.

a) A quel phénomène correspond la concordance de phase constatée entre i(t) et u(t) ? Calculer la capacité C du condensateur.

b) La tension efficace aux bornes du générateur étant U = 12 V, calculer les tensions efficaces aux bornes de la bobine et du condensateur.

c) Comparer ces tensions efficaces à celle du générateur.

Quel risque ce phénomène comporte-t-il ?

Exercice II

1/ a) Définir le phénomène de la radioactivité.

b) Quelles sont les deux lois de conservation à utiliser pour équilibrer l'équation-bilan d'une réaction nucléaire.

2/ Compléter le tableau suivant :

Radio-éléments	Types de radio-activité (α, β^+ ou β^-)	Equations de désintégration
$^{32}_{15}P$	β^-	... $\longrightarrow$ S + ...
$^{210}_{84}Po$	...	$^{210}_{84}Po \longrightarrow {}^{206}_{84}Pb + {}^{4}_{2}He$
$^{40}_{19}K$	β^+	... $\longrightarrow$ Ar + ...

3/ On considère la masse m = 0,100 g d'un échantillon de phosphore 32. Calculer le nombre de noyaux N qu'elle renferme.

4/ On détermine en fonction du temps t (t en jours) la masse m du phosphore 32. Les résultats sont regroupés dans le tableau ci-dessous.

m (g)	0,100	0,082	0,068	0,056	0,046	0,038	0,030	0,023	0,018	0,014
t (j)	0	4	8	12	16	20	25	30	35	40

Représenter graphiquement la variation de masse m en fonction du temps.

5/ En admettant que l'activité d'un échantillon à l'instant t est proportionnelle au nombre N de noyaux présents dans l'échantillon à cet instant, établir la loi de décroissance radioactive en fonction du temps.

6/ a) Définir la période T et la déterminer graphiquement.

b) En déduire la constante radioactive λ.

c) Calculer l'activité de l'échantillon à l'instant t = 10 jours.

Sujet 4	BACCALAUREAT 1996 : SERIE C / BENIN Session normale

CHIMIE

Exercice I

Donnée numériques

Masses molaires atomiques en $g.mol^{-1}$: M(Cl) = 35,5 ; M(Ag) = 108

Afin d'identifier trois solutions aqueuses de même concentration molaire volumique Ca:

- d'acide chlorhydrique
- d'acide éthanoïque
- d'acide monochloroéthanoïque

contenues dans trois flacons sans étiquette qu'on différencie par les lettres A,B,C, on procède aux expériences suivantes :

1) On verse dans 10 mL de chacune des solutions, une solution aqueuse de nitrate d'argent en excès. Avec la solution prélevée du flacon B, on observe la formation d'un précipité blanc. Ce précipité lavé et séché a une masse m = 28,7 mg.

a) Ecrire l'équation-bilan de la réaction de formation de ce précipité.

b) Identifier le contenu du flacon B.
c) Calculer la concentration molaire volumique Ca.
2) On mesure à 25°C, le pH des deux autres solutions et on trouve respectivement les valeurs suivantes : 2,3 pour A et 3,2 pour C.
a) Identifier le contenu de chacun de flacons A et C. Justifier la réponse.
b) Calculer le pKa du couple acide éthanoïque/ion éthanoate.
c) Montrer que le pKa du couple acide monochloroéthanoïque/ion monochloroéthanoate est sensiblement égal à 2,8.
3) On ajoute jusqu'à l'équivalence acido-basique, une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique Cb = 10^{-2} mol.L^{-1} à 20 cm^3 de chacune des solutions.
La valeur du pH à l'équivalence de l'une des solutions est prévisible.
- Laquelle?
- Préciser cette valeur.
4) On part de 20 mL de chacune des solutions des flacons B et C. On y verse progressivement la solution d'hydroxyde de sodium.
a) Donner l'allure des courbes obtenues.
b) Indiquer les coordonnées du point de demi-équivalence dans le cas de l'acide faible.
c) Calculer le pH à l'équivalence du mélange acide faible - base forte.
5) Quel volume de la solution d'hydroxyde de sodium faut-il verser dans 20 cm^3 de la solution d'acide monochloroéthanoïque pour obtenir un mélange de pH =2,8 ?

Exercice II

1) Donner la formule semi-développée générale d'un chlorure d'acyle dont la chaîne carbonée est aliphatique et saturée.
2) On traite 1,85 g d'un chlorure d'acyle par du méthanol en excès. Il se forme un ester et du chlorure d'hydrogène.
a) Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
b) Le chlorure d'hydrogène dégagé réagit avec de l'eau pure. La solution ainsi obtenue est dosée par une solution d'hydroxyde de sodium 0,2 mol.L^{-1}.
L'équivalence acido-basique est atteinte lorsqu'on a utilisé un volume v = 100mL de la solution d'hydroxyde de sodium.
Calculer la masse molaire du chlorure d'acyle.
c) Déterminer la formule semi-développée et donner le nom du chlorure d'acyle.
d) Donner la formule semi-développée et le nom de l'ester.
3) A un instant de date t = 0, on prépare un litre de solution aqueuse en mélangeant dans de l'eau pure, 10^{-2} mole de l'ester et 10^{-2} mole d'hydroxyde de sodium.
a) Ecrire l'équation-bilan de la réaction et donner son nom.
b) La réaction est lente. On étudie sa cinétique en déterminant la concentration du méthanol formé à diverses dates. Les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous.

t (min)	0	1	3	5	7	10	15	21	25
[CH_3OH] (mol.L^{-1})	0	$1,1.10^{-3}$	$2,6.10^{-3}$	$3,7.10^{-3}$	$4,5.10^{-3}$	$5,4.10^{-3}$	$6,4.10^{-3}$	$7,2.10^{-3}$	$7,5.10^{-3}$

- Construire le graphe de variation de la concentration molaire en méthanol en fonction du temps.

Echelle obligatoire :

en abscisse : 1 cm pour 2 min

en ordonnée : 1 cm pour 10^{-3} mol.L^{-1}

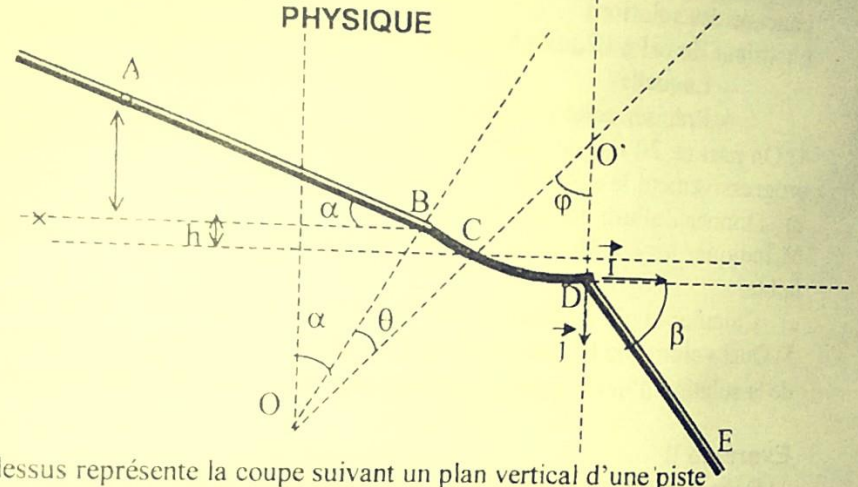
- Déterminer la vitesse de la réaction aux dates $t_1 = 3$ min et $t_2 = 8$ min.
- Déterminer le pourcentage d'ester ayant réagi à l'instant de date t = 12 min.

On donne les masses molaires atomiques suivantes en g.mol^{-1}

H : 1 ; O : 16 ; C : 12 ; Cl : 35,5.

PHYSIQUE

Exercice I



La figure ci-dessus représente la coupe suivant un plan vertical d'une piste ABCDE.

La partie :

- AB est rectiligne de longueur $\ell = 1$ m et inclinée d'un angle $\alpha = 30°$ sur l'horizontale ;
- $\overset{\frown}{BC}$ est circulaire de centre O, de rayon r = 2 m et telle que l'angle $(\overrightarrow{OB}, \overrightarrow{OC}) = \theta = 10°$.
- $\overset{\frown}{CD}$ est circulaire de centre O', de rayon r' = r = 2 m.
- $\overset{\frown}{O'D}$ est verticale et l'angle $(\overrightarrow{O'C}, \overrightarrow{O'D}) = \varphi = 40°$.

Les parties BC et $\overset{\frown}{CD}$ sont tangentes en C.

- DE est rectiligne et inclinée d'un angle $\beta = 45°$ sur l'horizontale. DE = L = 8 m.

Les frottements sont négligeables.

On prendra g = 10 m.s^{-2}

Un solide ponctuel S de masse m = 200 g part de A sans vitesse initiale.

1) - Déterminer littéralement la vitesse v_B du solide au point B. Calculer v_B.

2) - Montrer que la vitesse v_C du solide en C est donnée par la relation :

$$V_C = \sqrt{V_B^2 + 2\,gr\,[\cos\alpha - \cos(\alpha + \theta)]}$$ Calculer V_C

3) - Déterminer l'expression littérale de la vitesse $\vec{v}_D$ du solide en D. Calculer v_D.

Préciser la direction et le sens de v_D

4) - Le solide quitte la piste en D avec la vitesse $\vec{v_D} = \vec{v_O}$ à la date t = 0
a) Dans le repère $(D, \vec{i}, \vec{j})$, établir l'équation cartésienne de la trajectoire du solide S.
b) Le solide reprend contact avec la piste en un point F de DE. Déterminer :
- les coordonnées du point F
- la date d'arrivée en F.

Exercice II

Données numériques :
Nombre d'Avogadro : $\mathcal{N} = 6,02.1023\ mol^{-1}$
célérité de la lumière dans le vide : $C = 3.10^8\ m.s^{-1}$
1 MeV $= 1,6.10^{-13}$J

Nucléide	Symbole	Numéro atomique
Argon	Ar	18
Potassium	K	19
Calcium	Ca	20

Le potassium $^{40}_{19}K$ est radioactif et émetteur β^-.

1) a) Citer les lois de conservation intervenant dans cette réaction.
b) Ecrire l'équation-bilan de désintégration en précisant les produits formés.
2) Des mesures précises permettent de connaître
(en unité de masse atomique : u), les masses :
- du noyau émetteur : 39,97400 u
- du noyau fils : 39,96240 u
- de la particule β^- émise : 0,00055 u

a) Définir l'unité de masse atomique u et montrer qu'une unité de masse atomique vaut $1,66.\ 10^{-27}$ kg.
b) Calculer en MeV, la valeur de l'énergie libérée au cours de cette réaction de désintégration.
3) La constante radioactive du potassium 40 est $\lambda = 1,46\ .10^{-17}\ s^{-1}$.
Calculer en seconde et en année sa période T (on prendra : une année = 365 jours)
4) On remarque que lorsqu'une roche est en fusion, elle libère de l'argon ; par contre, lorsqu'elle se solidifie, l'argon est emprisonné.
Cette propriété est utilisée pour la datation. Ainsi, pour déterminer l'âge d'une roche, on procède à l'analyse d'un échantillon renfermant initialement le nombre N_O d'atomes de potassium 40.
a) Exprimer, à une date t, les nombres N_K d'atomes de potassium 40 et N_{Ar} d'argon 40 présents dans l'échantillon en fonction de λ et de N_O, nombre d'atomes de potassium présents à la date initiale.
b) Sachant que l'analyse de l'échantillon révèle que N_{Ar} est 6 fois moins grand que N_K, calculer l'âge de la roche.

Sujet 5	BACCALAUREAT 1998 : SERIE D / BENIN Session normale

.Chimie

Exercice I

Toutes les manipulations se font à 25°C où $Ke = 10^{-14}$.

On donne (en $g.mol^{-1}$) : M(H) = 1 ; M(C) = 12 ; M(N) = 14.
M(O) = 16 ; M(Cl) = 35,5.

La formule générale de l'acide 2-chloroalcanoïque s'écrit : R-CH(Cl)-COOH

Les conditions étant réalisées, il réagit avec l'ammoniac et donne 3,75 g d'acide α-aminé et une certaine quantité de chlorure d'hydrogène qui sert à préparer 0,50 L d'acide chlorhydrique.

1) Ecrire l'équation de la réaction supposée totale.
2) Un dosage pH métrique permet de déterminer la concentration de cette solution acide.

La solution basique est de l'ammoniaque de concentration $C_b = 7{,}4 10^{-2}$ $mol.L^{-1}$ et de volume $V_b = 20$ mL. On obtient le tableau ci-dessous.

V_{acide} (mL)	0	6	10	12	14	14,2	14,4	14,5
pH	11,1	9,5	9,0	8,6	7,7	7,0	6,5	6,0

14,8	15	15,2	15,6	16	18	20	25
5,0	3,8	3,5	2,8	2,6	2,2	2,0	1,8

a) Tracer la courbe $pH = f(V_{acide})$ sur papier millimétré.
Echelles : 1 cm pour 2 mL
1 cm pour 1 unité de pH.
b) Calculer la concentration molaire volumique de l'acide chlorhydrique.
c) En déduire la masse molaire de l'acide α-aminé.
d) Quels sont la formule semi-développée et le nom en nomenclature officielle de l'acide α-aminé.
e) Ecrire la formule semi-développée de l'acide 2-chloroalcanoïque.

Exercice II

Données (en $g.mol^{-1}$) ; M(H) = 1 ; M(N) = 14 ; M(O) = 16 ; M(S) = 32.

On se propose de faire l'étude de la cinétique de la réaction d'oxydation des ions iodure (I^-) par les ions peroxodisulfate ($S_2O_8^{2-}$).

1) Calculer la masse de peroxodisulfate d'ammonium $(NH_4)_2S_2O_8$ qu'il faut utiliser pour préparer 100 mL de solution (S) de concentration $10^{-1} mol.L^{-1}$.

2) Déterminer le volume d'une solution d'iodure de potassium ($K^+ + I^-$) de concentration 1 $mol.L^{-1}$ qu'il faut prélever pour préparer 100 mL d'une solution (S') de concentration 0,2 $mol.L^{-1}$.

3) A l'instant t = 0 s, on réalise le mélange (M) de 100mL de solution (S) et de 100mL de solution (S').

a) Ecrire l'équation-bilan de la réaction lente qui se produit. On utilisera les couples redox : $S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$ et I_2/I^-.

b) Le mélange réalisé est-il stœchiométrique ?Justifier votre réponse.

4) On prélève, à différentes dates t, des volumes V_1 = 10 mL de ce mélange (M) que l'on refroidit immédiatement dans de l'eau glacée.

a) Pourquoi prend-on la précaution de refroidir le prélèvement ?

b) Dans chacun des prélèvements, on dose le diiode (I_2) formé par une solution de thiosulfate de sodium ($2\ Na^+ + S_2O_3^{2-}$) de concentration $C_2 = 10^{-2}$ mol.L^{-1}, en présence d'empois d'amidon. La réaction rapide et totale du dosage est la suivante :

$$I_2 + 2\ S_2O_3^{2-} \longrightarrow 2\ I^- + S_4O_6^{2-}$$

Dans le tableau ci-après, on a regroupé les différentes valeurs V_2 du volume de solution de thiosulfate de sodium nécessaire au dosage des différents prélèvements.

Etablir la relation donnant la concentration molaire volumique de diiode $[I_2]$ contenu dans chaque prélèvement de volume V_1, en fonction de C_2, V_1 et V_2.

c) Montrer qu'à l'instant t, la concentration en ions peroxodisulfate $[S_2O_8^{2-}]_t$ vaut :

$[S_2O_8^{2-}]_t = [S_2O_8^{2-}]_o - [I_2]_t$ avec $[S_2O_8^{2-}]_o$ cette concentration à l'instant t = 0 s.

d) Recopier et compléter le tableau ci-dessous.

t en min	0	4,5	8	16	20	25	3	36	44	54	69
V_2 en mL	0,00	1,60	2,40	4,00	4,80	5,60	6,56	6,90	7,76	8,56	9,20
$[I_2]$ (en 10^{-3} mol.L^{-1})											
$[S_2O_8^{2-}]$(en 10^{-3} mol.L^{-1})											

5) Tracer le graphe $[S_2O_8^{2-}]t = f(t)$.

Echelles : en abscisses : 1 cm pour 4 min.

en ordonnées : 2 cm pour 10^{-3} mol.L^{-1}.

On prendra pour origine des axes le point O de coordonnées 0 min et 45.10^{-3} mol.L^{-1} ; O(0 min ; 45.10^{-3} mol.L^{-1}).

6) a/ Calculer les vitesses de disparition des ions $S_2O_8^{2-}$ aux dates t_1 = 20 min et t_2 = 40 min. En déduire la vitesse de disparition des ions I^- à la date t_2.

b) Comparer les vitesses de disparition des ions $S_2O_8^{2-}$ aux dates t_1 et t_2.

Physique

Exercice I

On réalise le circuit de la figure (1) ; la bobine d'inductance L est non résistive, et le condensateur a une capacité C. On réalise ensuite un pendule élastique horizontal en accrochant, à l'extrémité d'un ressort de raideur k, un solide S de masse m = 100 g,

qui peut se déplacer sans frottement sur un support horizontal (voir figure 2).

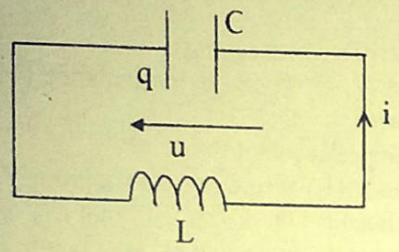


Fig.(1) :

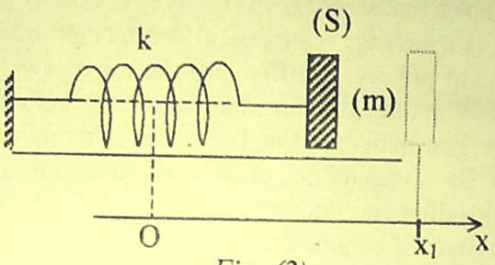


Fig. (2)

Les grandeurs électriques et mécaniques présentent des analogies qui sont :

Grandeurs électriques	Grandeurs mécaniques
q ⟷ x i ⟷ v L ⟷ m 1/C ⟷ k	

1) Remplir le tableau en vous aidant des correspondances ci-dessus :

Analogies	Circuit oscillant (L,C)	Pendule élastique (m,K)
Relation Importante	$i = -\frac{dq}{dt}$	v =
		$m\ddot{x} + kx = 0$
Pulsation propre	$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$	ω_o =
Equation horaire	$q = q_m \cos(\omega_o t)$	x =
	$E = E_E + E_M$ =	$E = kx^2/2 + mv^2/2$

2) Que peut-on dire des énergies totales des deux oscillateurs ? Justifier la réponse.

3) La tension u entre les armatures du condensateur et l'intensité i dans le circuit évoluent au cours du temps selon les lois : $u = 200 \cos(10^3 t)$ (Volts)
$i = \sin(10^3 t)$ (Ampères)

a) Quelle relation littérale existe t-il entre i, C et du/dt ?

b) En déduire les valeurs numériques de la capacité C, de l'inductance L et de l'énergie totale.

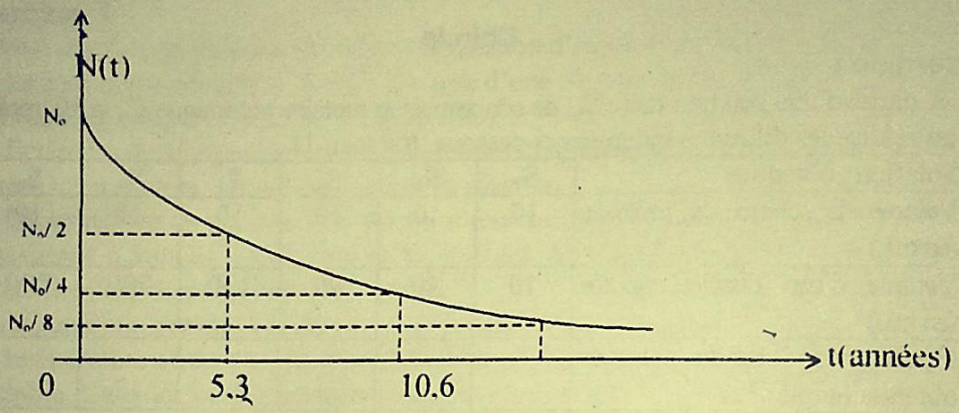
4) La période du pendule élastique est 40 fois celle du pendule électrique et son énergie totale est 5.10^{-2} J.

a) En déduire la raideur k du ressort et l'équation horaire x(t) de cet oscillateur, sachant qu'à l'instant t = 0 s, sa vitesse est nulle.

b) Calculer sa vitesse à l'origine des abscisses.

Exercice II

La courbe de décroissance exponentielle N(t) du nombre de noyaux non désintégrés de cobalt $^{60}_{27}Co$, élément radioactif β^-, est suivante :



1) a) Citer les lois de conservation vérifiées dans toute désintégration radioactive.
b) Ecrire l'équation-bilan de la désintégration produite.
c) Déterminer la constante radioactive du cobalt.
d) Calculer en joules et en mégaélectronvolts (MeV) l'énergie que libère la désintégration.

2) Le noyau fils est émis pratiquement sans vitesse. Il est d'abord dans un état excité, puis libère deux photons γ, d'énergies E_1 = 1,173 MeV et E_2 = 1,333 MeV avant de retrouver son état fondamental.
a) Calculer la longueur d'onde dans le vide de chacun des photons émis.
b) Calculer l'énergie cinétique maximale Ec_{max} de l'électron émis.

3) L'échantillon de cobalt a une activité de $4{,}22.10^{10}$ Bq (désintégrations par seconde).
a) Quel est le nombre moyen de noyaux radioactifs présents dans cet échantillon à l'instant où est mesurée son activité ? Quelle est la masse de cobalt 60 correspondant ?
b) Combien restera-t-il de noyaux radioactifs après t_1 = 25 ans ?

Données numériques :

- unité de masse atomique : $1\ u = 1{,}66.10^{-27}$ kg
- charge de l'électron : $-e = -1{,}6.10^{-19}$ C
- masse d'un noyau de $^{60}_{27}Co$: 59,919010 u
- masse d'un noyau de $^{60}_{28}Ni$: 59,915439 u
- Constante de Planck : $h = 6{,}63.10^{-34}$ J.s

- masse d'un électron : $m_{e^-} = 5{,}486.10^{-4}$ u
- célérité de la lumière dans le vide : $c = 3.10^8$ m.s^{-1}.

Sujet 6	BACCALAUREAT 1998 : SERIE C et E / BENIN Session normale

Chimie

Exercice I

1/ A partir d'une solution mère S_o, de concentration molaire volumique $C_o = 10^{-1}$mol.L^{-1}, on réalise les dilutions indiquées ci-dessous. (tableau 1) :

Solutions obtenues	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
Volume de solution S_o prélevée (en mL)	10	10	10	10	10	10
Volume d'eau distillée ajoutée (en mL)	10	40	90	190	390	990
Concentration de la solution obtenue (en mol/L)						

a) Reproduire le tableau 1 et le compléter.

b) Comment varie la concentration molaire volumique de la solution avec la dilution ?

2/ On considère les solutions aqueuses d'acide chlorhydrique et d'acide méthanoïque. Avec un pH mètre convenablement réglé, on mesure les valeurs du pH de ces deux solutions à différentes concentrations. Les résultats des mesures sont regroupés dans le tableau 2.

C (en mol.L^{-1})	5.10^{-2}	2.10^{-2}	10^{-2}	5.10^{-3}	$2{,}5\ 10^{-3}$	10^{-3}
pH_1	1,3	1,7	2,0	2,3	2,6	3,0
pH_2	2,50	2,70	2,85	3,00	3,15	3,35
-log C						

a) Reproduire le tableau 2 puis le compléter.

b) Exploiter ce tableau complété pour identifier les résultats de la solution d'acide chlorhydrique et ceux de la solution d'acide méthanoïque.

c) Tracer la courbe représentant les variations du pH de la solution d'acide méthanoïque en fonction de - log C. En déduire la relation entre pH et - log C.
Echelles obligatoires : en abscisses 5 cm par unité de – log C, en ordonnées 5 cm par unité de pH.

3) a/ En considérant que dans le domaine des concentrations molaires étudiées, la concentration des ions hydronium H_3O^+ est négligeable devant celle C de l'acide introduit dans la solution. Exprimer la constante d'acidité Ka du couple $HCOOH/HCOO^-$ en fonction de $[H_3O^+]$ et C.

b) En déduire la relation pH = ½(pKa – logC).

c) Le graphe précédemment tracé est en accord avec cette expression. Déterminer le pK_a du couple étudié.

4) a/ Déterminer graphiquement le pH d'une solution d'acide méthanoïque de concentration $C = 3{,}16.10^{-2}$ mol/L.

b) Calculer les concentrations molaires volumiques des différentes espèces chimiques présentes dans cette solution.

c) Retrouver par calcul, le pKa du couple auquel appartient l'acide méthanoïque.

Exercice II

On veut étudier, en fonction du temps, la réaction d'oxydation des ions iodure I^- par les ions peroxodisulfate $S_2O_8^{2-}$. Il s'agit d'une réaction totale et lente qui fait intervenir les couples rédox I_2/I^- et $S_2O_8^{2-}/SO_4^{2-}$.

1) Ecrire les demi-équations électroniques des couples oxydoréducteurs en présence. En déduire l'équation-bilan de la réaction.

2) On considère un volume $V_1 = 40$ mL d'une solution aqueuse d'iodure de potassium à 0,5 $mol.L^{-1}$ et un volume $V_2 = 10$ mL de solution aqueuse de peroxodisulfate de potassium à 10^{-1} $mol.L^{-1}$.

On mélange rapidement à la date t = 0 s, dans un bécher, ces deux solutions prises à la température ambiante. Au bout d'environ une minute, une coloration devient décelable. Calculer les concentrations molaires volumiques initiales des ions iodure et de peroxodisulfate dans la solution.

3) Pour déterminer les valeurs de la concentration molaire du diiode formé dans le mélange, on prélève à différentes dates t un volume $V_o = 2$ mL du mélange. On ajoute au prélèvement, un peu d'empois d'amidon, qui donne une coloration bleu foncé en présence de diiode, et incolore en présence d'ions iodure. On dilue ce prélèvement en lui ajoutant un volume $V_e = 30$ mL d'eau distillée glacée.

Le diiode formé est dosé par une solution aqueuse de thiosulfate de sodium $Na_2S_2O_3$ de concentration $C = 5.10^{-3}$ $mol.L^{-1}$. Les valeurs du volume V de thiosulfate nécessaire au dosage d'un volume V_o du mélange prélevé aux dates t sont indiquées dans le tableau suivant :

t(min)	4	8	12	16	20	24	28	32	36
V(mL)	6,8	10,5	12,9	14,3	15,2	15,5	15,8	16	16
$[I_2].10^{+3}mol.L^{-1}$									

Tableau 3

a) Pourquoi a-t-on pris soin de diluer immédiatement chaque prélèvement avant dosage ?

b) Comment détecter la fin du dosage du diiode par les ions thiosulfate ?

c) Etablir l'équation-bilan de la réaction d'oxydo-réduction sachant que les couples rédox en présence sont : I_2/I^- et $S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$.

d) Etablir la relation : $[I_2] = \dfrac{CV}{2V_o}$ puis compléter le tableau précédent après l'avoir reproduit.

e) Tracer le graphe $[I_2] = f(t)$. Echelle : en abscisses : 1 cm $\longrightarrow$ 2 min
en ordonnées : 1 cm $\longrightarrow 10^{-3}mol.L^{-1}$.

f) Déterminer en $mol.L^{-1}.s^{-1}$, la vitesse de formation du diiode aux dates t = 0 min et t = 16 min. Comment varie-t-elle au cours du temps ?

Physique

Exercice I

On dispose d'une bobine dont on souhaite connaître les grandeurs caractéristiques : résistance r et inductance L.

1) La bobine est utilisée pour réaliser les deux expériences suivantes :

Expérience n°1

On établit aux bornes de la bobine une tension alternative sinusoïdale de fréquence N = 50 Hz et de valeur efficace U_1 = 6 V ; l'intensité traversant la bobine est I_1 = 0,21 A.

Expérience n°2

On établit entre les bornes de la bobine une tension continue U_2 = 12 V ; l'intensité du courant traversant la bobine est I_2 = 0,6 A.

1) Exploiter les résultats des deux expériences pour déterminer les valeurs de r et L.

2) Un dipôle MN comprend, monté en série :

- un conducteur ohmique de résistance R = 5,4 Ω ;
- la bobine d'inductance L et de résistance r.

Un générateur impose entre M et N une tension alternative sinusoïdale de fréquence réglable, de valeur efficace U et de valeur instantanée $u = U.\sqrt{2}\cos\omega t$.

On veut visualiser sur l'écran d'un oscilloscope, sur la voie B la tension u aux bornes du générateur et la tension u_R aux bornes du conducteur ohmique sur la voie A.

a) Faire le schéma du circuit électrique et indiquer les points de la portion de circuit électrique reliés aux voies A et B puis à la masse de l'oscilloscope.

b) On observe l'oscillogramme représenté sur la figure ci-dessous :

Les réglages des sensibilités sont :

- sensibilité verticale : voie A : 1 V/division
  voie B : 10 V/division
- sensibilité horizontale : 2 ms/division.

Des courbes I et II, indiquer celle qui correspond à la voie A et celle qui correspond à la voie B justifier la réponse.

3) a/ En utilisant l'oscillogramme, calculer :

- la valeur de la période des oscillations électriques ;
- la phase φ de la tension par rapport à l'intensité.

b) Ecrire l'expression de l'intensité instantanée du courant électrique dans le circuit électrique.

c) On note I l'intensité efficace du courant dans le circuit électrique. Etablir les relations :

$$r = \frac{U}{I}\cos\varphi - R \quad \text{et} \quad L = \frac{(R + r)\tan\varphi}{\omega}$$

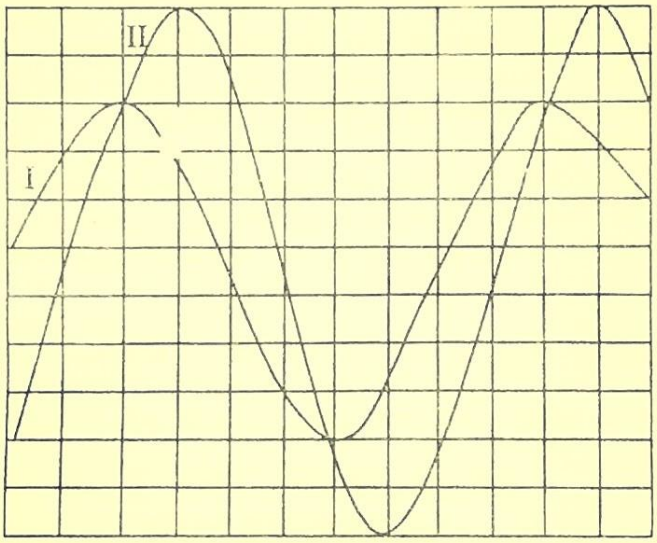
Retrouver, par calcul, les valeurs de r et L.

4) Au circuit précédent, on dispose en série avec le conducteur ohmique et la bobine, un condensateur de capacité C = $6,7.10^{-8}$ F.

a) Calculer la fréquence de résonance du circuit.

b) En déduire le facteur de qualité du circuit.

c) Calculer l'impédance du dipôle constitué par l'association série du condensateur, de la bobine et conducteur ohmique à cette fréquence de résonance.



Exercice II

Données : Eo = 13,6 eV ; 1 eV = $1,6.10^{-19}$ J.

h = $6,62.10^{-34}$ J.s ; c = 3.10^{8} m/s ; 1 nm = 10^{-9} m ;

Les numéros atomiques des éléments hydrogène et hélium sont respectivement Z = 1 et Z = 2.

La lumière que les étoiles nous envoient peut être analysée et elle nous fournit des renseignements précieux sur cet astre.

Ainsi les raies d'absorption du spectre continu d'une étoile permettent d'établir qu'elle est constituée essentiellement d'hydrogène.

L'étoile rayonne des photons de très grande énergie capables d'ioniser l'hydrogène. Les niveaux énergétiques possibles de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation :

$E_n = -\frac{E_o}{n^2}$ où n est un entier positif non nul.

1/ a) Nommer un dispositif qui permet d'obtenir le spectre lumineux.

b) Que signifie « ioniser » l'hydrogène ?

2/ Choisir tout en justifiant, la ou les bonne(s) réponse(s).

a) L'atome d'hydrogène peut avoir une énergie (en eV) égale à :
-16,0 ; -3,65 ; -0,544 ; 3,4.

b) L'état fondamental de l'atome d'hydrogène correspond (en eV) à

-13,6 ; 0 ; 13,6 ; 27,2.

c) L'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène est (en eV) :

-13,6 ; 0 ; 10,2 ; 13,6.

3/ L'atome d'hydrogène absorbe à partir de l'état fondamental les photons dont les longueurs d'onde (en nm) sont : 85 ; 91,3 ; 121.

Expliquer dans chaque cas ce qui se passe.

4/ a) Montrer que toutes les raies d'émission de l'atome d'hydrogène ont des longueurs d'onde données par la formule :

$\frac{1}{\lambda} = R_1(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{p^2})$ où m et p sont des entiers non nuls tels que $p > m$ et où R_1 est une constante appelée constante de Rydberg de l'hydrogène.

Calculer la valeur de R_1.

b) Les longueurs d'onde suivantes, définissent quelques raies du spectre de l'ion hélium He^+ : 30,4 nm ; 25,6 nm ; 24,3 nm ; 23,7 nm.

Vérifier numériquement que ces valeurs sont compatibles avec une relation de la forme :

$\frac{1}{\lambda} = R_2(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{p^2})$ où $m = 1$ et $p = 2, 3, 4, 5$ et où R_2 est la constante de Rydberg de l'ion hélium. Trouver la relation liant R_1 à R_2.

Sujet 7	BACCALAUREAT 1999 : SERIE D / BENIN Session de Remplacement

CHIMIE

Exercice I

Toutes les solutions aqueuses sont à 25°C.

On considère deux solutions aqueuses S_1 et S_2 de même concentration molaire C.

- S_1 est une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de pH = 11,9.
- S_2 est une solution aqueuse de sulfate d'ammonium de pH = 5,5.

1/ Calculer la concentration molaire volumique C.

2/ Le sulfate d'ammonium est un solide ionique de formule $(NH_4)2SO_4$ qui en solution aqueuse subit une dispersion totale de ses ions suivant l'équation :

$(NH_4)_2SO_4 \xrightarrow{eau} SO_4^{2-} + 2\ NH_4^+$

a) Justifier brièvement la nature acide de la solution S_2

b) Faire les bilans qualitatif et quantitatif des espèces chimiques présentes dans cette solution.

c) Montrer que le pK_a du couple NH_4^+/NH_3 est 9,2.

3/ On prépare un mélange M des solutions S_1 et S_2. Le pH du mélange M est 9,2.

a) Calculer les volumes V_1 et V_2 qu'il faut prélever pour réaliser un mélange M de volume $V = 200\ cm^3$

b) On réalise les 2 expériences suivantes.

Première expérience : on ajoute $1cm^3$ de S_1 à $100\ cm^3$ du mélange M.

Deuxième expérience : On ajoute $1cm^3$ de S_1 à $100\ cm^3$ d'eau distillée.

Répondre par vrai ou faux à chacune des deux affirmations suivantes. Justifier la réponse.
Affirmation 1 : Au cours de la première expérience le pH varie.
Affirmation 2 : Au cours de la deuxième expérience le pH ne varie pas.

Exercice II

On donne : C : 12 g/mol ; H : 1 g/mol ; O : 16 g/mol.
L'analyse élémentaire d'un ester E de formule $C_xH_yO_2$ (x et y sont des entiers naturels) a donné les pourcentages en masse suivants : C : 73,2 % ; H : 7,3 % ; O : 19,5 %.
1/ Déterminer la masse molaire de l'ester E et en déduire sa formule brute.
2/ L'hydrolyse de l'ester E donne un alcool saturé A . Cet alcool contient 60 % de sa masse en carbone.
a) Déterminer les formules semi-développées possibles et les noms de l'alcool A.
b) L'ester E dérive d'un acide aromatique.
Ecrire les formules semi-développées possibles de E et les nommer.
c) L'oxydation ménagée de l'alcool A donne un composé B . Le composé B réagit avec la 2,4-D.N.P.H. mais reste sans action sur la liqueur de Fehling.
Ecrire la formule semi-développée de E .
3/ On étudie la cinétique chimique de la saponification de l'ester E précédent.
Pour cela on réalise un litre de mélange contenant 5.10^{-2} mol d'ester E et 5.10^{-2} mol de soude à l'instant t = 0 s. Le mélange est réparti dans plusieurs ampoules scellées de 10 cm^3, disposées dans un bain-marie à la température constante $\theta = 30°C$. Toutes les quatre (4) minutes on sort une ampoule et on dose la quantité de soude restant (après avoir arrêté la réaction) avec une solution aqueuse d'acide chlorhydrique de concentration molaire $C_a = 0,02$ mol /L.
Les résultats sont mentionnés dans le tableau suivant où V_a est le volume d'acide chlorhydrique utilisé.

t(min)	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
V_a (cm^3)	25	22	19,75	18	16,5	15	13,75	12,75	12	11,5	11

a) Ecrire l'équation - bilan de la réaction et donner ses caractéristiques.
b) Soient $[OH^-]_o$ et $[OH^-]_t$ les concentrations molaires en ions hydroxyde dans le milieu réactionnel aux dates respectives t = O s et t quelconque ;
$[A]_t$ la concentration molaire en alcool A à l'instant de date t dans le milieu réactionnel.
Montrer que $[OH^-]_o - [OH^-]_t = [A]_t$ et que $[OH^-]_t = 2.10^{-3} V_a$; V_a en cm^3
c) Indiquer, justification à l'appui, comment arrêter la réaction pour faire le dosage.
4/ a) Recopier le tableau suivant en le complétant, puis tracer le graphe $[A]_t = f(t)$.

t (min)	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
[A]t (mol/L)	0										

Echelles : 1 cm ⟶ 4 min
1 cm ⟶ 4.10^{-3} mol.L^{-1}

b) Définir la vitesse instantanée de formation de l'alcool A.
A quelle date cette vitesse est-elle maximale ?
Calculer la vitesse de formation de A à t = 22 min.

PHYSIQUE

Exercice I

On donne :
charge élémentaire : e = $1,60.10^{-19}$ C.
célérité de la lumière dans le vide c = $3,00.10^{8}$ m.s^{-1}
Constante de Planck : h = $6,62.10^{-34}$ J.s
masse de l'électron :m = $9,1.10^{-31}$ kg
1 nm = 10^{-9}m
D'une façon générale l'énergie d'un atome se définit à une constante additive près.
Ainsi les énergies de niveaux de l'atome d'hydrogène peuvent s'écrire sous la forme :

$$En = -\frac{A}{n^2} + K \text{ avec } n \in \mathbb{N}^*.$$

A = 13,6 eV et K est la constante additive dont la valeur dépend du choix de l'origine des énergies de l'atome.
1/ a) Vérifier que K = 0 eV quand l'origine des énergies est dans l'état ionisé ($n \longrightarrow \infty$).
b) Montrer que K = 13,6 eV lorsque l'origine des énergies est dans l'état fondamental.
2) On adopte la convention fixant l'origine des énergies dans l'état fondamental de l'atome.
a) Calculer en électron - volt (eV) l'énergie de l'état fondamental, les énergies respectives E_2 , E_3, E_4, E_5 et E_6 des cinq premiers états excités de l'atome et l'énergie de l'atome ionisé.
b) Montrer que l'énergie E_γ d'un photon γ appartenant à une radiation monochromatique de longueur d'onde λ est :

$$E_\gamma = \frac{1241}{\lambda}$$ E_γ en eV et λ en nm.

c) Calculer les longueurs d'onde λn,2 des raies visibles

H_α , H_β, H_γ et H_δ émises par l'atome d'hydrogène lors de sa désexcitation à partir des niveaux En (n > 2) vers le premier état excité.

On posera $\lambda(H_\alpha) = \lambda_{3,2}$; $\lambda(H_\beta) = \lambda_{4,2}$; $\lambda(H_\gamma) = \lambda_{5,2}$ et $\lambda(H_\delta) = \lambda_{6,2}$.

3) Dans la suite on prendra :

$\lambda(H_\alpha) = \lambda_\alpha = 655$ nm $\lambda(H_\beta) = \lambda_\beta = 486$ nm.

$\lambda(H_\gamma) = \lambda_\gamma = 435$ nm $\lambda(H_\delta) = \lambda_\delta = 410$ nm.

Une lampe à vapeur d'hydrogène émet une lumière polychromatique constituée des raies H_α, H_β, H_γ et H_δ.

Un faisceau cylindrique émis par cette lampe éclaire le vide un réseau R , qui comporte N = 1200 traits/mm, sous une incidence normale. (voir figure 1).

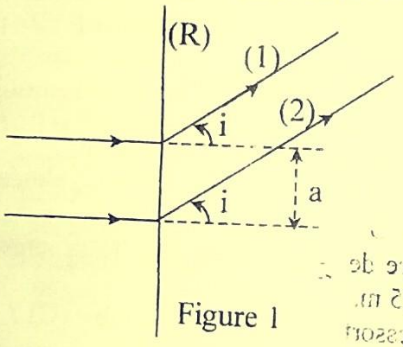


Figure 1

a) Montrer que :

*La différence de marche Δ entre les rayons (1) et (2) qui interfèrent à l'infini dans la direction d'angle de diffraction i est :

$\Delta = a.\sin i$

*Les directions de maximum de lumière pour la radiation de longueur d'onde λ sont telles que:

$$\sin i = 1{,}2 \times 10^{-3}\, k\lambda$$

$k \in \mathbb{Z}^*$ et λ en nm.

b) Déterminer les directions de maximum de lumière dans le spectre d'ordre 1 pour les raies H_α, H_β, H_γ et H_δ

c) Montrer que sous cette incidence, seule la raie H_δ existe dans le spectre du deuxième ordre.

d) Une lentille achromatique L de distance focale f' = + 20 cm est placée telle que son axe principal se confonde à la direction de la raie H_δ.

Compléter le schéma ci-après puis. en déduire la distance d séparant les raies H_α et H_δ sur l'écran (E).

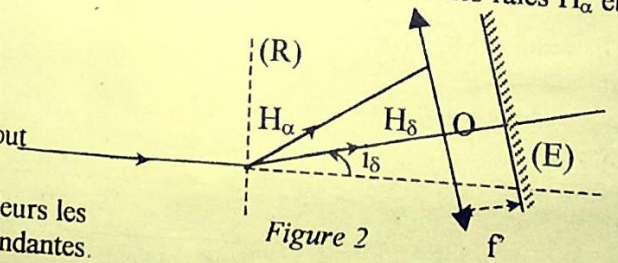


Figure 2

PHYSIQUE II

On donne g = 10 N.kg^{-1}. Dans tout l'exercice on supposera les frottements négligeables. Par ailleurs les questions 1, 2, 3 et 4 sont indépendantes.

On considère un ressort à spires non jointives parfaitement élastique, de constante de raideur k et de masse négligeable. Ce ressort est monté dans un tube qui lui sert de guide au cours de ses allongements et compressions ; son extrémité A est fixée à un axe Δ perpendiculaire au tube et l'autre extrémité B supportant un solide ponctuel(S) de masse m = 60 g. Le solide (S) peut alors coulisser sans frottements dans le tube quelle que soit son orientation.

1) Le tube est disposé verticalement (Δ horizontal) tel que l'indique la figure (1). Le raccourcissement du ressort à l'équilibre est $\Delta l_0 = 1{,}2$ cm
Montrer par une étude statique que la raideur k du ressort vaut $k = 50\ N.m^{-1}$

2) A partir de la position d'équilibre on impose au ressort un raccourcissement supplémentaire $x_1 = 4$ cm puis on lâche le solide (S) sans vitesse initiale. Le solide (S) se détache du ressort, dès que ce dernier retrouve sa longueur à vide.

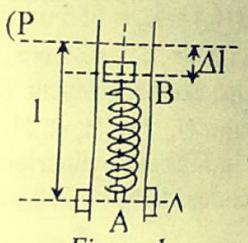


Figure 1

a) Calculer la vitesse v_1 à laquelle le solide (S) est libéré.
b) Montrer que la hauteur maximale atteinte par (S) au dessus du plan horizontal (P) est $h_1 = 6$ cm environ.
c) Décrire qualitativement le fonctionnement ultérieur de ce système.

3) Le tube est maintenant disposé horizontalement (Δ vertical). Une gâchette permet de raccourcir le ressort afin de communiquer une vitesse initiale v_2 au solide (S). Une fois lancé, le solide quitte le tube en O et atteint une cible (C) située à une distance d = 1 m de la verticale passant par O (voir figure 2).
a) Etablir l'équation cartésienne de la trajectoire de (S) puis en déduire la vitesse initiale de lancement v_2 de (S). On donne h = 1,25 m.
b) De quelle longueur x_2 fallait-il raccourcir le ressort pour atteindre la cible (C) ?
En réalité $x_2 \simeq 7{,}5$ cm. Donner en deux lignes une justification plausible à ce fait.

4) Le solide (S) est maintenant solidaire du ressort et le dispositif, toujours dans sa position horizontale, tourne autour de l'axe Δ à une vitesse angulaire constante ω (voir figure 3). Le ressort de longueur à vide $\ell_0 = 20$ cm s'allonge de x = 5 cm pendant le mouvement de rotation uniforme.

a) Montrer que $\omega \simeq 13$ rad/s.
b) Calculer la durée de 20 tours.

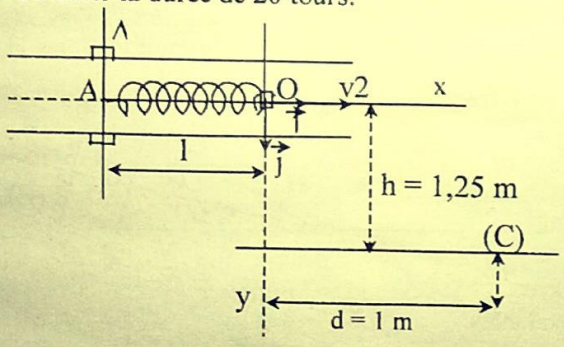


Figure 2

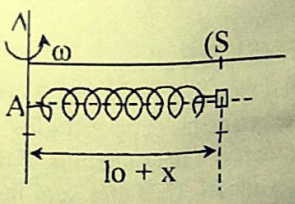


Figure 3

Sujet 8	BACCALAUREAT 1999 : SERIE C / BENIN Session de remplacement

CHIMIE

Exercice I

On dispose de trois solutions aqueuses à 25° C.

S_1 : une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire C_1.
S_2 : une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique C_2.
S_3 : une solution aqueuse d'ammoniac de concentration molaire volumique $C_3 = 2{,}5.10^{-3}$ mol/L. On donne : $pk_a (NH_4^+/NH_3) = 9{,}2$ à 25 °C.

1/ Calculer le pH de chacune des solutions S_1 et S_2 si les trois solutions avaient la même concentration molaire $C_3 = 2{,}5.10^{-3}$ mol/L

2/ Dans un erlenmeyer on introduit un volume $V_2 = 20$ mL de la solution S_2. On y verse alors progressivement grâce à une burette graduée la solution S_1 d'acide chlorhydrique. La variation du pH du mélange est suivi à l'aide d'un pH-mètre. Pour $V_1 = 0$ mL , pH = 11. Pour $V_1 = 25$ mL, pH = 7,0.

a) Ecrire l'équation–bilan de la réaction acido-basique qui se produit.
b) Calculer les concentrations molaires C_1 et C_2 respectives des solutions S_1 et S_2.
c) Vers quelle limite tend le pH de ce mélange quand le volume V_1 d'acide chlorhydrique ajouté augmente indéfiniment ?
d) Tracer l'allure du graphe $pH = f(V_1)$ en tenant compte des renseignements évoqués ci-dessus.

3/ Soit M_1 le mélange réalisé lorsque $V_1 = 55$ mL.
Au mélange M_1 on ajoute maintenant un volume $V_3 = 96$ mL de la solution S_3 d'ammoniac. On obtient ainsi un mélange M_2.

a) Montrer que dans le mélange M_1 le nombre de moles d'ions hydronium est $n = 1{,}2.10^{-4}$ mol.
b) Ecrire l'équation bilan de la réaction qui se produit dans le mélange M_2
c) Montrer que le pH du mélange M_2 est égal au pka du couple NH_4^+/NH_3.
d) Inventorier les espèces chimiques présentes dans le mélange M_2 et calculer leurs concentrations molaires volumiques.

Exercice II

On donne : C : 12 g/mol ; H : 1 g/mol ; O : 16 g/mol ; Cl : 35,5 g/mol
L'analyse élémentaire d'un anhydride mixte d'acides carboxyliques A de formule $C_xH_yO_3$ a donné : C : 51,7 % ; H : 6,9 % ; O : 41,4 %

1/ Déterminer x et y

2/ L'hydrolyse de A donne un mélange de deux acides carboxyliques A_1 et A_2.
L'hydratation du propène en présence de l'acide sulfurique a donné un mélange de deux corps B_1 et B_2. A_1 est le produit final d'oxydation ménagée de B_2.

a) Ecrire l'équation de la réaction d'hydratation du propène. Identifier B_1 et B_2 par leurs formules semi-développées. Les nommer.
b) En utilisant les résultats précédents, donner les formules semi-développées et les noms de l'anhydride A et des acides carboxyliques A_1 et A_2.

3/ On estérifie n moles de A_1 avec n moles de B_1. Lorsque l'équilibre est supposé atteint, on obtient m = 3,5 g d'ester.
L'acide restant est dosé par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration C = 1 mol/L. Toutes les précautions sont prises pour que la réaction entre l'hydroxyde de sodium et une autre espèce du milieu réactionnel soit négligeable.
A l'équivalence le volume de la solution de soude versé est $V = 21$ cm^3.

a) Ecrire l'équation de la réaction entre B_1 et A_1. Nommer l'ester formé.

b) Calculer le nombre de moles de A_1 restant après la réaction entre A_1 et B_1. En déduire n.

c) On fait réagir 5.10^{-2} mol de B_2 avec un excès du chlorure d'acyle correspondant de A_1. Ecrire l'équation de la réaction et calculer la masse minimale de chlorure d'acyle qu'il faut à cet effet.

PHYSIQUE

Exercice I

On dispose d'une bobine de résistance r et d'inductance L, d'un conducteur ohmique de résistance R et d'un condensateur de capacité C réglable.

1/ On applique aux bornes de la bobine une tension continue U = 1,2 V. L'intensité dans la bobine est I = 2 A et l'énergie électromagnétique emmagasinée par la bobine est $E = 1{,}6.10^{-2}$ J

a) Calculer L et r.

b) On annule l'intensité du courant dans la bobine suivant la loi affine du temps $i = kt + I_o$ pendant $\Delta t = 0{,}01$ s.

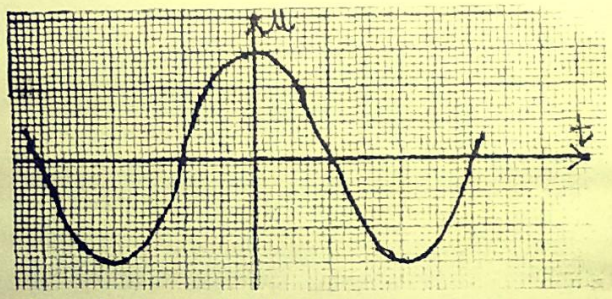
Calculer la f.é.m d'auto-induction qui naît dans la bobine et en donner la raison de sa naissance.

2/ Le condensateur une fois chargé sous une tension continue $U_o = 6$ V, est associé en série avec la bobine précédente. A l'instant t = 0 s on ferme l'interrupteur et la tension u(t) aux bornes du condensateur est visualisée à l'oscilloscope.

a) Etablir l'équation différentielle du circuit et montrer qu'il est le siège d'une dissipation d'énergie par effet Joule.

b) Quelles précautions prendre pour avoir des oscillations sinusoïdales ? Proposer un schéma du dispositif

c) Ces précautions étant prises, on relève le graphe suivant :



1 div. ⟶ 0,1 ms

Sensibilité verticale :
1 div. ⟶ 2V

A partir du graphe, déterminer la fréquence propre N_o du circuit puis en déduire la capacité C.

Quelles sont la tension efficace aux bornes du condensateur et l'énergie électrique du circuit ?

3/ On donne à la capacité du condensateur une nouvelle valeur C'. On prendra pour la suite L = 8,3 mH. Un GBF avec fréquencemètre alimente la bobine, le condensateur et le conducteur ohmique, tous montés en série. Un oscilloscope bicourbe permet de visualiser la tension u(t) aux bornes du GBF sur la voie A et l'intensité i(t) dans le circuit sur la voie B. Le GBF délivre une tension sinusoïdale de fréquence N variable et d'amplitude U_m constante : $U_m = 2$ V

Les mesures ont donné le tableau suivant :

N(Hz)	2600	2800	3000	3200	3400	3600	3800
I_m(mA)	26	34	42	58	80	160	220
Z(Ω)							

N(Hz)	4000	4200	4400	4600	4800	5000	5200	5400
I_m(mA)	180	104	72	56	46	38	34	30
Z(Ω)								

a) Faire le schéma du montage complet ;
b) Etablir l'expression de l'intensité efficace I dans le circuit en fonction de N, U_m, r, L et C
c) Recopier puis compléter le tableau. Tracer le graphe Z = f(N). Z désigne l'impédance du dipôle R L C série.

Echelles : 1 cm pour 10 Ω ; 1 cm pour 400 Hz

d) Déterminer graphiquement la fréquence N_o pour laquelle Z prend sa valeur minimale Z_o qu'on précisera. En déduire la valeur de R et celle de la capacité C'.
e) La bande passante en fréquence est limitée par deux fréquences N_1 et N_2 telles que $Z(N_1) = Z(N_2) = Z_o\sqrt{2}$. Déterminer graphiquement sa largeur puis en déduire le facteur de qualité du circuit.

Exercice II

Dans tout l'exercice le solide S sera supposé ponctuel et de masse m = 50 g. On donne g = 10 $N.kg^{-1}$. Tous les frottements sont supposés négligeables.

1/ On attache S à un fil inextensible, de masse négligeable et de longueur l_o = OS = 1 m. L'extrémité supérieure O du fil est attachée à un point fixe. (voir figure 1)

On écarte OS de sa position d'équilibre d'un angle $\alpha_o = 60°$ et on le lâche sans vitesse initiale.

a) Enoncer les théorèmes suivants :
- Théorème de l'énergie cinétique
- Théorème du centre d'inertie

b) Soient v la vitesse linéaire de S et T la tension du fil quand OS fait un angle $\alpha < \alpha_o$ par rapport à la position d'équilibre. Etablir les expressions de v et T en fonction de g, ℓ_o, α et α_o.

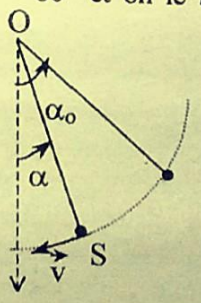


Figure 1

c) Calculer T et v pour $\alpha = 30°$.
d) Le solide remonte toujours jusqu'à la hauteur h = 0,50 cm au dessus de la position d'équilibre. Vrai ou faux ? Justifier votre réponse.

2/ Le solide S toujours attaché au fil est mis en mouvement de rotation uniforme comme l'indique la figure 2.

Le solide fait 77 tours/min et on règle OS à la longueur l = 0,6 m.

a) Calculer la vitesse angulaire ω du Solide S.
b) Calculer l'angle α et la tension T' du fil.

3/ On augmente la vitesse angulaire du mouvement qui est fixée à une valeur ω'. Le mouvement de S s'effectue alors dans un plan horizontal situé à h = 2 m du sol. Le fil pour cause de blessure se rompt et le solide S vient heurter le sol à une distance d' = 3,75 m de la verticale passant par A (figure 3)

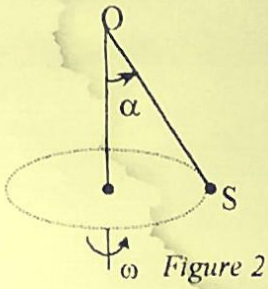


Figure 2

a) Etablir l'équation cartésienne de la trajectoire du solide S dans le repère $(A ; \vec{i}, \vec{j})$. En déduire la valeur de la vitesse initiale V_1 du solide S.

b) Calculer la vitesse V_2 de S au point d'impact S_1 avec le sol en utilisant le principe de la conservation de l'énergie mécanique du système (Terre–solide S).

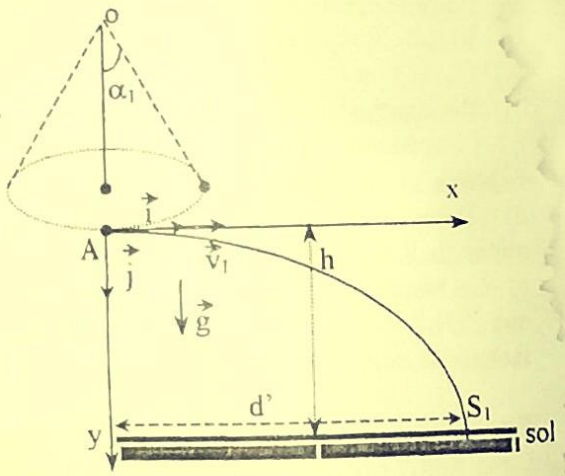


Figure 3

Sujet 9	BACCALAUREAT 2000: SERIE D / BENIN Session de remplacement

CHIMIE

Exercice I

L'hydrolyse d'un ester E produit deux corps A et B.

1) La combustion complète d'une mole de A de formule $C_xH_yO_z$ nécessite six moles de dioxygène, produit 90 g d'eau et 176 g de dioxyde de carbone.
a) Ecrire l'équation bilan de la combustion de A.
b) Déterminer la formule brute de A et les formules semi-développées possibles.
2) L'oxydation ménagée de A par le bichromate de potassium ($K_2Cr_2O_7$) acidifié conduit à un corps A' qui ne réagit pas avec le nitrate d'argent ammoniacal (réactif de Tollens).
a) Quelle est la fonction chimique de A' sachant que sa molécule ne contient pas de groupement carboxyle.
b) En déduire les formules semi-développées et les noms de A et A'.
c) Ecrire les deux demi-équations électroniques et l'équation bilan d'oxydation de A.

On donne le couple $Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}$

3) Le corps B réagit avec le chlorure de thionyle $SOCl_2$ suivant l'équation :

$B + SOCl_2 \longrightarrow SO_2 + HCl + C$

L'action de C sur la méthylamine produit du N-méthyléthanamide.

En présence d'un déshydratant comme P_4O_{10}, on a la réaction d'équation :

$B + B \xrightarrow{P_4O_{10}} D + H_2O$

Indiquer les noms et les formules semi-développées de B, C, D et E.

4) a) Ecrire l'équation de la réaction entre l'ester E et une solution d'hydroxyde de potassium à chaud ; nommer les produits obtenus.

b) Donner le nom et les caractéristiques de cette réaction.

Exercice II

1) Des ampoules de verre scellées contenant chacune 0,1 mole d'acide carboxylique (R-COOH) et 0,1 mole d'alcool (R'-OH) sont placés dans une étuve. A différentes dates, on retire une ampoule que l'on refroidit ; on la casse puis on neutralise l'acide n'ayant pas réagi avec un volume VB d'une solution molaire d'hydroxyde de sodium.

a) Reproduire et compléter le tableau suivant :

t(heures)	1	2	3	5	8	11	15	18
V_B (cm^3)	86	76	67	55	46	43	42	42
y (mol)								
x (mol)								

y : nombre de moles d'acide n'ayant pas réagi ;
x : nombre de moles d'ester formé.

b) Tracer la courbe x = f(t).

Echelles : 1cm pour 1 heure ; 2 cm pour 0,01 mole

c) Calculer la vitesse moyenne d'estérification entre les instants $t_1 = 2$ heures et $t_2 = 6$ heures.

d) Calculer la vitesse instantanée d'estérification à l'instant t = 4 heures.

2) La formule brute de l'ester est $C_5H_{10}O_2$. Traité à chaud par l'hydroxyde de potassium (KOH), il donne un carboxylate de potassium dont la masse molaire moléculaire est M telle que $M = \frac{49}{51} M_e$, M_e étant la masse molaire moléculaire de l'ester.

a) Donner le nom de la réaction et écrire son équation bilan.
b) Déterminer la formule semi-développée de l'acide et son nom.
c) En déduire la formule brute de l'alcool.
3) L'alcool obtenu est oxydé par le permanganate de potassium, en milieu acide. Le produit obtenu donne un précipité jaune avec la 2-4 dinitrophénylhydrazine (DNPH) mais ne réagit pas avec la liqueur de Felhing.
Donner la formule développée de l'alcool et son nom.
On donne : masses molaires atomiques en g/mol : C = 12 ; H = 1 ; O = 16 ; K = 39.

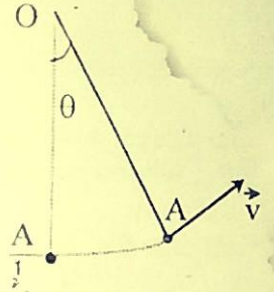
PHYSIQUE

Exercice I

On donne $g = 10\ m/s^2$.

Un pendule est constitué par une masse M = 50 g (supposée ponctuelle) suspendue par l'intermédiaire d'un fil inextensible de longueur l = 1,25 m.

1) A partir de la position d'équilibre OA_0, on communique à la masse M la vitesse horizontale $\vec{v}_0$ voir figure. La position de M à la date t est déterminée par l'angle $\theta = (\vec{OA_0}, \vec{OA})$.



Etablir les expressions :

a) de la vitesse v de la masse M en fonction de θ ;

b) de la tension T du fil en fonction de θ.

2) a) Exprimer la valeur minimale de la tension en fonction de M, V_0, l et g.

b) Calculer la valeur minimale de v_0 qui permet à la masse M d'effectuer des rotations autour de O, le fil restant tendu.

3) Le fil est maintenant écarté de sa position d'équilibre vertical d'un angle de $\theta_m = 60°$ et lâché sans vitesse. Calculer la vitesse de la masse quand elle passe par la position d'équilibre.

4) On écarte la masse M d'un angle $\alpha = 0{,}10$ rad. On pourra au besoin :

- appliquer la formule d'approximation $\cos \alpha_m = 1 - \frac{\alpha_m^2}{2}$;
- confondre l'arc s_m avec un segment de droite horizontale ;

a) Montrer que dans ces conditions la vitesse v de la masse M au passage en A_0 peut se mettre sous la forme $v = s_m\sqrt{\frac{g}{l}}$

b) Calculer v pour $s_m = 12{,}5$ cm.

5) Le pendule est maintenant au repos. Un projectile de masse m vient frapper horizontalement la masse M et s'y incruste. Le centre d'inertie de l'ensemble (confondu avec celui de M) s'écarte de la position d'équilibre d'une distance d supposée horizontale.

a) Exprimer la vitesse v_1 du projectile en fonction de M, m, d et l.

b) Calculer v_1 pour d = 10 cm et m = 5 g.

Exercice II

On dispose d'un solénoïde possédant les caractéristiques suivantes :

Nombre de spires N = 680 ;

longueur l = 30 cm ;

rayon moyen des spires $r_1 \simeq 2{,}55$ cm ;

résistance du solénoïde $r = 3{,}8\ \Omega$.

On se propose de réaliser la détermination expérimentale de l'inductance L par différents procédés.

I Procédé n°1

A l'aide d'un teslamètre, on mesure la variation de l'intensité du champ magnétique $\vec{B}$ en fonction de l'intensité I du courant et les résultats sont consignés dans le tableau ci-dessous :

I (en A)	0	1	1,5	2	2,2	2,4	2,6	2,8	3
B (en 10^{-3}T)	0	3,1	4,3	5,8	6,3	6,9	7,6	8,4	8,6

1) En choisissant une échelle convenable tracer la courbe B = f(I)
2) En déduire la valeur de L.

II Procédé n°2

Par le phénomène d'auto-induction, on réalise le circuit ci-dessous (figure 1) dans lequel le générateur fournit une tension en créneau de fréquence f = 200 Hz dont les valeurs varient de E = 2 V à 0 V (figure 2). Sur l'écran de l'oscilloscope apparaissent les courbes (a) et (b) de la figure 3.

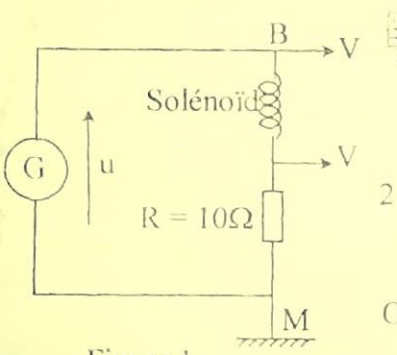


Figure 1

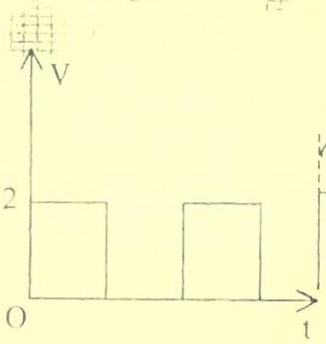


Figure 2

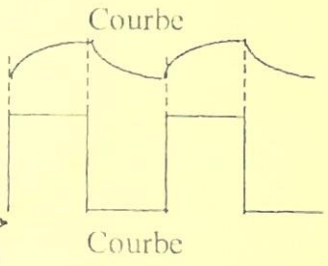


Figure 3

1) Interpréter chacune des deux courbes et indiquer à quelle voie de l'oscilloscope correspond chacune d'elles.
2) L'étude théorique de ce circuit permet de tracer la courbe représentative de la tension μ_{AM} (figure 4) en fonction du temps. L'équation de la courbe est :

$$u_{AM} = \frac{ER(1 - e^{-t/\tau})}{(R + r)} \text{ avec } \tau = \frac{L}{(R + r)} = \text{constante de temps}$$

a) A t = ∞, établir la relation vérifiée par μ_{AM}.
b) A l'aide de la courbe de la figure 4 déterminer τ.
c) En déduire L.

III Procédé n°3 :

Détermination par la résonance d'intensité.
On réalise le montage ci-contre (figure 5) :
- G fournit une tension sinusoïdale de fréquence variable ;
- Capacité du condensateur C = 5 μF ;

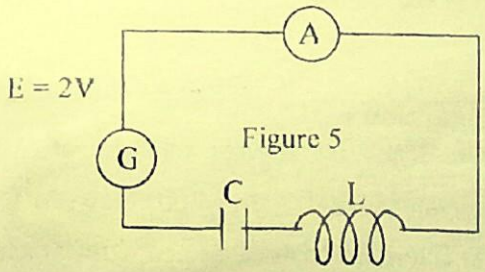


Figure 5

On trace la courbe représentative de la fréquence en fonction de l'intensité (figure 6). A partir de la courbe, déterminer la valeur de l'inductance de la bobine.

IV - Des expériences précédentes, tirer une conclusion

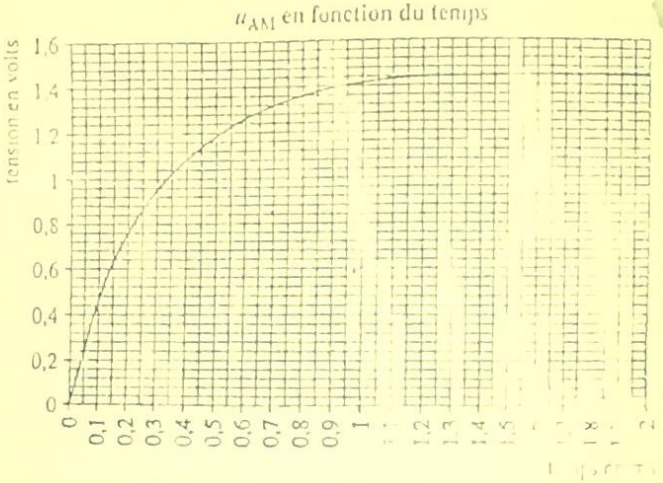


Figure 4

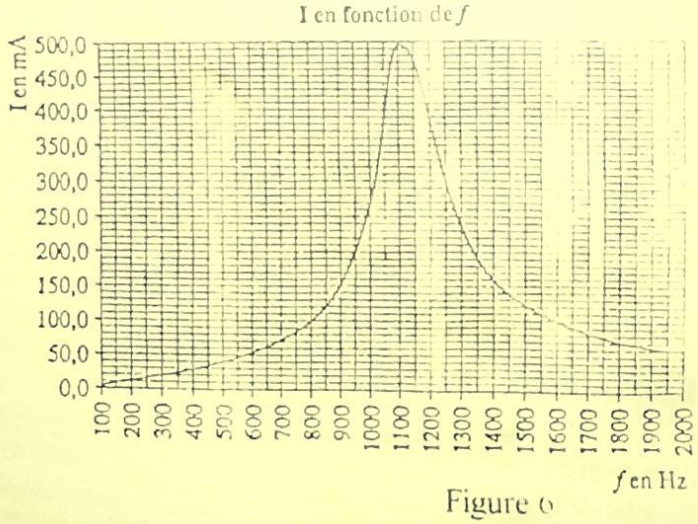


Figure 6

Sujet 10	BACCALAUREAT 2000 : SERIE C / BENIN Session de remplacement

CHIMIE

Exercice I

On donne les masses molaires atomiques (en $g.mol^{-1}$) des éléments chimiques suivants : M(H) = 1 ; M (O) = 16 ; M(Ca) = 40. Toutes les solutions sont à 25° C.

1) Une solution aqueuse peut être caractérisée par le rapport $n = \frac{[H_3O^+]}{[OH^-]}$.

a) Exprimer n en fonction du pH de la solution et du pKe (Ke produit ionique de l'eau : $Ke = 10^{-pKe}$).
b) Donner les valeurs limites de n sachant que le pH est compris entre 1 et 13.
c) Le pH d'une solution aqueuse S_0 d'acide chlorhydrique est égal à 3,7. Calculer la valeur du rapport n pour cette solution.
2) Le dihydroxyde de calcium $Ca(OH)_2$ est une dibase forte.
a) Calculer les concentrations molaires des espèces chimiques présentes dans une solution aqueuse S_1 de dihydroxyde de calcium sachant que pour cette solution $n = 10^{-10}$.
b) Calculer la masse de dihydroxyde de calcium dans 1,5 L de cette solution.
3) On dilue 1000 fois la solution S0 et on obtient une solution S_2.
a) Calculer les concentrations molaires des espèces chimiques présentes dans S_2.
b) En déduire le pH de S_2.
4) On mélange un volume V_0 de la solution S_0 et un volume V_1 de la solution S_1 de manière à obtenir un volume $V = 100$ cm^3 de solution de pH = 7. Calculer V_0 et V_1.
5) On mélange un volume V_A d'une solution d'acide éthanoïque de molarité $Ca = 10^{-3}$ mol.L^{-1} et un volume V_b de la solution S_1.
a) Calculer V_a et V_b pour que la solution S obtenue ait un volume $V = 200$ cm^3 et un pH = 4,8.
b) Quelle est la nature de la solution S ? Citer une de ses propriétés. On donne pKa (CH_3COOH/CH_3COO^-) = 4,8

Exercice II

On donne les masses molaires atomiques des éléments chimiques suivants en g.mol^{-1} : C : 12 ; N : 14 ; H : 1 ; O : 16.
Pour déterminer la formule brute d'un acide α-aminé X, on réalise les expériences suivantes :
- On prépare une solution aqueuse S de X en dissolvant dans 100 cm^3 d'eau 0,111 g de l'acide α-aminé X.
- On dose 20 cm^3 de la solution S par une solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire 0,05 mol.L^{-1}.

On constate que l'équivalence acido-basique est atteinte pour un volume d'acide chlorhydrique égal à 5 cm^3.
Par ailleurs, l'acide α-aminé X possède une chaîne carbonée saturée non cyclique et non ramifiée.
1) a) Déterminer la formule semi-développée de l'acide α-aminé X et le nommer en nomenclature officielle.
b) Montrer que la molécule de l'acide α-aminé X est chirale et donner la représentation de Fischer de ses énantiomères.
2) La solution aqueuse de cet acide α-aminé X contient trois espèces ioniques conduisant à deux couples acide-base dont les pKa sont : $pKa_1 = 2,3$; $pKa_2 = 9,7$.
a) Identifier les trois espèces ioniques
b) Ecrire les formules des couples acide-base et attribuer à chacun d'eux son pKa.

3) La décarboxylation de l'acide α-aminé X donne une amine B. On prépare une solution aqueuse de concentration molaire $2,5.10^{-3}$ mol.L^{-1}. Le pH de cette solution est 11,0.

a) Calculer les concentrations molaires des espèces chimiques présentes dans cette solution.

b) En déduire le pKa du couple acide-base auquel appartient l'amine B.

c) Calculer le volume d'acide chlorhydrique de concentration molaire $C = 10^{-2}$ mol.L^{-1} qu'il faut verser dans 20 mL de la solution aqueuse de l'amine B pour avoir un mélange de pH = 10,8.

PHYSIQUE

Exercice I

On considère une lentille L_1 de distance focale $f'_1 = 4$ cm et de centre optique O_1.

1) On place devant cette lentille un objet AB perpendiculairement à l'axe principal et dont le pied A est sur l'axe. Sur un écran placé derrière la lentille on recueille une image de même grandeur que l'objet

Déterminer la position de l'écran par rapport à la lentille L_1.

2) On accole la lentille L_1 à une lentille L_2 de centre optique O_2. La vergence du système est C = -25 δ.

Calculer la vergence C_2 de la lentille L_2 et en déduire sa nature.

3) La lentille L_2 n'est plus accolée à la lentille L_1. On place à présent devant elle un objet lumineux A_2B_2 perpendiculairement à l'axe principal. L'objet A_2B_2 a une hauteur de 1 cm ; son pied A_2 est sur l'axe principal et est situé à 3 cm du centre optique O_2 de la lentille L_2. Construire en vraie grandeur l'image $A'_2B'_2$ de A_2B_2 donnée par la lentille L_2.

4) Les deux lentilles L_1 et L_2 sont maintenant associées et coaxiales. La lentille L_2 est placée derrière la lentille L_1 à 3 cm de celle-ci.

a) Construire en vraie grandeur, l'image A"B" d'un objet lumineux AB à l'infini à travers le système des deux lentilles.

b) Déterminer par calcul la position de l'image A"B" par rapport au centre optique O_2 de la lentille L_2.

Exercice II

Le nucléïde $^{60}_{27}Co$ est radioactif β^-.

1) A la date t = 0s, on dispose d'un nombre N_0 de $^{60}_{27}Co$. A la date t on détermine le nombre N de noyau non désintégrés. Les résultats sont regroupés dans le tableau suivant :

t(ans)	5	15	25	35	45
N(10^{18} noyaux)	5,21	1,40	0,379	0,102	0,0276
LnN					

a) Compléter le tableau. (ln représente le logarithme népérien).

b) Tracer le graphe ln N = f(t).

Echelles : 1 cm pour 5 ans
2 cm pour une unité de ln N.
On prendra comme origine des axes : t = 0 an et ln N = 37.

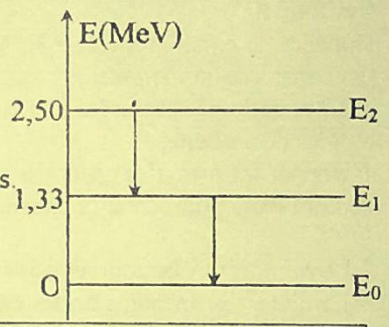
c) Donner l'expression de N en fonction de t, de N_0 et de la constante radioactive λ. En déduire l'expression de ln N en fonction de t, N_0 et de λ.

d) Déduire du graphe, la valeur de la constante radioactive λ du cobalt 60 et de celle de N_0.

e) Calculer la période T du cobalt 60.

f) Calculer l'activité initiale de la source radioactive.

2) le noyau $^{A}_{Z}Ni$ issu de la désintégration du cobalt 60 revient à son état fondamental E_0 en passant par deux états excités E_2 et E_1 comme l'indique le diagramme ci-après :



a) Ecrire l'équation de la désintégration produite en indiquant les lois de conservation utilisées.

b) Calculer les longueurs d'onde des deux photons γ émis lors de la désexcitation du noyau fils.

On donne : 1 eV = $1,6\ 10^{-19}$ J ;
h = $6,6\ 10^{-34}$ J.s
c = 3.10^{8} m/s.

Sujet 11	BACCALAUREAT 2001: SERIE C / BENIN

CHIMIE I

Données : masses molaires atomiques : M(Na) = 23 ; M(O) = 16 ; M(H) =1 pKa (Acide méthanoïque/ ion méthanoate) = 3,8

On considère une solution aqueuse So d'acide méthanoïoque de concentration molaire volumique $C_o = 0,2\ mol.L^{-1}$

1- Dans un volume $v_o = 100cm^3$ de S_o , on dissout sans variation de volume une masse m d'hydroxyde de sodium. Le pH de la solution S_1 ainsi obtenue vaut 3,8 à 25°C.

a) Ecrire l'équation bilan de la réaction qui s'est produite.

b) Donner les expressions des concentrations molaires des espèces chimiques présentes dans S_1 et en déduire la valeur de m. On admettra que $[H_3O^+] << [Na^+]$.

2- On ajoute à la solution S_1, un volume v inconnu de solution d'acide chlorhydrique de concentration molaire volumique $C_a = 0,1\ mol.L^{-1}$ de manière à obtenir une solution S_2. Calculer la valeur de v afin que la pH de S_2 soit égal à 3,5 à 25°C.

3- Dans un volume $v_e = 100\ cm^3$ d'eau distillée, on ajoute un volume $v' = 3,3\ cm^3$ de la solution d'acide chlorhydrique de concentration $C_a = 0,1\ mol.L^{-1}$

a) Calculer le pH de la solution S_3 ainsi préparée.

b) Comparer les pH des solutions S_2 et S_3. En déduire la propriété remarquable de la solution S_1 qui est ainsi mise en évidence.

4- On dispose des solutions suivantes :

Solution S_o d'acide méthanoïque de molarité $C_o = 0,2$ mol.L^{-1}

Solution S_a d'acide chlorhydrique de molarité $C_a = 0,1$ mol.L^{-1}

Solution S_b de méthanoate de sodium de molarité $C_b = 0,1$ mol.L^{-1}

Solution S'_b d'hydroxyde de sodium de molarité $C'_b = 0,2$ mol.L^{-1}

Solution S'_a de chlorure d'ammonium de molarité $C'_a = 0,1$ mol.L^{-1};

Parmi les couples de solutions suivantes ; (S_o,S_a) ; (S_o,S_b) ; (S_o,S'_b) ; (S_o,S'_a) ; (S_a,S_b) ; S_a ,S'_b) ; (S_a,S'_a) ; (S_b,S'_b) ; (S_b,S'_a) ; et (S'_b,S'_a), préciser ceux qui ont les mêmes propriétés que S_1

CHIMIE II

Données en g.mol^{-1} : M(H) = 1 ; M(C) = 12 ; M(O) = 16

On considère un monoacide carboxylique A et un monoalcool B, tous deux à chaînes carbonées saturées non cycliques possédant respectivement n et n+2 atomes de carbone.

1-Donner les formules générales brutes de ces deux composés organiques. En déduire leurs pourcentages en masse respectifs d'oxygène PA et PB en fonction de n.

2-Le rapport de ces pourcentages en oxygène est tel que $\frac{P_A}{P_B} = \frac{37}{15}$.
Déterminer les formules brutes de A et de B.

3- L'alcool B est primaire et chaîne linéaire. Donner les formes semi-développées et les noms de A et de B.

4- Les corps A et B sont liquides. On mélange une masse $m_A = 30$g de A à une masse $m_B = 37$g de B. Ce mélange refroidi est réparti dans dix tubes qui sont scellés et ensuite placées dans une étuve à 100°C.

A différentes dates on dose l'acide restant dans les tubes après les avoir refroidis et cassés. Les dosages sont réalisés à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $c_b = 4$ mol.L^{-1}

Soit v_b le volume de solution basique utilisé lors d'un dosage ; les résultats des dosages sont regroupés dans le tableau suivant :

t(en min)	2	5	8	12	16	20	25	30	40	50
v_b(en cm^3)	10	7,8	6,5	5,6	5,1	4,8	4,6	4,5	4,3	4,3
n_a (A restant en mol)										

a) Donner les caractéristiques de la réaction entre l'acide A et l'alcool B.

b) Ecrire l'équation bilan de la réaction.

c) Le mélange initial est-il stoechiométrique ?

d) Compléter le tableau en calculant le nombre de moles nA d'acide A restant.

e) Tracer la courbe représentant le nombre de moles nA d'acide A restant en fonction du temps.

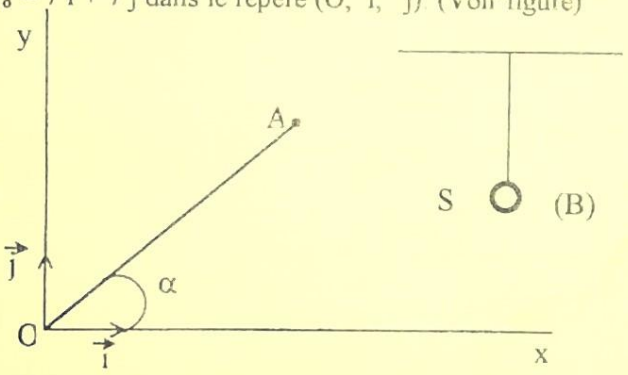
Echelles : en abscisses : 1 cm pour 4 min

En ordonnées : 1 cm pour 5.10^{-3} mol ;

f) Calculer la vitesse de disparition de A à l'instant t = 8 min.
g) Au bout de 50 min, la composition du mélange n'évolue plus ; l'équilibre chimique est atteint.
Calculer le pourcentage d'acide estérifié.

PHYSIQUE I

Données numérique : m = m' = 100 g ; l = 2 m ; g = 10 m.s^{-2}.
Un dispositif mécanique est constitué d'un projectile de masse m assimilé à un point matériel et d'un pendule simple formé d'une bille (B) de masse m' et d'un fil de longueur l.
1°) Le projectile (P) est lancé d'un point O situé au bas d'un plan incliné d'un angle α par rapport à l'horizontale (Ox).
(P) part de O, suivant la ligne de plus grande pente du plan incliné, avec la vitesse $\vec{v_o} = 7\vec{i} + 7\vec{j}$ dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$. (Voir figure)



a) Calculer la valeur de l'angle α.
b) Sur le plan incliné, (P) est soumis à des forces de frottement qui équivalent à une force $\vec{f}$ opposée au mouvement et d'intensité constante f = 1N.
Sachant que (P) parcourt sur le plan incliné une distance OA = L = 2 m, calculer sa vitesse v_A en A.
2°) Au point A, le projectile (P) quitte le plan incliné. La résistance de l'air est négligeable.
a) Déterminer dans le repère $(O ; \vec{i}, \vec{j})$ l'équation cartésienne de la trajectoire du projectile (P).
b) Calculer l'altitude maximale atteinte par le projectile (P).
c) Soit S, le point le plus haut atteint par (P). Donner au point S, les caractéristiques de la vitesse $\vec{v_s}$ de (P)
3°) Au point S se trouve la bille (B) du pendule. Il se produit entre (P) et (B) du choc supposé parfaitement élastique.
a) Calculer la vitesse v_1 de (P) et v_2 de (B) juste après le choc.
b) Déterminer dans le repère $(O ; \vec{i}, \vec{j})$:
- Les coordonnées du point de chute ;
- La vitesse de (O) au point de chute ;

c) De quelle hauteur maximale h la bille (B) monte-t-elle au- dessus du plan horizontale de S ?

En déduire l'angle maximale β dont la pendule s'écarte de sa position verticale.
d) Calculer l'intensité T de la réaction $\vec{T}$ du fil dans :

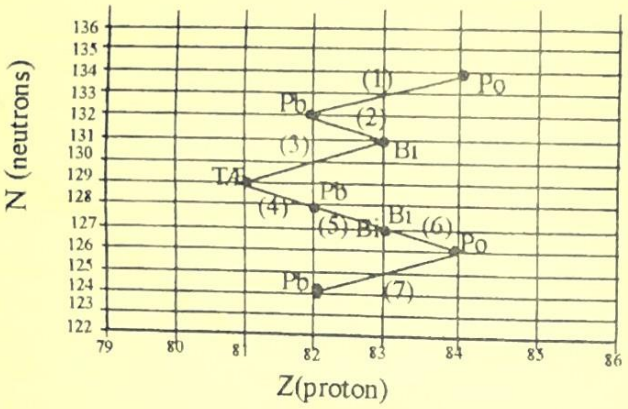
- la position correspondant à l'angle maximal β ;
- la position d'équilibre

PHYSIQUE II

Données numériques :

- Nombre d'Avogadro : $N = 6{,}02.10^{23}\ mol^{-1}$
- Volume molaire dans les condition de l'expérience : $V_M = 24.0\ L.mol^{-1}$
- Unité de masse atomique : $1\mu = 1{,}67.10^{-27}kg$.

1- Le diagramme suivant représente un extrait des nucléides de la famille radioactive de l'uranium 238.



a) Donner les symboles ${}^{A}_{Z}X$ des différents noyaux intéressés par les transformations radioactives (1) , (2) , (3) , (4) , (5) , (6) ,et (7).
b) Ecrire les équations-bilan des sept transformations radioactives. Préciser à chaque fois le type de désintégration mis en jeu.
c) Quels sont les nucléides isotopes, figurant sur le digramme ?
2- On considère la désintégration (7) qui met en jeu l'un des isotopes du polonium. Une source radioactive contenant une masse $m_o = 2mg$ de cet isotope radioactif a une activité initiale $A_o = 3{,}27 \times 10^{11}Bq$. Calculer :
a) la constante radioactive λ de ce radionucléide ;
b) la période radioactive T de ce radionucléide en seconde et en jours.
c) L'activité de la source à la date t = 420 jours ;
d) Le volume moyen des particules émises à la date t = 420 jours.

Sujet 12	BACCALAUREAT 2001: SERIE D / BENIN

CHIMIE I

On donne, exprimées en g/mol, les masse molaires atomiques suivants :
H : 1 , C : 12 et O : 16
Voici les formules semi-développées de cinq composés organiques :

A) $CH_3 - CH_2 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - CH_2 - OH$

B) $CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}} - CH_3$

C) $CH_3 - COOH$

D) $CH_3 - COCl$

E) $CH_3 - CH_2 - \overset{\displaystyle O}{\overset{||}{C}} - O - \overset{\displaystyle O}{\overset{||}{C}} - CH_2 - CH_3$

1) Donner le nom et la fonction chimique de chacun d'eux.

2) L'éthanoate d'amyle, arôme artificiel entrant dans le composition des bonbons est en fait un mélange de deux esters qu'on notera respectivement E_1 et E_2. Pour les obtenir on réalise les deux réactions suivantes :

Réaction1 : A + C donnent E_1 + eau

Réaction2 : B + C donnent E_2 + eau.

On rappelle que A, B et C sont les composés dont les formules semi-développées sont ci-dessus données.

a) Ecrire l'équation-bilan de chacune des réactions 1 et 2.

b) Comment pourrait-on accélérer chacune de ces deux réactions ?

3) Dans une industrie de fabrique d'arôme artificiel, on procède ainsi qu'il suit.

a) Pour la réaction 1, on part de 6,0 kg du corps C et 8,8 kg du corps A. A l'équilibre, il se forme 8,67 kg de E_1. Quel est le rendement de la réaction 1 ?

b) Pour la réaction 2, on part de 6,0 kg de C et de 8,8 kg de B. En utilisant les informations ci-dessous, calculer la masse de E_2 formée à l'équilibre.

Classe de l'alcool	Primaire	Secondaire	Tertiaire
Limite d'estérification	66,7%	60%	5%

4) En examinant la liste des composés A, B, C, D et F, il est possible d'obtenir E_1 et E_2 autrement.

a) Ecrire les équations des réactions permettant d'obtenir E_1 et E_3.

b) Quels avantages tirerait-on en procédant de la sorte ?

CHIMIE II

Toutes les solutions sont prises à 25°C et le produit ionique de l'eau est $K_e = 10^{-14}$.

On donne :

- les formules brutes de quelques amines et le pKa du couple correspondant :
  - * Méthylamine CH_5N pKa = 10,66
  - * Diméthylamine C_2H_7N pKa = 10,73
  - * Triméthylamine C_3H_9N pKa = 9,80

- masses molaires atomique en g/mol : M(C) = 12 ; M(N) = 14 ; M(H) = 1.

1- Ecrire les formules semi-développées des amines et indiquer leurs classes respectives.

2- Ecrire les couples acide-base correspondants et classer les acides de ces couples par forces croissante.

3- Une solution aqueuse de triméthylamine de concentration C_b a un pH = 11,4.

a) Ecrire l'équation-bilan de la dissolution de la triméthylamine dans l'eau et faire l'inventaire des espèces chimiques présentes dans la solution.

b) Calculer les concentrations de ces espèces chimiques et en déduire la concentration C_b de la solution.

4- La solution aqueuse de la triméthylamine de volume V = 1 L a été obtenu en dissolvant totalement une masse m = 5,90 g de triméthylamine dans l'eau. Retrouver à partir de ces données la concentration C_b de la solution de triméthylamine.

4- On dose un volume V_b = 10,0 mL de la solution de triméthylamine par une solution aqueuse d'acide chlorhydrique de concentration molaire $C_a = 5{,}0.10^{-2}$ mol.L^{-1}.

a) Calculer le volume V_a de la solution d'acide chlorhydrique qu'il faut verser pour obtenir l'équivalence acido-basique.

b) La solution obtenue à l'équivalence acido-basique a-t-elle un caractère acide ou basique ? Justifier votre réponse.

PHYSIQUE I

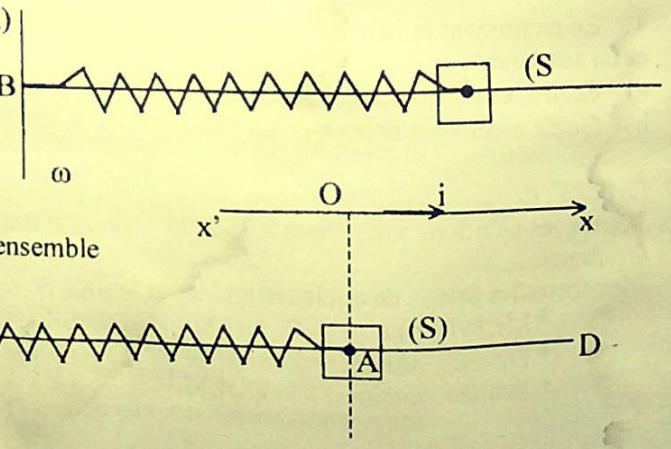
Dans tout le problème, on prendra g = 9,8 m.s^{-2}

Un ressort vertical de masse négligeable et parfaitement élastique à une longueur à vide l_o = 20 cm ; sous l'action d'un solide S de masse m = 250g, sa longueur devient l = 30cm.

1-a) Faire l'inventaire de toutes les forces appliquées au solide en utilisant un schéma clair.

b) Calculer la constante de raideur k de ce ressort.

2- A un axe vertical (Δ), on soude en B une tige horizontale BD. En B est fixée une extrémité du ressort précédent ; l'autre extrémité est liée au solide (S) qui peut glisser sans frottement le long de BD. L'ensemble tourne à la vitesse angulaire constante ω autour de (Δ).



a) Exprimer l'allongement x du ressort en fonction de ω.

b) Calculer l'allongement x pour ω = 5,5 rad.s^{-1}.

3- On arrête la rotation de l'ensemble

Par compression du ressort, le solide (S) est déplacé de sa position d'équilibre A ; l'ensemble est alors lâché sans vitesse initiale. Le solide S passe en A à un instant t = 0 s pris comme origine des temps avec un vecteur vitesse de valeur algébrique négative telle que $|V_o| = 0{,}285\ m.s^{-1}$.
Etablir l'équation différentielle du mouvement de (S) et en déduire l'équation horaire de ce mouvement.

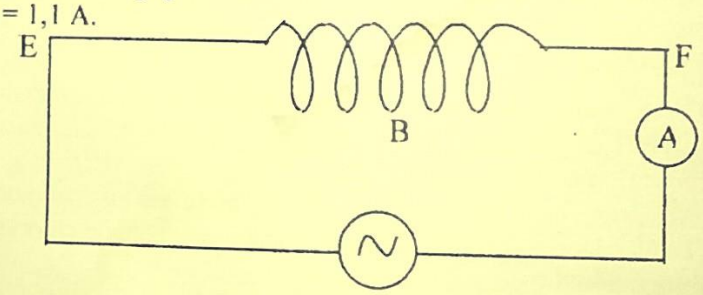
5- Exprimer à instant t, l'énergie mécanique E_M du système ressort-solide en fonction de k et de l'amplitude Xm du mouvement. On suppose que l'énergie potentielle en A est nulle.

6- Calculer pour $t = \frac{T_o}{5}$ avec To la période propre du mouvement :

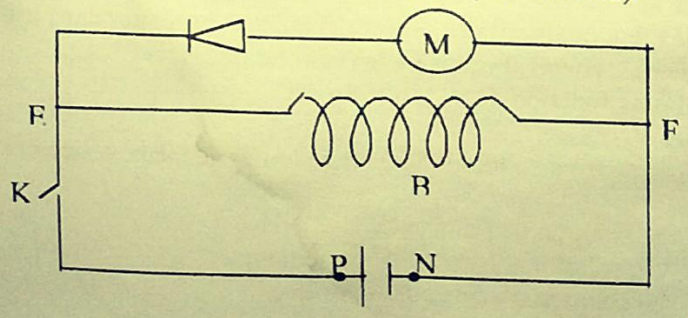
a) l'élongation x du mouvement du solide (S) ;
b) la vitesse v du solide (S) ;
c) l'énergie mécanique du solide (S).

PHYSIQUE II

Une bobine B est alimenté par un générateur de tension alternative sinusoïdale de valeur efficace U = 220V et de fréquence N = 50 Hz. Dans le circuit on place un ampèremètre A de résistance négligeable.
L'intensité lue est I = 1,1 A.



1- Calculer la valeur de l'impédance Z de la bobine B.
2- On mesure la résistance R de la bobine et on trouve R = 12Ω. Calculer la valeur de l'inductance L de la bobine.
3- On reprend la bobine et on l'alimente avec un générateur de courant continu de f.é.m E = 25 V et de résistance interne r = 2Ω. Un petit moteur électrique M et une diode à jonction D sont placés aux bornes de la bobine (voir schéma).



a) Matérialiser sur le circuit le sens du courant qui s'établit lorsqu'on ferme l'interrupteur K.
b) On constate que le moteur ne tourne pas. Expliquer la raison.
c) Vérifier que l'intensité du courant vaut $I \simeq 1{,}78A$.
4- On ouvre l'interrupteur K et on constante que le moteur tourne pendant quelques secondes.
a) Reproduire le schéma en y indiquant le sens du courant qui parcourt le moteur.
b) Identifier la source de l'énergie électrique nécessaire au fonctionnement du moteur
c) Donner le nom du phénomène ainsi mis en évidence.
5- Pendant son fonctionnement, le moteur sert à soulever une masse m = 60,0 g à une hauteur h = 39,5 cm. Calculer :
a) le travail mécanique fourni par le moteur.
b) L'énergie électromagnétique emmagasinée par la bobine.
c) Le rendement du moteur.
On donne g = 9,8 N/kg.

Sujet 13	BACCALAUREAT 2002: SERIE D / BENIN Session de Remplacement

CHIMIE I

1) On dissout une masse m = 815 mg de chlorure d'alkylammonium de formule $C_nH_{2n+1}NH_3Cl$ dans de l'eau distillée de façon à obtenir 1L de solution S_o de concentration molaire $C_o = 10^{-2}$ mol.L^{-1}.
1-a) Montrer, sans faire de calcul, que ce chlorure d'alkylammonium est un acide.
b) Déterminer la formule semi-développée et le nom du chlorure d'alkylammonium.
2- Le pH de la solution S_o est égal à 6,4 à 25°C.
a) Recenser espèces chimiques présentes dans la solution S_o et calculer leurs concentrations molaires volumiques.
b) Calculer le pKa du couple acide-base obtenu.
3- On mélange un volume $V_1 = 10$ cm^3 de la solution S_o avec un volume V_2 d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_2 = 10^{-2}$ mol/L. Le pH du mélange est 11.
a- Faire le bilan qualitatif des espèces chimiques présentes dans le mélange.
b- Exprimer les concentrations molaires volumiques de Cl^-, $C_nH_{2n+1}NH_3^+$ et de $C_nH_{2n+1}NH_2$ en fonction de V_2.
c- Calculer V_2.
4- On dispose de trois solutions S, S_1 et S_2 toutes de même concentration $C_o = 10^{-2}$ mol.L^{-1}.

- S, solution de l'amine $C_nH_{2n+1}NH_2$;
- S_1, solution d'hydroxyde de sodium ;
- S_2 solution d'acide chlorhydrique.

On désire préparer une solution tampon S' de pH = 10,8 et de volume V = 30 cm^3.
a) Des solutions S, S_1 et S_2, lesquelles doit-on mélanger pour obtenir S' ?
b) Calculer les volumes des solutions mélangées.
c) Citer les propriétés de S'.

CHIMIE II

Un composé organique A est formé d'atomes de carbone, d'hydrogène et s'oxygène. Les pourcentages massiques de carbone et d'oxygène de ce composé sont : %C = 64,58 ; %O = 24,60.

1) On fait réagir le composé A avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ; on obtient deux composés organiques B et C.
La déshydratation du composé C donne un alcène de densité d = 2,41 par rapport à l'air.
a) Quelle sont les fonctions chimiques des composés A et C ?
b) En déduire les formules moléculaires brutes des composés A et C sachant que A est à chaînes carbonées saturées et non cycliques.
c) Le composé C est oxydé par le dichromate de potassium en milieu acide. On obtient un composé D qui donne un test positif avec la liqueur de Fehling.
Ecrire les formules semi-développées des isomères du composé C et donner leurs noms.
d) le composé C est chiral.
En déduire les formules semi-développées et les noms des composés A et B.

2) Le produit B obtenu donne un composé B' en présence d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique. La déshydratation de 60g du composé B' en présence de l'oxyde de phosphore (P_4O_{10}) donne de l'anhydride éthanoïque E.
a) Ecrire l'équation bilan de la réaction de déshydratation.
b) Déterminer la masse du composé E formé sachant que le rendement de la réaction est de 80%

3) Soit A' un ester de même formule brute que A. On donne les équations des réactions suivantes :

$$X + CH_3 - CHOH - CH_3 \longrightarrow A' + Y$$

(X est un anhydride d'acide symétrique et Y est à chaîne ramifiée).

$$Y + CH_3NH_2 \longrightarrow Z + H_2O$$

$$Y + SOCl_2 \longrightarrow W + SO_2 + HCl$$

Identifier, en précisant les formules semi-développées et les noms, les composés X, Y, A', Z et W

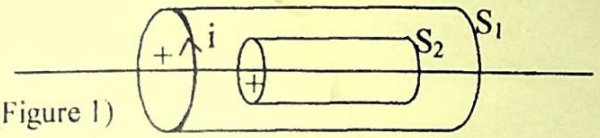
PHYSIQUE I

Un solénoïde S_1 comporte N_1 = 1000 spires par mètre. On dispose à l'intérieur de S_1 une bobine plate S_2 de section 3 cm^3, de même axe que S_1 et comportant N_2 = 500 spires.
La résistance de S_2 est de 10 Ω et ses bornes sont reliées par un circuit de résistance négligeable. Les sens positifs de circulation du courant sur S_1 et S_2 sont indiqués sur la figure 1.

1°) Un générateur fait circuler dans S1 un courant d'intensité 5A qui s'établit en 0,01s.

a)Donner les caractéristiques du champ magnétique $\vec{B}$ à l'intérieur de S_1.

b)Ecrire l'expression du flux magnétique en fonction de l'intensité i du courant.



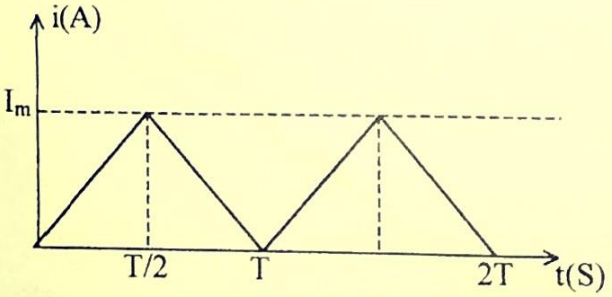
(Figure 1)

c) Expliquer pourquoi il apparaît un courant i' dans S_2 à l'ouverture du circuit de S_1.
- Quel est le sens de ce courant i' ?
- Calculer la quantité d'électricité induite dans S_2.

d) Quelle est la tension qui apparaît au bornes de S_2 à la fermeture du circuit de S_1 ?

2°) Le régime permanent étant atteint, on coupe le courant dans S_1.L'intensité I du courant passe de 5 A à 0 A en 0,01 s. Quelle est la tension qui apparaît aux bornes de S_2 ?

3°) S_1 est maintenant parcouru par un courant i dont les variations en fonction du temps sont représentées par la courbe ci-après (figure 2).



(Figure 2)

On donne $T = 10^{-2}$s et $I_m = 0,35$A
Calculer la f.é.m induite e qui apparaît dans S_2 et représenter la courbe : e = f(t) en utilisant la même échelle des temps que le courant i.

4°)S_1 est enfin parcouru par un courant alternatif dont l'intensité est $i = I_m \cos\omega t$ avec $I_m = 5$A et $\omega = 314$ rad/s.
Donner l'expression de la f.é.m induite.

PHYSIQUE II

On dispose de deux lentilles L_1 et L_2 portant respectivement les inscriptions +8 et –10.

1°) a) Quelle est la nature (convergente ou divergente) de chaque lentille ? Justifier la réponse.

b) Calculer la distance focale de chaque lentille.

2°) La lentille L_1 donne d'un immeuble situé à 250 m d'elle, une image nette sur un écran.
A quelle distance de la lentille doit-on placer l'écran ?
Préciser le sens de l'image par rapport à celui de l'immeuble.

3°) Pour vérifier l'indication inscrite sur la lentille L_1 , on place celle-ci sur un banc d'optique. Un objet lumineux AB plan perpendiculaire à l'axe optique principal est placé en avant de la lentille L_1.
A appartient à l'axe optique principal. La distance qui sépare l'objet de l'écran est de 105 cm. On obtient une image nette de l'objet sur l'écran pour une distance objet-lentille de 14,5 cm. L'indication est-elle exacte ?

4°) L'objet AB de hauteur 10 cm est maintenant placé en avant de L_1 à la distance de 100 cm du centre optique O_1de L_1.

a) Déterminer par calcul la position, la nature, le sens et la grandeur de l'image A_1B_1 de l'objet à travers L_1.

b) On place à 8 cm derrière L_1, la lentille L_2 de centre optique O_2.
Déterminer, par calcul, la position, la nature, le sens et la grandeur de l'image définitive A'B' de AB à travers le système des deux lentilles (L_1,L_2).

c) Vérifier les résultats de la question 4°) b) par construction géométrique.

Echelles :

Horizontalement : 1cm pour 5 cm réels
Verticalement : 1 cm pour 1 cm réel

Sujet 14	BACCALAUREAT 2002: SERIE C / BENIN Session de Remplacement

CHIMIE I

Toutes les solutions aqueuses sont prises à 25°C.

On donne en $mol.L^{-1}$ les masses molaires atomiques suivantes.

M(H) = 1 ; M(O) = 16 ; M(Na) 23 ; M(Cl) = 35,5.

Un flacon d'une solution commerciale d'acide chlorhydrique porte les indications suivantes :

- masse volumique $\rho = 1100 kg.m^{-3}$;
- masse de chlorure d'hydrogène pur dissous : 16,6%.

1- Afin de vérifier ces indications, on réalise l'expérience suivante à 25°C. On prélève 1mL de cette solution notée So que l'on complète à 500 mL avec de l'eau distillée pour obtenir une solution diluée S1. On vers alors progressivement la solution S1 dans un volume Vb = 40 mL d'une solution d'hydroxyde de sodium. On suit la variation du pH en fonction Va d'acide chlorhydrique versé.

Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

V_a(mL)	0	2	3	4	5	6	7
pH	11,7	11,6	11,5	11,4	11,3	11,2	11,0

8	9	9,3	9,9	10	10,1	10,5	11	12	13
10,8	10,5	10,2	9,5	7	4,5	3,8	3,5	3,2	3,0

Tableau

a) Ecrire l'équation bilan de la réaction entre les solutions acide chlorhydrique et d'hydroxyde de sodium.

b) Calculer la concentration molaire volumique de la solution d'hydroxyde de sodium à partir de la valeur du pH de la solution initiale de la base (V_a = 0 mL)

c) Tracer, sur une feuille de papier millimétrique, la courbe pH = f(V_a).

Echelles : en abscisses : 1 cm pour 1 cm^3

en ordonnées : 1 cm pour 1unité de pH.

d) Déterminer graphiquement les coordonnées du point équivalent E.
En déduire la concentration molaire volumique C_o de la solution S_o.
Les indications du flacon sont-elles exactes ? justifier.

2- Le mélange obtenu à l'équivalence est évaporé. On recueille un produit blanc.

a) Donner la formule et le nom du produit blanc.

b) Calculer sa masse.

CHIMIE II

On donne en $g.mol^{-1}$, les masse molaires atomiques suivantes :
M(H) = 1 ; M(C) = 12 ; M(O) = 16.

L'analyse d'un composé organique A à chaîne carbonée ramifiée de formule brute C_xH_yO montre que :

- le rapport entre la masse de hydrogène et la masse du carbone qu'il renferme est égal à 0,167 ;
- le pourcentage en masse d'oxygène présent dans le composé est 18,6%.

1- a) Quelle est la formule brute de A ?

b) Quelles sont formules semi-développées et noms possibles de A ?

2- L'oxydation catalytique de A par une solution acidifiée de dichromate de potassium produit un acide carboxylique B. L'atome de carbone lié au groupe carboxyle porte trois groupes méthyle.

a) Donner les formules semi-développées et les noms des composés A et B.

b) Ecrire l'équation bilan de la réaction d'oxydo-réduction.

3- On fait réagir l'acide B et l'éthanol.

a) Ecrire l'équation bilan de la réaction.

b) Nommer le produit organique formé.

c) Parmi les affirmations suivantes, choisir et recopier celle qui est exacte :
* la réaction est exothermique et totale ;
* la réaction est endothermique et rapide ;
* la réaction est lente et thermique ;
* la réaction est limitée et exothermique.

4- On mélange maintenant 0,25 mol du composé B à 4g d'éthanol. On ajoute à ce mélange quelques gouttes d'acide sulfurique concentré et on le chauffe.

a) Quel rôle joue l'acide dans le mélange ?

b) Y a-t-il un réactif en excès dans le mélange ? Justifier la réponse.

c) Pourquoi chauffe-t-on le mélange ?

d) Calculer la quantité de matière d'ester formé si la réaction était totale.

e) En réalité, on a obtenu 0,052 mol d'ester. Calculer le rendement de la réaction.

PHYSIQUE I

On considère un circuit électrique comportant un générateur, une bobine d'inductance L et de résistance R, un condensateur de capacité C variable, montés en série. Le générateur impose entre ses bornes A et B une tension sinusoïdale u de fréquence N = 50Hz.

1- Faire le schéma du montage.

2- Exprimer :

a) l'impédance Z du circuit en fonction de R, L, C et de la pulsation ω de la tension u ;

b) la phase φ de la tension par rapport à l'intensité en fonction de L, C, R et ω ;

c) la puissance électrique moyenne consommée dans la circuit en fonction de la tension efficace U, de l'intensité efficace I et de la phase φ ;

d) la puissance électrique moyenne consommée dans le circuit en fonction de R et I. En déduire le dipôle dans lequel cette puissance est dissipée.

3- On monte un ampèremètre en série avec les autres dipôles du circuit. On fait varier la capacité C du condensateur et on constate que pour deux valeurs $C_1 = 12\mu F$ et $C_2 = 17\mu F$, l'ampèremètre indique la même valeur de l'intensité efficace.

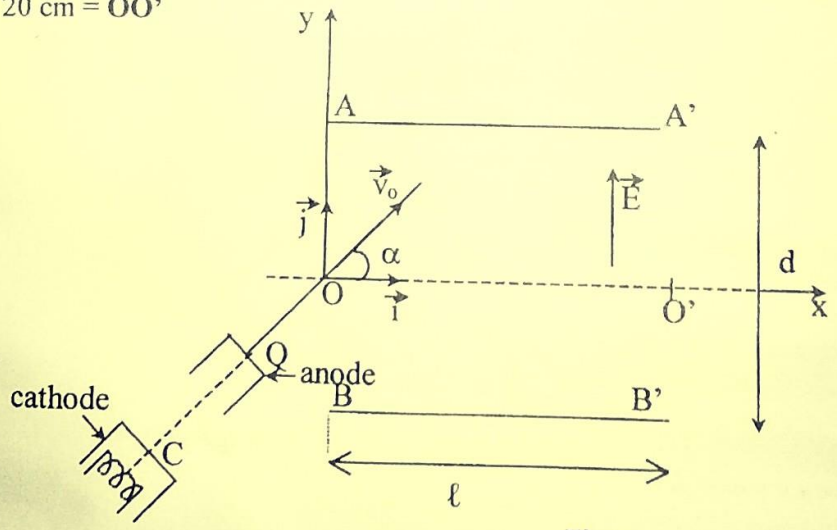
a) Calculer la valeur de l'inductance L de la bobine.

b) Pour chacune des valeurs de C, préciser si la tension u est en retard ou en avance de phase sur l'intensité i du courant dans le circuit.

4- Pour quelle valeur C_o de la capacité C du condensateur, la puissance électrique moyenne consommée dans le circuit est-elle maximales ?

