

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL BLANC

SUJET

PHYSIQUE-CHIMIE

Terminale Générale

DURÉE DE L'ÉPREUVE : **3 h 30** – COEFFICIENT : **16**

spécialité
L'usage d'une calculatrice EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Ce sujet comporte quatre exercices présentés sur 9 pages numérotées de 1 à 9.

é

EXERCICE I – OBLIGATOIRE La mécanique de Newton (10 POINTS)

Au choix, deux de ces trois exercices :

EXERCICE II – Durée de fonctionnement d'une pile (5 points)

EXERCICE III – Analyse d'un système par des méthodes physiques (5 POINTS)

EXERCICE IV - Analyse d'un système par des méthodes chimiques (5 POINTS)

EXERCICE I – OBLIGATOIRE La mécanique de Newton (10 POINTS)

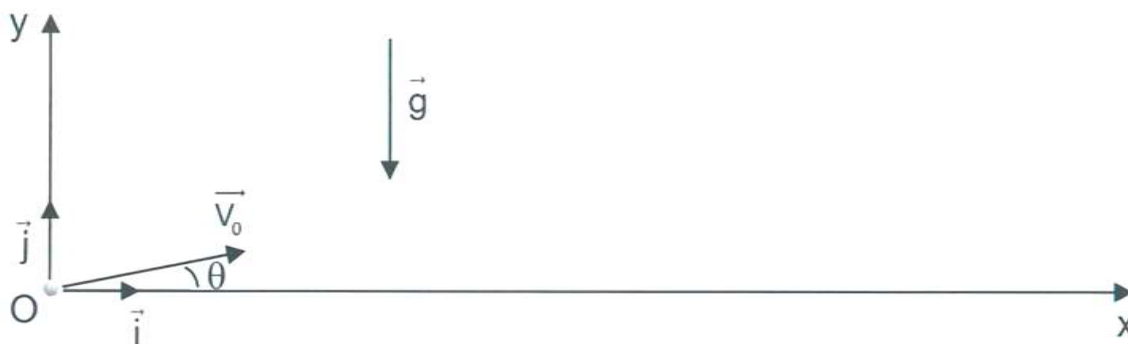
1. Mouvement de la balle de golf modélisée par un point matériel

Le swing d'un joueur de golf professionnel permet d'envoyer la balle à une distance (appelée « portée ») d'environ 250 mètres, distance mesurée horizontalement par rapport à l'impact initial entre le club et la balle de golf. Le but de cet exercice est de confronter cette valeur de 250 mètres avec l'hypothèse d'un mouvement parabolique et de comprendre le décalage observé en considérant les conditions réelles du mouvement de la balle.

Dans les parties 2 et 3, on cherche à retrouver la valeur de cette portée à partir de deux modèles différents.

La balle de golf est modélisée par un point matériel de masse $m = 46$ g évoluant dans un champ de pesanteur terrestre \vec{g} . Dans ce modèle, la résistance de l'air n'est pas à prendre en compte.

Le mouvement de la balle est étudié dans le système d'axes (Oxy). À la date $t = 0$ s, elle est placée à l'origine du repère O.



1.1. À partir d'une loi dont on donnera le nom, montrer que les composantes du vecteur accélération \vec{a} s'écrivent :

$$\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$$

1.2. Déterminer les équations horaires du mouvement.

1.3. Montrer que la portée x_{max} de la balle de golf s'écrit : $x_{max} = 2 \cdot \frac{V_0^2 \cdot \cos(\theta) \sin(\theta)}{g}$.

1.4. En considérant comme conditions expérimentales : $\theta = 11,0^\circ$, $V_0 = 75,0 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$, $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$, déterminer la valeur de x_{max} .

1.5. Comparer cette valeur calculée de la portée avec celle annoncée en introduction (les conditions initiales du mouvement restant identiques), et indiquer en quoi la valeur réelle de la portée dans l'air peut sembler surprenante.

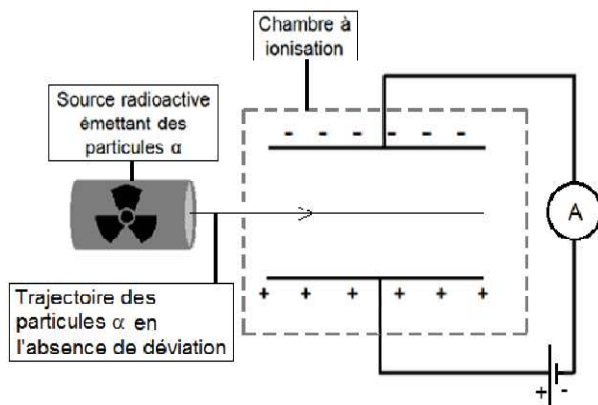
2. Détecteur ionique de fumées

Afin de prévenir des risques d'incendies, l'installation de détecteurs de fumées est obligatoire dans tous les logements depuis janvier 2016. Il existe différents types de détecteurs comme les détecteurs optiques ou les détecteurs ioniques.

Le principe du détecteur ionique de fumées repose sur l'ionisation de l'air par des particules α . En l'absence de fumées, ces particules arrachent des électrons aux molécules de dioxygène et de diazote présentes dans la chambre à ionisation. Pour le dioxygène, l'ionisation nécessite un apport d'énergie de 12 eV par molécule.

Les ions et les électrons formés par l'ionisation de l'air sont soumis à un champ électrique uniforme entre deux plaques. Un courant électrique de faible intensité apparaît alors dans le circuit électrique (figure 2).

Lorsque la fumée pénètre dans la chambre à ionisation, une partie des électrons et des ions issus de l'ionisation se fixe aux poussières de fumées. La baisse de l'intensité du courant électrique qui en résulte déclenche un avertisseur sonore.



D'après « La physique par les objets quotidiens », C. Ray et J-C Poizat, éditions Belin

Figure 2. Illustration du principe d'une chambre à ionisation

Données :

- 1 électronvolt (eV) = $1,6 \times 10^{-19}$ J ;
- charge élémentaire : $e = 1,6 \times 10^{-19}$ C ;
- pour un condensateur plan, le champ électrostatique E est reliée à la tension U et à la distance d qui sépare les plaques par la relation : $E = \frac{U}{d}$

- charge de la particule α : $q_\alpha = + 2 e$;
- masse d'une particule α : $m_\alpha = 6,64 \times 10^{-27}$ kg ;
- intensité du champ de pesanteur terrestre : $g = 9,81$ m.s⁻².

On s'intéresse au mouvement d'une particule α arrivant dans la chambre à ionisation en l'absence de fumée. Cette particule arrive en un point O avec un vecteur vitesse initiale \vec{V}_0 parallèle aux plaques C et D du condensateur plan (voir figure 3).

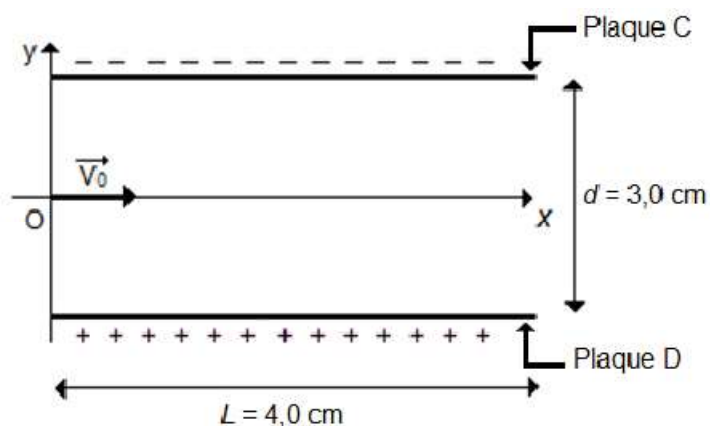


Figure 3. Schéma du condensateur plan de la chambre à ionisation

Une tension constante $U = 9,0$ V est appliquée entre les deux plaques C et D. La valeur de la vitesse initiale v_0 est égale à $1,6 \times 10^7$ m.s⁻¹.

