

Thierno Korka DIALLO

Ingénieur électromécanicien, diplômé de l'Ecole Polytechnique de Thiès

$$E = mc^2$$

# Physique - Chimie

Ecole Militaire de Santé

**Terminale S**

**2006 - 2016**

**Epreuves corrigées**

Venez rejoindre le Club de l'Excellence - 77 465 32 33

# Club de l'excellence

**APPRENDRE – COMPRENDRE – APPLIQUER**

## Ecole Militaire de Santé

### **EPREUVES DE Physique - Chimie 2006 - 2016**

#### **AUTEUR**

**THIERNO KORKA DIALLO**

*Ingénieur polytechnicien – diplômé de l'Ecole Polytechnique de Thiès*

Thierno Korka DIALLO (+221 77 465 32 33)

Ingénieur électromécanicien, diplômé de l'Ecole Polytechnique de Thiès

1

**by saydou diallo**

# INTRODUCTION



Ce fascicule est conçu pour aider les élèves à se préparer au Concours d'Entrée à l'Ecole Militaire de Santé. Il propose tous les sujets du concours entre 2006 et 2016.

La richesse de ce manuel réside dans le fait qu'il concentre l'essentiel des épreuves du concours d'Entrée à l'Ecole Militaire de Santé où le niveau de sélectivité est à son plus haut degré. Ainsi, l'élève qui saura se familiariser avec ce document aura de fortes potentialités pour venir à bout de ces épreuves.

En outre, ce manuel vise à familiariser l'élève avec la recherche, à travers la variété des types et des provenances des exercices qui y sont proposés, lui offrant ainsi une plus grande chance de réussite au Concours d'Entrée à l'Ecole Militaire de Santé.

J'espère que cet ouvrage atteindra le principal objectif pour lequel il a été conçu à savoir constituer un répertoire d'exercices pour le travail crypto-personnel des élèves afin d'améliorer leur niveau.

NB : Ce travail ne pouvant être exempt de tout reproche, toutes vos suggestions, critiques et recommandations allant dans le sens de l'améliorer seront les bienvenues.

Thierno Korka DIALLO

Maroc, Bouznika, Juillet 2016

## REMERCIEMENTS

Parmi ceux qui m'ont fait bénéficier de leur avis, de leurs conseils et de leur expérience, je souhaite remercier M. Mafal FALL, ancien professeur de Sciences Physique au Lycée Djignabo de Ziguinchor, secrétaire général du REEL pour son soutien, ses conseils pointus et au combien expérimenté en la matière ; M. Babacar POUYE, pour ses précieuses contributions, M. Yaya THIAM, pour sa relecture rigoureuse et attentive, M. Daoudou SOW pour ses remarques précieuses, M. Abdou GUENE, M. Feu Ousmane FALL, M. DIAKITÉ, pour ses contributions, Messieurs YAGUE, MBODJ et FAYE professeurs de Sciences Physique au Lycée Elhadj Omar Lamine BADJI. Je tiens également à honorer ma dette contractée auprès de mes anciens professeurs de Mathématiques notamment à M. Modou FAYE, M. Ibrahima DIAO, M. FATY, Mr Elhaj SOW professeurs de Mathématiques au Lycée Djignabo de Ziguinchor, Messieurs FALL et TOP, professeurs de Mathématiques au Lycée Elhadj Omar Lamine Badji de Ziguinchor, M. Amine CAMARA, M. SY, professeurs de Mathématiques au CEM Malick FALL.

Je tiens à remercier de vrais amis polytechniciens, de brillants élèves ingénieurs : M. Saer DIA, M. Elhadj Baba THIAM, M. Samba CISSÉ pour leur soutien constant.

## CONTACTS DE L'AUTEUR

Sénégal : (+221) 77 465 32 33 — Brazzaville : (+242) 06 946 51 58 — Mail : Korka1991@yahoo.com

2

Thierno Korka DIALLO (+221 77 465 32 33)

Ingénieur électromécanicien, diplômé de l'Ecole Polytechnique de Thiès

# **ECOLE MILITAIRE DE SANTÉ**

## **S'inscrire au concours d'entrée de l'Ecole militaire de santé (EMS)**

La réussite au concours d'entrée à l'Ecole militaire de santé (EMS) permet de devenir médecin, pharmacien, dentiste ou vétérinaire dans les Forces armées sénégalaises.

### **Qui peut s'inscrire au concours de l'EMS ?**

Tout citoyen sénégalais remplissant les conditions requises :

(a) Etre âgé de 18 ans au moins et de 20 ans au plus pour la section médecine ou de 22 ans au plus pour les sections pharmacie, chirurgie dentaire et médecine dentaire ;

(b) Etre célibataire et sans enfant à charge ;

(c) Etre titulaire du baccalauréat S1 ou S2 ou être régulièrement inscrit en classe de terminale dans les mêmes séries ;

(d) Etre non inscrit ou ajourné dans une faculté ;

(e) Etre reconnu apte physiquement par un médecin militaire.

Les étrangers sont admis à l'EMS. Leur admission est fonction du quota attribué à chaque pays qui organise son propre concours d'entrée.

### **Quels sont les documents à fournir ?**

(a) Une demande d'inscription sur papier imprimé à retirer auprès de l'EMS ;

(b) Un engagement de remboursement éventuel, signé et légalisé, selon le modèle à retirer auprès de l'EMS ;

(c) Une copie certifiée conforme du certificat de nationalité ;

(d) 03 extraits de naissance datant de moins de 3 mois ;

(e) Un extrait du casier judiciaire datant de moins de 3 mois ;

(f) 02 photos d'identité ;

(g) Un certificat de scolarité de la classe de terminale S1 ou S2 ou 2 photocopies certifiées conformes du baccalauréat ;

(h) Une enveloppe timbrée à 3+5 FCFA grand format portant l'adresse exacte du candidat ;

(i) 03 enveloppes timbrées à 3+5 FCFA petit format portant l'adresse exacte du candidat et son numéro de téléphone ;

(j) Un certificat de visite médicale datant de moins de 3 mois délivré par un médecin militaire.

Par ailleurs, les candidats doivent passer des épreuves écrites d'admission (français, sciences naturelles ou sciences de la vie et de la terre, sciences physiques, chimie).

### **Quand s'inscrire ?**

La date limite de dépôt des dossiers d'inscription est en général prévue dans le courant du deuxième trimestre de chaque année et le concours se déroule en général tous les ans dans la dernière semaine du mois de mai.

### **Où s'adresser ?**

Le retrait et le dépôt des imprimés se font dans les bureaux de garnison militaire ou à l'Ecole militaire de santé.

Le certificat médical s'obtient auprès d'un médecin militaire dans un centre médical de garnison (infirmerie militaire).

### **Pour en savoir plus**

(i) S'adresser à la division Instruction et sports (DIS) de l'Etat-major général des Armées.

(ii) Ou me contacter au numéro : 77 465 32 33

# TABLE DES MATIÈRES

Physique 2016 .....	06
Chimie 2016 .....	12
Physique 2014 .....	16
Chimie 2014 .....	21
Physique 2013 .....	27
Chimie 2013 .....	33
Physique 2012 .....	38
Chimie 2012 .....	43
Physique 2011 .....	47
Chimie 2011 .....	51
Physique 2010 .....	57
Chimie 2010 .....	61
Physique 2009 .....	66
Chimie 2009 .....	70
Physique 2008 .....	76
Chimie 2008 .....	83
Physique 2007 .....	90
Chimie 2007 .....	96
Physique 2006 .....	101
Chimie 2006 .....	106

# MEDITEZ ...

« On ne peut jamais acquérir le savoir sans emprisonner son âme charnelle, sans la souffrance, la fatigue, la faim et la soif. Quiconque veut avoir la science doit tout lui donner. Entraîne-toi à la veillée nocturne, à la résistance à la faim et à la soif. Quiconque ne le cherche pas ainsi, ne l'aura point. »

**Cheikh Ahmadou Bamba**





2016

## EPREUVE DE PHYSIQUE



## EXERCICE 1

On donne : masse volumique du mercure  $\rho_1 = 13,6 \text{ Kg.L}^{-1}$ ; masse volumique de l'eau  $\rho_2 = 1 \text{ Kg.L}^{-1}$ .

1.1. Une éprouvette graduée de section  $S_0$  contient du mercure et de l'eau, deux liquides non miscibles. On introduit un cylindre plein, en zinc, de hauteur  $h$  et de section  $S_c$ . Il reste en équilibre au sein des deux liquides comme la figure 1. Le niveau du mercure dans l'éprouvette graduée s'est élevé de  $h_1$  et celui de l'eau s'est élevé de  $h_2$ .

Sur le cylindre plein, en équilibre, s'exercent les trois forces suivantes :

$\vec{F}_1$  force exercée par le mercure sur le cylindre,  $\vec{F}_2$  force exercée par l'eau sur le cylindre et  $\vec{P}$  poids du cylindre.

1.1.1. Rappeler les caractéristiques de la poussée d'Archimède.

1.1.2. Recopier la figure 1 puis y représenter les trois forces qui s'exercent sur le cylindre, en équilibre. Etablir la relation entre les intensités  $P$ ,  $F_1$ ,  $F_2$  de ces forces.

1.1.3. Exprimer les volumes  $V_1$  et  $V_2$  du cylindre, immersés respectivement dans le mercure et dans l'eau en fonction de  $S_0$ ,  $h_1$  et éventuellement de  $h_2$ .

1.1.4. Exprimer l'intensité  $F_1$  en fonction des grandeurs notées par  $S_0$ ,  $h_1$ ,  $\rho_1$  et  $g$ .

1.1.5. Exprimer l'intensité  $F_2$  en fonction des grandeurs notées par  $S_0$ ,  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $\rho_2$  et  $g$ .

1.1.6. Montrer que la masse volumique du zinc, constituant le cylindre, est donnée par :  $\rho_{zinc} = A \cdot (\rho_1 - \rho_2) + \rho_2$  où  $A$  est une constante dont on donnera l'expression.

1.1.7. Si le rapport  $\frac{h_1}{h_2} = 0,484$ , calculer la masse volumique du zinc.

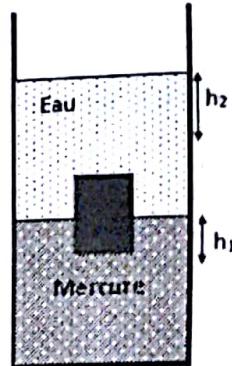


Figure 1

1.2. Cette fois-ci on utilise un récipient suffisamment large afin que les niveaux des liquides ne changent pratiquement pas lors de l'introduction du cylindre en zinc. A l'équilibre le cylindre est immergé à la fois dans l'eau et dans le mercure. (Voir figure 2).

Sur le cylindre à l'équilibre s'exercent toujours trois forces :

$\vec{F}_3$  force exercée par le mercure sur le cylindre ;

$\vec{F}_4$  force exercée par l'eau sur le cylindre ;

$\vec{P}$  poids de l'objet cylindrique.

Soit  $h_0$  la dénivellation de la partie supérieure du cylindre par rapport à la surface de séparation des deux liquides.

1.2.1. Etablir la relation entre  $F_3$ ,  $S_c$ ,  $h$ ,  $h_0$ ,  $\rho_1$  et  $g$  puis la relation entre  $F_4$ ,  $S_c$ ,  $h_0$ ,  $\rho_2$  et  $g$ .

1.2.2. En utilisant la condition d'équilibre, établir la relation entre  $h$ ,  $\rho_{zinc}$ ,  $h_0$ ,  $\rho_1$  et  $\rho_2$ .

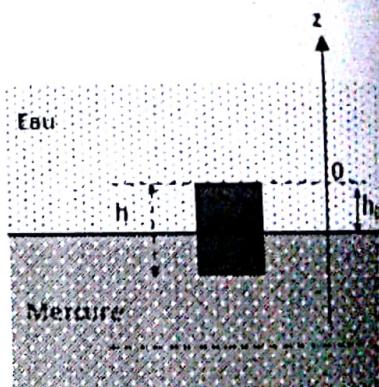


Figure 2

 $\sum \pi \int$ 

1.2.3. Soit  $h_3$  la hauteur d'immersion du cylindre dans le mercure et  $h_4$  celle dans l'eau. Exprimer le rapport  $\frac{h_3}{h_4}$  en fonction  $\rho_{\text{merc}}$ ,  $\rho_1$  et  $\rho_2$ .

La hauteur du cylindre étant  $h = 5 \text{ cm}$ . Calculer les valeurs de  $h_3$  et  $h_4$ .

## EXERCICE 2

On prendra  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ .

On considère le dispositif représenté par la figure 3 ;  $O_1O_2$ : partie rectiligne horizontale ;  $O_2AB$ : partie rectiligne d'inclinaison  $\alpha = 30^\circ$  par rapport à l'horizontale.

$BC$  : partie circulaire de centre I et de rayon  $r = 1,5 \text{ m}$  ;  $CD$  : partie rectiligne rugueuse.

Les corps ( $C_1$ ) de masse  $m_1 = 200 \text{ g}$ , ( $C_2$ ) de masse  $m_2 = 600 \text{ g}$ , ( $C_3$ ) de masse  $m_3 = 200 \text{ g}$  ainsi que les poulies ( $P_1$ ) et ( $P_2$ ) de masses négligeables sont supposés ponctuels. Les fils sont inextensibles et de masses négligeables.

Les frottements sont supposés négligeables pour les poulies, le corps ( $C_2$ ) et pour le corps ( $C_3$ ) jusqu'au point C.

On abandonne le système à lui-même sans vitesse initiale à l'instant  $t_0 = 0 \text{ s}$  pris comme l'origine des dates pour des différents mouvements.

La distance entre les deux poulies est  $L = 2 \text{ m}$ , A l'instant  $t_0 = 0 \text{ s}$ , le corps ( $C_2$ ) se trouve à  $0,7 \text{ m}$  de la poulie ( $P_2$ ). Le sens positif (+) choisi est indiqué sur le schéma.

2.1. Déterminer le sens du mouvement d'ensemble des corps ( $C_1$ ), ( $C_2$ ) et ( $C_3$ ).

2.2. Etablir l'expression de l'accélération  $a_1$  du mouvement des corps ( $C_1$ ), ( $C_2$ ) et ( $C_3$ ). Calculer sa valeur.

2.3. À l'instant  $t_1 = 1 \text{ s}$ , le fil ( $f_1$ ) est subitement coupé.

2.3.1. Etablir l'expression de l'accélération  $a_2$  des corps ( $C_2$ ) et ( $C_3$ ). Calculer sa valeur algébrique.

2.3.2. Etablir l'équation horaire  $x(t)$  du mouvement du corps ( $C_2$ ) en prenant l'origine des abscisses la position de ( $C_2$ ) à  $t_0 = 0$ .

2.3.3. A quelle distance de la poulie ( $P_1$ ) et à quelle date  $t_2$  le corps ( $C_2$ ) rebrousse-t-il chemin ?

2.3.4. Avec quelle vitesse  $V_2$  le corps ( $C_2$ ) atteint-il la poulie ( $P_2$ ) ?

2.4. Juste au moment où le corps ( $C_2$ ) heurte la poulie ( $P_2$ ), le corps ( $C_3$ ) se détache du fil ( $f_2$ ) et se trouve au point A à une altitude  $H = 0,8 \text{ m}$  par rapport à la partie horizontale CD et avec une vitesse  $V_3 = 2 \text{ m.s}^{-1}$ .

2.4.1. Déterminer la nature du mouvement du corps ( $C_3$ ) après le détachement.

2.4.2. Calculer sa vitesse d'arrivée au point B.

2.5. De C à D la piste devient rugueuse, les frottements sont équivalents à une force constante d'intensité  $f = 2 \text{ N}$ .

2.5.1. Etablir l'expression de l'accélération  $a_3$  du corps ( $C_3$ ). Calculer sa valeur.

Le corps ( $C_3$ ) s'arrête en D tel que  $CD = 1 \text{ m}$ . Déterminer la valeur de la vitesse acquise par ( $C_3$ ) au point C.

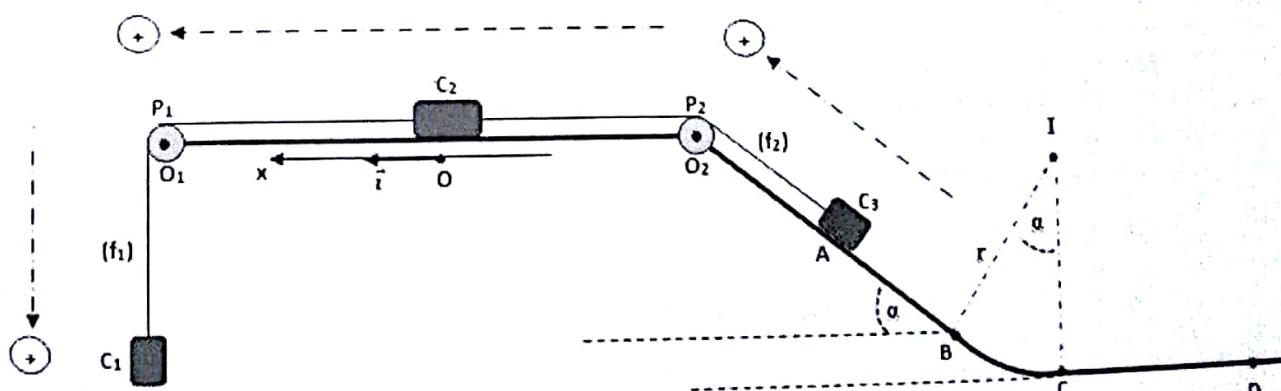


Figure 3

## EXERCICE 3



$$\sum \pi /$$

Les deux parties sont indépendantes.

### PREMIÈRE PARTIE

On se propose de déterminer la composante horizontale  $B_H$  du champ magnétique terrestre par l'expérience suivante. Une boussole est placée à l'intérieur d'un solénoïde S dont l'axe est perpendiculaire au plan du méridien magnétique. Le solénoïde, alimenté par l'intermédiaire d'un générateur et d'un rhéostat, crée, au voisinage de son centre un champ magnétique uniforme  $\vec{B}_s$  d'intensité  $1,7 \cdot 10^{-4} \text{ T}$ . Or, le rhéostat, parcouru par un courant électrique d'intensité I, engendre un champ magnétique perturbateur  $\vec{B}_r$ , dont on ne connaît pas la valeur. Pour éliminer cette inconnue, on réalise deux mesures dont les vues du dispositif sont les suivantes figures (+ a) et (+ b) :

#### Première expérience :

L'axe du rhéostat est disposé suivant l'axe du solénoïde (figure +a) à la distance d du centre où se trouve la boussole. Le champ magnétique  $\vec{B}_r$  créé par le rhéostat est parallèle à  $\vec{B}_s$  et de même sens. Un courant électrique d'intensité I provoque une rotation de l'aiguille aimantée d'un angle  $\alpha_1 = 83,4^\circ$ .

#### Deuxième expérience :

L'axe du rhéostat est disposé perpendiculairement à l'axe du solénoïde (figure +b), à la même distance d du centre de celui-ci. Le champ magnétique  $\vec{B}_r$  créé par le rhéostat est parallèle à  $\vec{B}_H$  et de même sens. Le même courant électrique d'intensité I provoque une rotation de l'aiguille aimantée d'un angle  $\alpha_2 = 82,9^\circ$ .

Montrer à partir de ces deux expériences que la valeur de  $B_H$  peut s'exprimer sous la forme :  $B_H = B_s \frac{1 + \tan \alpha_2}{\tan \alpha_2 (1 + \tan \alpha_1)}$  puis calculer  $B_H$

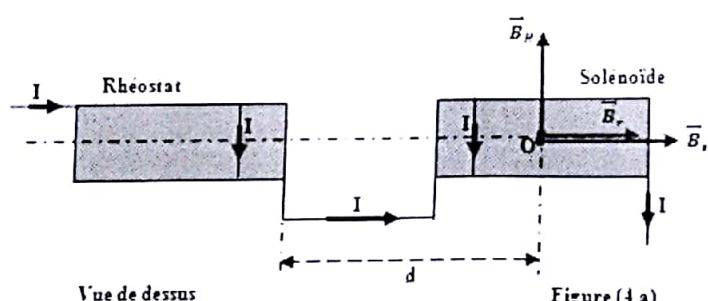
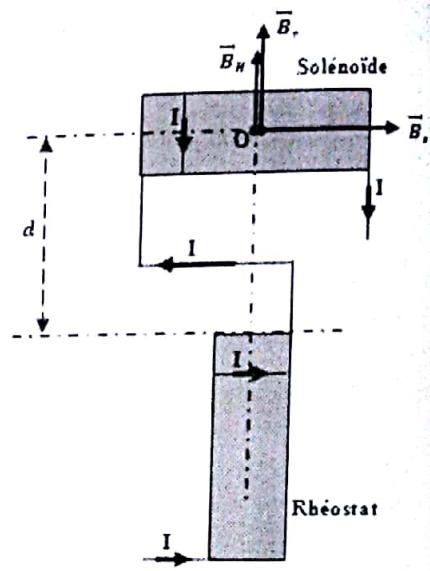


Figure (4 a)

Vue de dessus

Figure (4 b)

### DEUXIÈME PARTIE

On s'intéresse maintenant au champ magnétique  $\vec{B}$  à l'intérieur du solénoïde.

Avec une sonde de Hall on réalise le dispositif ci-dessous permettant la mesure de l'intensité B du champ magnétique  $\vec{B}$  au point M du solénoïde (figure 5). La tension  $U_S$  à la sortie de la sonde de Hall est proportionnelle à la valeur B :  $U_S = 20 \cdot B$ , où B en mT et  $U_S$  en mV.  $B_0$  désignera la valeur du champ magnétique au centre du solénoïde.

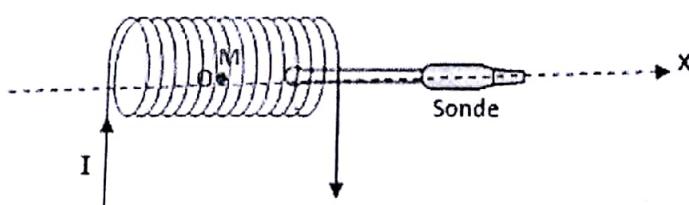


Figure 5

#### 3.1. Etude de $B_0$ en fonction de l'intensité I du courant :

 $\sum \pi$ 

Le tableau suivant donne les valeurs de la tension  $U_S$ , mesurée à la sortie de la sonde, pour différentes valeurs de l'intensité  $I$  du courant qui traverse le solénoïde.

$I(A)$	0	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0	3,5	4,0	4,5	5,0
$U_S(mV)$	0	12,6	18,8	25,9	30	37,8	43,0	49,7	56,0	62,0
$B_0(mT)$										

3.1.1. Recopier puis compléter le tableau précédent.

3.1.2. Tracer la courbe représentant les variations de  $B_0$  en fonction de  $I$ .

3.1.3. Quelle relation peut-on en déduire entre  $B_0$  et  $I$ ? (Justifier la réponse).

3.1.4. Pour quelle valeur de l'intensité  $I$  du courant a-t-on  $B_0 = B_{II}$ ?

3.2. Etude de la valeur du champ le long de l'axe  $x$  du solénoïde :

L'origine de l'axe  $Ox$  est choisie au centre. L'intensité du courant est réglée à la valeur  $I = 4 A$ .

Pour différentes positions  $x$  on a obtenu le tableau de mesures suivant :

$x(cm)$	0	4	8	12	14	16	17	18	19	20
$U_S(mV)$	49	48,6	48,4	48	46,5	45,5	43,8	41,5	37,4	29
$B(mT)$										

3.2.1. Recopier puis compléter le tableau en vous aidant de la relation  $U_S=20.B$ .

3.2.2. Tracer la courbe représentant les valeurs de l'intensité  $B$  en fonction de  $x$ .

3.2.3. Pour quelles valeurs de  $x$  peut-on considérer que  $B$ , sur l'axe du solénoïde, est constant à 5% près de sa valeur au centre ?

3.3. Influence de la longueur du solénoïde sur la valeur de  $B_0$ :

En utilisant des bornes intermédiaires, on réalise des bobines de même rapport  $\frac{N}{L}$  mais de longueurs différentes. On a obtenu le tableau de mesures suivant :

$L(cm)$	40	20	12	8	+
$U_S(mV)$	49,5	49,2	47,7	44,0	30,0
$B_0(mT)$					

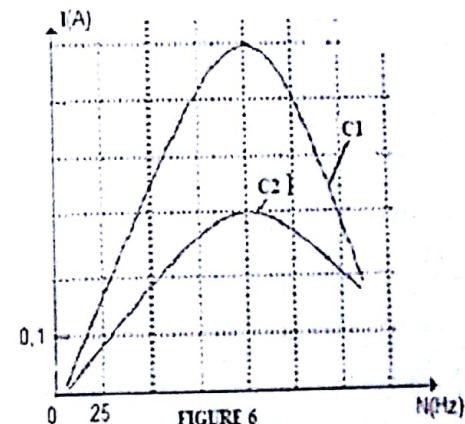
3.3.1. Recopier puis compléter le tableau en précisant les valeurs de  $B_0$  correspondantes.

3.3.2. Tracer la courbe représentant  $B_0$  en fonction de  $L$ .

3.3.3. Calculer la valeur théorique  $B_{0(TH)}$  de  $B_0$  sachant que les mesures ont été faites avec les caractéristiques suivantes :  $I = 3,95 A$  ;

$\frac{N}{L} = 500$  spires par mètre et un diamètre de  $D = 5$  cm pour le solénoïde. (On donne  $\mu_0 = 4\pi 10^{-7}$  S.I.).

Pour quelles longueurs, la valeur  $B_0$  du champ diffère-t-elle de moins de 5% de la valeur de  $B_{0(TH)}$ .



#### EXERCICE 4

Un dipôle (D) comprend, en série, une bobine de résistance nulle et d'inductance  $L$ , un condensateur de capacité  $C = 10 \mu F$  et un résistor de résistance  $R$  variable. On alimente ce dipôle (D) avec une tension alternative sinusoïdale de valeur efficace  $U$  maintenue constante lors de toutes les expériences.

4.1. On a tracé la courbe de résonance d'intensité pour deux valeurs de la résistance  $R$ . (Figure 6)

(i) Pour  $R = R_1$ , on obtient la courbe  $C_1$ .

(ii) Pour  $R = R_2$ , on obtient la courbe  $C_2$ .

$$\sum \pi$$

- 4.1.1 Déterminer la fréquence  $N_0$  de résonance en intensité. En déduire l'inductance  $L$  de la bobine.
- 4.1.2 Pour chacune des courbes déterminer la largeur de la bande passante en fréquence  $\Delta N$  puis le facteur de qualité  $Q$ .
- 4.1.3 Préciser, pour les courbes  $C_1$  et  $C_2$ , celle qui correspond à une résonance aigüe et à une résonance floue.

4.1.4 Déterminer la valeur du rapport  $\frac{R_1}{R_2}$ .

4.2. On fixe maintenant la fréquence du générateur à la valeur  $N_1 = 72$  Hz et la résistance du résistor à la valeur  $R_1$ . On branche, ensuite aux bornes du dipôle D un oscilloscope bicourbe de manière à visualiser :

- Sur la voie  $Y_1$  : la tension  $u(t)$  aux bornes du générateur ;
- Sur la voie  $Y_2$  : la tension  $u_{R_1}(t)$  aux bornes du résistor.

Les deux voies sont réglées avec les mêmes sensibilités verticale et horizontale, (voir Figure 7).

4.2.1 Proposer un schéma de montage électrique permettant d'obtenir les courbes (1) et (2) de la Figure 7 en précisant les connections des voies  $Y_1$  et  $Y_2$  et la masse de l'oscilloscope.

4.2.2 Laquelle des deux courbes correspondant à la tension  $u_{R_1}(t)$ ? Justifier la réponse.

4.2.3 Déterminer le déphasage entre la tension et l'intensité du courant  $\Delta\phi = \phi_u - \phi_i$ . En déduire le mode de fonctionnement, capacitif ou inductif, du circuit.

4.2.4 Calculer le facteur de puissance de ce circuit.

4.2.5 Calculer les valeurs de  $R_1$ , de  $R_2$  et de  $U$ .

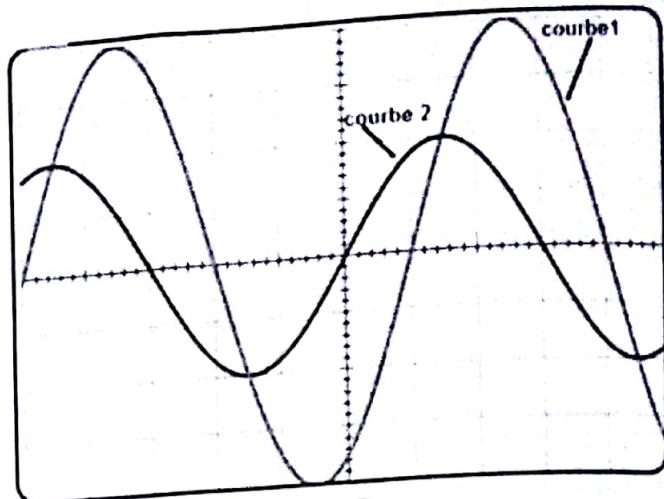


Figure 7

## EXERCICE 5

Isotope radioactif, le « carbone 14 » noté  $^{14}\text{C}$  est formé continuellement dans la haute atmosphère. Il est très réactif et donne rapidement du « gaz carbonique » qui, en quelques mois, se mélange avec l'ensemble du gaz carbonique de notre atmosphère. Il sera donc assimilé par les plantes au même titre que le gaz carbonique produit avec du carbone stable (les isotopes  $^{12}\text{C}$  et  $^{13}\text{C}$ ). On le retrouvera donc comme constituant de la matière organique des animaux herbivores et carnivores. Vers 1950, le chimiste américain W. Libby a pu montrer que tous les êtres vivants sont caractérisés par le même rapport du nombre de noyaux de  $^{14}\text{C}$  au nombre de noyaux de  $^{12}\text{C}$ . En conséquence, un gramme de carbone pur extrait d'un être vivant présente une activité due au  $^{14}\text{C}$ , voisine de 13,6 désintégrations par minute, ce qui correspond à « un âge zéro ». Dans un animal ou un végétal mort (tronc d'arbre, coquille fossile, os... trouvé dans une grotte), le  $^{14}\text{C}$  « assimilé » par l'animal ou la plante quand il était vivant, décroît exponentiellement en fonction du temps du fait de sa radioactivité à partir de l'instant de sa mort. La comparaison de cette activité résiduelle aux 13,6 désintégrations par minute fournit directement l'âge de l'échantillon fossile. Au bout de 40 millénaires, il reste moins de 1% du  $^{14}\text{C}$  que contenait initialement un échantillon fossile ; cette teneur résiduelle devient trop faible pour être déterminée avec précision.

D'après une publication du CEA Clefs CEA n°14 automne 1989  
*\* On suppose que la valeur 13,6 désintégrations par minute, pour un organisme vivant, est restée constante au cours des derniers millénaires.*

5.1. On donne les numéros atomiques suivants : Z = 6 pour le carbone (C) et Z = 7 pour l'azote (N).

5.1.1. Donner la composition des noyaux de symbole  $^{12}_6\text{C}$  et  $^{13}_6\text{C}$ . Pourquoi ces noyaux de carbone sont-ils appelés isotopes ?

5.1.2. Le « carbone 14 » se désintègre « en azote 14 ». Ecrire l'équation de désintégration du « carbone 14 » en supposant que le noyau fils n'est pas obtenu dans un état excité.

S'agit-il d'une radioactivité  $\alpha$ ,  $\beta^+$ ,  $\beta^-$ ?

C  $\sum \pi /$

5.1.3. On propose quatre expressions mathématiques pour représenter l'évolution du nombre N de noyaux de « carbone 14 » restant dans l'échantillon à la date t,  $\lambda$  étant la constante radioactive relative à la désintégration étudiée ( $\lambda > 0$ ) :

a) $N = \frac{N_0}{e^{\lambda t}}$	b) $N = N_0(1 - e^{-\lambda t})$	c) $N = N_0 e^{\lambda t}$	d) $N = N_0(1 - e^{\lambda t})$
------------------------------------	----------------------------------	----------------------------	---------------------------------

Dans chacune des quatre expressions ci-dessus :

- Que vaut N à t = 0 ?
  - Quelle est la limite de N quand t tend vers l'infini pour chaque expression ?
- En déduire l'expression à retenir parmi les propositions a), b), c) et d) en justifiant.

5.1.4. L'activité à l'instant t est donnée par la relation  $A = -\frac{dN}{dt}$ .

- Définir l'activité radioactive.
- Montrer que l'expression de l'activité peut se mettre sous la forme :  $A = A_0 e^{-\lambda t}$  en précisant ce que représente  $A_0$ .

5.1.5. En s'aidant du texte, donner pour un échantillon de 1,0 mg de carbone pur, extrait d'un être vivant, la valeur de  $A_0$  dans le système international.

5.2. La période radioactive de l'isotope  $^{14}\text{C}$  est T=5730 ans.

5.2.1. Qu'appelle-t-on période radioactive d'un échantillon radioactif ?

5.2.2. Etablir la relation liant la constante radioactive et la période T.

Calculer la constante radioactive du  $^{14}\text{C}$ .

5.2.3. Plusieurs articles scientifiques parus en 2004 relatent les informations apportées par la découverte d'Otzi, un homme naturellement momifié par la glace et découvert, par des randonneurs, en septembre 1991 dans les Alpes italiennes. Pour dater le corps momifié, on a mesuré l'activité d'un échantillon de la momie. On a trouvé une activité égale à 7,16 désintégrations par minute pour une masse équivalente à 1,0 g de carbone pur. Donner l'expression littérale de la durée écoulée entre la mort d'Otzi et la mesure de l'activité de l'échantillon puis calculer cette durée.

5.2.4 A Obock (en République de Djibouti), des chercheurs ont étudié un corail vieux de  $1,2 \cdot 10^5$  ans. D'après le texte, ce corail a-t-il pu être daté par la méthode utilisant le « carbone 14 » ? Justifier la réponse.



2016

## EPREUVE DE CHIMIE

Données : masses molaires atomiques en g.mol<sup>-1</sup>: $M(H) = 1; M(C) = 12; M(O) = 16; M(N) = 14; M(S) = 32; M(Na) = 23; M(I) = 127$ 

## EXERCICE 1

Le lugol est le nom commercial d'un antiseptique iodé. C'est une solution aqueuse de diiode ( $I_2$ ) et d'iodure de potassium (KI). Cette solution est utilisée notamment pour ses propriétés antiseptiques et bactéricides. Elle agit également comme compresseur des vaisseaux sanguins et diminue ainsi les risques d'hémorragies. On se propose de vérifier si l'indication sur l'étiquette d'un lugol portant la mention « contient 1,0% en masse de diiode ( $I_2$ ) » est correcte. On effectue un dosage de ce lugol par une solution aqueuse de thiosulfate de sodium ( $2Na^+ + S_2O_3^{2-}$ ).

En solution aqueuse, l'empois d'amidon est incolore. En contact avec du diiode l'empois d'amidon se transforme en une espèce chimique de couleur bleue.

## 1.1. Préparation de la solution de thiosulfate de sodium :

On prépare un volume  $V = 50,0 \text{ mL}$  de la solution aqueuse de thiosulfate de sodium à la concentration  $C = 0,10 \text{ mol/L}$  à partir du thiosulfate de sodium, solide pentahydraté, de formule  $(Na_2S_2O_3 \cdot 5H_2O)$ .

1.1.1. Calculer la masse de thiosulfate de sodium à utiliser pour préparer cette solution.

1.1.2. Préciser le matériel à utiliser, choisi dans la liste ci-dessous :

Pipettes jaugées de (5 mL, 10 mL, 20 mL) ; fioles jaugées de (50 mL, 100 mL, 200 mL) éprouvettes graduées de (25 mL, 50 mL) ; erlenmeyers de (50 mL, 100 mL) ; bêchers de (50 mL, 100 mL) ; capsule, entonnoir, spatule, balance ; pissette d'eau distillée.

## 1.2. Le dosage du lugol :

En solution aqueuse le diiode est de couleur brune ; les solutions aqueuses de thiosulfate de sodium (ou de tétrathionate de sodium) sont incolores.

On donne les potentiels standards des deux couples redox mis en jeu :

$E^\circ(S_2O_3^{2-} / S_2O_4^{2-}) = 0,09 \text{ V}$  et  $E^\circ(I_2/I^-) = 0,53 \text{ V}$

On introduit, dans un bêcher, un volume  $V_0 = 10,0 \text{ mL}$  de la solution de Lugol puis on y ajoute 20 mL d'eau distillée puis quelques gouttes d'empois d'amidon.

On place la solution aqueuse de thiosulfate de sodium préparée dans une burette graduée de 25 mL.

1.2.1. Parmi la liste ci-dessus, quelle verrerie doit-on utiliser pour mesurer le volume de la solution de Lugol et les 20 mL d'eau distillée? Justifier.

1.2.2. Ecrire l'équation-bilan de la réaction du dosage, en précisant l'espèce chimique oxydée et celle réduite.

1.2.3. L'équivalence de la réaction est observée pour un volume versé  $V_E = 8,0 \text{ mL}$  de la solution de thiosulfate de sodium. Comment repère t- on cette équivalence ?

1.2.4. Calculer les concentrations molaire et massique en diiode dans la solution commerciale de lugol.

1.2.5. A votre avis l'indication de l'étiquette est-elle correcte ? Justifier.

## EXERCICE 2

 $\sum \pi$ 

**Données :** densité de l'acide benzoïque :  $d_1 = 1,28$ ; densité du méthanol :  $d_2 = 0,792$ ; masse volumique de l'eau :  $\rho_e = 1 \text{ kg.L}^{-1}$ .

Le benzoate de méthyle est formé à partir de l'acide benzoïque et du méthanol. Le benzoate de méthyle a une odeur agréable, rappelant fortement celle de la goyave, et est donc utilisé en parfumerie. Il est également utilisé comme solvant et comme pesticide pour attirer les insectes.

On introduit dans un ballon un volume  $V_1 = 9,6 \text{ mL}$  d'acide benzoïque,  $V_2 = ? \text{ mL}$  de méthanol, 3 mL d'acide sulfurique concentré et quelques grains de pierre ponce.

On adapte un réfrigérant à boules et le mélange réactionnel est ensuite chauffé à reflux pendant une heure.

On verse ensuite le contenu du ballon dans un bêcher contenant un mélange eau-glace. Il se forme deux couches liquides non miscibles.

2.1. Ecrire l'équation-bilan de la réaction se produisant dans le ballon. Comment nomme-t-on ce type de réaction? Quelles sont ses caractéristiques?

2.2. Préciser le rôle de l'acide sulfurique?

2.3. Quelle est l'utilité de ce chauffage à reflux?

2.4. Sachant que la phase organique a une densité supérieure à celle de la phase aqueuse, proposer une méthode de séparation des phases.

2.5. Après avoir lavé et séché la phase organique, on obtient  $m = 8,1 \text{ g}$  du composé organique.

2.5.1. Calculer les quantités de matière initiales des réactifs

2.5.2. Quelle serait la masse obtenue, du composé organique, si la réaction était totale?

2.5.3. Calculer le rendement de la réaction.

2.5.4. Comment expliquer l'écart entre la valeur expérimentale du rendement et la valeur théorique qui est de 67% (pour un mélange équimolaire entre l'acide carboxylique et l'alcool primaire)?

### EXERCICE 3

Le lactose est l'un des principaux glucides, constituants du lait. En présence de bactérie, le lactose se dégrade et se transforme en acide lactique de formule semi-développée  $\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}$ .

3.1. Indiquer les groupements fonctionnels présents dans la molécule d'acide lactique

3.2. Ecrire le couple acide /base de l'acide lactique.

Donner, en nomenclature internationale, les noms des espèces chimiques constituant ce couple acide/base.

3.3. Dans ce qui suit, le couple acide/base sera noté  $\text{AH}/\text{A}^-$ . La teneur en acide lactique d'un lait est un critère de fraîcheur. Si la teneur dépasse  $5,0 \text{ g/L}$ , le lait caille. Pour un lait frais cette teneur se situe autour de  $1,7 \text{ g/L}$ .

3.3.1. Ecrire l'équation de la réaction de l'acide lactique aqueux et l'eau.

3.3.2. Le pH moyen d'un lait frais est de 6,7 et le  $\text{pK}_a$  du couple de l'acide lactique est  $\text{pK}_a = 3,9$  à  $25^\circ\text{C}$ .

Déterminer le rapport des concentrations des espèces chimiques  $\frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}]}$  dans le lait étudié.

3.3.3. Préciser la forme prépondérante du couple acide/base dans le lait frais.

3.4. Après quelques jours de conservation du lait, on veut tester son acidité. Pour cela on procède en présence d'un indicateur coloré approprié, à un titrage par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration massique  $4\text{g.L}^{-1}$ .

On dose  $V_0 = 40,0 \text{ mL}$  de lait, additionné de  $150 \text{ mL}$  d'eau distillée. Le volume d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence est  $V_E = 17 \text{ mL}$ .

3.4.1. Définir l'équivalence acido-basique.

3.4.2. Ecrire l'équation de la réaction de titrage.

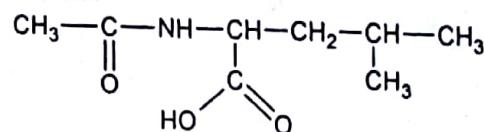
3.4.3. Calculer la concentration molaire de l'acide lactique dans le lait étudié.

En déduire la teneur (en  $\text{g/L}$ ) du lait dosé en acide lactique et conclure sur son état de fraîcheur.

**EXERCICE 4**

L'acétyleucine est une substance chimique qui est utilisée pour le traitement des vertiges.

La formule semi-développée de l'acétyleucine est :



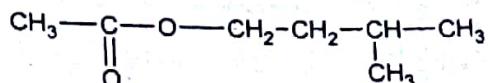
- 4.1. Après avoir recopié la molécule, repérer clairement les groupements fonctionnels acide carboxylique et amide.
- 4.2. L'acétyleucine peut être obtenue, formellement, à partir d'un acide carboxylique et d'un composé azoté, noté A.
- 4.2.1. Ecrire les formules semi-développées de l'acide carboxylique concerné et du composé azoté A.
- 4.2.2. Nommer l'acide carboxylique et le composé azoté A.
- 4.2.3. Préciser la nature, c'est-à-dire la famille organique, du composé azoté A (appelé usuellement Leucine) ?
- 4.2.3. Dans la pratique, la synthèse de l'acétyleucine se fait en chauffant à reflux un mélange du composé azoté A et de l'anhydride éthanoïque, au lieu d'acide éthanoïque. Pourquoi utilise-t-on l'anhydride éthanoïque plutôt que l'acide éthanoïque pour synthétiser l'acétyleucine ?
- 4.4. Les acides aminés dits essentiels ne peuvent être synthétisés par l'organisme et ils sont essentiels à sa croissance et son entretien. On doit donc les trouver dans l'alimentation. On peut en citer entre autres la Leucine.
- 4.4.1. La molécule de leucine est-elle chirale ? Justifier.
- 4.4.2. Donner, en représentation de Fischer, la configuration L de la leucine.
- 4.5. On effectue une décarboxylation de la leucine et il se forme, entre autre, un composé organique B.
- 4.5.1. Ecrire l'équation bilan de la réaction et préciser la fonction ainsi que la classe de B puis donner son nom en nomenclature officielle.
- 4.5.2. Ecrire l'équation de la réaction entre le composé organique B et l'eau et préciser les couples acidobasiques en présence.
- 4.6. Dans ce qui suit, on considère les acides  $\alpha$ -aminés de formule brute  $\text{C}_6\text{H}_{13}\text{O}_2\text{N}$ . L'un de ces acides  $\alpha$ -aminés, l'acide 2-amino-3-méthylpentanoïque, usuellement appelé isoleucine, possède deux carbones asymétriques.
- 4.6.1. Ecrire la formule semi-développée de l'isoleucine et marquer d'un astérisque chaque carbone asymétrique.
- 4.6.2. Ecrire les formules semi-développées et donner les noms des trois acides  $\alpha$ -aminés isomères de l'isoleucine.
- 4.6.3. En solution aqueuse, l'isoleucine donne un ion dipolaire appelé zwittérion qui coexiste avec un cation et un anion en des proportions différentes selon le pH de la solution. Ecrire les équations des deux réactions du zwittérion avec l'eau.
- 4.6.4. Attribuer aux couples acide-base du zwittérion les valeurs de  $\text{pK}_A$ :  $\text{pK}_{A1} = 2,2$  et  $\text{pK}_{A2} = 9,6$ . Quelle est l'espèce prépondérante dans le duodénum où le pH est voisin de 7,4 ? On réalise une réaction de condensation entre l'isoleucine et la glycine, de formule  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{CO}_2\text{H}$ , pour synthétiser le dipeptide Ile-Gly. Décrire le principe de la synthèse.

**EXERCICE 5**

L'acétate d'iso-amyle a une odeur forte semblable à l'arôme de banane ou de poire. L'huile de banane est un terme souvent utilisé pour désigner l'acétate d'iso-amyle pur.

$\sum \pi \int$ 

Sa formule semi-développée est :



5.1. Donner le nom de l'acétate d'isoamyle en nomenclature systématique.

5.2. Ecrire les formules semi-développées de l'acide carboxylique et de l'alcool qui permettent la synthèse de l'acétate d'isoamyle et les nommer.

5.3. Un parfumeur décide de synthétiser l'acétate d'isoamyle, son extraction étant trop coûteuse. Il utilise alors un mélange d'acide éthanoïque et d'alcool isoamylique. Pour cela, il introduit dans un erlenmeyer un mélange équimolaire de solution d'acide éthanoïque et de solution d'alcool isoamylique.

Le mélange est maintenu à température constante. Il prélève régulièrement un échantillon du mélange qu'il refroidit brutalement puis il dose l'acide restant par une solution d'hydroxyde de sodium.  $n_A(\text{mol})$  indique la quantité de matière d'acide restant dans l'échantillon prélevé au cours du temps. Les résultats sont rassemblés dans le tableau ci-dessous :

$t$ (en h)	0	1	2	4	6	8	10	15	20	25
$n_A(\text{mol})$	1,00	0,82	0,70	0,54	0,46	0,41	0,38	0,35	0,34	0,34
$n_F(\text{mol})$										

5.3.1. Quel est le but du refroidissement brutal effectué avant chaque dosage ?

5.3.2. Ecrire l'équation de la réaction support du dosage.

5.3.3. Calculer la quantité de matière d'acétate d'isoamyle, noté  $n_F$ , formée aux dates de prélèvements. Compléter le tableau de mesures.5.4. Tracer la courbe  $n_F = f(t)$ .

5.5. Définir la vitesse instantanée de formation de l'acétate d'isoamyle.

5.6. Calculer cette vitesse instantanée aux dates  $t_1 = 2\text{h}$  et  $t_2 = 20\text{h}$ .5.7. Définir le temps de demi-réaction  $t_{1/2}$ .

5.8. Déterminer graphiquement le temps de demi-réaction de cette synthèse de l'acétate d'isoamyle. (Faire apparaître clairement la construction réalisée).

6. Le parfumeur décide de refaire l'expérience à une température plus élevée. Représenter, sur le même graphique que celui représentant  $n_F = f(t)$ , l'allure de la courbe obtenue dans ces nouvelles conditions.

2014

## EPREUVE DE PHYSIQUE



## EXERCICE 1

Depuis l'apparition des satellites à la fin des années 1950, les domaines d'application tendent à se multiplier. Les satellites artificiels, notamment les géostationnaires, sont utilisés dans des domaines variés comme la météorologie, les télécommunications, la prévention des risques naturels et leur suivi, la surveillance, la sécurité maritime...

On considère un satellite de centre d'inertie S dont la trajectoire est une orbite circulaire située dans le plan équatorial à l'altitude  $h$  autour de la terre.

Le mouvement est étudié dans le référentiel géocentrique supposé galiléen et on admet que toute action mécanique autre que l'interaction gravitationnelle entre le satellite et la terre est négligeable.

## 1.1

a) Faire un schéma sur lequel apparaîtra la force exercée par la terre sur le satellite, le vecteur champ de gravitation créé en S et le vecteur unitaire  $\vec{u}_{OS}$ .

b) Etablir l'expression du champ de gravitation  $g_h$  à l'altitude  $h$  en fonction de G, M, R et  $h$ .

1.2 Montrer par application de la deuxième loi de Newton que le mouvement du satellite est uniforme. Retrouver ce résultat par une méthode énergétique.

1.3 Exprimer la vitesse V du satellite dans le référentiel géocentrique en fonction de G, M, R et  $h$ .

1.4 Etablir l'expression de la période T en fonction de G, M, R et  $h$ .

1.5 Le satellite est mis sur orbite basse altitude  $h_1$ . Il se déplace dans le même sens que la terre. Déterminer la durée  $T'$  qui sépare deux passages successifs du satellite à la verticale d'un point donné de l'équateur.

1.6 On désire réaliser le transfert du satellite en attente sur une orbite circulaire « basse » de rayon  $r_1 = 6700$  Km vers une orbite circulaire « haute » de rayon  $r_2$  afin qu'il soit géostationnaire en passant par une orbite de transfert, dite de Hohman, tangente aux deux orbites circulaires.

1.6.1 Quelles sont les caractéristiques d'un satellite géostationnaire ?

1.6.2 Exprimer l'altitude  $h$  à laquelle évolue un tel satellite puis la calculer.

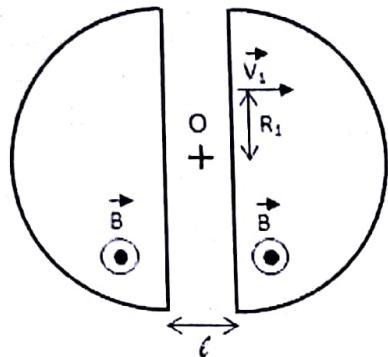
1.6.3 Exprimer puis calculer les vitesses  $v_1$  et  $v_2$  du satellite sur les orbites circulaires de rayons respectifs  $r_1$  et  $r_2$ .

1.6.4 Calculer la fraction de la surface de la terre qui peut être couverte par les émissions du satellite?

On donne : surface d'une calotte sphérique d'une sphère de rayon R vue sous un angle  $2\theta$ :  $S = 2\pi R^2(1 - \cos \theta)$ ;  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$ , et  $M_T = 6 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ ; période de rotation de la terre sur elle-même est  $T_0 = 8,6 \cdot 10^4 \text{ s}$ . Rayon de la terre  $R = 6400 \text{ Km}$ .

## EXERCICE 2

Les accélérateurs de particules ont des applications variées notamment en recherche fondamentale sur les particules de grandes énergies, dans le domaine médical pour le traitement de certaines maladies telles que le cancer par radiothérapie, dans le domaine militaire, en particulier pour la simulation des armes nucléaires...

$C$  $\sum \pi$ 

Dans ce qui suit, on se propose d'étudier un exemple d'accélérateur de particules, le cyclotron (figure ci-contre). Il est constitué de deux demi-cylindres métalliques  $D_1$  et  $D_2$ , appelés "dees", dans lesquels est maintenu un vide très poussé. Ces dees sont placés horizontalement dans un champ magnétique uniforme et vertical, de vecteur  $\vec{B}$ .

Ils sont séparés d'une très petite distance  $l$ , sur laquelle les particules sont accélérées grâce à une différence de potentiel sinusoïdale  $u = U_m \cos(\omega t)$ .

Une particule de masse  $m$  et de charge  $q > 0$  est injectée dans le dispositif au voisinage de  $O$ , avec une vitesse  $\vec{v}_1$  orthogonale à  $\vec{B}$  sur une trajectoire circulaire centrée en  $O$  et de rayon  $R_1$ .

Le temps de passage d'un dee à l'autre est négligeable, et l'étude se fait dans le cadre de la mécanique newtonienne.

**2.1** Représenter, en un point de la trajectoire de la particule dans un dee, le vecteur-vitesse et la force magnétique qui s'exercent sur la particule.

**2.2** Montrer que la durée de passage dans un demi-cylindre, notée  $t_p$  ne dépend pas de la vitesse.

**2.3** Exprimer, en fonction de  $q$ ,  $m$  et  $B$ , la fréquence  $N$  qu'il convient de donner à la tension accélératrice pour que les particules chargées soient effectivement accélérées chaque fois qu'elles traversent l'espace entre les deux dees. Calculer cette fréquence.

**2.4** Sachant que la trajectoire d'une particule est formée d'une suite de demi-cercles centrés au voisinage de  $O$ , de rayons successifs  $R_1, R_2, \dots, R_n$  reliés par des éléments de trajectoires rectilignes entre les dees, exprimer le rayon  $R_n$  en fonction de  $q$ ,  $m$ ,  $B$ ,  $n$ ,  $R_1$  et  $U$ .

**2.5** Des protons sont injectés sur une trajectoire de rayon  $R_1 = 5,2 \cdot 10^{-3} \text{ m}$ , dans un champ

$B = 1,00 \text{ T}$ , le diamètre utile du cyclotron étant  $D = 0,625 \text{ m}$  et la tension accélératrice a valeur efficace de  $U = 2 \cdot 10^4 \text{ V}$ . Calculer :

**2.5.1** La vitesse maximale atteinte par les protons sortant tangentielle du cyclotron, ainsi que l'énergie cinétique acquise, exprimée en joules, puis en MeV.

**2.5.2** Le nombre de tours effectués par les particules dans l'appareil.

**2.5.3** Le temps de transit dans l'appareil,  $\Delta t$  correspondant.

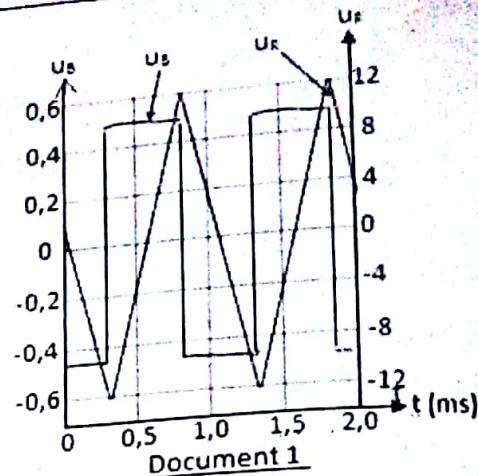
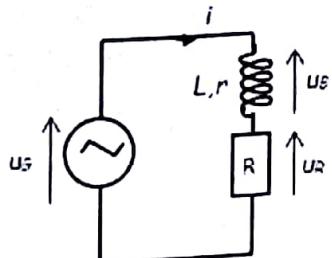
On donne :  $m = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{ Kg}$ ;  $q = +e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  et  $B = 1,00 \text{ T}$ .

### EXERCICE 3

En travaux pratiques, un groupe d'élèves réalise des montages pour illustrer des phénomènes électriques étudiés en cours théorique et déterminer expérimentalement les grandeurs caractéristiques de quelques composants électriques.

#### 3.1 - Etude d'un phénomène

Le groupe d'élèves réalise le circuit comprenant en série une bobine d'inductance  $L = 0,1 \text{ H}$  de résistance  $r = 10 \Omega$ , une résistance  $R = 10 \text{ k}\Omega$  et un générateur basse fréquence (GBF) délivrant une tension périodique triangulaire d'amplitude  $U_m = 12,0 \text{ V}$  et de fréquence réglable. (Voir schéma du circuit ci-après).

$\Sigma \pi$ 

Document 1

3.1.1

- a) Reproduire le schéma du circuit et y représenter les branchements que le groupe d'élèves doit effectuer pour visualiser les tensions  $u_G$  aux bornes du générateur sur la voie 1 et  $u_R$  aux bornes du résistor sur la voie 2 de l'oscilloscope.

b) L'une de ces tensions permet d'observer l'allure de l'intensité  $i$  du courant. Laquelle ? Justifier la réponse.

3.1.2 On raisonne toujours avec le schéma ci-dessus.

- a) Exprimer la tension  $u_B$  aux bornes de la bobine en fonction de  $u_G$  et  $u_R$ .  
 b) Exprimer la tension  $u_B$  aux bornes de la bobine en fonction de  $r$ ,  $i$  et de la f.e.m d'auto-induction dans la bobine en respectant l'orientation choisie, puis en fonction de  $r$ ,  $L$ ,  $i$  et  $\frac{di}{dt}$ .

3.1.3 Le document 1 ci-avant donne l'allure des tensions  $u_B$  et  $u_R$ ; il est obtenu par saisie automatique puis traitement informatique des tensions visualisées.

a) Déterminer la période  $T$  de l'intensité du courant.

b) Déterminer l'amplitude  $I_m$  (valeur maximale atteinte) de l'intensité du courant.

3.1.4 On considère sur le document 1, une demi-période où la tension  $u_B$  est positive.

a) Déterminer une valeur approchée de la tension  $u_B$  en admettant qu'elle est constante.

b) Calculer la dérivée par rapport au temps de l'intensité du courant ( $\frac{di}{dt}$ ).

c) En déduire l'ordre de grandeur de la valeur  $L$  de l'inductance de la bobine en négligeant l'influence de la résistance  $r$ .

d) La résistance  $r$  de la bobine étant égale à  $10 \Omega$ , comparer  $rI_m$  et  $|e|$  et en déduire si l'hypothèse formulée en c) était justifiée.

3.2. Une application

Le groupe d'élèves réalise un nouveau montage (figure ci-dessous) en plaçant en série :

- le G.B.F (dont une des bornes de sortie est reliée à la masse) qui délivre maintenant une tension alternative symétrique, en créneaux ;
- la bobine utilisée dans la partie 3.1 ;
- un conducteur ohmique de résistance  $R' = 500 \Omega$  ;
- un dipôle X

On visualise la tension  $u_X$  aux bornes de ce dipôle. On obtient le document 2 ci-après

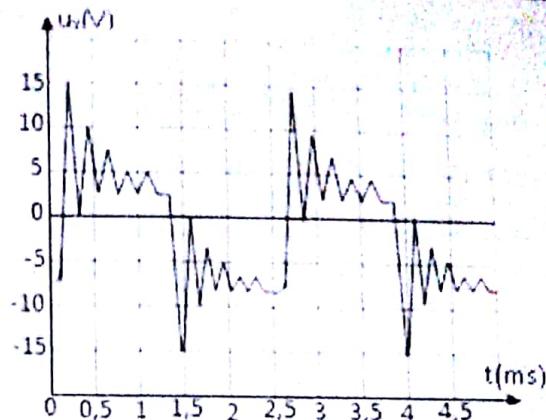
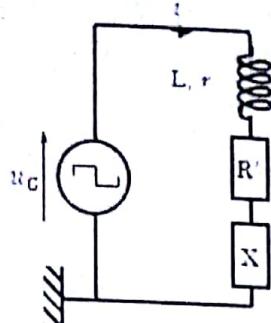
3.2.1 Comment appelle-t-on le phénomène visualisé sur ce document.

3.2.2 Identifier le dipôle X parmi les dipôles suivants : conducteur ohmique, bobine, condensateur.

3.2.3

a) Donner l'ordre de grandeur de la pseudo-période.

b) En déduire une valeur approchée de la grandeur caractéristique du dipôle X en assimilant la pseudo-période à la période propre (période lorsque l'influence des résistances est négligeable)



Document 2

**EXERCICE 4**

*Au cours de ses oscillations, un oscillateur réel est soumis à des frottements inévitables. Dans le cas où le système se déplace dans un fluide, la force de frottement est proportionnelle à la vitesse et de signe opposé. On dit que le frottement est fluide.*

On se propose de faire l'étude dynamique d'un pendule élastique soumis à ce type de frottement.

**4.1** Le pendule est constitué d'un ressort de longueur à vide  $l_0$  et de raideur  $k = 11 \text{ N.m}^{-1}$  disposé horizontalement. L'extrémité gauche du ressort est fixe en O, origine du repère d'axe (O.x) horizontal, orienté vers la droite et son extrémité droite est liée à un solide ponctuel M de masse  $m = 130\text{g}$ , astreint par une tige à se déplacer suivant l'axe (O.x). Le système baigne dans un fluide qui exerce sur M une force de frottement fluide  $\vec{f} = -\lambda \vec{v}$  où  $\vec{v}$  est la vitesse instantanée de M et  $\lambda$  une constante de valeur  $\lambda = 1,2 \text{ N.m}^{-1}\text{s}$ . Le mouvement est rapporté au référentiel terrestre supposé galiléen.

**4.1.1** Faire un schéma de l'oscillateur et représenter toutes les forces appliquées sur le point M.

**4.1.2** Ecrire l'équation différentielle suivie par l'elongation  $l = x - l_0$ , où  $x$  est l'abscisse du point M.

**4.1.3** Exprimer la pulsation propre  $\omega_0$  de l'oscillateur en fonction de  $k$  et  $m$ . Calculer  $\omega_0$ . En déduire la période propre  $T_0$  de l'oscillateur.

**4.1.4** Le facteur de qualité Q de l'oscillateur est défini par la relation :

$$Q = \frac{\sqrt{Km}}{\lambda} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\omega_0^2}{\omega_0^2 - \omega^2}}$$

Pour des oscillations de qualité, Q doit être supérieur à 1/2. Exprimer Q en fonction de  $\omega_0$ , m et  $\lambda$ . Calculer Q.

**4.2.** La solution de l'équation différentielle est de la forme :  $l(t) = l_0 \exp\left(-\frac{\omega_0 t}{2Q}\right) \cos(\omega t + \varphi)$ .

**4.2.1** Justifier le fait que le régime est pseudo-périodique.

**4.2.2** Exprimer puis calculer la pulsation  $\omega$  en fonction de  $\omega_0$  et Q.

**4.2.3** En déduire l'expression de la pseudo-période T, la Calculer.

$\sum \pi$ 

**4.2.4** Exprimer la constante de temps  $\tau$  en fonction de  $\omega_0$  et  $Q$ , la calculer.

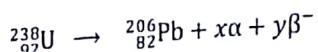
**4.3** Les conditions initiales sont : à  $t = 0$ ,  $v = 0$ ,  $x_0 = 10$  cm et  $\phi = -\frac{\pi}{6}$  rad. Donner l'allure de la courbe  $x = f(t)$  de l'oscillateur.

### EXERCICE 5

L'uranium est l'élément chimique le plus lourd existant à l'état naturel. Tous ses isotopes sont radioactifs et il aurait disparu de notre environnement si deux de ses isotopes, l'uranium 238 et l'uranium 235 n'avaient pas une demi-vie de l'ordre du milliard d'années.

L'Uranium 238 est à l'origine d'une famille radioactive qui conduit à un isotope stable de plomb  $^{206}_{82}\text{Pb}$ .

Les désintégrations successives s'accompagnent de l'émission de particules  $\alpha$  ou  $\beta^-$ . La durée de vie des noyaux intermédiaires est suffisamment courte pour que l'on puisse négliger leur présence dans les produits de la transformation ; on assimile donc l'ensemble à une réaction unique :



**5.1** Déterminer les valeurs de  $x$  et de  $y$ .

**5.2** Quel est le type de radioactivité correspondant à cette réaction de désintégration ? Justifier votre réponse.

**5.3** On considère qu'à  $t = 0$  un minéral contient uniquement de l'uranium 238 (sans noyau de plomb). On appellera  $N_1^0$  le nombre initial de noyaux d'uranium,  $N_1$  le nombre de ces noyaux qui subsistent à l'instant  $t$  et  $N_2$  le nombre de noyaux de Pb présents à la date  $t$ .

**5.3.1** Ecrire la loi de désintégration reliant  $N_1$ ,  $N_1^0$ ,  $\lambda$  et  $t$  ( $\lambda$  est la constante radioactive de l'uranium 238). En déduire l'expression de la période  $t_{1/2}$  de l'uranium en fonction de  $\lambda$ .

**5.3.2** Montrer qu'à la date  $t = nt_{1/2}$ , on a :  $N_1 = \frac{N_1^0}{2^n}$

**5.3.3** Exprimer le nombre  $N_2$  de noyaux de plomb présents à la date  $t$  dans le minéral considéré, en fonction de  $t$ ,  $\lambda$  et  $N_1$ .

**5.3.4** Exprimer  $n$  en fonction du rapport  $\frac{N_2}{N_1}$ .

**5.3.5** Sachant qu'à la date  $t = nt_{1/2}$ , l'échantillon du minéral contient 1g d'uranium 238 et 10mg de plomb, calculer  $n$ . En déduire l'âge du minéral.

