

Pays : Togo

Année : 2016

Session : Sciences Physiques

Série : BAC, Séries C-E

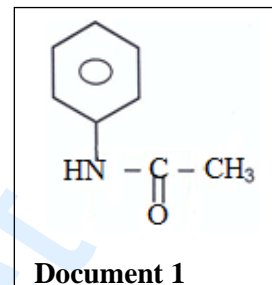
Durée : 4 h

Coefficient : 4

**EXERCICE 1 : SYNTHÈSE ORGANIQUE (04,50 points)**

1. L'acétanilide est un principe actif qui a été utilisé pour lutter contre les douleurs et la fièvre sous le nom de : antifibrine, de formule semi-développée ci-contre (**Document 1**).

- a) Donner le nom systématique de l'acétanilide.  
b) Retrouver les formules semi-développées et nommer l'acide carboxylique et l'amine dont il est formellement issu.



2. On se propose de synthétiser l'acétanilide. On dispose des produits chimiques suivants : l'acide carboxylique dont est issu l'acétanilide, le benzène  $C_6H_6$ , un déshydratant ( $P_4O_{10}$ ), l'acide nitrique  $HNO_3$ , la limaille de fer, l'acide chlorhydrique  $HCl$  et de la soude  $NaOH$ .

2. 1. Dans la pratique, la synthèse de l'acétanilide se fait en chauffant au reflux un mélange de l'amine et du dérivé d'acide carboxylique (au lieu de l'acide carboxylique).

- a) A partir des réactifs initialement disponibles et par une équation chimique, décrire la préparation du dérivé d'acide utilisé. Donner le nom systématique de ce dérivé.  
b) Pourquoi utilise-t-on le dérivé d'acide carboxylique plutôt que l'acide carboxylique ?

**2. 2. Préparation de l'amine**

L'aniline (amine utilisée) peut être obtenue par réduction en milieu acide du nitrobenzène  $C_6H_5-NO_2$  par du fer. Le nitrobenzène résulte de l'action de l'acide nitrique sur le benzène.

*Protocole* : On introduit dans un ballon les masses  $m_1 = 40$  g de limaille de fer et  $m_2 = 20$  g de nitrobenzène, puis quelques grains de pierre ponce.

On ajoute ensuite  $V = 120$  mL de solution d'acide chlorhydrique de concentration  $C = 10$  mol/L et on adapte un réfrigérant à eau.

Le ballon est ensuite chauffé modérément pendant deux heures. On laisse refroidir puis on ajoute 50 mL de solution de soude à 5 mol/L. On extrait l'aniline formée, le volume obtenu est  $V_1 = 12,64$  mL.

- a) Écrire l'équation de synthèse du nitrobenzène. Cette réaction est-elle une addition, une substitution ou une élimination ?  
b) Dans le protocole présenté ci-dessus, il se forme dans un premier temps l'ion anilinium.  
Écrire les demi-équations d'oxydoréduction pour les couples  $C_6H_5-NO_2 / C_6H_5-NH_3^+$  et  $Fe^{2+} / Fe$ .  
En déduire l'équation-bilan de la réaction qui se produit en milieu acide entre le fer et le nitrobenzène.  
c) La soude introduite en fin de réaction a un double but : éliminer les ions hydronium en excès et transformer les ions anilinium en molécule d'aniline.  
Écrire l'équation de la réaction de l'ion hydroxyde avec l'ion hydronium d'une part et avec l'ion anilinium d'autre part.  
d) Calculer le rendement de la réaction de synthèse.

**2. 3. Préparation de l'acétanilide**

On introduit dans un ballon sec, le volume  $V_1 = 12,64$  mL d'aniline pur recueilli, un volume  $V_2 = 12,75$  mL du dérivé d'acide carboxylique et un solvant approprié. Après l'expérience, la masse d'acétanilide pur isolé est  $m = 16,2$  g.

- a) Écrire l'équation-bilan de synthèse de l'acétanilide (On considère que le second produit organique obtenu en même temps que l'acétanilide ne réagit pas avec l'aniline dans les conditions de l'expérience).  
b) Déterminer le rendement de synthèse de l'acétanilide.