PHYSIQUE II

Données numériques $e = 1{,}6010^{-19}C$; $m = 9{,}1.10^{-31}kg$; $\alpha = 30°$; $d = 7{,}0$ cm ; $\ell = 20$ cm = OO'



Figure

Des électrons sont émis par une cathodes C avec une vitesse initiale négligeable. Ils sont alors accélérés par une tension $U_{QC} = U_o = 500V$ et arrivent en Q avec une vitesse $\vec{v}_o$ faisant un angle α avec l'axe (O,x). Le poids des électrons a un effet négligeable.

1) Enoncer le théorème de l'énergie cinétique et l'utiliser pour calculer le module V_o de la vitesse $\vec{v}_o$

2) Les électrons venant de Q arrivent en O, avec la vitesse $\vec{v}_o$. Ils pénètrent à

l'intérieur du condensateur plan constitué par les plaques AA' et BB' (voir figure). Le champ électrique $\vec{E}$ est uniforme et la tension $U_{AB} = U$ est positive.

a) Dans le repère $(O, \vec{i}, \vec{j})$, exprimer en fonction de e, V_o, α, U et d les composantes des vecteurs accélération, vecteur vitesse, vecteur position à l'intérieur des plaques.

b) En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire en fonction de U_o, U, d et α.

c) Exprimer, en fonction de U_o U, d et α, les coordonnées du point M où le vecteur vitesse est parallèle à l'axe (Ox).

En déduire la relation liant U_o,U et α pour que l'électron ne touche pas la plaque supérieure AA'.

d) On veut que l'électron sorte du champ en O'.

- Déterminer en fonction de α , ℓ, d et U_o la tension à appliquer entre les plaques. Donner sa valeur numérique.
- Montrer alors que le vecteur vitesse en O' a la même valeur qu'en O.

3) On remplace le champ électrostatique $\vec{E}$ par un champ magnétique $\vec{B}$ uniforme tel que les électrons recoupent l'axe Ox en O'. $\vec{B}$ est orthogonal au plan $(\vec{i}, \vec{j})$.

a) Préciser le sens du vecteur champ magnétique $\vec{B}$.

b) Calculer la valeur du champ magnétique B si le rayon de la trajectoire est R = 20 cm.

QUATRIEME PARTIE :

Epreuves internationales de baccalauréat

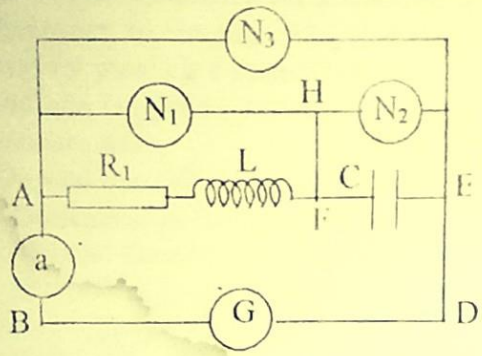
Niger
Côte d'Ivoire
Togo
Antilles
Réunion
Nouvelle Calédonie
Polynésie

Epreuve 1

BACCALAUREAT 1991 : SERIE D
COTE D'IVOIRE (Session de Remplacement)

Exercice I

1) Sur la figure proposée



L : est une bobine purement inductive dont l'inductance (coefficient L) varie entre 0,1 H et 2H,

R : est un conducteur ohmique dont la résistance vaut 12 ohms,

C : est un condensateur de capacité 10^{-5} F,

N_1, N_2, N_3 : sont 3 lampes au néon qui s'allument lorsque la tension à leurs bornes est au moins égale à 120 V efficace ; on admettra qu'aucun courant ne les traverse,

(a) : est un ampèremètre ,

(G) : est un générateur de tension alternative sinusoïdale u(t) de fréquence 50 Hz.

On fixe la valeur efficace U de u(t) à 6V et on règle la valeur de L pour que l'intensité efficace soit maximale

a- Quelle est la valeur prise par L ?

b- Que vaut alors l'intensité efficace ? Soit I_0 cette valeur

c- Calculer dans les mêmes conditions, le facteur de puissance de la branche AE via R, L et C.

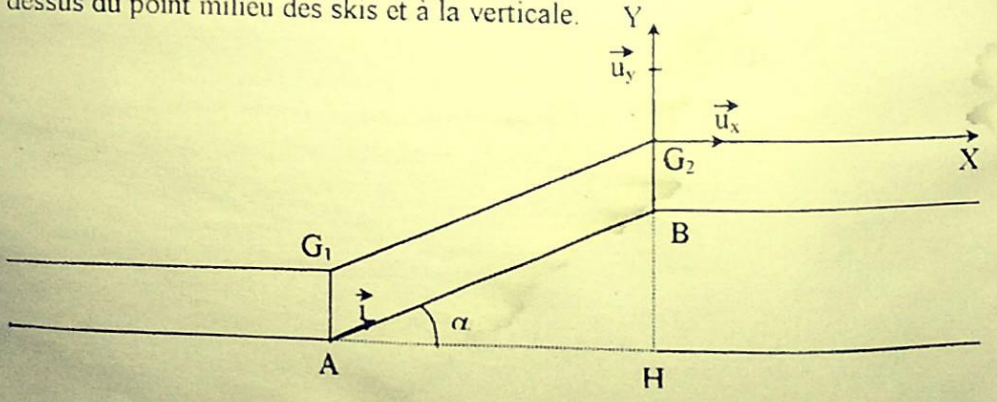
d- Des 3 lampes au néon, laquelle ou lesquelles s'allument ? justifier

2) On définit ω_1 et ω_2 ($\omega_1 < \omega_2$) les pulsations pour lesquelles l'intensité efficace vaut : $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$. Que vaut alors l'impédance du dipôle AE ?

Ecrire la condition sur ω qui traduit cette relation. En déduire les valeurs de ω_1 et ω_2 et la "largeur de bande passante" $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1$ en fonction de R et de L .

Exercice II

Un skieur nautique de masse m = 60 kg effectue un saut à l'aide d'un tremplin. On admettra qu'à tout moment le centre de gravité G du skieur se trouve à 80 cm au dessus du point milieu des skis et à la verticale.



Première partie : Phase ascendante sur le tremplin.

Le tremplin AB de longueur L = 4m est incliné d'un angle $\alpha = 30°$ par rapport au plan de l'eau. Au passage en A, le skieur lâche le câble qui le relie au bateau tracteur. Sa vitesse est alors $V_R = 20$ m/s.

Quelle serait l'accélération $\vec{a_1}$ théorique du mouvement du skieur, s'il n'y avait pas de frottement sur le tremplin ? Quelle serait alors sa vitesse en B ?

Deuxième partie : Etude du saut

En B, le skieur quitte le tremplin avec une vitesse effective $V_B = 12$ m/s. On étudie la trajectoire de G dans le repère G_2 XY ($\vec{u_x}$, $\vec{u_y}$).

1) Donner l'équation littérale, puis numérique, de la trajectoire de G.
2) Calculer la longueur totale du saut sur le plan d'eau. On prendra $g = 10$ m/s^2.

Exercice III

1) Ecrire l'équation de la réaction générale d'hydrolyse d'un ester
2) On procède à l'hydrolyse d'un ester de formule brute $C_5H_{10}O_2$. On obtient l'acide éthanoïque et un corps X. L'oxydation ménagée de X donne un corps Y qui agit sur la 2,4-dinitrophénylhydrazine (DNPH) et n'agit pas sur la liqueur de Fehling.

a- Quelle est la formule semi-développée de X ?
b- Quelle est la formule semi-développée de l'ester ?

3) Il existe un alcool A isomère de X. Quelle est la formule semi-développée et la classe de A ?
4) Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui se produit entre l'alcool A et l'ion dichromate ($Cr_2O_7^{2-}$) en excès en milieu acide.
   Quel composé organique B obtient-on ?
5) On désire synthétiser, à partir de B, une amide. On procède de deux manières différentes :

- la première consiste à utiliser B et l'ammoniac NH_3.
- La seconde consiste à utiliser B, le chlorure de thionyle $SOCl_2$ et l'ammoniac NH_3.

a- Ecrire dans chaque cas les équations des réactions nécessaires.
b- Donner le nom de l'amide.

Exercice IV

1) On dissout dans l'eau pure une amine tertiaire répondant à la formule brute C_3H_9N.

La concentration de la solution S_1 ainsi obtenue est : $C_1 = 5.10^{-2}$ mol.L^{-1} et son pH vaut 11,3. Le produit ionique de l'eau vaut 10^{-14}, à la température de l'expérience.

a- Ecrire la formule semi-développée de l'amine. Donner son nom.
b- Ecrire l'équation-bilan de la réaction qui a lieu avec l'eau
c- Calculer le pK_a du couple acide/base correspondant.

2) On souhaite préparer 1 litre d'une solution S de pH = pK_a, en mélangeant un volume V_1 de la solution S_1, de concentration $C_1 = 5.10^{-2}$ mol.L^{-1}, avec un volume V_2 d'une solution S_2 contenant le chlorure de l'acide conjugué de l'amine tertiaire ($C_3H_9NH^+ + Cl^-$), et dont la concentration est : $C_2 = 3.10^{-2}$ mol.L^{-1}.

a- Calculer les volumes V_1 et V_2.

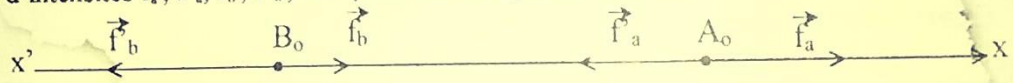
b- Comment appelle-t-on une telle solution ? Quelles sont ses propriétés ?
Données : H = 1 ; C = 12 ; N = 14 ; O = 16 ($g.mol^{-1}$).

Epreuve 2 — BACCALAUREAT 1991 : SERIE D — COTE- D'IVOIRE (Session Normale)

PHYSIQUE

Exercice I

Deux objets ponctuels A et B, de masses m_a = 1 kg et m_b = 4 kg sont mobiles en translation sans frottement sur un axe x'x. Ils sont respectivement immobiles en A_o et B_o, tel que A_oB_o = 1 m. On leur applique, à l'instant initial, les 4 forces d'intensités f_a, f'_a, f_b, f'_b, indiquées sur la figure ci-dessous :



On donne : f_a = 3N ; f'_a = 2N ; f_b = 1N ; f'_b = 2N.

1/ Définir le mouvement de A. On prendra le point A_o comme origine des espaces. Représenter son diagramme des espaces entre les instants t = 0 et t = 4 s.
Echelles : en abscisses : 2 cm pour 1 s, en ordonnées 2 cm pour 1 m.

2/ Définir le mouvement de B. Diagramme des espaces avec les mêmes échelles sur le même graphe.

3/ Définir le centre d'inertie du système des masses (A, B). Quelle est son équation horaire ? Diagramme des espaces sur le même graphe.

4/ Répondre au 3/ par une deuxième méthode directe.

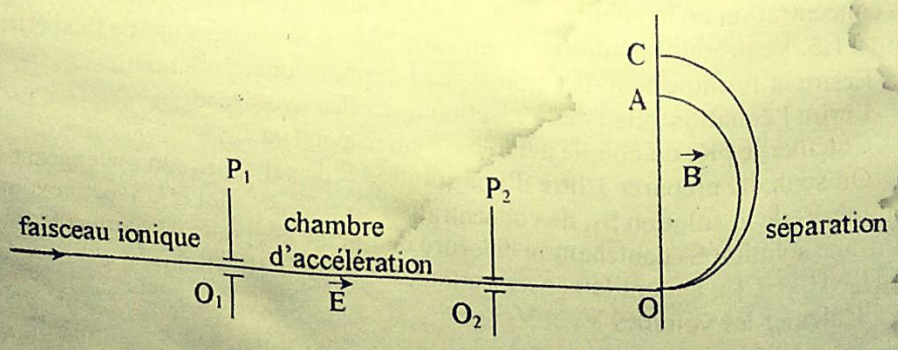
5/ Répondre au 3/ si l'on supprime les forces $\vec{f'}_a$ et $\vec{f'}_b$.

Exercice II

Dans cet exercice, on négligera le poids des particules devant les autres forces.

On désire séparer les isotopes du chlore (Cl) à l'aide d'un spectrographe schématisé sur la figure 1.

Les ions chlorure $^{35}_{17}Cl^-$ et $^{x}_{17}Cl^-$ sont produits dans une chambre d'ionisation puis dirigés vers une chambre d'accélération entre deux plaques parallèles P_1 et P_2 soumises à une tension $U_1 = 10^4$V. Au-delà du point O les ions sont alors séparés grâce à un champ magnétique uniforme $\vec{B}$, de norme 0,2 T, normal au plan de figure.



1/ a) Préciser, sur un schéma, le sens du champ électrique $\vec{E}$ et l'orientation de U_1 qui permettent une accélération des ions.
b) Les deux sortes d'ions pénètrent en O_1 avec une vitesse négligeable ; montrer que ceux-ci ont la même énergie cinétique à la sortie en O_2.

Calculer la vitesse v_1 de l'ion $^{35}_{17}Cl^-$ au point O_2.

c) Exprimer la vitesse v_2 de l'ion $^{x}_{17}Cl^-$ en O_2 en fonction de v_1 et x.

2/ Les ions passent en O avec les vitesses $\vec{v}_1$ et $\vec{v}_2$ précédentes et subissent l'action du champ magnétique $\vec{B}$ normal à ces vecteurs-vitesses.
a) Montrer que, dans $\vec{B}$, le mouvement des ions est plan, uniforme et circulaire. En déduire les expressions des rayons de courbure R_1 et R_2 pour chacune des trajectoires. Calculer R_1.

b)Les ions $^{35}_{17}Cl^-$ et $^{x}_{17}Cl^-$ décrivent des demi-cercles et arrivent respectivement en des points A et C distants de d = 2,4 cm. En déduire la valeur de x.
N.B. : On donne :
- charge électrique : $e = 1,6.10^{-19}$ C ;
- masse du proton = masse du neutron = $m = 1,67.10^{-27}$ kg ;
- masse de l'électron négligeable devant la masse du proton.

CHIMIE

Exercice I

Deux alcools B et B' proviennent de l'hydratation en milieu acide d'un alcène A ; l'alcool B est obtenu en quantité prépondérante à une oxydation ménagée :
- B ne réagit pas avec l'oxydant ;
- B' s'oxyde en un composé D qui réagit avec le réactif de Schiff.

1/ Quelle est la classe des alcools B et B' ?
2/ Lors de l'oxydation de B', il se forme, en plus du composé D, un monoacide carboxylique E. Sachant que la neutralisation de 3,06 g de E nécessite 1,2 g d'hydroxyde de sodium, trouver la formule brute de E.
3/ Identifier l'alcène A initial. Donner les formules semi-développées et les noms des composés B, B', D et E
On donne : masses molaires atomiques ($g.mol^{-1}$) : H : 1 C : 12 O : 16 Na : 23.

Exercice II

La monoéthylamine ($C_2H_5NH_2$) est une base faible dans l'eau.
1/ On considère une solution aqueuse de monoéthylamine de concentration volumique x ($mol.L^{-1}$). Son pH est 11,4.
a) Ecrire l'équation de la réaction de la monoéthylamine avec l'eau.
b) Calculer la concentration molaire volumique des diverses espèces chimiques présentes dans la solution, sachant que le pK_a du couple $C_2H_5NH_3^+/C_2H_5NH_2$ vaut 10,8, à la température de l'expérience. Le produit ionique de l'eau vaut 10^{-14}.

c) Calculer x.

2/ On place V = 50 cm^3 de la solution de monoéthylamine précédente dans un bécher et l'on y verse, à l'aide d'une burette, V cm^3 d'acide chlorhydrique de concentration molaire volumique c = 0,020 $mol.dm^{-3}$. Après chaque addition, d'acide, on mesure le pH de la solution contenue dans le bécher. On obtient les valeurs contenues dans le tableau ci-après :

V (cm^3)	0	4	8	12	16	20	24	26	
pH	11,40	11,20	11,05	10,90	10,75	10,55	10,30	10,15	
V (cm^3)	27	28	29	30	31	32	32,2	32,5	
pH	10,05	9,95	9,85	9,65	9,45	8,95	8,75	6,45	
V (cm^3)	32,7	33	34	35	36	38	40	44	48
pH	4,30	3,90	3,45	3,20	3,10	2,90	2,80	2,60	2,50

a) Tracer la courbe pH = f(v) avec les échelles suivantes :
- abscisses : 1 cm pour 2 cm^3 ;
- ordonnées : 1 cm pour 1 unité pH.

b) Déterminer graphiquement le point d'équivalence E. Donner ses coordonnées.

3/ Déduire du dosage la concentration x de la solution de monoéthylamine. Comparer avec le résultat de la question 1/ c). Quel est la résultat qui inspire le plus de confiance ?

4/ On dispose de trois indicateurs colorés dont on donne la zone de virage :
- hélianthine (3,2 – 4,4) ;
- bleu de bromothymol (6,0 – 7,6) ;
- phénolphtaléine (8,2 – 10,0).

Quels sont ceux qui pourraient être utilisés pour le dosage précédent ? Préciser, en utilisant la courbe, le sens de l'erreur systématique causée par l'emploi de chacun d'eux.

Epreuve 3 — BACCALAUREAT 1998 : SERIE C et E/ NIGER

CHIMIE

Exercice 1

On fait réagir 0,60 g d'acide acétique sur 0,46 g d'éthanol

1) a) De quel type de réaction s'agit-il ? Donner ses caractéristiques

b) Ecrire l'équation-bilan de cette réaction

c) Calculer les quantités en moles d'acide acétique et d'éthanol initialement introduites. Le mélange initial est-il stœchiométrique ?

2) Lorsque l'équilibre est atteint, on dose l'acide acétique restant par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration 10^{-3} mole/l. il faut verser 4 ml de solution d'hydroxyde de sodium pour atteindre l'équivalence.

a) Ecrire l'équation-bilan de cette réaction

b) Calculer la quantité d'acide acétique ainsi dosée.

Données : M(H) = 1g/mol. ; M(C) = 12 g/mol. ; M(O) = 16 g/mol.

Exercice 2

On considère les solutions S_1 et S_2 de deux monoacides. La mesure du pH de ces deux solutions donne la même valeur 2,4 à 25°C.

1) De chaque solution, on prélève 10 mL que l'on dilue avec de l'eau distillée jusqu'à 50 ml. Le pH de la solution diluée de S_1 est 3,1, celui de la solution diluée de S_2 est 2,65.

a) Montrer que l'une des solutions S_1, S_2 est une solution d'acide faible et l'autre une solution d'acide fort.

b) Calculer la concentration de la solution initiale de l'acide fort.

2) On dose par pH-métrie des volumes égaux des solutions S_1 et S_2 à l'aide d'une même solution d'hydroxyde de sodium. La solution S_2 nécessite un volume de solution d'hydroxyde de sodium 25 fois plus grand que celui nécessité par la solution S_1.

a) Calculer la concentration de l'acide faible dans la solution initiale

b) A pH = 2,4, calculer la concentration de toutes les espèces chimiques présentes dans la solution initiale d'acide faible.

PHYSIQUE

Exercice 1

L'émission d'un son par un haut-parleur est dû à la vibration de sa membrane qui communique son mouvement aux molécules d'air situées à son voisinage. Le mouvement de vibration des molécules d'air se transmet ainsi de proche en proche. Cela se traduit par des variations périodiques de la pression qui se propagent pour atteindre l'oreille. On dispose d'un haut(parleur émettant des vibrations sonores longitudinales de fréquence N = 1000 Hz. On place au point O sur l'axe AX de ce haut-parleur et perpendiculairement à cet axe, une surface plane capable de réfléchir parfaitement les ondes sonores (figure N°1). On admettra qu'on peut négliger tout phénomène de réflexion multiple ainsi que tout phénomène d'amortissement.

1) Déterminer la longueur d'onde λ du son émis par le haut-parleur. La célérité du son dans l'air est c = 340 m/s.

2) Un microphone sensible aux variations de pression est installé au point O. Décèlera-t-il un maximum ou un minimum d'intensité sonore ?

3) Analyser les variations de la pression p en un point situé sur l'axe AX à la distance x de O. Préciser l'expression analytique de p en fonction de x et du temps t.

Exercice 2

A - Un solide S qui repose sur une table plane et horizontale est maintenu entre deux ressorts identiques R_1 et R_2 de masses négligeables. Les deux ressorts sont fixés en A et B (figure N°2)

On donne : - masse du solide S : M = 600 g

- Longueur à vide des ressorts : $\ell_0 = 0,15$ m
- Longueur des ressorts lorsqu'ils sont accrochés à S : $l = 0,18$ m.
- Raideur d'un ressort : k = 13 N/m.

c) En déduire la masse m à placer dans le plateau de droite pour que l'ensemble reste à l'équilibre.

On donne : g : l'accélération de la pesanteur = 9,8 m/s^2

μ_0 : perméabilité du vide = $4\pi.10^{-7}$ S.I.

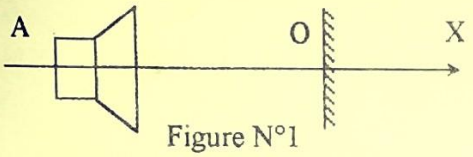


Figure N°1

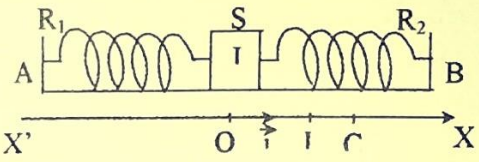


Figure N°2

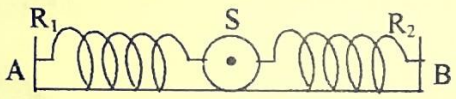


Figure N°3

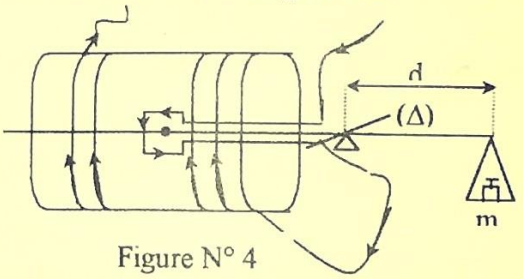


Figure N° 4

Epreuve 4 — BACCALAUREAT 1999 : SERIE C et E/ NIGER

CHIMIE

Exercice 1

Dans une fiole jaugée de 250 mL, on verse 10 mL d'une solution A_0 d'acide chlorhydrique de concentration C_0 inconnue et on complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge. On obtient ainsi une solution A_1 de concentration C_1.

1) • Dans un bêcher contenant 20 ml de la solution A_1, on ajoute progressivement, à l'aide d'une burette graduée, une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_b = 10^{-2}$ mol.L^{-1}. V_b étant le volume de solution d'hydroxyde de sodium ajouté, les mesures de pH effectuées sont les suivantes :

V_b (ml)	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18	19	19,5	20
pH	2,0	2,1	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,9	3,3	3,6	4,2	7

V_b (ml)	20,5	21	22	24	26	28	30
pH	9,4	10,1	10,5	10,9	11	11,1	11,2

a) Tracer la courbe pH = f(V_b). Echelles : 1cm pour 2 ml ; 1cm pour 1 unité pH.

b) Donner les caractéristiques de cette courbe.

c) Déterminer graphiquement le volume équivalent. En déduire la concentration C_1.

d) Calculer la concentration C_0.

2) Si, au lieu de suivre le dosage au moyen d'un pH-mètre, on utilisait les indicateurs colorés suivants :

Indicateur	Hélianthine	Bleu de bromothymol	Phénolphtaléine
Zone de virage	3,1 - 4,4	6 – 7,6	8,2 – 10,0

a) Lequel de ces indicateurs serait le mieux adapté pour ce dosage ? Pourquoi ?
b) Quels inconvénients y aurait-il à utiliser les deux autres indicateurs ?

Exercice 2

1) La molécule d'un composé organique A, de formule $C_nH_{2n}O$, contient 27,58 % en masse d'oxygène. Donner la formule brute de A. On donne : C = 12 $g.mol^{-1}$; O = 16 $g.mol^{-1}$; H = 1 $g.mol^{-1}$.

2) On fait réagir A avec la 2,4-DNPH et le réactif de Schiff. On obtient un précipité jaune pour le premier test, une solution à coloration rose pour le deuxième test.

a) Quelle est la fonction du composé A ? Donner sa formule semi-développée et son nom.
b) Comment appelle-t-on le produit de la réaction de A sur la 2,4 -DNPH ?

3) Par action du dichromate de potassium en milieu acide sur le composé A on obtient un corps B.

a) Donner la formule semi-développée et le nom de B.
b) Ecrire l'équation-bilan de la réaction

4) B réagit avec un alcool C pour donner un corps D et de l'eau. D a une masse molaire de 116 g. Le produit de l'oxydation de C par le dichromate de potassium en milieu acide ne réagit pas avec le réactif de Tollens ni avec les indicateurs colorés usuels. Donner les formules semi-développées et les noms de C et D.

PHYSIQUE

Exercice 1

A) On se propose d'étudier la propagation des vibrations le long d'une corde. On réalise les expériences suivantes dans le but de déterminer la célérité de propagation.

Expérience 1 : La corde est maintenue tendue entre deux points fixes distants de ℓ = 1 m et sa tension F = 0,025 N. Un ébranlement transversal, provoqué à l'une des extrémités de la corde, se propage le long de la corde et effectue trois allers et retours en un temps t_1 = 1,8 s.

Expérience 2 : Le dispositif de l'expérience précédente est conservé. On écarte transversalement le milieu de la corde de sa position d'équilibre et on abandonne la corde à elle-même. Elle effectue quatre oscillations au bout d'un temps t_2 = 2,5 s.

Expérience 3 : La corde utilisée, de longueur totale L = 2 m, est pesée. La détermination exacte a donné une masse m = 4,970 g. F étant la tension de la corde, μ = m/L, sa masse linéique, la célérité de propagation le long de cette corde est $v = \sqrt{\frac{F}{\mu}}$.

1) Déterminer dans chaque expérience la célérité de propagation.
2) Parmi les réponses trouvées, quelle est la valeur la plus précise ? Pourquoi ?

B) Avec la même corde on réalise l'expérience de Melde avec un vibreur entretenu de fréquence f.

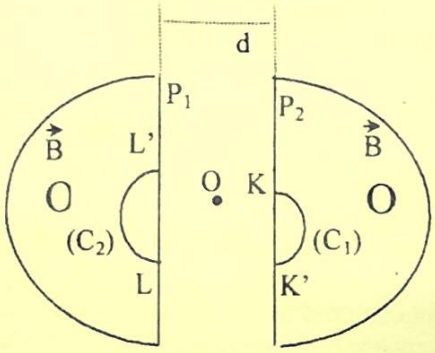
1) La tension de la corde est maintenue à F = 0,025 N. A quelles valeurs faudrait-il fixer la longueur ℓ de la corde pour qu'elle forme 2, 3, 4 fuseaux, si f = 50 Hz ?

2) On considère la longueur ℓ de la corde lorsqu'elle forme 4 fuseaux. On modifie la tension F de façon à obtenir 3 puis 2 fuseaux. Calculer les tensions correspondantes.

3) On ramène maintenant la longueur de la corde à ℓ = 1 m et sa tension à F = 0,025 N. Déterminer la fréquence du vibreur pour que la corde forme 1, 2 fuseaux.

Exercice 2

Entre deux parois planes parallèles P_1 et P_2 soumises à une différence de potentiel (d.d.p) $U_{p_1} - U_{p_2}$ positive règne un champ électrique uniforme $\vec{E}$. De part et d'autre des parois règne un champ magnétique uniforme constant $\vec{B}$, perpendiculaire au plan de la figure ci-contre. Une particule de masse m et de charge électrique q pénètre en O dans le champ électrique avec une vitesse négligeable, puis, par K dans le champ magnétique où elle décrit la trajectoire (C_1). Soient $\vec{v_k}$ la vitesse de la particule en K, et U la valeur absolue de la d.d.p.



1) a) En déduire le sens de $\vec{E}$, le signe de q et la nature du mouvement de la particule entre O et K.

b) Donner le sens du vecteur champ magnétique $\vec{B}$.

c) Quelle est l'énergie cinétique de la particule aux points K et K' ? Quelle est l'influence de $\vec{B}$ sur le mouvement de la particule ?

d) Exprimer la distance KK' en fonction de m, q, B et v_k.

2) Dès que la particule sort du champ magnétique, la d.d.p. devient négative.

a) Quelle est alors la nature du mouvement de la particule en allant de P_2 à P_1 ?

b) Donner l'énergie cinétique de la particule en L en fonction de m, q, v_k et U.

c) Quel est l'intérêt du passage de la particule dans le champ électrique ?

3) A partir de L la particule décrit la trajectoire (C_2) et sort du champ magnétique par L'.

a) Exprimer LL' en fonction de m, q, B, U et v_k. Comparer LL' et KK'.
b) Calculer les temps t_1 et t_2 mis pour parcourir respectivement (C_1) et (C_2).

4) Au cours de son mouvement dans le champ électrique, chaque fois que la particule sort du champ magnétique, la d.d.p. entre P_1 et P_2 change de signe.

a) En négligeant la durée du passage de la particule dans le champ électrique, calculer la fréquence de la d.d.p.
b) En utilisant les résultats précédents, décrire le mouvement de la particule entre deux passages sur P_2 en sortant du champ magnétique. Représenter le chemin suivi par la particule. Indiquer l'effet des changements de signe de la d.d.p. sur la vitesse de la particule.
c) Donner l'expression de l'énergie cinétique de la particule sur une trajectoire à l'intérieur du champ magnétique en fonction de m, q, B et du rayon R de la trajectoire.

Epreuve 5 — BACCALAUREAT 2000: SERIE D/ NIGER

CHIMIE

Exercice 1

1) On cherche à identifier quatre composés A, B, C et D. Les résultats des différents tests sont regroupés dans le tableau suivant :

Composé / Réactif	A	B	C	D
Dichromate de potassium en milieu acide	Solution orange	Solution verte	Solution verte	Solution orange
2,4 - DNPH	Précipité jaune	Précipité jaune	Pas de réaction	Solution jaune

Attribuer à chaque composé sa fonction en justifiant la réponse.

2) C est un composé saturé, de masse molaire M = 60 g/mol. L'action du dichromate de potassium sur C peut donner le composé B ou le composé D. Déterminer les formules semi-développées et les noms de B, C et D.

3) Ecrire l'équation de la réaction de C sur D et donner le nom du produit obtenu.

4) Ecrire l'équation de la réaction du pentachlorure de phosphore PCl_5 sur D et donner le nom du produit obtenu.

Exercice 2

On dispose d'une solution aqueuse S_1 d'ammoniac, de concentration $C_1 = 10^{-2}$ mol/L et de pH = 10,6.

1) Ecrire la réaction de l'ammoniac avec l'eau. Quels sont les couples acides/base en présence dans la solution ?

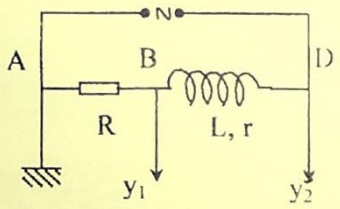
2) Indiquer les différentes espèces chimiques présentes dans la solution. Calculer leur concentration.

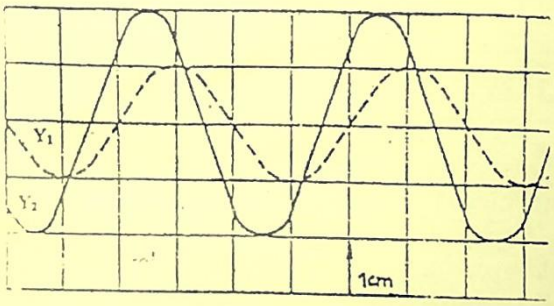
3) Calculer :
   a) le pK_A du couple acide/base de l'ammoniac ;
   b) le coefficient d'ionisation α_1 de la solution S_1
4) A partir de la solution S_1 on prépare 250 mL d'une solution S_2 de concentration $C_2 = 2.10^{-3}$ mol/L.
   a) Quelle quantité de S_1 doit-on prélever ?
   b) Indiquer le matériel utilisé pour réaliser cette opération
5) Le pH de la solution S_2 est 10,2.
   a) Calculer le coefficient d'ionisation α_2 de la solution S_2.
   b) En comparant α_2 à α_1, que peut-on conclure quant à l'évolution de l'ionisation de l'ammoniac ?

PHYSIQUE

Exercice 1

On alimente à l'aide d'un générateur basse fréquence (G.B.F) un circuit comprenant en série, un résistor R = 100 Ω et une bobine BD d'inductance L et de résistance r. Le G.B.F. délivre une tension sinusoïdale de la forme $u = U_m \cos(\omega t + \varphi)$. Les tensions μ_{BA} et μ_{DA} sont recueillies aux entrées y_1 et y_2 d'un oscilloscope bicourbe. On observe l'oscillogramme représenté ci-dessous pour les réglages suivants : base de temps : 1ms/cm ; tension : 5V/cm.





a) A quoi peut-on reconnaître que la courbe Y_2 représente μ_{DA} et la courbe Y_1 représente μ_{BA} ?
b) Déterminer la période du courant.
c) Quelles sont les tensions maximales aux bornes du résistor et du générateur ?
d) Calculer le déphasage (en rad) entre ces deux tensions en précisant laquelle est en avance.

Exercice 2

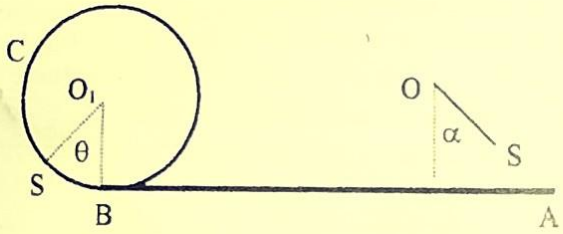
On prendra l'intensité de la pesanteur $g = 9,8\ m.s^{-2}$

1) Une petite sphère S de masse m = 200 g, assimilable à un point matériel, est attachée à l'extrémité d'un fil de masse négligeable, inextensible et de longueur L = 1m. L'autre extrémité du fil est attachée à un point fixe O. On écarte S de sa position d'équilibre, le fil tendu faisant un angle $\alpha_m = 60°$ avec la verticale de O, puis on la lâche sans vitesse.

a) Quelle sera la trajectoire de S ?
b) Déterminer la vitesse de la sphère S en fonction de l'angle α que fait le fil avec la verticale à un instant t quelconque après qu'elle soit lâchée.
c) Calculer cette vitesse au passage à la position d'équilibre. Préciser sa direction.

2) La première fois où la sphère S passe par sa position d'équilibre le fil se détache d'elle. S continue alors son mouvement, sans frottement, sur une piste constituée d'une partie horizontale AB et d'une partie circulaire BC de rayon r = 1 m et de centre O_1 situé au dessus de B sur la verticale.

a) Déterminer la vitesse V_B de S au point B.
b) En repérant la position de S sur la partie circulaire BC, par l'angle θ que fait le rayon O_1S avec O_1B, déterminer la position où la vitesse sera nulle. Que se passera-t-il après ?



Epreuve 6 — BACCALAUREAT 2001: SERIE D/ NIGER

CHIMIE

Exercice 1

On dispose de trois flacons A, B et C contenant des solutions aqueuses d'acide chlorhydrique, d'acide éthanoïque et d'acide monochloroéthanoïque, de même concentration molaire C_a. Pour les identifier, on procède aux expériences suivantes :

1) On prélève un volume V_o= 5mL de chacune des solutions, auquel on ajoute une solution de nitrate d'argent (Ag^+, NO_3^-) en excès. Avec la solution prélevée du flacon B, on observe la formation d'un précipité blanc qui, lavé et séché, a une masse de 14,35mg.

1.1-Ecrire l'équion-bilan de la réaction de formation du précipité.
1.2-Identifier la solution du flacon B .
1.3-Calculer la concentration molaire C_a.

2) A 25°C, on mesure le pH des deux autres solutions : On trouve pH=2,3 pour le flacon A et pH=3,2 pour le flacon C.

2.1-Identifier ces solutions en justifiant les réponses.
2.2-calculer le pKa du couple acide éthanoïque/ion éthanoate.

3) On ajoute jusqu'à l'équivalence acido-basique une solution d'hydroxyde de sodium de concentration $C_b=10^{-2}$mol/L à 20mL de chacune des solutions. La

valeur du pH de l'une des solutions à l'équivalence est prévisible. De quelle solution s'agit-il ? Préciser cette valeur de pH.
4) On prélève 20ml de chacun des solutions B et C. On y verse progressivement la solution d'hydroxyde de sodium et on mesure le pH en fonction du volume V_b de base versée.
4.1-Donner l'allure des courbes $pH = f(V_b)$.
4.2-Identifir les coordonnées du point de demi-équivalence dans le cas de l'acide faible.

On donne (en $g.mol^{-1}$) : M(H) = 1 ; M(Ag) = 108 ; M(CI) = 35,5.

Exercice 2 :

1) Un ester peut être préparer par action d'un acide carboxylique sur un alcool ou par action d'un chlorure d'acide sur un alcool. La deuxième méthode est la plus utilisée dans l'industrie pourquoi ?
2) On fait agir 2, 13 g d'un chlorure d'acyle à chaîne carbonée saturée sur de l'éthanol en excès. Il se forme un composé organique A et du chlorure d'hydrogène.
2.1-Ecrire l'équation-bilan de la réaction.
2.2-On utilise une solution d'hydroxyde de sodium 0,4 mol/L pour doser une solution aqueuse du chlorure d'hydrogéne précédemment obtenu. Le virage du bleu de bromothymol est constaté pour un volume V = 50 mL de la solution d'hydroxyde de sodium.
Calculer la masse molaire du chlorure d'acyle. En déduire les formules semi-développées possibles de l'ester et les noms correspondants.
3) A un instant t = 0, on prépare un litre de solution aqueuse en mélangeant 10^{-2} mole de l'ester à chaîne carbonée linéaire et 10^{-2} mole d'hydroxyde de sodium.
3.1-Ecrire l'équation-bilan de la réaction et donner son nom.
3.2-L'étude cinétique de cette réaction a permis de déterminer la concentration c d'alcool formé en fonction du temps t (voir tableau suivant).

Temps (min)	0	1	3	5	7	10	15	21	25
Concentration d'alcool (en 10^{-3} $mol.L^{-1}$)	0	1,1	2,6	3,7	4,5	5,4	6,4	7,1	7,5

3.2.a-Tracer la courbe c = f(t) ; échelle :1 cm pour 1 min ; 1 cm pour 10^{-3} $mol.L^{-1}$
3.2.b-déterminer las vitesse de la réaction aux instant t_1 = 3min et t_2 = 8min.
3.2.c-détermine le pourcentage d'ester ayant réagit à l'instant t = 12 min.
4) Le phosphore catalyse la substitution par un halogènesitué en position K par rapport au groupement COOH. Sur le corps obtenu à la question 3, on fait agir du dibrome en présence de phosphore. Il se forme un composé B et du HBr.
4.1-Ecrire l'équation de la réaction et nommer le composé B.
4.2-Par une réaction de substitution nucléophile, un excès d'ammoniac transforme le composé.

On donne (en $g.mol^{-1}$) : M(H) = 1 ; M(C) = 12 ; M(O) = 16 ; M(CI) = 35,5.

PHYSIQUE

Exercice 1

Un ressort de longueur $L_o = 25$ cm s'allonge de 10 cm lorsqu'on lui suspend une masse de 500 g. Ce ressort, supportant un corps A de masse M = 500 g, est attaché à son extrémité à un fil inextensible, de masse négligeable, passant sur la gorge d'une poulie de masse négligeable. L'autre extrémité du fil support un corps B de même masse M que le corps A.

1-On met sur A une petite surcharge m = 80 g ; le système est abandonné à lui même, le ressort et le brin de fil supportant B étant verticaux. Calculer l'accélération a_1 du système et la longueur L_1 du ressort.

2-Le ressort est maintenant parallèle à la ligne de plus grande pente d'un plan incliné formant un angle $\alpha = 30°$ avec l'horizontale. Le corps A glisse sans frottement sur ce plan incliné, le brin de fil supportant B étant vertical. Calculer l'accélération a_2 du système et la longueur L_2 du ressort.

Exercice 2

On réalise l'expérience de Young à l'aide d'une fente. S, équidistante de deux autres fentes très fines, S_1 et S_2, parallèles à S, percées dans un écran E'. La distance des deux fentes S_1 et S_2 est a = 0,80mm. Un écran E est placé à la distance D = HO = 2,40 m de E', H étant le milieu du segment S_1S_2 et O la projection orthogonale de S sur l'écran E.

I. L fente S est éclairée par une lumière monochromatique de longueur d'onde λ.

1- Qu'observe-t-on sur l'écran E ?

2-a) Etablir l'expression de la différence de marche δ entre les vibrations lumineuses interférant au point M de l'écran E tel que OM = x.

b) Sachant que le point M, défini par OM = 12,60 mm, est situé au milieu de la septième frange brillante (la frange centrale étant numérotée zéro), calculer la longueur d'onde λ.

3- On applique sur la fente S_1, une lame de verre L, à faces parallèles, d'indice de réfraction n = 1,52 et d'épaisseur e = 10 μ.

a) Qu'observe-t-on sur l'écran E ?

b) Calculer le déplacement OO' de la frange centrale

II. La fente S est maintenant éclairée en lumière blanche ; la lame de verre L est enlevée.

1- Qu'observe-t-on sur l'écran E ?

2- Quelles sont les radiations appartenant au spectre visible pour lesquelles une frange obscure se forme sur l'écran E à la distance ON = 9 mm de la frange centrale ?

On donne les limites du spectre visible : $0,4\ \mu \leq \lambda \leq 0,8\ \mu$

Epreuve 7	BACCALAUREAT 2002: SERIE D/ NIGER

CHIMIE

Exercice 1

On Introduit 2,2g d'un alcool absolu A, à chaîne carbonée saturée non cyclique, dans un tube à essais avec un excès de sodium pur.

1) Ecrire l'équation-bian de la réaction.

2) Dans les conditions de l'expérience, on a recueilli 360mL de gaz formé au cours de la réaction.

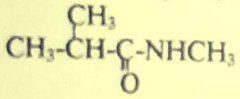
2.1-Calculer la masse molaire de l'alcool et donner sa formule brute.

2.2Donner les formules semi-développées des isomères possibles de cet alcool.

2.3-Indiquer, en justifiant, les isomères qui présentent une activité optique. Donner pour les stéréoisomères correspondants une représentation qui les différencie.

3) L'oxydation ménagée de l'alcool a conduit à un corps B qui réagit avec la 2,4. DNPH et avec le nitrate d'argent ammoniacal. Sachant que l'alcool à une chaîne carbonée ramifiée, préciser sa formule semi-développée et donner son nom.

4) A partir du corps B, on souhaite préparer le corps C de formule



Proposer une méthode pour réaliser cette synthèse en précisant les différentes étapes et en nomment les produits obtenus.

On donne les masses atomiques molaires en g/mol : M(H) = 1, M(C) = 12, M(O) = 16 ; et le volume molaire normal : 24 Litres.

Exercice 2

A)Le tableau 1 présente les dilutions réalisées à partir d'une solution mère S_o de concentration molaire $C_o=10^{-1}$mol/L.

Tableau 1

Solution obtenues	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
Volume de solution S_o prélevée (mL)	5	5	5	5	5	5
Volume d'eau distillée ajoutée (mL)	5	20	95	95	195	495
Concentration obtenue (mol/L)						

1.-Reproduire et compléter le tableau1.

2.-Comment varie la concentration molaire de la solution avec la dilution ?

B)Le tableau 2 regroupe les valeurs du pH de deux solutions aqueuses, d'acide chlorhydrique et d'acide méthanoïque, à différentes concentrations.

Tableau 2

C(mol/L)	5.10^{-2}	2.10^{-2}	10^{-2}	5.10^{-3}	$2,5.10^{-3}$	10^{-3}
PH_1	1,30	1,70	2,00	2,30	2,60	3,00
PH_2	2,50	2,70	2,85	3,00	3,15	3,35
-logC						

1- Reproduire et compléter le tableau 2.
2- A quelles solutions correspondent pH_1 et pH_2 ? Justifie.
3- Tracer la courbe représentant les variations du pH de la solution d'acide méthanoïque en fonction de –logC. En déduire la relation entre pH et –logC.
Echelles : en abscisses : 5 cm par unité de –logC ; en ordonnées : 5 cm par unité de pH.
C) 1- Ecrire l'équation de la réaction correspondante à la mise en solution de l'acide méthanoïque dans l'eau. Donner l'expression littérale de sa constante d'acidité Ka du couple acide/base.
C) 2- Montrer la relation $\frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} \simeq \frac{[H_3O^+]}{C}$, C étant la concentration de la solution de la solution aqueuse d'acide méthanoïque. Etablir la relation pH, le pKa et logC. La relation trouvée à la question B-3). En déduire le pKa du couple considéré.

PHYSIQUE

Exercice 1

A) Un fusil de masse M = 4 Kg tire suivant une horizontale OX, axe de son canon, des balles de masse m. La vitesse d'une balle à la sortie du canon est $V_o = 600\ m.s^{-1}$. Chaque balle est assimilée à un point matériel et située, avant la mise à feu, à la distance $d_o = 50$ cm du bout du canon qui coïncide avec le point O.
1) On considère que le mouvement d'une balle à l'intérieur du canon est rectiligne et uniformément varié suivant l'axe du canon. Calculer :
a) L'accélération de ce mouvement.
b) Le temps t_o écoulé entre la mise à feu et la sortie de la balle du canon.
2) A l'instant où la balle sort du canon, le fusil effectue un mouvement de recul avec une vitesse $V_1 = 2{,}25\ m.s^{-1}$
L'épaule du tireur s'oppose toujours au recul du fusil en développant une force constante de module f. Sachant qu'en l'absence de l'épaule du tireur le fusil s'immobilise après un parcours de 2 cm, calculer f.
B) On s'intéresse maintenant au mouvement de la balle après sa sortie du canon. On néglige la résistance de l'aire, on désigne par g l'accélération de la pesanteur (supposée constante) et par OY l'axe vertical passant par O et orienté vers le haut. Le tireur effectue un tir en orientant le canon dans une direction qui fait un angle α avec l'axe OX ; le bout du canon coïncidant toujours avec le point O.
1) Etablir l'équation de la trajectoire de la balle en fonction de l'angle α . Quelle est la nature de cette trajectoire ?
2) le tireur souhaite atteindre une cible I située sur l'axe OX, à la distance D de O. Déterminer la relation entre D, V_o et l'angle d'inclinaison α_o permettant d'atteindre cette cible. Montrer que α_o peut prendre deux valeurs (on ne demande pas ce calculer ces deux valeurs).
3) Sur sa trajectoire, la balle passe par une altitude maximale H.

a) Déterminer le module et la direction de la vitesse de la balle à cette altitude maximale.

b) En utilisant le théorème de l'énergie cinétique, établir l'expression de H en fonction de V_o et α_o.

Exercice 2

A la lame vibrante horizontale d'un vibreur de fréquence f =10Hz, on fixe l'extrémité A d'une corde élastique tendue horizontalement. L'autre extrémité B de la corde est placée de façon à éliminer toute réflexion d'ondes. Le point A vibre verticalement.

1) a.- Ecrire l'élongation du point A en fonction du temps, en admettant qu'elle est nulle à l'instant t=0 et qu'elle croît à partir de cet instant ; le point A décrivant un segment de 10mm de longueur.

b.-Détermine la vitesse maximale du point A.

2) a.-La vitesse de propagation des ondes le long de la corde est de 60m/s. Déterminer l'élongation d'un point M de la corde situé à la distance d de A.

b.-détermine la différence de phase des mouvements des points C et D situés respectivement aux distances d_1 et d_2 du point A.

c.-Calculer cette différence de phase pour d_1=15cm et d_2=45cm. Que peut-on en déduire ?

3) Admettons à présent que chaque onde émise en A subit une réflexion en B et que le système est réglé de façon à observer des ondes stationnaires.

a.-Exprime l'éloignement d'un point N de la corde situé à la distance x de l'extrémité B.

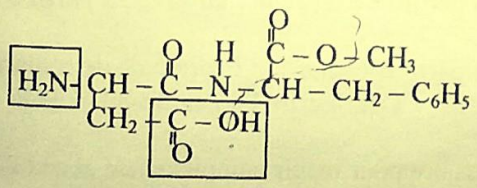
b.-On désigne par N_1 , N_2 et N_3 les points les plus proches de B, pour lesquels l'amplitude est maximale. Déterminer, en fonction de la longueur d'onde, les positions de ces points.

Epreuve 8 — BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE SESSION JUIN 1998 ANTILLES

A – Chimie

I – Aspartame

La formule semi-développée de l'aspartame est :

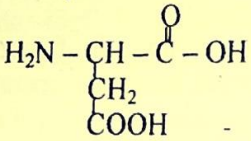


1) Recopier cette formule et entourer les groupes fonctionnels ester et amide en les repérant précisément.

2) Nommer les deux groupes fonctionnels déjà encadrés préalablement dans l'énoncé.

3) Donner le nom usuel de la liaison $-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-\overset{\overset{H}{|}}{N}-$ que l'on rencontre dans les protéines.

4) La formule semi-développée plane ci-dessous est celle de la molécule d'acide aspartique que l'on notera Asp :



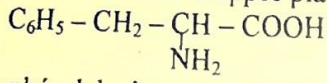
4-1) L'acide aspartique est-il un acide α - aminé ? Justifier votre réponse.

4-2) L'acide aspartique est-il chiral ? Justifier votre réponse.

4-3) Après avoir reproduit la formule de cet acide α - aminé sur votre copie, préciser avec un astérisque l'emplacement de l'atome de carbone asymétrique

4-4) Représenter, en projection de Fischer, le D-acide aspartique.

5) On donne la formule semi-développée plane de la phénylalanine notée Phe :



On fait réagir la phénylalanine avec l'acide aspartique pour former le dipeptide Phe - Asp.

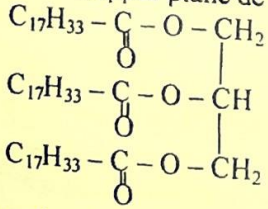
5-1) Ecrire l'équation-bilan de la réaction

5-2) La molécule obtenue est-elle celle de l'aspartame ? Justifier la réponse.

II – Préparation des savons

On rappelle : $M_C = 12\ g.mol^{-1}$; $M_N = 14\ g.mol^{-1}$; $M_H = 1\ g.mol^{-1}$; $M_O = 16\ g.mol^{-1}$; $M_{Na} = 23\ g.mol^{-1}$; $M_{Oleine} = 884\ g.mol^{-1}$.

On donne la formule semi-développée plane de l'oléine :



1) Quel groupe fonctionnel reconnaissez-vous dans la molécule d'oléine ?

2) Quelle est la formule générale d'un savon ?

3) Quel est le nom de la réaction qui permet de fabriquer un savon à partir d'un corps gras ? Est-elle totale ?

4) On souhaite fabriquer du savon à partir d'oleine et d'hydroxyde de sodium encore appelé soude, de formule $Na^+ + OH^-$. Ecrire l'équation-bilan de la réaction.

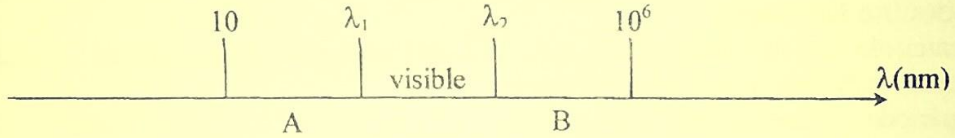
5) Quelle est la masse d'oléine nécessaire pour réagir complètement avec 600 g d'hydroxyde de sodium, la réaction étant totale ?

Les rayonnements **B- Physique**

On rappelle la valeur de la constante de Planck $h = 6{,}62.10^{-34}$ J.S., la relation liant la fréquence ν à la longueur d'onde λ : $\nu = \frac{c}{\lambda}$, et la célérité de la lumière dans le vide $c = 3.10^8$ m.s^{-1}.

On rappelle également qu'un nanomètre (nm) vaut 1.10^{-3} µm.

1) Le spectre des ondes électromagnétiques est partagé en plusieurs parties. Pour chacun des domaines A et B de l'échelle ci-dessous, donner son nom et citer une source d'émission.



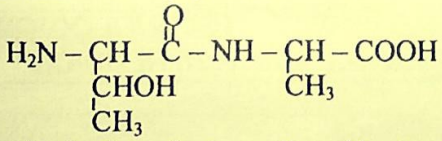
2) Donner l'ordre de grandeur des longueurs d'onde λ_1 et λ_2 des radiations correspondant aux limites du spectre visible.
3) On considère une onde de fréquence $\nu = 640.10^{12}$ Hz.
3.1. A quelle vitesse se déplace-t-elle dans le vide ?
3.2. Quelle est sa longueur d'onde dans le vide ?
3.3. A quel domaine appartient cette onde ?
3.4. Quelle est l'énergie du photon associé à cette onde ?

Epreuve 9 — BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE SESSION SEPTEMBRE 1997 ANTILLES

A – Chimie

I – Acides aminés

1) Ecrire la formule générale d'un acide α - aminé. Dans cette formule, entourer les fonctions acide carboxylique et amine.
Justifier l'emploi du nom "acide α-aminé".
2) On considère le dipeptide suivant :



a) Recopier la formule de ce dipeptide et entourer la liaison peptidique ; quelle est la géométrie de celle-ci ?
b) Ecrire les formules semi-développées des acides α - aminés mis en jeu dans la synthèse de ce dipeptide.
c) Ecrire l'équation-bilan de la synthèse de ce dipeptide.

II – Les savons

1) Un savon est un composé chimique qui contient l'ion carboxylate. Ecrire la formule de cet ion.

2) Ecrire la formule semi-développée du savon dérivé de l'acide oléique, sachant que ce savon comporte l'ion sodium. Quel est le nom chimique de ce savon ?
Donnée : acide oléique : $C_{17}H_{33}COOH$

3) a) Définir les termes : hydrophobe et hydrophile
b) Le stéarate de sodium a pour formule : $CH_3 - (CH_2)_{16} - COO^- + Na^+$
Entourer les parties hydrophobe et hydrophile de ce savon

d) Expliquer succinctement, en vous aidant éventuellement de schémas, l'attaque d'une salissure grasse à la surface d'un tissu par une solution savonneuse.

B – Physique

Médecine Nucléaire

Le nucléide 131 de l'élément iode, soit $^{131}_{53}I$, est très souvent utilisé lors des examens effectués en médecine nucléaire.
Sa période radioactive est T = 8 jours.

1) Donner la composition du noyau de ce nucléide.
2) L'iode 131 est émetteur β^-.
a) Quel est le nom de la particule émise lors de cette désintégration ?
b) Ecrire l'équation-bilan de la réaction nucléaire correspondante, sachant que le noyau fils se trouve parmi les noyaux suivants :

$_{51}Sb$ $_{52}Te$ $_{54}Xe$ $_{55}Cs$

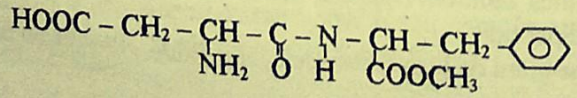
3) Au moment de son injection dans l'organisme d'un patient, l'activité d'un produit contenant de l'iode 131 est égale à $A_0 = 2.10^6$ Bq.
a) Quelle sera son activité au bout de 8 jours ?
b) Que peut-on dire de son activité au bout de 160 jours ?
4) Une personne de masse m = 50 kg restée à proximité d'une source radioactive a reçu une énergie égale à E = 0,1 joules.
La relation exprimant la dose absorbée par une personne est : $D = \frac{E}{m}$ avec D en gray (Gy), E en joules et m en kilogrammes.
a) Calculer la dose absorbée D par cette personne
b) Déterminer l'équivalent de dose ED reçue si le facteur de qualité est égal à 1
c) Une telle irradiation peut-elle être nocive ?

Epreuve 10 — BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE SESSION JUIN 1998 REUNION

A – Chimie

I – Un Dipeptide – l'Aspartame

1) L'aspartame est un édulcorant de synthèse de formule semi-développée plane :



1-1) Reproduire la formule et entourer la liaison peptidique
1-2) Indiquer, sur la formule recopiée, les groupes fonctionnels acide carboxylique, amine et ester.

2) La cystéine est un acide α-aminé de formule semi-développée plane :

$$H_2N - \underset{\displaystyle CH_2 - SH}{\overset{}{CH}} - COOH$$

2-1) Reproduire la formule et montrer, en le justifiant, que la molécule présente un atome de carbone asymétrique.
2-2) Représenter la L – cystéine en projection de Fischer
2-3) On veut préparer un dipeptide en faisant réagir la cystéine avec l'alanine de formule semi-développée plane :

$$H_2N - \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{}{CH}} - COOH$$

Ecrire l'équation – bilan d'une réaction possible.

II – L'eau Oxygénée (Hors programme Bénin)

B – Physique

Radioactivité

L'iode 127 a un isotope qui est l'iode $^{131}_{51}I$. L'iode 131 est radioactif et est utilisé dans le traitement de l'hyperthyroïdie.

1) Qu'appelle-t-on "atomes isotopes" ?
2) Donner la composition du noyau d'iode 131 dont on rappelle qu'il s'écrit $^{131}_{53}I$.
3) L'iode 131 se désintègre selon la radioactivité β^-.
3-1) Citer les deux lois de conservation utilisées pour établir une équation-bilan de désintégration radioactive.
3-2) Ecrire l'équation de désintégration radioactive de l'iode 131.
On trouvera le noyau fils parmi les noyaux suivants : $_{52}Te$; $_{53}I$; $_{54}Xe$; $_{55}Cs$; $_{56}Ba$.
4) 4-1) Qu'appelle-t-on période T d'un atome radioactif ?
4-2) Le nombre de noyaux radioactifs présents dans un échantillon d'iode 131 à la date t = 0 est $4{,}8.10^6$. Quel sera le nombre de noyaux radioactifs restants au bout de 8 jours, cette durée représentant la période radioactive de l'iode 131 ?

Epreuve 11	**BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE SESSION SEPTEMBRE 1997 NOUVELLE CALEDONIE**

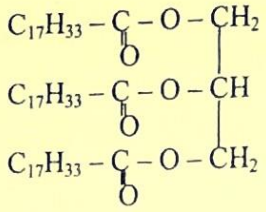
A – Chimie

I – Savons et Triglycérides

Données : Masses molaires (en $g.mol^{-1}$) : $M_{oléine} = 884\ g.mol^{-1}$; $M_H = 1\ g.mol^{-1}$; $M_C = 12\ g.mol^{-1}$; $M_O = 16\ g.mol^{-1}$; $M_{Na} = 23\ g.mol^{-1}$

Dans une savonnerie, on fabrique des pains de savon à partir de différents corps gras naturels contenant des triglycérides.
Parmi ceux-ci se trouve notamment de l'huile d'olive constituée principalement d'oléine.

1) Qu'appelle-t-on triglycéride ?
2) L'oléine ou trioléate de glycéryle a pour formule



En déduire la formule de l'acide oléique.

3) Lors de la fabrication du savon, on procède à la saponification de l'oléine. On utilise pour cela une solution de soude (ou hydroxyde de sodium) très concentrée, appelée lessive de soude, et on obtient, entre autres, le savon de formule :
$Na^+ + C_{17}H_{33}CO_2^-$

a) Ecrire l'équation-bilan de la saponification de l'oléine

b) Nommer les produits obtenus

c) A la fin de la préparation du savon, on le verse dans de l'eau très salée (relargage). A quoi sert cette opération ?

d) Calculer la masse de savon obtenu à partir de 3,54 kg d'oléine.

II – L'eau oxygénée

L'eau oxygénée, ou solution de peroxyde d'hydrogène, possède des propriétés oxydantes dont découle son action antiseptique.

Pour le montrer nous pouvons la faire réagir avec des ions iodure I^- contenus dans une solution d'iodure de potassium $K^+ + I^-$. Les ions potassium K^+ ne participent pas à la réaction, ils sont spectateurs. On précise que la réaction doit se faire en milieu acide. Les couples oxydoréducteurs qui interviennent sont :
H_2O_2/H_2O et I_2/I^-

1) L'équation-bilan de cette réaction est : $H_2O_2 + 2H^+ + 2I^- \longrightarrow I_2 + 2H_2O$
Ecrire les deux demi-équations électroniques qui permettent d'y aboutir.

2) Pour réaliser cette réaction on utilise de l'eau oxygénée de concentration molaire en peroxyde d'hydrogène H_2O_2 valant $C = 1{,}78\ mol.L^{-1}$.

a) Sachant que le peroxyde d'hydrogène se dismute selon l'équation-bilan :
$H_2O_2 \longrightarrow \frac{1}{2} O_2 + H_2O$
Calculer le titre (ou concentration) en volume de l'eau oxygénée.

b) On fait réagir, dans la réaction de la question 1), 10 mL d'eau oxygénée de concentration $C = 1{,}78\ mol.L^{-1}$
Calculer la masse de diiode I_2 formé.

Remarque : les questions 2 a) et 2 b) sont indépendantes.

Données : Masses molaires (en $g.mol^{-1}$) :
$M_H = 1\ g.mol^{-1}$; $M_O = 16\ g.mol^{-1}$; $M_I = 127\ g.mol^{-1}$
Volume molaire des gaz dans les conditions normales de température et de pression $V_m = 22{,}4\ L.mol^{-1}$.

B – Physique

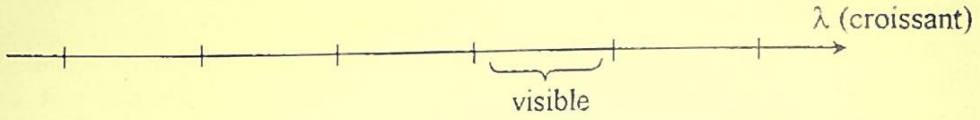
Les ondes électromagnétiques

1) Comment appelle-t-on les corpuscules associés aux ondes électromagnétiques ?

2) Les ondes lumineuses visibles par notre œil ne représentent qu'une petite partie du vaste domaine des ondes électromagnétiques.

Donner, sous forme d'encadrement, les limites chiffrées en manomètres des longueurs d'onde du domaine visible. Préciser les couleurs aux limites.

3) Situer les domaines d'ondes suivants : rayons U.V ; rayons I.R ; rayons γ ; ondes radio ; rayons X sur l'axe du schéma ci-dessous que l'on recopiera. On précise que l'échelle des longueurs d'onde n'est pas respectée.



4) Une onde ultra-violette a une longueur d'onde λ égale à 310 nm (1nm = 1.10^{-9} m)

a) Calculer sa période T et sa fréquence ν.

b) Cette onde transporte de l'énergie sous forme de photons.

Calculer, en joules (J), l'énergie E transportée par un photon de cette onde.

c) Citer une propriété ou un effet des rayons U.V, pour chaque cas suivant :

* en chimie

* sur le corps humain.

Données : Vitesse de la lumière dans le vide : $c = 3.10^{8}$ m.s^{-1} ;

Constante de Plank : $h = 6{,}62.10^{-34}$ J.s.

Epreuve 12 — BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE SESSION 1992 SERIE STL

Problème : Dipôles en courant alternatif sinusoïdal

Les trois parties du problème sont indépendantes :

Partie A

On considère une bobine d'inductance L et de résistance r.

1) Aux bornes de cette bobine on applique une tension continue de valeur U = 1,50 V. L'ampèremètre branché en série avec la bobine indique I = 132 mA.

Calculer la résistance r de la bobine.

2) On applique maintenant aux bornes de cette bobine, une tension sinusoïdale de valeur efficace U = 4,00 V et de fréquence f = 50 Hz l'ampèremètre indique alors I = 11,2 mA. Calculer l'impédance de la bobine.

3) Déduire des deux premières questions la valeur de l'inductance L.

Partie B

On constitue un circuit R, L, C en reliant en série une bobine d'inductance L = 1,14 H et de résistance r = 11,4 Ω, un condensateur de capacité C = 1,00 μF, et un conducteur ohmique de résistance R_0 = 100 Ω, l'ensemble étant soumis à une tension sinusoïdale u(t) fournie par un G.B.F comme l'indique le schéma (a). Sur l'écran d'un oscilloscope branché comme l'indique le schéma (a) on voit l'oscillogramme de la figure 1.

1) De quelle courbe pourrait-on déduire l'intensité du courant ? justifier votre réponse.

2) En examinant l'oscillogramme, déterminer :

- la valeur efficace de la tension u(t)

- la période T, la fréquence f, la pulsation ω de la tension u(t) et du courant i(t)
- la phase φ de u(t) par rapport à i(t).

3) On fait varier la fréquence en maintenant constante la tension efficace fournir par le G.B.F. Pour une certaine valeur f_0 de f, μ(t) et i(t) sont en phase. L'intensite efficace I atteint alors sa plus grande valeur notée I_0. Calculer f_0 et I_0.

Partie C : Commentaires sur l'examen de courbes

On reprend le circuit de la partie B. Le branchement aux voies de l'oscilloscope est modifié comme l'indique le schéma (b). On fait varier la fréquence tout en maintenant constante la tension efficace délivrée par le générateur. On observe trois cas pour les courbes dont les allures sont représentées par les figures 2a ; 2b ; 2c.

1) La courbe visualisée sur la voie B a été inversée. Pour quelle raison ?
2) Indiquer pour chaque cas la prépondérance éventuelle d'un effet (inductif ou capacitif). Justifier.
3) Les sensibilités des deux voies sont maintenues constantes. Pour quelle raison l'amplitude de la tension u_{NM} varie-t-elle en sens inverse de l'amplitude de la tension u_{PM} ?

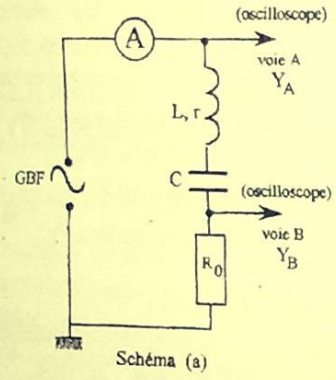


Schéma (a)

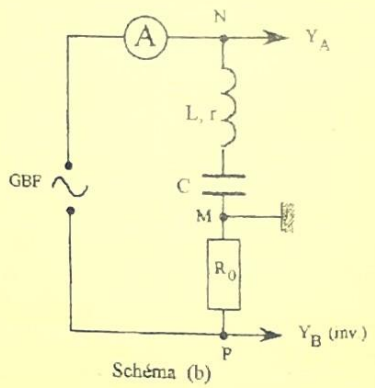


Schéma (b)

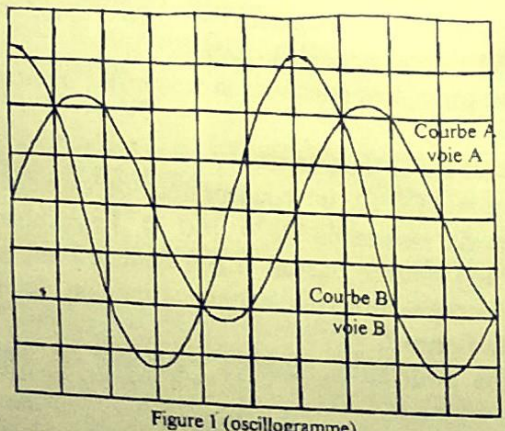
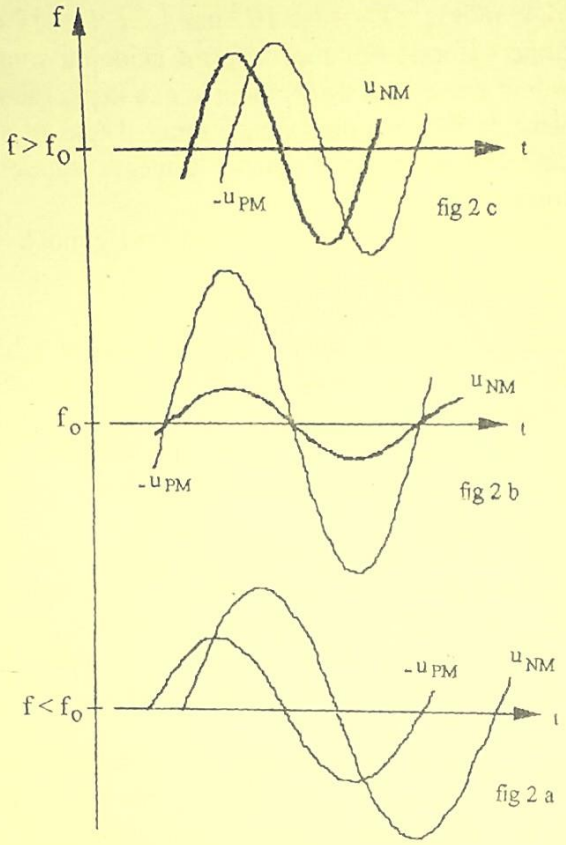


Figure 1 (oscillogramme)

Balayage 2ms.cm^{-1}
Sensibilité voie A : 2 V.cm^{-1}
Sensibilité voie B : 0,1 V.cm^{-1}



Epreuve 13

BACCALAUREAT 1998 : SERIE C
TOGO (session de remplacement)

Chimie 1

On considère une monoamine primaire, notée B, saturée et non cyclique contenant n atomes de carbone par molécule.

1) a) Ecrire, en fonction de n, sa formule brute.
b) Quelle est sa formule semi-développée sachant que sa masse molaire est $M = 45\ g.mol^{-1}$. Donner son nom
2) B est une base faible.
   a) Définir une base faible.
   b) Ecrire l'équation de la réaction de B avec l'eau.
   Donner le nom de son acide conjugué.
3) On mélange un volume V_1 d'une solution aqueuse de B de concentration C_1 avec un volume V_2 d'une solution aqueuse d'acide chlorhydrique de concentration C_2. Le mélange a un pH = 10.
   a) Enumérer les espèces chimiques (autres que l'eau) présentes dans ce mélange et calculer ou exprimer en fonction de V_2 (mL) leurs concentrations molaires, en supposant négligeables $[H_3O^+]$ et $[OH^-]$ devant les autres concentrations

On donne : $C_1 = 2.10^{-2}$ mol.L^{-1} ; $C_2 = 1{,}5.10^{-2}$ mol.L^{-1} ; $V_1 = 12$ mL.

b) Exprimer le rapport [forme basique] / [forme acide]du couple relatif à B et en déduire la valeur numérique de V_2 sachant que le pk_a relatif à B est 10,8.

c) Pour quelle valeur de V_2 le pH du mélange serait-il égal au pk_a du couple ? Citer une autre méthode permettant d'obtenir la même solution de pH = pK_a. Quelles sont les propriétés de cette solution ?

On donne : $M_C = 12$ g.mol^{-1} ; $M_N = 14$ g.mol^{-1} ; $M_H = 1$ g.mol^{-1}.

Chimie 2

Un alcène gazeux non ramifié A, de densité par rapport à l'air d = 1,93 conduit, par hydratation à un mélange de deux composés B et C. Afin de déterminer la composition de ce mélange, on procède à sa déshydrogénation catalytique, en l'absence d'air, sur du platine maintenu à 300°C. Les composés B' et C' alors obtenus sont condensés. Le mélange liquide recueilli est partagé en deux fractions égales.

Le dixième de la première fraction est traité par un large excès de solution de la 2, 4 – dinitrophénylhydrazine (D.N.P.H.). L'ensemble des précipités jaunes de même formule brute $C_{10}H_{12}N_4O_4$ est filtré séché et pesé : sa masse m est 130 g. L'autre fraction est intégralement traité par un large excès de liqueur de Felhing ; le précipité rouge brique formé est filtré, séché et pesé, sa masse m' = 9,15 g.

1) Déterminer la masse molaire puis la formule et le nom de l'alcène A.
2) Déterminer la formule et le nom de B et C ; lequel d'entre eux est obtenu de façon majoritaire. (B est de classe primaire)
3) Ecrire les équations des réactions de passage de B à B' et de C à C'.
4) Déterminer la quantité de composés carbonylés ayant réagi lors du test à la D.N.P.H.
5) Ecrire l'équation de la réaction observée avec la liqueur de Felhing. Déterminer la quantité de composés carbonylés qu'elle a consommée.
6) Déterminer la quantité des composés B et C dans le mélange issu de l'hydratation de A. Ces résultats confirment-ils la réponse au 2) ?
   On donne : $M_C = 12$ g.mol^{-1} ; $M_H = 1$ g.mol^{-1} ; $M_N = 14$ g.mol^{-1} ; $M_O = 16$ g.mol^{-1} ; $M_{Cu} = 63{,}5$ g.mol^{-1}

Chimie 3

1) Décrire la structure de la molécule de propène en indiquant les distances interatomiques et les angles valentiels du squelette carboné.
2) On fait réagir du dihydrogène sur un mélange M de propène et de propyne en présence du nickel divisé. La densité par rapport à l'air de M est d = 1,4 et son volume V = 2 L.
   a) Quels sont les pourcentages en moles du propène et du propyne dans M.
   b) Quel volume V_{H2} du dihydrogène faut-il utiliser pour obtenir un produit unique en fin de réaction. On admet que toutes les réactions sont totales.
3) On procède à l'hydratation du propène.

a) Ecrire les formules semi-développées des produits susceptibles d'être obtenus. Les nommer.

b) Lequel de ces composés obtient-on majoritairement.

On donne : $M_C = 12\ g.mol^{-1}$; $M_H = 1\ g.mol^{-1}$.

Physique 1

Dans tout l'exercice on négligera les forces de frottement et on prendra pour l'accélération de la pesanteur la valeur $g = 10\ ms^{-2}$.

Une piste située dans un plan vertical est constituée de deux parties : une partie rectiligne (OA) et une partie circulaire (AB) de centre C et de rayon r.

On dispose d'un ressort R de constante de raideur K sur la partie rectiligne. L'une des extrémités du ressort est fixe, l'autre est reliée à un solide ponctuel (S_1) de masse m_1. A l'équilibre (S_1) est au point O_1 tel que $O_1A = 2r$.

On déplace (S_1) et on le lâche sans vitesse initiale. Une bille (S_2) de masse $m_2 = m_1/2$ initialement au repos en O_1 est propulsée avec une vitesse V_0 lors d'un choc avec (S_1) (voir figure).

1) a) Exprimer la réaction de la piste sur (S_2) en un point M en fonction de r, V_0, g et θ : θ = angle (ACM).

b) En déduire en fonction de g et r, la vitesse minimale de (S_2) en O_1 pour qu'elle puisse atteindre le point B, sommet de sa trajectoire circulaire.

c) Quelle est dans cette condition la vitesse V_B de (S_2) en B ?

2) a) Etudier dans le repère $(B, \vec{i}, \vec{k})$ le mouvement ultérieur de la bille (S_2).

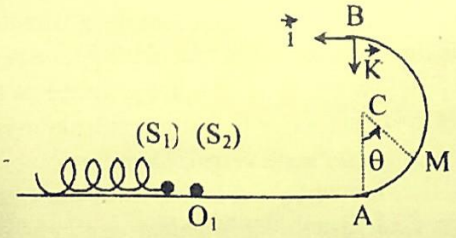
b) La bille (S_2) retombe sur la piste en un point D. Déterminer en fonction de r, la distance d = AD. Conclure.

3) A l'arrivée de (S_2) en D, elle heurte de nouveau (S_1). A cet instant (S_1) passait par D dans le sens du vecteur i, pour la deuxième fois.

a) Déterminer l'intervalle de temps t, qui sépare les deux chocs.

AN. $K = 10\ N.m^{-1}$; $m_1 = 100\ g$.

b) En déduire le temps t_2, mis par (S_2) pour parcourir la piste AB.



Physique 2

1) Un prisme d'angle au sommet A = 5° est éclairé sur l'une des faces par un pinceau cylindrique de lumière blanche sous une incidence i faible. Les indices de réfraction du verre sont $n_R = 1{,}520$ pour la radiation rouge et $n_V = 1{,}533$ pour la radiation violette. Calculer les déviations subies par chacune des deux radiations.

2) Un dispositif approprié permet de ne laisser passer que la radiation jaune de longueur d'onde $\lambda = 0{,}589\ \mu m$. On éclaire de la vapeur de mercure avec cette radiation. Sachant que les niveaux d'énergie successifs de l'atome de mercure ont pour valeurs respectives : -10,4 eV ; -5,54 eV ; -1,56 eV.

(-10,4 eV, correspond à l'état de basse énergie), les atomes seront-ils excités ? justifier.

3) Quelle est la longueur d'onde maximale de la radiation susceptible d'ioniser ces atomes de mercure ? Conclure.

4) On irradie maintenant les atomes de mercure dans l'état fondamental avec des électrons d'énergie cinétique Ec = 4,86 eV.

a) Montrer que les électrons font passer les atomes de mercure dans un état excité.

b) Quelle est la longueur d'onde λ_1 de la radiation émise lors de leur désexcitation.

Rappel : les radiations constituant la lumière blanche ont une longueur d'onde comprise entre 0,4 µm et 0,8 µm.

On donne : $h = 6{,}62.10^{-34}$ J.s^{-1} ; $C = 3.10^8$ m.s^{-1} ; $e = 1{,}6.10^{-19}$C.

Physique 3

On réalise une expérience d'interférence lumineuse. Un dispositif permet d'obtenir deux sources ponctuelles F_1 et F_2 synchrones et cohérentes. La distance séparant F_1 et F_2 est a = 0,75 mm. Un écran (E) orthogonal au plan médiateur de F_1F_2 est placé à une distance D = 2 m du milieu I de F_1F_2. La lumière monochromatique émise par les sources a pour longueur d'onde λ dans l'air.

1) a) Décrire un dispositif permettant de réaliser cette expérience.

b) Qu'observe-t-on sur l'écran ? Justifier l'appellation de "franges non localisées"

2) a) Etablir l'expression de la différence de marche entre les vibrations lumineuses interférant au point M de l'écran (E) tel que OM = x.

b) Sachant que le point M, défini par OM= 9,43 mm est situé au milieu de la sixième frange brillante (la frange centrale étant notée zéro), en déduire la longueur d'onde λ de la lumière utilisée.

3) On applique sur la source F_1, du côté de (E), une lame de verre à faces parallèles, d'indice de réfraction n = 1,52 et d'épaisseur faible. L'interfrange se trouve-t-elle modifiée ? On observe un déplacement de la frange centrale de 8,25 mm. Justifier le sens du déplacement et calculer l'épaisseur e de la lame.

4) On place devant la fente F_2 une autre lame de verre d'indice de réfraction n' et d'épaisseur e' = 5,2 µm. On constate que la frange centrale revient à la position initiale (c'est-à-dire sans aucune lame de verre). Déduire n'.

5) Les lames étant enlevées, l'on immerge tout le dispositif dans un liquide d'indice de réfraction n" = 1,33. Quelle est la valeur de l'interfrange dans ce cas ?

Epreuve 14 — BACCALAUREAT 1998 : SERIE D — TOGO

Chimie 1

Un monoalcool saturé A a une densité de vapeur d = 2,55. On verse un échantillon de cet alcool en excès dans un bécher contenant une solution acide de dichromate

de potassium et on observe que le mélange réactionnel passe de la couleur orange à la couleur verte. Le composé B d'oxydation de A donne un test positif avec la D.N.P.H. ainsi qu'avec la liqueur de Felhing.

1) a) Quels sont les ions responsables de la couleur orange puis verte de ce mélange ?
b) donner la fonction chimique du composé B obtenu ;
c) Trouver la formule brute de A.
d) Quels sont la classe, le nom et la formule semi-développée de A sachant que sa molécule contient deux groupes méthyles.
e) La molécule de A est-elle optiquement active ?
f) Donner le nom et la formule semi-développée de B et écrire l'équation bilan de sa réaction avec la liqueur de Felhing.

2) Lorsqu'on verse une solution acide de dichromate de potassium, en excès sur A, on obtient le composé C. L'action du pentachlorure de phosphore PCl_5 sur C donne le composé organique D. D agit sur une monoamine saturée et non cyclique comportant 31,1 % d'azote pour donner le produit F.

a) Quelles sont les formules semi-développées possibles de l'amine ?
b) L'amine utilisée est celle de la classe la plus élevée.. L'identifier.
c) Trouver les formules semi-développées et noms des produits C, D et E.

On donne les masses molaires exprimées en $g.mol^{-1}$ des éléments suivants :
$M_H = 1$; $M_O = 16$; $M_C = 12$; $M_N = 14$.

Chimie 2

1) On désire obtenir une solution aqueuse d'acide 2-bromopropanoïque qu'on note A_1H de concentration $C_1 = 6.10^{-1}$ $mol.l^{-1}$. Le pH de cette solution vaut 1,6
a) Ecrire la formule semi-développée de cet acide.
b) Quelle masse m d'acide faut-il dissoudre dans l'eau pour obtenir 100 cm^3 de cette solution.

2) Une solution aqueuse d'acide 3-bromopropanoïque A_2H de concentration molaire $C_2 = 10^{-3}$ $mol.L^{-1}$ a un pH = 3,6
a) définir un acide faible.
b) décrire l'équation-bilan de la réaction d'un acide faible AH avec l'eau
c) recenser les espèces chimiques présentes dans chaque solution et calculer leur concentration.

3) a) Calculer dans les deux cas le rapport r entre la quantité d'acide qui a réagit avec l'eau et la quantité d'acide introduit.
b) a comparaison des valeurs de ces deux rapports suffit-elle pour classer les acides A_1H et A_2H selon leur force ? Justifier votre réponse.

4) Calculer la valeur du pK_a de chaque couple AH/A étudié.

5) On donne les valeurs de pk_a des couples relatifs aux acides suivants : acide propanoïque : 4,9 ; acide 2,2 – dibromopropanoïque : 1,5 acide 2,3-dibromopropanoïque : 2,2.
a) Classer par forces décroissantes les cinq acides cités dans le texte.
b) Quelle est alors l'influence sur la force de l'acide :
- du nombre d'atome de brome dans la molécule AH.

- de la position des atomes de brome dans la molécule AH.

On donne les masses molaires exprimées en g. mol^{-1} des éléments :
$M_{Br} = 80$; $M_C = 12$; $M_O = 16$; $M_H = 1$.

Chimie 3

1) On introduit de la poudre de zinc dans un récipient contenant un volume V = 100 mL d'une solution de sulfate de cuivre. Cette concentration C = 0,2 $mol.L^{-1}$.
a) Qu'observe-t-on ? Ecrire la réaction correspondante.
b) Quelle est la masse de zinc qui a disparu quand la solution est devenue complètement incolore ?
c) Quel volume V_b de soude de molarité C_b = 0,5 $mol.L^{-1}$ faut-il pour transformer tous les ions zinc de la réaction précédente ?
2) On réalise une pile Daniell à l'aide de 2 béchers et d'un pont salin. Le bécher n°1 contient V = 100 mL d'une solution de sulfate de cuivre de concentration C_1 = 0,2 $mol.L^{-1}$ dans laquelle plonge une lame de cuivre. Le bécher n°2 contient le même volume de sulfate de zinc à la même concentration où plonge une lame de zinc. Les deux électrodes sont reliées par un circuit conducteur à un milliampèremètre.
a) Faire le schéma de la pile et préciser sa polarité
b) Ecrire les équations des réactions qui produisent dans chaque bécher.
c) La pile débite pendant un temps t = 10 heures, un courant d'intensité constante I = 5 mA. Calculer :
- la variation de masse Δm de l'électrode de cuivre
- la nouvelle concentration C' des ions Zn^{2+}

On donne : $M_{CU} = 63,5$ $g.mol^{-1}$; $M_{zn} = 65,4$ $g.mol^{-1}$; $e = 1,6.10^{-19}C$.
Nombre d'Avogadro $N = 6,02.10^{23}$ mol^{-1}

Physique 1

On constitue un dipôle en plaçant en série une bobine B d'inductance L et de résistance r avec un conducteur ohmique de résistance R. On applique aux bornes de cette association une tension sinusoïdale de fréquence f = 50 Hz et d'expression $u = U\sqrt{2}\cos\omega t$. L'intensité instantanée est alors $i = I\sqrt{2}\cos(\omega t + \varphi)$
On donne U = 82,5 V et I = 2A. Un voltmètre branché successivement aux bornes de R puis de B donne respectivement U_R = 40 V et U_B = 60 V
1) a) Déterminer R.
b) En prenant l'horizontale comme origine des phases, déterminer à l'aide de la construction de Fresnel :
- la phase φ de i par rapport à u
- la phase φ_B de la tension u_B aux bornes de B par rapport à u

c) Calculer L et r.
2) Quelle est la capacité C du condensateur qu'il faut mettre en série avec le dipôle précédent pour que l'intensité i soit en phase avec la tension aux bornes de la nouvelle association.
3) On enlève le condensateur et on alimente le dipôle constitué de B et R en série, avec une tension continue de valeur U_1 = 12V.
Quelle serait l'intensité I_1 du courant qui traverse ce dipôle ?

Physique 2

Un faisceau lumineux monochromatique de longueur d'onde $\lambda = 0,4$ µm, est dirigé sur la cathode d'une cellule photoélectrique au césium correspondant à la longueur d'onde $\lambda_0 = 0,66$ µm.

1) Calculer en joules et en électronvolts le travail d'extraction, w_0 d'un électron de la cathode.
2) Calculer en joules et en électronvolts l'énergie d'un photon lumineux qui arrive sur la cathode.
3) Calculer l'énergie cinétique maximale d'un électron émis par la cathode. En déduire sa vitesse.
4) Le courant photoélectrique a une intensité égale à $2,4.10^{-9}$ A. Combien faut-il de photons par seconde pour engendrer ce courant ?

La puissance du rayonnement qui tombe sur la cathode est égale à $7,4.10^{-7}$ W. Quel est le rendement quantique de la cellule, c'est-à-dire le rapport entre le nombre de photons qui provoquent l'émission d'électrons et le nombre de photons incidents ?

On donne : vitesse de la lumière dans le vide $c = 3.108$ m.s^{-1} constante de planck, $h = 6,62.10^{-34}$ J.s. ; $e = 1,6.10^{-19}$C ; $m_e = 9.10^{-31}$ kg

Physique 3

Le sodium 24 est un radioélément qui subit une désintégration β^-, sa période ou demi-vie est T = 15 H.

1) a) Définir la période ou demi-vie d'un radioélément.
   b) Ecrire l'équation de cette désintégration et identifier le noyau fils.
2) a) Montrer que cette réaction libère de l'énergie ; la calculer en MeV.
   b) En supposant que l'énergie cinétique des particules émises est négligeable, calculer la longueur d'onde des photons émis.
3) a) On injecte dans le sang d'un individu un volume $V = 10$ cm^3 d'une solution contenant initialement du sodium 24 à une concentration molaire volumique $C = 10^{-3}$ mol.L^{-1}. Quel est le nombre de mole n de sodium 24 qui restera dans le sang au bout de 6 heures ?

   b) Au bout de 6 heures, on prélève un volume $V' = 10$ cm^3 de sang du même individu. On trouve $n' = 1,5.10^{-8}$ mol de sodium 24.

En supposant que le sodium 24 est réparti uniformément dans tout le volume sanguin, calculer ce volume sanguin (V_0)

On donne en u.m.a. : β^- : $5,486.10^{-4}$; Noyau fils : 23,98504 ; ^{24}Na : 23,99096 ; $h = 6,62.10^{-34}$ J.s ; $C = 3.10^8$ m.s^{-1} : $e = 1,6.10^{-19}$C ; 1 u.m.a. = 931,5 MeV.C^{-2}

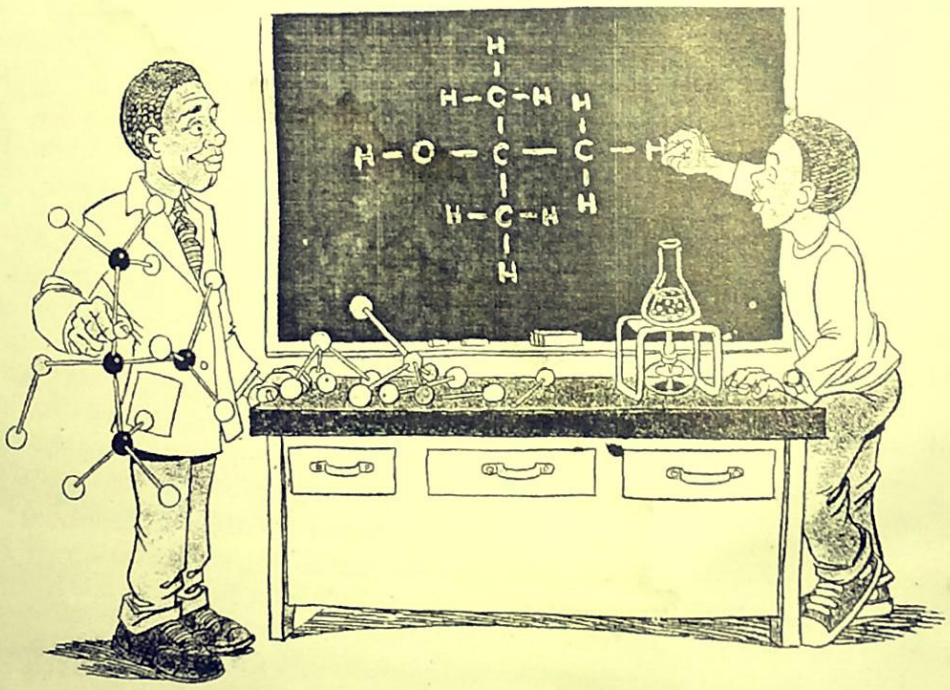
Extrait d'une table périodique des éléments :

$^{16}_{8}O$; $^{19}_{9}F$; $^{20}_{10}Ne$; $^{23}_{11}Mg$; $^{27}_{13}Al$; $^{28}_{14}Si$.

CINQUIEME PARTIE :

Solutions des Exercices de Chimie et de physique.

Corrigés- type des sujets d'Examen



SOLUTIONS DES EXERCICES SUR LES SOLUTIONS AQUEUSES

Solution C_1 –1

Appelons C la concentration molaire et c la concentration massique .

1) $C_m = \frac{m}{V} = \frac{2}{5} = 0{,}4$ g/l

2) $n = \frac{m}{M}$; $C = [NaOH]_o = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV} = 0{,}01$ mol.L^{-1}

3) $C = \frac{m'}{MV}$; d'où $m' = C'MV = 2{,}4$ g.

Solution C_1–2

1) $n = \frac{m}{M}$; $C = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV}$ or $c = \frac{m}{V}$ d'où $C = \frac{c}{M} = \frac{2{,}5}{40} = 6{,}25.10^{-2}$ mol/L

2) $c = \frac{m}{V}$ d'où $m = cV = 6{,}25$ g ; $n = \frac{m}{M} = 0{,}156$ mol.

Solution C_1–3

1) On appelle concentration molaire de l'espèce A en solution, le quotient du nombre de moles de l'espèce A par le volume de la solution :

$$[A] = C = \frac{n}{V}$$

On appelle concentration massique de l'espèce A en solution, le quotient de la masse de l'espèce A par le volume de la solution : $C_m = \frac{m}{V}$

Relation entre concentration molaire et concentration massique :
Si M est la masse molaire et m la masse de l'espèce A,
On a : $n = \frac{m}{M}$ d'où $m = nM$.

On sait que $C_m = \frac{m}{V}$ En remplaçant m par nM on obtient $C_m = \frac{nM}{V} = \frac{n}{V}M$

On remplace $\frac{n}{V}$ par $[A]$

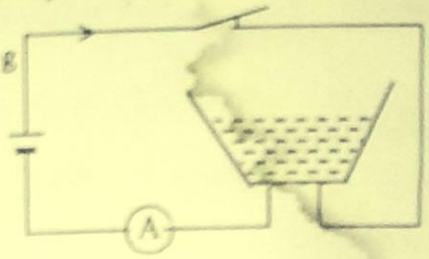
L'expression entre les deux concentrations est : $C_m = [A]\,M$.

2) a - Une solution aqueuse est un mélange obtenu en dissolvant un ou des corps dans l'eau.

b- Pour montrer qu'une solution aqueuse est acide, il suffit d'y ajouter quelques gouttes d'indicateur coloré : avec le bleu de bromothymol, la solution prendra la teinte jaune.
La solution prend la teinte rouge en présence de l'hélianthine.

c – Pour mettre en évidence qu'une solution aqueuse est ionique (c'est-à-dire qu'elle contient des ions), il suffit de montrer qu'elle conduit le courant électrique.

A cet effet on peut réaliser le circuit électrique suivant et vérifier que l'ampèremètre détecte le passage du courant électrique.



3) a – $C = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV}$ d'où $m = CMV = 0,585$ g

b) $C_m = \frac{m}{V} = \frac{0,585}{0,5} = 1,17$ g/L

c) $C' = \frac{N}{V'} = \frac{n}{V_e + V} = 5.10^{-3}$ mol/L

Solution C_1 –4

1) $C = \frac{n}{V}$ avec $n = \frac{V_0}{V_M}$ d'où $C = \frac{V_0}{V\,V_M}$ d'où $V_0 = C\,V\,V_M = 2,24$ L

2) Calcul de la concentration des ions Cl^- et Na^+

La dissociation du chlorure de sodium donne $NaCl \longrightarrow Na^+ + Cl^-$

Dans le mélange les ions chlorure sont apportés par l'acide chlorhydrique et le chlorure de sodium tandis que les ions sodium Na^+ sont apportés par le chlorure de sodium. On a donc :

$[Na^+] = \frac{n'}{V}$ avec $n' = \frac{m}{M(NaCl)}$ d'où $[Na^+] = \frac{m}{MV} = 0,05$ mol.L^{-1}

$[Cl^-] = \frac{n+n'}{V} = \frac{CV + \frac{m}{M}}{V} = 0,1$ mol.L^{-1}

Solution C_1 –5

1) $C_1 = \frac{n}{V}$ avec $n = \frac{V_0}{V_M}$ d'où $C_1 = \frac{V_0}{V\,V_M} = 0,5$ mol.L^{-1}

2) $C_2 = \frac{n'}{V}$ avec $n' = \frac{m}{M}$ d'où $C_2 = \frac{m}{M.V} \Rightarrow m = C_2.M.V = 5,55$ g

3) a – On prélève 20 cm^3 de la solution de dichlorure de calcium à l'aide d'une pipette jaugée de 20 cm^3 qu'on verse dans une fiole jaugée de 100 cm^3 ; on complète ensuite avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

b – L'équation de dissociation du dichlorure de calcium s'écrit

$$CaCl_2 \longrightarrow Ca^{2+} + 2Cl^-$$

Le nombre de moles d'ions Ca^{2+} est égal au nombre de moles n de $CaCl_2$

$[Ca^{2+}] = \frac{n}{V_2} = \frac{C_2V_1}{V_2} = \frac{0,1 \times 20}{100} = 0,02$ mol.L^{-1}

Le nombre de moles d'ions Cl^- est le double du nombre de moles n de $CaCl_2$

$[Cl^-] = \frac{2n}{V_2} = \frac{2C_2V_1}{V_2} = \frac{2 \times 0,1 \times 20}{100} = 0,04$ mol.L^{-1}

Solution C_1 –6

a) $C_1 = \frac{m}{MV_1}$ d'où $m = C_1.M.V_1 = 0,585$ g

b) $NaCl \longrightarrow Na^+ + Cl^-$ d'où $C_1 = [Na^+] = [Cl^-] = 10^{-1}$ mol.L^{-1}

c) $C_2V_2 = \frac{C_1V_1}{4}$ d'où $C_2 = \frac{C_1V_1}{4V_2} = 1,25.10^{-2}$ mol.L^{-1}

d) $C_3V_3 = C_2V'_2$ avec $V_3 = 20\ V'_2$ d'où $C_3 = \frac{C_2V'_2}{V_3} = \frac{C_2}{20} = 6,25.10^{-4}$ mol.L^{-1}

Solution C_1 –7

1) Les équations de dissociation sont :

$CaCl_2 \longrightarrow Ca^{2+} + 2Cl^-$; $N_aCl \longrightarrow Na^+ + Cl^-$

$[Na^+] = \frac{n_{Na^+}}{V} = \frac{C_2V_2}{V_1+V_2} = 0,06$ mol.L^{-1} ; $[Ca^{2+}] = \frac{n_{Ca^{2+}}}{V} = \frac{C_1V_1}{V_1+V_2} = 4.10^{-3}$ mol.L^{-1}

$[Cl^-] = \frac{n_{Cl^-}}{V} = \frac{2C_1V_1 + C_2V_2}{V_1+V_2} = 0,068$ mol.L^{-1} (Les ions Cl^- sont apportés par les 2 solutions).

2) $[Cl^-]' = \frac{2C_1V'_1 + C_2V'_2}{V'_1+V'_2}$ d'où $V'_2 = \frac{V'_1([Cl^-]' - 2C_1)}{C_2 - [Cl^-]'} = 60$ cm^3

SOLUTIONS DES EXERCICES SUR LE PRODUIT IONIQUE DE L'EAU

Solution C_2 –1

1) Pour $[H_3O^+] = 0,025$ mol.L^{-1} on a pH = -log $[H_3O^+]$ = -log 0,025 = 1,6
Pour $[H_3O^+] = 4,8.10^{-9}$ mol.L^{-1} on a pH = -log $4,8.10^{-9}$ = 8,3

2) A 25 °C, $[H_3O^+] \times [OH^-] = 10^{-14}$ d'où $[H_3O^+] = \frac{10^{-14}}{[OH^-]}$

pH = -log $[H_3O^+]$ = -log $\frac{10^{-14}}{[OH^-]}$ = 14 + log $[OH^-]$.

A.N. Pour $[OH^-] = 6,5\ 10^{-9}$ mol.L^{-1} on a pH = 5,8. Pour $[OH^-] = 3,6.10^{-2}$ mol.L^{-1} on a : pH = 12,56.

3) Pour pH = 2,1 on a $[H_3O^+] = 10^{-2,1} = 7,9.10^{-3}$ mol.L^{-1} et

$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-2,1}} = 1,26.10^{-12}$ mol.L^{-1}

Pour pH = 11,4 on a $[H_3O^+] = 10^{-11,4} = 3,98.10^{-12}$ mol.L^{-1} et

$[OH^-] = \frac{10^{-14}}{10^{-11,4}} = 2,5.10^{-3}$ mol.L^{-1}

Pour pH = 0,2 et pH = 13,8, on ne peut pas calculer $[H_3O^+]$ et $[OH^-]$ avec nos relations (la relation pH = -log $[H_3O^+]$ n'est valable à la limite que pour $1 \leq pH \leq 13$).

Solution C_2 –2

Pour la solution S_1 pH = 14 + log[OH^-] = 14 + log $5,6.10^{-11}$ = 3,75

Pour la solution S_2 pH = -log[H_3O^+] = -log $4,7.10^{-5}$ = 4,33

Pour la solution S_3 pH = 9,5

Pour la solution S_4 $[H_3O^+] = \frac{3.10^{-8}}{50.10^{-3}} = 6.10^{-7}$ mol.L^{-1} et pH = -log[H_3O^+] = 6,22

Les solutions S_1 et S_2 prendront la couleur jaune, la solution S_4 la couleur verte et la solution S_3 la couleur bleue.

Solution C_2-3

1- Calcul du pH : on a $K_e = [H_3O^+].[OH^-] = 1,9.10^{-14}$. En milieu neutre, $[OH^-] = [H_3O^+]$ d'où $K_e = [H_3O^+]^2$ et pH = -log $\sqrt{K_e}$ = 6,86

2- Le sang est une solution basique, puisque son pH est supérieur à 6,86.

3- Pour pH = 1,2 on a : $[H_3O^+] = 6,31.10^{-2}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 3.10^{-13}$ mol.L^{-1}

Pour pH = 8,5 on a : $[H_3O^+] = 3,16.10^{-9}$ mol.L^{-1}; $[OH^-] = 6.10^{-6}$ mol.L^{-1}.

Solution C_2-4

1-a) $C_1 = \frac{m}{MV} = \frac{4,8}{95,3x2} = 2,5.10^{-2}$ .mol.L^{-1}

b) $[Mg^{2+}] = C_1 = 2,5.10^{-2}$ .molL^{-1} ; $[Cl^-] = 2C_1 = 5.10^{-2}$ .mol.L^{-1}

c) R.E.N: $2[Mg^{2+}]+[H_3O^+] = [OH^-]+[Cl^-]$ or $[Cl^-] = 2[Mg^{2+}]$ d'où $[H_3O^+] = [OH^-]$. L a solution est donc neutre.

d) $C'_1 = \frac{m}{MV'} = \frac{4,8}{95,3x2,5} = 2.10^{-2}$ mol.L^{-1};

$[Mg^{2+}] = 2.10^{-2}$ molL^{-1}; $[Cl^-] = 4.10^{-2}$ mol.L^{-1}

2-a) $MgCl_2 \xrightarrow{eau} Mg^{2+} + 2Cl^-$; $NaCl \xrightarrow{eau} Na^+ + Cl^-$

Les ions en solution: Mg^{2+}, Cl^-, Na^+

$[Mg^{2+}] = \frac{C_1V_1}{V_1+V_2} = 10^{-2}$ mol.L^{-1}; $[Na^+] = \frac{C_2V_2}{V_1+V_2} = 1,8.10^{-2}$ mol.L^{-1}

$[Cl^-] = \frac{2C_1V_1 + C_2V_2}{V_1+V_2} = 3,8.10^{-2}$ mol.L^{-1}

b)pH = 7 à 25°C car on a un mélange de deux sels neutres.

Solution C_2 –5

1) $[NO^-_3] = 0$ mol.L^{-1} ; $[HCO^-_3] = 4,26.10^{-3}$ mol.L^{-1}

3) Remplacer $[OH^-]$ par $\frac{10^{-14}}{[H_3O^+]}$ et trouver l'équation suivante

$[H_3O^+]^2 - 10^{-7}.[H_3O^+] - 10^{-14} = 0$; la résolution donne $[H_3O^+] = 1,62.10^{-7}$ mol.L^{-1} d'où pH = 6,79 $\simeq$ 6,80 .

Solution C_2 –6

La réaction avec le thymol bleu permet de conclure que pH < 8.

La réaction avec le bleu de bromothymol permet de conclure que pH >7,6.

La réaction avec le bleu de bromophénol permet de conclure que pH > 4,6.

On a donc pH > 4,6 ; pH >7,6 ; pH < 8

En conclusion les limites que l'on peut attribuer au pH de cette solution sont 7,6 < pH < 8

1) La solution B est basique.

SOLUTIONS DES EXERCICES PROPOSES SUR LES ACIDES FORTS ET LES BASES FORTES

Solution C_3 –1

a)- $Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca^{2+} + 2OH^-$

Les espèces en solution : Ca^{2+} , OH^-

R.E.N. : $[OH^-] = 2[Ca^{2+}]$ or $[Ca^{2+}] = \frac{C}{M} = \frac{148.10^{-3}}{74} = 2.10^{-3} mol.L^{-1}$

d'où $[OH^-] = 4.10^{-3}$ mol.L^{-1}

b) Si le dihydroxyde de calcium est une dibase forte,

on doit avoir $pH = 14+\log[OH^-] = 14+\log 2C$ d'où $C = 1.99.10^{-3}$ é 2.10^{-3} mol.L^{-1}

$Ca(OH)_2$ est donc une dibase forte.

Solution C_3 –2

a) $[H_3O^+] = 1,58.10^{-2}$ mol/L ; $[OH^-] = 6,3.10^{-13}$ mol/L ; $[Cl^-] = \frac{C_1V_1}{V_1 + V_2} = 5.10^{-3}$ mol/L

$[Br^-] = 1,08.10^{-2}$ mol/L (en utilisant la relation d'électroneutralité).

b) $\frac{CV_2}{V_1 + V_2} = [Br^-]$ d'où C = 2,16.10^{-2} mol/L.

Solution C_3 –3

1) a- $[H_3O^+] = 10^{-5,9} = 1,26.10^{-6}$ mol/L ; $[OH^-] = 7,94.10^{-9}$ mol/L ;

$[NO_3^-] = 1,26.10^{-6}$ mol/L b- $[NO_3^-] = 1,26.10^{-7}$ mol/L = $10^{-6,9}$ mol/L ;

$[H_3O^+] = [OH^-] + [NO_3^-]$ d'où $[H_3O^+]^2 - 10^{-6,9}[H_3O^+] - 10^{-14} = 0$ car on ne peut pas négliger $[OH^-]$ devant $[H_3O^+]$; le calcul donne $[H_3O^+] = 1,81.10^{-7}$ mol/L et pH = 6,74.

2) a- $m = C_B MV = 1,48.10^{-4}$ g ; b- $2C_BV_B' = C_AV_A = C_A(V - V_B)$

$V_B = 16,33$ mL ; $V_A = 103,67$ mL.

Solution C_3 –4

1) $n_{HCl} = \frac{v}{V_M} = \frac{0,0112}{22,4} = 5.10^{-4}$ mol. $C = \frac{n}{V} = \frac{5.10^{-4}}{0,5} = 10^{-3}$ mol.L^{-1} ;

pH = 3 d'où $[H_3O^+] = 10^{-3}$ mol.L^{-1} ; on remarque que $[HCl]_o = C = [H_3O^+]$ donc la réaction est totale. $[OH^-] = 10^{-11}$ mol.L^{-1} ;

$[Cl^-] = [H_3O^+] - [OH^-] = 10^{-3}$ mol.L^{-1}.

2)La relation d'électroneutralité donne : $[H_3O^+] = [Cl^-] + [OH^-]$ avec $[OH^-] << [H_3O^+]$

on a : $[H_3O^+] = [Cl^-] = \frac{n_1 + n_2}{V} = \frac{CV + V/V_M}{V}$

d'où v = ($[H_3O^+]$ V – CV) V_M = 100,8 cm^3 de chlorure d'hydrogène.
3) V_{eau} = 49,5 L

Solution C_3-5

1) Pour S_1, monobase forte on a $pH_1 = 14 + \log C_1 = 11,9$
Pour S_2, dibase forte on a $pH_2 = 14 + \log 2C_2 = 11,6$
S_3 est une solution de sel NaCl $\longrightarrow Na^+ + Cl^-$
Relation d'électroneutralité $[H_3O^+] + [Na^+] = [Cl^-] + [OH^-]$ or $[Na^+] = [Cl^-]$ d'où $[H_3O^+] = [OH^-]$ solution neutre et pH = 7.
3) a / Na OH $\longrightarrow Na^+ + OH^-$; $Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca^{2+} + 2\,OH^-$.
Les espèces présentes sont : H_3O^+, OH^-, Na^+, Ca^{2+}.

$[Na^+] = \dfrac{C_1V_1}{V_1 + V_2 + V_0} = 1,6.10^{-3}$ mol.L^{-1} ; $[Ca^{2+}] = \dfrac{C_2V_2}{V_1 + V_2 + V_0} = 8.10^{-4}$ mol.L^{-1}

Relation d'électroneutralité : $[H_3O^+] + [Na^+] + 2[Ca^{2+}] = [OH^-]$
Le mélange est supposé très basique donc $[H_3O^+] << [OH^-]$

On a : $[OH^-] = [Na^+] + 2[Ca^{2+}] = 3,2.10^{-3}$ mol.L^{-1}

et $[H_3O^+] = \dfrac{10^{-14}}{[OH^-]} = 3,12.10^{-12}$ mol.L^{-1}

b) pH_A du mélange A : $pH_A = -\log [H_3O^+] = 11,5$

c) $[Na^+] = \dfrac{C_1V_1 + \frac{m}{M}}{V_1 + V_2 + V_0} = 2,16.10^{-2}$ mol.L^{-1}

4) a) Concentration des espèces présentes dans la solution B
NaOH $\longrightarrow Na^+ + OH^-$; $Ca(OH)_2 \longrightarrow Ca^{2+} + 2OH^-$
NaCl $\longrightarrow Na^+ + Cl^-$

$[Ca^{2+}] = \dfrac{C_2V_2}{V_1 + V_2 + V_3} = 8.10^{-4}$ mol.L^{-1} ; $[Cl^-] = \dfrac{C_3V_3}{V_1 + V_2 + V_3} = 4.10^{-4}$ mol.L^{-1}

Les ions Na^+ sont apportés par les solutions S_1 et S_3 ; par conséquent :

$[Na^+] = \dfrac{C_1V_1 + C_3V_3}{V_1 + V_2 + V_3} = 2.10^{-3}$ mol.L^{-1}

Relation d'électroneutralité : $[H_3O^+] + 2[Ca^{2+}] + [Na^+] = [Cl^-] + [OH^-]$
d'où $[OH^-] - [H_3O^+] = 2[Ca^{2+}] + [Na^+] - [Cl^-] = 3,2.10^{-3}$ mol.L^{-1}
En négligeant $[H_3O^+]$ devant $[OH^-]$ on a : $[OH^-] = 3,2.10^{-3}$ mol.L^{-1}

et $[H_3O^+] = \dfrac{10^{-14}}{[OH]} = 3,12.10^{-12}$ mol.L^{-1}

b) pH_B de la solution B : $pH_B = \log [H_3O^+] = 11,5$

Solution C_3-6

1) Masse m d'acide nitrique nécessaire $C_1 = \dfrac{n}{V_1}$ d'où $n = C_1V_1$

Comme $n = \dfrac{m}{M}$ on a : $\dfrac{m}{M} = C_1V_1$ d'où $m = C_1V_1M = 10\text{-}2 \times 1 \times 63 = 0,63$ g

2) a) L'équation bilan de la réaction s'écrit : $HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$

b) Calcul du pH de la solution. Soit C_2 la concentration de la solution ; on a :

$C_2 = \frac{n_{HCL}}{V_2}$ avec $n_{HCL} = \frac{V}{V_M}$ d'où $C_2 = \frac{n_{HCL}}{V_2} = \frac{V}{V_2 V_M} = \frac{0,960}{1 \times 24} = 4.10^{-2}$ mol.l^{-1}

L'acide chlorhydrique, monoacide fort, est totalement dissocié dans l'eau. On obtient autant de moles d'ions H_3O^+ qu'il y avait initialement de moles d'acide chlorhydrique. Il en résulte :

$C_2 = [HCl]_O = [H_3O^+]$ d'où pH = -log$[H_3O^+]$ = -logC_2

A.N. : pH = -log4.10^{-2} = 1,40

3) Calcul du pH du mélange des solutions S_1 et S_2.