**5.4** L'uranium peut être considéré comme ayant une faible activité si son activité A est égale à  $3,7 \cdot 10^3$  Bq

**5.4.1** Définir l'activité d'une source radioactive

**5.4.2** Le minéral étudié présente-t-il un danger pour l'organisme ?

**Données** :  $t_{1/2}(^{238}_{92}\text{U}) = 4,5 \cdot 10^9$  années ;  $M(\text{U}) = 238$  g/mol ;  $M(\text{Pb}) = 206$  g/mol.

$\Sigma \pi$ 

2014

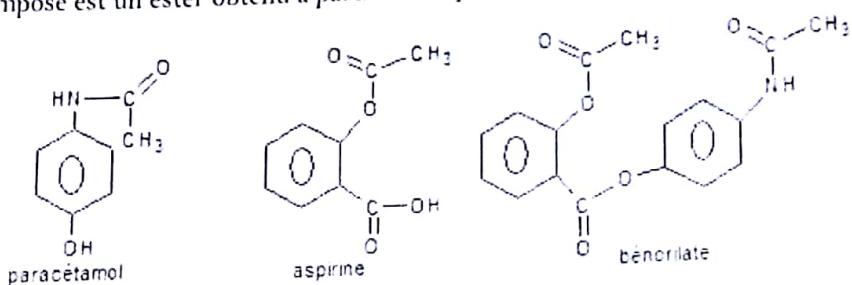
## EPREUVE DE CHIMIE



Masses molaires en g.mol<sup>-1</sup>: M(H) = 1 ; M(C) = 12 ; M(O) = 16 ; M(N) = 14 ; M(Cl) = 35,5

## EXERCICE 1

Le salipran est un médicament « diantalgique » utilisé notamment contre la douleur. Le principe actif est le bénorilate. Ce composé est un ester obtenu à partir de l'aspirine et du paracétamol.

Synthèse du bénorilate

D'après le texte, le bénorilate est obtenu à partir du paracétamol et de l'aspirine.

1.1 Quel est le nom de la transformation chimique mise en jeu ?

1.2 Ecrire l'équation-bilan de la réaction mise en jeu en utilisant les formules brutes.

Mode opératoire de la synthèse

Dans un ballon contenant 100 mL d'une solution hydroalcoolique (mélange 50 % en volume d'eau et d'éthanol), on introduit une masse  $m_1 = 18,0$  g d'aspirine et une masse convenable  $m_2$  de paracétamol puis on y ajoute quelques gouttes d'acide sulfurique concentré. On chauffe à reflux pendant 30 minutes. Après ce chauffage, on sépare le bénorilate et on le purifie par une méthode appropriée. Après séchage, on obtient une masse  $m$  de bénorilate égale à 18,8 g.

1.3 Pourquoi faut-il chauffer ? Pourquoi le reflux ?

1.4 Quel est le rôle de l'acide sulfurique ?

1.5 Calculer la quantité de matière initiale d'aspirine introduite dans le ballon. En déduire la valeur de  $m_2$ .

1.6 Calculer le rendement de la synthèse.

Assimilation par l'organisme

1.7 Après ingestion d'un comprimé de salipran, le bénorilate subit une hydrolyse acide des fonctions ester au niveau de l'estomac. Ecrire les formules semi-développées des composés organiques formés (on envisagera toutes les possibilités de réactions d'hydrolyse). Deux de ces composés sont d'usage courant du fait de leurs propriétés antalgiques (ils atténuent la douleur) ; quels sont ces composés ?

## EXERCICE 2

C  $\sum \pi \int$

L'eau de Javel est un produit courant utilisé pour son pouvoir désinfectant. Elle peut être obtenue en dissolvant du dichlore gazeux dans une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium selon l'équation bilan :

$$\text{Cl}_2 + 2(\text{Na}^+ + \text{OH}^-) \rightarrow \text{ClO}^- + \text{Cl}^- + 2\text{Na}^+ + \text{H}_2\text{O} \quad (1)$$

Lors de la préparation de l'eau de Javel, les ions hydroxydes sont introduits en excès. Le pH de l'eau de Javel est compris entre 11 et 12. Les propriétés de l'eau de Javel sont dues au caractère oxydant des ions hypochlorites  $\text{ClO}^-$ . Ces ions peuvent donner lieu à diverses réactions, dans lesquelles interviennent divers facteurs : pH, concentrations, température, catalyseurs (ions métalliques), rayonnements (UV).

En particulier, les ions hypochlorites réagissent en présence d'eau :

- en milieu basique :  $\text{ClO}^- \rightarrow \text{Cl}^- + \frac{1}{2}\text{O}_2$  (2)
- en milieu acide :  $\text{ClO}^- + \text{Cl}^- + 2\text{H}_3\text{O}^+ \rightarrow \text{Cl}_2 + 3\text{H}_2\text{O}$  (3)

#### Quelques recommandations lues sur les emballages d'eau de Javel

- Conserver au frais, à l'abri du soleil et de la lumière.
- Ne pas utiliser en combinaison avec d'autres produits : au contact d'un acide, dégage un gaz toxique

#### Concentration d'une eau de Javel

Elle est souvent définie par le degré chlorométrique ( ${}^\circ\text{chl}$ ). Il correspond au volume (exprimé en litres) de dichlore gazeux, mesuré dans les conditions normales de température et de pression, qu'il faudrait utiliser pour fabriquer 1 L de cette eau de javel selon l'équation bilan (1). Dans ces conditions le volume molaire est  $V_m = 22,4 \text{ L/mol}$ .

conditionnement	en flacons / 1 ou 2 L	en berlingots (concentré)
${}^\circ\text{chl}$	12°	46°

2.1 Déduire de la définition du degré chlorométrique la concentration en ion hypochlorite  $[\text{ClO}^-]$  dans une eau de Javel à  $46^\circ\text{chl}$ .

2.2 La figure 1 représente le graphe de l'évolution de la concentration en ion hypochlorite au cours du temps.

Définir la vitesse instantanée de disparition de l'ion hypochlorite  $\text{ClO}^-$ .

La calculer en mol/L/semaine à la date  $t = +$  semaines après sa préparation

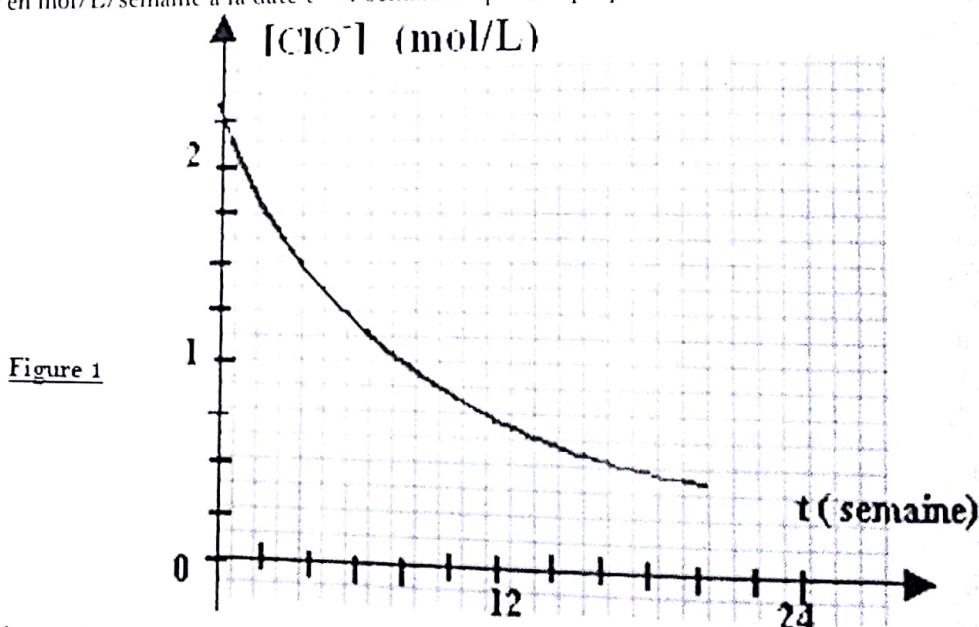


Figure 1

2.3 L'évolution du degré chlorométrique d'une eau de javel en fonction du temps est donnée par la figure 2 pour trois températures différentes 20, 30 et 40°C.

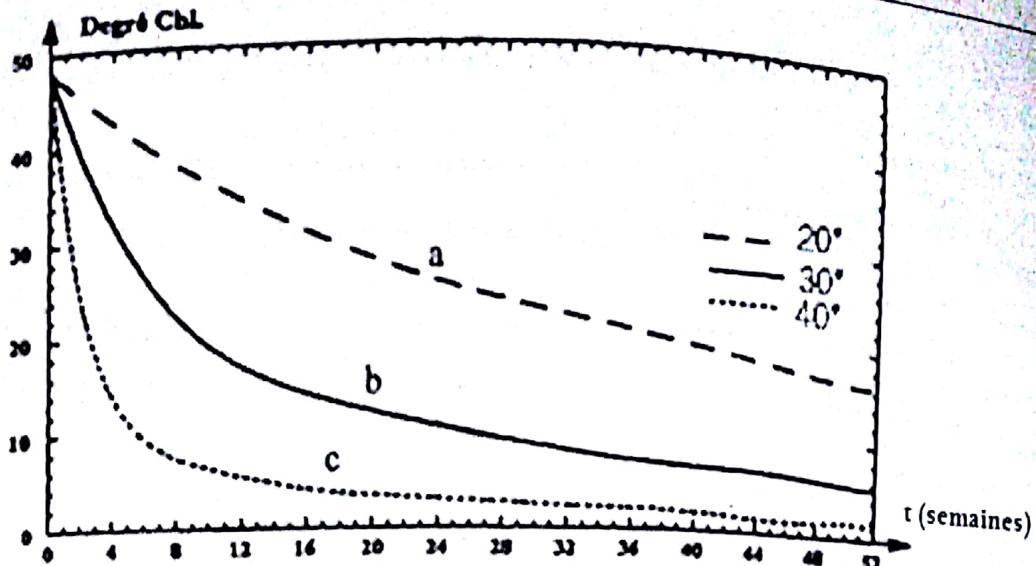
$\Sigma \pi$ 

Figure 2

2.3.1 L'examen de cette figure met en évidence deux facteurs cinétiques. Quels sont ces deux facteurs cinétiques ? Indiquer explicitement les comparaisons effectuées.

2.3.2 La recommandation "conserver au frais" vous semble-t-il justifiée ?

2.3.3 Aucun délai d'utilisation ne figure sur les flacons d'eau de Javel contrairement aux berlingots. Justifier cette différence ?

2.4 Quel est le gaz toxique dont il est question dans les recommandations ?

2.5 L'eau de Javel est commercialisée dans des récipients opaques. Pourquoi ?

### EXERCICE 3

Une molécule d'hémoglobine est constituée de plusieurs sous-unités. On ne considérera que le fonctionnement d'une sous-unité notée Hb.

Dans le sang, le dioxygène est présent soit sous forme dissous dans le sang, noté  $O_2$ , soit lié à l'hémoglobine sous forme d'oxyhémoglobine, notée  $HbO_2$ .

L'équation associée au transfert du dioxygène sur l'hémoglobine est la suivante :  $Hb + O_2 \rightleftharpoons HbO_2$  (1) avec pour constante de réaction  $K_1 = 3,1 \cdot 10^5$  à  $37^\circ C$ .

#### 3.1 Transport du dioxygène dans l'organisme par l'hémoglobine du sang

D'après les données et sans calculs, sous quelle forme le dioxygène se trouve-t-il majoritairement dans l'organisme ? Justifier.

#### 3.2 Libération du dioxygène au niveau des organes

Un volume  $V = 100 \text{ mL}$  de sang arrive au niveau du muscle, grand consommateur de dioxygène. Le nouvel état initial, noté  $2$  est alors caractérisé par les valeurs suivantes :  $K_2 = 9,1 \cdot 10^5$  à  $37^\circ C$ ;  $[Hb]_2 = 3,0 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$ ;  $[HbO_2]_2 = 9,1 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$ .

3.2.1 Calculer la concentration  $[O_2]_2$  dans ces conditions au niveau du muscle.

3.2.2 Dans quel sens évolue le système ? Justifier.

#### 3.3 La cellule musculaire à l'effort

Lors d'un effort intense, l'apport en oxygène est insuffisant et on observe alors une hausse de la concentration sanguine en lactate, de formule  $\text{CH}_3\text{-CHOH-COO}^-$ , base conjuguée de l'acide lactique.

3.3.1 Ecrire la formule de l'acide lactique. Entourer et nommer les différents groupes fonctionnels de la molécule.

23



- 3.3.2 Ecrire l'équation bilan de la réaction du lactate avec l'eau en utilisant les formules semi-développées.
- 3.3.3 Dans une cellule musculaire, l'acide lactique est produit à partir de l'acide pyruvique  $\text{CH}_3\text{-CO-COOH}$  selon une réaction d'oxydo-réduction couplée à la transformation de  $\text{NADH}^+$  en  $\text{NAD}^+$  (dérivée de la vitamine PP) d'équation  $\text{NADH} + \text{H}^+ \rightleftharpoons \text{NAD}^+ + 2\text{H}^+ + 2e^-$ .  
Ecrire la demi-équation électronique associée au couple acide lactique / acide pyruvique.
- 3.3.4 Préciser qui est l'oxydant, qui est le réducteur. Dans la cellule musculaire à l'effort, observe-t-on une oxydation ou une réduction de l'acide pyruvique ?
- 3.3.5 Ecrire le bilan de la réaction de production de l'acide lactique dans la cellule.

#### 3.4 La régulation du pH du sang

Le pH sanguin est principalement maintenu à 7,4 par l'action du couple régulateur  $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} / \text{HCO}_3^-$  et par la ventilation.

- 3.4.1, Ecrire l'équation associée au couple  $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} / \text{HCO}_3^-$ .

- 3.4.2, Lors de l'effort, le muscle libère le  $\text{CO}_2$  produit lors de la transformation du glucose, dans le sang.

Dans quel sens devrait alors varier le pH au voisinage du muscle à l'effort ? Justifier.

- 3.4.3, L'acide lactique produit dans le muscle est en partie transférée dans le sang également.

Avec quelle base réagit-il ? Ecrire l'équation associée à cette réaction.

On donne :  $\text{pK}_a(\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} / \text{HCO}_3^-) = \text{pK}_{a1} = 6,4$ ;  $\text{pK}_a(\text{acide lactique} / \text{ion lactate}) = \text{pK}_{a2} = 3,6$ .

- 3.4.4, Exprimer la constante d'équilibre et calculer sa valeur.

- 3.4.5, Calculer le pH après l'effort et conclure.

- 3.4.6, Quel autre processus permet à l'organisme d'éviter une trop grande variation de ce pH ?

#### 3.5 Les crampes et la douleur

L'accumulation d'acide lactique aboutit à la formation de crampes musculaires, souvent douloureuses.

Un traitement à base d'ibuprofène (anti-inflammatoire non-stéroïdiens ou AINS,  $M_{\text{ib}} = 206 \text{ g/mol}$ ) est alors prescrit à un jeune sportif. Pour vérifier la masse effective d'ibuprofène présente dans un comprimé dit "ibuprofène 100 mg", on effectue le dosage d'une solution S obtenue par broyage du comprimé avec une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ( $\text{Na}^+ + \text{HO}^-$ ) de concentration  $c_B = 5,00 \times 10^{-2} \text{ mol/L}$ . La courbe de dosage est donnée par la figure 3 ainsi que la formule de l'ibuprofène.

Déterminer la masse effective m d'ibuprofène dans un comprimé. Que peut-on en conclure ?

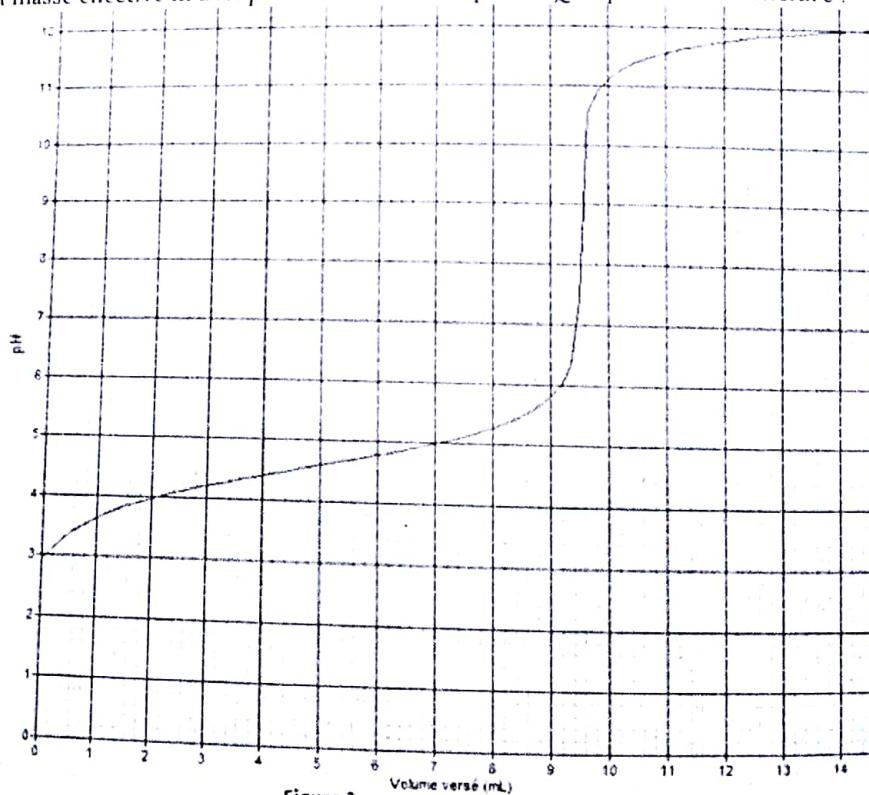
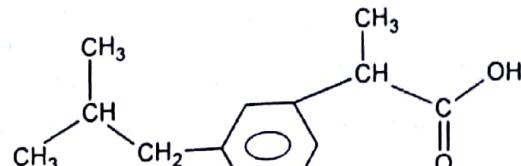


Figure 3

C $\sum \pi$ 

Molécule d'ibuprofène

**EXERCICE 4**

*Les alcools sont souvent employés dans l'industrie pour leurs propriétés solvantes qui en font de parfaits intermédiaires chimiques. En revanche, les esters provenant de certains alcools présentent une odeur agréable particulièrement appréciée du monde de la parfumerie qui les utilise comme arômes artificiels.*

On dispose d'un monoalcool liquide noté A dont la chaîne carbonée est saturée et non cyclique. Pour identifier cet alcool, on réalise les trois manipulations suivantes.

Manipulation 1 : un pycnomètre est une fiole jaugée de grande précision qui permet de déterminer la densité d'un liquide à une température donnée. Sur la balance de précision on réalise les trois pesées suivantes :

- pycnomètre rempli de l'alcool A jusqu'au trait de jauge  $m_A = 31,46 \text{ g}$ .
- pycnomètre rempli d'eau distillée A jusqu'au trait de jauge  $m_E = 34,34 \text{ g}$ .
- pycnomètre vide et sec  $m_S = 19,34 \text{ g}$ .

Manipulation 2 : on réalise la combustion complète dans un excès de dioxygène d'un volume  $V = 15,0 \text{ mL}$  de l'alcool A. Un tube absorbeur contenant de l'hydroxyde de potassium permet de déterminer la masse de dioxyde de carbone formé ;  $m(\text{CO}_2) = 28,8 \text{ g}$ .

Manipulation 3 : l'oxydation ménagée d'un volume  $V = 15,0 \text{ mL}$  de l'alcool A par une solution aqueuse de permanganate de potassium acidifiée par de l'acide sulfurique conduit à la formation d'un produit organique B. La réaction est totale et les ions permanganate sont introduits en excès. A la fin de l'expérience on procède à deux tests :

- test à la 2,4-DNPH : on observe la formation d'un précipité jaune-orangé.
- test à la liqueur de Fehling : aucun résultat.

4.1 Déterminer l'expression de la densité de l'alcool en fonction de  $m_A$ ,  $m_E$  et  $m_S$ . Calculer la densité d.

4.2 Calculer la masse molaire de l'alcool A.

4.3 En déduire la formule semi-développée de l'alcool et son nom.

4.4 Calculer la masse d'eau formée lors de l'oxydation de l'alcool A.

4.5 Calculer la masse de produit B obtenu lors de l'oxydation ménagée de A.

**EXERCICE 5**

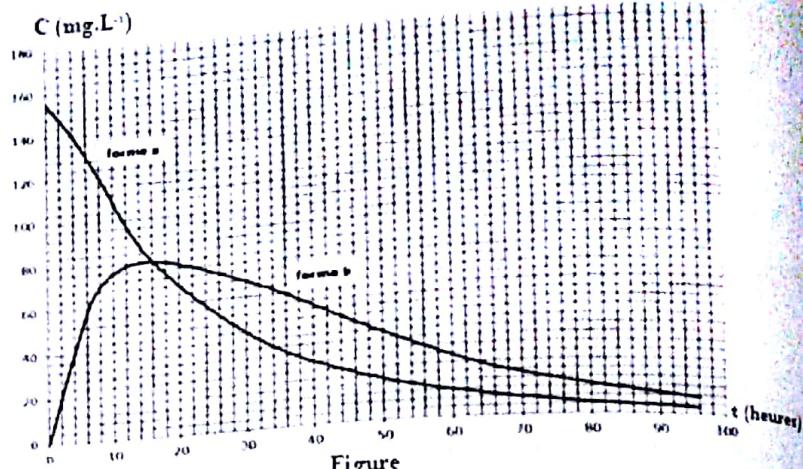
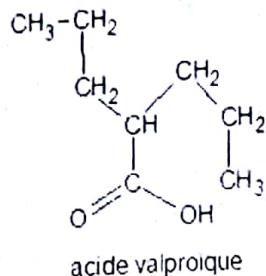
La pharmacocinétique est l'étude du devenir d'un médicament dans l'organisme.

Après son administration, le principe actif franchit différentes barrières pour finalement accéder au plasma sanguin. La circulation sanguine assure sa distribution dans l'organisme. Il peut alors parvenir à son site d'action, ou être métabolisé (c'est à dire transformé) puis éliminé ou encore être stocké. Sa concentration dans le plasma sanguin évolue donc au cours du temps.

5.1 Etude comparée de modèles d'administration utilisés en pharmacocinétique.

Après administration d'un médicament, la mesure de sa concentration dans le plasma sanguin est en général possible, ce qui permet de suivre son évolution au cours du temps. Cette évolution a été suivie pour l'acide valproïque, médicament antiépileptique commercialisé sous le nom de Dékapine.

La figure 4 donne l'évolution temporelle de la concentration massique C de cette molécule dans le plasma sanguin d'un patient à qui on a administré une masse D = 2,0 g d'acide valproïque (appelé dose) de deux manières différentes : injection intraveineuse (a) et administration par voie orale d'une forme galénique dite à "libération prolongée" (b).


 $\sum \pi$ 


Les taux thérapeutiques recommandés sont de 40 à 100 mg/L. Commenter et comparer les deux modes d'administration.

### 5.2 Etude du modèle d'administration intraveineuse (I.V.).

5.2.1 La dose de médicament est directement injectée dans le plasma sanguin d'un patient à la date  $t = 0$ . La consommation du médicament par l'organisme est modélisée par une loi cinétique d'ordre 1, de constante de vitesse  $k_e$ . On note  $C$  la concentration massique d'acide valproïque dans le plasma à la date  $t$  et  $C_0$  la concentration massique initiale de cet acide. Etablir l'expression de  $C$  à la date  $t$ .

5.2.2 Le tableau qui suit indique la valeur prise, à différentes dates  $t$ , par la concentration  $C$  du médicament.

temps t (h)	0,08	4,0	8,0	16,0	32,0	48,0	64,0	80,0	96,0
$C$ (mg L)	155	140	120	80	40	20	10	5,0	2,5

Tracer la courbe  $\ln C$  en fonction du temps  $t$ . En déduire  $k_e$  et  $C_0$ .

5.2.3 Lorsque la dose est administrée à la date  $t = 0$ , elle est dissoute dans une partie de l'organisme que l'on assimile à une solution de volume  $V_0$ , appelé volume de distribution.

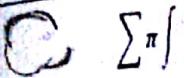
Déduire  $V_0$  des résultats.

5.2.4 Le temps de présence moyen d'un médicament dans le plasma sanguin (noté MRT) est défini par :

$$MRT = \frac{\int_0^\infty t \cdot C(t) dt}{\int_0^\infty C(t) dt}$$

Exprimer le MRT pour l'acide valproïque en fonction de  $k_e$  puis le calculer.

On donne :  $\int_0^\infty x e^{-\lambda x} dx = \frac{1}{\lambda^2}$ , avec  $\lambda > 0$ .



2013

## EPREUVE DE PHYSIQUE



## EXERCICE 1

Un obus sphérique de masse  $m$  assimilé à un point matériel M est lancé dans l'air avec une vitesse  $\vec{V}_0$  depuis le point O, origine d'un repère  $(O, i, k)$  lié au référentiel terrestre supposé galiléen. La vitesse  $\vec{V}_0$  fait un angle  $\alpha$  avec l'horizontale OX dans le plan OXZ et OZ est la verticale ascendante du lieu (figure 1).

Le champ de pesanteur  $\vec{g}$  est supposé uniforme.

Données :  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ ;  $V_0 = 30 \text{ m.s}^{-1}$ ;  $m = 1 \text{ kg}$ .

Partie I : On néglige tout frottement.

I-1 Etablir les équations horaires de l'obus et en déduire l'équation de sa trajectoire.

I-2 Déterminer l'expression de l'altitude H maximale (appelée flèche de la trajectoire) atteinte par l'obus.

Pour quel angle  $\alpha_1$  cette flèche est-elle maximale ?

I-3 Déterminer la distance entre le point O et le point de chute sur le plan horizontal (appelée la portée horizontale D). Pour quel angle  $\alpha_2$  la portée D est-elle maximale ? Calculer pour cet angle  $\alpha_2$  la portée et la flèche de la trajectoire.

Partie II : L'obus lancé de la même façon que précédemment, est cette fois soumis, en plus de son poids à une force de frottement (traduisant la résistance de l'air) du type :  $\vec{f} = -\lambda \vec{V} \vec{f} = -\lambda \vec{V}$ , relation où  $\vec{V}$  représente le vecteur vitesse instantané de l'obus. On prendra  $\alpha=45^\circ$  et  $\lambda=0,1 \text{ kg.s}^{-1}$ .

II-1 En appliquant le théorème du centre d'inertie à l'obus, montrer que l'équation différentielle relative au vecteur vitesse instantanée est :  $\frac{d\vec{V}}{dt} + \frac{1}{\tau} \vec{V} = \vec{g}$  où  $\tau$  est une constante dont on donnera l'expression et son unité.

II-2 Déterminer les composantes  $V_x(t)$  et  $V_z(t)$  du vecteur vitesse instantanée de l'obus en fonction de  $V_0$ ,  $\alpha$ ,  $t$  et éventuellement de  $g$ .

II-3 Déterminer les composantes  $x(t)$  et  $z(t)$  du vecteur position de l'obus en fonction de  $V_0$ ,  $\alpha$ ,  $t$  et éventuellement de  $g$ .

II-4 Trouver l'expression des coordonnées  $x_F$  et  $z_F$  du point F d'altitude maximale atteinte par l'obus puis calculer  $x_F$  et  $z_F$ .

II-5 Montrer que la trajectoire tend vers une asymptote verticale dont on précisera la position et que la vitesse aussi de l'obus tend vers une limite que l'on calculera.

## EXERCICE 2

C

$$\sum \pi \int$$

La Terre est assimilée à une répartition de masse à symétrie sphérique. Elle est considérée comme une sphère de centre O, de rayon  $R = 6370 \text{ km}$  et de masse  $M_T = 5,97 \cdot 10^{24} \text{ kg}$ .

La constante de gravitation universelle est  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{kg}^{-2} \cdot \text{m}^3$ .

Dans cet exercice on s'intéresse aux interactions entre la Terre et un objet dans les deux situations suivantes : l'objet se situe à une distance  $r$  du centre telle que  $r \geq R$ , puis le cas où cette distance est inférieure au rayon terrestre  $r \leq R$ .

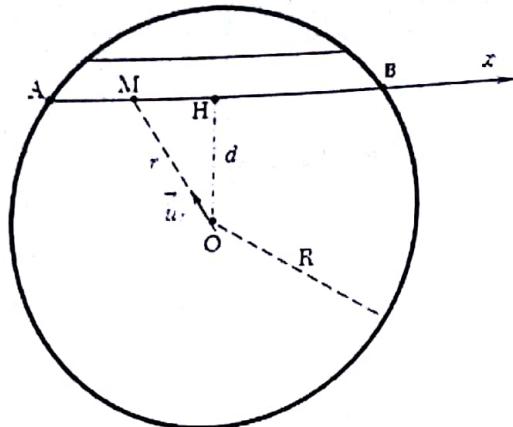


Figure 2

Faire un schéma.

**2-1-2** Donner l'expression du champ de gravitation  $\vec{g}$  créé par la Terre au point où se trouve le satellite S.

Représenter ce vecteur champ de gravitation  $\vec{g}$  sur le schéma précédent.

**2-1-3** Déterminer la nature du mouvement du satellite dans le référentiel d'étude à préciser.

**2-1-4** Etablir les expressions de l'énergie potentielle et de l'énergie mécanique du système Terre-satellite ainsi que celle de l'énergie cinétique du satellite en fonction de,  $m$ ,  $r$ ,  $R$  et  $g_0$ , intensité du champ de pesanteur terrestre à la surface de la Terre. On choisira la surface de la Terre comme état de référence pour l'énergie potentielle.

**2-1-5** Le satellite subit des frottements sur les hautes couches de l'atmosphère ; ces frottements sont équivalents à une force de freinage de module  $f = \lambda m v^2$ . Ce freinage est très faible, et on peut supposer que les révolutions restent presque circulaires et que pour chacune d'elle, le rayon de l'orbite  $r$  du satellite diminue de  $\Delta r$  avec  $\Delta r \ll r$ .

Exprimer la variation de vitesse  $\Delta v$  en fonction de  $\Delta r$  et de la période  $T$  de révolution du satellite. En déduire l'expression de  $\lambda$  en fonction de  $r$  et  $\Delta r$ .

### **2-2 Force de gravitation et tunnel terrestre**

On démontre que pour tout solide M de masse  $m$  supposé ponctuel, situé à l'intérieur de la Terre à la distance  $r$  du centre O de la Terre, l'attraction terrestre est une force  $\vec{F}$  agissant en ce point M dirigée vers le centre de la Terre :

$$\vec{F} = -m g_0 \frac{\vec{r}}{R} \cdot \vec{u}_r, \quad \vec{u}_r \text{ est un vecteur unitaire.}$$

R est le rayon de la Terre,  $r = OM$  et  $g_0$  l'intensité du champ de pesanteur terrestre à la surface de la Terre (figure 2).

**2-2-1** Recopier la figure 2 et y représenter la force  $\vec{F}$ .

**2-2-2** Trouver l'expression de l'énergie potentielle du système constitué par la Terre et le solide M en fonction de  $m$ ,  $R$ ,  $r$  et  $g_0$  (en supposant que  $E_p = 0$  pour  $r = 0$ ).

**2-2-3** On considère un tunnel rectiligne AB, d'axe (Hx) ne passant pas par O et traversant la Terre. On note  $d$  la distance OH du tunnel au centre de la Terre. Un véhicule assimilé à un point matériel M de masse  $m$  glisse sans frottement dans le tunnel. Il part, à l'instant de date  $t = 0$ , du point A de la surface terrestre sans vitesse initiale.

 $\sum \pi$ 

a) Quelle est l'expression de sa vitesse maximale  $V_m$ , au cours du mouvement en fonction de  $R$ ,  $d$  et  $g_0$ ? Pour  $d = 5 \cdot 10^6$  m calculer  $V_m$ .

b) Etablir l'équation différentielle de l'abscisse  $x = \overline{HM}$  qui traduit le mouvement du point matériel M par une méthode énergétique.

c) Montrer que  $x$  peut se mettre sous la forme :  $x = \sqrt{(R^2 - d^2)} \cdot \cos \left[ \left( \sqrt{\frac{g_0}{R}} \right) t + \pi \right]$  puis retrouver l'expression de la vitesse maximale  $V_m$  établie à la question 2.2.3.a.

2 - 2 - 4 Représenter, en fonction de  $x$ , l'énergie potentielle de gravitation  $E_p(x)$  de M.

Commenter le graphe obtenu. Décrire le mouvement de M à partir de sa position initiale en A.

### EXERCICE 3

#### Données

Charge élémentaire :  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C ;

Masse molaire du soufre :  $M(S) = 32$  g.mol $^{-1}$ .

Constante d'Avogadro :  $N = 6,023 \cdot 10^{23}$  mol $^{-1}$

« Aujourd'hui très focalisée sur les cancers, la médecine nucléaire est appelée à élargir son champ d'application, notamment en cardiologie. A cette fin, il est nécessaire de disposer de radio-isotopes variés, en quantités suffisantes et aux caractéristiques adaptées, telles qu'une demi-vie ni très inférieure ni très supérieure à quelques heures. De nouveaux isotopes particulièrement intéressants seront disponibles grâce au cyclotron Arvonax comme des isotopes du cuivre. » Extrait de "Tête chercheuses" actualité et culture des sciences en Pays de Loire. Printemps 2008.

Généralement on trouve le cuivre dans les sulfures tels que la chalcopyrite ( $CuFeS_2$ ), la covelline ( $CuS$ ), la chalcosine ( $Cu_2S$ ) ou la cuprite ( $Cu_2O$ ). Le cuivre naturel est essentiellement constitué des isotopes  $^{63}Cu$  et  $^{65}Cu$ . Pour déterminer la composition massique de ces deux isotopes dans le cuivre naturel, on soumet à une analyse spectrométrique un échantillon de covelline.

La covelline est placée dans la chambre d'ionisation (compartiment (I) de la figure 3) où ces molécules sont transformées en ions  $^xCuS^{2+}$  et  $^{65}CuS^{2+}$  de masses respectives  $m_1$  et  $m_2$ .

3-1 Les ions sont accélérés entre les deux plaques  $P_1$  et  $P_2$  (compartiment (II) de la figure 3) par une tension  $|U_{P_1 P_2}| = U = 4000$  V.

3-1-1 Quelle est le signe de la tension  $U_{P_1 P_2}$ ?

3-1-2 Déterminer l'expression littérale de la vitesse  $V_1$  de l'ion  $^xCuS^{2+}$  et  $V_2$  de l'ion  $^{65}CuS^{2+}$  à la sortie

O. En déduire la valeur numérique de  $x$  sachant que  $\frac{V_1}{V_2} = 1,01$ .

3-2 Les ions pénètrent ensuite dans le compartiment (III) de la figure 3 où règne un champ magnétique  $\vec{B}$  uniforme perpendiculaire au plan de la figure. La distance  $F_1F_2$  qui sépare les deux points d'impact sur la plaque est de 10 mm.

3-2-1 Déterminer le sens de  $\vec{B}$  pour que les ions décrivent dans ce compartiment des trajectoires comme indiqué sur la figure puis montrer que le mouvement d'un ion est circulaire et uniforme.

3-2-2 Déterminer les valeurs des rayons  $R_1$  et  $R_2$  décrits respectivement par les ions  $^xCuS^{2+}$  et  $^{65}CuS^{2+}$ .

En déduire la valeur de l'intensité du champ magnétique utilisé.



**3-3** En réalité la vitesse d'un ion à la sortie de la chambre d'ionisation est faible mais non nulle. Ainsi les ions qui arrivent en O, ont une vitesse qui varie entre  $V_i$  et  $V_i(1+\varepsilon)$  avec  $\varepsilon \ll 1$  ( $i = 1$  ou  $2$ ). Derrière les fentes  $F_1$  et  $F_2$  sont placés deux collecteurs.

**3-3-1** Exprimer en fonction de  $R$ ,  $\varepsilon$  la largeur minimale  $l_m$  de la fente de chaque collecteur recevant un type d'ion.

**3-3-2** Pour  $\varepsilon = 1.10^{-2}$ , calculer la largeur minimale de la fente de chaque collecteur. En déduire les distances minimales  $d_{\min}$  et maximale  $d_{\max}$  entre les points d'entrée dans les collecteurs.

Les collecteurs sont reliés électriquement au sol par deux circuits contenant deux ampèremètres très sensibles  $A_1$  et  $A_2$ . Lorsqu'un ion tombe sur un collecteur, des électrons apportés par le circuit contenant l'ampèremètre, vient les neutraliser. Le courant qui traverse  $A_1$  est  $I_1$  et celui qui traverse  $A_2$  est  $I_2$ . On constate que  $I_2 = 0,48 I_1$ . Déterminer la composition centésimale massique des deux isotopes dans le cuivre naturel (on considérera que le cuivre naturel est constitué essentiellement de ces deux isotopes).

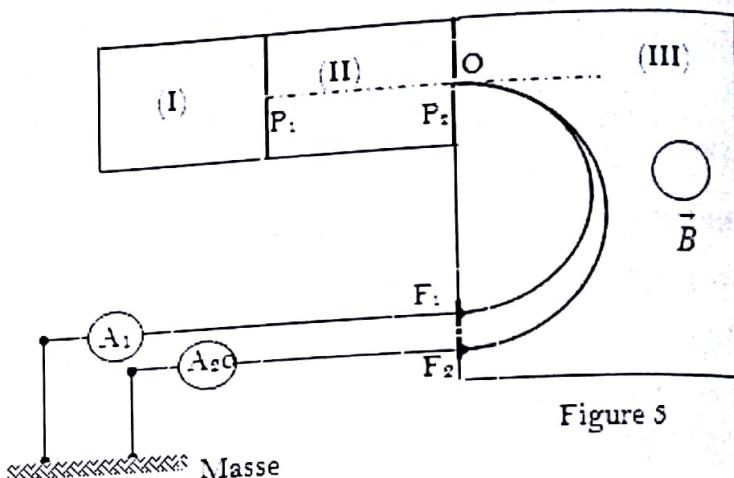


Figure 5

**EXERCICE 4**

On dispose de trois dipôles :

- (i) Un conducteur ohmique de résistance  $R$ .
- (ii) Un condensateur parfait de capacité  $C$ .
- (iii) Une bobine d'inductance  $L$  et de résistance  $r$ .

On réalise un circuit en montant ces trois composants en série avec un générateur délivrant une tension alternative sinusoïdale de fréquence  $N$  variable et de valeur efficace  $U$  constante (figure 4).

**4-1** Dans une première expérience on choisit  $N = N_1$ .

Un oscilloscope est branché comme l'indique la figure 4, et permet de suivre les variations de deux tensions sur les voies  $Y_1$  et  $Y_2$ , l'oscillogramme obtenu est reproduit sur la figure 5.

**4-1-1** Préciser la tension visualisée sur chaque voie? Pour chaque tension on précisera sa valeur efficace.

**4-1-2** Déterminer la fréquence  $N_1$  des tensions visualisées.

**4-1-3** Quelle est, des deux tensions, celle qui est en avance sur l'autre?

**4-1-4** Déterminer le déphasage  $\Delta\phi$  de l'intensité instantanée  $i(t)$  qui parcourt le circuit par rapport à la tension  $u(t)$  aux bornes du générateur. En déduire  $\cos\Delta\phi$ .

Représenter la construction de Fresnel dans le cas étudié, puis donner l'expression de l'intensité maximale  $I_{\max}$  en fonction de  $R$ ,  $r$ ,  $\cos\Delta\phi$ , et  $U_m$  (valeur maximale de la tension aux bornes du générateur).

**4-1-5** L'intensité efficace du courant dans le circuit étant de  $59 \text{ mA}$ , déterminer la valeur de la résistance  $R$  du conducteur ohmique et celle de la résistance  $r$  de la bobine.

**4-2** Dans une deuxième expérience, on fixe la fréquence du générateur à la valeur  $N_2$  et on branche dans le circuit trois voltmètres  $V_1$ ,  $V_2$ ,  $V_3$  comme l'indique la figure 6.

On trouve respectivement les tensions  $U_1 = 4,38 \text{ V}$ ,  $U_2 = 0,57 \text{ V}$ ,  $U_3 = 4,95 \text{ V}$ .

**4-2-1** Montrer que dans ces conditions, le circuit est le siège d'une résonance d'intensité.

**4-2-2** Dans ces conditions, quelle est l'indication d'un ampèremètre monté en série dans le circuit?

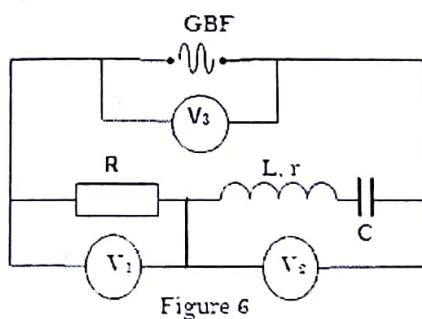
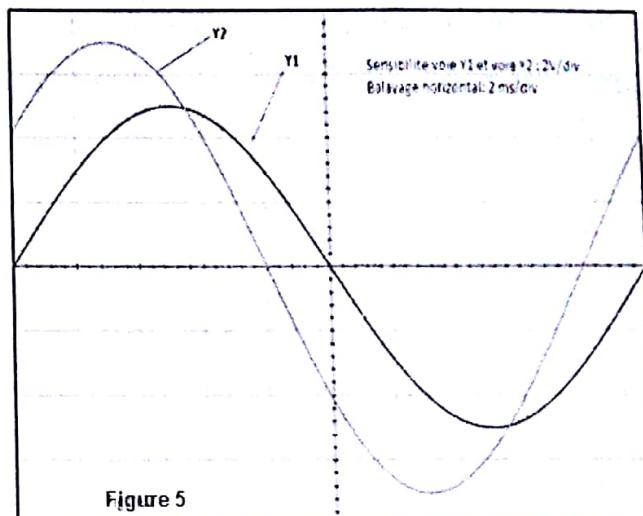
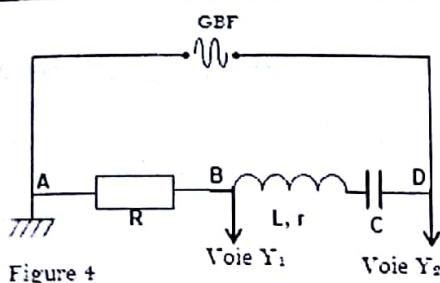
 $\sum \pi$ 

**4-2-3** Donner l'expression de la fréquence  $N_2$  en fonction de  $L$  et  $C$ .

**4-3** Pendant une troisième expérience, on enlève le conducteur ohmique de résistance  $R$  et on alimente le circuit par le même générateur GBF. Pour une fréquence  $N_3 = 55,7$  Hz on constate que les tensions efficaces aux bornes du condensateur, aux bornes de la bobine et aux bornes de l'ensemble du circuit sont égales.

**4-3-1** Faire la construction de Fresnel correspondante et préciser la nature inductive ou capacitive du circuit.

**4-3-2** En déduire les valeurs de  $L$ ,  $C$ , et  $N_2$ .



## EXERCICE 5

Le technétium  $^{99}\text{Tc}^*$  (état excité de  $^{99}\text{Tc}$ ), est émetteur de rayons  $\gamma$  selon l'équation :  $^{99}_{43}\text{Tc}^* \rightarrow ^{99}_{43}\text{Tc} + \gamma$ .

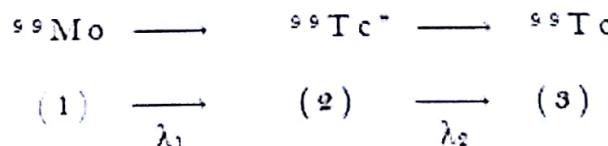
Les rayons  $\gamma$  ainsi produits sont utilisés en médecine nucléaire pour détecter les tumeurs cervicales.

La période de désintégration  $T_2$  de  $^{99}\text{Tc}^*$  est de 6 heures.

Le  $^{99}\text{Tc}^*$  est lui-même produit par la désintégration  $\beta^-$  du molybdène  $^{99}\text{Mo}$ , dont la période  $T_1$  est de 66,5 heures selon l'équation :  $^{99}_{42}\text{Mo} \longrightarrow ^{99}_{43}\text{Tc}^* + \beta^- + \bar{\nu}_0$

On affectera l'indice 1 aux paramètres radioactifs (nombre de noyaux, période, constante radioactive, activité) relatifs à l'élément  $^{99}\text{Mo}$ , qui subit la réaction de désintégration à l'origine de la production du  $^{99}\text{Tc}^*$ , et l'indice 2 aux paramètres relatifs au technétium  $^{99}\text{Tc}^*$ .

Les réactions nucléaires de filiation peuvent alors se schématiser :



### 5-1 Variation en fonction du temps du nombre de noyaux $N_i(t)$ de $^{99}\text{Mo}$ et activité $a_i(t)$ )

**5-1-1** Exprimer  $\frac{dN_1}{dt}$ , la dérivée par rapport au temps du nombre  $N_1$  de noyaux (1), en fonction de  $N_1$  et  $\lambda_1$ .



**5-1-2** En déduire l'expression littérale de la dérivée par rapport au temps  $\frac{da_1}{dt}$  de l'activité  $a_1$  en fonction de  $a_1$  et de  $\lambda_1$ .

**5-1-3** Montrer que la loi de variation de  $a_1$  en fonction de l'activité initiale  $a_1(0)$  s'écrit :  $a_1(t) = a_1(0)e^{-\lambda_1 t}$

**5-2 Variation en fonction du temps du nombre de noyaux  $N_2(t)$  de  $^{99}\text{Tc}^*$  et activité  $a_2(t)$**

**5-2-1** Exprimer la dérivée par rapport au temps  $\frac{dN_2}{dt}$  du nombre  $N_2$  de noyaux (2) en fonction de  $N_1$ ,  $\lambda_1$ ,  $N_2$  et  $\lambda_2$ .

**5-2-2** Trouver l'expression  $da_2$  de l'activité  $a_2$  en fonction de  $a_1$ ,  $a_1$ ,  $\lambda_2$ , que l'on arrangera sous la forme d'une équation différentielle :  $k_1 \cdot \frac{da_2}{dt} + k_2 \cdot a_2 = f(t)$  où  $k_1$  et  $k_2$  sont des constantes.

**5-2-3** Vérifier que  $a_2(t) = a_1(0) \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} \cdot (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t})$  est solution de cette équation différentielle.

**5-3 Tracés des variations  $a_1(t)$  et  $a_2(t)$**

A l'instant initial on dispose d'une source de  $^{99}\text{Mo}$  dont l'activité vaut  $a_1(0) = 8,5$  Ci. Cette source ne contient pas de technétium :  $a_2(t = 0) = 0$ . On rappelle que 1 Ci =  $3,7 \cdot 10^{10}$  désintégrations par seconde.

**5-3-1** Calculer l'activité  $a_1$  du  $^{99}\text{Mo}$  et l'activité  $a_2$  du  $^{99}\text{Tc}^*$  au temps  $t = 10$  h.

**5-3-2** L'activité  $a_2$  du  $^{99}\text{Tc}^*$  passe par un maximum.

a) Déterminer le temps  $t_{\max}$  pour lequel le maximum est atteint,

b) Déterminer les valeurs  $a_2(t = t_{\max})$  et  $a_1(t = t_{\max})$ .

c) Recopier le tableau de valeurs ci-après, le compléter et tracer sur un même graphe les variations de  $a_1$  et  $a_2$  en fonction du temps.

T en heures	0	10	$t_{\max}$	50	100
$a_1(t)$ en Ci	8,5			3,1	3,0
$a_2(t)$ en Ci	0			3,5	3,5

Si, pour que cette source soit utilisable en Médecine nucléaire, il faut que l'activité  $a_2$  de l'échantillon soit supérieure ou égale à 5 Ci, estimer à l'aide de la courbe dans quel intervalle de temps cette source peut être utilisée.



2013

## EPREUVE DE CHIMIE



## EXERCICE 1

L'absorption d'alcool a des incidences physiologiques et psychologiques diverses. L'alcool est un dépresseur du système nerveux central et agit principalement sur le jugement mais aussi sur les fonctions motrices. Une consommation excessive d'alcool, même de manière occasionnelle, entraîne des lésions irréversibles au cerveau. L'alcool, même à dose modérée, accroît le risque de survenue de plusieurs types de cancers (l'éthanol est classé dans la liste de cancérogènes du groupe 1 du CIRC). L'alcool reste un problème de santé publique majeur dans de nombreux pays du monde. De même, la question de la nocivité de l'éthanol sur les neurones est toujours en suspens.

On se propose de réaliser le dosage de l'éthanol contenu dans un échantillon de vin pour en déterminer le degré alcoolique. Le degré alcoolique d'un vin est le volume d'alcool pur (mL), mesuré à une température de 20°C, contenu dans 100 mL de vin.

Le protocole expérimental comporte les trois étapes décrites ci-après.

(i) Étape 1 : il faut d'abord isoler l'alcool des autres composés du vin (acides, matières minérales, sucre, esters, ...) en réalisant une distillation. On distille 100 mL de vin pendant un temps suffisamment long pour recueillir tout l'éthanol. On introduit le distillat dans une fiole jaugée de 1000 mL que l'on complète jusqu'au trait de jauge par de l'eau distillée. La solution obtenue est notée S.

(ii) Étape 2 : on introduit  $V_1 = 10$  mL de solution S dans un erlenmeyer puis on ajoute  $V_1 = 20$  mL de solution de dichromate de potassium de concentration  $C = 0,10$  mol/L. Les ions dichromates sont introduits en excès. On ajoute 10 mL d'acide sulfurique concentré. On laisse réagir pendant 30 min. On suppose que tout l'alcool a été oxydé.

Couples oxydant / réducteur intervenant :  $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-} / \text{Cr}^{3+}$  ;  $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH} / \text{C}_2\text{H}_6\text{O}$

(iii) Étape 3 : On dose alors les ions dichromate en excès avec une solution de sel de Mohr contenant des ions  $\text{Fe}^{2+}$  tels que  $[\text{Fe}^{2+}] = 5,00 \cdot 10^{-1}$  mol L<sup>-1</sup>. Le volume de solution de sel de Mohr nécessaire pour atteindre l'équivalence est  $V_{eq} = 7,3$  mL.

L'équation de la réaction entre les ions fer II et les ions dichromate est :



1-1) Écrire l'équation-bilan de la réaction entre les ions dichromate et l'éthanol.

1-2) Déterminer la quantité de matière  $N_1$  (en mmol) d'ions dichromate contenus dans le volume  $V_1 = 20$  mL de solution de dichromate de potassium.

1-3) Déterminer la quantité de matière  $N_1$  (en mmol) d'ions dichromate restant après l'oxydation de l'éthanol. En déduire la quantité de matière  $N_2$  (en mmol) d'ions dichromate ayant réagi avec l'alcool.

1-4) Calculer la quantité de matière  $N_F$  (en mmol) d'éthanol contenu dans 1 L de S.

1-5) En déduire le degré alcoolique (en °) du vin utilisé.

On donne : masse volumique de l'éthanol :  $\rho = 780 \text{ kg m}^{-3}$ .

## EXERCICE 2

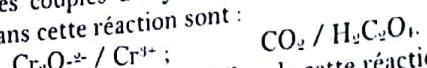
La cinétique chimique est l'étude de la vitesse des réactions chimiques.

33



Connaitre la vitesse des réactions chimiques et être capable de la calculer est de toute première importance dans toutes les applications de la chimie.

On étudie en fonction du temps l'évolution d'un mélange de 100 mL de solution d'acide oxalique de concentration  $C_1 = 0,08 \text{ mol/L}$  et de 100 mL de dichromate de potassium de concentration  $C_2 = 0,02 \text{ mol/L}$ . Les couples d'oxydo-réduction intervenant dans cette réaction sont :



2-1) Écrire l'équation bilan de cette réaction (en faisant apparaître l'ion oxonium  $\text{H}_3\text{O}^+$ ).

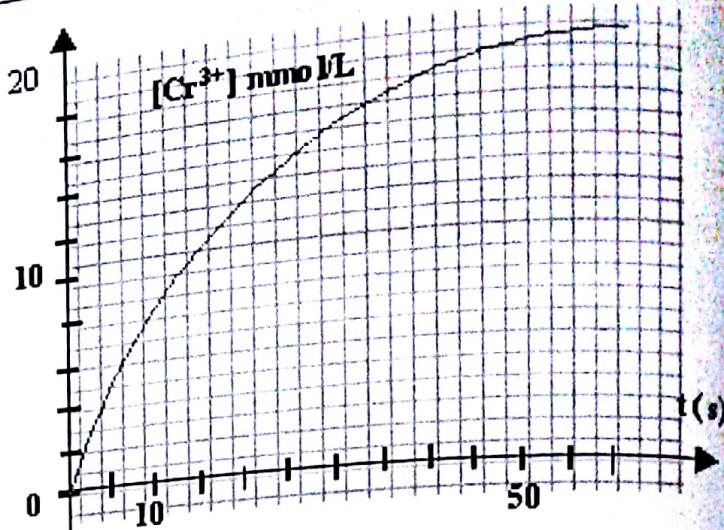
2-2) Les réactifs sont-ils dans les proportions stœchiométriques ? Justifier la réponse.

2-3) La température étant maintenue constante, on suit la concentration des ions  $\text{Cr}^{3+}$  formés au cours de la réaction (courbe ci-dessous).

Déterminer graphiquement la vitesse de formation des ions  $\text{Cr}^{3+}$  (en  $\text{mol.L}^{-1}\text{s}^{-1}$ ) à la date 40 s. En déduire, à cette date, la vitesse de disparition de l'acide oxalique.

2-4) Déterminer par le calcul la valeur limite de la concentration des ions  $\text{Cr}^{3+}$  en mol/L.

2-5) En déduire le temps de demi-réaction.



### EXERCICE 3

Amines, amides, acides aminés et autres sont des composés organiques azotés qui jouent un rôle important dans le fonctionnement des organismes vivants, de l'être humain en particulier, en intervenant dans un grand nombre de réactions biochimiques. Les acides  $\alpha$ -aminés, en particulier, constituent les matières de base des polypeptides et des protéines qui peuvent intervenir dans les systèmes de régulation et jouer le rôle d'enzymes (catalyseurs biologiques).

3-1) Écrire la formule générale d'une amine primaire et celle d'un acide  $\alpha$  - aminé.

3-2) Un acide  $\alpha$  - aminé A donne, par décarboxylation, une amine primaire B de masse molaire  $31 \text{ g.mol}^{-1}$ . Donner la formule semi-développée et le nom de l'amine primaire B.

En déduire la formule semi-développée et le nom de l'acide  $\alpha$  - aminé A.

3-3) Écrire l'équation-bilan de la réaction de l'amine B avec l'eau. Préciser le couple acide/base auquel appartient B.

3-4) On considère une solution aqueuse de l'amine B de concentration initiale C. En supposant que la valeur de C est telle  $[\text{OH}^-] \ll C$ , démontrer que le pH de cette solution est donné par la relation :  $\text{pH} = 7 + \frac{1}{2}(\text{pK}_a + \log C)$ .

En déduire la valeur du pH d'une solution à  $10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$  de l'amine.

Le pKa du couple acide/base auquel appartient B vaut :  $\text{pK}_a = 10,7$

3-5) On désire synthétiser un dipeptide D à partir de l'acide  $\alpha$  - aminé A et de lalanine.

C  $\sum \pi \int$

Le groupe amine de lalanine est bloqué lors de cette synthèse. Écrire l'équation-bilan de la synthèse du dipeptide D en mettant en évidence la liaison peptidique.

On donne la formule de lalanine:  $\text{CH}_3-\underset{\text{NH}_2}{\text{CH}}-\underset{\text{O}}{\overset{||}{\text{C}}}-\text{OH}$

#### EXERCICE 4

*En chimie, les acides carboxyliques R-COOH constituent avec les acides sulfoniques R-SO<sub>3</sub>H les deux types d'acides de la chimie organique. On les trouve de manière abondante dans la nature, sous la forme d'acides gras (lipides) et ils sont très importants en chimie industrielle.*

4.1) Donner les formules semi-développées et les noms des isomères acides carboxyliques et esters de formule brute C<sub>3</sub>H<sub>6</sub>O<sub>2</sub>.

4.2) On dissout  $m = 1,48$  g d'un acide carboxylique (de formule C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>COOH) dans 1 L d'eau ; on obtient une solution aqueuse d'acide de concentration C<sub>a</sub>.

On en prélève V<sub>a</sub> = 20 mL, on ajoute progressivement un volume V d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire C<sub>b</sub> = 0,05 mol/L et on mesure le pH obtenu. On note V<sub>E</sub> le volume nécessaire pour obtenir l'équivalence.

4-2-1) Donner l'expression de la constante d'acidité du couple acido - basique C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>COOH / C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>COO<sup>-</sup>.

4-2-2) Écrire l'équation chimique de la réaction entre l'acide C<sub>n</sub>H<sub>2n+1</sub>COOH et les ions HO<sup>-</sup>.

4.3) Pour un volume V < V<sub>E</sub>.

4-3-1) Exprimer K<sub>a</sub> en fonction de h = [H<sub>3</sub>O<sup>+</sup>], C<sub>a</sub>, C<sub>b</sub>, V<sub>a</sub>, V.

4-3-2) Quelle relation lie V<sub>E</sub> à C<sub>a</sub>, C<sub>b</sub>, V<sub>a</sub>?

4-4) On pose y = hV.

4-4-1) Établir la relation donnant y en fonction de K<sub>a</sub>, V<sub>E</sub> et V.

4-4-2) Recopier le tableau suivant et le compléter :

4-4-3) Tracer y en fonction de V.

4-4-4) Déduire de cette courbe les valeurs de V<sub>E</sub> et de K<sub>a</sub>. Calculer C<sub>a</sub> et pK<sub>a</sub>.

4-4-5) Calculer la masse molaire M de cet acide.

Quelles sont sa formule et son nom ?

V (mL)	1	5	5	7
pH	4,02	4,65	5,09	5,72
h				
y				

#### EXERCICE 5

*La vitamine C ou acide ascorbique est vendue en pharmacie sous forme de comprimés.*

*On cherche à retrouver dans l'exercice les valeurs de la masse m de vitamine C dans un comprimé et du pKa du couple acide / base correspondant.*

Données à 25°C :

Masse molaire de l'acide ascorbique : 176 g/mol ; pK<sub>a</sub> = 4

$C \sum \pi$ 

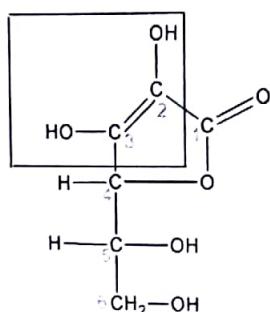
Massé d'acide ascorbique dans un comprimé : 500 mg d'après le fabricant

Concentration de la soude utilisée :  $C_b = 0,02 \text{ mol/L}$

indicateur coloré	teinte acide	zone de virage	teinte basique
rouge de méthyle	rouge	4,2 - 6,2	jaune
rouge de crésol	jaune	7,2 - 8,8	rouge
hélianthine	rouge	3,1 - 4,4	jaune

### I La molécule d'acide ascorbique

La formule brute de l'acide ascorbique est  $C_6H_8O_6$ , sa formule semi-développée est la suivante :



Les groupes encadrés correspondent à des fonctions énols.

5-1) Reproduire la formule de la molécule, entourer les autres groupes fonctionnels oxygénés, nommer les fonctions correspondantes.

5-2) Donner la définition d'un atome de carbone asymétrique. La molécule possède-t-elle un ou plusieurs atomes de carbones asymétriques ? Si oui, préciser le ou les numéros correspondants ?

### II. Manipulation

Le comprimé écrasé est dissout dans un peu d'eau dans un bêcher. Le contenu du bêcher est transvasé dans une fiole jaugée de volume  $V=100 \text{ mL}$ . On complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, la solution obtenue est notée S. On préleve un volume  $V_s = 10 \text{ mL}$  de la solution S, on le verse dans un bêcher et on ajoute 20 mL d'eau distillée.

Le dosage pH-métrique par une solution d'hydroxyde de sodium donne les résultats représentés par le document de la page suivante.

L'acide ascorbique est représenté par la formule simplifiée AH.

5-3) Écrire l'équation bilan de la réaction de dosage.

5-4) Calculer la constante de réaction et conclure.

5-5) Déterminer le point équivalent en indiquant la méthode utilisée.  
Quelles sont les espèces chimiques majoritaires à l'équivalence ?

Justifier le caractère basique à l'équivalence.



5-1) Déterminer la concentration molaire  $C_s$  en acide ascorbique de la solution S.

En déduire la masse de vitamine C contenue dans un comprimé.

Calculer l'écart relatif avec la valeur indiquée par le fabricant et conclure.

5-2) En utilisant la courbe déterminer, en précisant la méthode, le  $pK_a$  du couple acide / base correspondant à l'acide ascorbique et comparer avec le résultat fourni.

5-3) Pourquoi ajoute-t-on de l'eau dans la solution S au moment du dosage ?

5-4) Pourquoi ajoute-t-on de l'eau dans la solution S au moment du dosage ? Justifier.  
Cela a-t-il une influence sur le volume de soude versé à l'équivalence ? Justifier.

5-5) Un élève veut refaire le dosage sans utiliser de pH-mètre. Il réalise un dosage colorimétrique. Quel est le rôle de l'indicateur coloré ?

Lequel doit-il choisir parmi ceux proposés ? Justifier.

Masses molaires en g.mol<sup>-1</sup> : M(H) = 1; M(C) = 12 ; M(O) = 16; M(N) = 14

Courbe de l'exercice 5





2012

# EPREUVE DE PHYSIQUE

**EXERCICE 1**

Dans tout l'exercice, on donnera l'expression littérale et la valeur numérique des grandeurs calculées. On pourra considérer que

On dispose d'un dipôle  $D_1$  dont la nature exacte est inconnue, mais on sait qu'il peut être formé des éléments suivants :

Cas(a) : une résistance pure  $R$  et une inductance pure  $L$  en série.

Cas(b) : une résistance pure  $R$  et un condensateur parfait de capacité  $C$  en série

Cas(c) : une résistance pure.

On réalise les deux expériences décrites ci-dessous.

**1.1** Pour déterminer la nature exacte de  $D_1$  on réalise les deux expériences décrites ci-dessous.

**1.1.1 Expérience 1** : On alimente un tel dipôle  $D_1$ , placé en série avec un ampèremètre à courant-continu, par

une tension continue, et on observe qu'un courant permanent traverse  $D_1$ . Justifier la réponse.

De quels éléments peut être constitué le dipôle  $D_1$  [cas(a), cas(b), ou cas(c)] ? Justifier la réponse.

**1.1.2 Expérience 2** : On alimente maintenant le dipôle  $D_1$  par une tension sinusoïdale de fréquence  $f = 50 \text{ Hz}$  et on observe que :

- l'intensité efficace du courant dans  $D_1$  est  $I_1 = 0,50 \text{ A}$  ;

- La tension efficace aux bornes de  $D_1$  est  $U_1 = 100 \text{ V}$  ;

- La puissance moyenne dissipée dans  $D_1$  est  $P_1 = 25 \text{ W}$ .

a) Quelle est la nature exacte du dipôle  $D_1$  ?

b) Déterminer l'expression littérale et la valeur numérique des caractéristiques des éléments composant  $D_1$ .

**1.2** On alimente par une tension sinusoïdale de fréquence  $f = 50 \text{ Hz}$  un circuit de dipôle  $D_1$  précédent et d'un dipôle  $D_2$  branché en série avec  $D_1$ . Le dipôle  $D_2$  est constitué d'une résistance pure  $R_2$  et d'une inductance  $L_2$  en série. Dans ces conditions, on observe que :

- La tension efficace aux bornes de  $D_2$  est  $U_2 = 60 \text{ V}$  ;

- L'impédance de  $D_2$  est  $Z_2 = 300 \Omega$ .

- Le déphasage entre l'intensité dans le circuit et la tension instantanée aux bornes de  $D_2$  est  $\phi_2 = 30^\circ$ .

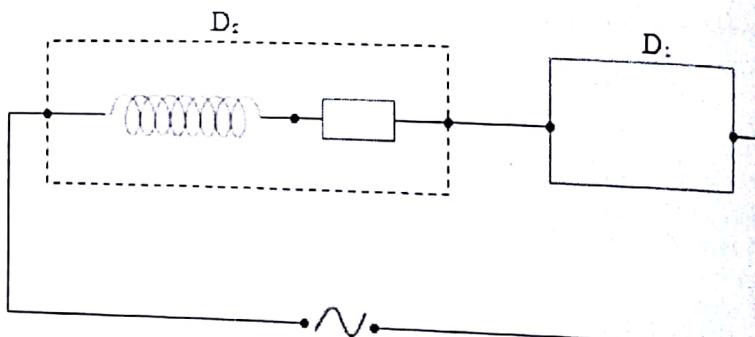
**1.2.1** Déterminer la tension efficace  $U'_1$  aux bornes de  $D_1$ .

