



CONCOURS D'ENTRÉE

## SCIENCES PHYSIQUES

(Session Normale, Mai 2023 ; Durée : 2 heures)

### CHIMIE : ( / 7 points)

L'ammonitrate est un engrais azoté, bon marché, très utilisé dans l'agriculture. Il est vendu par sac de 50kg et contient du nitrate d'ammonium ( $\text{NH}_4\text{NO}_3(\text{s})$ ). Sur le sac, on peut lire : « *pourcentage en masse de l'élément azote N 34,4%* ».

Afin de vérifier l'indication du fabricant, on dose les ions ammonium  $\text{NH}_4^+$  présents dans l'engrais à l'aide d'une solution de soude ( $\text{Na}^+(\text{aq}) \text{OH}^-(\text{aq})$ )

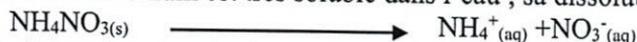
#### Données :

Couples acide /base :  $\text{NH}_4(\text{aq})^+/\text{NH}_3(\text{aq})$  ;  $\text{H}_2\text{O}/\text{OH}^-(\text{aq})$

Produit ionique de l'eau :  $K_e = 1,0 \cdot 10^{-14}$  dans les conditions de l'expérience.

Masse molaire en  $\text{g} \cdot \text{l}^{-1}$  : N :14 ; O :16 ; H :1.

1. Le nitrate d'ammonium est très soluble dans l'eau ; sa dissolution dans l'eau est totale selon la réaction :



1.1. Ecrire l'équation support du dosage.

1.2. L'ion ammonium est-il un acide ou une base selon Bronsted ? Justifier la réponse.

1.3. On introduit dans un bécher un volume  $v=20,0\text{mL}$  d'une solution contenant des ions ammonium à la concentration molaire apportée  $C=0,15\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$  et un volume  $v_1=10,0\text{mL}$  de solution de soude à la concentration molaire apportée  $C_1=0,15\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . Le pH de la solution obtenue est 9,2. Calculer les concentrations molaires des différentes espèces chimiques présentes dans le bécher à la fin de la réaction.

2. Une solution d'engrais S est obtenue en dissolvant  $m=6,0\text{g}$  d'engrais dans une fiole jaugée de volume  $V=250\text{mL}$ . On prélève  $10\text{mL}$  de cette solution qu'on dose par une solution d'hydroxyde de sodium de concentration  $C_B=0,20\text{mol} \cdot \text{L}^{-1}$ . On obtient la courbe  $\text{pH}=f(V_B)$  de l'annexe.

2.1 Schématiser et légèrer le montage permettant de réaliser un dosage pH-métrique.

2.2. Déterminer graphiquement les coordonnées du point d'équivalence.

3.1. Définir l'équivalence d'un dosage.

3.2. Justifier la valeur du pH de la solution à l'équivalence.

3.3. Calculer le nombre de mol d'ions ammonium dosé et en déduire le nombre de mol de nitrate d'ammonium contenue dans la solution S.

3.4. En déduire la masse d'azote présente dans l'échantillon.

3.5. Le pourcentage massique en élément azote est le rapport entre la masse d'azote présente dans l'échantillon et la masse de l'échantillon.

Calculer le pourcentage massique en azote de l'échantillon. Le comparer à celui fourni par le fabricant.

### PHYSIQUE / EXERCICE 2 : (7 points)

Dans tout l'exercice on supposera que le poids d'un ion est négligeable devant les autres forces.

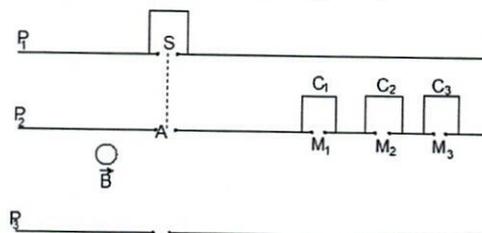
Des atomes de magnésium sont ionisés dans une chambre d'ionisation S. Il se forme trois types d'ions magnésium  ${}^{24}_{12}\text{Mg}^{2+}$ ,  ${}^{25}_{12}\text{Mg}^{2+}$  et  ${}^{26}_{12}\text{Mg}^{2+}$  de masses respectives  $m_1$ ,  $m_2$  et  $m_3$ .