**Données** : - masses molaires en g/mol :  $M(Fe) = 56$  ;  $M(H) = 1$  ;  $M(C) = 12$  ;  $M(O) = 16$  ;  $M(N) = 14$

- masses volumiques en g/cm<sup>3</sup> : aniline ( $\rho_1 = 1,03$ ) ; anhydride éthanique ( $\rho_2 = 1,08$ ).

**EXERCICE 2 : CINÉTIQUE CHIMIQUE (04,25 points)**

Le peroxyde d'hydrogène  $\text{H}_2\text{O}_2$  connu sous le nom d'eau oxygénée est un agent de blanchiment et de désinfection dans l'industrie pharmaceutique.

En solution aqueuse, l'eau oxygénée se décompose lentement suivant la réaction totale d'équation :  
 $\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 1/2 \text{O}_2 (\text{g})$ .

Pour étudier la cinétique de cette réaction, on effectue sur une solution de peroxyde d'hydrogène des prélèvements de volume  $V_0 = 10 \text{ mL}$  échelonnés dans le temps et on dose immédiatement l'eau

oxygénée restant à l'aide d'une solution acidifiée de permanganate de potassium ( $\text{K}^+ + \text{MnO}_4^-$ ) de concentration  $C_1 = 2,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . On désigne par  $C$  la concentration molaire volumique en  $\text{H}_2\text{O}_2$  à un instant  $t$  et  $C_0$  sa concentration initiale.

1. La réaction support du dosage est :  $2 \text{MnO}_4^- + 6\text{H}_3\text{O}^+ + 5\text{H}_2\text{O}_2 \rightarrow 5\text{O}_2 + 2\text{Mn}^{2+} + 14\text{H}_2\text{O}$ .

Montrer que la concentration  $C$  en  $\text{H}_2\text{O}_2$  à un instant  $t$  et le volume  $V_1$  de la solution de permanganate de potassium versé à l'équivalence sont liés par :  $C = (5C_1V_1) / (2V_0)$ .

2. Le graphe ci-contre donne les valeurs du volume  $V_1$  de la solution de permanganate de potassium versé à différentes dates pour atteindre l'équivalence (**Document 2**).

a) Définir la vitesse volumique de disparition  $v(t)$  de l'eau oxygénée à l'instant  $t$  puis l'exprimer en fonction de  $V_0$ ,  $V_1$  et  $C_1$ .

b) Déterminer, à l'aide de l'expression établie à la question précédente et du graphe, la vitesse de disparition de l'eau oxygénée aux instants  $t_0 = 0$  et  $t_1 = 25 \text{ min}$ . Justifier le sens de l'évolution de cette vitesse.

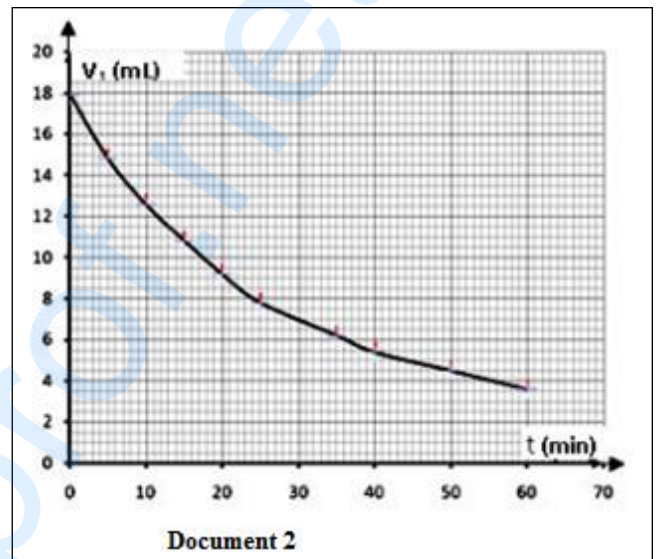
3. On admet que la vitesse  $v(t)$  est de la forme  $v(t) = k.C(t)$ , relation où  $k$  est une constante positive.

a) Montrer que la concentration en peroxyde d'hydrogène varie en fonction du temps selon l'expression :

$$C(t) = C_0 \cdot e^{-kt}$$

b) Déduire de la courbe, la valeur de la constante  $k$ .

c) Déterminer le temps de demi-réaction  $t_{1/2}$  de la décomposition du peroxyde d'hydrogène.