**1.2.2** Tracer le diagramme de Fresnel relatif à l'ensemble du circuit, en choisissant l'échelle suivante : 1cm représente 10 V.

**1.2.3** Calculer  $R_2$  et  $L_2$ .

**1.2.4** Calculer la tension efficace d'alimentation  $U_0$  et contrôler le résultat sur le diagramme de Fresnel.

**1.3** On réalise maintenant un montage comprenant, en série, les dipôles  $D_1$  et  $D_2$  précédents, et un condensateur parfait de capacité  $C$ . Le circuit est alimenté par une tension sinusoïdale de fréquence  $f = 50 \text{ Hz}$  et de valeur efficace  $U_s$ .

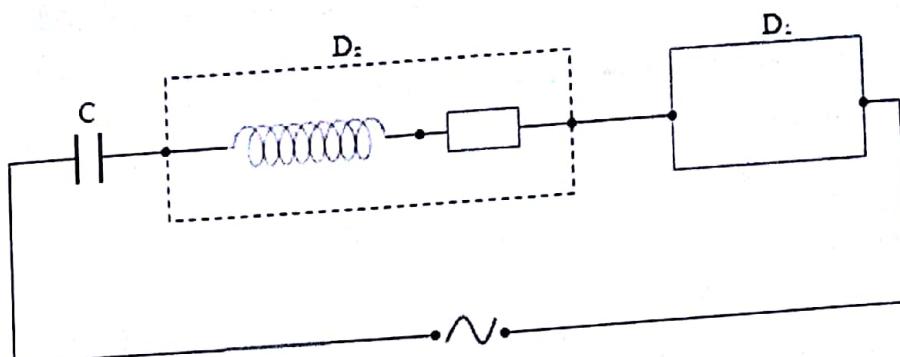


$C$  $\sum \pi$ 

On désire obtenir dans ce circuit un courant de même intensité efficace  $I_2$  que dans la question 1.2, en utilisant une tension d'alimentation  $U_1$  minimale.

1.3.1 Montrer que l'impédance de l'ensemble doit être minimale et calculer la valeur de  $C$ .

1.3.2 Déterminer la valeur efficace de la tension d'alimentation et la puissance moyenne  $P_3$  dissipée dans le circuit.



## EXERCICE 2

L'isotope  $^{14}_6\text{C}$  du carbone est instable ; il se désintègre par radioactivité  $\beta^-$ .

2.1 Donner la composition du noyau  $^{14}_6\text{C}$ .

2.2 Expliquer ce qu'est la radioactivité  $\beta^-$ .

2.3 Écrire l'équation nucléaire de la désintégration de  $^{14}_6\text{C}$ . Nommer le nucléide et les particules mis en jeu dans cette réaction. On donne :  $^4\text{Be}$  ;  $^3\text{Be}$  ;  $^{14}\text{C}$  ;  $^{14}\text{N}$  ;  $^{16}\text{O}$ .

2.4 En raison des réactions nucléaires dans la très haute atmosphère, la proportion de carbone 14 dans le carbone atmosphérique est constante au cours du temps et égale à  $a_0 = 1,0 \cdot 10^{-12}$  (1 atome de carbone 14 pour  $10^{12}$  atomes de carbone). Cette proportion se retrouve dans les organismes vivants, puisque le carbone organique provient du dioxyde de carbone atmosphérique par synthèse. Par contre, dans un organisme mort, il n'y a plus d'échanges, et la proportion (a) de carbone 14 dans le carbone de cet organisme diminue par désintégration des atomes de carbone 14.

a) Rappeler la définition de la période radioactive.

b) La période radioactive du carbone 14 est  $T = 5600$  années. Soit  $a(t)$  la proportion de carbone 14 restant au moment de la datation dans un organisme mort depuis un temps  $t$ .

Compléter le tableau suivant après l'avoir recopié.

$t$ (années)	0	2800	5600	$8400$	$11200$	$14000$	$16800$
$a(t)$		0,71		0,35		0,18	
$a_0$							

c) Tracer sur papier millimétré la courbe représentative de

$\frac{a(t)}{a_0}$  en fonction de  $t$ , pour  $t$  variant de 0 à 17000 ans.

On utilisera les échelles suivantes : 1 cm pour 1000 ans ; 10 cm pour 1.

2.5 Lors des dernières éruptions volcaniques en Europe, des forêts ont été ensuies sous les cendres.

En 1950, on a pu déterminer par spectrométrie de masse la valeur de  $a(t)$ , proportion de carbone 14 dans le carbone des bois fossilisés, et on a obtenu les résultats suivants :

Déterminer graphiquement l'âge de ces éruptions.

Lieu de gisement	$\frac{a(t)}{a_0}$
Moncyneire	0,49
Montchal	0,44
Lassolas	0,39

## EXERCICE 3

Les valeurs de quelques constantes physiques sont données ci-après :

Constante de Planck :  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$  ;

Célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m/s}$



Charge élémentaire :  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Masse de l'électron :  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$

Les numéros atomiques des éléments :

Li ( $Z = 3$ )      He ( $Z = 2$ )      Na ( $Z = 11$ )      Be ( $Z = 4$ )

3.1 Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation :  $E_n = -\frac{E_0}{n^2}$  où  $E_0$  a pour valeur  $13,6 \text{ eV}$ .

Les ions hydrogénoides sont des atomes ionisés dont le noyau est entouré d'un seul électron. Les niveaux d'énergie de ces atomes sont de la forme :  $E_n = -\frac{K}{n^2}$ .

3.1.1 Les ions  $\text{He}^+$  et  $\text{Li}^{2+}$  sont des hydrogénoides dont les énergies d'ionisation sont respectivement  $54,4 \text{ eV}$  et  $122 \text{ eV}$ . Trouver une relation simple entre leur numéro atomique  $Z$ , leur énergie d'ionisation et celle  $E_0$  de l'atome d'hydrogène H. En déduire l'expression de K.

3.1.2 Un hydrogénide inconnu est noté  $\text{X}^{n+}$ . L'énergie de son état fondamental est de  $-217,6 \text{ eV}$ . En déduire l'identité de cet hydrogénide.

3.1.3 Exprimer pour un hydrogénide la longueur d'onde  $\lambda$  de la lumière émise par la transition d'un électron d'un niveau  $\beta$  vers un niveau  $m$  en fonction de  $E_\beta$ ,  $Z$ ,  $\beta$ ,  $m$ ,  $h$  et  $c$ .

a) Calculer cette longueur d'onde pour la transition  $\beta = 5$  à  $m = 3$  pour le lithium.

b) Quelle est la limite inférieure des longueurs d'onde que peut émettre le lithium ?

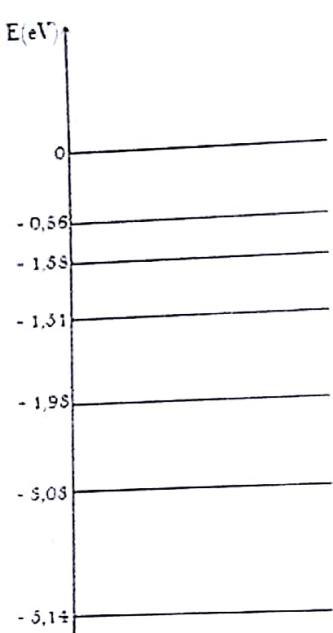
3.2 L'atome de sodium a la même structure externe que les hydrogénoides.

3.2.1 L'atome de sodium, pris dans son état fondamental, reçoit un photon de longueur d'onde  $\lambda = 589,0 \text{ nm}$ . Quelle transition subit alors l'atome ? Justifier par le calcul.

3.2.2 Un électron émis avec une vitesse négligeable d'un filament incandescent et accéléré sous une tension de  $3,00 \text{ V}$  heurte un atome de sodium toujours pris dans son état fondamental ; l'atome de sodium restant pratiquement immobile après le choc.

a) Quel sera l'état énergétique de l'atome de sodium ? Justifier.

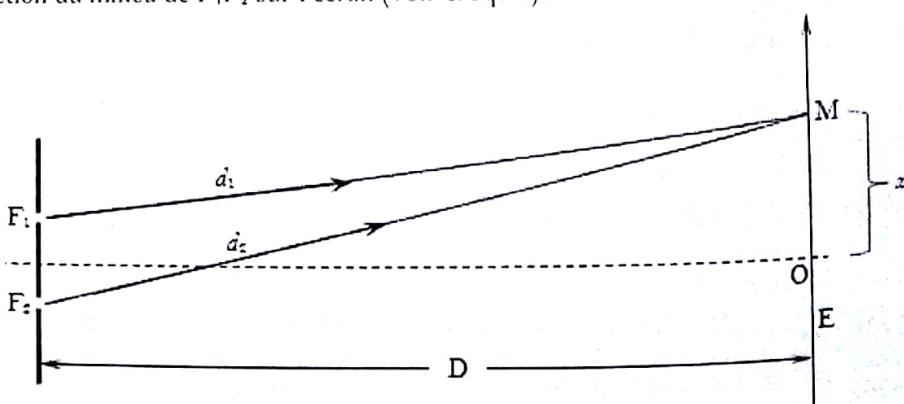
b) Quelle est la vitesse de l'électron après son interaction avec l'atome de sodium ?



#### EXERCICE 4

On considère le dispositif des fentes de Young (figure ci-après). Une source de lumière peut éclairer les fentes permettant d'obtenir deux sources secondaires  $F_1$  et  $F_2$  distantes de  $a$ .

Un écran E est placé orthogonalement au plan médiateur de  $F_1F_2$  et à une distance D de  $F_1F_2$ . On désigne par O la projection du milieu de  $F_1F_2$  sur l'écran (voir croquis).



40

Thierno Korka DIALLO (+221 77 465 32 33)

Ingénieur électromécanicien, diplômé de l'Ecole Polytechnique de Thiès

C

$$\sum \pi \int$$

4.1 Si les deux sources  $F_1$  et  $F_2$  étaient indépendantes (c'est à dire non dérivées d'une même source) et émettaient des radiations de même longueur d'onde  $\lambda$ , qu'observerait-on sur l'écran ? Justifier votre réponse.

4.2 Les deux sources  $F_1$  et  $F_2$  sont obtenues à partir d'une même source ponctuelle  $F$  située en avant et placée sur l'axe de symétrie de  $F_1F_2$ . La source  $F$  émet une radiation monochromatique de longueur d'onde  $\lambda$ .

4.2.1 Décrire qualitativement ce que l'on observe sur l'écran.

4.2.2 Tout se passe comme si les sources  $F_1$  et  $F_2$  issues de la diffraction de la lumière provenant de  $F$  émettaient respectivement des vibrations de la forme :  $S_1 = S_2 = S_0 \sin(\omega t)$

Ces vibrations se superposent en tout point de la partie commune aux faisceaux diffractés.

On cherche alors à caractériser l'intensité lumineuse ou éclairement aux différents points de l'écran : Soit  $M$  un point du champ d'interférences tel que  $\overline{OM} = x$ . On désigne par  $d_1$  et  $d_2$  respectivement la distance entre le point  $M$  et les sources  $F_1$  et  $F_2$ .

a) Exprimer la différence de marche  $\delta = d_2 - d_1$  au point  $M$  en fonction de  $x$ ,  $a$  et  $D$ .

b) Donner l'expression de la vibration résultante  $S$  en  $M$  en appliquant le principe de superposition des petits mouvements.

c) Montrer, en utilisant la construction de Fresnel, que cette vibration résultante s'écrit :  $S = 2S_0 \cos\left(\frac{\delta\pi}{\lambda}\right) \sin\left[\omega\left(t - \frac{d_1+d_2}{2c}\right)\right]$ ,  $C$  étant la célérité de la lumière dans le vide.

d) En déduire l'expression de l'amplitude  $A$  de la vibration résultante au point  $M$ .

e) L'intensité lumineuse ou éclairement  $E$  au point  $M$  est définie comme étant une grandeur proportionnelle

à la puissance apportée par le rayonnement, cette puissance est elle-même proportionnelle au carré de l'amplitude de la vibration résultante en  $M$ . L'expression de  $E$  peut donc s'écrire :  $E = kA^2$ , relation où  $k$  est une constante de proportionnalité.

$x$	$-i$	$-\frac{3}{4}i$	$-\frac{i}{2}$	$-\frac{i}{4}$	0	$\frac{i}{4}$	$\frac{i}{2}$	$\frac{3}{4}i$	$i$
$E$									

i) Montrer que l'intensité lumineuse  $E$  en  $M$  peut se mettre sous la forme :  $E = E_0 \left( 1 + \cos\left(\frac{2\pi x}{i}\right) \right)$ , relation

où on précisera l'expression de  $E_0$  et celle de  $i$ .

ii) Recopier le tableau suivant et le compléter :

Ebaucher le graphe  $E = f(x)$ .

iii) A l'aide du graphe, retrouver :

- les positions des franges brillantes et celles des franges sombres ; on rappelle que les franges brillantes correspondent à l'éclairement maximal sur l'écran et les franges sombres à l'éclairement minimal ;  
- la distance, en fonction de  $i$ , qui sépare les milieux de deux franges consécutives de même nature.

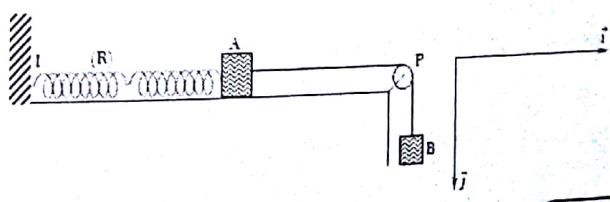
- Application numérique : calculer cette distance pour :  $\lambda = 0,579 \mu\text{m}$ ,  $a = 1 \text{ mm}$  et  $D = 1 \text{ m}$ .

4.2.3 La source  $F$  émet simultanément deux radiations de longueurs d'onde  $\lambda_1 = 0,55 \mu\text{m}$  et  $\lambda_2 = 0,75 \mu\text{m}$ . A quelle distance  $x$  du point O observe-t-on la première extinction totale de la lumière ? On prendra :  $a = 1 \text{ mm}$  et  $D = 1 \text{ m}$ .

4.2.4 La source  $F$  émet de la lumière blanche. Qu'observe-t-on sur l'écran ? Justifier brièvement votre réponse.

### EXERCICE 5

On considère le dispositif ci-contre. Le corps A de masse  $m_1 = 400 \text{ g}$  glisse sans frottement sur le plan horizontal. Il est relié au corps B de masse  $m_2 = 200 \text{ g}$  par l'intermédiaire d'un fil inextensible, de masse négligeable passant par la gorge d'une poulie P mobile sans frottement



41



$$\sum \pi$$

autour d'un axe horizontal. La poulie est assimilable à un cerceau de masse  $m_3 = 200 \text{ g}$  et de rayon  $r$ . ( $R$ ) est un ressort à spires non jointives, de masse négligeable, de longueur à vide  $\ell_0 = 15 \text{ cm}$  et de constante de raideur  $k = 40 \text{ N/m}$ . Il est fixé en I et lié au corps A. On prendra  $g = 9,80 \text{ m/s}^2$ .

5.1 Déterminer la longueur du ressort à l'équilibre.

5.2 Le système étant en équilibre, on déplace B verticalement vers le bas d'une longueur  $d = 3 \text{ cm}$  puis on l'abandonne sans vitesse à la date  $t = 0$ .

Etablir l'équation différentielle régissant le mouvement de A. En déduire l'équation horaire du mouvement de A. On prendra pour origine des espaces la position de A l'équilibre. On suppose que les deux brins de fil restent toujours tendus et que le fil ne glisse pas sur la poulie.

5.3 Le corps A toujours fixé à l'extrémité du ressort ( $R$ ) plonge maintenant dans un liquide exerçant une force de frottement fluide, opposée au déplacement, de la forme  $\vec{F} = -\lambda \vec{v}$ ,  $\lambda$  étant une constante positive. A l'équilibre l'abscisse du centre d'inertie G de A est nulle.

5.3.1 Le corps A est déplacé suivant l'axe du ressort vers le point I de  $a = 4 \text{ cm}$ , à partir de sa position d'équilibre puis lâché sans vitesse initiale à la date  $t = 0$ .

Etablir l'équation différentielle du mouvement.

5.3.2 L'équation différentielle précédente a pour solution  $x(t) = a_1 e^{-\gamma t} \cos(\omega_1 t - \varphi_1)$ .  $\gamma$ ,  $\omega_1$ ,  $\varphi_1$  sont des constantes positives.

Exprimer :

a)  $\gamma$  en fonction de  $\lambda$  et  $m_1$ .

b) La pseudo-pulsation  $\omega_1$  en fonction de  $\gamma$  et  $\omega_0 = \sqrt{\frac{k}{m_1}}$ .

5.3.3 Déterminer la pseudo-période T sachant que le coefficient de frottement  $\lambda$  vaut  $2,4 \text{ Ns/m}$ .

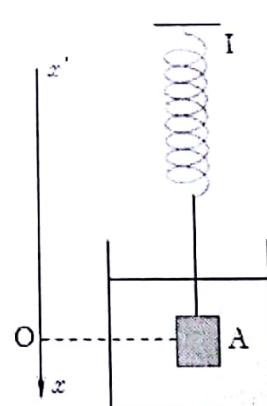
5.3.4 Donner l'allure du graphe  $x = f(t)$ .

5.4 Les oscillations de A sont maintenant entretenues par une force verticale  $\vec{F} = \vec{F}_m \sin(\Omega t + \varphi)$ .

5.4.1 Etablir la relation :  $m_1 \ddot{x} + \lambda \dot{x} + kx = F_m \sin(\Omega t + \varphi)$ .

5.4.2 On admet que, le régime établi, la solution de l'équation précédente est du type :  $x(t) = a_1 \sin(\Omega t)$ .

Faire la construction de Fresnel  $\left(0 \leq \varphi \leq \frac{\pi}{2}\right)$ . En déduire l'expression de l'amplitude  $a_1$  du mouvement de A et celle de  $\tan \varphi$ .



$C \sum \pi$ 

2012

## EPREUVE DE CHIMIE

Données :Masses molaires :

$M(\text{cholestérol}) = 386,6 \text{ g.mol}^{-1}$ ;  $M(\text{glucose}) = 180 \text{ g.mol}^{-1}$ ;  $M(\text{C}) = 12 \text{ g.mol}^{-1}$ ;  
 $M(\text{H}) = 1 \text{ g.mol}^{-1}$ ;  $M(\text{O}) = 16 \text{ g.mol}^{-1}$ ;  $M(\text{N}) = 14 \text{ g.mol}^{-1}$ ;  $M(\text{Na}) = 23 \text{ g.mol}^{-1}$ ;  $M(\text{Cl}) = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$ ;  $M(\text{S}) = 32 \text{ g.mol}^{-1}$ ;  $M(\text{I}) = 127 \text{ g.mol}^{-1}$ ;

Constante d'Avogadro :  $N = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$ ;

**EXERCICE 1**

Les questions 1.1, 1.2, 1.3 et 1.4 sont indépendantes.

1.1 Lors d'un effort physique, une partie du glucose stocké, sous forme de glycogène dans les muscles et le foie, est contaminé pour fournir l'énergie nécessaire et assurer le maintien du taux de glucose (aussi appelé glycémie) dans le sang. Ce taux est systématiquement mesuré dans les analyses sanguines. On mesure en même temps le taux de cholestérol total dans le sang.

Un extrait d'analyse sanguine donne les résultats suivants :

glycémie à jeun .....	0,97 g/L .. 5,38 mmol/L
cholestérol total .....	1,86 g/L .. 4,81 mmol/L

Lors de cette analyse on a prélevé un volume  $V = 5,00 \text{ mL}$ .

1.1.1 En utilisant les concentrations massiques fournies par l'analyse, calculer la masse de glucose et la masse de cholestérol contenues dans le sang prélevé. En déduire le nombre de molécules de glucose et celui de molécules de cholestérol dans le sang prélevé.

1.1.2 Utilisant cette fois-ci les concentrations molaires fournies par l'analyse, calculer les quantités de matière de glucose et de cholestérol contenus dans l'échantillon de sang. En déduire le nombre de molécules de glucose puis de cholestérol présentes dans le sang.

Les deux concentrations fournies sont-elles cohérentes entre elles ? Justifier la réponse.

1.2 Le chloral a été longtemps employé comme soporifique (provoque le sommeil) par les médecins anesthésistes. Il a pour formule brute  $\text{C}_2\text{HCl}_3\text{O}$ . C'est un liquide d'apparence huileuse et lourde dont 10 g seulement peuvent tuer un être humain.

Des flacons de volume  $V = 10 \text{ mL}$  contiennent une masse de 15g de chloral.

1.2.1 Déterminer le pourcentage massique en chloral de ces flacons sachant que la densité de la solution est de 1,91.

1.2.2 Calculer la concentration molaire volumique en chloral de ces flacons.

1.3 Le chlorhydrate de kétamine est une molécule utilisée en anesthésique général en médecine humaine et en médecine vétérinaire.

Sa formule brute peut s'écrire sous la forme  $\text{C}_x\text{H}_y\text{Cl}_z\text{N}_t\text{O}_e$ .

1.3.1 L'analyse quantitative du composé donne les pourcentages massiques suivants :

$\% \text{C} = 65,68$ ;  $\% \text{H} = 6,78$ ;  $\% \text{N} = 5,89$ ;  $\% \text{Cl} = 14,91$ ,

 $\sum \pi \int$ 

1.3.2 Déterminer la composition centésimale molaire du chlorhydrate de kétamine.

1.3.3 En déduire la formule brute du chlorhydrate de kétamine sachant que son atomicité est 32.

1.4 La dose létale médiane (DL50), ou concentration létale médiane (CL50), est un indicateur de toxicité d'une substance : c'est la masse de cette substance qui entraîne la mort de 50% des êtres vivants auxquels elle est donnée. Elle s'exprime en milligrammes de substance par kg de masse corporelle. La DL50 de la digitaline est un stimulant cardiaque utilisé dans le traitement des insuffisances cardiaques. La DL50 de la digitaline vaut 10.

La digitaline produit par un laboratoire se présente sous forme de comprimés contenant chacun 0,1 mg de substance active.

1.4.1 Déterminer la masse minimale d'un malade pour qu'on puisse lui prescrire un comprimé sans dépasser la DL50. Commenter le résultat.

1.4.2 Un malade de masse 75 kg a fait une prise de 1 gramme de digitaline. Vérifier si cette prise est normale ou le met en danger.

## EXERCICE 2

Le P.A.S (acide para-aminosalicylique) sous sa forme sodique est un antibiotique utilisé pour lutter contre la tuberculose. On se propose d'en déterminer la formule.

Le P.A.S est un dérivé de l'acide salicylique, lui-même dérivé de l'acide benzoïque.

### 2.1 L'acide benzoïque

L'acide benzoïque est un acide carboxylique de formule brute  $C_6H_6O_2$  comportant un noyau aromatique.

2.1.1 Ecrire la formule semi-développée de l'acide benzoïque.

2.1.2 On peut obtenir l'acide benzoïque en oxydant le toluène (ou méthylbenzène) par le dichromate de potassium en milieu acide. Ecrire les deux demi-équations électroniques et l'équation-bilan de cette réaction.

### 2.2 L'acide salicylique

2.2.1 Le nom officiel de l'acide salicylique étant l'acide 2-hydroxybenzoïque, donner sa formule semi-développée ainsi que sa formule brute.

2.2.2 On peut faire réagir l'acide salicylique sur l'anhydride éthanoïque et on obtient de l'acide éthanoïque, du chlorure d'hydrogène et de l'acide acétylsalicylique communément appelé aspirine.

L'aspirine est utilisée, entre autres, comme analgésique et antipyrétique.

Ecrire l'équation-bilan de cette réaction et expliquer pourquoi préfète-t-on l'anhydride éthanoïque à la place de l'acide éthanoïque pour réaliser cette préparation.

2.2.3 Le  $pK_a$  du couple acide benzoïque/ion benzoate est 4,2 ; celui du couple acide salicylique/ion salicylate est 3,0. La présence de la deuxième fonction sur le noyau aromatique a-t-elle augmenté ou diminué le caractère acide de la molécule ?

### 2.3 Le P.A.S

2.3.1 La masse moléculaire du P.A.S est de  $153 \text{ g.mol}^{-1}$ ; sa composition centésimale massique est la suivante : 54,90% de carbone, 4,58% d'hydrogène, 9,15% d'azote et 31,37% d'oxygène. Déterminer sa formule brute.

2.3.2 En comparant les formules brutes du P.A.S. et de l'acide salicylique déduire la fonction chimique qui est venue se substituer à un hydrogène sur le noyau aromatique de l'acide salicylique pour former le P.A.S.

2.3.3 L'examen du spectre I.R. de la molécule de P.A.S. montre que le noyau aromatique est trisubstitué en 1, 2, 4. En déduire En déduire la formule semi-développée de cette molécule et son nom officiel.

2.4 C'est la forme sodique qui est utilisée comme médicament. Pour l'obtenir on fait agir la molécule de P.A.S. sur l'hydroxyde de sodium en solution aqueuse. Ecrire l'équation traduisant cette réaction chimique en considérant uniquement l'acidité due au groupe carboxyle.

## EXERCICE 3

Une solution de Lugol est un antiseptique composé de diiode  $I_2$  que l'on dissout dans une solution d'iодure de potassium ( $K^+ + I^-$ ). Le but de l'exercice est de déterminer la concentration molaire et le titre massique en diiode dans une solution commerciale de Lugol.

Auparavant on étudie la cinétique d'une réaction conduisant à la formation de diiode.

### 3.1 Suivi cinétique de la formation du diiode

$\text{C} \sum \pi$ 

On mélange  $V_1 = 10 \text{ mL}$  de solution de péroxydisulfate de sodium  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_8$  de concentration  $C_1 = 10^{-1} \text{ mol L}^{-1}$  avec  $V_2 = 90 \text{ mL}$  de solution d'iodure de potassium  $\text{KI}$  de concentration  $C_2 = 10^{-1} \text{ mol L}^{-1}$ . Lorsqu'on met en présence des ions péroxydisulfate  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  et des ions iodure  $\text{I}^-$ , il se produit une réaction d'oxydoréduction au cours de laquelle du diiode apparaît. Par une méthode convenable, on détermine à différents instants la concentration molaire  $[\text{I}_2]$  du diiode formé puis on trace la courbe représentant la fonction représentant  $[\text{I}_2] = f(t)$ .

3.1.1 Ecrire l'équation-bilan de la réaction sachant qu'elle fait intervenir les couples  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}/\text{SO}_4^{2-}$  et  $\text{I}_2/\text{I}^-$ .

3.1.2 Définir la vitesse volumique de formation du diiode à un instant donné et déterminer graphiquement aux dates  $t = 0$  et  $t = 40$  min. Comment évolue la vitesse entre ces dates ? Justifier cette évolution.

3.1.3 Montrer que l'un des réactifs utilisés est en excès. Quelle sera la valeur de  $[\text{I}_2]$  lorsque la réaction sera terminée ?

### 3.2 Dosage de la solution de Lugol

Afin de déterminer la concentration molaire et le titre massique en diiode de la solution de Lugol, on dose celle-ci par une solution aqueuse de thiosulfate de sodium ( $2\text{Na}^+ + \text{S}_2\text{O}_3^{2-}$ )

3.2.1 On désire préparer un volume  $V_3 = 50,0 \text{ mL}$  d'une solution aqueuse  $S_3$  de thiosulfate de sodium à la concentration  $C_3 = 0,100 \text{ mol/L}$  à partir du thiosulfate de sodium solide pentahydraté de formule  $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ .

Décrire en quelques lignes le mode opératoire à suivre pour préparer, à partir du thiosulfate de sodium solide, la solution  $S_3$ .

3.2.2 On place la solution aqueuse  $S_3$  de thiosulfate de sodium préparée dans une burette graduée de 25 mL. On introduit dans un bêcher un volume  $V_0 = 10,0 \text{ mL}$  de la solution de Lugol. On ajoute 20 mL d'eau distillée puis quelques gouttes d'empois d'amidon.

Ecrire les demi-équations électroniques correspondant aux deux couples mis en jeu lors du dosage étudié. En déduire que l'équation du dosage peut s'écrire :



3.2.3 L'équivalence est observée pour un volume versé  $V_1 = 8,0 \text{ mL}$  de la solution de thiosulfate de sodium. Quelle observation permet de repérer l'équivalence ?

3.2.4 Calculer la concentration molaire  $C_0$  en diiode de la solution commerciale de Lugol et en déduire le titre massique en diiode.

### EXERCICE 4

Le dosage dans le sang de l'ion ammonium (dérivé de l'ammoniac essentiellement produit par l'intestin, le rein et les muscles et éliminé par le foie) est utilisé pour l'exploration de certaines maladies héréditaires du métabolisme et de certaines anomalies sévères de fonctionnement de foie.

L'acétate de sodium injectable est une solution concentrée d'éthanoate de sodium dans de l'eau pour injection. Elle s'administre après dilution, en perfusion veineuse, comme appoint électrique. Un médecin s'intéresse à l'étude de la réaction entre l'ion éthanoate et l'ion ammonium dans un milieu comme le sang dont le pH est voisin de 7,4. Pour ce faire, il effectue un mélange d'un volume  $V_4 = 50 \text{ mL}$  de solution

45



aqueuse de chlorure d'ammonium de concentration  $C_a = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol L}^{-1}$  avec un volume  $V_a = 50 \text{ mL}$  de solution aqueuse d'éthanoate de sodium de concentration  $C_b = 1,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol L}^{-1}$ . Le pH de ce mélange est égal à 7,4.

On donne :

$$\text{pKa}(\text{NH}_4^+/\text{NH}_3) = 9,2 ; \text{pKa}(\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-) = 4,8 ; \text{pK}_c = 14.$$

4.1 Ecrire l'équation-bilan de la réaction de l'ion ammonium avec l'eau puis celle de l'ion éthanoate avec l'eau.

4.2 Ecrire l'équation-bilan qui a lieu entre l'ion éthanoate et l'ion ammonium. Montrer que cette réaction est une réaction acido-basique.

4.3 Sans calcul, indiquer les espèces chimiques présentes dans le mélange en justifiant la réponse.

4.4 Faire l'inventaire de toutes les espèces chimiques présentes dans le mélange et calculer leurs concentrations. Ces résultats sont-ils en accord avec la réponse à la question 4.3.

4.5 Calculer la constante de réaction de la réaction qui a lieu dans le mélange et conclure.

### EXERCICE 5

Dans des circonstances normales, l'organisme produit du L-glutamine dont il a besoin pour fabriquer ses protéines.

Selon certains nutritionnistes, un stress de longue durée comme celui causé par l'infection du VIH peut faire en sorte que les besoins en glutamine de l'organisme excèdent sa capacité à la produire. Il s'en suit alors une fonte musculaire.

Pour prévenir et renverser cet effet, un apport en glutamine est nécessaire. Il faut donc utiliser des préparations susceptibles de libérer de la glutamine.

5.1 L'alanine est un acide  $\alpha$ -aminé comportant trois atomes de carbone.

5.1.1 Déterminer la formule semi-développée de l'alanine et préciser son nom dans la nomenclature officielle.

5.1.2 La molécule de d'alanine est-elle chirale ? Justifier la réponse. Donner la représentation de Fischer des configurations L et D de l'alanine.

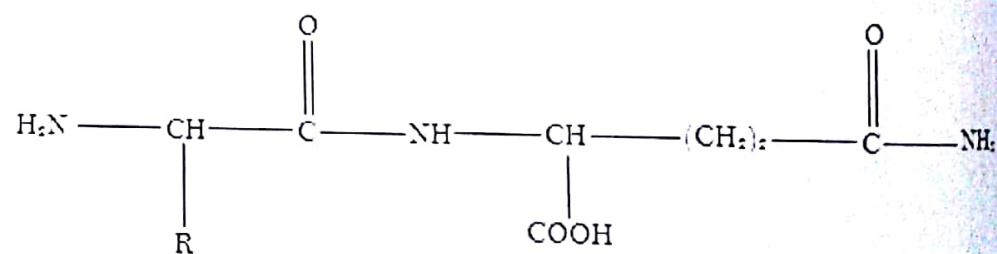
5.1.3 L'alanine existe à l'état solide et en solution aqueuse sous la forme d'un ion dipolaire appelé amphion.

(i) Ecrire la formule semi-développée de cet amphion.

(ii) L'amphion intervient dans deux couples acide/base. Ecrire ces couples acide/base.

(iii) Sachant que le

pH du point isoélectrique (la concentration de l'acide associé à l'amphion est égale à celle de la base conjuguée associé à l'amphion) d'une



solution aqueuse d'alanine est 6,1 et que le pKa d'un de ces couples est 2,3, en déduire le pKa de l'autre couple acide/base.

(iv) Calculer le pH d'une solution d'alanine de concentration 0,1 mol.L<sup>-1</sup>.

5.2 La formule semi-développée du dipeptide alanine-glutamine est :

Dans cette formule du dipeptide, R est un radical alkyle à déduire de la formule de l'alanine.

5.2.1 Ecrire la formule semi-développée de la glutamine puis entourer et nommer les fonctions chimiques qui sont présentes dans sa molécule.

5.2.2 Pourquoi la glutamine peut-elle être qualifiée d'acide  $\alpha$ -aminé ?

5.2.3 Rappeler ce qu'on appelle un atome de carbone asymétrique et dites le nombre d'atome(s) de ce type que possède la glutamine.

5.3 Des essais cliniques ont montré que la prise journalière d'une masse  $m_1 = 40 \text{ g}$  de L-glutamine conduirait à une augmentation du poids corporel.

5.3.1 Ecrire l'équation-bilan de la réaction d'hydrolyse du dipeptide alanine-glutamine conduisant à la formation de la glutamine.

5.3.2 Déterminer la masse minimale de ce dipeptide à absorber journalièrement conduisant à une augmentation du poids corporel en admettant que le rendement de cette réaction d'hydrolyse est 75%.

 $\sum \pi$ 

2011

## EPREUVE DE PHYSIQUE



## EXERCICE I

Les parties 1.2 et 1.3 sont indépendantes de la partie 1.1.

Une fusée lanceur a été conçue pour placer des satellites en orbite géostationnaire. Le satellite est d'abord placé autour de la terre sur une orbite basse circulaire de rayon  $r_1$  puis transféré vers l'orbite géostationnaire de rayon  $r_2$  à l'aide des moteurs propulseurs.

1.1 Décollage de la fusée

On étudie le décollage vertical de la fusée dans le référentiel terrestre supposé galiléen. L'intensité de la pesanteur  $g$  est considérée comme constante et égale à sa valeur au sol. On note  $m$  la masse totale de la fusée à un instant  $t$  et  $v$  sa vitesse.

Les gaz éjectés par la fusée durant un intervalle de temps  $dt$  ont une masse  $-dm$  et une vitesse  $\vec{u}$  par rapport à la fusée.

1.1.1 Enoncer le principe fondamental de la dynamique

1.1.2 Exprimer la quantité de mouvement du système (fusée + gaz) à un instant  $t$  puis à une date très voisine  $t' = t + dt$  où la vitesse de la fusée est  $\vec{v}' = \vec{v} + d\vec{v}$ , en fonction de  $m$ ,  $\vec{v}'$ ,  $dm$  et  $\vec{u}$ .

1.1.3 En utilisant la variation de la quantité de mouvement entre  $t$  et  $t'$  et par application du principe fondamental de la dynamique, établir la relation :

$$\frac{dv}{dt} + \frac{u}{m} \frac{dm}{dt} + g = 0$$

1.1.4 Déduire de la relation précédente que la vitesse de la fusée à l'instant  $t$  a pour expression  $v = u \ln \left( \frac{m_0}{m} \right) - gt$  où  $m_0$  est la masse de la fusée au décollage.

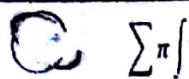
1.2 Mise en orbite du satellite

Le satellite sur son orbite circulaire de rayon  $r$  n'est soumis qu'à l'attraction terrestre et l'étude de son mouvement se fait dans le référentiel géocentrique.

1.2.1 Montrer que le mouvement du satellite sur son orbite est uniforme.

1.2.2 Exprimer la vitesse linéaire  $v$  du satellite en fonction de la masse  $M$  de la terre,  $r$  et  $G$  constante de la gravitation puis sa période  $T_s$ .

47



1.2.3 Après avoir rappelé ce qu'est un satellite géostationnaire, préciser le plan de son orbite.

1.2.4 Déterminer alors la valeur numérique du rayon  $r_2$  de l'orbite géostationnaire.

On donne:  $M = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$  ;  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ m}^3 \text{ kg}^{-1} \text{ s}^{-2}$ .

1.3 L'énergie de transfert sur l'orbite géostationnaire

1.3.1 L'énergie potentielle gravitationnelle du satellite sur l'orbite  $r$  est :  $\text{Ep}(r) = -\frac{GMm}{r}$ . Exprimer l'énergie mécanique  $E_m$  du satellite sur une orbite circulaire de rayon  $r$  en fonction de  $G$ ,  $M$ ,  $m$  et  $r$ .

1.3.2 En déduire l'énergie fournie par les moteurs pour que le satellite passe de l'orbite basse de rayon  $r_1$  à l'orbite géostationnaire de rayon  $r_2$  en fonction de  $G$ ,  $M$ ,  $m$ ,  $r_1$  et  $r_2$  et calculer sa valeur.

On donne : masse du satellite  $m = 1\ 000 \text{ kg}$ ;  $r_1 = 6\ 700 \text{ km}$

## EXERCICE 2

Une bobine de résistance négligeable, de longueur  $L = 50 \text{ cm}$  et diamètre  $d = 5 \text{ cm}$  comporte  $N = 2\ 250$  spires. Pour déterminer son inductance par des méthodes différentes un professeur propose deux expériences à ses élèves.

### 2.1 Première expérience

On négligera le champ magnétique terrestre.

A l'intérieur de la bobine parcourue par un courant continu d'intensité  $I$  on introduit la sonde d'un teslamètre. Le teslamètre donne en milli-tesla ( $\text{mT}$ ) la valeur du champ magnétique  $B$  au centre de la bobine pour chaque valeur de  $I$ . Les résultats des mesures sont consignés dans le tableau suivant :

$I(\text{A})$	0,00	0,2	0,4	0,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
$B(\text{mT})$	0,0	1,1	2,3	3,4	4,6	5,7	6,8	8,0	9,1

2.1.1 Montrer que cette bobine, de par ses dimensions, peut être considérée comme un solénoïde.

2.1.2 Quelle est alors la nature du champ magnétique à l'intérieur de la bobine ?

2.1.3 Tracer sur papier millimétré la courbe représentative de  $B = f(I)$ .

Echelle 1 cm pour  $0,1 \text{ A}$       et      1 cm pour  $1 \text{ mT}$

2.1.4 Déduire de la courbe la valeur de l'inductance  $L$  de la bobine.

### 2.2 Deuxième expérience

On réalise avec cette bobine le montage de la figure A où  $R$  est un conducteur ohmique de résistance  $100 \Omega$ .

Le GBF délivre une tension triangulaire. Les tensions  $u_1$  et  $u_2$  sont appliquées aux bornes d'un oscilloscope.

On obtient sur l'écran de l'oscillogramme de la figure B avec les réglages suivants :

Base de temps : 1 ms/div      voie 1 : 1 V/div      voie 2 : 0,5 V/div

$$\text{C} \sum \pi$$

En l'absence de tension les traces du spot sont confondues avec la ligne horizontale au milieu de l'écran.

2.2.1 Exprimer  $u_1$  en fonction de  $R$  et  $i$ .

2.2.2 Trouver une relation entre  $L$ ,  $R$ ,  $u_2$  et  $\frac{du_1}{dt}$ .

2.2.3 Pourquoi la tension  $u_2$  est-elle rectangulaire avec deux crêneaux de hauteurs différentes ? Pourquoi cette tension est-elle négative lorsque la tension  $u_1$  croît.

2.2.4 Calculer l'inductance  $L$  de la bobine. Conclure.

### EXERCICE 3

Une barre MN supportant un petit aimant ns est attachée à un ressort de masse négligeable et de raideur  $k = 100 \text{ N.m}^{-1}$  dont l'autre extrémité est fixée. La masse de la barre et de l'aimant est  $m = 50 \text{ g}$ . Sur deux rails parallèles et horizontaux la barre peut effectuer une translation rectiligne suivant la direction  $x'x$ .

Au repos, la barre est à l'origine O des abscisses sur l'axe  $x'x$ . On désigne par  $x(t)$  la position de son centre d'inertie au cours du mouvement.

3.1 On néglige les frottements exercés par les rails sur la barre.

La barre écartée de sa position d'équilibre suivant  $x'x$  est abandonnée sans vitesse.

3.1.1 Appliquer les théorèmes du centre d'inertie à la barre et en déduire que le système ressort-barre constitue un oscillateur harmonique.

3.1.2 Déterminer la pulsation propre  $\omega_0$  de cet oscillateur mécanique.

3.2 En réalité, lorsque la barre est en mouvement, les rails exercent sur elle des forces de frottement  $\vec{f} = -a\vec{v}$  ( $\vec{v}$  vitesse instantanée de la barre et  $a$  est une constante positive de valeur  $1,3 \text{ N.m}^{-1}\text{s}$ ).

3.2.1 Montrer que l'équation différentielle qui régit le mouvement de la barre est de la forme  $\ddot{x} + b\dot{x} + cx = 0$  et préciser les expressions des constantes  $a$  et  $b$ .

3.2.2 Quelle est la nature des oscillations ? Représenter la courbe  $x(t) = f(t)$ .

3.2.3 Pour imposer un mouvement sinusoïdal permanent à la barre, on approche un électroaimant parcouru

par un courant alternatif et comportant un noyau de fer (fig. 3a). La barre vibre alors avec une pulsation  $\omega$  imposée par une force excitatrice  $\vec{F} = F_m \cos(\omega t + \varphi)\vec{l}$  relation où  $F_m$  est une constante de valeur  $0,8 \text{ N}$ .

3.2.4 Etablir l'équation différentielle du mouvement entretenu de l'oscillateur en utilisant comme variable  $x(t)$ .

3.2.5 On pose  $x(t) = X_m \cos(\omega t)$  la position de la barre en un instant  $t$ ;  $X_m$  étant l'amplitude des oscillations. A partir de différentielle, réaliser une construction de Fresnel et en déduire l'expression de  $X_m$  en fonction de  $F_m$ ,  $k$ ,  $m$ ,  $\omega$  et  $a$ .

3.2.6 Calculer  $X_m$  pour  $\omega = 40 \text{ rad/s}$ .



**3.3** On détermine maintenant, par un dispositif approprié, la vitesse maximale de la barre en fonction de la pulsation imposée par l'électroaimant. On obtient la courbe ci-dessous.

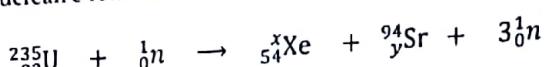
**3.3.1** Déduire de la courbe la pulsation de la résonance  $\omega_R$ . La comparer avec  $\omega_0$ .

**3.3.2** Après l'avoir défini, déterminer la bande passante de l'oscillateur.

#### EXERCICE 4

Actuellement, l'électricité consommée dans plusieurs pays développés est en grande partie d'origine nucléaire. Elle est produite dans des centrales mettant en œuvre la fusion de l'uranium enrichi.

**4.1** Un réacteur de centrale nucléaire fonctionne à l'uranium 235 subit une réaction de fission d'équation :



**4.1.1** Calculer  $x$  et  $y$  en précisant les lois de conservation utilisées.

**4.1.2** Montrer que l'énergie libérée par la fission d'un noyau de l'uranium  $^{235}_{92}\text{U}$  est de l'ordre de 200 MeV.

**4.1.3** L'énergie produite par la centrale permet de fournir à une ville une puissance électrique  $P = 30 \text{ MW}$ .

Le rendement de la transformation de l'énergie nucléaire en énergie électrique est de 30%. Quelle masse d'uranium enrichi est nécessaire pour faire fonctionner la centrale pendant un an ?

**4.2** Les produits de fission sont radioactifs et se transmutent en d'autres produits, eux-mêmes radioactifs.

**4.2.1** Ecrire l'équation de désintégration d'un noyau de césum 137.

**4.2.2** Le noyau fils étant formé dans un état excité, quelle est la nature du rayonnement émis lors de la désexcitation du noyau fils ?

**4.2.3** Définir la demi-vie d'un noyau radioactif.

2011

## EPREUVE DE CHIMIE

Données :

Masses molaires en g.mol<sup>-1</sup> : M(S) = 32 ; M(C) = 12 ; M(H) = 1 ; M(O) = 16 ; M(Na) = 23 ; M(Cl) = 35,5.

**EXERCICE 1 : DÉCONTAMINATION DES LENTILLES DE CONTACT**

*Les lentilles de contact souples doivent être retirées quotidiennement. Leur entretien se fait en deux étapes : une décontamination par une solution de peroxyde d'hydrogène (ou eau oxygénée de formule brute H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) pour éliminer les germes pathogènes, suivie de la décomposition du peroxyde d'hydrogène pour que la lentille puisse être remise, sans danger, au contact de l'œil.*

On se propose d'étudier, en présence d'un catalyseur, la décomposition du peroxyde d'hydrogène contenu dans une solution S<sub>0</sub> utilisée pour la décontamination des lentilles de contact et d'identifier le mode opératoire conduisant à la décontamination la plus rapide.

De cette solution commerciale, on prépare 200 mL d'une solution S plus diluée de concentration C<sub>s</sub>. On prélève de la solution S deux échantillons : l'un sera appelé S<sub>1</sub> et l'autre S<sub>2</sub>. Les volumes des deux échantillons sont égaux à V<sub>s</sub> = 50 mL. Dans chaque échantillon, le peroxyde d'hydrogène se décompose en eau et en dioxygène. L'étude est menée à la température ambiante de 25°C.

On utilise parallèlement deux catalyseurs : le platine solide, déposé sous forme de poudre sur un support de plastique et la catalase qui est une enzyme soluble en solution aqueuse. A l'instant t = 0, on introduit le platine dans l'échantillon de solution S<sub>1</sub> et la catalase dans l'échantillon de solution S<sub>2</sub>. On détermine à divers instants le volume de dioxygène dégagé et on en déduit la concentration en peroxyde d'hydrogène restant en fonction du temps : [H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>] = f(t) (voir figure à la page suivante).

Données de l'étiquette de la solution commerciale de décontamination S<sub>0</sub> :

- Densité 1,2 ;
- Masse molaire 34 g/mol ;
- Pourcentage massique 2,6.

Rappel : constante des gaz parfaits R = 8,31 S.I

1.1 Décrire en quelques lignes le mode opératoire à suivre pour préparer, à partir de S<sub>0</sub>, 200 mL de solution S de concentration en peroxyde d'hydrogène C<sub>s</sub> = 0,100 mol/L. On prendra C<sub>0</sub> = 0,918 mol/L pour la concentration de la solution S<sub>0</sub>.

1.2 L'une des catalyses est qualifiée d'hétérogène. De quelle catalyse s'agit-il et dites pourquoi ?

1.3 Vérifier que la concentration molaire volumique en peroxyde d'hydrogène de la solution commerciale S<sub>0</sub> vaut C<sub>0</sub> = 0,918 mol/L.

$$\sum \pi$$

1.4 Etablir la relation qui permet de calculer la concentration en peroxyde d'hydrogène restant à la date  $t$ , en fonction du volume de dioxygène dégagé à cette date.

1.5 Définir la vitesse volumique instantanée de disparition du peroxyde d'hydrogène à la date  $t$ . Comment la détermine-t-on expérimentalement ?

1.6 A quelle date la vitesse volumique de disparition du peroxyde d'hydrogène est-elle maximale ? Pour chacun des échantillons  $S_1$  et  $S_2$ , déterminer graphiquement sa valeur.

1.7 Quel facteur cinétique détermine l'évolution de la vitesse au cours du temps ?

1.8 Détermine le temps de demi-réaction dans les deux cas. Quel est le mode opératoire conduisant à la décontamination la plus rapide ?

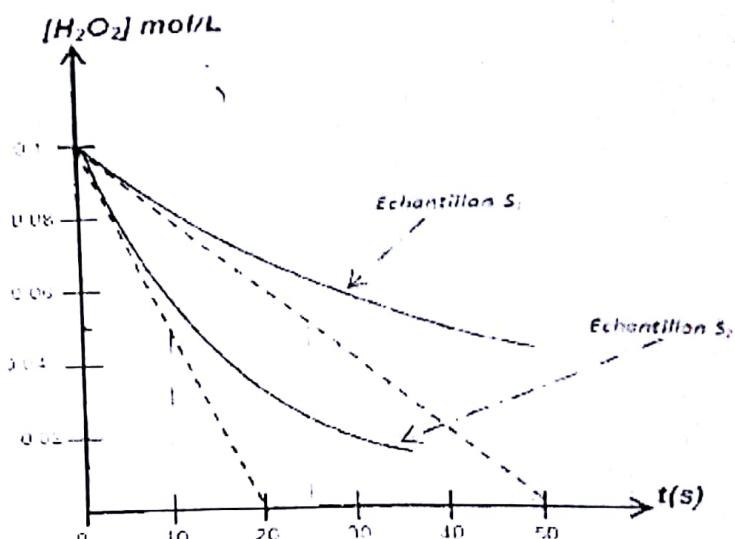


Figure Courbe représentant  $[H_2O_2] = f(t)$

## EXERCICE 2 : PISCINE ET BISULFATE DE SODIUM

Pour abaisser le pH des eaux d'une piscine, on utilise une poudre appelée « pH moins » qui contient du bisulfate de sodium, encore appelé hydrogénosulfate de sodium, de formule  $NaHSO_3$ .

On considère que les propriétés acido-basiques de cette poudre sont dues uniquement à la présence d'ion hydrogénosulfate  $HSO_3^-$  appartenant au couple  $HSO_3^- / SO_4^{2-}$ .

On se propose de déterminer le  $pK_a$  de couple ainsi que le pourcentage massique d'hydrogénosulfate contenu dans cette poudre. Pour cela, on va utiliser les méthodes décrites ci-après.

### A détermination du $pK_a$

On effectue différents mélanges d'un volume  $V_1$  de solution de sodium et d'un volume  $V_2$  de solution d'hydrogénosulfate de sodium de même concentration molaire volumique.

Lorsque l'un des mélanges  $M_1$  est réalisé, on mesure son pH et on fabrique le mélange suivant. On a obtenu le tableau des valeurs suivant :

C  $\sum \pi /$ 

Mélange	$M_1$	$M_2$	$M_3$	$M_4$	$M_5$	$M^-$	$M_1$	$M_2$
Volume $V_1$ (mL) de $S_1$	20	30	40	50	60	60	60	60
Volume $V_2$ (mL) de $S_2$	60	60	60	60	50	40	30	20
pH	1,4	1,6	1,7	1,8	2	2,1	2,2	2,4

2.1 Montrer que les proportions de  $S_1$  et  $S_2$  sont telles que pour chaque mélange :  $\frac{[SO_4^{2-}]}{[HSO_4^-]} = \frac{V_1}{V_2}$ .

2.2 Tracer la courbe représentant :  $pH = f(\log \frac{[SO_4^{2-}]}{[HSO_4^-]})$ .

2.2 Echelles : 10 cm pour 1 unité de  $\log \frac{[SO_4^{2-}]}{[HSO_4^-]}$  et 4 cm pour 1 unité de pH.

2.3 Déduire de la courbe la relation entre pH et  $\log \frac{[SO_4^{2-}]}{[HSO_4^-]}$ .

2.4 Ecrire l'équation-bilan représentant la réaction de l'ion hydrogénosulfate avec l'eau. Donner la relation définissant la constante d'acidité  $K_a$  du couple  $HSO_4^- / SO_4^{2-}$  en solution aqueuse puis exprimer le pH d'une solution contenant à la fois des ions hydrogénosulfate et des ions sulfate, en fonction de  $pK_a$ ,  $[HSO_4^-]$  et  $[SO_4^{2-}]$ .

2.5 Déduire des questions précédentes la valeur approchée du  $pK_a$  du couple  $HSO_4^- / SO_4^{2-}$  que ces mesures permettent d'obtenir.

### B. Détermination du pourcentage massique

On place 1,0 g hydrogénosulfate de sodium dans un erlenmeyer. On ajoute alors 20,0 mL de soude de concentration  $C_0 = 1,00 \text{ mol/L}$ ; la quantité de base est alors en excès par rapport à celle des ions hydrogénosulfate.

On dose l'excès de soude par une solution d'acide chlorhydrique de concentration  $C_1 = 1,00 \text{ mol/L}$  que l'on verse progressivement dans l'rlenmeyer en présence d'un indicateur coloré approprié. Le virage de ce dernier est observé quand on verse 12,2 mL de solution d'acide chlorhydrique.

2.6 Ecrire l'équation-bilan du dosage des ions  $OH^-$  restant.

2.7 Déterminer la quantité  $n_1$  d'ions  $HO^-$  ayant réagi avec 1,0 g de poudre « pH moins ». En déduire la quantité de matière hydrogénosulfate de sodium contenu dans 1,0 g de cette poudre.

2.8 Déterminer le pourcentage massique d'hydrogénosulfate de sodium contenu de cette poudre.

### EXERCICE 3 : SOLUBILITÉ DU PHÉNOL

Pour une température de  $25^\circ\text{C}$  et sous une pression de 1 bar, le phénol est un solide faiblement soluble dans l'eau. Il est irritant pour la peau.

La formule du phénol est  $C_6H_5OH$ . Sa masse molaire moléculaire est :  $M = 94 \text{ g/mol}$ . En solution aqueuse, le phénol est un monoacide faible dont la base conjuguée est l'ion phénolate de formule  $C_6H_5O^-$ .

Lors d'un TP un élève se propose de déterminer expérimentalement, à  $25^\circ\text{C}$ , la solubilité du phénol dans l'eau et le  $pK_a$  du couple  $C_6H_5OH / C_6H_5O^-$ . Dans tout l'exercice les solutions étudiées sont à  $25^\circ\text{C}$ . Dans l'rlenmeyer, il introduit 10 g de phénol solide et environ 100 mL d'eau distillée. Le mélange est longuement agité. Il constate alors qu'il reste un dépôt solide au fond de l'rlenmeyer. Il filtre et obtient une solution aqueuse (S) de phénol de concentration molaire volumique inconnue C.

53



$\sum \pi$

Pour déterminer la concentration molaire volumique  $C$  de la solution aqueuse ( $S$ ) de phénol, il réalise le dosage d'un volume  $V_a = 10,0 \text{ mL}$  de la solution aqueuse ( $S$ ) par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium de concentration molaire volumique  $C_b = 1,00 \text{ mol/L}$ . Le dosage suivi par pHmétrie lui a permis de disposer seulement des valeurs expérimentales suivantes :

$V_b (\text{mL})$	1	2	3	4	5	6	7
pH	9,15	9,52	9,75	10	10,22	10,48	10,84
$\frac{1}{V_b} (\text{mL}^{-1})$							
$[\text{H}_3\text{O}^+]$ en $10^{-12} \text{ mol L}^{-1}$							

Ces valeurs ne permettent pas d'atteindre l'équivalence acido-basique.

3.1 Ecrire l'équation-bilan de la réaction chimique entre la solution aqueuse d'hydroxyde de sodium et le phénol. La réaction sera supposée totale.

3.2 Montrer qu'avant l'équivalence on peut exprimer la quantité de matière  $n_p$  de phénol dans la solution par la relation  $n_p = C_p(V_b^E - V_b)$ ,  $V_p$  étant le volume d'hydroxyde de sodium versé et  $V_b^E$  le volume d'hydroxyde de sodium qu'il faut verser pour atteindre l'équivalence acido-basique.

3.3 En utilisant l'expression précédente établir la relation :  $\frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{OH}]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{O}^-]} = \frac{V_b^E}{V_b} - 1$ .

3.4 Déduire des questions précédentes l'expression, avant l'équivalence, de la concentration en ions hydronium en fonction de  $K_a$ ,  $V_b$  et  $V_b^E$ .

3.5 Recopier le tableau de mesures, le compléter et tracer la courbe  $[\text{H}_3\text{O}^+] = f\left(\frac{1}{V_b}\right)$ .

3.6 A partir de cette courbe déterminer le  $K_a$  et le volume de base qui devait correspondre à l'équivalence. Quelle valeur du  $pK_a$  obtient-on ?

3.7 Trouver la concentration  $C$  ainsi que la solubilité en g/L du phénol à 25°C.

#### EXERCICE 4 : DIABÉTIQUE ET BOISSON « LIGHT »

L'aspartame a été découvert en 1965 par le Dr James Schlatter. Il étudiait les acides aminés lorsque, par hasard, en portant son doigt à sa bouche, il a senti un goût sucré et agréable. L'aspartame est édulcorant (additif alimentaire servant à parfumer ou donner du goût sucré aux aliments) utilisé par les diabétiques ou les personnes désirant suivre un régime. Son pouvoir sucrant est égal à 180. La saveur sucrée est forte (le pouvoir sucrant de référence est celui de la saccharose, qui est égal à 1) et dépourvue d'arrière-gout désagréable. Lorsque l'aspartame atteint l'estomac il peut subir une hydrolyse qui conduit à la formation de phénylamine, d'acide aspartique et de méthanol.

On donne, à la fin de l'exercice, les formules semi-développées de l'aspartame et d'autres composés évoqués dans l'énoncé.

4.1 Recopier la formule de l'aspartame puis entourer et nommer les groupes fonctionnels présents dans cette molécule.

4.2 La phénylalanine possède un atome de carbone asymétrique.

4.2.1 Rappeler ce qu'on appelle carbone asymétrique. Recopier la formule de la phénylalanine et indiquer par un astérisque l'atome de carbone asymétrique.

4.2.2 Dessiner, en projection de Fischer, la configuration D de la phénylalanine.

C  $\sum \pi$ 

4.3 L'acide aspartique est un acide alpha aminé. Dans certaines conditions, il peut réagir avec lalanine pour former un dipeptide Asp-Ala que l'on retrouve dans l'hémoglobine. Les abréviations Asp et Ala sont utilisées respectivement pour l'acide aspartique et pour lalanine.

4.3.1 Sur la molécule d'acide aspartique que l'on recopiera, identifier le (les) atome(s) de carbone asymétrique(s) par un astérisque. Dessiner l'acide L-aspartique en représentation de Fischer.

4.3.2 Ecrire la formule semi-développée du dipeptide Asp-Ala et y entourer la liaison peptidique.

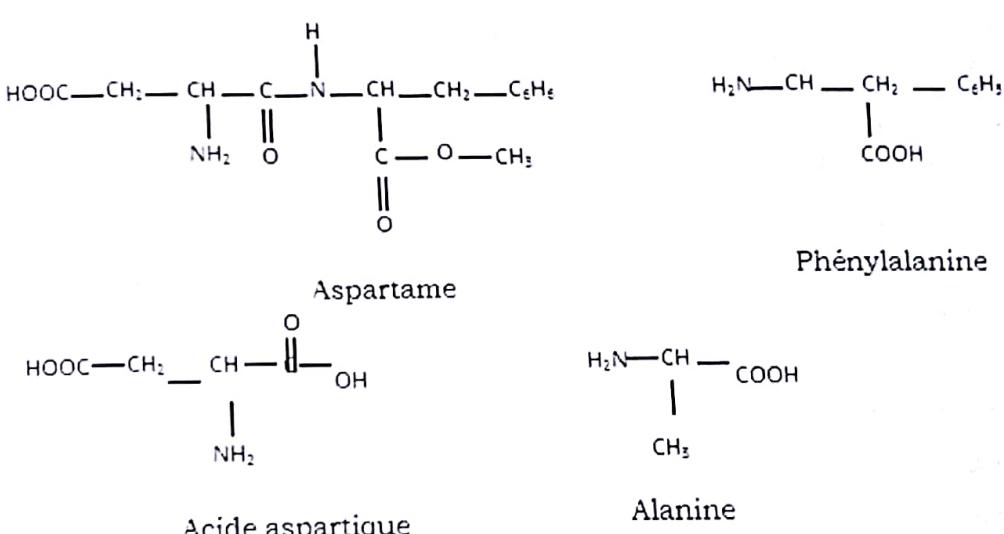
4.3.3 Ecrire les formules semi-développées des autres dipeptides susceptibles d'être obtenus.

4.4 Le méthanol obtenu lors de l'hydrolyse de l'aspartame est un alcool très toxique. L'étiquette d'une boisson « light » indique la teneur de cette boisson en aspartame : 0,5 g/L.

4.4.1 Calculer la masse maximale de méthanol susceptible d'être libérée par un litre de cette boisson sachant qu'une mole d'aspartame donne une mole de méthanol.

4.4.2 Quel volume maximal de boisson « light » peut consommer, en un jour, un diabétique de masse 63 kg sachant que la dose journalière acceptable est de 4,35 mg de méthanol par kilogramme de masse corporelle ?

Masses molaires en g/mol : pour l'aspartame 294 et pour le méthanol 32.



### EXERCICE 5 : FIBRE OPTIQUE ET SILICE

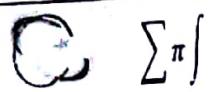
La grande majorité des fibres optique est en verre, plus précisément en silice pure, car c'est le matériau qui présente actuellement le moins d'absorption. La silice  $SiO_2$  d'une fibre optique est généralement obtenue par oxydation du tétrachlorosilane  $SiCl_4$  par l'oxygène.

On se propose d'étudier cette réaction, notamment du point de vue cinétique.

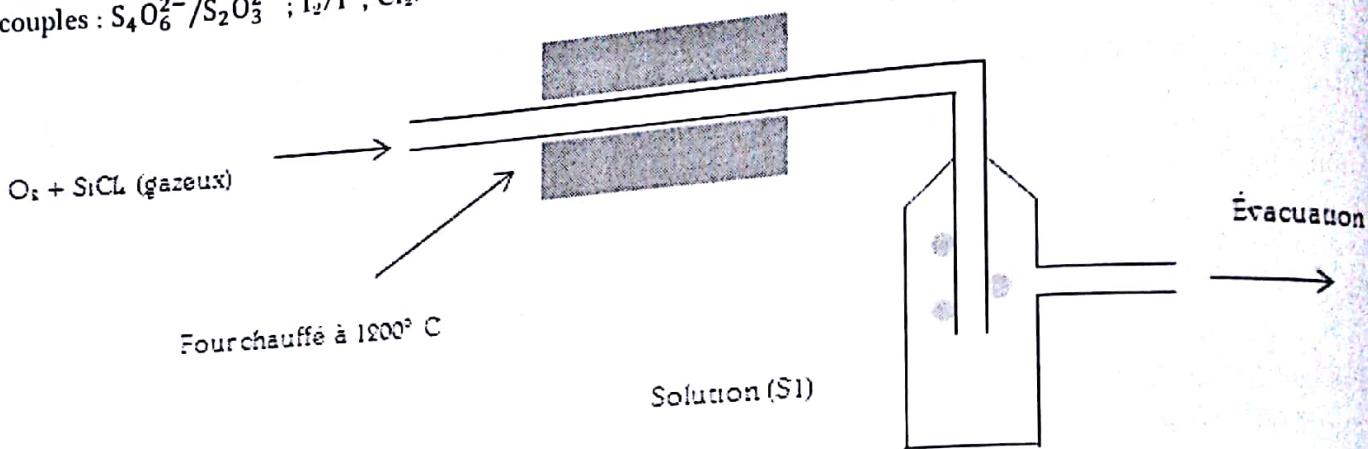
En dessous de  $900^\circ C$ ,  $SiCl_4$  et  $O_2$  ne réagissent pas. Entre  $900$  et  $1100^\circ C$  environ, l'oxydation du  $SiCl_4$  par  $O_2$  donne des oxychlorures, notamment  $Si_2OCl_6$  et  $Si_3O_4Cl_8$ , accompagnée de  $Cl_2$ . Au-delà  $1200^\circ C$ , les oxychlorures ne sont plus formés : l'oxydation est complète et donne uniquement de la silice.

Pour suivre la cinétique de la formation de la silice au-delà de  $1200^\circ C$ , on se propose de mesurer l'évolution de la concentration de  $SiCl_4$ , notée  $[SiCl_4]$ , en fonction du temps. Pour cela, on dose le dichlore formé par la réaction par le protocole ci-dessous.