Les espèces chimiques présentes dans le mélange S_3 sont : H_3O^+ ; OH^- ; NO_3^- ; H_2O

L'électroneutralité du mélange permet d'écrire :

$[H_3O^+] = [OH^-] + [NO_3^-] + [Cl^-]$

On a un mélange de deux solutions d'acides forts. Le mélange S_3 étant nettement acide, les ions OH^- sont ultraminoritaires : $[OH^-]$ est négligeable par rapport aux autres molarités.

On a alors : $[H_3O^+] = [NO_3^-] + [Cl^-]$

$[H_3O^+] = \frac{C_1V'_2}{V'_1 + V'} + \frac{C_2V'_2}{V'_1 + V'_2}$

$[H_3O^+] = 2,8.10^{-2}$ mol.L^{-1} d'où pH = -log $[H_3O^+]$ = 1,55.

4) * Calcul du volume V_{b_1} pour obtenir une solution de $pH_1 = 7$

Le mélange S_3 est considéré comme une solution de monoacide fort de concentration molaire $C_3 = [H_3O^+] = 2,8.10^{-2}$ mol.L^{-1}

La réaction se produisant entre le mélange S_3 et la solution de soude est considérée comme une réaction de neutralisation entre un monoacide fort et une monobase forte. Le pH_1 de la solution obtenue étant égal à 7, on est à l'équivalence :

On a alors : $C_2V'_3 = C_bV_{b_1}$ d'où $V_{b_1} = \frac{C_3V'_3}{C_b} = \frac{2,8.10^{-2} \times 10}{2.10^{-2}} = 14$ mL

* Calcul du volume V_{b_2} pour obtenir une solution de $pH_2 = 10$

$pH_2 = 10$ d'où $[H_3O^+] = 10^{-pH_2} = 10^{-10}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 10^{-4}$ mol.L^{-1}

La solution est basique. Si n est le nombre de moles d'ions OH^- dans la solution de volume $V'_3 + V_{b_2}$ on a :

$n = [OH^-].(V'_3 + V_{b_2}) = C_bV'_{b_2} - C_3V'_3$ soit $V_{b_2} = \frac{V'_3[OH^-] + C_3}{C_b - [OH^-]} = 14,12$ mL

Solution C_3-7

1- a) Calcul des concentrations dans S_1

$Mg(OH)_2 \longrightarrow Mg^{2+} + 2OH^-$; $2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

*Bilan des espèces : H_3O^+, OH^-, Mg^{2+}, H_2O

* $[H_3O^+] = 10^{-12}$mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 10^{-2}$ mol.L^{-1}

* $[Mg^{2+}] = \frac{[OH^-]}{2} = 5.10^{-3}$ molL^{-1}

b) Masse de $Mg(OH)_2$ dans V = 2L

$C_1 = \frac{m}{MV} \Rightarrow m = C_1MV_1 = [Mg^{2+}]$ x M.V = 0,58 g

2- a) Calcul des concentrations dans S_2

$HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$; $2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

Bilan des espèces : H_3O^+, OH^-, Cl^-, H_2O

- $[H_3O^+] = 10^{-3,7} = 2.10^{-4}$ molL^{-1} ; $[OH^-] = 5.10^{-11}$ molL^{-1}.
- $[Cl^-] \simeq [H_3O^+] = 2.10^{-4}$ molL^{-1}.

b)Volume v de HCl dans V = 500 mL

$$[Cl^-] = \frac{v}{V_o V} \Rightarrow v = [Cl^-]\, V_o V = C_2 V_o V = 2,4.10^{-3}\ L$$

3- a) Calcul des concentrations dans S'_2

$$C'_2 = \frac{C_2}{1000} = 2.10^{-7}\ molL^{-1}$$

$$R.E.N : [H_3O^+] = \frac{Ke}{[H_3O^+]} + [Cl^-] = \frac{Ke}{[H_3O^+]} + C'_2$$

On pose $[H_3O^+] = X \Rightarrow X^2 - C'_2 X - K_e = O$

$\Delta = C'^2_2 + 4 K_e = 810^{-14}$ $[H_3O^+] = 2,41.10^{-7}$ mol/L

$[OH^-] = 4,1410^{-8}$ molL^{-1} et $[Cl^-] = C'_2 = 2.10^{-7}$ molL^{-1}.

b) Calcul du pH de S'_2

$pH = - \log [H_3O^+] = 6,62 \simeq 6,6.$

4- a) Calcul de $[Mg^{2+}]$ et $[Cl^-]$ dans S_3

$Mg(OH)_2 \xrightarrow{eau} Mg^{2+} + 2OH^-$; $MgCl_2 \xrightarrow{eau} Mg^{2+} + 2Cl^-$

$HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$

$$* [Mg^{2+}] = \frac{C_1V+CV}{V_1+V_2+V} = 2,54.10^{-2}\ mol/L$$

$$* [Cl^-] = \frac{C_2V_2+2CV}{V_1+V_2+V} = 4,6.10^{-2}\ mol.L^{-1}$$

b) Nature de S_3

$n_{H_3O^+} = C_2V_2 = 8.10^{-5}$ mol

$n_{OH^-} = 2C_1V_1 = 6.10^{-3}$mol ; $n_{OH^-} > n_{H_3O^+} \Rightarrow S_3$ basique

c) Calcul du pH de S_3

$$[OH^-] = \frac{n_{OH^-} - n_{H_3O^+}}{V_1+V_2+V} = 4,55.10^{-3}\ molL^{-1}$$

$pH = 14 + \log [OH^-] = 11,7$

5) Calcul de V'_1 et V'_2

$$\begin{cases} V'_1+V'_2 = V' \\ \dfrac{2C_1V'_1 - C_2V'_2}{V'} = 10^{pH-14} \end{cases} \Rightarrow \begin{matrix} V'_1 = 98,8\ mL \\ V'_2 = 201,2\ mL \end{matrix}$$

Solution C_3-8

1) Calcul du pH de la solution S.

$[H_3O^+] = \dfrac{C_1V_1 + C_2V_2}{V_1 + V_2} = 2{,}8.10^{-2}$ mol.L^{-1} d'où pH = -log $[H_3O^+] \simeq 1{,}6$

2) La concentration des espèces chimiques dans S.

$HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$; $HNO_3 + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + NO_3^-$;

$2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

Bilan qualitatif : H_3O^+ ; OH^- ; Cl^- ; NO_3^- ; H_2O

Bilan quantitatif : $[Cl^-] = \dfrac{C_1V_1}{V_1 + V_2} = 2{,}4.10^{-2}$ mol.L^{-1} ;

$[NO_3^-] = \dfrac{C_2V_2}{V_1 + V_2} = 4.10^{-2}$ mol.L^{-1}

$[H_3O^+] = \dfrac{C_1V_1 + C_2V_2}{V_1 + V_2} = 2{,}8.10^{-2}$ mol.L^{-1} ;

$[OH^-] = \dfrac{K_e}{[H_3O^+]} \simeq 3{,}6.10^{-13}$ mol.L^{-1}

3) Le volume V_e d'eau à ajouter pour avoir S'

$C_1V_1 + C_2V_2 = n_{H_3O^+} = [H_3O^+](V_1 + V_2 + V_e)$ d'où

$V_e = \dfrac{C_1V_1 + C_2V_2}{V_1 + V_2} - (V_1 + V_2) = 180$ mL

4) Nature du mélange et justification

Dans S', on a : $n_{H_3O^+} = C_1V_1 + C_2V_2 = 2{,}8.10^{-3}$ mol

Dans la solution d'hydroxyde de sodium : $n_{OH^-} = C_bV_b = 10^{-3}$ mol

Le mélange est acide car : $n_{H_3O^+} > n_{OH^-}$

Le pH du mélange : $[H_3O^+] = \dfrac{n_{H_3O^+} - n_{OH^-}}{V_1+V_2+V_e+V_b} \simeq 5{,}45.10^{-3}$ mol.L^{-1} d'où pH $\simeq 2{,}3$.

Solution C_3-9

1) Démontrons la relation pH = 14 + log C

KOH $\xrightarrow{H_2O}$ $K^+ + OH^-$; Espèces présentes : H_3O^+, OH^-, K^+

KOH étant une base forte, on a $[K^+] = [OH^-] = C$

$Ke = [OH^-].[H_3O^+] = 10^{-14}$, $[H_3O^+] = \dfrac{10^{-14}}{[OH^-]} = \dfrac{10^{-14}}{C}$

$pH = -\log [H_3O^+] = \log \dfrac{10^{-14}}{C} = 14 + \log C$

Pour pH = 10, $\log C = 10^{-14} = -4$ d'où $C = 10^{-4}$ mol.L^{-1}

2) Masse m d'hydroxyde de potassium à dissoudre :

$m = n_{KOH}.M = MCV = 5{,}6.10^{-3}$ g

3) Soit m' la masse d'hydroxyde de potassium à ajouter pour avoir pH = 12.

$C' = [OH^-] = 10^{-2}$M.

$m + m' = MC'V$ d'où $m' = MC'V - m = 554.10^{-3}$ g

4) Désignons par : $V_1 = 1$ L le volume de la solution initiale de $pH_1 = 10$.
V_2 le volume de la solution de pH= 11 et de concentration C'
V le volume d'eau à éliminer.
On a alors $V=V_1- V_2$; or $C = \frac{n_1}{V_1} = \frac{n}{V_1}$ avec $C = 10^{pH_1-14}$ (1)
$C' = \frac{n_1}{V_2} = \frac{n}{V_2}$ avec $C' = 10^{pH_2-14}$ (2)
A partir de (1) et (2), on peut écrire :

$$\frac{C}{C'} = \frac{n}{V_1} \times \frac{V_2}{n} = \frac{V_2}{V_1} \quad \text{d'où } V_2 = V_1 \cdot \frac{C}{C'} = V_1 . 10^{pH_1-pH_2}$$

$V= V_1-V_2= V_1-V_1.10^{pH_1-pH_2}= V_1 (1-10^{pH_1-pH_2}) = 0,9$ L

Solution C_3-10

1- a) $pH = -\log [H_3O^+] = 1,5$ d'où $[H_3O^+] = 3,16.10^{-2}$ mol.L^{-1}
$[H_3O^+] = C_1$: l'acide est donc fort
b) $HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$; les espèces chimiques : H_3O^+, OH^-, Cl^-
$[H_3O^+] = [Cl^-] = C_1 = 3,16.10^{-2}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 3,16.10^{-13}$ mol.L^{-1}
c) Le volume v de chlorure d'hydrogène :
$C_1 = \frac{v}{V_M.V}$ d'où $v = C_1 \times V_M \times V = 0,38$L la réponse correcte est β)

d) Le volume V_e = d'eau à ajouter : $C_1V_1 = C_2V_2$ or $V_2 = V_1 + V_e$

d'où $V_e = V_1 (\frac{C_1}{C_2} - 1) = 100 (\frac{3,16.10^{-2}}{10^{-2}} - 1) = 216$ cm^3

2- a) $CaCl_2 \xrightarrow{H_2O} Ca^{2+} + 2Cl^-$

$[Ca^{2+}] = C_4 = \frac{m}{MV_4} = 7,2.10^{-2}$ mol.L^{-1}; $[Cl^-] = 2 [Ca^{2+}] = 1,44.10^{-1}$ mol.L^{-1}

b) L'électroneutralité : $2 [Ca^{2+}] + [H_3O^+] = [OH^-] + [Cl^-]$
or $[Cl^-] = 2 [Ca^{2+}]$ d'où $[H_3O^+] = [OH^-]$ alors S_4 est neutre .

3- a) On procède à une dilution de S_1. D'où

$$[H_3O^+] = \frac{C_1V_1}{V_1+V_4} = \frac{3,16.10^{-2} \times 100}{500} = 6,32.10^{-3} \text{ d'où } pH = 2,20$$

b) Les concentrations des ions dans le mélange
$[H_3O^+] = 6,3 \ldots 10^{-3}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 1,58.10^{-12}$ mol.L^{-1}

$$[Ca^{2+}] = \frac{C_4V_4}{V_1+V_4} = 5,77.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1};$$

$$[Cl^-] = \frac{C_1V_1 + 2C_4V_4}{V_1+V_4} = 1,22.10^{-1} \text{mol.L}^{-1}$$

SOLUTIONS DES EXERCICES PROPOSES SUR LES ACIDES ET LES BASES FAIBLES

Solution C 1

a) $C = \frac{P.\rho}{M} = 8,73$ mol.L^{-1} ; b) $V = \frac{C_1V_1}{C} = 5,7$ cm^3
d) $[H_3O^+] = 7,94.10^{-12}$ mol/L ; $[OH^-] = 1,26.10^{-3}$ mol/L ; $3,97.10^{-12}$ mol. d'ions

H_3O^+ ; $0{,}63.10^{-3}$ mol d'ion OH^- ; e) $pk_a = 9{,}2$

Solution C_4-2

2) $pk_{a_1} = 4{,}8$ et $k_{a_1} = 1{,}7.10^{-5}$; $pk_{a_2} = 2{,}9$ et $k_{a_2} = 1{,}3.10^{-3}$; $pk_{a_3} = 1{,}3$ et $k_{a3} = 5.10^{-2}$; $pk_{a_4} = 0{,}7$ et $k_{a_4} = 0{,}2$;

3) On a dans l'ordre croissant des forces A_1H, A_2H, A_3H, A_4H pour les acides.

Solution C_4-3

1) $C_o = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV}$ avec $p = \frac{m}{m'}$ et $m' = \rho V$ d'où $C_o = \frac{P.\rho}{M} = 20{,}52$ mol.L^{-1}

2) $C = \frac{C_o V}{V} = 1{,}03.10^{-1}$ mol.L^{-1}

3) $[H_3O^+] = 3{,}98.10^{-3}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 2{,}51.10^{-12}$ mol.L^{-1} ;
$[HCOO^-] = 3{,}98.10^{-3}$ mol.L^{-1} ; $[HCOOH] = 9{,}8.10^{-2}$ mol.L^{-1} $pk_a = 3{,}79 \simeq 3{,}8$

4) a) Montrer que la zone de virage est telle que $0{,}1 \leq \frac{[In^-]}{[Hin]} \leq 10$ ce qui conduit à $4{,}1 \leq pH \leq 6{,}1$ b) La solution S prendra la couleur rouge

Solution C_4-4

1) a) $[H_3O^+] = 10^{-5}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 10^{-9}$ mol.L^{-1}

b) $[Na^+] = \frac{C_B V_B}{V_A + V_B} = 6{,}66.10^{-2}$ mol.L^{-1} ; $[Cl^-] = \frac{C_A V_A}{V_A + V_B} = 3{,}33.10^{-2}$ mol.L^{-1}

c) $[CH_3COO^-] = 3{,}33.10^{-2}$ mol.L^{-1} ; $[CH_3COOH] = 3{,}33.10^{-2}$ mol.L^{-1} ; 3) $pk_a = 5$

Solution C_4-5

1) $C_o = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV} = \frac{49\ m'}{100\ MV} = \frac{49\ \rho V}{100\ MV} = \frac{49\ d\rho_e}{100\ MV} = 9$ mol.L^{-1}

2) a) $V_o = \frac{CV}{C_o} = 1$ mL ; Veau $= V - V_o = 229$ mL ; b) $pH = -\log 2C = 1{,}22$

3) a) $H_2SO_4 + H_2O \longrightarrow HSO_4^- + H_3O^+$

$HSO_4^- + H_2O \rightleftharpoons SO_4^{2-} + H_3O^+$

b) $[H_3O^+] = 3{,}8.10^{-2}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] << [H_3O^+]$

$2[SO_4^{2-}] + [OH^-]\ [HSO_4^-] = [H_3O^+]$ avec $[OH^-] << [H_3O^+]$

$C = [HSO_4^-] + [SO_4^{2-}]$. La résolution des deux dernières équations donnent :
$[SO_4^{2+}] = [H_3O^+] - C = 0{,}8.10^{-2}$ mol.L^{-1} ; $[HSO_4^-] = C - [SO_4^{2-}] = 22.10^{-2}$ mol.L^{-1}

c)On a le couple ion hydrogénosulfate/ ion sulfate HSO_4^-/SO_4^{2-}

$K_a = \frac{[H_3O^+].[SO_4^{2-}]}{[HSO_4^-]} = 1{,}38.10^{-2}$; $pk_a = 1{,}86$.

Solution C_4-6

1-a) Diluer 100 fois une solution signifie que le volume initial est multiplié par 100. Nous pouvons donc prélever 10 cm^3 d'acide benzoïque à l'aide d'une pipette jaugée à 10 cm^3 qu'on introduit dans une fiole jaugée à 1L. On complétera le volume à l'aide d'eau distillée.

b) On a :$[H_3O^+]_A = 10^{-3,1} = 7{,}94.10^{-4}$ mol.L^{-1} ;$[H_3O^+]_B = 10^{-4,1} = 7{,}94.10^{-5}$ mol.L^{-1}.
Si l'acide était fort, on aurait eu : $[H_3O^+]_B = 7{,}94.10^{-6}$ mol.L^{-1} (et pH = 5,1)

puisque A a été diluée 100 fois. Or on remarque ici qu'il y a eu augmentation du nombre d'ions hydronium. L'acide est donc faible.

c) L'équaton-bilan : $\varphi - COOH + H_2O \rightleftharpoons \varphi - COO^- + H_3O^+$

d) * Les espèces chimiques sont : $\varphi - COOH$; $\varphi - COO^-$; H_3O^+ ; OH^- ; H_2O

* $[H_3O^+] = 7,94.10^{-4}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 1,26.10^{-11}$ mol.L^{-1}

$[\varphi - COO^-] \simeq [H_3O^+] = 7,94.10^{-4}$ mol.L^{-1} ; $[\varphi COOH] = 9,21.10^{-3}$ mol.L^{-1}

* $pK_a = pH - \log \dfrac{[\varphi - COO^-]}{[\varphi - COOH]} = 4,2$

2- a) Si $pH = pK_a$ on a $\log \dfrac{[\varphi - COO^-]}{[\varphi - COOH]} = 0$ d'où $[\varphi - COO^-] = [\varphi - COOH]$.

Espèces chimiques présentes dans S_3 : H_3O^+ ; OH^- ; Na^+ ; $\varphi - COO^-$; $\varphi - COOH$; H_2O

R.E.N : $[\varphi - COO^-] + [OH^-] = [H_3O^+] + [Na^+]$ soit $[\varphi - COO^-] \simeq [Na^+] \simeq 0,01$ mol.L^{-1}

R.C.M : $[\varphi - COO^-] + [\varphi\text{-}COOH] = [\varphi - COO^-] + [\varphi\text{-}COOH]$

Soit $[Na^+] + [\varphi\text{-}COOH] = [Na^+] + [Na^+]$ (d'après ce qui précède)

Et par conséquent $[\varphi\text{-}COOH] \simeq [Na^+]$ donc $n_1 \simeq n_2$

b) Si $pH = pK_a$, on a une solution tampon, donc insensible à une dilution modérée.

Solution C_4-7

1- L'ion HCO_3^- est la base conjuguée de l'acide carbonique H_2CO_3

$$H_2CO_3 \rightleftharpoons H^+ + HCO_3^-$$

Mais c'est aussi un acide car il possède un proton mobile

$$HCO_3^- \rightleftharpoons H^+ + CO_3^{2-}$$

En solution aqueuse on a les équilibres

$$HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + OH^-$$

$$HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons CO_3^{2-} + H_3O^+$$

HCO_3^- est donc un ampholyte.

2- $pK_{a_1} < pK_{a_2}$, donc pK_{a_1} est le pK_a de l'acide le plus fort. Par ailleurs les deux acides à considérer sont HCO_3^- et H_2CO_3. H_2CO_3 est un diacide et la 1ère acidité est toujours plus fort que la seconde. On écrit donc : H_2CO_3 / HCO_3^- : $pK_{a_1} = 6,4$;

HCO_3^- / CO_3^{2-} : $pK_{a_2} = 9,9$

4- HCO_3^- comme acide agit sur HCO_3^- comme base. Par suite, l'équilibre considéré est un équilibre acide-base

$$HCO_3^- + HCO_3^- \rightleftharpoons H_2CO_3 + CO_3^{2-}$$

$$K = \frac{[H_2CO_3][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]^2} = \frac{[H_2CO_3]}{[HCO_3^-]} \times \frac{[CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]}$$

Or $K_{a_1} = \dfrac{[H_3O^+][HCO_3^-]}{[H_2CO_3]}$ et $K_{a_2} = \dfrac{[H_3O^+][CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]}$

On en déduit : $K = \dfrac{[H_3O^+]}{K_{a_1}} \times \dfrac{K_{a_2}}{[H_3O^+]} = \dfrac{K_{a_2}}{K_{a_1}}$ et $K \simeq 3,2.10^{-4}$

4- Lors de la dissolution de $NaHCO_3$ dans l'eau trois équilibres peuvent être envisagés :

(α) : $HCO_3^- + HCO_3^- \rightleftharpoons H_2CO_3 + CO_3^{2-}$

(β) : $HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons H_2CO_3 + OH^-$

(γ) : $HCO_3^- + H_2O \rightleftharpoons CO_3^{2-} + H_3O^+$

Des réactifs initialement dans l'eau (HCO_3^- et H_2O), l'acide le plus fort est HCO_3^- et la base la plus forte est HCO_3^- (H_2O est ampholyte faible). La réaction prédominante est celle traduite par (α). On néglige donc (β) et (γ). De l'équilibre (α), on tire : $[H_2CO_3] = [CO_3^{2-}]$

Ainsi à l'équilibre on a : $\frac{[H_2CO_3]}{[HCO_3^-]} = \frac{[CO_3^{2-}]}{[HCO_3^-]} = \sqrt{\frac{K_{a_2}}{K_{a_1}}} = 1,8.10^{-4}$

On en déduit que : $K_{a_1} K_{a_2} = [H_3O^+]^2$ soit $[H_3O^+] = \sqrt{K_{a_1} K_{a_2}}$ et

$pH = \frac{1}{2}(pK_{a_1} + pK_{a_2}) = 8,15$

Solution C$_4$-8

1) * Classification : B, A, C

* Justification : B est une base parce que se colorant en rouge violacé en présence de la phtaléine

A et C sont acides parce que orangé et rouge en présence de l'hélianthine. A est moins acide que C, parce que orangé alors que C est rouge dans les mêmes conditions.

On a aussi : $10 \leq pH_B \leq 12,1$; $pH_C \leq 3$; $3,1 \leq pH_A \leq 4,4$

2- Montrons que la concentration des solutions est $C = 10^{-2}$ mol.L^{-1}

$pK_a = pH - \log\frac{[A^-]}{[AH]}$ soit $\frac{[A^-]}{[AH]} = 10^{pH - pK_a}$ d'où $[AH] = [A^-]\,10^{pK_a - pH}$

R.C.M : $C = [AH] + [A^-] = [A^-](1 + 10^{pK_a - pH}) = 10^{-2}$ mol.L^{-1}

avec $[A^-] \approx [H_3O^+]$ (utilisant la R.E.N.)

3) a) Equation-bilan : $M + H_2O \rightleftharpoons MH^+ + OH^-$

b) Bilan quantitatif des espèces chimiques

$M + H_2O \rightleftharpoons MH^+ + OH^-$; $2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

Bilan qualitatif : H_3O^+ ; OH^- ; M ; MH^+ ; H_2O

$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 5.10^{-12}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 2.10^{-3}$ mol.L^{-1}

R.E.N : $[MH^+] + [H_3O^+] = [OH^-]$ d'où $[MH^+] \approx [OH^-] = 2.10^{-3}$ mol.L^{-1}

R.C.M : $C = [M] + [MH^+]$ d'où $[M] = C - [MH^+] = 8.10^{-3}$ mol.L^{-1}

* Calcul du pK_a (MH^+/M) : $pK_a = pH - \log\frac{[M]}{[MH^+]} \approx 10,7$

4) a) On a $pH \neq -\log C$; (ou $3,4 \neq 2$) d'où AH est un acide faible.

b) Calcul des concentrations molaires volumiques

$AH + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$; $2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

Espèces : H_3O^+ ; OH^- ; A^- ; AH ; H_2O

$[H_3O^+] = 10^{-3,4} \simeq 4.10^{-4}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 2,5.10^{-11}$ mol.L^{-1} ;

$[A^-] \simeq 4.10^{-4}$ mol/L

$[AH] = 9,6.10^{-3}$ mol.L^{-1}

* Vérifions que la valeur du pKa (AH/A$^-$) est 4,8

$$pK_a = pH - \log \frac{[A^-]}{[AH]} = 4,78 \simeq 4,8$$

5- Identification des solutions A, B et C

D'après le tableau on a :

A : $CH_3 - \overset{\overset{O}{\|}}{C} - OH$ acide éthanoïque

C : $CH_2Cl - \overset{\overset{O}{\|}}{C} - OH$ acide monochloroéthanoïque

B : $CH_3 - NH - CH_3$ diméthylamine

Solution C_4-9

1.- Calcul des concentrations

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$ $\quad 2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

Les espèces chimiques présentes sont : H_3O^+, OH^-, NH_4^+, NH_3

Le pH = 11,1 on trouve : $[H_3O^+] = 7,94.10^{-12}$mol.L^{-1},

$[OH^-] = 1,25.10^{-3}$ mol.L^{-1} $\quad [NH_4^+] \simeq [OH^-] = 1,25.10^{-3}$mol.L^{-1} et

$[NH_3] = C - [NH_4^+] = 9,87.10^{-2}$molL^{-1}.

Calcul du K_a $\quad K_a = \dfrac{[H_3O^+]\,[NH_3]}{[NH_4^+]} = 6,27.10^{-10}$

2.- a) $NH_4Cl \xrightarrow{\text{eau}} NH_4^+ + Cl^-$

En ajoutant à S_O des cristaux de chlorure d'ammonium, on apporte des ions NH_4^+ qui sont des ions acides. La solution devenant moins basique, son pH diminue : $pH_{S_1} < pH_{S_O}$.

b) Calcul de la quantité de chlorure d'ammonium introduit

$pH_{S_1} = pH_{S_O} - 1,3 = 9,8$.

Les espèces chimiques présentes dans S_1 sont : H_3O^+, OH^-, Cl^-, NH_4^+, NH_3

$[H_3O^+] = 1,58.10^{-10}$mol.L^{-1}, $[OH^-] = 6,3.10^{-5}$mol.L^{-1}, $[Cl^-] = \dfrac{m}{MV}$

L'électroneutralité impose : $[Cl^-] + [OH^-] = [H_3O^+] + [NH_4^+]$

$$\Rightarrow [NH_4^+] \simeq [Cl^-] + [OH^-] = \frac{m}{MV} + [OH^-] \text{ car } [H_3O^+] << [OH^-].$$

La conservation de la matière s'écrit : $\dfrac{m}{MV} + C = [NH_3] + [NH_4^+]$

$\Rightarrow [NH_3] = C - [OH^-]$

$$\text{On pose } K_a = \frac{[H_3O^+]\,(C - [OH^-]}{\frac{m}{MV} + [OH^-]} \Rightarrow m = MV\left(\frac{[H_3O^+]\,(C - [OH^-])}{Ka} - [OH^-]\right)$$

$M = 53,5\ g.mol^{-1}$ $m = 2,51.10^{-2}$. $M = 1,34\ g$.

Solution C_4-10

1) * a) Nature de la solution

$HCO_2N_a \xrightarrow{eau} HCO_2^- + N_a^+$; il y a libération de HCO_2^- capable de capter un proton. Donc la solution est basique.

* Equation de la réaction : $HCOO^- + H_2O \rightleftharpoons HCOOH + OH^-$

* Montrons si la réaction est totale ou limitée

On a : $K_r = \dfrac{[HCO_2H][OH^-]}{[H_2O][HCO_2^-]}$ or $K_{a_1} = \dfrac{[H_3O^+][OH^-]}{[H_2O]}$ et $k_{a_2} = \dfrac{[H_3O^+][HCO_2^-]}{[HCO_2H]}$

d'où $K_r = \dfrac{K_{a_1}}{K_{a_2}}$ soit $K_r = 10^{pka_2 - pka_1} = 10^{(3,8-14)} = 6,3.10^{-11}$

Conclusion : $K_r = 6,3.10^{-11} << 1$. La réaction est limitée

b) Voir 1-a)

2) $CH_3NH_2 + H_3O^+ \longrightarrow CH_3NH_3^+ + H_2O$

- Calcul de K_r : $K_r = \dfrac{K_{a_1}}{K_{a_2}} = 10^{pka_2} = 5,01.10^{10}$

$K_r >> 1$; la réaction est donc totale

- Oui, car la réaction est totale avec l'acide fort
- Non, le dosage est impossible avec la soude, car il n'y a pas de réaction.

SOLUTIONS DES EXERCICES SUR LES REACTIONS ENTRE UN ACIDE FORT ET UNE BASE FORTE

Solution C_5-1

a) $[H_3O^+] = 1,58.10^{-2}$ mol/L ; $[OH^-] = 6,3.10^{-13}$ mol/L ;

$[Cl^-] = \dfrac{C_1V_1}{V_1 + V_2} = 5.10^{-3}$ mol/L ; $[Br^-] = 1,08.10^{-2}$ mol/L (en utilisant la relation d'électroneutralité).

b) $\dfrac{CV_2}{V_1 + V_2} = [Br^-]$ d'où $C = 2.16.10^{-2}$ mol/L.

c) $C_bV_b = C_1V_1 + CV_2$ d'où $V_b = 15,8$ mL

Solution C_5-2

1) $C_a = \dfrac{n}{V}$ d'où $n = C_aV$ or $n = \dfrac{V_o}{V_M}$ donc $V_o = n.V_M = C_a VV_M = 0,112$ L

2) a) L'équivalence acido-basique représente un stade de la réaction acide –base au cours de laquelle le nombre de moles d'ions H_3O^+ apportés par la solution d'acide est égal au nombre de moles d'ions OH^- apportés par la solution basique.

b) Mode opératoire du dosage

On place la solution d'hydroxyde de sodium dans un bécher et on ajoute quelques gouttes d'un indicateur coloré approprié, le bleu de bromothymol par exemple. On met la solution d'acide chlorhydrique dans une burette.

On verse par petites quantités la solution d'acide chlorhydrique dans la solution d'hydroxyde de sodium et on agite le mélange obtenu. On arrête l'opération lorsqu'on constate le changement de couleur de l'indicateur coloré : on est à l'équivalence acido-basique.

c) $C_b = \frac{C_a V_a}{V_b} = \frac{5.10\text{-}2 \times 40}{20} = 0,1 \text{ mol/L}$.

3) $C_b = \frac{n}{V_a}$ d'où $n = C_b V'$; or $n = \frac{m}{M}$ donc $\frac{m}{M} = C_b V'$

d'où $m = MC_bV' = 40 \times 0,1 = 4g$.

SolutionC$_5$-3

1) Voir cours 2) $H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$

3) a) Construisez le graphique b) Les cordonnées du point d'équivalence sont :

$V_{bE} = 10 \text{ cm}^3$ et $pH_E = 7$; $C_a = \frac{C_b V_{bE}}{V_a V_b} = 0,01 \text{ mol.L}^{-1}$ avec $C_b = \frac{0,4}{40} = 0,01 \text{ mol/L}$

c) On a une solution neutre de chlorure de sodium.

4) Pour $V_b = 3 \text{ cm}^3$, le pH lu sur la courbe est égal à 2,1. On a alors

$[H_3O^+] = 7,94.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$; $[OH^-] = 1,25.10^{-12} \text{ mol.L}^{-1}$;

$[Na^+] = \frac{C_b V_b}{V_a + V_b} = 2,30.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$;

$[Cl^-] = \frac{C_a V_a}{V_a + V_b} = 7,69.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$

5) On va obtenir du chlorure de sodium.

$n_{NaCl} = n_{Na^+} = n_{Cl^-} \Rightarrow \frac{m}{M} = C_b V_{bE} = C_a V_a$ d'où $m = C_a V_a M = 5.85.10^{-4} \text{ g}$

6) a) L'indicateur le plus approprié est le bleu de bromothymol car sa zone de virage recouvre le pH à l'équivalence.

b) On doit arrêter le dosage et lire le volume équivalent dès le changement de couleur de l'indicateur coloré.

SolutionC$_5$-4

1) $H_2SO_4 + 2H_2O \longrightarrow 2H_3O^+ + SO_4^{2-}$; $KOH \longrightarrow K^+ + OH^-$

Les espèces présentes sont : H_3O^+ ; OH^- ; K^+ ; SO_4^{2-}

La relation d'électroneutralité donne

$[H_3O^+] + [K^+] = [OH^-] + 2[SO_4^{2-}]$ d'où $[H_3O^+] - [OH^-] = \frac{2C_1V_1 - C_2V_2}{V_1 + V_2} = 0,02 \text{ mol/L}$

< 0 donc $[OH^-] > [H_3O^+]$. En négligeant $[H_3O^+]$ par rapport à $OH^-]$

on a $[OH^-] = 0,02 \text{ mol.L}^{-1}$ et $pH_1 = 14 + \log [OH^-] = 12,3$

2) $[OH^-] - [H_3O^+] = \frac{C_2V_2 - 2C_1V_1}{V_1 + V_2 + V_{eau}}$; en négligeant $[H_3O^+]$ par rapport à $[OH^-]$ on a :

$[OH^-] = \frac{C_2V_2 - 2C_1V_1}{V_1 + V_2 + V_{eau}} = 0,012 \text{ mol/L}$ d'où $pH_2 = 14 + \log [OH^-] = 12,08$

3) a) La relation d'électroneutralité donne

$[H_3O^+] + [K^+] = 2 [SO_4^{2-}] + [Cl^-]$; $pH = 7 \Rightarrow H_3O^+] = [OH^-]$

donc $\frac{C_2V_2}{V} = \frac{2C_1V_1}{V} + \frac{C_aV_a}{V}$ d'où $V_a = \frac{C_2V_2 - 2C_1V_1}{C_a} = 120 \text{ cm}^3$

b) On a comme précédemment $\frac{C_2V_2}{V} = \frac{2C_1V_1}{V} + \frac{V}{V.V_M}$

d'où $v = V_M(C_2V_2 - 2C_1V_1) = 26,88\ cm^3$.

SolutionC$_6$-5

1) La relation entre m et pH

La concentration de la solution est $C = \frac{m}{MV} = \frac{m}{MV}$

($V_S = V$ en supposant qu'il n'y a pas variation de volume). Or V = 1L d'où $C = \frac{m}{V}$

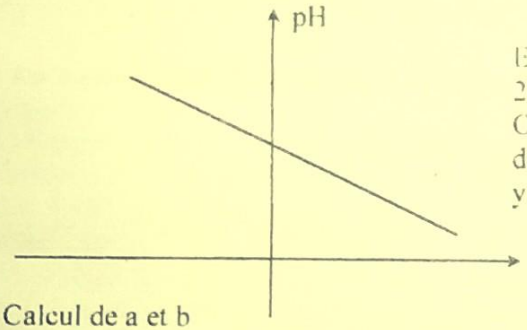
D'après les résultats du tableau, les solutions sont peu diluées

Ainsi on peut écrire $pH = -\log C = -\log \frac{m}{MV}$ soit $pH = -\log m + \log M$

2) Tracé du graphe : pH = f(log m) pour V = 1L

m(g)	0,032	0,13	0,5	1,6
PH	3,3	2,7	2,1	1,6
log m	-1,50	-0,90	-0,5	0,2

L'allure de la courbe est donnée ci-dessous ; la courbe est une droite.



Echelles : 3 cm pour l'unité de log m
2 cm pour l'unité de pH
On obtient après le tracé une droite affine de pente décroissante :
y = pH = a + b.log m

Calcul de a et b

a) représente l'ordonnée à l'origine de la droite. Sur la courbe, on trouve a = 1,8

b) représente la pente de la droite : $b = \frac{3,3 - 1,6}{-1,5 - 0,2} = -1$

La droite a pour équation : pH = 1,8 - log m

3) D'après l'équation (la relation entre m' et pH), on peut dire que a = log M = 1,8

La masse molaire est $M = 10^{1,8} = 63\ g.mol^{-1}$ qui est la masse molaire de l'acide nitrique de formule HNO_3.

4) a) Calcul du volume V_2

* Pour l'acide sulfurique : $[H_3O^+]_1 = \frac{n_1}{V_1} \Rightarrow n_1 = (H_3O^+]_1V_1 = 10^{-2,1}.V_1$

* Pour l'acide sulfurique : $[H_3O^+]_2 = \frac{n_1}{V_1} \Rightarrow n_2 = [H_3O^+]_2.V_2 = 10^{-3}.V_2$

* Pour le mélange : $[H_3O^+] = \frac{n_1 + n_2}{V_1 + V_2}$ $n_1 + n_2 = 10^{-2,5}(V_1 + V_2)$

On a : $10^{-2,1}V_1 + 10^{-3}V_2 = 10^{-2,5}(V_1 + V_2) \Rightarrow V_2 = V_1 \times \frac{10^{-2,5} - 10^{-2,1}}{10^{-3} - 10^{-2,5}} = 44,22\ mL$

b) A l'équivalence : $n_{H_3O^+} = n_{OH^-} \Rightarrow [H_3O^+] \times v = C_b V_b \Rightarrow V_b = v. \dfrac{[H_3O^+]}{C_b} = 10 = 0{,}63$

$V_b = 0{,}63$ mL.

SolutionC₅-6

1) $OH^- + H_3O^+ \longrightarrow 2H_2O$

2) $Mg(OH)_2$ est une dibase forte ; $pH = 14 + \log 2C_B$ d'où

$C_B = \dfrac{10^{-14+pH}}{2} = 2{,}5.10^{-3}$ mol.L^{-1}

3) Tracer la courbe 4) $E(V_{AE} = 10$ cm^3, $pH_E = 7)$;

$C_B = \dfrac{C_A V_{AE}}{2V_B} = 2{,}5.10^{-3}$ mol.L^{-1} ; les deux valeurs de C_B sont égales

5) a) Soit HA l'acide utilisé A l'équivalence, on a une solution neutre de

$(Mg^{2+} + 2A^-)$; MgA_2 est le composé X

$n_{MgA_2} = \dfrac{m}{M}$; $n_{Mg^{2+}} = C_B V_B$ or $n_{Mg^{2+}} = n_{MgA_2}$

d'où $\dfrac{m}{M} C_B V_B$ soit $M = \dfrac{m}{C_B V_B} = 148$ g = masse molaire du composé X

$M(MgA_2) = 24 + 2M(A) = 148$ d'où $M(A) = \dfrac{148 - 24}{2} = 62$

On a alors $M(AH) = M(A) + M(H) = 62 + 1 = 63$ g/mol

b) L'acide utilisé est l'acide nitrique

6) Le bleu bromothymol est l'indicateur approprié car le pH à l'équivalence est compris dans sa zone de virage.

7) a) Pour $V_A = 5$ cm^3 pH = 11,3 (à lire sur le tableau)

$[H_3O^+] = 5.10^{-12}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 2.10^{-3}$ mol.L^{-1} ;

$[Mg^{2+}] = \dfrac{C_B V_B}{V_A + V_B} = 2.10^{-3}$ mol.L^{-1} ; $[NO_3^-] = \dfrac{C_A V_A}{V_A + V_B} = 2.10^{-3}$ mol.L^{-1}

b) Pour $V'_A = 11$ cm^3, on lit sur le tableau pH = 3,5

$[H_3O^+] = 3{,}16.10^{-4}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 3{,}16.10^{-11}$ mol.L^{-1}

$[Mg^{2+}] = \dfrac{C_B V_B}{V'_A + V_B} = 1{,}6.10^{-3}$ mol.L^{-1} ; $[NO_3^-] = \dfrac{C_A V'_A}{V'_A + V_B} = 3{,}54.10^{-3}$ mol.L^{-1}

SolutionC₅-7

1- a) Le volume de S_o : $V_o = \dfrac{1000}{100} = 10$ mL

b) A l'aide d'une pipette jaugée de 10 mL, on prélève 10 mL de la solution S_o qu'on introduit dans une fiole jaugée de 1000 mL. On complète ensuite jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée. On agite afin d'homogénéiser la solution S_1 obtenue.

2- a)* L'équation-bilan : $H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$

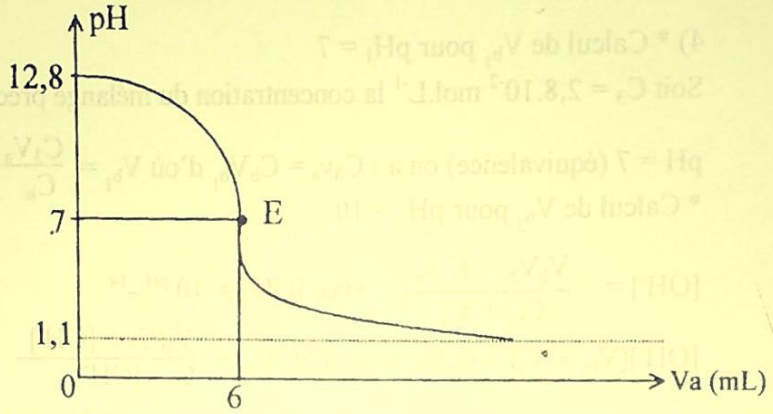
* A l'équivalence acido-basique, on a : $n_a = n_b$ soit $C_a V_a = C_1 V_1$

d'où $C_1 = \dfrac{C_a V_a}{V_1} = 0{,}06$ mol.L^{-1}.

* La solution obtenue à l'équivalence est une solution de chlorure de sodium.

$n_a = \dfrac{m}{M}$ d'où $m = n_a . M = C_a V_a . M = 0{,}1 \times 6.10^{-3} \times (35{,}5 + 23) = 3{,}51.10^{-2}$g

b) Allure de la courbe



$V_a = 0$ mL : $pH = 14 + \log C_1 = 12,8$
A l'équivalence : $V_{aE} = 6$ mL ; $pH_E = 7$
V_a très grand : $pH = -\log C_a = 1,1$
3- * Le pourcentage en masse d'hydroxyde de sodium dans S_o
Pour un volume V_o de S_o, on a :

$$C_1 = \frac{m_{NaOH}}{M V_o} \text{ or } m_{NaOH} = p.m = p \times \rho . V_o \text{ d'où } C_1 = \frac{p\rho}{M}$$

$$\text{et } p = \frac{C_1 M}{\rho} = \frac{6.10^{-2} \times 40}{1220} = 19,7\%$$

Ce pourcentage est très voisin de celui indiqué sur l'étiquette qui est de 20%.

Solution C_5-8

1) Supposer que la dissolution du chlorure d'hydrogène ne provoque pas de variation de volume de la solution et montrer que
$C = [HCl]_o = [H_3O^+] = 10^{-3}$ mol/L
Ainsi : $HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$
Avec $[H_3O^+] = 10^{-3}$ mol/L et $[Cl^-] = 10^{-3}$ mol/L = C
2) Il faut diluer 100 fois la solution, ce qui donne $V_e = 49,5$ L
3) $V_{AE} = 1$ L.

SolutionC_5-9

1) Masse d'acide nitrique : $m = C_1MV = 0,63$ g
2) a) Equation-bilan de la réaction : $HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$
b) Calcul du pH de la solution
Soit C_2 la concentration de l'acide chlorhydrique

$$C_2 = \frac{n}{V} = \frac{v}{V.V_M} = 0,04 \text{ mol.L}^{-1} ; pH = -\log[H_3O^+] = -\log C = 1,4$$

3) pH de la solution S_3
$HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$; $HNO_3 + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + NO^-_3$
D'après la relation d'électroneutralité : $[H_3O^+]. = [NO^-_3] + [OH^-] + [Cl^-]$.

Or $[OH^-] << [H_3O^+]$ d'où $[H_3O^+] = [NO^-_3] + [Cl^-] = \frac{C_1V_1 + C_2V_2}{V_1 + V_2} = 2,8 .10\text{-}2 \text{ mol.L}^{-1}$;
$pH = -\text{Log}[H_3O^+] = 1,55$

4) * Calcul de V_{b_1} pour $pH_1 = 7$

Soit $C_3 = 2{,}8.10^{-2}$ mol.L^{-1} la concentration du mélange précédent.

pH = 7 (équivalence) on a : $C_3v_a = C_bV_{b_1}$ d'où $V_{b_1} = \dfrac{C_3V_a}{C_b} = 14$ mL

* Calcul de V_{b_2} pour $pH_2 = 10$

$[OH^-] = \dfrac{V_bV_{b_2} - C_3v_a}{C_{b_2} + V_a}$ avec $[OH^-] = 10^{pH_2-14}$

$[OH^-](V_{b_2} + V_a) = C_bV_{b_2} - C_3v_a$ d'où $V_{b_2} = \dfrac{V_a(C_2 + [OH^-]}{C_b - [OH^-]} = 14{,}12$ mL.

SolutionC$_5$-10

1)Solution A, $pH_1 = -\log C_1 = 1{,}92$. Solution B, $pH_2 = -\log 2C_2 = 1{,}52$. Solution C, $pH_3 = -\log C_3 = 2$ avec $C_3 = 10^{-2}$ mol.L^{-1}. Solution D, $pH_4 = 14 + \log C_4 = 12{,}1$.Solution E, $pH_5 = 14 + \log C_5 = 12{,}1$ avec $C_5 = 1{,}3.10^{-2}$ mol.L^{-1}.

2)a) La solution S est acide.

b) Il faut verser la solution de soude.

c)v = 2,07 cm^3 ; Vs' = Vs + v = 62,07 cm^3.

SOLUTIONS DES EXERCICES PROPOSES SUR LES REACTIONS ACIDO-BASIQUES

Solution C$_6$-1

1) $C_9H_8O_4$; M = 180g/mol 2/b) acide faible à cause de l'allure de la courbe et du pH à l'équivalence. c) $C_9H_8O_4 + OH^- \longrightarrow H_2O + C_9H_7O_4^-$

d) E(V_b = 11 cm^3 ; pH = 8) ; $C_a = \dfrac{C_bV_b}{V_a} = 1{,}1.10^{-2}$ mol/L e) $pK_a = 3{,}5$

f) $n = C_aV_a = 2{,}75.10^{-3}$ mol ; m = nM = 0,495 g $\simeq$ 500 mg ;

g) $[H_3O^+] = 1{,}69.10^{-3}$ mol/L ; $[OH^-] = 5{,}9.10^{-12}$ mol/L ; $[A^-] = 1{,}69.10^{-3}$ mol/L ; $[AH] = C_a - [A^-] = 9{,}3.10^{-3}$ mol/L ;

$pK_a = 3{,}5$; h) Rouge de phénol et phénolphtaléine.

Solution C$_6$-2

2) E(V_E = 20 cm^3 et pH_E = 8,4) environ ; $C_A \simeq 8.10^{-2}$ mol/L ;

3) $[H_3O^+] = 2{,}5.10^{-9}$ mol/L ; $[OH^-] = 4.10^{-6}$ mol/L ; $[Na^+] = 5{,}7.10^{-2}$ mol/L ; $[A^-] = 5{,}7.10^{-2}$ mol.L^{-1} ; $[AH] = 4.10^{-6}$ mol.L^{-1} ; $pK_a = 4{,}7$.

4) Pour l'acide AH = $C_nH_{2n+1}COOH$; Pour le sel on a : ANa = $C_nH_{2n+1}COONa$.

Si M = 14n + 68 est la masse molaire du sel on a $n_{AH} = n_{ANa}$ d'où $C_aV_a = \dfrac{m}{M}$ donc $M = \dfrac{m}{C_aV_a} = 82$ g or M = 14n + 68 d'où n = 1 ; il s'agit de l'acide éthanoïque de formule CH_3COOH.

Solution C$_6$-3

1) a) $HCOOH + H_2O \rightleftharpoons HCOO^- + H_3O^+$. ion méthanoate $HCOO^-$

b) Le rapport est $7{,}94.10^{-2}$; $[H_3O^+] = 2.10^{-3}$ mol/L ; $[OH^-] = 5.10^{-12}$ mol/L ; $[HCOO^-] \simeq 2.10^{-3}$ mol/L.

2) a) $HCOOH + OH^- \longrightarrow HCOO^- + H_2O$ b) $m = 5{,}1.10^{-1}$ g.

Solution C_6-4

2) b) $pH_E = 8{,}4$ et $V_{BE} = 9{,}9$ cm^3 c) $C_A V_A = 2C_B V_{BE}$ d'où $C_A \simeq 4.10^{-2}$ mol.L^{-1}

3) a) A la demi-équivalence $pH = pK_a = 4{,}7$ d'où $K_A = 1{,}99.10^{-5}$

b) acide éthanoïque c) le pH tend vers 13,3 qui est le pH de la solution basique ($pH = 14 + \log 2C_B = 13{,}3$).

Solution C_6-5

1) Un indicateur coloré est une solution d'acide faible ou de base faible dont les formes conjuguées acide et basique ont des couleurs différentes ; on peut dire aussi que c'est une substance dont la couleur dépend du pH du milieu dans lequel elle se trouve.

. Si $pH < 7{,}2$ on a $[I_A] > [I_B]$; la forme acide prédomine et le rouge de crésol (ou la solution) prend la teinte jaune.

. Si $pH > 8{,}8$ on a $[I_A] < [I_B]$; la forme basique prédomine et le rouge de crésol prend dans la solution la teinte rouge.

. Si $7{,}2 \leq pH \leq 8{,}8$ on a $[I_A] \simeq [I_B]$ le rouge de crésol prend la teinte orange.

2/ b) Le graphe va tendre vers 1 qui est le pH de la solution acide.

c) $C_b = \dfrac{C_a V_{aE}}{V_b} = 6.10^{-2}$ mol/L. d) $C_2H_5NH_2 + H_3O^+ \longrightarrow C_2H_5NH_3^+ + H_2O$

A la demi-équivalence $pH = pK_a = 10{,}8$ d'où $K_a = 1{,}6.10^{-11}$.

3/ a) Au début du virage $pH_1 = 8{,}8$ et $V_1 = 8{,}7$ mL environ ; à la fin du virage pour $pH_2 = 7{,}2$, on a environ $V_2 = 8{,}9$ mL (détermination graphique).

b) $\dfrac{\Delta V_1}{V_{aE}} = \dfrac{V_{aE} - V_1}{V_{aE}} = 3\ \%$; $\dfrac{\Delta V_2}{V_{aE}} = 1\ \%$ c) Il faut arrêter le dosage dès l'apparition du jaune c'est-à-dire à la fin du virage.

Solution C_6-6

1/ a) $C_6H_5\text{-}COOH + OH^- \longrightarrow C_6H_5\text{-}COO^- + H_2O$ c) $C_a = \dfrac{C_b V_b}{V} = 0{,}12$ mol/L

2/ a) $C_6H_5\text{-}COO^- + H_3O^+ \longrightarrow C_6H_5COOH + H_2O$ b) le pH tend vers 1 qui est le pH de la solution d'acide chlorhydrique c) $C_b = \dfrac{0{,}1 \times 8}{10} = 0{,}08$ mol/L

3/ a) H_3O^+, OH^-, K^+, $C_6H_5\text{-}COO^-$, C_6H_5COOH b) $[H_3O^+] = 10^{-4}$ mol/L ; $[OH^-] = 10^{-10}$ mol/L ; $[K^+] = 0{,}08$ mol/L ;

$[C_6H_5COO^-] = [K^+] + [H_3O^+] - [OH^-] = 0{,}08$ mol/L ;

$[C_6H_5COOH] = C_a + C_b - [C_6H_5COO^-] = 0{,}12$ mol/L ; c) $pK_a = 4{,}17$

Solution C_6-7

2/ a) La mesure aberrante est 12,1. On doit avoir 10,9 pour v = 13 mL. L'une des erreurs possibles est la mauvaise lecture ou la lecture sans avoir rendu le mélange homogène. b) Tracer les courbes :

3/ a) La courbe $pH_1 = f(v)$ correspond au dosage de la solution du bécher A car à l'équivalence pH = 7 ; la courbe $pH_2 = f(v)$ correspond au dosage de la solution du bécher B car le pH à l'équivalence est supérieur à 7 (on peut aussi dire que la

courbe présente deux points d'inflexion). b) $C_A = \frac{C_b V_{1E}}{V_A} = 10^{-2}$ mol.L^{-1}

$C_B = \frac{C_b V_{2E}}{V_B} = 10^{-2}$ mol.L^{-1}. $pK_a = 4,8$ (à lire à la demi-équivalence pour $V_2 = 5$ mL) ; 4) a) faux b) juste.

Solution C$_6$-8

1) $HIn + H_2O \rightleftharpoons In^- + H_3O^+$

2) La solution est jaune si $[HIn] > 10\,[In^-]$ soit $\frac{[In^-]}{[HIn]} < \frac{1}{10}$

$\log \frac{[In^-]}{[HIn]} > \log \frac{1}{10} \Rightarrow pH - pK_a < \log \frac{1}{10}$ soit $pH < pka + \log \frac{1}{10}$; A.N : $pH < 3,8$

La solution est rouge si $4\,[HIn] < [In^-]$ soit $\frac{[In^-]}{[HIn]} > 4$

$\log \frac{[In^-]}{[HIn]} > \log 4$ or $\log \frac{[In^-]}{[HIn]} = pH - pka$

d'où $pH - pKa > \log 4$ soit $pH > pka + \log 4$. A.N. : $pH > 5,4$

En résumé, la solution est jaune si $pH = 3,8$ et rouge si $pH = 5,4$

Les valeurs du pH délimitant la zone de virage sont donc 3,8 et 5,4.

3/ a) Il s'agit du dosage d'une dibase forte par un monoacide fort.

A l'équivalence $2C_bV_b = C_aV_{aE} =$ d'où $V_{aE} = \frac{2C_bV_b}{C_a} = 20$ cm^3

b) Au début du virage $pH_1 = 5,4$ pour un volume V_1 d'acide versé. La relation d'électroneutralité s'écrit.

$[H_3O^+] + 2[Ca^{2+}] = [OH^-] + [Cl^-]$ avec $[Ca^{2+}] = \frac{C_bV_b}{V_b + V_1}$ et $[Cl^-] = \frac{C_aV_1}{V_b + V_1}$

En négligeant $[OH^-]$ devant $[H_3O^+]$ on a :

$\frac{2C_bV_b}{V_b + V_1} + [H_3O^+] = \frac{C_aV_1}{V_b + V_1}$

d'où $V_1 = \frac{V_b(2C_b + [H_3O^+])}{C_a - [H_3O^+]} = \frac{V_b(2C_b + 10^{-pH_1})}{C_a - 10^{-pH_1}} = 20$ cm^3

c) A la fin du virage $pH_2 = 3,8$ pour un volume V_2 d'acide versé

On a comme précédemment $V_2 = \frac{V_b(2C_b + [H_3O^+])}{C_a - [H_3O^+]} = \frac{V_b(2C_b + 10^{-pH_2})}{C_a - 10^{-pH_1}} = 20,32$ cm^3

d) Pour ce dosage avec le vert de bromocrésol, on doit arrêter d'ajouter de l'acide chlorhydrique au début du virage car on a $V_{aE} \simeq V_1$

4/ a) Masse m_o d'hydroxyde de sodium à ajouter.

Lorsqu'on dose l'acide, le début du virage est observé à $pH = 3,8$.

L'équation de la réaction entre l'acide éthanoïque et la soude est :

$CH_3COOH + Na^+ + OH^- \longrightarrow CH_3COO^- + Na^+ + H_2O$

Les espèces présentes sont : H_3O^+, OH^-, Na^+, CH_3COO^-, CH_3COOH, H_2O

$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-3,8} = 1,58.10^{-4}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 10^{-14 + pH} = 6,31.10^{-11}$ mol.L^{-1} ;

$[Na^+] = \frac{m_o}{MV}$

La relation d'électroneutralité s'écrit :

$[H_3O^+] + [Na^+] = [OH^-] + [CH_3COO^-]$ avec $[OH^-] << [H_3O^+]$

On a alors $[CH_3COO^-] = [Na^+] + [H_3O^+] = \frac{m_o}{MV} + [H_3O^+]$

La relation de conversation de la matière donne :

$C_1 = [CH_3COO^-] + [CH_3COOH]$ d'où $[CH_3COO^-] = C_1 - [CH_3COOH]$

Soit $[CH_3COOH] = C_1 - \frac{m_o}{MV} - [H_3O^+]$

$$K_a = \frac{[CH_3COO^-].[H_3O^+]}{[CH_3COOH]} = \frac{[H_3O^+](m_o/MV + [H_3O^+]}{C_1 - m_o/MV - [H_3O^+]}$$

$$\text{d'où } m_o = \frac{MV\,(K_aC_1 - K_a[H_3O^+] - [H_3O^+]^2}{K_a + [H_3O^+]} = 0{,}1786 \text{ g} = 178{,}6 \text{ mg}$$

b) Masse à verser pour atteindre l'équivalence

A l'équivalence $n_{CH_3COOH} = n_{NaOH}$

$C_1V = \frac{m}{M}$ d'où $m = C_1VM = 10^{-1} \times 0{,}5 \times 40 = 2$ g.

Solution C_6-9

1) $V_i = \frac{C_aV_a}{C} = 5$ cm^3 ; prélever 5 cm^3 de la solution à l'aide d'une pipette ; verser cette solution dans une fiole jaugée de 100 cm^3 et compléter avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge.

2) c) $C_b = \frac{C_aV_{aE}}{C_b} = 0{,}1$ mol/L ; e) $C_2H_5NH_3^+$ ion éthylammonium.

3) $[H_3O^+] = 5.10^{-11}$ mol/L;

$[OH^-] = 2.10^{-4}$ mol/L; $[Cl^-] = \frac{C_aV_a}{V_aV_b} = 3.10^{-2}$ mol/L; $[C_2H_5NH_3^+] = 3{,}02.10^{-2}$ mol/L;

$[C_2H_5NH_2] = \frac{C_bV_b}{V_aV_b} - [C_2H_5NH_3^+] = 9{,}8.10^{-2}$ mol/L ; $pK_a = 10{,}78$

4) Lorsqu'on ajoute une base ou un acide en quantité modérée (quelques cm^3) à la solution, son pH ne varie pratiquement pas. Lorsqu'on dilué la solution de façon modérée ; son pH ne varie pas.

Solution C_6-10

1) $m = C_1VM = 0{,}2$g : $pH = 14 + \log C_1 = 12$ 2- a) $H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$

b) $V_2 = 20$ mL 3- a) $pH = 7$ b) $[OH^-] = 5.10^{-3}$ mol/L; $pH = 14 + \log[OH^-] = 11{,}7$

4- a) $CH_3COOH + OH^- \longrightarrow CH_3COO^- + H_2O$ b) $[H_3O^+] = 1{,}58.10^{-5}$ mol/L;

$[OH^-] = 6{,}3.10^{-10}$ mol/L; $[Na^+] = \frac{C_1V_1}{V} = 2.10^{-3}$ mol/L

$[CH_3COO^-] = [H_3O^+] + [Na^+] - [OH^-] = 2.10^{-3}$ mol/L

$[CH_3COOH] = \frac{C_4V_4}{V} - [CH_3COO^-] = 2.10^{-3}$ mol/L; majoritaires (Na^+, CH_3COO^-,

CH_3COOH); minoritaire (H_3O^+); ultraminoritaire (OH^-) c) Solution tampon : pH insensible à une dilution modérée et très peu sensible à une addition d'acide ou de base en faible quantité.

Solution C_6-11

1- $HCO_2Na \longrightarrow HCO^-_2 + Na^+$; $HCO^-_2 + H_2O \rightleftharpoons HCO_2H + OH^-$;
$2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

Les espèces chimiques présentes : H_3O^+, OH^-, Na^+, HCO^-_2, HCO_2H , H_2O

$[H_3O^+] = 4{,}10^{-9}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 2{,}5.10^{-6}$ mol.L^{-1} ; $[Na^+] = C = 10^{-1}$ mol.L^{-1} ;

$[HCO^-_2] \simeq 10^{-1}$ mol.L^{-1} ; $[HCO_2H] = [OH^-] = 2{,}5.10^{-6}$ mol.L^{-1}

$$K_A = \frac{[H_3O^+]\,[HCO^-_2]}{[HCO_2H]} = 1{,}58.10^{-4} ; pK_A = -\log K_A = 3{,}8$$

2- On a un mélange équimolaire ($C_1V_1 = C_2V_2$) d'acide faible et de sa base conjuguée. Alors $pH = pK_A$ (HCO_2H / HCO^-_2) = 3,8. La bonne réponse est b)

3- •Les espèces chimiques présentes dans le mélange :
H_3O^+, OH^-, Na^+, HCO^-_2, HCO_2H, H_2O

$[H_3O^+] = 7{,}94.10^{-5}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 1{,}26.10^{-10}$ mol.L^{-1} ; $[Na^+] = \dfrac{C.x}{V+x}$

R.E.N : $[Na^+] + [H_3O^+] = [HCO^-_2] + [OH^-]$ d'où $[HCO^-_2] \simeq [Na^+] = \dfrac{C.x}{V+x}$

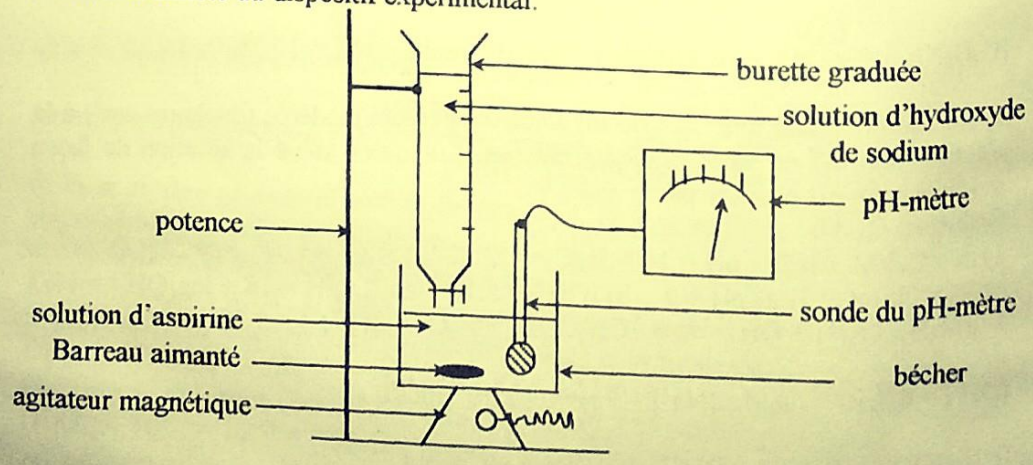
R.C.M : $[HCO^-_2]_i + [HCO_2H]_i = [HCO_2H] + [OH^-]$ d'où $[HCO_2H] = \dfrac{C.V}{V+x}$

- La valeur de x

$$K_A = \frac{[H_3O^+]\,[HCO^-_2]}{[HCO_2H]} = \frac{[H_3O^+].x}{V} \quad \text{d'où } x = \frac{K_A.V}{[H_3O^+]} = 19{,}89 \text{ mL.}$$

Solution C_6-12

1- Schéma annoté du dispositif expérimental.



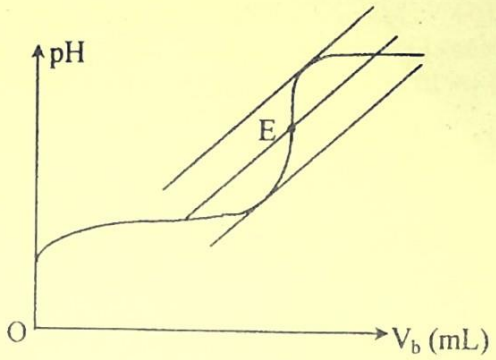
2/ a) Equation-bilan : $AH + OH^- \longrightarrow H_2O + A^-$

b) Courbe : $pH = f(V_b)$

c) Point d'équivalence :
E (11,05 mL ; 7,5)
d) Calcul de la masse m
A l'équivalence acido-basique, on a :

$C_aV_a = C_bV_{bE}$ or $C_a = \frac{m}{MV_e}$

d'où $m = \frac{M.C_b.V_e.V_{bE}}{V_a}$;



$m = \frac{180 \times 10^{-1} \times 11,05.10^{-3} \times 0,5}{0,2}$ $= 497,25.10^{-3}$ g soit m = 497 mg

3/ a) pH_E au point d'équivalence et les pH pour une variation de volume de 0,1 mL.
On a : $pH_E = 7,5$. Graphiquement on a :
pour $V_{b_1} = 11,05 - 0,1 = 10,95$ mL ; $pH_1 = 6,7$
pour $V_{b_2} = 11,05 + 0,1 = 11,15$ mL ; $pH_2 = 9,2$
b) Détermination de pH_I et les pH pour une variation de 0,1 mL.
On a : $pH_I = 3,65$ d'où
pour $V_{b_3} = 5,5 - 0,1 = 5,4$ mL ; $pH_3 = 3,65$
pour $V_{b_4} = 5,5 + 0,1 = 5,6$ mL ; $pH_4 = 3,65$
c) Nature de la solution du point I : C'est une solution tampon.
d) On doit conseiller au malade "l'aspirine 500" tamponnée, parce qu'elle n'augmente pas l'acidité de l'estomac.

Solution C_6-13

1) a) Attribution des pH et justification
E : $pH = -\log C = 2,0$ car monoacide fort à 25°C (10^{-6} mol.L^{-1} ≤ C < 10^{-1} mol.L^{-1})
D : pH = 7,0 ; solution neutre à 25° C
C : $pH = 14 + \log C = 12,0$ car monobase forte à 25°C
A : pH = 2,9 ; monoacide faible donc pH < 7 et pH ≠ -logC
B : pH = 7,9 ; monobase faible donc pH > 7 et pH ≠ 14 + logC.
b) Calcul des concentrations des espèces chimiques dans la solution A

$HCO_2H + H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + HCO_2^-$; $2H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + OH^-$

Espèces chimiques : H_3O^+ ; OH^- ; HCO_2^- ; HCO_2H ; H_2O
$[H_3O^+] = 10^{-2,9} = 1,26.10^{-3}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 10^{-14+2,9} = 7,94.10^{-12}$ mol.L^{-1}
R.E.N. : $[HCO_2^-] + [OH^-] = [H_3O^+]$ d'où $[HCO_2^-] \simeq [H_3O^+] = 1,26.10^{-3}$ mol.L^{-1} car $[OH^-] << [H_3O^+]$
R.C.M : $C = [HCO_2^-] + [HCO_2H]$ d'où
$[HCO_2H] = C - [HCO_2^-] = 8,74.10^{-3}$ mol.L^{-1}
* Calcul du pK_a du couple HCO_2H/HCO_2^- : $pK_a = pH - \log \frac{[HCO_2^-]}{[HCO_2H]} \simeq 4,4$
2) Calcul des concentrations dans la solution F

$HCO_2N_a \xrightarrow{eau} N_a^+ + HCO_2^-$; $HCO_2^- + H_2O \rightleftarrows HCO_2H + OH^-$

$HCO_2H + H_2O \rightleftarrows HCO_2^- + H_3O^+$; $2H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + OH^-$

Espèces chimiques en solution : H_3O^+ ; OH^- ; N_a+ ; HCO_2^- ; HCO_2H ; H_2O

$[H_3O^+] = 10^{-3,75} = 1,78.10^{-4}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 10^{-14+3,75} = 5,62.10^{-11}$ mol.L^{-1}

$$[N_a^+] = \frac{C_b V_B}{V_A V_B} = \frac{10^{-2} \times 20}{40} = 5.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

R.E.N : $[HCO_2^-] + [OH^-] = [N_a^+] + [H_3O^+]$ d'où

$[HCO_2^-] = [N_a^+] + [H_3O^+] - [OH^-] \simeq 5,18.10^{-3}$ mol.L^{-1}

R.Ç.M : $\dfrac{CV_a + CV_b}{V_a + V_b} = [HCO_2^-] + [HCO_2H] = C$ d'où

$[HCO_2H] = C - [HCO_2^-] \simeq 4,82.10^{-3}$ mol.L^{-1}

3) a) C'est une réaction acido-basique d'équation bilan :

$HCO_2H + OH^- \longrightarrow H_2O + HCO_2^-$

b) Volume V_C à verser

Espèces chimiques : H_3O^+ ; OH^- ; N_a^+ ; HCO_2^- ; HCO_2H ; H_2O

$[H_3O^+] = 1,78.10^{-4}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 5,64.10^{-11}$ mol.L^{-1} ; $[Na^+] = \dfrac{CV_C}{V_C + V_A}$

R.E.N : $[HCO_2^-] = [N_a^+] + [H_3O^+] - [OH^-] \simeq \dfrac{CV_C}{V_C + V_A} + 1,78.10^{-4}$

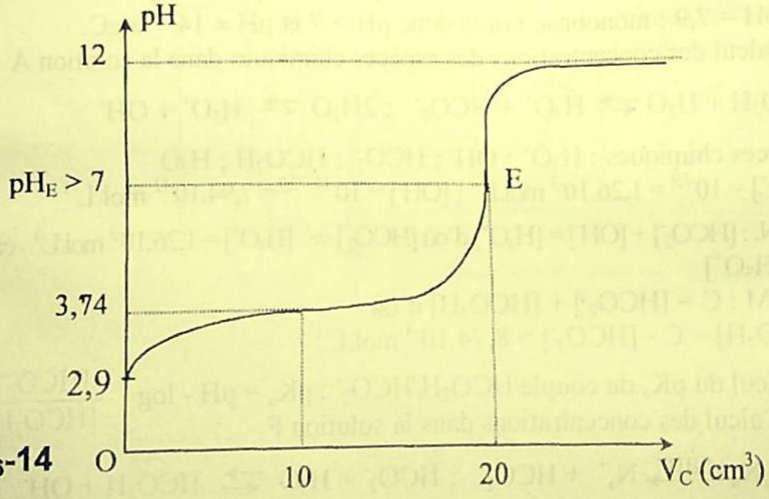
R.C.M : $\dfrac{CV_C}{V_C + V_A} = [HCO_2^-] + [HCO_2H]$

d'où $[HCO_2H] \simeq \dfrac{C(V_A - V_C)}{V_C + V_A} - 1,78.10^{-4}$

$$r = \frac{[HCO_2^-]}{[HCO_2H]} = \frac{CV_C + 1,78.10^{-4}(V_C + V_A)}{C(V_A - V_C) - 1,78.10^{-4}(V_A + V_C)} = 10^{pH - pKa} \simeq 1,02$$

On trouve : Vc $\simeq$ 9,6 cm^3 avec V_A = 20 cm^3

c) Allure de la courbe pH = f(V_C)



Solution C$_6$-14

1) Propriétés

- pH insensible à une dilution modérée
- pH peu sensible à un ajout modéré d'acide ou de base

2) a) Combinaisons possibles : (S_3, S_4) et (S_3, S_6)

b) Volumes à mélanger

- Pour (S_3, S_4)

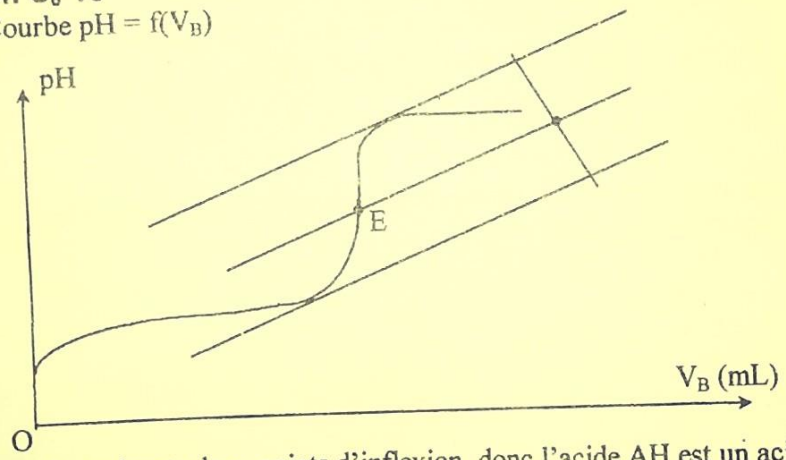
$C_3V_3 = 2\,C_4V_4$ et $V_3 + V_4 = V$ d'où $V_4 = 178{,}57$ mL et $V_3 = 71{,}43$ mL

- Pour (S_3, S_6)

$C_3V_3 = C_6V_6$ et $V_3 + V_6 = V$ d'où $V_6 = 156{,}25$ mL et $V_3 = 93{,}75$ mL

Solution C6-15

1) a) Courbe $pH = f(V_B)$



b) La courbe présente deux points d'inflexion, donc l'acide AH est un acide faible.

c) Graphiquement, par la méthode des tangentes on a : $E(V_{bE} = 20{,}3\ ;\ pH_E = 8{,}35)$

$pH_E > 7$ donc AH est un monoacide faible

d) Graphiquement, pour $V_b = \frac{V_{bE}}{2} = 10{,}15$ mL on a pH = 4,2 d'où $pK_a(AH/A^-) = 4{,}2$

Alors $K_a = 10^{-pKa} = 6{,}3.10^{-5}$; AH est l'acide monophényléthanoïque de formule $C_6H_5 - CH_2 - COOH$

2) a) Calcul de C_a

A l'équivalence acido-basique : $C_aV_a = C_bV_b$ d'où $C_a = \frac{C_bV_b}{C_a} = 1{,}015.10^{-1}$ mol.L^{-1}

b) Calcul des concentrations

$AH + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$; $2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

Bilan qualitatif : AH ; A^- ; H_3O^+ ; OH^-

$pH_i = 2{,}65$ d'où $[H_3O^+] = 10^{-pHi} = 2{,}2.10^{-3}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 4{,}5.10^{-12}$ mol.L^{-1}

R.E.N : $[A^-] + [OH^-] = [H_3O^+]$ d'où $[A^-] = [H_3O^+] - [OH^-] \simeq 2{,}2.10^{-3}$ mol.L^{-1}

R.C.M : $C_a = [A^-] + [AH]$ d'où $[AH] \simeq 9{,}9.10^{-3}$ mol.L^{-1}

* $pK_a = pH - \log \frac{[A^-]}{[AH]} = 4{,}3$

Conclusion : la valeur de pK_a calculée est celle déterminée graphiquement.

SOLUTIONS DES EXERCICES SUR LA STEREOCHIMIE

Solution E_1

a) et b) : isomères de fonction ; c) : isomères de chaîne

d) et e) : isomères de position du groupe fonctionnel.

Solution E_2

1) - Formules semi-développées des alcènes de formule brute C_4H_8 :

$a_1 : CH_3-CH_2-CH=CH_2$; $a_2 : CH_3-CH=CH-CH_2-CH_3$

$a_3 : CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}}=CH_2$

- Formules semi-développées des alcènes de formule brute C_5H_{10} :

$b_1 : CH_2=CH-CH_2-CH_2-CH_3$; $b_2 : CH_3-CH=CH-CH_2-CH_3$

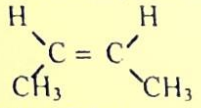
$b_3 : CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}}=CH_2$; $b_4 : CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}-CH=CH_2$

$b_5 : CH_3-CH=\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{C}}-CH_3$

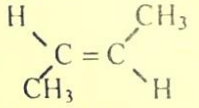
2) Les isomères présentant une stéréoisomérie de type Z-E sont : a_2 et b_2.

3) Formules semi-développées et noms des stéréoisomères

Pour a_2 :

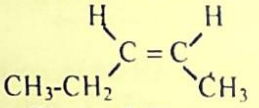


(Z)-but-2-ène

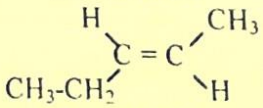


(E)-but-2-ène

Pour b_2 :



(Z)-pent-2-ène



(E)-pent-2-ène

Solution E_3

1)

- pentane : $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-CH_3$
- 2,2-diméthylpentane : $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{\underset{\displaystyle |}{C}}}}-CH_2-CH_2-CH_3$
- 2,2-diméthylpropane : $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{\underset{\displaystyle |}{C}}}}-CH_3$
- 2-méthylbutane : $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}-CH_2-CH_3$
- 3,3-diméthylpentane : $CH_3-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{\underset{\displaystyle |}{C}}}}-CH_2-CH_3$
- 2,3-diméthylpentane : $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}-CH_2-CH_3$
- 2,4-diméthylpentane : $CH_3-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}-CH_2-\underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle |}{CH}}-CH_3$

3) Seul le 2,3-diméthylpentane possède un carbone asymétrique.

Solution E_4

1) Pour distinguer deux énantiomères, on considère l'action d'une solution de chacun d'eux sur la lumière polarisée rectilignement.
2) Une substance est dextrogyre, lorsqu'elle provoque la rotation du plan de la lumière polarisée rectilignement vers la droite de l'observateur.

Une substance est lévogyre, lorsqu'elle provoque la rotation du plan de la lumière polarisée rectilignement vers la gauche de l'observateur.

3) Voir cours ; 4) Voir cours ; 5) On appelle mélange racémique, un mélange de quantités égales de deux énantiomères.

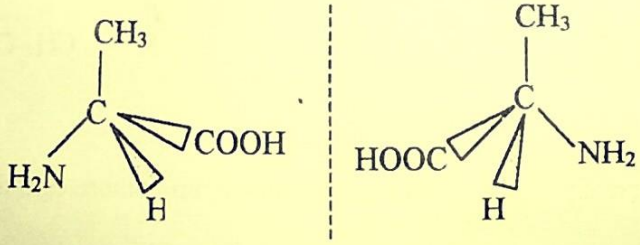
Le pouvoir rotatoire d'une solution est une propriété additive. La rotation du plan de polarisation de la lumière est la résultante de toutes les rotations imposées par les différentes molécules possédant un pouvoir rotatoire présentes dans la solution. Voilà pourquoi le mélange racémique n'a pas d'activité optique ou a un pouvoir rotatoire nul.

Solution E_5

1) On écrit $C_nH_{2n+1} - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH} - COOH$. La formule brute générale ($C_nH_{2n+1}O_2N$)
2) On a : $M(A) = 14n + 32 + 14 + 1 = 89 \Rightarrow n = 3$

La formule semi-développée de A : $CH_3 - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH} - COOH$

3) Après décarboxylation, on trouve B : $CH_3 - CH_2 - NH_2$
4) B ne possède pas de carbone asymétrique, alors que A en possède. Par conséquent A est une molécule chirale et possède deux énantiomères que l'on représente de la façon suivante :



5) Concentration molaire volumique de chaque énantiomère dans cette solution :

$$C = \frac{m}{MV} = \frac{5}{89x1} = 5{,}62.10^{-2} mol.L^{-1} \text{ ou } C = \frac{C_m}{2M} = 5{,}62.10^{-2} mol.L^{-1}.$$

Solution E_6

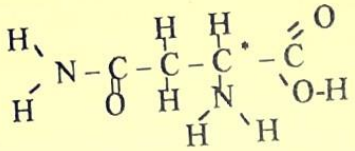
1) Le signe + du pouvoir rotatoire signifie que le composé provoque la rotation du plan de la lumière polarisée vers la droite de l'observateur.
2) De tels composés sont appelés **destrogyres.**
3) D'après la loi de Biot on a : $\alpha = [\alpha].l.C \Rightarrow [\alpha] = \frac{\alpha}{l.C} = \frac{+15{,}04}{2 \times \frac{0{,}6}{10}} = 125{,}33$

$[\alpha] = 125{,}33° dm^{-1} g^{-1} cm^3$

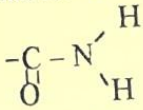
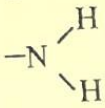
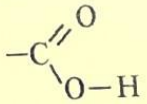
Solution E_7

- En chimie organique, l'existence dans la molécule d'un atome de carbone asymétrique est la cause principale de la chiralité.

2- a) Formule développée plane :

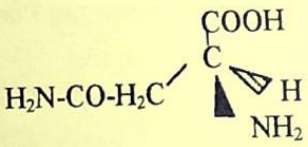


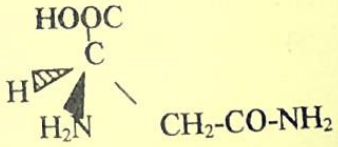
L'asparagine possède trois groupements fonctionnels :

- Un groupement amide : 
- Un groupement amine : 
- Un groupement acide carboxylique : 

b) Cette molécule comporte un carbone asymétrique (noté C*). Cet atome de carbone est lié par 4 liaisons simples à 4 atomes ou groupements d'atomes monovalents différents.

- Représentation spatiale des deux énantiomères.





Miroir

4) Un mélange racémique est un mélange qui contient un nombre égal des deux énantiomères.

SOLUTIONS DES EXERCICES SUR LES ALCOOLS, LES ALDEHYDES ET LES CETONES

Solution C_7-1

a/ butan-2-ol
b/ 2, 3-dimétylpentan-3-ol
c/ 4-méthylpentan-1-ol
d/ butane-1, 3-diol
e/ propane-1, 2, 3-triol
f/ 3, 5-diméthylhexan-3-ol
g/ propanal
h/ 2-méthylbutanal
i/ 2, 3-diméthyléxanal
j/ 3 , méthylpentan-2-one
k/ butanone
l/ 3-éthyl-5-méthylheptan-2-one

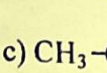
Les composées a/ b/ d/ f/ h/ i /j/ l/ possèdent de carbone asymétrique.

Solution C_7-2

a) $CH_3-\underset{OH}{CH}-\underset{CH_3}{CH}-CH_3$ b) $CH_3-CH_2-CH_2-\underset{C_2H_5}{CH}-CH_2OH$

c) $CH_3-\underset{O}{C}-\underset{CH_3}{\overset{C_2H_5}{CH}}-CH-CH_2-CH_2-CH_3$ d) $CH_3-CH_2-\underset{CH_3}{COH}-\underset{C_2H_5}{CH}-CH_2-CH_3$

e) CH_2OH-CH_2OH f) $CH_2OH-CHOH-CH_3$ g) $CH_3-CH_2-\underset{CH_3}{CH}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$

h)  i) $CH_3-CH_2-\underset{CH_3}{CH}-\underset{CH_3}{CH}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$ j) $CH_3-\underset{O}{C}-\underset{CH_3}{CH}-CH_3$

Les composées qui possèdent de carbones asymétriques sont : a/ b/ c/ d/ f/ g/ i/

Solution C_7-3

1) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2OH$ (butan-1-ol) ; $CH_3-CH_2-CHOH-CH_3$ (butan-2-ol)
$CH_3-\underset{CH_3}{CH}-CH_2-CH_2OH$ (2-méthylpropan-1-ol) ; $CH_3-\underset{CH_3}{COH}-CH_3$
(2-méthylpropan-2-ol)
$CH_3-CH_2-CH=CH_2$ (but-1-ène) ; $CH_3-CH=CH-CH_3$ (but-2-ène) ;
$CH_3-\underset{CH_3}{C}=CH_2$ (méthylpropène) 2/ a) A (butan-1-ol)
B (but-1-ène) ; C (butan-2-ol) ; D (butanone) ; E (butanal)
b)Par oxydation ménagée D ne donne rien, E donne l'acide butanoïque.

Solution C_7-4

1/ a) $C_xH_yO + \left(\frac{4x+y-2}{4}\right) O_2 \longrightarrow x\,CO_2 + \frac{y}{2}\,H_2O$

b) $M = 29d = 72 \longleftrightarrow 22,4x$
$3,6 \longleftrightarrow 4,48$

d'où $x = \frac{4,48 \times 72}{22,4 \times 3,6} = 4$; $72 = 12x + y + 16$ d'où $y = 8$; c) C_4H_8O .

2) $CH_3-CH_2-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$ butanal ; $CH_3-\underset{CH_3}{CH}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-H$ 2-méthylpropanal ;

$CH_3-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3$ butanone.

3) Famille des aldéhydes ; butanal et 2-méthylpropanal

4) $CH_3-CH_2-CH_2-COOH$ acide butanoïque. 5) $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2OH$ butan-1-ol alcool primaire.

Solution C_7-5

1) A : $CH_3-CH_2-CH_2-OH$ propan-1-ol ; B : $CH_3-CHOH-CH_3$ propan-2-ol
2) a) C : CH_3-CH_2-COOH ; D : $CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3$ b) L'alcool qui a conduit à C est le propan-1-ol ; 3) $n_A = C_BV_B = 5.10^{-2}$ mol ; $n_{propène} = n_A + n_B = \frac{m}{M} = 0,4$ mol ;
$\frac{n_A}{n_A+n_B} = 0,125$.

Solution C_7-6

1) a) $\frac{\%O}{16} = \frac{100\%}{M}$ d'où M= 74 g/mol. b) x = 4 ; y = 10 ; c) butan-1-ol, butan-2-ol,

2- méthylpropan-1-ol, 2- méthylpropan-2-ol

2) A : $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2OH$ butan-1-ol ;

B : $CH_3-CH_2-CHOH-CH_3$ butan-2-ol ; C : $CH_3-CH_2-CH=CH_2$ but-2-ène.

D : $CH_3-CH=CH-CH_3$ but-2-ène

Solution C_7-7

1) $n_{acide} = \frac{80}{100} n_{alcool} = \frac{80}{100} \frac{m}{M}$ or $n_{acide} = C_a V_T$ avec $C_a = \frac{C_b V_b}{V_a}$

d'où $n_{acide} = \frac{C_b V_b V_T}{V_a} = \frac{80\ m}{100\ M}$ ce qui donne M = 87,86 g.

$M(C_nH_{2n+1}OH) = 14n + 18 = 87,86$ d'où n = 5 ; formule brute $C_5H_{11}OH$.

2) Les composés dont vous écrirez les formules ont pour noms :

2-méthylbutan-1-ol ; 3-méthylbutan-1-ol : 2,2- diméthylpropan-1-ol ;

2-méthylbutan-2-ol ; 3-méthylbutan-2-ol 3) 2,2- diméthylpropan-1-ol

4) acide 2,2-diméthylpropanoïque.

Solution C_7-8

1) B réagit avec la D.N.P.H. et le réactif de Schiff. B est un aldéhyde et A un alcool primaire

$C_nH_{2n+1}OH + \frac{1}{2} O_2 \longrightarrow C_nH_{2n}O + H_2O$

alcool A aldéhyde B

$M_A = 14n + 18$ et $M_B = 14n + 16$ or $M_B = \frac{94\ M_A}{100}$

soit $14n + 16 = \frac{94}{100}(14n + 18)$ soit n = 1 d'où A : CH_3OH méthanol et

B : HCHO méthanal

2/ a) C'est un acide C : H-COOH b) Bleu de bromothymol et hélianthine

3/ a) Calculons le pK_a de l'acide méthanoïque

$[HCOO^-] + [OH^-] = [H_3O^+]$ or pH = 2,4 donc $[OH^-] << [H_3O^+]$

on a alors $[HCOO^-] \simeq [H_3O^+]$

$C = [HCOOH] + [HCOO^-]$ d'où $[HCOOH] = C - [HCOO^-] = C - [H_3O^+]$

$K_a = \frac{[H_3O+].\ [HCOO-]}{[HCOOH]} = \frac{[H_3O^+]^2}{C-[H_3O^+]}$ d'où $pK_a = -\log K_a = 3,8$

L'affirmation A/ est donc juste

b) L'affirmation B/ est fausse car la dilution d'un acide fait croître son pH jusqu'à une limite (pH < 7).

Solution C_7-9

1) $M = 29d = 73,95\ g.mol^{-1}$; $\frac{\%C}{100} = \frac{12x}{M} = \frac{16z}{\%O} = \frac{y}{\%H}$

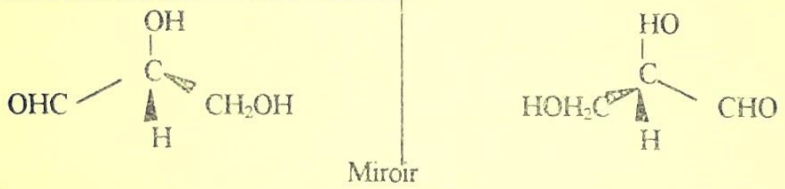
On obtient x = 4, y = 10, z = 1 d'où la formule brute $C_4H_{10}O$.
2) Il y a oxydation de A ; A est donc un alcool.
3) a) $CH_3\ CH_2\ CH\ OH\ CH_3$ butan-2- ol b) $CH_3-CH_2-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3$ butanone
4) $CH_3\ CH_2\ CH = CH_2$ but-1-ène ; $CH_3\ CH = CH\ CH_3$ but-2-ène.

Solution C_7-10

Partie1

1- La formule semi-développée : $CH_2(H)-\overset{*}{C}H(OH)-C(=O)H$

1- La molécule est chirale car elle possède un atome de carbone (noté C*) asymétrique.
2- Les deux énantiomères de cette molécule.



Partie 2-

1- Fructose et glucose ont la même formule $C_6H_{12}O_6$
2- Formule brute du saccharose : $C_{12}H_{22}O_{11}$.
3- La molécule de fructose possède trois atomes de carbone asymétrique

$HO-CH_2-\overset{*}{C}HOH-\overset{*}{C}HOH-\overset{*}{C}HOH-CO-CH_2OH$

La molécule de glucose possède 4 atomes de carbone asymétrique

$HO-CH_2-\overset{*}{C}HOH-\overset{*}{C}HOH-\overset{*}{C}HOH-\overset{*}{C}HOH-CHO$

4- • La molécule de glucose possède :

- une fonction aldéhyde : $-C(=O)H$; - une fonction alcool primaire : $-CH_2OH$
- 4 fonctions alcool secondaire : - CHOH -
- La molécule de fructose possède :
- Une fonction cétone : $-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-$; - 2 fonctions alcool primaire : $-CH_2OH$
- 3 fonctions alcool secondaire : - CHOH -

5- a) Le test à la Liqueur de Fehling est positif avec les aldéhydes, qui ont un caractère réducteur, et négatif avec les cétones. Donc le test est positif avec le glucose et négatif avec le fructose.
b) Equation bilan de la réaction.
Notons R – CHO la molécule de glucose

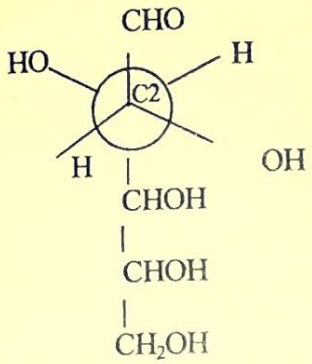
$R-CHO + 3OH^- \rightleftharpoons R-COO^- + 2H_2O + 2e^-$

$2Cu^{2+} + 2OH^- + 2e \rightleftharpoons Cu_2O_{(s)} + H_2O$

Bilan : $R-CHO + 2Cu^{2+} + 5OH^- \longrightarrow R-COO^- + Cu_2O_{(s)} + 3H_2O$

6- a) La conformation la plus stable est la conformation étoilée (voir ci-dessous).

b) Un changement de conformation correspond à une rotation autour d'une liaison simple carbone - carbone. Un changement de configuration implique la rupture d'une liaison.
Les énergies mises en jeu au cours de ces changements sont très différentes
($E_{(conformation)} < E_{(configuration)}$)



Solution C_7-11

1) a) Masse molaire de l'alcool A
A l'équivalence acido-basique $C_aV_a = C_bV_b \Rightarrow C_a = \frac{C_bV_b}{V_a}$
Or $C_a = \frac{m}{MV}$ d'où $M = \frac{m.V_a}{C_b \times V_b \times V} = \frac{13,2 \times 20}{1 \times 30 \times 0,1} = 88$ g/mol

b) Formule brute de A
A : $C_nH_{2n+1} - OH$; M(A) = 14 n + 18 = 88 d'où n = 5 et A : $C_5H_{12}O$

c) Formules semi-développées et noms de tous les alcools isomères de A :
CH_3 -CH_2 -CH_2 -CH_2 -CH_2-OH : pentan-1-ol ; CH_3 -CH -CH_2 -CH_2 -OH
CH_3 3-méthylbutan 1-ol

$CH_3 - CH_2 - CH - CH_2 - OH$: 2-méthylbutan-1-ol
CH_3

$CH_3 - C - CH_2 - OH$: 2,2-diméthylpropan-1-ol
CH_3

2) * Les termes qui conviennent sont :
Un test positif avec la DNPH et un test positif avec le réactif de Schiff
* Justification : Le produit d'oxydation d'un alcool primaire est un aldéhyde (oxydant en défaut) et les réactifs caractéristiques des aldéhydes sont la DNPH et le réactif de Schiff.

Solution C_7-12

1) Masse molaire et formule brute de A

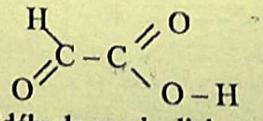
$d = \frac{M}{29}$ d'où $M = 29\ d \simeq 74$ g.mol^{-1}

Soit $C_xH_yO_z$; on a : $\frac{M}{100} = \frac{12x}{\%C} = \frac{y}{\%H} = \frac{16z}{\%O}$ d'où $x \simeq 2$; $y = 2$ et $z \simeq 3$;

A : $C_2H_2O_3$

2) a) A possède les fonctions acide et aldéhyde.

b) Formule développée de A :



3) a) Il y a eu oxydation de la fonction aldéhyde par le dichromate de potassium en acide carboxylique

b) * demi-équation de réduction

$Cr_2O_7^{2-} + 14H_3O^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 21H_2O$

* demi-équation d'oxydation

$HOC - CO_2H + 3H_2O \longrightarrow HO_2C - CO_2H + 2H_3O^+ + 2e^-$

• Equation-bilan

$Cr_2O_7^{2-} + HOC - CO_2H + 8H_3O^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 3HO_2C - CO_2H + 12H_2O$

4) a) Identification du composé B

* B est un dialcool - * $HO - CH_2 - CH_2 - OH$ éthane – 1,2 – diol

b) Equation-bilan

$HO - CH_2 - CH_2 - OH + 2N_a \longrightarrow \uparrow H_2 + {}^-OCH_2 - CH_2O^- + 2N_a^+$

Le composé D est : ${}^-OCH_2 - CH_2O^- + 2N_a^+$

5) a) Equation-bilan : ${}^-OCH_2 - CH_2O^- + 2H_2O \longrightarrow 2OH^- + HOCH_2 - CH_2OH$

b) Valeur du pH : $pH = 14 + \log 2C = 14 + \log 2.10^{-2} = 12,3$

c) Calcul de V'

A l'équivalence acido-basique : $n_{H_3O^+} = n_{OH^-}$ soit $C'V' = 2CV$ d'où

$$V' = \frac{2CV}{V'} = \frac{2 \times 10^{-2} \times 20}{10^{-2}} = 40 \text{ cm}^3$$

Solution C_7-13

1) a) Formule brute C_xH_y

$M = 29\ d = 56\ g.mol^{-1}$; $\frac{12x}{\%C} = \frac{y}{\%H} = \frac{56}{100} \Rightarrow x = 4$ et $y = 8$ d'où C_4H_8

b) Isomères et noms

$CH_2 = CH - CH_2 - CH_3$; but -1- ène ; $CH_3 - CH = CH - CH_3$: but - 2 - ène

$CH_2 = C(CH_3) - CH_3$: méthylpropène ; $CH_2(CH_2)CH_2$ cyclobutane

$CH_2 - CH(CH_3) - CH_3$: méthylcyclopropane

2) a) L'isomère est le but –1-ène : $CH_2 = CH - CH_2 - CH_3$

b) Formules semi-développées et noms

A : $CH_3 - CHOH - CH_2 - CH_3$ butan -2-ol ; B : $CH_3 - CH_2 - CH_2OH$ butan-1-ol

C : $CH_3 - CO - CH_2 - CH_3$ butanone ; D : $CH_3 - (CH_2)_2 - CHO$ butanol ;

E : $CH_3 - (CH_2)_2\ COOH$ acide butanoïque.

N.B : on peut permuter D et E car aucune précision n'est faite.

Equation – bilan de passage de A à C

$CH_3 - CHOH - C_2H_5 + 2H_2O \rightleftharpoons CH_3 - CO - C_2H_5 + 2H_3O^+ + 2e^-$

$MnO_4^- + 8H_3O^+ + 5\ e^- \rightleftharpoons M_n^{2+} + 12H_2O$

Bilan :

$5CH_3 - CHOH - C_2H_5 + 2MnO_4^- + 6H_3O^+ \longrightarrow 5CH_3 - CO - C_2H_2 + 14H_2O + 2M_n^{2+}$

c) Couleur du milieu réactionnel :

- avant la réaction : couleur violette
- après la réaction : incolore

d) - La DNPH réagit avec C et avec D (si D est l'aldéhyde) pour donner un précipité jaune. Mais elle est sans action si D est l'acide).

- La liqueur de Fehling est sans action sur C et donne avec D (si D est l'aldéhyde) un précipité rouge brique. Elle est sans action si D est l'acide.

Solution C_7-14

1.- a) B est un aldéhyde parce qu'il réagit positivement avec le réactif de Tollens.
C est un acide carboxylique parce qu'il est le produit d'oxydation d'un alcool avec l'oxydant en excès.

b) Les formules semi-développées possibles de A, B et C

$RCH_2OH \xrightarrow{OXY} RCOOH$ soit $C_nH_{2n+1}CH_2OH \longrightarrow C_nH_{2n+1}-COOH$

$14n + 32 \longrightarrow 14n + 46$

$3,7 \longrightarrow 4,4$

$\Rightarrow n = 3$

A : $CH_3-CH_2-CH_2-CH_2OH$; $CH_3-\underset{CH_3}{CH}-CH_2OH$

B : $CH_3-(CH_2)_2-CHO$; $CH_3-\underset{CH_3}{CH}-CHO$

C : $CH_3-(CH_2)_2-COOH$; $CH_3-\underset{CH_3}{CH}-COOH$

c) Equations d'oxydation : On pose $CH_3-(CH_2)_2-CH_2OH = R'CH_2OH$

- Passage de A à B

$R'CH_2OH \rightleftarrows R'CHO + 2H^+ + 2e^-$

$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \rightleftarrows 2Cr^{3+} + 7H_2O$

Bilan : $3R'CH_2OH + Cr_2O_7^{2-} + 8H^+ \longrightarrow 3R'CHO + 2Cr^{3+} + 7H_2O$

ou $3R'CH_2OH + Cr_2O_7^{2-} + 8H_3O^+ \longrightarrow 3R'CHO + 2Cr^{3+} + 15H_2O$

- Passage de A à C.

$R'CH_2OH + H_2O \rightleftarrows R'COOH + 4H^+ + 4e^-$

Bilan : $3R'CH_2OH + 2Cr_2O_7^{2-} + 16H^+ \longrightarrow 3R'COOH + 4Cr^{3+} + 11H_2O$

ou $3R'CH_2OH + 2Cr_2O_7^{2-} + 16H_3O^+ \longrightarrow 3R'COOH + 4Cr^{3+} + 27H_2O$

-On peut envisager le passage de B à C

$R'CHO + H_2O \rightleftarrows R'COOH + 2H^+ + 2e^-$

Bilan : $3R'CHO + Cr_2O_7^{2-} + 8H^+ \longrightarrow 3R'COOH + 2Cr^{3+} + 4H_2O$

ou $3R'CHO + Cr_2O_7^{2-} + 8H_3O^+ \longrightarrow 3R'COOH + 2Cr^{3+} + 12H_2O$

2.- a) Identification des composés F, D, E et A

F étant à chaîne ramifié alors C l'est aussi.

Composés	Formules Semi-développées	Noms	Fonction chimique
F	$CH_3-\underset{CH_3}{CH}-COOCH_3$	méthylpropanote de méthyle	Ester
D	$CH_3-\underset{CH_3}{CH}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-Cl$	chlorure de méthylpropanoyle	chlorure d'acyle
E	$CH_3-\underset{CH_3O}{CH}-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-\underset{OCH_3}{CH}-CH_3$	anhydride méthylpropanoïque	anhydride d'acide
A	$CH_3-\underset{CH_3}{CH}-CH_2OH$	méthylpropan-1-ol	alcool

b) Equations des réactions donnant F

. $CH_3-\underset{CH_3}{\underset{|}{C}}H-COOH + CH_3OH \rightleftharpoons CH_3-\underset{CH_3}{\underset{|}{C}}H-COOCH_3 + H_2O$

. $CH_3-\underset{CH_3}{\underset{|}{C}}H-C(=O)-Cl + CH_3OH \longrightarrow CH_3-\underset{CH_3}{\underset{|}{C}}H-COOCH_3 + HCl$

. $CH_3-\underset{CH_3}{\underset{|}{C}}H-C(=O)-O-C(=O)-\underset{CH_3}{\underset{|}{C}}H-CH_3 + CH_3OH \longrightarrow CH_3-\underset{CH_3}{\underset{|}{C}}H-COOCH_3 + CH_3-\underset{CH_3}{\underset{|}{C}}H-COOH$

c) Avec D et E on obtient 100% du composé F

Avec C on obtient 66.6% de F en supposant le mélange initial équimolaire.

3.- Calcul de la masse de F .

$$p = \frac{n_f}{n_i} = \frac{n_{ester}}{n_{alcool}} = \frac{n_{ester}}{n_{acide}}$$

$$p = \frac{m_{ester} \times M_{alcool}}{M_{ester} \times m_{alcool}} \Rightarrow m_{ester} = \frac{M_{ester} \times p \times m_{alcool}}{M_{alcool}} = \frac{102 \times 0,66 \times 3,7}{74}$$

$$m_{ester} = 3,4 \text{ g.}$$

Solution C7-15

1) **1er test** : Oxydation en présence de $Cr_2O_7^{2-}$ acidifié, apparition de la teinte verte dans les deux flacons contenant les alcools primaires et secondaires. Le 3e flacon conservant la teinte orange contient l'alcool tertiaire.

2e test : Excès de dichromate de potassium dans les 2 flacons- persistance de la couleur verte.

3e test : Ajout de B.B.T.

* Coloration jaune dans un flacon $\Rightarrow$ alcool primaire
* Coloration verte dans l'autre flacon $\Rightarrow$ alcool secondaire.

2) * Formule moléculaire brute de l'alcool

A l'équivalence acido-basique $n_{acide} = n_{OH^-} = C_bV_b = n_{alcool}$

$$n_{alcool} = \frac{m}{M} = C_bV_b \Rightarrow M = \frac{m}{C_bV} = 74 \text{ g.mol}^{-1}$$

$M(C_nH_{2n+2}O) = 14n + 18 = 74 \Rightarrow n = 4 \quad C_4H_{10}O$

- Les formules semi-développées des isomères de l'alcool

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$ et $CH_3-\underset{CH_3}{\underset{|}{C}}H-CH_2OH$

3) Equation bilan de la réaction

L'alcool primaire choisi : $CH_3-\underset{CH_3}{\underset{|}{C}}H-CH_2OH$

* la demi-équation de réduction

$Cr_2O_7^{2-} + 14H_3O^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 21H_2O$

* la demi-équation d'oxydation

$CH_3-\underset{CH_3}{\underset{|}{C}}H-CH_2OH + 5H_2O \longrightarrow CH_3-\underset{CH_3}{\underset{|}{C}}H-COOH + 4H_3O^+ + 4e^-$

- Equation bilan

$$2Cr_2O_7^{2-} + 16H_3O^+ + 3CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2OH \rightarrow 3CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-COOH + 4Cr^{3+} + 27H_2O$$

Solution C_7-16

1) Formule semi-développée des deux isomères

$CH_3 - CH_2 - CH_2Cl$ et $CH_3 - CHCl - CH_3$

2) B_3 est un aldéhyde, alors B_2 est un alcool primaire et B_1 est l'isomère dont l'atome de chlore est fixé sur le 1er carbone.

$B_1 : CH_3 - CH_2 - CH_2Cl$; $B_2 : CH_3 - CH_2 - CH_2OH$;

$B_3 : CH_3 - CH_2 - CHO$

3) Les équations – bilan: $CH_3 - CH_2 - CHO \xrightarrow{[O]} CH_3 - CH_2 - COOH$

$CH_3 - CH_2 - COOH + NH_3 \rightleftarrows CH_3 - CH_2 - CO_2^- + NH_4^+$;

$$CH_3 - CH_2 - CO_2^- + NH_4^+ \longrightarrow CH_3 - CH_2 - \underset{\underset{NH_2}{|}}{\overset{\overset{O}{\|}}{C}} + H_2O$$

$B_4 : CH_3 - CH_2 - COOH$; $B_5 : CH_3 - CH_2 - \overset{\overset{O}{\|}}{C} - NH_2$

SOLUTIONS DES EXERCICES SUR LES AMINES

SolutionC_8-1

a) $CH_3-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-CH_3$

b) $CH_3-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2-NH_2$

c) $CH_3-\underset{\underset{NH-CH_3}{|}}{CH}-CH_3$

d) $CH_3-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2-\underset{\underset{C_2H_5}{|}}{N}-CH_3$

e) $NH_2-CH_2-CH_2-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-CH_3$

f) $CH_3-CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_2-NH_2$

g) $NH_2-CH_2-CH_2-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-CH_2-CH_2-CH_2-NH_2$

h) $CH_3-CH_2-\underset{\underset{CH_3-N-CH_3}{|}}{CH}-CH_3$

i) $CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2-NH-CH_3$

j) $\langle O \rangle-CH_2-\underset{\underset{C_2H_5}{|}}{CH}-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-CH_3$

Solution C_8-2

1) propan-1-amine
2) 4-méthylpentan-2-amine
3) N-méthyl N-phényléthanamine
4) butane-1,4-diamine
5) diphénylamine
6) 4-amino-2-méthylbutan-2-ol
7) butane-1,2,4-triamine
8) cyclobutanamine
9) 4-éthyl-4,6-diméthyloctan-2-amine
10) 2-méthyl-3-phénylpropan-1-amine

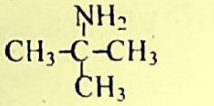
Solution C_8-3

4 amines primaires

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-NH_2$ butan-1-amine

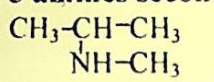
$CH_3-CH_2-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-CH_3$ butan-2-amine

$CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_2-NH_2$ 2-méthylpropan-1-amine

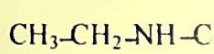


2-méthylpropan-2-amine

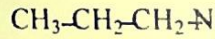
3 amines secondaires



N-méthylpropan-2-amine

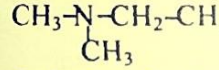


N-éthyléthanamine



N-méthylpropan-2-amine

1 amine tertiaire



N,N-diméthyléthanamine.

Solution C_8-4

1) $C_2H_5NH_3^+$ 2) $C_2H_5NH_2 + H_2O \rightleftharpoons C_2H_5NH_3^+ + OH^-$

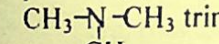
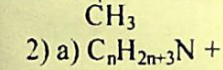
3) $[H_3O^+] = 4{,}46.10^{-12}$ mol/L; $[OH^-] = 2{,}24.10^{-3}$ mol/L; $[C_2H_5NH_3^+] = 2{,}24.10^{-3}$ mol/L ; $[C_2H_5NH_2] = 7{,}76.10^{-3}$ mol/L ; $K_a = 1{,}54.10^{-11}$; $pK_a = 10{,}81$

4) L'espèce A ($C_2H_5NH_3^+$) prédomine ; l'équilibre évolue dans le sens de l'ionisation. 5) $[H_3O^+] = 3{,}16.10^{-12}$ mol/L : $[OH^-] = 3{,}16.10^{-3}$ mol/L ;

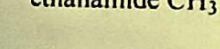
$[CH_3NH_3^+] = 3{,}16.10^{-3}$ mol/L ; $[CH_3NH_2] = \dfrac{K_a[CH_3NH_3^+]}{[H_3O^+]} = 1{,}90.10^{-2}$ mol/L ;

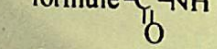
$C = [CH_3NH_2] + [CH_3NH_3^+] = 22{,}16.10^{-3}$ mol/L ; $n = CV = 5{,}54.10^{-3}$ mol ; $V_o = n.V_M = 132{,}96$ mL 6) méthylamine.

Solution C_8-5

1) On peut regrouper les amines en trois classes : les amines primaires, les amines secondaires et les amines tertiaires. Exemples : CH_3NH_2 méthylamine (amine primaire) ;  N-méthyl éthanamine (amine secondaire) ;  triméthylamine (amine tertiaire). Formule générale : $C_nH_{2n+3}N$.

2) a) $C_nH_{2n+3}N + H_3O^+ \longrightarrow C_nH_{2n+3}NH^+ + H_2O$; b) $M = \dfrac{m}{C_aV_a} = 59$ g/mol ; C_3H_9N.

c) Ecrire les formules des amines dont les noms sont : propan-1-amine (amine primaire), propan-2-amine (amine primaire), N-méthyl éthanamine (amine secondaire), triméthylamine (amine tertiaire). d) On peut obtenir de la N-propyl éthanamide  ; le motif est le groupe amide de

formule 

Solution C_8-6

1/ a) $R-NH_2 + H_2O \rightleftharpoons R-NH_3^+ + OH^-$ b) $R-NH_3^+/R-NH_2$

2/ a) $R-NH_2 + H_3O^+ \longrightarrow R-NH_3^+ + H_2O$; $C_B = \dfrac{C_AV_A}{V_B} = 8{,}695$ mol.L^{-1}

b) $n_B = C_A V_A = C_B V_B$; $n_B = \frac{m}{M} = \frac{\rho V_B}{M}$ d'où $M = \frac{\rho V_B}{C_A V_A} = 86,25$ g/mol.

c) Pour $C_nH_{2n+1}NH_2$, $M = 14n + 17 = 86,25$ d'où $n = 5$; on a la formule $C_5H_{11}NH_2$ d) $CH_3-CH_2-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{C}}-NH_2$ 2-méthylbutan-2-amine

3/ a) $[H_3O^+] = 2,5.10^{-11}$ mol/L ; $[OH^-] = 3,98.10^{-4}$ mol/L ;

$[Cl^-] = \frac{C_A V_A}{V_A + 2V_B} = 0,19$ mol/L ; $[RNH_3^+] = 0,19$ mol/L ;

$\frac{2C_B V_B}{V_A + 2V} = [RNH_3^+] + [RNH_2]$ d'où $[RNH_2] = 0,19$ mol/L.

b) $pK_a = 10,6$. c) On a une solution tampon. Son pH est insensible à une dilution modérée, très peu sensible à un apport modéré d'ions H_3O^+ et d'ions OH^-.