On étudie le mouvement de la particule α dans le référentiel terrestre supposé galiléen. À l'instant $t = 0$, la particule α est au point O.

Lors de cette étude, on négligera les éventuelles collisions avec les molécules de l'air ainsi que la valeur du poids de la particule α devant la valeur de la force électrostatique \vec{F}_e subie par cette particule.

- 2.1. Vérifier quantitativement que l'hypothèse concernant le poids de la particule α est justifiée.
- 2.2. Reproduire sur la copie le schéma de la figure 3 puis y représenter le champ électrostatique \vec{E} et la force électrostatique \vec{F}_e que subit la particule α au point O. Justifier.

2.3. Établir que les équations horaires du mouvement de la particule α sont :

$$\begin{cases} x(t) = v_0.t \\ y(t) = \left(\frac{e.U}{m_\alpha.d}\right).t^2 \end{cases}$$

2.4. Déterminer la valeur de la coordonnée y_L de la particule lorsqu'elle a parcouru une distance suivant l'axe Ox égale à $L = 4,0$ cm. Expliquer pourquoi le mouvement de cette particule peut être considéré comme rectiligne dans la chambre d'ionisation.

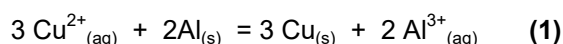
2.5. Montrer que l'énergie cinétique initiale des particules α est suffisante pour ioniser des molécules de dioxygène.

EXERCICE II –Durée de fonctionnement d'une pile cuivre-aluminium (5 points)

Une pile est composée de deux demi-piles reliées par un pont salin (papier filtre imbibé d'une solution de chlorure de potassium). La première demi-pile est constituée d'une lame d'aluminium de masse $m_1 = 1,0$ g qui plonge dans 50 mL de solution de sulfate d'aluminium ($2\text{Al}^{3+}_{(\text{aq})} + 3\text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$) de concentration en ion aluminium $[\text{Al}^{3+}_{(\text{aq})}] = 5,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$. La seconde est constituée d'une lame de cuivre de masse $m_2 = 8,9$ g qui plonge dans 50 mL de solution de sulfate de cuivre ($\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$) de concentration $[\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}] = 5,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol} \cdot \text{L}^{-1}$.

On associe à cette pile un ampèremètre et une résistance en série.

1. Réaliser le schéma annoté de la pile.
2. L'ampèremètre indique que le courant circule de la plaque de cuivre vers la plaque d'aluminium à l'extérieur de la pile. Préciser, en le justifiant, la polarité de la pile. Compléter votre schéma en indiquant cette polarité.
3. L'équation d'oxydoréduction de fonctionnement de la pile est :



Écrire les équations des réactions se produisant à chaque électrode.

4. La constante d'équilibre associée à l'équation (1) est $K = 10^{200}$.
 - 4.1. Déterminer le quotient initial de réaction du système ainsi constitué.
 - 4.2. Le sens d'évolution du système étudié est-il cohérent ?
5. Étude de la pile en fonctionnement.
 - 5.1. Déterminer les quantités de matière initiales en moles des réactifs de l'équation chimique (1). Compléter le tableau descriptif de l'évolution du système (voir annexe à rendre avec la copie). En déduire la valeur de l'avancement maximal.
 - 5.2. Calculer la quantité maximale d'électricité que peut débiter cette pile.

Données : $F = 9,6 \cdot 10^4 \text{ C} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(\text{Al}) = 27,0 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$; $M(\text{Cu}) = 63,5 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$
Couples redox : $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} / \text{Cu}_{(\text{s})}$; $\text{Al}^{3+}_{(\text{aq})} / \text{Al}_{(\text{s})}$

ANNEXE

Tableau descriptif du système : Vous pouvez le découper et le coller sur la copie

Équation		$3 \text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + 2 \text{Al}_{(\text{s})} = 3 \text{Cu}_{(\text{s})} + 2 \text{Al}^{3+}_{(\text{aq})}$			
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	0			$14 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$
En cours de transformation	x				

EXERCICE III – Analyse d'un système par des méthodes physiques (5 POINTS)

1. Chimie et origine de la vie dans l'espace

Des analyses récentes de la composition chimique de météorites indiquent que certains composés nécessaires à la vie peuvent se trouver en dehors de la Terre.

Ces découvertes poussent de plus en plus les chercheurs à explorer le ciel en quête de planètes extrasolaires, motivés par l'espoir de trouver des planètes habitables et d'y détecter des traces de vie.

On se propose d'étudier quelques aspects chimiques de la recherche de la vie en dehors de la Terre.

Données :

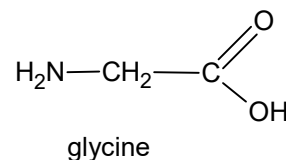
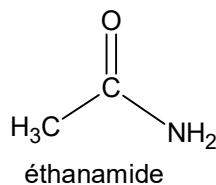
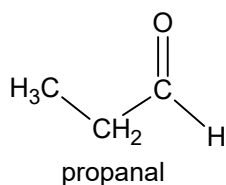
- Table de données pour la spectroscopie IR :

Liaison	Nombre d'onde (cm^{-1})	Intensité
O–H alcool libre	3500–3700	forte, fine
O–H alcool lié	3200–3400	forte, large
O–H acide carboxylique	2500–3200	forte à moyenne, large
N–H amine	3100–3500	moyenne
N–H amide	3100–3500	forte
N–H amine ou amide	1560–1640	forte ou moyenne
C–H	2800–3300	moyenne
C=O amide	1650–1740	forte
C=O aldéhyde et cétone	1650–1730	forte
C=O acide	1680–1710	forte

- Comparaison d'électronégativités entre différents atomes :

$$\chi(\text{O}) > \chi(\text{N}) > \chi(\text{C}) \text{ et } \chi(\text{C}) \approx \chi(\text{H})$$

- Formules semi-développées de quelques molécules organiques :



Des ingrédients considérés comme indispensables pour l'origine de la vie sur Terre ont été découverts dans l'environnement de la comète 67P/Tchourioumov-Guérassimenko, que la sonde Rosetta de l'ESA a exploré pendant presque deux ans.

C'est le cas de la glycine, le plus simple des acides aminés, qui se trouve couramment dans les protéines, et du phosphore, un élément clé de l'ADN et des membranes cellulaires.

Si la nature exacte de cette matière organique cométaire est encore inconnue, des travaux en laboratoire permettent de modéliser les réactions chimiques pouvant se produire au sein des comètes.

Source : <http://www.exobiologie.fr>

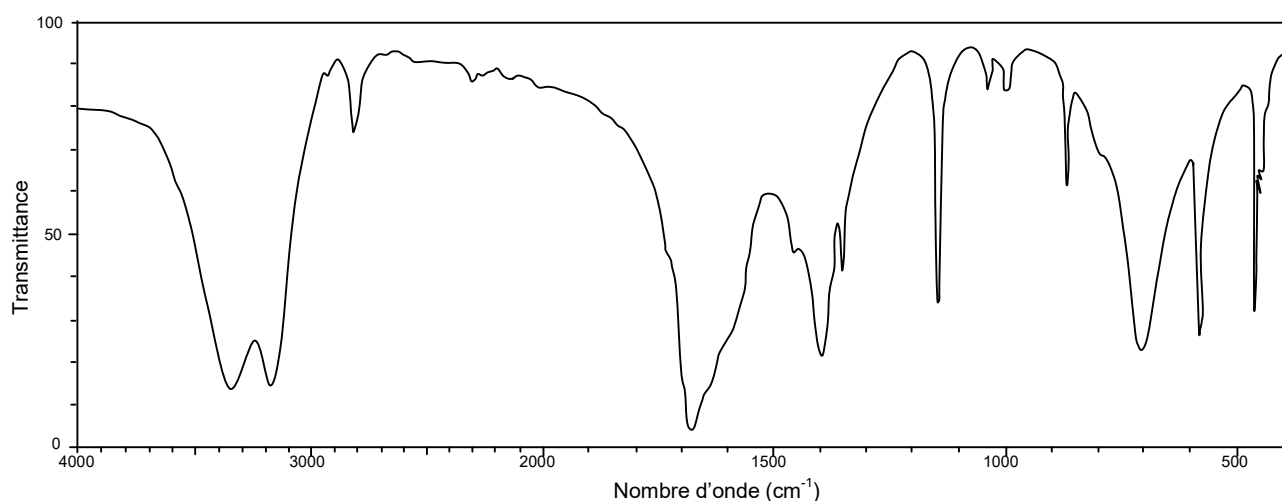
L'atterrisseur de la sonde Rosetta possède un spectromètre infrarouge (VIRTIS) capable de détecter la présence de molécules organiques.