**NB :** Le graphe n'est pas à rendre avec la feuille de copie ; toutefois on expliquera succinctement l'exploitation qui en est faite pour répondre aux questions.

**EXERCICE 3 : MOUVEMENT DE PROJECTILE (04,50 points)**

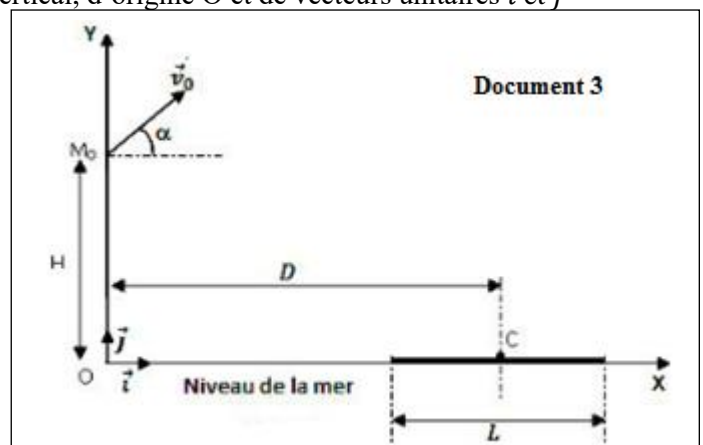
1. Un canon lance un projectile de masse  $m$ , supposé ponctuel, avec une vitesse initiale  $\vec{v}_0$  faisant un angle  $\alpha$  avec l'horizontale à partir d'un point  $M_0$  situé à la hauteur  $H$  au-dessus du niveau de la mer. Le mouvement du projectile est étudié dans le repère  $(OX, OY)$  de plan vertical, d'origine  $O$  et de vecteurs unitaires  $\vec{i}$  et  $\vec{j}$  (**Document 3**). L'axe horizontal  $OX$  est pris sur le niveau de la mer. Dans toute la suite on néglige l'action de l'air.

a) Faire le bilan des forces appliquées au projectile puis déterminer les composantes de l'accélération du mouvement.

b) En déduire les composantes du vecteur vitesse  $\vec{v}$  du projectile et celles du vecteur position  $\vec{OM}$  à chaque instant  $t$  en fonction de  $v_0$ ,  $g$  et  $H$ .

2. Le projectile tombe en un point  $C$  centre d'un bateau tel que  $OC = D$ .

a) Trouver l'expression du temps de vol  $t_1$  mis par le



projectile pour atteindre le point C en fonction de  $D$ ,  $v_0$  et  $\alpha$ .

b) Donner, en fonction de  $\alpha$ ,  $H$  et  $D$ , l'expression de  $v_0$  pour qu'il tombe effectivement au point C.

Faire l'application numérique.

c) Établir l'expression de la hauteur maximale  $h_m$  atteinte par le projectile par rapport au niveau de la mer en fonction de  $D$ ,  $H$  et  $\alpha$ .

3. Le projectile est maintenant lancé à partir du point O origine du repère avec un vecteur-vitesse  $\vec{v}_0$ .

Le bateau a une longueur  $L$  et de même direction que OX. Le projectile tombe à une distance  $d_1 = \frac{L}{2}$

en deçà de la cible C quand le vecteur vitesse  $\vec{v}_0$  fait un angle  $\alpha_1$  avec l'horizontale. Il tombe à une distance  $d_2 = \frac{L}{2}$  au-delà de la cible C quand  $\vec{v}_0$  fait un angle  $\alpha_2$  avec l'horizontale. Le bateau est supposé immobile pendant toute la durée des tirs.

a) Exprimer la distance  $d_1$  puis  $d_2$  en fonction de  $D$ ,  $g$ ,  $v_0$  et l'angle de tir ( $\alpha_1$  ou  $\alpha_2$ ).

b) En déduire la relation  $D = \frac{v_0'^2 (\sin 2\alpha_1 + \sin 2\alpha_2)}{2g}$ .

c) Déterminer en fonction de  $\alpha_1$  et  $\alpha_2$  l'angle  $\theta$  pour que le projectile atteigne la cible puis calculer sa valeur.