Solution C8-7

1) $C_nH_{2n+3}N$ ou $C_nH_{2n+1}NH_2$ 2/ a) $\%N = \frac{1400}{14n+17}$ b) $n = 4$; $C_4H_{11}N$;

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-NH_2$ butan-1-amine ; $CH_3-CH_2-\underset{NH_2}{CH}-CH_3$ butan-2-amine ;

$CH_3-\underset{CH_3}{CH}-CH_2-NH_2$ 2-méthylpropan-1-amine : $CH_3-\underset{CH_3}{\overset{NH_2}{C}}-CH_3$ 2- méthylpropan-2-amine

3) Pour une même concentration molaire, $pH_{soude} > pH_{amine}$ car la soude est une base forte et l'amine une base faible.

Solution C8-8

1) amine primaire $R_1 - NH_2$; amine secondaire $R_1 - NH - R_2$; amine tertiaire $R_1-\underset{R}{N}-R_2$; 2) $C_xH_{2x+1}-NH-C_yH_{2y+1} = C_{x+y}H_{2x+2y+3}N = C_nH_{2n+3}N$ avec $x + y = n$

3/ a) C_3H_9N b) 2 amines primaires ($CH_3-CH_2-CH_2-NH_2$ propan-1-amine) ; $CH_3-\underset{NH_2}{CH}-CH_3$ propan-2-amine ; 1 amine secondaire ($CH_3 - NH - C_2H_5$) N-méthyléthanamine) ;

1 amine tertiaire ($CH_3-\underset{CH_3}{N}-CH_3$ triméthylamine) c) N-méthyléthanamine

4/ a) $CH_3-\underset{C_2H_5}{NH} + H_2O \rightleftharpoons CH_3-\underset{C_2H_5}{NH_2^+} + OH^-$; b) $pk_{a_1} = 9,81$

5/ $pk_{a_2} = 10,7$; $pk_{a_2} > pk_{a_1}$ l'éthylamine est donc une base plus forte.

Solution C8-9

1) $M(C_nH_{2n+3}N) = 14n + 17 = 73$ d'où $n = \frac{73 - 17}{14} = 4$ formule $C_4H_{11}N$

2) voir solution C_8-3 3/ Posons V = 1 L

$C_b = \frac{m}{MV}$; $C_bV_1 = C_aV_a$ d'où $\frac{mV_1}{MV} = C_aV_a$ donc $m = \frac{C_aV_aMV}{V_1} = 7,48$ g

Solution C_8-10

1-a) $n_{(amine)} = n_{(HCL)} \Rightarrow \frac{m}{M} = C_aV_a$ d'où $M = \frac{m}{C_aV_a} = 59$ g/mol.

La formule brute de l'amine est la forme $C_nH_{2n-3}N$.

$M = 12n + 2n + 3 + 14 = 59$ d'où $n = 3 \Rightarrow C_3H_9N$

b) $CH_3-CH_2-CH_2-NH_2$ propan-1-amine (primaire)

$CH_3-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-CH_3$ propan-2-amine (primaire)

$CH_3-CH_2-NH-CH_3$ N-méthyléthanamine (secondaire)

$CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{N}-CH_3$ triméthylamine (tertiaire)

2) $pk_{a_1} = 9,8$; $\alpha = 2,51.10^{-2}$ 3/ $pk_{a_2} < pk_{a_1}$ donc l'acide le plus fort appartient au couple C_2 et la base la plus forte au couple C_1

SOLUTIONS DES EXERCICES SUR LES ACIDES CARBOXYLIQUES ET FONCTIONS DERIVEES

Solution C_9-1

1) acide butanoïque
2) acide 3-éthyl-4-méthylpentanoïque
3) acide méthylpropanoïque
4) acide benzoïque
5) anhydride éthanoïque propanoïque
6) acide pentane-1,5-dioïque
7) anhydride 3-méthylbutanoïque propanoïque
8) anhydride éthanoïque

Solution C_9-2

1) éthanamide
2) 2-méthylbutanamide
3) N-méthylpropanamide
4) N-éthyl-3-méthylpentanamide
5) N,N-diméthylméthanamide
6) N-éthyl N- méthylpropanamide
7) N,N-diméthyl 2- éthyl-2- méthylbutanamide
8) N-2-méthylpropyléthanamide

Solution C_9- 3

1) $CH_3-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-COOH$; 2) $CH_3-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-\underset{\underset{C_2H_5}{|}}{CH}-COOH$

3) $HOOC-(CH_2)_4-COOH$; 4) $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_2-CH_3$

5) $H-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-H$; 6) $CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-N-C_2H_5$ ($\underset{\underset{CH_3}{|}}{\ }$)

7) $CH_3-CH_2-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH-C_2H_5$; 8) $CH_3-CH_2-\underset{\underset{C_2H_5}{|}}{CH}-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH_2$

9) $CH_3-C(=O)-Cl$; 10) $CH_3-C(=O)-O-CH(CH_3)-CH_3$

Solution C_9- 4

1) A : propan-1-ol ; B : propan-2-ol : D : propanoate d'éthyle ; E : éthanamide.

2/ a) $3CH_3-CH_2-CH_2OH + Cr_2O_7^{2-} + 8H_3O^+ \rightarrow 3CH_3-CH_2-CHO + 2Cr^{3+} + 15H_2O$

$3CH_3-CH_2-CHO + Cr_2O_7^{2-} + 8H_3O^+ \rightarrow 3CH_3-CH_2-COOH + 2Cr^{3+} + 12H_2O$

b) H : $CH_3-C(=O)-CH_3$ propanone

c) F est un aldéhyde (propanal) : G est un acide (acide propanoïque) ; H est une cétone (propanone). Le réactif de Schiff permet de distinguer F de H.

3/ a) $CH_3-CH_2-CH_2-COOH$ acide butanoïque. $CH_3-CH(CH_3)-C(=O)-OH$

Acide 2-méthylpropanoïque

b) J : $CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-O-CH(CH_3)-CH_3$ butanoate de méthyléthyle.

C'est une réaction d'estérification : lente, limitée et athermique.

4/ a) $2CH_3-CH_2-COOH \xrightarrow{P_4O_{10}} H_2O + CH_3-CH_2-C(=O)-O-C(=O)-CH_2-CH_3$

Le produit K est l'anhydride propanoïque. L'hydrolyse du produit K redonne l'acide de départ.

b) Par décarboxylation de l'isomère non ramifié de I on obtient le propane et le dioxyde de carbone.

Solution C_9- 5

1) a) $C_a = \frac{C_b V_b}{V_a} = \frac{n}{V} = \frac{m}{MV}$ d'où $M = \frac{mV_a}{C_b V_b V} = 74\ g.mol^{-1}$; A : $C_3H_6O_2$

b) $CH_3-CH_2-C(=O)-OH$; $CH_3-C(=O)-O-CH_3$; $H-C(=O)-O-CH_2-CH_3$;

La première formule correspond au composé A.

2) Par oxydation ménagée de l'alcool X qui est le propan-1-ol

3) B : ($CH_3-CH_2-COO^- + NH_4^+$) propanoate d'amonium;

C: $CH_3-CH_2-C(=O)-NH_2$ propanamide ; D : $CH_3-CH_2-C(=O)-O-C(=O)-CH_2-CH_3$

anhydride propanoïque ; Z : CH_3-CH_2-COOH ;

Y : $CH_3-CH_2-C(=O)-O-CH_2-CH_3$ propanoate d'éthyle.

Solution C_9-6

1) A est un acide, B est un alcool, C est un aldéhyde et D est une cétone.

2) B est le propan-1-ol $CH_3-CH_2-CH_2-OH$; C est le propanal $CH_3-CH_2-C(=O)-H$;

A est l'acide propanoïque CH_3-CH_2-COOH

3) $CH_3-CH_2-COOH + CH_3-CH_2-CH_2OH \rightleftharpoons CH_3-CH_2-C(=O)-O-CH_2-CH_2-CH_3 + H_2O$

propanoate de propyle.

Réaction lente, limitée et athermique.

4) E : $CH_3-CH_2-C(=O)-Cl$ chlorure de propanoyle

$CH_3-CH_2-C(=O)-Cl + CH_3-CH_2-CH_2OH \longrightarrow C_2H_5-C(=O)-O-CH_2-CH_2-CH_3 + HCl.$

La réaction de (E) sur (B) est rapide et totale tandis que celle de A sur B est lente et limitée.

Solution C_9-7

1) Formule de A

L'équation de la combustion de A ($C_nH_{2n}O_2$) s'écrit :

$$C_nH_{2n}O_2 + \left(\frac{3n-2}{2}\right) O_2 \longrightarrow nCO_2 + nH_2O$$

$14n + 32$ $\qquad$ $44n$

On pose : $\frac{1,80}{14n+32} = \frac{2,6}{44n}$ d'où $n = 2$ et A : $C_2H_4O_2$

2) Masse molaire, formule développée et nom de A

Masse molaire : $M(A) = 60$ g/mol $= (14 \times 2) + 32$

$H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-C(=O)-O-H$: acide éthanoïquue

Autre méthode : $C_nH_{2n}O_2 + N_a^+ + OH^- \longrightarrow C_nH_{2n-1}OO^- + N_a^+ + H_2O$

A l'équivalence acido-basique : $n_A = n_{OH^-}$ avec $n_A = n_{sel}$

$n_A = \frac{m}{M_S} = C_bV_b \Rightarrow M_S = \frac{m}{C_nV_b}$ et $M_A = M_S - M(N_a) - M(H) = 60$ g/mol

$M_A = 14n + 32 = 60$ d'où $n = 2$ et $H-\underset{H}{\overset{H}{C}}-C(=O)-O-H$ acide éthanoïque

3) A est le produit d'oxydation d'un alcool B

Comme description d'une expérience permettant le passage de B à A, on peut décrire :

- l'expérience de la lampe sans flamme (voir cours)

A étant l'acide éthanoïque, B est alors l'éthanol CH_3CH_2OH

L'équation de la réaction s'écrit ; $CH_3CH_2OH + O_2 \longrightarrow CH_3COOH + H_2O$

• soit l'utilisation du permanganate de potassium KM_nO_4 en excès en milieu acide (mettre l'accent sur le changement de coloration).

L'équation bilan de la réaction est :

$4M_nO_4^- + 5CH_3CH_2OH + 12H_3O^+ \longrightarrow 4M_n^{2+} + 5CH_3COOH + 23H_2O$

4) * Equation de la réaction :

$CH_3CO_2H + CH_3 - CH_2OH \rightleftarrows H_2O + CH_3COOC_2H_5$

* Caractéristiques : lente, limitée et athermique.

Solution C_9-8

1) a) Equation-bilan de la réaction :

$C_nH_{2n+1} - COOH + C_2H_5OH \rightleftarrows C_nH_{2n+1}COOC_2H_5 + H_2O$

b) Formule générale du composé organique E obtenu

$C_nH_{2n+1} - \overset{\overset{O}{\parallel}}{C} - O - C_2H_5$; c'est un ester

2) a) Formule semi-développée et nom de E

$\frac{M_E}{100} = \frac{12n + 36}{\%\ C}$ soit $\frac{14n + 74}{100} = \frac{12n + 36}{58,82}$ d'où n = 2

et E : $CH_3 - CH_2 - \overset{\overset{O}{\parallel}}{C} - O - C_2H_5$: propanoate d'éthyle

b) L'acide carboxylique : $CH_3 - CH_2 - COOH$: acide propanoïque

3) a) Définition de la vitesse V : $V = \frac{dn_E}{dt}$ ou $V = \frac{d[E]}{dt}$

b) Choix : - Elever la température du mélange

- Ajouter l'acide sulfurique

Justification : la température étant un facteur cinétique, son élévation provoque une augmentation de la vitesse.

L'acide apporte au milieu des ions hydronium qui catalysent la réaction.

4) a) Le réactif peut être : $CH_3 - CH_2 - \overset{\overset{O}{\parallel}}{\underset{\underset{Cl}{|}}{C}}$: chlorure de propanoyle

ou : $CH_3 - CH_2 - CO - O - CO - CH_2 - CH_3$: anhydride propanoïque

b) Equation de la réaction

$CH_3 - CH_2 - COCl + C_2H_5OH \longrightarrow CH_3 - CH_2 - COO - C_2H_5 + HCl$

ou $C_2H_5 - CO - O - CO - C_2H_5 + C_2H_5OH \longrightarrow CH_3 - CH_2 - COOC_2H_5 + C_2H_5 - COOH$

5) a) Nature de la solution

La solution mère a pour concentration :

$C_1 = [C_2H_5ON_a] = \frac{m}{MV} = \frac{6,8}{68 \times 1} = 0,1$ mol/L

La solution diluée a pour concentration : $C_2 = \frac{C_1V_1}{V_2} = 10^{-2}$ mol.L^{-1}.

On applique $pH = 14 + \log C_2$ et on a pH = 12

La relation étant vérifiée, alors il s'agit d'une base forte.

b) Equation-bilan de la réaction acide-base :

$C_2H_5O^- + H_2O \longrightarrow OH^- + C_2H_5OH$

Les couples mis en jeu sont : $C_2H_5OH/C_2H_5O^-$ et H_2O/OH^-

c) Calcul des concentrations

$C_2H_5ON_a \xrightarrow{eau} C_2H_5O^- + N_a+$; $C_2H_5O^- + H_2O \longrightarrow OH^- + C_2H_5OH$;

$2H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + OH^-$

Les espèces en solution : H_3O^+ ; OH^- , C_2H_5OH ; H_2O ; N_a^+

$[H_3O^+] = 10^{-12}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 10^{-2}$ mol.L^{-1} ; $[N_a^+] = C_2 = 10^{-2}$ mol.L^{-1}

$[C_2H_5OH] = C_2 = 10^{-2}$ mol.L^{-1}

Solution C$_9$-9

A

1) a) Masse molaire de A_1 : A l'équilibre acido-basique $C_aV_a = C_bV_b$ d'où

$$C_a = \frac{C_bV_b}{V_a} = \frac{m}{M.V} \Rightarrow M = \frac{m.V_a}{C_bV_b} = 88 \text{ g.mol}^{-1}$$

b) Formule semi-développée et nom :

$M(A_1) = M(C_nH_{2n}O_2) = 14n + 32 = 88$ d'où $n = 4$

A_1 : $CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - COOH$ acide 2-méthylpropanoïque

2) a) Formule brute de B_1 : $A_1 + B_1 \longrightarrow C + H_2O$

C : $C_pH_{2p}O_2$ or $\frac{m_C}{m_O} = \frac{12p}{32} = 2{,}625 \Rightarrow p = 7$ d'où B_1 : C_3H_8O

b) Classe et formule de B_1 :

$$\% \text{ ester} = \frac{1{,}5 - 0{,}6}{1{,}5} = 0{,}6 \text{ soit } 60\ \%$$

B_1 : alcool secondaire de formule : CH_3-CHOH-CH_3

c) Nom : estérification – réaction lente, limitée et athermique

d) Equation :

$$CH_3\text{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}\text{-}COOH + CH_3\text{-}CHOH\text{-}CH_3 \rightleftarrows CH_3\text{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}\text{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}\text{-}O\text{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}\text{-}CH_3 + H_2O$$

C : 2-méthylpropanoate d'isopropyle

3) a) $CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - COOH + SOCl_2 \longrightarrow CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - COCl + HCl + SO_2$

D : chlorure de 2-méthylpropanoyle

b) Equation : $2CH_3\text{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}\text{-}COOH \xrightarrow{P_4O_{10}} CH_3\text{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}\text{-}CO\text{-}O\text{-}CO\text{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}\text{-}CH_3 + H_2O$

E : Anhydride de 2-méthylpropanoïque

4) $D + B_1 \longrightarrow CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - \overset{\overset{O}{\|}}{C} - O - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - CH_3 + HCl$

Réaction rapide et totale

5) $E + CH_3\text{-}CH_2\text{-}NH\text{-}CH_3 \longrightarrow CH_3\text{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}\text{-}\overset{\overset{O}{\|}}{C}\text{-}\underset{\underset{C_2H_5}{|}}{N}\text{-}CH_3 + CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - COOH$

F : N-éthyl – N – méthyl – 2-méthylpropanamide
G : acide 2-méthylpropanoïque

SOLUTIONS DES EXERCICES SUR L'ESTERIFICATION, L'HYDROLYSE ET LA SAPONIFICATION

Solution C_{10}-1

1) Ecrire les formules des esters dont les noms suivent (9 au total) : méthanoate de butyle, méthanoate de 1-méthylpropyle, méthanoate de 2- méthylpropyle, éthanoate de propyle, éthanoate d'isopropyle ou de méthyléthyle, propanoate d'éthyle, butanoate de méthyle, méthyl propanoate de méthyle, méthanoate de 1,1-diméthyléthyle.

2/ a) réaction lente, limitée et athermique. b) D est une cétone. B un alcool secondaire et E un alcool primaire.

B : $CH_3-CHOH-CH_3$ propan-2-ol ; C : CH_3COOH acide éthanoïque ;
D : $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_3$ propanone ; E : CH_3-CH_2OH éthanol ; F : $CH_2 = CH_2$ éthylène ;

A : $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_3$ éthanoate d'isopropyle.

Solution C_{10}- 2

1/ a) $C_a = \dfrac{C_b V_b}{V_a} = 4{,}2.10^{-2}\ mol^{-1}$ b) $M = \dfrac{m}{C_a V_a} = 74\ g/mol = 14n + 32$

d'où n = 3 ; formule brute $C_3H_6O_2$: CH_3CH_2COOH acide propanoïque

c) $CH_3-CH_2-COOH + OH^- \longrightarrow CH_3-CH_2^- COO^- + H_2O$

2) $CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-CH_2-CH_3$ anhydride propanïque.

3) $CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-NH_2$ propanamide 4) a) 0,5 - C_bV_b = 0,5 - 0,17 = 0,33 mol.

b) pourcentage d'alcool estérifié p = $\dfrac{0{,}33}{0{,}5}$ = 66 °/₀ pourcentage d'acide estérifié

p = $\dfrac{0{,}33}{0{,}5}$ = 66 °/₀

5/ a) On obtient du propanoate d'éthyle et de l'eau

b) n (alcool estérifié) = 2-1,54 = 0,46 mol ; composition du mélange : acide (1,54 mol), ester (2- 1,54 = 0,46 mol), alcool (0,5 - 0,46 = 0,04 mol), eau (0,46 mol) c) pourcentage d'alcool estérifié P'= $\dfrac{0{,}46}{0{,}5}$ = 92 °/₀ pourcentage d'acide estérifié p' = $\dfrac{0{,}46}{0{,}2}$ = 23 %.

Solution C_{10}-3

1) $A + H_2O \rightleftharpoons B + C$ or B est un acide donc A est un ester

$H-COO-CH_2-CH_2-CH_3$ méthanoate de propyle.

$H-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-O-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_3$ méthanoate d'isoproppyle ou méthanoate de 1-méthyléthyle.

$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-O-CH_2-CH_3$ éthanoate d'éthyle : $CH_3-CH_2-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-O-CH_3$ propanoate de méthyle

2/ a) Il faut déterminer le nombre de moles de B dans 10 cm^3 puis dans 100 cm^3

$M_B = \dfrac{mV_a}{C_bV_bV} = 46$ g/mol : CH_2O_2 : $H-\underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{O}{\|}}{C}}$ acide méthanoïque.

b) $CH_3-CH_2-CH_2-OH$ (propan-1-ol) et $CH_3-CHOH-CH_3$ (propan-2-ol)

3/ D est une cétone $CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-CH_3$; C est un alcool secondaire de formule

$CH_3-CHOH-CH_3$; A est le méthanoate d'isopropyle (voir formule au 1/).

Solution C_{10}-4

1/ a) La formule générale d'un ester d'acide carboxylique à chaîne saturée en fonction du nombre n d'atomes de carbone est :

$C_nH_{2n}O_2$ avec $n \geq 2$

b) Déterminons la formule brute de l'ester.

L'équation de la réaction d'oxydation de l'ester s'écrit :

$$C_nH_{2n}O_2 + \frac{3n-2}{2} O_2 \longrightarrow n\,CO_2 + n\,H_2O$$

La masse molaire de l'ester est $M = 12n + 2n + 32 = (14n + 32)$ g/mol^{-1}

$(14n + 32)$ g d'ester $\longleftrightarrow$ 44n g de dioxyde de carbone (CO_2)

1,5 g d'ester $\longleftrightarrow$ 2,673 g de dioxyde de carbone.

On a alors : $\dfrac{14n + 32}{1,5} = \dfrac{44n}{2,673}$ soit $44n \times 1,5 = (14n + 32) \times 2,673$

d'où $n = \dfrac{32 \times 2,673}{44 \times 1,5 - 14 \times 2,673} = 2,99 \simeq 3$

La formule brute de l'ester est donc : $C_3H_6O_2$

c) Les formules semi-développées possibles sont :

$H-\underset{\underset{O-CH_2-CH_3}{|}}{\overset{\overset{O}{\|}}{C}}$ et $CH_3-\underset{\underset{O-CH_3}{|}}{\overset{\overset{O}{\|}}{C}}$

2/ a) Pourcentage d'ester hydrolysé.

L'hydrolyse d'un ester donne un acide et un alcool ; la réaction est limitée.

Le nombre n_a de moles d'acide formé est égale au nombre n_e d'ester hydrolysé.

Le dosage de l'acide formé par la soude permet de déterminer le nombre n_a de moles d'acide, soit : $n_a = n_{OH^-}$ avec $n_{OH^-} = C_bV_b$ d'où $n_a = C_bV_b$

Comme $n_a = n_e$ Il vient : $n_e = C_b V_b$

Le nombre initial de moles d'ester est :

$n = \frac{m}{M}$ avec M = 74 g.mol^{-1} = masse molaire de l'ester

Le pourcentage p d'ester hydrolysé est donné par :

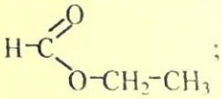
$$p = \frac{n_e \times 100}{n} = \frac{100.C_b V_b}{\frac{m}{M}} = \frac{100.MC_b V_b}{m}$$

$$\text{A.N. : } p = \frac{100 \times 74 \times 0{,}5 \times 9.10^{-3}}{1} = 33{,}3$$

b) Identification de l'ester.

Par hydrolyse des deux esters possibles trouvés à la question 1°-c/, on peut obtenir l'acide éthanoïque de formule CH_3COOH et l'acide méthanoïque de formule HCOOH. Des deux acides, le moins carboné est celui qui possède le pK le plus faible : il s'agit de l'acide méthanoïque.

L'ester hydrolysé en question a pour formule :



; C'est le méthanoate d'éthyle.

Solution C_{10}-5

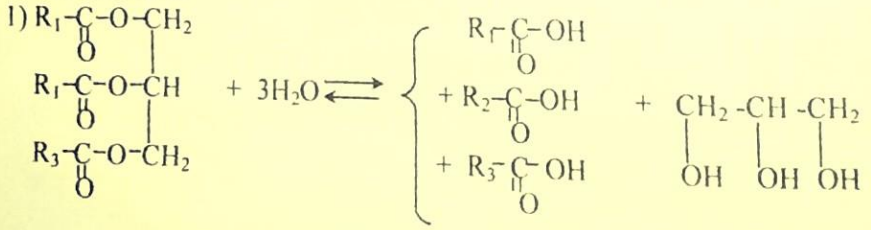
1) Pour l'alcane M = 14n + 2 ; avec 12n = 4,5 (2n + 2) on a : n = 3 d'où la formule C_3H_8 2/ C_3H_7COOH ;

Les formules semi-développées possibles ont pour nom acide butanoïque et acide 2-méthylpropanoïque.

3/ Ecrire les formules semi-développées dont les noms suivent : méthanoate de propyle et méthanoate d'isopropyle .

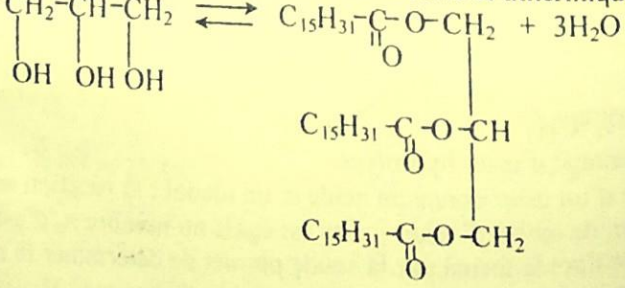
Solution C_{10}-6

1)



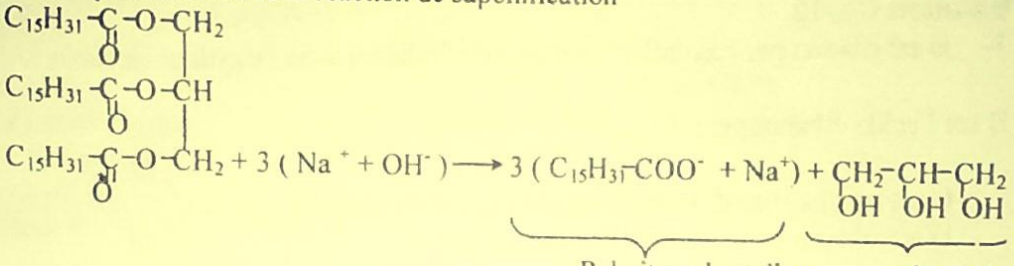
C'est une réaction d'hydrolyse ; elle est lente, limitée réversible et athermique.

2)



C'est une réaction d'estérification : l'ester obtenu est le tripalmitate de glycéryle.

3/ a) Equation-bilan de la réaction de saponification



Les produits obtenus sont le palmitate de sodium et de glycérol (propane-1,2,3-triol).

b) $n_{savon} = \frac{3 \times 85}{100} n_{triester}$ soit $\frac{m_{savon}}{M_{savon}} = \frac{3 \times 85}{100} \times \frac{m_{triester}}{M_{triester}}$ d'où $m_{savon} = 8{,}51$ kg

Solution C_{10}-7

1) a) $C_3H_6O_2$. b) $CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_3$ éthanoate de méthyle ; $H-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_2-CH_3$ méthanoate d'éthyle. 2) a) B : CH_3COOH acide éthanoïque ; C : CH_3OH méthanol ; A : $CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_3$ éthanoate de méthyle ; $CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3$ anhydride éthanoïque. b) $CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-CH_3 + H_2O \rightleftharpoons CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH + CH_3OH$

$2\left(CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-OH\right) \xrightarrow{P_2O_5} CH_3-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-O-\overset{O}{\overset{\|}{C}}-CH_3 + H_2O$

Solution C_{10}- 9

1- La formule brute de A est de la forme $C_xH_yO_z$. On a donc

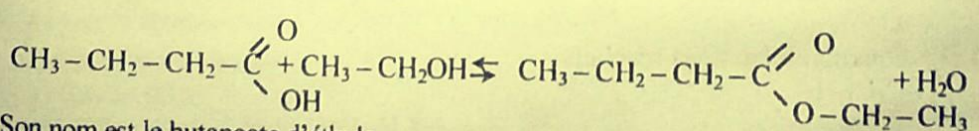
$\frac{M}{100} = \frac{12x}{\%C} = \frac{Y}{\%H} = \frac{16z}{\%O}$ d'où x = 4 ; y = 8 et z = 2 . A: $C_4H_8O_2$

2- A est un acide carboxylique; de formule semi-développée

$CH_3 - CH_2 - CH_2 - COOH$. C'est l'acide butanoïque .

*3-a) La réaction produite est l'estérification.

*L'équation de la réaction



* Son nom est le butanoate d'éthyle.

L'acide sulfurique joue un rôle de catalyseur.

b) Le mélange initial est équimolaire (n = 0,5 mol). La réaction s'éffectue entre un acide carboxylique et un alcool primaire. Lorsque l'équlibre est atteint, on a dans la mélange: $\frac{2}{3}$ n moles d'ester , $\frac{2}{3}$ moles d'eau, $\frac{n}{3}$ moles d'acide carboxylique et $\frac{n}{3}$ moles d'alcool

primaire. Donc $n_A = \frac{n}{3} = 0{,}16.mol^{-1}$. C'est la courbe (D) qui correspnd à l'expérience.

Solution C_{10}-10

1- B est obtenu par oxydation ménagée de l'éthanol avec l'oxydant en excès :

B est l'acide éthanoïque : $CH_3 - C(=O) - OH$

C est un chlorure d'acyle. C est chlorure d'éthanoyle : $CH_3 - C(=O) - Cl$

D est obtenu par action de l'ammoniac sur C.

D est l'éthanamide : $CH_3 - C(=O) - NH_2$

Le produit majoritaire est l'alcool de la classe la plus élevée.

F est le propan - 2 - ol : $CH_3 - CH(OH) - CH_3$

G est obtenu par action de F sur C.

G est l'éthanoate d'isopropyle (ou de méthyle éthyle) : $CH_3 - C(=O) - O - CH(CH_3) - CH_3$

2- La réaction qui permet d'obtenir G est une estérification (elle est dite indirecte).

La réaction qui permet d'obtenir J et F est une saponification .

Solution C_{10}-11

1) a) Formule semi-développée de l'acide oléique

$CH_3 - (CH_2)_7 - CH = CH - (CH_2)_7 - COOH$

b) formule semi-développée du glycérol : $CH_2(OH) - CH(OH) - CH_2(OH)$

c) Formule semi-développée du triester

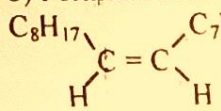
$CH_2(O-C(=O)-C_{17}H_{33}) - CH(O-C(=O)-C_{17}H_{33}) - CH_2(O-C(=O)-C_{17}H_{33})$

2) a) * Equation-bilan de la réaction

$$CH_2(O-C(=O)-C_{17}H_{33}) - CH(O-C(=O)-C_{17}H_{33}) - CH_2(O-C(=O)-C_{17}H_{33}) + 3OH^- \longrightarrow 3C_{17}H_{33}-CO_2^- + CH_2(OH) - CH(OH) - CH_2(OH)$$

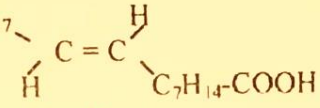
*Caractéristiques : réaction lente totale (et exothermique)

b) Formules semi-développées et noms des diastéréoisomères



(Z) acide oléique

et



(E) acide oléique

c) Masse de KOH

$$m_{KOH} = \frac{3\rho.VM_{KOH}}{M_{ester}} = 8{,}46 \text{ kg}$$

d) Masse du savon

$$m_s = \frac{3\rho VM_s}{M_{ester}} = 48{,}3 \text{ kg}$$

3) a) Oui ; b) Oui ; c) Oui ; d) Oui

Solution C_{10}-12

1) a) Formule semi-développées

- propane – 1, 2, 3-triol : $CH_2OH - CHOH - CH_2OH$
- acide oléique : $CH_3 - (CH_2)_7 - CH = CH - (CH_2)_7 - COOH$

b) Formule semi-développée de l'oléine

$$\begin{array}{l} CH_2 - O - CO - (CH_2)_7 - CH = CH - (CH_2)_7 - CH_3 \\ | \\ CH - O - CO - (CH_2)_7 - CH = CH - (CH_2)_7 - CH_3 \\ | \\ CH_2 - O - CO - (CH_2)_7 - CH = CH - (CH_2)_7 - CH_3 \end{array}$$

2) a) Equation globale de la réaction produite

$$\begin{array}{l} CH_2 - O - CO - (CH_2)_7 - CH = CH - (CH_2)_7 - CH_3 \\ | \\ CH - O - CO - (CH_2)_7 - CH = CH - (CH_2)_7 - CH_3 + 3(K^+, OH^-) \\ | \\ CH_2 - O - CO - (CH_2)_7 - CH = CH - (CH_2)_7 - CH_3 \end{array}$$

$$\longrightarrow \begin{array}{l} CH_2 - CH - CH_2 \\ | \quad | \quad | \\ OH \quad OH \quad OH \end{array} + 3\,(CH_3 - (CH_2)_7 - CH = CH - (CH_2)_7 - COO^-, K^+)$$

b) Nom de cette réaction : Saponification

c) Deux caractéristiques importantes de cette réaction

- totale
- lente à froid

d) Deux moyens pour accélérer

- Elever la température
- Utiliser un catalyseur

3) a) Calcul de m

D'après l'équation globale : $\frac{3}{n'} = \frac{1}{n}$ soit $\frac{3M'}{m'} = \frac{M}{m}$

$$\text{d'où } m = \frac{m'M}{3M'} = \frac{25 \times 885}{3 \times 320} = 23{,}02 \text{ g}$$

b) Le rendement de l'opération

* La masse m' théoriquement obtenue : $m'_{th} = \frac{3m_s M'}{M} = \frac{25 \times 28,8 \times 320}{884}$

$m'_{th} = 31,28$ g

* Le rendement est : $r = \frac{m'}{m'_{th}} = \frac{25}{31,28} = 0,80 = 80\ \%$

SOLUTIONS DES EXERCICES SUR LES ACIDES α- AMINES

Solution C 11- 1

1) $C_nH_{2n+1}-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH$; $M = 14n + 75$; $M = \frac{mV_a}{C_bV_bV} = 88,8$ g/mol.

$88,8 = 14n + 75$ d'où $n \simeq 1$: $CH_3-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH$ acide 2-aminopropanoïque.

2) $[H_3O^+] = 10^{-6}$ mol/L ; $[OH^-] = 10^{-8}$ mol/L ; $[CH_3-\underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH}-COO^-] = [Z] = 0,1$ mol/L

$K_{a_1} = \frac{[H_3O^+].[Z]}{[A]}$ d'où $[A] = [CH_3-\underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH}-COOH] = 1,99.10^{-5}$ mol/L.

$K_{a_2} = \frac{[H_3O^+].[B]}{[Z]}$ d'où $[B] = [CH_3-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COO^-] = 1,99.10^{-5}$ mol/L.

Solution C 11- 2

1/ a) C'est un acide -aminé parce que les groupes COOH et NH_2 sont liés au mêmeatome de carbone ;

$CH_3-\underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH}-COO^-$ amphion ou zwitterion.

b) $CH_3-\underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH}-COO^- + Na^+ + OH^- \rightleftharpoons CH_3-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COO^- + Na^+ + H_2O$

$CH_3-\underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH}-COO^- + H_3O^+ + Cl^- \rightleftharpoons CH_3-\underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH}-COOH + Cl^- + H_2O$

c) $CH_3-\underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH}-COO^-$ (ampholyte) ; $CH_3-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COO^-$ (dibase) ; $CH_3-\underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH}-COOH$ (diacide)

2/a) $NH_2 - CH_2 - COOH$

b) Ala-Ala, Ala-Gly, Gly-Gly, Gly-Ala (4 dipeptides)

Solution C11- 3

a) $\%C = 51,39\ \%$; $\%H = 9,4\ \%$; $\%N = 11,97\ \%$; $\%O = 27,24\ \%$

b) $C_5H_{11}O_2N$ c) $CH_3-CH_2-CH_2-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH$ acide 2-aminopentanoïque

$CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH$ acide 2-amino-3-méthylbutanoïque

$CH_3-CH_2-\underset{\underset{NH_2}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}}-COOH$ acide 2-amino-2-méthylbutanoïque

d) Le composé A est l'acide 2-amino-2-méthylbutanoïque ; liaison peptidique
Le produit obtenu est un dipeptide.

Solution C_{11}-4

1) Le groupe $-NH_2$ et le groupe $-COOH$ 2) $M = \frac{mV_a}{C_bV_bV} = 131 g/mol.$

R est le groupe C_4H_9- 3) $CH_3-\underset{CH_3}{CH}-CH_2-CH_2-NH_2$

$CH_3-\underset{CH_3}{CH}-CH_2-\underset{NH_2}{CH}-COOH$ leucine ou acide 2-amino-4-méthylpentanoïque

$CH_3-CH_2-\underset{CH_3}{CH}-\underset{NH_2}{CH}-COOH$ isoleucine ou acide 2-amino-3-méthylpentanoïque

4/ a) Ecrire les formules des dipeptides (4 en tout). Les noms sont :
Leu-Leu ; Leu-Ile ; Ile-Leu ; Ile-Ile. b) On obtient le dipeptide Leu-Ile.

c) $NH_2-\underset{R_1}{CH}-C(=O)-O-\underset{CH_3}{\overset{CH_3}{C}}-CH_3$

5) a) ; b) ; c) (non corrigées)

6) Les 3 enchaînements ont pour nom : Leu-Leu-Ile, Ile-Leu-Leu et Leu-Ile-Leu.

7) Vous trouverez 4 acides α-aminés dont les noms sont :
acide 2-amino-4-méthylpentanoïque ; acide 2-aminoéthanoïque ;
acide 2-aminopropanoïque ; acide 2-amino-3-méthylbutanoïque.

Solution C_{11}- 5

1) Un atome de carbone asymétrique est un atome de carbone tétraédrique lié à quatre atomes ou groupes d'atomes différents. Une molécule chirale est une molécule non superposable à son image dans un miroir plan.

2/ a/ $CH_3-\overset{*}{\underset{NH_2}{CH}}-COOH$ c/ $CH_3-\underset{CH_3}{CH}-CH_2-\overset{*}{\underset{NH_2}{CH}}-COOH$

b/ $CH_3-\underset{CH_3}{CH}-\overset{*}{\underset{NH_2}{CH}}-COOH$ d/ $CH_3-\overset{*}{\underset{OH}{CH}}-\overset{*}{\underset{NH_2}{CH}}-COOH$

3)

D-alanine	L-alanine	D-valine	L-valine
$H-\underset{CH_3}{\overset{COOH}{C}}-NH_2$	$NH_2-\underset{CH_3}{\overset{COOH}{C}}-H$	$H-\underset{CH_3-CH-CH_3}{\overset{COOH}{C}}-NH_2$	$NH_2-\underset{CH_3-CH-CH_3}{\overset{COOH}{C}}-H$

4/ a) alanine et valine b/ Pour obtenir ce peptide, il faut :

- bloquer la fonction amine de l'alanine (on peut la transformer en fonction amide en faisant réagir le groupe amine avec un chlorure d'acyle)
- bloquer la fonction acide carboxylique de la valine(en la transformant en ester par exemple par réaction avec un alcool)
- activer la fonction acide carboxylique de l'alanine (en la transformant par exemple par en chlorure d'acyle avec le chlorure de thionyle $SOCl_2$ ou le pen

tachlorure de phosphore PCl_5)

- régénérer les 2 fonctions bloquées par hydrolyse une fois la réaction de condensation terminée.

c) Le mélange racémique de l'alanine contient de la L-alanine et de la D-alanine en quantités égales. De même dans le mélange racémique de la valine, on a la L-valine et la D-valine en quantités égales.

En partant d'un mélange racémique de chacun des deux acides α- aminés, on va obtenir quatre dipeptides différents :

L'action de la L-alanine sur la L-valine donne L-ala-L-val (L-L Ala-Val)

L'action de la L-alanine sur la D-valine donne L-ala-D-val (L-D Ala-Val)

L'action de la D-alanine sur la L-valine donne D-ala-L-val (D-L Ala-Val)

L'action de la D-alanine sur la D-valine donne D-ala-D-val (D-D Ala-Val)

Solution C_{11}-6

1/ a) La formule brute d'une amine aliphatique (c'est-à-dire d'une amine saturée non cyclique) dépend uniquement du nombre n d'atomes de carbone qu'elle possède ; elle est indépendante de la classe de l'amine. Ainsi, en considérant une amine primaire par exemple ; on peut écrire la formule $C_nH_{2n+1}NH_2$

On constate que si on a n atomes de carbone, on a $2n + 1 + 2 = 2n + 3$ atomes d'hydrogène et bien évidemment un atome d'azote.

La formule brute de l'amine est donc : $C_nH_{2n+3}N$

Soit M la masse molaire de l'amine, on a :

$M = nM_C + (2n+3)\,M_H + M_N = 14n + 17$.

La proportion p = 65,75 % en masse de carbone est :

$$P = \frac{nM_C}{M} = \frac{12n}{14n+17} \quad \text{soit } (14n + 17).p = 12n \text{ d'où } n = \frac{17p}{12 - 14p} \simeq 4$$

La formule brute de l'amine A est : $C_4H_{11}N$.

b) Formule semi-développée et nom de l'amine A

L'amine A est obtenue par décarboxylation d'un acide α-aminé B suivant l'équation

$$R{-}\underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{CH}}{-}COOH \longrightarrow R{-}CH_2{-}NH_2 + CO_2$$

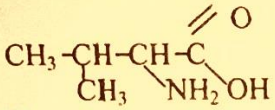
L'amine A ayant une chaîne ramifiée, alors le radical R est ramifié. La connaissance de la formule brute $C_4H_{11}N$ de l'amine $R{-}CH_2{-}NH_2$ permet de déduire la formule brute du radical R qui est $-C_3H_7$.

Ce radical étant ramifié, sa formule semi-développée s'écrit : $CH_3{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}-$

La formule semi-développée de l'amine A est donc : $CH_3{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}}{-}CH_2{-}NH_2$

Nom de l'amine A : 2-méthylpropan-1-amine ou 2-méthylpropylamine.

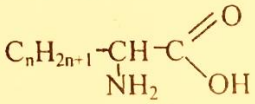
c) La formule semi-développée de l'acide α-aminé B est :



Nom de B : acide 2-amino-3-méthylbutanoïque.

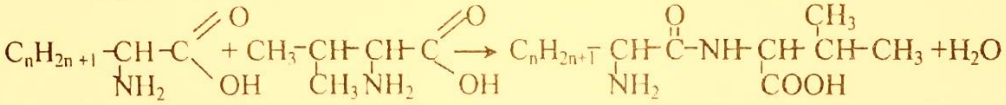
2/ a) Formule semi-développée et nom de l'acide α-aminé C.

La formule de l'acide naturel C peut s'écrire :

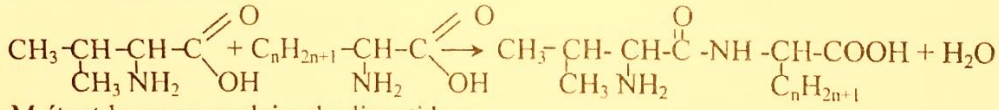


La condensation entre les acides α-aminés B et C peut donner deux dipeptides différents mais de même molaire.

Première possibilité :



Deuxième possibilité :



M étant la masse molaire du dipeptide on a :

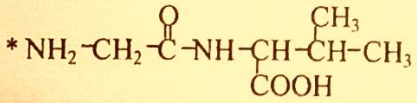
M = 174 + 14n. Or M = 174 g.mol^{-1} d'ou n = 0

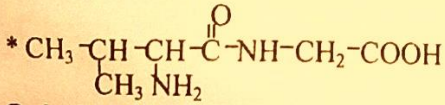
Pour n = 0, le radical C_nH_{2n+1} est identique à H, la formule semi-développée de l'acide α-aminé naturel C est donc :

NH_2-CH_2-COOH

Nom de C : acide amino-éthanoïque ou glycine.

b) Les formules semi-développées possibles du dipeptide sont obtenues en plaçant C_nH_{2n+1} par H dans les deux possibilités de la question a).On a :





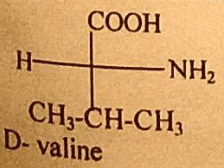
Solution C_{11}-7

1) a) Ils appartiennent au groupe des acides α- aminées

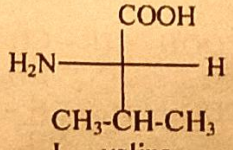
b) Gly : acide 2-aminoéthanoïque ; Ala : acide 2-aminopropanoïque ; Val : acide 2-amino-3-méthylbutanoïque

2) a) Les molécules chirales sont Ala et val. Car dans leur formule, il y a présence de carbone asymétrique.

b) Représentation de Fischer de la valine et noms



D- valine



L – valine

On ne peut le savoir sans expérience

3) a) En milieu aqueux, ils existent sous forme de Zwitterion (ou amphion)

b) Formule : $NH_3 - CH_2 - COO^-$

c) Avec une solution d'acide chlorhydrique

$\overset{+}{N}H_3\text{-}CH_2 - COO^- + (H_3O^+ + Cl^-) \longrightarrow \overset{+}{N}H_3 - CH_2 - COOH + H_2O + Cl^-$

Avec une solution d'hydroxyde de sodium

$\overset{+}{N}H_3\text{-}CH_2\text{-}COO^- + (N_a^+ + OH^-) \longrightarrow NH_2 - CH_2 - COO^- + H_2O + N_a^+$

Les couples acide-base et les pk_a

* en milieu acide : $\overset{+}{N}H_3 - CH_2 - COOH / \overset{+}{N}H_3\text{-}CH_2\text{-}COO^-$ et $pK_{a_1} = 2,4$

* en milieu basique : $\overset{+}{N}H_3\text{-}CH_2\text{-}COO^- / NH_2\text{-}CH_2\text{-}COO^-$ et $pk_{a_2} = 9,6$

4) a) Procédé de synthèse

- On synthétise d'abord Ala – Gly. Pour cela :
  - On bloque le groupe $-NH_2$ de Ala et le groupe – COOH de Gly ;
  - On active le groupe – COOH de Ala ;
  - On libère les fonctions bloquées après la réaction
- On synthétise ensuite le tripeptide. Pour cela :
  - On bloque le groupe-NH_2 du dipeptide Ala – Gly et le groupe -COOH de Val
  - On active le groupe – COOH du dipeptide ;
  - On libère les fonctions bloquées après la réaction

b) Formule du tripeptide

$$NH_2 - \underset{CH_3}{\underset{|}{CH}} - CO - NH - \underset{H}{\underset{|}{CH}} - CO - NH - \underset{CH_3 - CH - CH_3}{\underset{|}{CH}} - COOH$$

Solution C_{11}-8

1) Formule brute et semi – développée de A'

Une amine aliphatique a pour formule brute $C_nH_{2n+3}N$

Ainsi : $\frac{M}{100} = \frac{12\,n}{\%\,C}$ soit $\frac{14n + 17}{100} = \frac{12\,n}{53,33}$ d'où $n \simeq 2$

*C_2H_7N * $CH_3 - CH_2 - NH_2$

2) Formule semi-développée et nom de A

$$CH_3 - \underset{NH_2}{\underset{|}{CH}} - COOH$$: acide 2-aminopropanoïque

3) a) * Formules des ions

$$CH_3 - \underset{NH_3^+}{\underset{|}{CH}} - COO^- \; ; \; CH_3 - \underset{NH_3^+}{\underset{|}{CH}} - COOH \; ; \; CH_3 - \underset{NH_2}{\underset{|}{CH}} - COO^-$$

* Les deux couples

(1) : $CH_3 - \underset{NH_3^+}{\underset{|}{CH}} - COOH / CH_3 - \underset{NH_3^+}{\underset{|}{CH}} - COO^-$ et

(2) : $CH_3 - \underset{NH_3^+}{\underset{|}{CH}} - COO^- / CH_3 - \underset{NH_2}{\underset{|}{CH}} - COO^-$

b) Attribution des pK_a

Couple (1) : $pK_{a_1} = 2,3$; couple (2) : $pK_{a_2} = 9,9$

4) Espèce majoritaire

pH = 2 $CH_3 - \underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH} - COOH$; pH = 6 : $CH_3 - \underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH} - COO^-$

pH = 12 : $CH_3 - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH} - COO^-$

5) a) Theoriquement on obtient deux dipeptides

b) Formule semi-développée de A".

L'un des dipeptides a pour formule : $H_2N\text{-}\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}\text{-}CO\text{-}NH\text{-}\underset{\underset{R}{|}}{CH}\text{-}COOH$

M(R) = 176 – 145 = 31 or $R = C_nH_{2n}OH$ alors

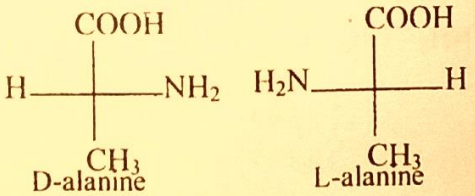
M(R) = 14n + 17 = 31 d'où n = 1 et A" : $HO - CH_2 - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH} - COOH$

c) Procédé de synthèse du dipeptide unique

- On bloque la fonction amine de A
- On bloque la fonction acide de A"
- On active la fonction acide de A
- On régénère les fonctions bloquées une fois la réaction de condensation terminée.

Solution C_{11}-9

1) Oui, parce qu'elle possède un atome de carbone asymétrique.
2) Nom : acide 2-aminopropaanoïque
3) Représentation de Fischer :



4) Les espèces en solution :

$CH_3\text{-}\underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH}\text{-}COO^-$ amphion ; $CH_3\text{-}\underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH}\text{-}COOH$ cation ;

$CH_3\text{-}\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}\text{-}COO^-$ anion

5) * pH = 1,8 : $CH_3\text{-}\underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH}\text{-}COOH$; pH = 8 : $CH_3\text{-}\underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH}\text{-}COO^-$

* pH = 11 : $CH_3 - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH} - COO^-$

6) Equations et noms des deux dipeptides

$CH_3\text{-}CH(NH_2)\text{-}COOH + H_2N\text{-}CH_2\text{-}COOH \longrightarrow H_2N\text{-}CH(CH_3)\text{-}CO\text{-}NH\text{-}CH_2\text{-}COOH + H_2O$

Ala-Gly

$CH_3\text{-}CH(NH_2)\text{-}COOH + H_2N\text{-}CH_2\text{-}COOH \longrightarrow H_2N\text{-}CH_2\text{-}CO\text{-}NH\text{-}CH(CH_3)\text{-}COOH + H_2O$

Gly – Ala

Solution C_{11}-10

1) $m = \dfrac{M}{C_b V_b} = 102 g/mol$; $M = 14n + 32 \Longrightarrow n = 5$ d'où la formule de C:

$CH_3 - CH(CH_3) - CH_2 - COOH$ acide — 3- méthylbutanoïque

2) A : $CH_3 - CH(CH_3) - CH_2 - CH_2OH$ — 3- méthylbutan –1 –ol

B : $CH_3 - CH(CH_3) - CH(NH_2) - C(=O)OH$ — 3- méthylbutanal

D : $CH_3 - CH(CH_3) - CH(NH_2) - C(=O)OH$ — acide 2 –amino 3- méthylbutanoïque

3) $NH_2 - CH_2 - COOH + D \rightarrow H_2O + NH_2 - CH_2 - C(=O) - NH - CH(CH_3 - CH(CH_3) - CH_3) - COOH$

$D + NH_2 - CH_2 - COOH \rightarrow H_2O + CH_3 - CH(CH_3) - CH(NH_2) - C(=O) - NH - CH_2 - C(=O)OH$

Solution C_{11}-11

a) % C = 51,39% ; %H = 9,4% ; %N = 11,97% ; %O = 27,24%

b) $C_5H_{11}O_2N$

c) $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH(NH_2) - COOH$ — acide 2 - aminopentanoïque

$CH_3 - CH(CH_3) - CH(NH_2) - COOH$ — acide 2 – amino-3-méthylbutanoïque

$CH_3 - CH_2 - C(CH_3)(NH_2) - COOH$ — acide 2 – amino-2 - méthylbutanoïque

Solution C_{11} - 12

1/a) $R-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH$ ou $C_nH_{2n+1}-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}COOH$

b)On bloque la fonction acide en la transformant en acide par réaction de l'aminoacide avec un acide carboxylique ou anhydrique d'acide ou chlorure d'acyle.

On bloque la fonction acide en estérifiant l'aminoacide avec un alcool.

2/ $c_a = \frac{C_b V_b}{V_a} = \frac{m}{MV}$ d'où $M = \frac{mv_a}{C_b V_b V} = 89 g/mol$ or $M = 14n + 75$ soit

$n = 1$ d'où la formule $CH_3-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH$ acide 2- aminopropanoïque.

3/ a) $CH_3-\underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH}-COO^-$ (amphion) ; $CH_3-\underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH}-COOH$ (diacide) ; $CH_3-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COO^-$ (dibase)

b) et c/* $CH_3-\underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH}-COO^- + H_2O \rightleftarrows CH_3-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COO^- + H_3O^+$.

On a le couple Amphion / dibase de $pK_{a_2} = 9,9$

* $CH_3-\underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH}-COO^- + H_2O \rightleftarrows CH_3-\underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH}-COOH + OH^-$

On a le couple diacide/amphion de $pK_{a_1} = 2,3$

4/ a) faux b/ faux c/ vrai

SOLUTIONS DES EXERCICES PROPOSES SUR LA CINETIQUE CHIMIQUE

Solution C_{12}-1

1) $CH_3COOC_2H_5 + (Na^+ + OH^-) \longrightarrow CH_3COO^- + Na^+ + C_2H_5OH$

2/ a) A $t = 0$ $n_o(OH^-) = C_1V_1$; à t quelconque $n_{(OH^-)} = [OH^-].(V_1+V_2)$;

$n_{\text{éthanol}} = n_{o(OH^-)} - n_{(OH^-)}$ d'où $[CH_3CH_2OH] = \frac{C_1V_1 - [OH^-](V_1+V_2)}{V_1+V_2}$ soit :

$[CH_3CH_2OH] = 10^{-2} - [OH^-]$ b) à $t = 25$ min, $[OH^-] = 0,62.10^{-2}$ mol.L^{-1} d'où

$[CH_3CH_2OH] = 10^{-2} - 0,62.10^{-2} = 0,38.10^{-2}$ mol/L.3/ a)

t en min	10	20	30	40	50	60	80	100
$[CH_3CH_2OH]$ en mol/L	2.10^{-3}	$3,3.10^{-3}$	$4,3.10^{-3}$	5.10^{-3}	$5,6.10^{-3}$	6.10^{-3}	$6,7.10^{-3}$	7,1.1(

c) La vitesse de formation de l'éthanol est la plus grande à la date $t = 0$ car à cette date les concentrations des réactifs sont les plus élevées.

d) $t = 45$ min 4) $v_m = 8.10^{-5}$mol.L^{-1}.min^{-1} 5) La vitesse instantanée d'apparition de l'éthanol est la dérivée par rapport au temps de la concentration molaire en

éthanol soit $v = \frac{d}{dt}[CH_3CH_2OH]$.

Pour $t_3 = 10$min on a $v_3 = \frac{(0,2 - 0,04)10^{-2}}{10-0}$; $v_1 = 1,6.10^{-4}$mol.L^{-1}.min^{-1}.

Pour $t_4 = 60$ min on a $v_4 = \dfrac{(0,6 - 0,37)10^{-2}}{60-0}$; $v_4 = 0,38.10^{-4}$ mol.L^{-1}.min^{-1}.

La vitesse diminue au cours du temps. Cette évolution est due au fait que les concentrations des réactifs diminuent au cours du temps.

Solution C 12-2

1) $R-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-OH + R'CH_2OH \rightleftharpoons R-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-O-CH_2-R' + H_2O$ 2) tracer la courbe

3/ a) Pour vite atteindre l'équilibre il faut augmenter la température par chauffage et/ou utiliser un catalyseur. b) La vitesse moyenne de formation de l'ester est le quotient de la variation du nombre de moles d'ester formé (n_2-n_1) sur l'intervalle de temps (t_2-t_1) correspondant.

$$V_m = \frac{n_2-n_1}{t_2-t_1} = \frac{0,63-0,43}{3-1} = 0,1 \text{ mol.h}^{-1}$$

c) A t = 2h on a $v = \dfrac{0,58-0,42}{2-0} = 0,08$ mol.h^{-1} ; à t = 0 h, il faut déterminer la pente de la tangente à la courbe à l'origine, on a : $v = 0,6$ mol.h^{-1}. La vitesse de formation de l'ester diminue en fonction du temps. d) Pour déplacer l'équilibre dans le sens de la formation de l'ester, il faut soit ajouter un excès d'un des deux réactifs, soit éliminer l'eau.

4/ a) L'alcool utilisé un alcool primaire : l'ester obtenu a donc pour formules semi-développées :

$H-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-O-CH_2-CH_2-CH_3$ méthanoate de propyle.

$CH_3-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-O-CH_2-CH_3$ éthanoate d'éthyle.

$CH_3-CH_2-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-O-CH_3$ propanoate de méthyle.

b) $R-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-OH + NH_3 \rightleftharpoons R-COO^- + NH_4^+$; $R-COO^- + NH_4^+ \xrightarrow{\Delta} R-\underset{\underset{NH_2}{|}}{\overset{\overset{O}{\|}}{C}} + H_2O$

$R-\underset{\underset{NH_2}{|}}{\overset{\overset{O}{\|}}{C}}$ éthanamide ; CH_3COOH acide éthanoïque ;

CH_3-CH_2OH éthanol ; $CH_3-COOC_2H_5$ éthanoate d'éthyle.

5) Pour 1 mole d'éthanol utilisé on a $m_1 = M_1 = \rho_1 V_1$ d'où

$$V_1 = \frac{M_1}{\rho_1} = \frac{46}{0,79} = 58,2 \text{ cm}^3.$$

Pour 1 mole d'acide utilisé, $m_2 = M_2 = \rho_2 V_2$ d'où $V_2 = \dfrac{M_2}{\rho_2} = \dfrac{60}{1,08} = 55,55$ cm^3

Le volume réactionnel est $V = V_1 + V_2 = 113,7$ cm^3

Solution C 12-3

1) $HCOOH + CH_3-CH_2-CH_2OH \rightleftharpoons H-\underset{\underset{O}{\|}}{C}-O-CH_2-CH_3 + H_2O$

2) $HCOOH + Na^+ + OH^- \longrightarrow HCOO^- + Na^+ + H_2O$

3/ a) $C_o = \frac{n_o}{V_o} = \frac{5.10^{-2}}{10.10^{-3}} = 5$ mol/L

b) A l'équivalence nacide dosé = $C_b(V_b\text{-}v) = C_aV_o$ d'où $[HCOOH]_{restant} = C_a = \frac{C_b(V_b\text{-}v)}{V_o}$; n(ester formé) = $5.10^{-2} - C_b(V_b\text{-}v)$

d'où [ester] = $\frac{5.10^{-2} - C_b(V_b\text{-}v)}{V_o} = C_o - [HCOOH]$

Les expressions précédentes donnent les résultats suivants :

t (min)	0	2	5	8	12	16	20	25	30	40	50	60
$V_b(cm^3)$		22	17,5	15	13,1	12,2	11,6	11,1	10,9	10,6	10,5	10,5
[HCOOH] restant	5	4	3,1	2,6	2,22	2,04	1,92	1,82	1,78	1,72	1,7	1,7
[ester] formé	0	1	1,9	2,4	2,78	2,96	3,08	3,18	3,22	3,28	3,3	3,3

4) Les gouttes d'acide sulfurique catalysent la réaction d'estérification et celle d'hydrolyse.

5) a) Voir figure 1

b) A $t_o = 0$ $v_o = \frac{d[ester]}{dt_1} = 0{,}55$ mol. L^{-1} min^{-1} ; à $t_1 = 20$ min, $v_1 \simeq 2{,}5.10^{-2}$ $mol.L^{-1}.min^{-1}$. La vitesse diminue avec la concentration des réactifs.

c) à t = 9 min d) Pour rendre la réaction plus rapide, il faut augmenter la température ou ajouter encore l'acide sulfurique comme catalyseur. Pour augmenter la composition du mélange à l'équilibre, il faut utiliser un excès d'un des réactifs par rapport à l'autre ou éliminer l'eau au fur à mesure de sa formation.

6) a) voir figure 2 b) $v = -\frac{[HCOOH]_{20} - [HCOOH]_8}{20\text{-}8} = 5{,}66.10^{-2}$ $mol.L^{-1}.min$

c) A $t_2 = 20$ min, $v_2 = -\frac{d[HCOOH]}{dt} \simeq 2{,}5.10^{-2}$ $mol.L^{-1}.min^{-1}$; on a $v_1 = v_2$

d) Pour $t \geq 50$ min la composition du mélange est fixe. L'équilibre chimique est atteint (estérification et hydrolyse se déroulent à la même vitesse).

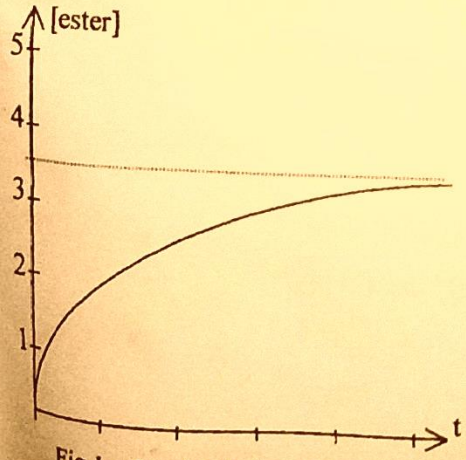


Fig.1 : Courbe de formation

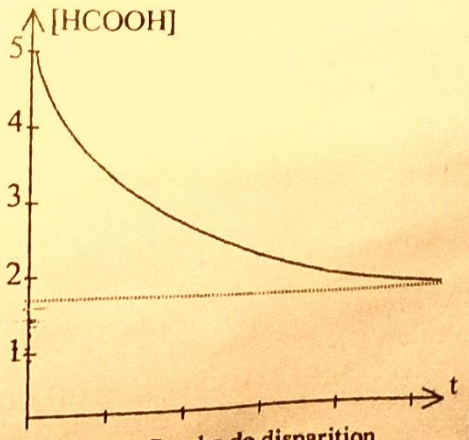


Fig.2 : Courbe de disparition

Solution C_{12}-4

1) Les couples rédox sont : MnO_4^-/Mn^{2+} et $CO_2/ H_2C_2O_4$; l'ion MnO_4^- est un oxydant plus fort que CO_2

2/ a) $n_o = C_1V_1 = 5.10^{-5}$ mol. b) $[MnO_4^-]_o = \frac{n}{V_1+V_2} = 5.10^{-4}$ mol.L^{-1}

c) $n'(H_2C_2O_4) = C_2V_2 = 500.10^{-5}$ mol.

D'après l'équation de la réaction 2 ions MnO_4^- doivent réagir avec 5 molécules. $H_2C_2O_4$. Pour 1mol.d'ions MnO_4^- il faut $\frac{5}{2}$= 2,5mol.de $H_2C_2O_4$. Le nombre d'ion permanganate n'est pas suffisant.

Le nombre d'acide oxalique qui n'a pu être oxydé est

$$n = n' - \frac{5nc}{2} = C_2V_2 - \frac{5}{2} C_1V_1 = 487,5.10^{-5} \text{ mol.}$$

3/b) A t_1 = 120 s, on a : $V_1 = 3,9.10^{-7}$ mol.L^{-1}.s^{-1} et $[MnO_4^-] = 4,7.10^{-4}$ mol/L

A t_2 = 360 s, $v_2 = 1,4.10^{-7}$ mol.L^{-1}.s^{-1} et $[MnO_4^-] = 5.10^{-6}$ mol.L^{-1}

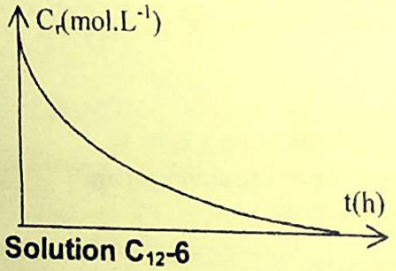
$[MnO_4^-]_t = [MnO_4^-]_o - [MnO^{2+}]_t$

Solution C_{12}-5

1) $2H_2O_2 \longrightarrow O_2 + 2H_2O$ 2/ a) $n_{O2} = \frac{V_{O2}}{24}$

$n(H_2O_2) = 1-2n_{O_2}$ d'où $C_r = [H_2O_2]_t = 1 - \frac{V_{O2}}{12}$

b) On a en mol.L^{-1} Cr = 0,791 ; 0,512 ; 0,386 ; 0,303 ; 0,237 ; 0,142 ; 0,083 ; 0,050 ; 0,033 ; 0,017 ; et 0,08 (voir courbe)



c) Définir la vitesse $v = \frac{d[H_2O_2]}{dt}$

à t_1= 3 h $v_1 = 3,2.10^{-5}$ mol.L^{-1}s^{-1}

3/ a) A t_1 = 3 h, $C_r = 0,237$ mol.L^{-1} et $v'_1 = 3,03.10^{-5}$ mol.L^{-1}. b) $v_1 \simeq V_1$'

Solution C_{12}-6

2/ a) $[I^-]_o = \frac{C_1V_1}{V_1+V_2} = 0,2$ mol.L^{-1} ; $[S_2O_8^{2-}]_o = \frac{C_1V_1}{V_1+V_2} = 0,1$ mol.L^{-1}

b) $[I^-]_t = [I^-]_o - 2[I_2]_t = 0,2 - 2[I_2]_t$

3/ a) t = 23 min b) $v(I_2)$ ć1,6.10^{-3} mol.L^{-1}.min^{-1}

$$v(I^-)_t = -\frac{d}{dt}[I^-] = 2\frac{d[I]_2}{dt} = 2v(I_2) = 3,2.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}\text{.min}^{-1}$$

4) Augmenter la température du mélange.

Solution C_{12}-7

1/ a) $CH_3CO_2H + C_2H_5OH \rightleftharpoons CH_3CO_2C_2H_5 + H_2O$

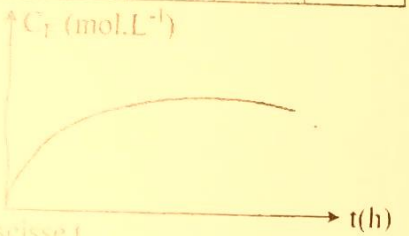
Le composé organique est l'éthanoate d'éthyle. Il sert dans la parfumerie et la savonnerie.

b) C'est une réaction lente, limitée et athermique.

c) Pour remplir le tableau : $n_E(t) = n_A(o) - n_A(t)$; $C_E(t) = \frac{n_E(t)}{V}$

Temps t(h)	0	1	2	4	6	8	10	15	20	25
$n_E(t)$ mol	0	0,18	0,30	0,45	0,54	0,59	0,62	0,65	0,66	0,665
$C_E(t)$ mol.L^{-1}	0	0,9	1,5	2,25	2,7	2,95	3,1	3,25	3,3	3,325

2- On donne ici l'allure de la courbe $C_E = f(t)$



3/ a) Vitesse de formation de l'ester : $v = \frac{d(C_E)}{dt}$

C'est la pente de la tangente à la courbe au point d'abscisse t.

b) Le temps au bout duquel la moitié de l'acide ($n_0 = \frac{n_A(O)}{2} = 0,5$ mol soit $C_E = 2,5$ mol.L^{-1}) a réagi est t = 5 heures.

c) Vitesse d'estérification à t = 5 h ; V = 2,24 mol/L.h

4/ a) Pour rendre la réaction plus rapide ; ajouter quelques gouttes d'acide fort ou élever la température du milieu réactionnel.

b) Pour modifier la composition du mélange à l'équilibre : éliminer l'un des produits (ester ou eau) du mélange au fur et à mesure de sa formation ou modifier la composition relative des réactifs.

Pour avoir une réaction rapide et totale : remplacer l'acide par le chlorure d'éthanoyle ou l'anhydride éthanoïque.

Solution C_{12} - 8

1)Equation bilan de la réaction : $2H_2O_2 \longrightarrow 2H_2O + O_2$

2) * Les demi-équations d'oxydoréduction

$Cr_2O_7^{2-} + 14\,H_3O^+ + 6e^- \rightleftharpoons 2Cr^{3+} + 21H_2O$

$H_2O_2 + 2H_2O \rightleftharpoons 2H_3O^+ + O_2 + 2e^-$

- Equation bilan de la réaction

$Cr_2O_7^{2-} + 3H_2O_2 + 8H_3O^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 3O_2 + 15H_2O$

3) $[H_2O_2] = f(C, V \text{ et } V_a)$; $[H_2O_2] = \frac{3CV}{V_a}$

4) Déduisons : $[H_2O_2] = \frac{3 \times 1,5.10^{-2}v}{10} = 4,5.10^{-3}v$

5) Complétons le tableau

t(s)	0	230	390	570	735	910	1055
v(mL)	12,3	7,8	5,7	4,0	2,9	2,0	1,55
$[H_2O_2]$(10^{-3}molL^{-1})	55,35	35,10	25,65	18	13,05	9	6,975

* $[H_2O_2] = f(t)$: voir papier millimétré

Solution C_{12} - 9

1/ a) Formule brute

$M(C_nH_{2n}O_2) = 14n + 32 \longleftrightarrow 32$g d'oxygène

$100 \longleftrightarrow 31,37$

d'où $14n + 32 = \frac{32x100}{31,37}$ soit n = 5

La formule brute est $C_5H_{10}O_2$

La formule semi-développées et les noms sont :

$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_2-CH_2-CH_3$ éthanoate de propyle

$CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_3$ éthanoate d'isopropyle

$CH_3-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_2-CH_3$ propanoate d'éthyle

$CH_3-CH_2-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_3$ butanoate de méthyle

$CH_3-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-CH_3$ méthylpropanoate de méthyle

b)L'ester est l'éthanoate disopropyle. L'alcool est le propan -2-ol.

c) $CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_3 + Na^+ OH^- \longrightarrow CH_3-\overset{\overset{O}{\|}}{C}-O^- + Na^+ + CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3$

2) $[alcool] = \frac{(OH^-)-n(OH^-)}{V} = \frac{CV-C_ax}{V} = C - \frac{C_ax}{V}$

Tracez la courbe et l'exploiter pour trouver la vitesse v

Solution C_{12} - 10

1)voir rappel de cours

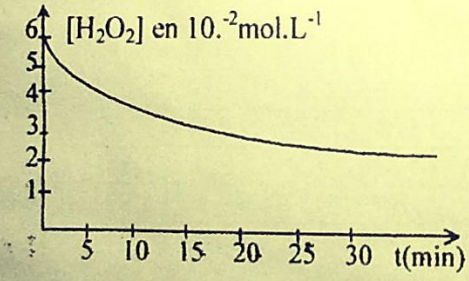
2)$[H_2O_2]_{restant} = [H_2O_2]_{initial} - [H_2O_2]_{disparu} = C - \frac{2n_{o2}}{V}$

or $n_{o2} = \frac{Vo_2}{V}$ d'où $[H_2O_2]_{rest} = C - \frac{2V_{o2}}{V.V_o}$

3)a- Tableau complété

t(min)	0	5	1	15	20	25	30
V_{O_2} dégagé en mL	0	1,56	2,74	3,65	4,42	4,90	5,26
$[H_2O_2]$ restant en $10.^{-2}mol.L^{-1}$	6	4,7	3,72	2,96	2,32	1,92	1,62

b- Allure de la courbe



4/a) voir rappel de cours

b) Entre 0 et 10 min on a $V = \frac{3,72-6}{10}$ 0,23 $mol.L^{-1}.min^{-1}$

Entre 20min et 30min on a $V = \frac{1,62-2,32}{30-20} = 0,07\ mol.L^{-1}.min^{-1}.min^{-1}$

c)A t = 0min on a $V_o = 0,3.10^{-2} mol.L^{-1}min^{-1}$

A t = 15min on a $V_1 = 0,13.10^{-2} mol.L^{-1-1}min^{-1}$

La vitesse instantanée de disparition du peroxyde d'hydrogène diminue avec le temps : ceci s'explique par le fait que la concentration en peroxyde diminue au cours du temps.

d)Pour $_2V_{o_2} = 1,92mL$ on a $[H_2O_2]_r = 4,4.10.^{-2} mol.L^{-1}$

D'après la courbe, le temps correspondant est t = 6,4min

e) $[H_2O_2]_r = \frac{2V_{o2}}{V.V_o} = C - 2[O_2]$; en dérivant pat rapport au temps on a

$$V_{(H_2O_2)_r} = \frac{2d[O_2]_r}{dt} = 2V_{(O_2)} \text{ D'où } V_{(O_2)} = \frac{1}{2} V(H_2O_2)_r$$

A la date t = 15 min on a $V(H_2O_2)_r = 0,13.10^{-2} mol.L^{-1-1}min^{-1}$

D'où $V(O_2) = 0,065.10^{-2} mol.L^{-1-1}min^{-1}$.

SOLUTIONS DES EXERCICES DE CINEMATIQUE

Solution P_1-1

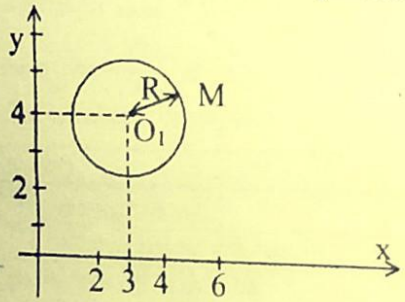
1/ $x = t^2 - 2$ d'où $t^2 = x + 2$. En remplaçant t^2 dans l'expression de y, on a :
$y = 2t^2 - 2 = 2(x + 2) - 2 = 2x + 2$.
L'équation de la trajectoire est : $y = 2x + 2$. La trajectoire est rectiligne.
2/ La trajectoire étant une droite on a :
$s(t) = d(M_oM)$ avec $M(x = t^2 - 2 ; y = 2t^2 - 2)$ et $M_o(x_o = -2 ; y_o = -2)$

$$s(t) = \sqrt{(x - x_o)^2 + (y - y_o)^2} = \sqrt{(t^2)^2 + (2t^2)^2} = t^2\sqrt{5}$$

3/ A t = 10 s, $s = 10^2\sqrt{5} = 223{,}6$ m.

Solution P_1-2

1/ $x = 3 + 2\cos(2t + 1)$ d'où $(x - 3)^2 = 2^2\cos^2(2t + 1)$
$y = 4 + 2\sin(2t + 1)$ d'où $(y - 4)^2 = 2^2\sin^2(2t + 1)$
En faisant la somme membre à membre on a :
$(x - 3)^2 + (y - 4)^2 = 2^2[(\cos^2(2t + 1) + \sin^2(2t + 1)] = 2^2 = 4$
L'équation de la trajectoire est $(x - 3)^2 + (y - 4)^2 = 4$
La trajectoire est un cercle de rayon R = 2 m et de centre le point O_1 d'abscisse 3 m et d'ordonnée 4 m.
2/ Représentation de la trajectoire.



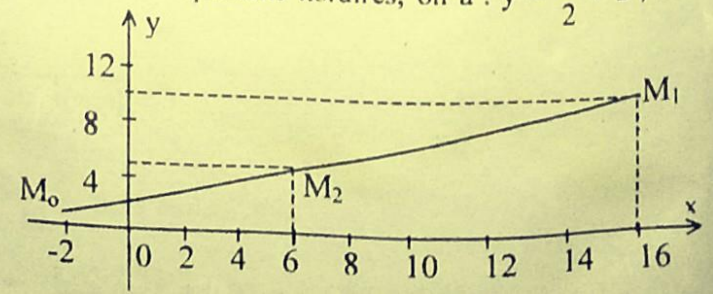
Remarque : Si M(x, y) est un point appartenant à un cercle de centre $O_1(x_o, y_o)$ et de rayon R on a :
$d(OM) = R$ soit $\sqrt{(x - x_o)^2 + (y - y_o)^2} = R$

d'où $(x - x_o)^2 + (y - y_o)^2 = R^2$ est l'équation du cercle.

Solution P_1-3

1/ $\overrightarrow{OM} = x\vec{i} + y\vec{j} = (2t^2 - 2)\vec{i} + (t^2 + 1)\vec{j}$
2/ En éliminant le temps t entre les deux équations horaires, on a : $y = \frac{x}{2} + 2$; la trajectoire est une droite.

t	0 s	3 s
x	-2	16
y	1	10
M	M_o	M_1



A la date $t_2 = 2s$ on a le point M_2 de coordonnées $x_2 = 6$ m et $y_2 = 5$ m (voir M_2 sur la courbe).

4/ A la date t, on a : $\vec{v}(4t ; 2t)$ et $v = \sqrt{(4t)^2 + (2t)^2} = 2t\sqrt{5}$.

A la date t, on a : $\vec{a}(4 ; 2)$ et $a = \sqrt{4^2 + 2^2} = 4{,}47$ m.s^{-2}.
A.N. A $t = 2$ s on a : $v = 2.2\sqrt{5} = 8{,}94$ m.s^{-1} et $a = 4{,}47$ m.s^{-2}.

5/ $d(M_oM_2) = \sqrt{(x_2 - x_o)^2 + (y_2 - y_o)^2} = 8{,}94$ m. $v_m = \dfrac{d(M_oM_2)}{t_2 - t_o} = 4{,}47$ m.s^{-1}.

6/ $s(t) = d(M_oM) = \sqrt{(x - x_o)^2 + (y - y_o)^2} = \sqrt{5\,t^2}$.

Pour t = 2 s on a : $d = 4.\sqrt{5} = 8{,}94$ m.

Solution P$_1$-4

1/ En éliminant le temps t entre les deux équations on a : $y = -\dfrac{5x^2}{4} + x$.
2/ Composantes de $\vec{v}$: $v_x = \dot{x} = 2$; $v_y = \dot{y} = -10\,t + 2$.

Module de $\vec{v}$: $v = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2} = \sqrt{100\,t^2 - 40\,t + 8}$

Au début du mouvement (à $t = 0$) on a : $v_o = \sqrt{8} = 2{,}83$ m.s^{-1}.
3/ A l'ordonnée maximale, $\dot{y} = -10\,t + 2 = 0$ d'où $t = 0{,}2$ s.
Le vecteur vitesse est $\vec{v} = \dot{x}\vec{i} + \dot{y}\vec{j} = 2\vec{i}$ (à cet instant).
L'ordonnée maximale est $y_{max} = -5.(0{,}2)^2 = 2.(0{,}2) = 0{,}2$ m.
L'abscisse est $x = 2.(0{,}2) = 0{,}4$ m.
4/ Pour $y = 0$ on a : $t = 0{,}4$ s, $x = 0{,}8$ m et $v = 2{,}83$ m.s^{-1}.
5/ A $t = 1$ s on a : $\overrightarrow{OM}$ ($x_1 = 2$, $y_1 = -3$) et $v = 8{,}25$ m.s^{-1}.

Solution P$_1$-5

1/ $y = t^2 + 2$ d'où $t^2 = y - 2$ et $t = \sqrt{y - 2}$. En remplaçant t^2 et t dans l'expression de x on a : $x = y - 2 - 4\sqrt{y - 2}$.
2/ $\vec{v}(\dot{x} = 2t - 4 ; \dot{y} = 2t$; $\vec{a}(\ddot{x} = 2 ; \ddot{y} = 2)$
$\vec{a}.\vec{v} = \dot{x}.\ddot{x} + \dot{y}.\ddot{y} = 2(2t - 4) + 2.2t = 8t - 8 = 8(t-1)$
Le mouvement est accéléré si $\vec{a}.\vec{v} > 0$ soit $t \in]\,1 ; +\infty\,[$
Le mouvement est retardé si $\vec{a}.\vec{v} < 0$ soit $t \in [\,0 ; 1\,[$

Solution P$_1$-6

1/ $x = -5\,t^2 + 15\,t$. 2/ $V_x = -10t + 15$.
3/ Au point culminant $V_x = -10\,t + 15 = 0$ d'où $t = 1{,}5$ s. On a alors $x_{max} = -5\,(1{,}5)^2 + 15\,.\,1{,}5 = 11{,}25$ m.
4/ A $t = 1$s on a : $x_1 = 10$ m et $V_{1x} = 5$ m.s^{-1} ; la bille évolue suivant la verticale ascendante (même sens que $\vec{i}$). A $t = 2$s, on a : $x_2 = 10$ m et $V_{2x} = -5$ m.s^{-1} ; la bille évolue dans le sens contraire de $\vec{i}$.
5/ Au passage par O, $x = -5t^2 + 15t = 0$ d'où $t = 3$ s, $V_x = -15$ m.s^{-1} ; $\vec{V} = -15\vec{i}$.
6/ Au sol $x = -5t^2 + 15t = -2$ d'où $t = 3{,}12$ s et $V = 16{,}2$ m.s^{-1}.

Solution P_1-7

1/ a) $a_x = \frac{V_{2x}^2 - v_{1x}^2}{2(x_2 - x_1)} = 2\ m.s^{-2}$; $v_{1x} = a_x t_1 + v_{ox}$ d'où $v_{ox} = v_{1x} - a_x t_1 = 0$;

$x_1 = \frac{1}{2} a_x t^2 + x_o = 59$ m d'où $x_o = 59 - t_1^2 = 50$ m. L'équation horaire du mouvement est $x = \frac{1}{2}a_x t^2 + v_{ox} t + x_o$ soit $x = t^2 + 50$. b) Au point M_2 on a $x_2 = 150 = t^2_2 + 50$ d'ou $t_2 = 10$ s. c) A t = 20 s, $x = 20^2 + 50 = 450$ m d'où $l = x - x_o = 400$ m. 2/ a) Soit x_m l'abscisse de la moto ; $x_m = 20(t - 1) + x' = 20t - 25$. b) Aux dépassements $x = x_m$ donc $t^2 + 50 = 20t - 25$ d'où $t^2 - 20t + 75 = 0$; la résolution de cette équation donne les dates $t'_1 = 5$ s et $t'_2 = 15$ s. La moto dépasse l'automobile à la date $t'_1 = 5$ s et l'automobile rattrape la moto à la date $t'_2 = 15$ s. c) A $t'_1 = 5$ s $x'_1 = 75$ m ; à $t'_2 = 15$ s $x'_2 = 275$ m d) $v = 2t'_2 = 30\ m.s^{-1}$. e) A $t'_1 = 5$ s $x_m = 20 \times 5 - 25 = 75$ m d'où
$d = x_m - x' = 80$ m (2ème méthode $d = x_m - x' = 20(t - 1) = 20 \times 4 = 80$ m).

Solution P_1- 8

1/ a) $a_x = \frac{v_f^2 - v_i^2}{2d} = -2{,}48\ m.s^{-2}$; le vecteur $\vec{a}$ a le sens contraire du mouvement ;

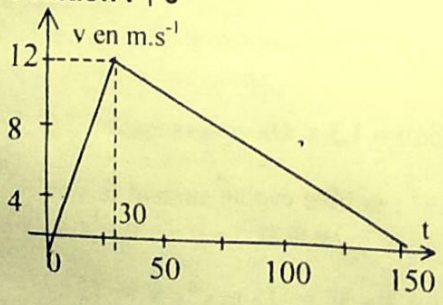
son intensité est $a = 2.48\ m.s^{-2}$ b) $v_f = a_x t + v_i$ d'où $t = 7$ s

2/ $a'_x = \frac{v'^2_f - v_i^2}{2d} = -2{,}07\ m.s^{-2}$; $t' = \frac{v'_f - v_i}{a'_x} = 6{,}4$ s

3/ Distance parcourue avant le freinage : $d = v_i t = 30 \times 0{,}8 = 24$ m
Distance parcourue pendant le freinage : $d' = 150 - 24 = 126$m
Vitesse au niveau du panneau $V^2 - V_i^2 = 2a_x d'$ d'où $V = 16{,}58\ m.s^{-1} = 59{,}7$km/h
$V = 59{,}7$ km/h < 60km/h ; il n'est pas en infraction.
4/ a) $\vec{a} = a_n \vec{n} + a_\tau \vec{\tau}$ avec $a_\tau = 0$ car la vitesse est contante : $\vec{a} = a_n \vec{n}$; le vecteur $\vec{a}$ est centripète.

$a = \frac{V^2}{R} = 1{,}83\ m.s^{-2}$ b) $s = \frac{2\pi R}{4} = Vt$ d'où $t = 14{,}2$ s.

Solution P_1-9



2/ - Pour la 1ère phase $x_1 = 1/2a_x t^2 + v_{ox}t + x_o$ avec $x_o = 0$, $v_{ox} = 0$;

$a_x = \frac{V_f}{t} = \frac{12}{30} = 0{,}4\ m.s^{-2}$. Le mouvement est rectiligne uniformément accéléré d'équation.
$x = 0{,}2t^2$ avec $0\ s \le t \le 30$ s.

- Pour la 2ème phase $x = \frac{1}{2}a'_x(t - 30)^2 + v'_{ox}(t - 30) + x'_o$ avec $v'_{ox} = 12$ m/s ;

$a'_x = \frac{\Delta V_x}{\Delta t} = \frac{-12}{150 - 30} = -0{,}1\ m.s^{-2}$ et $x'_o = d_1 = 0{,}2 \times 30^2 = 180$ m. Le mouvement est rectiligne uniformément retardé d'équation : $x = -0{,}05(t - 30)^2 + 12(t - 30) + 180$ avec $30\ s \leq t \leq 150\ s$

3/ a) A $t = 150$ s $x = d = 900$ m. b) La figure obtenue est un triangle dont l'aire est $A = \frac{H.l}{2}$; la distance est donc $d = \frac{12 \times 150}{2} = 900$ m.

4/ A $t = 60$ s, $d = -0{,}05(60 - 30)^2 + 12(60 - 30)^2 + 180 = 495$ m et $v = 9\ m.s^{-1}$.

Solution P_1-10

1/ - Pour la 1ere phase : $x_1 = d_1 = 1/2a_1t_1^2$ et $v_1 = a_1t_1$.

- Pour la 2eme phase : $x_2 = d_2 = -1/2a_2t_2^2 + v_1t_2$ et $v_2 = -a_2t_2 + v_1$.
- A la fin $v_2 = 0 \Rightarrow a_2t_2 = v_1 = a_1t_1$ d'où $t_1 = \frac{a_2t_2}{a_1}$.
- On remplace $v_1 = a_2t_2$ dans l'expression de x_2 et t_1 dans l'expression de x_1 et on pose $d = x_1 + x_2$ ce qui conduit à : $t_2 = \sqrt{\frac{2a_1d}{a_1a_2 + a_2^2}} = 120$ s et $t_1 = 30$ s

2/ $d_1 = 180$ m et $d_2 = 720$ m. 3/ $v_{max} = a_1t_1 = 12\ m.s^{-1}$.

$v_{moyenne} = \frac{d}{t_1 + t_2} = 6\ m.s^{-1}$.

Solution P_1-11

1/ a) En orientant l'axe x'x vers le haut, on a : $x_1 = 1/2a_xt^2 + v_ot = -5t^2 + 15\ t$.

b) $h_{max} = -\frac{V_o^2}{2a_x} = 11{,}25$ m ; $x = a_xt + v_o = 0$ d'où $t = 1{,}5$s ($a_x = -10\ m.s^{-2}$).

2/ a) $x_2 = 1/2a_x(t-1)^2 + v_{ox}(t - 1) + x_A = -5(t-1)^2 + 15(t - 1) - 3 = -5t^2 + 25t - 23$.

b) $x_1 = x_2$ d'où $t = 2{,}3$s ; altitude $h = 8{,}05$ m. c) $v_1x = -8\ m.s^{-1}$; $v_2x = 2\ m.s^{-1}$.

d) La bille B_2 monte (même sens que l'axe x'x) et la bille B_1 descend (sens contraire de l'axe x'x).

3/a) $h = 1/2at_1^2 = 245$ m ; $v = \sqrt{2ah} = 70\ m.s^{-1}$. b) $t = t_1 + t_2 = t_1 + \frac{h}{V} = 7{,}7$ s.

Solution P_1-13

1/ $\varphi = \frac{\pi}{2}$. 2/ a) $v = \sqrt{\dot{x}^2 + \dot{y}^2} = R\omega =$ constante. b) $a = \sqrt{\ddot{x}^2 + \ddot{y}^2} = R\omega^2$.

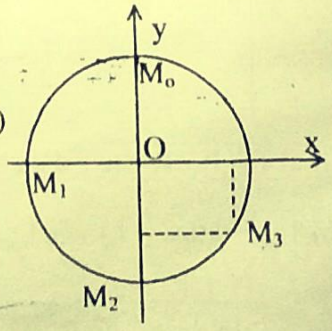
c) $x^2 + y^2 = R^2$. d) mouvement circulaire uniforme.

3/ a) Montrer que $\vec{a} = -\omega^2 \vec{OM}$. b) $\vec{a}$ est centripète.

4/ b)

t	0s M_o	0,25 s M_1	0,5 s M_2	2/3 s M_3
x	0	-R	0	0,866R
y	R	0	-R	0,5R

a)



T = t - 1

P_2 SOLUTIONS DES EXERCICES DE DYNAMIQUE

Solution P_2-1

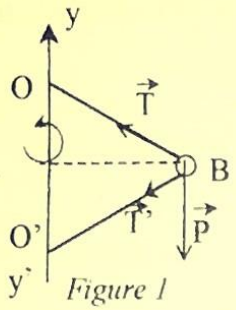


Figure 1

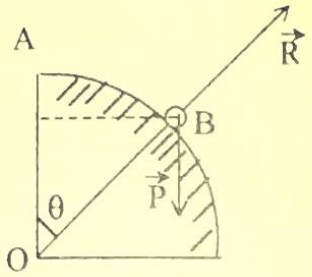


Figure 2

1/ (voir *figure 1*) $\vec{P} + \vec{T} + \vec{T'} = m\vec{a}$; en projetant on a : $T + T' = ml\omega_2^2$ et

$(T - T')\cos\alpha = mg$ d'où $T = \frac{mg}{2\cos\alpha} + \frac{ml\omega_2^2}{2} = mg + \frac{ml\omega_2^2}{2} = 8$ N et

$T' = \frac{ml\omega_2^2}{2} - \frac{mg}{2\cos\alpha} = \frac{ml\omega_2^2}{2} - mg = 4N$; $\cos\alpha = \frac{OO'}{2l} = \frac{1}{2}$

b) Pour $T' = 0$ on a : $\omega_o = \sqrt{\frac{2g}{\ell}} = \sqrt{\frac{g}{l\cos\alpha}} = 5{,}77$ rads.s^{-1} et $T = 4$ N.

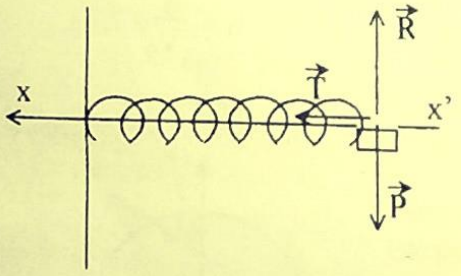
2/ (voir figure 2) $\Delta Ec = \Sigma W$ d'où $v = \sqrt{2gr(1 - \cos\theta)}$

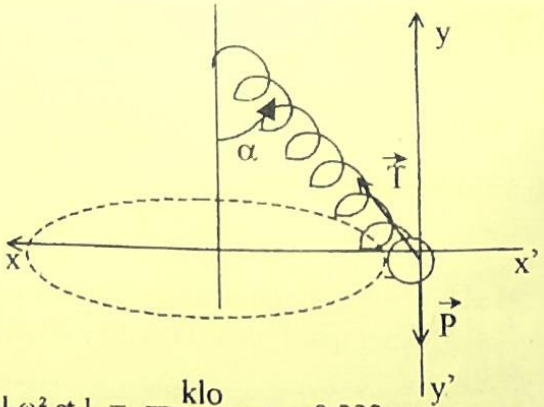
b) $\vec{R} + \vec{P} = m\vec{a}$ d'où $R = mg(3\cos\theta - 2)$

c) $v = 1{,}27$ m/s ; $R = 1{,}196$ N

d) $R = 0$ au décollage d'où $\theta = 48{,}2°$; $v = 2$ m.s^{-1}.

Solution P_2-3





1/ a) $\vec{T} + \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$ d'où $k(l_1 - l_o) = ml_1\omega^2$ et $l_1 = \frac{klo}{k - m\omega^2} = 0{,}233$ m

b) $T_{max} = k(l_{max} - l_o) = m.l_{max}\omega^2_{max}$ d'où $l_{max} = \frac{T_{max}}{k} = l_o$ on en déduit

$\omega^2_{max} = \frac{kT_{max}}{m(T_{max} + kl_o)}$ ce qui donne $\omega_{max} = 9{,}12$ rad/s.

2/ a) $\vec{T} + \vec{P} = m\vec{a}$

En projetant sur x'x on a : $T\sin\alpha = m\omega^2 l\sin\alpha$ d'où $k(l - l_o) = m\omega^2 l$.

En projetant sur y'y, on a : $k(l - l_o)\cos\alpha = mg$.

On en déduit $\omega_1 = \sqrt{\dfrac{kg}{mg + k\cos\alpha . l_o}} = 8{,}45$ rad/s.

b) $T = \dfrac{mg}{\cos\alpha} = 4$ N ; $T < T_{max}$; la limite n'est pas atteinte.

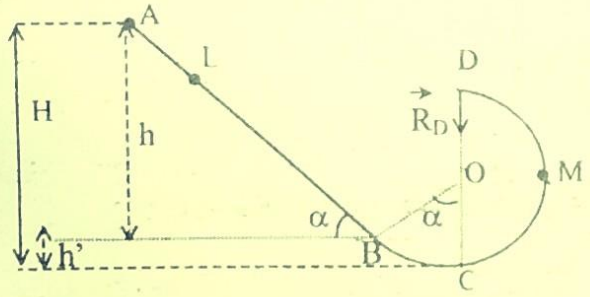
$\cos\alpha_{max} = \dfrac{T_{max}}{mg}$ d'où $\alpha_{max} = 66{,}4°$. ; $\omega_{max} = 9{,}12$ rad/s.

Solution P_2-4

1/ $P = F.v = 3000$ W avec $F = f = 150$ N. 2/ $\tan\alpha = \dfrac{v^2}{rg} = 0{,}204$ d'où $\alpha = 11{,}5°$

3/ $P' = F'v = (f + mg\sin\alpha)v = 6920$ W. 4/ $f' = \dfrac{mv^2}{2d} - f - mg\sin\alpha = 3102{,}27$ N.

Solution P_2-5



1/ * $1/2mV_B^2 = mgh = mgAB\sin\alpha$ d'où $V_B = 4{,}16$ m/s.

* $\frac{1}{2}mV_C^2 = mgH = mg(h + h') = mg(AB\sin\alpha + r(1 - \cos\alpha))$

d'où $V_C = \sqrt{2g(AB\sin\alpha + r(1-\cos\alpha))} = 4{,}39$ m/s

* $\dfrac{1}{2}mV_D^2 = mg(h + h' - 2r) = mg(AB\sin\alpha - r(1 + \cos\alpha)$

d'où $V_D = \sqrt{2g(AB\sin\alpha - r(1 + \cos\alpha))} = 3{,}36$ m/s.

2/ a) $V_D = \sqrt{2g(l-x)\sin\alpha - r(1 + \cos\alpha)}$

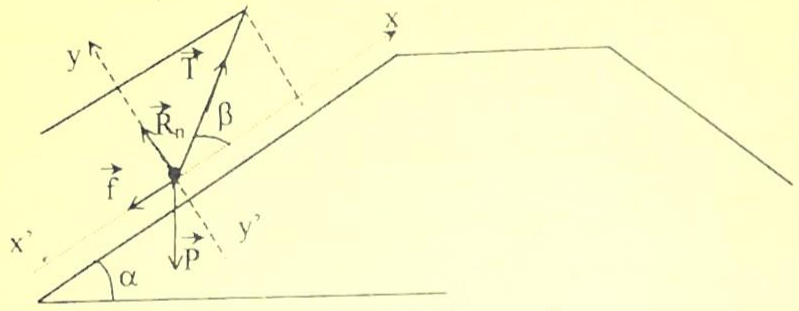
b) Au point D, $\vec{R}_D + \vec{P} = m\vec{a}$ suivant la normale, on a : $R_D + P = m\dfrac{V_D^2}{r}$

d'où $R_D = m\dfrac{V_D^2}{r} - mg = \dfrac{2mg}{r}(l - x)\sin\alpha - mg(3 + 2\cos\alpha)$

c) $R_D \geq 0$ et $V_D \geq 0$ d'où $0 \leq x \leq 0{,}538$ m.

3/ a) $\Delta E_c = \Sigma W \Rightarrow \dfrac{1}{2}mV_1^2 = mgAB\sin\alpha - f.AB$ d'où $f = mg\sin\alpha - \dfrac{mV_1^2}{2AB} = 1{,}33$ N.

Solution P_2-6



1/ a) Accélération pendant la 1ère phase $a_x = \frac{v}{t} = \frac{2}{8} = 0{,}25\ m\,s^{-2}$

Calcul de la tension $\vec{T}$: $\vec{T} + \vec{R}_n + \vec{f} + \vec{P} = m\vec{a}$ (théorème du centre d'inertie).

En projetant sur x'x : $T\cos\beta - f - P\sin\alpha = m\,a$ d'où $T = \frac{ma + mg\sin\alpha + f}{\cos\beta}$

Pour la 1ère phase : $a = 0{,}25\ m\,s^{-2}$ et $T = 378{,}9\ N$

Pour la 2ème phase : $a = 0$ et $T = \frac{mg\sin\alpha + f}{\cos\beta} = 355{,}8\ N$

b) Distance d_1 parcourue à la 1ère phase : $d_1 = \frac{1}{2}at_1^2 = 8\ m$

- Distance d_2 parcourue à la 2ème phase : $d_2 = vt_2 = 492\ m$
- Distance totale parcourue : $d = d_1 + d_2 = 500\ m$

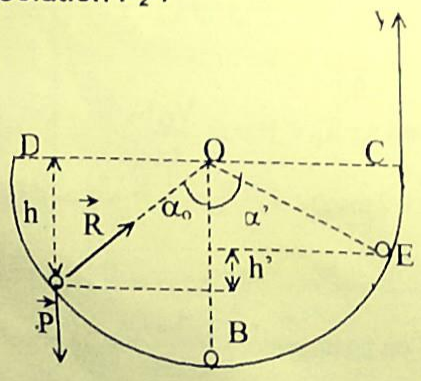
2/ $0 - \frac{1}{2}mv^2 = W(\vec{P}) + W(\vec{R}_n) + W(\vec{f}) = 0 + 0 - fl$ d'où $l = \frac{mv^2}{2f} = 4\ m$

3/ a) $\vec{P} + \vec{R}_n + \vec{f} = m\vec{a}'$ d'où $a'_x = \frac{-f + mg\sin\alpha'}{m} = 0{,}48\ m\,s^{-2}$ avec $\sin\alpha' = 10\ \%$

$v^2 - v_o^2 = 2a'_x d'$ d'où $v = \sqrt{2a_x'd'} = 4{,}38\ m/s$ $(v_o = 0)$

b) $x = \frac{1}{2}a'_x t^2$ d'où $t = \sqrt{\frac{2x}{a_x'}} = 25\ s.$

Solution P_2-7



1/ a) voir schéma

b) $1/2mV_B^2 - 0 = W(\vec{P}) + W(\vec{R}) = mgr(1 - \cos\alpha_o)$

V_B { direction : tangente à la trajectoire au point B (horizontale)
Sens : celui du mouvement
$V_B = \sqrt{2gr(1-\cos\alpha_o)} = 0{,}46\ m\,s^{-1}$

c) $\vec{a} = a_n.\vec{n} + a_\tau.\vec{\tau}$ avec $a_n = \frac{V_B^2}{r} = 2{,}6\ m.s^{-2}$ et $a_\tau = 0\ m.s^{-2}$

$\vec{a}$ { colinéaire au rayon OB ; sens de B vers O } radial centripète ; intensité $a = a_n = 2{,}6\ m.s^{-2}$.

d) $\vec{P} + \vec{R} = m\vec{a}$ d'où $R = mg + ma = 0{,}248\ N \simeq 0{,}25\ N$.

2/ a) $1/2mV_C^2 - 1/2mV_A^2 = -mgh = -mgr\cos\alpha_o$ d'où $V_A^2 = V_C^2 + 2gr\cos\alpha_o$

V_A est minimale si $V_C = 0$ d'où $V_{Amin} = \sqrt{2gr\cos\alpha_o} = 1{,}16\ m.s^{-1}$.

b) * Le mobile va dépasser le point C et continuer son mouvement avec une trajectoire verticale.

* Au-delà de C on a $\vec{P} = m\vec{a}$

En projetant sur l'axe y'y on a : $a_y = -g = -9{,}8$

$Y = \frac{1}{2} a_y t^2 + V_{cy}t + y_c$ avec $y_c = 0$, $V_{cy} = V_c = \sqrt{V_A^2 - 2gr\cos\alpha_o} = 1{,}62$ m/s.

L'équation horaire de la trajectoire est : $y = -4{,}9t^2 + 1{,}62\ t$.

* $V^2 - V_C^2 = 2a_y d$ d'où $d = \frac{-V_C^2}{-2g} = 0{,}13\ m = 13\ cm$.

3/ $\frac{1}{2}mV_E^2 - 1/2mV_A^2 = -mgh' = -mg(r\cos\alpha_o - r\cos\alpha)$ avec $V_E = 0$

d'où $\cos\alpha = \cos\alpha_o - \frac{V_A^2}{2gr} = 0{,}228$ soit $\alpha = (\vec{OB}, \vec{OE}) = 76{,}8°$.

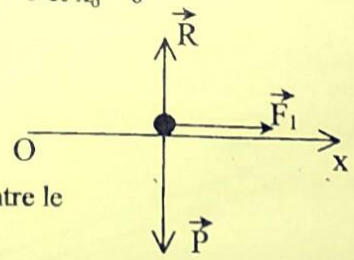
solution de P_2-8

1-a) On a : $x = \frac{1}{2}a_1t^2 + v_ot + x_o$; à $t = 0$ prenons $v_o = 0$ et $x_o = 0$

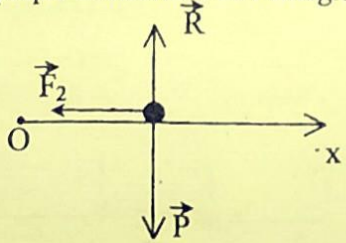
d'où $x = \frac{1}{2}a_1t^2$ or $a_1 = \frac{V_1^2}{2d_1}$ et $x = 0{,}309\ t^2$

b) Dans le repère galiléen, on a ; $\sum \vec{F} = m\vec{a_1}$

En projetant sur l'axe ox on a : $F_1 = ma_1 = 852\ N$



2-a) On applique le théorème de l'énergie cinétique entre le



début du freinage et l'arrêt. $\Delta E_c = \sum W$ soit $-\frac{1}{2}mV_1^2 = W(\vec{R}) + W(\vec{P}) + W(\vec{F_2})$

d'où $-\frac{1}{2}mV_1^2 = -F_2.d_2$ et $F_2 = \frac{mV_1^2}{2d_2} = 15.488,21$ N

b) A l'arrêt on a : $v = a_2t + V_1 = 0$ avec $a_2 = -\frac{F_2}{m}$ d'où $t = -\frac{V}{1} = \frac{mV_1}{F_2} = 1,98$ s

Solution de P_2- 9

1- Tracer la courbe.

2- a) – D'après le tracé, $v = f(t)$ est une fonction affine : $v = a_ot + V_o$ avec a_o et V_o constantes. En plus le mobile glisse sans frottement sur un plan incliné. C'est donc un mouvement rectiligne. En conclusion le mobile est animé d'un mouvement rectiligne uniformément varié.

Considérons deux points C et D de la droite tracée. On a :

C ($t_c = 9,6.10^{-3}$s, $v_c = 1,066$ m.s^{-1}) ; D ($t_D = 121,4.10^{-3}$s, $v_D = 1,439$ m.s^{-1})

On a : $a_o = \frac{v_D - v_C}{t_D - t_C} = 3,336$ m.s^{-2}

b) La vitesse V_o est l'ordonnée du point d'intersection de la droite d'équation $v = f(t)$ et de l'axe des ordonnées. Graphiquement on trouve : $V_o = 1,035$ m.s^{-1}.

c) Soit t_A la date à laquelle le mobile est abandonné sans vitesse

On pose $a_o = \frac{v_D - v_A}{t_D - t_A}$ or $v_A = 0$ d'où $t_A = t_D - \frac{v_D}{a_o} = -0,310$ s

d) On applique le théorème de l'énergie cinétique entre A et O

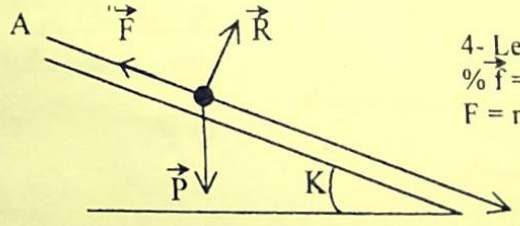
$\frac{1}{2}mV_o^2 - \frac{1}{2}mV_A^2 = W(\vec{P}) + W(\vec{R})$ soit $\frac{1}{2}m V_o^2 = mgAO\sin K$

d'où $OA = \frac{V_o^2}{2g \sin K} = 0,16$ m

3- L'expression théorique est donnée par la relation :

$v_o^2 - v_A^2 = 2a_{th}$ AO soit $a_{th} = g\sin K = 3,35$ m.s^{-2}

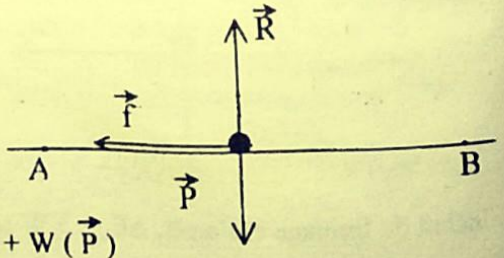
Cette valeur est assez proche de la valeur trouvée expérimentalement.



4- Le théorème du centre d'inertie s'écrit :

$\% \vec{f} = \vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m\vec{a}$' soit

$F = m(g \sin K - a') = 0,125$ N



Solution de P_2- 10

1- a) Enoncer le théorème

b) $\Delta E_C = \sum W_{AB}(\vec{f})$ soit

$\frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}mV_A^2 = W_{AB}(\vec{f}) + W_{AB}(\vec{R}) + W(\vec{P})$

et $\frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}mV_A^2 = -f.AB$ d'où $f = \frac{m(VA^2 - V_B^2)}{2AB} = 2600$ N

A l'arrêt en C on a $V_C = 0$ Alors $0 - \frac{1}{2}mV_A^2 = -f.AC$ Soit $AC = \frac{mV_A^2}{2f} = 225$ m

2- a) Le théorème du centre d'inertie : $\sum \vec{f}_{ext} = m\vec{a}$ soit $\vec{P} + \vec{R} + \vec{f} = m\vec{a}$

En projetant sur $\vec{AB}$, on obtient : $-f = ma$ d'où $a = -\frac{f}{m} = -2$ m.s^{-2}

b) Le mouvement est rectiligne a = este et $\vec{a}$, $\vec{v}$ de sens contraires : Le mouvement est rectiligne uniformément retardé .

3- a) Expressions de V(t) et x(t)

On a : $a = \frac{dx^2}{dt^2}$ d'où $V = \frac{dx}{dt} = at + V_A = -2t + 30$

Et $x = \frac{1}{2}at^2 + V_At + x_A = -t^2 + 30t$

b) * En B on a : $V_B = -2t_B + 30$ d'où $t_B = \frac{-v_B + 30}{2} = 2,5$ s

* En C on a : $V_C = -2t_C + 30$ d'où $t_C = 15$ s

Solution de P_2- 11

1- a) Le théorème de l'énergie cinétique s'écrit :

$\frac{1}{2}mV^2_E - \frac{1}{2}mV^2_B = W(\vec{P}) + W(\vec{N}) + W(\vec{f})$ soit $0 - \frac{1}{2}mV^2_B = -mgh - f\ell$

d'où $v_B = \sqrt{2(gh + \frac{f\ell}{m})}$

b) Entre A et B on a : $\frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}mV^2_A = W(\vec{P}) + W(\vec{N}) + W(\vec{f}) + W(\vec{F})$

soit : $\frac{1}{2}mV^2_B = F.AB - f.AB$ d'où $F = 5f + 2mg$

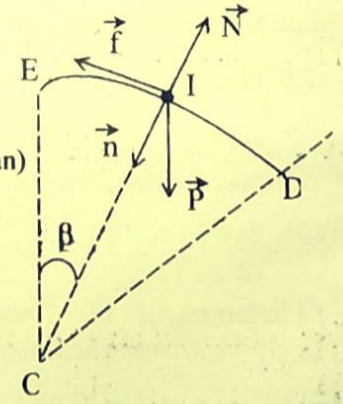
c) A.N. : $V_B = 7,5$ m.s^{-1} ; $F = 300$ N

2- a) Le théorème de l'énergie cinétique s'écrit :

$\frac{1}{2}mV^2_I - \frac{1}{2}mV^2_E = W(\vec{P}) + W(\vec{N}) + W(\vec{f})$

soit : $\frac{1}{2}mV^2_I = mgh(1 - \cos\beta) - fh\beta$ ($h\beta$ avec β en radian)

d'où $v_I = \sqrt{2gh(1 - \cos\beta) - \frac{2fh}{m}.\beta}$



b) Le théorème du centre d'inertie : $\vec{P} + \vec{N} + \vec{f} = m\vec{a}$

En projetant sur $\vec{n}$ on a : $mg\cos\beta - N = \frac{mV^2}{h}$

D'où $N = m(3g\cos\beta - 2g + \frac{2f}{m}\beta)$. A.N. $N \simeq 57{,}74$ N

c) Entre E et B on a :

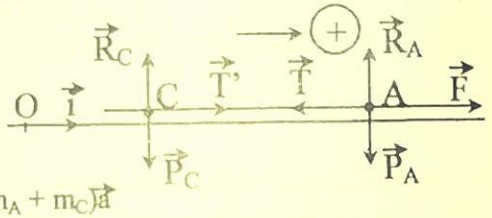
$\frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}V_E^2 = mgh - f\ell$ d'où $V_B = \sqrt{2\left(gh - \frac{f\ell}{m}\right)} = 4{,}9\ m.s^{-1}$.

La réponse est donc β

Solution de P_2- 12

A- 1) La vitesse du convoi 9s après le départ

Le théorème du centre d'inertie s'applique au convoi (ensemble automobile + caravane)



$\Sigma\vec{f} = \vec{P}_A + \vec{F} + \vec{R}_A + \vec{T} + \vec{T}' + \vec{P}_C + \vec{R}_C = (m_A + m_C)\vec{a}$

soit : $F = (m_A + m_C)a_x$ d'où $a_x = \frac{F}{m_A + m_C} = \frac{1000}{2000} = 0{,}5\ m.s^{-2}$

La vitesse $V_x = a_x t = 16{,}2$ km/h

2) L'espace parcouru : $\Delta x = \frac{1}{2}a_x(\Delta t)^2 = \frac{1}{2} \times 0{,}5 \times 81 = 20{,}25$ m

3) L'effort tractif exercé par l'automobile.