Parmi les molécules détectées sur la comète « Tchouri », plusieurs l'ont été pour la première fois dans une comète. Parmi celles-ci, on trouve le propanal et l'éthanamide.

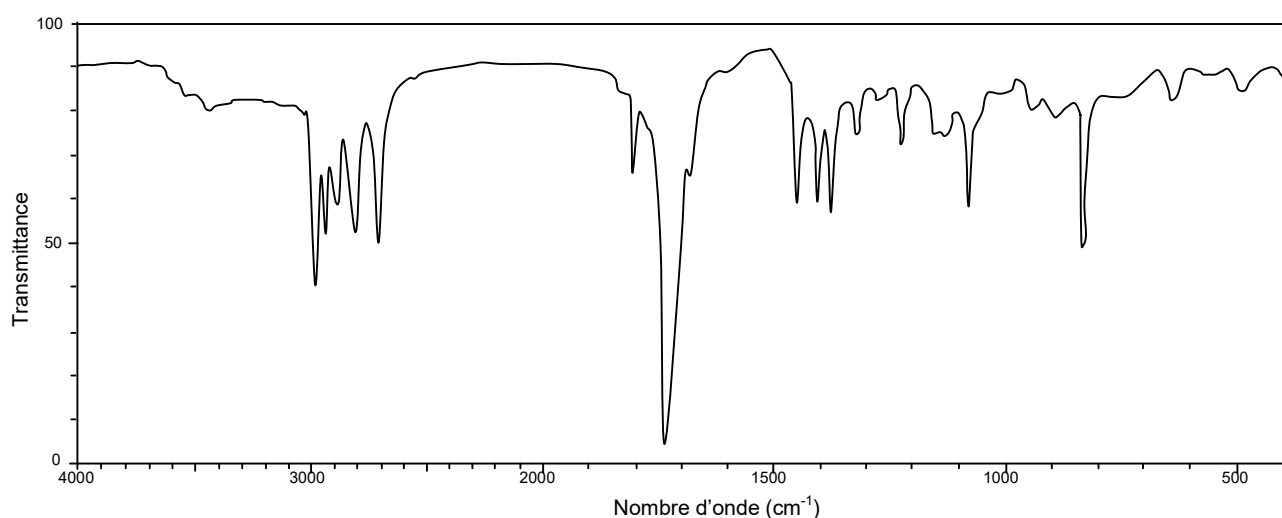
1.1. Présenter les formules topologiques de ces deux dernières molécules et identifier sur celles-ci les groupes caractéristiques. Nommer les fonctions associées.

1.2. Associer, en le justifiant, chacun des spectres IR ci-dessous à une des deux molécules précédentes.

Spectre IR n°1



Spectre IR n°2



Source : National Institute of Advanced Industrial Science and Technology - <http://sdfs.db.aist.go.jp>

2. Chimie et hydroméallurgie

On veut doser des solutions parfois utilisées en hydroméallurgie et contenant des ions cuivre (II) : $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$.

On dispose d'une solution S_1 contenant des ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$.

On réalise le dosage spectrophotométrique de la solution S_1 .

Pour cela, on prépare un ensemble de solutions de sulfate de cuivre ($\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})} + \text{SO}_4^{2-}_{(\text{aq})}$) à partir d'une solution mère S_m de concentration $c_m = 0,50 \text{ mol.L}^{-1}$. La teinte bleue de ces solutions est due à la présence des ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$.

Solution	S_m	S_{d1}	S_{d2}	S_{d3}	S_{d4}	S_{d5}
$[\text{Cu}^{2+}]$ (mol.L^{-1})	0,500	0,250	0,200	0,100	0,050	0,010

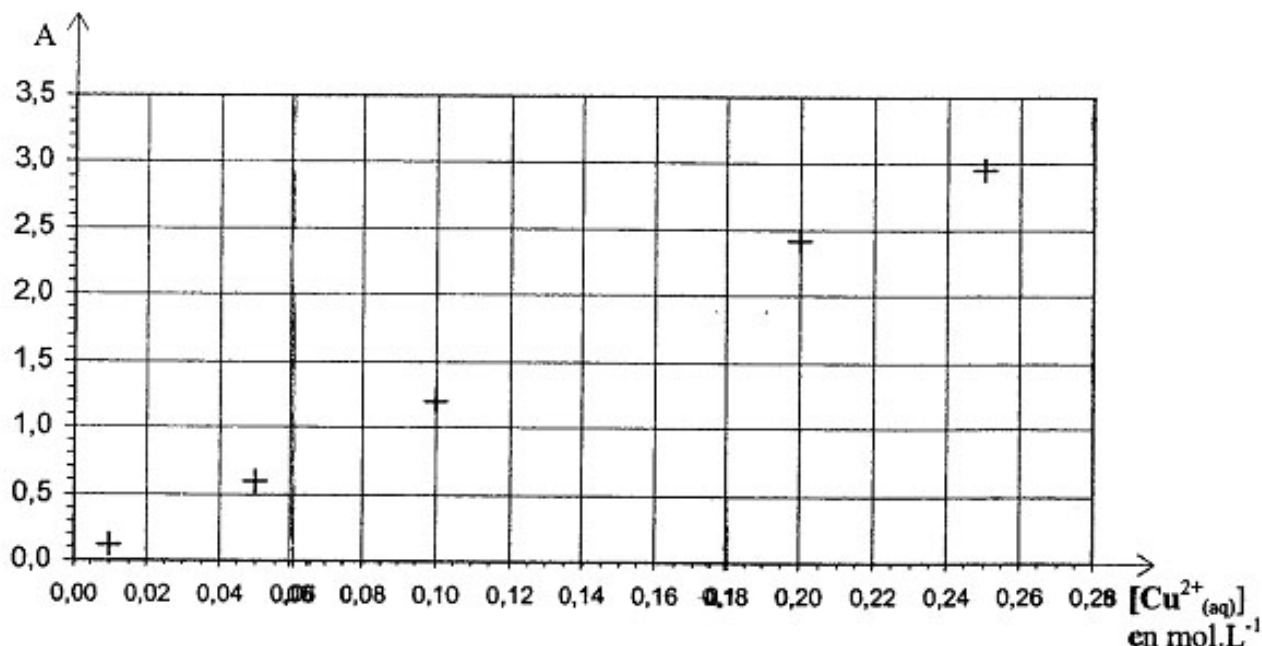
2.1. Préparation d'une solution diluée : décrire la préparation de 50,0mL de la solution S_{d2} à partir de la solution mère S_m sachant que l'on dispose de la verrerie suivante :

- fioles jaugées de 25,0mL, 50,0mL, 100,0mL ;
- pipettes jaugées de 10,0mL, 20,0mL, 25,0mL ;
- béchers de 50 mL et de 100 mL ;
- éprouvettes graduées de 20 mL et 50 mL.