55



Les réactifs  $O_2$  et  $SiCl_4$ , sous forme de gaz, passent à débit constant à travers un four chauffé à  $1200^\circ C$  où se produit la réaction. Le mélange gazeux en sortie, contenant les réactifs n'ayant pas réagi et les produits de la réaction, barbote dans  $V_1 = 100 \text{ mL}$  d'une solution aqueuse notée ( $S_1$ ) d'iodure de potassium ( $K^+, I^-$ ) de concentration molaire  $1 \text{ mol/L}$  et de thiosulfate de sodium ( $2Na^+ + S_2O_3^{2-}$ ) à la concentration  $C_1 = 8,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$  (voir figure). Le dichlore produit réagit avec  $S_2O_3^{2-}$  les ions  $I^-$  servant de catalyseur. On donne les couples :  $S_4O_6^{2-}/S_2O_3^{2-}$ ;  $I_2/I^-$ ;  $Cl_2/Cl^-$ .



5.1 Ecrire l'équation de la formation de la silice au-delà de  $1200^\circ C$ .

5.2 Ecrire les demi-équations électroniques puis l'équation bilan de la réaction d'oxydoréduction entre le dichlore produit et les ions  $S_2O_3^{2-}$ .

5.3 Les ions  $S_2O_3^{2-}$  en excès sont ensuite dosés par une solution ( $S_2$ ) de diiode de concentration  $C_2 = 5,00 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$  à laquelle on ajoute quelques gouttes de d'empois d'amidon.

5.3.1 Ecrire l'équation de la réaction de dosage. Quel est le rôle d'emploi d'amidon ?

5.3.2 Le volume de solution ( $S_2$ ) à verser pour atteindre l'équivalence vaut  $V_{eq} = 19,3 \text{ mL}$ . En déduire la quantité de matière de  $S_2O_3^{2-}$  ayant réagi avec le dichlore.

5.4 Sachant que le gaz a barboté dans la solution ( $S_1$ ) pendant un temps  $t = 10 \text{ minutes}$ , calculer le débit molaire  $D_m$  (en mol/s) de dichlore à la sortie du four.

5.5 Sachant que le débit volumique  $D_V$  du gaz vaut  $2,3 \text{ mL/s}$ , calculer la concentration  $[Cl_2]$  à la sortie du four.

5.6 La concentration du  $SiCl_4$  avant le four, notée  $[SiCl_4]_0$ , est égale à  $3,3 \cdot 10^{-4} \text{ mol/L}$ . En déduire la concentration  $[SiCl_4]$  à la sortie du four.



2010

## EPREUVE DE PHYSIQUE



## EXERCICE 1

Les constantes physiques qui interviennent dans cet exercice sont données ci-après :

Constante de Planck :  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$

Célérité de la lumière dans le vide :  $C = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

Charge élémentaire :  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

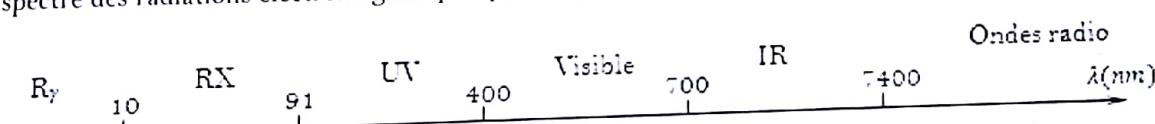
Masse de l'électron :  $m = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$

Constante de la loi de Coulomb :  $k = 9,0 \cdot 10^9 \text{ N.m}^{-2}\text{C}^2$

Électronvolt :  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

L'existence des niveaux d'énergie dans les atomes est révélée expérimentalement par l'observation des raies spectrales qu'ils émettent.

Le spectre des radiations électromagnétiques peut se présenter comme suit :



1.1 Une formule empirique à laquelle obéissent les longueurs d'onde dans le vide pour l'atome d'hydrogène est  $\sigma = \frac{1}{\lambda} = R_H \left( \frac{1}{n^2} - \frac{1}{m^2} \right)$  où  $\sigma$  est le nombre d'onde de la radiation émise,  $m$  et  $n$  des entiers tels que  $m > n$  et  $R_H = 109677,58 \text{ cm}^{-1}$  est la constante de Rydberg.

Un spectre d'émission de l'atome d'Hydrogène comprend les raies ayant les nombres d'ondes suivants :  $15233,0 \text{ cm}^{-1}$  ;  $20564,5 \text{ cm}^{-1}$  ;  $23032 \text{ cm}^{-1}$  ;  $24372,8 \text{ cm}^{-1}$  ;  $25181,1 \text{ cm}^{-1}$ .

1.1.1 Dans quel(s) domaine(s) de longueurs d'onde se trouve cette série ?

1.1.2 Montrer que le nombre  $n$  du niveau final des transitions de cette série est égal à 2. Quelle est le nom de cette série ?

1.1.3 Calculer, en électronvolts, l'énergie à fournir pour ioniser l'atome à partir de l'état correspondant au niveau 2.

1.1.4 Calculer la fréquence la plus élevée de l'onde que peut émettre l'atome d'hydrogène et la longueur d'onde correspondante. Dans quel domaine se situe ce rayonnement ?

1.1.5 Calculer en électronvolts, l'énergie d'ionisation d'un atome d'hydrogène dans son état fondamental.

57

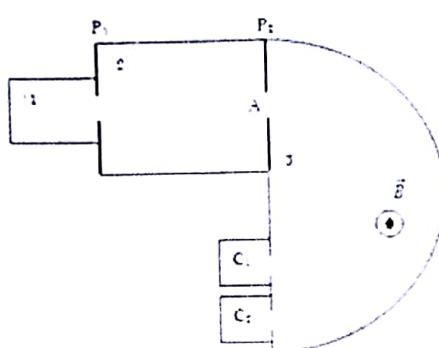


1.2 Afin de rendre compte des raies d'émission et de la quantification de l'énergie, Bohr admet le modèle de l'atome d'hydrogène dans lequel un électron gravite autour d'un proton fixe sur un cercle de rayon  $r$ .

1.2.1 Supposons le proton fixe, au centre d'un référentiel ( $R$ ) galiléen et que la seule force d'interaction est celle Coulombienne  $F = Ke^2/r^2$ , exprimer l'énergie cinétique de l'électron en fonction de  $r$  et de la charge élémentaire  $e$  ( $K$  est la constante de la loi de Coulomb.)

### EXERCICE 3

#### EXERCICE 3



Les seuls isotopes stables de l'Hélium sont  ${}^3_2He$  et  ${}^4_2He$  de masses respectives  $m_1$  et  $m_2$ . On veut étudier la composition isotopique d'un échantillon d'Hélium par la méthode de la spectrographie de masse.

Les atomes sont d'abord ionisés dans la chambre (1).

Les ions formés portent alors la même charge  $q = +2e$  et sortent de la chambre (1) en un point O avec une vitesse supposée négligeable.

##### 3.1 Accélération des ions

Les ions sont accélérés dans la chambre (2) par un champ électrique qui règne entre les deux plaques conductrices  $P_1$  et  $P_2$  auxquelles on a appliquées une tension  $U = V_1 - V_2$ .

3.1.1 Quel doit être le signe de  $U$  pour que les ions arrivent en A ?

3.1.2 Exprimer la vitesse  $v_0$  en A d'un ion de masse  $m$  et de charge  $q$  en fonction de  $q$ ,  $U$  et  $m$ .

3.1.3 Montrer qu'en A les vitesses respectives  $v_1$  et  $v_2$  des ions vérifient la relation  $m_1 v_1^2 = m_2 v_2^2$ .

3.1.4 Calculer ces vitesses.

Données :  $m_1 = 5 \cdot 10^{-27}$  Kg ;  $m_2 = 6,7 \cdot 10^{-27}$  Kg ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19}$  C ;  $U = 1,0 \cdot 10^4$  V

##### 3.2 Déviation des ions

Les ions ainsi accélérés pénètrent en A dans une région (3) où existe un champ magnétique uniforme, de vecteur  $B$  perpendiculaire au plan de la figure. Ils y sont alors déviés puis collectés dans  $C_1$  et  $C_2$ .

3.2.1 Quel doit être le sens de  $B$  pour que la déviation ait lieu de la façon indiquée ?

3.2.2 Démontrer que le mouvement d'un ion dans (3) est circulaire uniforme. Exprimer la distance  $D_i$  entre le point A et l'entrée du collecteur  $C_i$  en fonction de  $e$ ,  $U$ ,  $B$  et  $m$ . Calculer  $D_i$  pour chaque ion.

On donne  $B = 0,5$  T.

3.2.3 La vitesse de l'ion à la sortie O de la chambre d'ionisation (1) peut être faible mais non nulle.

3.3 A l'entrée A de la chambre (2), la vitesse de l'ion varie entre  $v_0$  et  $v = v_0(1 + \varepsilon)$  avec  $\varepsilon$  très faible devant 1.

3.3.1 Exprimer en fonction de  $D_i$  et  $\varepsilon$  la largeur minimale  $L_i$  de la fente de chaque collecteur recevant l'ion.

3.3.2 Pour  $\varepsilon = 5 \cdot 10^{-3}$ , calculer la largeur minimale de la fente de chaque collecteur.

Thierno Korka DIALLO (+221 77 465 32 33)  
Ingénieur électromécanicien, diplômé de l'Ecole Polytechnique de Thiès

$$\text{C} \sum \pi \int$$

3.3.3 En déduire les distances minimales  $d_{\min}$  et maximales  $d_{\max}$  entre les points d'entrée dans les collecteurs.

#### 3.4 Composition isotopique

Les collecteurs  $C_1$  et  $C_2$  sont munis de détecteurs de charge. Pendant une durée donnée, les quantités d'électricité reçues par les collecteurs  $C_1$  et  $C_2$  sont respectivement  $Q_1$  et  $Q_2$ .

Montrer que les quantités d'électricité reçues par les collecteurs permettent de déterminer la composition isotopique de l'échantillon analysé (On établira cette composition en fonction de  $Q_1$  et  $Q_2$  et des autres données utiles).

#### EXERCICE 4

Une bille de masse  $m$ , de masse volumique  $\mu$ , immergée dans un liquide et abandonnée sans vitesse, tombé en chute verticale.

En plus de son poids (force de pesanteur), elle subit de la part du liquide deux forces :

- Une force de frottement opposée à sa vitesse  $f = -kv$ ,  $k$  étant le coefficient de frottement du liquide.
- La poussée d'Archimède  $F_a$  verticale et ascendante. L'intensité de la poussée d'Archimède est proportionnelle au volume  $V$  de la bille et à la masse volumique  $\mu'$  du liquide. Son expression est  $F_a = \mu' V g$  ( $g$  étant l'intensité de la pesanteur).

On donne :  $k = 1,4 \cdot 10^{-1}$  SI       $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$      $m = 4 \text{ g}$      $\mu = 7,8 \text{ g.cm}^{-3}$      $\mu' = 1,26 \text{ g.cm}^{-3}$

4.1 On considère comme système la bille plongée dans le liquide et on se place dans le référentiel terrestre muni d'un axe vertical  $oz$  descendant.

4.1.1 Appliquer le théorème du centre d'inertie à la bille et montrer que sa vitesse obéit à l'équation

différentielle  $\frac{dv}{dt} + Av = B$ .

4.1.2 Déterminer les unités puis calculer A et B.

4.1.3 Montrer que la bille admet une vitesse limite  $v_{\lim}$  que l'on déterminera.

4.1.4  $v(t) = K_1 \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}\right)$  est solution de l'équation différentielle précédente. ( $\tau$  est appelé temps de relaxation). En déduire les expressions des constantes  $K_1$  et  $\tau$  en fonction de A et B.

4.2 Un dispositif approprié a permis de mesurer la vitesse de la bille en fonction du temps.

4.2.1 Placer  $v_{\lim}$  et  $\tau$  sur les axes de la figure 4 (en annexe 2, à rendre avec copie) en précisant la méthode utilisée.

4.2.2 Déterminer en fonction de  $\tau$  le temps  $\theta_m$  pour que la vitesse passe de 10% à 90% de sa valeur finale.

#### EXERCICE 5

On considère les noyaux suivantes :  $^{40}_{18}Ar$  ;  $^{40}_{19}K$  ;  $^{39}_{19}K$  ;  $^{40}_{20}Ca$

5.1 Rappeler la définition des noyaux isotopes et indiquer dans la liste ci-dessus (et en justifiant la réponse) les noyaux qui sont isotopes entre eux.

5.2 Le potassium  $^{40}K$  est instable. Il peut subir l'une ou l'autre des transformations nucléaires spontanées suivantes : l'émission  $\beta^-$  ou la capture électronique.



Lors de la capture neutronique, un électron de la couche électronique la plus proche du noyau, est capturé par celui-ci ; un proton est alors transformé en neutron. Ainsi le noyau de potassium est transformé en un noyau d'argon  $^{40}_{18}Ar$ .

**5.2.1** Ecrire l'équation de désintégration du potassium  $^{40}$  par émission  $\beta^-$ .

**5.2.2** Ecrire l'équation de désintégration du potassium par capture neutronique.

**5.3** La capture électronique est la base de la méthode de datation potassium-argon.

Certaines roches volcaniques contiennent du potassium 40 dont une partie, l'isotope 40, peut se désintégrer en argon  $^{40}_{18}Ar$  gaz inerte. La datation sera basée sur la proportion, dans la roche, du potassium et de l'argon.

**5.3.1** Lorsque la roche se solidifie, on estime alors qu'elle ne contient pas d'argon. À cet instant  $t=0$ , dit de « fermeture du système », des noyaux de potassium  $^{40}$  se transforment progressivement dans le temps par capture électronique en noyaux d'argon. Rappeler la relation qui existe entre  $N_k(t)$ ,  $N_k(0)$  et la constante  $\lambda$ .

**5.3.2** La période radioactive du potassium est  $T=1,25 \cdot 10^9$  ans. Définir la période (ou temps de demi-vie)  $T$  d'une substance radioactive et établir la relation entre  $T$  et  $\lambda$ .

**5.3.3** Quelle relation peut-on écrire entre le nombre  $N_{Ar}(t)$  de noyaux d'Argon formés et les nombres de noyaux  $N_k(t)$  et  $N_k(0)$  ?

**5.3.4** Sachant que cette désintégration ne concerne que 10,5% des noyaux de potassium  $^{40}$ , montrer que les nombres  $N_{Ar}(t)$  de noyaux d'argon  $^{40}$  et  $N_k(t)$  de potassium  $^{40}$  présents dans l'échantillon à l'instant  $t$  sont liés par : 
$$\frac{N_{Ar}(t)}{N_k(t)} = 0,105(e^{-\lambda t} - 1)$$

**5.4** Pour dater une roche volcanique, on réalise un dosage isotopique de l'argon  $^{40}$  et du potassium  $^{40}$  contenu dans un échantillon de masse  $m = 1g$ . On trouve  $2,260 \cdot 10^{-11}$  moles d'argon  $^{40}$  et  $1,667 \cdot 10^{-7}$  moles de potassium  $^{40}$ . Calculer l'âge de ce volcan.

$C \sum \pi /$ 

2010

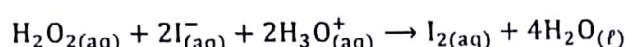
## EPREUVE DE CHIMIE



## EXERCICE 1

On se propose d'étudier la cinétique de la transformation lente de décomposition de l'eau oxygénée par les ions iodures en présence d'acide sulfurique, transformation considérée comme totale.

L'équation bilan de la réaction qui modélise la transformation d'oxydoréduction s'écrit :



La solution de diiode formée étant colorée, la transformation est suivie par spectrophotométrie, méthode qui consiste à mesurer l'absorbance A de la solution, grandeur proportionnelle à la concentration en diiode.

1.1 Donner la définition d'un oxydant et celle d'un réducteur.

1.2 Identifier, dans l'équation de la réaction, les deux couples d'oxydoréduction mis en jeu et écrire les demi-équations correspondantes.

1.3 A la date  $t = 0$ , on mélange 20 mL d'une solution d'iodure de potassium de concentration 0,10 mol/L acidifiée avec de l'acide sulfurique en excès, 8 mL d'eau et 2 mL d'eau oxygénée à 0,1 mol/L. Par un moyen approprié on détermine la concentration  $[I_2]$  du diiode formée au cours du temps :

$t(s)$	0	126	232	682	930	1178	1420	$\infty$
$[I_2]$ (mmol/L)	0,00	1,74	2,06	5,16	5,84	6,26	6,53	

1.3.1 Le mélange initial est-il stoechiométrique ? Justifier la réponse et préciser, s'il y a lieu le réactif limitant.

1.3.2 Déterminer la valeur théorique de la concentration en diiode formée lorsque la transformation est terminée.

1.3.3 Tracer le graphe  $[I_2] = f(t)$ .

1.3.4 Déterminer la composition du mélange réactionnel pour  $t = 300$  s.

1.3.5 Comment varie la vitesse volumique de réaction au cours du temps ? Justifier votre réponse. Quel facteur cinétique peut être responsable de cette variation ?

1.3.6 Rappeler la définition du temps de demi-réaction, puis déterminer sa valeur.

## EXERCICE 2

*Les esters représentent une famille chimique jouant un rôle capital dans la constitution des parfums.*

2.1 Ecrire la formule générale d'un ester.

61

Thierno Korka DIALLO (+221 77 465 32 33)  
Ingénieur électromécanicien, diplômé de l'Ecole Polytechnique de Thiès



$$\sum \pi \int$$

2.2 Citer deux exemples d'ester ; écrire leur formule semi-développée et leur nom.

2.3 Le salicylate de méthyle est utilisé en parfumerie et comme arôme alimentaire sous le nom d'essence de Wintergreen. Il se prépare à partir d'acide salicylique ( $\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}_2\text{H}$ ) et de méthanol ( $\text{CH}_3\text{OH}$ ).

2.3.1 Ecrire, avec les formules semi-développées, l'équation de la réaction d'estérification de l'acide salicylique par le méthanol.

2.3.2 On introduit dans un ballon 0,20 mol d'acide salicylique, 60 mL de méthanol et 7 mL d'acide sulfurique concentré.

a) Quelle est la masse d'acide salicylique à peser ? b) Montrer que le méthanol est en large excès. Quel est l'intérêt de procéder ainsi ?

c) Quels instruments peut-on utiliser pour mesurer les deux volumes liquides (60 mL et 7 mL) ? Justifier la réponse.

e) Après traitement du contenu du ballon, extraction et lavage de l'ester, on obtient une masse de 21,0 g d'essence de Wintergreen.

- Quelle masse maximale d'ester pouvait-on espérer recueillir ?

- En déduire le rendement de cette préparation.

#### Données :

Composé	Formule	Masse volumique (g/mL) pour les liquides	Masse molaire (g/mol)
Acide salicylique	$\text{HO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}_2\text{H}$		138
Méthanol	$\text{CH}_3-\text{OH}$	0,79	32
Salicylate de méthyle		1,18	152

#### EXERCICE 3

L'analyse d'un composé a révélé qu'il contient du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote.

Les pourcentages massiques sont : C : 32 % N : 18,67 % H : 6,67 %

3.1 Sachant que la molécule du composé renferme un seul atome d'azote, déterminer sa formule brute puis établir les formules semi-développées correspondantes.

3.2 Le composé est en fait un acide  $\alpha$  – aminé, préciser sa formule semi-développée et donner son nom dans la nomenclature officielle.

3.3 A cette formule correspond-il des antipodes ou inverses optiques ? Pourquoi ?

3.4 Dans la solution aqueuse de l'acide  $\alpha$  – aminé quel ion particulier trouve-t-on ? Donner les deux couples acide-base auxquels participe cet ion et écrire les demi-équations protoniques correspondantes.

3.5 On dispose de solutions aqueuses de l'acide  $\alpha$  – aminé, d'acide chlorhydrique et d'hydroxyde de sodium de même concentration  $C = 0,10 \text{ mol/L}$ .

3.5.1 On prélève 5 mL de la solution d'acide  $\alpha$ -aminé que l'on mélange avec 2,5 mL de la solution d'acide chlorhydrique, le pH du mélange est 2,40. Sachant que le pH isoélectrique de l'acide  $\alpha$ -aminé est 6, on demande les valeurs  $pK_1$  et  $pK_2$  des deux couples acide-base de la question précédente.

3.5.2 Quel est le pH d'un mélange de 5 mL de la solution d'acide  $\alpha$ -aminé avec 2,5 mL de la solution de soude ?

3.5.3 Préciser l'espèce majoritaire dans la solution d'acide  $\alpha$ -aminé lorsque son pH prend les valeurs successives suivantes : 1,5 ; 6,0 ; 11. Justifier sans calcul.

#### EXERCICE 4

On dissout 0,93 g d'une amine dans de l'eau pure à 25°C pour obtenir 600 cm<sup>3</sup> d'une solution S. A 50 cm<sup>3</sup> de la solution (S), on ajoute lentement une solution décimolaire d'acide chlorhydrique. A l'aide d'un pH-mètre on suit l'évolution du pH en fonction du volume V de solution d'acide chlorhydrique versé. L'ensemble des résultats obtenus conduit à la représentation graphique de la courbe donnée en annexe.

4.1 A partir de la courbe, répondre aux questions suivantes :

4.1.1 L'amine est-elle une base forte ou une base faible ? Justifier.

4.1.2 Déterminer le pKa du couple associé à l'amine.

4.1.3 Calculer la concentration molaire de l'amine.

4.2 En déduire sa formule. Indiquer son nom.

4.3 Ecrire l'équation-bilan de la réaction responsable de la variation du pH.

4.4 Pour V = 20 cm<sup>3</sup>, calculer les concentrations molaires des espèces chimiques présentes dans la solution.

#### EXERCICE 5

Consignes pour cet exercice : Choisir la ou les bonnes réponses. Aucune justification n'est demandée pour la réponse à chaque question. Il peut y avoir une ou plusieurs réponses justes à une question, il convient de les indiquer toutes. Une absence de réponse ou une réponse fausse sera pénalisée.

1. Une base forte au sens de Bronsted est une espèce qui :

1.1 libère un proton

1.2 libère un électron

1.3 capte un proton

1.4 capte un électron

2. L'ammoniac est une espèce

2.1 Basique

2.2 Acide

2.3 Neutre

2.4 Ampholyte


 $\sum \pi \int$ 

3. On considère le couple acide base AH/A<sup>-</sup> en solution. Le pKa du couple vaut 4,8. Le pH de la solution considérée est égal à 8.

- 3.1 L'acide AH est majoritaire dans la solution.
- 3.2 L'espèce A<sup>-</sup> est majoritaire dans la solution
- 3.3 Les espèces AH et A<sup>-</sup> ont des concentrations égales
- 3.4 H<sub>3</sub>O<sup>+</sup> est une espèce prédominante

4. La réaction d'estérification directe est une réaction entre :

- 4.1 Un acide et un alcool
- 4.2 Un anhydride d'acide et un alcool
- 4.3 Un chlorure d'acyle et un alcool
- 4.4 Une base et un acide

5. La réaction de saponification est une réaction :

- 5.1 Lente
- 5.2 Totale
- 5.3 Endothermique
- 5.4 Exothermique

6. L'ion peroxydisulfate S<sub>2</sub>O<sub>8</sub><sup>2-</sup> réagit avec l'ion iodure I<sup>-</sup> pour donner du diiode I<sub>2</sub> et l'ion sulfate SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>:

- 6.1 C'est une réaction acide – base
- 6.2 L'ion I<sup>-</sup> est oxydé
- 6.3 L'ion S<sub>2</sub>O<sub>8</sub><sup>2-</sup> est oxydé
- 6.4 L'ion I<sup>-</sup> est réducteur

7. L'acide lactique a pour formule CH<sub>3</sub> – CHOH – COOH

- 7.1 Son nom systématique est l'acide hydroxy-2-propanoïque
- 7.2 Sa molécule est chirale
- 7.3 Il ne présente pas d'énanthiomères
- 7.4 Il s'ionise totalement dans l'eau

8. On considère l'équation bilan :

aA + bB → cC + dD. A, B, C et D sont respectivement les formules des réactifs et des produits, a, b, c et d sont les coefficients stœchiométriques.

8.1 La vitesse de formation de C est :

$$V_c = + \frac{dn_c}{dt}$$

64

$\Sigma \pi$ 

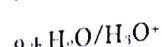
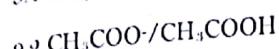
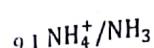
8.2 Entre la vitesse de disparition de B et la vitesse de formation de D on a, à chaque instant, la relation :  $v_B = v_D$

8.3 La vitesse de disparition de A est :

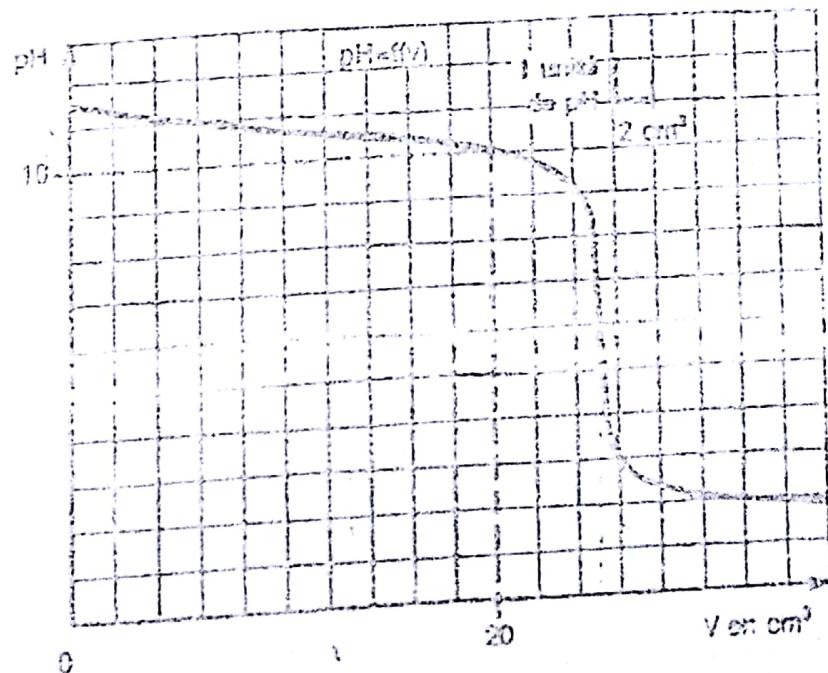
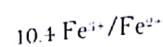
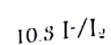
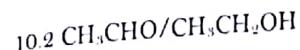
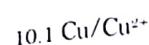
$$v_A = + \frac{dn_A}{dt}$$

8.4 La vitesse de A croît quand sa concentration diminue.

9. Indiquer les couples acides-bases correctement écrits :



10. Indiquer les couples oxydants-réducteurs correctement écrits :





2009

## EPREUVE DE PHYSIQUE



## EXERCICE 1

Pour étudier le passage d'une comète au voisinage de notre planète, un satellite lanceur de sonde est mis en orbite autour de la terre.

Données :  $G = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N.m}^2.\text{Kg}^{-2}$ ;  $M_T = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ Kg}$ ;  $R_T = 6400 \text{ km}$

La terre est considérée comme un corps à répartition sphérique de masse.

1.1 Etude du mouvement circulaire du système « lanceur – sonde » dans le référentiel géocentrique.

Dans un premier temps, le système « lanceur – sonde » est supposé mis sur une orbite circulaire à l'altitude  $h_0 = 200 \text{ km}$ . Il évolue à une vitesse  $V_0$ .

1.1.1 En supposant ce système uniquement soumis au champ gravitationnel terrestre, montrer que son mouvement est uniforme.

1.1.2 Exprimer la vitesse  $V_0$  en fonction de  $G$ ,  $M_T$ ,  $R_T$  et  $h_0$  et calculer sa valeur en km/s.

1.1.3 Etablir l'expression de sa période et la calculer.

1.2 L'énergie potentielle de gravitation s'écrit  $E_p = -\frac{GM_T m}{r}$ ,  $r$  étant le rayon de l'orbite,  $m$  est la masse du système.

1.2.1 Déterminer pour l'altitude  $h_0$ , l'expression de l'énergie mécanique  $E_{m0}$  du système en fonction de  $r_0$  puis en fonction de la vitesse  $V_0$ .

1.2.2 Lorsque l'altitude du satellite est un peu élevée, il peut subir des frottements des hautes couches de l'atmosphère. Son énergie mécanique diminue suivant la loi :  $E_m = E_{m0}(1 + \alpha t)$   $\alpha > 0$ .

On suppose que la trajectoire reste circulaire.

En comparant les énergies, montrer que le rayon de l'orbite diminue avec le temps alors que la vitesse augmente.

1.3 Etude de la sonde s'éloigna de la terre :

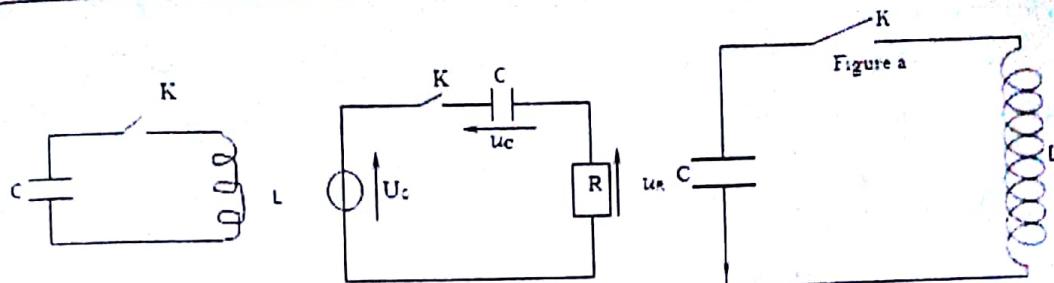
A l'altitude  $h_0$ , le lanceur et la sonde se séparent. Le lanceur communique à la sonde une vitesse  $V'_0 > V_0$  qui devra lui permettre d'échapper à l'attraction terrestre.

1.3.1 Donner l'expression de la valeur minimale  $V_{min}$  de la vitesse  $V'_0$  que le lanceur doit alors communiquer à la sonde en fonction de  $G$ ,  $M_T$ ,  $R_T$  et  $h_0$ .

1.3.2 Quelle relation relie alors  $V_{min}$  et  $V_0$ ?



## EXERCICE 2



On dispose d'un conducteur ohmique de résistance  $R = 10 \text{ M}\Omega$  et d'un condensateur de capacité  $C$  inconnue.

L'objectif est de déterminer  $C$ . Pour cela, le condensateur initialement déchargé et placé en série avec le conducteur ohmique, est chargé sous une tension  $U_0 = 5,0 \text{ V}$  selon le montage ci – contre.

La charge est suivie à l'aide d'un système d'acquisition informatique permettant de mesurer la tension  $u_c$  en fonction de la durée de la charge  $t$ .

2.1 A  $t = 0$ , on ferme le circuit. Ecrire la loi des tensions dans le circuit et en déduire l'équation différentielle liant  $u_c$ ,  $\frac{du_c}{dt}$  et les caractéristiques des composants du circuit.

2.2 Vérifier que  $u_c = A(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$  est solution de l'équation différentielle précédente et préciser les significations de  $\tau$  et  $A$ .

2.3 On a réalisé les mesures suivantes :

$t \text{ ms}$	0	5	10	15	20	25	30	35
$u_c \text{ (V)}$	0	2	3,2	3,9	4,4	4,6	4,8	4,9
$\ln \left( 1 - \frac{u_c}{U_0} \right)$								

2.3.1 Recopier le tableau, le compléter et tracer la courbe :  $\ln \left( 1 - \frac{u_c}{U_0} \right) = f(t)$  avec une échelle convenable.

2.3.2 En déduire la valeur de la constante  $\tau$  et de la capacité  $C$  du condensateur.

2.4 Pour vérifier ce résultat on réalise le montage schématisé ci – dessus (figure a). Le condensateur initialement chargé sous la tension  $U_0 = 5,0 \text{ V}$  et la bobine d'inductance  $L = 0,4 \text{ H}$  et de résistance négligeable sont associés en série comme indiqué sur le schéma. On ferme l'interrupteur K à la date  $t = 0$ .

2.4.1 Montrer que le circuit est le siège d'oscillations électriques dont on précisera la période.

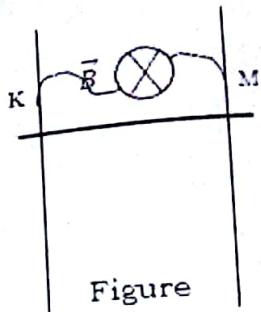
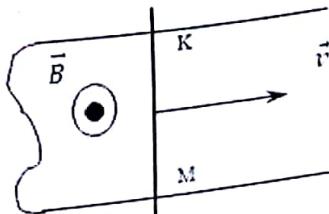
2.4.2 La période des oscillations, mesurée à l'oscilloscope, donne la valeur  $T = 4 \text{ ms}$ . En déduire la valeur de  $C$ . Conclure

## EXERCICE 3

Deux rails conducteurs rectilignes distants de  $a = 10 \text{ cm}$ , sont placés dans un plan horizontal. Une tige rigide KM de masse  $m$  peut glisser sans frottement sur les rails en leur restant perpendiculaire. La résistance rigide KM de masse  $m$  peut glisser sans frottement sur les rails en leur restant perpendiculaire. La résistance des rails étant négligeable et celle de la tige est  $R = 50 \Omega$ .

$\sum \pi$ 

**3.1** Le dispositif baigne dans un champ magnétique vertical, ascendant, d'intensité  $B = 1 \text{ T}$ . Un fil métallique relie les deux rails et la tige et est déplacée parallèlement aux rails à une vitesse constante  $v = 20 \text{ cm/s}$  figure 1



Figure

Figure

**3.1.1** Montrer que la tige est parcourue par un courant induit dont on justifiera qualitativement le sens.

**3.1.2** Etablir l'expression de la force électromotrice  $e_{KM}$  et calculer sa valeur, puis celle de l'intensité du courant induit.

**3.1.3** Quelle est la puissance électrique dissipée dans le circuit ?

**3.2** Le dispositif est maintenant dans un plan vertical et le champ magnétique horizontal garde toujours la même valeur (figure 2).

La tige abandonnée sans vitesse initiale, garde le contact avec les rails et se déplace sans frottement. À la date t sa vitesse est  $v$ .

**3.2.1** Faire le bilan des forces qui s'exercent sur la tige en précisant la direction, le sens et l'expression de leur intensité.

**3.2.2** En appliquant le théorème du centre d'inertie à la tige, écrire l'équation différentielle du mouvement auquel elle est soumise.

**3.2.3** Montrer que, si les rails sont suffisamment longs, la tige finira par atteindre une vitesse limite dont on déterminera l'expression.

#### EXERCICE 4

Une portion de circuit AD comprenant un conducteur ohmique de résistance  $R$  et une bobine d'inductance  $L$  et de résistance  $r$  est relié aux bornes d'un générateur GBF qui délivre une tension sinusoïdale :

$$u(t) = U_e \sqrt{2} \cos(\omega t + \varphi).$$

**4.1** Ecrire les expressions des impédances  $Z_{AB}$ ,  $Z_{BD}$  et  $Z_{AD}$  en fonction de  $R$ ,  $r$ ,  $L$  et  $\omega$ .

**4.2** On règle la tension  $u(t)$  à la valeur efficace  $U_e = 8,4 \text{ V}$  et la fréquence  $N = 50 \text{ Hz}$ . L'ampèremètre indique  $I_e = 0,7 \text{ A}$ .

A l'aide d'un voltmètre on mesure  $U_{AB} = 5,6 \text{ V}$ ,  $U_{BD} = 4,76 \text{ V}$ .

**4.2.1** En déduire les valeurs de  $R$ ,  $r$  et  $L$ .

**4.2.2** Calculer le déphasage de l'intensité  $i(t)$  par rapport à la tension  $u(t)$ .

**4.3** On introduit en série entre la bobine et le conducteur ohmique, un condensateur de capacité  $C$ , gardant inchangées l'amplitude et la pulsation de la tension  $u(t)$ .

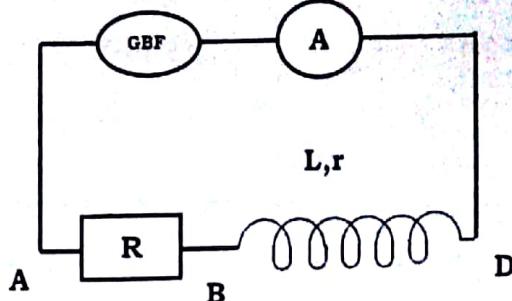
Thierno Korka DIALLO (+221 77 465 32 33)  
Ingénieur électromécanicien, diplômé de l'Ecole Polytechnique de Thiès

$C = \sum \pi \int$ 

4.3.1 Représenter le schéma obtenu en y précisant les branchements qui permettent de visualiser à l'oscilloscope la tension délivrée par le GBF en voie 1 et l'intensité du courant qui parcourt le circuit en voie 2.

4.3.2 Déterminer, en utilisant la construction de Fresnel, la capacité  $C$  du condensateur si le facteur de puissance reste aussi inchangé.

4.3.3 Calculer la puissance moyenne consommée par le dipôle AD.



### EXERCICE 5

#### Etude d'un tir au Hand – Ball

Ayant vu le gardien adverse avancé de ses buts (voir figure), un attaquant décide de le lobé. Pour cela, il saute en extension et, à la date  $t = 0$ , le ballon quitte sa main avec une vitesse  $V_0 = 7 \text{ m/s}$  faisant un angle  $\alpha = 60^\circ$  avec l'horizontale, à une hauteur  $H = 2,80 \text{ m}$  et à une distance  $D = 5 \text{ m}$  des buts. Le gardien est à  $2 \text{ m}$  devant ses buts, les bras levés et tendus représentant un obstacle d'une hauteur  $h = 2,10 \text{ m}$ . La barre transversale des buts est à  $2,0 \text{ m}$  au-dessus du sol.

Pour simplifier, on négligera l'action de l'air sur le ballon qui sera considéré comme un point matériel confondu avec son centre d'inertie G. On prendra  $g = 10 \text{ m/s}^2$ .

5.1 En appliquant le théorème du centre d'inertie :

5.1.1 Déterminer le vecteur accélération du mouvement du ballon.

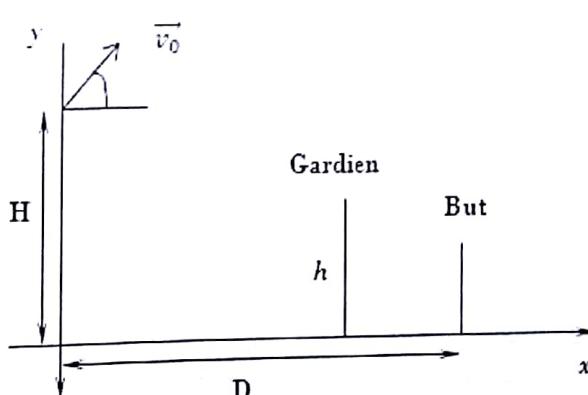
5.1.2 En déduire les équations horaires donnant la position de G à chaque instant, dans le repère  $(O, \vec{i}, \vec{j})$ .

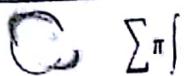
5.2 Etablir l'équation de la trajectoire et préciser sa nature.

5.3 Trouver l'ordonnée du centre d'inertie G du ballon lorsqu'il se trouve au niveau du gardien. Ce dernier est-il lobé ?

5.4 Le but est-il marqué ?

5.5 Montrer que, pour que le but soit marqué, avec ce même angle de tir, le vecteur vitesse  $\vec{v}_0$  doit avoir une norme comprise entre deux valeurs limites que l'on déterminera.





2009

## EPREUVE DE CHIMIE



## EXERCICE 1

L'arôme de banane est dû :

- soit à la présence d'extraits naturels de banane ;
- soit à la présence d'un composé artificiel, l'acétate de butyle ou éthanoate de butyle.

1.1 L'acétate de butyle a pour formule semi-développée :  $\text{CH}_3 - \text{COO} - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_2 - \text{CH}_3$ .

Indiquer la famille de composés organiques à laquelle appartient l'éthanoate de butyle.

Acides carboxyliques

Acide méthanoïque

Acide acétique (ou acide éthanoïque)

Acide butanoïque

Alcools

Butan-1-ol

Ethanol

Propan-1-ol

1.2 La synthèse de l'acétate de butyle, noté (E), peut être réalisé à partir d'un acide (A) et d'un alcool (B). Parmi les composés cités ci-dessous identifier les composés (A) et (B) nécessaires à la synthèse de (E).

1.3 On se propose de synthétiser au laboratoire l'acétate de butyle (E) à partir des composés (A) et (B) et de réaliser un suivi cinétique de cette synthèse. Pour cela, dans un bêcher placé dans un bain d'eau glacée, on introduit :

- un volume  $V_A = 5,8 \text{ mL}$  d'acide carboxylique (A) ;
- un volume  $V_B = 9,2 \text{ mL}$  d'alcool (B) (soit 0,1 mol) ;
- quelques gouttes d'acide sulfurique concentré.

Données	Masse molaire (g/mol)	Masse volumique (g/mL)	Température d'ébullition (°C)
A	60	1,05	116,2
B	74	0,81	117,8
E	116	0,87	126,5
Eau	18	1,00	100

1.3.1 Justifier la nécessité de placer initialement le bêcher dans un bain d'eau glacée.

1.3.2 Justifier succinctement l'intérêt d'ajouter de l'acide sulfurique sachant qu'il ne participe pas à la transformation chimique étudiée.

1.3.3 Le mélange initial (acide + alcool) est équimolaire. La quantité d'acide introduite est égale à 0,10 mole. Calculer la masse d'acide carboxylique (A) introduite dans le volume  $V_A$ .

1.3.4 Calculer la masse maximale de l'acétate de butyle (E) qu'on peut ainsi former.

70

Thierno Korka DIALLO (+221 77 465 32 33)

Ingénieur électromécanicien, diplômé de l'Ecole Polytechnique de Thiès


 $\sum \pi$ 

1.4 On agit le mélange initial et on repartit avec précision le mélange dans 10 tubes à essais placés préalablement dans un bain d'eau glacée. Chaque tube contient ainsi un dixième de volume du mélange initial.

On place ensuite simultanément tous les tubes dans un bain thermostaté à 80° C et on déclenche alors le chronomètre (instant de date  $t_0 = 0$  s).

Afin de réaliser un suivi temporel de la synthèse de l'acétate de butyle, on dose, à des dates déterminées, les acides restants, (acide sulfurique et acide carboxylique (A)), dans chacun des tubes par une solution de soude de concentration molaire apportée  $C = 1,0$  mol/L, en présence d'un indicateur coloré. Avant chaque titrage, on plonge le tube dans un bain d'eau glacée.

Une étude préalable a permis de connaître le volume de soude nécessaire au titrage de l'acide sulfurique présent dans chacun des tubes.

Les résultats expérimentaux des titrages successifs sont donnés ci-dessous. On désigne par  $V_{eq}$  le volume de soude nécessaire au titrage de l'acide carboxylique seul.

t(min)	0	5	10	15	20	30	45	60	75
$V_{eq}$ (mL)	10,0	6,6	5,0	4,4	4,0	3,7	3,4	3,3	3,3

1.4.1 Préciser le rôle de l'indicateur coloré.

1.4.2 Sans calcul, justifier l'évolution au cours du temps du volume de soude à verser pour atteindre l'équivalence.

1.4.3 Exprimer la quantité d'acide carboxylique présent dans un tube à un instant de date  $t$  en fonction de  $C$  et  $V_{eq}$ .

1.4.4 Montrer que la quantité d'ester formée, à une date  $t$ , est donnée par une relation de la forme :  $X = 0,10 - 10CV_{eq}$ .

1.5 A partir des résultats expérimentaux, tracer la courbe  $X = f(t)$ .

1.5.1 Déterminer graphiquement la valeur finale  $X_f$  de la quantité d'ester formée.

1.5.2 Justifier qualitativement chacune des deux propositions suivantes :

- la transformation chimique est lente ;

- la transformation chimique n'est pas totale.

1.5.3 Au bout d'une certaine durée, le système chimique est en état « d'équilibre dynamique ». Expliquer cette expression.

1.5.4 Pour synthétiser le composé (E) par une transformation chimique raide et totale, il est possible de remplacer l'acide carboxylique (A) par un de ses dérivés.

Donner le nom et la formule semi-développée de ce dérivé, écrire l'équation-bilan de cette réaction de synthèse.

## EXERCICE 2

L'acide benzoïque et le benzoate de sodium sont des conservateurs alimentaires, utilisés en particulier dans certaines boissons rafraîchissantes.

Données : L'acide benzoïque est un solide moléculaire blanc, de formule  $C_6H_5COOH$ , peu soluble dans l'eau.



$\sum \pi$

Le benzoate de sodium est un solide ionique blanc, de formule  $\text{NaC}_6\text{H}_5\text{CO}_2$ , très soluble dans l'eau.

Définitions :

- La solubilité  $s$  d'une substance est la masse maximale de substance que l'on peut dissoudre par litre de solution, à une température donnée.
- Le coefficient de dissociation  $\alpha$  d'un acide est :  

$$\alpha = \frac{\text{quantité de matière d'acide dissocié}}{\text{quantité de matière d'acide mis initialement en solution}}$$

Solubilité dans l'eau à  $25^\circ\text{C}$  : pour l'acide benzoïque :  $s = 2,5 \text{ g/L}$  ; Pour le benzoate de sodium :  $s = 650 \text{ g/L}$

$pK_a$  à  $25^\circ\text{C}$  :  $\text{H}_3\text{O}^+ / \text{H}_2\text{O} : 0$  ;  $\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH} / \text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^- : 4,2$  ;  $\text{H}_2\text{O} / \text{OH}^- : 14$

Produit ionique de l'eau à  $25^\circ\text{C}$  :  $K_w = 10^{-14}$  ; Masses molaires en g/mol :

Acide benzoïque : 122 ; Benzoate de sodium : 144

On dispose d'une solution saturée d'acide benzoïque. On filtre cette solution que l'on notera par la suite (S).

2.1 Montrer que la concentration de la solution (S) est  $C_a = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$ .

2.1.1 Le pH de la solution (S) est 2,9. L'acide benzoïque est-il un acide fort ou faible ? Justifier la réponse.

2.1.2 Ecrire l'équation bilan de la réaction entre l'acide benzoïque et l'eau.

2.1.3 En utilisant un axe des pH, indiquer les domaines de prédominance de l'acide benzoïque et de sa base conjuguée. Justifier.

Déterminer, pour la solution (S), la valeur du rapport :  $\frac{[\text{C}_6\text{H}_5\text{COOH}]}{[\text{C}_6\text{H}_5\text{CO}_2^-]}$

2.1.5 Montrer que le coefficient de dissociation de l'acide benzoïque est :  $\alpha = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+]}{C_a}$

Calculer  $\alpha$  pour la solution (S). Comment évolue ce coefficient lorsqu'on dilue cette solution ?

2.2 On introduit dans un bêcher 100 mL d'une solution aqueuse de benzoate de sodium de concentration  $5,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L}$ . On verse, dans cette solution, 25 mL d'une solution d'acide chlorhydrique de concentration 1,0 mol/L. On observe l'apparition d'un précipité blanc.

2.2.1 Placer, sur une échelle des  $pK_a$ , les couples acide/base en présence dans le mélange.

2.2.2 En déduire l'équation bilan de la réaction prépondérante.

Déterminer la constante de réaction  $K_r$ . Cette réaction est-elle quantitative ?

2.2.3 Déterminer, dans ce mélange, la quantité de matière totale d'acide benzoïque.

Justifier la formation d'un précipité. Calculer sa masse.

### EXERCICE 3

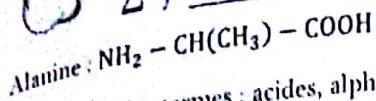
On donne les acides  $\alpha$ -aminés suivants :

Glycine :  $\text{NH}_2 - \text{CH}_2 - \text{COOH}$  ; Leucine :  $\text{CH}_3 - \text{CH}(\text{CH}_3) - \text{CH}_2 - \text{CH}(\text{NH}_2) - \text{COOH}$

72

Thierno Korka DIALLO (+221 77 465 32 33)

Ingénieur électromécanicien, diplômé de l'Ecole Polytechnique de Thiès



3.1 Justifier les termes : acides, alpha ( $\alpha$ ) et aminés.

3.2 Indiquer le nom de ces acides  $\alpha$ -aminés dans la nomenclature officielle. Ces molécules sont-elles chirales ? Pourquoi ?

3.3 On veut faire la synthèse du dipeptide noté Gly → Ala.

3.3.1 Ecrire l'équation correspondante. Indiquer (en rouge) la liaison peptidique. La molécule du dipeptide est-elle chirale ? Justifier.

3.3.2 Quelles sont les fonctions que l'on doit activer ou bloquer pour y parvenir ?

3.3.3 Citer un moyen de blocage et un moyen d'activation de la fonction carboxylique.

3.3.4 Citer un moyen de blocage de la fonction amine.

3.3.5 Si on ne prenait pas certaines précautions, combien de dipeptides obtiendrait-on ?

3.3.6 Si on prépare le dipeptide Gly → Ala par voie chimique (amino-acides de synthèse) on obtient un mélange racémique. Expliquer ce terme et donner les représentations de Fischer de la Gly → Ala en indiquant brièvement les conventions de cette représentation.

3.4 L'hydrolyse d'une mole d'un tripeptide donne 2 moles de glycine et une mole de leucine. Ecrire les formules semi-développées des 3 enchainements différents envisageables pour le tripeptide. Les nommer.

3.5 On s'intéresse à la molécule d'alanine.

3.5.1 Ecrire la formule de l'amphion correspondant à l'alanine (Z).

3.5.2 Ecrire les deux couples acide-base Z/Z<sup>-</sup> et Z<sup>+</sup>/Z auxquels participe cet amphion.

#### EXERCICE 4

A 25° C, une solution contenant des ions péroxodisulfate  $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$  et des ions iodure I<sup>-</sup> se transforme lentement. Le tableau ci-dessous traduit l'évolution d'un système contenant initialement 10 mmol de péroxodisulfate d'ammonium et 50 mmol d'iodure de potassium.

t(min)	0	2,5	5	10	15	20	25	30
n( $\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$ ) (mmol)	10	9	8,3	7	6,15	5,5	4,9	4,4

4.1 Ecrire l'équation bilan de la réaction sachant qu'elle fournit du diiode et des ions sulfate.

4.2 Tracer la courbe représentant l'évolution du nombre de moles d'ions péroxodisulfate en fonction du temps :  $n(\text{S}_2\text{O}_8^{2-}) = f(t)$ .

4.3 Déterminer la composition du mélange réactionnel pour t = 7,5 min.

4.4 Déterminer en précisant son unité, la vitesse de disparition des ions péroxodisulfate pour t = 7,5 min. Quelle est alors la vitesse de formation du diiode ?

4.5 Le mélange initial est-il dans les proportions stœchiométriques ? Déterminer le temps de demi-réaction.

4.6 Par quelle méthode peut-on suivre le déroulement de la réaction ?



$$\sum \pi \int$$

**EXERCICE 5**

Au cours d'une séance de travaux pratiques, on fait réagir entre elles deux solutions aqueuses, l'une d'éthanamine, l'autre d'acide chlorhydrique afin de déterminer le pKa du couple.

La concentration de l'acide est  $C_a = 0,1 \text{ mol/L}$ .

On verse progressivement l'une des solutions dans  $V = 10,0 \text{ cm}^3$  de l'autre et on mesure les différentes valeurs prises par le pH de la solution ainsi obtenue afin de tracer les courbes de variation du pH en fonction du volume versé.

Deux groupes d'élèves comparent les tracés (courbe 1 et courbe 2) qu'ils ont obtenu et constatent qu'ils pas suivi le même mode opératoire.

**5.1**

\* Ecrire l'équation bilan de la réaction acide-base.

\* Calculer et comparer les valeurs de la concentration  $C_b$  de la solution d'éthanamine déduites de l'étude des deux courbes.

**5.2** A partir de la courbe 1, déterminer en justifiant votre réponse la valeur de la constante pKa du couple ion éthylammonium/éthanamine.

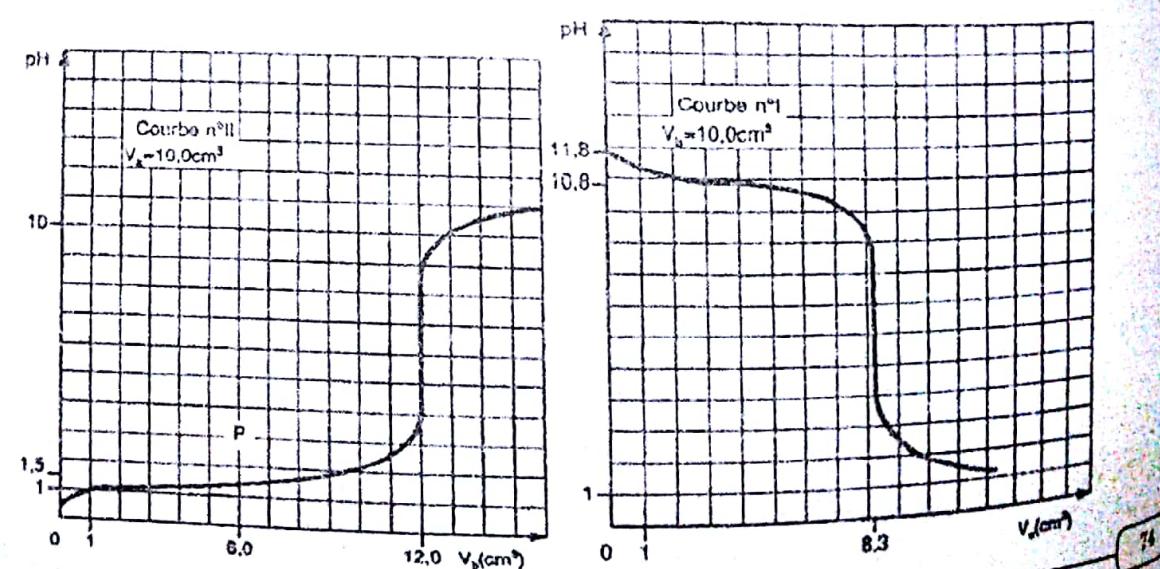
**5.3** On considère la solution obtenue quand on a versé  $6,0 \text{ cm}^3$  de la solution basique dans  $10 \text{ cm}^3$  de solution acide : le pH vaut alors 1,5 (point P de courbe 2).

- Calculer les concentrations molaires des espèces chimiques présentes dans la solution considérée.
- Quelles sont les espèces chimiques majoritaires ? Expliquer comment on pourrait prévoir ce résultat sans effectuer de calcul.

**5.4** Les élèves ayant obtenu le tracé de la courbe 2 veulent déterminer le pKa du couple  $\text{C}_2\text{H}_5-\text{NH}_3^+/\text{C}_2\text{H}_5-\text{NH}_2$ . Le professeur leur conseille alors de déterminer approximativement le point de double équivalence. Qu'est-ce qu'on entend par double équivalence ?

Déterminer par extrapolation le point de double équivalence.

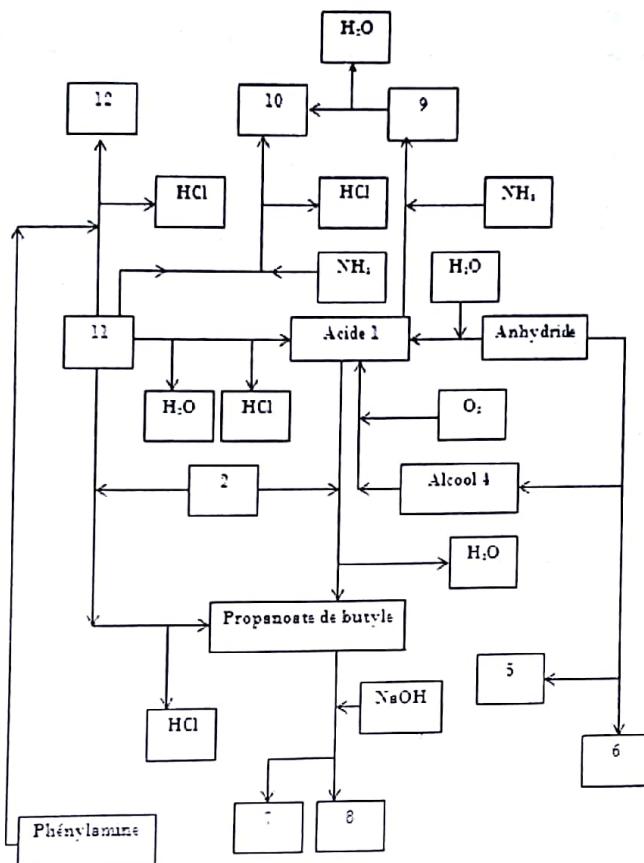
Expliquer pourquoi l'ordonnée du point de double équivalence correspond au pKa du couple.



## EXERCICE 6

On considère le diagramme ci-dessous.

Donner la formule semi-développée et le nom des composés correspondants aux cases numérotées de 1 à 12.



$C \sum n$ 

2008

## EPREUVE DE PHYSIQUE



## EXERCICE 1

A l'occasion des Jeux Olympiques de l'été 1996, une revue scientifique faisait état des dernières méthodes de dépistage du dopage. On y décrivait une nouvelle méthode en voie d'homologation, mettant en jeu la spectrométrie de masse, dont le principe est donné ci-après.

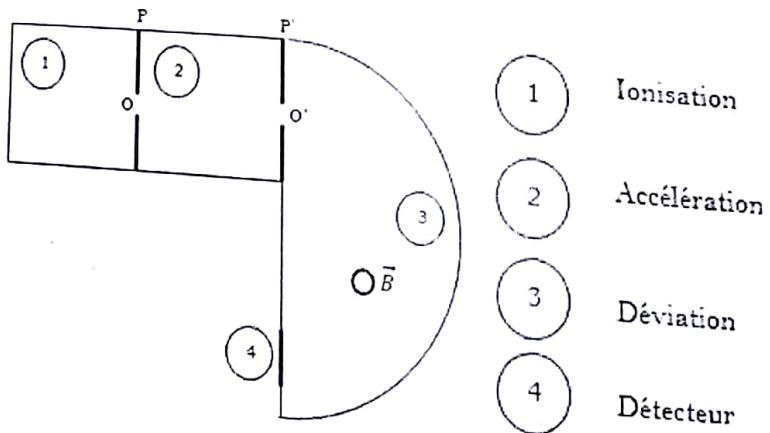
Le dopage par les stéroïdes anabolisants administrés aux sportifs pour que leurs muscles se développent serait assez facile à dépister. Pourtant des stéroïdes anabolisants, notamment la testostérone, l'hormone mâle, sont naturellement présents dans l'organisme : on se demande comment faire la différence entre l'hormone naturelle et l'anabolisant interdit.

On se propose une méthode fondée sur la spectrométrie de masse isotopique, où l'on détermine le rapport des concentrations en carbone 13 ( $^{13}\text{C}$ ) et en un de ses isotopes de carbone 12 ( $^{12}\text{C}$ ). En effet, les rapports qui caractérisent les matières premières utilisées pour la préparation de la testostérone de synthèse et les molécules bio synthétisées par l'homme à partir de son alimentation, sont différents.

On se propose dans cette méthode de mesurer le rapport des concentrations de carbone  $^{13}\text{C}$  et en carbone  $^{12}\text{C}$  du dioxyde de carbone provenant de la combustion de l'hormone extraite d'un prélèvement d'urine de l'athlète contrôlé, par la technique de la spectrométrie de masse. Le déplacement des particules dans les chambres d'accélération et de déviation s'effectue dans le vide.

## 1.1 Accélération

La chambre d'ionisation (1) produit des ions  $^{12}\text{CO}_2^+$  de masse  $m_1$  et des ions  $^{13}\text{CO}_2^+$  de masse  $m_2$ . On néglige les forces de pesanteur dans la suite du problème ; le mouvement des ions est rapporté au référentiel du laboratoire considéré comme galiléen. Les ions  $^{12}\text{CO}_2^+$  et  $^{13}\text{CO}_2^+$  pénètrent dans la chambre d'accélération en O avec une vitesse initiale considérée comme nulle ; ils sont soumis à un champ électrique  $\vec{E}$ , supposé uniforme, entre les plaques P et P' et sortent de la chambre en O' avec respectivement des vitesses de valeurs  $v_1$  et  $v_2$ .





1.1.1 Reproduisez le schéma sur votre copie, représentez le vecteur champ électrique  $\vec{E}$  et justifiez votre réponse.

1.1.2 En appliquant le théorème de l'énergie cinétique à l'ion  $^{12}\text{CO}_2^+$ , exprimer  $v_1$  en fonction de la masse  $m_1$ , de la charge élémentaire  $e$  et de la tension  $U_0 = V_B - V_P$ .

1.1.3 Exprimer  $v_2$  en fonction de  $m_1$ ,  $m_2$  et  $v_1$ .

1.1.4 Calculer  $v_1$  et  $v_2$ .

Données:

$$|U_0| = 4\,000 \text{ V} ; m_1 = 7,31 \cdot 10^{-26} \text{ Kg} ; m_2 = 7,47 \cdot 10^{-26} \text{ Kg} ; e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$$

### 1.2 Déviation

Les ions  $^{12}\text{CO}_2^+$  et  $^{13}\text{CO}_2^+$  pénètrent en O' dans une zone où règne un champ magnétique uniforme, de vecteur perpendiculaire au plan de la figure, permettant d'atteindre la plaque détectrice (+).

1.2.1 Représenter sur le schéma reproduit le vecteur champ magnétique  $\vec{B}$  permettant la déviation des ions vers la plaque détectrice.

1.2.2 Exprimer le rayon  $r$  de la trajectoire des ions en fonction de  $m$ ,  $e$ ,  $U_0$  et  $B$ .

1.2.3 En déduire le rapport des rayons des trajectoires des ions  $^{12}\text{CO}_2^+$  et  $^{13}\text{CO}_2^+$  en fonction de leurs masses  $m_1$  et  $m_2$ .

1.2.4 Placer les positions I<sub>1</sub> et I<sub>2</sub> des points d'impact des ions de masse  $m_1$  et  $m_2$  sur le schéma recopié.

1.2.5 Exprimer la distance I<sub>1</sub>I<sub>2</sub> en fonction de  $m_1$ ,  $m_2$ ,  $U_0$  et  $B$ .

1.2.6 Calculer la distance I<sub>1</sub>I<sub>2</sub> sachant que  $B = 0,25 \text{ T}$ .

### 1.3 Résultat d'un contrôle

L'analyse des impacts a permis de dénombrer les atomes  $^{12}\text{C}$  et  $^{13}\text{C}$  contenus dans les ions arrivés sur le détecteur pendant une certaine durée.

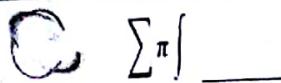
Les résultats des comptages effectués à partir des échantillons d'urine de deux athlètes A et B sont rassemblés dans le tableau ci-dessous. On y fait figurer également les comptages réalisés à partir d'un étalon standard international.

Les résultats des équipes de recherche sur cette méthode font la référence à un coefficient défini par la

$$\text{relation } \delta = 1000 \times \frac{R - R_{\text{standard}}}{R_{\text{standard}}} \text{ avec } R = \frac{N_2}{N_1}.$$

Les nombres d'atomes de carbone 12 et 13, respectivement  $N_1$  et  $N_2$ , sont donnés dans le tableau, tiennent compte de corrections dues, en particulier, à la présence d'isotopes de l'oxygène. On considère que l'athlète s'est dopé si la valeur du coefficient  $\delta$  est notablement inférieure à -27.

	$N_1(^{12}\text{C})$	$N_2(^{13}\text{C})$	R	$\delta$
Athlète A	2231	24		
Athlète B	2575	27		
Étalon standard	2307	25		



1.3.1 Recopier et compléter le tableau.

1.3.2 A partir des données du tableau, déterminer s'il y a eu dopage pour les athlètes A et B.

## EXERCICE 2

	$E_1 = -0,70 \text{ eV}$
	$E_2 = -3,75 \text{ eV}$
	$E_3 = -4,99 \text{ eV}$
	$E_4 = -10,6 \text{ eV}$ (niveau fondamental)

On donne sur le diagramme ci-contre quelques niveaux d'énergie de l'atome de mercure.