Au niveau de la caravane : $\Sigma f = \vec{R}_C + \vec{P}_C + \vec{T}' = m_C\vec{a}$

soit $T' = T = m_C a_x = 400$ N

B- 1) Expression de v = f(t) : le théorème de l'énergie cinétique

s'écrit : $\Delta E_C = \Sigma\vec{W}(f)$ soit $\frac{1}{2}(m_A + m_C)V^2 = P \times t$

d'où $V = \sqrt{\frac{2P \times t}{m_A + m_C}}$ et $V = 32{,}4\ km.h^{-1}$

2) Expression de x = f(t)

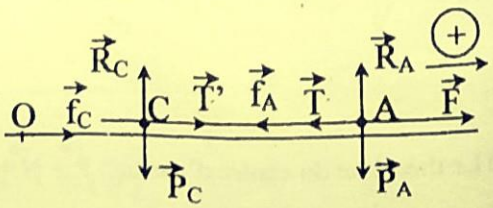
$V = \frac{dx}{dt} \Rightarrow dx = V.dt$ d'où $x = \frac{2}{3}\sqrt{\frac{2P}{m_A + m_C}}\ t^{3/2}$ et $x = 54$ m

3) Expression de $a_x = x = f(t)$

$a_x = \frac{dv}{dt}$ d'où $a_x = \frac{1}{2}\sqrt{\frac{2P}{(m_A + m_C)t}}$

* L'effort tractif : $T' = T = m_C a_x = 400$ N

C- 1) * L'intensité de la force motrice



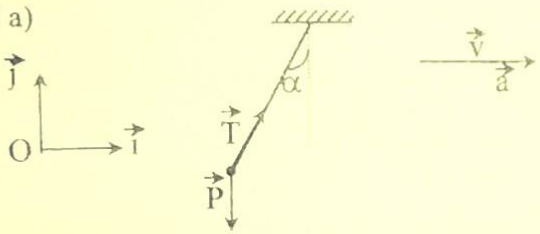
La vitesse étant constante, on a : $P = \vec{F}.\vec{V} = F.V$ d'où $F = \frac{P}{v} = 960$ N

* L'effort tractif : $\Sigma\vec{f} = \vec{O} \Rightarrow F = f_A + f_C = \frac{1}{3} f + \frac{2}{3} f = f = 960$ N d'où $T' = T = f_c = \frac{2}{3} f = 640$ N.

D- $\tan\alpha = \frac{V^2}{Rg} = 0{,}29$ d'où $\alpha = 16{,}45°$. On a $\alpha < 30°$, alors les véhicules abordent le virage sans risque de dérapage.

Solution P_2-13

1/ a)



b) Durée de la variation de la vitesse.

Le pendule de masse m est soumis à deux forces : $\vec{P} = m\vec{g}$ et $\vec{T}$ tension du fil

Dans un référentiel terrestre supposé galiléen, le théorème du centre d'inertie s'écrit : $\Sigma\vec{f} = \vec{P} + \vec{T} = m\vec{a}$ (1)

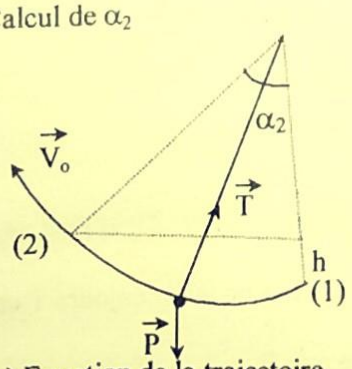
La projection sur les axes donne : $T \sin\alpha_1 = ma_x$ (2)

$T \cos\alpha_1 = mg$ (3)

$\frac{(2)}{(3)} \Rightarrow \tan\alpha_1 = \frac{a_x}{g} \Rightarrow a_x = g\tan\alpha_1 = \frac{\Delta V}{\Delta t}$ d'où $\Delta t = \frac{V_2 - V_1}{g\tan\alpha_1} = 0{,}48$ s

2/ a) $\tan\alpha = \frac{a_x}{g}$ or à l'arrêt $a_x = 0$ d'où $\alpha = 0$ (position Verticale)

b) Calcul de α_2



Le théorème de l'énergie cinétique appliqué au système s'écrit :

$E_{C_2} - E_{C_1} = W_{1_2}(\vec{P}) + W_{1_2}(\vec{T})$ ou $W_{12}(\vec{T}) = 0$

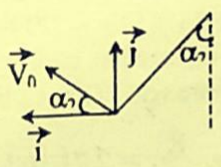
$\Rightarrow \frac{1}{2} mv_o^2 - E_{C1} = -mgl(1 - \cos\alpha_2)$

$\Rightarrow \cos\alpha_2 = \frac{mv_o^2 - 2E_{C_1}}{2mg\ell} + 1 \Rightarrow \alpha_2 = 36{,}87°$

3.- a) **Equation de la trajectoire**

Le théorème du centre d'inertie :

$\Sigma\vec{f} = m\vec{g} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \vec{g}$



$\vec{a}\begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$ à $t = 0\ \vec{V}_o\begin{cases} V_{ox} = V_o\cos\alpha_2 \\ V_{oy} = V_o\sin\alpha_2 \end{cases}$ $\overrightarrow{P_2M_o}\begin{cases} x_o = 0 \\ y_o = 0 \end{cases}$

à $t \neq O$ $\vec{a} = \dfrac{d\vec{V}}{dt} \Rightarrow \vec{V} = a\vec{t} + \vec{V}_o$ d'où $\vec{V}\begin{cases} V_x = V_o\cos\alpha_2 \\ V_y = gt + V_o\sin\alpha_2 \end{cases}$

$\overrightarrow{P_2M}\begin{cases} x = V_o t\cos\alpha_2 \quad (1) \\ y = -\dfrac{1}{2}gt^2 + V_0 t\sin\alpha_2 \quad (2). \end{cases}$

(1) et (2) donnent : $y = -\dfrac{1}{2}\dfrac{g}{V_0^2\cos^2\alpha_2}x^2 + x\tan\alpha_2 \Rightarrow -1{,}95\,x_c^2 + 0{,}75\,x_c + 0{,}2 = 0$

d'où $x_c \simeq 0{,}57$ m

b) Abscisse du point C

$y_c = -20$ cm $= -0{,}2$ m donc $y_c = -\dfrac{1}{2}\dfrac{g}{V_0^2\cos^2\alpha_2}x_c^2 + x_c\tan\alpha_2$

P_3 SOLUTIONS DES EXERCICES SUR LES INTERACTIONS GRATITATIONNELLES

Solution P_3-1

1/ a) $V = R\sqrt{\dfrac{g_o}{R+z}} = 7664$ m/s ; $\omega_o = \dfrac{V}{R+z} = R\sqrt{\dfrac{g_o}{(R+z)^3}} = 1{,}132.10^{-3}$ rad/s.

$T = \dfrac{2\pi}{\omega_o} = \dfrac{2\pi}{R}\sqrt{\dfrac{(R+z)^3}{g_o}} = 5547{,}4$ s ; b) $\theta_o = \theta_T + 2\pi \Rightarrow \omega_o t = \omega_T t + 2\pi$

d'où $t = \dfrac{2\pi}{\omega_o - \omega_T} = 5929{,}5$ s ; c) $\theta_o + \theta_T = 2\pi$ d'où $t = \dfrac{2\pi}{\omega_o + \omega_T}$

2/ b) $\omega_S = \omega_T = 7{,}29.10^{-5}$ rad/s ; c) $(R + z) = 42138{,}9$ km.

Solution P_3-3

1/ $T = \dfrac{2\pi}{R}\sqrt{\dfrac{r^3}{g_o}}$; si r est multiplié par 2, on aura $T_1 = 2T\sqrt{2}$; si r est multiplié par 4 on aura $T_2 = 8T$. Si m est multiplié par 2 ou par 4 on aura toujours T car T ne dépend pas de la masse m.

2/ $T_S = 237862$ s = 27J9h44min22s. On constate que $T_S > T_{terre}$ d'où $\omega_S < \omega_{terre}$; on aura l'impression que le satellite se déplace dans le sens contraire du sens réel, c'est-à-dire vers l'Ouest à la vitesse angulaire apparente $\omega_a = \omega_{terre} - \omega_S = 7.10^{-5}$ rad/s.

3/ $a = g_o\dfrac{R^2}{r^2} = 2{,}71.10^{-3}$ m.s^{-2} ; $m = 7{,}7.10^{22}$ kg.

Solution P_3-4

2/ b) $F = \frac{K.m.M}{(R+h)^2} = ma_n = \frac{mv^2}{R+h}$ d'où $v = \sqrt{\frac{KM}{R+h}}$; $T = \frac{2\pi(R+h)}{v} = 2\pi\sqrt{\frac{(R+h)^3}{KM}}$

$E_c = 1/2mv^2 = \frac{K.m.M}{2(R+h)}$ 3/ a) L'affirmation est juste. b) $E_p = -2E_c$

c) $E = E_p + E_c = -\frac{K.m.M}{2(R+h)}$.

Solution de P_3 -5

1- soit un corps de masse m :

- au sol (à l'altitude h = 0) on a : $P_o = mg_o = G\frac{Mm}{R^2}$ (K)

- à l'altitude h on a : $P = mg = G\frac{M\,m}{(R+h)^2}$ (2)

En faisant le rapport (2) sur (K) on trouve $g = g_o\frac{R^2}{(R+h)^2}$

2- a) Dans le référentiel géocentrique, on a $\vec{F} = \vec{P} = m\vec{g} = m\vec{a}$

Soit $\vec{a} = \vec{a_\tau} + \vec{a_n} = g\vec{n}$ d'où $a_\tau = \frac{dv}{dt} = 0$. Le mouvement est donc uniforme car V = este

b) Expression de V : $a_n = \frac{V^2}{R+h} = g_o\frac{R^2}{(R+h)^2}$ d'où $V = R\sqrt{\frac{g_o}{R+h}}$

La période est : $T = \frac{2\pi\mathcal{M}(R+h)}{V}$ soit $T = \frac{2\pi\mathcal{M}}{R\sqrt{g_o}}\sqrt{(R+h)^3}$

c) A.N. : V = 7,72 km/s ; T = 5426 s = 1h 30mn 28 s

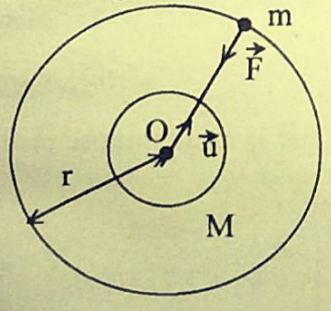
3- a) L'énergie mécanique : $E = E_P + E_C = -G\frac{M\,m}{R+h} + \frac{1}{2}mV^2$

Soit $E = -\frac{mg_oR^2}{R+h} + \frac{1}{2}\frac{mg_oR^2}{R+h} = -\frac{1}{2}mV^2 = -\frac{mg_oR^2}{2(R+h)}$

b) L'énergie mécanique va donc diminuer. Ainsi l'altitude du satellite va aussi diminuer. La vitesse quant à elle, va augmenter.

Solution de P_3 –6

1- La force gravitationnelle exercée par Saturne est telle que :



- Sa droite d'action passe par les centres de la planète et du satellite ;
- Son sens est celui de $-\vec{u}$
- Son intensité est : $F = G\frac{Mm}{r^2}$

2- Dans le repère géocentrique considéré comme galiléen, on a
$\vec{F} = m\vec{a}$ or $\vec{F} = -G\frac{Mm}{r^2}\vec{u}$ d'où $\vec{a} = -G\frac{M}{r^2}\vec{u}$. L'accélération est centripète ; le mouvement est donc circulaire uniforme.

3- On a : $a = \frac{V^2}{r^2} = G\frac{M}{r^2}$ d'où $V = \sqrt{G\frac{M}{r}}$ et $T = \frac{2\pi r}{V}$ d'où $T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{G.M}}$

On a : $T^2 = 4\pi^2 \frac{r^3}{G.M}$ d'où $\frac{r^3}{T^2} = \frac{G.M}{4\pi^2} = Cste$.

4- D'après ce qui précède : $M = \frac{4\pi^2.r^3}{T^2.G} = 5{,}7.10^{26}$ kg.

5- On a : $\frac{r^3}{T^2} = \frac{r'^3}{T'^2} = Cste$ d'où $r' = r^3\sqrt{\frac{T'^2}{T^2}} = 527.600$ km

Solution de $P_3 - 7$

1- Rappeler la loi de la gravitation universelle.

2- a) Dans le repère géocentrique on a : $\sum \vec{f} = \vec{F} = m\vec{a}$. Le vecteur $\vec{a}$ est ici porté par la normale à la trajectoire circulaire. D'où $a_\tau = \frac{dv}{dt} = 0$ Puisque v = este, le mouvement est uniforme.
La vitesse a pour expression : $v = \sqrt{\frac{GMT}{r}}$. On constate que la valeur de la vitesse est indépendante de la masse du satellite donc son mouvement est indépendant de sa masse.

b) $M_T = \frac{v^2.r}{G} = 6{,}0.10^{24}$kg

3- L'étude du mouvement est faite ici dans un repère terrestre galiléen.

a) $z_s(t) = -v_1t + z_o$; $x_B(t) = v_2t$; $y_B(t) = 0$; $z_B(t) = -\frac{1}{2}gt^2 - v_1t + z_o$

b) *Pour le satellite : $t_s = \frac{z_o - 0}{v_1} = 300$s

* Pour la balise : $-\frac{1}{2}gt^2_B - v_1t_B + z_o$ d'où $t_B = 25$ s.

La balise arrive donc en premier et l'intervalle de temps est $\Delta t = 275$ s

Solution de $P_3 - 8$

1 *Jour sidéral : durée exacte d'une révolution de la terre

*Jour solaire : durée séparant 2 passages consécutifs d'un même point de la terre par la verticale d'un rayon solaire.

*Comparaison : $J_{sid} < J_{sol}$

K et G sont tels que : $G = K.\frac{M}{r^2}$ (M: masse du solide ponctuel
r : distance ….)

2 .L'étude s'effectue dans le référentiel géocentrique, car le mouvement se produit par rapport à la terre. Le système étudié est le satellite.

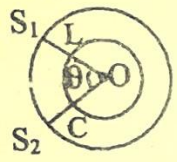
3 . Vitesse V_0

On a : $a_N = \frac{V_o^2}{(R_T+h)} = \frac{K.M_T}{(R_T+h_o)^2} \Rightarrow V_O = \left[\frac{K.M_T}{(R_T+h_o)}\right]^{1/2}$ $V_0 = 7{,}75.10^3\ ms^{-1}$

Période : $V_0T_0 = 2\pi\,(R_T + h_o)\;T_0 = \dfrac{2\pi(R_T + h_o)}{V_o}$ A.N : $T_0 = 5{,}35.10^3$s

4 . L'orbite n'est pas géostationnaire car $T_0 \neq 86140$ s

5 . Durée Δt



$$\text{On a } \theta = \frac{S_1S_2}{R_T+h_o} = \frac{\overset{\frown}{LC}}{R_T} = \frac{V_o\Delta t}{R_T+h_o}$$

$$\Delta t = \frac{R_T+h_o}{R_T}\;\frac{\overset{\frown}{LC}}{V_0} \simeq 20\text{ s}$$

6 Expression de h_n

On obtient facilement

$$h_2 = h_1 - \frac{h_1}{100}\quad h_3 = h_2 - \frac{h_1}{100} = h_1 - \frac{2h_1}{100}\quad h_n = h_1 - (n-1)\frac{h_1}{100}$$

C'est une progression arithmétique de raison $\dfrac{h_1}{100}$

* Valeur de n

$$h_n = H = h_1 - (n-1)\frac{h_1}{100} \Rightarrow n_1 = 1 + 100\,\frac{h_1 - H}{h_1} = 45{,}4\text{ t}$$

P4

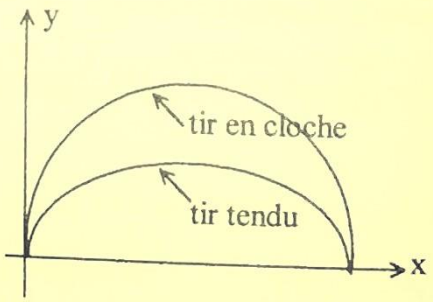
SOLUTION DES EXERCICES SUR LE MOUVEMENT D'UNE PARTICULE SOUMISE A UNE FORCE CONSTANTE DANS LE CHAMP DE PESANTEUR TERRESTRE

Solution P4-1

1/ $x = v_o t \cos\alpha$; $y = -1/2gt^2 + v_o t \sin\alpha$; 2/ $y = -\frac{g}{2v_o^2 \cos^2\alpha} x^2 + x \tan\alpha$; mouvement parabolique. 3/ $x_p = d = \frac{V_o^2 \sin^2\alpha}{g}$.

4/ $d_{max} = \frac{V_o^2}{2g}$. 5/ $h_{max} = \frac{V_o^2 \sin^2\alpha}{2g}$; flèche (max) = 2040,8 m $= \frac{V_o^2}{2g}$ $(\alpha = \frac{\pi}{2})$

6/ v = 195 m/s ; 7/ a) $\sin 2\alpha = 0{,}6125$; $\alpha_1 = 18{,}9°$; $\alpha_2 = 71{,}1°$.
b) Avec α_1 on a $h_{1max} = 214$ m (tir tendu) ; avec α_2 on a $h_{2max} = 1825$ m (tir en cloche) ; c) avec α_1 on a $t_1 = 13{,}2$ s ; avec α_2 on a $t_2 = 38{,}6$ s ; $t = \frac{2v_o \sin\alpha}{g}$;
d) $v = v_o = 200$ m/s.



Solution P4-2

1/ a) $V_M = \sqrt{\frac{2}{m}(F_1 - 2gr(1 - \cos\theta))}$; b) $R_M = \frac{2F_1}{r} - mg(2 - 3\cos\theta)$

2/ en D, $R_M \geq 0$ et $\theta = \pi$ d'où $F_o = \frac{5mgr}{2l} = 8{,}33$ N

3/ a) $V_D = 7{,}07$ m/s. b) mouvement parabolique d'équation $y = \frac{gx^2}{2V_D^2}$

c) $d = 2V_D \sqrt{\frac{r}{g}} = 4{,}47$ m ; $v = \sqrt{4gr + V_D^2} = 9{,}48$ m/s ; d) $F_2 = 10{,}4$ N.

Solution P4-3

a) $x = -v_o t \cos\alpha$ et $y = \frac{1}{2}gt^2 + v_o t \sin\alpha$ d'où $y = \frac{gx^2}{2v_o^2 \cos^2\alpha} - x\tan\alpha$; la trajectoire est parabolique.

b) En C, $\tan\beta = \frac{y_c}{x_c}$ d'où $y_c = x_c \tan\beta = \frac{gx^2}{2v_o^2 \cos^2\alpha} - x_c \tan\alpha$ soit $x_c = 31{,}1$ m et $y_c = 31{,}1$ m.

c) $OC = \frac{y_c}{\sin\alpha} = 44$ m ou encore $OC = \sqrt{x_c^2 + y_c^2} = 44$ m. ; d) $t_o = \frac{x_c}{v_o \cos\alpha} = 3{,}38$ s.

Solution P4-4

1) a/ expression de la vitesse linéaire V du solide.

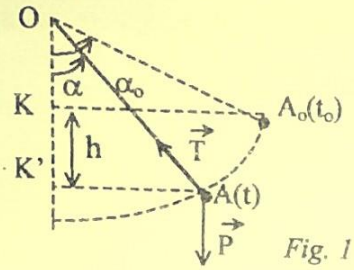


Fig. 1 :

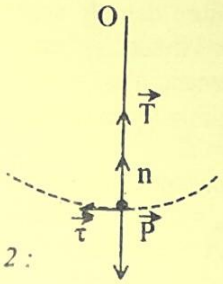


Fig. 2 :

Le système choisi est la sphère S assimilée à un point matériel et dont le mouvement est étudié dans le référentiel terrestre supposé galiléen. Les forces appliquées au système sont :

- son poids $\vec{P}$ vertical ;
- la tension $\vec{T}$ du fil.

On applique le théorème de l'énergie cinétique à la sphère S entre l'instant t_o de départ et l'instant quelconque t (voir schéma 1). $\frac{1}{2} mV^2 - \frac{1}{2} mV_o^2 = W_{\vec{T}} + W_{\vec{P}}$

Le système est lâché sans vitesse initiale ; on a donc $V_o = 0$.

$W_{\vec{T}} = 0$ car $\vec{T}$ est, à tout instant, normale à la trajectoire.

$W_{\vec{P}} = mgh$ avec $h = OK' - OK = l\cos\alpha - l\cos\alpha_o = l(\cos\alpha - \cos\alpha_o)$.

Il vient : $\frac{1}{2} mV^2 = mgh = mgl(\cos\alpha - \cos\alpha_o)$ d'où : $V = \sqrt{2\,gl(\cos\alpha - \cos\alpha_o)}$.

b) Calcul de la vitesse et de la tension.

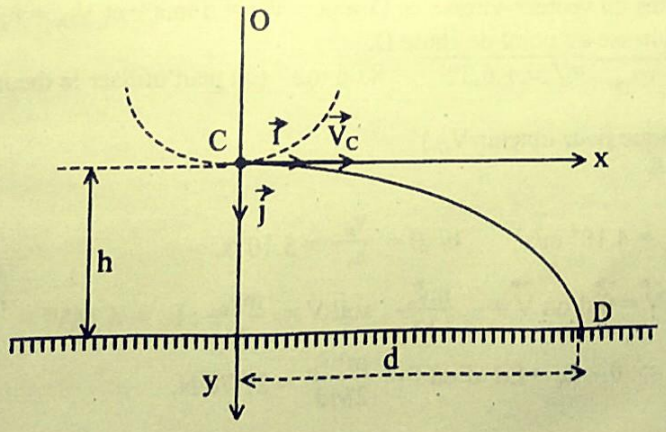
* Au passage par la position d'équilibre, $\alpha = 0$ et $\cos\alpha = 1$, d'où

$V = \sqrt{2 \times 10 \times 0{,}2 \times (1 - \cos 60°)} = 1{,}41\ m.s^{-1}$.

* En appliquant la relation fondamentale de la dynamique à la sphère au passage par la position d'équilibre (voir schéma 2), on a : $\vec{P} + \vec{T} = m\vec{a}$

En projetant sur $\vec{n}$ il vient : $-P + T = m a_n = m \frac{V^2}{l}$ d'où $T = P + m \frac{V^2}{l} = 0{,}4$ N.

2) a/ Equation de la trajectoire de la sphère.



On étudie le mouvement de la sphère après rupture du fil au passage par la position d'équilibre dans le sphère cartésien $(C, \vec{i}, \vec{j})$. A l'instant de la rupture du fil, le vecteur-vitesse $\vec{V}_C$ est horizontal. Après la rupture du fil, la sphère, dans son mouvement, n'est soumise qu'à son poids $= m\vec{g}$.
La relation fondamentale de la dynamique s'écrit : $\Sigma\vec{F} = m\vec{a}$ d'où $m\vec{g} = m\vec{a}$
soit $\vec{g} = \vec{a}$.
En projetant le mouvement sur l'axe x'x on a :
$a_x = g_x = 0$; V_x = constante = $V_{Cx} = V_C$
$x = V_C t + x_C$ or $x_C = 0$ donc $x = V_C t$ (1)
En étudiant le mouvement projeté sur l'axe y'y, on a :
$a_y = g_y = g$
$V_y = gt + V_{Cy}$ avec $V_{Cy} = 0$
$y = \frac{1}{2} gt^2 + V_{Cy}t + y_C$ avec $V_{Cy} = 0$ et $y_C = 0$ d'où $y = \frac{1}{2} gt^2$ (2)
On élimine le temps t entre les équations (1) et (2)

$x = V_C t$ d'où $t = \frac{x}{V_C}$; $y = \frac{1}{2} gt^2 = \frac{1}{2} g \left(\frac{x}{V_C}\right)^2$.

L'équation de la trajectoire est : $y = \frac{gx^2}{2V^2_C}$.

b) Soient D le point de chute de la sphère sur le sol et d la distance cherchée (voir figure).
Au point D, $y_D = h = 2$ m et $x_D = d$. On a alors : $y_D = h = \frac{gd^2}{2V^2_C}$ d'où $d = \sqrt{\frac{2V^2_C h}{g}}$; d = 3,16m.
c) Calcul des composantes V_{Dx} et V_{Dy} du vecteur-vitesse $\vec{V}_D$ au point de chute D de la sphère.
Dans le repère $(C, \vec{i}, \vec{j})$ on a : $\vec{V}_D = V_{Dx}\vec{i} + V_{Dy}\vec{j}$.

- $V_{Dx} = V_C$ = constante car le mouvement projeté sur l'axe x'x est uniforme.
- $a_y = g$ donc $V_y = gt + V_{Cy}$ avec $V_{Cy} = 0$; au point D, $V_{dy} = gt_D$ avec

$t_D = \frac{d}{V_C}$ (car $d = V_C t_D$) d'où $V_{Dy} = \frac{d}{gv_C} = \frac{g}{V_C}\sqrt{\frac{2V^2_C h}{g}} = \sqrt{2gh} = 6{,}32\ m.s^{-1}$.

Les composantes du vecteur-vitesse en D sont : $V_{Dx} = 5\ m.s^{-1}$ et $V_{Dy} = 6{,}32\ m.s^{-1}$.
Module de la vitesse au point de chute D.
$V_D = \sqrt{V^2_{Dx} + V^2_{Dy}} = \sqrt{5^2 + 6{,}32^2} = 8{,}06\ m.s^{-1}$ (on peut utiliser le théorème de l'énergie cinétique pour obtenir V_D.)

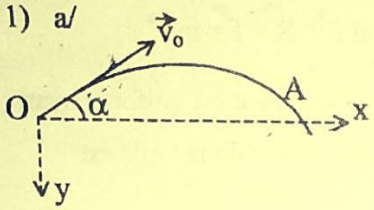
Solution P_4-5

A/
1) a/ $a_x = \frac{v^2_o}{2L} = 4.10^4\ m/s^2$ b/ $\theta = \frac{v_o}{a_x} = 5.10^{-3}s$.

2) a/ $m\vec{v_o} + M\vec{V} = \vec{0}$ d'où $\vec{V} = -\frac{m\vec{v_o}}{M}$ soit $V = \frac{mv_o}{M}$; $E_c = \frac{1}{2} MV^2 = \frac{m^2v^2_o}{2M}$.

b) $\Delta E_c = \Sigma W \Rightarrow 0 - E_c = f.d$ d'où $f = \frac{m^2v^2_o}{2Md} = 27{,}78\ N$.

B/

1) a/ 

$x = v_o t \cos\alpha$

$y = \frac{1}{2} gt^2 - v_o t \sin\alpha$, $y = \frac{gx^2}{2v_o^2 \cos^2\alpha} - x.\tan\alpha.$

La trajectoire est parabolique

b) Au point A, $y = O$ et $x = D$ d'où $O = \frac{gD^2}{2v_o^2\cos^2\alpha} - D\frac{\sin\alpha_o}{\cos\alpha_o}$ soit

$D = \frac{2v_o^2 \sin\alpha_o \cos\alpha_o}{g} = \frac{v_o^2 \sin 2\alpha_o}{g}$ ou $\sin 2\alpha_o = \frac{dg}{v_o^2}$. Posons $\sin\varphi = \frac{dg}{v_o^2}$

alors $\sin 2\alpha_o = \sin\varphi$ d'où : $2\alpha_o = \varphi \Rightarrow \alpha_o = \frac{\varphi}{2}$; $2\alpha_o = \pi - \varphi \Rightarrow \alpha_o = \frac{\pi - \varphi}{2}$

$\sin\varphi = \frac{dg}{v_o^2} = 0{,}115 \Rightarrow \varphi = 6{,}6° = 0{,}115$ rad d'où $\beta = \frac{\varphi}{2} = 0{,}0575$ rad

2) a/ Direction horizontale ; $v_S = v_o \cos\beta = 199{,}67$ m/s ; $\frac{1}{2} mv_S^2 - \frac{1}{2} mv_o^2 = -mgH$

d'où $H = \frac{v_S^2 - v_o^2}{-2g} = \frac{v_o^2 \sin^2\beta}{2g} = 6{,}73$ m. b) $x = \frac{D}{2} = 230$ m.

Solution P_4-6

1- L'équation de la trajectoire est : $z = -\frac{g}{2V_o^2\cos^2\alpha}x^2 + x\tan\alpha$

En posant $E_c = \frac{1}{2} mV_o^2$ et $V_o^2 = \frac{2Ec}{m}$ on a : $z = -\frac{mg}{4E_c\cos^2\alpha}x^2 + x\tan\alpha$

2- Pour marquer, il faut que le ballon passe au-dessus de la barre transversale. Donc à un point tel que $x = L$ et $z > H$

On a : $z = -\frac{mgL^2}{4E_c\cos^2\alpha} + L\tan\alpha = -3{,}21$ m

On remarque $z < H$, la pénalité n'est pas marquée, puisque le ballon retombe sur le terrain avant la ligne de but.

Solution de P_4 -7

1- a) On a : $x = V_o t \cos\alpha = 30{,}6\ t$ et $y(t) = -\frac{1}{2} gt^2 + V_o t \sin\alpha = -4{,}9\ t^2 + 25{,}7\ t$

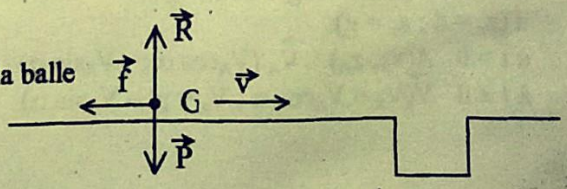
b) L'équation de la trajectoire : $y = -\frac{g}{2V_o^2\cos^2\alpha}x^2 + x\tan\alpha = -5{,}2.10^{-3}x^2 + 0{,}84x$

c) La balle retombe en un point tel que $y = 0$ soit $-\frac{g}{2V_o^2\cos^2\alpha}x^2 + x\tan\alpha = 0$

d'où $\frac{V_o^2 \sin 2\alpha}{g} = 160{,}78$ m

2- a) Bilan des forces s'exerçant sur la balle

- son poids $\vec{P}$
- la réaction $\vec{R}$ du sol



- les forces de frottement.

b) Le théorème du centre d'inertie s'écrit : $\Sigma \vec{f} = m\vec{a}$ soit $\vec{P} + \vec{R} + \vec{f} = m\vec{a}$

D'où $-f = ma$ et $a = -\frac{f}{m} = -1{,}1 m.s^{-2}$; $\vec{a} = \vec{Cste}$: le mouvement est uniformément varié $\vec{a}$ et $\vec{v}$ sont de sens contraires : il est retardé. Le mouvement de la balle est donc rectiligne uniformément retardé.

c) L'équation horaire : $x_1(t) = \frac{1}{2}at^2 + v_o t = -5{,}7.10^{-2}t^2 + 3{,}2t$

d) Le théorème de l'énergie cinétique s'écrit : $\Delta E_c = W(\vec{p}) + W(\vec{R}) + W(\vec{f})$

soit $-\frac{1}{2}mV^2_o = -fd$ d'où $d = \frac{mV^2_o}{2f} = 4{,}6$ m. L'approche n'est pas réussie

Solution de P_4 -8

1/ 1-1) Enoncé du théorème de l'énergie cinétique : dans un repère galiléen, la variation de l'énergie cinétique d'un système entre deux instants t_1 et t_2 est égale à la somme algébrique des travaux de toutes les forces qui lui sont appliquées entre ces instants.

1-2) Nature du mouvement de la bille

On a : $\Sigma \vec{f} = \vec{P}$ d'où $\Delta E_C = W_P = \vec{P}.\vec{AG}$ soit $\frac{1}{2} m\vec{V}^2 = m\vec{g}.(\vec{OG} - \vec{OA})$. On dérive cette expression.

$m\vec{v}.\vec{a} = mg.\vec{v}$ soit $m\vec{a} = m\vec{g}$ d'où $\vec{a} = \vec{g} = cste$ (avec $\vec{v_A} = \vec{O}$).

Le mouvement de la bille est donc rectiligne uniformément accéléré.

1-3) Equations horaires

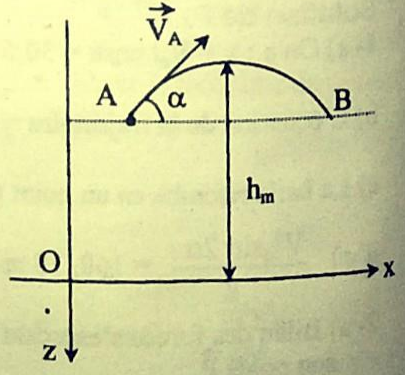
On a : $\vec{a}$ $(a_x = 0 ; a_z = g)$ d'où $\vec{v}$ $(V_x = V_{Ax} = 0 ; V_z = gt + V_{Az} = gt)$

et : $\vec{OG}$ $\begin{cases} x = x_A \\ z = \frac{1}{2} gt^2 + z_A \text{ avec } z_A = -3{,}2 \text{ m} \end{cases}$

1-4) L'équation de la trajectoire : $x = x_A$

1-5) Date d'arrivée au sol

Au sol $z = 0$ d'où $t = \sqrt{-\frac{2z_A}{g}} = \sqrt{\frac{2 \times 3{,}2}{10}} = 0{,}8$ s



2/ 2-1) Equation de la trajectoire de la bille.

- Système : bille de masse m
- Référentiel terrestre supposé galiléen
- Bilan des forces : $\vec{P} = m\vec{g}$
- Le théorème du centre d'inertie :

$\Sigma \vec{f} = m\vec{a} \Rightarrow m\vec{a} = m\vec{g}$ d'où $\vec{a} = \vec{g}$

$\vec{a}(a_x = 0 ; a_z = g)$

à $t = 0$ $A(x_A, z_A)$ $\vec{V_A}$ $(V_A \cos\alpha ; -V_A \sin\alpha)$

à $t \neq 0$ $\vec{V}(V_x = V_A \cos\alpha ; V_z = gt - V_A \sin\alpha)$

$\overrightarrow{OG}(x = (V_A\cos\alpha)t + x_A\ ;\ z = \frac{1}{2}gt^2 - (V_A \sin\alpha)\, t + z_A).$

On élimine t entre x et z d'où $z = \frac{g}{2V_A^2\cos^2\alpha}(x - x_A)^2 - (x - x_A)\tan\alpha + z_A$

soit $z = 1{,}16\,(x - x_A)^2 - 0{,}58\,(x - x_A) - 3{,}2$

2-2) Calcul de h_m

* A l'altitude maximale $\frac{dz}{dx} = 2{,}32(x - x_A) - 0{,}58 = 0 \Rightarrow x - x_A = 0{,}25$ m

alors $z_m = 1{,}16(0{,}25)^2 - (0{,}58 \times 0{,}25) - 3{,}2$

$= -3{,}27$ m donc $h_m = |z_m| = 3{,}27$ m

- Abscisse du point B

Au point B, $z = z_A \Rightarrow 1{,}16\,(x_B - x_A)^2 - 0{,}58\,(x_B - x_A) = 0$ et

$(x_B - x_A)\,[1{,}16\,(x_B - x_A) - 0{,}58] = 0$

or $x_B \neq x_A$ d'où $x_B - x_A = \frac{0{,}58}{1{,}16}$ et $x_B = 0{,}50 + x_A$

Solution de P_4 –9

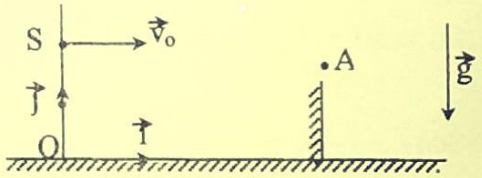
1- Calcul de la vitesse v de lancement

$-\frac{1}{2}mv^2 = -mgh$ d'où $v = \sqrt{2gh} = 2{,}8$ m.s^{-1}

2- Equation de la trajectoire

Système : balle de masse m ; bilan : poids $\vec{P}$

Repère : $(O\ ;\ \vec{i}, \vec{j})$ avec O au sol au pied du lanceur.



Le théorème du centre d'inertie ⇒

$\vec{P} = m\vec{a}$ d'où $\vec{a} = \vec{g}$

$\vec{a}\ \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$ à t = 0 : $\vec{v}_o\ \begin{cases} v_{ox} = v_o \\ v_{oy} = 0 \end{cases}$ à t ≠ 0 $\vec{v}\ \begin{cases} v_x = v_o \\ v_y = -gt \end{cases}$

$\overrightarrow{OM}\ \begin{cases} x = v_o t \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + h \end{cases}$ $\Rightarrow y = \frac{-g}{2v_o^2}x^2 + h$

3- Valeur de v_o

$\overrightarrow{OA}\ \begin{cases} x_A = 12 \text{ m} \\ y_A = 1 \text{ m} \end{cases}$ $y_A = \frac{g}{2v_o^2}x_A^2 + h \Rightarrow v_o = x_A\sqrt{\frac{-g}{(2y_A - h)}} = 26{,}58$ m.s^{-1}

4- Direction de $\vec{v}_A$

$\vec{v}_A\ \begin{cases} v_{Ax} = v_o \\ v_{Ay} = -gt_A = -g\,\frac{x_A}{} \end{cases}$

Soit $\alpha = (\vec{i}; \vec{V_A})$, on a : $\tan\alpha = \frac{V_{Ay}}{V_{Ax}} = -g\frac{x_A}{v_0^2} = -0{,}167$ d'où $\alpha = 9{,}47°$

Solution de P_4 –10

1) Equations différentielles selon les axes ox et oy

Le théorème du centre d'inertie s'écrit :

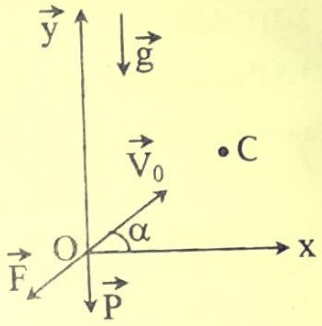
$\vec{P} + \vec{F} = m_1\vec{a}$

sur ox : $-F_x = m_1\ddot{x} \Rightarrow \mu\dot{x} + m_1\ddot{x} = 0$

sur oy : $-m_1g - F_y = m_1y \Rightarrow m_1\ddot{y} + \mu\dot{y} + m_1g = 0$

2) a) Equation cartésienne de la trajectoire

F négligeable $\Rightarrow \begin{cases} m_1\ddot{x} = 0 \text{ d'où } \ddot{x} = 0 \\ m_1\ddot{y} + m_1g = 0 \text{ d'où } y = -g \end{cases}$



$\vec{V}\begin{cases} V_x = V_0\cos\alpha \\ V_y = -gt + v_o\sin\alpha \end{cases}$ $\overrightarrow{OM}$ $\begin{cases} x = (V_0\cos\alpha)t \\ y = -\frac{1}{2}gt^2 + (v_o\sin\alpha)t \end{cases}$

On a : $y = -\frac{1}{2}g\frac{x^2}{V_0^2\cos^2\alpha} + x\tan\alpha$

b) Condition d'existence de deux valeurs de α

En posant $\frac{1}{\cos^2\alpha} = 1 + \tan^2\alpha$ on a : $y = \frac{g}{2V_0^2}(1 + \tan^2\alpha)x^2 + x\tan\alpha$

Soit $-\frac{g}{2V_0^2}x^2\tan^2\alpha + x\tan\alpha - (\frac{gx^2}{2V_0^2} + y) = 0$

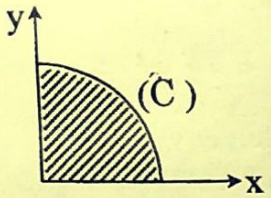
Il existe 2 valeurs de α si $\Delta > 0$

$\Delta = x^2 - \frac{2g}{V_0^2}x^2(\frac{gx^2}{2V_0^2} + y) > 0$ d'où $\frac{g}{2V_0^2}x^2 + y < \frac{V_0^2}{2g}$

c) Existence d'une trajectoire enveloppant toutes les autres

$\Delta = 0 \Rightarrow y = -\frac{g}{2V_0^2}x^2 + \frac{V_0^2}{2g}$ est l'équation de la trajectoire C

d) Calcul de la flèche



$\Delta E_C = \Sigma W \Rightarrow \frac{1}{2}m_1V_y^2 - \frac{1}{2}m_1V_{0y}^2 = -m_1gy_{max}$

or $V_y = 0 \Rightarrow -\frac{1}{2}m_1V_0^2\sin^2\alpha = -m_1gy_{max}$

d'où $y_{max} = \frac{V_0^2\sin^2\alpha}{2g} = 5$ m

3) a) Calcul de V_B sur l'axe ox

Le théorème de l'énergie cinétique s'écrit : $\Delta Ec = \Sigma W = 0$

$\Rightarrow E_{C_B} = E_{C_0}$ d'où $V_B = V_0 = 20$ m.s^{-1}

SOLUTIONS DES EXERCICES SUR LE MOUVEMENT D'UNE PARTICULE DANS UN CHAMP ELECTRIQUE

Solution P_5-1

1) a/ $U_1 = V_P - V_C > O$. b) Mouvement rectiligne uniformément varié.

c) $U_1 = \frac{mv^2}{2e} = 1777{,}3$ V.

2) a/ $y = \frac{eEx^2}{2mv^2_1}$; mouvement parabolique.

b) Au point S, $x_S = l = 0{,}1$ m et $y_S = 5{,}6.10^{-3}$ m ; $h = y_S = 5{,}6.10^{-3}$ m.

c) $\tan\alpha = \frac{eEl}{mv^2_1} = 0{,}112$ d'où $\alpha = 6{,}4°$. d) $v_S = \frac{v_1}{\cos\alpha}$ ou $v_S = \sqrt{V^2_1 + \frac{2eUh}{md}}$

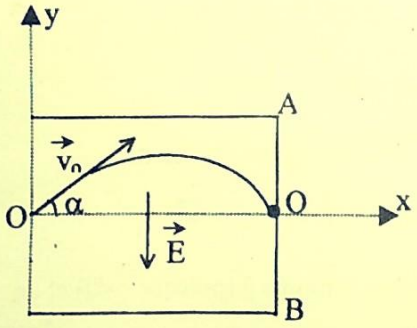
$v_S = 25{,}16.10^6$ m.s^{-1}. e) $H = \frac{UlD}{2U_1d}$. f) $v = v_S$ (le mouvement de l'électron est rectiligne uniforme à la sortie).

3) a/ $h = \frac{El^2}{4U_1}$. b) $y_S \leq \frac{d}{2}$ d'où $E \leq \frac{2U_1d}{l^2}$; $U_{max} = d.E_{max} = \frac{2U_1d^2}{l^2} = 222{,}16$V.

Solution P_5-2

1/ a) Si le faisceau de protons doit recouper l'axe x'x, il faut que la force électrique $\vec{F} = q\vec{E}$ soit dirigée vers le bas. Or $q = e > 0$; le champ $\vec{E}$ aura le même sens que $\vec{F}$ c'est-à-dire de la plaque A vers la plaque B : le potentiel en A est donc supérieur au potentiel en B d'où $U = V_A - V_B > 0$.

b) Equation de la trajectoire. Les forces appliquées sont le poids $\vec{P} = m\vec{g}$ négligeable et la force électrique $\vec{F} = e\vec{E}$. D'après la relation fondamentale de la dynamique $\Sigma\vec{F} = \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow e\vec{E} = m\vec{a}$ d'où $\vec{a} = \frac{e\vec{E}}{m}$.



En projection sur x'x : $a_x = \frac{eE_x}{m} = 0$; $v_x = v_o\cos\alpha$; $x = v_ot\cos\alpha$.

En projection sur y'y : $a_y = \frac{eE_y}{m} = -\frac{eE}{m}$; $v_y = -\frac{eE}{m}t + v_o\sin\alpha$ et $y = -\frac{1}{2}\frac{eE}{m}t^2 + v_ot\sin\alpha$.

En éliminant t entre x et y on a : $y = -\frac{e E x^2}{2mv^2_o\cos^2\alpha} + x\tan\alpha$ comme $E = \frac{U}{d}$;

on a : $y = -\frac{eU x^2}{2mdv^2_o\cos^2\alpha} + x\tan\alpha$.

Le mouvement du faisceau de protons est parabolique.

2/ a) En O' x = l et y = 0 d'où $U = \frac{2\,md\,v^2_o\sin\alpha\cos\alpha}{el} = \frac{md\,v^2\sin 2\alpha}{el}$.

b) U = 1082,5 V. c) Au sommet S de la trajectoire la vitesse est horizontale

donc $y_S = -\frac{eEt}{m} + v_o\sin\alpha = 0$ d'où $t = \frac{mv_o\sin\alpha}{eE}$

et $y_S = -\frac{1}{2}\frac{eE}{m}\left(\frac{mv_o\sin\alpha}{eE}\right)^2 + v_o\sin\alpha\left(\frac{mv_o\sin\alpha}{eE}\right)$

$y_S = \frac{mv^2_o\sin^2\alpha}{2eE}$ or $E = \frac{U}{d}$ d'où $y_S = \frac{mdv_o^2\sin^2\alpha}{2eU} \simeq 0{,}029$ m = 2,9 cm

Distance minimale $d_m = \frac{d}{2} - y_S = 2{,}1$ cm.

Solution de P_5 -3

1- Les équations horaires du mouvement de S sont :

$\vec{V}$ ($V_x = V_o\cos\alpha$; $V_y = -gt + V_o\sin\alpha$) ; $\overrightarrow{OM}$ ($x = V_o t\cos\alpha$; $y = -\frac{1}{2}gt^2 + V_o t\sin\alpha$)

a) Etude du cas $\alpha = 90°$

$\vec{V}$ ($V_x = 0$; $V_y = -gt + V_o$) ; $\overrightarrow{OM}$ ($x = 0$; $y = -\frac{1}{2}gt^2 + V_o t$)

Au sommet M on a $V_y =$ soit $-gt + V_o = 0$ d'où $t = \frac{V_o}{g}$ et $y(M) = \frac{V_o^2}{2g} = 0{,}2$ m .

b) Quand $\alpha \neq 0$, sommet M', on a $V_y = 0$ d'où $t = \frac{V_o\sin\alpha}{g}$ et $y(M') = \frac{V_o^2\sin^2\alpha}{2g}$

soit $y(M') = y(M)\sin^2\alpha$; pour $\alpha = 45°$ on trouve $y(M') = \frac{1}{2}y(M)$

Les coordonnées de M' sont : $x = \frac{V^2_o\sin^2\alpha}{2g} = 0{,}2$ m et $y(M') = 0{,}1$ m

2-a) Le mouvement étant rectiligne uniforme, on a : $\sum\vec{f} = \vec{P} + \vec{f_e} = \vec{0}$

Soit $\vec{E} = -\frac{m}{q}\vec{g}$. Ainsi $\vec{E}$ a même direction et même sens que $\vec{g}$ (puisque $q<0$) et de norme :

$E = \frac{m}{|q|}g = 10^4$ v.m^{-1}

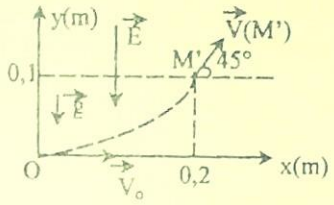
b) Equation de la trajectoire

Le théorème du centre d'inertie s'écrit :

$\sum\vec{f} = m\vec{g} + q\vec{E} = m\vec{a}$ d'où $\vec{a} = (\vec{g} + \frac{q}{m}\vec{E})$

$\vec{a}(a_x = 0 ; a_y = -(g + \frac{q}{m} E)$

$y = +\frac{1}{2V_o^2} a_y x^2 = -\frac{g + \frac{q}{m} E}{2V_o^2} x^2 = 2{,}5\, x^2$



- On a M' ($x_{M'} = 0{,}20$ m ; $y_{M'} = 0{,}1$ m) d'où $y_{M'} = 2{,}5\, x^2_{M'}$. S passe par M'
- $V_x(M') = V_y(M') = 2$ m.s^{-1}.

On a ($\widehat{Ox, \vec{V}(M')} = 45°$ et $V = 2{,}8$ m.s^{-1})

Solution de P_5 - 4

1- * La force électrostatique est verticale et dirigée vers le bas :

$$F = qE = q\frac{U_{AB}}{} = 2.10^{-3} \text{ N}$$

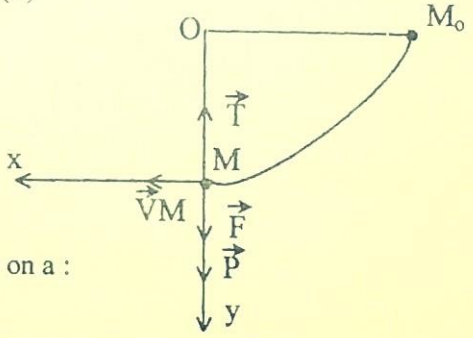
* Le poids est vertical descendant : $P = mg = 2.10^{-2}$ N

2- * Le théorème de l'énergie cinétique entre M_o et M s'écrit :

$\frac{1}{2}mV^2_M - \frac{1}{2} mV^2_{Mo} = W(\vec{T}) + W(\vec{P}) + W(\vec{F})$

Soit $\frac{1}{2} mV^2_M = mgl + qE\ell$ d'où

$V_M = \sqrt{2(g + \frac{qE}{m})\ell} = 1{,}5$ m.s^{-1}



* Le théorème du centre d'inertie s'écrit :

$\sum\vec{f} = \vec{P} + \vec{T} + \vec{F} = m\vec{a}$

En projetant sur la normale à la trajectoire on a :

$T = mg + qE + ma_n$ soit

$$T = m(g + \frac{qE}{m} + \frac{V^2_M}{\ell}) = 3(mg + qE) = 6{,}6.10^{-2} \text{ N}$$

3- a) Dans le repère xMy associé au référentiel terrestre supposé galiléen, le théorème du centre d'inertie s'écrit : $\sum\vec{f} = \vec{P} + \vec{F} = m\vec{a}$

soit $\vec{a} = \vec{g} + \frac{q\vec{E}}{m} = \vec{Cste}$. Le mouvement est donc parabolique dans le plan de $\vec{V}_M$ et $\vec{a}$

On a : $\vec{a}(a_x = 0, a_y = g + \frac{qE}{m})$; $\vec{V}(V_x = V_M ; V_Y = (g + \frac{qE}{m})t)$ et

$\begin{cases} x = V_M t \\ y = \frac{1}{2}(g + \frac{qE}{m}) t^2 \end{cases}$. La trajectoire a pour équation : $y = \frac{1}{2}(g + \frac{qE}{m}) \frac{x^2}{V_M{}^2}$

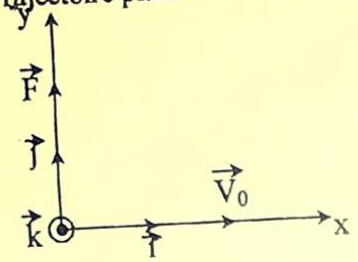
C'est l'équation d'une parabole

b) * La bille touche l'armature B lorsque : $y_B = d - (\ell + 5.10^{-2}) = 5.10^{-2}$ m et

$$T = \sqrt{\frac{2y_B}{g + \frac{qE}{m}}} = 9{,}5.10^{-2} \text{ s}$$

Solution de P_5-5

1.- a) Trajectoire plane



Le théorème du centre d'inertie s'écrit : $\Sigma\vec{f} = \vec{F} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{\vec{F}}{m}$

$$\vec{a}\begin{vmatrix} a_x = 0 \\ a_y = \frac{F}{m} \\ a_z = 0 \end{vmatrix} \quad \vec{v}_o\begin{vmatrix} v_{ox} = v_o \\ v_{oy} = 0 \\ v_{oz} = 0 \end{vmatrix}$$

$a_z = 0$ et $v_{oz} = 0 \Rightarrow$ il n'y a pas de mouvement suivant zz' ; il est donc plan et se déroule dans le plan défini par v_o et F.

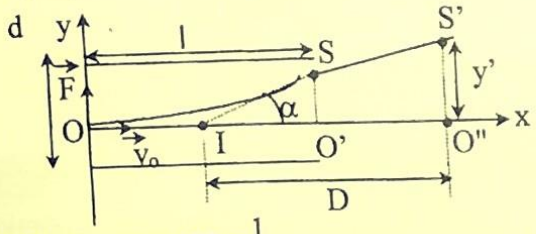
b) Equation de la trajectoire

$a_x = 0$ et $v_{ox} = v_o \Rightarrow$ mouvement rectiligne uniforme suivant xx' et d'équation $x = v_o t$ (1).

$a_y = \frac{F}{m} = Cste \Rightarrow$ mouvement rectiligne uniformément varié suivant yy' et d'équation $y = \frac{1}{2} \cdot \frac{F}{m} t^2$ (2)

(1) et (2) $\Rightarrow y = \frac{F}{2mv_o^2} x^2$ (3)

2.- a) Equation de la trajectoire



$\vec{F} = q\vec{E}$ donc $F = |q| E = e\frac{U}{d}$ (4)

(4) dans (3) $\Rightarrow y = \frac{eU}{2mdv_o^2} x^2$

b) Montrons que $OI = \frac{l}{2}$

Dans le triangle IO'S on pose : $\tan\alpha = \frac{y_s}{O'I} = \left(\frac{dy}{dx}\right)_{x=l}$

$$\Rightarrow \frac{eU\ell^2}{2mdv_o^2 O'I} = \frac{eU\ell}{mdv_o^2} \Rightarrow \frac{\ell}{2O'I} = 1 \Rightarrow O'I = \frac{\ell}{2} = OI$$

c) Montrons que $Y = KU$

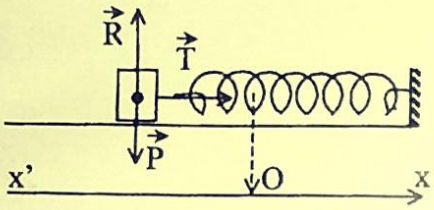
Dans le triangle IO''S' on pose : $\tan\alpha = \frac{Y}{D} = \frac{eU\ell}{mdv_o^2} \Rightarrow$

$$Y = \frac{Del}{mdv_o^2} U = KU \quad \text{avec} \quad K = \frac{Del}{mdv_o^2} = cste$$

P6

SOLUTIONS DES EXERCICES SUR LE PENDULE ELASTIQUE

Solution P6-1



1/ a) $E_o = \frac{1}{2} kx_o^2 + \frac{1}{2} mv_o^2 = 9{,}9.10^{-2}$ J.

b) A un instant t quelconque on a :

$E = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} kx^2$.

Au passage par la position d'équilibre on a :

$x = 0$ d'où $E_1 = \frac{1}{2} mv_1^2$

D'après la conservation de l'énergie mécanique on a :

$E_1 = E_o \Rightarrow \frac{1}{2} mv_1^2 = E_o$ d'où $v_1 = \sqrt{\frac{2E_o}{m}} = 9{,}95.10^{-1}$ m.s^{-1}.

c) $E = \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} kx^2$. Pour $x = x_{max}$ on a : $v = 0$ d'où $E_2 = \frac{1}{2} kx^2_{max}$.

D'après la conservation de l'énergie mécanique on a :

$E_o = E_2 \Rightarrow \frac{1}{2} kx^2_{max} = E_o$ d'où $x_{max} = \sqrt{\frac{2E_o}{k}} = 0{,}07$ m = 7 cm.

2/ a) D'après le théorème du centre d'inertie $\vec{P} + \vec{T} + \vec{R} = m\vec{a}$. En projetant sur l'axe x'x on a : $P_x + T_x + R_x = m\ddot{x}$

$0 - kx + 0 = m\ddot{x}$ d'où l'équation différentielle $m\ddot{x} + kx = 0$

b) Une solution de cette équation différentielle est : $x = x_m \sin(\omega t + \varphi)$

avec $\omega = \sqrt{\frac{K}{m}}$, x_m et φ à déterminer.

D'après les conditions initiales on a au début du mouvement (t = 0).

$$x = -x_o = x_m \sin\varphi \Rightarrow \sin\varphi = -\frac{x_o}{x_m} < 0$$

$$\dot{x} = v_o = x_m \omega \cos\varphi \Rightarrow \cos\varphi = \frac{v_o}{x_m\omega} > 0$$

$$\sin^2\varphi + \cos^2\varphi = 1 = \left(\frac{-x_o}{x_m}\right)^2 + \left(\frac{v_o}{x_m\omega}\right)^2 \quad \text{d'où } x_m = \sqrt{x_o^2 + \frac{v_o^2}{\omega^2}}$$

$$\text{or } \omega = \sqrt{\frac{k}{m}} \text{ donc } x_m = \sqrt{x_o^2 + \frac{mv_o^2}{k}} = 0{,}07 \text{ m}$$

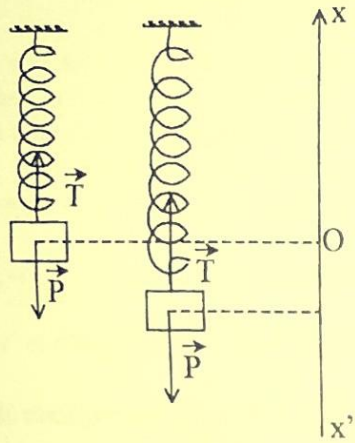
$$\tan\varphi = -\frac{x_o\omega}{v_o} = -1{,}010 \Rightarrow \varphi = (-0{,}79 + k\pi)\text{rad} \; ; \; \text{or } \sin\varphi < 0 \text{ et } \cos\varphi > 0$$

d'où $\varphi = -0{,}79$ rad. L'équation horaire du mouvement du solide S est :

$x = 0{,}07 \sin(\omega t - 0{,}79)$ avec x en m et $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = 14{,}14$ rad/s.

c) Période du mouvement : $T_o = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{k}{m}} = 0{,}44$ s.

Solution P_6-2



1/ $\Delta l_o = \frac{mg}{k} = 0{,}06$ m

2/ a) $\Delta E_p = E_p - E_{p_o}$
$= \frac{1}{2} k(\Delta l_o + x_o)^2 - mg\, x_o - \frac{1}{2} k\Delta l_o^2$
$= 0{,}125$ J.

b) $E_o = \frac{1}{2} k(\Delta l_o + x_o)^2 - mg\, x_o = 0{,}305$ J.

c) $E = \frac{1}{2} k(\Delta l_o - x)^2 + mgx + \frac{1}{2} mv^2$
$E = \frac{1}{2} k\Delta l_o^2 + \frac{1}{2} kx^2 + x(mg - k\Delta l_o) + \frac{1}{2} mv^2$
or à l'équilibre $mg - k\Delta l_o = 0$
d'où $E = \frac{1}{2} k\Delta l_o^2 + \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} kx^2$.

d) En utilisant la conservation de l'énergie mécanique on a :
$E_o = E = \frac{1}{2} k\Delta l_o^2 + \frac{1}{2} mv^2 + \frac{1}{2} kx^2$; $v = v_{max}$ si $x = 0$

d'où $E_o = \frac{1}{2} k\Delta l_o^2 + \frac{1}{2} mv^2_{max} \Rightarrow v_{max} = \sqrt{\frac{2E_o - k\Delta l^2_o}{m}} = 0{,}64$ m.s^{-1}

3/ a) Méthode énergétique : $\frac{dE}{dt} = 0 \Rightarrow \frac{1}{2} m \frac{d\dot{x}^2}{dt} + \frac{1}{2} k \frac{dx^2}{dt} = \dot{x}(m\ddot{x} + kx) = 0.$

$\forall \dot{x}$ on a : $m\ddot{x} + kx = 0$

- méthode dynamique : $\vec{P} + \vec{T} = m\vec{a}$. En projetant sur x'x on a $P_x + T_x = m\ddot{x}$.
- $mg + k(\Delta l_o - x) = m\ddot{x}$ or $-mg + k\Delta l_o = 0$ d'où $m\ddot{x} = -kx$ soit $m\ddot{x} + kx = 0$

ou encore $\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$

b) L'équation horaire est de la forme $x = x_m \sin(\omega t + \varphi)$

avec $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = 12{,}9$ rad.s^{-1} et $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 0{,}49$ s.

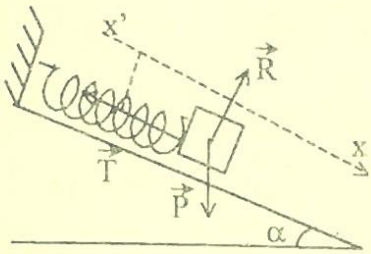
$$\text{à } t = 0 \begin{cases} x = -x_o = x_m \sin\varphi \\ \dot{x} = 0 = \omega x_m \cos\varphi \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} x_m = \frac{-x_o}{\sin\varphi} > 0 \\ \cos\varphi = 0 \end{cases} \begin{cases} x_m = x_o \\ \varphi = -\frac{\pi}{2} \end{cases}$$

L'équation horaire est $x = 5.10^{-2} \sin(12{,}9\, t - \frac{\pi}{2})$.

c) à $t = \frac{T}{2}$, $x = 0{,}05 \sin(\frac{2\pi}{T}\frac{T}{2} - \frac{\pi}{2}) = 0{,}05\ m = x_o$

$E_p = \frac{1}{2} k\Delta l_o^2 + \frac{1}{2} k x_o^2$ ou $E_p = \frac{1}{2} k(\Delta l_o - x_o)^2 + mgx_o = 0{,}305$ J.
$T_1 = k(\Delta l_o - x) = k(\Delta l_o - x_o) = 1$ N.

Solution P_6-3



1/ $\Delta l_o = \frac{mg\sin\alpha}{k} = 5$ cm

2/ a) $\vec{P} + \vec{T} + \vec{R} = m\vec{a}$. En projetant sur x'x on a : $P_x + T_x + R_x = m\ddot{x}$ d'où $\ddot{x} + \frac{k}{m} x = 0$

b) $x = 4.10^{-2}\sin(wt - \frac{\pi}{2})$.

Avec $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = 10\ rad.s^{-1}$.

c) $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 0{,}628$ s ; T ne dépend pas de l'angle α.

3/ a) $E_p = \frac{1}{2} k(\Delta l_o + x)^2 - mg\sin\alpha = \frac{1}{2} k\Delta l_o^2 + (k\Delta l_o - mg\sin\alpha)x + \frac{1}{2} kx^2$.
or $k\Delta l_o - mg\sin\alpha = 0$ d'où $E_p = \frac{1}{2} k\Delta l_o^2 + \frac{1}{2} kx^2$.

En remplaçant x par $4.10^{-2}\sin(\omega t - \frac{\pi}{2})$ on a :

$E_p = \frac{1}{2} k\Delta l_o^2 + \frac{1}{2} k.(4.10^{-2})^2 \sin^2(\omega t - \frac{\pi}{2}) = 0{,}0625 + 4.10^{-2}\sin^2(\omega t - \frac{\pi}{2})$

$E_c = \frac{1}{2} mv^2 = \frac{1}{2} m\omega^2(4.10^{-2})^2\cos^2(\omega t - \frac{\pi}{2}) = 4.10^{-2}\cos^2(\omega t - \frac{\pi}{2})$

b) $E = E_c + E_p = 0{,}0625 + 4.10^{-2}(\sin^2(\omega t - \frac{\pi}{2}) + \cos^2(\omega t - \frac{\pi}{2}) = 0{,}0625 + 4.10^{-2}$
$E = 10{,}25.10^{-2}$ J.

Solution P_6-4

1/ $ka_1 - ka_2 - mg = 0$

2/ a) $E_p = \frac{1}{2} k(a_1 - x)^2 + \frac{1}{2} k(a_2 + x)^2 + mgx$. b) $m\ddot{x} + 2kx = 0$

c) Mouvement rectiligne sinusoïdal de période $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{2k}}$

3/ a) $l = R\theta = R\dot{\theta}t = R.2\pi n.25\ T$ d'où $T = 0{,}08$ s et $N = 12{,}5$ Hz.

b) $k = \frac{2\pi^2 m}{T^2} = 308{,}11\ N.m^{-1}$.

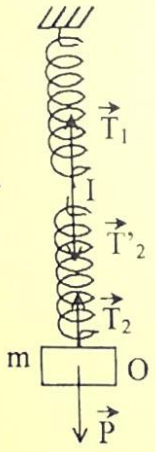
Solution P_6-5

a) $\vec{T} + \vec{T'} + \vec{P} = \vec{O}$ d'où $b' = \frac{kb - mg}{k'} = 6$ cm.

b) $\vec{T} + \vec{P} + \vec{T'} = m\vec{a}$ d'où $-k(b + x) + k'(b' - x) + mg = m\ddot{x}$ d'où $\ddot{x} + \frac{k + k'}{m}x = 0$;

l'oscillateur est harmonique $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k + k'}} = 0{,}26$ s.

Solution P_6-6



1/ En appliquant la relation fondamentale de la dynamique en O et en I, montrer que :
$P = T_2 = T_1 = T'_2$ à l'équilibre.

$T_2 = k_2 a_2$ d'où $a_2 = \frac{mg}{k_2}$; de même $a_1 = \frac{mg}{k_1}$

2/ a) En I, $T_1 = T'_2$ d'où $k_1 (a_1 + x_1) = k_2 (a_2 + x_2)$;
de plus $x = x_1 + x_2$; on a :

$x_2 = \frac{k_1}{k_1 + k_2} x$; $x_1 = \frac{k_2 x}{k_1 + k_2}$;

b) En O, $mg - k_2 (a_2 + x_2) = m\ddot{x}$ d'où

$\ddot{x} + \frac{k_1 . k_2}{m(k_2 + k_1)} x = 0$

c) $T = 2\pi\sqrt{\frac{m(k_1 + k_2)}{k_1 k_2}} = 0{,}76$ s.

Solution P_6-7

1/ a) $m\ddot{x} + kx = 0$; $x = 5.10^{-2}\sin(11{,}18t + \frac{\pi}{2})$

b) $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 0{,}56$ s ; cette période ne change par sur la lune.

c) $v = |\dot{x}| = \omega\sqrt{x_o^2 - l^2} = 0{,}48\ m.s^{-1}$; $a = |\ddot{x}| = \omega^2 l = 3{,}125\ m.s^{-2}$.

2/ a) $\Delta l = 4$ cm ; b) $m\ddot{x} + 2kx = 0$; c) $T_1 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{2k}} \simeq 0{,}4$ s ; $T = T_1\sqrt{2}$

d) $E_p = k(\Delta l + x^2) - mgx_o = k(\Delta l^2 + x_o^2)$; $v = x_o\sqrt{\frac{2k}{m}} = 0{,}79\ m.s^{-1}$.

3/ a) $m\ddot{x} + 2kx = 0$; b) $T_2 = 2\pi\sqrt{\frac{m}{2k}} \simeq 0{,}4$ s ; $T_2 = T_1 = \frac{T}{\sqrt{2}}$. c) $v = 0{,}79\ m.s^{-1}$.

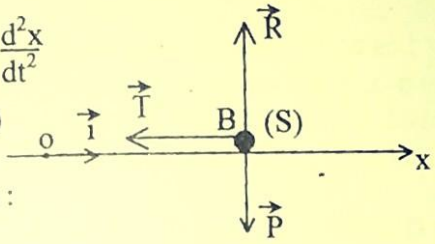
Solution de P_6 -8

1- Le théorème du centre d'inertie s'écrit :

$\sum \vec{f} = \vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = m\vec{a}$

En projetant sur $\overrightarrow{x'x}$, on a : $-kx = ma = m\frac{d^2x}{dt^2}$

Soit l'équation différentielle: $\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0$



2- L'équation différentielle a pour solution :
$x = X_m\cos(\omega_o t + \varphi)$.

Il en résulte : $\frac{dx}{dt} = -X_m\,\omega_o\sin(\omega_o t + \varphi)$ et $\frac{d^2x}{dt^2} = -X_m\,\omega_o^2\cos(\omega_o t + \varphi)$

L'équation différentielle devient :

$-X_m\,\omega_o^2\cos(\omega_o t + \varphi) + \frac{k}{m}X_m\cos(\omega_o t + \varphi) = 0$

Soit $(-\omega_o^2 + \frac{k}{m})\,X_m\cos(\omega_o t + \varphi) = 0$

$\forall t$ on a : $-\omega_o^2 + \frac{k}{m} = 0$ d'où $\omega_o = \sqrt{\frac{k}{m}} = 8{,}165$ rad.s^{-1}

3- A $t = 0$ on a : $x(0) = X_m\cos\varphi = 0$ et $V(0) = -X_m\,\omega_o\sin\varphi = -V_o$

On trouve $\varphi = \frac{\pi}{2}$ et $X_m = V_o\sqrt{\frac{m}{k}} = 0{,}02$ m d'où $x = 0{,}02\cos(8{,}165\,t + \frac{\pi}{2})$

Solution P6 - 9

1- Equation différentielle : $\sum\vec{f} = \vec{P} + \vec{T} + \vec{R} = m\vec{a}$ d'où $\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k}{m}x = 0$

2- l'équation est de la forme : $x = X_m\cos(\omega_o t + \varphi)$

à $t = 0$ on a : $x(0) = X_m\cos\varphi =$ et $V(0) = -X_m\sin\varphi = -V_o$

On trouve $X_m = V_o\sqrt{\frac{m}{k}} = 0{,}04$ m ; $\omega_o = \sqrt{\frac{k}{m}} = 10$ rad.s^{-1} et $\varphi = \frac{\pi}{2}$ rad

D'où $x = 4.10^{-2}\cos(10t + \frac{\pi}{2})$

3- a) Par définition : $E_m = E_{pe} + E_c = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}m\dot{x}^2$

On a $E_{pe} = \frac{1}{2}kx^2_m\cos^2(\omega_o t + \varphi)$ et $E_c = \frac{1}{2}mx^2\omega_o^2\sin^2(\omega_o t + \varphi)$

d'où $E_m = \frac{1}{2}kx^2m\,[\sin^2(\omega_o t + \varphi) + \cos^2(\omega_o t + \varphi)] = \frac{1}{2}kx^2_m$

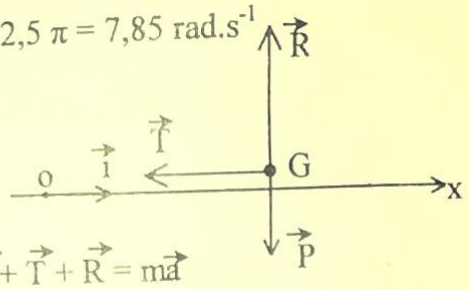
b) On a $E_m = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}m\dot{x}^2$. Il y a conservation de l'énergie mécanique : $\frac{dE}{dt} = 0$

soit $kx\dot{x} + m\dot{x}\ddot{x} = 0$ d'où $\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$

Solution P6 - 10

1- Les conditions initiales, d'après le graphe sont telles qu'à l'instant $t = 0$ on a $x_o = 1{,}0$ cm et $V_o = 0$ m.s^{-1}. Mais précisons qu'au voisinage de $x = 0$ (G passe pour la première fois par l'origine) la vitesse $V_x < 0$ puis que la fonction x (t) est décroissante.

* D'après le graphe : $T = 0{,}8$ s et $\omega_o = \frac{2\pi}{T} = 2{,}5\,\pi = 7{,}85$ rad.s^{-1}



2- a) Les forces agissant sur le solide sont :
- Son poids $\vec{P} = m\vec{g}$ vertical descendant.
- La réaction $\vec{R}$ du plan horizontal.
- La tension $\vec{T}$ exercée par le ressort.

b) Le théorème du centre d'inertie s'écrit : $\vec{P} + \vec{T} + \vec{R} = m\vec{a}$

Après projection sur $(o, \vec{i})$ on a : $-k\ddot{x} = mx$ d'où $\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$

L'équation différentielle est la caractéristique d'une fonction sinusoïdale du temps de pulsation ω_o telle que : $\omega_o^2 = \frac{k}{m}$ ou $\omega_o = \sqrt{\frac{k}{m}}$

c) Puisque $x(t) = x_o \cos(\omega_o t)$:

$x(t) = V_x(t) = -x_o\omega_o \sin(\omega_o t)$ + et $\ddot{x}(t) = -x_o\omega_o^2 \cos(\omega_o t)$

d'où $\ddot{x}(t) + \frac{k}{m}x(t) = -x_o\omega_o^2\cos(\omega_o t) + x_o\omega_o^2\cos(\omega_o t) = 0$

Ainsi $x(t) = x_o\cos(\omega_o t)$ vérifie l'équation différentielle établie.

A $t = 0$ on a : $x(0) = x_o$ et $x(0) = V_{ox} = 0$

3- L'énergie potentielle élastique : $Ep_e = \frac{1}{2}kx^2 = \frac{1}{2}kx_o^2\cos^2(\omega_o t)$

* à $t = 0$: $Ep_e(0) = \frac{1}{2}kx_o^2$ d'où $k = \frac{2Ep_e(0)}{x_o^2} = 74{,}0$ N.m^{-1}

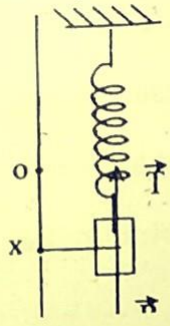
* La masse est telle que : $\omega_o^2 = \frac{4\pi^2}{T^2} = \frac{k}{m}$ d'où $m = \frac{kT^2}{4\pi^2} = 1{,}20$ kg

Solution P_6 - 11

1- a) Le théorème du centre d'inertie s'écrit : $\sum\vec{f} = \vec{P} + \vec{T} + = M\vec{a}$. Après projection sur x'x

on a : $\ddot{x} + \frac{K_1}{M}x = 0$

Le mouvement de S est rectiligne sinusoïdal



d'équation $x(t) = a\sin(\omega_o t)$ avec $\omega_o = \sqrt{\frac{K_1}{M}}$

b) On a : $T = \frac{2\pi}{\omega} = 2\pi\sqrt{\frac{M}{K_1}}$ d'où $K_1 = \frac{4\pi^2 M}{T^2} = 16{,}11$ N.m^{-1}

avec T = 0,35 s

c) A l'équilibre on a : $\vec{P} + \vec{T} = 0$ d'où $\Delta\ell = \frac{Mg}{K_1} = 3{,}1.10^{-2}$ m

Si la longueur du ressort à l'équilibre est $x_o = 5$ cm, cela voudrait dire que sa longueur à vide est $\ell_1 = x_o - \Delta\ell = 1{,}9$ cm. Ce qui n'est pas négligeable.

2- a) A l'équilibre on a : $\vec{F_1} + \vec{F_2} + \vec{P} = \vec{0}$ soit $K_1(\ell - \ell_1) + K_2(\ell - \ell_2) = Mg$

ℓ est la longueur des ressorts à l'équilibre :

d'où $\ell = \frac{Mg}{K_1+K_2} + \frac{K_1\ell_1 + K_2\ell_2}{K_1 + K_2} = 3{,}66.10^{-2}$m.

Alors $F_1 = K_1(\ell - \ell_1) = 0{,}284$ N ; $F_2 = K_2(\ell - \ell_2) = 0{,}216$ N et $\frac{F_1}{F_2} = 1{,}31$

b) Les caractéristiques du ressort équivalent.

$F = F_1 + F_2 = (K_1 + K_2)\ell - (K_1\ell_1 + K_2\ell_2)$

Soit $F = K\Delta\ell = (K_1 + K_2)\left(\ell - \frac{K_1\ell_1 + K_2\ell_2}{K_1 + K_2}\right)$

Le ressort équivalent aura pour constante de raideur

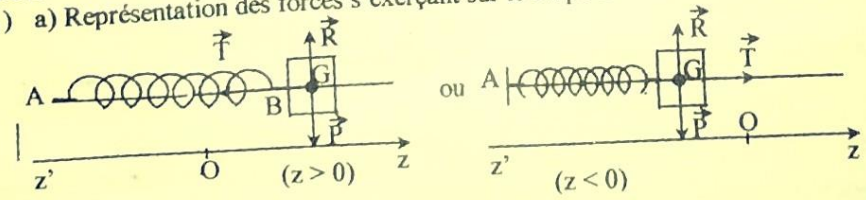
$K = K_1 + K_2$ et pour longueur à vide : $\ell o = \frac{K_1\ell_1 + K_2\ell_2}{K_1 + K_2}$

c) on a : $\frac{F_1}{F_2} = \frac{K_1}{K_2} \times \frac{\ell - \ell_1}{\ell - \ell_2} = r$

r n'est constant que si $\ell_1 = \ell_2$. Ce qui n'est pas le cas ici.

Solution de P₈ – 12

1) a) Représentation des forces s'exerçant sur le corps C



b) Equation différentielle du mouvement de G

Le théorème du centre d'inertie s'écrit : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = m\vec{a}_G$

Projection sur z'z : $-T = ma_z$ soit $-hz = m\ddot{z}$ d'où $\ddot{z} + \frac{k}{m}z = 0$

c) Expression générale de z(t)

$z(t) = z_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$ ou $z(t) = z_m \cos(\omega_0 t + \varphi)$

2) a) Tableau de mesure

t(ms)	0	50	100	150	175	200	250	350	400	525	600	700	750	800	875
U(v)	-3	-2,6	-1,8	-0,7	0	+0,6	+1,9	+3	+2,7	0	-1,8	-3	-2,6	-1,8	0
t(cm)	-6	-5,2	-3,6	-1,4	0	+1,2	+3,8	+6	+5,4	0	-3,6	-6	-5,2	-3,6	0

b) Tracé la courbe z = f(t) sur un papier millimétré

c) Oui, l'étude expérimentale est conforme à l'étude théorique. Parce que la solution de l'équation différentielle trouvée ci-dessus est également une fonction sinusoïdale.

3) a) A partir de la courbe, on a :

- la période T = 0,7 s ; la pulsation $\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = 8{,}97 \text{ rad.s}^{-1}$
- l'amplitude $z_m = 6$ cm ; la phase initiales $\varphi = \pi$ rad (car à t = 0s , $\dot{z}(0) = -z_m$ et $z(0) = 0$)

b) Expression de z = f(t)

$z(t) = 6 \cos(8{,}97\, t + \pi)$ en cm ou $z(t) = 6 \sin(8{,}97\, t + \frac{3\pi}{2})$ cm

4) La masse du corps C : $T = 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} \Rightarrow m = \frac{kT^2}{4\pi^2} \simeq 230$ g

5) Expression de l'énergie mécanique

$E = E_{p_e} + E_c = \frac{1}{2} kz^2 + \frac{1}{2} m\dot{z}^2$

Montrons que E est constante

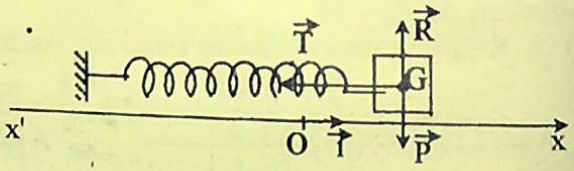
$E = \frac{1}{2} kz_m^2 \sin^2(\omega_0 t + \varphi) + \frac{1}{2} m\omega_0^2 z_m^2 \cos^2(\omega_0 t + \varphi)$ or $m\omega_0^2 = k$ d'où

$E = \frac{1}{2} k z_m^2 [\sin^2(\omega_0 t + \varphi) + \cos^2(\omega_0 t + \varphi)] = \frac{1}{2} kz_m^2 = \text{cste}$

A.N. : $E = 3{,}33.10^{-2}$ J

Solution de P_6 – 13

1)* Equation différentielle :



le théorème du centre d'inertie s'écrit après une étude dynamique : $\Sigma \vec{f} = \vec{P} + \vec{T} + \vec{R} = M\vec{a}_G$. On projette sur $(O ; \vec{i})$ - T = Mx soit –kx = $M\ddot{x}$ ou $\ddot{x} + \frac{k}{M} x = 0$

* Expression de T_0 : On pose $\omega_0^2 = \frac{k}{M}$ soit $\omega_0^2 = \sqrt{\frac{k}{M}} = \frac{2\pi}{T_0}$ d'où $T_0 = 2\pi\sqrt{\frac{k}{M}}$

2) a) $T_0 = 6.10^{-1}$ s ; b) Expression de x = f(t) : $x = 2.10^{-2} \cos(10{,}47\, t)$

3) Vérification de la validité de cette expression :

à $t_2 = 3.10^{-1}$ s $= \frac{T_0}{2}$ on a : $x_2 = -2.10^{-2}$ m (vérifier avec la mesure)

à $t_3 = 60.10^{-2}$ s $= T_0$ on a : $x_3 = 2.10^{-2}$ m (vérifiée également)

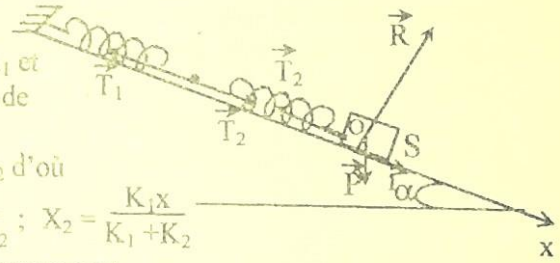
4) Calcul de valeur de M :

$T_0^2 = 4\pi^2 \times \frac{M}{k} \Rightarrow M = \frac{T_0^2 \times k}{4\pi^2} = 5.10^{-2}$ kg.

Solution de P_6 – 14

1) Expressions de X_1 et X_2

A un instant t, au point d'attache de R_1 et R_2, on a $\vec{T_1} + \vec{T_2} = \vec{0}$ (les ressorts sont de masse négligeable)



Soit $-k_1X_1 + k_2X_2 = 0$ or $X = X_1 + X_2$ d'où

$K_1(X - X_2) + k_2X_2 = 0$ et $X_1 = \frac{K_1x}{K_1 + K_2}$; $X_2 = \frac{K_1x}{K_1 + K_2}$

2) Equation différentielle qui régit le mouvement.

- A l'équilibre ona : $\vec{T}_{01} + \vec{T}_{02} = \vec{0}$ et $\vec{P} + \vec{T}_{02} + \vec{R} = \vec{0}$

soit $k_1X_{01} = k_2X_{02} = mg\sin\alpha$

- En mouvement on a : $\vec{T_1} + \vec{T_2} = \vec{0}$ et $\vec{P} + \vec{T_2} + \vec{R} = m\vec{a}$

après projection sur x'x : $T_1 = T_2$ soit $k_1X_1 = k_2X_2$ et $-k_2X_2 = m\ddot{X}$

soit $\frac{-K_2K_1}{(K_1 + K_2)} x = m\ddot{X}$ ou $\ddot{X} + \frac{K_2K_1}{M(K_1 + K_2)} X = 0$

S est animé d'un mouvement rectiligne sinusoïdal.

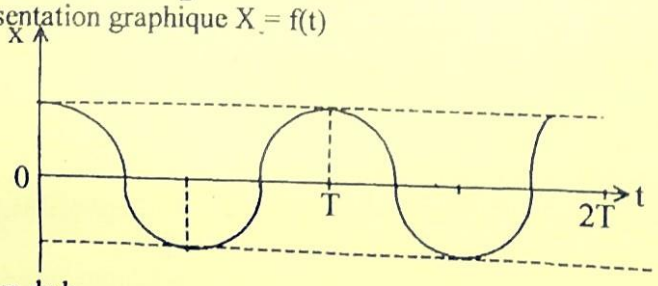
3) a) L'équation horaire :

$x = x_m\sin(\omega_0 t + \varphi)$ avec ; $\omega_0 = \frac{2\pi}{T} = 6{,}71\pi$ rad.s^{-1} à t = 0s : $x = x_m \sin\varphi = d$ et

$\dot{x} = x_m\omega_0\cos\varphi = 0$ on trouve : $\varphi = \frac{\pi}{2}$ rad et $x_m = d = 5.10^{-2}$ m d'où

$x = 5.10^{-2}\sin(6{,}71\pi t + \frac{\pi}{2}) = 5.10^{-2}\cos(6{,}71\pi t)$

b) Représentation graphique $X = f(t)$



4) Valeur de k_1

$\omega_0^2 = \frac{K_2K_1}{M(K_1 + K_2)}$ d'où $k_1 = \frac{K_2m\omega_0^2}{K_2 - m\omega_0^2} = 4{,}88$ N.m^{-1}

5) L'énergie mécanique d'oscillation.

Le système étant conservatif, on écrit : $E = \frac{1}{2} KX^2_m$ soit

$E = \frac{1}{2}\frac{K_2K_1}{(K_1 + K_2)} d^2 = 5{,}5.10^{-3}$ J.

P_7

SOLUTIONS DES EXERCICES PROPOSES SUR LE CHAMP MAGNETIQUE

Solution P_7-1

1/ a) En utilisant la règle de l'observateur d'Ampère ou la règle des trois doigts de la main droite ou..., on constate que le champ magnétique $\vec{B}$ est dirigé de l'arrière vers l'avant : le champ $\vec{B}$ est «sortant» et représenté par ⊙

b) Montrons que le mouvement est circulaire et uniforme dans un plan donné. Les forces appliquées aux particules sont :

- la force magnétique $\vec{F}_m = q\,\vec{v} \wedge \vec{B}$;
- le poids $\vec{P}$ négligeable devant la force magnétique $\vec{F}_m$

D'après le théorème du centre d'inertie :

$\sum \vec{F} = m\,\vec{a} \Rightarrow \vec{F}_m = q\,\vec{v} \wedge \vec{B} = m\,\vec{a}$ d'où $\vec{a} = \dfrac{q\,\vec{v} \wedge \vec{B}}{m}$

* Montrons que le mouvement est donc uniforme.

$a = \dfrac{q\,\vec{v} \wedge \vec{B}}{m} \Rightarrow \vec{a} \perp \vec{v}$ d'où $a_\tau = \dfrac{dv}{dt} = 0$ soit $v = v_o$ = constante.

Le mouvement est donc uniforme.

* Montrons que le mouvement est circulaire.

$\vec{a} = \dfrac{q\,\vec{v} \wedge \vec{B}}{m}$ $\vec{a} \perp \vec{v}$ d'où $a_\tau = 0$ et $a = \vec{a}_n$,

$a = a_n \Rightarrow |q|\,\dfrac{vB|\sin\alpha|}{m} = \dfrac{v^2}{R}$; $v \perp B \Rightarrow \sin\alpha = 1$

d'où $\dfrac{|q|B}{m} = \dfrac{v}{R}$ soit $R = \dfrac{mv}{|q|B}$ avec $v = v_o$

m, v, q et B sont des constantes donc R est une constante.

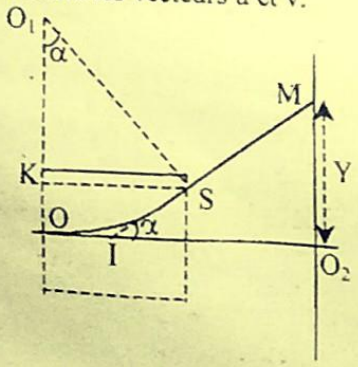
Le rayon R étant constant, le mouvement est circulaire.

* Précisions le plan du mouvement.

Soit z'z l'axe associé au vecteur $\vec{B}$: $\vec{a} = \dfrac{q\,\vec{v} \wedge \vec{B}}{m} \Rightarrow \vec{a} \perp \vec{B}$ d'où $a_z = 0$.

D'après l'énoncé $\vec{v} \perp \vec{B}$ donc $v_z = 0$.

$a_z = 0$ et $v_z = 0$, il n'y a donc pas de mouvement suivant l'axe z'z : par conséquent le mouvement se fait dans le plan perpendiculaire à $\vec{B}$ autrement dit dans le plan contenant les vecteurs $\vec{a}$ et $\vec{v}$.



2/ a) Déviation angulaire α

$\sin\alpha = \dfrac{KS}{O_1S} = \dfrac{1}{R} = \dfrac{l|q|B}{mv_o}$

b) Déviation linéaire sur l'écran

En considérant le triangle IMO_2

$\tan\alpha = \dfrac{Y}{D}$ d'où $Y = D.\tan\alpha$

c) Valeur de B $\tan\alpha = \frac{Y}{D} = 0,4$ d'où $\alpha = 21,8°$

$\sin\alpha = \frac{l}{R}$ d'où $R = \frac{l}{\sin\alpha} = 5,38$ cm

$R = \frac{mv_o}{|q|B}$ d'où $B = \frac{mv_o}{|q|R} = 1,05.10^{-5}$ T

Solution P7-2

1/ a) $\vec{E}$ perpendiculaire aux plaques A et B, sens de A vers B, module $E = \frac{U}{d} = 100$ V.m^{-1}.

b) représentation de $\vec{E}$, $\vec{B}$ (non corrigée)

2/ Faire $\vec{F_e} + \vec{F_m} = \vec{0}$ d'où $v = \frac{E}{B} = 1000$ m.s^{-1}.

3/ Les particules les plus rapides sont déviées vers la plaque B ($F_{2m} > F_e$) et les plus lentes vers la plaque A ($F_{1m} < F_e$).

Solution P7-3

1/ a) $V_A - V_C > 0$. b) $E_C = \frac{1}{2} mv^2_o = 5,34.10^{-16}$ J = 3340 eV(1eV = $1,6.10^{-19}$ J).

2/ a) $\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$. b) $\vec{B}$ sortant ⊙. c) $B = \frac{mv_o}{qr} = 3,34.10^{-2}$ T.

3/ a) $\vec{F} = q\vec{E}$. b) sens de $\vec{E}$ de M vers N. c) $E = \frac{2mv^2_o}{qr} = 53440$ V/m.

4/ $\frac{E}{B} = v_o$.

Solution P7-4

1/ $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$. 2) a/ Les forces électrique et magnétique sont colinéaires et de sens contraires avec $\vec{F_e}$ qui a le même sens que $\vec{E}$.

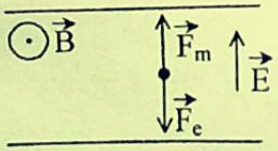
$F_e = qE$ et $F_m = qvB$. b) Faire $\vec{F_e} + \vec{F_m} = \vec{0}$ d'où $v = \frac{E}{B}$. c) $v^2 = \frac{2qU}{m} = \frac{E^2}{B^2}$

d'où $U = \frac{mE^2}{2qB^2} = 2035$ V avec $m = 39\ m_p$.

3/ Montrer que $R = \frac{mv}{qB}$ avec $v = \frac{E}{B}$ d'où $O_3T = 2R = \frac{2mE}{eB^2} = 16,3.10^{-2}$ m.

Solution P7-5

3/



2/ $v = \frac{l.e.B}{m.\sin\alpha} = 1,6.10^7$m.s^{-1}.

$\vec{F_m} + \vec{F_e} = \vec{0} \Rightarrow F_m = F_e \Rightarrow e.v.B = e.E$

d'où $E = v.B = 24000$ V.m^{-1}.

Solution P7-6

1/ $v_o = 10^7$ m.s^{-1} ; 2/ $B = 2,84.10^{-4}$ T ; 3/ $x = v_o t$; $y = -\frac{eEt^2}{2m} + R$;

$y = -\frac{eEx^2}{2mv_o^2} + R$; pour $y = 0$; $x = R$ d'où $E = \frac{4U_o}{R} = 5700\ V.m^{-1}$.

Solution P7-7

1.- a) $U_{P_1P_2} > O \Rightarrow V_{P_1} > V_{P_2}$ d'où $\vec{E}$ orienté de P_1 vers P_2

$\Delta E_C = qU_{P_1P_2} > O$ or $U_{P_1P_2} > O$ alors la charge $q > O$

b) $\Delta E_C = \frac{1}{2} m_i v_i^2 = qU_{P_1P_2} \Rightarrow v_i = \sqrt{\frac{2qU_{P_1P_2}}{m_i}}$

Ainsi pour l'isotope X_1 : $v_1 = \sqrt{\frac{2qU_{P_1P_2}}{m_1}}$; Pour l'isotope X_2 : $v_2 = \sqrt{\frac{2qU_{P_1P_2}}{m_i}}$

2.- a) $\vec{F} = q(\vec{v} \wedge \vec{B})$: La puissance $P(\vec{F}) = \vec{F}.\vec{v} = O \Rightarrow \Delta E_C = O$

alors v = cste : le mouvement est uniforme

$\vec{F} = m\vec{a} = m\vec{a}_n \Rightarrow F = ma_n$ soit $qvB = \frac{mV^2}{R}$ d'où $R = \frac{mv}{qB}$

m, v, B et q = cste $\neq O$ d'où = R = cste $\neq O$ le mouvement est circulaire.

En conclusion : Le mouvement est circulaire et uniforme.

$R_1 = \frac{m_1v_1}{qB}$ et $R_2 = \frac{m_2v_2}{qB}$

b) On a : $R_i = \frac{m_iv_i}{qB} \Rightarrow R_i^2 = \frac{m_i^2v_i^2}{q^2B^2} = \frac{2m_iU}{qB^2} \Rightarrow m_i = \frac{1}{2}\frac{qB^2Ri^2}{U}$

d'où $m_1 = \frac{1}{2}\frac{q^2B^2R_1^2}{U}$; $m_2 = \frac{1}{2}\frac{qB^2R_2^2}{U}$

$m_1 = \frac{1}{2} \times \frac{(0,2)^2 \times 1,6.10^{-19}}{10^4 \times 1,66.10^{-27}} \times \left(\frac{38,15.10^{-2}}{2}\right)^2 = 7\ u$

$m_1 = \frac{1}{2} \times \frac{(0,2)^2 \times 1,6.10^{-19}}{10^4 \times 1,66.10^{-27}} \times \left(\frac{35,32.10^{-2}}{2}\right)^2 = 6\ u$

3.- a) Calcul de A_i et de Z

$E_i = [Zm_p + A_i - Z)m_n - m_i] = C^2 \Rightarrow Z = \frac{1}{m_p + 1,33\ m_n}\left(m_1 + \frac{E_1}{C^2}\right)$

Z = 3 d'où $A_1 = 2,33$ Z = 7 et $A_2 = 2Z = 6$

b) On a ${}_3X$: ${}_3Li$. L'élément X est le lithium.

Solution P7-8

1/ Le sens indiqué n'est pas correct ; le vecteur $\vec{B}$ doit être «sortant» c'est-à-dire dirigé de l'arrière vers l'avant $\odot\vec{B}$

2/ a) Vitesse en O_2 : ½ mv² - 0 = qU d'où $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$. Entre O_2 et M les ions ne sont soumis à aucune force.

D'après le principe de l'inertie, le mouvement est rectiligne uniforme entre O_2 et M : la vitesse en M est donc égale à la vitesse en O_2 soit v.

b) $\vec{F} = m\vec{a} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$; $\vec{a} \perp \vec{v} \Rightarrow a_\tau = 0 = \frac{dv}{dt} \Rightarrow v = cte$; la vitesse en M est égale à la vitesse en N soit $v' = v\sqrt{\frac{2qU}{m}}$.

c) $\vec{F} = m\vec{a} = q\vec{v} \wedge \vec{B}$; $\vec{a} \perp \vec{v} \Rightarrow a = a_n \Rightarrow |q|\frac{vB}{m} = \frac{v^2}{R}$ d'où $R = \frac{mv}{|q|B}$

R = cte ; la trajectoire est circulaire (la portion MN est un arc de cercle)

$R = \frac{mv}{|q|B}$ or $v = \sqrt{\frac{2qU}{m}}$ d'où $R = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2qU}{m}}$ $(q > 0)$

d) $\overset{\frown}{MN} = R\alpha = \frac{R\pi}{2} = vt$ d'où $t = \frac{\pi R}{2v} = \frac{\pi mv}{2vqB} = \frac{\pi m}{2qB}$

3/ a) $\begin{cases} m = 88u \\ q = 2e \end{cases}$ $R = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2 \times 88\ u\ U_o}{2e}} = \sqrt{\frac{88\ uU_o}{eB^2}} = 0{,}70$ m

b) $R = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU}{q}}$ avec $m = A\ u$, $q = 2\ e$ on a $R^2 = \frac{A\ uU}{B^2e} \Rightarrow U = \frac{eB^2R^2}{A\ u}$

$13890 \leq U \leq 14460 \Rightarrow 13890 \leq \frac{eB^2R^2}{A\ u} \leq 14460$

d'où $\frac{eB^2R^2}{14460\ u} \leq A \leq \frac{eB^2R^2}{13890\ u}$ or $eB^2R^2 = 88\ u\ U_o$ voir 3/ a).

$\frac{88\ U_o}{14460} \leq A \leq \frac{88\ U_o}{13890} \Rightarrow 84 \leq A \leq 87$

Les nombres de masse de ces isotopes sont : $A_1 = 84$; $A_2 = 85$; $A_3 = 86$; $A_4 = 87$.

Solution P_7-9

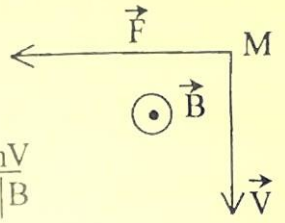
1- a) Le rôle du champ magnétique est de courber les trajectoires des protons.

b) La force subie par une particule chargée en mouvement est la force de Lorentz et a pour expression : $\vec{F} = q\vec{V} \wedge \vec{B}$. La puissance de cette force est telle que $P(\vec{F}) = \vec{F}.\vec{V} = 0$ or $P(\vec{F}) = \frac{dEc}{dt} = 0$ d'où l'énergie cinétique garde une valeur constante au cours du mouvement

c) Le trièdre $(q\vec{V}, \vec{B}, \vec{F})$ étant de sens direct et q positif, le vecteur $\vec{B}$ est sortant.

d) * Le mouvement d'une particule chargée dans un champ magnétique uniforme, perpendiculaire à sa vitesse initiale est circulaire et uniforme.

* Le théorème du centre d'inertie s'écrit :



$\Sigma\vec{f} = q\vec{V} \wedge \vec{B} = ma$ d'où $\vec{a} = \frac{q}{m}\vec{V} \wedge \vec{B}$.

On a $\vec{a} \perp \vec{V}$ d'où $\vec{a} = a_n\vec{n}$ soit $\frac{|q|}{m}VB = \frac{V^2}{R}$ d'où $R = \frac{mV}{|q|B}$

e) Le mouvement étant circulaire uniforme, la durée du parcours dans chaque «Dee » est $t = \frac{\pi R}{V}$ Soit $t = \frac{\pi m}{|q|B}$; donc indépendant du rayon de la trajectoire.

2- a) Le champ électrique accélère le mouvement de la particule. Il est donc responsable de l'augmentation de la vitesse.

b) Le proton devant être accéléré, c'est à dire que son énergie cinétique devant croître, on doit avoir $\vec{F}.\vec{V} > 0$ soit $q\vec{E}.\vec{V} > 0$ q étant positif, on a $\vec{E}.\vec{V} > 0$. Les vecteurs $\vec{E}$ et $\vec{V}$ doivent être de même sens.
Le vecteur vitesse change de sens à chaque demi-tour ; le vecteur champ $\vec{E}$ doit changer aussi de sens à chaque demi-tour ; Ce qui fait que la tension appliquée entre les électrodes doit changer de signe après chaque demi-tour.

c) Le temps d'un demi-tour est $t = \frac{\pi m}{|q|B}$. Pour un tour complet, la période est $T = 2t$ Soit $T = \frac{2\pi m}{|q|B}$.

d) Le théorème de l'énergie cinétique appliquée entre A_1 et A_2 donne
$\Delta Ec = q(V_1 - V_2) = qU$
Pour un tour complet on a : $\Delta Ec = 2qU$

3- a) On a $E_{cmax} = \frac{1}{2}mV^2_{max}$ or $V = \frac{RqB}{m}$ d'où $E_{cmax} = \frac{q^2B^2R^2_{max}}{2m}$

b) D'après ce qui précède : $B = \frac{1}{qR_{max}} x\sqrt{2m\,E_{cmax}}$

$$B = \frac{1}{1{,}6.10^{-19} \times 6{,}5.10^{-2}} \; x\sqrt{2 \times 1{,}67.10^{-27} \times 80 \times 1{,}6.10^{-16}} = 0{,}63 \text{ T}$$

c) La valeur du champ magnétique et le rayon du cyclotron sont les facteurs limitant la valeur de l'énergie obtenue.

Solution P7-10

1/ $\frac{1}{2}mv_o^2 - \frac{1}{2}mv_S^2 = q(V_S - V_P) = qU_1$ avec $v_S = 0$ d'où $v_o = \sqrt{\frac{2qU_1}{m}}$

2/ a) $\vec{F} = q\vec{v} \wedge \vec{B} = m\vec{a}$ d'où $\vec{a} = \frac{q\vec{v} \wedge \vec{B}}{m} \Rightarrow \vec{a} \perp \vec{B}$. Or $\vec{v} \perp \vec{B}$; il en résulte que les

particules se déplacent dans le plan perpendiculaire à $\vec{B}$ (c'est-à-dire dans le plan contenant les vecteurs v et a).

b) $R = \frac{mv_o}{|q|B}$ or $v_o = \sqrt{\frac{2qU_1}{m}}$ d'où $R = \frac{m}{|q|B}\sqrt{\frac{2qU_1}{m}} = \frac{1}{B}\sqrt{\frac{2mU_1}{|q|}}$

avec m = A u c) En utilisant la règle de l'observateur d'ampère ou des trois doigts de la main droite, on montre que le champ $\vec{B}$ sort du plan de la trajectoire c'est-à-dire dirigé de l'arrière vers l'avant ⊙

d) $OM_1 = 2R_1 = \frac{2}{B}\sqrt{\frac{2A_1uU_1}{q}}$; $OM_2 = 2R_2 = \frac{2}{B}\sqrt{\frac{2A_2uU_1}{q}}$;

$\frac{OM_2}{OM_1} = \sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$ d'où $OM_2 = OM_1\sqrt{\frac{A_2}{A_1}}$ = 20,29 cm.

3/ a) L'ion C a une charge positive. Les ions A et D ont une charge négative.

b) Pour un ion quelconque, $R = \frac{mv_o}{|q|B} = \frac{A\,uv_o}{eB}$

Pour l'ion $^{68}Zn^{2+}$; $R_1 = \frac{68\,uv_o}{2eB}$

$\Rightarrow \frac{R}{R_1} = \frac{A}{\frac{68}{2}} = \frac{2A}{68}$

$A = \frac{68R}{2R_1}$ or $2R_1 = OM_1$ d'où $A = \frac{68.R}{OM_1}$; m = A u

$A_A = \frac{68R}{OM_1} = 19$ d'où $m_A = 19$ u . De même $m_c = 23$ u et $m_D = 35$ u

c) $A = {}^{19}F^-$; $C = {}^{23}Na^+$; $D = {}^{35}Cl^-$.

P_8

SOLUTIONS DES EXERCICES (LOI DE LAPLACE)

Solution P_8-1

1/ Représenter sur le schéma le poids $\vec{P}$, la réaction $\vec{R}$ et la force de Laplace $\vec{F}$;

$\sum M_{/o} = M_{(\vec{P})/o} + M_{(\vec{F})/o} = -mg\frac{L}{2}\sin\alpha + I\frac{L}{2}B\frac{3L}{4} = 0$ d'où $\sin\alpha = \frac{3IBL}{4mg}$

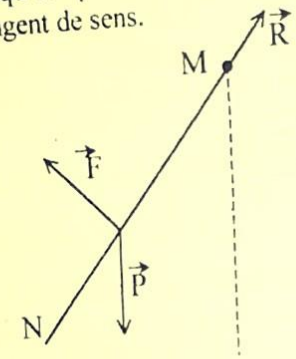
avec $m = \mu\pi\frac{d^2}{4}L$; $\sin\alpha = 0{,}179$ et $\alpha = 10{,}3°$

2/ $\sin\alpha = \frac{3IBL}{4mg} = \frac{3IBL}{\mu\pi d^2 g}$; calculer et comparer μd^2 d'où le classement B, A, C, D par ordre de déviation croissante.

Solution P_8-2

1/ a) 1er cas : F est nulle. 2ème cas : F est nulle. 3ème cas : il existe une force $\vec{F}/F = IRB$ appliquée au milieu de MN (voir schéma).
Lorsqu'on permute les bornes du générateur, le courant électrique et la force $\vec{F}$ changent de sens.

b)



A l'équilibre $\Sigma \mathcal{M} = 0 \Rightarrow \mathcal{M}_F + \mathcal{M}_P + \mathcal{M}_R$

$$F\frac{R}{2} - mg\frac{R}{2}\sin\alpha = 0 \Rightarrow \sin\alpha = \frac{F}{mg} = \frac{BIR}{mg}$$

d'où $\alpha = 8{,}6°$

2/ a) On observe un mouvement de rotation dans le sens trigonométrique inverse à cause de la force magnétique.

b) $P = F.v$ avec $v = \frac{R}{2}\omega$ et $F = IBR$; $\omega = 2\pi n$

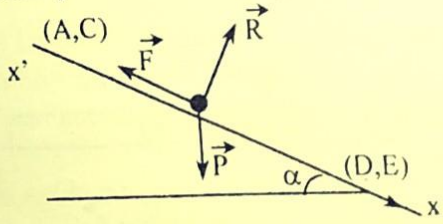
d'où $P = \pi BIR^2 n = 5{,}65.10^{-3}$ W.

Solution P8-3

1/ La tige KM est soumise à 3 forces :
- son poids $\vec{P}$, vertical, descendant ;
- la force de Laplace $\vec{F} = I\,\overrightarrow{KM} \wedge \vec{B}$;
- la réaction $\vec{R}$ des rails, normale au plan ADEC

Le champ magnétique créé par l'aimant est dirigé du pôle Nord vers le pôle Sud.
Le courant I circule de K vers M.

a) Cas où $\vec{B}$ est perpendiculaire au plan des rails
Ainsi pour réaliser l'équilibre de la tige, il faudra relever les extrémités A et C



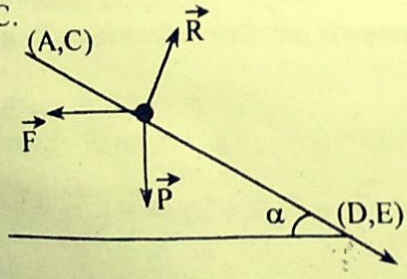
La condition d'équilibre s'écrit :
$\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = \vec{O}$

Projection sur xx' : $P\sin\alpha = F$ or

$P = mg$ et $F = IlB$

d'où $\sin\alpha = \frac{IlB}{m.g}$ A.N. : $\alpha = 36{,}9°$

b) Si $\vec{B}$ reste vertical au plan des rails, la force de Laplace est horizontale dirigée vers la gauche.
L'équilibre ne sera possible que si on incline les rails en relevant les extrémités A et C.



La condition d'équilibre s'écrit :
$\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = \vec{O}$
Après projection sur xx' :
$P\sin\alpha - F\cos\alpha = O$

d'où $\tan\alpha = \frac{F}{mg} = \frac{IlB}{mg}$

$\tan\alpha = 0,6$ d'où $\alpha \simeq 31°$

2/ a) Le théorème du centre d'inertie appliqué à la barre dans le référentiel terrestre supposé galiléen conduit à : $\vec{P} + \vec{R} + \vec{F} = m\vec{a}$

En projetant cette relation sur l'axe xx' on a :

$-F + mg\sin\alpha = m a_x$ soit $a_x = g\sin\alpha - \frac{IlB}{m} = Cste$

La tige KM a donc un mouvement rectiligne uniformément varié.

b) Si $\alpha = 30°$; $a_x = -1\ m.s^{-2}$. La tige a un mouvement ascendant

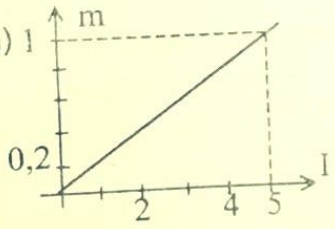
La vitesse après 0,5 s : $V_x = a_x t = -0,5\ m.s^{-1}$

Solution P_8-4

1/ a) Montrer en utilisant la règle de l'observateur d'ampère que le courant est dirigé de A vers B.

b) A l'équilibre on a $\sum\mathcal{M} = \mathcal{M}_{\vec{P}/O} + \mathcal{M}_{\vec{F}/O} = 0$

2/a) 1



b) D'après le graphique on a :

$m = kI$ avec $k = 2.10^{-4}\ kg.T^{-1}$

Induction $B = 98$ mT.

Solution P_8-5

1/ a) Poids $\vec{P}$, force de Laplace $\vec{F}$ et réaction $\vec{R}$ des rails

b) $\sum\vec{F} = m\vec{a_1} = \vec{P} + \vec{R} + \vec{F}$ d'où $a_1 = \frac{IlB_1}{m} = 6.10^{-2}\ m.s^{-2}$

c) $v_1^2 - v_o^2 = 2 a_1 d_1$ avec $v_o = 0$ d'où $v_1 = \sqrt{\frac{2IlB_1d_1}{m}} = 7,75.10^{-2}\ m.s^{-1}$

2/ Le champ magnétique est nul d'où $\vec{F} = \vec{O}$. $\vec{P} + \vec{R} = m\vec{a_2}$; en projetant dans le sens du mouvement on a : $0 + 0 = m a_2$ d'où $a_2 = 0$: le mouvement est rectiligne uniforme.

Temps mis : $d_2 = x = v_1 t_2$ d'où $t_2 = \frac{d_2}{v_1} = 1,29$ s

3/ a) $\vec{P} + \vec{F} + \vec{R} = m\vec{a_3} \Rightarrow 0 - IlB_3 + 0 = m a_{3x}$ d'où $a_{3x} = \frac{IlB_3}{m} = -6.10^{-2}\ m.s^{-2}$

b) (non corrigée)

P_9 SOLUTIONS DES EXERCICES SUR L'INDUCTION ELECTROMAGNETIQUE ET L'AUTO-INDUCTION

Solution P_9-1

1) En appliquant la règle de la main droite on a :

$\vec{F}$ { Direction : parallèle aux rails C Q ou D P
sens : de C vers Q ($C\vec{Q}$)
norme : F = I.a.B avec $I = \frac{E}{R}$ d'où F = 2,5 m N

2/ a) $\Phi = BS = Bax$ $e = -\frac{d\Phi}{dt} = -\frac{d(Bax)}{dt} = -Ba\frac{dx}{dt} = -Bav$

$I = -\frac{Bav}{R_2} = -2{,}5$ mA avec $v = \frac{dx}{dt}$

$P = RI^2 = \frac{(Bav)^2}{R} = 0{,}15$ mW N.B : Le signe de I dépend du sens arbitraire choisi.