2.2. Mesure de l'absorbance de chacune des solutions avec un spectrophotomètre.

2.2.1. L'opérateur introduit de l'eau distillée dans une cuve qu'il place dans le spectrophotomètre, il règle alors l'absorbance sur la valeur "zéro". Justifier cette opération.

2.2.2. On mesure l'absorbance des solutions préparées. Les points expérimentaux sont présentés sur le graphique suivant :



2.3. Détermination de la concentration de la solution S_1 .

On prélève 25,0 mL de cette solution que l'on introduit dans une fiole jaugée de 50 mL dont on complète le niveau avec de l'eau distillée. Après homogénéisation l'absorbance de cette solution S_2 est mesurée : on trouve $A = 1,5$.

Déterminer graphiquement la concentration en ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ de la solution S_2 . En déduire celle de la solution S_1 .

2.4. La méthode employée constitue-t-elle un dosage par titrage ou un dosage par étalonnage ? Justifier.

3. VALIDITÉ DES DOSAGES

3.1. Préparation de la solution S_1 .

En réalité, la solution S_1 a été préparée par dissolution de sulfate de cuivre pentahydraté solide ($\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$) de masse molaire $M = 249,6 \text{ g.mol}^{-1}$.

Une masse $m = 15,6 \text{ g}$ de ce produit est utilisée pour préparer un volume $V = 250 \text{ mL}$ de solution, déterminer la concentration en ions $\text{Cu}^{2+}_{(\text{aq})}$ de cette solution.

3.2. Conclure sur la validité des dosages effectués précédemment. Justifier votre réponse.

EXERCICE IV - Analyse d'un système par des méthodes chimiques (5 POINTS)

Titration d'un comprimé d'ibuprofène

Afin de réaliser le titrage de l'ibuprofène contenu dans un comprimé d'« ibuprofène 400 mg » :

- on réduit en poudre le comprimé dans un mortier à l'aide d'un pilon ;
- on sépare la molécule active des excipients par dissolution dans l'éthanol que l'on évapore ensuite (les excipients sont insolubles dans l'éthanol) ;
- on introduit la poudre obtenue dans un becher et on ajoute environ 40 mL d'eau distillée ;
- le titrage est effectué à l'aide d'une burette graduée contenant une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}^+_{(aq)} + \text{HO}^-_{(aq)}$) de concentration molaire apportée $c_b = 0,20 \text{ mol.L}^{-1}$. Le titrage est suivi par pH-métrie (les courbes obtenues sont tracées dans le document 3 ci-après).

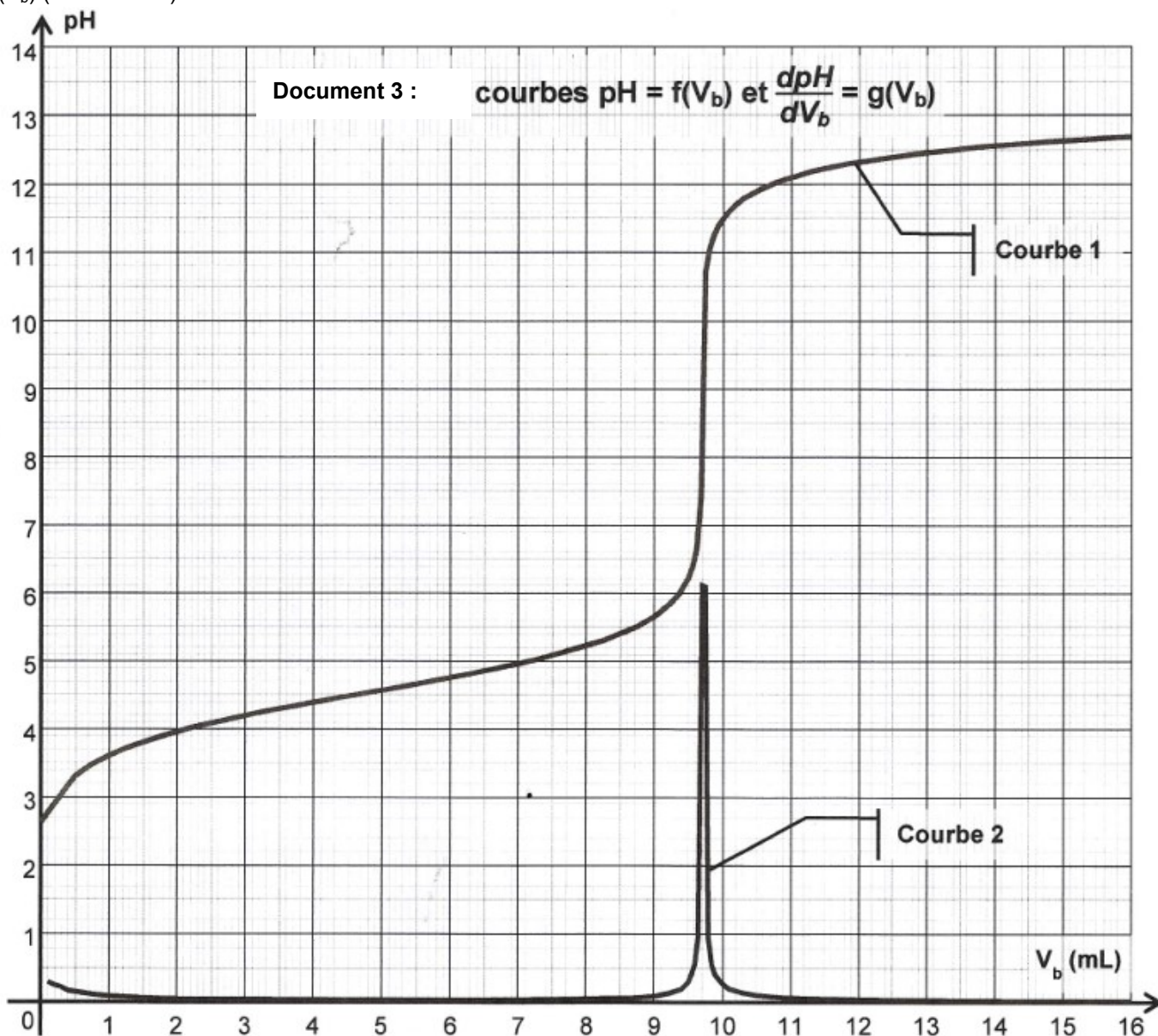
1. Réaliser un schéma du montage permettant d'effectuer le titrage.

2. Définir l'équivalence d'un titrage.

3. On rentre dans un tableur-grapheur les différentes valeurs du pH mesurées en fonction du volume V_b de solution d'hydroxyde de sodium ajoutée. On utilise les fonctionnalités du tableur-grapheur pour dériver le pH par rapport à V_b ,

la grandeur obtenue est notée $\frac{dpH}{dV_b}$. Les courbes tracées suite au titrage pH-métrique sont $pH = f(V_b)$ et $\frac{dpH}{dV_b} =$

$g(V_b)$ (document 3).



$$\frac{dpH}{dV_b} =$$

3.1. Parmi les courbes 1 et 2, quelle est celle qui représente $pH = f(V_b)$ et celle qui représente

$g(V_b)$? Justifier.

3.2. Déterminer la valeur du volume équivalent V_E par une méthode de votre choix.

On note, à présent, l'ibuprofène $R-COOH$.

4. À quel couple acide/base appartient l'ion hydroxyde HO^- ?

5. Écrire l'équation de la réaction support de titrage.

6. Quelles caractéristiques doit posséder une réaction chimique pour être utilisée lors d'un titrage ?

7. À l'aide des questions 3.3.2. et 3.5, déterminer la quantité de matière d'ions hydroxyde $n_E(HO^-)$ versée à l'équivalence et en déduire la quantité de matière $n_i(ibu)$ d'ibuprofène titré.