### 2.1 Spectre d'émission du mercure

2.1.1 Calculer les énergies des photons émis par l'atome de mercure lorsque celui-ci passe :

a) du niveau  $E_3$  au niveau  $E_1$ .

b) du niveau  $E_2$  au niveau  $E_1$ .

2.1.2 Recopier le diagramme et représenter par une flèche le passage de l'atome de mercure du niveau  $E_3$  au niveau  $E_1$ .

2.1.3 Quelles sont les longueurs d'onde  $\lambda_{31}$  et  $\lambda_{20}$  des rayonnements émis ? Dans quels domaines de radiations se trouvent ces deux longueurs d'onde ?

Données :

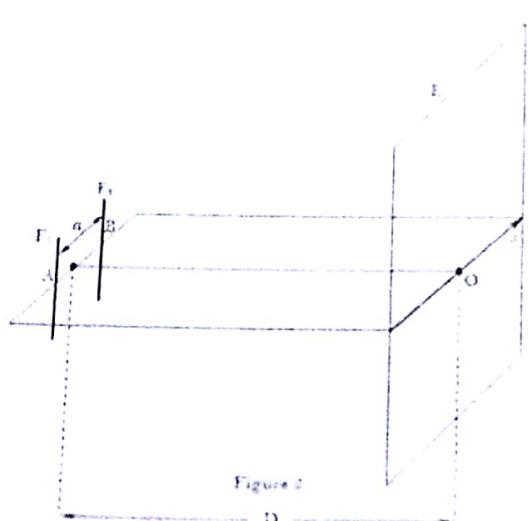
Charge élémentaire :  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$

Constante de Planck :  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$

Vitesse de la lumière :  $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$

2.1.4 Citer un appareil permettant d'observer un spectre de raies d'émission.

2.2 On réalise ensuite une expérience d'interférences en lumière monochromatique en utilisant l'une des longueurs d'onde précédentes que l'on note  $\lambda$ . On utilise une fente source avec laquelle on éclaire deux fentes verticales très fines  $F_1$  et  $F_2$  séparées par une distance  $a = 2,00 \text{ mm}$



A une distance  $D = 0,50 \text{ m}$  des deux fentes, on place un écran vertical  $E$  permettant d'observer le phénomène d'interférences.

On considère sur l'écran un axe  $Ox$  horizontal,  $O$  se trouvant à égale distance de  $A$  et  $B$  (figure 2).

Pour un point  $M$  de cet axe d'abscisse  $x$ , la différence de marche entre deux rayons provenant de  $F_1$  et de  $F_2$  vaut :  $\delta = \frac{ax}{D}$ .

2.2.1 Représentez qualitativement sur votre copie la figure observée sur l'écran  $E$ .

2.2.2 Etablir l'expression de l'interférence  $i$  en fonction de  $\lambda$ ,  $D$  et  $a$ .

74

$$\sum \pi$$

2.2.3 On mesure  $i = 137 \text{ um}$ . Quelle est la longueur d'onde utilisée dans cette expérience ?

2.3 On réalise enfin une expérience d'interférences en utilisant les radiations de longueurs d'onde précédentes  $\lambda_{31}$  et  $\lambda_{20}$ . Le dispositif expérimental est celui de la figure 2.

A quelle distance de la frange centrale se produit la première superposition des deux franges brillantes produites par les deux radiations ?

### EXERCICE 3

Lors d'une séance de travaux pratiques, on se propose de déterminer l'inductance  $L$  et la résistance interne  $r$  d'une bobine par deux groupes d'élèves.

Première méthode :

Le premier groupe (Marie NDIAYE, Samory GASSAMA) réalise le circuit schématisé par la figure 1.

Il monte en série un conducteur ohmique de résistance  $R = 2\ 200 \Omega$ , la bobine d'inductance  $L$  et de résistance interne  $r$  inconnues et un condensateur de capacité  $C = 3,32 \text{ nF}$ .

L'ensemble est alimenté par un générateur de fréquence variable qui délivre une tension sinusoïdale d'amplitude maintenue constante.

A l'aide d'un oscilloscope bi courbe, les élèves visualisent les tensions  $u(t)$  aux bornes du générateur et  $u_R(t)$  aux bornes du conducteur ohmique.

3.1 Reproduire le schéma de la figure 1 en indiquant les branchements de l'oscilloscope pour visualiser sur la voie  $Y_A$  et la tension  $u(t)$  aux bornes du générateur et sur la voie  $Y_B$  la tension  $u_R(t)$  aux bornes du conducteur ohmique.

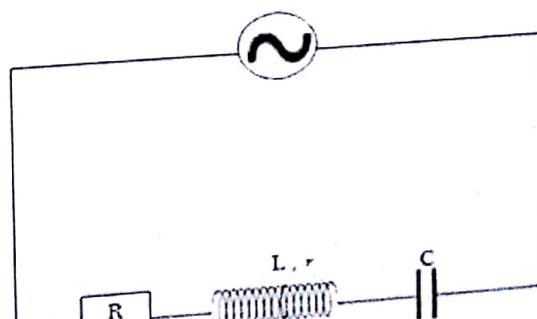
3.2 Les élèves fixent la fréquence de la tension à une valeur  $f_1$  et obtiennent l'oscillogramme de la figure 2.

Déterminer la période  $T_1$  et la fréquence  $f_1$  des tensions observées.

Données :

Balayage :  $s_h = 50 \text{ us/div}$

Sensibilité verticale :  $s_v = 2 \text{ V/div}$



3.3 Mary estime que les calculs seraient fastidieux pour déterminer  $L$  et  $r$ . Elle change le réglage de la fréquence pour obtenir l'oscillogramme de la figure 3.

79

C  $\sum \pi \int$

3.3.1 Quel est le phénomène observé sur l'oscillogramme de la figure 3 ?

3.3.2 Déterminer  $L$  et  $r$  à partir de l'oscillogramme de la figure 3.

3.3.3 Peut-on dire que la résistance interne  $r$  de la bobine est négligeable ? Justifier votre réponse.

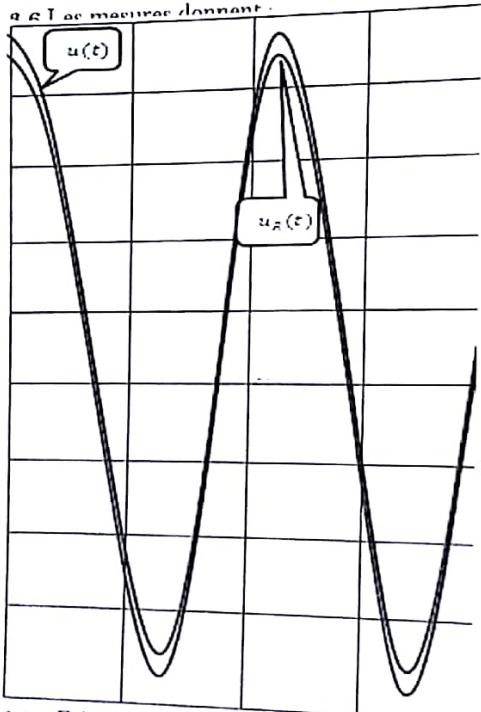
3.4 Expliquer, en utilisant la démarche que les élèves auraient adoptée pour la figure 1, pourquoi le réglage de Marie donne une exploitation plus simple.

#### Deuxième méthode :

Le deuxième groupe (Keita, Pascal et M<sup>lle</sup> Senghor) utilise les mêmes composants en série mais utilise un voltmètre et un ampèremètre pour effectuer les mesures adéquates.

3.5 Reproduire le schéma de la figure 1 en indiquant le branchement de l'ampèremètre pour mesurer l'intensité efficace du courant et celui du voltmètre pour mesurer la tension efficace aux bornes de la bobine.

3.6.1 Les mesures donnent :



$$\text{Intensité efficace : } I_{\text{eff}} = 1,46 \text{ mA}$$

Tensions efficaces :

$$\text{Aux bornes du résistor : } U_R = 3,21 \text{ V}$$

$$\text{Aux bornes du condensateur : } U_C = 9,98 \text{ V}$$

$$\text{Aux bornes de la bobine : } U_L = 6,42 \text{ V}$$

$$\text{Aux bornes du générateur : } U = 5 \text{ V}$$

3.6.1 Faire la construction de Fresnel en indiquant l'échelle choisie.

3.6.2 A partir de la construction de Fresnel, déterminer graphiquement l'inductance  $L$  de la bobine et sa résistance interne  $r$ .

#### EXERCICE 4

4.1 Deux rails parallèles distants de  $a$  forment un plan horizontal ; un champ magnétique  $\vec{B}$  d'intensité  $B = 1$  T traverse ce plan comme l'indique la figure. On relie les rails par un résistor de résistance  $R = 1 \Omega$  et un conducteur MN de résistance négligeable, glisse sur les rails en leur restant perpendiculaire. La distance entre les rails est  $a = 10 \text{ cm}$  et la tige se déplace à la vitesse  $v = 50 \text{ cm/s}$ . rails et d'intensité  $v = 50 \text{ cm/s}$ .

**C**  $\sum \int$ 

4.1.1 Montrer que la tige MN, en mouvement dans le champ  $\vec{B}$  se comporte comme un générateur. Quel est le nom donné à ce phénomène ?

4.1.2 Reproduire la figure et indiquer le sens de circulation des électrons et celui du courant.

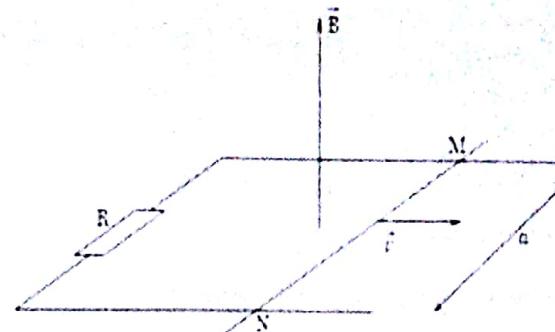
4.1.3 Etablir l'expression de la force électromotrice induite en fonction de  $B$ ,  $a$  et  $v$ .

4.1.4 En déduire l'expression de la tension  $U_{MN}$  :

a) aux bornes du résistor ;

b) aux bornes de la tige.

4.1.5 Calculer l'intensité du courant  $i$ .



4.2 On utilise une autre méthode plus courante pour produire de l'énergie. Elle consiste à faire tourner un aimant droit placé à côté d'une bobine.

La bobine, de longueur  $\ell = 50$  cm comprenant  $n = 1000$  spires de rayon  $r = 2$  cm, est relié à un résistor de résistance  $R$ .

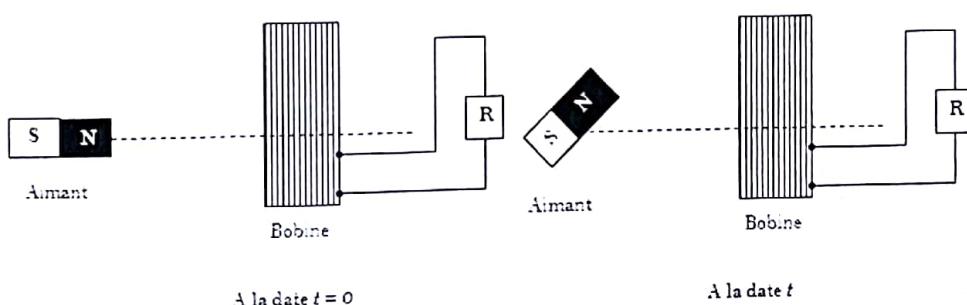
L'aimant tourne librement autour d'un axe vertical passant par son centre à la vitesse angulaire  $= 4\pi \text{ rad/s}$ . On suppose que le champ magnétique produit par l'aimant, au voisinage de la bobine, a une intensité constante  $B_0 = 10^{-2} \text{ T}$  quelque soit la direction de l'aimant.

A l'instant  $t = 0$ , l'axe de la bobine et la direction de  $\vec{B}$  sont parallèles.

4.2.1 A une date quelconque, la bobine a tourné de l'angle  $\theta = \omega t$ . Exprimer en fonction des données le flux  $\Phi(t)$  à travers la bobine.

4.2.2 Montrer que la bobine est le siège d'une force électromotrice d'induction  $e(t)$ .

Calculer sa valeur maximale.



4.3

4.3.1 Quels sont, selon vous, les avantages de la deuxième méthode comparée à la première ?

4.3.2 La deuxième méthode est utilisée pour alimenter les lampes d'une bicyclette. Quel est le procédé utilisé pour faire tourner l'aimant dans ce cas ?

### EXERCICE 5

$\Sigma \pi /$ 

Une mouche se déplace lentement sur l'aiguille indicatrice des secondes d'une grande montre. La mouche est au centre O de la montre à l'instant  $t_0 = 0$  et se dirige vers l'extrémité E de l'aiguille à la vitesse  $v = 5 \cdot 10^{-3} \text{ m/s}$  (vitesse de la mouche par rapport à E).

**5.1**

**5.1.1** Quelle est la nature du mouvement de E par rapport à O ?

**5.1.2** Déterminer :

- La vitesse angulaire  $\omega$  du mouvement de E.
- L'équation horaire  $\theta(t)$  du mouvement de E.
- Les équations horaires  $x_E(t)$  et  $y_E(t)$  du mouvement de E sachant que la longueur de l'aiguille est 30 cm.

**5.2**

**5.2.1** Quelle est la nature du mouvement de la mouche par rapport à E ?

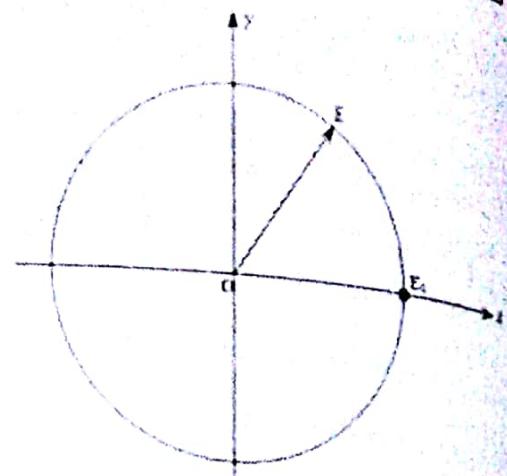
**5.2.2** Donner son équation horaire.

**5.3**

**5.3.1** Donner les équations horaires  $X_m(t)$  et  $Y_m(t)$  du mouvement de la mouche par rapport au centre O de la montre.

**5.3.2** Représenter la forme de la trajectoire du mouvement de la mouche par rapport à O.

**5.3.3** Quel est le nombre de tours effectué par l'aiguille quand la mouche arrive au point E ?



2008

## EPREUVE DE CHIMIE



Données : Masses atomiques en g/mol :

$$M(C) = 12 \quad M(H) = 1 \quad M(O) = 16 \quad M(Na) = 23 \quad M(N) = 14$$

**EXERCICE 1**

L'exercice comporte deux parties notées A et B.

**Partie A**

Les condensateurs sont des substances qui prolongent la durée de conservation des denrées alimentaires en les protégeant des altérations dues aux micro-organismes.

La présence d'un conservateur dans les aliments et les boissons est repérée par un code européen (E200 à E297).

L'acide benzoïque  $C_6H_5-COOH$  (E210) et le benzoate de sodium  $C_6H_5-COONa$  (E211) sont utilisés dans l'industrie comme conservateurs alimentaires pour leurs propriétés fongicides et antibactériennes. Ils sont présents en particulier dans de nombreuses boissons light.

Données :

- L'acide benzoïque est un solide blanc d'aspect soyeux de masse molaire 122 g/mol. Sa solubilité dans l'eau est de 2,4 g/L à 25° C.

- Couple acide-base à 25° C:  $C_6H_5-COOH / C_6H_5-COO^-$  :  $pK_{A1} = 4,2$

$H_2O/HO^-$  :  $pK_{A2} = 14,0$

1.1 Ecrire la formule développée de l'acide benzoïque.

En déduire celle de l'acide 2-méthylbenzoïque.

1.2 On introduit une masse  $m_0 = 122$  mg d'acide benzoïque dans de l'eau distillée afin d'obtenir un volume  $V_0 = 100$  mL de solution. Après dissolution totale, on obtient une solution aqueuse d'acide benzoïque notée  $S_0$  de concentration molaire  $C_0$ . Le pH-mètre indique 3,1 pour le pH de  $S_0$ .

1.2.1 Déterminer la valeur de la concentration molaire  $C_0$ . La solution est-elle saturée ? Justifier la réponse.

1.2.2 Ecrire l'équation de la réaction de l'acide benzoïque avec l'eau.

1.2.3 Faire l'inventaire des espèces présentes dans la solution  $S_0$ . Préciser, sans calcul, à partir du tracé du diagramme de prédominance du couple, l'espèce du couple acide benzoïque/ion benzoate qui prédomine dans  $S_0$ .



1.3 On ajoute à la solution S<sub>0</sub> quelques gouttes d'une solution concentrée de soude (hydroxyde de sodium). Le pH-mètre indique alors 6,3.

1.3.1 Indiquer à nouveau, sans calcul, quelle est l'espèce du couple acide benzoïque/ion benzoate qui prédomine alors dans la solution obtenue.

1.3.2 Ecrire l'équation de la réaction qui se produit entre l'acide benzoïque et les ions hydroxyde.

1.3.3 Exprimer la constante d'équilibre K de cette réaction. Calculer K.

### Partie B

Les esters sont partie de notre vie ; le monde des parfums, les arômes en cuisine...

Ils peuvent être extraits de végétaux, mais il est parfois plus facile et moins onéreux de synthétiser leurs molécules en laboratoire.

1.4 Rappeler le groupement fonctionnel d'un ester. Donner deux exemples d'esters (formules semi-développées et noms systématiques).

1.5 Le benzoate de méthyle, ester utilisé en parfumerie, est un des constituants de diverses huiles essentielles.

On prépare le benzoate de méthyle par réaction de l'acide benzoïque avec le méthanol de formule CH<sub>3</sub>OH.

Pour réaliser cette réaction, on mélange une masse  $m_1 = 12,2$  g d'acide benzoïque avec un volume  $v_2 = 30$  mL de méthanol, quelques gouttes d'une solution concentrée d'acide sulfurique et quelques grains de pierre ponce.

On chauffe à reflux pendant 60 minutes. Après refroidissement, on verse le contenu du ballon dans une ampoule à décanter contenant de l'eau glacée. On obtient alors deux phases bien distinctes. Après traitement de la phase contenant l'ester, on isole une masse égale à 9,52 g de benzoate de méthyle.

Données :

Composé	Formule	Masse molaire (g/mol)	Masse volumique (g/cm <sup>3</sup> )	Solubilité dans l'eau
Acide benzoïque	C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> -COOH	122	1,5	Faible
Méthanol	CH <sub>3</sub> OH	32	0,80	Forte
Benzoate de méthyle		156	1,1	Nulle

1.5.1 Au vu du mode opératoire, identifier les facteurs cinétiques sur lesquels on joue pour réaliser le plus rapidement cette synthèse.

1.5.2 Ecrire l'équation de la réaction de synthèse du benzoate de méthyle.

1.5.3 Déterminer le réactif limitant. En déduire la quantité de matière théorique d'ester que l'on pourrait obtenir si la transformation était totale.

1.5.4 Définir et calculer le rendement expérimental de cette synthèse.

### EXERCICE 2

L'exercice comporte deux parties indépendantes notées C et D.

84

Thierno Korka DIALLO (+221 77 465 32 33)  
Ingénieur électromécanicien, diplômé de l'Ecole Polytechnique de Thiès

C $\sum \pi /$ Partie C

Soient trois flacons contenant chacun une solution aqueuse d'alcool. On sait que ces alcools ont la même formule brute, une seule fonction alcool, et qu'ils appartiennent à des classes différentes.

2.1 Dans une première étape, on cherche à déterminer la classe de ces alcools. Pour cela, on dispose d'une solution de dichromate de potassium acidifiée, de bleu de bromothymol, de 2,4- DNPH, de liquide de Fehling, de nitrate d'argent ammoniacal.

Proposez des tests permettant de déterminer la classe de ces trois alcools.

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

On oxyde 2,2 g de l'alcool primaire avec un excès d'oxydant. L'acide obtenu est dosé. À l'équivalence, on a versé 25 mL d'une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium, de concentration molaire volumique  $C = 1,0$  mol/L.

En déduire la masse molaire de l'alcool et sa formule brute.

2.3 Donner une formule développée possible pour chacun des trois alcools et préciser leur nom et leur classe.

Partie D

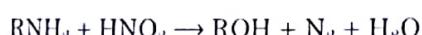
La concentration d'une molécule d'alanine et d'une molécule de glycine conduit à un dipeptide. Deux réactions sont possibles.

2.4 Ecrire les équations des deux réactions possibles en donnant les formules semi-développées des deux dipeptides.

2.5 Soit A l'un des deux dipeptides. Des deux formules trouvées au 2.4), on cherche celle qui correspond au composé A. Pour cela, on réalise les expériences suivantes :

Première expérience : On traite A par de l'acide nitreux  $HNO_2$ .

Sachant que l'acide nitreux réagit sur le groupe amine suivant le schéma ci-dessous :



Tout se passe comme si le groupe  $NH_2$  était remplacé par le groupe OH.

Ecrire les formules possibles pour le composé organique C obtenu par cette réaction.

2.6 Si on hydrolyse ce composé C, on obtient entre autres, un composé de formule générale  $HO—CH_2—COOH$  dit acide glycolique.

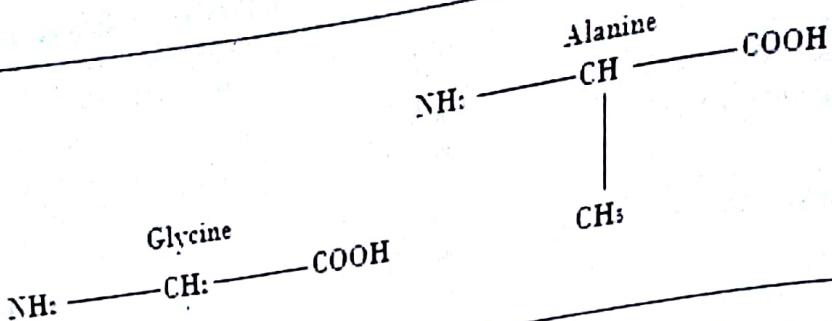
Donner l'équation de la réaction d'hydrolyse et en déduire parmi les formules trouvées au 2.4 celle qui correspond à C.

On rappelle que l'hydrolyse permet la coupure de la liaison peptidique entre les atomes de carbone et d'azote.

2.7 Ecrire la formule du dipeptide A.

Données :

On donne ci-contre les formules de l'alanine et de la glycine.

$C \sum \pi$ **EXERCICE 3**

3.1 L'eau oxygénée (ou peroxyde d'hydrogène), de formule  $\text{H}_2\text{O}_2$ , se décompose lentement en milieu acide, pour donner du dioxygène et de l'eau.

On dispose au laboratoire d'une solution d'eau oxygénée à 10 volumes.

On rappelle qu'un volume  $v = 1,0 \text{ L}$  d'eau oxygénée à  $X$  volumes libère, dans les conditions standard de température et de pression (température  $\theta = 25^\circ\text{C}$  et de pression  $P = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$ ),  $X$  litres de dioxygène gazeux. On suppose que la réaction est totale.

Données : Constante des gaz parfaits :  $R = 8,314 \text{ J/K}$ .

3.1.1 Donner, en le justifiant, la représentation de Lewis de la molécule d'eau oxygénée.

3.1.2 Vérifier que le volume molaire des gaz, dans les conditions standard, est  $V_m = 24,8 \text{ L/mol}$ .

3.1.3 Ecrire l'équation de la décomposition de l'eau oxygénée.

3.1.4 Exprimer le volume  $V(\text{O}_2)$  de dioxygène libéré par un volume  $V_s$  de solution d'eau oxygénée à  $X$  volume. En déduire l'expression de la concentration molaire  $C$  en eau oxygénée de la solution à 10 volumes présente au laboratoire, puis vérifier que  $C = 8,1 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L}$ .

3.2 On étudie la décomposition d'un volume  $V_0 = 2,0 \text{ mL}$  de la solution de concentration  $C = 8,1 \cdot 10^{-1} \text{ mol/L}$ . A la date  $t = 0$ , on bouche un flacon contenant l'eau oxygénée, on le place dans un bain-marie à  $60^\circ\text{C}$  et on recueille le gaz qui s'échappe par déplacement d'eau. On note  $V$  le volume de dioxygène recueilli à la date  $t$ . Les valeurs sont regroupées dans le tableau suivant :

$t(\text{h})$	0	1	2	3	$\frac{1}{2}$	5	6	7	8	9	10	15
$V(\text{cm}^3)$	0	6,6	11	$1\frac{1}{2}$	16	17,3	18,2	18,8	19,2	19,5	19,6	19,6
$X(10^{-3}\text{mol})$												

3.2.1 Evaluer le volume maximum  $V(\text{O}_2)_{\max}$  de dioxygène qui peut se former si la réaction est supposée totale.

3.2.2 On note  $x$  la quantité de matière de dioxygène qui apparaît à la date  $t$ .

a) Recopier et compléter le tableau.

b) Tracer la courbe  $x = f(t)$  avec les échelles suivantes :

En abscisse 1 cm  $\rightarrow 1 \text{ heure}$ , en ordonnée 1 cm  $\rightarrow 10^{-4} \text{ mol}$ .

3.2.3 Définir la vitesse de formation du dioxygène puis l'évaluer à  $t = 5 \text{ h}$  puis à  $t = 9 \text{ h}$ .

3.2.4 Définir la vitesse volumique de disparition de l'eau oxygénée, puis l'exprimer en fonction de la vitesse de formation du dioxygène.

$$\int \sum \pi$$

- 3.2.5 Comment la vitesse volumique de disparition de l'eau oxygénée évolue-t-elle au cours du temps ? Expliquer pourquoi.
- 3.2.6 Définir le temps de demi-réaction  $t_{1/2}$ . Déterminer  $t_{1/2}$  à l'aide du graphique.

**EXERCICE 4**

4.1 L'étiquette d'un produit anticalcaire du commerce indique : «efficace contre le calcaire, irritant pour les yeux et la peau, ne pas mélanger avec d'autres produits ménagers (eau de javel ou tout autre produit d'entretien), préparé à base d'une solution d'acides».

Lorsque l'on nettoie des dépôts calcaires avec un anticalcaire, une légère effervescence se produit. On suppose que le produit contient l'espèce acide AH, qui se dissocie totalement dans l'eau.

La concentration en acide des produits ménagers est de l'ordre de 10 mol/L.

On donne  $K_e = 10^{-11}$ .

4.1.1 Quelles sont les précautions à prendre pour utiliser ce produit ménager ?

4.1.2 Ecrire l'équation de la réaction de l'acide AH sur l'eau. Quelles sont les espèces contenues dans la solution de détartrant ?

4.1.3 Le calcaire est du carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$ .

a) Quels sont les ions contenus dans ce solide ?

b) Ecrire l'équation de la réaction entre le calcaire et la solution acide. Quelle est la cause de l'effervescence observée ?

4.2 On désire déterminer la concentration C de la solution de détartrant en acide AH. Pour cela, on réalise un dosage par titrage pH-métrique. On dispose au laboratoire de soude de concentration  $C' = 10^{-2}$  mol/L.

4.2.1 Faire le schéma du montage de titrage.

4.2.2 Ecrire l'équation de la réaction de titrage.

4.2.3 On veut diluer 1 000 fois la solution de détartrant. Décrire avec précision le protocole à suivre.

4.3 On place  $V = 10$  mL de la solution diluée dans un bêcher ; on mesure le pH de la solution. On verse ensuite un volume  $V'$  de soude avec précaution, et on relève à nouveau la valeur du pH. On réalise l'expérience pour différentes valeurs de  $V'$ .

4.3.1 En utilisant sur la courbe donnée en annexe (à rendre avec la copie) le point d'abscisse  $V' = 0$  mL, vérifier que l'acide AH est totalement dissocié dans l'eau.

4.3.2 Déterminer, en indiquant la méthode, les coordonnées  $(V'_E, \text{pH}_E)$  du point équivalent E.

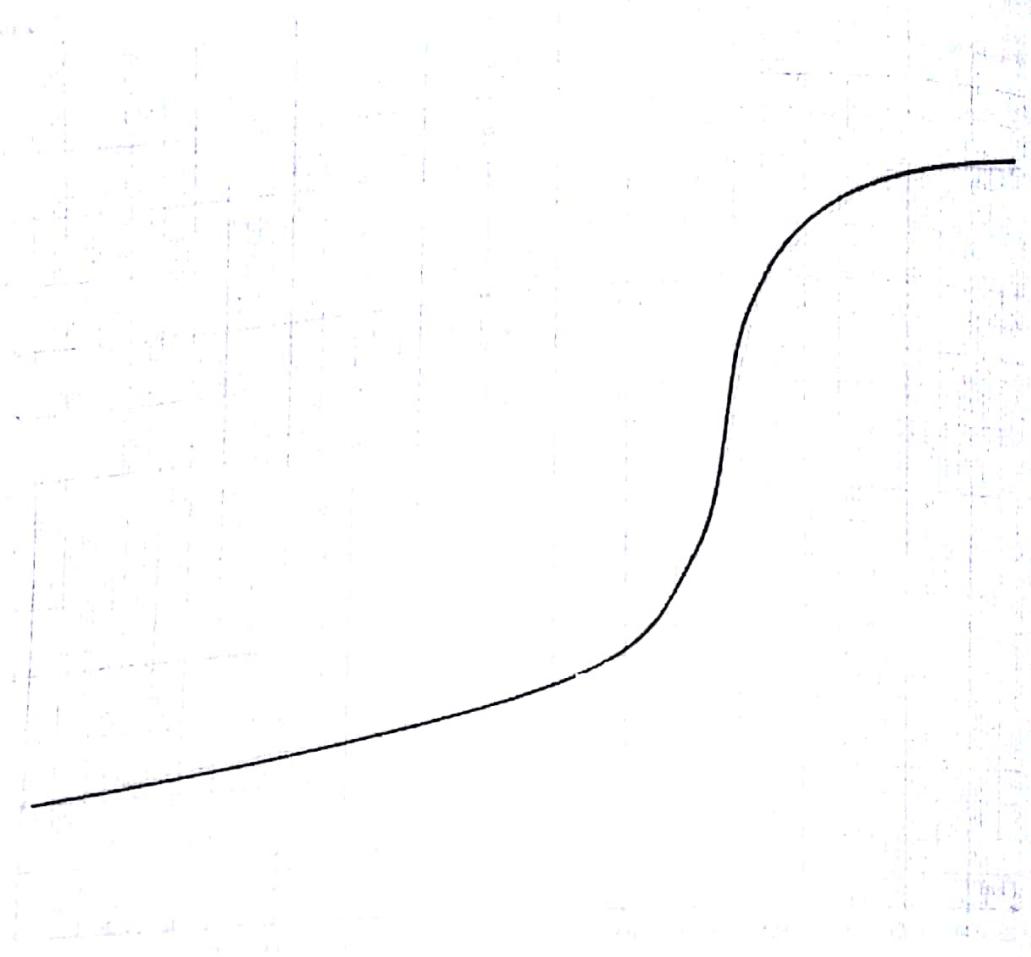
4.3.3 En déduire la concentration de la solution diluée puis celle de la solution de détartrant.

Annexe : Courbe donnant  $\text{pH} = f(V')$  de l'Exercice 4

C

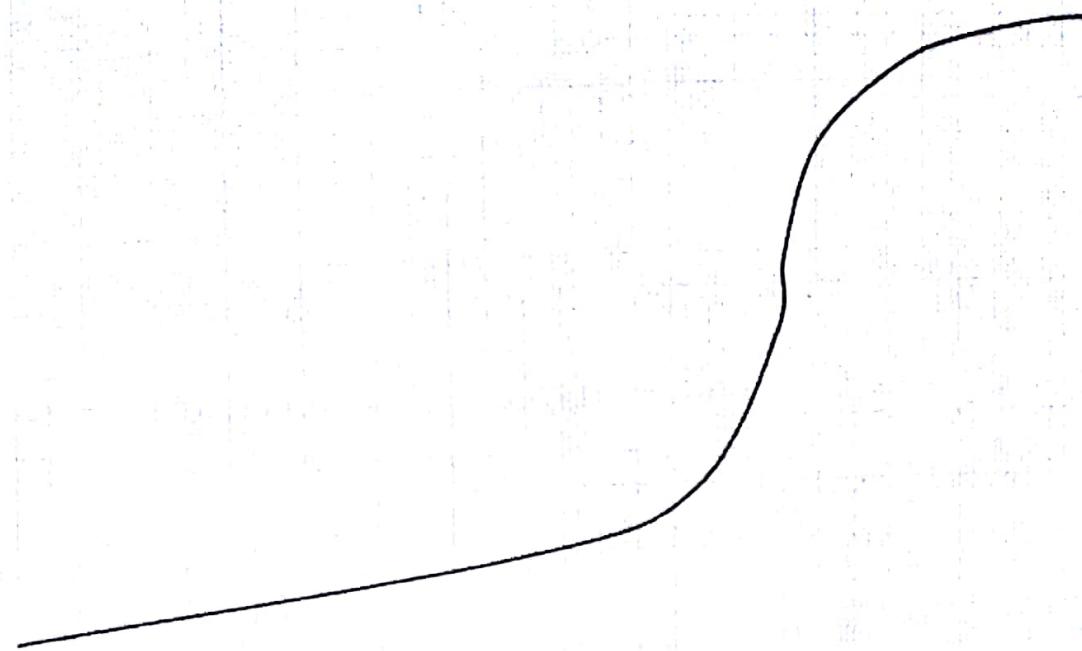
$\sum \pi$

\_\_\_\_\_





$\sum \pi$





2007



# EPREUVE DE PHYSIQUE

**EXERCICE 1**

On étudie la trajectoire du centre d'inertie d'un ballon de basket ball lancé par un joueur attaquant, vers le cercle du panier de l'équipe adverse. Le lancer est effectué vers le haut ; on lâche le ballon lorsque son centre d'inertie est en  $M_0$ .

La vitesse initiale  $v_0$  du ballon est située dans le plan vertical  $(O, \vec{i}, \vec{j})$  et faisant un angle  $\alpha = 38^\circ$  avec l'axe horizontal. Le diamètre du ballon est 25 cm. On prendre  $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$ . On néglige la résistance de l'air et la rotation éventuelle du ballon.

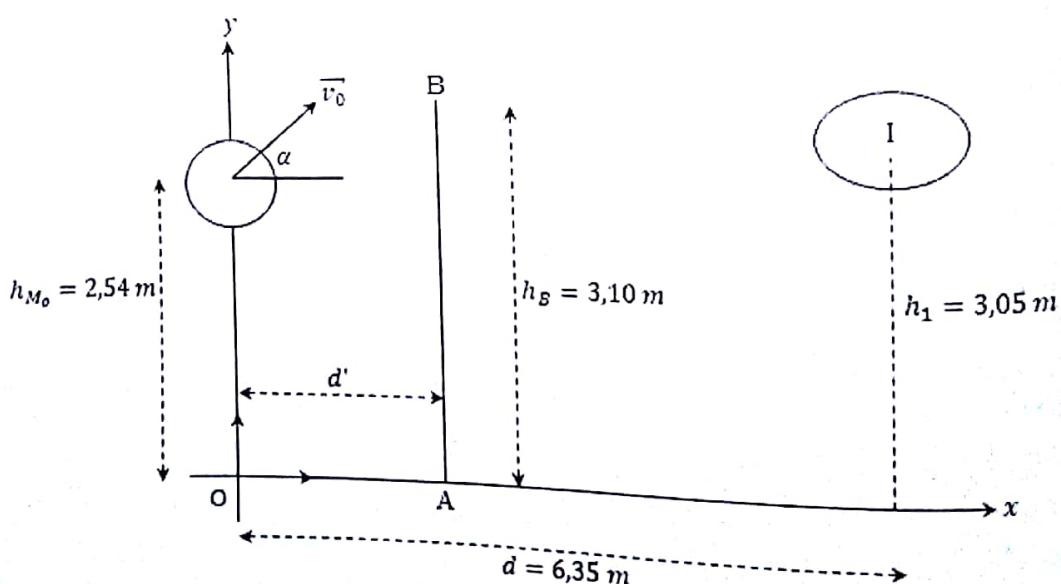
**1.1** Etablir les équations paramétriques du mouvement du centre d'inertie du ballon. En déduire l'équation

**1.2** Déterminer l'expression littérale de la vitesse initiale  $v_0$  du ballon pour que celui-ci passe exactement au centre du cercle, « panier » de centre I. Faire l'application numérique en utilisant les données fournies sur la carteésienne de la trajectoire.

**1.3** Un défenseur AB, placé entre l'attaquant et le panneau de basket, saute verticalement pour intercepter le ballon : l'extrémité de sa main se trouve en B à l'altitude  $h_B = 3,10 \text{ m}$ .

A quelle distance horizontale maximale  $d'$  de l'attaquant doit-il se trouver pour toucher le ballon au bout des doigts ?

**NB :** En basket on ne peut contrer le ballon que dans sa phase ascendante.





## EXERCICE 2

La Terre, de masse  $M = 5,98 \cdot 10^{24} \text{ kg}$  et de rayon  $R = 6370 \text{ km}$  à une répartition de masse à symétrie sphérique.

La constante de gravitation universelle est  $K = 6,67 \cdot 10^{-11} \text{ N} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{kg}^{-2}$  et la durée du jour sidéral est  $T_0 = 86\ 164 \text{ s}$ .

2.1 Soit un point P situé à l'altitude z. Donner, dans le repère  $(O, \vec{u})$  l'expression du vecteur champ de gravitation  $\vec{G}(z)$  créé en P par la Terre.

2.2 Un solide ponctuel de masse m est initialement au point P.

Il se déplace jusqu'au point Q situé à la distance  $r + dr$  du point O.

$dr$  est très petit par rapport à  $r$ .

2.2.1 Exprimer en fonction de K, M, m, r et dr le travail élémentaire  $dW$  effectué par la force de gravitation que la Terre exerce sur le solide de masse m.

2.2.2 En déduire l'expression du travail W de cette force gravitationnelle lorsque r varie de  $r_1$  à  $r_2$ . Quelle conclusion peut-on tirer sur cette force ?

2.2.3 En utilisant la relation entre la variation d'énergie potentielle et le travail W de la force de gravitation, montrer qu'à l'altitude z, l'énergie potentielle de gravitation du système (Terre-solide) peut se mettre sous la forme :

$$E_p = -\frac{KMm}{R+z}, \quad E_p(\infty) = 0$$

2.3 Le solide de masse m est au repos sur la Terre en un point de latitude  $\lambda$ .

Exprimer l'énergie mécanique  $E_0$  du solide en fonction de K, M, m, R,  $\lambda$  et  $T_0$ .

Calculer  $E_0$ , on donne m = 800 kg, g = 10 u.s.l.

2.4 Le solide est maintenant satellisé à l'altitude z. Sa trajectoire dans le repère géocentrique est circulaire de rayon  $r = R + z$ .

2.4.1 Déterminer l'expression de la vitesse  $v$  du satellite dans le repère géocentrique en fonction de K, M et r.

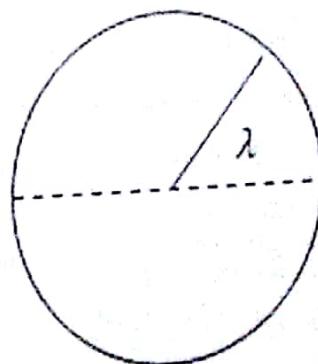
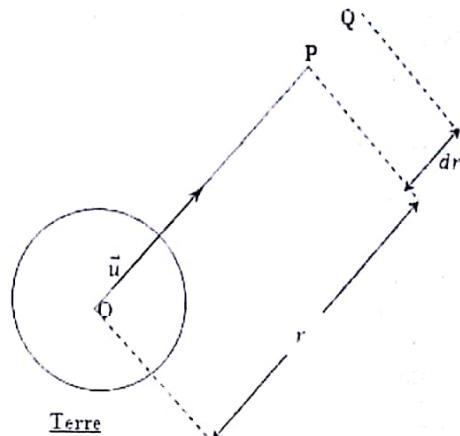
2.4.2 Déterminer l'expression de son énergie mécanique E.

2.4.3 Application numérique : z = 600 m. Calculer  $v$  et E.

2.5 Montrer que l'énergie  $\Delta E$  qu'il a fallu fournir au satellite précédent, initialement au repos sur la Terre peut se mettre sous la forme :

$$\Delta E = KmM \cdot \left( \frac{1}{R} - \frac{1}{2r} \right) - \frac{2\pi^2}{T_0^2} mR^2 \cos^2 \lambda$$

En déduire, du point de vue énergétique l'emplacement le plus favorable



91



des bases de lancement.

### EXERCICE 3

On se propose de déterminer la capacité d'un condensateur non polarisé par deux expériences différentes.

#### Première expérience

On charge le condensateur de capacité  $C$  inconnue à travers un conducteur ohmique de résistance  $R = 350 \text{ k}\Omega$  à l'aide d'un générateur délivrant une tension continue constante égale à  $U_0 = 12,0 \text{ V}$ .  
3.1 On relève les valeurs de la tension  $u_c$  aux bornes du condensateur à différentes dates.

$t(s)$	0	5	10	15	20	30	40	50	70	100	130	200	220	250
$u_c(\text{V})$	0,0	1,6	3,0	4,2	5,2	6,9	5,2	9,1	10,4	11,5	11,5	11,9	12,0	12,0

Quelle est la valeur de la tension  $u_c$  lorsque l'intensité du courant dans le circuit s'annule ? Justifier par un calcul simple.

3.2 On cherche à déterminer la capacité  $C$  du condensateur en calculant la constante de temps  $\tau$  du dipôle ( $R, C$ ).

3.2.1 Donner l'expression de la constante de temps d'un tel dipôle en fonction de  $R$  et  $C$ .

3.2.2 Etablir l'équation différentielle vérifiée par  $u_c$ .

3.2.3 Une méthode de détermination de  $\tau$  fait appel au tracé de la tangente à la courbe  $u_c = f(t)$  à l'instant  $t = 0$ . Montrer que cette tangente coupe la droite  $u_c = U_0$  en un point d'abscisse  $\tau$ .

3.2.4 En déduire la valeur numérique de cette constante de temps.

3.3 Calculer la capacité du condensateur.

3.4 La valeur indiquée par le condensateur est  $C = 100 \mu\text{F}$  à 20 % près. La valeur  $C$  obtenue à la question 3.3 est-elle en accord avec la tolérance de fabrication ? On supposera l'incertitude sur la valeur de la résistance négligeable.

#### Deuxième expérience

On réalise l'association en série d'un conducteur ohmique de résistance  $R' = 20 \Omega$  du condensateur de capacité  $C$ , d'une bobine d'inductance  $L = 0,10 \text{ H}$  et de résistance négligeable.

Ce dipôle  $R', L, C$  est alimenté par un générateur délivrant une tension sinusoïdale de fréquence  $N = 50 \text{ Hz}$  et de tension efficace  $U = 6,0 \text{ V}$  supposée constante dans toute l'expérience.

On observe alors la résonance d'intensité dans ce circuit.

3.5 Calculer la valeur numérique de l'intensité efficace  $I_0$  dans le circuit.

3.6 Pour vérifier expérimentalement la résonance d'intensité on ne dispose que d'un oscilloscope bi courbe.

3.6.1 Faire le schéma du montage où apparaîtront le générateur, le conducteur ohmique, la bobine, le condensateur de capacité  $C$  inconnue, et les branchements à l'oscilloscope nécessaires à la visualisation de la résonance d'intensité.

3.6.2 Quelle est l'observation permettant de conclure à une résonance d'intensité ?



3.7.1 Déterminer la valeur de la capacité inconnue.

3.7.2 La valeur de C correspond-elle à la valeur indiquée par le conducteur ohmique ? Justifier.

#### EXERCICE 4

##### Première partie

On se propose d'étudier du point de vue expérimental la force que peut créer un courant passant dans une bobine. Pour cela, on réalise le montage ci-dessous.

Une bobine dont les spires sont représentées en coupe, peut se déplacer sur le noyau central de l'aimant, lorsqu'elle est parcourue par un courant électrique grâce à une force magnétique. Elle est de plus accrochée à un ressort à spires jointives de raideur  $k = 438 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ . Une règle graduée permet de mesurer l'allongement  $x$  du ressort lorsqu'un courant d'intensité  $I$  traverse la bobine (figure 1).

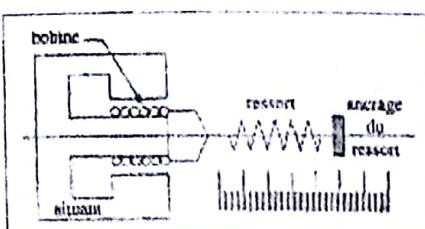


Figure 1

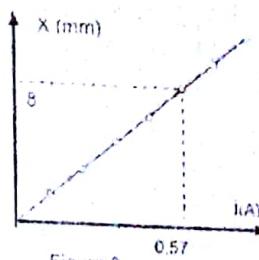


Figure 2

Un logiciel d'acquisition permet de représenter la loi de variation de  $x$  en fonction de  $I$  (figure 2).

4.1 Etablir à l'équilibre du ressort, la relation entre la force magnétique créée par l'aimant sur la bobine et l'allongement  $x$  du ressort.

4.2 En utilisant les résultats expérimentaux établir la relation numérique liant la force magnétique et l'intensité  $I$  du courant.

##### Deuxième partie

On utilise l'ensemble aimant-bobine pour construire un haut-parleur. La membrane du haut-parleur est accrochée à deux ressorts et est reliée à la bobine par une liaison rigide.

On notera :

$X$  : déplacement du centre G de la membrane par rapport à sa position d'équilibre ;

$M$  : masse de l'équipage mobile ( $M = 0,6 \text{ g}$ ) ;

$\vec{F}_e$  : Force élastique résultant de l'action des deux ressorts, elle a pour direction l'axe des  $x$  et pour expression  $\vec{F}_e = -kx$  avec  $k = 438 \text{ N} \cdot \text{m}^{-1}$ .

$\vec{F}_f$  : Force de frottement fluides exercée par l'air :  $\vec{F} = -r \frac{dx}{dt}$  avec  $r = 0,52 \text{ kg/s}$  ;

$\vec{F}_m$  : Force magnétique créée par le courant passant dans la bobine ;

$I$  : intensité du courant traversant la bobine lors du fonctionnement du haut-parleur  $i = I_{\max} \sin(\omega t)$  ;

4.3 Comment pouvez-vous qualifier le type d'oscillations que subit la membrane du haut-parleur ?

4.4 Etablir l'équation différentielle du mouvement du point G.

$\Sigma \pi$ 

4.5 On fait varier la fréquence, on trace la courbe (ci-après) donnant l'amplitude des oscillations en fonction de la fréquence N du courant.

4.5.1 Interpréter cette courbe.

4.5.2 Calculer la largeur de la bande passante.

4.5.3 Calculer le facteur de qualité de ce haut-parleur.

4.5.4 Que pensez-vous de ses qualités acoustiques.

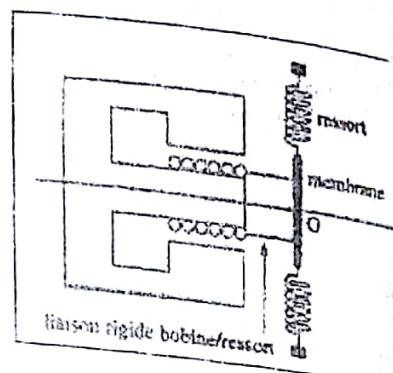
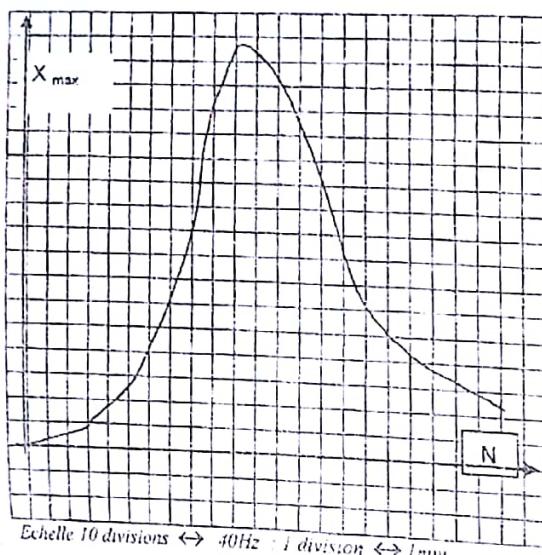


Figure 3

**EXERCICE 5**

Données :

Célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m/s}$  ;

Unité de masse atomique :  $1u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  ;

Charge élémentaire :  $e = 1,60 \cdot 10^{-19} \text{ C}$  ;

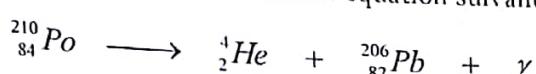
Constante d'Avogadro :  $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} / \text{mol}$  ;

Masse du proton :  $m_p = 1,007276u = 938,28 \text{ MeV/c}^2$  ;

Masse du neutron :  $m_n = 1,008665u = 939,57 \text{ MeV/c}^2$  ;

**PARTIE A**

Le polonium 210 subit une désintégration de type  $\alpha$  selon l'équation suivante :



A.5.1.1 Rappeler brièvement la signification de cette équation

$C \sum \pi$

A.5.1.2 Donner la structure des nucléides intervenant dans cette réaction nucléaire.

A.5.1.3 rappeler la définition de l'énergie de liaison et calculer, en MeV, celle de chacun des nucléides précédents.

A.5.1.4 Soit  $\Delta E$  l'énergie libérée par la désintégration d'un noyau de polonium. Calculer  $\Delta E$  en joules et en electronvolts. Sous quelles formes cette énergie est-elle libérée ?

A.5.1.5 On suppose que le noyau de polonium initialement immobile et l'énergie du photon  $\gamma$  négligeable. Exprimer, les énergies cinétiques  $E_{C_1}$  et  $E_{C_2}$  d'un noyau d'hélium (de masse  $m_1$ ) et d'un noyau de plomb (de masse  $m_2$ ), en fonction de  $\Delta E$ ,  $m_1$  et  $m_2$ . Comparer ces énergies et conclure.

Masses des noyaux :

$$\begin{array}{lll} {}^{210}_{84}Po : m = 210.0857u & {}^4He : m_1 = 4,0026u & {}^{206}_{82}Pb : m_2 = 206,0789u. \end{array}$$

A.5.2 La demi-vie du polonium est de 140 jours. On dispose d'une masse de 2 grammes de polonium à la date  $t=0$ . Quel sera, à la date  $t' = 280$  jours, le volume d'helium obtenu, volume mesure dans les conditions où le volume molaire est  $24 L/mol$ .

## PARTIE B

Les noyaux d'hélium émis par le polonium sont utilisés pour bombarder un échantillon de beryllium qui émet alors des neutrons ayant chacun une masse  $\mu$ .

B.1 Un de ces neutrons de vitesse  $\vec{v}_0$  heurte un noyau d'hydrogène de masse  $m_H$ , au repos.

B.1.1 Un de ces neutrons de vitesse  $\vec{v}_0$  heurte un noyau d'hydrogène de masse  $m_H$ , au repos. Le choc est élastique et on admet que les vitesses des particules après le choc sont colinéaires.

La vitesse du neutron après le choc est  $\vec{v}_1$  et celle du noyau d'hydrogène  $\vec{v}_H$ .

Un autre neutron de même vitesse  $\vec{v}_0$  rencontre dans les mêmes conditions un noyau d'azote de masse  $m_N$  qui après le choc a une vitesse  $\vec{v}_N$ .

B.1.2 Ecrire les équations régissant les chocs neutron-hydrogène et neutron-azote.

B.1.2 Exprimer  $v_H$  et  $v_N$ , déduire l'expression du rapport  $\frac{v_N}{v_H}$ .

B.2 On mesure la vitesse des noyaux d'hydrogène :  $v_H = 3,00 \cdot 10^7 m/s$ . On admettra que les masses du proton et du neutron sont égales à l'unité de masse atomique.

B.2.1 Calculer les vitesses  $v_0$  et  $v_1$  du neutron avant et après la collision neutron-hydrogène. Ce résultat était-il prévisible ?

B.2.2 Sachant que le nombre de masse de l'azote est 14, calculer la vitesse du noyau d'azote et celle du neutron après la collision neutron-azote.

2007

# EPREUVE DE CHIMIE



## EXERCICE 1

Cet exercice traite de la synthèse d'un médicament : l'acétanilide.

Les acides organiques en milieu anhydre, ou les chlorures ou anhydrides d'acide réagissent sur les amines primaires et secondaires pour donner des dérivés cristallisés de point de fusion bien défini. Avec la benzénamine (aniline), de formule  $C_6H_5 - NH_2$ , la réaction conduit à l'acétanilide.

Dans un ballon à fond rond de  $50\text{ cm}^3$  muni d'un réfrigérateur à reflux on place  $20,5\text{ g}$  d'aniline puis  $21,5\text{ g}$  d'anhydride éthanoïque (attention : les vapeurs d'anhydride éthanoïque sont irritantes pour le nez et les yeux !) et  $21\text{ g}$  d'acide éthanoïque. Au moyen d'un chauffe ballon, on porte le mélange à douce ébullition pendant  $30\text{ min}$  puis on verse lentement le liquide chaud dans un bêcher de  $1\text{ litre}$  contenant  $500\text{ cm}^3$  d'eau froide, en agitant énergiquement. On refroidit ensuite bain glacé. L'acétanilide cristallise. On l'essore sur un entonnoir de Buchner (ou un entonnoir à plaque de verre filtré). On le lave avec un peu d'eau froide, puis on le sèche dans l'étude à  $90^\circ\text{C}$ . On pèse le produit dans un récipient préalablement taré.

### Données

- Masses molaires de éléments : C =  $12\text{ g.mol}^{-1}$ ; N =  $14\text{ g.mol}^{-1}$ ; H =  $1\text{ g.mol}^{-1}$
- Constantes physiques de l'aniline et de l'acétanilide :

	Aniline	Acétanilide
Point de fusion	$-6,2^\circ\text{C}$	$114^\circ\text{C}$
Point d'ébullition	$184,4^\circ\text{C}$	$395^\circ\text{C}$
Solubilité dans l'eau	$8,4\text{ g dans }100\text{ cm}^3$	$1\text{ g dans }185\text{ cm}^3$

1.1 Ecrire l'équation-bilan de la réaction de l'aniline avec l'anhydride éthanoïque.

1.2 Quel est le rôle de l'acide éthanoïque dans cette réaction ?

1.3 Pourquoi peut-on laver l'acétanilide à l'eau froide ?

1.4 Calculer les quantités de matière initiales des réactifs. En déduire le réactif limitant.

1.5 Calculer la masse d'acétanilide obtenue pour un rendement de 85%.

1.6 L'acétanilide avait été utilisé comme médicament antithermique sous le nom d'antifebrine, puis avait été abandonné pour la « phénacétine » (dérivé para éthoxylé de l'acétanilide) présentant moins d'effets nocifs. Aujourd'hui, on utilise le « paracétamol » (para-hydroxyacétanilide) :

Ecrire la formule semi-développée de la phénacétine et celle du paracétamol.

## EXERCICE 2

On donne les masses molaires des éléments :

$$C = 12 \text{ g.mol}^{-1}; O = 16 \text{ g.mol}^{-1}; H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$$

On dispose, au laboratoire, d'une balance de précision, de la verrerie nécessaire et des produits suivants :

- ✓ acide oxalique cristallisé ( $C_2O_4H_2, 2H_2O$ );
- ✓ Acide sulfurique concentré ( $H_2SO_4$ );
- ✓ Solution acidifiée de dichromate de potassium ( $K_2Cr_2O_7$ ), notée  $S_1$ , de concentration égale à  $16,70 \text{ mmol.L}^{-1}$ .
- ✓ Solution de permanganate de potassium ( $KMnO_4$ ), de concentration égale à  $0,10 \text{ mol.L}^{-1}$  et d'eau distillée.

On souhaite réaliser une série d'expérience nécessitant :

- Une solution acidifiée de permanganate de potassium notée  $S_1$ , de concentration  $C_1=2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ .
- Une solution d'acide oxalique (ou acide éthane dioïque) ,notée  $S_2$ , de concentration  $C_2=60,0 \text{ mmol.L}^{-1}$ .

2-1 A l'aide de schémas clairs et annotés, décrire le mode opératoire de la préparation d'un volume  $V_1=500 \text{ mL}$  de la solution  $S_1$ .

2-2 A partir de l'acide oxalique cristallisé, on veut préparer un volume  $V_2=100 \text{ mL}$  de la solution  $S_2$ .

2-2-1 Calculer la masse d'acide oxalique cristallisé, nécessaire à la préparation du volume  $V_2$  de la solution  $S_2$ .

2-2-2 Décrire succinctement le mode opératoire de la préparation de la solution  $S_2$ .

2-3 A une date  $t = 0$ , on mélange  $50 \text{ mL}$  de la solution  $S_1$  et  $50 \text{ mL}$  de la solution  $S_2$ .

On maintient la température de ce mélange constante. Puis on suit son évolution dans le temps en déterminant la concentration des ions chrome III qui se forment [voir la dernière page de l'épreuve de la courbe  $[Cr^{3+}] = f(t)$ ].

2-3-1 Etablir l'équation bilan de la réaction entre les couples rédox  $Cr_2O_7^{2-}/Cr^{3+}$  et  $CO_2/H_2C_2O_4$ .

2-3-2 Après avoir défini la vitesse instantanée de formation des ions  $Cr^{3+}$ , évaluer graphiquement celle-ci à la date  $t = 0$  puis à la date  $t = 50 \text{ s}$ .

2-3-3 Interpréter, qualitativement, les variations de la vitesse de formation des ions  $Cr^{3+}$  au cours du temps.

2-4 A présent, on étudie l'évolution d'un mélange constitué de  $50 \text{ mL}$  de la solution  $S_2$  et de  $50 \text{ mL}$  de la solution  $S_1$ . Pour cela on détermine la concentration des ions manganèse formés au cours du temps [voir la courbe  $[Mn^{2+}] = f(t)$  à la dernière page de l'épreuve].

2-4-1 Etablir l'équation bilan de la réaction entre les couples rédox  $MnO_4^-/Mn^{2+}$  et  $CO_2/H_2C_2O_4$ .

2-4-2 Interpréter, qualitativement, les variations de la vitesse de formation des ions  $Mn^{2+}$  au cours du temps.

2-4-3 Préciser le phénomène mis en évidence par la courbe  $[Mn^{2+}] = f(t)$  ?

## EXERCICE 3

On donne les masses atomiques :  $H = 1 \text{ g.mol}^{-1}$ ;  $N = 14 \text{ g.mol}^{-1}$ ;  $Cl = 35,5 \text{ g.mol}^{-1}$ .

C  $\sum \pi$

On dispose des produits et matériels suivants : solution d'ammoniac de concentration  $C_0 = 1 \text{ mol.L}^{-1}$ ; chlorure d'ammonium anhydre ( $\text{NH}_4\text{Cl}$ ) ; des bêchers gradués de 250 mL, des éprouvettes graduées de 25 mL ; des fioles jaugées de 100 mL, 200 mL, 250 mL ; des pipettes jaugées de 5 mL, 10 mL, 20 mL, et une poire aspirante.

On souhaite préparer deux solutions aqueuses de même concentration  $C = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}$ , l'une notée  $S_1$  de chlorure d'ammonium anhydre, et l'autre, notée  $S_2$ , d'ammoniac.

3-1 Décrire succinctement le mode opératoire pour préparer 200 mL de solution  $S_1$ . Préciser en particulier la masse de soluté à utiliser.

3-2 Décrire succinctement le mode opératoire pour préparer 200 mL de solution  $S_2$ . Préciser en particulier le volume de la solution mère à utiliser.

3-3 On mélange un volume  $V_1 = 10 \text{ mL}$  de la solution  $S_1$  et un volume  $V_2 = 20 \text{ mL}$  de la solution  $S_2$ . Le pH du mélange est égal à 9,6.

3-3-1 Calculer les concentrations des différentes espèces chimiques présentes dans ce mélange.

3-3-2 Exprimer le rapport des concentrations des espèces chimiques du couple de l'ammoniac en fonction des volumes des solutions mélangées, soit  $\frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = f\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$ .

3-4 On admettra, pour la suite, que ce résultat (obtenu à la question 3-3-2) reste valable tant que

$$0,1 < \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} < 10.$$

On réalise alors différents mélanges des solutions  $S_1$  et  $S_2$  de volumes respectifs  $V_1$  et  $V_2$  et on mesure les pH de ces mélanges.

On obtient le tableau suivant :

$V_1$	20	20	20	20	5	10	15
$V_2$	5	10	15	20	20	20	20
pH	6,7	9,00	9,15	9,30	9,90	9,60	9,45
$\log\left(\frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]}\right)$							

3-4-1 Recopier puis compléter le tableau.

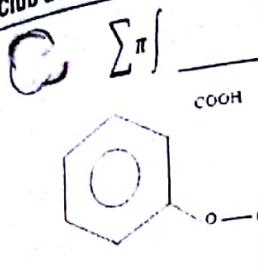
3-4-2 En plaçant la valeur  $\text{pH} = 8,5$  à l'origine des axes, tracer la courbe  $\text{pH} = f\left[\log\left(\frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]}\right)\right]$ .

3-4-3 A partir de la courbe, déterminer le  $\text{pK}_A$  du couple de l'ammoniac.

#### EXERCICE 4

On se propose de déterminer la masse d'aspirine dans un comprimé « d'aspirine 500 ».

Données : Formule développée de l'acide acétylsalicylique ou aspirine :



Couple acide / base		pKa
Acide acétique / ion acétate :	$\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-$	4,75
$\text{HO-C}_6\text{H}_4\text{COOH}/\text{HO-C}_6\text{H}_4\text{COO}^-$		3,1

4-1 Recopier la formule développée de l'aspirine, puis encadrer et nommer les groupements fonctionnels présents dans sa molécule.

4-2 A chaud, les ions hydroxyde réagissent avec l'aspirine suivant l'équation bilan :



4-2-1 Montrer que l'action des ions hydroxyde sur l'aspirine met en jeu deux types de réactions chimiques.

4-2-2 Préciser les caractéristiques de chacune de ces réactions.

4-2-3 Montrer alors que cette équation bilan ne peut pas servir de support au dosage direct exact de l'aspirine.

4-3 On mélange, à un comprimé « d'aspirine 500 » écrasé, 10,0 mL d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration  $1,0 \text{ mol L}^{-1}$ . Ce mélange est chauffé à reflux pendant longtemps, puis refroidi et introduit dans une fiole jaugée de 200 mL. Avec de l'eau distillée, on complète jusqu'au trait de jauge. On obtient alors une solution notée S

Une prise d'essai de volume  $V_H = 10,0 \text{ mL}$  de la solution S est dosée par une solution d'acide chlorhydrique de concentration  $C_A = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol L}^{-1}$ . L'équivalence est obtenue quand on a versé un volume d'acide  $V_A = 10,9 \text{ mL}$ .

4-3-1 Calculer le nombre de mole d'ions hydroxyde initialement mélangé au comprimé d'aspirine broyé.

4-3-2 Calculer le nombre de mole d'ions hydroxyde présent dans la prise d'essai.

4-3-3 En déduire le nombre de mole d'ions hydroxyde qui restait, en excès, dans la solution S, après réaction avec l'aspirine.

4-3-4 Calculer alors le nombre de mole d'ions hydroxyde qui ont réagi avec le comprimé « d'aspirine 500 ».

4-3-5 En déduire la masse d'aspirine dans le comprimé puis conclure.

## EXERCICE 5

Les origines du savon remontent probablement à l'époque gauloise à laquelle on fabriquait une pâte à base de cendres et de suif. Vers le VIIIème siècle apparaît le savon à base d'huile végétale. À partir du XIIIème siècle ce procédé se développe peu à peu à Marseille. Après une période de crise au moment de la révolution, l'industrie du savon retrouve un nouvel essor avec l'exploitation, dès 1808, du précédent Leblanc pour la fabrication de la soude. En 1823, les travaux de Chevreuil sur les corps gras donnent la première théorie exacte de la saponification : la formation du glycérol parallèlement à celle du savon ; ils ouvrent à l'industrie de larges perspectives. Grâce à l'utilisation de nouvelles huiles, la production du savon progresse en qualité et en quantité : 120.000 tonnes à Marseille en 1900.

[extrait : chimie TS, collection Galiléo, 1995 Edition Bordas]

5-1 Questions relatives au texte.