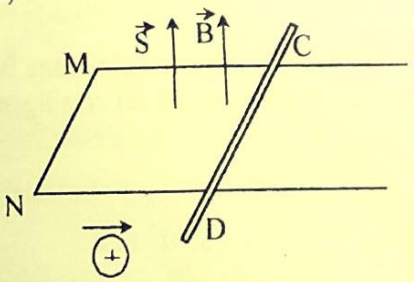
b) $\vec{F'} = I\vec{l} \wedge \vec{B}$ Direction parallèle à C Q ; sens de Q vers C ;

norme $F' = IaB = \frac{B^2a^2v}{R} = 25\ \mu N$ $P' = F'.v = \frac{(Bav)^2}{R} = 150\ \mu W$

La puissance électrique dissipée est égale à la puissance développée par $\vec{F'}$: il y a donc conservation de l'énergie.

Solution P_9-2

a)



Le flux magnétique est $\Phi = \vec{B}.\vec{S}$
Le sens positif arbitraire est représenté sur la figure : $(\vec{B},\vec{S}) = 0$
d'où $\Phi = BS > 0$

Si on éloigne CD, alors la variation du flux magnétique est positive : d'où

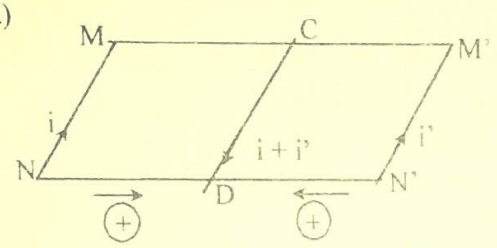
$e = -\frac{d\Phi}{dt} < 0$

Le courant induit circule dans le sens négatif, c'est- à- dire de N vers M.

b) On peut inverser le sens du courant dans le circuit MCDN
- soit en inversant le sens du champ magnétique ;
- soit en déplaçant le bureau CD en sens inverse.

c) Ni $\vec{B}$, ni $\vec{S}$ ne varie ; $\Phi = B.S$ ne varie. Il n'y a donc pas de déviation de l'ampèremètre.

d)



Les sens arbitraires étant choisis, on remarque que :
- Dans MNDC : le courant i circule dans le sens négatif
- Dans M'N'DC : le courant i' circule aussi dans le sens négatif.

Les courants i et i' ne sont pas égaux et varient dans le temps.
Conclusion : Les courants i et i' sont tous deux négatifs, sont fonction du temps et ne sont pas égaux.

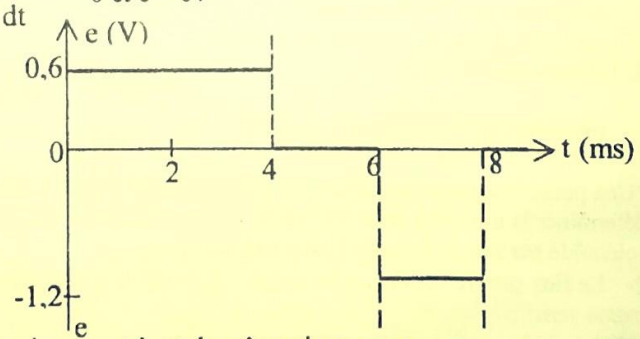
P_9-3 Non corrigé

Solution P_9-4

1 – Par définition $e = \frac{d\phi}{dt}$ or $\phi = \vec{NB}.\vec{S} = -NBS$ ($\vec{S}$ et $\vec{B}$ sont de sens contraires)

$e = Nab \frac{dB}{dt}$

- $0 \leq t \leq 4$ ms : $\frac{dB}{dt} = 50\ T.s^{-1}$ et $e = 0,60v$
- 4 ms $\leq t \leq 6$ ms : $\frac{dB}{dt} = 0$ et $e = 0v$
- 6 ms $\leq t \leq 8$ ms : $\frac{dB}{dt} = -100\ T.s^{-1}$ et $e = -1,20v$
- $t \geq 8$ ms : $\frac{dB}{dt} = 0$ et $e = 0v$



2- la bobine étant fermée : $i = \frac{e}{r}$, et i est de même signe que e

- $0 \leq t \leq 4$ ms : $e > 0$, $i > 0$: i circule dans le sens indiqué
- 4 ms $\leq t \leq 6$ ms : $e = 0$; $i = 0$
- 6 ms $\leq t \leq 8$ ms : $e < 0$; $i < 0$: i circule dans le sens opposé au sens indiqué
- $t \geq 8$ ms : $e = 0$; $i = 0$

Solution de P_9 -5

1- a) $u_{BM}(t) = -e$ or $e = -L \frac{di(t)}{dt}$ d'où $u_{BM}(t) = L \frac{di(t)}{dt}$

b) D'après le sens de i indiqué ; i et $u_{AM}(t)$ ont même sens ; d'où $u_{AM}(t) = - Ri(t)$

c) On a : $i(t) = - \frac{u_{AM}(t)}{R}$ d'où $u_{BM}(t) = -\frac{L}{R}\frac{d}{dt} u_{AM}(t)$

d) L'oscillogramme de A est un signal «triangulaire » symétrique, c'est à dire une succession de segment de droite d'équation :

$u_{AM}(t) = \pm at + b$. Or $u_{BM} = -\frac{L}{R}\frac{d}{dt} u_{AM}(t)$ soit $u_{BM}(t) = \pm \frac{L}{R} a$

Sur la voie B, $u_{BM}(t)$ sera représentée par un signal en «créneaux » c'est-à-dire par une succession de segments de droite horizontaux tantôt d'ordonnée positive, tantôt d'ordonnée négative.

2- a) Les deux fonctions ont la même période : $T = 4 \times 0,2 = 0,8$ ms $= 8.10^{-4}$s

- La fréquence est : $N = \frac{1}{T} = 1250$ Hz

b) $u_{AM}(t)$ varie entre 4V et – 4V, tandis que $u_{BM}(t)$ varie entre – 0,2V et + 0,2 V

c) La portion croissante de $u_{AM}(t)$ a pour pente $a = 2.10^4$ V.s^{-1} pendant le même temps $u_{BM} = - 0,2$ V.

or $U_B = -\frac{La}{R}$ d'où $L = -\frac{RU_B}{a} = -\frac{10.10^3 \times (-0,2)}{2.10^4} = 0,1$ H.

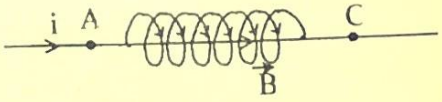
la bonne réponse est γ

Solution de P$_9$ – 6

1- * $r < \ell$: le solénoïde peut être considéré comme infiniment long.

Le champ $\vec{B}$ est tel que :

- direction : axe du solénoïde ;
- sens : de A vers C ; donné par la règle de l'observateur d'Ampère



- intensité : $B = \mu_o \frac{N}{\ell} i = 3,14.10^{-3}$ T

*Une petite boussole approchée à l'une des extrémités du solénoïde permet de déterminer la direction et le sens de $\vec{B}$. Une sonde à effet hall placée à l'intérieur du solénoïde permet de mesurer l'intensité du champ.

2- Le flux propre traversant les spires : $\phi_p = NB.S = NBS$ ($\vec{B}$ et $\vec{S}$ ayant même sens) ;

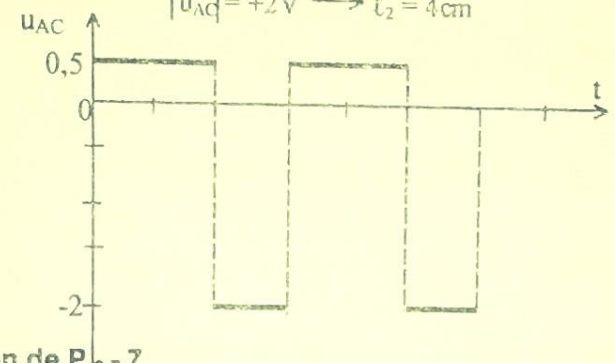
soit $\phi_p = NS \times \mu_o \frac{N}{\ell} i$ or $\phi_p = Li$ d'où $L = \mu_o \frac{N^2}{\ell} S = 4\pi^2.10^{-7} \frac{N^2}{\ell} r^2 = 10^{-2}$ H

3- a) On a $u = - e = L\frac{di}{dt}$

* $0 \le t \le 40$ ms : $\frac{di}{dt} = 50$ As^{-1} ; $u_{AC} = 50 L = 0,5$V

* 40 ms $\le t \le$ 50 ms $\frac{di}{dt} = - 200$ A.s^{-1} ; $u_{AC} = - 200L = -2$V

b) Pour $0 \leq t \leq 40$ ms : $\theta_1 = 40$ ms $\longrightarrow$ $d_1 = 4$cm
$u_{AC} = 0{,}5$V $\longrightarrow$ $\ell_1 = 1$cm
Pour $40 \leq t \leq 50$ ms: $\theta_2 = 10$ ms $\longrightarrow$ $d_2 = 1$cm
$|u_{AC}| = +2$V $\longrightarrow$ $\ell_2 = 4$cm



Solution de P 9 - 7

1- A l'intérieur du solénoïde : $B = \mu_o \frac{N}{\ell} i$

2- Le flux propre à travers le solénoïde est $\phi_p = N\vec{B}.\vec{S}$ soit $\phi_p = NS \times \mu_o \frac{N}{\ell} i$ ($\vec{B}$ et $\vec{S}$ étant considérés comme ayant même sens)

or $\phi_p = Li$ d'où $L = \mu_o \frac{N^2}{\ell} S$

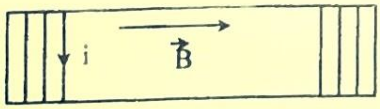
3- L'énergie $W = \frac{1}{2} Li^2$ d'où $W = \frac{1}{2} \mu_o \frac{N^2}{\ell} S i^2$

4- Le volume délimitant le solénoïde est $V = S\ell$; la densité d'énergie électromagnétique est donc

$\rho = \frac{W}{S\ell}$ soit $\rho = \frac{1}{2} \mu_o (\frac{N}{\ell})^2 i^2$ or $B = \mu_o (\frac{N}{\ell}) i$ d'où $\rho = \frac{B^2}{2\mu_o}$

Solution de P 9 - 8

1.-



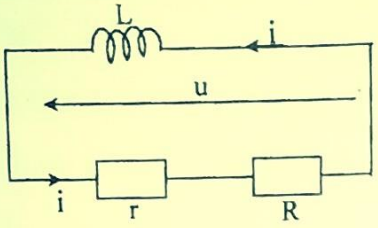
- direction : axe du solénoïde
- sens : donné par la règle de la main droite.
- Valeur $B = \mu_o ni$

2.- Expression du flux propre :
$\phi_p = N.\vec{B}.\vec{S} = NBS$ or $S = \frac{D^2}{4} \pi$ et $N = n\ell$ d'où - $\phi_p = \frac{1}{4} \pi \mu_o \ell D^2 n^2 i$.

3.- Auto-inductance : $\phi_p = Li \Rightarrow L = \frac{1}{4} \pi \mu_o \ell D^2 n^2$ $L = 1{,}26.10^{-2}$ H

4.- a) $e_o = (r + R) I_o \Rightarrow I_o = \frac{e_o}{r + R} = 0{,}5$ A

b) * Equation différentielle



$e = -L\frac{di}{dt} = (R + r)\,i \Rightarrow$

$L\frac{di}{dt} + (R + r)\,i = 0$

* Solution

$\frac{di}{dt} + \frac{R + r}{L}\,i = 0 \Rightarrow \frac{di}{i} = -\frac{R + r}{L}\,dt \Rightarrow \ell n\frac{i}{I_o} = -\frac{R + r}{L}\,t$

d'où $i = I_o e^{-\frac{R+r}{L}t}$ et $\ell n\frac{i}{I_o} = -\frac{R + r}{L}\,t$

5.- a) Expression de $t_d = t_2 - t_1$

$u_R = Ri = RI_o e^{-t/\tau}$

Pour $t = t_1$ on a : $u_{R_1} = \frac{90}{100}\,RI_o \Rightarrow RI_o e^{-t_1/\tau} \Rightarrow t_1 = \tau\,\ell n\frac{10}{9}$

Pour $t = t_2$ on a : $u_{R_2} = \frac{10}{100}\,RI_o = RI_o e^{-t_2/\tau} \Rightarrow t_2 = \tau\ell n\,10$ d'où $t_d = t_2 - t_1 = \tau\ell n\,9$

b) Valeur de τ : $\tau = \frac{t_d}{\ln 9} = 0{,}73$ ms

P_{10}

SOLUTIONS DES EXERCICES SUR LES CIRCUITS OSCILLANTS

Solution P_{10}-1

1) Calcul de la charge q_o : $q_o = CE = 6.10^{-6}\,C = 6\,\mu C$

- L'énergie électrostatique : $\varepsilon_E = \frac{1}{2}CE^2 = 4{,}5.10^{-5}$ J
- L'énergie magnétique : $\varepsilon_M = \frac{1}{2}L\,I^2 = 0$ J (car $I = 0$)

2) Relation entre i et $\frac{dq}{dt}$: $i = -\frac{dq}{dt}$ or $q = Cu$ d'où $i = -C\frac{du}{dt}$

- Equation différentielle

$u = \frac{q}{c}$; $u = L\frac{di}{dt}$ or $i = -C\frac{du}{dt}$ d'où $\frac{di}{dt} = -C\frac{d^2u}{dt^2}$

$u = L\frac{di}{dt} = -LC\frac{d^2u}{dt^2} \Rightarrow \frac{d^2u}{dt^2} + \frac{1}{LC}\,u = 0$

3) $u = U_{max}\cos(\omega_o t + \varphi)$; $\frac{du}{dt} = -U_{max}\omega_o \sin(\omega_o t + \varphi)$

$\frac{d^2u}{dt^2} = -U_{max}\omega_o^2\cos(\omega_o t + \varphi) = -\omega_o^2 u$

L'équation $\frac{d^2u}{dt^2} + \frac{1}{LC}u = 0 \Rightarrow -\omega_o^2 u + \frac{1}{LC}u = 0$ or $\omega_o^2 = \frac{1}{LC}$

d'où $-\frac{1}{LC}u + \frac{1}{LC}u = 0$.

$u = U_{max}\cos(\omega_o t + \varphi)$ vérifie l'équation différentielle.

- Calcul de U_{max} et φ

à $t = 0$ $\begin{cases} u(0) = U_{max}\cos\varphi = E \quad (1) \\ i(0) = U_{max}C\omega_o \sin\varphi = 0 \quad (2) \end{cases}$

$(2) \Rightarrow \sin\varphi = 0$ d'où $\varphi = 0$ ou $\varphi = \pi$

$(1) \Rightarrow \cos\varphi = \frac{E}{U_{max}} > 0$ d'où $\varphi = 0$ et $U_{max} = E = 15$ V

on a $\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}} = 5590$ rad.s^{-1} ; $u = 15\cos(5590t)$

4) Calcul de : $T_o = 2\pi\sqrt{LC} = 1{,}12.10^{-3}$ s

Pour $t = \frac{T_o}{4}$; on a : $q = 0$ C ; $i = 0{,}33$ A

. $\varepsilon'_E = \frac{1}{2}Cu^2 = 0$ J ; $\varepsilon'_M = \frac{1}{2}Li^2 = 4{,}5.10^{-5}$ J

5) Pour $t = \frac{T_o}{2}$; on a : $q = -6.10^{-6}$ C ; $i = 0$ A

. $\varepsilon'_E = \frac{q^2}{2C} = 4{,}5.10^{-5}$ J ; $\varepsilon'_M = 0$ J

Solution P_{10}-2

Partie A : 1/ $a = 5$ cm ; $\omega_o = \sqrt{\frac{k}{m}} = 20$ rad.s^{-1} ;

$\varphi = \frac{\pi}{2}$ d'où $x = 5\sin(20t + \frac{\pi}{2})$ en cm et $T = 0{,}314$ s

2/ $E_c = \frac{1}{2}m\dot{x}^2 = 0{,}125\cos^2(20t + \frac{\pi}{2})$;

$E_p = \frac{1}{2}k\,x^2 = 0{;}125\sin^2(20t + \frac{\pi}{2})$ 3/ $E = E_c + E_p = 0{,}125$ J = constante

Partie B : 1/ $Q_o = CU_o = 4.10^{-4}$ C ; $E_o = \frac{1}{2}CU^2{}_o = 2.10^{-2}$ J 2/ $u_C + u_L = 0$

d'où $\ddot{q} + \frac{1}{LC}q = 0$ 3/ $q = Q_m\sin(\omega'_o t + \varphi)$ avec $Q_m = Q_o = 4.10^{-4}$ C ,

$\omega'_o = \sqrt{\frac{1}{LC}} = 2500$ rad.s^{-1} et $\varphi' = \frac{\pi}{2}$ 4/ $E = \frac{1}{2}Cu^2$ or $u = \frac{q}{C}$ d'où

$E = \frac{q^2}{2C} = 2.10^{-2}\sin^2(2500t + \frac{\pi}{2})$; $E' = \frac{1}{2}L i^2$ avec $i = \frac{dq}{dt}$ d'où

$E' = 2.10^{-2}\cos^2(2500t + \frac{\pi}{2})$ 5/ On constate que $E_o = E + E'$; le système est conservatif 6/ $x \leftrightarrow q$;

$m \leftrightarrow L$;

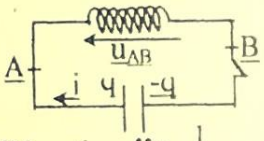
$k \leftrightarrow \frac{1}{C}$;

$v = \dot{x} \leftrightarrow i = \dot{q}$

$E_c = \frac{1}{2} m\dot{x}^2 \leftrightarrow E = \frac{1}{2} L i^2$; $E = \frac{1}{2} k x^2 \leftrightarrow E = \frac{q^2}{2C}$

Solution P_{10}-3

1/ $B = \mu_o \frac{N}{l} I$; $\Phi = NBS = NB\pi\frac{D^2}{4}$; $\Phi = L I$ d'où $L = \frac{\mu_o N^2 \pi D^2}{4l} = 19{,}7$ mH

2/ 

$u_{AB} = \frac{q}{C} = L\frac{di}{dt} = -\frac{Ld^2q}{dt^2}$ avec $i = -\frac{dq}{dt}$

on a l'équation $\ddot{q} + \frac{1}{LC} q = 0$

En tenant compte des conditions initiales, on a :

$q = Q_m \cos\omega_o t$ avec $Q_m = CU_o = 5.10^{-6}$ C et $\omega_o = \sqrt{\frac{1}{LC}} = 10^4$ rad/s

On en déduit $i = -\frac{dq}{dt_2} = Q_m\omega_o \sin\omega_o t = 5.10^{-2}\sin 10^4 t$.

3) $E = E_e + E_m = \frac{1}{2}\frac{q^2}{C} + \frac{1}{2} Li^2 = \frac{1}{2C} Q_m^2 \cos^2\omega_o t + \frac{1}{2} L\omega_o^2 Q_m^2 \sin^2\omega_o t$

or $L\omega_o^2 = \frac{1}{C}$ d'où $E = \frac{Q_m^2}{2C}(\cos^2\omega_o t + \sin^2\omega_o t) = \frac{Q_m^2}{2C}$ = constante.

Cela n'est pas possible dans la réalité parce que les fils de connexion et le solénoïde ont une résistance non nulle.

Solution P_{10}-4

1/ $Q_A = It = 1{,}2.10^{-3}$ C ; $Q_B = -Q_A = -It = -1{,}2.10^{-3}$ C ; $V_A - V_B = \frac{Q_A}{C} = 66{,}7$ V ;

$W = \frac{Q_A^2}{2C} = 4.10^{-2}$ J 2/ a) Montrer que $\ddot{q}(t) + \frac{1}{LC} q(t) = 0$

b) $u_{AB} = \frac{q_A}{C} = \frac{Q_A}{C}\cos\omega_o t$ avec $\omega_o = \sqrt{\frac{1}{LC}}$ c) $T = 2\pi\sqrt{LC} = 18{,}85$ ms

d) A la date $t = 1{,}5\pi 10^{-3}$ s $u_{AB} = 0$ V ; $i_{AB} = Q_m\omega_o \sin\omega_o t$

N.B. : $i_{AB} = 0,4$ A ; le courant circule dans le sens positif.

Solution P_{10}-5

1/ Le condensateur se charge. L'armature A porte la charge électrique $Q_A = C.E.$

2/ a) Sur l'oscillographe, on observe l'évolution de la tension u_{AB} aux bornes du condensateur. La tension u_{AB} évolue de façon sinusoïdale au cours du temps.

b) On trouve sur l'oscillographe $T_o = 4 \times 0,2 = 0,8$ ms $= 8.10^{-4}$ s.

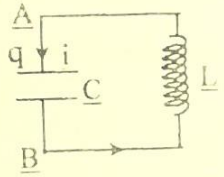
La pulsation propre ω_o du circuit (L,C) est définie par : $\omega_o = \frac{2\pi}{T_o} = 7854$ rad.s^{-1}.

3/ a) La charge est maximale lorsque u_{AB} est maximale. La valeur maximale de u_{AB} est lue sur l'oscillographe. On trouve $(u_{AB})_{max} = 2 \times 1 = 2$ V

D'autre part on a : $(u_{AB})_{max} = \frac{q_{max}}{C} \Rightarrow q_{max} = (u_{AB})_{max} \times C = 2 \times 0,1.10^{-6}$

$q_{max} = 2.10^{-7}$ C

b)



$u_{AB} = -L\frac{di}{dt}$; $u_{AB} = \frac{q}{C}$; $i = \frac{dq}{dt}$

on a $\frac{di}{dt} = C\frac{d^2}{dt^2}u_{AB}$; $u_{AB} = -L(C\frac{d^2u_{AB}}{dt^2})$

on pose $\omega_o^2 = \frac{1}{LC}$ on obtient $\frac{d^2u_{AB}}{dt^2} + \omega_o^2.u_{AB} = 0$

La solution de cette équation est sinusoïdale. C'est ce qui est observé sur l'oscillogramme.

c) La solution u_{AB} s'écrit : $u_{AB} = 2\cos(7854t)$ et $q = C.u_{AB} = 2.10^{-7}\cos(7854t)$

On déduit l'expression de $i = \frac{dq}{dt}$ soit $i = -1,57.10^{-3}\sin(7854t)$

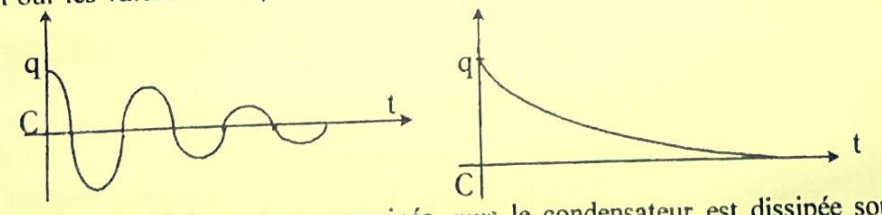
d) Quand la charge q est maximale on a $\cos(7854t) = 1$ d'où $\sin(7854t) = 0$

L'intensité du courant est nulle quand la charge électrique est maximale.

4/ Calcul de l'inductance L : $\omega_o^2 = \frac{1}{LC} \Rightarrow L = \frac{1}{C\omega_o^2} = 0,16$ H

5) Pour les faibles valeurs de R, on a un **régime pseudopériodique** :

Pour les valeurs de R plus importantes, le **régime** devient **apériodique**.



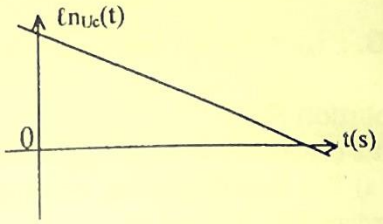
L'énergie initialement emmagasinée dans le condensateur est dissipée sous forme de chaleur par effet Joule dans la résistance.

Solution de P_{10} - 6

Partie A

1- Le tableau de mesures et la courbe : $\ell n u_C(t) = f(t)$.

t(s)	2	4	6	8	10
u_c(V)	1,45	1,24	1,06	0,90	0,77
$\ell n u_c$	0,372	0,215	0,058	-0,105	-0,261



2- $u_C(t) = Ee^{-t/RC}$ d'où $f(t) = \ell n u_C(t) = -\frac{t}{RC} + \ell nE$

f(t) est sous la forme at + b ; a le coefficient directeur est $-\frac{1}{RC}$

On a : a = A(t_A = 2s ; $\ell n u_C(t_A) = 0,372$) ;

B (t_B = 10s ; $\ell n u_C(t_B) = -0,261$

Et $a = \frac{\ell n u_c(t_B) - \ell n u_c(t_A)}{t_B - t_A} = -0,0791\ s^{-1}$;

En posant $\tau = RC$ on a : $a = -\frac{1}{\tau}$ d'où $\tau = -\frac{1}{a} = 12,6$ s et $C = \frac{\tau}{R} = 1,26.10^{-5}$F

3- b est l'ordonnée à l'origine de la droite Pour t = 0 on a : b = $\ell nE = 0,53$

d'où $E = e^{0,53} = 1,70$V

4- Si $\tau = RC$ augmente, la pente a diminue et la décharge du condensateur est longue.

Partie B

1- Lorsqu'on décharge le condensateur dans une bobine, il se manifeste dans celle-ci un phénomène d'auto-induction. Ceci crée donc un courant de sens opposé qui va recharger le condensateur et ainsi de suite. Puisque la résistance du circuit est négligeable, le circuit est le lieu d'oscillations électriques non amorties.

2- a) L'expression générale de $u_c(t)$.

On a : $q = Q_m\cos(\omega_o t + \varphi)$ et $u = U_m\cos(\omega_o t + \varphi)$ or $\frac{q}{CL} + \ddot{q} = 0$ d'où $\omega_o^2 = \frac{1}{LC}$ et

$u = U_m \cos\left(\frac{1}{\sqrt{LC}}t + \varphi\right)$

b) par définition : $T_o = \frac{2\pi}{\omega_o}$ d'où $T_o = 2\pi\sqrt{LC}$

c) D'après la courbe $u_C(t) = f(t)$, on a $T_o = 4 \times 0,2 = 0,8$ ms $= 8.10^{-4}$s,

$U_m = 2 \times 2 = 4$V et à t = 0 $u = U_m\cos\varphi = U_m$ soit $\varphi = 0$

Par conséquent : $C = \frac{T_o^2}{4\pi^2 L} = 1,25.10^{-5}$F ; Ce résultat est identique à celui obtenu par la 1ère méthode

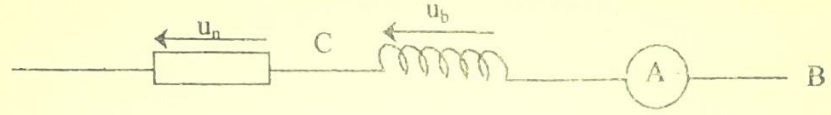
Et $\omega_o = \frac{2\pi}{T_o} = 7,86.10^3$ rad s^{-1} d'où $u = 4\cos(7,86.10^3 t)$.

P11

SOLUTIONS DES EXERCICES PROPOSES SUR LES CIRCUITS R.L.C.

Solution P_{11}-1

1/ $U_{eff} = \frac{U_m}{\sqrt{2}}$ d'où $U_m = U\sqrt{2} = 311$ V

2/ 

a) $Z_r = r = \frac{U_r}{I} = 40$ ohms ; $Z_B = \frac{U_B}{I} = 34,5$ ohms ; $Z = \frac{U}{I} = 62,9$ ohms

b) $Z_r = r$; $Z_B^2 = R^2 + L^2\omega^2$ et $Z^2 = (R + r)^2 + L^2\omega^2$ d'où

$R = \frac{1}{2r}(Z^2 - Z_B^2 - r^2) = 14,5\ \Omega$ et $L = \frac{1}{\omega}\sqrt{Z_B^2 - R^2} = 99,7.10^{-3}$ H

c) $\tan\varphi = \frac{L\omega}{R+r}$ d'où $\varphi \simeq \frac{\pi}{6}$ rad d) $i = I_m\cos(\omega t - \varphi) = 3,3\sqrt{2}\cos(\omega t - \frac{\pi}{6})$

Solution P_{11}-2

1/ $Z_{AB} = \sqrt{(R + r)^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$ avec $\omega = 2\pi N$

2/ a) On est à la résonance $L\omega = \frac{1}{C\omega}$ d'où $(Z_{AB}) = R + r = \frac{U}{I_o} = 30$ ohms :

b) $r = (Z_{AB})_o - R = 7$ ohms , $L = \frac{1}{C\omega^2} = 1$ H.

Solution P_{11}-3 (non corrigé)

Solution P_{11}-4

1/ a) x (T) = 6 cm d'où $T = 1,2.10^{-3}$ s ; $f = \frac{1}{T} = 833$ Hz

b) x $(U_{DA})_m = 3,9$ cm d'où $U_{DA} = \frac{5 \times 3,9}{\sqrt{2}} = 13,8$ V

2/ a) x $(U_{BA})_m = 5$ cm d'où $U_{BA} = \frac{5 \times 2}{\sqrt{2}} = 7,1$ V

b) $I = \frac{U_{BA}}{R} = 0,129$ A ; $i = I\sqrt{2}\cos(2\pi ft + \varphi)$ avec $\varphi = (\vec{U}, \vec{I}) = \frac{\pi}{3}$

3/ Le dipôle inconnu est un condensateur de capacité $C \simeq 2\ \mu$F

Solution P_{11}-5

1/ $r = \frac{U'}{I'} = 14\ \Omega$: Ce résultat est en accord avec les indications du constructeur.

$z = \frac{U}{I} = \sqrt{L^2\omega^2 - r^2}$ d'où $L = \sqrt{\frac{U^2/I^2 - r^2}{\omega^2}} = 0,337$ H ; ce résultat n'est pas en accord avec les indications du constructeur.

2/ a) $u_{AB} = u_R + u_L = R\,i + ri + L\frac{di}{dt} = (R + r)i + L\frac{di}{dt}$

b) $\tan\varphi = \dfrac{L\omega}{R+r} > 0 \Rightarrow \varphi > 0$ u est en avance sur i.

Par conséquent la courbe 2 représente u (t) et la courbe 1 représente i (t).

Graphiquement on a : $\varphi = \dfrac{0,1 \times 2\pi}{6} = \dfrac{\pi}{3}$ rad

$I_m = \dfrac{U'_m}{R} = \dfrac{1 \times 6}{R}$ $\quad i = \dfrac{U'_m}{R} \cos\left(\omega t - \dfrac{\pi}{3}\right)$ avec $\omega = 100\pi$ rad/s

c) $\tan\varphi = \dfrac{L\omega}{R+r}$ d'où $R = \dfrac{L\omega}{\tan\varphi} - r = 6$ ohms

3/ a) $u = u_R + u_C + u_L = Ri + \dfrac{1}{C}\int i\,dt + \dfrac{Ldi}{dt} + ri$

b) $u = L\ddot{q} + (R+r)\dot{q} + \dfrac{q}{C}$ (voir cours)

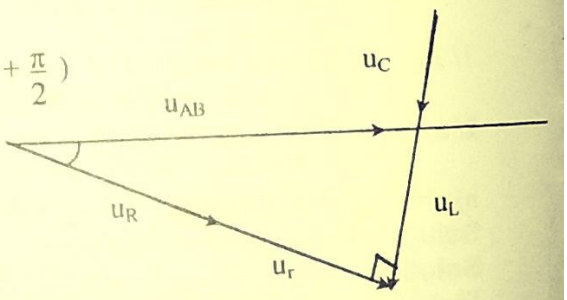
c) En posant $u_{AB} = U\sqrt{2}\cos\omega t$ et $i = I\sqrt{2}\cos(\omega t + \varphi)$ on a :

$u_{AB} = u_R + u_L + u_C$ avec

$u_R = RI\sqrt{2}\cos(\omega t + \varphi)$

$u_L = rI\sqrt{2}\cos(\omega t + \varphi) + L\omega I\sqrt{2}\cos\left(\omega t + \varphi + \dfrac{\pi}{2}\right)$

$u_C = \dfrac{1}{C}\int i\,dt = \dfrac{I}{\sqrt{2}}\cos\left(\omega t + \varphi - \dfrac{\pi}{2}\right)$



$$z = \sqrt{(R+r)^2 + \left(L\omega - \frac{1}{C\omega}\right)^2}$$

d) $I = f(\omega) = \dfrac{U}{Z}$ $\quad \begin{cases} \omega = 0 \Rightarrow I = 0 \\ \omega \to \infty \Rightarrow I \to 0 \\ \omega = \omega' \Rightarrow I = I_{max} = \dfrac{U}{R+r} = 1,2 \text{ A} \end{cases}$

$\tan\varphi = \dfrac{L\omega - \dfrac{1}{C\omega}}{R+r}$ $\quad \begin{cases} \omega = 0 \Rightarrow \varphi = -\dfrac{\pi}{2} \\ \omega \to \infty \Rightarrow \varphi = \dfrac{\pi}{2} \\ \omega = \omega' \Rightarrow \varphi = 0 \end{cases}$

e) $\varphi = 0$ pour $\omega = \omega' = \sqrt{\dfrac{1}{LC}} = 2752 \text{ rad.s}^{-1}$

$\omega > \omega'$ on a $L\omega > \dfrac{1}{C\omega}$ la bobine prédomine ; le circuit est inductif

$\omega < \omega'$ on a $L\omega < \dfrac{1}{C\omega}$ le condensateur prédomine ; le circuit est capacitif

f) $P = UI\cos\varphi_o = UI_o = \dfrac{U^2}{R+r} = 28,8$ W avec $\varphi_o = 0$ pour $\omega = \omega'$

Solution de $P_{11} - 6$

1- a) $u_R = Ri$; b) $q = Cu_c$; c) $i = \dfrac{dq}{dt}$

2- a) On a : $E = u_R + u_c$ or $u_R = Ri$, $i = \frac{dq}{dt}$ et $u_c = \frac{q}{C}$ d'où $E = R\frac{dq}{dt} + \frac{q}{C}$

b) En remplaçant q par Cu_c, on obtient : $E = RC\frac{duC}{dt} + u_c$

3- $u_c = E(1 - e^{-t/RC})$ d'où $\frac{duC}{dt} = \frac{E}{RC}e^{-t/RC}$

En remplaçant dans l'équation : $E = E \times \frac{RC}{RC}e^{-t/RC} + E(1 - e^{-t/RC})$ soit $E = E$.

Alors $u_c = E(1 - e^{-t/RC})$ est bien solution de l'équation ci-dessus.

4- Comme $q = Cu_c$, on a : $q = CE(1 - e^{-t/RC})$.

Pour $t \geq 5RC$ on a : $e^{-t/RC} \longrightarrow 0$ d'où $q = CE$

5- $\tau = RC = 0,1$ s soit $t = 1s = 10\tau$ donc $q = CE$ d'où $i = \frac{dq}{dt} = 0$

6- a) $u_c = -E(1 - \frac{3}{2}e^{-t/RC})$; pour $t = 0$, $u_c = \frac{E}{2} = 3V$

pour $t \longrightarrow \infty$, $u_c = -E = -6V$

b) pour $t = \Delta t$, on a : $u_c = -3 = -\frac{E}{2}$

Donc $-\frac{E}{2} = -E(1 - \frac{3}{2}e^{-\Delta t/RC})$ soit $\Delta t = RC\,\ell n\,3 = 0,11s$

Solution de P 11 – 7

1- En continu : $U_1 = RI_1$ d'où $R = \frac{U_1}{I_1} = 62,5\Omega$

En alternatif : $U_e = Z_L I_e$ d'où $Z_L = \sqrt{R^2 + L^2\omega^2} = \frac{U_e}{I_e}$

et $L = \frac{1}{2\pi f}\sqrt{\frac{U^2e}{I^2_e} - R^2} = 0,766H$

2- a) Le phénomène observé s'appelle la résonance en intensité.

b) A la résonance on a : $U_e = RI_e$ et $L\omega_o - \frac{1}{C\omega o} = 0$

d'où $R = \frac{U_e}{I_e} = 62,5\Omega$ et $L = \frac{1}{4\pi^2 f^2_o C} = 0,765H$

c) $I_e = \frac{Ue}{Z} = \frac{U_e}{\sqrt{R^2 + \left(2\pi f_1 L - \frac{1}{2\pi f_1 C}\right)^2}} = \frac{5}{1112,64} = 4,50.10^{-3}A$

La construction de Fresnel nous permet d'écrire : $\cos\varphi = \frac{U_R}{U_e} = \frac{R}{Z} = 0,056$

On a : $\varphi = -1,51$ rad car u_e est en retard sur i_e $(L\omega_1 < \frac{1}{C\omega_1})$.

Solution P_{11} - 8

1- a) $Z_c = \frac{Uc}{I} = 136,67\Omega$; b) $Z_c = \frac{1}{C\omega}$ d'où $C = \frac{1}{2\pi NZc} = \frac{I}{2\pi NUc} = 4,0.10^{-6}F$

2- a) A la résonance, l'intensité efficace du courant traversant le circuit est maximale :

$N_o = 390Hz$ et $I_o = 138mA$

b) A la résonance : $L\omega_o - \frac{1}{C\omega} = 0$ d'où $L = \frac{1}{4\pi^2 N^2_o C} = 4{,}2.10^{-2}H$

c) On a : $Uc_o = \frac{I_o}{C\omega_o} = \frac{I}{2\pi N_o C} = 14V$

3- a) La bande passant est l'intervalle de fréquence par lequel $I \geq \frac{I_o}{\sqrt{2}}$ Sur le graphe on a : $\Delta N = 110Hz$ d'où $Q = \frac{N_o}{\Delta N} = 3{,}55$

b) $Q = \frac{L\omega_o}{R_T}$ d'où $R_T = \frac{2\pi N_o L}{Q} = 29\Omega$

A la résonance : $U = R_T I_o = 4V$

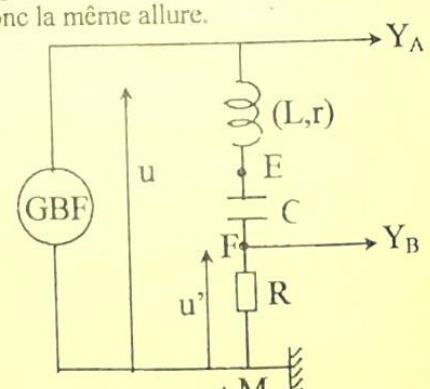
C) On a : $\frac{Uc_o}{U} = \frac{14}{4} = 3{,}5$. Il y a phénomène de surtension aux bornes du condensateur à la résonance.

Solution $P_{11} - 9$

1) D'après la loi d'Ohm $u'(t) = R\, i(t)$ d'où $i(t) = \frac{u'(t)}{R}$

La tension u'(t) et l'intensité i (t) sont deux grandeurs proportionnelles car R = Cste. Les deux courbes représentatives auront donc la même allure.

2) a) Schéma complété



b) Valeurs des grandeurs

- Fréquence : $N = \frac{1}{T} = \frac{1}{8.10^{-3}} = 125$ Hz
- $U_{max} = 3 \times 2V = 6V$
- $U_{Rmax} = R.I_{max}$ d'où

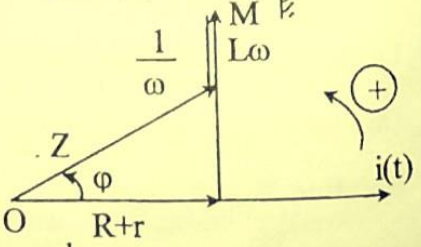
$I_{max} = \frac{U_{Rmax}}{R} = \frac{2 \times 0{,}2}{10} = 4.10^{-2}$ A

- u(t) est en avance de phase sur i(t)

$\varphi = \frac{2\pi\ell}{8} = \frac{2\pi \times 1}{8} = \frac{\pi}{4}$ rad

- L'impédance du dipôle : $Z = \frac{U_{max}}{I_{max}} = 150\ \Omega$
- La résistance r :

D'après la construction de Fresnel :



$\cos\varphi = \frac{R+r}{Z}$ d'où $r = Z\cos\varphi - R = 96{,}1\ \Omega$

L'inductance L :

$\tan\varphi = \frac{L\omega - 1/C\omega}{R+r}$ d'où $L = \frac{1}{\omega}\left[(R+r)\tan\varphi + \frac{1}{C\omega}\right] = 0{,}95$ H

- Calcul de U_{eff} et I_{eff} : $U_{eff} = \frac{U_{max}}{\sqrt{2}} = 4{,}24V$; $I_{eff} = \frac{I_{max}}{\sqrt{2}} = 2{,}83.10^{-2}$ A

Solution $P_{11} - 10$

Partie A

1) Tableau et justification

Dipôles	I_1(A)	I_2(A)	$\frac{U_1}{I_1}$ (Ω)	$\frac{U_2}{I_2}$ (Ω)
D_1	3,2	2,4	3,75	2,5
D_2	2,5	1,25	4,8	4,8
D_3	$5,0.10^{-3}$	0	$2,4.10^3$	∞

- En continu, D_3 n'est traversé par aucun courant ($I_2 = 0$) donc D_3 correspond à la 4e ligne du tableau.
- Pour D_2 ; $\frac{U_1}{I_1} = \frac{U_2}{I_2}$ = Cste = 4,8 ; D_2 correspond à la 3e ligne
- D_1 correspond à la 2e ligne

2- Déduction

- Valeur de R : $R = \frac{U_2}{I_2} = 4,8\ \Omega$

- Capacité C : $Z = \frac{1}{C\omega} = \frac{U_1}{I_1}$ d'où $C = \frac{1}{Z\omega} = 1,32.10^{-6}$ F

- Valeur de r et L

$r = \frac{U_2}{I_2} = 2,5\ \Omega$; $Z = \sqrt{r^2 + L^2\omega^2} = \frac{U_1}{I_1}$ d'où $L = \frac{1}{2\pi N}\sqrt{\frac{U_1^2}{I_1^2} - r^2}$

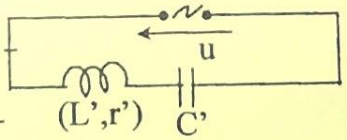
$L = 8,9.10^{-3}$H

Partie B

1) a) Expression de L' et de C' en fonction de r' et N

$U = U_{C'} = U_{bobine}$ (B)

$ZI = Z_{C'}I = Z_BI$ soit $Z = Z_{C'} = Z_B$



$$\sqrt{L'\omega^2 + r'^2} = \frac{1}{C\omega} = \sqrt{r'^2 + (L'\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} r'^2 + (L'\omega - \frac{1}{C\omega})^2 = r'^2 + L'\omega^2 & (1) \\ r'^2 + L'^2\omega^2 = \frac{1}{C'^2\omega^2} & (2) \end{cases}$$

$(1) \Rightarrow \frac{1}{C'^2\omega^2} - \frac{2L'\omega}{C'\omega} = 0$ d'où $\frac{1}{C'\omega} = 2L'\omega$ (3)

(3) et (2) $\Rightarrow r'^2 + L'\omega^2 = 4L'^2\omega^2$ d'où $L' = \frac{r'\sqrt{3}}{\omega}$ (4)

(4) et (3) $\Rightarrow$ $C' = \dfrac{\sqrt{3}}{4\pi r' N}$

b) Pour r' = 2,5 Ω et N = 50Hz, on a : L' = 4.10^{-3}H ; C' = $1,1.10^{-3}$ F

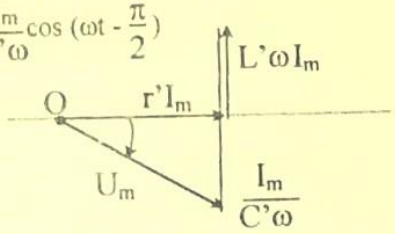
c) Expression littérale donnant φ

$u(t) = u_C(t) + u_B(t)$; posons $u = U_m \cos(\omega t + \varphi)$ et $i = I_m \cos(\omega t)$

Equation différentielle: $u = r'i + L'\dfrac{di}{dt} + \dfrac{1}{C'}\int i dt$

$u = r' I_m \cos\omega t + L'\omega I_m \cos(\omega t + \dfrac{\pi}{2}) + \dfrac{I_m}{C'\omega}\cos(\omega t - \dfrac{\pi}{2})$

On remarque $L'\omega < \dfrac{1}{C'\omega}$ C'



$\tan\varphi = \dfrac{L'\omega - 1/C\omega}{r'}$

D'après (3) on a $\tan\varphi = -\dfrac{2\pi N L'}{r'}$

d'où $\tan\varphi = -\dfrac{\sqrt{3}}{3}$ soit $\varphi = -\dfrac{\pi}{6}$ rad

2) a) Le phénomène s'appelle la résonance d'intensité

b) Fréquence correspondante

A la résonance on a : $L'C'\omega_0^2 = 1$ d'où $N_0 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{L'C'}} = N\sqrt{2}$

A.N : N_0 = 70,7 Hz

Solution P_{11} – 11

1ère partie :

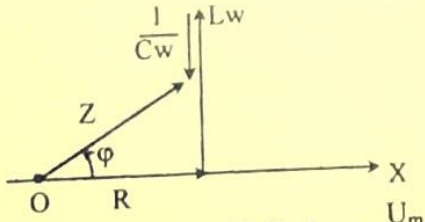
a) Tension maximale $U_m = U\sqrt{2}$ = 155,56 V

Pulsation $\omega = 2\pi N$ = 314,2 V

b) Equation différentielle : $u = u_R + u_C + u_L = Ri + \dfrac{q}{C} + L\dfrac{di}{dt}$

or $i = \dfrac{dq}{dt}$ d'où $u = L\dfrac{d^2q}{dt^2} + R\dfrac{dq}{dt} + \dfrac{q}{C}$

c) Impédance Z du circuit : $Z = [R^2 + (L\omega - \dfrac{1}{C\omega})^2]^{1/2}$



d) Valeur de : Z = 189,72 Ω ; $I_{max} = \dfrac{U_m}{Z}$ = 0,82 A ; $I = \dfrac{I_m}{\sqrt{2}}$ = 0,58 A

$\cos\varphi = \dfrac{R}{Z} = 0,527 \Rightarrow \varphi = 58,2° = 1,02$ rad.

2e partie :

. A l'équilibre : $\vec{P} + \vec{T}_o = \vec{O} \Rightarrow mg - ka_o = 0$

. En mouvement le système de masse m est soumis aux forces : $\vec{P}, \vec{f}, \vec{T}$ et $\vec{f}$

Dans le référentiel galiléen, le théorème du centre d'inertie s'écrit :

$\vec{P} + \vec{f} + \vec{f} + \vec{T} = m\vec{a}$

En projection sur $(O,\vec{i})$: $P_x + T_x + f'_x + f_x = m\frac{d^2x}{dt^2} \Rightarrow f_x = m\frac{d^2x}{dt^2} - P_x - T_x - f'_x$

Soit $f = m\frac{d^2x}{dt^2} - mg + ka_o + kx + \mu\frac{dx}{dt} \Rightarrow f = m\frac{d^2x}{dt^2} + \mu\frac{dx}{dt} + kx$

avec $f_x = f$

3e partie :

a) Parallèle entre les grandeurs :

Grandeurs électriques	Grandeurs mécaniques
L (inductance)	m (masse)
q (charge)	x (position)
R (résistance)	μ (coefficient de frottement)
1/C (capacitance)	k (raideur)
u (tension)	f (force)

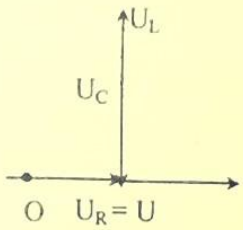
b) Impédance mécanique : $Z = [\mu^2 + (m\omega - \frac{k}{\omega})^2]^{1/2}$

Solution P_{11} – 12

1) a) Les valeurs de U_R, U_L, U_C

$U_R = U = 150$ volts

$U_L = U_C = 3\,U_R = 450$ volts



b) Calcul de l'intensité efficace I

$U_R = RI \Rightarrow I = \frac{U_R}{R}$; $I = \frac{150}{100}$; $I = 1{,}5$ A

c) On est à la résonance, d'où $\varphi = 0$ rad

2- a) Intensité I'

$U_L = 2\pi f_1 LI = \frac{I}{2\pi f_1 C} = 3RI$; $L = \frac{3R}{2\pi f_1}$ et $C = \frac{1}{6\pi R f_1}$

$I' = \frac{U}{Z'} = \frac{U}{\sqrt{R^2 + (2\pi f_2 L - \frac{1}{2\pi f_2 C})^2}} = \frac{2U}{R\sqrt{85}} = 0{,}32$ A avec $f_2 = 2f_1$

b) Déphasage φ' : $\tan\varphi' = \frac{9}{2} \Rightarrow \varphi' = 1{,}35$ rad $= 77{,}47°$

c) Tension efficace aux bornes de chaque appareil

- Aux bornes de R : $U'_R = RI' = 32{,}5$ Volts
- Aux bornes de L : $U'_L = 6RI' = 195$ Volts
- Aux bornes de C : $U'_C = \frac{3}{2}RI' = 48{,}75$ Volts

P_{12}

SOLUTIONS DES EXERCICES D'OPTIQUE

Solution P_{12}-1

1/ a) $C_1 = \frac{1}{f'_1} = 5$ dioptries ; $f'_2 = \frac{1}{C_2} = 0{,}1$ m

b) La lentille L_2 est la plus convergente car sa vergence est plus grande que celle de la lentille L_1.

2/ a) $p' = 40$ cm b) $\gamma = \frac{p'}{p} = -1$ c) $\overline{A'B'} = \gamma.\overline{AB} = -10$ cm

Solution P_{12}-2

1/ Les résultats sont consignés dans le tableau suivant :

	Position	sens	grandeur	nature
a)	$\overline{OA'} = 16$ cm	renversée	$\overline{A'B'} = -2$ cm	réelle
b)	$\overline{OA'} = 12$ cm	renversée	$\overline{A'B'} = -1$ cm	réelle
c)	$\overline{OA'} = 24$ cm	renversée	$\overline{A'B'} = -4$ cm	réelle
d)	$\overline{OA'} = -24$ cm	droite	$\overline{A'B'} = 8$ cm	virtuelle

La lentille fonctionne en loupe dans le cas d) (l'objet est à 6 cm de la lentille) parce que l'image obtenue est droite et plus grande que l'objet.

2/ L'image va se former à l'infini

$\frac{1}{f'} = \frac{1}{p'} - \frac{1}{p}$ or $p = -f'$ d'où $\frac{1}{p'} \longrightarrow 0$ soit $p' \longrightarrow \infty$

3/ L'image va se former au foyer F' pour $p \longrightarrow \infty$

$\frac{1}{f'} = \frac{1}{p'} - \frac{1}{p}$; $p = \infty \Rightarrow \frac{1}{p} \longrightarrow 0$ d'où $f' = p'$

4/ - Une image B' d'un objet B est réelle lorsque les rayons lumineux passent effectivement par B' : cette image peut alors être recueillie sur un écran.

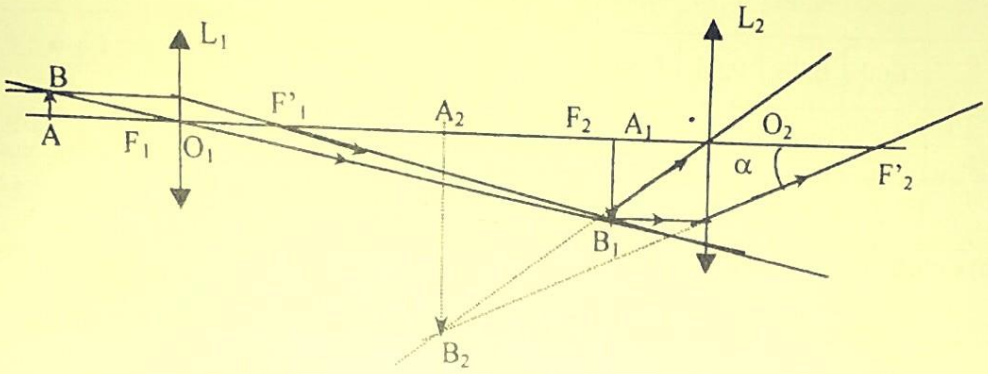
- Une image B' d'un objet B est virtuelle lorsque ce sont les prolongements des rayons lumineux qui passent par B'. Cette image ne peut pas se former sur un écran.

Solution P_{12}-3

1/ $\frac{1}{f'} = \frac{1}{p'} - \frac{1}{p}$ d'où $p' = \frac{f'.p}{f'-p} = 45$ cm (position de l'image) ; $p' > 0$ l'image est réelle ; $\gamma = \frac{p'}{p} = -0{,}5$; $\gamma < 0$ image renversée $\overline{A'B'} = \gamma\,\overline{AB} = -1$ cm.

2/ et 3/ (non corrigées)

Solution P_{12}-4



1/ a) $\frac{1}{f'_1} = \frac{1}{\overline{O_1A_1}} - \frac{1}{\overline{O_1A}}$ d'où $\overline{O_1A_1} = \frac{\overline{O_1A} \cdot f'_1}{\overline{O_1A} + f'_1}$ = 183,57 mm.

b) $\overline{O_2A_1} = \overline{O_2O_1} - \overline{O_1A_1}$ = -16,43 mm

$\frac{1}{f'_2} = \frac{1}{\overline{O_2A_2}} - \frac{1}{\overline{O_2A}}$ d'où $\overline{O_2A_2} = \frac{\overline{O_2A_1} \cdot f'_2}{\overline{O_2A_1} + f'_2}$ = -92,04 mm

c) * A_1B_1 est renversée par rapport à AB ; A_2B_2 est droite par rapport à A_1B_1 : par conséquent A_2B_2 est renversée par rapport à AB.

* L'image est agrandie $A_2B_2 > A_1B_1 > AB$
* L'image A_2B_2 est virtuelle

d) Voir schéma plus haut.

2/ a) $\frac{1}{\overline{O_2A'_2}} - \frac{1}{\overline{O_2A'_1}} = \frac{1}{f'_2}$. Si $O_2A'_2 = \infty$ alors $f'_2 = -\overline{O_2A_1}$

$\frac{1}{f'_1} = \frac{1}{\overline{O_1A'_1}} - \frac{1}{\overline{O_1A'}}$ avec $\overline{O_1A'_1} = \overline{O_1O_2} + \overline{O_2A'_1}$ = 180 mm

On en déduit $\overline{O_1A'} = \frac{f'_1 \cdot \overline{O_1A'_1}}{f'_1 - \overline{O_1A_1}}$ = -5,1428 mm

L'hématie doit se trouver à 5,1428 mm devant l'objectif.

b) $\tan\alpha = \frac{A'_1B'_1}{O_2F'_2} = \frac{A'_1B'_1}{f'_2} = \frac{\gamma_1 . AB}{f'_2} = \frac{\overline{O_1A'_1} . \overline{AB}}{\overline{O_1A'} . F'_2}$ = 0,035 d'où α = 2,004°.

Solution P_{12}-5

1/ a) Matériel : un banc d'optique – la lentille L – l'objet AB – un écran.
Protocole expérimental : sur le banc d'optique, l'objet AB est placé à gauche et l'écran à droite de la lentille. Retrouver les valeurs p' en plaçant l'objet à p.

p	-0,50	-0,60	-0,70	-0,80	-0,90	-1,10	-1,0	-1,20	-1,30	-1,40	-1,50
p'	1,00	0,75	0,64	0,57	0,53	0,50	0,48	0,46	0,45	0,44	0,43
$\frac{1}{p}$	-2	-1,66	-1,43	-1,25	-1,11	-0,90	-1,0	-0,83	-0,77	-0,71	-0,66
$\frac{1}{p'}$	1,0	1,33	1,56	1,75	1,88	2,0	2,08	2,17	2,22	2,27	2,32

b) Construire avec soin le graphe

2/ a) On obtient une droite affine $\frac{1}{p'} = a.. \frac{1}{p} + b$. D'après la relation de Descartes :

$\frac{1}{p'} = \frac{1}{p} + \frac{1}{f}$. Ici $a = \frac{1,25 - 1,11}{1,88 - 1,75} = 1,07 \cdot 1$ $\quad b = 2,9\ m^{-1}$

$\frac{1}{p'} = \frac{1}{p} + 2,9$. L'ordonnée à l'origine est la Vergence $\frac{1}{f} = C = 2,9\ \delta$

b) Voir figure

c) - Avec l'axe de $\frac{1}{p} : \frac{1}{p'} = 0$ alors $p = -f$; l'objet est dans le foyer objet et l'image est à l'infini $(p' = \infty)$

- Avec l'axe de $\frac{1}{p'} : \frac{1}{p} = 0$ on a $p = \infty$ et $p' = f$; l'objet est à l'infini et l'image se forme dans le foyer image.

Solution P_{12}-6

1- a) L'image A'B' de AB recueillie sur la pellicule est réelle et renversée. Le grandissement

est : $\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{-10^{-3}}{25} = -4.10^{-5}$

or $\gamma = \frac{\overline{OA'}}{\overline{OA}}$ d'où $\overline{OA'} = \gamma\overline{OA} = -4.10^{-5} \times (-1250) = 5.10^{-2}$m.

b) La relation de conjugaison s'écrit : $\frac{1}{f'} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}$ d'où

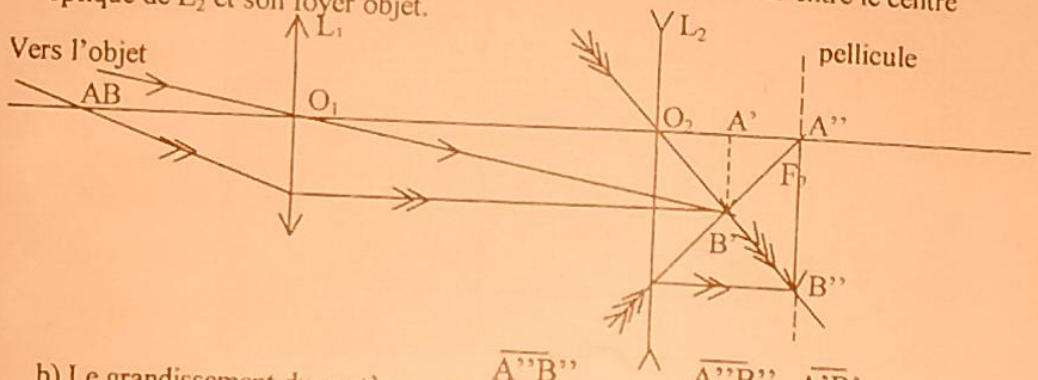
la distance focale image : $f' = \frac{\overline{OA'} \times \overline{OA}}{\overline{OA} - \overline{OA'}} = 5.10^{-2}$m . On aurait pu déduire cette valeur des résultats précédents, en supposant que l'objet est à l'infini (car OA » OA') et trouver

$f' = \overline{OA'} = 5.10^{-2}$m.

2- On aura $\overline{OA'} = \gamma\overline{OA} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}\overline{OA} = 0,5$ m

L'objet étant toujours considéré à l'infini : $f' \simeq \overline{OA'} = 0{,}5m$

3- a) La lentille L_1 donne de AB une image réelle A'B' qui devient objet pour la lentille L_2. Comme cette dernière est divergente et qu'elle doit donner une image finale A''B'' réelle sur la pellicule, son objet doit être virtuel. Par conséquent L_2 doit être placée entre K_1 et A'B'. De plus A'B' doit se trouver entre le centre optique de L_2 et son foyer objet.



b) Le grandissement du système $\gamma = \dfrac{\overline{A''B''}}{\overline{AB}}$ soit $\gamma = \dfrac{\overline{A''B''}}{\overline{A'B'}} \times \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ d'où

$\gamma = \gamma_1 \times \gamma_2$

or $\gamma_1 = \dfrac{\overline{O_1A'}}{\overline{O_1A}}$ et $\gamma_2 = \dfrac{\overline{O_2A''}}{\overline{O_2A'}}$; ainsi $\gamma = \dfrac{\overline{O_1A'}}{\overline{O_1A}} \times \dfrac{\overline{O_2A''}}{\overline{O_2A'}}$ d'où $\dfrac{\overline{O_1A'}}{\overline{O_2A'}} = \gamma \dfrac{\overline{O_1A}}{\overline{O_2A''}}$

c) On a : $\overline{O_1O_2} = \overline{O_1A'} - \overline{O_2A'}$ soit $\overline{O_1A'} = \overline{O_1O_2} + \overline{O_2A'} = \gamma \dfrac{\overline{O_1A}}{\overline{O_2A''}} \times \overline{O_2A'}$

d'où $\overline{O_2A'} = \dfrac{\overline{O_1O_2}}{\gamma \dfrac{\overline{O_1A}}{\overline{O_2A''}} - 1}$ et $\overline{O_1A'} = \overline{O_1O_2} + \overline{O_2A'}$

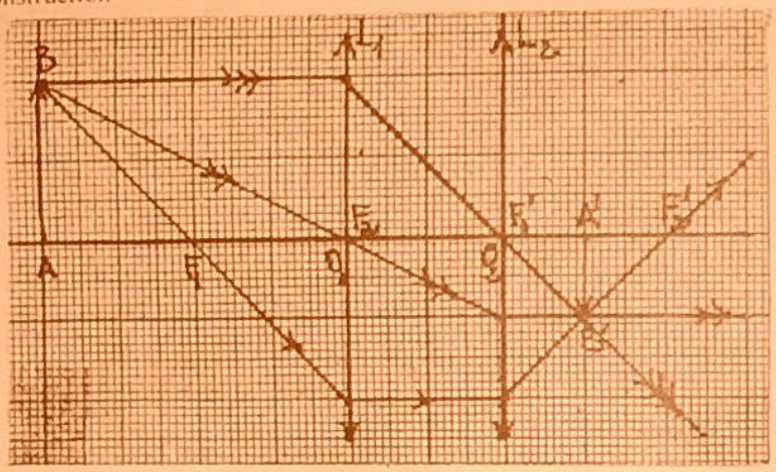
$$\overline{O_2A'} = \frac{18.10^{-2}}{\dfrac{-10^{-2} \times (-1250)}{25 \times 50.10^{-3}} - 1} = 2.10^{-2}m \quad \overline{O_1A'} = 0{,}2\ m$$

d) $\dfrac{1}{f'_1} = \dfrac{1}{\overline{O_1A'}} - \dfrac{1}{\overline{O_1A}}$ d'où $f'_1 = 0{,}2m$

$\dfrac{1}{f'_2} = \dfrac{1}{\overline{O_2A''}} - \dfrac{1}{\overline{O_2A'}}$ d'où $f'_2 = 3{,}3.10^{-2}m$

Solution P_{12}-7

1) Construction



2) Position de l'image :

Graphiquement $O_1A' \simeq 3$ cm soit $O_2A' \simeq 1$ cm. Ainsi en vraie grandeur $O_1A' \simeq 75$ cm et $O_2A' \simeq 25$ cm. L'image A'B' se trouve donc à 75 cm de L_1 et 25 cm de L_2.

* Grandissement : $\gamma = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = -0,5$

3) Vérification des résultats par calcul

- Position de l'image

(L_1) : $\dfrac{1}{f'} = -\dfrac{1}{\overline{O_1A}} + \dfrac{1}{\overline{O_1A_1}}$ d'où $\overline{O_1A_1} = \dfrac{f' \times \overline{O_1A}}{f' + \overline{O_1A}} = 1$ m

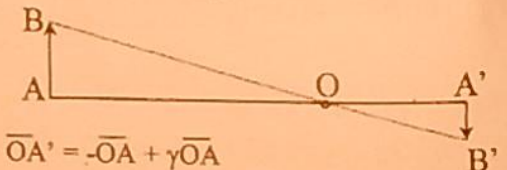
(L_2) : $\dfrac{1}{f'} = -\dfrac{1}{\overline{O_2A_1}} + \dfrac{1}{\overline{O_2A'}}$ d'où $\overline{O_2A'} = \dfrac{f' \times \overline{O_2A_1}}{f' + \overline{O_2A_1}} = 0,25$ m avec

$\overline{O_2A_1} = \overline{O_2O_1} + \overline{O_1A_1} = 0,5$ m

En conclusion, l'image se trouve à 25 cm de L_2 donc à 75 cm de L_1

- Le grandissement : $\gamma = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \dfrac{\overline{A'B'}}{\overline{A_1B_1}} \dfrac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}} = \dfrac{\overline{O_2A'}}{\overline{O_2A_1}} \dfrac{\overline{O_1A'_1}}{\overline{O_1A}} = -0,5$

4) a) Position de la lentille



Soit O le centre optique de cette lentille

$\gamma = \dfrac{\overline{OA'}}{\overline{OA}} \Rightarrow \overline{OA'} = \gamma\overline{OA}$ or $\overline{AA'} = \overline{AO} + \overline{OA'} = -\overline{OA} + \gamma\overline{OA}$

d'où $\overline{OA} = \dfrac{\overline{AA'}}{\gamma - 1} = \dfrac{175}{-0,5-1} = -116,67$ cm et $\overline{OA'} = 58,33$ cm

b) La distance focale : $f' = \dfrac{\overline{OA}.\overline{OA'}}{\overline{OA} - \overline{OA'}} = 0{,}39$ m

c) La vergence : $C = \dfrac{1}{f'} = 2{,}58\ \delta$

Solution P_{12}-8

1/ a) Calcul de C_1 et C_2 : $C_1 = \dfrac{1}{f_1} = 25\ \delta$; $C_2 = 2C_1 = 50\ \delta$

b) Oui, les deux lentilles sont convergentes.

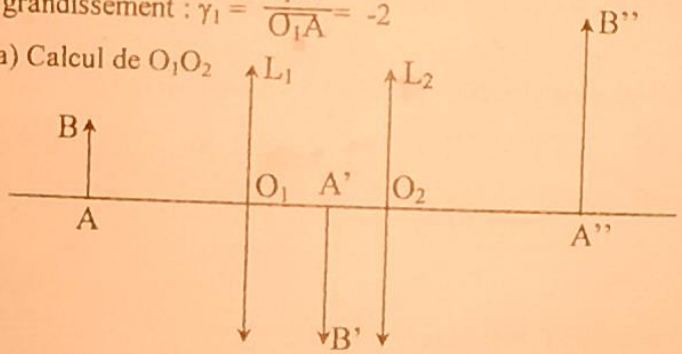
2/ Caractéristiques de A'B'

$$\frac{1}{f_1} = \frac{1}{\overline{O_1A'}} - \frac{1}{\overline{O_1A}} \Rightarrow \overline{O_1A'} = \frac{f_1 \times \overline{O_1A}}{f_1 + \overline{O_1A}} = 12 \text{ cm}$$

- Position : A'B' est situé à 12 cm derrière L_1
- Nature : $O_1A' > 0 \Rightarrow$ A'B' est une image réelle.

Le grandissement : $\gamma_1 = \dfrac{\overline{O_1A'}}{\overline{O_1A}} = -2$

3/ a) Calcul de O_1O_2



Pour L_2 :

$$\gamma_2 = \frac{\overline{O_2A''}}{\overline{O_2A'}} \Rightarrow \overline{O_2A''} = \gamma_2\,\overline{O_2A'} \quad (1)$$

$$\frac{1}{f_2} = \frac{1}{\overline{O_2A''}} - \frac{1}{\overline{O_2A'}} \Rightarrow O_2A'' = \frac{f_2 \times \overline{O_2A'}}{f_2 + \overline{O_2A'}} \quad (2)$$

(1) et (2) $\Rightarrow \gamma_2\overline{O_2A'} = \dfrac{f_2 \times \overline{O_2A'}}{f_2 + \overline{O_2A'}} \Rightarrow f_2 + \overline{O_2A'} = \dfrac{f_2}{\gamma_2} \Rightarrow \overline{O_2A'} = f_2\left(\dfrac{1}{\gamma_2} - 1\right)$

$\overline{O_2A'} = \overline{O_2O_1} + \overline{O_1A'} \Rightarrow \overline{O_2O_1} = \overline{O_2A'} - \overline{O_1A'} \Rightarrow \overline{O_1O_2} = |\overline{O_1A'} - \overline{O_2A'}|$

$$O_1O_2 = \left|\overline{O_1A'} + \frac{1}{C_2}\left(1 - \frac{1}{\gamma_2}\right)\right| = 0{,}12 + \frac{1}{50}\left(1 + \frac{1}{4}\right) = 0{,}145 \text{ m} = 14{,}5 \text{ cm}$$

avec $\gamma_2 = -4$

b) Construire soigneusement l'image A''B'' en respectant l'échelle donnée.

c) Le grandissement du système : $\gamma = \gamma_1 \times \gamma_2 = -2(-4) = 8$

Solution P_{12}-9

1) – Position, nature et γ_1 de l'image A_1B_1

* $C_1 = \dfrac{1}{p'_1} - \dfrac{1}{p_1}$ d'où $p'_1 = \dfrac{p'_1}{C_1p'_1 + 1} = 0{,}2$ m

* $p'_1 > 0 \Rightarrow$ l'image A_1B_1 est réelle et située à 20 cm derrière L_1

* $\gamma_1 = \frac{p'_1}{p_1} = -4$

2) a) Faites la construction

b) Position, nature et γ_2 de l'image A_2B_2

* $\frac{1}{f'_2} = -\frac{1}{p_1} + \frac{1}{p'_2}$ d'où $p'_2 = \frac{f'_2 \times p_1}{f'_2 + p_1} = -2{,}22$ cm

- $p'_2 < 0$; l'image A_2B_2 est virtuelle et située à 2,22 cm devant L_2
- $\gamma_2 = \frac{p'_2}{p_2} = 4{,}44.10^{-1}$

3) a) Faites la construction

b) Position, nature et grandeur A'B'

On a : $p'_1 = \overline{O_1A_1} = 20$ cm ; $\overline{O_1O_2} = \overline{O_1A_1} - \overline{O_2A_1} = p'_1 - p$ d'où

$p = p'_1 - \overline{O_1O_2} = 18$ cm

$p' = \frac{f'_2 \times p}{f'_2 + p} = -5{,}14$ cym. L'image est virtuelle et située à 5,14 cm devant L_2.

$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \gamma_1 \times \gamma_2 = \gamma_1 \times \frac{p'}{p} \Rightarrow \overline{A'B'} = \overline{AB} \times \gamma_1 \times \frac{p'}{p} = 1{,}71$ cm

4) Deux appareils utilisant le principe des lentilles sont le microscope et la lunette astronomique.

Solution P_{12}-10

1-a) – Distance focale du cristallin : f' = 1,5 cm

- Vergence : $C' = \frac{1}{f'} = 66{,}67\ \delta$

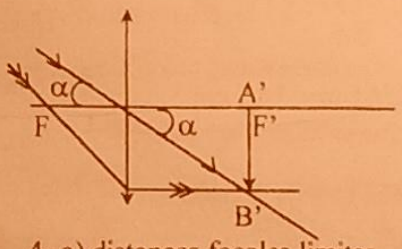
b) Formule de conjugaison : $\frac{1}{f'} = \frac{1}{p'} - \frac{1}{p}$ (ou $\frac{1}{f'} = \frac{1}{\overline{OA'}} - \frac{1}{\overline{OA}}$)

2- Distance focale du cristallin

$\frac{1}{f'_1} = \frac{1}{f'} - \frac{1}{d}$ d'où $f'_1 = \frac{f' \times d}{d - f'} = 1{,}59$ cm

3- a) Nouvelle distance focale.

$\frac{1}{f'_2} = \frac{1}{f'} - \frac{1}{d'}$ D'où $f'_2 = \frac{f' \times d'}{d' - f'} = 1{,}5$ cm



- Nouvelle vergence : $C'_2 = C' = 66{,}67\ \delta$
- Grandeur de l'image : $\gamma = \frac{f'}{d'} = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$

d'où $\overline{A'B'} = \overline{AB} \times \frac{f'}{d'} = 3.10^{-3}$ m

b) Calcul de l'angle α: $\tan\alpha = \frac{\overline{A'B'}}{f'_2}$ d'où $\alpha = 0{,}2$ rad

4- a) distances focales limites

$f'_i = \frac{f'd'}{d' - f'}$; $f'_{iR} = \frac{1{,}5.10^{-2} \times 10}{(10 - 1{,}5).10^{-2}} = 1{,}5$ cm ; $f'_{iP} = \frac{1{,}5.10^{-2} \times 10.10^{-2}}{(10 - 1{,}5).10^{-2}} = 1{,}76$ cm

b) Vergence de l'œil myope

- La distance focale de l'œil myope est $f'_3 = 10$ mm d'où $C'_3 = \frac{1}{f'_3} = 100\ \delta$
- La malvoyance de cet œil est due à l'image qui se forme avant la rétine : $C'_3 > C'_2$ (ou $f'_3 < f'_2$)

c) Nature et vergence de la lentille mince :
Soit C cette vergence : $C + C'_3 = C'_2$ d'où $C'_2 - C'_3 = -33,33\ \delta$
La lentille est divergente car $C < 0$.
5-) Nouvelle distance focale de l'œil malade, malgré la 1ère correction.

$f'' = \frac{f' \times d''}{d'' - f'} = \frac{1,5 \times 40}{40 - 1,5} = 1,56$ cm ; d'où la vergence est $C'' = \frac{1}{f''} = 64,16\ \delta$

$C'_2 = C'' + C'_3$ d'où $C'_3 = C'_2 - C'' = 2,51\delta$

$C'_3 > 0$ alors la nouvelle lentille est convergente.

P_{13}

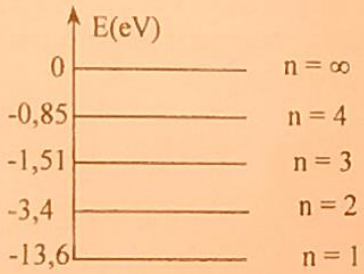
SOLUTIONS DES EXERCICES SUR LES NIVEAUX D'ENERGIE DANS UN ATOME

Solution $P_{13} - 1$

a) $E_1 = -13,6$ eV ; $E_2 = -3,4$ eV ; $E_3 = -1,51$ eV ; $E_4 = -0,85$ eV ; $E_\infty = 0$ eV ;
b) $E_{min} = E_2 - E_1 = 10,2$ eV

c) $\lambda = \frac{hc}{E_{min}} = 0,122\ \mu m$

d) $E_i = E_\infty - E_1 = 13,6$ eV
e) $E = E_4 - E_2 = 2,55$ eV
$E' = E_3 - E_2 = 1,89$ eV.



Solution $P_{13} - 2$

1/ a) $E_i = E_\infty - E_1 = 13,6$ eV b) $E_C = E_2 - E_1 = 10,20$ eV c) $\lambda = \frac{hc}{E_2 - E_1} = 0,122\ \mu m$

d) $\nu = \frac{13,6}{h}\left(\frac{1}{4} - \frac{1}{n^2}\right)$ avec $n > 2$; pour $n = 3$ on a $\lambda = \frac{C}{\nu} = 657\ \mu m$

2/ a) Niveau de référence ou seuil d'ionisation. b) $E_3 - E_2 = 1,89$ eV ;
$E_4 - E_2 = 2,55$ eV ; $E_5 - E_2 = 2,86$ eV ; $E_6 - E_2 = 3,02$ eV ; $E_\infty - E_2 = 3,4$ eV

c) $\lambda = \frac{hc}{E_\infty - E_2} = 365$ nm ; cette radiation n'est pas visible.

Solution $P_{13} - 3$

1/ $n = 1$ 2/ a) $E_i = E_\infty - E_1 = 13,6$ eV b) $\lambda = \frac{hc}{E_i} \acute{c}\ 91.10^{-9}$ m

3/ a) $E_{cmin} = E_2 - E_1 \doteq 10{,}2$ eV b) $\lambda_{2,1} = \dfrac{hc}{E_2 - E_1} \simeq 122.10^{-9}$ m

4/ a) $\nu_{n \to 2} = \dfrac{E_o}{h}\left(\dfrac{1}{2^2} - \dfrac{1}{2}\right)$ avec $n > 2$ b) La plus grande longueur d'onde correspond à la plus petite variation d'énergie soit $E_3 - E_2$

d'où $\lambda_{3,2} = \dfrac{hc}{E_3 - E_2} = 0{,}655.10^{-6}$ m ; la plus petite longueur d'onde correspond à la plus grande variation d'énergie : $\lambda_{min} = \dfrac{hc}{E_\infty - E_2} = 0{,}365.10^{-6}$ m ; c'est la radiation $\lambda_{3,2}$ qui appartient au spectre visible.

Solution $P_{13} - 4$

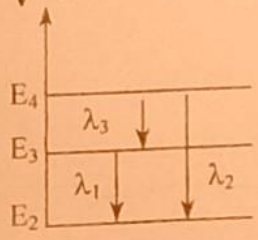
1/Les transitions électroniques p ⟶ n possibles ($E_n > E_p$) se produisent en absorbant des photons d'énergie $E_n - E_p = h\,\nu_{np}$ ce qui correspond à la disparition des radiations de fréquence ν_{np} : il y a donc apparition d'une raie noire et fine à la place de la radiation absorbée. C'est pourquoi les spectres d'absorption sont formés de raies noires et fines dans le spectre continu de la lumière blanche.

Les transitions électroniques n ⟶ p (avec $E_n > E_p$) possibles se produisent avec émission de photons d'énergie $E = E_n - E_p = h\nu_{np}$ ce qui correspond à l'apparition d'une radiation de fréquence ν_{np} ; on observe donc des raies brillantes. C'est pourquoi les spectres d'émission sont constitués de raies brillantes et fines.

2/ a) $\nu = \dfrac{C}{\lambda}$ d'où $\nu_1 = 4{,}571.10^{14}$ Hz ; $\nu_2 = 6{,}171.10^{14}$ Hz ;

$\nu_3 = 1{,}600.10^{14}$ Hz ; $\nu_2 - \nu_1 = \nu_3$ b) $E_n - E_2 = h\nu$ d'où $\dfrac{-E_o}{n^2} + \dfrac{E_o}{4} = h\nu$

$n = \sqrt{\dfrac{4E_o}{E_o - 4h\nu}}$; $n_1 = 3$; $n_2 = 4$ c) λ_3 correspond à une transition entre 3 et 4



3/ a) $E_4 = -0{,}85$ eV ; $E_2 = -3{,}4$ eV ; $E_3 = -1{,}51$ eV b) voir figure ci-contre.

c) $\nu_{2,1} = \dfrac{E_2 - E_1}{h} = 2{,}465.10^{15}$ Hz

Solution $P_{13} - 5$

1/ La discontinuité des niveaux d'énergie s'explique par le fait qu'à toute « disposition » déterminée des électrons dans l'atome de sodium, il correspond une valeur de l'énergie de l'atome. Cette énergie ne peut prendre que certaines valeurs particulières bien déterminées, discontinues et croissantes.

2/ $E_1 = 0 - (-5,14) = 5,14$ eV. 3/ $E = \frac{hc}{\lambda_1} = 3,36.10^{-19}$ J = 2,1 eV (transition de l'état excité n°1 à l'état fondamental). 4/ Pour E = 3,21 eV, le photon est absorbé au cours de la transition de l'état fondamental au 2e état excité ; en effet -1,93 - (-5,14) = 3,21 eV. Pour E = 3,5 eV (aucune variation d'énergie $E_n - E_p$ ne correspond à cette énergie) le photon n'est pas absorbé ; l'atome ne peut pas être excité : il n'y a donc pas de transition. Pour E = 7 eV > 5,14 eV, le photon est absorbé et on obtient un atome ionisé Na^+ et l'électron émis possède l'énergie cinétique $E_c = 7 - 5,14 = 1,86$ eV.

5/ a) $E_c = 3,5 - [-1,93 - (-5,14)] = 0,29$ eV. b) $\lambda_2 = \frac{hc}{\Delta E} = 1,11.10^{-6}$ m.

Solution $P_{13} - 6$

1-L'expression «niveaux d'énergie quantifiés de l'atome d'hydrogène» veut dire que l'énergie de l'atome d'hydrogène ne peut prendre que des valeurs bien déterminées.

2- a) $E = E_2 - E_1 = -\frac{E_o}{4} + E_o = \frac{3E_o}{4} = 10,2$ eV

b) On a : $E = \frac{hc}{\lambda}$ d'où $\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{6,62.10^{-34} \times 3.10^8}{10,2 \times 1,6.10^{-19}} = 1,217.10^{-7}$ m

$\lambda < 4.10^{-7}$m : cette radiation appartient au domaine spectral de l'ultraviolet.

3- a) Pour la série de Balmer, on a : $E = E_p - E_2 = E_o\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{p^2}\right)$ avec p > 2.

Or $E = \frac{hc}{\lambda_{p_2}}$ d'où $\lambda_{p_2} = \frac{hc}{E_o\left(\frac{1}{2^2} - \frac{1}{p^2}\right)}$; λ_{p_2} est maximal si p = 3 d'où $\lambda_{max} = 6,571.10^{-7}$m

b) Cette raie appartient au domaine spectral du visible.

4- On a : $E' = \frac{hc}{\lambda'} = \frac{6,62.10^{-34} \times 3.10^8}{8,5.10^{-8}} = 2,336.10^{-18}$J = 14,6 eV

or si l'atome est pris dans son état fondamental ($E_1 = -13,6$ eV) absorbe une énergie E', on aura : $E' - E_o = 1$eV > 0.

L'atome passerait à une énergie positive ; il est donc ionisé C'est l'électron extrait qui emporte sous forme d'énergie cinétique, l'énergie excédentaire de 1eV.

Solution $P_{13} - 7$

1- Le niveau fondamental correspond à n = 1 d'où $E_1 = -13,6$eV.

2- La transition d'un niveau 4 à un niveau 2 correspond à une perte d'énergie : il y a donc émission d'un photon.

Son énergie est : $E = E_4 - E_2 = -\frac{13,6}{4^2} + \frac{13,6}{2^2} = 2,55$eV

3- On a : $E = \frac{hc}{9}$; l'énergie est donc inversement proportionnelle à la longueur d'onde. Par conséquent pour 9_{max}, on a :

$$E = \frac{hc}{9_{max}} = E_2 - E_1 = -\frac{13,6}{4^2} + 13,6 \text{ d'où } 9_{max} = \frac{4hc}{3 \times 13,6} \text{ soit } 9_{max} = 1,22.10^{-7}m$$

$9_{max} < 4.10^{-7}m$: cette longueur d'onde appartient au domaine spectral de l'ultraviolet.

4- L'énergie d'ionisation : $E_i = E_\infty - E_1 = 13,6eV$

5-Un photon d'énergie $E < Ei$ ne peut être absorbé par l'atome d'hydrogène que si cette énergie E correspond à une transition entre deux niveaux de cet atome :

$$E = E_n - E_1 = -\frac{13,6}{n^2} + 13,6 \text{ soit } n = \sqrt{\frac{13,6}{13,6 - E}}$$

- Pour E = 8,2eV ; n = 1,58. Cette énergie ne sera pas absorbée. L'atome demeura dans son état fondamental.
- Pour E = 10,2eV ; n = 2. Cette énergie sera absorbée. L'atome passera dans son état excité n = 2
- Pour E = 13,6eV = E_i. Cette énergie sera absorbée et l'atome sera ionisé, l'électron étant au repos.
- Pour E = 14,6eV > E_i. Cette énergie sera absorbée et l'atome sera ionisé, l'électron ayant une énergie cinétique : $E_c = E - E_i = 1eV$.

Solution $P_{13} - 8$

1) a) Les traitements que l'on peut envisager sont le chauffage, la décharge électrique et l'irradiation par les photons car $E_{2s} < E_{3s}$, d'où apport d'énergie.

b) On a l'émission d'un photon d'énergie $h\nu = E_{3s} - E_{2s}$

2) * La longueur d'onde de la lumière correspondante à ces photons.

$$E = E_{3s} - E_{2s} = \frac{hC}{\lambda} \text{ d'où } \lambda = \frac{hC}{E} \text{ or } E = \frac{E_0}{N} \text{ d'où}$$

$$\lambda = \frac{hC}{E_0} N = \frac{6,62.10^{-34} \times 3.10^8 \times 6,02.10^{23}}{301,13.10^3} = 3,97.10^{-7} m = 0,397 \mu m$$

- Cette radiation appartient au spectre visible
- Couleur violette

Solution $P_{13} - 9$

1) * Variation d'énergie correspondante : $\Delta E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$

- Calcul des énergies des niveaux (en.eV)

Raies de lyman

O ($p = \infty$) $\Delta E_{lym} = 6,626.10^{-34} \times 2,998.10^8 \times 10,96776.10^6$

↓

E_1 ($n = 1$) $\Delta E_{lym} = 2,18.10^{-18} J = 13,6 eV$

Ainsi $\Delta E_{lym} = -E_1 = +13{,}6eV$ d'où $E_1 = -13{,}6$ eV

Raies de Balmer

O ——— p = ∞ $\Delta E_{balmer} = 3{,}4eV$

E_2 ——— n = 2 Ainsi $\Delta E_{balmer} = -E_2$ d'où $E_2 = -3{,}4eV$

Raies de Paschen

O ——— p = ∞ $\Delta E_{pasch} = 1{,}51eV$ $E_3 = -1{,}51eV$

E_3 ——— n = 3

2) * Montrons que : $E = -\frac{E_0}{n^2}$

$\frac{E_1}{E_2} = \frac{13{,}6}{3{,}4} = 4 \Rightarrow E_1 = 4E_2 = 2^2E_2$

$\frac{E_1}{E_3} = \frac{13{,}6}{1{,}51} = 9 \Rightarrow E_1 = 9E_3 = 3^2E_3$

En posant $E_1 = -E_O \Rightarrow E_2 = -\frac{E_0}{2^2}$ et $E_3 = -\frac{E_0}{3^2}$

Ainsi d'une façon générale : $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$

- Détermination de n

$E_1 = -\frac{E_0}{n_1^2} \Rightarrow n_1^2 = 1 \Rightarrow n_1 = 1$; $E_2 = -\frac{E_0}{n_2^2} \Rightarrow n_2^2 = 4 \Rightarrow n_2 = 2$

$E_3 = -\frac{E_0}{n_3^2} \Rightarrow n_3^2 = 9 \Rightarrow n_3 = 3$

3) * Explication

$\Delta E = E_p - E_n = -\frac{E_O}{p^2} + \frac{E_O}{n^2} = -E_O\left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2}\right)$

Pour Lyman la transition de p à n = 1

$\Delta E = -E_O\left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{1^2}\right) = E_L$

- Les expressions analogues de E_B et E_p

Pour Balmer, la transition p ⟶ n = 2 : $\Delta E = -E_O\left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{2^2}\right) = E_B$

* Pour Paschen, La transition p ⟶ n = 3 : $\Delta E = -E_O\left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{3^2}\right) = E_p$

P_{14}

SOLUTIONS DES EXERCICES SUR LE NOYAU ATOMIQUE ET LES REACTIONS NUCLEAIRES

Solution $P_{14} - 1$

1/ a) "235 " et "238" représentent le nombre total de nucléons ou nombre de masse de chaque variété ; "92" représente le nombre de charge.

b) Le noyau de l'uranium 235 est composé de 92 protons et de 235 - 92 = 143 neutrons. Pour l'uranium 238 on a 92 protons et 238 - 92 = 146 neutrons.

c) Mêmes propriétés chimiques à cause du même nombre de charge.

2/ L'énergie de liaison est l'énergie qu'il faut fournir pour briser un noyau en ses nucléons (ou encore l'énergie libérée lorsqu'un noyau se forme à partir de ses nucléons séparés).

3/ Pour l'uranium 235 on a : $\Delta m_1 = 92\, m_p + (235 - 92)\, m_n - m_{235} = 1{,}91302$ u

$E_{\ell 1} = \Delta m_1 . C^2 = 1781{,}978$ MeV ; $E_1 = \dfrac{E_{\ell 1}}{23} = 7{,}583$ MeV/nucléon.

Pour l'uranium 238 on a : $\Delta m_2 = 92\, m_p + (238 - 92) m_n - m_{238} = 1{,}8824$ u ;

$E_{\ell 2} = \Delta m_2 . C^2 = 1753{,}455$ MeV ; $E_2 = \dfrac{E_{l2}}{238} = 7{,}367$ MeV/nucléon ;

4/ $m = \dfrac{99{,}29}{100}\, m_{238} + \dfrac{0{,}71}{100}\, m_{235} = 238{,}0291$ u.

Solution $P_{14} - 2$

1/ L'unité de masse atomique est le douzième de la masse d'un atome de carbone 12.

$$1u = \frac{m_C}{12} = \frac{M}{12N_A} = \frac{12.10^{-3}}{12 \times 6{,}02.10^{23}} = 1{,}66.10^{-27}\ kg$$

2/ $\Delta m = 92\, m_p + (235 - 92)\, m_n - m_u = 1{,}91302$ u. $\Delta E = \Delta m C^2 = 1782$ MeV $= 2{,}85.10^{-16}$ MJ. 3/ E = 730 MJ $= 7{,}30.10^8$ J.

Solution $P_{14} - 3$

1/ a) $? = 2\,{}^{1}_{0}n$; b) $\Delta E = -200$ MeV ; pour 1 g on a :

$\Delta E_o = \dfrac{N_A \Delta E}{235} = -5{,}12.10^{23}$ MeV $= -8{,}2.10^4$ MJ. 2/ a) Dans les 3 cas, $? = {}^{0}_{-1}e$.

b) $N = N_o e^{-\lambda t}$ avec $\lambda = \dfrac{\ln 2}{T}$; c) Pourcentage $p = \dfrac{N}{N_o} = e^{-}$

on a 0,933 = 93,3 % pour le césium, 1 = 100 % pour le rubidium et 0 = 0 % pour le brome.

Solution P_{14} – 4

1/ a) $92 = 57 + x$ d'où $x = 35$; $235 + 1 = 148 + 85 + y$ d'où $y = 3$

b) $\Delta m = 235{,}044 + 1{,}009 - (147{,}932 + 84{,}916 + 3 \times 1{,}009) = 0{,}178$ u ;

$\Delta E = \Delta m.C^2 = 165{,}807$ MeV $= 2{,}65.10^{-11}$ J.

2/ $E' = N.\Delta m'.C^2 = 6{,}02.10^{23} \times 0{,}2 \times 931{,}5 = 1{,}21.10^{26}$ MeV $= 1{,}79.10^{13}$ J

3/ $r = \dfrac{E_{\text{électricité}}}{E_{\text{libérée}}} = \dfrac{P.t}{E_{\text{libérée}}}$ d'où $E_{\text{libérée}} = \dfrac{P.t}{r}$

235,044 u de U $\leftrightarrow 0{,}2\ uC^2$;

m de U $\leftrightarrow E_{\text{libérée}}$ d'où $E_{\text{libérée}} = \dfrac{m \times 0{,}2\ uC^2}{235{,}044\ u} = \dfrac{P.t}{r}$

On a donc $m = \dfrac{235{,}044.P.t}{0{,}2\ r.C^2} = 676{,}93$ g

4/ 1 kg de fioul $\leftrightarrow E = rW$

m' $\leftrightarrow E' = P.t$

d'où $m' = \dfrac{P.t}{r.W} = 1{,}152.10^{9}$ kg

5/ Prix de l'uranium utilisé = 10831 F

Prix du fioul utilisé = $1{,}958.10^{11}$ F

Il est plus économique d'utiliser l'uranium 235.

Solution P_{14} – 5

1/ ${}^{1}_{0}n + {}^{14}_{7}N \longrightarrow {}^{14}_{6}C + {}^{1}_{1}p$; ${}^{14}_{7}C \longrightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{14}_{7}N$; $T = \dfrac{\ln 2}{\lambda} = 1{,}76.10^{11}$ s.

2/ $A = A_o e^{-\lambda t}$; on en tire $t = -\dfrac{1}{\lambda} \ln \dfrac{A}{A_o} = \dfrac{1}{\lambda} \ln \dfrac{A_o}{A} = 1{,}76.10^{12}$ s.

Solution P_{14} – 6

1/ a) ${}^{243}_{95}Am \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{239}_{93}Np$; b) 458 ans ; c) $1{,}513.10^{-3}$ ans^{-1}

2/ ${}^{4}_{2}He + {}^{9}_{4}Be \longrightarrow {}^{12}_{6}C + {}^{1}_{0}n$ (X = C) 3/ B = Y ; x = 39 ; y = 3 ; A = 1.

Solution P_{14} – 7

1/ ${}^{227}_{90}Th \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{223}_{88}Ra$ 2/ a) C'est le temps nécessaire pour que la moitié des noyaux de cet élément subisse la désintégration.

b) $A_c = \lambda N_o = \dfrac{\ln 2}{T} \dfrac{\mathcal{N}\ m_o}{M} = 1{,}16.10^{15}$ Bq c) $\Delta m = m_o - m = m_o (1 - e^{-\lambda t}) = 0{,}678$ g

$A = A_o e^{-\lambda t} = 3{,}72.10^{14}$ Bq d) $m = \frac{2m_o}{3} = m_o e^{-\lambda t}$ d'où t = 10,7 jours

Solution P_{14} – 8

1/ a) $^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{206}_{82}Pb + x\,{}^{4}_{2}He + y\,{}^{0}_{-1}e$; x = 8 ; y = 6

b) Dans l'ordre 1,2,3,4,5 on a :

$^{214}_{82}Pb \longrightarrow {}^{214}_{83}Bi + {}^{0}_{-1}e$; $^{214}_{83}Bi \longrightarrow {}^{214}_{84}Po + {}^{0}_{-1}e$; $^{214}_{83}Bi \longrightarrow {}^{210}_{81}Tl + {}^{4}_{2}He$

$^{214}_{84}Po \longrightarrow {}^{210}_{82}X + {}^{4}_{2}He$; $^{210}_{81}Tl \longrightarrow X + {}^{0}_{-1}e$; X = Plomb (Pb).

2/ a) $E = |\Delta mC^2| = |m_2 + m_3 - m_1|C^2$; $v = \sqrt{\frac{2E}{m_3}}$ $15{,}438.10^6$ m.s^{-1}

b) $E = \frac{1}{2}mv'^2 + \frac{hc}{\lambda}$ d'où $\lambda = 1{,}249.10^{-12}$ m.

Solution P_{14} – 9

1/ $^{210}_{84}Po \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{206}_{82}Pb$ 2/ a) $\Delta E = (m_2 + m_3 - m_1)C^2 \simeq -6{,}6$ MeV $\simeq$ $1{,}05.10^{-12}$ J ; $\Delta E \simeq -6{,}6.10$ eV ; b) $|\Delta E| = \frac{1}{2}m_2V^2$ d'où V = $17{,}8.10^6$ m/s

c) $E_{photon} = \frac{hc}{\lambda} = 1{,}24$ MeV ; $|\Delta E| = \frac{1}{2}m_2v'^2 + \frac{hc}{\lambda}$ d'où V' = 16.10^6 m/s

3/ a) $m = m_o e^{-\lambda t}$ avec $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$; à $t_1 = 280$ jours $= 2T$, on a : $m'_1 = \frac{m_o}{4} = 0{,}5$ g ;

à $t_2 = 420$ jours $= 3T$, on a $m'_2 = \frac{m_o}{8} = 0{,}25$ g ; à $t_3 = 2$ ans $= 2 \times 365{,}25$ jours

on a $m'_3 = m_o e^{-\lambda t_3} = 0{,}0537$ g b) $m = m_o - \frac{2}{3}m_o = m_o e^{-\lambda t'}$ d'où

$t' = \frac{\ln 3}{\lambda} \simeq 222$ jours c) à $t_1 = 280$ jours $= 2T$ on a $A = A_o e^{-\lambda t_1} = \frac{A_o}{4}$

$A = \frac{\lambda N_o}{4} = \frac{\lambda m_o}{4m_1} = 4{,}31.10^{15}$ Bq d) Le nombre de noyaux de polonium disparu est égal au nombre de noyaux d'hélium formé d'où à $t = t_1$, $m'_1 = 0{,}5$ g et

$m_{hélium} = \frac{(m_o - m'_1)m_2}{m_1} = 0{,}0285$ g ; $V_{hélium} = \frac{22{,}4 \times m_{hélium}}{m_2} = 160$ cm^3

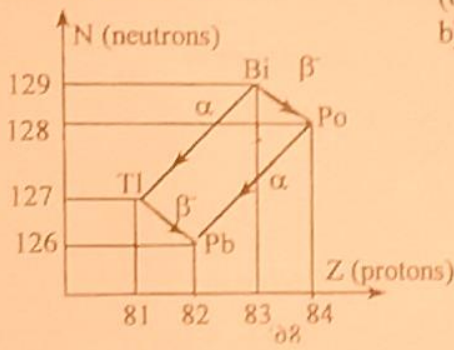
Solution P_{14} – 10

1/ a) La particule α est un noyau d'hélium ; la particule β^- est un électron.

$^{212}_{83}Bi \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{208}_{81}Tl$; $^{212}_{83}Bi \longrightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{212}_{84}Po$

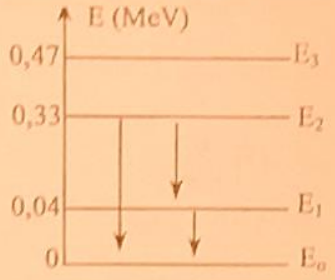
b) $^{208}_{81}Tl \longrightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{208}_{82}Pb$; $^{212}_{84}Po \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{208}_{82}Pb$

c) Voir diagramme N = f(z)



2) a) Il y a émission de photons (ou de rayonnement γ).

b) Différentes façons de retour.



- Passage de E_2 à E_o : $\Delta E = 0,33$ MeV ; $\nu_{20} = \frac{\Delta E}{h} = 7,97.10^{19}$ Hz et $\lambda_{20} = 3,76.10^{-12}$ m

- Passage de E_2 à E_1 : $\Delta E = 0,33 - 0,04 = 0,29$ MeV ; $\nu_{21} = 7,01.10^{19}$ Hz et $\lambda_{21} = 4,28.10^{-12}$ m.

- Passage de E_1 à E_o : $\Delta E = 0,04 - 0 = 0,29$ MeV ; $\nu_{10} = 0,96.10^{19}$ Hz et $\lambda_{10} = 31,03.10^{-12}$ m.

- On constate que $\nu_{20} = \nu_{21} + \nu_{10}$

3/ a) $A = \frac{1,89.10^{17}}{7} = 27.10^{15}$ Bq b) $A_o = \lambda N_o$ avec $N_o = \frac{m_o N}{M}$ d'où

$T = 60,7$ min et $\lambda = 1,9.10^{-4}$ s^{-1} $= 11,4.10^{-3}$ min^{-1} c) $m = m_o e^{-\lambda t}$;
on a : 0,0494 g ; 0,0472 g ; 0,0252 g et $2,76.10^{-16}$ g

d) $m = m_o - \frac{7}{8}m_o = m_o e^{-\lambda t}$ d'où $t = \frac{\ln 8}{\lambda} = 182,4$ min $= 10944$ s.

Solution P_{14} – 11

1/ Il faut consulter un livre ou votre cahier de cours. 2/ a = 35 ; b = 3 ; c = 13 ;
d = 7 ; e = 95 ; f = 54 ; g = 4 ; h = 2 ; X = He ; i = 0 ; j = 2

3/ a) x = 39 ; y = 3 b) $\Delta E_{e_1} = (m_I + m_y + 3\,m_n - m_x)C^2 = -160,77$ MeV $= -2,57.10^{-11}$ J.

Pour 1 kg on a $\Delta E = \frac{\Delta E_o \times_1}{m_U} = -4,12.10^{26}$ MeV $= -6,59.10^{13}$ J.

4/ a) Pour une fusion $\Delta E'_e = (m_{He} + m_n - 2m_D)C^2 = -2,14$ MeV $= -3,42.10^{-13}$ J

Pour 4 g on a $\Delta E' = \frac{\Delta E_o \times 4.10^{-3}}{2m_D} = -1,28.10^{24}$ MeV $= -2,04.10^{11}$ J

b) $m = \frac{60.10^6 \times 4}{2,04.10^{11}} = 1,17.10^{-3}$ g $= 1,17$ mg.

Solution P_{14} – 12

1/ $E = NE_1 = \frac{m\,NE_1}{M} = 1,204.10^{30}$ eV $= 1,92.10^{11}$ J

2/ a) $m\vec{v}_o = M\vec{V} + m\vec{v}$; $\frac{1}{2}mV_o^2 = \frac{1}{2}MV^2 + \frac{1}{2}mv^2$; ces deux lois de conservation permettent d'obtenir $v = \left|\frac{m - M}{m + M}\right| v_o$. b) $E_o = \frac{1}{2}mv_o^2$;

$E_c = \frac{1}{2}mv^2 = (\frac{m - M}{m + M})\,E_o$.

3/ $E_1 = E_o(1 - 0,14) = 0,86\,E_o$; $E_2 = 0,86\,E_1 = 0,86^2\,E_o$; ainsi de suite on a :

$E_n = 0,86^n.E_o$ ou $\frac{E_n}{E_o} = 0,86^n$ d'où $\log\frac{E_n}{E_o} = \log 0,86^n = n \log 0,86$;

$n = \frac{\log (E_n/E_o)}{\log 0,86} = 106,86 \sim 107$ chocs.

Solution de P_{14} – 13

1- L'équation-bilan s'écrit $^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{A}_{Z}X$

- Conservation du nombre de masse : $238 = 4 + A$ d'où $A = 234$
- Conservation du nombre de charge : $92 = 2 + Z$ d'où $Z = 90$

Le noyau – fils est un noyau de thorium 234.

D'où l'équation-bilan demandée : $^{238}_{92}U \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{234}_{90}Th$

2- a) * Le noyau d'uranium comporte : 92 protons et 146 neutrons.

Son énergie de liaison par nucléon : $\frac{E_{\ell U}}{A} = \frac{(92\,m_p + 146\,m_n - m_U)c^2}{238} = 7,226$ MeV/ nucléon

* Le noyau de plomb comporte : 82 protons et 124 neutrons

Son énergie de liaison par nucléon : $\frac{E\ell_{pb}}{A'} = \frac{(82\,mp + 124\,mn - mpb)c^2}{206} = 7,866$ MeV/ nucléon.

b) $\frac{E\ell_{pb}}{A'} > \frac{E_{\ell U}}{A}$ alors le noyau de plomb 206 est plus stable que le noyau d'uranium 238.

3- a) L'activité d'un échantillon radioactif est le nombre moyen de désintégrations par seconde dont il est le siège. L'activité se mesure en becquerel (Bq) qui correspond à une désintégration par seconde.

On a : $A = \frac{740}{60} = 12,33$ Bq.

b) constante radioactive : $\lambda = \frac{A}{N} = \frac{A \times M(U)}{\mathcal{N}A \times m} = \frac{12,33 \times 238}{6,02.10^{23} \times 10^{-3}} = 4,875.10^{-18} s^{-1}$

- La période radioactive T d'un radionucléide est le temps nécessaire pour que la moitié des noyaux de ce nucléide subisse la désintégration

On a : $T = \frac{\ell n 2}{\lambda} = 1,42.10^{17} s = 4,5.10^{9}$ ans

T est du même ordre de grandeur que l'âge de la terre ($4,6.10^{9}$ ans)

Solution de P 14 – 14 (non corrigé)

Solution de P 14 – 15

1) a) Equation de la réaction : ${}^{238}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{239}_{92}U$

b) Equation des désintégrations et valeurs de A et Z

${}^{239}_{92}U \longrightarrow 2.{}^{0}_{-1}e + {}^{A}_{Z}Pu$

- Conservation du nombre de masse : $239 = 0 + A$ d'où $A = 239$
- Conservation du nombre de charge : $92 = -2 + Z$ d'où $Z = 94$

et ${}^{239}_{92}U \longrightarrow {}^{239}_{94}Pu + 2\,{}^{0}_{-1}e$

2) Détermination de x et y

${}^{235}_{92}U + {}^{1}_{0}n \longrightarrow {}^{94}_{x}Sr + {}^{y}_{54}Xe + 2.{}^{1}_{0}n$

- Conservation du nombre de masse : $235 + 1 = 94 + y + 2$ d'où $y = 140$
- Conservation du nombre de charge : $92 = 54 + x$ d'où $x = 38$

3) a) L'équation de la réaction : ${}^{234}_{92}U \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{230}_{90}Th$

Le noyau fils est donc le thorium 230

b) Energie dégagée

$|\Delta E| = |(m_{Th} + m_{He} - m_U)|C^2 = |229,9737 + 4,0015 - 233,9904| \times 931,5$

$|\Delta E| = 14,159$ MeV $= 2,265.10^{-12}$ J

c) Vitesse d'expulsion de la particule α. Si le noyau fils emporte 2 % de ladite énergie, on aura : $E_{C_\alpha} = \frac{98}{100}|\Delta E|$

soit $E_{C_\alpha} = \frac{1}{2}mV_\alpha^2 = \frac{98}{100}|\Delta E|$ d'où

$V_\alpha = \sqrt{\frac{2 \times 98 \times |\Delta E|}{100\,m}} = \sqrt{\frac{2 \times 98 \times 2,265.10^{-12}}{100 \times 4,0015 \times 1,66.10^{-27}}}$ $V_\alpha = 2,58.10^{7}\ ms^{-1}$

Solution de P_{14} – 16

1) Activité de la source : $r = \frac{A}{A_0}$ d'où $A_0 = \frac{A}{r} = \frac{6.10^5}{60 \times 5.10^{-2}}$

$A_0 = 2.10^5$ Bq $= 5{,}4.10^{-6}$ Ci

2) L'activité de la source dans 20 ans

$A = A_0 e^{-\lambda t}$ or $\lambda = \frac{\ln 2}{T}$ d'où $A = A_0 e^{-t \frac{\ln 2}{T}} = A_0 2^{-t/T}$; $A = 3{,}75.10^{-7}$ Ci

3) Masse du Cobalt dans la source actuelle

$A_0 = \lambda N_0 = \frac{\ln 2}{T} \times \frac{N \times m_0}{M}$ d'où $m_0 = \frac{A_0 \times M \times T}{\ln 2 \times N} = 4{,}71.10^{-9}$ g

4) Masse du cobalt dans la source dans 20 ans

$m = m_0 e^{-\lambda t} = m_0 \times 2^{-t/T} = 3{,}28.10^{-10}$ g

5) * Période après 20 ans

La période d'un élément radioactif étant une constante.

On a donc T = 5,2 ans.

* L'élément ne "vieillit" pas.

Solution de P_{14} – 17

1) Equation bilan de la réaction :

$$^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{137}_{55}C_s + ^{97}_{80}Z_r + x\,^{1}_{0}n + y\,^{0}_{-1}e + \gamma$$

- Conservation du nombre de masse : $235 + 1 = 137 + 97 + x$ d'où $x = 2$
- Conservation du nombre de charge : $92 + 0 = 55 + 80 - y$ d'où $y = 43$

Finalement : $^{235}_{92}U + ^{1}_{0}n \longrightarrow ^{137}_{55}C_s + ^{97}_{80}Z_r + 2\,^{1}_{0}n + 43\,^{0}_{-1}e + \gamma$

2) * Calcul de l'énergie libérée :

$E = E_{C_s} + E_{Z_r} - E_U = 206$ MeV $= 3{,}3.10^{-11}$ J

* Elle apparaît sous forme d'énergie cinétique et de rayonnement

3) * L'énergie libérée par 1 g d'uranium

$n = \frac{m}{M} = \frac{m}{A.u}$ d'où $E' = E \times \frac{m}{A.u}$

$E' = 3{,}3.10^{-11} \times \frac{10^{-3}}{235 \times 1{,}66.10^{-27}} = 8{,}46.10^{10}$ J $= 5{,}28.10^{23}$ MeV

* Calcul de la consommation journalière

$r = \frac{P_{él}}{P_{nu}} \Rightarrow P_{nu} = \frac{P_{él}}{r}$ soit $W = P_{nu} \times t = \frac{P_{él}}{r} \times t$

Pour 1 g l'énergie libérée est E' alors $m_U = \frac{W}{E'}$ soit

$m_U = \frac{P_{él} \times t}{r \times E'} = \frac{8.10^8 \times 100 \times 24 \times 3600}{30 \times 8{,}46.10^{10}} = 2723{,}4$ g $\simeq 2{,}7$ kg

Solution de P_{14} – 18

1) a) C'est une réaction de fission

b) Calcul de x et A. on pose $\begin{cases} 236 = 94 + 11 + A \\ 92 = x + 54 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = 131 \\ x = 38 \end{cases}$

On utilise la loi de conservation du nombre de charge et la loi de conservation du nombre de masse.

2) Le rendement r de la centrale

$r = \frac{E_r}{E_{th}}$ or $E_{th} = \frac{m.E_m}{A.u}$ d'où $r = \frac{E_r.A.u}{m.E_m}$

$r = \frac{3.10^{16} \times 236 \times 1,67.10^{-27}}{1150 \times 200 \times 1,6.10^{-13}} = 0,32$; r = 32 %

3) a) Equation bilan : ${}^{131}_{53}I \longrightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{131}_{54}X_e + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$; b) Voir cours

c) Relation entre A, T et N

$T = \frac{\ln 2}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{T}$ or $A = -\frac{dN}{dt} = \lambda N$ (avec $N = N_o e^{-\lambda t}$)

d'où $A = \frac{N \ln 2}{T}$

4) Calcul de A à l'instant t = 60 jours : $A = A_o e^{-\frac{\ln 2}{T}.t} = 1,53.10^7$ Bq

CORRIGE – TYPE DU SUJET 1

CHIMIE I

I/ 2-méthylpropan-1-ol ; fonction alcool ; alcool primaire

2/ a) *Equation-bilan de la réaction : cas où l'oxydant est en défaut.