8. Déduire des résultats précédents la masse m d'ibuprofène titré et comparer cette dernière à la valeur attendue.

9. On souhaite évaluer l'incertitude $U(m)$ sur la masse m liée aux différentes sources d'erreurs avec un niveau de confiance de 95%. Dans ces conditions :

- l'incertitude sur la mesure du volume versé par cette burette est $U_{vol} = 0,16 \text{ mL}$;
- l'incertitude sur la concentration en hydroxyde de sodium est $U_{Cb} = 0,010 \text{ mol.L}^{-1}$.

L'incertitude $U(m)$ sur la masse est alors telle que :
$$\frac{U(m)}{m} = \sqrt{\left(\frac{U_{vol}}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{U_{Cb}}{C_b}\right)^2}$$
.

Présenter le résultat de la valeur de la masse m sous la forme $m = m \pm U(m)$.

10. Parmi les indicateurs colorés acido-basiques proposés dans le tableau ci-après, quel est celui qui est le mieux adapté au titrage précédent ? Justifier.

Indicateur coloré	Couleur acide	Zone de virage	Couleur basique
Vert de bromocrésol	jaune	3,8 – 5,4	bleu
Phénolphtaléine	incolore	8,2 – 10	rose
Jaune d'alizarine	jaune	10,1 – 12,0	rouge-orangé

Données :

Masse molaire de l'ibuprofène : $M(C_{13}H_{18}O_2) = 206 \text{ g.mol}^{-1}$.

Produit ionique de l'eau : $K_e = 1,0 \times 10^{-14}$ à 25°C .

CORRECTION EPREUVE DE SPECIALITE

EXERCICE I – OBLIGATOIRE La mécanique de Newton (10 POINTS)

1. Mouvement de la balle de golf modélisée par un point matériel

1.1. On applique la seconde loi de Newton, au système {balle} de masse m constante, dans le référentiel du sol supposé galiléen.

$$\Sigma \vec{F}_{ext} = m \cdot \vec{a}$$

Seule la force poids \vec{P} est prise en considération.

$$\vec{P} = m \cdot \vec{a}$$

$$m \cdot \vec{g} = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{g} = \vec{a}$$

En utilisant le repère indiqué, on vérifie que $\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = -g \end{cases}$.

1.2. Par définition $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$, on obtient les coordonnées de \vec{v} en primitivant celle de \vec{a} :

$$\vec{v} \begin{cases} v_x = C_1 \\ v_y = -g \cdot t + C_2 \end{cases} \text{ or } V_0 \begin{cases} V_{0x} = V_0 \cdot \cos(\theta) = C_1 \\ V_{0y} = V_0 \cdot \sin(\theta) = C_2 \end{cases} \quad \text{donc } \vec{v} \begin{cases} v_x = V_0 \cdot \cos(\theta) \\ v_y = -g \cdot t + V_0 \cdot \sin(\theta) \end{cases}$$

On nomme M le point modélisant la balle de golf.

Par définition $\vec{v} = \frac{d\vec{OM}}{dt}$, on obtient les coordonnées de \vec{OM} en primitivant celle de \vec{v} :

$$\vec{OM} \begin{cases} x = V_0 \cdot \cos(\theta) \cdot t + C_3 \\ y = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + V_0 \cdot \sin(\theta) \cdot t + C_4 \end{cases} \text{ or } \vec{OM}(t=0) \begin{cases} x(0) = 0 = C_3 \\ y(0) = 0 = C_4 \end{cases}$$

$$\text{donc } \vec{OM} \begin{cases} x = V_0 \cdot \cos(\theta) \cdot t \\ y = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + V_0 \cdot \sin(\theta) \cdot t \end{cases}$$

1.3. Déterminons l'expression de la trajectoire du point M.

$$x = V_0 \cdot \cos(\theta) \cdot t$$

$$\text{donc } t = \frac{x}{V_0 \cdot \cos(\theta)}$$

On reporte cette expression du temps dans l'expression de l'ordonnée $y = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2 + V_0 \cdot \sin(\theta) \cdot t$

$$y(x) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot \left(\frac{x}{V_0 \cdot \cos(\theta)} \right)^2 + V_0 \cdot \sin(\theta) \cdot \frac{x}{V_0 \cdot \cos(\theta)}$$

$$y(x) = -\frac{1}{2} \cdot g \cdot \frac{x^2}{V_0^2 \cdot \cos^2(\theta)} + \frac{\sin(\theta)}{\cos(\theta)} \cdot x$$

$$y(x) = x \cdot \left(-\frac{1}{2} \cdot g \cdot \frac{x}{V_0^2 \cdot \cos^2(\theta)} + \frac{\sin(\theta)}{\cos(\theta)} \right)$$

Lorsque l'abscisse de la balle atteint la portée x_{max} alors $y = 0$.

Cela est vérifié si $x = 0$ solution non retenue et si $\left(-\frac{1}{2} \cdot g \cdot \frac{x}{V_0^2 \cdot \cos^2(\theta)} + \frac{\sin(\theta)}{\cos(\theta)}\right) = 0$

$$\frac{1}{2} \cdot g \cdot \frac{x}{V_0^2 \cdot \cos^2(\theta)} = \frac{\sin(\theta)}{\cos(\theta)}$$

On multiplie par $2 \cdot V_0^2 \cdot \cos^2(\theta)$.

$$g \cdot x = 2 \cdot \frac{\sin(\theta)}{\cos(\theta)} \cdot V_0^2 \cdot \cos^2(\theta)$$

$$x = 2 \cdot \frac{\sin(\theta)}{g} \cdot V_0^2 \cdot \cos(\theta) = x_{\max} = 2 \cdot \frac{V_0^2 \cdot \cos(\theta) \sin(\theta)}{g}$$

La formule de la portée est vérifiée.

$$1.4. x_{\max} = 2 \times \frac{75,0^2 \times \cos(11,0) \times \sin(11,0)}{9,81} = 2,15 \times 10^2 \text{ m}$$

```
2*75^2*cos(11)*sin(11)/9.81
2.147973586e2
```

1.5. L'introduction annonce une portée de 250 mètres, cette valeur est supérieure à celle calculée à la question précédente.

Cela semble surprenant car il serait plus habituel de trouver une valeur théorique de la portée supérieure à celle annoncée. La différence s'expliquant par le fait que nous avons négligé les frottements au cours de cette étude. La partie 3 va apporter une explication logique.

2. Détecteur ionique de fumées

2.1. Poids de la particule α : $P = m_\alpha \cdot g$

$$P = 6,64 \times 10^{-27} \times 9,81 = 6,51 \times 10^{-26} \text{ N}$$

$$\text{Force électrostatique : } F_e = q_\alpha \cdot E = 2e \cdot \frac{U}{d}$$

$$F_e = 2 \times 1,6 \times 10^{-19} \times \frac{9,0}{3,0 \times 10^{-2}} = 9,6 \times 10^{-17} \text{ N}$$

On vérifie que la force électrique est très largement supérieure à la force poids.

2.2. Dans un condensateur plan, le champ électrique

\vec{E} a une direction perpendiculaire aux plaques, et un sens orienté vers la plaque chargée négativement.

Pour la force électrostatique, comme $\vec{F}_e = 2 \cdot e \cdot \vec{E}$, elle possède les mêmes sens et direction que \vec{E} .

Remarque : \vec{E} et \vec{F}_e sont représentés sans soucis d'échelle, et chaque vecteur possède sa propre échelle.

2.3. On applique la **deuxième loi de Newton** au système {particule α }, dans le référentiel terrestre supposé galiléen.