5-1-1 Donner un titre au texte.

99

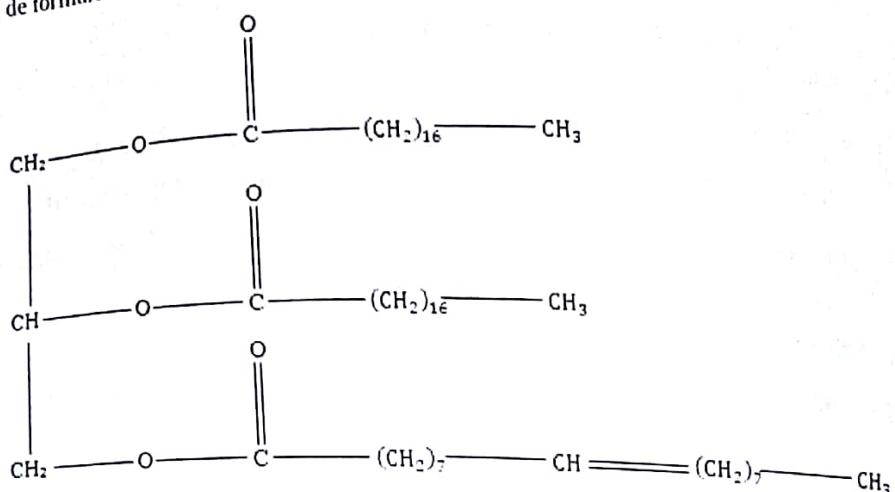
Thierno Korka DIALLO (+221 77 465 32 33)  
Ingénieur électromécanicien, diplômé de l'Ecole Polytechnique de Thiès

**C**  $\sum \pi$ 

5-1-2 A quelles familles appartiennent les composés suivants cités dans le texte ?

5-1-3 Le savon fabriqué à l'époque gauloise avait-il une nature très différente du savon actuel ?

5-2 On réalise la saponification par la soude d'une huile végétale constituée du composé Z-diastéréo-oléate de glycéryle, de formule semi-développée suivante :



Ce composé est noté A.

5-2-1 Ecrire l'équation bilan de la saponification du composé A. Préciser les caractères de cette réaction.

5-2-2 Parmi les produits de la réaction, un composé présente l'isomère Z-E ; représenter l'isomère Z. Donner le nom du produit formé non ionique.

5-2-3 Quelle quantité de glycérol obtient-on en saponifiant 100 Kg du composé A si le rendement de la réaction est estimé à 0,80 ?

Masse molaire du composé :  $M(A)=888 \text{ g.mol}^{-1}$

100

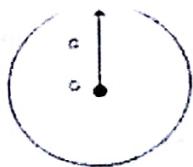
$C \sum \pi$ 

2006

## EPREUVE DE PHYSIQUE



## EXERCICE 1



Position de la sphère (S) à  $t = 0$

Un sphère (S) de rayon  $a = 4,0 \text{ cm}$ , de masse  $m = 300 \text{ g}$  est lâchée sans vitesse initiale dans un lac d'eau calme.

A  $t = 0$ , la sphère (S) est juste immergée :

La sphère (S) est soumise, entre autres, à une force de frottement fluide  $\vec{f} = -h\vec{v}$  (avec  $h$  constante positive),  $\vec{v}$  étant la vitesse de la sphère (S) dans l'eau.

1.1 Faire l'inventaire des forces auxquelles (S) est soumise quand elle est complètement immergée.

1.2 Ecrire l'équation différentielle régissant la vitesse de cette sphère dans le lac.

1.3 Tracer la courbe  $v = f(t)$ .

On précisera en particulier son asymptote quand  $t$  devient grand et la pente à l'origine. On donnera ces deux valeurs sachant que la vitesse limite vaut  $v_L = 8,0 \text{ m/s}$ . (Cette vitesse est atteinte quand la profondeur est assez grande).

1.4 De la valeur de la vitesse limite, déduire celle du coefficient de frottement fluide  $h$ .

1.5 Prouver que l'équation différentielle obtenue au 1.2 a pour solution :

$$v = A(1 - e^{-Bt}).$$

On exprimera A et B en fonction de  $h, m, v_L$ .

1.6 A quel instant  $t_1$  la vitesse atteint sa valeur limite à 1% près ?

1.7 De l'expression de  $v$  en déduire l'expression de  $z$ , distance parcourue lors de sa chute à partir de l'instant  $t = 0$  par la sphère.

1.8 Quelle distance  $z_1$  a parcouru la sphère (S) à  $t = t_1$ , c'est à dire quand  $v = 0,99v_L$  ?

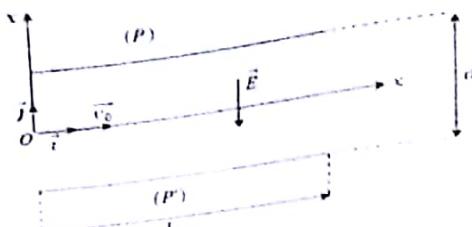
## EXERCICE 2

Dans l'espace compris entre deux plaques (P) et (P') horizontales, rectangulaires de longueur  $L = 20 \text{ cm}$ , distantes de  $d = 10 \text{ cm}$  et disposées en vis-à-vis (voir figure), on peut établir soit un champ électrique  $\vec{E}$ , soit un champ magnétique  $\vec{B}$ , soit les deux simultanément.

101

**C** $\sum \pi$ 

On utilise le repère orthonormé direct  $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ . O est à égale distance des plaques, les vecteurs  $\vec{i}$  et  $\vec{k}$  sont horizontaux et  $\vec{j}$  est vertical.



Le champ électrique  $\vec{E}$ , uniforme dirigé suivant  $(-\vec{j})$  et tel que  $E = 10^3 \text{ V.m}^{-1}$ , gardera les mêmes caractéristiques dans tout l'exercice.

Le champ magnétique  $\vec{B}$  est uniforme, horizontal, orthogonal au plan  $(O, \vec{i}, \vec{j})$ ; son sens pouvant être celui de  $\vec{k}$  ou le sens opposé.

On se propose d'étudier dans l'espace strictement compris entre les plaques, le mouvement d'un proton qui arrive en O suivant  $Ox$ , à la date  $t = 0$ , avec une vitesse  $v_0 = 10^6 \text{ m/s}$  et soumis suivant le cas, à l'action de  $\vec{E}$  seul, ou de  $\vec{B}$ , ou  $\vec{B}$  et  $\vec{E}$  s'exerçant simultanément.

Dans tout l'exercice, le poids du proton est négligeable devant les autres forces.

### 2.1 Action du champ électrique $\vec{E}$ seul

Déterminer les équations horaires et l'équation de la trajectoire du proton entre les deux plaques ; en déduire les coordonnées du point de sortie S où le proton quitte l'espace compris entre les deux plaques.

### 2.2 Action du champ magnétique $\vec{B}$ seul

Si le vecteur  $\vec{B}$  est orienté selon  $\vec{k}$ , dans quel sens est déviée la particule ? Justifier la réponse. Montrer que le mouvement du proton est plan, uniforme et circulaire. Exprimer le rayon R de sa trajectoire. Le proton sort-il de l'espace où règne le champ magnétique si  $B = 0,1 \text{ T}$  ?

### 2.3 Action des deux champs $\vec{E}$ et $\vec{B}$

2.3.1 Faire le bilan des forces agissant sur le proton entre les plaques et les représenter. On envisagera les orientations possibles pour  $\vec{B}$  en faisant les schémas séparément.

2.3.2 On désire que le proton ne soit pas dévié durant son passage entre les deux plaques ; préciser toutes les caractéristiques de  $\vec{B}$  pour qu'il en soit ainsi. Quel est, dans ce cas, la vitesse du proton à la sortie des plaques ?

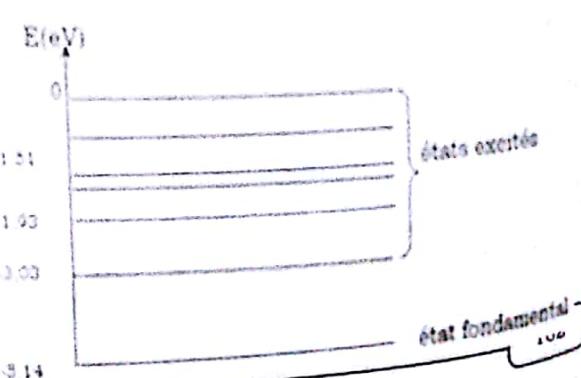
2.3.3 Dans le flux de protons arrivant en O, tous n'ont pas une vitesse de valeur  $v_0 = 10^6 \text{ m/s}$ . Que peut-on dire de l'utilité du dispositif étudié ici dans la question 2.3.2 ?

Données : masse du proton :  $1,67 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$  ; charge du proton :  $1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ .

### **EXERCICE 3**

3.1 On donne ci-contre le diagramme simplifié des niveaux d'énergie de l'atome de sodium. L'état de référence est choisi de manière arbitraire.

3.1.1 L'analyse du spectre d'émission de l'atome de sodium révèle la présence de raies de longueurs d'onde bien définies. Indiquer à quelle variation d'énergie correspond pour l'atome de sodium l'émission de la raie jaune de longueur d'onde 589,0





nm. Préciser quels sont les niveaux d'énergie concernés.

3.1.2 Quel est le comportement de l'atome de sodium pris à l'état fondamental, lorsqu'il reçoit un photon de longueur d'onde 589,0 nm ?

3.1.3 Que se passe-t-il si le photon a une énergie de 3,00 eV ?

L'atome peut-il alors être excité ? Justifier.

3.1.4 L'atome de sodium pris à l'état fondamental est heurté par un électron ayant une énergie cinétique de 3,00 eV. Lors de l'interaction l'atome de sodium reste pratiquement immobile et passe de l'état fondamental au premier état excité. Quelle est l'énergie cinétique de l'électron après son interaction avec l'atome de sodium ?

3.2 L'énergie des niveaux de l'atome d'hydrogène est donnée par :  $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$  (eV) avec  $n$  entier non nul.

3.2.1 L'analyse du spectre d'émission de l'atome d'hydrogène montre la présence des raies de longueurs d'onde :

Radiations	$H_\alpha$	$H_\beta$	$H_\gamma$
Longueur d'onde $\lambda$ (nm)	656,28	486,13	434,05

Ces radiations sont émises lorsque cet atome passe d'un état excité p supérieur à 2 à l'état  $n = 2$ .

3.2.1.1 Donner les valeurs de p correspondant à ces radiations.

3.2.1.2 Montrer que les longueurs d'ondes des radiations correspondant à la série des raies étudiées tendent vers une limite que l'on calculera lorsque p tend vers l'infini.

3.2.2 Balmer, en 1886 ne connaissait que les raies de l'atome d'hydrogène appartenant au spectre visible et il écrivait la loi de détermination de ces raies sous la forme :  $\lambda = \lambda_0 \cdot \frac{p^2}{p^2 - 4}$ .

3.2.2.1 Retrouver cette loi à l'aide de l'expression de l'énergie de l'atome et de l'énergie du photon émis lors de la transition radiative (loi de Balmer : 1913).

3.2.2.2 Déterminer la valeur de  $\lambda_0$  dans la formule de Balmer.

3.2.2.3 Montrer que la formule de Balmer permet de retrouver le résultat obtenu en 3.2.2.

Données :

Constante de Planck :  $h = 6,67 \cdot 10^{-34}$  J.s

Célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3 \cdot 10^8$  m.s<sup>-1</sup>.

Conversion : 1 eV =  $1,60 \cdot 10^{-19}$ J

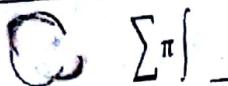
#### EXERCICE 4

Cet exercice comporte deux parties indépendantes A et B.

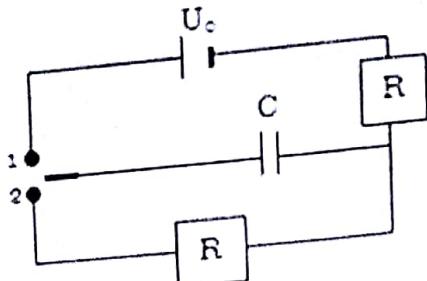
##### PARTIE A

Dans le but de déterminer la capacité C d'un condensateur, on utilise le montage ci-contre.  $U_0$  est la tension à vide aux bornes du générateur dont la résistance sera négligée.

103



Les deux conducteurs ohmiques utilisés ont même résistance.



### PARTIE A - 1

A la date  $t = 0$ , on bascule l'interrupteur à la position 1.

En déduire l'équation différentielle liant la charge  $q$  du condensateur et sa dérivée première par rapport au temps.

- 4.1.1 Ecrire la loi des tensions dans le circuit de charge. En déduire l'équation différentielle liant la charge  $q$  du condensateur et sa dérivée première par rapport au temps.
- 4.1.2 Vérifier que  $q(t)$  est de la forme  $q(t) = A(1 - e^{-\frac{t}{\tau}})$  où  $A$  et  $\tau$  sont des constantes que l'on déterminera.

### PARTIE A - 2

Le condensateur chargé, on bascule l'interrupteur en position 2 à une date prise comme nouvelle origine des temps  $t = 0$ . Un dispositif approprié permet d'enregistrer les valeurs de la tension  $u_c$  aux bornes du condensateur en fonction du temps et donne les résultats suivants :

$t(s)$	2	4	6	8	9
$u_c(V)$	3,90	2,56	1,72	1,10	0,90

- 4.2.1 Tracer la courbe représentant  $\ln(u_c)$  en fonction du temps.

- 4.2.2 Etablir l'équation qui donne  $u_c(t)$  en fonction de  $R$ ,  $C$ ,  $U_0$  et  $t$ . En déduire l'expression du coefficient directeur de la droite obtenue.

On pose  $\tau = RC$ . Calculer la valeur de  $\tau$  et en déduire la valeur de  $C$  sachant que  $R = 10^6 \Omega$ .

### PARTIE B

Aux bornes d'un générateur basse fréquence, on dispose d'une source de courant alternatif dont on peut régler la tension et la fréquence.

- 4.1 La fréquence étant réglée à 50 Hz, on met en série aux bornes du générateur un condensateur de capacité  $C = 2\sqrt{2} \cdot 10^{-8} F$  et une résistance de  $R = 10 \Omega$ . L'intensité efficace du courant est alors  $I_1 = 0,5 A$ .

Faire la construction de Fresnel.

En déduire la tension efficace aux bornes du générateur et le déphasage entre  $i(t)$  et  $u_s(t)$  aux bornes du générateur ; comment varie ce déphasage si l'on fait varier la fréquence du courant ?

- 4.2 La fréquence étant maintenue à 50 Hz, on place maintenant en série aux bornes de la source la résistance précédente et une bobine de résistance  $R_1$  et d'inductance  $L$ . On note les tensions efficaces suivantes :

- (i) aux bornes de la résistance  $U_R = 20 V$  ;
- (ii) aux bornes de la bobine  $U_B = 15 V$  ;
- (iii) aux bornes de la source  $U_s = 25 V$ .

C  $\sum \pi$

$$\cos\varphi = \frac{U_s^2 + U_R^2 - U_B^2}{2U_s U_R} \quad \varphi \text{ étant le déphasage}$$

4.2.1 A partir de la construction de Fresnel, montrer que :  $\cos\varphi = \frac{U_s^2 + U_R^2 - U_B^2}{2U_s U_R}$   $\varphi$  étant le déphasage entre l'intensité et la tension aux bornes de la source.

4.2.2 Calculer  $\varphi$ ,  $R$ , et  $L$ . Que penser de cette bobine ?

4.2.3 Ecrire l'expression du courant instantané  $i(t)$  en prenant la phase à l'origine de la tension nulle.

**EXERCICE 5**

Le nucléide  $^{108}_{47}\text{Ag}$  est radioactif  $\beta^-$ .

5.1.1 Ecrire l'équation de cette réaction nucléaire en précisant les règles utilisées.

5.1.2 Préciser le symbole du noyau fils et donne la composition de son noyau. On donne un extrait de la classification périodique des éléments :

$^{93}\text{Tc}$	$^{101}\text{Ru}$	$^{105}\text{Rh}$	$^{106}\text{Pd}$	$^{107}\text{Ag}$	$^{108}\text{Cd}$	$^{113}\text{In}$
------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

5.2 Soit un échantillon contenant  $N_0$  noyaux à la date  $t = 0$  et  $N$  noyaux à la date  $t$ , la probabilité pour qu'un noyau se désintègre pendant la durée  $dt$  est  $P = \lambda dt$ .

5.2.1 Etablir la formule traduisant la loi de la décroissance radioactive.

5.2.2 Définir la période radioactive  $T$ .

5.2.3 Déterminer l'expression de  $\lambda$  en fonction de  $T$ .

5.3 On se propose d'étudier l'évolution de l'activité  $A(t)$  d'un échantillon du nucléide  $^{108}_{47}\text{Ag}$  au cours du temps.

5.3.1 Définie l'activité d'un échantillon radioactif puis l'exprimer en fonction du temps.

5.3.2 Compléter le tableau de mesures ci-contre :

t(min)	0	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
A(Bq)	89	73	63	52	46	39	33	29	24	21	18
ln(A)											

5.3.3 Tracer la courbe  $\ln(A) = f(t)$  en choisissant judicieusement votre échelle.

5.3.4 Déterminer la constante radioactive  $^{108}_{47}\text{Ag}$ . En déduire sa période radioactive.

5.3.5 Quel est le nombre de noyaux initialement présents dans cet échantillon ?

$C \sum n$ 

2006

## EPREUVE DE CHIMIE



## EXERCICE 1

La communication, c'est-à-dire le transfert d'information chez les insectes se fait principalement par voie chimique grâce à des substances appelées phéromones. On se propose d'étudier deux exemples de phéromones.

## PARTIE A

Première phéromone : acide 9-hydroxydec-2-énioïque

L'acide 9-hydroxydec-2-énioïque est une phéromone de rassemblement de l'abeille domestique. Sa formule semi-développée est :  $H_3C - CHOH - (CH_2)_5 - CH = CH - COOH$

A.1 Cette molécule présente un isomère de configuration due à la présence de la double liaison. Représenter les deux isomères correspondants et les nommer.

A.2 La molécule renferme un carbone asymétrique. Reproduire la formule de la molécule et y indiquer par un astérisque le carbone asymétrique. Justifier la réponse.

A.3 Représenter un couple d'énanthiomères associés à cette molécule.

## PARTIE B

Deuxième phéromone : acétate d'isoamyle

L'acétate d'isoamyle est une phéromone d'alarme de l'abeille domestique qui commande une attitude aggressive de l'abeille qui la reçoit. C'est un ester que l'on peut préparer à partir d'un alcool noté A et de l'acide éthanoïque.

B.1 Le pourcentage en masse d'oxygène dans un échantillon de l'alcool A est de 18,18%. En déduire la formule brute de A.

B.2 Donner les formules semi-développées des alcools ayant cette formule brute et dont la chaîne principale de sa molécule contient quatre atomes de carbone.

B.3 A est un alcool primaire, sa molécule ne contient pas de carbone asymétrique et la chaîne principale de sa molécule contient quatre atomes de carbone. Quel est le nom de A ?

B.4 Ecrire l'équation bilan traduisant l'obtention de l'acétate d'isoamyle à partir de A et de l'acide éthanoïque. Quel est le nom officiel de l'acétate d'isoamyle ?

B.5 Quelles sont les caractéristiques de cette réaction ?

B.6 A partir de 10,0 g de A et 10,0 g d'acide éthanoïque, on obtient 10,7 g d'acétate d'isoamyle. Calculer le rendement de la réaction.



B.7 On peut obtenir l'acétate d'isoamyle par une réaction rapide et totale. Ecrire l'équation-bilan de cette réaction et nommer les réactifs utilisés.

**EXERCICE 2**

On étudie la cinétique de la réaction entre les ions permanganate (couleur violette en solution aqueuse) et l'acide éthanedioïque encore appelé acide oxalique de formule HOOC - COOH (incolore en solution aqueuse).

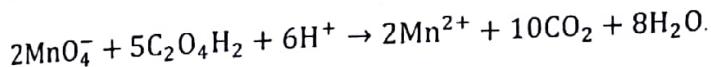
**PARTIE A : Etude qualitative de la réaction.**

On donne :  $\text{MnO}_4^-/\text{Mn}^{2+}$  ( $E^0 = 1,51 \text{ V}$ ) ;  $\text{CO}_2/\text{C}_2\text{O}_4\text{H}_2$  ( $E^0 = -0,48 \text{ V}$ )

A.1 Que représente  $E^0$ ? Comparer les oxydants des deux couples en justifiant votre réponse.

A.2 Ecrire les deux demi-équations d'oxydoréduction de ces couples.

A.3 Montrer que l'équation bilan de la réaction spontanée entre les composants de ces deux couples en milieu acide est :



A.4 On mesure  $20,0 \text{ cm}^3$  d'une solution aqueuse de permanganate de potassium à  $0,20 \text{ mol/L}$ , acidifiée à l'aide de l'acide sulfurique, et  $20,0 \text{ cm}^3$  d'une solution d'acide oxalique à  $0,50 \text{ mol/L}$ .

A.4.1 Quelle est la masse d'acide oxalique solide qu'il a fallu dissoudre dans  $1 \text{ L}$  d'eau pour préparer une solution d'acide oxalique dont la concentration molaire est  $0,50 \text{ mol/L}$ ?

A.4.2 Indiquer avec précision la démarche expérimentale à suivre pour préparer cette solution d'acide oxalique.

A.5 A la date  $t = 0 \text{ s}$ , on mélange rapidement les deux solutions.

A.5.1 Calculer la concentration molaire  $[\text{MnO}_4^-]$  à la date  $t_0 = 0 \text{ s}$ .

A.5.2 Une solution contenant les ions manganèse (II) apparaît incolore. En déduire comment évolue la couleur de la solution au cours de la réaction.

A.5.3 Montrer que tous les ions permanganate vont disparaître à la fin de la réaction.

**PARTIE B : Etude cinétique de la réaction**

La réaction étant lente, on peut suivre son évolution par spectrophotométrie. La spectrophotométrie est une méthode pour suivre l'apparition d'un produit ou la disparition d'un réactif qui absorbe la lumière dans le visible.

B.1 Cette méthode permet d'obtenir les résultats suivants.  $A$  est l'absorbance de la solution, grandeur sans unité, proportionnelle à la concentration de l'espèce absorbante.

$t \text{ (min)}$	0	1	2	3	4	5	6	7	8
A	166	160	154	100	50	20	8,0	5,0	3,0
$[\text{MnO}_4^-] (10^{-2} \text{ mol/L})$	10	9,64		6,02	3,01	1,20		0,30	0,18

Quelle est l'espèce ( $\text{MnO}_4^-$  ou  $\text{Mn}^{2+}$ ) dont l'évolution de la concentration a été suivie par spectrophotométrie ? Justifier.

B.2 Recopier et compléter le tableau ci-dessus.

107

$C$  $\sum \pi$ 

B.3 Tracer sur un papier millimétré la courbe représentant l'évolution de la concentration des ions permanganate  $[MnO_4^-] = f(t)$ .

B.4 On utilise la courbe pour étudier quantitativement la vitesse instantanée de disparition de l'ion permanganate.

B.5 Définir la vitesse instantanée de disparition de l'ion permanganate à une date quelconque.

B.6 Déterminer graphiquement les vitesses instantanées de disparition de l'ion permanganate aux dates  $t_1 \approx 1 \text{ min}$ ,  $t_2 = 4 \text{ min}$ ,  $t_3 = 7 \text{ min}$ .

B.7 Déterminer graphiquement les vitesses instantanées de disparition de l'ion permanganate au cours de la réaction ?

B.8 Comment varie la vitesse instantanée de disparition de l'ion permanganate au cours de la réaction ?

B.9 Tracer sur papier millimétré utilisé précédemment, l'allure de la courbe donnant l'évolution de la concentration d'un réactif au cours du temps dans le cas général.

B.10 Comment évolue la vitesse instantanée de disparition de ce réactif au cours du temps ?

B.11 Quelle est la différence entre l'évolution de la vitesse instantanée de disparition d'un réactif au cours du temps dans le cas général et celle des ions permanganate dans l'expérience étudiée précédemment ?

B.12 Quelle est la cause de cette différence d'évolution entre les deux vitesses instantanées de disparition d'un réactif ?

### EXERCICE 3

#### PARTIE A

La vitamine C ou acide ascorbique est vendue en pharmacie sous forme de comprimés. On cherche à retrouver dans l'exercice les valeurs de la masse  $m$  de vitamine C dans un comprimé et du  $pK_a$  du couple acide/base correspondant.

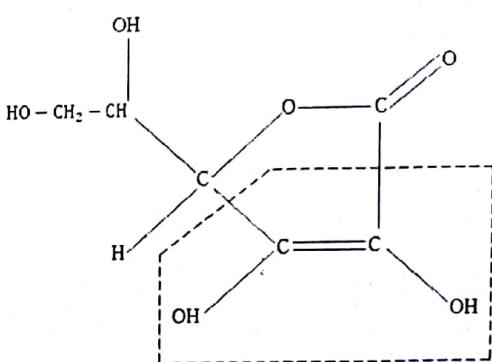
Données du fabricant : masse d'acide ascorbique dans un comprimé : 500 mg

$pK_a$  du couple acide/base correspondant : 4

	pH	0	7,2	8,8	14
Autres données : $H_3O^+$ / $H_2O$	Couleur	Jaune	Indéterminée	Rouge	
$H_2O/OH^-$ : $pK_a = 14$					

Couleur d'une solution contenant du rouge de créosol en fonction du pH :

A.1 La formule semi-développée de l'acide ascorbique est la suivante :



Les groupes encadrés correspondent à des fonctions énols.

 $\sum \pi$ 

A.2 Reproduire la formule de la molécule, entourer les autres groupes fonctionnels oxygénés et nommer les fonctions correspondantes.

A.3 Donner la formule brute de l'acide ascorbique et calculer sa masse molaire moléculaire.

### PARTIE B Manipulation :

Le comprimé écrasé est dissout dans un peu d'eau dans un bêcher. Le contenu du bêcher est transversé dans une fiole jaugée de volume  $V = 100 \text{ mL}$ . On complète avec de l'eau distillée jusqu'au trait de jauge, la solution obtenue est notée S. On prélève un volume  $V_a = 10 \text{ mL}$  de la solution S, on le verse dans un bêcher et on ajoute 20 mL d'eau distillée. Le dosage pH-métrique par une solution d'hydroxyde de sodium dont la concentration est  $c_0 = 0,02 \text{ mol/L}$ , donne les résultats représentés par la courbe donnée en annexe.

#### Questions :

B.1 Indiquer avec précision la démarche expérimentale à suivre pour préparer 100 mL d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire 0,02 mol/L à partir d'une solution d'hydroxyde de sodium de concentration molaire 0,1 mol/L.

B.2 Faire un schéma annoté du dispositif de dosage.

B.3 Qu'est-ce que doser une solution d'acide ascorbique par une solution d'hydroxyde de sodium ?

B.4 L'acide ascorbique est représenté par la formule simplifiée AH.

B.4.1 Ecrire l'équation bilan de la réaction support du dosage.

B.4.2 Calculer la constante de la réaction et justifier que cette réaction est appropriée pour le dosage de l'acide ascorbique.

B.5

3.5.1 Déduire du graphique les coordonnées du point d'équivalence en précisant la méthode utilisée.

3.5.2 Déterminer la concentration molaire  $C_a$  en acide ascorbique de la solution S.

3.5.3 En déduire la masse de vitamine C contenue dans un comprimé. Calculer l'erreur relative commise sur la mesure et conclure.

B.6 En utilisant la courbe déterminer le  $pK_a$  du couple acide/base correspondant à l'acide ascorbique et comparer avec la valeur indiquée par le fabricant.

B.7

B.7.1 Pourquoi ajoute-t-on de l'eau dans la solution S au moment du dosage ?

B.7.2 Cela a-t-il une influence sur le volume de soude versé à l'équivalence ? Justifier.

B.7.3 Représenter sur la feuille donnée en annexe l'allure de la courbe qu'on aurait obtenue si on avait pas ajouté de l'eau dans la solution S.

B.8 On veut refaire le dosage sans utiliser de pH-mètre mais en utilisant le rouge de créosol comme indicateur coloré.

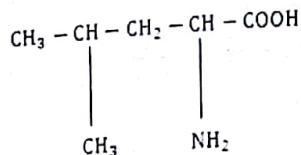
B.8.1 Justifier le choix du rouge de créosol pour repérer l'équivalence acido-basique.

B.8.2 Prévoir en vous aidant de la courbe donnée en annexe la courbe  $C_a$  de la solution S qu'on aurait trouvée et le  $pK_a$  du couple correspondant à l'acide ascorbique.

109



## EXERCICE 4



4.1 La leucine est l'acide  $\alpha$ -aminé de formule :

4.1.1 Donner le nom de la leucine en nomenclature officielle. Justifier l'appellation acide  $\alpha$ -aminé.

4.1.2 Montrer que la molécule est chirale. Donner les représentations de Fischer des énantiomères correspondant à la leucine et les nommer.

4.2 La condensation d'une molécule de leucine et d'une molécule de glycine, de formule  $\text{H}_2\text{N}-\text{CH}_2-\text{COOH}$  conduit à un dipeptide. Deux réactions sont possibles.

4.2.1 Ecrire les équations de ces deux réactions en donnant les formules semi-développées des deux dipeptides que l'on peut obtenir.

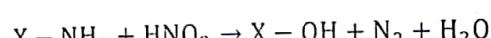
4.2.2 On désire obtenir un dipeptide  $P_1$  dans lequel la glycine est l'acide aminé N-terminal.

4.2.2.1 Comment doit-on procéder ? Décrire schématiquement les grandes étapes de la synthèse.

4.2.2.2 De quelle façon peut-on activer la fonction acide carboxylique ? Quel est l'intérêt de cette activation ?

4.3 On désire vérifier si le dipeptide  $P_1$  est celui dans lequel la glycine est l'acide aminé N-terminal. Pour cela, on réalise les expériences suivantes :

4.3.1 On traite  $P_1$  par l'acide nitreux  $\text{HNO}_2$ , sachant que l'acide nitreux réagit sur un groupe amine primaire suivant la réaction :



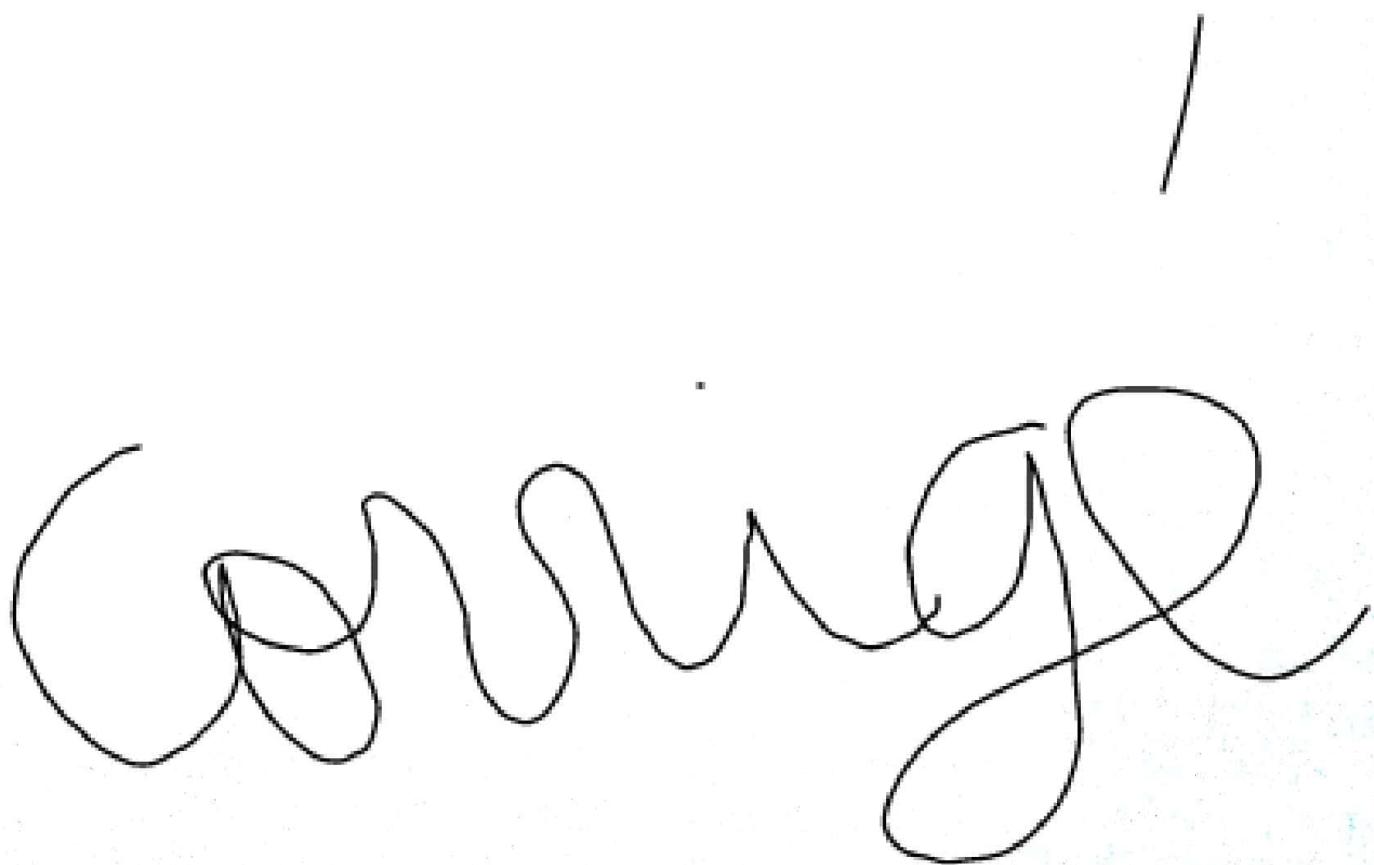
$\text{X} - \text{NH}_2$  étant la notation de la molécule  $P_1$ .

Donner la formule semi-développée du composé  $\text{X} - \text{OH}$ .

4.3.2 Si on hydrolyse  $\text{X} - \text{OH}$ , on obtient entre autres, de l'acide glycolique  $\text{HO}-\text{CH}_2-\text{COOH}$ . Donner l'équation de la réaction d'hydrolyse (on rappelle que l'hydrolyse permet la coupure de la liaison peptidique entre les atomes de carbone et d'azote).

4.4 Comment peut-on justifier à partir de ce résultat que  $P_1$  est bien le dipeptide dans lequel la glycine est l'acide aminé N-terminal ?

by saydou diallo

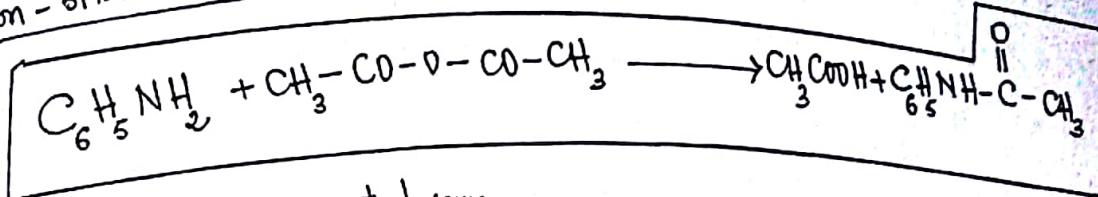


Concours d'entrée à l'Ecole Militaire de Dakar

Session 2007  
Chimie

Exercice 1.

Équation - bilan de la réaction



Rôle de l'acide éthanoïque : catalyseur

- On peut laver l'acétanilide dans l'eau froide parce que sa solubilité y est faible.
- Quantité de matière des réactifs

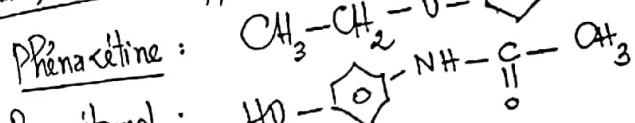
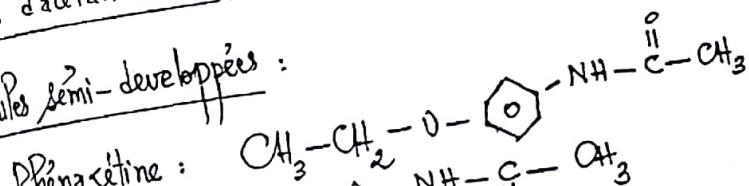
$$\text{Aniline: } n = \frac{m_1}{M_1} = \frac{m_1}{M_1} = 0,22 \text{ mol} \Rightarrow m = 0,22 \text{ mol}$$

$$\text{Anhydride éthanoïque: } n = 0,21 \text{ mol}$$

⇒ Le réactif limitant est l'anhydride éthanoïque

$$\text{Massé d'acétanilide obtenue: } m = 0,85 \times 0,21 \times 135 = 24 \text{ g} \Rightarrow m = 24 \text{ g}$$

Formules semi-développées:



Exercice 2.

Méthode préparatoire de la préparation de S<sub>2</sub>: permanganate

$$\text{i) Volume } V_0 \text{ à prélever: } C_1 V_0 = C_2 V_1 \Leftrightarrow V_0 = \frac{C_1}{C_2} V_1 \Rightarrow V_1 = 100 \text{ mL;}$$

ii) Introduire le volume } V\_0 = 100 \text{ mL dans une fiole jaugée de capacité } V\_1 = 500 \text{ mL;}

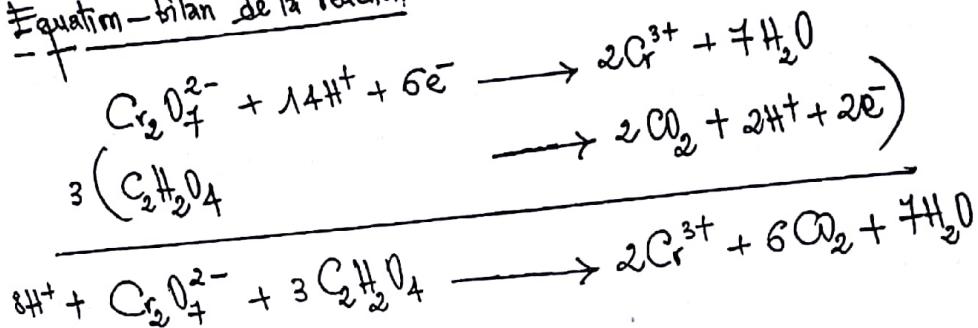
iii) Compléter avec de l'eau distillée.

$$\text{Massé d'acide oxalique: } m = C_2 V_2 \cdot M \Rightarrow m = 756 \text{ mg}$$

• Préparation de l'acide boronique :

- i) Poser, à la balance électronique, une masse  $m = 756 \text{ mg}$  d'acide oxalique;
- ii) Introduire cette masse dans une fiole jaugée de volume  $V = 100 \text{ mL}$ ;
- iii) Avec de l'eau distillée, dissoudre puis compléter à  $100 \text{ mL}$ .

• Équation-bilan de la réaction :



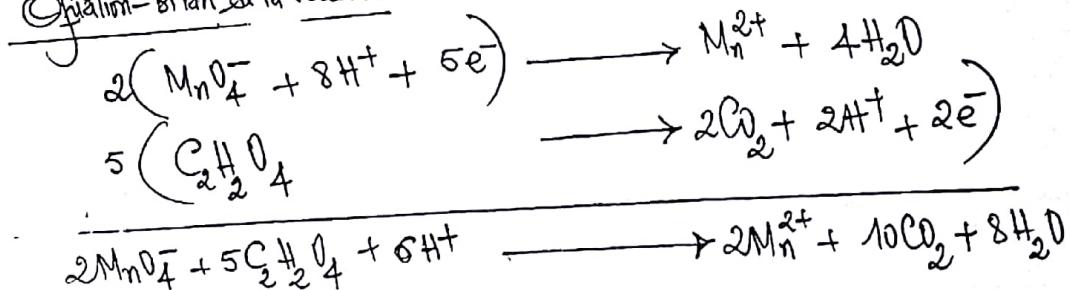
Vitesse de formation des ions  $\text{Cr}^{3+}$

Rélation de définition :  $v = \frac{d}{dt} [\text{Cr}^{3+}]$

Détermination graphique :  $v(t=0) = 0,25 \cdot \text{m.mol/L.s}$ ;  $v(t=50\text{s}) = 0,08 \text{ mmol/L.s}$

Interprétation : La vitesse de formation des ions  $\text{Cr}^{3+}$  diminue parce que la concentration de réactif a diminué.

Équation-bilan de la réaction :



• Variations de la vitesse

i) Vitesse initiale faible: réaction lente au début;

ii) Augmentation sensiblement de la vitesse: effet d'accélération dû à la présence des ions  $\text{Mn}^{2+}$ ;

iii) Vitesse de plus en plus faible à  $t > 20\text{s}$ : due à la diminution de réactif

Phénomène mis en évidence: Auto-Catalyse de la réaction par les ions  $\text{Mn}^{2+}$  qui se forment.

Exercice 3Préparation de la solution S<sub>2</sub>

\* Masse de soluté:  $m = C_2 V_2 M \Rightarrow m = 1,07 \text{ g}$ .

\* Procédé: Poser, à la balance électronique, une masse de soluté  $m = 1,07 \text{ g}$ ;

ii) Introduire cette masse dans une fiole jaugeée de 200 mL;

iii) Dissoudre avec de l'eau distillée, puis compléter jusqu'au trait de jauge.

Concentration de différentes espèces chimiques

$$[\text{NH}_3] = 6,6 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L} ; [\text{NH}_4^+] = 3,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$[\text{H}_3\text{O}^+] = 2,15 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L} ; [\text{OH}^-] = 4 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$$

$$[\text{Cl}^-] = \frac{C_1 V_1}{V_f} = 3,3 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$$

$$\frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = \frac{\frac{C_2 V_2}{V_f}}{\frac{C_1 V_1}{V_f}} = \frac{V_2}{V_1}$$

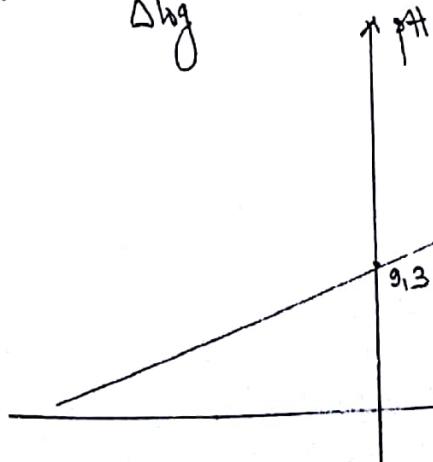
pH	8,7	9	9,18	9,3	9,9	9,6	9,13	
$\log\left(\frac{V_2}{V_1}\right)$	-0,6	-0,3	-0,125	0	0,6	0,3	0,125	

$\rightarrow 1 \text{ cm} \rightarrow 1 \text{ u pH}$   
 $\rightarrow 1 \text{ cm} \rightarrow 0,1 \text{ u pH}$

$\text{Pente: } a = \frac{\Delta \text{pH}}{\Delta \log} = 1$  et  $b = 0,93 \cdot 10^{-1} = 0,93$ ;  $\text{pH} = b = 9,3$ .

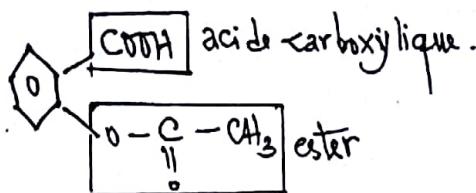
$$\text{pH} = a \log\left(\frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]}\right) + b$$

$$\log \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]} = \text{pH} - b$$



$$\log \frac{[\text{NH}_3]}{[\text{NH}_4^+]}$$

## Exercice 4



Réaction acide-base - C<sub>2</sub>H<sub>3</sub>O<sub>2</sub><sup>-</sup> et OH<sup>-</sup>; rapide et totale

Réaction de saponification OH<sup>-</sup> et ester; lente et totale et exothermique;  
car il existe 2 types de réactions.

$$\text{nombre de mol initial : } n_{\text{OH}^-} = CV = 10^{-2} \text{ mol}$$

$$\text{Après d'essai : } C' = \frac{n_{\text{OH}^-}}{V_f} = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol/l}$$

$$n_{\text{OH}^-} = C' V = 5 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$n_{\text{OH}^-} = C_2 V_a = 2,18 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

restant

$$n_{\text{OH}^-} = 20 \times 2,18 \cdot 10^{-4} = 4,36 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$$

quantité ayant réagi

$$n_{\text{OH}^-} = 10^{-2} - 4,36 \cdot 10^{-3} = 0,564 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \Rightarrow n_{-\text{OH}^- \text{ réagi}} = 0,564 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

• Masse d'aspirine dans le comprimé

$$m = n \cdot M = 0,564 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \times 180 \text{ g/mol} \Rightarrow m = 0,564 \cdot 10^{-2} \times 180 \text{ g} \approx 10 \text{ mg}$$

Conclusion

S'appellation "Aspirine 500" signifie qu'un comprimé d'aspirine contient environ 500 mg d'acide acétylsalicylique.

Exercice 5

5.1.1 Les méthodes de la production du savon.

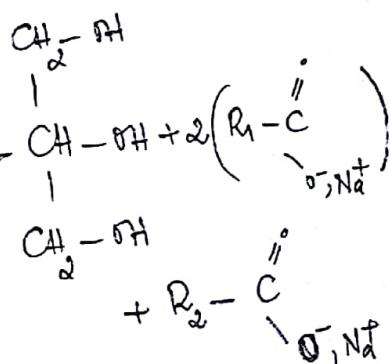
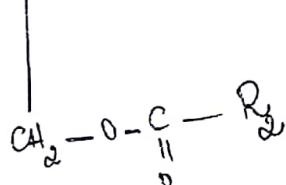
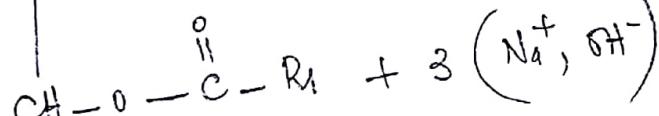
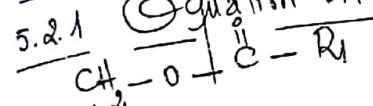
5.1.2 a) savons  $\leftrightarrow$  "sels" ; b) corps gras  $\leftrightarrow$  triesters c) glycerol  $\leftrightarrow$  polyols

5.1.3 Chémie de la saponification (d'après le texte)

Destruction d'huile végétale par la soude. (en 1823, ... Chevreuil)

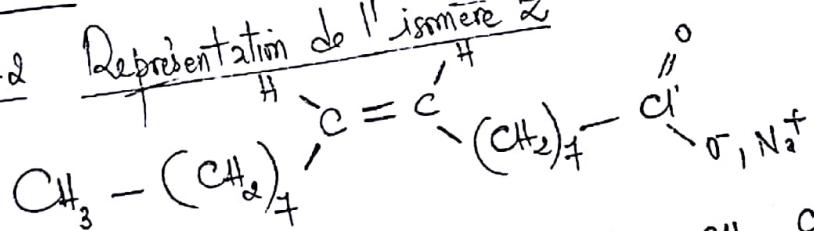
5.1.4 Cendre et suif correspondant respectivement à base forte et corps gras  
 $\Rightarrow$  Donc les savons sont de même nature que le savon actuel!!!

5.2 Équation bilan de la saponification



Caractères: réaction lente mais totale

5.2.2 Représentation de l'isomère Z



Nom du produit ionique:  $\text{HO}-\text{CH}_2-\overset{\text{H}}{\underset{\text{C}}{\text{C}}}-\text{CH}_2-\text{OH}$   
 propan-1,2,3-triol (glycerol)

5.2.3 Quantité de glycerol obtenu

$$\text{quantité} = \text{m} \cdot M_{\text{NaOH}}$$

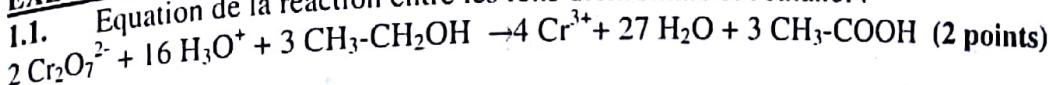
$$m = n \cdot M = 0,8 \times \frac{100}{888} \times 92 = 8,3 \text{ kg}$$

**CORRIGÉ**

(15 points)

**EXERCICE 1**

Equation de la réaction entre les ions dichromate et l'éthanol :

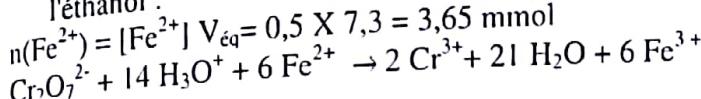
1.2. Quantité de matière  $n_0$  (en mmol) d'ion dichromate contenus dans le volume

$$V_1 = 20 \text{ mL} : n_0 = 20 \times 0,1 = 2 \text{ mmol}$$

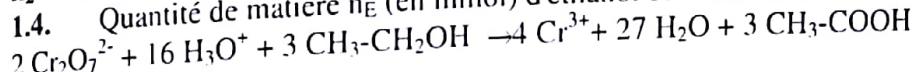
(2 points)

1.3. Quantité de matière  $n_1$  (en mmol) d'ion dichromate restant après l'oxydation de

l'éthanol :

D'après les coefficients de cette équation :  $n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = \frac{n(\text{Fe}^{2+})}{6} = n_1 = 0,608 \text{ mmol}$  (3 points)

$$n_2 = n_0 - 0,608 = 1,392 \text{ mmol}$$

1.4. Quantité de matière  $n_E$  (en mmol) d'éthanol contenu dans 1 L de S :

D'après les coefficients de cette équation :

$$n(\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{OH}) = 1,5 n(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = 1,5 n_1 = 1,392 \times 1,5 = 2,087 \text{ mmol}$$

dans 10 mL de S soit dans 100 mL de vin.

(4 points)

n<sub>E</sub> = 208,7 mmol d'alcool dans 1 L de S soit dans 100 mL de vin.

1.5. Degré alcoolique (en °) du vin utilisé :

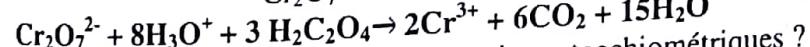
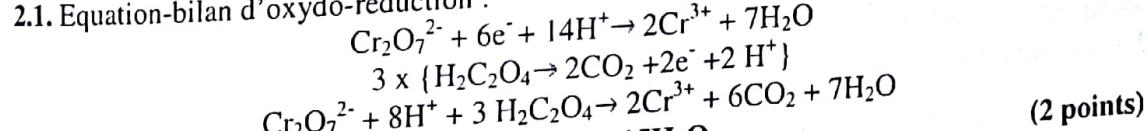
masse alcool (g) = masse molaire (g/mol) X quantité de matière (mol) =  $46 \times 0,2087 = 9,6 \text{ g}$   
 volume d'alcool (mL) = masse (g) / masse volumique (g/mL)  $\frac{m(g)}{\rho(\frac{g}{mL})} = \frac{9,6}{0,76} = 12,3 \text{ mL}$  soit

(4 points)

12,3°.

**EXERCICE 2** (15 points)

2.1. Equation-bilan d'oxydo-réduction :



2.2. Les réactifs sont-ils dans les proportions stoechiométriques ?

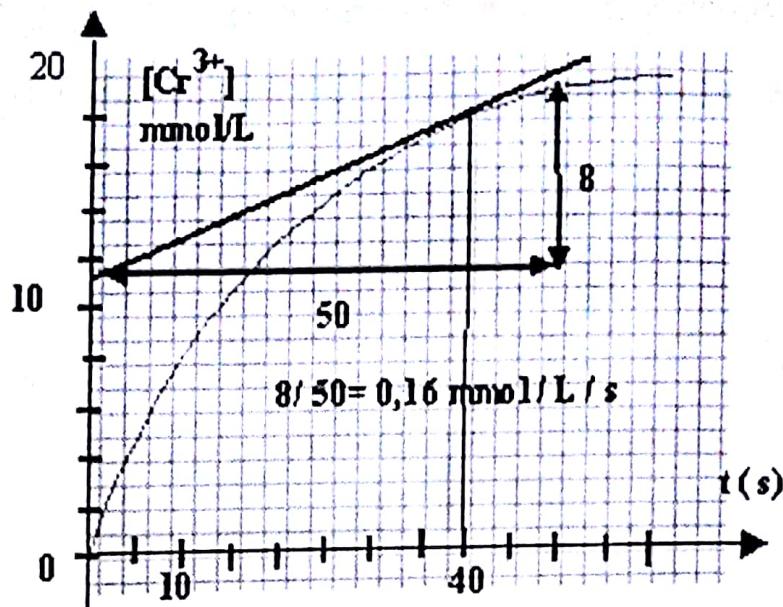
$$\frac{n^1(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-})}{1} = 2 \text{ mmol} < \frac{n^1(\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4)}{3} = 2,66 \text{ mmol.}$$

(3 points)

L'oxydant ( $\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}$ ) est en défaut.

2.3. Vitesses à t = 40 s :

La vitesse de formation des ions  $\text{Cr}^{3+}$  correspond graphiquement au coefficient directeur de la tangente à la courbe à t = 40 s.



$$V(\text{Cr}^{3+}) = 0,16 \text{ mmol.L}^{-1}.\text{s}^{-1} = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

$$V(\text{C}_2\text{H}_2\text{O}_4) = 3V(\text{Cr}^{3+}) = 4,8 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}.\text{s}^{-1}$$

2.4. Valeur limite de la concentration en ion chrome III :

$$n^{\lim}(\text{Cr}^{3+}) = 2 n^{\circ}(\text{Cr}_2\text{O}_7^{2-}) = 4 \text{ mmol} ; [\text{Cr}^{3+}]_{\lim} = 4 / 0,2 = 20 \text{ mmol/L}$$

2.5. Temps de demi-réaction :

Au temps de demi-réaction noté  $t_{\frac{1}{2}}$  la moitié du réactif limitant a disparu : il s'est donc formé

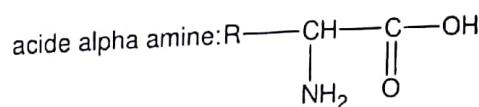
$$2 \text{ mmol d'ion Cr}^{3+}, \text{ donc à cette date on a : } [\text{Cr}^{3+}]_{t_{\frac{1}{2}}} = 10 \text{ mmol/L}$$

$$\text{Sur le graphe l'abscisse correspondante à } [\text{Cr}^{3+}] = 10 \text{ mmol/L donne } t_{\frac{1}{2}} \approx 12 \text{ s.}$$

### EXERCICE 3 (20 points)

3.1. Formules générales :

amine primaire:  $\text{R}-\text{NH}_2$

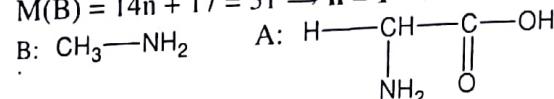


(3 points)

R : groupe alkyle  $\text{C}_n\text{H}_{2n+1}-$

3.2. Formules semi-développées et noms de A et B :

$$M(B) = 14n + 17 = 31 \Rightarrow n = 1 \Rightarrow$$



(6 points)

B : méthanamine et A : acide 2-aminoethanoïque

3.3. Equation-bilan :



Couple acide/base:  $\text{CH}_3-\text{NH}_3^+ / \text{CH}_3-\text{NH}_2$  (3 points)

3.4. Expression du pH

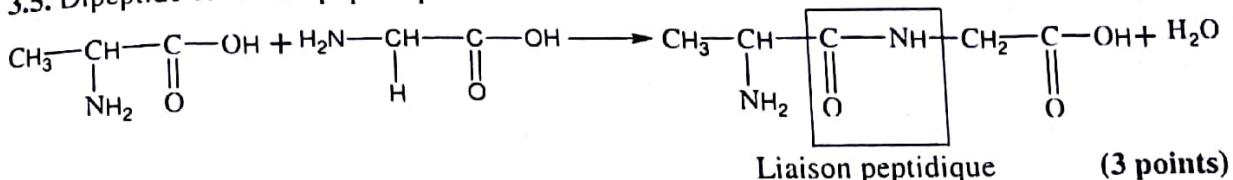
$$K\alpha = \frac{[\text{H}_3\text{O}^+][B]}{[BH^+]}$$

Electroneutralité :  $[BH^+] = [\text{OH}^-] - [\text{H}_3\text{O}^+] \simeq [\text{OH}^-]$

Conservation de la matière :  $[B] = C - [BH^+] \simeq C$  car  $[BH^+] \simeq [\text{OH}^-]$  et  $[\text{OH}^-] \ll C$

$$K_a = \frac{[H_3O^+]C}{[OH^-]} \Rightarrow K_a = \frac{[H_3O^+]^2 C}{K_e} \Rightarrow pH = 7 + \frac{1}{2}(pK_a + \log C) = 11,85 \quad (5 \text{ points})$$

### 3.5. Dipeptide et liaison peptidique



### EXERCICE 4 (25 points)

4.1. Formules semi-développées et les noms des isomères acides carboxyliques et esters de formule brute  $C_3H_6O_2$ :  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$  acide propanoïque ;  $\text{CH}_3\text{-COO-CH}_3$  éthanoate de méthyle ;  $\text{HCOO-CH}_2\text{-CH}_3$  méthanoate d'éthyle (2 points)

4.2.1. Expression de la constante d'acidité du couple acido-basique  $C_nH_{2n+1}\text{COOH} / C_nH_{2n+1}\text{COO}^-$

$$K_a = \frac{[C_nH_{2n+1}\text{COO}^-][H_3O^+]}{[C_nH_{2n+1}\text{COOH}]} \quad (2 \text{ points})$$

4.2.2. Équation chimique de la réaction entre l'acide  $C_nH_{2n+1}\text{COOH}$  et les ions  $\text{HO}^-$ :



$$4.3.1. K_a = \frac{C_b V_h}{C_a V_a - C_b V} \quad (3 \text{ points})$$

$$4.3.2. C_a V_a = C_b V_E \quad (2 \text{ points})$$

$$4.4.1. K_a = \frac{C_b V_h}{C_a V_a - C_b V} = \frac{C_b y}{C_a V_a - C_b V} = \frac{y}{\frac{C_a}{C_b} V_a - V}; \text{ or } C_a V_a = C_b V_E; \frac{C_a}{C_b} V_a = V_E \text{ d'où}$$

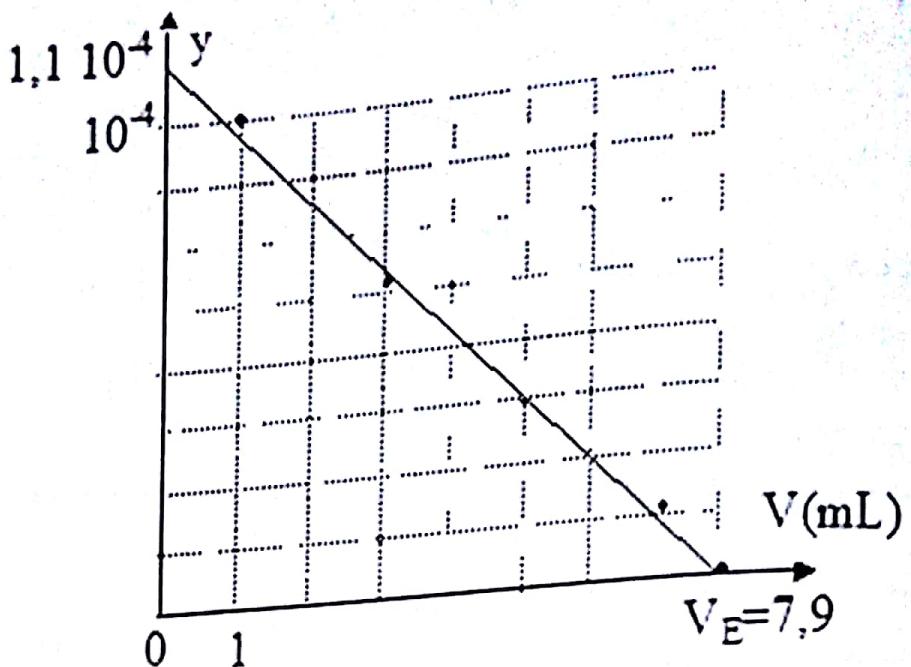
$$K_a = \frac{y}{V_E - V}; \quad y = K_a V_E - K_a V \quad (2 \text{ points})$$

$$4.4.2. \quad (3 \text{ points})$$

V(mL)	1	3	5	7
pH	4,02	4,65	5,09	5,72
h	$9,55 \cdot 10^{-5}$	$2,24 \cdot 10^{-5}$	$8,13 \cdot 10^{-6}$	$1,90 \cdot 10^{-6}$
y	$9,55 \cdot 10^{-5}$	$6,72 \cdot 10^{-5}$	$4,06 \cdot 10^{-5}$	$1,33 \cdot 10^{-5}$

(3 points)

4.4.3.



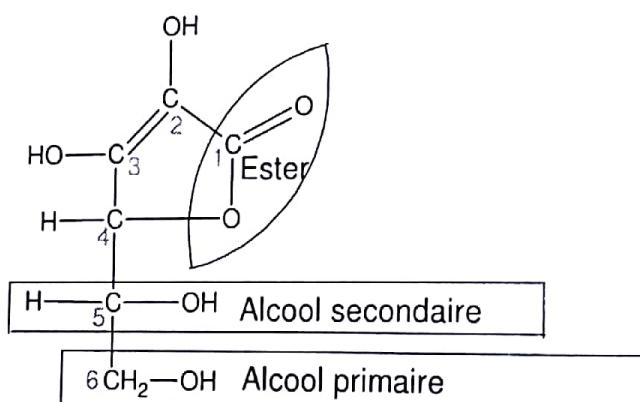
4.4.4.  $V_E = 7,9 \text{ mL}$ . L'ordonnée à l'origine donne  $1,1 \cdot 10^{-4} = K_a V_E$  d'où  $K_a = 1,1 \cdot 10^{-4} / 7,9$ ;  
 $K_a = 1,4 \cdot 10^{-5}$  soit  $pK_a = 4,85$ .  $C_a = \frac{c_b V_E}{V_a} = 0,02 \text{ mol/L}$  (3 points)

4.4.5.  $0,02 = \frac{m}{M}$  soit  $M = 1,34 / 0,02; M = 74 \text{ g/mol}$

$M = 12n + 2n+1+45 = 74$  d'où  $n=2$ .  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$  acide propanoïque (3 points)

### EXERCICE 5 (25 points)

5.1.



(2 points)

5.2. Un atome de carbone asymétrique est un atome de carbone tétraédrique relié à 4 atomes ou groupes d'atomes différents.

Les atomes de carbone n°4 et n°5 sont asymétriques

5.3.  $\text{AH} + \text{HO}^- \rightarrow \text{A}^- + \text{H}_2\text{O}$

(2 points)

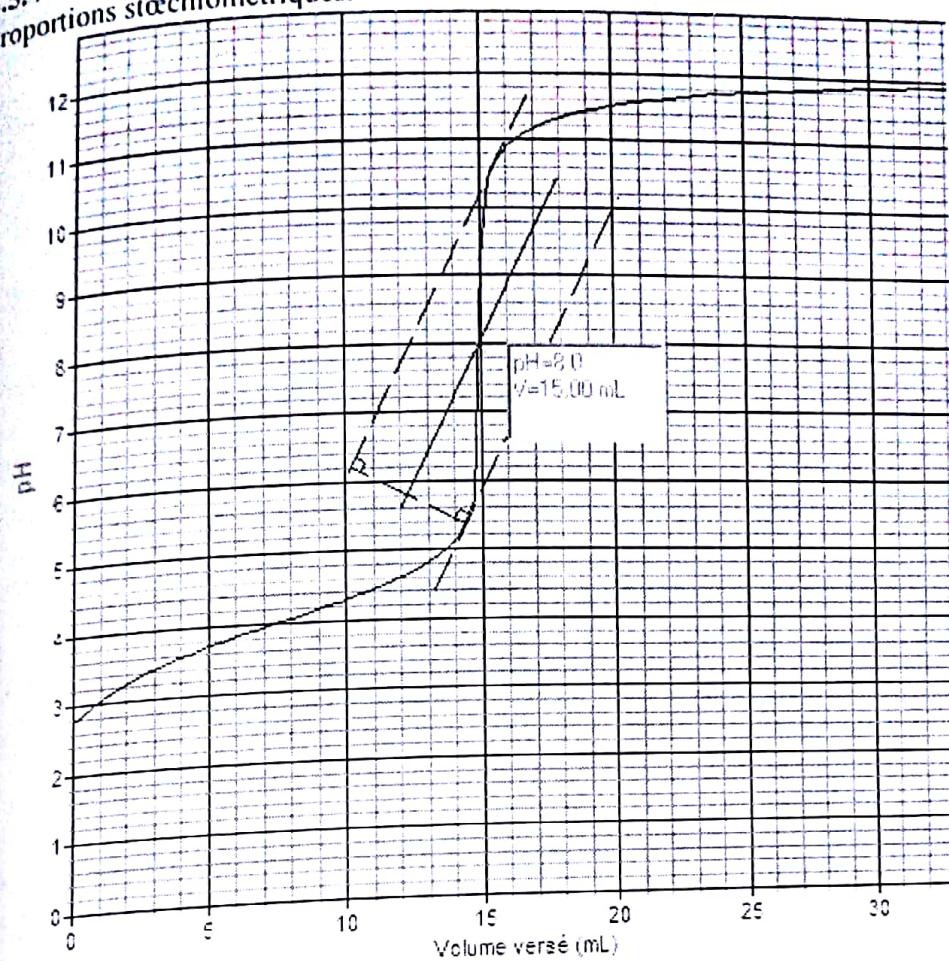
(2 points)

5.4.  $Kr = \frac{[\text{A}^-]}{[\text{AH}][\text{OH}^-]} = \frac{[\text{A}^-][\text{H}_3\text{O}^+]}{[\text{AH}][\text{OH}^-][\text{H}_3\text{O}^+]} = \frac{K_a}{K_b} = 10^{10}$ . Cette constante étant très grande, la réaction est totale.