Les plaques  $P_1$  et  $P_2$  sont respectivement aux potentiels  $V_1$  et  $V_2$ . Entre  $P_1$  et  $P_2$ , règne un champ magnétique uniforme  $\vec{E}_0$ . Les ions sont accélérés par une tension  $U_0 = V_1 - V_2$ .

Ils pénètrent par le point A dans une chambre de séparation où ils sont soumis à un champ magnétique  $\vec{B}$  uniforme. Le champ  $\vec{B}$  est

perpendiculaire au vecteur-vitesse des ions à la sortie du champ électrostatique  $\vec{E}_0$ . Ces ions sont recueillis dans les collecteurs  $C_1$ ,  $C_2$

et  $C_3$  (voir figure ci- contre).



#### 1 Etude du mouvement des ions dans le champ électrostatique $\vec{E}_0$ .

1.1 Reprendre le schéma sans les collecteurs ( $C_1$ ,  $C_2$  et  $C_3$ ) et représenter entre les plaques  $P_1$  et  $P_2$  :

1.1.1 la force électrostatique  $\vec{F}_0$  qui s'applique sur un ion ;

(0,50 point)

1.1.2 le champ électrostatique accélérateur  $\vec{E}_0$ . Justifier le sens de  $\vec{E}_0$ .

(0,50 point)

- 1.2 Déterminer le signe de la tension  $U_0$ . (0,25 point)  
 1.3 Montrer que les trois types d'ions formés ont la même énergie cinétique au point A. (0,50 point)  
 1.4 Déterminer la vitesse  $v_1$  acquise au point A par l'ion  ${}^{24}_{12}\text{Mg}^{2+}$  en appliquant le théorème de l'énergie cinétique. (0,5 pt)  
**Données :**  $|U_0| = 2.10^2 \text{ V}$  ;  $e = 1,6.10^{-19} \text{ C}$  ;  $1 \text{ u} = 1,67.10^{-27} \text{ kg}$  ;  $m_1 = 24\text{u}$  ;  $m_2 = xu$  et  $m_3 = yu$ .

## 2 Etude du mouvement des ions dans le champ magnétique $\vec{B}$ .

- 2.1 Indiquer sur le même schéma (question 2.1.1) le sens du vecteur champ magnétique  $\vec{B}$  pour que les ions atteignent les collecteurs. (0,50 point)  
 2.2 Montrer que le mouvement d'un ion est uniforme et circulaire. (0,50 point)

### 2.3 Identification des isotopes

- On désignera par  $R_1$ ,  $R_2$  et  $R_3$  les rayons respectifs des trajectoires des ions  ${}^{24}_{12}\text{Mg}^{2+}$ ,  ${}^x_{12}\text{Mg}^{2+}$  et  ${}^y_{12}\text{Mg}^{2+}$ .  
 3.1 Exprimer le rayon  $R_1$  en fonction de  $B$ ,  $e$ ,  $u$  et  $U_0$ . (0,75 point)  
 3.2 En déduire les expressions de  $R_2$  et  $R_3$ . (0,50 point)  
 3.3 Calculer  $R_1$  sachant  $B = 4.10^{-2} \text{ T}$ . (0,25 point)  
 3.4 Exprimer  $R_2$  et  $R_3$  en fonction de  $R_1$ ,  $x$  et  $y$ . (0,75 point)  
 3.5 On désignera par  $AM_1$ ,  $AM_2$  et  $AM_3$ , les diamètres respectifs des trajectoires des ions  ${}^{24}_{12}\text{Mg}^{2+}$ ,  ${}^x_{12}\text{Mg}^{2+}$  et  ${}^y_{12}\text{Mg}^{2+}$ . Calculer  $x$  et  $y$ . (0,75 point)

**Données :**  $d = M_1M_2 = 7,3 \text{ mm}$  et  $d' = M_1M_3 = 14,4 \text{ mm}$

### 2.4 Extraction d'un isotope par le filtre Wien

Dans la chambre où existe le champ magnétique  $\vec{B}$ , on place un autre champ électrostatique  $\vec{E}$ , de sorte la trajectoire des ions de masse  $m_1$  soit rectiligne.