On donne :  $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$ ;  $H = 80 \text{ m}$ ;  $D = 1 \text{ km}$  et  $\alpha = 30^\circ$ ;  $\alpha_1 = 30^\circ$ ;  $\alpha_2 = 45^\circ$

### EXERCICE 4 : DÉVIATION MAGNÉTIQUE DES PARTICULES ET RADIOACTIVITÉ (06,75 points)

Lors de la formation d'une roche, les compositions isotopiques du strontium (Sr) et du rubidium (Rb) sont :

Strontium	isotopes	$^{84}_{38}\text{Sr}$	$^{86}_{38}\text{Sr}$	$^{87}_{38}\text{Sr}$	$^{88}_{38}\text{Sr}$
	Composition isotopique	0,56%	9,86%	7,00%	82,58%
Rubidium	isotopes	$^{85}_{37}\text{Rb}$	$^{87}_{37}\text{Rb}$		
	Composition isotopique	72,16%	27,84%		

Le rubidium 87 est émetteur  $\beta^-$ . Les autres isotopes sont stables.

#### 1. Déviation magnétique des particules

La déviation magnétique des particules électriques possède de nombreuses applications théoriques et pratiques (cyclotrons ; téléviseurs ; filtres de vitesse ; ...).

On se propose de vérifier la composition isotopique d'un échantillon de rubidium naturel. Pour cela, des ions rubidium  $^{85}_{37}\text{Rb}^+$  et  $^{87}_{37}\text{Rb}^+$  (avec  $A > 85$ ) de masses respectives  $m_1$ ,  $m_2$  sont émis par une chambre d'ionisation (I) avec une vitesse quasi nulle. Ils sont ensuite accélérés dans une chambre d'accélération (II) par une tension  $U = V_{p1} - V_{p2}$  appliquée entre les plaques  $P_1$  et  $P_2$ . Arrivés au point O, ils pénètrent avec des vecteurs vitesses  $\vec{V}_1 = V_1 \vec{i}$  et  $\vec{V}_2 = V_2 \vec{i}$  dans une région (III) de l'espace où règnent un vide supposé parfait et un champ magnétique uniforme  $\vec{B}$  dirigé selon l'axe Oz mais de sens contraire à  $\vec{k}$  ( $\vec{B} = -B\vec{k}$ ). Ces particules subissent la force de LORENTZ.

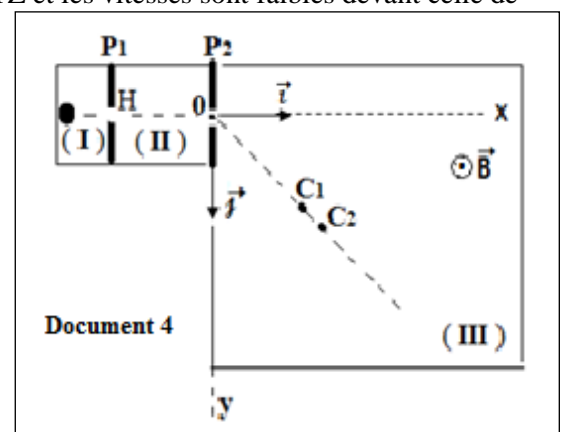
1. 1. Le poids d'un ion est négligeable devant la force de LORENTZ et les vitesses sont faibles devant celle de la lumière.

a) Montrer que le mouvement d'un ion de masse  $m$  est plan, uniforme et circulaire.

b) Établir l'expression de la période  $T$  du mouvement d'un ion en fonction de  $e$ ,  $B$  et  $m$  (masse de l'ion).

1. 2. Dans le repère  $(O, \vec{i}, \vec{j})$  :

a) Préciser les coordonnées du centre noté  $\Omega$  du cercle de rayon  $R$  décrit par l'ion.