$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ (réduction)

$CH_3 - CH(CH_3) - CH_2OH \longrightarrow CH_3 - CH(CH_3) - CHO + 2H^+ + 2e^-$ (oxydation)

Bilan : $Cr_2O_7^{2-} + 8H^+ + 3\,CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - CH_2OH \longrightarrow 2Cr^{3+} + 3\,CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - CHO + 7H_2O$

ou $Cr_2O_7^{2-} + 8H_3O^+ + 3CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - CH_2OH \rightarrow 2Cr^{3+} + 3CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - CHO + 15H_2O$

* Equation-bilan de la réaction, l'oxydant étant en excès

$Cr_2O_7^{2-} + 14H^+ + 6e^- \longrightarrow 2Cr^{3+} + 7H_2O$ (réduction)

$CH_3 - CH(CH_3) - CH_2OH + H_2O \longrightarrow CH_3 - CH(CH_3) - COOH + 4H^+ + 4\,e^-$ (oxydation)

Bilan : $2Cr_2O_7^{2-} + 16H^+ + 3CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - CH_2OH \longrightarrow 4Cr^{3+} + 11H_2O + 3CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - COOH$

ou $2Cr_2O_7^{2-} + 16H_3O^+ + 3CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - CH_2OH \longrightarrow 4Cr^{3+} + 27H_2O + 3CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - COOH$

b) Dans le 1er cas (oxydant en défaut) on obtient du 2-méthylpropanal qui peut être identifié en utilisant ou le réactif de Schiff, ou la liqueur de Fehling ou le réactif de Tollens.

Dans le 2ème cas (oxydant en excès) on obtient de l'acide 2-méthylpropanoïque qui est mis en évidence par le bleu de bromothymol ou un autre indicateur coloré.

3/ a) $H - \underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}} - O - CH_2 - CH_2CH_3$; $CH_3 - CH_2 - \underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}} - O - CH_3$; $CH_3 - \underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}} - O - CH_2 - CH_3$

b) On peut agir le sodium sur le composé E anhydre ; il se dégage du dihydrogène : E est donc un alcool.

On oxyde E de façon ménagée : la réaction étant positive, l'alcool E est un alcool primaire ou un alcool secondaire.

On fait ensuite agir la 2,4-DNPH sur le produit de l'oxydation de E : le test positif met en évidence la fonction carbonyle.

On fait réagir ensuite le réactif de Schiff ; le test négatif prouvera que le composé testé est une cétone : par conséquent E est un alcool secondaire.

(D) $H - COOH$ acide méthanoïque (fonction acide carboxylique)

(E) $CH_3 - CHOH - CH_3$ propan – 2 – ol (fonction alcool)

4/ a)

(G) $H - \underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}} - O - \underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}} - H$ anhydride méthanoïque (anhydride d'acide)

b) $H - \underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}} - O - \underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}} - H + CH_3 - CHOH - CH_3 \longrightarrow H - \underset{\displaystyle O}{\underset{\|}{C}} - O - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - CH_3 + HCO_2H$

5/ (I) $H - C(=O) - Cl$ chlorure de méthanoyle (fonction chlorure d'acyle ou chlorure d'acide)

CHIMIE II

1/ a) $R - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH} - COOH$ ou $C_nH_{2n+1} - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CHCOOH}$

b) On bloque la fonction amine en la transformant en amide par réaction de l'aminoacide avec un acide carboxylique ou anhydride d'acide ou chlorure d'acyle. On bloque la fonction acide en estérifiant l'aminoacide avec un alcool.

2/ $C_a = \dfrac{C_bV_b}{V_a} = \dfrac{m}{MV}$ d'où $M = \dfrac{mV_a}{C_bV_bV} = 89$ g/mol or $M = 14n + 75$ soit

$n = 1$ d'où la formule $CH_3 - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH} - COOH$ acide2-aminopropanoïque.

3/ a) $CH_3 - \underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH} - COO^-$ (amphion) ; $CH_3 - \underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH} - COOH$ (diacide) ; $CH_3 - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH} - COO^-$ (dibase)

b) et c) * $CH_3 - \underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH} - COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3 - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH} - COO^- + H_3O^+$. On a le couple amphion/dibase de $pK_{a_2} = 9,9$

* $CH_3 - \underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH} - COO^- + H_2O \rightleftharpoons CH_3 - \underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH} - COOH + OH^-$. On a le couple diacide/amphion de $pK_{a_1} = 2,3$

4/ a) faux b) faux c) vrai

PHYSIQUE I

1/ a)



$F_e = qE_1$, $q > 0$, $\vec{F}_e$ et $\vec{E}_1$ ont le même sens

b) $E_{c_f} - E_{c_i} = q(V_{P_1} - V_{P_2}) = qU$ avec $E_{c_i} = 0$

$E_c = \dfrac{1}{2}mv_o^2 = qU$ d'où $v_{O_1} = \sqrt{\dfrac{2qU}{m_1}}$ et $v_{O_2} = \sqrt{\dfrac{2qU}{m_2}}$

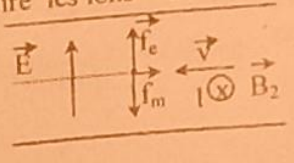
A.N. : $v_{O_1} = 3.10^5$ m/s ; $v_{O_2} = 2,96.10^5$ m/s 2/ a) voir cours

b) $R_1 = \dfrac{m_1v_{o_1}}{qB_1} = 2,66.10^{-1}$ m ; $R_2 = \dfrac{m_2v_{o_2}}{qB_1} = 2,7.10^{-1}$ m

$C_1C_2 = 2R_2 - 2R_1 = 8.10^{-3}$ m

$OC_1 = 2R_1$; $OC_2 = 2R_2$; $OC_1 < OC_2$ donc en C_1 sortent les ions de faible masse c'est-à-dire les ions $^{68}Zn^{2+}$; en C_2 on a les ions $^{70}Zn^{2+}$

3/



$\vec{f}_e + \vec{f}_m = \vec{O} = q\vec{E}_2 + q\vec{v} \wedge \vec{B}_2$

soit $\vec{E}_2 = -\vec{v} \wedge \vec{B} \Rightarrow E_2 = vB_2$

avec $v = v_1 = 3.10^5$ m/s

A.N. : $E_2 = 3.10^4$ V/m

PHYSIQUE II

1/ a) et b) $L = \frac{\phi}{i} = \frac{NBS}{i}$ avec $B = \mu_0 \frac{Ni}{\ell}$ et $S = \pi \frac{d^2}{4}$

d'où $L = \frac{\mu_0 N^2 S}{\ell} = \frac{\mu_0 \pi d^2 N^2}{4\ell} = 5$ mH

c) $\mathcal{L}$ = N.circonférence = $N\pi d = 157$ m

2/ a) voir schéma du texte.

$u = V_A - V_B = R_i - e + v = Ri + \frac{Ldi}{dt} + ri = (R + r)\, i + \frac{Ldi}{dt}$

b) $v = ri$ d'où $i = \frac{v}{r}$ et $\frac{di}{dt} = \frac{1}{r} \frac{dv}{dt}$ donc $u = \frac{(R + r)v}{r} + \frac{Ldv}{rdt}$

c) $v = V_e$; $\frac{dv}{dt} = o$ et $u = U_e$ donc $U_e = \frac{(R + r)V_e}{r}$

On en déduit $R = r\left(\frac{(U_e - V_e)}{V_e}\right) = \frac{r}{3}$ en ohm.

3/ a) $\phi_1 = NSB$, $\phi_2 = 2\phi_1 = 2NSB$; $e_m = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t}$



$|e_m| = \frac{NSB}{\Delta t} = 19{,}6$ V b) $i = \frac{|e_m|}{R} = \frac{3\,|e_m|}{r} = \frac{58{,}8}{r}$ en A

CORRIGE – TYPE DU SUJET 2

Exercice I

1/ L'affirmation est inexacte car le pH est une grandeur sans unité.
2/ L'affirmation est exacte car les ions H_3O^+ apportés par la solution d'acide fort réagissent avec les ions OH^- apportés par la solution de base forte suivant l'équation-bilan proposée.
3/ L'affirmation est inexacte car on obtient du propan-2-ol de façon majoritaire.
4/ L'affirmation est inexacte car les deux molécules d'acide peuvent être différentes.
5/ L'affirmation est exacte en considérant l'équation suivante :

$$S_2O^{2-}_3 + 2H_3O^+ \longrightarrow S + SO_2 + 3H_2O$$

6/ L'affirmation est fausse car la valeur algébrique de l'accélération peut être négative.
7/ L'affirmation est exacte car le rayon de l'orbite du satellite ne dépend pas de sa masse
8/ La fréquence propre du circuit LC est $N_o = 1/2\pi\sqrt{LC}$. Ainsi, si $C' = 4C$

On a $N'_o = 1/2\pi\sqrt{4LC} = N_o/2$; l'affirmation est exacte.

9/ L'affirmation est inexacte car une lumière monochromatique est indécomposable

10/ L'affirmation est inexacte car l'énergie d'un photon est inversement proportionnelle à la longueur d'onde de l'onde associée ($E = \frac{hC}{\lambda}$)

Exercice II

1/ a) Les différents tests permettent de dire que :
le flacon A contient le propan-1-ol
le flacon B contient le méthanal
le flacon C contient l'acide 2-méthylbutanoïque
le flacon D contient la butanone

b) (A) : $CH_3 - CH_2 - CH_2OH$ (B) : $H - CHO$

(C) : $CH_3 - CH_2 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}H} - COOH$ (D) : $CH_3 - \underset{\displaystyle O}{\underset{||}{C}} - CH_2 - CH_3$

c) Isomères de même fonction : pour A : $CH_3 - CHOH - CH_3$

Pour (C) : $CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - COOH$; $CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}H} - CH_2 - COOH$;

$$CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{C}}}} - COOH$$

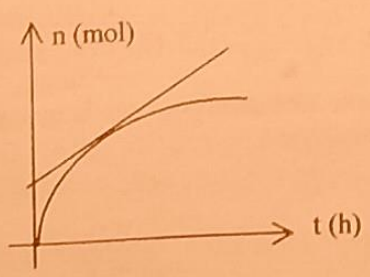
2/ a) Les produits réagissant l'un sur l'autre sont : le propan-1-ol et l'acide 2-méthylbutanoïque

$$CH_3\text{-}CH_2\text{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}H}\text{-}COOH + CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2OH \rightleftarrows H_2O + CH_3\text{-}CH_2\text{-}\underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{C}H}\text{-}\underset{\displaystyle O}{\underset{||}{C}}\text{-}O\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3$$

b) Nom du produit obtenu : 2-méthylbutanoate de propyle.
La réaction est lente, limitée et athermique.

3/ a) A une date t, le mélange est brusquement refroidi et l'acide restant est dosé. Si n_a est la quantité de matière d'acide restant à la date t, alors la quantité de matière d'ester n formée est égale à la quantité de matière d'acide disparue soit $n = 1\text{-}n_a$

b)



La vitesse instantanée est le coefficient directeur de la tangente à la courbe au point d'abscisse $t = t_1$

Pour $t = t_1 = 1$ h $v_1 = \frac{dn}{dt} = 0{,}25$ mol/h

Pour $t = t_2 = 4$ h $v_2 = 0{,}02$ mol/h

Exercice III

1/ a) voir énoncé dans un livre.

$\frac{1}{2}mv^2_B - 0 = W(\vec{P}) + W(\vec{R}) = mgd\sin\alpha$ d'où $v_B = \sqrt{2gdsin\alpha} = 7{,}1$ m/s

b) * Vitesse en C : $\frac{1}{2}mv_C^2 - \frac{1}{2}mv_B^2 = -2\,mgr$ d'où $v_C^2 = -4\,gr + 2\,gd\sin\alpha$

*Réaction en C : $\vec{R} + m\vec{g} = m\vec{a}$ soit $R + mg = \frac{mv_C^2}{r}$

d'où $R = mg\left(\frac{2d\sin\alpha}{r} - 5\right)$. Le contact imposé $R \geq 0$, autrement

$$\frac{2dsin\alpha}{r} - 5 \geq 0 \text{ d'où } r \leq \frac{1}{3} d\sin\alpha \text{ et } r_{max} = \frac{2}{5} d\sin\alpha$$

2/ a) Vitesse en C (voir 1/b) $v_c = \sqrt{2gdsin\alpha - 4gr} = 3{,}2$ m/s

b) Equation de la trajectoire.

Montrer que (voir cours) $x = v_c t$, $y = -\frac{1}{2}gt^2$ d'où $y = -\frac{gx^2}{2vc^2}$

c) Au point de chute, $yD = -2r = -\frac{1}{2}gt^2_D$ d'où $t_D = 0{,}63$ s

d) Caractéristiques de $\vec{v_D}$

Point d'application : D (x_D é2,0 m ; $y_D = -2$ m)

Direction et sens : $\theta = (\vec{CX}, \vec{v_D})$ tel que $\tan\theta = \frac{V_{D_y}}{V_{D_x}}$

$\tan\theta = \frac{-gt_D}{v_c} = -1{,}969$ soit $\theta = -63{,}1°$

- Norme : $v_D = \sqrt{v_c^2 + (gt_D)2} = 7{,}0$ m/s

Exercice IV

1/ a) Composition du noyau $^{226}_{88}Ra$ (88 proton, 138 neutrons)

b) $^{226}_{88}Ra \longrightarrow {}^{4}_{2}He + {}^{222}_{86}X$; le noyau fils X est donc $^{222}_{86}Rn$

c) Energie libérée : $E = (m_\alpha + m_{Rn} - m_{Ra})C^2 = -7{,}67.10^{-13}$ J $= -4{,}79$ MeV

Vitesse de la particule : $\frac{1}{2}m_\alpha v^2_\alpha = |E|$ d'où $v_\alpha = \sqrt{\frac{2|E|}{m}}$ 1,5.107 m/s

2/ a) La demi-vie ou période radioactive est la durée nécessaire pour que la moitié du nombre de noyaux initialement présents se désintègrent.

b) $m = m_o e^{-\lambda t}$ d'où $\frac{m}{m_o} = e^{-\lambda t}$ $e^{-t\ln 2/T} = 0{,}958$

3/ a) Le passage du 2è état excité à l'état fondamental s'accompagne d'une émission de photons γ.

b) Longueur d'onde : $E_3-E_1 = \frac{hc}{\lambda}$ d'où $\lambda = \frac{hc}{E_3-E_1} = 2{,}48.10^{-12}$ m.

CORRIGE – TYPE DU SUJET 3

CHIMIE I

1/ a) $R-C(=O)-OR' + OH^- \longrightarrow R-COO^- + R'OH$

b) $n_E = \frac{m_E}{M_E} = C_bV_b$ d'où $M_E = \frac{m_E}{C_bV} = 88$ g.mol^{-1}

$M_E\ (C_nH_{2n}O_2) = 14n + 32 = 88$ d'où $n = 4$; La formule brute est $C_4H_8O_2$

c) $H-C(=O)-O-CH(CH_3)-CH_3$ méthanoate de propyle

$H-C(=O)-O-CH(CH_3)-CH_3$ méthanoate d'isopropyle

$CH_3-C(=O)-O-CH_2-CH_3$ éthanoate d'éthyle

$CH_3-CH_2-C(=O)-O-CH_3$ propanoate de méthyle

2/ a) $C_aV_a = C_bV_b$ d'où $C_a = 0{,}1$ mol/L ; $M = \frac{C_m}{C_a} = 46$ g/mol

Formule brute : acide A CH_2O_2 ; alcool C CH_4O

b) L'ester E est : $CH_3-CH_2-COO-CH_3$ propanoate de méthyle

L'acide ayant servi est : CH_3-CH_2-COOH acide propanoïque

3/ $CH_3OH + H_2O \longrightarrow HCOOH + 4\,H^+ + 4e^-$

$Cr_2O_7^{2-} + 14\,H^+ + 6e^- \longrightarrow 2\,Cr^{3+} + 7H_2O$

L'équation bilan : $3CH_3OH + 2Cr_2O_7^{2-} + 16\,H^+ \longrightarrow 4\,Cr^{3+} + 11\,H_2O + 3\,HCOOH$

ou encore $3\,CH_3OH + 2Cr_2O_7^{2-} + 16\,H_3O^+ \longrightarrow 4\,Cr^{3+} + 27\,H_2O + 3\,HCOOH$

CHIMIE II

1/ $S_2O_8^{2-} + 2e^- \longrightarrow 2\,SO_4^{2-}$ et $2I^- \longrightarrow I_2 + 2e^-$

d'où l'équation bilan : $S_2O_8^{2-} + 2I^- \longrightarrow 2\,SO_4^{2-} + I_2$

3/ a) $[I^-]_o = \frac{C_rV_r}{V_r+V_o} = 0{,}2$ mol.L^{-1} ; $[S_2O_8^{2-}]_o = \frac{C_oV_o}{V_r+V_o} = 0{,}1$ mol.L^{-1}

Aucun réactif n'est en excès en effet $\frac{n_o(I^-)}{n_o(S_2O_8^{2-})} = \frac{C_r V_r}{C_o V_o} = 2$; ce qui correspond au rapport stoechiométrique : tous les réactifs disparaissent donc à la fin de la réaction.

b) $[I^-]_t = \frac{n_o - x}{V} = \frac{n_o}{V} - \frac{x}{V} = [I^-]_o - 2[I_2]_t$

4/ a) $[I^-]_r = \frac{[I^-]_o}{2} = 0{,}1 \text{ mol.L}^{-1}$; $[I_2] = \frac{0{,}1}{2} = 0{,}05$ mol/L ; on a graphiquement t = 23,4 min.

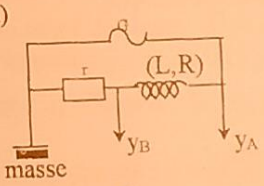
b) Cette dilution dans l'eau glacée permet de bloquer la réaction tout en conservant le nombre de moles des espèces présentes dans le mélange à cet instant.

c) $v_{I_2} = \frac{(2{,}96 - 0{,}8)10^{-2}}{10} = 2{,}16.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$

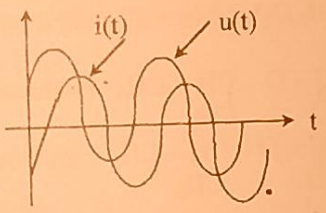
$v_{I^-} = \frac{-d[I^-]_t}{dt} = 2\frac{d[I_2]_t}{dt} = 2v_{I_2} = 4{,}32.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}.\text{min}^{-1}$

PHYSIQUE 1

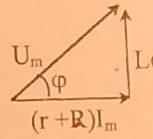
1/ a)



b)



c)



$\tan\varphi = \frac{L\omega}{r+R} = \frac{L\,2\pi N}{r+R} = 2{,}77$ d'où $\varphi = 1{,}22$ rad

2/ a) C'est le phénomène de résonance ; $LC\omega_o^2 = 1$ d'où $C = \frac{1}{4\pi^2 N^2_o L} = 1{,}5\ 10^{-6}$ F

b) $U_b = \sqrt{R^2 + L^2\omega^2_o} = \frac{U\sqrt{R^2 + L^2\omega^2_o}}{r+R} = 129{,}3$ V

$U_c = \frac{I}{C\omega_o} = \frac{U}{(r+R)(C\omega o)} \simeq 129$ V

c) $\frac{U_b}{U} = \frac{129{,}3}{12} = 10{,}77$; $\frac{U_c}{U} = \frac{129}{12} = 10{,}75$. Il y a surtension au niveau de la bobine et du condensateur d'où risque de claquage du condensateur.

PHYSIQUE II

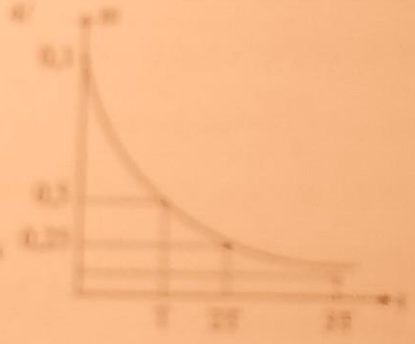
1/ a) Voir cours b) voir cours

2/

Radio-élément	Type de radioactivité	Equation de désintégration
$^{A}_{Z}P$	β^-	$^{A}_{Z}P \longrightarrow {}^{A}_{Z+1}S + {}^{0}_{-1}e$
$^{210}_{84}Po$	α	$^{210}_{84}Po \longrightarrow {}^{206}_{82}Pb + {}^{4}_{2}He$
$^{A}_{Z}K$	β^+	$^{A}_{Z}K \longrightarrow {}^{A}_{Z-1}Ar + {}^{0}_{+1}e$

3/ $N = \frac{m}{M}\mathcal{N} = 1,88.10^{23}$ noyaux

4/



5/ $-\frac{dN}{N} = \lambda dt$ d'où $[LnN]_{N_0}^{N} = -\lambda t$

$\frac{N}{N_0} = e^{-\lambda t}$ soit $N = N_0 e^{-\lambda t}$

6/ a) Temps au bout duquel la moitié des noyaux initialement présents se désintègrent.
Graphiquement T = 14 jours

b) $\frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T}$ d'où $\lambda = \frac{Ln2}{T} = 5,73.10^{-7}s^{-1}$

c) $A(t) = \lambda N = \lambda N_0 e^{-\lambda t} = 6,56.10^{16}$ Bq

CORRIGÉ - TYPE DU SUJET 4

CHIMIE I

1/ a) $Ag^+ + Cl^- \longrightarrow AgCl$ b) acide chlorhydrique

c) $C_a = 2.10^{-2}$ mol.l^{-1}

2/ a) Le flacon A contient la solution d'acide monochloroéthanoïque et le flacon C la solution d'acide éthanoïque b) $pK_a = 4,7$

3/ valeur prévisible pour le contenu du flacon B : pH = 7 à 25°C 4/ c) pH = 8,3

5/ $V_b = \frac{C_a V_a}{2C_b} = 20$ ml.

CHIMIE II

1/ $C_nH_{2n+1}-C(=O)-Cl$ 2/ a) $C_nH_{2n+1}COCl + CH_3OH \longrightarrow HCl + C_nH_{2n+1}COOCH_3$

b) $M = \frac{m}{C_bV} = 92,5$ g/mol ; c) $CH_3 - CH_2 - COCl$; chlorure de propanoyle

d) $CH_3 - CH_2 - COOCH_3$ propanoate de méthyle.

3 / a) $C_2H_5COOCH_3 + OH^- \longrightarrow C_2H_5CO_2^- + CH_3OH$ saponification
b) $V_1 = 6.10^{-4}$ mol.L^{-1}.min^{-1} ; $V_2 = 3,2.10\text{-}4$ mol.L^{-1}.min^{-1} ; p = 58,5 %

PHYSIQUE I

1/ $V_B = \sqrt{2gl\sin\alpha} = 3,16$ m.s^{-1} 2/ $V_C = 3,74$ m.s^{-1}

3/ $V_D = \sqrt{V_c^2 + 2gr(1 - \cos\varphi)} = 4,83$ m.s^{-1} 4/ a) $y = \frac{gx^2}{2V_o^2}$

b) $x_F = \frac{2V_o^2}{g}\tan\beta = 4,67$ m ; $y_F = x_F\tan\beta = 4,67$ m

En F, $x_F = V_o t_F$ d'où $t_F = \frac{x_F}{V_o} = 0,97$ s

PHYSIQUE II

1/ a) voir cours ou conservation du nombre total de nucléons et conservation de la charge électrique

b) $^{40}_{19}K \longrightarrow {}^{0}_{1}e + {}^{40}_{18}Ar + {}^{0}_{0}\nu$ 2/ a) douzième partie

de la masse d'un noyau d'atome de carbone 12

$1\ u = \frac{m}{12} = \frac{1}{2}\frac{M(^{12}C)}{\mathcal{N}} = 1,66.10^{-27}$ kg

b) $E = |\Delta m.C^2| = C^2(m_K - m_{Ar} - m_B) = 1,65.10^{-12}$ J = 10,32 MeV

3/ $T = \frac{\ln 2}{\lambda} = 4,75.1016$ s ; 4/ a) $N_K = N_o e^{-\lambda t}$;

$N_{Ar} = N_o - N_K = N_o(1 - e^{-\lambda t})$;

b) $\frac{N_{Ar}}{N_K} = \frac{1}{6} = \frac{1 - e^{-\lambda t}}{e^{-\lambda t}}$ d'où $t = 3,34.10^8$ ans.

CORRIGE TYPE DU SUJET 5

CHIMIE I

1/ $R-\underset{Cl}{CH}-COOH + NH_3 \longrightarrow R-\underset{NH_2}{CH}-COOH + HCl$

2/ a) Conseil : Il faut tracer soigneusement la courbe sur papier millimétré en respectant les échelles ; On a : $V_{AE} = 14,6$ mL et $pH_E = 5,5$

b) $C_bV_b = C_aV_{aE}$ d'où $C_a = \dfrac{C_bV_b}{V_{aE}}$; AN : $C_a = 10^{-1}$ mol.L^{-1}

c) $n_{HCl} = na\alpha \Rightarrow C_aV'_a = \dfrac{m}{M}$ d'où l'on tire $M = \dfrac{m}{C_aV'_a} = 75$ g/mol.

d) $M(C_nH_{2n+1}\underset{NH_2}{CH}-COOH) = 14n + 75$ d'où $n = 0$

La formule demandée est : NH_2-CH_2-COOH ; nom : acide 2-aminoéthanoïque.

e) L'acide 2-chloroalcanoïque a pour formule $Cl - CH_2 - COOH$

CHIMIE II

1/ Masse de peroxodisulfate d'ammonium : $m = C_sV_sM = 2,28$ g

2/ Volume de la solution : $C_oV_o = C_s'V_s'$; il vient $V_o = 20$ mL

3/ a) $2I^- \rightleftharpoons I_2 + 2e^-$

$S_2O_8^{2-} + 2e^- \rightleftharpoons 2SO_4^{2-}$

Equation-bilan : $2I^- + S_2O_8^{2-} \longrightarrow I_2 + 2SO_4^{2-}$

b/ $n_{S_2O_8^{2-}} = C_SV_S = 10^{-2}$ mol ; $n_{I^-} = C_S'V_S' = 2.10^{-2}$ mol

$\dfrac{n_{I^-}}{n_{S_2O_8^{2-}}} = 2$; ce qui est conforme à l'équation-bilan :

Le mélange est donc stoechiométrique

4/ a) On refroidit le prélèvement pour arrêter l'évolution de la réaction entre I^- et $S_2O_8^{2-}$

b) $n_{I_2} = \dfrac{n_{S_2O_8^{2-}}}{2} \Rightarrow [I_2]V_1 = \dfrac{C_2V_2}{2}$ d'où $[I_2] = \dfrac{C_2V_2}{2V_1}$

c) $n(S_2O_8^{2-})_t = n(S_2O_8^{2-})_o - n(S_2O_8^{2-})$ disparu or $n(S_2O_8^{2-})$disparu $= n(I_2)$formé

Il vient alors : $[S_2O_8^{2-}]_t = [S_2O_8^{2-}]_o - [I_2]_t$

d/ Conseil : Compléter le tableau en utilisant les formules des questions 4/b) et 4/c)

t(min)	0	4, 5	8	16	20	25	30	36	44	54	69
V_2(mL)	0	1,60	2,40	4,00	4,80	5,60	6,56	6,90	7,76	8,56	9,20
$[I_2]$ en 10^{-3} mol.L^{-1}	0	0,8	1,2	2,0	2,4	2,8	3,28	3,45	3,88	4,28	4,62
$[S_2O_8^{2-}]$ en 10^{-3} mol.L^{-1}	50	49,2	48,8	48	47,6	47,2	46,72	46,55	46,12	45,12	45,4

5/ Tracer le graphe $[S_2O_8^{2-}]_t = f(t)$ avec soin

6/ a) A $t_1 = 20$ min, on a : $v_1 \simeq 8.10^{-5}$ mol.L^{-1}.min^{-1}

A $t_2 = 40$ min, on a : $v_2 \simeq 5{,}25.10^{-5}$ mol.L^{-1} min^{-1}

Vitesse de disparition de l'ion I^- à la date t_2

Conseil : démontrer que $v_{I^-} = 2v_2$; A.N : $v_{I^-} = 10{,}5.10^{-5}$ mol.L^{-1}.min^{-1}

b) Comparaison entre v_1 et v_2 : $v_1 > v_2$

Physique I

1/

Analogies	Circuit oscillant (L, C)	Pendule élastique (m, k)
Relation importante	$i = -\frac{dq}{dt}$	$v = \frac{dx}{dt}$
Equation différentielle	$L\ddot{q} + \frac{q}{C} = 0$	$m\ddot{x} + kx = 0$
Pulsation propre	$\omega_o = \frac{1}{\sqrt{LC}}$	$\omega_o = \sqrt{\frac{K}{m}}$
Equation horaire	$q = q_m \cos(\omega_o t)$	$x = x_m \cos(\omega_o t)$
Energie totale	$E = E_E + E_M = \frac{q^2}{2C} + \frac{Li^2}{2}$	$E = E_p + E_C = \frac{Kx^2}{2} + \frac{mv^2}{2}$

2/ Les énergies totales des deux oscillateurs sont constantes

Justification : Montrer que $E = E_C + E_p = \frac{q_m^2}{2C}$ = constante

Montrer également que $E = E_C + E_p = \frac{1}{2} kx^2_m$ = constante.

3/a) $i = -C\frac{du}{dt}$; b) $C = 5.10^{-6}$ F ; $L = \frac{1}{\omega^2_o C} = 0{,}2$ H

$E = \frac{q_m^2}{2C} = \frac{CU_m^2}{2C} = 10^{-1}$ J

4/ a) $T_e = 40\, T_m \Rightarrow 2\pi\sqrt{\frac{m}{k}} = 40\frac{2\pi}{\omega_o}$ d'où $k = \frac{m\omega^2_o}{40^2} = 62{,}5$ N/m

Equation horaire : Montrer que $x(t) = 4.10^{-2} \cos 25\, t$

b/ Vitesse à l'origine des abscisses.

$x = 4.10^{-2} \cos 25\, t \Rightarrow v = |\sin 25\, t| = 1$ m/s

* $pH_1 = -\log C \Rightarrow pH_1$ correspond à l'acide chlorhydrique qui est un acide fort.
* $pH_2 > -\log C \Rightarrow pH_2$ correspond à l'acide méthanoïque qui est un acide faible.

c) Courbe $pH = -\log C$; Conseil : Tracer la courbe avec soin

Etablir la relation $pH = -0,5 \log C + 1,85$

3/ a) REN: $[HCOO^-] + [OH^-] = [H_3O^+]$ or $[OH^-] << [H_3O^+]$

donc $[HCOO^-] \simeq [H_3O^+]$

RCM : $C = [HCOO^-] + [HCOOH] \Rightarrow [HCOOH] = C - [H_3O^+]$

or $[H3O+] << C$ donc $[HCOOH] \simeq C$

$$K_a = \frac{[H_3O^+] \cdot [HCOO^-]}{[HCOOH]} \quad \text{soit } K_a = \frac{[H_3O^+]^2}{C}$$

b) $K_a = \frac{[H_3O^+]^2}{C}$; $pK_a = -\log K_a = -\log \frac{[H_3O^+]^2}{C}$

d'où $pK_a = -2 \log [H_3O^+] + \log C$ soit $pH = \frac{1}{2}(pK_a - \log C)$

c) D'après la question 2/ c) et par comparaison avec la question 3/ b), on a : $pK_a = 3,7$

4/ a) Pour $C = 3,16.10^{-2}$ mol/L, $-\log C = 1,5$ d'où $pH = 2,60$

b) Calcul des concentrations molaires

Equation : $HCOOH + H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + HCOO^-$; $2H_2O \rightleftarrows H_3O^+ + OH^-$

Espèces chimiques : H_3O^+ ; OH^- ; $HCOO^-$; $HCOOH$; H_2O

$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 2,51.10^{-3}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 3,98.10^{-12}$ mol.L^{-1} ;

R.E.N : $[H_3O^+] = [OH^-] + [HCOO^-]$ d'où $[HCOO^-] \simeq 2,51.10^{-3}$ mol.L^{-1} ;

R.C.M : $C = [HCOOH] + [HCOO^-]$ d'où $[HCOO^-] \simeq 2,91.10^{-2}$ mol.L^{-1}

c) $pK_a = pH - \log \frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} = 3,66$

CHIMIE II

1/ Demi-équations électroniques

$2I^- \rightleftarrows I_2 + 2e^-$ et $S_2O^{2-}_8 + 2e^- \rightleftarrows 2SO^{2-}_4$

Equation - bilan : $2I^- + S_2O^{2-}_8 \longrightarrow I_2 + 2SO^{2-}_4$

2/ $[I^-]_o = \frac{C_1V_1}{V_1 + V_2} = 0,4$ mol.L^{-1} ; $[S_2O^{2-}_8]_o = \frac{C_2V_2}{V_1 + V_2} = 2.10^{-2}$ mol.L^{-1}

3/ a) On a pris soin de diluer immédiatement chaque prélèvement avant dosage pour bloquer la réaction entre les ions iodures I^- et les ions peroxodisulfates $S_2O_8^{2-}$

b) La détection s'effectue grâce à la décoloration du milieu réactionnel qui passe de la teinte bleue à l'incolore.

c) Equation - bilan

$I_2 + 2e^- \rightleftarrows 2I^-$

$2S_2O_3^{2-} \rightleftarrows S_4O_6^{2-} + 2e^-$

$I_2 + 2S_2O_3^{2-} \longrightarrow 2I^- + S_4O_6^{2-}$

d)D'après l'équation – bilan, on a : $n_{I_2} = \frac{n_{S_2O_3^{2-}}}{2} = \frac{CV}{2}$ or $[I_2] = \frac{n_{I_2}}{V_o}$

d'où $[I_2] = \frac{CV}{2\,V_o}$

t (min)	4	8	12	16	20	24	28	32	36
V (mL)	6,8	10,5	12,9	14,3	15,2	15,5	15,8	16	16
$[I_2].10^{+3}$ mol.L^{-1}	8,5	13,1	16,1	17,9	19	19,4	19,7	20	20

e) Conseil : Tracer le graphe soigneusement

f) A t = 0 min, on a : $v = 8{,}3.10^{-5}$ mol/L.s^{-1}

A t = 16 min, on a : $v = 6{,}3.10^{-6}$ mol/L.s^{-1}

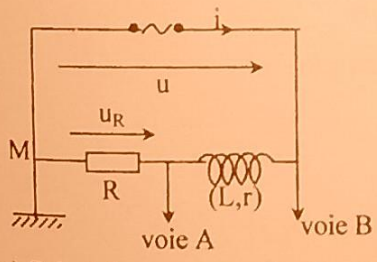
Sens de variation : la vitesse de formation du diiode décroît au cours du temps.

PHYSIQUE I

1 / Valeur de r et L : $r = \frac{U_2}{I_2} = 20\ \Omega$;

$$Z = \frac{U_1}{I_1} = \sqrt{(2\pi NL)^2 + r^2} \Rightarrow L = \frac{1}{2\pi N}\sqrt{\left(\frac{U_1}{I_1}\right)^2 - r^2} = 6{,}5.10^{-2}\ H$$

2/ a) Schéma du circuit



b) Identification des courbes I et II

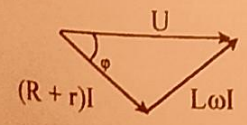
La portion (MN) étant un dipôle (R,L) alors la tension u est en avance de phase sur l'intensité i. La courbe I est en avance sur la courbe II. Par conséquent, la courbe I représente u (voie B) et la courbe II représente u_R (voie A).

3/ a) Calcul de T et de φ : $T = 8 \times 2.10^{-3} = 1{,}6.10^{-2}$ s ; $\varphi = \frac{2\pi}{8} = 0{,}78$ rad

b) Expression de i (t) : $i(t) = I_m \cos(\omega t - \varphi)$

avec $I_m = \frac{U_{Rm}}{R} = 1{,}1$ A ; $\omega = \frac{2\pi}{T} = 392{,}5$ rad/s d'où $i = 1{,}1 \cos(392{,}5\,t - 0{,}78)$

c)



$\cos\varphi = \frac{(R+r)}{U}$ d'où $r = \frac{U}{I}\cos\varphi - R$

$\tan\varphi = \frac{L\omega I}{(R+r)I}$ d'où $L = \frac{(R+r)\tan\varphi}{w}$

Valeurs de r et L

$r = \frac{U}{I}\cos\varphi - R = \frac{U_m}{I_m}\cos\varphi - R = 20\ \Omega$; $L = 6{,}5.10^{-2}$ H

4/ a) Fréquence de résonance : $LC\omega^2_o = 1$ d'où $N_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 2412$ Hz

b) Facteur de qualité : $Q = \frac{L\omega_o}{R+r} = \frac{2\pi N_o L}{R+r} = 38,8$

c) Impédance du dipôle : $Z_o = R + r = 25,4\ \Omega$

PHYSIQUE II

1/ a) Spectroscope b) Ioniser l'hydrogène, c'est lui arracher son électron

2/ a) $En = \frac{-E_o}{n_2}$. Pour $n = 5$; $E_n = -0,544$; l'atome d'hydrogène peut avoir cette énergie.

b) L'état fondamental de l'atome d'hydrogène correspond à -13,6 eV puisque pour

$n = 1$; $E = \frac{-13,6}{1} = -13,6$ eV

c) L'énergie d'ionisation de l'atome d'hydrogène est 13,6 eV car $E_i = E_\infty - E_1 = 13,6$ eV.

4/ a) $E_p - E_m = \frac{hc}{\lambda}$ d'où $\frac{1}{\lambda} = \frac{E_o}{hc}\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{p^2}\right) = R_1\left(\frac{1}{m^2} - \frac{1}{p^2}\right)$

avec $R_1 = \frac{E_o}{hc} = 1,09.107\ m^{-1}$

b) $\frac{1}{\lambda 1} = R_2\left(1 - \frac{1}{4}\right)$ d'où $R_2 = 4,39.10^7$

$\frac{1}{\lambda_2} = R_2\left(1 - \frac{1}{9}\right)$ d'où $R_2 = 4,39.10^7$ et ainsi de suite.

R_2 = constante = $4,39.10^7\ m^{-1}$

Relation liant R_1 à R_2

$\frac{R_2}{R_1} = 4$ d'où $R_2 = 4\ R_1$

CORRIGE TYPE DU SUJET 7

CHIMIE I

1/ Concentration molaire C

$pH = 14 + \log C$ d'où $C = 10^{-14+pH} = 7,94.10^{-3}$ mol/L

2/ a) La nature acide de S_2 est due à l'ion ammonium NH_4^+ qui est un acide faible.

NH_4^+ réagit avec l'eau selon l'équation : $NH_4^+ + H_2O \rightleftharpoons NH_3 + H_3O^+$

b) Bilan qualitatif et quantitatif

$[SO_4^{2-}] = C = 7,94.10^{-3}$ mol/L ; $[H_3O^+] = 3,16.10^{-6}$ mol/L ;

$[OH^-] = 3,16.10^{-9}$ mol/L ; $[NH_4^+] = 2\,[SO_4^{2-}] + [OH^-] - [H_3O^+] = 1,59.10^{-2}$ mol/L

$[NH_3] = 2C - (NH_4^+] \simeq 3,16.10^{-6}$ mol/L

c) $pK_a = 9,2$

3/ a) Calcul de V_1 et V_2

Il s'agit d'un mélange monobase forte-diacide faible à la demi-équivalence.
$V_1 + V_2 = V$ et $2\, n_{OH^-\,(introduit)} = n_{(NH_4^+)O}$ soit avec $n_{OH-(introduit)} = C_1V_1$
et $n_{(NH_4^+)O} = 2C_2V_2$ d'où $C_1V_1 = C_2V_2 = C_2(V-V_1)$. On en déduit $V_1 = 100\ cm^3$
et $V_2 = 100\ cm^3$
b) Affirmation 1 : faux. M est un mélange tampon. L'ajout d'une quantité modérée d'ions OH^- ne fait pas varier le pH ;
Affirmation 2 : faux.

Dans ce nouveau mélange $[OH^-] = \dfrac{CV}{V_e + v} = \dfrac{C}{100}$

$pH = 14 + \log \dfrac{C}{100} = 9,9.$

Le pH de l'eau pure à 25°C étant égal à 7, il y a eu variation du pH.

CHIMIE II

1/ Masse molaire et formule brute de E

$\dfrac{12x}{73,2} = \dfrac{y}{7,3} = \dfrac{32}{19,5} = \dfrac{M_E}{100}$ d'où ...mol ; x = 10 ; y = 12

La formule brute de E est : $C_{10}H$...

2/ a) A est un alcool saturé de for... $C_nH_{2n+2}O$

$\dfrac{12n}{60} = \dfrac{2n+18}{40}$ d'où n = 3.

Les formules semi-développées et les noms sont :

$CH_3-CH_2-CH_2-OH$ propan-1-ol

$CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3$ propan-2-ol

b) L'acide aromatique concerné comporte donc 7 atomes de carbone par molécule.

$C_6H_5-C(=O)-O-CH_2-CH_2-CH_3$ benzoate de propyle

$C_6H_5-C(=O)-O-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_3$ benzoate de 1-méthyléthyle

c) E : $C_6H_5-C(=O)-O-\underset{\underset{CH_3}{|}}{CH}-CH_3$; l'alcool A est le propan-2-ol

3/ a) La réaction est lente et totale

b) Montrez que $[OH^-]_o - [OH^-]_t = [A]_t$;

$[OH^-]_t = 2.10^{-3}\, v_a$

c) Il faut tremper l'ampoule dans l'eau glacée.

L'abaissement brusque de la température arrête pratiquement la réaction car la température est un facteur cinétique.

4/ a) Tableau complété

t (min)	0	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
$[A]_t$ mol /L	0	6	10,5	14	17	20	22,5	24,5	26	27	28

Tracer le graphe $[A]_t = f(t)$ sur papier millimétré

b) Vitesse instantanée de A : $v(t) = \frac{d[A]_t}{dt}$

Cette vitesse est maximale à t = 0 min

A t = 22 min $v = 5{,}8.10^{-7}$ mol.$L^{-1}$$min^{-1}$

PHYSIQUE I

1/ a) $E_n = -\frac{A}{n^2} + k$. Dans l'état ionisé, $n \longrightarrow \infty$, $\frac{A}{n^2} \longrightarrow 0$

or $E_n = 0$ donc $0 + K = 0$ soit $K = 0$ eV

b) Dans l'état fondamental $n = 1$; $E_1 = 0 = -A + K$ d'où $K = A = 13{,}6$ eV

2/ a) $E_1 = 0$ eV ; $E_2 = 10{,}2$ eV ; $E_3 = 12{,}1$ eV ; $E_4 = 12{,}75$ eV ; $E_5 = 13{,}06$ eV ; $E_6 = 13{,}22$ eV ; $E_n\ (n \longrightarrow \infty) = 13{,}6$ eV

b) On démontre que $E_\gamma = \frac{1241}{\lambda}$

c) Calcul des longueurs d'onde

$$E_n - E_2 = E_\gamma = \frac{1241}{E_n - E_2} \Rightarrow E_n - E_2 = 3{,}4\left(1 - \frac{4}{n^2}\right)$$

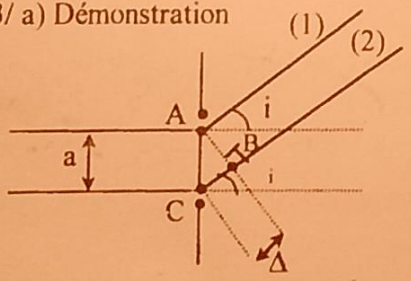
$E_3 - E_2 = 1{,}9$ eV d'où $\lambda_{3,2} = 653$ nm.

$E_4 - E_2 = 2{,}55$ eV d'où $\lambda_{4,2} = 486{,}7$ nm.

$E_5 - E_2 = 2{,}86$ eV d'où $\lambda_{5,2} = 434{,}5$ nm

$E_6 - E_2 = 3{,}02$ eV d'où $\lambda_{6,2} = 410{,}6$ nm.

3/ a) Démonstration



Dans le triangle ABC on a :

$\Delta = \frac{\text{Sin } i}{a}$ d'où $\Delta = a \sin i$

$\Delta = K\lambda = a \sin i$

d'où $\sin i = 1{,}2.10^{-3}\, K\lambda$

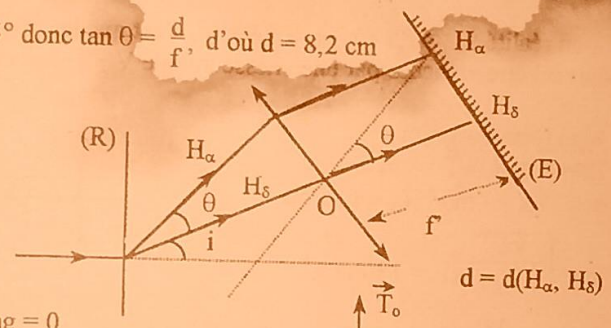
b) Directions de maximum de lumière pour H_α , H_β, H_γ et H_δ

Pour H_α ; $i_\alpha = +518°$ et $-51{,}8°$

Pour H_β ; $i_\beta = +35{,}6°$ et $-35{,}6°$

Pour H_γ ; $i_\gamma = +31,46°$ et $-31,46°$
Pour H_δ ; $i_\delta = +29,45°$ et $-29,45°$

c) Démonstration
Dans le spectre du 2e ordre les longueurs d'onde de maximum de lumière sont telles que : $0 \leq |\sin i| \leq 1$ avec $|k| = 2$; $0 \leq 1,2.10^{-3} \times 2\lambda \leq 1$ d'où $\lambda \leq 416,17$ nm.
donc seule la raie H_δ de longueur d'onde $\lambda_\delta = 410$ nm ; vérifie cette condition.
d) . Schéma complété
Distance d
$\theta = 51,8° - 29,45° = 22,35°$ donc $\tan\theta = \frac{d}{f'}$, d'où d = 8,2 cm

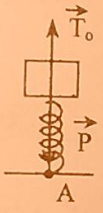


d = d(H_α, H_δ)

PHYSIQUE II

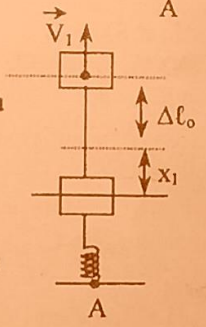
1/ Démonstration
$\vec{T_o} + \vec{P} = \vec{O}$ soit $-k\,\Delta\ell o + mg = 0$

d'où $k = \frac{mg}{\Delta\ell_o} = 50\ N.m^{-1}$



2/ a) Vitesse V_1
Pour le système (S + ressort + Terre)
$E_c + E_p$ = constante soit

$\frac{1}{2} mv_1^2 + mg(x_1 + \Delta\ell o) = \frac{1}{2} k(x_1 + \Delta\ell_o)^2$ d'où
$V_1 = 1,10\ m.s^{-1}$.



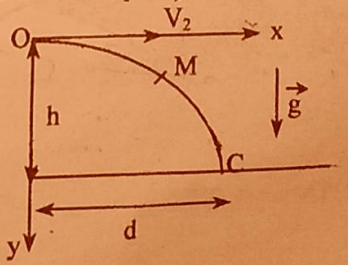
b) Démonstration
A la hauteur maximale h_1, la vitesse s'annule

$0 - \frac{1}{2} mV_1^2 = -mgh_1$ d'où $h_1 = \frac{V_1^2}{2g} = 0,06$ m

c) Description
A partir de la hauteur maximale h_1 au-dessus de (P), (S) descend d'un mouvement rectiligne vertical uniformément accéléré ; comprime le ressort de 5,2 cm ; puis il remonte jusqu'au plan (P) où il est libéré avec la vitesse V_1 pour atteindre la hauteur h_1 et le cycle recommence.

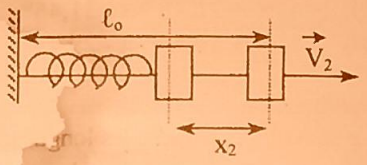
3/ a) Equation cartésienne de la trajectoire
$\Sigma \vec{f}_{ext} = m\vec{g} = m\vec{a}$ d'où $\vec{a} = \vec{g} = cste$

$\overrightarrow{OM}\begin{cases} x = V_2 t & (1) \\ y = \frac{1}{2} gt^2 & (2) \end{cases}$



(1) $\Rightarrow t = \frac{x}{V^2}$ d'où $y = \frac{g}{2V_2^2}x^2 = \frac{5x^2}{V_2^2}$

On pose $h = \frac{gd^2}{2V_2^2}x$ d'où $V_2 = 2 m.s^{-1}$



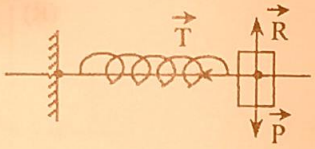
b) Longueur x_2 de compression du ressort
Pour le système (Ressort + solide)

$E_p + E_c = Cste$ soit $\frac{1}{2} kx_2^2 = \frac{1}{2} mV_2^2$; d'où $x_2 \simeq 6,9$ cm

Si en réalité $x_2 \simeq 7,5$ cm ($x_2 > 6,9$ cm), c'est que les résistances passives de l'air doivent être vaincues par une vitesse initiale V'_2 de lancement supérieure à V_2

4/ a) Démonstration
$\Sigma \vec{f} = \vec{P} + \vec{R} + \vec{T} = m\vec{a}n$
soit $- kx = - m\omega^2 (\ell_o + x)$ d'où

$\omega = \sqrt{\frac{kx}{m(\ell_o + x)}} \simeq 13 rad.s^{-1}$



b) $\Delta t = \frac{\Delta x}{\omega} = 9,7$ s.

CORRIGE - TYPE DU SUJET 8

CHIMIE I

1/ pH des solutions S_1 et S_2

- S_1 est une solution de monoacide fort avec $10^{-6} mol.L^{-1} \leq C_3 < 10^{-1} mol.L^{-1}$ d'où $pH_{S_1} = - \log C_3 = 2,6$
- S_2 est une solution de monobase forte avec $10^{-6} mol.L^{-1} \leq C_3 < 10^{-1} mol.L^{-1}$ d'où $pH_{S_2} = 14 + \log C_3 = 11,4$

2/ a) Equation-bilan : $H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$

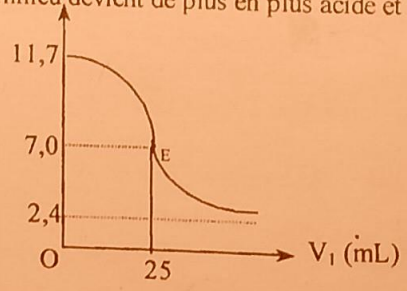
b) Concentration molaire C_1 et C_2

- $V_1 = 0$ mL, $pH_{S_2} = 14 + \log C_2$ d'où $C_2 = 5.10^{-3} mol.L^{-1}$
- $V_1 = 25$ mL, pH = 7, 0 c'est l'équivalence acido-basique

$C_2V_2 = C_1V_1$ d'où $C_1 = 4.10^{-3} mol.L^{-1}$

c) Limite du pH du mélange
Quand V_1 augmente indéfiniment, le milieu devient de plus en plus acide et le pH tend vers celui de S_1 ; soit pH = 2,4

d) Allure de la courbe



3/ a) Demonstration

$V_1 > V_E$, or il s'agit d'une réaction acide fort-base forte :

$n_{H_3O^+ rest} = n_{H_3O^+}(S_1) - n_{OH^-}(S_2) = 1{,}2.10^{-4}$ mol

b) Equation-bilan dans M_2 : $H_3O^+ + NH_3 \longrightarrow NH_4^+ + H_2O$

c) Démonstration

$n_{NH_3} = C_3V_3 = 2{,}4.10^{-4}$ mol. On constate que $n_{H_3O^+} = \frac{1}{2} n_{NH_3}$

On est donc à la demi-équivalence ; d'où $pH = pK_a(NH_4^+ | NH_3) = 9{,}2$

d) Inventaire des espèces chimiques et calcul des concentrations

$NH_3 + H_2O \rightleftharpoons NH_4^+ + OH^-$; $\quad HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$

$N_aOH \xrightarrow{eau} N_a^+ + OH^-$; $\quad 2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

Bilan : H_3O^+, OH^-, Cl^-, N_a^+, NH_4^+, NH_3, H_2O

$pH = 9{,}2$ d'où $[H_3O^+] = 6{,}3.10^{-10}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 1{,}6.10^{-5}$ mol.L^{-1}.

$$[N_a^+] = \frac{C_2V_2}{V_T} = 5{,}9.10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}. \quad [Cl^-] = \frac{C_1V_1}{V_T} = 1{,}3.10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[NH_4^+] = [Cl^-] + [OH^-] - [N_a^+] - [H_3O^+] \simeq 7{,}3.10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

$$[NH_3] = \frac{C_3V_3}{V_T} - [NH_4^+] = 6{,}7.10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$$

CHIMIE II

1/ Détermination de x et y

$$\frac{12x}{51{,}7} = \frac{y}{6{,}9} = \frac{48}{41{,}4} \quad \text{d'où } x = 5 \text{ et } y = 8 \text{ ; } C_5H_8O_3$$

2/ a) - Equation d'hydratation du propène : $C_3H_6 + H_2O \longrightarrow C_3H_7OH$

Le produit de l'hydratation est un mélange des alcools suivants :

$CH_3-CH_2-CH_2-OH$ (alcool primaire) ; $CH_3-CHOH-CH_3$ (alcool secondaire)

- Identification de B_1 et B_2

B_2 : $CH_3-CH_2-CH_2OH$ propan-1-ol ; B_1 : $CH_3-CHOH-CH_3$ propan-2-ol

b) Formules semi-développées et noms de A, A_1 et A_2

A_1 : $CH_3-CH_2-C(=O)-OH$ acide propanoïque

A_2 : $CH_3-C(=O)-OH$ acide éthanoïque

A : $CH_3-CH_2-C(=O)-O-C(=O)-CH_3$ anhydride éthanoïque propanoïque

3/ a) . Réaction entre A_1 et B_1

$$CH_3-CH_2-C(=O)-OH + CH_3-CH(OH)-CH_3 \rightleftharpoons H_2O + CH_3-CH_2-C(=O)-O-CH(CH_3)-CH_3$$

. Nom de l'ester : propanoate de 1-méthyléthyle.

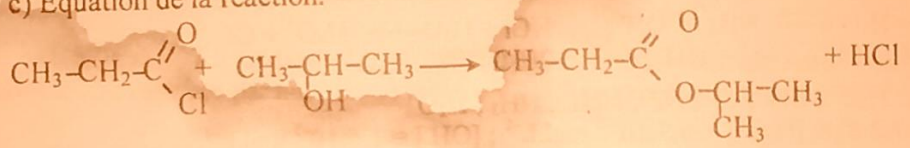
b). Calcul du nombre de moles de A_1 restant après la réaction.

A l'équivalence acido-basique : $n_{A_1\,rest} = n_{OH^-\,disp} = CV = 2{,}1.10^{-2}$ mol

. Détermination de n.

$n = n_{A1rest} + n_{A_1\,disp}$ or $n_{A_1\,disp} = n_{ester} = \dfrac{m}{M_E} = 0{,}03$ mol d'où $n = 5{,}1.10^{-2}$ mol

c) Equation de la réaction.



. Masse minimale m' de chlorure d'acyle

$n_{A'_1} \geq 5.10^{-2}$ mol ; $M_{A'_1} = 92{,}5$ g/mol d'où m' = 4,6 g

PHYSIQUE I

1/a) Calcul de L et r

$r = \dfrac{U}{I} = 0{,}6\ \Omega$; $E = \dfrac{1}{2} LI^2$ d'où L = 8 mH

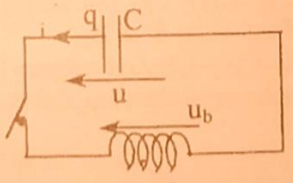
b) f.é.m d'auto-induction e et justification

$e = -L\dfrac{di}{dt}$ or $i = kt + I_o = -\dfrac{I_o}{\Delta t}t + I_o$; d'où $e = +L\dfrac{I_o}{\Delta t} = 1{,}6$ V

La naissance de e s'explique par la variation du flux propre de la bobine lors de l'annulation du courant.

2/ a) . Equation différentielle du circuit

L'équation du circuit : $-u_b + u = 0$



or $u_b = ri + L\dfrac{di}{dt}$; $i = -C\dot{u}$; $\dfrac{di}{dt} = -C\ddot{u}$

$u_b = -Cr\,\dot{u} - LC\ddot{u}$ d'où $\ddot{u} + \dfrac{r}{L}\dot{u} + \dfrac{u}{LC} = 0$

ou $\ddot{q} + \dfrac{r}{L}\dot{q} + \dfrac{q}{LC} = 0$ (E)

- Démonstration

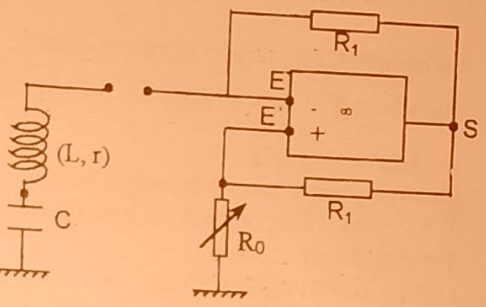
Multiplions (E) par $L\dot{q}$; on a : $L\dot{q}\ddot{q} + r\dot{q}^2 + \dfrac{\dot{q}q}{C} = 0$ soit $L\dot{q}\ddot{q} + \dfrac{\dot{q}q}{C} = -r\dot{q}^2 = -ri^2$

ou $\dfrac{d}{dt}\left(\dfrac{1}{2}L\dot{q}^2 + \dfrac{1}{2}\dfrac{q^2}{C}\right) = -ri^2$ or l'énergie totale du circuit est $E = \dfrac{1}{2}Li^2 + \dfrac{1}{2}\dfrac{q^2}{C}$

Ainsi : $\dfrac{dE}{dt} - ri^2 < 0$; il y a donc perte d'énergie par effet joule.

b) . Précaution : Pour avoir des oscillations sinusoïdales, il faut entretenir le circuit oscillant par un générateur délivrant une tension linéaire $u_g = Ki$ avec K = cste.

• Schéma du dispositif



c) - Fréquence N_o et C

. D'après le graphe $T_o = 0,8$ ms ;

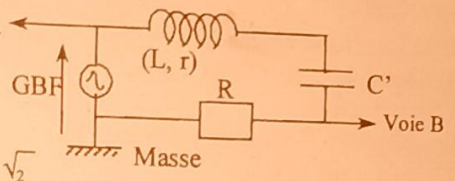
d'où $N_o = \frac{1}{T_o} = 1250$ Hz

. $N_o = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$ d'où $C = 2.10^{-6}$ F

- Tension efficace U et énergie électrique E

- $U = \frac{Um}{\sqrt{2}} = 4,2$V ; . $E = \frac{1}{2} CU_m^2 = 3,6.10^{-5}$ J

3/ a) Schéma du montage complet



b) Expression de I

$I_m = I\sqrt{2} = \frac{U_m}{Z}$ d'où $I = \frac{U_m\sqrt{2}}{2\sqrt{(R+r)^2+(2\pi NL - \frac{1}{2\pi NC})^2}}$

c) Tableau complété

N(Hz)	2600	2800	3000	3200	3400	3600	3800	4000	4200	4400	4600	4800	5000	5200	5400
I_m(mA)	26	34	42	58	80	160	220	180	104	72	56	46	38	34	30
Z(Ω)	76,9	58,8	47, 6	34,5	25,0	12,5	9,1	11,1	19,2	27,8	35,7	43,5	52,6	58,8	66,7

• Tracer le graphe Z = f (N)

d)• Fréquence N_o et valeur de Z_o

$Z_o = Z_{min} = 9,1\Omega$; $N_o = 3800$ Hz

• Valeur de R et de C'

$Z_o = R + r$ d'où $R = 8,5\ \Omega$; $C' = \frac{1}{(2\pi\ No)^2 L} = 2,1.10^{-7}$ F

e) Largeur de la bande passante en fréquence et facteur de qualité Q

$Z_o\sqrt{2} = 12,9\Omega$ et $N_1 \simeq 3560$ Hz ; $N_2 \simeq 4040$ Hz d'où $\Delta N \simeq 420$ Hz

$Q = \frac{No}{\Delta N} \simeq 9$

PHYSIQUE II

1-a) Enoncé du théorème de l'énergie cinétique

Dans un référentiel galiléen la variation de l'énergie cinétique d'un solide entre deux instants t_1 et t_2 est égale à la somme algébrique des travaux des forces extérieures appliquées au solide entre ces deux instants.

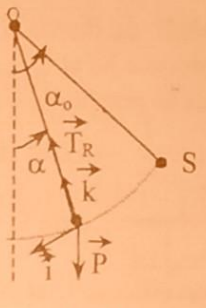
. Enoncé du théorème du centre d'inertie

Dans un référentiel galiléen, le produit de la masse d'un solide par le vecteur accélérateur de son centre d'inertie est égale à chaque instant, à la somme vectorielle des forces extérieures appliquées au solide.

b) . Expression de v

En appliquant le premier théorème énoncé

$\frac{1}{2}mv^2 = W_T + W_P$ d'où $v = \sqrt{2g\ell_o(\cos\alpha - \cos\alpha_o)}$



- Expression de T

En appliquant le second théorème énoncé

$\vec{T} + \vec{P} = m\vec{a}$ – En projetant sur $\vec{k}$ on trouve :

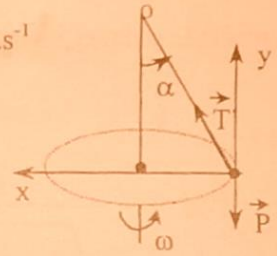
$T = mg(3\cos\alpha - 2\cos\alpha_o)$

c) Pour $\alpha = 30°$; $v = 2{,}7 m.s^{-1}$ et $T = 0{,}8$ N

d) La hauteur h au-dessus de la position d'équilibre $h = \ell_o(1 - \cos\alpha_o) = 0{,}5$ m

L'affirmation est vraie ; car les frottements étant négligeables, le système (Terre, S) est conservatif.

2/ a) La vitesse angulaire $\omega = \frac{2\pi n}{\Delta t} = 8{,}1 \text{ rad.s}^{-1}$



b) Calcul de α et T'

$\vec{T}' + \vec{p} = m\vec{a}_N$

Projections : $T'\sin\alpha = m\omega^2\ell\sin\alpha$ (1)

$T'\cos\alpha = mg$ (2)

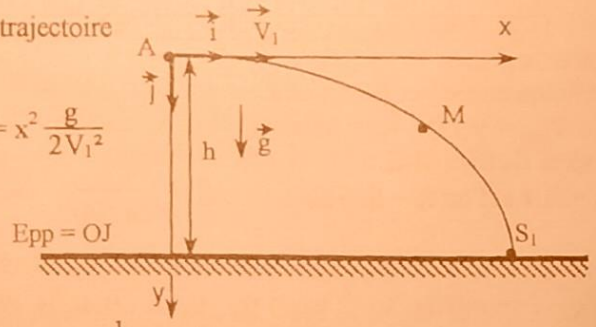
$\frac{(2)}{(1)} \Rightarrow \cos\alpha = \frac{g}{\omega^2\ell}$ d'où $\alpha = 75°$

$(1) \Rightarrow T' = m\omega^2\ell = 1{,}92$N

3/ a) .Equation cartésienne de la trajectoire

$\Sigma\vec{f}_{ext} = m\vec{g} = m\vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \vec{g}$

On a : $\overrightarrow{AM} \left| \begin{matrix} x = V_1 t \\ y = \frac{1}{2}gt^2 \end{matrix} \right.$ d'où $y = x^2\frac{g}{2V_1^2}$



. Valeur de V_1

$V_1 = \sqrt{\frac{gd'^2}{2h}} = 5{,}93 \text{ ms}^{-1}$

b) Calcul de V_2

$E = E_c + E_p = \text{cste}$ soit $\frac{1}{2}mV_1^2 + mgh = \frac{1}{2}mV_2^2$

d'où $V_2 = \sqrt{V_1^2 + 2gh} = 8{,}7 \text{ m.s}^{-1}$

CORRIGE - TYPE DU SUJET 9

CHIMIE I

1) a) Equation bilan de la combustion de A

$C_xH_yO_z + (x + \frac{y}{4} - \frac{z}{2})O_2 \longrightarrow x\,CO_2 + \frac{y}{2}H_2O$

b) * Formule brute de A

$x + \frac{y}{A} - \frac{z}{2} = 6$; $44x = 176$; $\frac{y}{2} + 18 = 90$ d'où $x = 4$; $y = 10$; $z = 1$ et A : $C_4H_{10}O$

* Formules semi-developpées possibles :

$CH_3\text{-}(CH_2)_3 - OH$; $CH_3 - CH_2 - \underset{\underset{OH}{|}}{CH} - CH_3$; $CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - CH_2 - CH_2 - OH$;

$CH_3 - \underset{\underset{OH}{|}}{\overset{\overset{CH_3}{|}}{C}} - CH_3$

2) a) A' est une cétone

b) Formules semi-développées et noms de A et A'

A : $CH_3 - CH_2 - CHOH - CH_3$: butan-2-ol ; A' : $CH_3\text{-}CH_2 - CO - CH_3$: butanone

c) * Equations électroniques :

$Cr_2O_7^{2-} + 14H_3O^+ + 6e^- \longrightarrow 2\,Cr^{3+} + 21H_2O$;

$CH_3 - \underset{\underset{OH}{|}}{CH} - C_2H_5 + 2H_2O \longrightarrow CH_3 - \underset{\underset{O}{||}}{C} - C_2H_5 + 2H_3O^+ + 2e^-$

* Equation bilan :

$Cr_2O_7^{2-} + 3CH_3 - \underset{\underset{OH}{|}}{CH} - C_2H_5 + 8H_3O^+ \longrightarrow 2Cr^{3+} + 3CH_3 - \underset{\underset{O}{||}}{C} - C_2H_5 + 15H_2O$

3) Noms et formules semi-développées de B, C, D et E

B : $CH_3 - \overset{\overset{O}{||}}{C}\!\!\diagdown\!\!\diagup OH$: acide éthanoïque ; C : $CH_3 - \overset{\overset{O}{||}}{C}\!\!\diagdown\!\!\diagup Cl$ chlorure d'éthanoyle

D : $CH_3 - \underset{\underset{O}{||}}{C} - O - \underset{\underset{O}{||}}{C} - CH_3$: anhydride éthanoïque

E : $CH_3 - \overset{\overset{O}{||}}{C} - O - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - CH_2 - CH_3$: éthanoate de 1-méthylpropyle

4) a) Equation de la réaction

$CH_3 - \underset{\underset{O}{||}}{C} - O - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - C_2H_5 + OH^- \longrightarrow CH_3 - COO^- + CH_3 - \overset{\overset{OH}{|}}{CH} - C_2H_5$

* Noms des produits :

- CH_3COO^- , Na^+ : éthanoate de sodium
- $CH_3\text{-}\underset{\underset{OH}{|}}{CH} - C_2H_5$: butan – 2-ol

b) Nom : Saponification – Caractéristiques : lente et totale

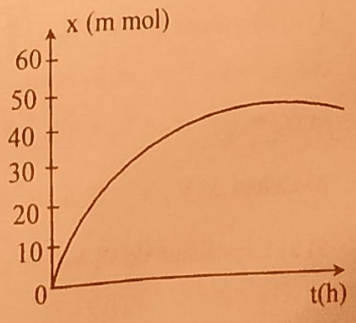
CHIMIE II

1) a) Compléments du tableau

- Nombre de moles d'acide restant : $y = C_BV_B$
- Nombre de moles d'ester formé : $x = 0{,}1 - y$

t(h)	1	2	3	5	8	11	15	18
$V_B(cm^3)$	86	76	67	55	46	43	42	42
y(m mol)	86	76	67	55	46	43	42	42
x(m mol)	14	24	33	45	54	57	58	58

b) Courbe x = f(t)



c) Vitesse moyenne : $V_m = \dfrac{(49 - 2).10^{-3}}{6 - 2} = 6{,}25.10^{-3}$ mol.h^{-1}

d) Vitesse à t = 4h : $V = 5{,}63.10^{-3}$ mol.h^{-1}.

2) a) Nom : Saponification

$M = \dfrac{49}{51} \times 102 = 98$ d'où $M(C_nH_{2n+1} - COOK) = 14n + 84 \Rightarrow n = 1$

Le carboxylate de potassium : $(CH_3 - COO^- + K^+)$

*Equation de la réaction : $C_5H_{10}O_2 + OH^- \longrightarrow CH_3 - COO^- + C_3H_7OH$

b) Formule sémi-développée de l'acide : $CH_3 - COOH$

c) Formule brute de l'alcool : C_3H_7OH ou C_3H_8O

3) L'alcool est secondaire donc $CH_3 - \underset{\underset{OH}{|}}{CH} - CH_3$: propan -2-ol

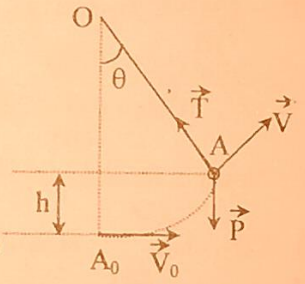
PHYSIQUE I

1) a) Expression de V = f(θ),

-, Système : solide de masse M

- Référentiel terrestre supposé galiléen

- Bilan des forces : $\vec{P}$ et $\vec{T}$



Le théorème de l'énergie cinétique entre A_0 et A

$\Delta E_C = \dfrac{1}{2} M (v^2 - V_0^2) = W(\vec{P}) + W(\vec{T}) = - Mg\ell(1 - \cos\theta)$

d'où $V = \sqrt{V_0^2 - 2g\ell(1 - \cos\theta)}$

b) Expression de T = f(θ)

Le théorème du centre d'inertie : $\Sigma\vec{f} = \vec{P} + \vec{T} = m\vec{a}$

La projection sur $\overrightarrow{AO}$ donne : $-P\cos\theta + T = Ma_N = M\dfrac{V^2}{\ell}$

d'où $T = M\left[\dfrac{V_0^2}{\ell} - g(2 - 3\cos\theta)\right]$

2) a) Valeur minimale de T

On suppose V_0 suffisante pour que le solide atteigne le point tel que $\theta = \pi$; d'où

$T_{min} = M\left(\dfrac{V_0^2}{\ell} - 5g\right)$

b) Valeur minimale de V_0

V_0 minimale si $T_{min} = 0$ d'où $V_{0\,min} = \sqrt{5g\ell} = 7{,}9$ m.s^{-1}

3) Vitesse au passage par la position d'équilibre $\Delta E_C = \dfrac{1}{2} MV_0^2 = Mg\ell(1 - \cos\theta_m)$

d'où $V_0 = \sqrt{2g\ell(1 - \cos\theta_m}$ $= 3{,}54$ m.s^{-1}

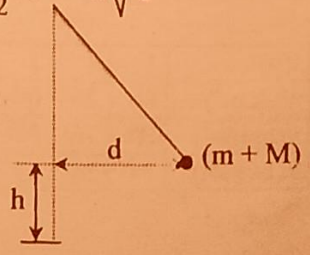
4) a) Montrons que $V = s_m\sqrt{\dfrac{g}{\ell}}$

$\cos\alpha_m = 1 - \dfrac{\alpha_m^2}{2} \Rightarrow 1 - \cos\alpha_m = \dfrac{\alpha_m^2}{2}$ d'où $V_0 = \sqrt{2g\ell\left(\dfrac{\alpha_m^2}{2}\right)} = \alpha_m\sqrt{g\ell}$

or $\alpha_m = \dfrac{s_m}{\ell}$ d'où $V_0 = \dfrac{s_m}{\ell}\sqrt{g\ell} = s_m\sqrt{\dfrac{g}{\ell}}$

b) Calcul de V : $V = 12{,}5.10^{-2}\left(\dfrac{10}{1{,}25}\right)^{1/2} = 3{,}54.10^{-1}$ m.s^{-1}

5) a) Expression de $V_1 = f(M, m, d, l)$



- Vitesse V de l'ensemble (M + m) juste après le choc.

Le théorème de l'énergie cinétique :

$\Delta E_C = -\frac{1}{2}(M+m)V^2 = -(M+m)gh$

or $h = \ell - (\ell^2 - d^2)^{1/2}$

d'où $V = \sqrt{2g\,[\ell - (\ell^2 - d^2)^{1/2}]}$

- Vitesse V_1 du projectile avant le choc :

On a : $m\vec{V_1} = (M+m)\vec{V}$ soit $V_1 = \frac{M+m}{m}\,V = \frac{M+m}{m}\sqrt{2g\,[\ell - (\ell^2 - d^2)^{1/2}]}$

b) Valeur de V_1 : $V_1 = 3{,}11\ m.s^{-1}$

PHYSIQUE II

I – Procédé n°1

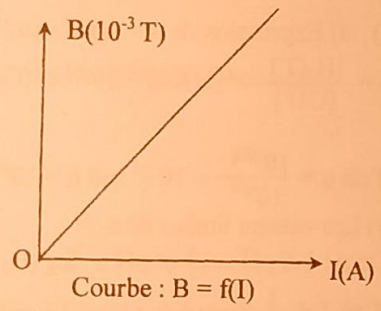
1) Tracé de la courbe B = f(I)

La courbe est une droite affine

donc on a : B = K.I

$k = \frac{\Delta B}{\Delta I} = \frac{(7{,}6 - 4{,}3).10^{-3}}{2{,}6 - 1{,}5} = 3.10^{-3}\ S.I$

d'où $B = 3.10^{-3}\ I$



Courbe : B = f(I)

2) Valeur de L

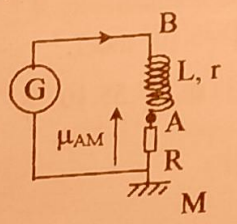
$\Phi_p = LI = NBS$ soit $LI = N \times kI \times r^2 1\pi$ d'où $L = N\pi r^2.k = 4{,}17\ mH$

II – procédé n°2

1) * La courbe (a) en dents de scies est celle observée aux bornes du conducteur ohmique. Sa forme est due à la présence de la bobine qui retarde l'installation et la rupture du courant. Elle correspond à la voie A.

* La courbe (b) en créneaux correspond à la tension fournie par le générateur. Elle correspond à la voie B.

2) a) Relation vérifiée par u_{AM} à $t = \infty$



$\mu_{AM} = Ri$ or $E = (R + r)i$ (car $\frac{di}{dt} = 0$)

d'où $U_{AM} = \frac{R}{R+r}E$

b) Détermination de τ

$\frac{du_{AM}}{dt} = \frac{ER}{R+r}\left(\frac{1}{\tau}\right)e^{-t/\tau}$ or à $t = 0$ on a :

$\left(\frac{du_{AM}}{dt}\right) = \frac{ER}{\tau(R+r)} = \frac{1{,}44}{0{,}3.10^{-3}}$ d'où $\tau = \frac{E \times R \times 0{,}3.10^{-3}}{1{,}44 \times (R+r)}$; $\tau = 3{,}02.10^{-4}\ s$

c) Valeur de L : $L = \tau (R + r) = 4{,}17.10^{-5}$ H

III Procédé n°3

Graphiquement la fréquence de résonance du circuit est $f_0 = 1100$ Hz

Or à la résonance : $4\pi^2 f_0^2 LC = 1$ d'où $L = \dfrac{1}{4\pi^2 f_0^2 C} = 4{,}19.10^{-3}$ H

IV Conclusion : Aux erreurs expérimentales près, les trois procédés conduisent à la même valeur de L : $L \simeq 4{,}18.10^{-3}$ H.

CORRIGE TYPE DU BAC 10

CHIMIE I

1) a) Expression de n = f (pH, pke)

$n = \dfrac{[H_3O^+]}{[OH^-]}$ or $[H_3O^+] = 10^{-pH}$ et $[OH^-] = \dfrac{Ke}{[H_3O^+]} = \dfrac{10^{-pKe}}{10^{-pH}}$

d'où $n = \dfrac{10^{-pKe}}{10^{-pH}} \times 10^{-pH}$ soit $n = 10^{pKe - 2pH}$

b) Les valeurs limites de n

On a : $1 \leq pH \leq 13$ or $pH = -\log [H_3O^+] = -\frac{1}{2}(\log n + \log k_e)$

d'où $1 \leq -\frac{1}{2}(\log n + \log k_e) \leq 13$ soit $10^{-26 + pke} \leq n \leq 10^{-2 + pke}$

Finalement $10^{-12} \leq n \leq 10^{+12}$

c) Calcul de n pour pH = 3,7 : $n = 10^{pke - 2pH} = 10^{14-7,4} = 3{,}98.10^6$

2) a) calcul des concentrations des espèces

$C_a(OH)_2 \xrightarrow{eau} Ca^{2+} + 2OH^-$; $2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

Bilan des espèces : H_3O^+ ; OH^- ; Ca^{2+} ; H_2O

On a : $pH = -\frac{1}{2}(\log n + \log k_e) = 12$

d'où $[H_3O^+] = 10^{-12}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 10^{-2}$ mol.L^{-1} ; $[Ca^{2+}] = \frac{1}{2}[OH^-] = 5.10^{-3}$ mol.L^{-1}

b) Calcul de la masse m : $C_1 = [Ca^{2+}] = \dfrac{m}{MV}$ d'où $m = MV.[ca^{2+}]$; $m = 5{,}55.10^{-1}$ g

3) a) Calcul des concentrations des espèces

$HCl + H_2O \longrightarrow H_3O^+ + Cl^-$; $2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

Bilan des espèces : H_3O^+ ; OH^- ; Cl^- , H_2O

S_0 est un monoacide fort de pH = 3,7 soit $C_o = 10^{-pH}$

Or $C_2 = \dfrac{C_0}{10^3} = 10^{-pH-3} = 2.10^{-7}$ mol.L^{-1}

Ainsi $[Cl^-] = C_2 = 2.10^{-7}$ mol.L^{-1}

R.E.N : $[H_3O^+] = [Cl^-] + \dfrac{K_e}{[H_3O^+]} \Rightarrow [H_3O^+]^2 - 2.10^{-7}.[H_3O^+] - 10^{-14} = 0$

On obtient après résolution : $[H_3O^+] = 2{,}41.10^{-7}$ mol.L^{-1} et $[OH^-] = 4{,}14.10^{-8}$ mol.L^{-1}

b) Calcul du pH de S_2 : $pH = -\log [H_3O^+] = 6{,}62$

4) Calcul de V_0 et V_1

PH = 7 correspond à l'équivalence acide fort, base forte, alors $n_{H_3O^+} = n_{OH^-}$

soit $C_0V_0 = 2C_1V_1$ or $V = V_1 + V_0$. On a : $V_0 = 9{,}8.10^{-2}$ L et $V_1 = 2.10^{-3}$ L

5) a) calcul de V_a et V_b

$pH = pK_a$ d'où $\frac{n_a}{2} = nOH^-$ soit $\frac{C_aV_a}{2} = 2C_bV_b \Rightarrow C_aV_a = 4C_bV_b$ or $V = V_a + V_b$

d'où $V_a = 0{,}19$ L et $V_b = 10^{-2}$ L

b) * S est une solution tampon

* Une de ses propriétés : pH de S insensible à une dilution modérée (Voir cours,

CHIMIE II

1) a) Formule semi-développée et nom de X

A l'équivalence acido-basique : $C_xV_x = C_aV_a$ or $C_x = \frac{m}{MV}$

d'où $M = \frac{mVx}{C_aV_aV} \simeq 88{,}8$ g.mol^{-1}

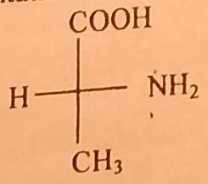
X : $C_nH_{2n+1} - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH} - COOH$ soit $M(X) = 14n + 75 \Rightarrow n = 1$

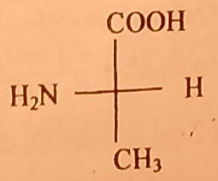
X : $CH_3 - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH} - COOH$ acide 2-aminopropanoïque

b) * X est chirale car la molécule présente un carbone asymétrique marqué d'astéristique :

$$CH_3 - \overset{*}{\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}} - COOH$$

* Représentation de Fischer





2) a) Identification des trois espèces

$CH_3 - \underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH} - COO^-$ (amphion) ; $CH_3 - \underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH} - COOH$ (cation) ; $CH_3 - \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH} - COO^-$ (anion)

b) Formules des couples acide – base et leur pK_a

$CH_3 - \underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH} - COOH / CH_3 - \underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH} - COO^-$: $pK_{a_1} = 2{,}3$

$CH_3-\underset{\underset{NH_3^+}{|}}{CH}-COO^-$ / $CH_3-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COO^-$: $pk_{a_2} = 9,7$

3) a) Calcul des concentrations :

$CH_3-\underset{\underset{NH_2}{|}}{CH}-COOH \longrightarrow CH_3-CH_2-NH_2 + CO_2$

Equations des réactions chimiques :

$C_2H_5NH_2 + H_2O \rightleftharpoons C_2H_5NH_3^+ + OH^-$; $2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

Bilan des espèces : H_3O^+ ; OH^- ; $C_2H_5NH_3^+$; $C_2H_5NH_2$, H_2O

$[H_3O^+] = 10^{-11}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 10^{-3}$ mol.L^{-1} ; $[C_2H_5NH_3^+] \sim [OH^-] = 10^{-3}$ mol.L^{-1} ;

$[C_2H_5NH_2] = C_B - [OH^-] = 1,5.10^{-3}$ mol.L^{-1}

b) Valeur du pK_a : $pK_a = pH - \log \dfrac{[C_2H_5NH_2]}{[C_2H_5NH_3^+]} = 10,8$

c) Calcul du volume d'acide

$pH = pK_a \Rightarrow \dfrac{n_b}{2} = nH_3O^+$ soit $C_BV_B = 2CV$ d'où $V = \dfrac{C_BV_B}{2C} = 2,5$ mL

PHYSIQUE I

1) Position de l'écran par rapport à L_1

$\gamma = \dfrac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}} = -1 \Rightarrow \overline{O_1A_1} = -\overline{O_1A}$ or $\dfrac{1}{f'_1} = -\dfrac{1}{\overline{O_1A}} + \dfrac{1}{\overline{O_1A_1}} = \dfrac{2}{\overline{O_1A_1}}$

d'où $\overline{O_1A_1} = 2f'_1 = 8$ cm. L'écran est placé à 8 cm derrière L_1

2) Calcul de C_2 et nature de L_2

$C = C_1 + C_2$ soit $C_2 = C - \dfrac{1}{f'_1} = -50\ \delta$. L_2 est une lentille divergente

3) Faites la construction

4) a) Faites la construction de l'image A"B" de AB

b) Calcul de la position de l'image A"B" par rapport à L_2.

$\dfrac{1}{f'_1} = -\dfrac{1}{\overline{O_1A}} + \dfrac{1}{\overline{O_1A_1}}$; O_1A tend vers l'infini ; donc $\overline{O_1A_1} = f'_1$

$\overline{O_1O_2} = \overline{O_1A_1} - \overline{O_2A_1} \Rightarrow \overline{O_2A_1} = \overline{O_1A_1} - \overline{O_1O_2} = f'_1 - \overline{O_1O_2}$

$\dfrac{1}{f'_2} = -\dfrac{1}{\overline{O_2A_1}} + \dfrac{1}{\overline{O_2A''}} \Rightarrow O_2A'' = \dfrac{f'_2 \times \overline{O_2A_1}}{f'_2 + \overline{O_2A_1}} = \dfrac{f'_2(f'_1 - \overline{O_2A_1}}{f'_2 + f'_1 - \overline{O_2A_1}} = 2$ cm

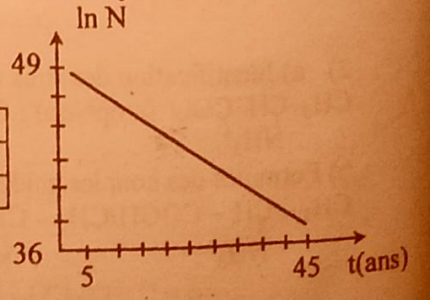
L'image A"B" est situé à 2 cm derrière O_2 dans le plan focal objet de L_2.

PHYSIQUE II

1) a) Tableau complété

t(ans)	5	15	25	35	45
N(10^{18} noyaux)	5,21	1,40	0,379	0,102	0,0276
ln N	43,1	41,8	40,5	39,2	37,9

b) Tracé du graphe lnN = f(t)



c) * Expression de $N = f(t, N_0, \lambda)$; $N = N_0 e^{-\lambda t}$

* Expression de $\ln N = f(t, N_0, \lambda)$:

$\ln N = \ln (N_0 e^{-\lambda t})$ soit $\ln N = - \lambda t + \ln N_0$

d) valeur de λ et de N_0

La courbe $\ln N = f(t)$ est une droite affine de coefficient directeur $k = - \lambda$

Soit $\lambda = -\frac{\Delta(\ln N)}{\Delta t} = \frac{37,9 - 43,1}{5 - 45} = 0,13 \text{ an}^{-1}$

- Graphiquement $\ln N_0$ représente l'ordonnées à l'origine d'où $\ln N_0 = 43,8$ et $N_0 = e^{43,8} = 10,52.10^{18}$ noyaux

e) Calcul de la période T : $T = \frac{\ln 2}{0,13} = 5,3$ ans

f) Calcul de l'activité initiale A_0 : $A_0 = \lambda . N_0 = \frac{0,13 \times 10,52.10^{18}}{365,25 \times 24 \times 3600} = 4,33.10^{10}$ Bq

2) a) Equation de la désintégration produite avec les lois utilisées.

$$^{60}_{27}Co \longrightarrow {}^{60}_{28}Ni + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

- Loi de conservation de la charge totale : $27 = Z - 1$ et $Z = 28$
- Loi de conservation du nombre total de nucléons : $A = 60$

$$^{60}_{27}Co \longrightarrow {}^{60}_{28}Ni + {}^{0}_{-1}e + {}^{0}_{0}\overline{\nu}$$

b) Calcul des longueurs d'onde

$\Delta E = \frac{hc}{\lambda}$ d'où $\lambda = \frac{hc}{\Delta E}$

* $\lambda_1 = \frac{hc}{E_1 - E_0} = 9,3.10^{-13}$ m ; $\lambda_2 = \frac{hc}{E_2 - E_1} = 1,06.10^{-12}$ m

CORRIGE - TYPE DU SUJET 11

Chimie I

1-a) Equation-bilan : $HCOOH + OH^- \longrightarrow HCOO^- + H_2O$

b) Expression des concentrations molaires : $[H_3O^+] = 10^{-pH}$ (mol.L^{-1}) ;

$[OH^-] = 10^{PH-14}$; $[Na^+] = \frac{m}{MV_o}$; $[HCOO^-] \simeq \frac{m}{MV_o}$; $[HCOOH] = C_o - \frac{m}{MV_o}$

Calcul de m : pH = pKa $\Rightarrow$ $[HCOOH] = [HCOO^-]$ d'où $m = \frac{MC_oV_o}{2} = 0,4$g

2- Calcul de v

S_1 est un solution tampon (pH = pKa). Lors de l'ajout de la solution de HCl, on a la réaction totale d'équation $HCOO^- + H_3O^+ \longrightarrow HCO_2H + H_2O$

Alors : $n(HCO_2^-) = \frac{C_oV_o}{2} - n(H_3O^+) = \frac{C_oV_o}{2} - C_aV$ et $n(HCO_2H) = \frac{C_oV_o}{2} + C_aV$

Or $pH = pKa + \log\frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]}$ soit $\frac{n(HCO_2^-)}{n(HCO_2H)} = 10^{pH - pKa} = 0,5$

D'où $v = \frac{0,5 \times C_o V_o}{3\, C_a} = 3,33.10^{-2}$ L

3- a) Calcul du pH de S_3

La solution de HCl étant une solution d'acide fort, on a pH = - logC

Or $C = \frac{C_a V'}{Ve + V'}$, d'où pH = 2,5

b) Comparaison des pH

pH (S_2) > pH (S_3) – Réponse plausible : caractéristique d'une solution tampon.

4- Couples de solutions ayant les mêmes propriétés que S_1

(S_o, S_b) ; (S_o, S_b') ; (S_a , S_b) ; (S_a' , S_b').

Chimie II

1- Formules générales brutes : A : $C_nH_{2n}O_2$; B : $C_{n+2}H_{2n+6}O$

- Calcul de p_A et de p_B : $p_A = \frac{1600}{7n + 16}$; $p_B = \frac{800}{7n + 23}$

2- Formules brutes de A et B

$\frac{p_A}{p_B} = \frac{37}{15} \Leftrightarrow \frac{14n + 46}{7n + 16} = \frac{37}{15}$ d'où n = 2 et A : $C_2H_4O_2$; B : $C_4H_{10}O$

3- Formules semi-développées et noms de A et B

A : CH_3- COOH : acide éthanoïque ; B : CH_3 - CH_2 - CH_2 - CH_2OH butan -1-ol

4- a) Caractéristiques de la réaction entre A et B.

lente – limitée – athermique

b) Equation-bilan :

$$CH_3 - COOH + CH_3 - (CH_2)_2 - CH_2OH \rightleftharpoons H_2O + CH_3 - \underset{\displaystyle O - (CH_2)_3 - CH_3}{\overset{\displaystyle O}{\overset{\parallel}{C}}}$$

c) Nature du mélange :

$n_A = \frac{m_A}{M_A} = \frac{30}{60} = 0,5$ mol ; $n_B = \frac{m_B}{M_B} = \frac{37}{74} = 0,5$ mol

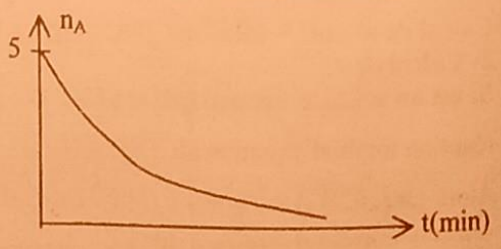
$n_A = n_B$ d'où mélange stœchiométrique

d) Tableau complété

A l'équivalence acido-basique, pour chaque tube on a : $n_a = C_b V_b$

t(en min)	0	2	5	8	12	16	20	25	30	40
V_b(mL)	12,5	10	7,8	6,5	5,6	5,1	4,8	4,6	4,5	4,3
$n_A(10^{-2}$mol)	5	4	3,12	2,6	2,24	2,04	1,92	1,84	1,8	1,72

e) Courbe $n_A = f(t)$



f) Calcul de la vitesse de disparition

à t = 8 min V = $1,32.10^{-3}$ mol.min^{-1}

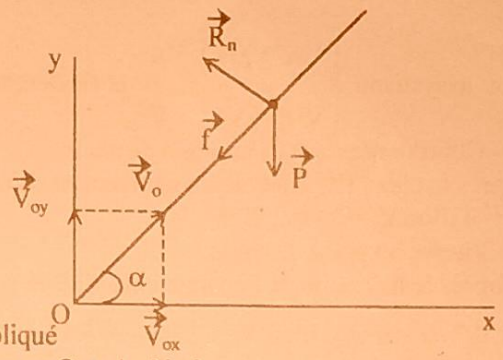
g) Pourcentage d'acide estérifié

$p_A = \frac{n_o(A) - n_{éq}(A)}{n_o(A)} = 65,6\%$

Physique I

1- a) Valeur de α

$\tan\alpha = \frac{7}{7} = 1$ d'où $\alpha = 45°$



b) Calcul de V_A

Système : projectile (P)

Référentiel terrestre supposé galiléen

Bilan des forces : $\vec{P}$, $\vec{R_n}$, $\vec{f}$

Le théorème de l'énergie cinétique appliqué au système entre les instants de passage en O et A s'écrit :

$\frac{1}{2}mV^2_A - \frac{1}{2}mV^2_o = -mgh - fL$ or $h = L\sin\alpha$ d'où

$$V_A = \sqrt{V^2_o - 2L\left(g\sin\alpha + \frac{f}{m}\right)} = 5{,}45\ m.s^{-1}$$

2- a) Equation cartésienne de la trajectoire

D'après le théorème du centre d'inertie, on a : $\sum\vec{f} = m\vec{g} = m\vec{a}$

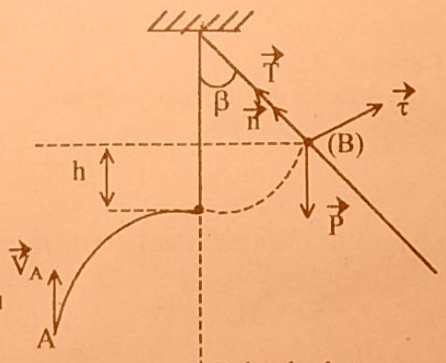
d'où $\vec{a}$ ($a_x = 0$, $a_y = -g$) ; à $t \neq 0$ $\vec{V}$ ($V_x = V_a\cos\alpha$, $V_y = -gt + V_o\sin\alpha$)

$\overrightarrow{OP}$ ($x = V_A t\cos\alpha$) ; $y = \frac{-1}{2}gt^2 + V_A t\sin\alpha + L\sin\alpha$) d'où

$$y = -\frac{1}{2}g\left(\frac{x - L\cos\alpha}{V_A\cos\alpha}\right)^2 + (x - L\cos\alpha)\tan\alpha + L\sin\alpha \text{ ou } y = -0{,}337x^2 + 1{,}952x - 0{,}674$$

b) Altitude maximale atteinte

$\left(\frac{dy}{dx}\right)_S = 0 \Rightarrow x_S = 2{,}9m$ d'où $y_S = 2{,}15m$



c)Caractéristiques de $\vec{V_S}$

$\vec{V_S}$ { direction : horizontale ; sens : celui de $\vec{i}$; Valeur : $V_A\cos\alpha = V_S = 3{,}85\ m.s^{-1}$

3- a) Calcul de V_1 et V_2

Avant le choc : $\vec{p} = m\vec{V_S}$; $E_C = \frac{1}{2}mV^2_S$

Après le choc : $\vec{p'} = m\vec{V_1} + m'\vec{V_2}$

$$E'_C = \frac{1}{2}mV_1^2 + \frac{1}{2}m'V_2^2$$

- Conservation de la quantité de mouvement : $m\vec{V_S} = m\vec{V_1} + m'\vec{V_2}$
- Conservation de l'énergie cinétique

$$\frac{1}{2}mV^2_S = \frac{1}{2}mV^2_1 + \frac{1}{2}m'V^2_2$$

d'où le système $\begin{cases} V_{Sx} = V_{1x} + V_{2x} \\ V^2_{Sx} = V^2_{1x} + V^2_{2x} \end{cases}$ et finalement $V_1 = 0$; $V_2 = 3,85$ m .s^{-1}

b) - Coordonnées de (P) au point de chute

Après le choc, (P) effectue un mouvement de chute libre

$y_p = 0$ d'où $x_p = x_S = 2,90$m

- Vitesse au point de chute

D'après le théorème de l'énergie cinétique on a :

$\frac{1}{2}MV^2 - 0 = mgy_S$ d'où $V = \sqrt{2gy_S} = 6,56$ m.s^{-1}

c) – Hauteur maximale atteinte par (B)

Le théorème de l'énergie cinétique s'écrit :

$0 - \frac{1}{2}m'V^2_2 = m'gh$ d'où $h = \frac{V^2_2}{2g} = 0,74$m

- Angle maximale β

$h = \ell(1 - \cos\beta)$ d'où $\cos\beta = 1 - \frac{h}{\ell}$ et $\beta = 51°$

d) Intensité de $\vec{T}$

Le théorème du centre d'inertie appliqué au système (B) s'écrit :

$\sum\vec{f} = \vec{P} + \vec{T} = m'\vec{a}$

Suivant la normal $\vec{n}$ on a :

- A la position définie par β
- $P\cos\beta + T = 0$ d'où $T = m'g\cos\beta = 0,63$N
- A la position d'équilibre

$-P + T = m'\frac{V^2_2}{\ell}$ d'où $T = m'(g + \frac{V^2_2}{\ell}) = 1,74$ N

Physique II

1- a) Symboles des différents noyaux

$^{218}_{84}P_o$; $^{214}_{82}P_b$; $^{214}_{83}Bi$; $^{210}_{81}T\ell$; $^{210}_{82}P_b$; $^{210}_{83}Bi$; $^{210}_{84}P_o$; $^{210}_{82}P_b$

b) Equations-bilan des transformations radioactives

(1) $^{218}_{84}P_o \xrightarrow{\alpha} {}^{4}_{2}H_e + {}^{214}_{82}P_b$; (2) $^{214}_{82}P_b \xrightarrow{\beta^-} {}^{0}_{-1}e + {}^{214}_{83}Bi + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$

(3) $^{214}_{83}Bi \xrightarrow{\alpha} {}^{4}_{2}H_e + {}^{210}_{81}T\ell$; (4) $^{210}_{81}T\ell \xrightarrow{\beta^-} {}^{0}_{-1}e + {}^{210}_{82}P_b + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$

(5) $^{210}_{82}P_b \xrightarrow{\beta^-} {}^{0}_{-1}e + {}^{210}_{83}Bi + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$; (6) $^{210}_{83}Bi \xrightarrow{\beta^-} {}^{0}_{-1}e + {}^{210}_{84}P_o + {}^{0}_{-1}\bar{\nu}$

(7) $^{210}_{84}P_o \xrightarrow{\alpha} {}^{4}_{2}H_e + {}^{206}_{82}P_b$

c) Nucléides Isotopes

$^{218}_{84}P_o$ et $^{210}_{84}P_o$; $^{214}_{83}Bi$ et $^{210}_{83}Bi$; $^{214}_{82}P_b$, $^{210}_{82}P_b$ et $^{206}_{82}P_b$

2- a) Calcul de λ

$A_o = \lambda N_o = \lambda \frac{m_o}{210u}$ d'où $\lambda = \frac{210u \,.\, A_o}{m_o} = \frac{210 \times 1{,}67.10^{11}}{2.10^{-6}} = 5{,}73.10^{-8} s^{-1}$

b) Période T

$\lambda = \frac{\ell n 2}{T}$ d'où $T = \frac{\ell n 2}{\lambda} = 1{,}21.10^{7} s = 140$ jours

c) Activité à T = 420 jours

$A = A_o e^{-\lambda t}$ or $t = 3T$ d'où $A = \frac{A_o}{2^3} = 4{,}09.10^{10} Bq$

d) Volume moyen des particules émises

$N(\alpha) = N_o (1 - e^{-\lambda t}) = N_o (1 - \frac{1}{2^3})$ or $V(\alpha) = n(\alpha) \times V_M$ avec $n(\alpha) = \frac{N(\alpha)}{\mathcal{N}}$

d'où $V_{(\alpha)} = \frac{m_o}{210u\mathcal{N}} (1 - \frac{1}{8}) V_M = 2.10^{-4} L.$

CORRIGE TYPE DU SUJET 12

Chimie I

1- Noms et fonction chimique de chacun des composés organiques

A : 2- méthylbutan –1-ol - fonction alcool

B : 3- méthylbutan –2-ol - fonction alcool

C : acide éthanoïque - fonction acide carboxylique

D : Chlorure d'éthanoyle - fonction chlorure d'acyle

E : anhydride propanoïque - fonction anhydride d'acide

2- a) Equation-bilan des réactions 1 et 2

réaction 1 :

$$CH_3 - CH_2 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - CH_2\text{-}OH + CH_3\text{–}COOH \rightleftarrows H_2O + CH_3 - \overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}} - O - CH_2 - \underset{\displaystyle CH_2 - CH_3}{\underset{|}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}}}}$$

Réaction 2 :

$$CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - \underset{\displaystyle OH}{\underset{|}{CH}} - CH_3 + CH_3 - COOH \rightleftarrows H_2O + CH_3 - \overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}} - O - \overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{CH}} - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - CH_3$$

b) Procédés d'accélération

- Augmenter la température du milieu réactionnel
- Introduire dans le milieu des ions H_3O^+ comme catalyseurs

3- a) Rendement r_1 de la réaction 1

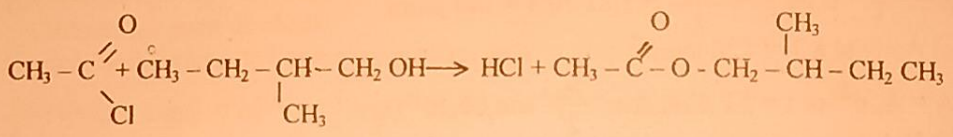
Le mélange initial est équimolaire : $n_{oA} = n_{oC} = 10^{+2}$ mol d'où

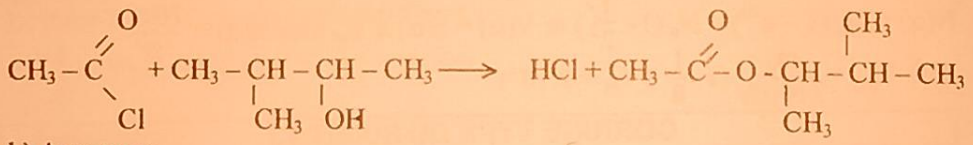
$r_1 = \frac{n_{E_1}}{n_{oA}} = \frac{m_{E_1}}{M_{E_1} \times n_{oA}} = \frac{8{,}67.10^{3}}{130 \times 100} = 66{,}7\%$

b) Masse de E_2 formée à l'équilibre

$r_2 = \frac{m_{E_2}}{M_{E_2} \times n_{oB}}$ d'où $m_{E_2} = r_2 \times M_{E_2} \times n_{oB} = \frac{60}{100} \times 130 \times 100 = 7{,}8$ kg

4- a) Equations des réactions permettant d'obtenir E_1 et E_2





b) Avantages

C'est des réactions chimiques rapides et totales

Chimie II

1- Formules semi-développées des amines et leurs classes

Méthylamine : $CH_3 - NH_2$ amine primaire

Diméthylamine : $CH_3 - NH - CH_3$ amine secondaire

Triméthylamine : $CH_3 - N(CH_3) - CH_3$ amine tertiaire

2- * Les couples acide-base

$CH_3NH_3^+ / CH_3NH_2$ ou ion méthylaminium / méthylamine

$(CH_3)_2NH_2^+ / (CH_3)_2NH$ ou ion diméthylaminium/ diméthylamine

$(CH_3)_3NH^+ / (CH_3)_3N$ ou ion triméthylaminium/ triméthylamine

* Classement par force croissante des acides

Plus l'acide est fort, plus pKa du couple correspondant est faible. D'où :

$(CH_3)_2NH_2^+$; $CH_3NH_3^+$; $(CH_3)_3NH^+$

3- a) * Equation-bilan

$(CH_3)_3N + H_2O \rightleftharpoons (CH_3)_3NH^+ + OH^-$

* Espèces chimiques présentes dans la solution

H_3O^+ ; OH^- ; $(CH_3)_3NH^+$; $(CH_3)_3N$; H_2O

b) * Calcul des concentrations

$[H_3O^+] = 3{,}98.10^{-12}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 2{,}51.10^{-3}$ mol.L^{-1} ; $[(CH_3)_3NH^+] = 2{,}51.10^{-3}$ mol.L^{-1} ;

$[(CH_3)_3N] \simeq 0{,}1$ mol.L^{-1}

* Calcul de C_b

RCM : $C_b = [(CH_3)_3N] + [(CH_3)_3NH^+] = 0{,}1$ mol.L^{-1}

4- Concentration C_b de la solution

$C_b = \frac{m}{MV} = 0{,}1 \text{ mol.L}^{-1}$

5- a) Calcul du volume V_a

A l'équivalence acido-basique : $C_aV_a = C_bV_b$ d'où $V_a = \frac{C_bV_b}{C_a} = 20$ mL

b) Caractère de la solution obtenue.

- La solution obtenue à l'équivalence acido-basique est acide.
- Justification : Au cours du dosage, l'équation de la réaction s'écrit :

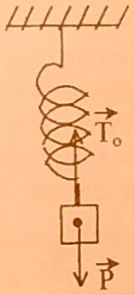
$(CH_3)_3N + H_3O^+ \longrightarrow (CH_3)_3NH^+ + H_2O$ (réaction quasi totale)

A l'équivalence, la réaction prépondérant est :

$(CH_3)_3NH^+ + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + (CH_3)_3N$

La présence des ions H_3O^+ rend acide la solution à l'équivalence.

Physique I



1- a) Inventaire des forces appliquées au solide

$\vec{T}_o$: tension du ressort

$\vec{P}$: poids du solide

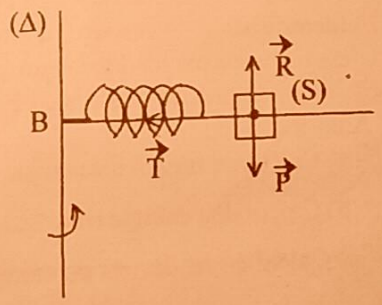
b) Calcul de la constante k

A l'équilibre : $\vec{P} + \vec{T} = \vec{0}$ d'où $k = \frac{mg}{\ell - \ell_o} = 24{,}5$ N/m

2- a) Expression de l'allongement x en fonction de ω

Système : solide supposé ponctuel

Référentiel terrestre supposé galiléen



Bilan des forces : $\vec{P}, \vec{T}, \vec{R}$

Théorème du centre d'inertie : $\vec{P} + \vec{T} + \vec{R} = m\vec{a}$

Suivant le rayon : $T = ma_n \Rightarrow kx = m\omega^2 r$

Or $r = \ell_o + x$ d'où $x = \frac{m\omega^2\ell_o}{k - m\omega^2}$

b) Pour $\omega = 5{,}5$ rad.s^{-1} , on a $x = 8{,}9$ cm

3- * Equation différentielle

On a : $\sum \vec{f} = \vec{P} + \vec{T} + \vec{R} = m\vec{a}_G$ soit $-T = m\ddot{x}$ d'où $\ddot{x} + \frac{k}{m}x = 0$

* Equation horaire

à $t = 0$ $x = 0$ et $\dot{x} = -0{,}285$m/s $\omega = \sqrt{\frac{k}{m}} = 9{,}9$ rd.s^{-1}

On trouve $x_m = 2{,}88.10^{-2}$ m et $\varphi = \pi$ rad d'où

$x = 2{,}9.10^{-2} \sin(9{,}9t + \pi) = -2{,}9.10^{-2} \sin(9{,}9t)$ (m)

4- Expression de E_m en fonction de k et de X_m

$E_m = \frac{1}{2}kx^2 + \frac{1}{2}m\dot{x}^2 = \frac{1}{2}m X^2_m \sin^2(\omega t + \varphi) + \frac{1}{2}m\omega^2 X^2_m \cos^2(\omega t + \varphi) = \frac{1}{2}kX^2_m$

5- Calcul pour $t = \frac{T_o}{5}$ de

a) l'élongation x : $x = 2{,}9.10^{-2} \sin\left(\frac{2\pi}{5} + \pi\right) = -2{,}7.10^{-2}$ m

b) la vitesse V de (S) : $V = \dot{x} = 2{,}9.10^{-2} \times 9{,}9 \cos\left(\frac{2\pi}{5} + \pi\right) = -8{,}9.10^{-2}$ m.s^{-1}

c) l'énergie mécanique de (S) : $E_m = \frac{1}{2}kX^2_m = \frac{1}{2}\times 24{,}5 \times (2{,}9.10^{-2})^2 = 1{,}03.10^{-2}$ J

Physique II

1- Valeur de l'impédance Z de la bobine B

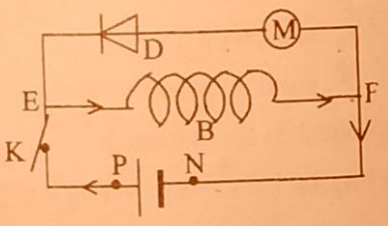
D'après la loi d'ohm : U = ZI d'où $Z = \frac{U}{I} = \frac{220}{1{,}1} = 200\Omega$

2- Calcul de l'inductance L de la bobine

$Z = \sqrt{R^2 + L^2\omega^2}$ d'où $L = \frac{1}{2\pi N}\sqrt{Z^2 - R^2} = \frac{1}{314}\sqrt{(200)^2 - (12)^2} = 0{,}636$ H

3- a) Sens du courant dans le circuit électrique

b) Explication de la raison du non fonctionnement du moteur.Le moteur n'est traversé par aucun courant, la diode étant branchée dans le sens non passant pour le courant.



c) Vérification de la valeur I ≃ 1,78 A

$E = (R + r)$ d'où $I = \frac{E}{r + R} = 1{,}785 \simeq 1{,}78$ A

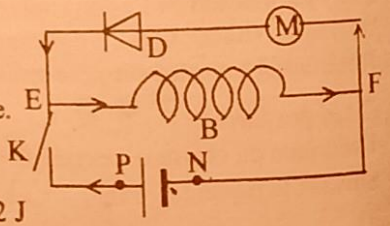
4- a) Schéma et sens du courant électrique.

b) Identification de la source d'énergie

C'est l'énergie magnétique emmagasinée par la bobine.

c) Nom du phénomène mis en évidence :

Auto-induction



5- a) Calcul du travail mécanique : $W_m = mgh = 0{,}232$ J

b) Calcul de l'énergie emmagasinée : $E_m = \frac{1}{2}LI^2 = \frac{1}{2}\times 0{,}636 \times (1{,}78)^2 = 1{,}01$ J

c) Calcul du rendement du moteur : $r = \frac{W_m}{E_m} = 23\ \%$

CORRIGE TYPE DU SUJET 13

Chimie I

1- a) Démonstration

$$C_nH_{2n+1}NH_3Cl \xrightarrow{H_2O} C_nH_{2n+1}NH_3^+ + Cl^-;\ C_nH_{2n+1}NH_3^+ + H_2O \rightleftharpoons C_nH_{2n+1}NH_2 + H_3O^+$$

L'ion Cl^- est passif vis-à-vis de l'eau ; par contre l'ion $C_nH_{2n+1}NH_3^+$ réagit avec l'eau en donnant l'ion H_3O^+. Cet ion est donc acide. Il en est de même du chlorure d'alkylamonium.

b) Formule semi-développée et nom

$C_o = \frac{m}{MV_o}$ soit $M = \frac{m}{C_oV_o} = 14n + 53,5$ d'où $n = \frac{m}{14C_oV_o} - \frac{53,5}{14} = 2$

Finalement on a : $C_2H_5NH_3Cl$ et $CH_3 - CH_2 - NH_3Cl$: chlorure d'éthylammonium

2- a) Espèces chimiques et concentrations

H_3O^+, OH^-, Cl^-, $C_2H_5NH_3^+$, $C_2H_5NH_2$, H_2O

$[Cl^-] = C_o = 10^{-2}$ mol.L^{-1} ; $[H_3O^+] = 3,98.10^{-7}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 2,51.10^{-8}$ mol.L^{-1}

$[C_2H_5NH_3^+] \simeq 10^{-2}$ mol.L^{-1} ; $[C_2H_5NH_2] = 3,73.10^{-7}$ mol.L^{-1}

b) Calcul du pKa

$$pKa = pH - \log\frac{[B]}{[A]} = 6,4 - \log\frac{3,73.10^{-7}}{10^{-2}} \simeq 10,8$$

3- a) Bilan qualitatif

H_3O^+, OH^-, Cl^-, Na^+, $C_2H_5NH_3^+$, $C_2H_5NH_2$, H_2O

b) Expressions des concentrations en fonction de V_2

$[Cl^-] = \frac{C_oV_1}{V_1+V_2} = \frac{10^{-1}}{10+V_2}$ avec V_2 en cm^3

$[C_2H_5NH_3^+] = [Cl^-] + [OH^-] - [H_3O^+] - [Na^+]$ or $[H_3O^+] << [OH^-]$

d'où $[C_2H_5NH_3^+] = [Cl^-] - [Na^+] + [OH^-] = \frac{10^{-1} - 10^{-2}V_2}{10 + V_2} + 10^{-3}$

RCM : $\frac{C_oV_1}{V_1+V_2} = [C_2H_5NH_2] + [C_2H_5NH_3^+]$ d'où

$$[C_2H_5NH_2] = \frac{10^{-2}V_2}{10+V_2} + 10^{-3}$$

c) Calcul de V_2

$$\frac{[C_2H_5NH_2]}{[C_2H_5NH_3^+]} = 10^{pH-pKa} = 1,585 \text{ soit } \frac{10^{-2}V_2}{10+V_2} - 10^{-3} = 1,585\left(\frac{10^{-1}-10^{-2}V_2}{10+V_2} + 10^{-3}\right)$$

d'où $V_2 = 7,9$ cm^3

4- a) Les solutions à mélanger sont : S et S_2

b) Volumes des solutions à mélanger

On a : $C_2V_2 = \frac{CV'}{2}$ et $V_2 + V' = V$ avec $C = C_2 = C_o$

On trouve $V_2 = 10$ mL , $V' = 20$ mL.

c) Propriétés de S'

S'est une solution tampon (pH = pKa). Son pH ne varie pas lors d'une dilution modérée à l'eau distillée. Son pH varie peu lors d'un ajout modéré d'une solution d'acide ou de base.