(3 points)



5.5. A l'équivalence, les quantités de matière des réactifs mis en présence sont dans les proportions stœchiométriques.



Coordonnées du point d'équivalence :  $E(V_{\text{b}\acute{\text{e}}\text{qui}}=15 \text{ mL} ; \text{pH}=8)$

On utilise la méthode des tangentes.

L'espèce majoritaire à l'équivalence est l'ion  $A^-$ , base conjuguée de l'acide AH ; la présence de la base faible  $A^-$  majoritaire, est responsable de la valeur  $\text{pH} = 8$  (milieu basique) (5 points)

$$5.6. CaVa = CbVb \Rightarrow Ca = 0,02 * 15 / 10 = 0,03 \text{ mol L}^{-1}$$

Soit 0,003 mol dans 100 mL, c'est à dire dans un comprimé.

Masse d'acide ascorbique dans un comprimé :  $0,003 * 176 = 0,528 \text{ g}$  ou **528 mg**.

(5 points)

Ecart relatif :  $28 / 500 = 0,056$  (5,6%); cet écart est faible.

5.7. A la demi équivalence du dosage acide faible base forte, le pH est égal au pKa du couple acide base faible.

(2 points)

Lecture graphique :  $\frac{1}{2}V_{\text{b}\acute{\text{e}}\text{qui}} = 7,5 \text{ mL}$  et pH voisin de 4 soit  $\text{pKa} \approx 4$ .

(2 points)

5.8. On ajoute de l'eau afin d'immerger correctement la sonde du pH-mètre ; l'eau n'apportant pratiquement pas d'ion oxonium, le volume de soude ajouté à l'équivalence ne sera pas modifié.

(2 points)

5.9. Le changement de couleur de l'indicateur coloré permet de repérer l'équivalence. La zone de virage de l'indicateur coloré doit contenir le pH du point équivalent (soit  $\text{pH}=8$  dans ce cas) : on choisit donc le rouge de créosol.

## Corrigé

### EXERCICE 1 :

- 1.1.1. Masse :  $m = CVM$  ;  $m = 0,1 \times 248 \times 0,05$  ;  $m = 1,24$  g
- 1.1.2. Matériel : balance, spatule, fiole jaugée de 50 mL, pissette d'eau distillée, capsule.
- 1.2.1. lugol : pipette de 10 mL ; eau distillée : éprouvette de 25 mL
- 1.2.2.  $2S_2O_3^{2-} + I_2 \rightarrow 2I^- + S_4O_6^{2-}$  ;  $I_2$  : espèce réduite et  $S_2O_3^{2-}$  : espèce oxydée.
- 1.2.3. Repérage : changement de couleur (bleue → incolore)  
Empois d'amidon → appréciation plus nette de l'équivalence
- 1.2.4. A l'équivalence :  $2C_0V_0 = CrV_E \Rightarrow C_0 = \frac{CrV_E}{2V_0} = 4 \cdot 10^{-2} mol \cdot L^{-1}$  ;  
 $C_m = C_0M = 4 \cdot 10^{-2} \times 254 = 1,02$  g/L

### 1.2.5. Indication correcte

### EXERCICE 2 :

- 2.1.  $C_6H_5CO_2H + CH_3OH \rightleftharpoons C_6H_5CO_2CH_3 + H_2O$  ; estérification ; lente, réversible etothermique.

2.2.  $H_2SO_4$  : catalyseur

2.3. Eviter les pertes de masse

2.4. Décantation

$$2.5.1. n_1^i = \frac{\rho_e V_1 d_1}{M_1} = \frac{10^3 \times 9,6 \cdot 10^{-3} \times 1,28}{122} = 0,1 \text{ mol}; n_2^i = \frac{\rho_e V_2 d_2}{M_2} = \frac{10^3 \times 4 \cdot 10^{-3} \times 0,792}{32} =$$

0,1 mol;

N.B: les indices 1 →  $C_6H_5CO_2H$  ; 2 →  $CH_3OH$  et 3 →  $C_6H_5CO_2CH_3$

$$2.5.2. m_3 = n_3 M_3 = 0,1 \times 136 = 13,6 \text{ g}$$

$$2.5.3. \text{ Rendement: } \eta = \frac{8,1}{13,6} = 59,6\%$$

2.5.4. Le rendement pratique du produit isolé est inférieur à celui correspondant à la quantité du produit formé. En effet, une partie du produit est perdue durant les indispensables processus de séparation et de purification à partir du mélange réactionnel.

### EXERCICE 3 :

- 3.1. Groupes : carboxyle et hydroxyle

3.2. Couple :  $CH_3-CHOH-COOH/CH_3-CHOH-COO^-$  ; acide 2-hydroxypropanoïque/ion 2-hydroxypropanoate

3.3.1.  $AH + H_2O \rightleftharpoons A^- + H_3O^+$

$$3.3.2. \frac{[A^-]}{[AH]} = 10^{pH - pKa} = 631$$

3.3.3.  $A^-$  prédomine

3.4.1. Définition : il y a équivalence acido-basique lorsque les réactifs sont mélangés dans les proportions stœchiométriques.

3.4.2.  $AH + OH^- \rightarrow A^- + H_2O$

$$3.4.3. \text{ Equivalence: } C_a' = \frac{C_m V_E}{M_b V_0} = 4,25 \cdot 10^{-2} mol/L$$

3.4.4.  $C_{ma} = C_a' M_a = 3,85 g/L$ ; le lait n'est pas frais.

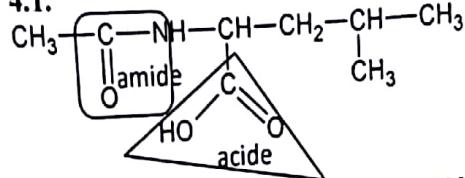
3.4.5.  $pH_E = pH_{\text{basique}} > 7$  : la phénolphthaleine est l'indicateur le plus adapté.

CONCOURS D'ENTREE A L'ECOLE MILITAIRE DE SANTE  
EPREUVE DE CHIMIE

SESSION 2016  
DUREE : 04 HEURES

EXERCICE 4 :

4.1.



4.2.1. Acide carboxylique :  $\text{CH}_3\text{-COOH}$ ; Composé azoté A :  $(\text{CH}_3)_2\text{CH}\text{-CH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$

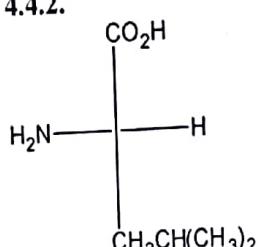
4.2.2. (acide éthanoïque); (acide 2-amino-4-méthylpentanoïque)

4.2.3. A : acide alpha-aminé

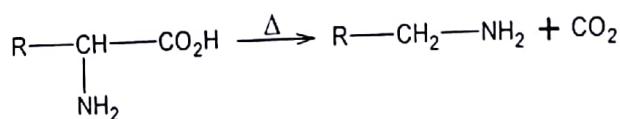
4.3. Avec l'anhydride la réaction est rapide et totale (meilleur rendement)

4.4.1. La leucine renferme un carbone asymétrique.

4.4.2.



4.5.1.



Avec R :  $(\text{CH}_3)_2\text{CH}\text{-CH}_2$  et B:  $(\text{CH}_3)_2\text{CH}\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2$  (3-méthylbutan-1-amine; amine primaire)

4.5.2.  $(\text{CH}_3)_2\text{CH}\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_2 + \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons (\text{CH}_3)_2\text{CH}\text{-CH}_2\text{-CH}_2\text{-NH}_3^+ + \text{OH}^-$   
(B) (BH<sup>+</sup>)

Couples: BH<sup>+</sup>/B et H<sub>2</sub>O/OH<sup>-</sup>

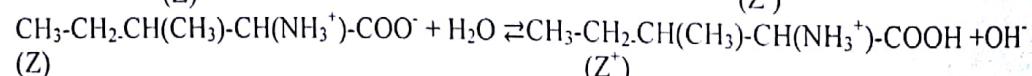
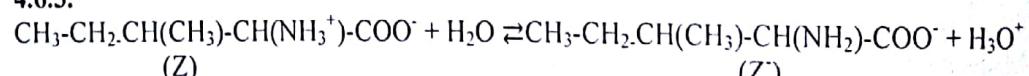
4.6.1.  $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{C}^*\text{H}(\text{CH}_3)\text{-C}^*\text{H}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$

4.6.2.  $\text{CH}_3\text{-}(\text{CH}_2)_3\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$  (acide 2-aminohexanoïque);

$(\text{CH}_3)_3\text{C-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$  (acide 2-amino-3,3-diméthylbutanoïque) ;

$(\text{CH}_3)_2\text{CH}_2\text{-CH}(\text{NH}_2)\text{-COOH}$  (acide 2-amino-4-méthylpentanoïque).

4.6.3.



$$\text{pka}(\text{Z}^+/\text{Z}) = \text{p}k_1 \text{ et } \text{pka}(\text{Z}/\text{Z}^-) = \text{p}k_2$$

Si pH = 7 : Z prédomine

4.6.4. Bloquer le groupe (NH<sub>2</sub>) de l'isoleucine et celui (COOH) de la glycine ; activer le groupe (COOH) de l'isoleucine.

CONCOURS D'ENTREE A L'ECOLE MILITAIRE DE SANTE  
EPREUVE DE CHIMIE

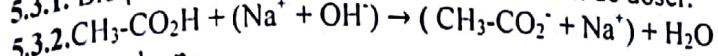
SESSION 2016  
DUREE : 04 HEURES

EXERCICE 5 :

5.1. Ethanoate de 3-méthylbutyle

5.2. Acide :  $\text{CH}_3\text{-CO}_2\text{H}$  (acide éthanoïque); alcool:  $\text{CH}_3\text{-CH}(\text{CH}_3)\text{-CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$  (3-méthylbutan-1-ol)

5.3.1. Bloquer (ralentir fortement) la réaction afin de doser.



$$5.3.3. n_E = 1 - n_A$$

t(h)	0	1	2	4	6	8	10	15	20	25
$n_E(\text{mol})$	0	0,18	0,30	0,46	0,54	0,59	0,62	0,65	0,66	0,66

5.4. Echelle : 1cm pour 2h et 1 cm pour 0,05 mol. Courbe (voir papier millimétré)

5.5. C'est la limite du rapport  $\frac{\Delta n(E)}{\Delta t}$  lorsque  $\Delta t \rightarrow 0$ ; ou encore c'est la dérivée par rapport au temps de la quantité de matière de E.

5.6. La vitesse instantanée de formation correspond au coefficient directeur de la tangente à la courbe à l'instant t considéré :  $v_2 \approx 9,33 \cdot 10^{-2} \text{ mol/h}$  et  $v_{20} \approx 0 \text{ mol/h}$

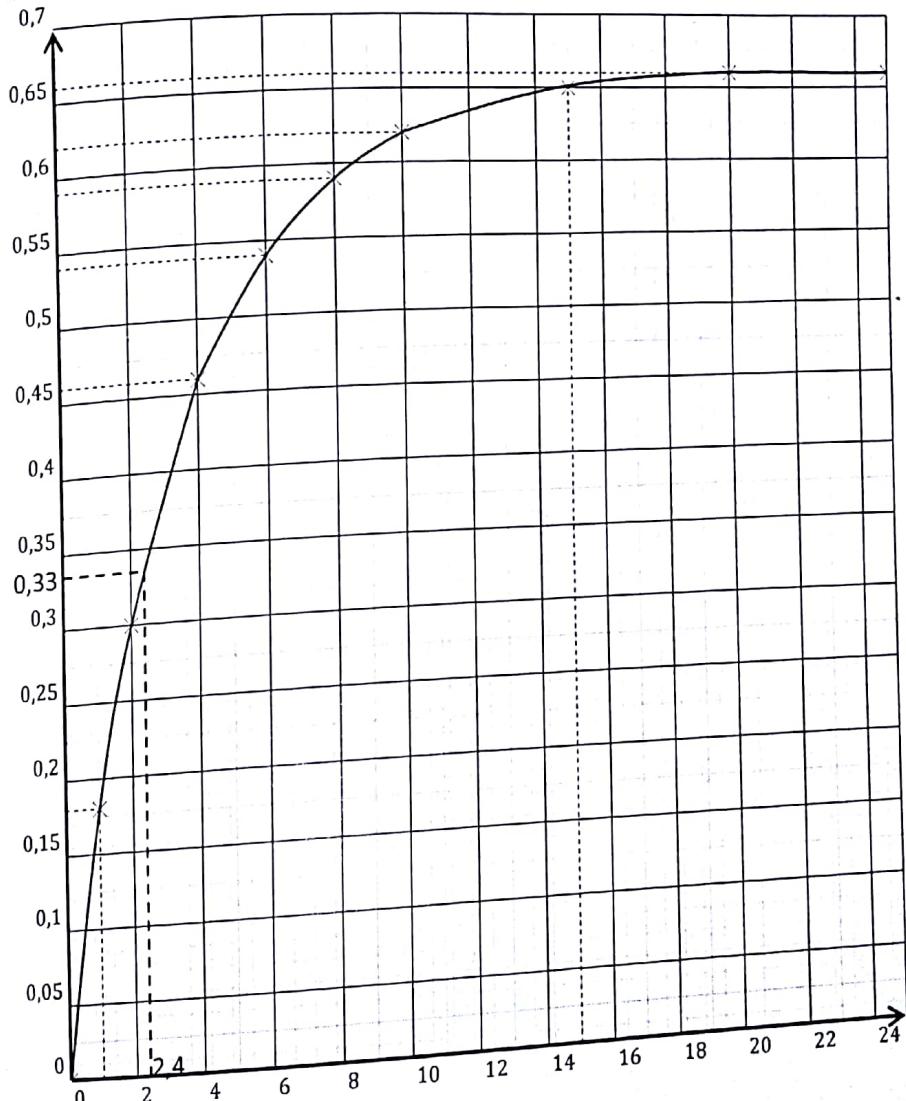
La vitesse diminue avec la concentration des réactifs

5.7. Temps au bout duquel la moitié de la quantité de matière limite de E se forme.

$$5.8. \text{A } t_{\frac{1}{2}}, n_E = \frac{0,66}{2} = 0,33 \text{ mol ; } t_{\frac{1}{2}} \approx 2,4 \text{ h}$$

6. Voir courbe (en pointillés)

$n(\text{mol})$



3

CONCOURS D'ENTREE A L'ECOLE MILITAIRE DE SAINT-CLOUD  
PROPOSITION DE CORRIGEE

**EXERCICE 1**

22 pts

Partie I

I.1. Etablir les équations horaires de l'obus et déduction de l'équation de sa trajectoire : à t=0 on a : V<sub>x</sub>=0 ; V<sub>z</sub>=0 ; x=0 et z=0.

T.C.I.  $\vec{P} = m \cdot \vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \vec{g} \Rightarrow \begin{cases} V_x = V_0 \cdot \cos \alpha \\ V_z = -g t + V_0 \cdot \sin \alpha \end{cases} \Rightarrow$

trajectoire : 
$$z = -\frac{g}{2V_0^2 \cdot \cos^2 \alpha} \cdot x^2 + x \cdot \tan \alpha$$

$$\begin{cases} x = V_0 \cdot \cos \alpha \cdot t \\ z = -\frac{1}{2} g \cdot t^2 + V_0 \cdot \sin \alpha \cdot t \end{cases}$$

I.2. La trajectoire est une parabole dont la concavité est dirigée vers les z négatifs, pour l'altitude maximale : V<sub>z</sub> = 0  $\Rightarrow$

$-g t + V_0 \cdot \sin \alpha = 0 \Rightarrow t = \frac{V_0 \cdot \sin \alpha}{g} \Rightarrow H = \frac{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2 \cdot g}$

H est maximale  $\sin^2 \alpha = 1 \Rightarrow \alpha_1 = \frac{\pi}{2} \text{ rad}$

I.3. Portée z=0  $\Rightarrow D = \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g}$

D est maximale  $\sin 2\alpha = 1 \Rightarrow \alpha_2 = \frac{\pi}{4} \text{ rad} \Rightarrow H = 22,9 \text{ m et } D = 45,9 \text{ m}$

Partie II

II.1. TCI  $\Rightarrow \frac{d\vec{v}}{dt} + \frac{1}{\tau} \vec{v} = \vec{g}$  avec  $\tau = \frac{m}{\lambda}$  unité : seconde

II.2.  $\frac{dv_x}{dt} + \frac{1}{\tau} v_x = 0 \Rightarrow \frac{dv_x}{dt} = -\frac{1}{\tau} v_x \Rightarrow \frac{dv_x}{v_x} = -\frac{1}{\tau} dt \Rightarrow \int \frac{dv_x}{v_x} = -\frac{1}{\tau} \int dt$

$\Rightarrow v_x = k_1 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + k_2 \quad \text{à } t=0 \text{ on a } v_x = v_0 \cos \alpha \Rightarrow v_0 \cos \alpha = k_1 + k_2$

$\frac{dv_z}{dt} + \frac{1}{\tau} v_z = 0 \Rightarrow -\frac{k_1}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{k_1}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{k_2}{\tau} = 0 \Rightarrow$

$k_2 = 0 \Rightarrow k_1 = v_0 \cos \alpha \quad v_x = v_0 \cos \alpha \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$

$\frac{dv_z}{dt} + \frac{1}{\tau} v_z = -g \quad \frac{dv_z}{dt} + \frac{1}{\tau} v_z = 0 \Rightarrow \frac{dv_z}{dt} = -\frac{1}{\tau} v_z$

$\frac{dv_z}{v_z} = -\frac{1}{\tau} dt \Rightarrow \int \frac{dv_z}{v_z} = -\frac{1}{\tau} \int dt \Rightarrow v_z = C_1 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + C_2$

à t=0 on a v<sub>z</sub> = v<sub>0</sub> sin α  $\Rightarrow v_0 \sin \alpha = C_1 + C_2$

$\frac{dv_z}{dt} + \frac{1}{\tau} v_z = -g \Rightarrow -\frac{C_1}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{C_1}{\tau} \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + \frac{C_2}{\tau} = -g \Rightarrow C_2 = -\tau \cdot g$

C<sub>1</sub> = v<sub>0</sub> sin α + τ · g  $v_z = (v_0 \sin \alpha + \tau \cdot g) e^{-\frac{t}{\tau}} - \tau \cdot g$

II.3. Les composantes x(t) et z(t) :

$x = \int v_x dt \Rightarrow x = -\tau \cdot v_0 \cos \alpha \cdot e^{-\frac{t}{\tau}} + cste \quad \text{or à } t=0 x=0$

$\Rightarrow cste = \tau \cdot v_0 \cos \alpha \Rightarrow x = \tau \cdot v_0 \cos \alpha \left( 1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$

EXERCICES DÉPOSÉS À L'ÉCOLE MILITAIRE DE SANTÉ  
Corrigé

$$z = \int v_z dt \Rightarrow z = -\tau(v_0 \sin \alpha + \tau g) e^{-\frac{t}{\tau}} - \tau g t + cste$$

$\text{à } t=0 z=0 \Rightarrow cste = \tau(v_0 \sin \alpha + \tau g)$

$$z = \tau(v_0 \sin \alpha + \tau g)(1 - e^{-\frac{t}{\tau}}) - \tau g t$$

II.4. Les composantes  $x_F$  et  $z_F$

$$v_z = 0 \Rightarrow t_F = \tau \ln(1 + \frac{v_0 \sin \alpha}{\tau g}) \Rightarrow x_F = \frac{\tau v_0^2 \sin 2\alpha}{2(\tau g + v_0 \sin \alpha)}$$

$$z_F = \tau v_0 \sin \alpha - \tau^2 g \ln(1 + \frac{v_0 \sin \alpha}{\tau g})$$

A.N :  $x_F = 37,7 \text{ m}$  et  $z_F = 20,1 \text{ m}$

II.5. Montrons que la trajectoire et la vitesse tend vers une limite :

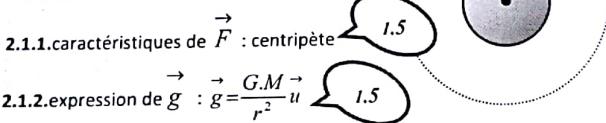
$$\lim_{t \rightarrow \infty} x = \tau v_0 \cos \alpha \quad [x = \tau v_0 \cos \alpha] \text{ est une asymptote verticale.}$$

$$\lim_{t \rightarrow \infty} v = \tau g \Rightarrow v_\infty = \tau g = 98,1 \text{ m.s}^{-1}$$

EXERCICE 2

23 pts

2.1. Satellite de masse  $m$  sur orbite circulaire :



2.1.1. caractéristiques de  $F$  : centripète

2.1.2. expression de  $g$  :  $g = \frac{G.M}{r^2} u$

2.1.3. nature du mouvement :

$$\text{T.C.I : } \vec{a} = \vec{g} \Rightarrow a_t = 0 \Rightarrow \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow v = \text{cste} \quad M.C.U \quad 1,5$$

2.1.4. expression de  $E_p$ ,  $E_m$  et  $E_c$

$$dE_p = -dW^\perp = -\vec{F} \cdot \vec{dr} = F \cdot dr \Rightarrow dE_p = \frac{GMm}{r^2} dr \Rightarrow$$

$$E_p = -\frac{GMm}{r} + \text{cste} \quad \text{pour } r = R \quad E_p = 0 \Rightarrow \text{cste} = \frac{GMm}{R} \Rightarrow$$

$$E_p = GMm \left[ \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right] \text{ or } GM = g_0 R^2 \Rightarrow E_p = m \cdot g_0 R^2 \left[ \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right]$$

$$E_c = \frac{1}{2} m V^2 \quad \text{or } a = a_n \Rightarrow \frac{V^2}{r} = g = \frac{GM}{r^2} \Rightarrow V^2 = \frac{GM}{r} = \frac{g_0 R^2}{r}$$

$$E_c = \frac{1}{2} m \cdot \frac{g_0 R^2}{r} \Rightarrow E_c = \frac{m \cdot g_0 R^2}{2 \cdot r}$$

$$E_m = E_c + E_p \Rightarrow E_m = m \cdot g_0 R^2 \left[ \frac{1}{R} - \frac{1}{r} \right] + \frac{m \cdot g_0 R^2}{2 \cdot r} \Rightarrow$$

$$E_m = -\frac{m \cdot g_0 R^2}{2 \cdot r} + m \cdot g_0 \cdot R$$

2.1.5. Expression de la variation de vitesse  $\Delta v$  en fonction de  $\Delta r$  et de la période  $T$  de révolution du satellite et déduction de l'expression de  $\lambda$  en

$$\text{fonction de } r \text{ et } \Delta r. \quad V^2 = \frac{GM}{r} \Rightarrow V = \sqrt{\frac{GM}{r}} \Rightarrow \frac{dV}{dr} = -\frac{1}{2} \sqrt{\frac{GM}{r^3}}$$

$$\text{or } T = 2\pi \sqrt{\frac{r^3}{GM}} \Rightarrow \frac{dV}{dr} = -\frac{\pi}{T} \Rightarrow \frac{\Delta V}{\Delta r} = -\frac{\pi}{T} \Rightarrow \Delta V = -\frac{\pi}{T} \Delta r \quad 1,5$$

**CONCOURS D'ENTREE A L'ESCOLE MILITAIRE DE SAINTE  
PROPOSITION DE CORRIGE**

$$\Delta Em = W^F = -f \cdot 2\pi r = -\lambda m V^2 \cdot 2\pi r$$

$$Ec = \frac{1}{2} m V^2 \Rightarrow \frac{dEc}{dV} = m \cdot V \Rightarrow dEc = m \cdot V \cdot dV \Rightarrow \Delta Ec = m \cdot V \cdot \Delta V$$

Des expressions précédentes de  $Em$  et  $Ec$  on tire  $\Delta Em = -\Delta Ec$

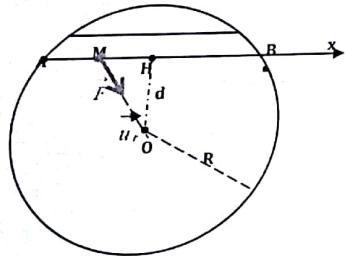
$$\Rightarrow -\lambda m V^2 \cdot 2\pi r = -m \cdot V \cdot \Delta V \Rightarrow \lambda = \frac{\Delta V}{2\pi r \cdot V} \text{ or } \Delta V = -\frac{\pi}{T} \Delta r$$

$$\Rightarrow \lambda = \frac{-\Delta r}{2 \cdot r \cdot T \cdot V} \text{ or } T \cdot V = 2\pi r \Rightarrow \lambda = -\frac{\Delta r}{4 \cdot \pi \cdot r^2}$$

1,5

**2.2. Force de gravitation et tunnel :**

**2.2.1.** Copie la figure 2 et y représentation de la force  $\vec{F}$  :



2

**2.2.2. Expression de l'énergie potentielle du système constitué par la Terre et le solide  $M$  en fonction de  $m$ ,  $R$ ,  $r$  et  $g_0$**

$$dEp = -dW^F = -\vec{F} \cdot d\vec{r} = F \cdot dr$$

$$dEp = \frac{mg_0 r}{R} dr \Rightarrow Ep = \frac{mg_0 \cdot r^2}{2R} + cste \quad \text{pour } r=0 \quad Ep=0 \Rightarrow cste=0 \Rightarrow$$

$$Ep = \frac{mg_0 \cdot r^2}{2R}$$

2

3/8

**SESSION 2014**  
**EXERCICE DE PHYSIQUE**

**2.2.3. a) Vitesse maximale  $V_m$ : Système conservatif  $Em=cste$**

$$Em=cste \Rightarrow Em = Em(A) \Rightarrow Em = Ec(A) + Ep(A) \text{ or } Ec(A)=0 \Rightarrow$$

$$Em = Ep(A) \text{ or } Ep = \frac{mg_0 \cdot r^2}{2R} \Rightarrow Em = \frac{mg_0 \cdot r_A^2}{2R} \text{ or } r_A=R \Rightarrow Em(A) = \frac{mg_0 \cdot R}{2}$$

$Em = Ec + Ep$  si  $V$  est max imale  $\Rightarrow Ec$  est max imale  $\Rightarrow Ep$  est min imale  
or  $Ep$  est min imale si  $r$  est min imale : en  $H$  où  $r=d$   $Ep$  est min male et  $V=V_m$

$$Em(H) = Em(A) \Rightarrow \frac{1}{2} m V_m^2 + \frac{mg_0 \cdot d^2}{2R} = \frac{mg_0 \cdot R}{2} \Rightarrow V_m = \sqrt{g_0 \left( R - \frac{d^2}{R} \right)}$$

$$V_m = \sqrt{g_0 \left( R - \frac{d^2}{R} \right)} \quad A.N: V_m = \sqrt{9,8 \left( 6370 \cdot 10^3 - \frac{(5 \cdot 10^6)^2}{6370 \cdot 10^3} \right)} = 5 \cdot 10^3 \text{ m.s}^{-1}$$

0,5

b) L'équation différentielle de l'abscisse  $x = \overline{HM}$  :

$$Em = \frac{1}{2} m V^2 + \frac{mg_0 \cdot r^2}{2R} \text{ or } r^2 = x^2 + d^2 \Rightarrow Em = \frac{1}{2} m \dot{x}^2 + \frac{mg_0 \cdot (x^2 + d^2)}{2R}$$

$$\frac{dEm}{dt} = m \ddot{x} \cdot x + \frac{mg_0}{R} \dot{x} \cdot x \text{ or } Em = cste \Rightarrow \frac{dEm}{dt} = 0 \Rightarrow m \ddot{x} \cdot x + \frac{mg_0}{R} \dot{x} \cdot x = 0$$

$$\ddot{x} + \frac{mg_0}{R} x = 0 \Rightarrow \ddot{x} + \frac{g_0}{R} x = 0$$

2

c) Montrons que  $x$  peut se mettre sous la forme

$$x = \sqrt{(R^2 - d^2)} \cdot \cos \left[ \left( \frac{g_0}{R} \right) t + \pi \right] \text{ puis retrouvons l'expression de la vitesse}$$

maximale  $V_m$ :

$$\ddot{x} + \frac{g_0}{R} x = 0 \quad \text{Solution est de la forme: } x = x_m \cdot \cos \left[ \sqrt{\frac{g_0}{R}} t + \varphi \right]$$

EXERCICES DÉDIÉS À L'ÉCOLE MILITAIRE DE SANTÉ  
CORRIGÉS DE CORRIGÉ

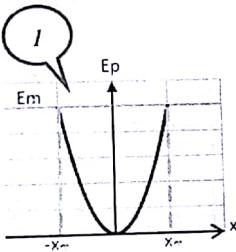
$$\begin{aligned} \text{à } t=0 \quad x = -AH = -\frac{AB}{2} \Rightarrow -\frac{AB}{2} = x_m \cos \varphi \Rightarrow \cos \varphi < 0 \\ \text{à } t=0 \quad \dot{x} = 0 \Rightarrow -\sqrt{\frac{g_0}{R}} \sin \varphi = 0 \Rightarrow \begin{cases} \varphi = 0 \\ \varphi = \pi \end{cases} \Rightarrow \varphi = \pi \\ \Rightarrow -x_m = -\frac{AB}{2} \Rightarrow x_m = \frac{AB}{2} \quad \text{or} \quad R^2 = \left(\frac{AB}{2}\right)^2 + d^2 \Rightarrow \frac{AB}{2} = \sqrt{R^2 - d^2} \\ \Rightarrow x_m = \sqrt{R^2 - d^2} \quad \text{ainsi} \quad \boxed{x = \sqrt{R^2 - d^2} \cdot \cos \left[ \sqrt{\frac{g_0}{R}} \cdot t + \pi \right]} \end{aligned}$$

$$\text{Retrouvons } V_m : \quad V = \dot{x} = -\sqrt{\frac{g_0}{R}} \sqrt{R^2 - d^2} \cdot \sin \left[ \sqrt{\frac{g_0}{R}} \cdot t + \pi \right]$$

$$V_m = \text{amplitude donc } V_m = \sqrt{\frac{g_0}{R}} \cdot \sqrt{R^2 - d^2} = \sqrt{\frac{g_0}{R}} (R^2 - d^2) \Rightarrow$$

$$\boxed{V_m = \sqrt{g_0} \left( R - \frac{d^2}{R} \right)}$$

2.2.4. Représentation  $E_p = f(x)$



$E_p = f(x)$  est une parabole  
 $E_m = E_p + E_c$  donc  $E_e = E_m - E_p$  On  
 or  $E_c \geq 0 \Rightarrow E_m - E_p \geq 0 \Rightarrow E_p \leq E_m$  On obtient un puits de potentiels : la voiture va osciller entre A d'abscisse  $-x_m$  et B d'abscisse  $x_m$  le mouvement de la voiture est un mouvement rectiligne sinusoïdal de période  $T = 2\pi \sqrt{\frac{R}{g_0}}$ .

SESSION 2013  
EXERCICE 3 20 pts

3.1. .

3.1.1. Signe de  $U_{p_1 p_2}$ :

$\Delta E_c = W_{p_1 \rightarrow p_2} = qU_{p_1 p_2}$  l'ion est accéléré  $\Rightarrow qU_{p_1 p_2} > 0$  or  $q > 0 \Rightarrow U_{p_1 p_2} = 0$

3.1.2. L'expression littérale de la vitesse  $V_1$  et  $V_2$ :

$$\Delta E_c = qU \Rightarrow \frac{1}{2} m V^2 = qU \Rightarrow V = \sqrt{\frac{2|q|U}{m}} \Rightarrow \boxed{V_1 = \sqrt{\frac{2|q|U}{m_1}} \quad V_2 = \sqrt{\frac{2|q|U}{m_2}}}$$

$$\frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} \Rightarrow \frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{32+65}{32+x}} \Rightarrow \frac{97}{32+x} = 1,1^2 \Rightarrow \boxed{x = 63}$$

3.2. .

3.2.1. Déterminer le sens de  $\vec{B}$  puis montrons que le mouvement d'un ion est circulaire et uniforme.

Sens de  $\vec{B}$  :  $\vec{F} = q \vec{V} \wedge \vec{B} \Rightarrow$  le trièdre  $(q \vec{V}, \vec{B}, \vec{F})$  est direct  $\vec{B}$

$$TCI : \vec{F} = m \vec{a} \Rightarrow m \vec{a} = q \vec{V} \wedge \vec{B} \Rightarrow \vec{a} = \frac{q}{m} \vec{V} \wedge \vec{B} \Rightarrow \vec{a} \perp \vec{V} \Rightarrow a_r = 0$$

$\Rightarrow \frac{dV}{dt} = 0 \Rightarrow V = \text{cste}$  le mouvement est uniforme.

$$\vec{a} = \frac{q}{m} \vec{V} \wedge \vec{B} \Rightarrow \vec{a} \perp \vec{V} \Rightarrow a_r = 0 \Rightarrow \vec{a} = \vec{a}_N \quad a_N = \frac{|q|V_0 \cdot B}{m} \quad \text{et} \quad a_N = \frac{V_0^2}{\rho} \Rightarrow \rho = \frac{mV_0}{|q|B} = \text{cste}$$

le rayon de courbure est constant le mouvement est circulaire

Conclusion : le mouvement de l'ion est circulaire uniforme

CONCOURS D'ENTREE A L'ECOLE MILITAIRE DE SAINT-CLOUD

PROPOSITION DE CORRIGÉ

3.2.2. Détermination des valeurs des rayons  $R_1$  et  $R_2$  et déduction de la valeur de l'intensité du champ magnétique :

$$F_1 F_2 = 2(R_2 - R_1) \Rightarrow R_2 - R_1 = \frac{F_1 F_2}{2} \Rightarrow R_2 - R_1 = 10 \cdot 10^{-3}$$

$$R_1 = \frac{m_1 V_1}{|q|B} \text{ et } R_2 = \frac{m_2 V_2}{|q|B} \Rightarrow \frac{R_1}{R_2} = \frac{m_1 V_1}{m_2 V_2} \text{ or } \frac{V_1}{V_2} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} \Rightarrow$$

$$\frac{R_1}{R_2} = \sqrt{\frac{m_2}{m_1}} = \sqrt{\frac{95}{97}} = 0,989$$

$$R_2 - R_1 = 10 \cdot 10^{-3} \text{ et } \frac{R_1}{R_2} = 0,989 \Rightarrow \boxed{R_1 = 44,9 \text{ cm et } R_2 = 45,4 \text{ cm}}$$

$$R_1 = \frac{m_1 V_1}{|q|B} \text{ or } V_1 = \sqrt{\frac{2|q|U}{m_1}} \Rightarrow R_1 = \frac{m_1}{|q|B} \sqrt{\frac{2|q|U}{m_1}} = \frac{1}{B} \sqrt{\frac{2m_1 U}{|q|}}$$

$$\Rightarrow B = \frac{1}{R_1} \sqrt{\frac{2m_1 U}{|q|}} \quad A.N : B = \frac{1}{0,449} \sqrt{\frac{2 \left( \frac{95 \cdot 10^{-3}}{6,02 \cdot 10^{23}} \right) 4000}{(2,1 \cdot 6 \cdot 10^{-19})}} = 6,58 \cdot 10^{-2} T$$

$$\boxed{B \approx 66 \text{ mT}}$$

3.3.

3.3.1. Exprimer en fonction de  $R_i$  et  $\varepsilon$  la largeur minimale  $I_m$

$$R_i = \frac{m_i V}{|q|B} \quad R = \frac{m_i V(1+\varepsilon)}{|q|B} \Rightarrow I_m = 2(R - R_i) \Rightarrow I_m = 2 \left( \frac{m_i V(1+\varepsilon)}{|q|B} - \frac{m_i V}{|q|B} \right)$$

$$I_m = 2 \left( \frac{m_i V}{|q|B} + \frac{m_i V \varepsilon}{|q|B} - \frac{m_i V}{|q|B} \right) = 2 \frac{m_i V \varepsilon}{|q|B} = 2 R_i \varepsilon \quad \boxed{I_m = 2 R_i \varepsilon}$$

4x1

$$\begin{cases} I_m(1) = 2 R_i \varepsilon = 2,44 \cdot 9,0 \cdot 0,01 = 0,898 \text{ cm} \approx 9,0 \text{ mm} \\ I_m(2) = 2 R_i \varepsilon = 2,45 \cdot 4,0 \cdot 0,01 = 0,908 \text{ cm} \approx 9,1 \text{ mm} \end{cases}$$

$$d_{\min} = F_1 F_2 - I_m(1) = 10 - 9 = 1 \text{ mm}$$

$$d_{\max} = F_1 F_2 + I_m(2) = 10 + 9,1 = 19,1 \text{ mm}$$

3.3.3. Détermination de la composition centésimale massique des deux isotopes dans le cuivre naturel :

$$\%'(1) = \frac{m(1)}{m(1) + m(2)} \cdot 100 = \frac{m_1 \cdot N_1}{m_1 \cdot N_1 + m_2 \cdot N_2} \cdot 100 = \frac{100}{1 + \frac{m_2 \cdot N_2}{m_1 \cdot N_1}}$$

$$\text{or } \frac{N_2}{N_1} = \frac{I_2}{I_1} \Rightarrow \%'(1) = \frac{100}{1 + \frac{m_2 \cdot I_2}{m_1 \cdot I_1}} \quad \%'(1) = \frac{100}{1 + \frac{97}{95} \cdot 0,43} = 69,5$$

$$\%'(2) = 100 - \%'(1) = 30,5$$

$$\boxed{\%'(1) = 69,5 \quad \%'(2) = 30,5}$$

1

**EXERCICE 4** 25 pts

4.1. .

4.1.1. La tension visualisée sur chaque voie :

$$\text{Voie Y}_1 : U_R = U_{AB}; \text{ Voie Y}_2 : U_{GBF} = U_{DA}$$

$$\text{Valeurs efficaces : } U_{BA \text{ eff}} = \frac{2,2,5}{\sqrt{2}} = 3,54 \text{ V};$$

$$U_{DA \text{ eff}} = \frac{2,3,5}{\sqrt{2}} = 4,95 \text{ V}$$

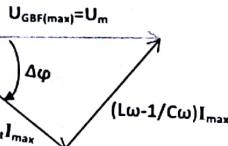
$$4.1.2. \text{ Fréquence } N_1 : N_1 = \frac{1}{T} \text{ or } T = 10 \cdot 2 \cdot 10^{-3} \Rightarrow \boxed{N_1 = 50 \text{ Hz}}$$

4.1.3.  $U_{GBF} = U_{DA}$  est en avance sur  $U_R = U_{AB}$ .

CONCOURS D'ENTREE À L'ÉCOLE MILITAIRE DE SAINTE-CROIX EN LA FORET

4.1.4. le déphasage  $\Delta\phi$  de l'intensité instantanée  $i(t)$  par rapport à la tension  $u(t)$  aux bornes du générateur :  $|\Delta\phi| = 2\pi \cdot \frac{\Delta t}{T} = 2\pi \cdot \frac{1}{10} = \frac{\pi}{5}$  rad. La tension étant en avance sur l'intensité,  $\Delta\phi = \varphi_i - \varphi_u = -\frac{\pi}{5}$  rad.  $\cos\Delta\phi = 0,809$

Représenter la construction de Fresnel l'expression de l'intensité maximale  $I_{max}$



$$\cos\Delta\phi = \frac{R_i I_{max}}{U_m} = \frac{(R+r) I_{max}}{U_m} \Rightarrow I_{max} = \frac{U_m \cos\Delta\phi}{(R+r)}$$

4.1.5. Détermination de  $R$  et  $r$ :

$$R = \frac{U_{Ri} I_{max}}{I_{max}} \text{ or } I_{max} = 59\sqrt{2} = 83,4 \text{ mA} \Rightarrow R = \frac{2,2,5}{83,4 \cdot 10^{-3}} = 60 \Omega$$

$$\cos\Delta\phi = \frac{(R+r) I_{max}}{U_m} \Rightarrow R+r = \frac{U_m \cos\Delta\phi}{I_{max}} = \frac{2,3,5,0,809}{83,4 \cdot 10^{-3}} = 67,9 \Omega$$

$$R = 60 \Omega$$

$$r = 7,9 \Omega$$

4.2. La fréquence est fixée à  $N=N_2$ :

4.2.1. Montrons que le circuit est le siège d'une résonance d'intensité :

$$Z_{total} = \frac{U_1}{I} \text{ or } I = \frac{U_1}{R} \Rightarrow Z_{total} = \frac{U_3 R}{U_1} = \frac{4,95 \cdot 60}{4,38} = 67,8 \Omega$$

$$Z_{total} = 67,8 \Omega \quad [Z_{total} = R_{total} \text{ on est à la résonance d'intensité}]$$

On peut remarquer que  $U_3 = U_1 + U_2$  donc on est à la résonance



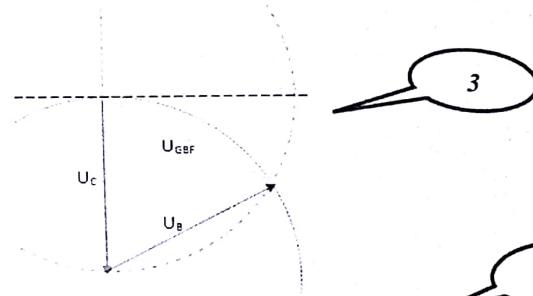
4.2.2. l'indication d'un ampèremètre monté en série dans le circuit :

$$I = \frac{U_1}{R} = \frac{4,38}{60} = 0,073 A \quad [I = 73 \text{ mA}]$$

$$4.2.3. \text{l'expression de la fréquence } N_2 \text{ en fonction de } L \text{ et } C : N_2 = \frac{1}{2\pi\sqrt{LC}}$$

4.3.

4.3.1. Construction de Fresnel



Le dipôle est capacitif car l'effet capacitif l'emporte sur l'effet inductif

4.3.2.

$$U_{Geff} = U_C = U_B \Rightarrow Z_{total} = Z_C = Z_B$$

$$r^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2 = r^2 + (L\omega)^2 = \left(\frac{1}{C\omega}\right)^2 \quad \text{avec} \quad \omega = 2\pi N_2 \Rightarrow$$

$$L = 0,013 \text{ H} = 13 \text{ mH} \quad C = 314 \mu\text{F} \quad N_2 = 78,8 \text{ Hz}$$

3x1

**EXERCICE 5** 10 pts

5.1. Variation en fonction du temps du nombre de noyaux  $N_1(t)$  de  $^{99}\text{Mo}$  et activité  $a_1(t)$ :

$$5.1.1. \frac{dN_1}{dt} = -\lambda_1 N_1 \quad \text{0,5}$$

$$5.1.2. a_1 = \lambda_1 N_1 \Rightarrow \frac{da_1}{dt} = \lambda_1 \frac{dN_1}{dt} \text{ or } \frac{dN_1}{dt} = -\lambda_1 N_1 \Rightarrow \frac{da_1}{dt} = -\lambda_1 a_1 \quad \text{0,5}$$

5.1.3.

$$\frac{da_1}{dt} = -\lambda_1 a_1 \Rightarrow \frac{da_1}{a_1} = -\lambda_1 dt \Rightarrow \int \frac{da_1}{a_1} = \int -\lambda_1 dt \Rightarrow \ln a_1 = -\lambda_1 t + \text{cste}$$

$$\Rightarrow a_1 = A e^{-\lambda_1 t} \text{ or } \text{à } t=0 \quad a_1 = a_1(0) \Rightarrow A = a_1(0) \text{ on tire}$$

$$a_1 = a_1(0) e^{-\lambda_1 t} \quad \text{I}$$

5.2. Variation en fonction du temps du nombre de noyaux  $N_2(t)$  de  $^{99}\text{Tc}$  et activité  $a_2(t)$

$$5.2.1. dN_2 = \lambda_1 N_1 dt - \lambda_2 N_2 dt \Rightarrow \frac{dN_2}{dt} = \lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2 \quad \text{I}$$

5.2.2.

$$a_2 = \lambda_2 N_2 \Rightarrow \frac{da_2}{dt} = \lambda_2 \frac{dN_2}{dt} \Rightarrow \frac{da_2}{dt} = \lambda_2 (\lambda_1 N_1 - \lambda_2 N_2)$$

$$\text{or } \lambda_1 N_1 = a_1 \text{ et } \lambda_2 N_2 = a_2 \Rightarrow \frac{da_2}{dt} = \lambda_2 (a_1 - a_2) \Rightarrow$$

$$\frac{da_2}{dt} = \lambda_2 a_1 - \lambda_2 a_2 \Rightarrow \frac{da_2}{dt} + \lambda_2 a_2 = \lambda_2 a_1 \text{ or } a_2 = a_2(0) e^{-\lambda_2 t}$$

$$\Rightarrow \frac{da_2}{dt} + \lambda_2 a_2 = \lambda_2 a_2(0) e^{-\lambda_2 t} \quad \text{I}$$

5.2.3. Vérifier que  $a_2(t) = a_2(0) \cdot \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (e^{-\lambda_1 t} - e^{-\lambda_2 t})$

Dérivons la solution proposée :  $\frac{da_2}{dt} = a_2(0) \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (\lambda_2 e^{-\lambda_1 t} - \lambda_1 e^{-\lambda_2 t})$

A cette dérivée ajoutons  $\lambda_2 a_2$ :

$$\begin{aligned} \frac{da_2}{dt} + \lambda_2 a_2 &= a_2(0) \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (\lambda_2 e^{-\lambda_1 t} - \lambda_1 e^{-\lambda_2 t}) + a_2(0) \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (\lambda_2 e^{-\lambda_1 t} - \lambda_2 e^{-\lambda_2 t}) \\ &= a_2(0) \frac{\lambda_2}{\lambda_2 - \lambda_1} (\lambda_2 e^{-\lambda_1 t} - \lambda_1 e^{-\lambda_2 t}) = a_2(0) \cdot \lambda_2 e^{-\lambda_2 t} \end{aligned} \quad \text{I}$$

On constate que la solution proposée est solution de l'équation différentielle.

5.3. Tracés des variations  $a_1(t)$  et  $a_2(t)$ :

$$5.3.1. a_1(t=10 \text{ h}) = 8,5 e^{\left(\frac{-10 \ln 2}{66,5}\right)} = 7,66 \text{ Ci}$$

$$a_2(t=10 \text{ h}) = 8,5 \cdot \frac{1}{\frac{1}{6} - \frac{1}{66,5}} \left( e^{\left(\frac{-10 \ln 2}{66,5}\right)} - e^{\left(\frac{-10 \ln 2}{6}\right)} \right) = 5,48 \text{ Ci} \quad \text{0,5}$$

$$a_1(t=0) = 7,66 \text{ Ci} \quad a_2(t=10 \text{ h}) = 5,48 \text{ Ci}$$

$$5.3.2. \text{a)} a_2 \text{ est max imale} \Rightarrow \frac{da_2}{dt} = 0 \Rightarrow \lambda_2 e^{-\lambda_2 t} - \lambda_1 e^{-\lambda_1 t} = 0$$

$$\Rightarrow \lambda_2 e^{-\lambda_2 t} = \lambda_1 e^{-\lambda_1 t} \Rightarrow \frac{\lambda_1}{\lambda_2} = e^{(\lambda_1 - \lambda_2)t} \Rightarrow t_{\max} = \frac{\ln(\frac{\lambda_1}{\lambda_2})}{\lambda_1 - \lambda_2}$$

$$t_{\max} = \frac{\ln\left(\frac{6}{66,5}\right)}{\frac{\ln 2}{66,5} - \frac{\ln 2}{6}} = 22,9 \text{ h} \approx 23 \text{ h} \quad \boxed{t_{\max} \approx 23 \text{ h}}$$

CONCOURS D'ENTREE A L'ECOLE MILITAIRE DE SANTE  
PROPOSITION DE CORRIGE

$$b) \quad a_1(t = t_{\max}) = 8,5 e^{\left(\frac{-23}{65,5} \ln 2\right)} = 6,70 Ci$$

$$a_2(t = t_{\max}) = 8,5 \cdot \frac{1}{\frac{1}{6} - \frac{1}{66,5}} \left( e^{\left(\frac{-23}{65,5} \ln 2\right)} - e^{\left(\frac{-23}{6} \ln 2\right)} \right) = 6,70 Ci$$

$$a_1(t = t_{\max}) = 6,70 Ci$$

$$a_2(t = t_{\max}) = 6,70 Ci$$

0,5

0,5

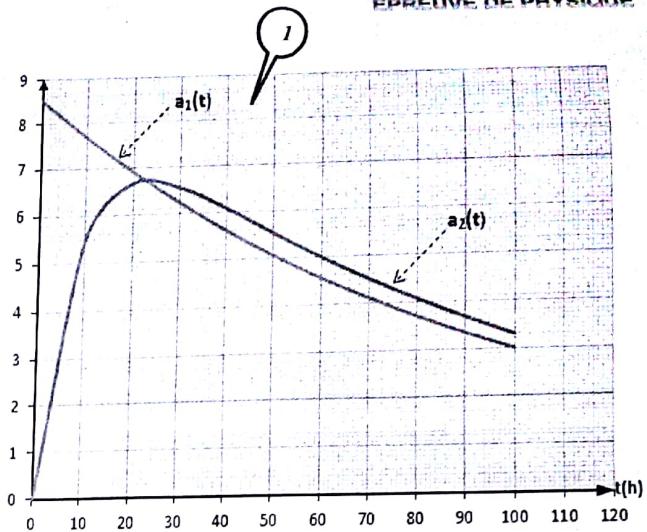
c) compléter du tableau et tracer sur un même graphe les variations de  $a_1$  et  $a_2$  en fonction du temps :

$t(h)$	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
$a_1$	8,5	7,66	6,9	6,62	5,6	5,05	4,55	4,1	3,69	3,33	3
$a_2$	0	5,48	6,66	6,54	6,07	5,52	4,99	4,5	4,06	3,66	3,29

0,5

8/8

SESSION 2013  
EPREUVE DE PHYSIQUE



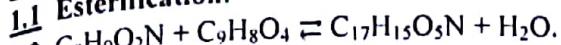
5.3.3. L'activité  $a_2$  est supérieure à 5 Ci pour  $t \in [8h ; 60h]$   
L'examen devra donc suivre entre 8 heures et 60 heures après l'injection.

0,5

(20 points)

Exercice 1 :

1.1 Estérification.



(2 points)

1.3 En travaillant à température modérée, plus élevée, on augmente la vitesse de la réaction.  
Les vapeurs se condensent dans le réfrigérant à eau et retombent dans le milieu réactionnel :  
on évite ainsi les pertes de matière.

(2 points)

1.4 L'acide sulfurique joue le rôle de catalyseur.

(3 points)

1.5 Quantité de matière (mol) = masse (g) / masse molaire (g/mol)

(2 points)

Aspirine :  $n_1 = m_1 / 180 = 18,0 / 180 = 0,100 \text{ mol}$ .  
Le mélange initial étant stoechiométrique on a :  $n(\text{aspirine}) = n(\text{paracétamol})$  d'après l'équation de réaction.

D'où  $n_2 = n_1 = 0,1 \text{ mol}$ .

Masse de paracétamol :  $m_2 = n_2 * M_2 \quad \text{AN : } m_2 = 15,1 \text{ g}$

(5 points)

On peut espérer obtenir au mieux 0,100 mol de bénorilate soit une masse

1.6  $n_{\text{théorique}} = 0,100 \times 313 = 31,3 \text{ g}$

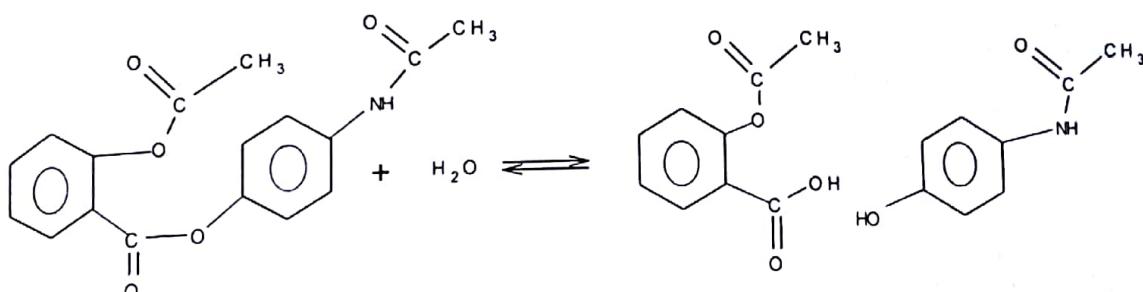
Rendement : masse réelle / masse théorique =  $18,8 / 31,3 = 0,601 (60,1 \%)$ .

(4 points)

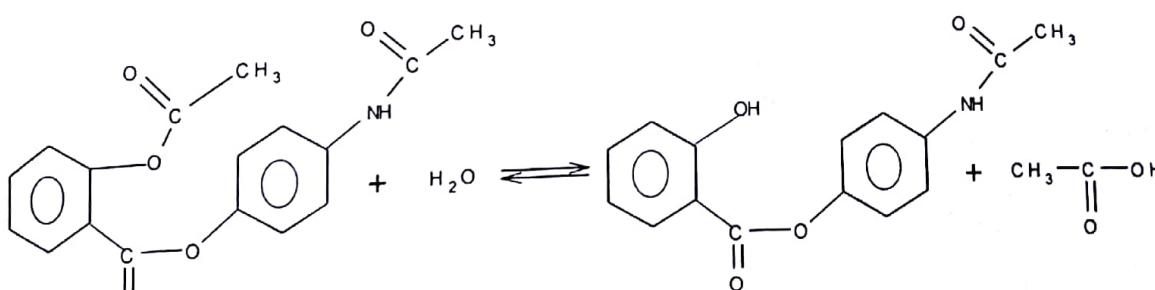
4 X (0,5 point)

1.7

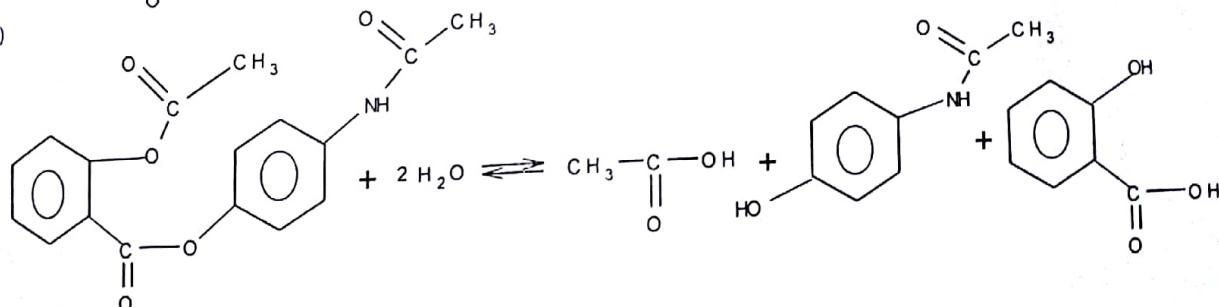
a)



b)



b)

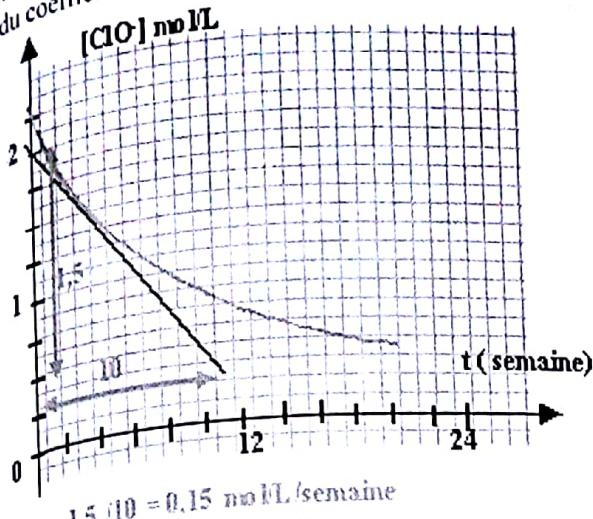


c) Aspirine et paracétamol.

**Exercice 2 : (15 points)**

1.1 Quantité de matière de dichlore (mol) = volume du gaz (L) / volume molaire =  $48 / 22,4 = 2,143$  mol d'après les coefficients de l'équation (1) :  $2,143$  mol ion hypochlorite  $\text{ClO}^-$  dans 1 L de solution

1.2 vitesse instantanée de disparition  $\text{ClO}^-$  :  $= -d[\text{ClO}^-] / dt$ . Cette vitesse est représentée par la valeur absolue du coefficient directeur de la tangente à la courbe à la date considérée: (3 points)



$$1.5 / 10 = 0.15 \text{ mol/L/semaine}$$

(4 points)

2.3.1 Les deux facteurs cinétiques sont :

la température : à une date donnée, la valeur absolue du coefficient directeur de la tangente à la courbe augmente de la courbe a ( $20^\circ\text{C}$ ) à la courbe c ( $40^\circ\text{C}$ ) : la vitesse de disparition de  $\text{ClO}^-$  augmente avec la température ;

la concentration des réactifs : pour une courbe donnée (pour une température donnée), la valeur absolue du coefficient directeur de la tangente à la courbe diminue au cours du temps (tangente moins inclinée sur l'horizontale).

La vitesse de disparition de  $\text{ClO}^-$  diminue si la concentration des réactifs diminue. (3 points)

2.3.2 En conservant au frais, la vitesse de disparition du principe actif, l'ion hypochlorite est plus faible : (1 point)

l'eau de Javel conserve un plus longtemps ces propriétés.

2.3.3 Les berlingots sont plus concentrés (4 fois plus) en ion hypochlorite que les flacons : en conséquence la vitesse de disparition de l'ion hypochlorite est 4 fois plus grande dans un berlingot que dans un flacon ; d'où l'indication d'une date limite écrite sur le berlingot. (2 points)

2.4 Le gaz toxique pour les poumons qui se dégage en mélangeant eau de javel et solution acide est du dichlore  $\text{Cl}_2$ . (1 point)

2.5 En présence de lumière solaire (UV) la disparition de l'ion hypochlorite est accélérée : d'où la conservation de l'eau de Javel dans un flacon opaque. (1 point)

**Exercice 3 : (30 points)**

3.1  $K_1$  est grande, (1) est quasiment totale :

3.1 K<sub>1</sub> est grande, (1) est quasiment totale : (1 point)

le dioxygène se trouve majoritairement sous forme  $\text{HbO}_2$  aq.

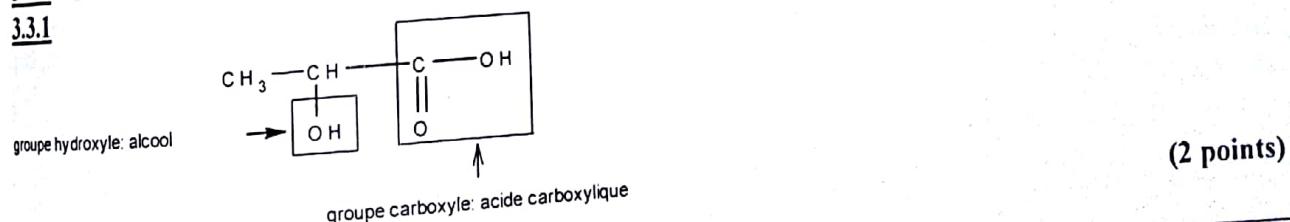
le dioxygène se trouve majoritairement sous forme  $\text{HbO}_2$  aq.  $\Rightarrow [\text{O}_2]_2 = [\text{HbO}_2]_2 / ([\text{Hb}]_2 K_2) = 9,1 \cdot 10^{-3} / (3,0 \cdot 10^{-4} \times 9,1 \cdot 10^5) =$  (2 points)

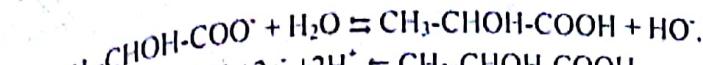
3.2.1  $K_2 = [\text{HbO}_2]_2 / ([\text{Hb}]_2 [\text{O}_2]_2) \Rightarrow [\text{O}_2]_2 = [\text{HbO}_2]_2 / ([\text{Hb}]_2 K_2) = 9,1 \cdot 10^{-3} / (3,0 \cdot 10^{-4} \times 9,1 \cdot 10^5) =$  (1 point)

$3,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$ .

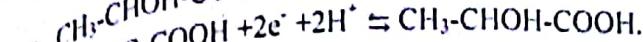
3.2.2  $K_2 > K_1$  : le système évolue dans le sens indirect, vers la gauche

3.3.1



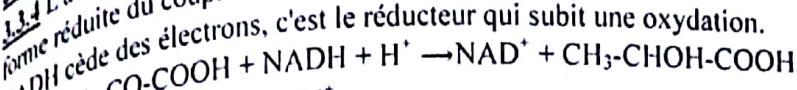


(2 points)

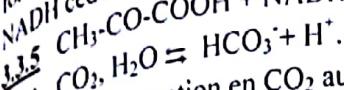


(2 points)

3.3.4 L'acide pyruvique gagne des électrons : c'est l'oxydant qui subit une réduction. L'acide lactique est la forme réduite du couple acide pyruvique / acide lactique.



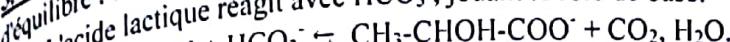
(2 points)



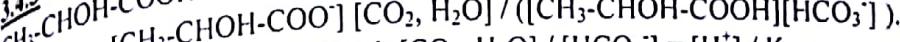
(2 points)

3.4.2 La concentration en  $\text{CO}_2$  augmente à l'effort ; le quotient initial diminue et devient inférieur à la constante d'équilibre : l'équilibre précédent est déplacé vers la droite, sens direct.

(2 points)



(2 points)



$$K_{\text{a1}} = [\text{HCO}_3^-][\text{H}^+] / [\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}] \text{ soit } [\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}] / [\text{HCO}_3^-] = [\text{H}^+] / K_{\text{a1}}$$

$$K_{\text{a2}} = [\text{CH}_3\text{-CHOH-COO}^-][\text{H}^+] / [\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}]$$

$$\text{soit } [\text{CH}_3\text{-CHOH-COO}^-] / [\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}] = K_{\text{a2}} / [\text{H}^+]$$

$$\text{Par suite : } K_{\text{eq}} = K_{\text{a2}} / K_{\text{a1}} = 10^{-3,6} / 10^{-6,4} = 10^{2,8} = 6,3 \cdot 10^2$$

$$\text{Après l'effort on trouve } [\text{HCO}_3^-] = 2,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L et } [\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}] = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$$

(4 points)

3.4.5  $\text{pH} = \text{pK}_{\text{a1}} + \log ([\text{HCO}_3^-] / [\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]) = 6,4 + \log (2,4 \cdot 10^{-2} / 4,8 \cdot 10^{-3}) = 7,1$

(2 points)

3.4.6 La respiration plus forte lors de l'effort, rejette davantage de  $\text{CO}_2$ . L'équilibre  $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$  est déplacé dans le sens indirect, diminution de  $[\text{H}^+]$ , donc augmentation du pH.

(2 points)

Le pH du sang a diminué de 0,3 unité.