Document 4

- b) Établir les équations horaires  $x(t)$ ,  $y(t)$  et  $z(t)$  du mouvement.  
 c) En déduire l'équation cartésienne de la trajectoire.  
 d) Donner l'expression du rayon R en fonction de  $m$ ;  $v$ ;  $e$  et  $B$ .
1. 3. Les jets d'ions sont reçus par deux collecteurs  $C_1$  et  $C_2$  convenablement placés comme l'indique le

**Document 4.** Dans le repère  $(O, \vec{i}, \vec{j}, \vec{k})$ , les abscisses des points  $C_1$  et  $C_2$  sont respectivement  $x_1 = 55,56$  cm et  $x_2 = 56,21$  cm. La durée du trajet (du point O au collecteur) d'un ion vaut  $\frac{T}{4}$ .

- a) Les rayons des trajectoires des ions de masses  $m_1$ ,  $m_2$  étant respectivement  $R_1$  et  $R_2$ , exprimer le rapport  $\frac{R_1}{R_2}$  en fonction du nombre de masse A de l'isotope  ${}_{37}^A\text{Rb}^+$ . Calculer A.  
 b) Dans quel collecteur sont reçus les ions de masse  $m_1$ ? Justifier la réponse.  
 c) En une minute, les quantités d'électricité reçues respectivement par les collecteurs  $C_1$  et  $C_2$  sont :  $q_1 = 6,15 \cdot 10^{-8} \text{C}$  et  $q_2 = 2,38 \cdot 10^{-8} \text{C}$ .  
 Déterminer la composition isotopique du mélange d'ions. Y a-t-il accord avec les données ?

**Données :**  $m_1 = 85u$  ;  $m_2 = A \cdot u$  ;  $1u = 1,67 \cdot 10^{-27} \text{kg}$  ;  $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{C}$  ;  $B = 0,1 \text{T}$ .

## 2. Étude de la radioactivité du rubidium 87

### 2. 1.

- a) Écrire la réaction de désintégration de cet isotope.  
 b) Donner la loi de décroissance radioactive d'une population N de noyaux radioactifs.

2. 2. Lors d'un T.P, un professeur met à la disposition des élèves des résultats de mesures de la population N de radioéléments de rubidium en fonction du temps :

$t$ (années) $10^{10}$	0	2,45	5,50	9,80	14,70	19,90
N	1200	848,5	551,2	300	150	75

- a) Tracer la courbe représentant le nombre de noyaux radioactifs N en fonction du temps. En déduire la période radioactive T (ou demi-vie) du rubidium 87.

**Échelles :** en abscisses : 1 cm pour  $2 \cdot 10^{10}$  ans ;  
 en ordonnées : 1 cm pour 100 noyaux radioactifs.

- b) Lors de l'exploitation de ces mesures, un élève a obtenu une droite d'équation :  
 $\ln N = 7,09 - 1,4146 \cdot 10^{-11}t$  avec t exprimé en années.

Montrer que l'équation de la droite obtenue est bien en accord avec le résultat précédent.

### 2. 3. Détermination de l'âge de la roche

On considère un échantillon de roche. On note respectivement  $N_1 = N(\text{Sr86})$ ,  $N_2 = N(\text{Sr87})$  et  $N_3 = N(\text{Rb87})$  les nombres d'atomes de strontium 86, de strontium 87 et de rubidium 87 présents aujourd'hui dans cet échantillon, puis  $N_{01} = N_0(\text{Sr86})$ ,  $N_{02} = N_0(\text{Sr87})$  et  $N_{03} = N_0(\text{Rb87})$  les nombres d'atomes de strontium 86, de strontium 87 et de rubidium 87 présents dans cet échantillon lors de sa formation.

- a) Quelle relation existe-t-il entre  $N_1$  et  $N_{01}$  ?  
 b) Exprimer  $N_2$  en fonction de  $N_{02}$ , de  $N_{03}$  et du temps t.  
 c) Exprimer  $N_2$  en fonction de  $N_{02}$ , de  $N_3$  et du temps t.  
 d) On mesure à l'aide d'un spectrographe de masse les rapports  $\frac{N_2}{N_1}$  et  $\frac{N_3}{N_1}$  dans l'échantillon.  
 Exprimer  $\frac{N_2}{N_1}$  en fonction de  $\frac{N_{02}}{N_{01}}$ , de  $\frac{N_3}{N_1}$  et du temps t.  
 e) Les valeurs mesurées sont :  $\frac{N_2}{N_1} = 0,728$  et  $\frac{N_3}{N_1} = 0,407$ . Calculer l'âge t de la roche.