- 4.1 Représenter le vecteur champ  $\vec{E}$  sur le schéma de la question (2.1.1) (0,50 point)  
 4.2 Calculer sa valeur  $E$ . (0,25 point)

## EXERCICE 3 : (6 points)

*Jupiter est la cinquième planète du système solaire. Elle est gazeuse, c'est la plus massive et la plus volumineuse de notre système solaire. Sa période de révolution autour du soleil est  $T_j = 11,86 \text{ ans}$ . La période de révolution de Jupiter sur elle-même vaut  $9 \text{ h } 56 \text{ min}$ .*

*L'objectif de cet exercice est d'une part de déterminer quelques caractéristiques de Jupiter à partir de données issues de l'exploration du système solaire par deux sondes américaines VOYAGER I et VOYAGER II ; et d'autre part d'étudier le mouvement de ses satellites.*

1. En mars 1979, la sonde VOYAGER I s'approchant de Jupiter à une altitude  $h_1 = 278000 \text{ km}$  mesure un champ gravitationnel  $G_1 = 1,04 \text{ N.kg}^{-1}$  créé par cette planète. Quelques mois plus tard, VOYAGER II, mesure à l'altitude

$h_2 = 650000 \text{ km}$  un champ gravitationnel  $G_2 = 0,243 \text{ N.kg}^{-1}$ . En déduire :

- 1.1. La valeur de la masse  $M$  de Jupiter.  
 1.2. Le rayon  $R$  de cette planète supposée sphérique et sa masse volumique  $\rho$ .  
 1.3. L'intensité  $G_0$  du champ gravitationnel à sa surface.  
 2. Autour de Jupiter tournent quatre satellites : Io, Europe, Ganymède et Callisto.

On étudie le mouvement d'Europe autour de Jupiter dans le référentiel « jupitocentrique ».

**Données :** Constante de gravitation universelle  $K = 6,67.10^{-11} \text{ S.I}$  ; masse d'Europe  $m = 4,8.10^{22} \text{ kg}$  ; période de révolution d'Europe autour de Jupiter  $T = 3 \text{ j } 13 \text{ h } 14 \text{ min}$

- 2.1. Faire un schéma d'Europe et de Jupiter et faire apparaître la force qu'exerce Jupiter sur Europe.  
 2.2. Montrer que le mouvement d'Europe autour de Jupiter est circulaire et uniforme.  
 2.3. Exprimer  $v^2$  en fonction de  $K$ ,  $M$  et  $r$  où  $v$  est la vitesse du satellite Europe. En déduire la troisième loi de

Kepler pour les satellites de Jupiter :  $\frac{T^2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{KM}$ .

2.4. La période de Io autour de Jupiter est  $T_{Io} = 1 \text{ j } 18 \text{ h } 18 \text{ min}$ . Déterminer la valeur du rayon de son orbite.

2.5. Est-ce que l'un des satellites (Europe ou Io) est « jupitostationnaire » ?

2.6. À quelle altitude  $h$  de Jupiter doit-on placer un satellite pour qu'il soit « jupitostationnaire » ?

2.7. Une masse  $m$  plongée dans le champ de gravité d'une masse  $M$ , à une distance  $r$  de celle-ci, a une énergie potentielle gravitationnelle  $E_p = -\frac{KMm}{r}$ .

Si un satellite de masse  $m$  se trouve à une altitude  $h$  de la surface de Jupiter, telle que  $h \ll R$ , montrer que son énergie potentielle gravitationnelle peut se mettre sous la forme  $E_p = mgz + cste$ .

On rappelle le résultat mathématique suivant :  $\frac{1}{1+\varepsilon} \approx 1 - \varepsilon$ , si  $\varepsilon \ll 1$ .