3.5 A l'équivalence la quantité de matière d'ibuprofène est égale à la quantité de matière de soude :

$$n = C_B V_E = 5,00 \cdot 10^{-2} \times 9,5 \cdot 10^{-3} = 4,75 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$m = n M_{\text{ibu}} = 4,75 \cdot 10^{-4} \times 206 = 9,8 \cdot 10^{-2} \text{ g} = 98 \text{ mg}$$

A 2 % près le calcul donne un résultat compatible à celui de l'étiquette " ibuprofène 100 mg ". (2 points)

Exercice 4 : (15 points)

4.1 Densité :  $d = (m_A - m_S) / (m_E - m_S) = (31,46 - 19,34) / (34,34 - 19,34) = 0,808$ .

(2,5 points)

4.2 Formule brute de A :  $C_n H_{2n+2}O$ .

4.3  $M = 14n + 18$  g/mol avec n entier.

Quantité de matière de  $\text{CO}_2$  obtenue :  $n(\text{CO}_2) = 28,8 / 44 = 0,6545$  mol.

Quantité de matière correspondante d'alcool :  $n(\text{CO}_2) / n = 0,6545 / n$  mol.

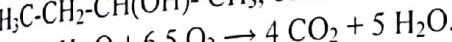
Masse d'alcool contenue dans  $V = 15,0$  mL :  $m = 15,0 \times 0,808 = 12,12$  g.

par suite :  $0,6545 / n = 12,12 / (14n + 18) \Rightarrow n = 4 \Rightarrow M = 74$  g/mol. (2,5 points)

4.3 Un test négatif à la liqueur de Fehling et positif à la 2,4-DNPH identifie une cétone ; un alcool secondaire conduit par oxydation ménagée à une cétone.

(2,5 points)

$\text{H}_3\text{C-CH}_2\text{-CH(OH)-CH}_3$ , butan-2-ol.



4.4  $\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O} + 6,5 \text{ O}_2 \rightarrow 4 \text{ CO}_2 + 5 \text{ H}_2\text{O}$ .

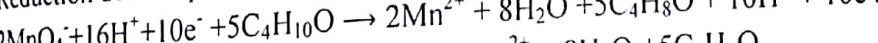
(2,5 points)

A partir de  $0,6545 / 4 = 0,1636$  mol d'alcool on obtient  $5 * 0,1636 = 0,819$  mol d'eau.

Masse d'eau :  $0,818 \times 18 = 14,7$  g.

4.5 Oxydation de l'alcool :  $5\{\text{C}_4\text{H}_{10}\text{O} \rightarrow \text{C}_4\text{H}_8\text{O} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-\}$ .

Réduction de l'ion permanganate :  $2\{\text{MnO}_4^- + 8\text{H}^+ + 5\text{e}^- \rightarrow \text{Mn}^{2+} + 4\text{H}_2\text{O}\}$ .



A partir de  $0,1636$  mol d'alcool on obtient  $0,1636$  mol de B.

$M(B) = 4 \times 12 + 8 + 16 = 72$  g/mol.

(5 points)

$m(B) = 0,1636 \times 72 = 11,8$  g.

**(20 points)**

Exercice 5 :

5.1 Par voie intraveineuse, (le taux initial est bien trop grand par rapport à ceux recommandés), la concentration dans le plasma décroît assez rapidement de manière quasiment exponentielle. Le taux devient inférieur à 40 mg/L au bout de 30 heures.

Par voie orale, la concentration dans le plasma atteint 40 mg/L au bout de 4 h, puis un maximum (80 mg/L) au bout de 12 h et enfin décroît plus lentement que dans le cas (a), (le taux devient inférieur à 40 mg/L) au bout de 50 h). La libération prolongée augmente la durée d'action de ce médicament. (3 points)

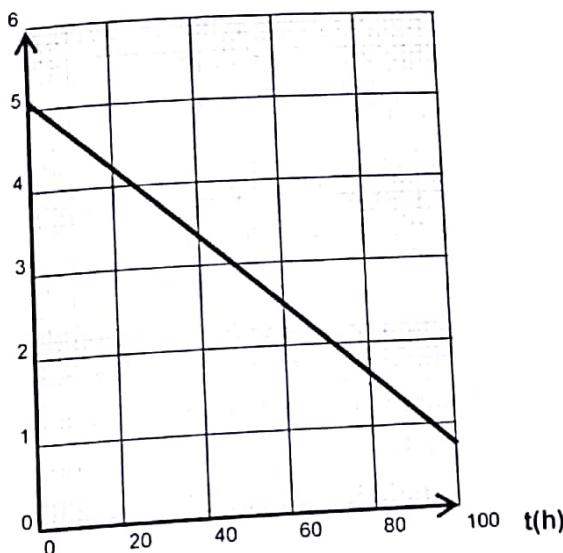
5.2.1  $\frac{dc}{dt} = -k_e C$  ;  $dC/C = -k_e dt$  ;  $\ln C = -k_e t + \text{Cste}$  ;  $\ln(C/C_0) = -k_e t$  ou  $C = C_0 e^{-k_e t}$ .

(5 points)

5.2.2

temps t (h)	0,08	4,0	8,0	16,0	32,0	48,0	64,0	80,0	96,0
C (mg/L)	155	140	120	80	40	20	10	5,0	2,5
$\ln C$	5,04	4,94	4,79	4,38	3,69	3,00	2,30	1,61	0,916

$\ln C$



$\ln C = -0,0435 t + 5,09$  avec  $t$  en heure ; de plus  $\ln C = -k_e t + \ln C_0$  ; par identification :

$$k_e = 0,0435 \text{ h}^{-1} ; C_0 = 162 \text{ mg L}^{-1}.$$

$$k_e = 0,0435 \text{ h}^{-1} ; C_0 = 162 \text{ mg L}^{-1}.$$

(5 points)

(3 points)

5.2.3 On a administré une masse  $D = 2,0$  g d'acide valproïque :  $V_0 = D / C_0 = 2 / 0,162 = 12 \text{ L}$ .

$$5.2.4 MRT = \frac{\int_0^\infty t \cdot C_0 e^{-k_e t} dt}{\int_0^\infty C_0 e^{-k_e t} dt} = \frac{\frac{1}{k_e}}{-\frac{1}{k_e} [e^{-k_e t}]_0^\infty} = \frac{1}{k_e}$$

(4 points)

$$MRT = 1 / 0,0435 = 23 \text{ h.}$$

Exercice 1 (20 points)

1.1

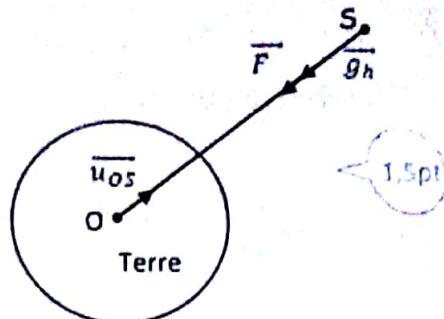
a) Schéma

b) Expression de  $g_h$ 

$$\vec{F} = -\frac{GMm}{r^2} \vec{u}_{OS} = m\vec{g}_h$$

$$\Rightarrow \vec{g}_h = -\frac{GMm}{r^2} \vec{u}_{OS} \text{ avec } r = R + h$$

$$\text{D'où } g_h = -\frac{GMm}{(R + h)^2}$$

1.2 Montrons que le mouvement est uniformeAppliquons le T.C.I :  $\vec{F} = m\vec{a}$ 

projetons dans le repère de rénet

$$\vec{a} = a_n \vec{u}_n + a_t \vec{u}_t \text{ et } \vec{g} = g \vec{u}_n$$

$$\text{Par identification : } \begin{cases} a_n = g \\ a_t = 0 \end{cases}$$

$$a_t = \frac{dv}{dt} = 0 \Rightarrow v = \text{cons} \text{ tan le donc le mouvement est uniforme}$$

Méthode énergétique

La puissance instantanée de la force de gravitation qui s'exerce sur le satellite est donnée par  $p = \vec{F} \cdot \vec{v} = 0$  puisque  $\vec{F}$  et  $\vec{v}$  sont perpendiculaires  $\Rightarrow dW = 0 \Rightarrow dE_c = 0$  et  $\Delta E_c = 0 \Rightarrow v = \text{cste}$

Conclusion : le mouvement est uniforme

1.3. Exprimons la vitesse du satellite

$$\text{D'après le T.C.I : } a_n = g \Rightarrow \frac{v^2}{R + h} = \frac{GM}{(R + h)^2} \text{ d'où } v = \sqrt{\frac{GM}{R + h}}$$

1.4. Exprimons la période T du satellite

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi(R + h)}{v} = 2\pi(R + h) \sqrt{\frac{R + h}{GM}} \text{ d'où}$$

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(R + h)^3}{GM}}$$

1,5pt

1.5. Exprimons la durée t entre deux passagesQuand la terre tourne d'un angle  $\theta$ , le satellite fait  $2\pi + \theta$ 

$$\Rightarrow \theta' = 2\pi + \theta \text{ avec } \theta = \omega t = \frac{2\pi}{T_s} t \text{ et } \theta' = \omega' t = \frac{2\pi}{T_r} t$$

$$\text{On obtient : } \frac{2\pi}{T_s} t = 2\pi + \frac{2\pi}{T_r} t \text{ d'où } t = \frac{2\pi \sqrt{\frac{(R + h_1)^3}{GM}} T_r}{T_r - 2\pi \sqrt{\frac{(R + h_1)^3}{GM}}}$$

2,5pt

1.6.1. Exprimons puis calculons  $v_1$  et  $v_2$

D'après le T.C.I.  $v_1 = \sqrt{\frac{GM}{r_1}}$  A.N :  $v_1 = 7728,6 \text{ m.s}^{-1}$ . 1pt

$$v_2 = \sqrt{\frac{GM}{r_2}}$$
 A.N :  $v_2 = 3080,7 \text{ m.s}^{-1}$ . 1pt

### 1.6.2. Caractéristiques d'un satellite géostationnaire

- Il évolue dans le plan équatorial
- Il tourne d'ouest en est
- Il a même période de révolution que la terre

### 1.6.3. Exprimons puis calculons h

$$T = 2\pi \sqrt{\frac{(R+h)^3}{GM}} = T_T \Rightarrow h = \sqrt{\frac{GM T^2}{4\pi^2}} - R$$
 1,5pt

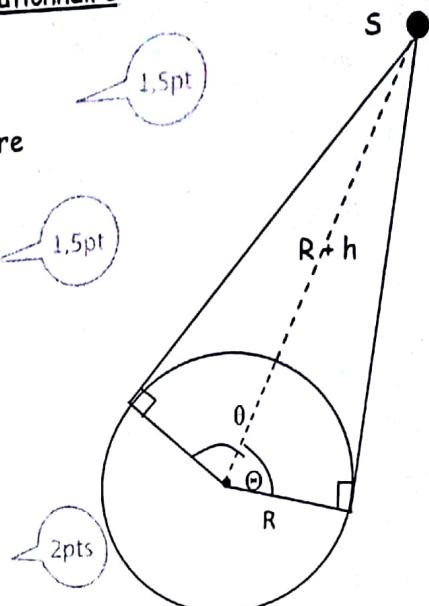
A.N.  $h = 35767 \text{ km}$  1pt

### 1.6.4. Calculons la fraction de surface (P)

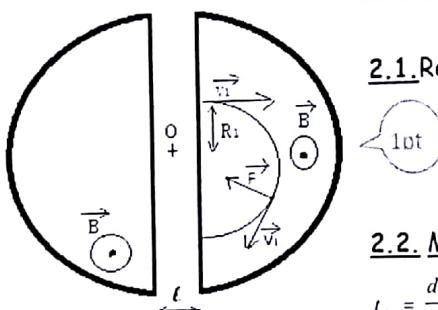
$$P = \frac{S}{S_t} \times 100 = \frac{2\pi R^2 (1 - \cos \theta)}{4\pi R^2} \times 100$$

Avec  $\cos \theta = \frac{R}{R+h}$  d'où  $P = \frac{h}{2(R+h)} \times 100$  2pts

A.N.  $P = 42,4\%$  1pt



### Exercice 2 (18 points)



#### 2.1. Représentons $\vec{v}_i$ et $\vec{F}$

1pt

#### 2.2. Montrons que $t_p$ est indépendant du temps

$$t_p = \frac{d}{v} \quad \text{avec} \quad d = \pi R$$

Appliquons le T.C.I. à la particule :

$$\vec{F} = m \vec{a} \Rightarrow q \vec{v} \wedge \vec{B} = m \vec{a} \Rightarrow \vec{a} = \frac{q \vec{v} \wedge \vec{B}}{m}$$

Projetons dans le repère de rénet

$$\vec{a} = a_n \vec{u}_n + a_t \vec{u}_t \quad \text{et} \quad \vec{g} = g \vec{u}_n$$

Par identification :  $\begin{cases} a_n = \frac{qvB}{m} = \frac{v^2}{R} \Rightarrow v = \frac{qBR}{m} \\ a_t = 0 \end{cases}$  2pts

$$t_p = \frac{\pi R \cdot m}{qBR} = \frac{\pi \cdot m}{q \cdot B} = \text{cste}, \text{ donc } t_p \text{ ne dépend pas de la vitesse}$$

#### 2.3. Exprimons puis calculons la fréquence N

$$\nu = \frac{1}{T} = \frac{1}{2T_r} = \frac{qB}{2\pi m}$$

A.N:  $\nu = 1,53 \cdot 10^7 \text{ Hz}$

1pt

1pt

#### 2.4. Exprimons $R_n$

Appliquons le T.E.C:  $\Delta Ec = W(\vec{F}) \Rightarrow \frac{1}{2}mv_2^2 - \frac{1}{2}mv_1^2 = qU$  avec  $v = \frac{qBR}{m}$  d'où  $\frac{q^2 B^2 R_1^2}{2m} - \frac{q^2 B^2 R_2^2}{2m} = qU$ .

On obtient:  $R_2^2 = R_1^2 + \frac{2mU}{qB^2}$ ; de même  $R_3^2 = R_2^2 + \frac{2mU}{qB^2} = R_1^2 + \frac{4mU}{qB^2}$

On en déduit la relation:  $R_n = \sqrt{R_1^2 + (n-1)\frac{2mU}{qB^2}}$

2pts

2.5.

#### 2.5.1. Calculons la vitesse maximale atteinte et l'énergie cinétique

$$v_{\max} = \frac{qBR_{\max}}{m} \quad \text{avec} \quad R_{\max} = \frac{D}{2} \quad \text{d'où} \quad v_{\max} = \frac{qBD}{2m}$$

A.N:  $v_{\max} = 2,99 \cdot 10^7 \text{ m.s}^{-1}$

1pt

Son énergie cinétique maximale

$$Ec = \frac{1}{2}mv_{\max}^2 = \frac{q^2 B^2 D^2}{2m}$$

1pt

A.N:  $Ec = 7,48 \cdot 10^{13} \text{ J}$

1pt

$Ec = 4,68 \text{ MeV}$

1pt

#### 2.5.2. Calculons le nombre de tours effectués par les particules dans l'appareil

$$R_n = \sqrt{R_1^2 + (n-1)\frac{2mU}{qB^2}} = \frac{D}{2} \Rightarrow \frac{D^2}{4} = R_1^2 + (n-1)\frac{2mU}{qB^2}$$

On obtient le nombre de tours  $n_T = n/2$  d'où

$$n_T = \frac{1}{2} \left[ \frac{qB}{2mU} \left( \frac{D^2}{4} - R_1^2 \right) + 1 \right]$$

2pts

A.N:  $n_T = 117$  tours

1pt

#### 2.5.3. Le temps de transit dans l'appareil, $\Delta t$ correspondant.

1,5pt

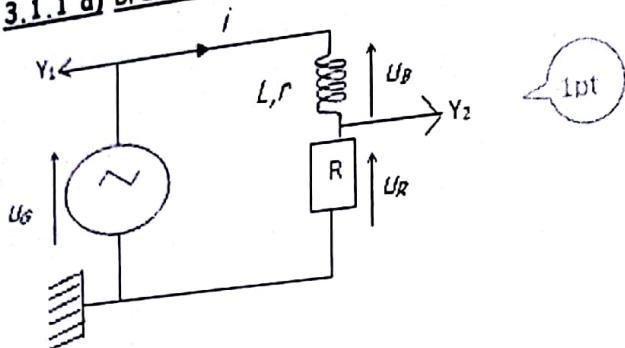
$$t_T = n T_p \Rightarrow T_p = \frac{\pi \cdot n \cdot m}{q \cdot B}$$

$$T_p = \frac{2\pi \cdot n \cdot m}{q \cdot B}$$

A.N :  $T_p = 7,7 \cdot 10^{-6} \text{ s}$

### EXERCICE 3 (23 POINTS)

#### 3.1.1 a) branchements



3.1.1.b) Tension permettant de visualiser i

1,5pt

La tension  $U_R$  permet de visualiser  $i$  car  $U_R = Ri$ ;  $R = \text{cste} \Rightarrow U_R$  et  $i$  varient de la même manière.

3.1.2. a) Exprimons  $U_B = f(U_R \text{ et } U_g)$

$$U_g = U_R + U_B \Rightarrow U_B = U_g - U_R$$

1,5pt

3.1.2. b) Exprimons  $U_B = f(r, L, i \text{ et } \frac{di}{dt})$

$$U_B = ri - e \text{ avec } e = -L \frac{di}{dt} \Rightarrow U_B = ri + L \frac{di}{dt}$$

1,5pt

3.1.3. a) Déterminons la période  $T$  de l'intensité du courant.

$$\text{On trouve } T = 10^{-2} \text{ s}$$

1pt

3.1.3. b) Déterminer l'amplitude  $I_m$

$$U_{max} = RI_{max} \Rightarrow I_{max} = \frac{U_{max}}{R}$$

1,5pt

A.N :  $I_{max} = 1,2 \text{ mA}$

1pt

3.1.4.a) Déterminons une valeur approchée de la tension  $U_B$ .

$$\text{On trouve } U_B = 0,5 \text{ V}$$

1pt

3.1.4.b) Calculons  $\frac{di}{dt}$ .

1,5pt

$$I = \frac{U_R}{R} \Rightarrow \frac{di}{dt} = \frac{1}{R} \cdot \frac{du_R}{dt}$$

$$A.N: \frac{di}{dt} = 4,8 \text{ A.s}^{-1}$$

3.1.4.c) Ordre de grandeur de L

$$U_B = L \frac{di}{dt} \Rightarrow L = U_B / \frac{di}{dt}$$

$$A.N: L = 0,1 \text{ H}$$

3.1.4.d) Comparons  $rI_m$  et  $|e|$

$$\left. \begin{aligned} rI_{max} &= 12 \cdot 10^{-3} \text{ V} \\ |e| &= L \frac{di}{dt} = 480 \cdot 10^{-3} \text{ V} \end{aligned} \right\} \Rightarrow |e| >> rI_m$$

Conclusion: l'hypothèse  $U_B = e$  se justifie

### 3.2. Une application

3.2.1. Phénomène visualisé sur le document.

On a des oscillations électriques amorties

3.2.2. Identifions le dipôle X

X est un condensateur

3.2.3. a) Donnons l'ordre de grandeur de la pseudo-période

$$4T = 10^3 \text{ s} \Rightarrow T = 2,5 \cdot 10^4 \text{ s}$$

3.2.3. b) Déduisons une valeur approchée de la grandeur caractéristique du dipôle X

$$T = 2\pi\sqrt{LC} \Rightarrow C = \frac{T^2}{4\pi^2 L}$$

$$A.N: C = 1,6 \cdot 10^{-8} \text{ F}$$

### EXERCICE 4 (20 POINTS)

4.1.1. Schéma

4.1.2. Équation différentielle

Appliquons le T.C.I :

$$\vec{P} + \vec{R} + \vec{f} + \vec{T} = 0$$

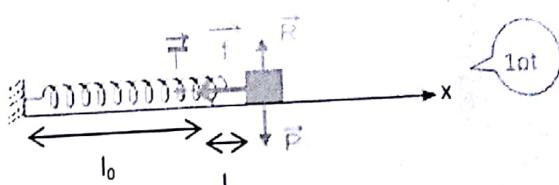
Projetons sur  $x'x$  :  $-f - T = m \ddot{i}$  avec  $T = K(x - L_0) = Kl$

$$\Rightarrow -\lambda \ddot{i} - Kl = m \ddot{i} \quad \text{d'où} \quad \ddot{i} + \frac{\lambda}{m} i + \frac{K}{m} l = 0$$

4.1.3. Exprimons la pulsation propre  $\omega_0$

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{K}{m}}$$

$$A.N: \omega_0 = 9,2 \text{ rad.s}^{-1}$$



2pts

Déduisons la période

$$T_u = \frac{2\pi}{\omega_u}$$

A.N :  $T_0 = 0,68 \text{ s}$

#### 4.1.4. Exprimons le facteur de qualité $Q = f(\omega_0, m, \lambda)$

$$Q = \frac{\sqrt{mK}}{\lambda} = \frac{m}{\lambda} \sqrt{\frac{K}{m}} = \frac{m \omega_u}{\lambda}$$

$$Q = \frac{m \omega_u}{\lambda}$$

A.N :  $Q = 1$

4.2.

#### 4.2.1. Type de régime

Le régime est pseudo-périodique car  $Q > \frac{1}{2}$

#### 4.2.2. Exprimons la pulsation $\omega = f(\omega_0, Q)$

$$Q = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{\omega^2}{\omega_0^2 - \omega^2}} \Rightarrow \omega = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{(2Q)^2}}$$

A.N :  $\omega = 8 \text{ rad.s}^{-1}$

#### 4.2.3. Exprimons $T = f(T_0, Q)$

$$T = \frac{2\pi}{\omega} = \frac{2\pi}{\omega_0} \times \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{1}{(2Q)^2}}} \quad T = \frac{T_0}{\sqrt{1 - \frac{1}{(2Q)^2}}}$$

A.N :  $T = 0,785 \text{ s}$

#### 4.2.4. Exprimons $r$

D'après la solution de l'équation différentielle,

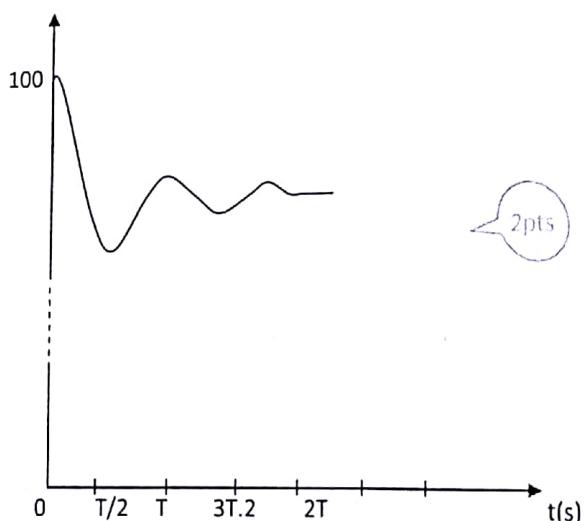
$$r = \frac{2Q}{\omega_0}$$

1,5pt

A.N :  $r = 0,22 \text{ s}$

#### 4.3. Allure de la courbe

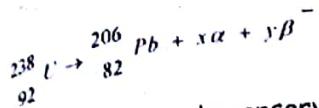
$x (\text{mm})$



2pts

### EXERCICE 5 (19 POINTS)

#### 5.1. Valeur de X et Y



Appliquons la loi de conservation

$$238 = 206 + 4x \Rightarrow x = 8 \quad \text{1pt}$$

$$92 = 82 + 2x - y \Rightarrow y = 6 \quad \text{1pt}$$

## 5.2. Type de radioactivité

On a une radioactivité  $\alpha$  car il y a émission de noyaux d'hélium 1pt

## 5.3. Loi de désintégration

$$5.3.1 \text{ Loi de la décroissance } N_1 = N_1^0 e^{-\lambda t} \quad \text{1,5pt}$$

### Expression de $t_{1/2}$

$$\text{A } t = t_{1/2} \text{ on a } N_1 = \frac{N_1^0}{2} \Rightarrow \frac{N_1^0}{2} = N_1^0 e^{-\lambda t_{1/2}} \Rightarrow t_{1/2} = \frac{\ln 2}{\lambda} \quad \text{1,5pt}$$

$$5.3.2. \text{ Montrons qu'à la date } t = n t_{1/2}, \underline{N_1 = \frac{N_1^0}{2^n}}$$

$$N_1 = N_1^0 e^{-\lambda t} = N_1^0 e^{-n \lambda t_{1/2}} = N_1^0 e^{-n \ln 2} = \frac{N_1^0}{e^{n \ln 2}} = \frac{N_1^0}{2^n} \quad \boxed{N_1 = \frac{N_1^0}{2^n}} \quad \text{1,5pt}$$

### 5.3.3. Exprimons le nombre $N_2 = f(t, \lambda \text{ et } N_1)$

$$N_1 = N_1^0 - N_2 ; \quad N_1 = N_1^0 e^{-\lambda t} \Rightarrow N_1^0 = N_1 e^{\lambda t} \quad \text{1,5pt}$$

$$\text{En remplaçant on a : } N_1 = N_1^0 e^{-\lambda t} - N_2 \text{ d'où } \boxed{N_2 = N_1 (e^{\lambda t} - 1)}$$

### 5.3.4. Exprimons n en fonction du rapport $\frac{N_2}{N_1}$

$$N_2 = N_1 (e^{\lambda t} - 1) \Rightarrow \frac{N_2}{N_1} + 1 = e^{\lambda t} \Rightarrow \lambda t = \ln\left(\frac{N_2}{N_1} + 1\right) \text{ avec } t = n \ln 2 / \lambda \text{ D'où } \boxed{n = \frac{\ln\left(\frac{N_2}{N_1} + 1\right)}{\ln 2}} \quad \text{1,5pt}$$

$$5.3.5 \text{ Exprimons } n = f(m_1, m_2) \quad \boxed{n = \frac{\ln\left(\frac{M_1 m_2}{M_2 m_1} + 1\right)}{\ln 2}} \quad \text{1,5pt}$$

$$\text{A.N : } \boxed{n = 1,657 \cdot 10^{-2}} \quad \text{1pt}$$

Déduisons l'âge du minéral.

Thierno K. ALLO, élève ingénieur à l'Ecole Polytechnique de Thiès 1pt

$$t = n t_{1/2}$$

$$A.N : t = 7,46 \cdot 10^7 \text{ ans}$$

### 5.4.1 Définissons l'activité d'une source radioactive

C'est le nombre de désintégrations par seconde

1pt

5.4.2 Le minerai étudié présente-t-il un danger pour l'organisme ?

Calculons son activité :  $A = \lambda N_1 = A = \frac{N_1 \cdot \ln 2}{t_{1/2}}$ . A.N :  $A = 12 \text{ Bq} > 3,7 \text{ Bq}$ .

Conclusion : le minerai reste toujours dangereux pour l'organisme.

1pt

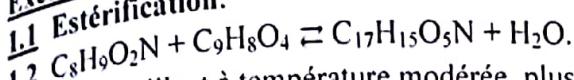
**CONCOURS D'ENTREE A L'ECOLE MILITAIRE DE SANTE**  
**CORRIGE DE L'EPREUVE DE CHIMIE**

SESSION 2014  
 DUREE : 04 HEURES

**(20 points)**

**Exercice 1 :**

1.1 Estérification.



(2 points)

1.3 En travaillant à température modérée, plus élevée, on augmente la vitesse de la réaction.  
 Les vapeurs se condensent dans le réfrigérant à eau et retombent dans le milieu réactionnel :  
 on évite ainsi les pertes de matière.

(2 points)

1.4 L'acide sulfurique joue le rôle de catalyseur.

(3 points)

1.5 Quantité de matière (mol) = masse (g) / masse molaire (g/mol)

(2 points)

Aspirine :  $n_1 = m_1 / 180 = 18,0 / 180 = 0,100 \text{ mol}$ .  
 Le mélange initial étant stoechiométrique on a :  $n(\text{aspirine}) = n(\text{paracétamol})$  d'après l'équation de réaction.

D'où  $n_2 = n_1 = 0,1 \text{ mol}$ .

Masse de paracétamol :  $m_2 = n_2 * M_2$       AN :  $m_2 = 15,1 \text{ g}$

(5 points)

On peut espérer obtenir au mieux 0,100 mol de bénorilate soit une masse

$m_{\text{théorique}} = 0,100 \times 313 = 31,3 \text{ g}$

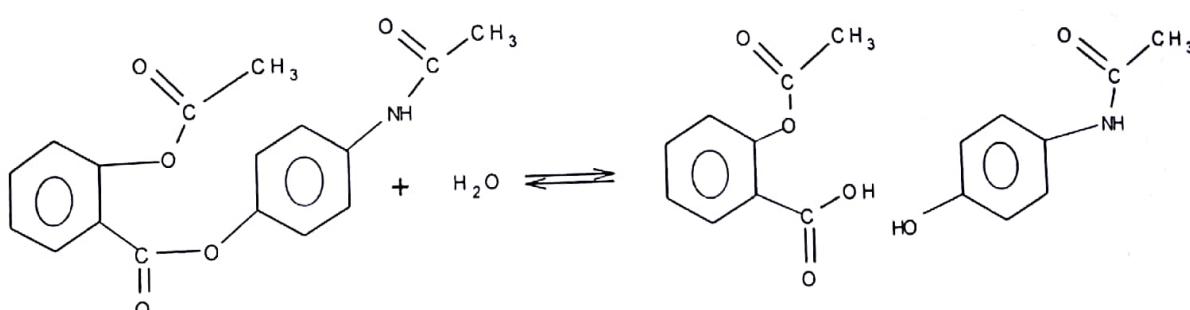
Rendement : masse réelle / masse théorique =  $18,8 / 31,3 = 0,601$  (60,1 %).

(4 points)

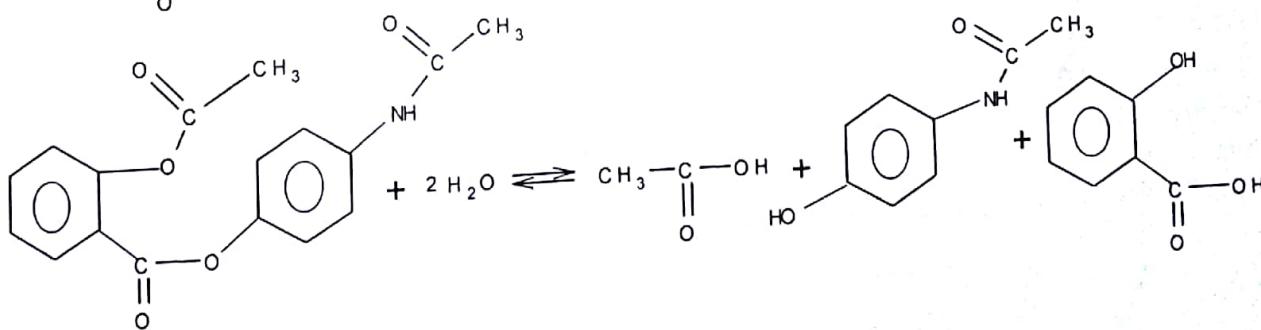
4 X (0,5 point)

1.7

a)



b)

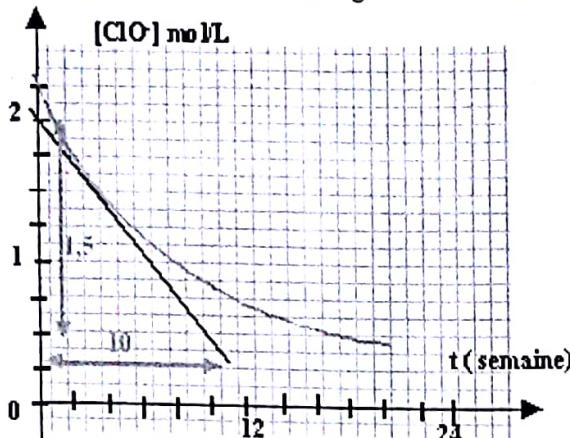


c) Aspirine et paracétamol.

**Exercice 2 :****(15 points)**

2.1 Qté de matière de dichlore (mol) = volume du gaz (L) / volume molaire =  $48 / 22,4 = 2,143$  mol d'après les coefficients de l'équation (1) : 2,143 mol ion hypochlorite  $\text{ClO}^-$  dans 1 L de solution  
 $[\text{ClO}^-] = 2,143 \text{ mol/L}$ . (3 points)

2.2 vitesse instantanée de disparition  $\text{ClO}^-$  :  $= -d[\text{ClO}^-]/dt$ . Cette vitesse est représentée par la valeur absolue du coefficient directeur de la tangente à la courbe à la date considérée:



$$1.5 / 10 = 0.15 \text{ mol/L/semaine}$$

**(4 points)****2.3.1** Les deux facteurs cinétiques sont :

la température : à une date donnée, la valeur absolue du coefficient directeur de la tangente à la courbe augmente de la courbe a ( $20^\circ\text{C}$ ) à la courbe c ( $40^\circ\text{C}$ ) : la vitesse de disparition de  $\text{ClO}^-$  augmente avec la température ;

la concentration des réactifs : pour une courbe donnée (pour une température donnée), la valeur absolue du coefficient directeur de la tangente à la courbe diminue au cours du temps (tangente moins inclinée sur l'horizontale).

La vitesse de disparition de  $\text{ClO}^-$  diminue si la concentration des réactifs diminue.

**(3 points)**

2.3.2 En conservant au frais, la vitesse de disparition du principe actif, l'ion hypochlorite est plus faible : l'eau de Javel conserve un plus longtemps ces propriétés. (1 point)

2.3.3 Les berlingots sont plus concentrés (4 fois plus) en ion hypochlorite que les flacons : en conséquence la vitesse de disparition de l'ion hypochlorite est 4 fois plus grande dans un berlingot que dans un flacon ; d'où l'indication d'une date limite écrite sur le berlingot. (2 points)

2.4 Le gaz toxique pour les poumons qui se dégage en mélangeant eau de javel et solution acide est du dichlore  $\text{Cl}_2$ . (1 point)

2.5 En présence de lumière solaire (UV) la disparition de l'ion hypochlorite est accélérée : d'où la conservation de l'eau de Javel dans un flacon opaque. (1 point)

**Exercice 3 :** **(30 points)****3.1**  $K_1$  est grande, (1) est quasiment totale :

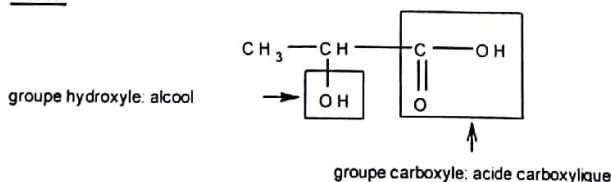
le dioxygène se trouve majoritairement sous forme  $\text{HbO}_2$  aq.

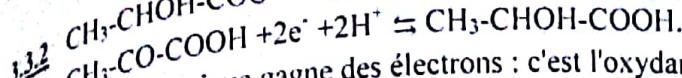
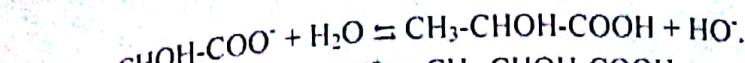
**(1 point)**

3.2.1  $K_2 = [\text{HbO}_2]_2 / ([\text{Hb}]_2 [\text{O}_2]_2) \Rightarrow [\text{O}_2]_2 = [\text{HbO}_2]_2 / ([\text{Hb}]_2 K_2) = 9,1 \cdot 10^{-3} / (3,0 \cdot 10^{-4} \times 9,1 \cdot 10^5) = 3,3 \cdot 10^{-5} \text{ mol/L}$ .

**(2 points)**

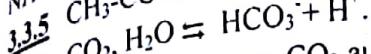
3.2.2  $K_2 > K_1$  : le système évolue dans le sens indirect, vers la gauche

**(1 point)****3.3.1****(2 points)**



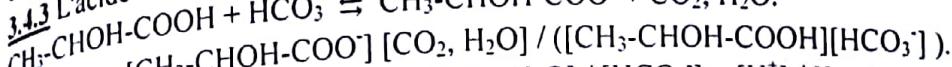
3.3.4 L'acide pyruvique gagne des électrons : c'est l'oxydant qui subit une réduction. L'acide lactique est la forme réduite du couple acide pyruvique / acide lactique.

NADH cède des électrons, c'est le réducteur qui subit une oxydation.



3.4.2 La concentration en  $\text{CO}_2$  augmente à l'effort ; le quotient initial diminue et devient inférieur à la constante d'équilibre : l'équilibre précédent est déplacé vers la droite, sens direct.

3.4.3 L'acide lactique réagit avec  $\text{HCO}_3^-$ , jouant le rôle de base.



$$K_{\text{eq}} = [\text{CH}_3\text{-CHOH-COO}^-] [\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}] / ([\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}][\text{HCO}_3^-])$$

$$K_{\text{a1}} = [\text{HCO}_3^-] [\text{H}^+] / [\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}] \text{ soit } [\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}] / [\text{HCO}_3^-] = [\text{H}^+] / K_{\text{a1}}$$

$$K_{\text{a2}} = [\text{CH}_3\text{-CHOH-COO}^-] [\text{H}^+] / [\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}]$$

$$\text{soit } [\text{CH}_3\text{-CHOH-COO}^-] / [\text{CH}_3\text{-CHOH-COOH}] = K_{\text{a2}} / [\text{H}^+]$$

$$\text{Par suite : } K_{\text{eq}} = K_{\text{a2}} / K_{\text{a1}} = 10^{-3,6} / 10^{-6,4} = 10^{2,8} = 6,3 \cdot 10^2$$

Après l'effort on trouve  $[\text{HCO}_3^-] = 2,4 \cdot 10^{-2} \text{ mol/L}$  et  $[\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}] = 4,8 \cdot 10^{-3} \text{ mol/L}$ .

$$\text{3.4.5 } \text{pH} = \text{pK}_{\text{a1}} + \log ([\text{HCO}_3^-] / [\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O}]) = 6,4 + \log (2,4 \cdot 10^{-2} / 4,8 \cdot 10^{-3}) = 7,1$$

Le pH du sang a diminué de 0,3 unité.

3.4.6 La respiration plus forte lors de l'effort, rejette davantage de  $\text{CO}_2$ . L'équilibre  $\text{CO}_2, \text{H}_2\text{O} \rightleftharpoons \text{HCO}_3^- + \text{H}^+$  est déplacé dans le sens indirect, diminution de  $[\text{H}^+]$ , donc augmentation du pH.

3.5 A l'équivalence la quantité de matière d'ibuprofène est égale à la quantité de matière de soude :

$$n = C_B V_E = 5,00 \cdot 10^{-2} \times 9,5 \cdot 10^{-3} = 4,75 \cdot 10^{-4} \text{ mol}$$

$$m = n M_{\text{ibu}} = 4,75 \cdot 10^{-4} \times 206 = 9,8 \cdot 10^{-2} \text{ g} = 98 \text{ mg}$$

A 2 % près le calcul donne un résultat compatible à celui de l'étiquette " ibuprofène 100 mg ".

Exercice 4 : (15 points)

$$4.1 \text{ Densité : } d = (m_A - m_S) / (m_E - m_S) = (31,46 - 19,34) / (34,34 - 19,34) = 0,808$$

(2,5 points)

4.2 Formule brute de A :  $C_n H_{2n-2}O$ .

$M = 14n + 18$  g/mol avec n entier.

Quantité de matière de  $\text{CO}_2$  obtenue :  $n(\text{CO}_2) = 28,8 / 44 = 0,6545 \text{ mol}$ .

Quantité de matière correspondante d'alcool :  $n(\text{CO}_2) / n = 0,6545 / n \text{ mol}$ .

Masse d'alcool contenue dans  $V = 15,0 \text{ mL}$  :  $m = 15,0 \times 0,808 = 12,12 \text{ g}$ .

par suite :  $0,6545 / n = 12,12 / (14n + 18) \Rightarrow n = 4 \Rightarrow M = 74 \text{ g/mol}$ .

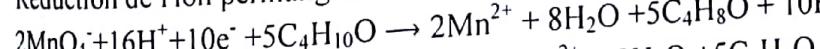
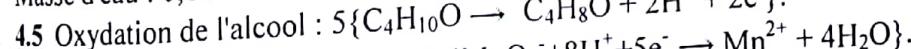
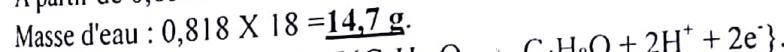
4.3 Un test négatif à la liqueur de Fehling et positif à la 2,4-DNPH identifie une cétone ; un alcool secondaire conduit par oxydation ménagée à une cétone.

H<sub>3</sub>C-CH<sub>2</sub>-CH(OH)-CH<sub>3</sub>, butan-2-ol.



A partir de  $0,6545 / 4 = 0,1636 \text{ mol}$  d'alcool on obtient  $5 * 0,1636 = 0,819 \text{ mol}$  d'eau.

Masse d'eau :  $0,818 \times 18 = 14,7 \text{ g}$ .



A partir de  $0,1636 \text{ mol}$  d'alcool on obtient  $0,1636 \text{ mol}$  de B.

$M(B) = 4 \times 12 + 8 + 16 = 72 \text{ g/mol}$ .

$m(B) = 0,1636 \times 72 = 11,8 \text{ g}$ .

(5 points)

**Exercice 5 : (20 points)**

5.1 Par voie intraveineuse, (le taux initial est bien trop grand par rapport à ceux recommandés), la concentration dans le plasma décroît assez rapidement de manière quasiment exponentielle. Le taux devient inférieur à 40 mg/L au bout de 30 heures.

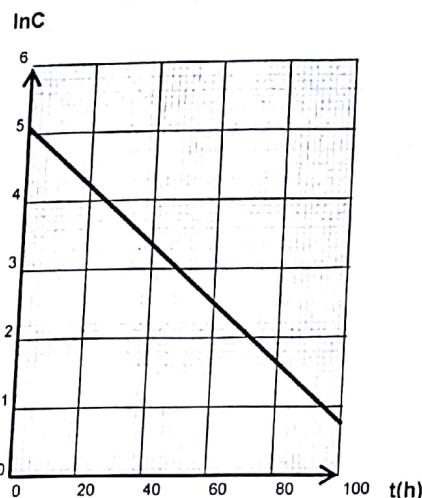
Par voie orale, la concentration dans le plasma atteint 40 mg/L au bout de 4 h, puis un maximum (80 mg/L) au bout de 12 h et enfin décroît plus lentement que dans le cas (a), (le taux devient inférieur à 40 mg/L au bout de 50 h). La libération prolongée augmente la durée d'action de ce médicament.

5.2.1  $dC/dt = -k_e C$ ;  $dC/C = -k_e dt$ ;  $\ln C = -k_e t + \text{Cste}$ ;  $\ln(C/C_0) = -k_e t$  ou  $C = C_0 e^{-k_e t}$ .

$$\frac{dC}{dt} = -k_e C \Rightarrow \frac{dC}{C} = -k_e dt \Rightarrow C = C_0 e^{-k_e t}.$$

5.2.2

temps t (h)	0,08	4,0	8,0	16,0	32,0	48,0	64,0	80,0	96,0
C (mg/L)	155	140	120	80	40	20	10	5,0	2,5
$\ln C$	5,04	4,94	4,79	4,38	3,69	3,00	2,30	1,61	0,916



$$\ln C = -0,0435 t + 5,09 \text{ avec } t \text{ en heure ; de plus } \ln C = -k_e t + \ln C_0 ; \text{ par identification :}$$

$$k_e = 0,0435 \text{ h}^{-1} ; C_0 = 162 \text{ mg L}^{-1}.$$

5.2.3 On a administré une masse  $D = 2,0 \text{ g}$  d'acide valproïque :  $V_0 = D / C_0 = 2 / 0,162 = 12 \text{ L}$ .

5.2.4  $MRT = \frac{\int_0^\infty t \cdot C_0 e^{-k_e t} dt}{\int_0^\infty C_0 e^{-k_e t} dt} = \frac{\frac{1}{k_e^2}}{-\frac{1}{k_e} [e^{-k_e t}]_0^\infty} = \frac{1}{k_e}$

$$MRT = 1 / 0,0435 = 23 \text{ h.}$$

(5 points)  
(3 points)

(4 points)

## CONCOURS ECOLE MILITAIRE DE SANTE 2016 PROPOSITION CORRIGEE EPREUVE PHYSIQUE

### Exercice 1

- 1.1.1 caractéristiques de la poussée d'Archimède : 2
- Point d'application : le centre de poussée.
  - Support : la verticale passant par le centre de poussée.
  - Sens : du bas vers le haut.
  - Intensité : égale au poids du fluide déplacé.
- 1.1.2 Représentation des trois forces :

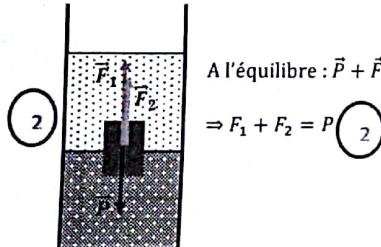


Figure 1

- 1.1.3 volume immergé dans le mercure :  $V_1 = h_1 \cdot S_0$  1  
 volume immergé dans l'eau :  $V_2 = (h_2 - h_1) \cdot S_0$  1
- 1.1.4 Expression de  $F_1$  :  $F_1 = \rho_1 \cdot V_1 \cdot g = \rho_1 \cdot h_1 \cdot S_0 \cdot g$  2
- 1.1.5 Expression de  $F_2$  :  $F_2 = \rho_2 \cdot V_2 \cdot g = \rho_2 \cdot (h_2 - h_1) \cdot S_0 \cdot g$  2
- 1.1.6 Masse volumique du zinc :
- $$P = F_1 + F_2 \Rightarrow \rho_{Zn}(V_1 + V_2)g = \rho_1 \cdot h_1 \cdot S_0 \cdot g + \rho_2 \cdot (h_2 - h_1) \cdot S_0 \cdot g$$
- $$\Rightarrow \rho_{Zn} = \frac{\rho_1 \cdot h_1 + \rho_2 \cdot h_2 - \rho_2 \cdot h_1}{h_2} \Rightarrow \rho_{Zn} = \frac{h_1}{h_2}(\rho_1 - \rho_2) + \rho_2$$
- 3  $\rho_{Zn} = A(\rho_1 - \rho_2) + \rho_2 \Rightarrow A = \frac{h_1}{h_2}$  1
- 1.1.7 calcul de la masse volumique du zinc :
- $$\rho_{Zn} = 0,484(13600 - 1000) + 100 = 7098 \quad \rho_{Zn} = 7100 \text{ kg.m}^{-3}$$
- 2

1.2.1 la relation entre  $F_3$ ,  $S_c$ ,  $h$ ,  $h_0$ ,  $\rho_1$  et  $g$  :

$$F_3 = \rho_1 \cdot V_1 \cdot g = \rho_1 \cdot (h - h_0) \cdot S_c \cdot g$$
1

Relation entre  $F_4$ ,  $S_c$ ,  $h_0$ ,  $\rho_2$  et  $g$  :  $F_4 = \rho_2 \cdot V_2 \cdot g = \rho_2 \cdot h_0 \cdot S_c \cdot g$

1

1.2.2 A l'équilibre :  $\vec{P} + \vec{F}_3 + \vec{F}_4 = \vec{0} \Rightarrow F_3 + F_4 = P$

$$\text{Or } P = \rho_{Zn} \cdot h \cdot S_c \cdot g \Rightarrow \rho_{Zn} \cdot h \cdot S_c \cdot g = \rho_1 \cdot (h - h_0) \cdot S_c \cdot g + \rho_2 \cdot h_0 \cdot S_c \cdot g$$

$$\text{On tire } h_0 = \left( \frac{\rho_{Zn} - \rho_1}{\rho_1 - \rho_2} \right) \cdot h$$
2

1.2.3 Expression de  $\frac{h_3}{h_4}$  en fonction  $\rho_{Zn}$ ,  $\rho_1$  et  $\rho_2$ :

$$h_4 = h_0 = \left( \frac{\rho_{Zn} - \rho_1}{\rho_1 - \rho_2} \right) \text{ et } h_3 = h - h_0 \text{ on tire } \frac{h_3}{h_4} = \frac{\rho_{Zn} - \rho_2}{\rho_1 - \rho_{Zn}}$$
2

1.2.4 calcul de  $h_3$  et  $h_4$ :

$$\begin{cases} h_3 + h_4 = h \\ \frac{h_3}{h_4} = \frac{\rho_{Zn} - \rho_2}{\rho_1 - \rho_{Zn}} \end{cases} \Rightarrow \text{A.N: } h_3 = 2,4 \text{ cm et } h_3 = 2,6 \text{ cm}$$
1

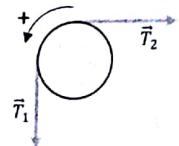
### Exercice 2

2.1 Le sens du mouvement d'ensemble des corps :

$$|\mathcal{M}_\Delta(\vec{T}_1)| = m_1 gr \text{ et } |\mathcal{M}_\Delta(\vec{T}_2)| = m_3 gr \sin \alpha$$

$$m_1 = 0,2 \text{ kg et } m_3 \sin \alpha = 0,1$$

2  $|\mathcal{M}_\Delta(\vec{T}_1)| > |\mathcal{M}_\Delta(\vec{T}_2)|$  le mouvement a lieu dans le sens positif indiqué



2.2 Expression de l'accélération :

Ref : RTSG ; système {ensemble}

Bfext :  $\vec{P}_1$ ;  $\vec{P}_2$ ;  $\vec{P}_3$ ;  $\vec{R}_2$ ;  $\vec{R}_3$ ;

TCI :  $\vec{P}_1 + \vec{P}_2 + \vec{P}_3 + \vec{R}_2 + \vec{R}_3 = (m_1 + m_2 + m_3) \vec{a}$ .

$$m_1 g - m_2 g \sin \alpha = (m_1 + m_2 + m_3) \cdot a$$

$$2 \quad a = \frac{(m_1 - m_2 \sin \alpha)}{(m_1 + m_2 + m_3)} \cdot g \quad \text{A.N: } a = 1 \text{ m.s}^{-2}$$
1

2.3.1 Expression de l'accélération  $a_2$ :

En annulant  $m_1$  dans l'expression de  $a$  précédente on trouve

$$2 \quad a_2 = \frac{-m_2 \sin \alpha}{(m_2 + m_3)} \cdot g \quad \text{A.N: } a_2 = -1,5 \text{ m.s}^{-2}$$
1

2.3.2 Equation horaire :



$$a_2 = -1,5 \Rightarrow V_x = -1,25t + 2,25 \Rightarrow x = -0,625t^2 + 2,25t - 1,125$$

2.3.3 Distance de la poulie  $P_1$  et la date  $t_2$ :

$$V_x = -1,25t + 2,25 = 0 \Rightarrow t = 1,8 \text{ s et } x = 0,9 \text{ m.}$$

$$1 d = 1,3 - 0,9 = 0,4 \text{ m.} \quad t_2 = 1,8 \text{ s.} \quad 1$$

$$2.3.4 \text{ La vitesse } V_2 \text{ en } P_2: \quad 2a_2(x_f - x_i) = V_f^2 - V_i^2 \Rightarrow 2(-1,25)(-0,7 - 0,9) = V_2^2 - 0 \Rightarrow$$

$$V_2 = 2 \text{ m/s} \quad 1$$

2.4.1 Nature du mouvement : MRUA.  $1$

2.4.2 Vitesse d'arrivée en  $B$ :

$$\text{T.E.C} \Rightarrow \frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}mV_0^2 = W_{A \rightarrow B}^{\vec{P}} + W_{A \rightarrow B}^{\vec{Rn}} \Rightarrow \frac{1}{2}mV_B^2 - \frac{1}{2}mV_0^2 = mgH' \Rightarrow$$

$$V_B = \sqrt{2gH' + V_0^2} \quad H' = H - r(1 - \cos\alpha) = 0,8 - 1,5(1 - \cos 30^\circ)$$

$$H' = 0,6 \text{ m} \quad V_B = \sqrt{2 \cdot 10 \cdot 0,6 + 2^2} \quad V_B = 4 \text{ m.s}^{-1}. \quad 2$$

2.5.1 Expression de  $a_3$ :

$$\text{TCI : } \vec{P} + \vec{R_n} + \vec{f} = m\vec{a}_3 \Rightarrow \text{suivant (ox)} f = ma_3 \Rightarrow a_3 = \frac{f}{m}$$

$$a_3 = \frac{2}{0,2} = 10 \text{ m.s}^{-2}. \quad 2$$

2.5.2 la vitesse en  $C$ :

$$\text{T.E.C} \Rightarrow \frac{1}{2}mV_D^2 - \frac{1}{2}mV_C^2 = W_{C \rightarrow D}^{\vec{P}} + W_{C \rightarrow D}^{\vec{Rn}} \Rightarrow \frac{1}{2}mV_D^2 - \frac{1}{2}mV_C^2 = -f \cdot CD$$

$$\Rightarrow 0 - \frac{1}{2}mV_C^2 = -f \cdot CD \Rightarrow V_C = \sqrt{\frac{2 \cdot f \cdot CD}{m}}$$

$$A.N: \quad V_C = \sqrt{\frac{2 \cdot 2 \cdot 1}{0,2}} = 4,47 \text{ m.s}^{-1}. \quad 2$$

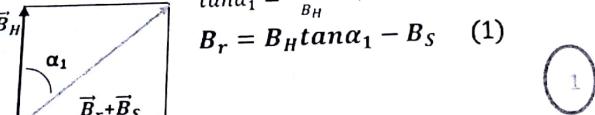
### Exercice 3

Première partie :

1<sup>ère</sup> expérience :

$$\tan\alpha_1 = \frac{B_r + B_S}{B_H} \Rightarrow$$

$$B_r = B_H \tan\alpha_1 - B_S \quad (1)$$



2<sup>ième</sup> expérience :

$$\begin{aligned} \tan\alpha_2 &= \frac{B_S}{B_H + B_r} = 1 \\ B_r &= \frac{B_S - B_H \tan\alpha_2}{\tan\alpha_2} \end{aligned} \quad (2)$$

Des expressions (1) et (2) on tire :

$$B_H \tan\alpha_1 - B_S = \frac{B_S - B_H \tan\alpha_2}{\tan\alpha_2} \Rightarrow$$

$$B_H \tan\alpha_1 \tan\alpha_2 - B_S \tan\alpha_2 = B_S - B_H \tan\alpha_2 \Rightarrow$$

$$B_H (\tan\alpha_1 \tan\alpha_2 + \tan\alpha_2) = B_S + B_S \tan\alpha_2 \Rightarrow$$

$$B_H = \frac{B_S + B_S \tan\alpha_2}{\tan\alpha_1 \tan\alpha_2 + \tan\alpha_2} = \frac{B_S (1 + \tan\alpha_2)}{\tan\alpha_2 (\tan\alpha_1 + 1)} \text{ cqfm}$$

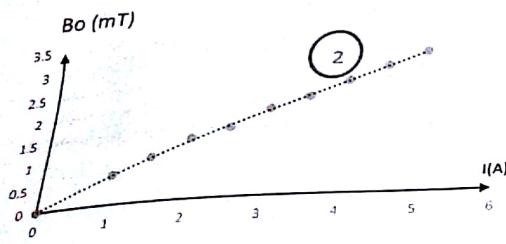
$$1 \text{ AN : } B_H = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ T}$$

Deuxième partie :

3.1.1 Complétons le tableau :

I(A)	0	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	4,5	5
U <sub>s</sub> (mV)	0	12,6	18,8	25,9	30	37,8	43	49,7	56	62
B <sub>0</sub> (mT)	0	0,63	0,94	1,295	1,5	1,89	2,15	2,485	2,8	3,1

3.1.2 la courbe  $B_0 = f(I)$  :



3.1.3 Relation entre  $B_0$  et  $I$ :  $B_0 = 0,62I$ .  $B_0$  en mT et  $I$  en A.

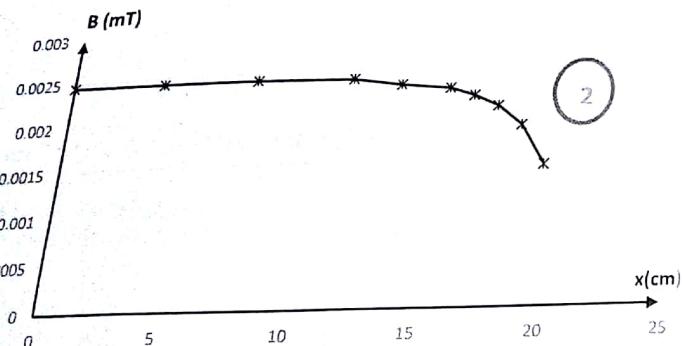
$B_0$  est proportionnelle à  $I$ .

3.1.4 Si  $B_0 = B_H$  on tire  $I = 32,2$  mA.

3.2.1 Complétons le tableau :

x(cm)	0	4	8	12	14	16	17	18	19	20
$U_S(mV)$	49	48,6	48,4	48	46,5	45,5	43,8	41,5	37,4	29
$B(10^{-3} \text{ mT})$	2,45	2,43	2,42	2,40	2,32	2,28	2,19	2,08	1,87	1,45

3.2.2 la courbe  $B=f(x)$ :



3.2.3 Les valeurs de  $x$ :

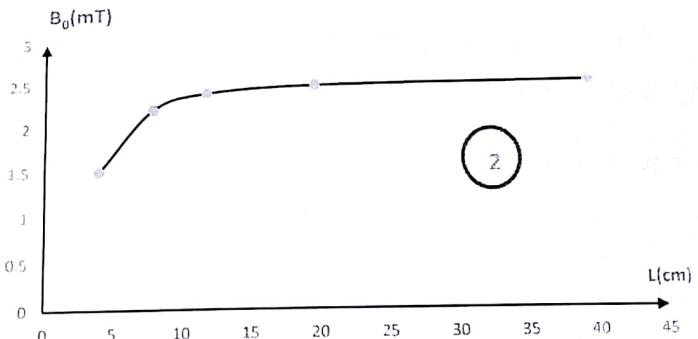
$$\frac{B}{B_0} = 0,95 \Rightarrow B = 0,95 B_0 = 0,95 \cdot 2,45 = 2,33 \text{ mT}$$

On trouve  $x = 14 \text{ cm} \Rightarrow -14 \text{ cm} \leq x \leq 14 \text{ cm}$ .

3.3.1 Complétons le tableau :

L(cm)	40	20	12	8	4
$U_S(mV)$	49,5	49,2	47,7	44	30
$B_0(\text{mT})$	2,48	2,46	2,39	2,20	1,50

3.3.2 Tracer de la courbe :



3.3.3 calcul de  $B_0$  théorique :

$$B_{0(TH)} = \frac{\mu_0 NI}{L} = 4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 5000 \cdot 3,95 = 2,48 \cdot 10^{-3} T.$$

3.3.4 les longueurs :

$$\frac{B_0}{B_{0(TH)}} = 0,95 \Rightarrow B_0 = 0,95 B_{0(TH)} = 2,36 \text{ mT}$$

$$B_0 \in [2, 36 \text{ mT}; 2, 48 \text{ mT}] \Rightarrow 12 \text{ cm} \leq L \leq 40 \text{ cm.}$$

#### Exercice 4

$$4.1.1 N_0 = 100 \text{ Hz}; \omega_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Leftrightarrow 2\pi N_0 = \frac{1}{\sqrt{LC}} \Rightarrow L = \frac{1}{4\pi^2 N_0^2 C}$$

$$A.N. : L = 0,253 \text{ H.}$$

4.1.2 largeur de la bande passante :

$$\text{Pour } C_1 : \Delta N_1 = 75 \text{ Hz; Pour } C_2 : \Delta N_2 = 100 \text{ Hz.}$$

$$\text{Facteur de qualité } Q = \frac{N_0}{\Delta N} \quad Q_1 = \frac{100}{75} = 1,33; Q_2 = \frac{100}{100} = 1$$

4.1.3 Résonance aiguë :  $C_1$ ; Résonance floue :  $C_2$ .

$$4.1.4 \text{ le rapport } \frac{R_1}{R_2} : I_{01} = \frac{U}{R_1} \text{ et } I_{02} = \frac{U}{R_2} \Rightarrow \frac{I_{01}}{I_{02}} = \frac{R_2}{R_1}; A.N. : \frac{R_1}{R_2} = 0,5.$$

#### 4.2.1 Schéma du montage :

4.2.2 la courbe 2 correspond à  $u_{R1}(t)$  car  $N < N_0$  (l'intensité est en avance sur  $u_B$ )

4.2.3  $\Delta\varphi = \varphi_u - \varphi_i = -2\pi \frac{\Delta t}{T} = -\frac{\pi}{3} \text{ rad}$ ; le dipôle est capacitif.

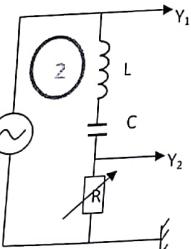
#### 4.2.4 le facteur de puissance :

$$\cos\varphi = 0,5$$

$$4.2.5 \cos\varphi = \frac{R_1}{Z} = \frac{R_1}{\sqrt{R_1^2 + (L\omega - \frac{1}{C\omega})^2}} \Leftrightarrow \cos^2\varphi \left( R_1^2 + \left( L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2 \right) = R_1^2 \Rightarrow$$

$$R_1^2 (1 - \cos^2\varphi) = \cos^2\varphi \left( L\omega - \frac{1}{C\omega} \right)^2 \Rightarrow R_1 = \frac{|\cos\varphi(L\omega - \frac{1}{C\omega})|}{|1 - \cos^2\varphi|};$$

$$A.N. : R_1 = 61,5 \Omega \text{ or } \frac{R_1}{R_2} = 0,5 \Rightarrow R_2 = 123 \Omega;$$



3x1

Figure 4. Schéma

#### Exercice 5

5.1.1 composition :

$^{12}_6C$ : 6 protons et 6 neutrons;  $^{13}_6C$ : 6 protons et 7 neutrons. Ils sont appelés isotopes car ils ont même nombre de protons mais des nombres de neutrons différents.

5.1.2 Equation :  $^{14}_6C \rightarrow ^{14}_7N + ^{-1}_0e$

il s'agit d'une radioactivité  $\beta^-$ .

5.1.3 à  $t = 0$ : a)  $N=N_0$ ; b)  $N=0$ ; c)  $N=N_0$ ; d)  $N=N_0$ .

8x0.25

à  $t \rightarrow +\infty$ : a)  $N \rightarrow 0$ ; b)  $N \rightarrow N_0$ ; c)  $N \rightarrow +\infty$ ; d)  $\rightarrow -\infty$ .

la proposition a) est la bonne car à  $t=0$   $N=N_0$  et à  $t \rightarrow +\infty$ ,  $N \rightarrow 0$ .

5.1.4 L'activité radioactive est le nombre de désintégration par unité de temps.

Montrons que  $A = A_0 e^{-\lambda t}$ :

$A = -\frac{dN}{dt}$  avec  $N=N_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow A = \lambda N_0 e^{-\lambda t}$ ; or à  $t=0$ ,  $A = A_0 = \lambda N_0$ : ce qui donne :  $A = A_0 e^{-\lambda t}$  avec  $A_0$  activité initiale.

5.1.5 d'après le texte  $A_0 = \frac{13,6 \text{ désint}}{1000 \cdot 1 \text{ min}} = 2,27 \cdot 10^{-4} \frac{\text{dés}}{\text{s}} = 2,27 \cdot 10^{-4} \text{ Bq}$ .

5.2.1 La période radioactive d'un échantillon radioactif est le temps au bout duquel la moitié des noyaux radioactifs présents au départ s'est désintégrée.

5.2.2 Relation entre  $T$  et  $\lambda$ :

$$N(t) = N_0 e^{-\lambda t} ; \text{ à } t=T, N = \frac{N_0}{2} \Rightarrow \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T} \Leftrightarrow \frac{1}{2} = e^{-\lambda T} \Rightarrow$$



$$-\ln 2 = -\lambda T \Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{T} ;$$

A.N. :  $\lambda = 1,21 \cdot 10^{-4} \text{ an}^{-1}$ .

5.2.3  $A = A_0 e^{-\lambda t} \Rightarrow -\lambda t = \ln \frac{A}{A_0} \Rightarrow t = \left( \ln \frac{A}{A_0} \right) \cdot \frac{1}{\lambda} ;$  1

A.N. :  $t = 5300 \text{ ans}$

5.2.4 Non ce corail ne peut pas être datée car  $1,2 \cdot 10^5 \text{ ans}$

dépasse la limite 40 millénaires =  $4 \cdot 10^4 \text{ ans}$ . 1

by saydou diallo