Chimie II

1- a) Fonctions chimiques de A et C

A est ester et C est un alcool

$M(C_nH_{2n}) = 14n = 29d$ où $n = \dfrac{29 \times 2,41}{14} = 5$

Formule de C : $C_5H_{12}O_2$

A est de formule $C_{n'}H_{2n'}O_2$. On pose $\dfrac{12n'}{64,58} = \dfrac{32}{24,60}$ d'où $n = 7$

Finalement A : $C_7H_{14}O_2$

c) Formules semi-développées et noms de C

C est un alcool primaire puisque B est un aldéhyde

- $CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2 - CH_2OH$ pentan -1- ol
- $CH_3 - CH_2 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - CH_2OH$ 2- méthylbutan –1- ol
- $CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - CH_2 - CH_2OH$ 3 – méthylbutan –1- ol
- $CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}} - CH_2OH$ 2,2- diméthylpropan –1- ol

d) Formules semi-développées et noms de B et A

C étant chiral, donc c'est le 2- méthylbutan –1- ol - Par conséquent :

A : $CH_3 - \overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}} - O - CH_2 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - CH_2 - CH_3$ éthanoate de 2- méthylbutyle

B : $(CH_3COO^- + Na^+)$ éthanoate de sodium

2- a) Equation-bilan de la réaction de dioshydratation

B' : CH_3COOH ; $2\,CH_3COOH \xrightarrow{P_4O_{10}} H_2O + CH_3 - \underset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}} - O - \underset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}} - CH_3$

b) Masse de E

$r = \dfrac{n_E}{n_{B'}} = \dfrac{2 \times \dfrac{m_E}{M_E}}{\dfrac{m_{B'}}{M_{B'}}}$ d'où $m_E = \dfrac{r\, m_{B'}\, M_E}{2\, M_{B'}}$ $\dfrac{0,8 \times 60 \times 102}{2 \times 60} = 40,8g$

3- Identification

Y : $CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - COOH$ acide 2- méthylpropanoïque

X : $CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - \underset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}} - O - \underset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}} - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - CH_3$ anhydride 2 – méthylpropanoïque

A' : $CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - \overset{\displaystyle O}{\overset{\|}{C}} - O - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - CH_3$ 2 – méthylpropanoate d'isopropyle

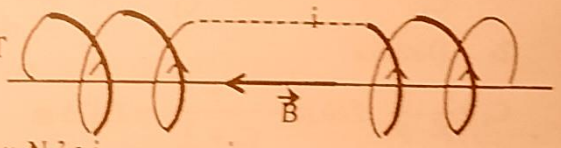
Z : $CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - \overset{\overset{O}{||}}{C} - NH - CH_3$ N – méthyl – 2- méthypropanamide

W : $CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - \overset{\overset{O}{||}}{C} - Cl$ chlorure de 2 – méthylpropanoyle.

Physique I

1- a) Caractéristiques de B

- direction : parallèle à l'axe de S_1
- Sens : de la droite vers la gauche
- Intensité : $B = \mu_o N_1 i = 6{,}28.10^{-3}$ T



b) Expression de flux

A travers S_1 : $\phi_1 = N_1 \vec{B_1}.\vec{s_1} = N_1 B S_1 = \mu_o N_1^2 s_1 i$

A travers S_2 : $\phi_2 = N_2 \vec{B}.\vec{s_2} = N_2 N_1 \mu_o s_2 i$

c) * Explication

A l'ouverture du circuit, l'intensité du courant et celle du champ magnétique varient et tendent vers zéro. De même le flux magnétique à travers S_2 varie. Il en résulte une f.é.m et un courant induit dans S_2 (supposé en circuit fermé).

* Sens du courant i'

Le courant induit crée un champ $\vec{B'}$ de même sens que $\vec{B}$ (champ crée dans S_1). Le courant a donc le sens positif choisi.

* Quantité d'électricité

$$Q = \frac{|\Delta\phi|}{R} = \frac{N_2 N_1 \mu_o s_2 i}{R} = \frac{500 \times 1.000 \times 4\pi.10^{-7} \times 3.10^{-4} \times 5}{10^{-2}} = 9{,}42.10^{-2} C$$

d) Tension aux bornes de S_2

$$u = -e = -\frac{\Delta\phi}{\Delta t} = -\frac{\phi_f - \phi_i}{\Delta t} \text{ or } \phi_f = 0 \text{ d'où}$$

$$u = \frac{\phi i}{\Delta t} = \frac{500 \times 1.000 \times 4\pi.10^{-7} \times 3.10^{-4} \times 5}{10^{-2}} = 9{,}42.10^{-2} V$$

2- Tension aux bornes de S_2 : $u_2 = 9{,}42.10^{-2}$ V

3- * f.e.m. induite

$$e = \frac{-d\phi}{dt} \text{ or } \phi = N_2 N_1 \mu_o s_2 i \text{ d'où } e = -N_2 N_1 \mu_o s_2 \frac{di}{dt}$$

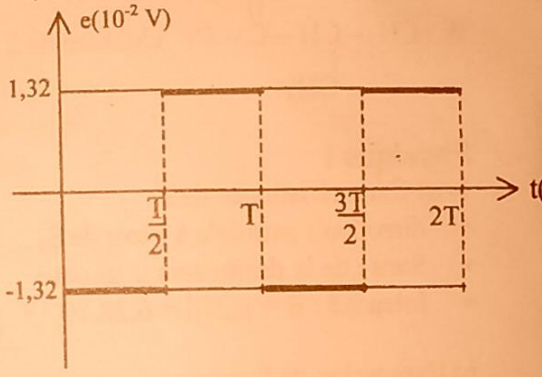
* $t \in [0, \frac{T}{2}]$ $\frac{di}{dt} = \frac{2I_m}{T}$ et $e = \frac{-2N_2 N_1 \mu_o s_2 I_m}{T} = -1{,}32.10^{-2}$ V

* $t \in [\frac{T}{2}, T]$ $\frac{di}{dt} = -\frac{2I_m}{T}$ et $e = \frac{2N_2 N_1 \mu_o s_2 I_m}{T} = 1{,}32.10^{-2}$ V

Représentation de e = f(t)

4- Expression de la f.é.m induite

$i = I_m\cos(\omega t)$ $\quad \frac{di}{dt} = -I_m\omega\sin(\omega t)$; $e = N_2N_1\mu_0 s_2 I_m\omega\sin(\omega t) = 0{,}296\sin(314t)$



Physique II

1- a) Nature et justification

L_1 : lentille convergente car $C_1 < 0$ L_2 : lentille divergente car $C_2 < 0$

b) Distances focales

$f'_1 = \frac{1}{C_1} = 0{,}125$ m ; $f'_2 = \frac{1}{C_2} = -0{,}1$ m

2- * Distance

$C_1 = \frac{1}{p'} - \frac{1}{p}$ d'où $p' = \frac{1}{C_1 + \frac{1}{p}} \simeq 0{,}125$ m

On doit placer l'écran à 12,5 cm derrière la lentille. Cet écran est donc placé dans le plan focal image de L_1

* Sens

$\gamma = \frac{p'}{p} = \frac{+0{,}125}{-250} < 0$; Par conséquent l'image est renversée par rapport à l'objet

3- Vérification

$C_1 = \frac{1}{p'} - \frac{1}{p}$ or on a $D = \overline{AO} + \overline{OA'} = -p + p'$ soit $p' = D + p$

D'où $C_1 = \frac{1}{D+p} - \frac{1}{p} = 8\,\delta$

L'indication est donc correcte

4- a) * Position

$C_1 = \frac{1}{\overline{O_1A_1}} - \frac{1}{\overline{O_1A}}$ d'où $O_1A_1 = \frac{1}{C_1 + \frac{1}{O_1A}} = 0{,}143$ m

* Nature

$\overline{O_1A} < 0$ et $\overline{O_1A_1} > 0$; l'image A_1B_1 est réelle

* Sens

$\gamma = \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}} = -\frac{1}{7} < 0$; l'image A_1B_1 est renversée par rapport à l'objet

* Grandeur

$\gamma = \frac{\overline{A_1B_1}}{\overline{AB}}$ d'où $\overline{A_1B_1} = \gamma\overline{AB} = -1{,}43$ cm soit $A_1B_1 = 1{,}43$ cm

b) Position de A'B'

$C_2 = \frac{1}{\overline{O_2A'}} - \frac{1}{\overline{O_2A_1}}$ or $\overline{O_2A_1} = \overline{O_2O_1} + \overline{O_1A_1}$ d'où $\overline{O_2A'} = \frac{1}{C_2 + \frac{1}{\overline{O_2O_1} + \overline{O_1A_1}}}$ = 0,17 m

*Nature de A'B'

$\overline{O_2A} < 0$ et $O_2A' > 0$; l'image A'B' est donc réelle.

* Sens

$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}} = \frac{\overline{O_2A'}}{\overline{O_2A_1}} \times \frac{\overline{O_1A_1}}{\overline{O_1A}} = -0,39$

$\gamma < 0$; l'image définitive est alors renversée par rapport à l'objet

* Grandeur de A'B'

$\gamma = \frac{\overline{A'B'}}{\overline{AB}}$ d'où $\overline{A'B'} = \gamma\,\overline{AB} = -3,9$ cm soit A'B' = 3,9 cm

c) Faites la construction géométrique sur papier millimétrique.

CORRIGE TYPE DU SUJET 14

Chimie I

1- a) Equation-bilan

$$H_3O^+ + OH^- \longrightarrow 2H_2O$$

b) Calcul de C_b

pH > 8 ; $pH = pKe + \log C_b$ d'où $C_b = 10^{11,7-14} = 5.10^{-3}$ mol.L^{-1}

c) Faites le tracé de la courbe $pH = f(V_a)$ sur papier millimétrique

d) * Coordonnées du point d'équivalence E

E ($V_{aE} = 10$ mL ; $pH_E = 7$)

* Valeur de C_a

A l'équivalence acido-basique on a, $C_a V_{aE} = C_b V_b$ d'où $C_a = \frac{C_b V_b}{V_{aE}} = 2.10^{-2}$ mol.L^{-1}

* Valeur de C_o

$C_o V_o = C_a V_1$ d'où $C_o = \frac{C_a V_1}{V_o} = 10$ mol.L^{-1}

* Vérification

$C_o = \frac{m}{MV_o} = \frac{pm_o}{MV_o} = \frac{p\rho}{M}$ d'où $p = \frac{C_o M}{\rho} = \frac{10 \times 36,5}{1100} = 33,2\%$

Les indications du flacon sont donc inexactes.

2- a) Formule et nom

NaCl : chlorure de sodium

b) Masse du produit

$n_{NaCl} = C_a V_{aE} = \frac{m_{NaCl}}{M_{NaCl}}$ d'où $m_{NaCl} = C_a V_{aE} M_{NaCl} = 11,7$ mg

Chimie II

1- a) Formule brute de A (C_xH_yO)

$\frac{y}{12x} = 0,167$ d'où $y = 12 \times 0,167x$ or $M_A = 12x + y + 16 = 14,004x + 16$

$\frac{M_A}{100} = \frac{16}{18,6}$ soit $\frac{14,004x + 16}{100} = \frac{16}{18,6}$ d'où $x = 5$ et A : $C_5H_{10}O$

b) Formules semi-développées et noms passibles de A

- $CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - CH_2 - CHO$ 3 – méthylbutanal
- $CH_3 - CH_2 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - CHO$ 2 - méthylbutanal
- $CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}} - CHO$ 2,2 - diméthylpropanal
- $CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{CH}} - \underset{\displaystyle O}{\overset{\displaystyle O}{\overset{||}{C}}} - CH_3$ 3 – méthylbutan – 2 - one

2- a) Formules semi-développées et noms de A et B

A : $CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}} - CHO$ 2,2- diméthylpropanal ;

B : $CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle CH_3}{\overset{|}{\underset{|}{C}}}} - COOH$ acide 2,2 - diméthylpropanoïque

b) Equation-bilan

$CH_3 - C(CH_3)_2 - CHO + 2H_2O \longrightarrow 2H_3O^+ + CH_3 - C(CH_3)_2 - COOH + 2e^-$ (1)

$Cr_2O_7^{2-} + 14H_3O^+ + 6e^- \longrightarrow 2\,Cr^{3+} + 21H_2O$ (2)

$3 \times (1)+(2)$: $Cr_2O_7^{2-} + 3\,CH_3-C(CH_3)_2-CHO + 8H_3O^+ \longrightarrow 2\,Cr^{3+} + 12H_2O + 3\,CH_3 - C(CH_3)_2 - COOH$

3- a)Equation-bilan

$CH_3 - C(CH_3)_2 - COOH + CH_3 - CH_2 - OH \rightleftharpoons H_2O + CH_3 - C(CH_3)_2 - C(=O) - O - CH_2 - CH_3$

b) Nom du produit : 2,2 – diméthylpropanoate d'éthyle.

c) Choix : La réaction est lente et athermique

4- a) Rôle

L'acide sulfurique joue le rôle de catalyseur. Il permet d'accélérer la réaction.

b) Réactif en excès

$n(\text{éthanol}) = \frac{4}{46} = 8{,}7.10^{-2}$ mol ; $\frac{n_B}{1} > \frac{n(\text{éthanol})}{1}$ d'où l'acide carboxylique B est en excès.

c) Chauffage : On chauffe le mélange pour accélérer la réaction.

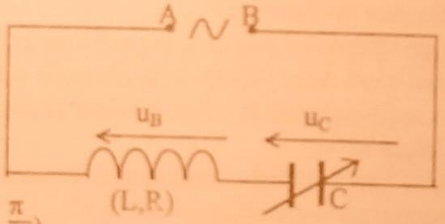
d) Quantité de matière d'ester : $n_{ester} = n_{éthanol} = 8{,}7.10^{-2}$ mol

e) Rendement

$r = \frac{n_{ester}\ (réel)}{n_{ester}\ théorique)} = \frac{0{,}052}{8{,}7.10^{-2}} = 0{,}5977$ soit $r = 59{,}8\%$

Physique I

1- Schéma du montage



2- a) Expression de Z

$u = u_B + u_C = L\frac{di}{dt} + Ri + \frac{q}{C}$

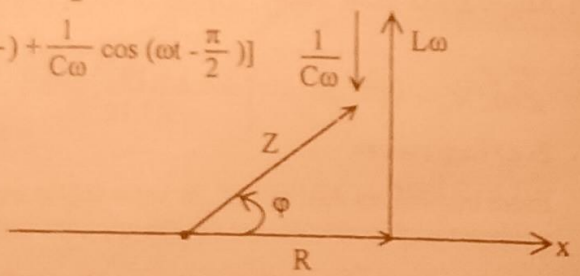
Posons $i = I\sqrt{2}\cos(\omega t)$

$\frac{di}{dt} = -I\sqrt{2}\,\omega\sin(\omega t) = I\sqrt{2}\,\omega\cos(\omega t + \frac{\pi}{2})$

$q = \int i dt = \frac{I\sqrt{2}}{\omega}\sin(\omega t) = \frac{I\sqrt{2}}{\omega}\cos(\omega t - \frac{\pi}{2})$

$u = I\sqrt{2}\,[R\cos\omega t + L\omega\cos(\omega t + \frac{\pi}{2}) + \frac{1}{C\omega}\cos(\omega t - \frac{\pi}{2})]$

$Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}$



b) Phase φ

$\tan\varphi = \frac{L\omega - \frac{1}{C\omega}}{R}$

c) * Puissance moyenne

$P = UI\cos\varphi$ or $\cos\varphi = \frac{R}{Z}$ et $U = ZI$ d'où $P = ZI \times I \times \frac{R}{Z} = RI^2$

* Cette puissance est dissipée dans la bobine.

3- a) Valeur de L

$I = \frac{U}{Z_1} = \frac{U}{Z_2}$ soit $Z_2 = Z_1$ et $R^2 + (L\omega - \frac{1}{C_1\omega})^2 = R^2 + (L\omega - \frac{1}{C_2\omega})^2$

d'où $L = \frac{1}{2\omega^2}\left(\frac{1}{C_1}+\frac{1}{C_2}\right) = 0{,}72$ H

b)Précisions

$L\omega = 0{,}72 \times 100\pi \simeq 226{,}25\ \Omega$

* $\frac{1}{C_1\omega} = 265{,}26\ \Omega$ soit $L\omega - \frac{1}{C_1\omega} < 0$ et $\varphi_1 < 0$

Pour la valeur C_1 de C, u est en retard par rapport à i

* $\frac{1}{C_2\omega} = 187{,}24\ \Omega$ soit $L\omega - \frac{1}{C_2\omega} > 0$ et $\varphi_2 > 0$

Pour la valeur C_2 de C, u est en avance de phase par rapport à i..

4-Valeur de C_o

$P = RI^2$ est maximale si I est maximale, donc à la résonance

$L\omega = \frac{1}{C_o\omega}$ d'où $C_o = \frac{1}{L\omega^2} = 1{,}4.10^{-5}$ F

Physique II

1- * Enoncé du théorème

Dans un référentiel galiléen, la variation de l'énergie cinétique d'un système matériel entre deux dates t_1 et t_2 est égale à la somme algébrique des travaux des forces appliquées au système pendant la durée de la variation

* Calcul de V_o

Système : un électron de masse m et de charge e

Référentiel terrestre supposé galiléen

Bilan des forces : $\vec{P}$ (poids de l'électron) et $\vec{Fe}$ (force électrique)

$\Delta E_C = \sum W(\vec{f})$ soit $\frac{1}{2}mV_o^2 = qU_{CQ}$ (car $\vec{P} << \vec{Fe}$)

d'où $V_o = \sqrt{\frac{2eU_{QC}}{m}} = \sqrt{\frac{2 \times 1{,}6.10^{-19} \times 500}{9{,}1.10^{-31}}} = 1{,}32.10^7\ m.s^{-1}$

2- a) Expressions

Entre les plaques AA' et BB', la force appliquée à l'électron est $\vec{Fe} = -e\vec{E}$ car le poids est négligeable devant $\vec{Fe}$. On applique le théorème du centre d'inertie.

$\sum\vec{f}_{ext} = m\vec{a}$ soit $m\vec{a} = -e\vec{E} = -e\frac{U}{d}\vec{j}$ car $\vec{E} = \frac{U}{d}\vec{j}$

d'où $\vec{a} = \frac{eU}{md}\vec{j}$ soit $\vec{a}\ \left(a_x = 0\ ;\ a_y = \frac{eU}{md}\right)$

La vitesse $\vec{V} = \left(V_x = V_o\cos\alpha\ ;\ V_y = -\frac{eU}{md}t + V_o\sin\alpha\right)$

La position $\overrightarrow{OM}\ \left(x = V_o t\cos\alpha\ ;\ y = -\frac{eU}{md}t^2 + V_o t\sin\alpha\right)$

b) Equation cartésienne

On élimine t entre x et y et on trouve

$y = -\dfrac{U}{4dU_o\cos^2\alpha}\, x^2 + x\tan\alpha$ avec $mV_o^2 = 2eU_o$

c) * Coordonnées de M

Si la vitesse est parallèle à l'axe (Ox), $V_y = o$ soit $-\dfrac{eU}{md} t_M + V_o\sin\alpha = 0$

d'où $t_M = \dfrac{mdV_o\sin\alpha}{eU}$

Finalement : $x_M = V_o t_M \cos\alpha = \dfrac{U_o d\sin^2\alpha}{U}$ et $y_M = \dfrac{U_o d\sin^2\alpha}{U}$

* Relation entre U_o , U et α

L'électron ne touche pas AA' si $y_M < \dfrac{d}{2}$ soit $\dfrac{U_o d\sin^2\alpha}{U} < \dfrac{d}{2}$ d'où $2U_o \sin^2\alpha < U$

d) * Tension U

Si l'électron sort du champ en O', $y = 0$ et $x = \ell$ soit

$\dfrac{-U}{4dU_o^2\cos^2\alpha}\ell^2 + \ell\tan\alpha = 0$ d'où $U = \dfrac{2dU_o\sin^2\alpha}{\ell} \simeq 303$ V

* Démonstration

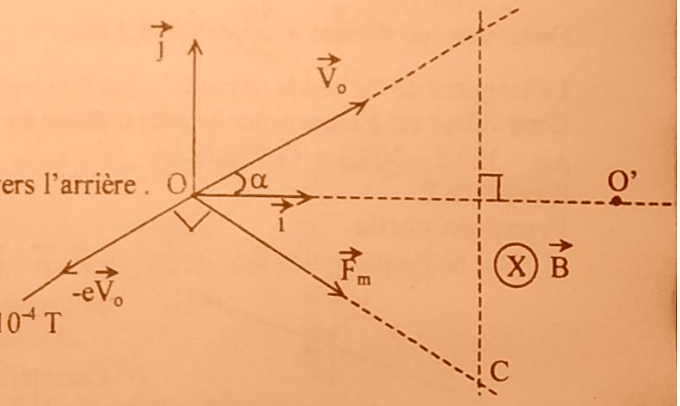
$\dfrac{1}{2}mV_{o'} - \dfrac{1}{2}mV_o^2 = \vec{Fe}.\overrightarrow{OO'}$ or $\vec{Fe} \perp \overrightarrow{OO'}$ d'où $\dfrac{1}{2}mV_{o'}^2 - \dfrac{1}{2}mV_o^2 = 0$ et $V_{o'} = V_o$

3- a) Sens de $\vec{B}$

La force magnétique est

$\vec{F_m} = q\vec{V_o} \wedge \vec{B} = -e\vec{V_o} \wedge \vec{B}$

Pour que $(\vec{V_o}, \vec{B}, \vec{F_m})$ soit un trièdre direct, il faut que B soit orienté de l'avant vers l'arrière .



b) Valeur de B

$R = \dfrac{mV_o}{eB}$ d'où $B = \dfrac{mV_o}{eR} = 3{,}76.10^{-4}$ T

CORRIGE TYPE DE L'EPREUVE 1

Exercice 1

1) a) L'intensité efficace étant maximale, le circuit présente le phénomène de résonance. On a :

$LC\omega_0^2 = 1$ d'où $L = \frac{1}{C\omega_0^2} = \frac{1}{4\pi^2 f^2 C} = 1{,}01$ H

b) Calcul de I_0 : $U = Z_0 I_0 = RI_0$ d'où $I_0 = \frac{U}{R} = 0{,}5$ A

c) Le facteur de puissance est $\cos\varphi = 1$; car à la résonance $\varphi = 0$.

d) On calcule la tension efficace aux bornes de chaque lampe au néon

* La lampe N_3 est soumise à $U = 6$ V < 120 V donc N_3 est éteinte
* La lampe N_1 est soumise à $U_1 = Z_{RL} I_0 = I_0 \times \sqrt{R^2 + L^2\omega^2} = 159{,}2$ V

$U_1 > 120$ V donc N_1 est allumée

* La lampe N_2 est soumise à $U_2 = Z_C I_0 = \frac{I_0}{C\omega_0} = 159{,}2$ V > 120 V

donc N_2 est allumée.

2) La condition $I = \frac{I_0}{\sqrt{2}}$ s'écrit $\frac{U}{Z} = \frac{U}{R\sqrt{2}}$ soit $Z = R\sqrt{2}$

or $Z = \sqrt{R^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2} = R\sqrt{2}$ d'où $L\omega - \frac{1}{C\omega} = \pm R$

La condition demandée sur ω est $LC\omega^2 - 1 = \pm RC\omega$

Les valeurs ω_1 et ω_2 sont les racines positives des équations :

$LC\omega^2 - 1 = RC\omega$ et $LC\omega^2 - 1 = -RC\omega$

On trouve : $\omega_1 = -\frac{R}{2L} + \frac{\sqrt{\Delta}}{2LC} = 308{,}3$ rad.s^{-1} ; $\omega_2 = +\frac{R}{2L} + \frac{\sqrt{\Delta}}{2LC} = 320{,}2$ rad.s^{-1}

La longueur de "la bande passante" : $\Delta\omega = \omega_2 - \omega_1 = \frac{R}{L} = 11{,}8$ rad.s^{-1}

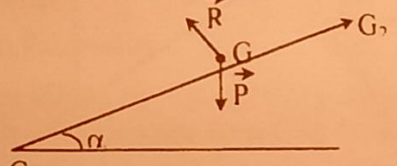
Cette valeur est à rapprocher de celle obtenue en faisant

$\Delta\omega = 320{,}2 - 308{,}3 = 11{,}9$ rad.s^{-1}.

Exercice 2

Première partie

- Calcul de l'accélération a_1



$\Sigma\vec{f} = \vec{P} + \vec{R} = m\vec{a_1}$. En projetant suivant G_1G_2 on trouve $a_1 = -g\sin\alpha$.

Caractéristiques - direction : $\vec{G_1G_2}$
- sens : ascendant
- module : $a_1 = 5$m.s^{-2}

- Vitesse V_B

$V_B^2 - V_A^2 = 2a_1AB$ d'où $V_B = \sqrt{V_A^2 - 2g\sin\alpha \times L} = 19$m.s^{-1}

Deuxième partie :

1) Equation littérale de la trajectoire de G

On fait une étude dynamique et on trouve

$y = -\frac{g}{2V_B^2\cos^2\alpha}x^2 + x\tan\alpha = -0{,}0463x^2 + 0{,}577\,x$

2) La longueur totale du saut. Soit x_p cette longueur

Le point P est tel que $P(x_p ; y_p = -BH = -L \sin\alpha = -2m)$

On pose : $-0{,}0463\ x_p^2 + 0{,}577\ x_p = -2$

Après résolution de cette équation : $x_p = 15{,}3$ m

Exercice 3

1) $R - C(=O) - O - R' + H_2O \rightleftarrows R - C(=O) - OH + R' - OH$

2) a) X a pour formule brute C_3H_7OH et c'est un alcool secondaire.

D'où X : $CH_3 - CHOH - CH_3$: propan – 2 – ol

b) L'ester : $CH_3 - C(=O) - O - CH(CH_3)_2$

3) A isomère de X est un alcool primaire de formule semi-développée :

$CH_3 - CH_2 - CH_2 - OH$

4) L'action de A sur l'ion $Cr_2O_7^{2-}$ en excès donne de l'acide propanoïque. L'équation-bilan s'écrit :

$CH_3 - CH_2 - CH_2OH + 2Cr_2O_7^{2-} + 16\ H_3O^+ \longrightarrow 3CH_3 - CH_2 - COOH + 4Cr^{3+} + 27H_2O$

Le composé B est donc l'acide propanoïque

5) a) - B sur l'ammoniac NH_3

* $CH_3 - CH_2 - COOH + NH_3 \rightleftarrows CH_3 - CH_2 - C(=O) - O^- + NH_4^+$

* $CH_3 - CH_2 - COO^- + NH_4^+ \xrightarrow{\Delta} CH_3 - CH_2 - C(=O) - NH_2 + H_2O$

- B sur le chlorure de thionyle $SOCl_2$ et l'ammoniac NH_3

* $CH_3 - CH_2 - COOH + SOCl_2 \longrightarrow CH_3 - CH_2 - C(=O) - Cl + \uparrow SO_2 + \uparrow HCl$

* $CH_3 - CH_2 - C(=O) - Cl + NH_3 \longrightarrow CH_3 - CH_2 - C(=O) - NH_2 + HCl$

b) L'amide obtenue est la propanamide.

Exercice 4

1) a) La formule semi-développée : $CH_3 - \underset{\displaystyle CH_3}{\underset{|}{N}} - CH_3$: triméthylamine

b) $C_3H_9N + H_2O \rightleftarrows C_3H_9NH^+ + OH^-$

c) Espèces chimiques : H_3O^+ ; OH^- ; C_3H_9N ; $C_3H_9NH_3^+$

$[H_3O^+] = 5.10^{-12}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 2.10^{-3}$ mol.L^{-1} ; $[C_3H_9NH_3^+] = 2.10^{-3}$ mol.L^{-1}

$[C_3H_9N] = C_1 - [OH^-] = 4{,}8.10^{-2}$ mol.L^{-1}

$$pK_a = pH - \log \frac{[C_3H_9N]}{[C_3H_9NH_3^+]} = 9{,}9$$

2) a) On fait un mélange équimolaire de la base faible et de son acide conjugué.

On pose donc :

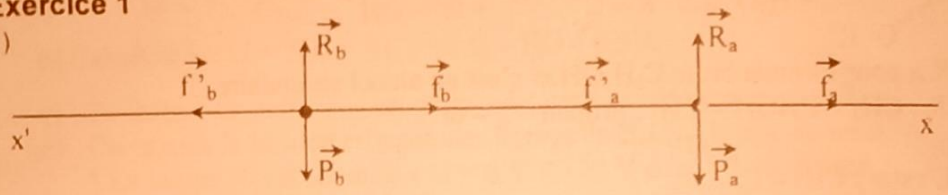
$\begin{cases} V_1 + V_2 = V = 1L \\ C_1V_1 = C_2V_2 \end{cases}$ et on trouve $V_2 = 0{,}625$ L ; $V_1 = 0{,}375$ L

b) Solution tampon. Propriétés (voir cours)

CORRIGE TYPE DE L'EPREUVE 2

Exercice 1

1)



Le théorème du centre d'inertie s'écrit :

$\Sigma\vec{f} = \vec{f}_a + \vec{f'}_a + \vec{R}_a + \vec{P}_a = m_a\vec{a}_a$

Projection sur x'x : $f_a - f'_a = m_a a_a$ d'où $a_a = \dfrac{f_a - f'_a}{m_a} = 1\ m.s^{-2}$

A est animé d'un mouvement rectiligne uniformément varié d'équation : $x_a = 0{,}5\ t^2$ (car $V_{0a} = 0$ et $x_0 = 0$)

2) De la même manière : $a_b = \dfrac{f_b - f'_b}{m_b} = 0{,}25\ m.s^{-2}$

B est animé d'un mouvement rectiligne uniformément varié d'équation :

$x_b = -0{,}125t^2 - 1$ (car $V_{0b} = 0$ et $x_{0b} = A_0B_0 = -1$ m)

3) Le centre d'inertie du système (A, B) est le point G tel que :

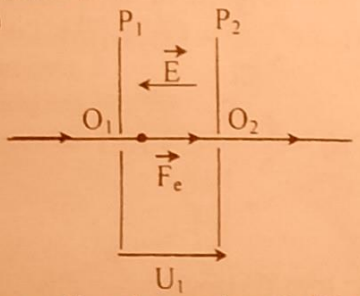
$\overrightarrow{A_0G} = \dfrac{m_a\overrightarrow{A_0A} + m_b\overrightarrow{A_0B}}{m_a + m_b}$ soit $x_g = \dfrac{m_a x_a + m_b x_0}{m_a + m_b}$

Or $x_a = 0{,}5t^2$ et $x_b = -0{,}125\ t^2 - 1$ d'où $x_g = -0{,}8$ m

G est donc immobile. ***4/ et 5/ (non corrigées)***

Exercice 2

1) a)



Les ions sont accélérés vers la plaque P_2. Ils sont donc soumis à la force électrostatique : $\vec{F}_e = q\vec{E}$; or $q < 0$ d'où $\vec{E}$ est dirigé de P_2 vers P_1

Pour avoir une accélération des ions, on doit avoir $V_{P_2} > V_{P_1}$ d'où $U_1 = V_{P_2} - V_{P_1}$ est dirigé de P_1 vers P_2.

b) On applique le theorème de l'énergie cinétique.

$\Delta E_c = W(\vec{F}_e)$ soit $E_{CO_2} - E_{CO_1} = q(V_{P_1} - V_{P_2}) = -e(-U_1) = eU_1$.

$E_{CO_1} = 0$ d'où $E_{CO_2} = eU_1 = \dfrac{1}{2}\ m_1V_1^2 = \dfrac{1}{2}\ m_2V_2^2$. Les ions ont donc la même énergie cinétique.

- Calcul de V_1 : $V_1 = \sqrt{\dfrac{2eU_1}{m_1}}$ or $m_1 = 35$ m d'où $V_1 = \sqrt{\dfrac{2eU_1}{35m}} = 2{,}34.10^5\ m.s^{-1}$.

c) Pour l'ion $^{35}_{17}Cl^-$ on a : $\dfrac{1}{2}\ m_2V_2^2 = eU_1 = \dfrac{1}{2}\ m_1v_1^2$ soit $m_2V_2^2 = m_1V_1^2$ ou

$V_2 = V_1\sqrt{\frac{m_1}{m_2}} = V_1\sqrt{\frac{35}{x}}$

2) a) Voir cours. On a : $R_1 = \frac{m_1V_1}{eB}$ et $R_2 = \frac{m_2V_2}{eB}$; $R_1 = 0{,}427$ m.

b) Calcul de x

On a : $d = OC - OA = 2R_2 - 2R_1$ d'où $\frac{R_2}{R_1} = 1 + \frac{d}{2R_1}$

Or $\frac{R_2}{R_1} = \frac{m_2V_2}{m_1V_1} = \frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{35}{x}}$ d'où $\sqrt{\frac{35}{x}} = 1 + \frac{d}{2R_1}$

Finalement : $x = 35\,(1 + \frac{d}{2R_1})^2 = 37$.

Exercice 3

1) B est un alcool tertiaire et B' est alcool primaire

2) La formule brute de E

$R - COOH + OH^- \longrightarrow RCOO^- + H_2O$

$N_{OH^-} = \frac{m}{M} = \frac{1{,}2}{40} = 0{,}03$ mol

La réaction se fait mole à mole d'où : $n_{OH^-} = n_E = \frac{m_E}{M_E}$ d'où $M_E = 102$ g.mol^{-1} or $M_E = M(C_nH_{2n}O_2) = 14n + 32$ d'où $n = 5$

Ainsi la formule brute de E : $C_5H_{10}O_2$

3) L'alcène initial A compte 5 carbones ; son hydratation donne un alcool primaire et un alcool tertiaire majoritaire. Donc on a :

A : $CH_3 - CH_2 - \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle}{C}} = CH_2$: 2-méthylbut – 1 – ène

B : $CH_3 - CH_2 - \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle}{C}}OH - CH_3$: 2-méthylbutan -2-ol

B' : $CH_3 - CH_2 - \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle}{C}}H - CH_2OH$: 2-méthylbutan -1-ol

D : $CH_3 - CH_2 - \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle}{C}}H - CH_2OH$: 2-méthylbutanal

E : $CH_3 - CH_2 - \underset{\displaystyle CH_3}{\overset{\displaystyle}{C}}H - COOH$: acide 2-méthylbutanoïque

Exercice 4

1) a) $C_2H_5NH_2 + H_2O \rightleftharpoons OH^- + C_2H_5NH_3^+$

b) Les espèces chimiques H_3O^+ ; OH^- ; $C_2H_5NH_2$; $C_2H_5NH_3^+$.

$[H_3O^+] = 4.10^{-12}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 2{,}5.10^{-3}$ mol.L^{-1}

$[C_2H_5NH_3^+] = [OH^-] = 2{,}5.10^{-3}$ mol.L^{-1}

$[C_2H_5NH_2] = [C_2H_5NH_3^+] \times 10^{pH - pKa} = 10^{-2}$ mol.L^{-1}

c) Calcul de x : $x = [C_2H_5NH_2] + [C_2H_5NH_3^+] = 1{,}25.10^{-2}$ mol.L^{-1}

2) a) Tracer la courbe pH = f(V) ; b) E ($V_E = 32{,}5$ cm^3 ; $pH_E = 6{,}45$)

3) A l'équivalence acido-basique :

$x.V = C.V_E$ d'où $x = C \times \frac{V_E}{V} = 1{,}3.10^{-2}$ mol.L^{-1}

Cette dernière valeur est très voisine de celle trouvée à la question 1) c). La valeur qui inspire le plus confiance est celle issue du dosage, car la première utilise le résultat d'une mesure de pH unique, ce qui introduit une incertitude plus grande.

4) Les trois indicateurs peuvent convenir, avec cependant les réserves suivantes :
- La phénolphtaléine vire très légèrement avant que l'équivalence soit atteinte. donc donne une valeur de V par défaut, qui entraîne pour x une erreur systématique par défaut.
- L'hélianthine vire après que l'équivalence soit atteinte. Donc donne une valeur de V par excès, qui entraîne pour x une erreur systématique par excès.
- Le bleu de bromothymol, par contre, vire pratiquement à l'équivalence, donc donne le résultat le meilleur.

CORRIGE TYPE DE L'EPREUVE 3

Exercice 1

1) a) Il s'agit d'une réaction d'estérification. C'est une réaction lente, athermique et réversible.

b) Equation-bilan de la réaction :

$$CH_3-C(=O)-OH + CH_3-CH_2OH \rightleftharpoons CH_3-C(=O)-O-CH_2-CH_3 + H_2O$$

c) Les quantités initiales en moles :

n_1 d'acide acétique : $n_1 = \dfrac{m(CH_3CO_2H)}{M(CH_3CO_2H)} = \dfrac{0,60}{60} = 10^{-2}$ mol

n_2 d'éthanol : $n_2 = \dfrac{m(CH_3CH_2OH)}{M(CH_3CH_2OH)} = \dfrac{0,46}{46} = 10^{-2}$ mol

Le mélange est stœchiométrique car $n_1 = n_2 = 10^{-2}$ mol

2) a) Equation-bilan de la réaction

$$CH_3-C(=O)-OH + OH^- \longrightarrow CH_3-C(=O)-O^- + H_2O$$

b) La quantité d'acide dosé :

$n_a = n_b$ à l'équivalence . $n_a = C_bV_b = 4.10^{-3}$ mol

La masse correspondante :

$m_a = n_a . M(CH_3CO_2H) = 2,4.10^{-1}$ g

Exercice 2

1) a) Démontrons que S_1 ou S_2 est une solution d'acide fort

- Solution S_1 : concentrations C_{O_1} , C'_1
- Solution S_2 : concentrations C_{O_2} , C'_2

Un acide est fort si pH = -log C.

Pour S_1 : $C'_1 = \dfrac{C_{O_1}}{5}$

$pH = -\log\left(\dfrac{C_{O_1}}{5}\right) = -\log C_{O_1} + \log 5 = 2,4 + \log 5 = 3,1$

pH = - log C_1 , S_1 est l'acide fort et S_2 l'acide faible.

b) La concentration de l'acide fort :

$pH = -\log C_{O_1} \Rightarrow C_{O_1} = 10^{-pH} \simeq 4.10^{-3}$ mol.L^{-1}

2) a) Concentration C_{O_2}

$C_{O_1} V_{O_1} = C_b V_b$

$C_{O_2} V_{O_2} = C_b \times (25 V_b) = 25 C_b V_b = 25 C_{O_1} V_{O_1}$

or $V_{O_2} = V_{O_1}$ donc $C_{O_2} = 25\ C_{O_1} = 25 \times 4.10^{-3} = 10^{-1}$ mol.L^{-1}.

b) Les espèces chimiques sont : H_3O^+ ; OH^- ; A_2^- ; A_2H

* $[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-2,4} = 4.10^{-3}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 2,5.10^{-12}$ mol.L^{-1}

$[A_2^-] \simeq [H_3O^+] = 4.10^{-3}$ mol.L^{-1}

$[A_2H] = C_{O_2} - [A_2^-] = 9,6.10^{-2}$ mol.L^{-1}

PHYSIQUE

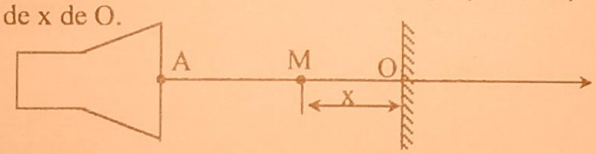
Exercice 1

1) La longueur d'onde $\lambda = \frac{C}{N}$.

A.N. : $\lambda = \frac{340}{1000} = 0,34$ m

2) Le microphone placé en décèlera un minimum d'intensité sonore car O est un point où il y aura réflexion de l'onde incidente avec une amplitude nulle.

3) Analyse des variations et expression analytique de la pression au point M distant de x de O.



- Vibration incidente en O ; $P_{o_i} = P_m \sin \omega t$
- Vibration réfléchie en O ; $P_{o_r} = - P_m \sin \omega t$

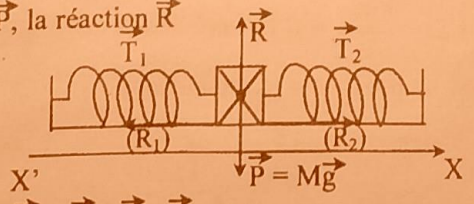
Pour le point M : $P_{M_i} = P_m \sin [\omega (t + \frac{x}{c})]$

$P_{M_r} = -P_m \sin [w (t - \frac{x}{c})]$

Exercice 2

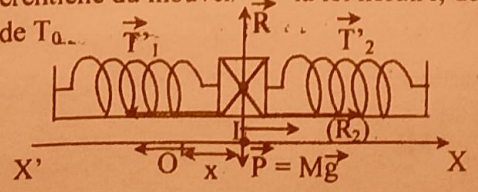
A – 1) Bilan des forces qui s'exercent sur le solide S à l'équilibre :

- Les tensions $\vec{T_1}$ et $\vec{T_2}$
- Le poids $\vec{P}$, la réaction $\vec{R}$



On écrit : $\vec{T_1} + \vec{T_2} + \vec{P} + \vec{R} = \vec{0}$ soit $T_1 = T_2$

2) Equation différentielle du mouvement la loi horaire, déduction de la pulsation ω_0 et de la période T_0.



Théorème du centre d'inertie :

$\vec{T'}_1 + \vec{T'}_2 + \vec{P} + \vec{R} = M\vec{a}$

La projection orthogonale sur l'axe $\vec{x'x}$:

$- T'_1 + T'_2 = Ma$ soit $-k(\Delta l + x) + k(\Delta l - x) = Ma$

d'où $-2kx = M\dfrac{d^2x}{dt}$ ou $\dfrac{d^2x}{dt^2} + \dfrac{2k}{M}x = 0$

La loi horaire est la solution de l'équation différentielle.

Cette solution est de la forme :

$x = x_m \sin(\omega_0 t + \varphi)$

A $t = 0$ $x = x_m = x_m \sin\varphi \Rightarrow \sin\varphi = 1$ d'où $\varphi = \dfrac{\pi}{2} + 2k\pi$

A $t = 0$; $k = 0 \Rightarrow \varphi = \dfrac{\pi}{2}$

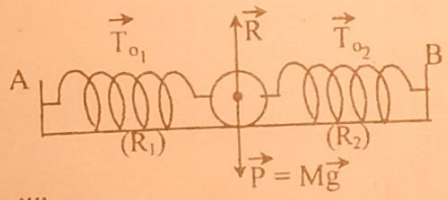
On a : $\omega_0 = \sqrt{\dfrac{2k}{M}} = 6{,}58 \text{ rad.s}^{-1}$

$x = 2.10^{-2} \sin(6{,}58\, t + \dfrac{\pi}{2})$

La période $T_0 = \dfrac{2\pi}{\omega_0} = \dfrac{2 \times 3{,}14}{6{,}58} = 0{,}95$ s

3) $E_{C\,max} = kx_m^2 = 5{,}2.10^{-3}$ J.

B – 1) L'allongement x_{0_2} du ressort R_2



A l'équilibre :

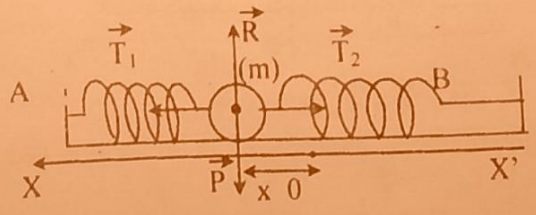
$\vec{T}_{o_1} + \vec{R} + \vec{P} + \vec{T}_{o_2} = \vec{O}$

La projection orthogonale sur l'axe $\vec{AB}$:

$- T_{o_1} + T_{o_2} = 0$

Soit $-k_1x_{o_1} + k_2x_{o_1} = 0$ d'où $x_{o_2} = \dfrac{k_1x_{o_1}}{k_2} = 6.10^{-2}$ m

2) Montrons que le système est un oscillateur harmonique



Le théorème du centre d'inertie appliqué au système donne :

$\vec{T}_1 + \vec{T}_2 + \vec{R} + \vec{P} = M\vec{a}$

Projection sur x'x : $T_1 - T_2 = Ma$

Soit : $k_1 (x_{0_1} - x) - k_2(x_{0_2} + x) = M \frac{d^2x}{dt^2}$

d'où $\frac{d^2x}{dt^2} + \frac{k_1k_2}{M} x = 0$

(C'est l'équation différentielle du mouvement d'un oscillateur harmonique)

La solution de l'équation : $x = X_m \sin(\omega_o t + \varphi)$

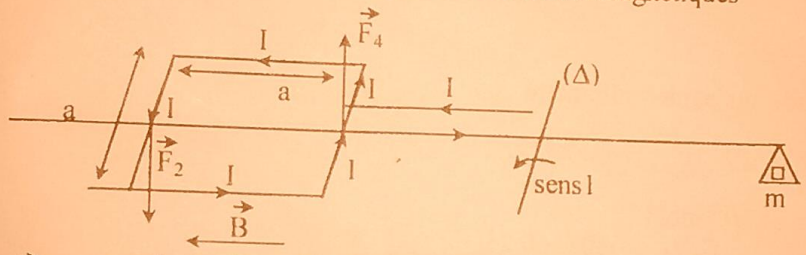
La pulsation w_o :

$\omega_o = \sqrt{\frac{k_1k_2}{M}} = 6{,}45 \text{ rads}^{-1}$

La période $T_o = \frac{2\pi}{\omega_o} = 0{,}97 \text{ s}$

Exercice 3

1) a) Représentation et calcul des forces électromagnétiques



$\vec{F}_1 = I\vec{a} \wedge \vec{B}$ $(\vec{a} // \vec{B})$; $\vec{F}_1 = \vec{0} \Rightarrow F_1 = 0$

$\vec{F}_2 = I\vec{a} \wedge \vec{B}$ $(\vec{a} \perp \vec{B})$; $F_2 = I\,aB$

$\vec{F}_3 = I\vec{a} \wedge \vec{B}$ $(\vec{a} // \vec{B})$; $\vec{F}_3 = \vec{0} \Rightarrow F_3 = 0$

$\vec{F}_4 = I\vec{a} \wedge \vec{B}$ $(\vec{a} \perp \vec{B})$; $F_4 = I\,a\,B$

Le cadre carré est soumis à un couple de forces dont l'effet est de faire tourner le fléau dans le sens 1 si on libère le fléau.

b) Le courant change de sens dans le solénoïde, B changera de sens mais gardera la même direction, le couple $(\vec{F}_2 ; \vec{F}_4)$ changera aussi de sens, leur effet étant inversé, le fléau effectue un mouvement dans le sens 2.

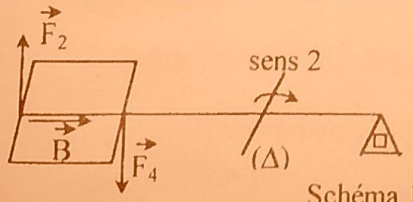


Schéma 1-b

2) a) Le mouvement résultant :

$\Gamma = \Gamma_4(\Delta) + \Gamma_2(\Delta) = IB\,a^2$

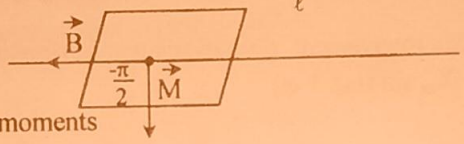
$\Gamma = 4\pi \frac{N}{\ell} 10^{-7} I^2 N a^2$

$\Gamma = 4 \times 3{,}14 \times 10^{-7} \frac{2000}{0{,}5} \times 50 \times 2^2 (5.10^{-2})^2 = 2{,}512.10^{-3}\text{ Nm} \simeq 2{,}5.10^{-3}\text{Nm}$

b) utilisation de la formule vectorielle :

$\vec{\Gamma} = \vec{M} \wedge \vec{B} \Rightarrow \Gamma = MB$

Or $M = N'I\,a^2 \Rightarrow \Gamma = N'BIa^2 = 4\pi\ 10^{-7}\ \frac{N}{\ell}\ N'I^2\,a^2$



c) La masse

Théorème des moments

$-4\pi\ 10^{-7}\ \frac{N}{\ell}\ - N'I^2a^2 + mgd = 0$

$m = \frac{4\pi\ 10^{-7}\ NN'I^2a^2}{g\,l\,d} = 2{,}56.10^{-3}$ kg.

CORRIGE TYPE DE L'EPREUVE 4

CHIMIE

Exercice 1

1- a) Tracer la courbe sur papier millimétré

b) voir courbe

c) $V_E = 20$ mL , $C_1V_a = C_bV_b \Rightarrow C_1 = \frac{C_bV_b}{V_a}$

$C_1 = \frac{10^{-2} \times 20.10^{-3}}{20.10^{-3}} = 10^{-2}$ mol.L^{-1}

d) $C_1V_1 = C_0V_0 \Rightarrow C_0 = \frac{C_1V_1}{V_0} = \frac{10^{-2} \times 0.25}{10^{-2}} = 0{,}25$ mol.L^{-1}

2) a) Indicateur le mieux adapté : Bleu de bromothymol zone de virage comprise entre 6 et 7,6 $pH_E = 7$.

b) Inconvénients à utiliser les deux autres indicateurs :

Hélianthine : virage avant l'équivalence

Phénolphtaléïne : virage après l'équivalence.

Exercice 2

1) Formule brute de A : $\frac{14n + 16}{100} = \frac{16}{27{,}58}$ d'où $n = 3$

Donc : $A = C_3H_6O$

2) a) A est donc un aldéhyde ; A : $CH_3 - CH_2 - C(=O)H$ (Propanal)

b) Le produit de la réaction est la 2,4- dinitrophénylhydrazone (le précipité)

3)a) B : acide carboxylique

Formule semi-développée : $CH_3\text{-}CH_2\text{-}C(=O)OH$

Nom : acide propanoïque.

b) Equation-bilan (oxydation ménagée de A)

$$3CH_3 - CH_2\text{-}C(=O)H + Cr_2O_7^{2-} + 8H_3O^+ \longrightarrow 3\,CH_3 - CH_2 - C(=O)OH + 2Cr^{3+} + 12H_2O$$

4) D : $CH_3-CH_2-CH(OH)-C_4H_{9(n)}$;

$M(D) = 12 \times n + 2 + 16 + 2 + 12n + 2n + 1 = 14n + 74 \Rightarrow n = \frac{M(D) - 74}{14} = \frac{158 - 74}{14} = 6$

C : alcool dont la molécule comporte 2 atomes de carbone.

Le produit de l'oxydation ménagée de C est une cétone, avec le réactif de Tollens et avec les indicateurs colorés usuels : le produit est une cétone ; l'alcool est secondaire.

C : $CH_3-\underset{\underset{OH}{|}}{CH}-CH_3$; D : $CH_3-CH_2-\underset{\underset{OH}{|}}{C}H-CH_2-CH_2-CH_3$

PHYSIQUE

Exercice 1

A -

1) La célérité de la propagation :

Expérience 1 : v_1

3 allers et retours : longueur $L_1 = 4\ l$

$v_1 = \frac{L_1}{t_1} = \frac{4l}{t_1} = \frac{4 \times 1}{1,8} = 3,33\ m.s^{-1}$

Expérience 2

4 oscillations : ou 1 oscillation $\longleftrightarrow$ 2 battements

$L_2 = 4 \times 2 \times l = 8\ l$

$V_2 = \frac{L_2}{t_2} = \frac{8l}{t_2} = \frac{8 \times 1}{2,5} = 3,2\ m.s^{-1}$

Expérience 3

La masse linéique : $\mu = \frac{m}{L}$; A.N. : $\mu = \frac{6,87.10^{-3}}{2} = 2,485.10^{-3}\ kg.m^{-1}$

$V_3 = \sqrt{\frac{T}{\mu}}$ A.N. : $V_3 = 3,17\ m.s^{-1}$

2) V_3 dépend des caractéristiques du milieu de propagation

B- 1) La longueur pour obtenir 1, 3, 4 fuseaux :

Expression analytique de la fonction d'onde stationnaire :

$y = y_1 + y_2 = 2a \sin(\frac{2\pi x}{\lambda}) \sin(\frac{2\pi t}{T})$

Aux nœuds de vibration :

$\sin \frac{2\pi x}{\lambda} = 0 \Leftrightarrow \frac{2\pi x}{\lambda} = k\pi \Rightarrow x = k\frac{\lambda}{2}$

pour $k = 0$: $x = 0$; pour $k = 1$: $x_1 = \frac{\lambda}{2}$; c'est la longueur d'un fuseau.

Soit n le nombre de fuseaux :

$L = n\frac{\lambda}{2}$ or $\lambda = \frac{V}{N}$; donc $l = n\frac{\lambda}{2N} = \frac{n}{2N}\sqrt{\frac{T}{\mu}}$

Pour $n = 2$, $l_2 = \frac{2}{2N}\sqrt{\frac{T}{\mu}} = \frac{1}{50}\sqrt{\frac{3,085}{2,485.10^{-3}}} = 0,36\ 10^{-2}\ m$

Pour $n = 3$, $l_3 = \frac{3}{2N}\sqrt{\frac{T}{\mu}} = \frac{3}{2}l_2 = 8,51.10^{-3}m$

Pour n = 4 , $\ell_3 = \frac{4}{2N}\sqrt{\frac{F}{u}} = 2\ell_1 = 0{,}126$ m

2) Les tensions

$\ell = \frac{n}{2N}\sqrt{\frac{F}{u}} \Leftrightarrow \ell_2 = \frac{n^2F}{4N^2\mu}$ d'où $F = \frac{4N^2\ell^2\mu}{n^2}$

Pour n = 3 , $F = 4{,}3.10^{-2}$N. Pour n = 2, $F' = 9{,}8.10^{-2}$ N.

3) $\ell = \frac{n}{2N}\sqrt{\frac{F}{u}} \Rightarrow N = \frac{n}{2\ell}\sqrt{\frac{F}{u}}$

Pour n = 1 , $N_1 = \frac{1}{2\ell}\sqrt{\frac{F}{u}} = \frac{V_3}{2\ell} = \frac{3{,}17}{2 \times 1} = 1{,}58$ Hz

Pour n = 2 ; $N_2 = \frac{V_3}{\ell} = 3{,}17$ Hz

Exercice 2

1) a) Le sens de $\vec{E}$

$Up_1 - Up_2 > 0$ d'où $Up_1 > Up_2$; donc $\vec{E}$ est dirigé de P_1 vers P_2

- Le signe de la charge q :

  $\vec{F} = m\vec{a} = q\vec{E}$

  $\vec{F}$ et $\vec{E}$ ont même sens ; donc la charge q est positive

- Nature du mouvement :

$m\vec{a} = q\vec{E} \Rightarrow \vec{a} = \frac{q}{m}\vec{E}$

$\frac{q}{m} > 0 \Rightarrow \vec{a}$ et $\vec{E}$ ont même sens ; donc $\vec{a}$ et $\vec{F}$ ont même sens également : le mouvement est accéléré.

b) Le sens de $\vec{B}$

$\vec{F_K} = q\,\vec{V_K} \wedge \vec{B}$ ($\vec{F_K}$, $\vec{V_K}$, $\vec{B}$) est trièdre direct et $q > 0$

Le sens de $\vec{B}$ est un sens "sortant" de la paroi plane.

c) Energie cinétique :

- au point K : $E_{cK} = \frac{1}{2} mV_K^2$; au point K' : $E_{cK'} = \frac{1}{2} m\, V_{K'}^2$

$\Delta E_C = \sum W\,\vec{F}_{ext}$

$\frac{1}{2} m\, V_{K'}^2 - \frac{1}{2} m\, V_K^2 = W_{FK}$

Or $\vec{F_K}$ est perpendiculaire à la trajectoire, donc

$W\vec{F_K} = 0 \Rightarrow \Delta E_C = 0$ d'où $V_K = V_{K'}$

On a donc $E_{CK} = E_{CK'} = \frac{1}{2} m\, V_K^2$

$\vec{B}$ change seulement à chaque instant la direction du mouvement.

d) $F_K = \frac{mV_K^2}{r}$ $q\, V_K B \Rightarrow r = \frac{mV_K}{qB}$

La distance $KK' = 2r = \frac{2mV_K}{qB}$

2) a) Nature du mouvement :

La ddp change de signe d'où $Up_2 > Up_1$ et $\vec{E}$ change aussi de sens de P_2 vers P_1

Le mouvement est donc accéléré. D'après 1) a)

b) Energie cinétique de la particule en L :

$\Delta E_C = E_{CL} - E_{CK} = qU$ d'où $E_{CL} = E_{CK} + qU = \frac{1}{2}mV_K^2 + qU$

c) $E_{CL} > E_{CK}$, le passage de la particule dans le champ électrique $\vec{E}$ a pour intérêt de l'accélérer.

3) a) Expression de LL' en fonction de m, q, B, U et V_K :

$$\left.\begin{aligned} m\frac{V_1^2}{r_1} &= qV_1B \\ \frac{mV_K^2}{r} &= qV_KB \end{aligned}\right\} \Rightarrow r_1 = r\frac{V_L}{V_K}$$

$$r_1^2 = \frac{m}{q^2B^2}(mV_K^2 + 2qU)$$

$$2r_1 = \frac{2}{qB}\sqrt{m^2V_K^2 + 2mqU}$$

$$LL' = 2r_1 = \frac{2mV_K}{qB}\sqrt{1 + \frac{2qU}{mV_K^2}}$$

Comparons KK' et LL'

$LL' = KK'\sqrt{1 + \frac{2qU}{mV_K^2}}$ avec $KK' = \frac{2mV_K}{qB}$; $\frac{LL'}{KK'} > 1 \Rightarrow LL' > KK'$

b) Les temps t_1 et t_2 :

$$t_1 = \frac{\pi r}{V_K} = \frac{\pi m}{qB}$$

$$t_2 = \frac{\pi r_1}{V_L} = \frac{\pi m}{qB}$$

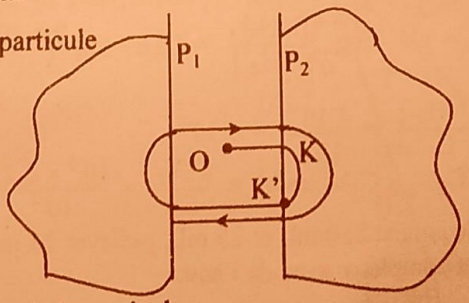
d'où $t_1 = t_2 = \frac{\pi m}{qB}$.

4) a) Détermination de la fréquence de la ddp :

La période $T = t_1 + t_2 = 2t_1 = \frac{2\pi m}{qB}$

La fréquence $N = \frac{1}{T} = \frac{qB}{2\pi m}$

b) Schéma du chemin suivi par la particule



c) Expression de l'énergie cinétique de la particule :

$$E_C = \frac{1}{2}m(2\pi Nr)^2 = \frac{q^2B^2r^2}{4m}$$

CORRIGE TYPE DE L'EPREUVE 5

CHIMIE

Exercice 1

1) A est une cétone (R – CO – R')
B est un aldéhyde (R – CHO)
C est un alcool (R – OH)
D est un acide carboxylique (R – COOH)

2) C : alcool de formule générale $C_nH_{2n+2}O$ d'où $n = \frac{M(C) - 18}{14} = 3$
C a pour formule C_3H_8O
C est un alcool primaire.
C : $CH_3 – CH_2 – CH_2 – OH$ propanol-1 (propan-1-ol)

B : $CH_3 – CH_2 - C(=O)H$ propanal

D : $CH_3 – CH_2 – C(=O)OH$ acide propanoïque

3) $CH_3\text{-}CH_2\text{-}CH_2\text{-}OH + CH_3\text{-}CH_2\text{-}COOH \rightleftarrows CH_3\text{-}CH_2\text{-}COO(CH_2\text{-}CH_2\text{-}CH_3) + H_2O$
Le produit obtenu : (propanoate de propyle)

4) Le produit obtenu : propanoate de propyle

$$CH_3\text{-}CH_2 – C(=O)OH + PCl_5 \longrightarrow CH_3 – CH_2 – C(=O)Cl + POCl_3 + HCl$$

Exercice 2

1) $NH_3 + H_2O^+ \rightleftarrows NH_4^+ + OH^-$
Les couples acide/base : NH_4^+/NH_3 et H_2O/OH^-

2) Espèces chimiques présentes : H_3O^+ ; OH^- ; NH_3 ; NH_4^+ ; H_2O
$[H_3O^+] = 10^{-pH} = 10^{-10,6} = 2,5.10^{-11}$ mol.l^{-1} ; $[OH^-] = 4.10^{-4}$ mol.L^{-1}
$[NH_4^+] \simeq [OH^-] = 4.10^{-4}$ mol.L^{-1}
$C_1 = [NH_3] + [NH_4^+] \Rightarrow [NH_3] = C_1 – [NH_4^+] = 9,6.10^{-3}$ mol.L^{-1}

3) a) $pK_A = pH – \log \frac{[NH_3]}{[NH_4^+]} = 10,6 - \log \frac{9,6.10^{-3}}{4.10^{-4}} = 9,2$

b) $\alpha_1 = \frac{[NH_4^+]}{C_1} = \frac{4.10^{-4}}{10^{-2}} = 4.10^{-2}$

4) a) $n = C_2V_2 = C_1V_1 \Rightarrow V_1 = \frac{C_2V_2}{C_1} = \frac{10^{-3} \times 0,25}{10^{-2}} = 25$ mL.

b) Fiole jaugée 250 mL et 25 mL, prélever 25 mL, verser dans la fiole de 250 mL et compléter avec de l'eau.

5) a) $\alpha_2 = \frac{[NH_4^+]}{[NH_3]}$
or $[NH_4^+] \simeq [OH^-] = 1,58.10^{-4}$ mol.L^{-1}

d'où $\alpha_2 = \frac{1,58.10^{-14}}{10^{-3}} = 0,158 \simeq 0,16$

b) $\alpha_1 < \alpha_2 \Rightarrow$ ionisation croissante.

PHYSIQUE

Exercice 1

a) Y_2 : $U_{2max} > U_{1max}$; $U_{2max} \rightarrow$ générateur

Y_1 ; $U_{1max} \rightarrow$ résistor

b) La période : $T = C_t \times \ell_t = 10^{-3} \times 4 = 4.10^{-3}$s

c) les tensions maximales :

* $U_{1max} = C_1 \times \ell_1 = 5 \times 1 = 5V$; $U_{2max} = C_2\ell_2 = 5 \times 2 = 10$ V

d) Le déphasage $\Delta\varphi$

$$\left.\begin{array}{l} \frac{\theta}{T} = \frac{\Delta\varphi}{2\pi} \Rightarrow \Delta\varphi = \frac{\theta \times 2\pi}{T} \\ \text{or } \theta = Ct \times \ell't \end{array}\right\} \Rightarrow \Delta\varphi = \frac{C_t \times \ell'_t \times 2\pi}{T} = \frac{\pi}{4} \text{ rad}$$

$\Delta\varphi = \frac{\pi}{4}$ rad ; Y_2 est en quadrature avance sur Y_1

Exercice 2

1) a) La trajectoire est un arc de cercle : $\ell_C = 2L \times \frac{\pi}{3} = 2,09$ m

b) La vitesse à un instant quelconque :

$\Delta E_C = \frac{1}{2} m v^2 = mgh$ soit $V = \sqrt{2gL(\cos\alpha - \cos\alpha_m)}$

c) A la position, d'équilibre : $\alpha = 0$

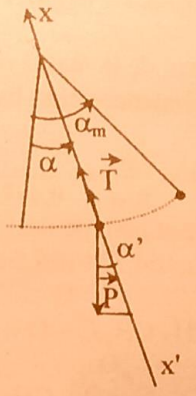
$v_E = \sqrt{2gL(1 - \cos\alpha)} = 3,13$ m.s^{-1} . Sa direction est ℓ' horizontale.

2) a) B appartient à la partie horizontale :

On applique le théorème de l'énergie cinétique ou du centre d'inertie

$V_E = V_B = 3,13$ m.s^{-1}

b) La position de S sur la partie BC :



$\Delta E_C = \frac{1}{2} m V_m^2 - \frac{1}{2} m V_B^2 = -mgh_1$ or $h_1 = r(1-\cos\theta_m)$

or $V_m = 0$ d'où $\frac{V_B^2}{gr} = 1-\cos\theta_m$ d'où

$\cos\theta_m = 1 - \frac{V_B^2}{gr} \simeq 0,5$ soit $\theta_m \simeq 60°$

Après , la sphère rebroussera chemin .

CORRIGE TYPE DE L'EPREUVE 6

Exercice 1

1.1 Equation – bilan de la réaction

$$Ag^+ + CL^- \longrightarrow AgCl\downarrow$$

1.2 Identification de la solution du flacon B.

Le flacon B contient de l'acide chlorhydrique.

1.3 Calcul de C_a

$n_{AgCl} = \frac{M}{M_{AgCl}} = 10^{-4}$ mol ; d'après l'équation ci-desssus

$n_{AgCl} = n(H_3O^+ + Cl^-)$ d'où $C_a = \frac{n_{AgCl}}{V_o} = 2.10^{-2} mol.L^{-1}$

2.1Identification des deux autres solutions

Flacon A de pH=2,3 : acide monoachloroéthanoïque

Flacon C de pH = 3,2 : acide éthanoïque

2.2 Calcul du pK_a (CH_3COOH/CH_3COO^-)

$CH_3CO_2H + H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + CH_3CO_2^-$

$2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

Espèces chimiques: H_3O^+ ; OH^- ; $CH_3CO_2^-$; CH_3CO_2H

$[H_3O^+] = 6,3.10^{-4} mol.L^{-1}$; $[OH^-] = 1,6.10^{-11} mol.L^{-1}$

$[CH_3CO_2] = 6,3.10^{-4} mol.L^{-1}$; $[CH_3COOH] = 1,94.10^{-2}$ mol.L^{-1}

$$pK_a = pH - \log \frac{[CH_3CO_2^-]}{[CH_3CO_2H]} = 4,7$$

3. Valeur prévisible pour le flacon B; pH=7 à 25°C

4.2 Les coordonées du point de demi-équivalence

$E_{1/2}$ (V_b=20mL ; pH=pK_a=4,7)

Exercice 2

1- Elle est la plus utilisé dans l'industrie, car elle est rapide et totale.

2-1Equation de la réaction

$$RC(=O)-Cl + CH_3CH_2OH \longrightarrow R-C(=O)-O-CH_2-CH_3 + HCl$$

2.2 Calcul de la masse molaire du chlorure d'acyle

A l'équivalence acido-basique : $n_{H_3O} = n_{OH^-} = \frac{m}{M}$

D'où $M = \frac{m}{n_{OH}} = \frac{2,13}{0,4x5.10^{-2}} = 106,5 g.mol^{-1}$

Formule et nom de l'ester.

M = 14n+64,5 = 106,5 d'où n=3

$CH_3-CH_2-CH_2-C(=O)-O-CH_2-CH_3$ butanoate d'éthyle

$CH_3-CH(CH_3)-C(=O)-O-CH_2-CH_3$ 2- méthylpropanoate d'éthyle

3 - 1.Equation - bilan

$CH_3- CH_2-CH_2-\overset{\overset{O}{\|}}{C} - O - CH_2 - CH_3 + OH^- \longrightarrow$
$CH_3- CH_2\,OH + CH_3-CH_2-COO^-$
C'est une réaction de saponification
3.2 Tracer la courbe c = f(t)
à $t_1 = 3$ min : $V_1 = 0{,}8.10^{-3}\,mol.L^{-1}.min^{-1}$
à $t_2 = 8$min : $V_2 = 0{,}35.10^{-3}mol.min^{-1}$
3.2)c- Le pourcentage d'ester
d'après la courbe, à t = 12 min $C_{al} = 5{,}9.10^{-3}mol.L^{-1}$

Le poucentage $p = \dfrac{C_o - C_{al}}{C_o} \times 100 = \dfrac{(10-5{,}9).10^{-3}}{10^{-2}} \times 100 = 41$

4-1 Equation et nom du composé B
$CH_3- CH_2-CH_2-CO_2H + Br_2 \longrightarrow CH_3- \underset{\underset{Br(B)}{|}}{CH_2}-CH-CO_2H + HBr$

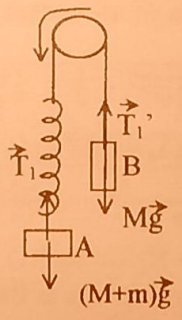
(B) : Acide 2 – bromobutanoïque
4-2 Formule et Fonction
$CH_3- CH_2- \underset{\underset{Br}{|}}{CH}-CO_2H + 2NH_3 \longrightarrow CH_3- \underset{\underset{NH_2}{|}}{CH_2}-CH-CO_2H + NH_4Br$

Fonction : acide α – aminé
Nom : Acide 2- aminobutanoïque

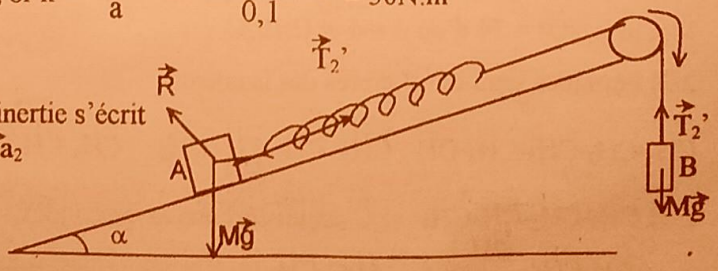
Physique

Exercice 1

1 Calcul de a_1
Le théorème du centre d'inertie s'écrit :
En A $(M+m)\vec{g} + \vec{T_1} = (M+m)\,\vec{a_A}$
En B : $M\vec{g} + \vec{T_2} = M\vec{a_B}$
Après projection, on $\vec{a}$:
$(M+m)g - T_1 = (M+m)\,a_1$ (1)
$-Mg + T_1 = Ma_1$ (2)
d'où $a_1 = \dfrac{mg}{2M+m} = 0{,}74 m.s^{-2}$ avec $a_A = a_B = a$ et $t_1 = t_2$



La longueur du ressort
D'après (2) $T_1 = M(g+a_1) = k\Delta l_1 = k(L_1 - L_o)$
D'où $L_1 = \dfrac{M(g+a_1)}{k} + L_o$ or $k = \dfrac{Mg}{a} = \dfrac{0{,}5 \times 10}{0{,}1} = 50 N.m^{-1}$
Et $L_1 = 35{,}7cm$
2- Calcul de a_2
Le théorème du centre d'inertie s'écrit
En A : $M\vec{g} + \vec{R} + \vec{T_2} = M\vec{a_2}$



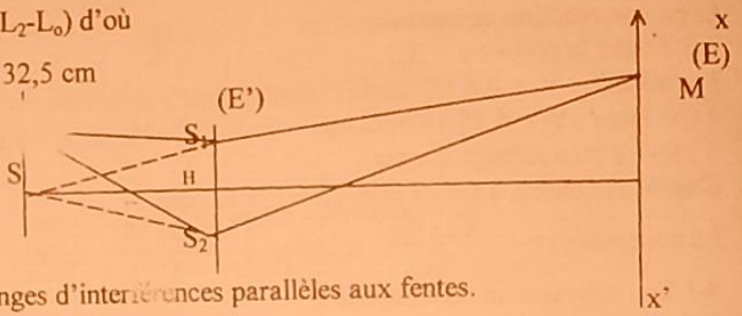
En B : $M\vec{g} + \vec{T'}_2 = M\vec{a_2}$
Après projection on a
$M_g \sin\alpha + T_2 = Ma_2$
$Mg - T_2 = Ma_2$

$M_g - T_2 = Ma_2$ d'où $a_2 = \frac{1}{2} g (1 - \sin \alpha) = 2,5\ m.s^{-2}$

On $T_2) = k (L_2 - L_o)$ d'où

L_2 32,5 cm

Exercice 2



I-1) On observe des franges d'interférences parallèles aux fentes.

2-a) $\delta = S_2M - S_1M = \frac{ax}{D}$

b) calcul de λ

Pour une frange brillante $\frac{ax}{D} = x\,\lambda$ d'où $\lambda = \frac{ax}{nD} = 0,60\mu$

3-a) On observe une translation du système de franges dans le sens ox

Calcul de $\overline{OO'}$

D'après le cours on a $\overline{OO'} = \frac{E(n-1)D}{a} = 15,60mm$

II-1) On observe une frange centrale blanche en O. De part et d'autre de cette frange on quelques franges irisées puis une autre de teinte grisâtre uniforme (blanche d'ordre supérieur).

2) 2-a) $\delta = \frac{\lambda}{2} = (2k+1)\frac{\lambda}{2}$ avec $x = ON$

$$\frac{ax}{Dx0,8.10^{-6}} - \frac{1}{2} \leq k \leq \frac{ax}{Dx0,4.1} - \frac{1}{2} \quad \text{soit } 3,25 \leq k \leq 7,00$$

On trouve $\lambda_4 = 0,67\ \mu$; $\lambda_5 = 0,54\mu$; $\lambda_6 = 0,46\mu$; $\lambda_7 = 0,40\mu$

CORRIGE TYPE DE L'EPREUVE 7

Exercice 1

1) $ROH + N_a \longrightarrow RO^- + N_a^+ + \frac{1}{2} H_2 \uparrow$

2-1) Masse Molaire et formule brute de l'alcool

$n_{ROH} = 2n_{H2} = \frac{m}{M}$ d'où $M = \frac{m}{2n_{H2}} = \frac{mV_M}{2V} = 74 g.mol^{-1}$

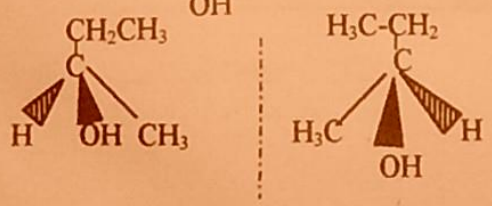
$M(C_nH_{2n+2}O) = 74$ d'où $n = 4$ et $C_4H_{10}O$

2.2) Formules semi-développées des isomères

$CH_3-CH_2-CH_2-CH_2-OH$; $CH_3-CH_2-\underset{OH}{CH}-CH_3$; $CH_3-\underset{CH_3}{CH}-CH_2OH$; $CH_3-\underset{OH}{\overset{CH_3}{C}}-CH_3$

2-3) $CH_3-CH_2-\overset{*}{C}H-CH_3$ ($\overset{*}{C}$ est un carbone asymétrique)

OH



3)L'alcool est

CH_3-CH(CH_3)-CH_2OH 2 – métthylpropan- 1 - ol

4) CH_3-CH(CH_3)-CHO $\xrightarrow{\text{oxydation}}$ CH_3-CH(CH_3)-CO_2H $\xrightarrow[\text{ou } PCl_5]{SOCl_2}$ CH_3-CH(CH_3)-COCl + HCL

CH_3-CH(CH_3)-COCl + CH_3NH_2 $\longrightarrow$ HCl + CH_3-CH(CH_3)-CO- $NHCH_3$

CH_3-CH(CH_3)-CO_2H acide 2- méthylpropanoïque

CH_3-CH(CH_3)-COCl chlorure de 2 - méthylpropanoyle

CH_3-CH(CH_3)-CO- $NHCH_3$ N-Méthyl – 2 méthylpropanamide

EXERCICE 2

A_1)

Solutions obtenues	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6
Volume de solution S_o prélevée (mL)	5	5	5	5	5	5
Volume d'eau distillée ajoutée (mL)	5	20	45	95	195	495
Concentration de la solution obtenue($mol.L^{-1}$)	5.10^{-2}	2.10^{-2}	10^{-2}	5.10^{-3}	$2,5.10^{-2}$	10^{-3}

2) B_1) La concentration est inversement proportionnelle en facteur de dilution.

$C(mol.L^{-1})$	5.10^{-2}	2.10^{-2}	10^{-2}	5.10^{-3}	$2,5.10^{-2}$	10^{-3}
PH_1	1,3	1,7	2,0	2,3	2,6	3,0
PH_2	2,5	2,7	2,85	3,00	3,15	3,35
-logC	1,3	1,7	2,0	2,3	2,6	3,0

2- pH_1 correspond à la solution, d'acide chlorhydrique

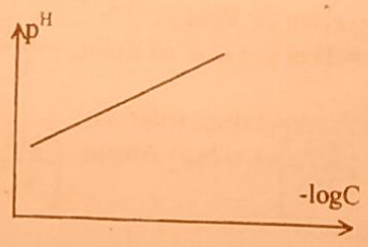
pH_1 à celle d'acide méthanoïque.

3- La courbe est une droite affine

n écrit : pH=-alogC-b

On trouve $pH=\frac{1}{2}\ logC+1,86$

Avec $a=\frac{1}{2}$ et b = 1,86



C)

1) $HCOOH+H_2O \rightleftharpoons HCOO^-+H_3O^+$ et $Ka=\frac{[H_3O^+][HCOO^-]}{[HCOOH]}$

2-)R.E.N: $[H_3O^+]=[HCOO^-]+[OH^-]$

soit $[H_3O^+]\simeq[HCOO^-]$ car $[OH^-] << [H_3O^+]$

R.C.M: $C = [HCOO^-]+[HCOOH^-]$ soit $[HCOOH] = C-[HCOO^-]$

Or on a un acide faible, alors $[HCOO^-] << C$ d'où $[HCOOH] \simeq C$

Ainsi $\frac{[HCOO^-]}{[HCOOH]} \simeq \frac{[H3O^+]}{C}$

Relation entre pH, pKa et logc

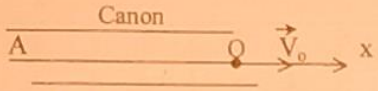
$Ka = \frac{[H_3O^+]^2}{C}$ d'où $pH = -\log [H_3O^+] = \frac{1}{2} pKa - \frac{1}{2} \log C$

Or $pH = -\frac{1}{2} \log C + 1,86$ d'où $pKa = 3,72$

PHYSIQUE

EXERCICE 1

A-1)



a) O calcul de l'accélération

$V_o^2 = 2a\, d_o$ d'où $a = \frac{V_o^2}{2d_o} = 36.10^{-4} m.s^{-2}$

b) Equation horaire

$V_o^2 = a t_o$ d'où $t_o = \frac{V_o}{a} = 1,66.10^{-3} s$

2) Clacul de f

$F = M\left|a'\right|$ or $a' = \frac{V_1^2}{2\left|\Delta x\right|}$ d'où $f = M\frac{V_1^2}{2\left|\Delta x\right|} = 5,06.10^{-2} N$

B-1) Equation de la trajectoire

$Y = -\frac{1}{2} g \frac{X^2}{V_o^2 Cos^2\alpha} + x\tan\alpha$

2)Relation entre D, V_o et α_o

En I on a : x = D et y = O d'où $\sin 2\alpha_o = \frac{gD}{V_o^2}$

Cette équation admet deux solutions

$2\alpha_o = \text{Arc sin}\left(\frac{gD}{V_o^2}\right)$ et $\pi - 2\alpha_o = \text{Arcsin}\left(\frac{gD}{V_o^2}\right)$

3-a) A l'altitude H

$\vec{V}_H \begin{cases} X = V_o \cos\alpha_o \\ Y = -gt + V_o \cos\alpha = 0 \text{ d'où } V_H = V_o \cos\alpha_o \end{cases}$

b) Le théorème de l'énergie cinétique s'écrit:

$\frac{1}{2} m V_H^2 - \frac{1}{2} m V_o^2 = -mgH$ d'où $H = \frac{V_o^2 \sin^2\alpha_o}{2g}$

Exercice 2

1-a) Calcul de $y_A(t)$

$y_A(t) = a \sin(\omega t + \varphi)$ or $\omega = 2\pi f$ et à $t = 0$ $y>0$; $2a = 10mm$

On trouve $y_A(t) = 5.10^{-3}\sin(200\pi t)$

b)Calcul de $V_{A\,max}$

$V_A(t) = \dfrac{dy_A(t)}{dt} = \pi\cos(200\pi t)$ d'où $V_{A\,max} = \pi$ m/s $= 3,14$ m/s

2-a) Calcul de $Y_M(t)$

$Y_M(t) = 5.10^{-3}\sin 200\pi\left(t - \dfrac{d}{V}\right)$

b) $y_c(t) = 5.10^{-3}\sin 200\pi\left(t - \dfrac{d}{V}\right)$ d'où $\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \dfrac{200\pi}{V}(d_2 - d_1)$

$y_M(t)\,b) = 5.10^{-3}\sin 200\pi\left(t - \dfrac{d_2}{V}\right)$

c) $\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = \pi$ rad. Les mouvements de C et D sont en opposition de phase

3-a) $y_N^i(t) = a \sin 2\pi f\left(t + \dfrac{x}{V}\right)$; $y_N^i(t) = -a \sin 2\pi f\left(t - \dfrac{x}{V}\right)$

$y_N(t) = y_N^i(t) + y_N^r(t) = 2a\sin\left(\dfrac{2\pi x}{\lambda}\right) \cdot \sin\left(2\pi ft + \dfrac{\pi}{2}\right)$

b)les positions des points

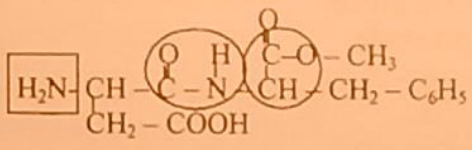
L'amplitude est maximale pour : $\sin\left(2\pi\dfrac{x}{\lambda}\right) = \pm 1$ soit

$\dfrac{2\pi x}{\lambda} = (2k+1)\dfrac{\pi}{2}$ d'où $x_k = (2k+1)\dfrac{\lambda}{4}$

$x_{N_1} = x_o\,\dfrac{\lambda}{4}$. $x_{N_2} = x_1 - \dfrac{3}{4}\lambda$; $x_{N_1} = x_2 = \dfrac{5}{4}\lambda$

CORRIGE TYPE DE L'EPREUVE 8

I) 1-



2- NH_2 : fonction amine ; $-\overset{O}{\overset{\|}{C}} - OH$: fonction acide carboxylique

3) liaison peptidique

4) 4-1) L'acide aspartique est un acide α-aminé ; car les groupes $-NH_2$ et $-COOH$ sont liés au même atome de carbone.

4-2) L'acide aspartique est chiral ; car comportant un atome de carbone asymétrique.

4-3) $H_2N - \overset{*}{C}H(CH_2 - COOH) - \overset{O}{\overset{\|}{C}} - OH$

4-4) Représentation du D acide aspartique : $H - \overset{COOH}{\underset{CH_2 - COOH}{C}} - NH_2$

5) 5-1) $C_6H_5 - CH_2 - \underset{NH_2}{CH} - COOH + H_2N - \underset{CH_2\text{-}COOH}{CH} - COOH \longrightarrow$

$H_2N - \underset{CH_2 - C_6H_5}{CH} - CO - NH - \underset{CH_2\text{-}COOH}{CH} - COOH + H_2O$

5-2) La molécule obtenue Phe – Asp n'est pas celle de l'aspartame. Car elle ne contient pas une fonction ester.

II – 1- On reconnaît le groupe fonctionnel ester

2- Formule générale d'un savon : $(RCOO^- + M^+)$; (M^+ est Na^+ ou K^+)

3- Réaction de saponification. C'est une réaction totale

4- Equation – bilan de la réaction

$$C_{17}H_{33} - \overset{O}{\overset{\|}{C}} - O - CH_2$$
$$C_{17}H_{33} - \overset{O}{\overset{\|}{C}} - O - CH + 3(Na^+ + OH^-) \longrightarrow 3(C_{17}H_{33} - COO^- + Na^+) + \underset{OH}{CH_2} - \underset{OH}{CH} - \underset{OH}{CH_2}$$
$$C_{17}H_{33} - \overset{O}{\overset{\|}{C}} - O - CH_2$$

5- La masse d'oléine nécessaire : $\frac{ms}{Ms} = 3\ \frac{m_{ol}}{M_{ol}}$ d'où $m_{ol} = \frac{m_s \times M_{ol}}{3 \times M_s} = 4420$ g

PHYSIQUE

1- A : domaine des ondes ultraviolettes

B : domaine des ondes infrarouges

2- $\lambda_1 = 400$ nm ; $\lambda_2 = 780$ nm

3- 3-1) Elle se déplace dans le vide à la vitesse $C = 3.10^8\ m.s^{-1}$

3-2) $\nu = \frac{C}{\lambda} \Rightarrow \lambda = \frac{C}{\nu} = \frac{3.10^8}{640.10^{12}} = 4{,}69.10^{-7}$ m = 469 nm

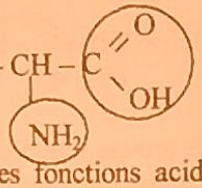
3-3) Cette onde appartient au domaine du visible

3-4) L'énergie du photon associée à cette onde

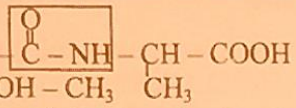
$E = h\nu = 4{,}24.10^{-19}$ J

CORRIGE TYPE DE L'EPREUVE 9

CHIMIE

I) 1) - Formule générale d'un acide α-aminé : 

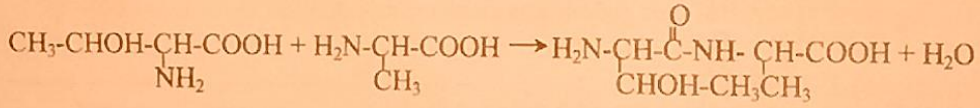
- Le nom "acide α-aminé" vient du fait que les fonctions acide carboxylique et amine sont liés au même atome de carbone.

2) a) 

b) Les acides α-aminés mis en jeu dans la synthèse de dipeptide :

$CH_3 - CHOH - \underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{C}}H\text{-}COOH$ et $CH_3 - \underset{\displaystyle NH_2}{\underset{|}{C}}H - COOH$

c) Equation-bilan de la synthèse



II- 1) L'ion carboxylate : $RCOO^-$

2) Formule semi-développée du savon : $C_{17}H_{33}COO^- + Na^+$

Nom : oléate de sodium

PHYSIQUE

1) Composition du noyau $^{131}_{53}I$: 53 protons et 78 neutrons.

2) a) La particule émise est un électron

b) Equation-bilan : $^{131}_{53}I \longrightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{131}_{54}Xe + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$

3) a) L'activité au bout de 8 jours : $A = \frac{A_0}{2} = 10^6$ Bq

b) L'activité au bout de 160 jours : $A = \frac{A_0}{2^{20}} = 1{,}90$ Bq

Cette activité est pratiquement nulle.

4) a) La dose absorbée : $D : \frac{E}{m} = \frac{0{,}1}{50} = 2.10^{-3}$ Gy

b) L'équivalent de dose $ED = \frac{2.10^{-3}}{10^{-2}} \times 1 = 0{,}2$ rem

c) Une telle irradiation n'est pas nocive.

CORRIGE TYPE DE L'EPREUVE 10

CHIMIE

I-

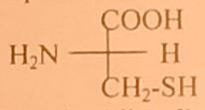
1-1 $HOOC - CH_2 - \underset{\underset{2)}{NH_2}}{CH} - \underset{O}{\overset{}{C}} - \underset{H}{N} - \underset{\underset{3)}{COOCH_3}}{CH} - CH_2 -$ 

1.2) 1) : - COOH groupe fonctionnel acide carboxylique
2) : - NH_2 groupe fonctionnel amine
3) : - $COOCH_3$ groupe fonctionnel ester

2-2.1) La cystéine $H_2N - \overset{*}{C}H - COOH$
$CH_2 - SH$

Le carbone noté $\overset{*}{C}$ est asymétrique car lié à quatre groupes d'atomes (H, $-NH_2$, -COOH, $-CH_2$-SH) différents

2.2) Représentation de la L – cystéine en projection de Fischer :



2.3) Equation bilan d'une réaction possible

$H_2N-\underset{CH_3}{CH}-COOH + H_2N-\underset{CH_2-SH}{CH}-COOH \longrightarrow H_2N-\underset{CH_3}{CH}-CO-NH-\underset{CH_2-SH}{CH}-COOH + H_2O$

PHYSIQUE

1) Les isotopes d'un élément sont les nucléides caractérisés par une même valeur du nombre de charge Z.
2) La composition du nucléide $^{131}_{53}I$: 53 protons et 78 neutrons
3) 3-1) La loi de conservation du nombre des nucléons et la loi de conservation de la charge électrique

3-2) Equation-bilan : $^{131}_{53}I \longrightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{131}_{54}X + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$

4) 4-1) La période T d'un atome radioactif est le temps nécessaire pour que la moitié des noyaux de ce nucléide subisse la désintégration.

4-2) Au bout de 8 jours, il restera : $N = \frac{4,8.10^6}{2} = 2,4.10^6$ noyaux.

CORRIGE TYPE DE L'EPREUVE 11

CHIMIE

I- 1) Un triglycéride est un triester du glycérol et d'un acide gras.
2) L'acide oléique a pour formule $C_{17}H_{33}$-COOH
3) Equation –bilan de la saponification.

a) $C_{17}H_{33}\text{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}\text{-}O\text{-}CH_2$

$C_{17}H_{33}\text{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}\text{-}O\text{-}CH + 3(Na^+ + OH^-) \longrightarrow 3(C_{17}H_{33}\text{-}COO^- + Na^+) + CH_2(OH)\text{-}CH(OH)\text{-}CH_2(OH)$

$C_{17}H_{33}\text{-}\underset{\underset{O}{\|}}{C}\text{-}O\text{-}CH_2$

b) $C_{17}H_{33}\text{-}COO^- + Na^+$: oléate de sodium (savon)

$CH_2(OH) - CH(OH) - CH_2(OH)$: propanetriol (glycérol)

d) La masse de savon obtenu : $m_{savon} = \dfrac{3\ mol \times M_{savon}}{M_{oléine}} = 3{,}65\ kg$

1) II- Les deux demi-équations électroniques

$H_2O_2 + 2H^+ + 2e^- \longrightarrow 2H_2O$

$2I^- \longrightarrow 2e^- + I_2$

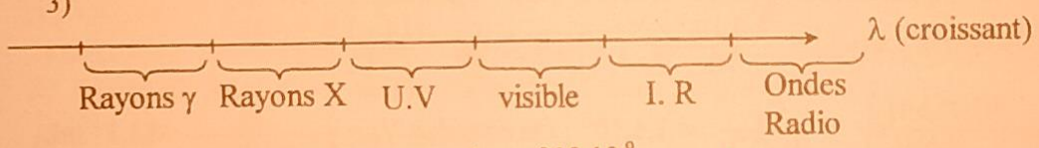
2) b) La masse de diiode formé : $CV = \dfrac{m}{M} \Rightarrow m = CVM = 4{,}52\ g$

PHYSIQUE

1) On les appelle les photons ;

2) $400\ nm \leq \lambda \leq 780\ nm$. Les couleurs aux limites sont le violet et le rouge.

3)



4) a) La période : $\lambda = C.T \Rightarrow T = \dfrac{\lambda}{C} = \dfrac{310.10^{-9}}{3.10^8} = 10^{-15}\ s$

La fréquence : $\nu = \dfrac{1}{T} = 9{,}68.10^{14}\ Hz$

b) L'énergie transporté $E = h\nu = h\dfrac{C}{\lambda} = 6{,}4.10^{-19}\ J$

CORRIGE TYPE DE L'EPREUVE 12

Partie A

1) $r = \dfrac{U}{I} = 11{,}36\ \Omega$; 2) $Z = \dfrac{U}{I} = 357{,}14\ \Omega$; 3) $L = \dfrac{1}{2\pi f}\sqrt{Z^2 - r^2} = 1{,}14\ H$

Partie B

1- On pourrait déduire l'intensité du courant de la courbe B. Car c'est celle qui obtenue aux bornes de R_0.

2- - La valeur efficace d u(t) : $U = \dfrac{2{,}25 \times 2}{\sqrt{2}} = 3{,}2\ V$

- La période : $T = 6 \times 2\ ms = 1{,}2.10^{-2}\ s$; La fréquence $f = \dfrac{1}{T} = 83{,}33\ Hz$

- La pulsation $\omega = 2\pi f = 523{,}6\ rad.s^{-1}$

- La phase $|\varphi| = \dfrac{2\pi l}{L} = \dfrac{2\pi \times 1{,}5}{6} = \dfrac{\pi}{2}$ rad

3- A la résonance : $L\omega_0 - \dfrac{1}{C\omega_0} = 0 \Rightarrow f_0 = \dfrac{1}{2\pi\sqrt{LC}} = 149\ Hz$ et

$I_0 = \dfrac{U}{R_0 + r} = \dfrac{3{,}2}{111.4} = 2{,}87.10^{-2}\ A.$

Partie C

1- Parce que la masse et la voie de sortie ont été inversées

2- Fig 2c : Prépondérance de l'effet inductif ; car μ_{NM} est en avant sur - μ_{PM}

Fig 2b : Pas de prépondérance ; car les deux courbes sont en phase

Fig 2a : Prépondérance de l'effet capacitif ; car μ_{NM} est en retard sur -μ_{PM}.

CORRIGE TYPE DE L'EPREUVE 13

CHIMIE

Exercice 1

1) a) $C_nH_{2n+3}N$; b) $CH_3 - CH_2 - NH_2$: éthylamine

2) a) Une base faible réagit partiellement sur l'eau en donnant une solution basique.

b) $C_2H_5 - NH_2 + H_2O \rightleftharpoons OH^- + C_2H_5NH_3^+$; l'acide conjugué est l'ion éthylammonium.

3) $C_2H_5NH_2 + (H_3O^+ + Cl^-) \longrightarrow H_2O + Cl^- + C_2H_5NH_3^+$; $2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

a) Les espèces chimiques : H_3O^+ ; OH^- ; Cl^- ; $C_2H_5NH_3^+$; $C_2H_5NH_2$

$[C_2H_5NH_3^+] \simeq [Cl^-] = \dfrac{1,5.10^{-2} \times V_2}{12 + V_2}$; $[C_2H_5NH_2] = \dfrac{(24 - 1,5\ V_2).10^{-2}}{12 + V_2}$

b) $\dfrac{[C_2H_5NH_2]}{[C_2H_5NH_3^+]} = \dfrac{K_a}{[H_3O^+]} = 1,6.10^{-1}$; On en déduit $V_2 = \dfrac{24}{1,5(10^{-0,8} + 1)} = 13,81$ mL

c) - Si pH = pK_a on aura $V_2 = \dfrac{24}{1,5 \times 2} = 8$mL

- Une autre méthode : mélange équimolaire de la base B et de son acide conjugué.

- C'est une solution tampon. pH insensible à une dilution modérée et variation faible du pH par ajout modéré d'un acide ou d'une base.

Exercice 2

1) M = 29 d = 55,97 ≃ 56 g/mol ; A : $CH_2 = CH - CH_2 - CH_3$ but – 1- ène

2) B : $CH_2OH - (CH_2)_2 - CH_3$: butan – 1 – ol ; C : $CH_3 - CHOH - C_2H_5$: butan -2-ol. C est majoritaire.

3) Les équations des réactions

$$* \ CH_3 - (CH_2)_2 - CH_2OH \xrightarrow[300°C]{Pt} \underset{(B')}{CH_3 - (CH_2)_2 - C(=O)H} + H_2$$

$$* \ \underset{(B)}{C_2H_5 - CHOH - CH_3} \xrightarrow[300°C]{Pt} \underset{(C')}{C_2H_5 - CO - CH_3} + H_2$$

(C)

4) La quantité de composés carbonylés ayant réagi lors du test à la D.N.P.H.

$n = \dfrac{m}{M(C_{10}H_{12}N_4O_4)} = \dfrac{130}{260} \simeq 0,5$ mol.

5) - L'équation avec la liqueur de Fehling

$$2Cu^{2+}\text{(complexé)} + CH_3\text{-}(CH_2)_2\text{-}CHO + 5OH^- \longrightarrow \underset{\downarrow}{Cu_2O} + CH_3-(CH_2)_2-COO^- + 3H_2O$$

- La quantité de composés carbonylés qu'elle a consommée

$$n' = \frac{m'}{M(Cu_2O)} = \frac{9,15}{137} = 0,67 \text{ mol.}$$

6) - Dans le mélange on a : $n_B + n_C = 2 \times 10 \times n' = 10$ mol.

Dans le mélange $n_B = 2 \times 0,67 = 1,34$ mol. D'où $n_C = 10 - n_B = 8,66$ mol

- Ces résultats confirment la réponse au 2). Car effectivement, C est majoritaire ($n_C = 8,66$ mol) et B est minotaire ($n_B = 1,34$ mol).

PHYSIQUE

Exercice 1

1) a) $\Sigma \vec{f} = \vec{P} + \vec{R}_M = m_2\vec{a} \Rightarrow R_M = m_2 g\cos\theta + m_2 \frac{V_M^2}{r}$

or $V_M^2 = V_O^2 - 2gr(1 - \cos\theta)$ d'où $R_M = m_2 [\frac{V_O^2}{r} + g(3\cos\theta - 2)]$.

b) La vitesse minimale de (S_2) en O_1 est telles $V_B \geq 0$ et $R_B \geq 0$,
d'où $V_{o_1}\ min = \sqrt{5gr}$.

c) Dans cette condition $V_B^2 = 5gr - 4gr$ soit $V_B = \sqrt{gr}$

2) a) Etude du mouvement ultérieur de la bille (S_2) dans le repère $(B, \vec{i}, \vec{k})$.

$z = \frac{1}{2} g \frac{x^2}{V_B^2}$ mouvement parabolique.

b) Calcul de la distance d = AD en fonction de r

$D(x_D = AD = d ; z = 2r)$. Ainsi $2r = \frac{1}{2} g \frac{x_D^2}{V_B}$ d'où $2r = \frac{gx_D^2}{2gr}$

Finalement $x_D = d = 2r$.

3) a) L'équation horaire du mouvement de (S_2) : $x = x_m\cos(\omega_o t)$

La vitesse $x = -x_m\omega_o\sin(\omega_0 t)$ est maximal en O_1 ; soit $\sin(\omega_o t) = \pm 1$

d'où $t = \frac{\pi}{\omega_o}(\pm \frac{1}{2} + 2k)$

Lors du 2^e passage par O_1 dans le sens de $\vec{i}$, $t = \frac{7\pi}{2}\sqrt{\frac{m_1}{k}}$

Ainsi l'intervalle de temps qui sépare les deux choses est :

$t = \frac{7\pi}{2}\sqrt{\frac{m_1}{k}} = 1,1$ s.

b) Le temps de chute est tel que : $z_D = \frac{1}{2} gt^2 = 2r$ soit $t = \sqrt{\frac{4r}{g}}$. Ainsi le temps mis par (S_2) pour parcourir la piste AB est $t_2 = \frac{7\pi}{2}\sqrt{\frac{m_1}{k}} - \sqrt{\frac{4r}{g}} = 1,1 - \sqrt{\frac{4r}{g}}$

Exercice 2

1) Pour i faible on a : D = (n-1) A

$D_R = (1,520 - 1) \times 5 = 2,60°$; $D_V = (1,533 - 1) \times 5 = 2,66°$

2) L'énergie transportée par la radiation : $E = \frac{hC}{\lambda} = 3,37.10^{-19}$ J $= 2,1$ eV

Les atomes ne seront pas excités. Car 2,1 eV ne correspond à aucune énergie de transition.

3) La longueur d'onde : $\frac{hC}{\lambda} = 0 - E_f \Rightarrow \lambda = \frac{hC}{-E_f} = 1{,}19.10^{-7}$ m $= 0{,}119$ µm avec $E_F = -10{,}4$ eV.

4) a) $E_C = 4{,}86$ eV $= -5{,}54 - (-10{,}4)$. Les électrons font donc passer les atomes de mercure de l'état fondamental au premier état excité.

b) $E_C = \frac{hC}{\lambda_1} \Rightarrow \lambda_1 = \frac{hC}{E_C} = 2{,}56.10^{-7}$ m.

CORRIGE TYPE DE L'EPREUVE 14

CHIMIE

Exercice 1

1) a) Les ions dichromate $Cr_2O_7^{2-}$ sont responsables de la couleur orange et les ions chrome Cr^{3+} sont responsables de la couleur verte obtenue après oxydation.

b) Le composé B est un aldéhyde. Sa fonction chimique est – CHO

c) Formule brute de A : M $(C_nH_{2n+2}O) = 29 \times d = 73{,}95$ d'où n = 4

A : $C_4H_{10}O$.

d) A : $CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - CH_2OH$: méthylpropan – 1- ol : alcool primaire

e) La molécule A n'est pas optiquement active, car ne possédant pas de carbone asymétrique.

f) B : $CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - CHO$: méthylpropanal

$$CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - CHO + 2Cu^{2+} + 5OH^- \longrightarrow Cu_2O + CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - COO^- + 3H_2O$$

2) a) $\frac{M(C_nH_{2n+3}N)}{100} = \frac{14}{31{,}1} \Rightarrow n = 2$ d'où C_2H_7N

Les formules semi-développées : $CH_3 - CH_2 - NH_2$: éthylamine ;

$CH_3 - NH - CH_3$ diméthylamine

b) L'amine de la classe la plus élevée est :

$CH_3 - NH - CH_3$: diméthylamine.

c) C : $CH_3 - CH - COOH$ acide 2-méthylpropanoïque

D : $CH_3 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - \underset{\underset{Cl}{\diagdown}}{\overset{\overset{O}{\|}}{C}}$: chlorure de 2-méthylpropanoyle

E : $CH3 - \underset{\underset{CH_3}{|}}{CH} - \overset{\overset{O}{\|}}{C} - N \begin{matrix} \diagup CH_3 \\ \diagdown CH_3 \end{matrix}$ N,N-diméthyl - 2- méthylpropanamide.

Exercice 2

1) a) Acide 2-bromopropanoïque $CH_3 - \underset{\underset{Br}{|}}{CH} - COOH$

b) $C_1 = \frac{m}{MV}$ d'où $m = C_1MV = 9,18$ g

2) a) Un acide faible réagit partiellement sur l'eau pour donner une solution acide.

b) $AH + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$

c) Pour la solution A_1H : $A_1H + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$; $2H_2O \rightleftharpoons H_3O^+ + OH^-$

Espèces chimiques : H_3O^+ ; OH^- , A_1^- , A_1H

$[H_3O^+] = 2,51.10^{-2}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 3,98.10^{-13}$ mol.L^{-1} ;

$[A_1^-] \simeq [H_3O^+] = 2,51.10^{-2}$ mol.L^{-1}

$[A_1H] = C_1 - [A_1^-] = 5,75.10^{-1}$ mol.L^{-1}

Pour la solution A_2H, les espèces chimiques sont : H_3O^+ ; OH^- , A_2^- , A_2H

$[H_3O^+] = 2,51.10^{-4}$ mol.L^{-1} ; $[OH^-] = 3,98.10^{-11}$ mol.L^{-1} ;

$[A_2^-] \simeq [H_3O^+] = 2,51.10^{-4}$ mol.L^{-1}

$[A_2H] = C_2 - [A_2^-] = 7,49.10^{-4}$ mol.L^{-1}

3) a) $r_1 = \frac{[A_1^-]}{C_1}$ $4,2.10^{-2}$; $r_2 = \frac{[A_2^-]}{C_2} = 25,1.10^{-2}$

b) La comparaison de r_1 et r_2 ne suffit pas pour classer les acides A_1H et A_2H : car ils n'ont la même concentration.

4) $pK_{a_1} = pH_1 - \log \frac{[A_1^-]}{[A_1H]} = 2,96$; $pK_{a_2} = pH_2 - \log \frac{[A_2^-]}{[A_2H]} = 4,07$

5) a) Plus un acide est fort, plus son pK_a est faible.

Dans le tableau ci-dessous, nous classons les acides par force décroissantes ; donc par pK_a croissant

Acides	Acide 2,2 dibromopropanoïque	Acide 2,3 dibromopropanoïque	A_1H	A_2H	Acide propanoïque
pK_a	1,5	2,3	2,96	4,07	4,9

b) - Plus le nombre d'atomes de brome dans la molécule AH augmente plus l'acide devient plus fort.

- Plus les atomes de brome dans la molécule AH sont proches du groupe – COOH, plus l'acide devient plus fort.

PHYSIQUE

Exercice 1

1) a) $Ur = RI \Rightarrow R = \frac{U_R}{I} = \frac{40}{2} = 20\ \Omega$

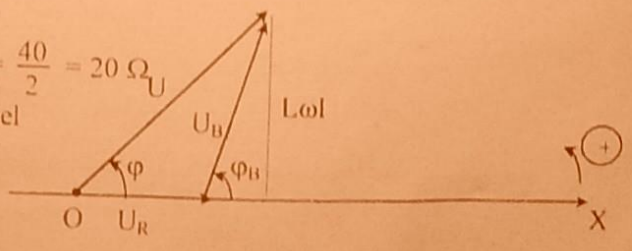
b) Construction de Fresnel

1 cm ⟶ 15 V

U_R ⟶ 2,7 cm

U_B ⟶ 4 cm

U ⟶ 5,5 cm



- On trouve $\varphi = 41°$ et $\varphi_B = 65°$

c) $\sin\varphi = \frac{L\omega I}{U}$ d'où $L = \frac{U\sin\varphi}{\omega I} = 8{,}6.10^{-2}$ H

$\tan\varphi = \frac{L\omega}{R+r}$ d'où $r = \frac{L\omega}{\tan\varphi} - R = 11{,}08\ \Omega$

2) i et u en phase veut dire qu'on est à la résonance.

Alors $\omega^2 LC = 1$ d'où $C = \frac{1}{\omega^2 L} = 1{,}2.10^{-4}$ H

3) $U_1 = (R + r)I_1$ d'où $I_1 = \frac{U_1}{R+r} = 0{,}39$ A.

PHYSIQUE

Exercice 3

1) a) La période ou demi-vie d'un radioélément est le temps au bout duquel la moitié des noyaux subisse la désintégration.

b) $^{24}_{11}Na \longrightarrow {}^{0}_{-1}e + {}^{24}_{12}Mg + {}^{0}_{0}\bar{\nu}$. Le noyau fils est le $^{24}_{12}Mg$.

2) a) L'énergie de désintégration $E = \Delta m \times C^2$

$\Delta m = 23{,}98504 + 5{,}486.10^{-4} - 23{,}9906 = -5{,}3714.10^{-3}\ \mu$

$\Delta m < 0$ d'où $E < 0$. L'énergie est donc libérée.

$E = \Delta m \times C^2 = -5{,}0034$ MeV

b) $E = \frac{hC}{\lambda}$ d'où $\lambda = \frac{hC}{E} = 2{,}48.10^{-13}$ m

3) a) Le nombre de moles $n = noe^{-\lambda t}$ soit $n = \frac{n_0}{2^{t/T}} = \frac{CV}{2^{t/T}} = 7{,}6.10^{-6}$ mol

b) Calcul de V_0 : $V_0 \longrightarrow n$; $V' \longrightarrow n'$ } $V_0 = V' \times \frac{n}{n'} = 5066{,}67\ cm^3 \simeq 5L.$

Grâce aux conseils des enseignants de toutes categories (Professeurs, Conseillers Pédagogiques, Inspecteurs) et face aux exigences des élèves qui tiennent à leur succès, le fascicule « GADO-TERMINALES » est devenu au fil des ans et des éditions, le plus important recueil d'exercices et de sujets D'examen …C'est un précieux outil de travail

Bénoît Z. ADOUKONOU
Inspecteur de Sciences Physicques

Le manual scoiaire « Gado Terminale » est l'instrument qu'il faut pour ceux qui désirent réussir au Baccalauréat. C'est le meilleur recueil d'exercices et de sujets d'examen. Dans ma classe, chaque élève élève avait son Gado Terminale.

Dossou Léopold, Collège privé, Cotonou

Le manuel scolaire « Gado Terminale » est incontestablement le meilleur outil de travail pour les élèves. Je vais recommander La même structure aux éditeurs de mon pays.

Chu Xao Hung, Analyste des manuels scolaires

J'ai réussi au Baccalauréat avec 19 de moyenne en sciences physiques. Je dois Ce succès à l'utilisation quotidienne du manuel scolaire « Gado Terminale ». Je le recommande à mes compatriotes.

S. K. Elève Nigerien