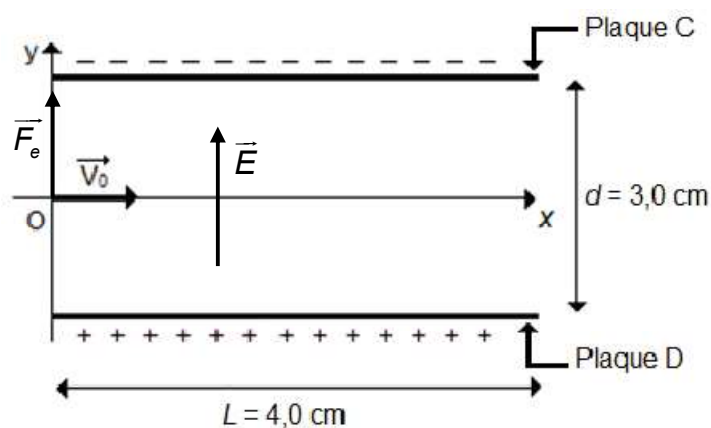
$$\vec{F}_e = \frac{d\vec{p}}{dt} = \frac{dm_\alpha \cdot \vec{v}}{dt} = \frac{dm_\alpha}{dt} \cdot \vec{v} + m_\alpha \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} \text{ comme } m_\alpha = \text{Cte alors } \frac{dm_\alpha}{dt} = 0$$

$$\text{et il vient } \vec{F}_e = m_\alpha \cdot \frac{d\vec{v}}{dt} = m_\alpha \cdot \vec{a}$$

$$2 \cdot e \cdot \vec{E} = m_\alpha \cdot \vec{a}$$

$$\vec{a} = \frac{2 \cdot e \cdot \vec{E}}{m_\alpha}$$

Le vecteur accélération a même sens et même direction que le vecteur champ \vec{E} .



Par projection suivant les axes du repère, on obtient $\vec{a} \begin{cases} a_x = 0 \\ a_y = \frac{2.e.E}{m_\alpha} = \frac{2.e.U}{m_\alpha.d} \end{cases}$

Comme $\vec{a} = \frac{d\vec{v}}{dt}$, en primitivant on obtient $\vec{v} \begin{cases} v_x = 0 + C_1 \\ v_y = \frac{2.e.U}{m_\alpha.d}.t + C_2 \end{cases}$ où C_1 et C_2 sont des constantes d'intégration qui

dépendent des conditions initiales.

À $t = 0$, $\vec{v}_0 \begin{cases} v_{0x} = v_0 \\ v_{0y} = 0 \end{cases}$, on en déduit que $C_1 = v_0$ et $C_2 = 0$.

Donc $\vec{v} \begin{cases} v_x = v_0 \\ v_y = \frac{2.e.U}{m_\alpha.d}.t \end{cases}$

Soit G le centre d'inertie de l'électron, $\vec{v} = \frac{d\overline{OG}}{dt}$ donc $\overline{OG} \begin{cases} x = v_0.t + C_3 \\ y = \frac{2.e.U}{2.m_\alpha.d}.t^2 + C_4 \end{cases}$,

ainsi $\overline{OG} \begin{cases} x = v_0.t + C_3 \\ y = \frac{e.U}{m_\alpha.d}.t^2 + C_4 \end{cases}$.

À $t = 0$, le point G est confondu avec l'origine du repère $\overline{OG} \begin{cases} x = 0 \\ y = 0 \end{cases}$, on en déduit que $C_3 = C_4 = 0$.

Ainsi $\overline{OG} \begin{cases} x = v_0.t & (1) \\ y = \frac{e.U}{m_\alpha.d}.t^2 & (2) \end{cases}$

2.4. D'après l'équation horaire (1), $t = \frac{x}{v_0}$. Avec $x = L$, on a $t = \frac{L}{v_0}$.

On remplace t par cette expression dans l'équation horaire (2) : $y_L = \frac{e.U}{m_\alpha.d} \cdot \left(\frac{L}{v_0}\right)^2$.

$$y_L = \frac{1,6 \times 10^{-19} \times 9,00}{6,64 \times 10^{-27} \times 3,0 \times 10^{-2}} \cdot \left(\frac{4,0 \times 10^{-2}}{1,6 \times 10^7}\right)^2 = 4,5 \times 10^{-8} \text{ m}$$

La valeur de y_L est très proche de zéro, ainsi la particule n'a quasiment pas été déviée. On peut considérer que sa trajectoire est une droite et donc que le mouvement est rectiligne.

2.5. $E_C = \frac{1}{2} \cdot m_\alpha \cdot v_0^2$

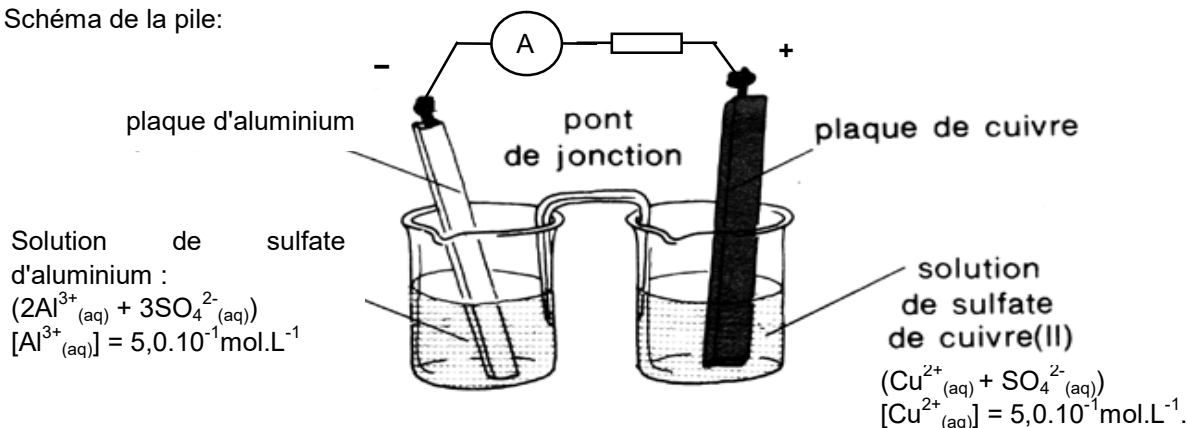
$$E_C = \frac{1}{2} \times 6,64 \times 10^{-27} \times (1,6 \times 10^7)^2 = 8,5 \times 10^{-13} \text{ J, on convertit en électron-volt en divisant par } 1,6 \times 10^{-19}, \text{ ainsi } E_C =$$

$$5,3 \times 10^6 \text{ eV} = 5,3 \text{ MeV} \gg 12 \text{ eV.}$$

Cette énergie cinétique est largement supérieure à l'énergie nécessaire pour ioniser les molécules de dioxygène.

EXERCICE II –Durée de fonctionnement d'une pile cuivre-aluminium

1. Schéma de la pile:



2. Le courant circule de la plaque de cuivre vers la plaque d'aluminium, donc les électrons circulent de la plaque d'aluminium vers la plaque de cuivre.

La plaque d'aluminium (borne -) libère des électrons qui sont consommés à la plaque de cuivre (borne+).

3. A la cathode (+), il se produit une réduction, donc consommation d'électrons: $Cu^{2+}_{(aq)} + 2 e^- = Cu_{(s)}$
 A l'anode (-), il se produit une oxydation donc libération d'électrons: $Al_{(s)} = Al^{3+}_{(aq)} + 3 e^-$

$$4.1. Q_{r,i} = \frac{[Al^{3+}_{(aq)}]_i^2}{[Cu^{2+}_{(aq)}]_i^3} = \frac{(5,0 \cdot 10^{-1})^2}{(5,0 \cdot 10^{-1})^3} = 2,0$$

4.2. $Q_{r,i} \ll K$, la réaction en sens direct prédomine largement par rapport à la réaction en sens inverse, la transformation évolue dans le sens de la formation de cuivre solide et d'ions aluminium. Ce qui est cohérent avec le sens du courant obtenu expérimentalement.

$$5. n_{Cu^{2+}_{ini}} = [Cu^{2+}_{(aq)}]_{ini} \times V = 5,0 \cdot 10^{-1} \times 50 \cdot 10^{-3} = 2,5 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

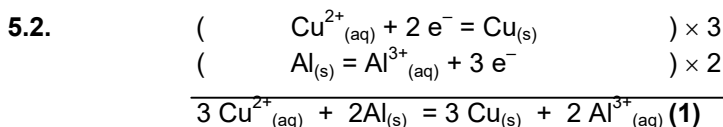
$$n_{Al_{ini}} = \frac{m_1}{M_{Al}} = \frac{1,0}{27,0} = 3,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$$

Équation		$3 Cu^{2+}_{(aq)} + 2 Al_{(s)} = 3 Cu_{(s)} + 2 Al^{3+}_{(aq)}$			
État du système	Avancement (mol)	Quantités de matière (mol)			
État initial	0	$2,5 \cdot 10^{-2}$	$3,7 \cdot 10^{-2}$	$14 \cdot 10^{-2}$	$2,5 \cdot 10^{-2}$
En cours de transformation	x	$2,5 \cdot 10^{-2} - 3x$	$3,7 \cdot 10^{-2} - 2x$	$14 \cdot 10^{-2} + 3x$	$2,5 \cdot 10^{-2} + 2x$

Si Cu^{2+} est le réactif limitant alors $2,5 \cdot 10^{-2} - 3x_{max} = 0$ soit $x_{max} = 8,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$

Si Al est le réactif limitant alors $3,7 \cdot 10^{-2} - 2x_{max} = 0$ soit $x_{max} = 1,9 \cdot 10^{-2} \text{ mol}$

Le réactif limitant est celui qui conduit à l'avancement maximal le plus faible, c'est Cu^{2+} et $x_{max} = 8,3 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$.



Au niveau microscopique:

A chaque fois que la réaction a lieu une fois, 6 électrons sont transférés au circuit extérieur.

Au niveau macroscopique: la réaction a lieu x_{max} mol fois.

Ainsi sont $6x_{max}$ mol d'électrons transférés au circuit extérieur. Chaque mol d'électrons porte une charge de F coulombs.

$$Q_{max} = 6x_{max} \cdot F \cdot Q_{max} = 6 \times 8,3 \cdot 10^{-3} \times 9,6 \cdot 10^4 \quad Q_{max} = 4,8 \cdot 10^3 \text{ C} \quad Q_{max} = 1,3 \text{ A.h}$$

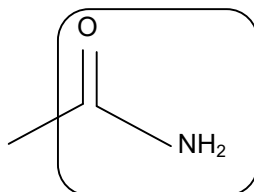
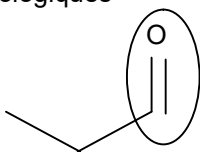
EXERCICE III – Analyse d'un système par des méthodes physiques (5 POINTS)

1. Chimie et origine de la vie dans l'espace

1.1. Formules topologiques

propanal

fonction aldéhyde



éthanamide

fonction amide

1.2. Seul le spectre IR n°1 présente une bande de forte intensité pour un nombre d'onde compris entre 3100 et 3500 cm^{-1} . Or cette bande caractérise la fonction amide.

Le spectre IR n°1 est celui de l'éthanamide.

Le spectre IR n°2 est celui du propanal.

La bande relative aux vibrations de la liaison C=O est présente dans les deux spectres mais les nombres d'onde pour la fonction amide et la fonction aldéhyde sont si proches qu'il n'est pas possible de distinguer les deux molécules avec certitude sur ce critère.

2. Chimie et hydrométallurgie

2.1. (0,75) Solution mère : S_m

$$c_m = [\text{Cu}^{2+}]_m = 0,50 \text{ mol.L}^{-1}$$

V_m à prélever

Au cours de la dilution, la quantité de matière d'ions cuivre se conserve donc $c_m \cdot V_m = [\text{Cu}^{2+}]_{d2} \cdot V_{d2}$

$$\text{soit } V_m = \frac{[\text{Cu}^{2+}]_{d2} \cdot V_{d2}}{c_m}$$

$$V_m = \frac{0,200 \times 50,0}{0,50} = 20 \text{ mL à prélever}$$

Solution fille : S_{d2}

$$[\text{Cu}^{2+}]_{d2} = 0,200 \text{ mol.L}^{-1}$$

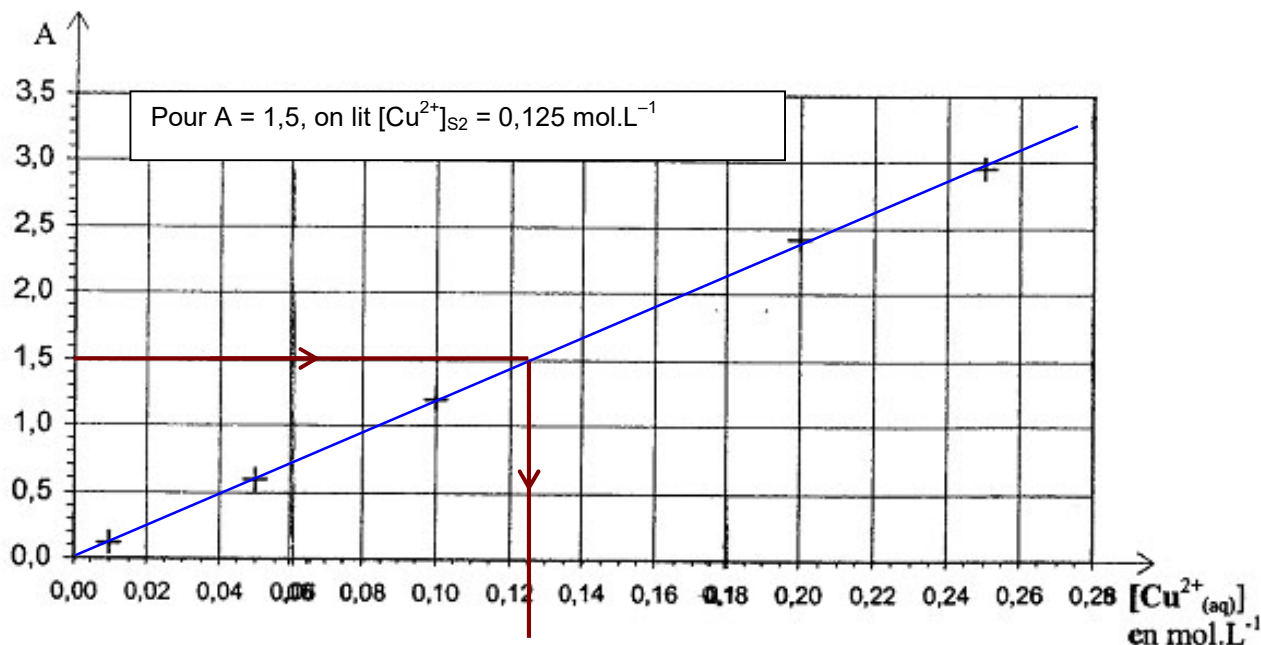
$V_{d2} = 50,0 \text{ mL à préparer}$

A l'aide d'une pipette jaugée propre, rincée avec la solution mère, on prélève V_m . On verse ce volume dans une fiole jaugée de 50 mL. On complète en plusieurs fois jusqu'au trait de jauge en prenant soin d'agiter à chaque fois.

2.2.1. (0,25) Le spectrophotomètre ne doit pas tenir compte de l'absorbance du solvant (l'eau).

2.2.2. (0,25) La courbe obtenue est une droite passant par l'origine ce qui est en accord avec la loi de Beer-Lambert $A = k \cdot [\text{Cu}^{2+}_{(aq)}]$.

2.3. (0,5)



La solution

Solution 1

$$[\text{Cu}^{2+}]_{S1} = \dots$$

$$V_{S1} = 25,0 \text{ mL}$$

$$V_{S2} = 50,0 \text{ mL}$$

Au cours de cette dilution la quantité de matière d'ions cuivre s'est conservée,

$$\text{soit } [\text{Cu}^{2+}]_{S1} \cdot V_{S1} = [\text{Cu}^{2+}]_{S2} \cdot V_{S2}$$

$$\text{donc } [\text{Cu}^{2+}]_{S1} = \frac{[\text{Cu}^{2+}]_{S2} \cdot V_{S2}}{V_{S1}}$$

$$[\text{Cu}^{2+}]_{\text{S1}} = \frac{0,125 \times 50,0}{25,0} = 0,25 \text{ mol.L}^{-1}$$

2.4.(0,25) La méthode employée est un dosage par étalonnage, on a mesuré l'absorbance de solutions de concentrations connues afin de réaliser une droite d'étalonnage.

Lors d'un dosage par titrage, l'espèce titrée est consommée. Ici les ions cuivre II n'ont pas réagi.

3.VALIDITÉ DES DOSAGES

3.1.(0,25) La dissolution d'une mole de solide conduit à l'apparition d'une mole d'ions cuivre en solution.

$$n_{\text{soluté}} = n_{\text{Cu}^{2+}}$$

$$\frac{m}{M} = n_{\text{Cu}^{2+}}$$

$$[\text{Cu}^{2+}] = \frac{n_{\text{Cu}^{2+}}}{V}$$

$$[\text{Cu}^{2+}] = \frac{m}{M.V}$$

$$[\text{Cu}^{2+}] = \frac{15,6}{249,6 \times 0,250} = 0,250 \text{ mol.L}^{-1}$$

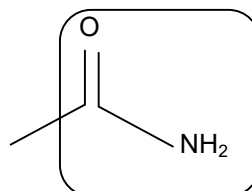
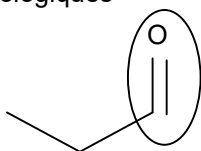
3.2.(0,25) Les deux méthodes donnent des résultats en accord avec la préparation de la solution.

1. Chimie et origine de la vie dans l'espace

1.1. Formules topologiques

propanal

fonction aldéhyde



éthanamide

fonction amide

1.2. Seul le spectre IR n°1 présente une bande de forte intensité pour un nombre d'onde compris entre 3100 et 3500 cm^{-1} . Or cette bande caractérise la fonction amide.

Le spectre IR n°1 est celui de l'éthanamide.

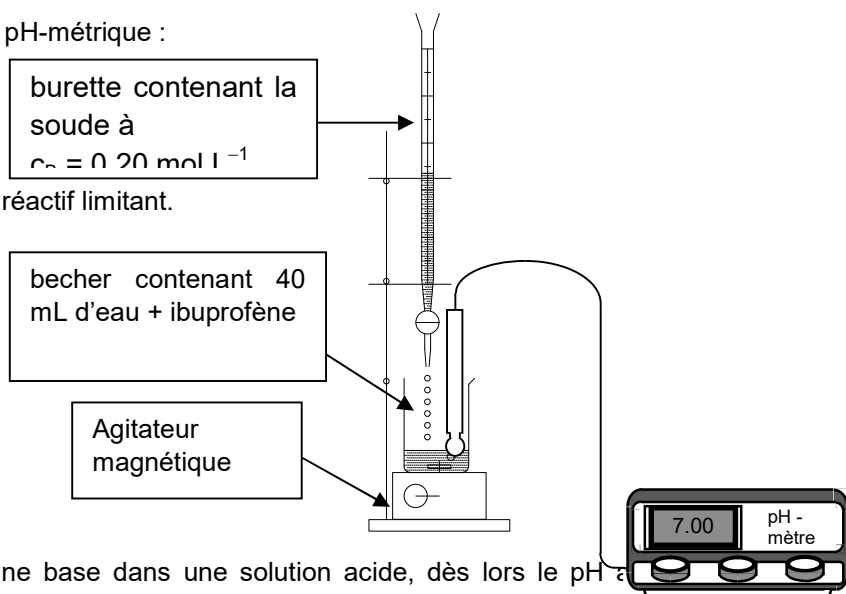
Le spectre IR n°2 est celui du propanal.

La bande relative aux vibrations de la liaison C=O est présente dans les deux spectres mais les nombres d'onde pour la fonction amide et la fonction aldéhyde sont si proches qu'il n'est pas possible de distinguer les deux molécules avec certitude sur ce critère.

EXERCICE IV - Analyse d'un système par des méthodes chimiques (5 POINTS)

1.(1 pt)Schéma du montage d'un titrage pH-métrique :

2. À l'équivalence, il y a changement de réactif limitant.
(0,5 pt)



3.1.(0,5 pt) Lors du titrage, on ajoute une base dans une solution acide, dès lors le pH a une dépendance qui se représente $\text{pH} = f(V_b)$.

Lorsque le pH augmente fortement alors $\frac{d\text{pH}}{dV_b}$ est maximale, ce qui est visible sur la courbe 2 sous forme d'un pic.

3.2.(0,5) La méthode des tangentes (<http://labolycee.org/anim/methode-tangente.swf>) permet de trouver un volume équivalent $V_E = 9,7 \text{ mL}$.

La dérivée passe par un extrémum (ici un maximum) à l'équivalence, la courbe 2 permet de confirmer le résultat.

4.(0,5) L'anion hydroxyde appartient au couple acide/base : $\text{H}_2\text{O} / \text{HO}^-$.

5.(0,5) L'équation de la réaction support du titrage est : $\text{R-COOH} + \text{HO}^- \rightarrow \text{R-COO}^- + \text{H}_2\text{O}$.

6.(0,5) Pour être utilisée lors d'un titrage, une réaction chimique doit être rapide et totale.

7. (0,5) Quantité de matière d'ions hydroxyde $n_E(\text{HO}^-)$ versée à l'équivalence :

$$n_E(\text{HO}^-) = C_b \cdot V_E$$

$$n_E(\text{HO}^-) = 0,20 \times 9,7 \times 10^{-3} = 1,9 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

Quantité de matière $n_i(\text{ibu})$ d'ibuprofène titré :

d'après l'équation support du titrage $n_i(\text{ibu}) = n_E(\text{HO}^-)$

$$n_i(\text{ibu}) = 1,9 \times 10^{-3} \text{ mol}$$

8. (0,5) masse m d'ibuprofène titré $m = n_i(\text{ibu}) \cdot M(\text{C}_{13}\text{H}_{18}\text{O}_2)$

$$m = 1,94 \times 10^{-3} \times 206 = 0,40 \text{ g}$$

Ce résultat est en accord avec l'indication « ibuprofène 400 mg » (= 0,400 g).

$$9.(0,5) \frac{U(m)}{m} = \sqrt{\left(\frac{U_{\text{vol}}}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{U_{\text{Cb}}}{C_b}\right)^2} \text{ donc } U(m) = m \cdot \sqrt{\left(\frac{U_{\text{vol}}}{V_E}\right)^2 + \left(\frac{U_{\text{Cb}}}{C_b}\right)^2}$$

$$U(m) = 0,40 \times \sqrt{\left(\frac{0,16}{9,7}\right)^2 + \left(\frac{0,010}{0,20}\right)^2} = 0,021 \text{ g l'incertitude est généralement arrondie par excès avec un seul}$$

chiffre significatif soit $U(m) = 0,03 \text{ g}$

$$m = 0,40 \pm 0,03 \text{ g}$$

10. (0,5) La zone de virage de l'indicateur coloré doit comprendre le pH à l'équivalence.

La méthode des tangentes montre que celui-ci vaut 8,5, ainsi seule la phénolphaléine convient.