

Composition n°2 de Sciences Physiques – 4 heures

Exercice n°1

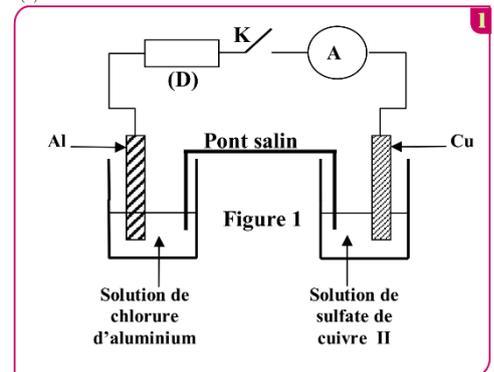
Données :

- Constante de Faraday : $F = 96500 \text{ C.mol}^{-1}$
- Masse molaire atomique de l'élément aluminium : $M = 27\text{g.mol}^{-1}$.
- On réalise la pile Cuivre – Aluminium en reliant deux demi- piles par un pont salin de chlorure d'ammonium ($\text{NH}_4^+ + \text{Cl}^-$).

La première demi- pile est constituée d'une lame de cuivre partiellement immergée dans une solution aqueuse de sulfate de cuivre II ($\text{Cu}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$) de concentration C_0 et de volume $V = 50 \text{ mL}$. La deuxième demi-pile est constituée d'une lame d'aluminium partiellement immergée dans une solution aqueuse de chlorure d'aluminium ($\text{Al}^{3+} + 3\text{Cl}^-$) de même concentration C_0 et de même volume V .

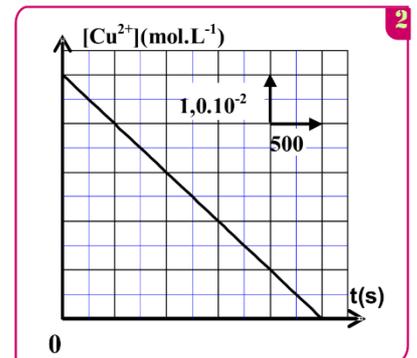
On branche entre les pôles de la pile un conducteur ohmique (D), un ampèremètre et un interrupteur K (figure 1).

A l'instant $t=0$ on ferme le circuit, un courant électrique d'intensité constante I circule alors dans le circuit. La courbe de la figure 2 représente la variation de la concentration $[\text{Cu}^{2+}]$ des ions cuivre II existant dans la première demi- pile en fonction du temps.



- 1) En utilisant la courbe de la variation de la concentration $[\text{Cu}^{2+}]$, écrire l'équation bilan de la réaction qui se déroule lorsque la pile débite.
- 2) Donner la représentation conventionnelle de la pile étudiée.
- 3) Exprimer la concentration $[\text{Cu}^{2+}]$ à un instant t en fonction de t , C_0 , I , V et F .
- 4) En déduire la valeur de l'intensité I du courant électrique qui passe dans le circuit.
- 5) La pile est entièrement utilisée à une date t_c .
 - a) Montrer que la variation Δm de la masse de la lame d'aluminium lorsque la pile est entièrement utilisée s'écrit :

$$\Delta m = - \frac{I \cdot t_c \cdot M(\text{Al})}{3F}$$
 - b) Calculer Δm .



Exercice n°2

La toxicité des nitrates provient essentiellement de leur transformation en nitrites dans l'organisme. La principale source de pollution de l'eau par les nitrates est l'utilisation massive d'engrais.

L'exercice suivant se propose d'étudier un protocole permettant de déterminer la teneur en ions nitrate NO_3^- d'un engrais de jardin.

Protocole expérimental :

- On introduit dans un ballon bicol de 500 mL, muni d'un réfrigérant à eau disposé verticalement, 1,00 g d'engrais liquide, 115 mL d'eau distillée, 45,0 mL d'une solution acidifiée de sel de Mohr contenant des ions Fe^{2+} en excès à la concentration molaire $C_1 = 0,200 \text{ mol.L}^{-1}$ et 40,0 mL d'acide sulfurique concentré. L'ensemble est porté à ébullition pendant 5 minutes.
- Après refroidissement, le milieu réactionnel est transvasé en totalité dans un bécher de 500 mL. Une solution de dichromate de potassium de concentration molaire $C_2 = 0,100 \text{ mol.L}^{-1}$ permet d'effectuer le titrage des ions Fe^{2+} restants.



Données : M(N) = 14,0 g.mol⁻¹ M(O) = 16,0 g.mol⁻¹

Sel de Mohr : FeSO₄(NH₄)₂SO₄·6H₂O : masse molaire M = 392,1 g.mol⁻¹.

- 1) Quelle masse m faut-il peser pour préparer V₁ = 50,0 mL d'une solution de sel de Mohr de concentration molaire C₁ = 0,200 mol.L⁻¹ ?
- 2) Quelle est la quantité de matière en ions Fe²⁺, notée n₁, présente dans un prélèvement de volume V₁ = 45,0 mL d'une solution de sel de Mohr contenant des ions Fe²⁺ à la concentration molaire C₁ = 0,200 mol.L⁻¹ ?
- 3) Sachant que les couples oxydant/réducteur mis en jeu sont : Fe³⁺/Fe²⁺ et NO₃⁻/NO, en déduire l'équation de la réaction entre les ions nitrate, issus de l'engrais liquide, et les ions Fe²⁺, contenus dans la solution de sel de Mohr (étape 1)
- 4) Sachant que les couples oxydant/réducteur mis en jeu sont : Fe³⁺/Fe²⁺ et Cr₂O₇²⁻/Cr³⁺, en déduire l'équation de la réaction entre les ions Fe²⁺ (restant après la réaction (1)) et les ions dichromates lors du dosage de l'étape (2)
- 5) Le volume de la solution de dichromate de potassium versée à l'équivalence est : V_{éq} = 10 mL. À partir de l'équation de la réaction (2), déterminer la quantité de matière n₂ en ions Fe²⁺ dosée par les ions dichromates.
- 6) Vérifier que la quantité de matière n₃ en ions Fe²⁺ qui a réagi avec les ions nitrate est 3,00.10⁻³ mol.
- 7) À partir de l'équation de la réaction (1), déterminer la quantité de matière d'ions nitrate présente dans 1,00 g d'engrais liquide.
- 8) En déduire la masse d'ions nitrate m_{nitrate} présente dans 1,00 g d'engrais liquide puis trouver le pourcentage massique en ions nitrate p_{nitrate} dans l'engrais liquide.

Exercice n°3

Le potassium est un élément chimique dans les cellules, mais aussi dans le sang où il y joue des rôles importants. Un excès ou un déficit de potassium dans le plasma sanguin peut entraîner des complications, notamment cardiaques. Son taux dans le sang est appelé kaliémie. Le potassium existe sous la forme d'ion dans l'organisme.

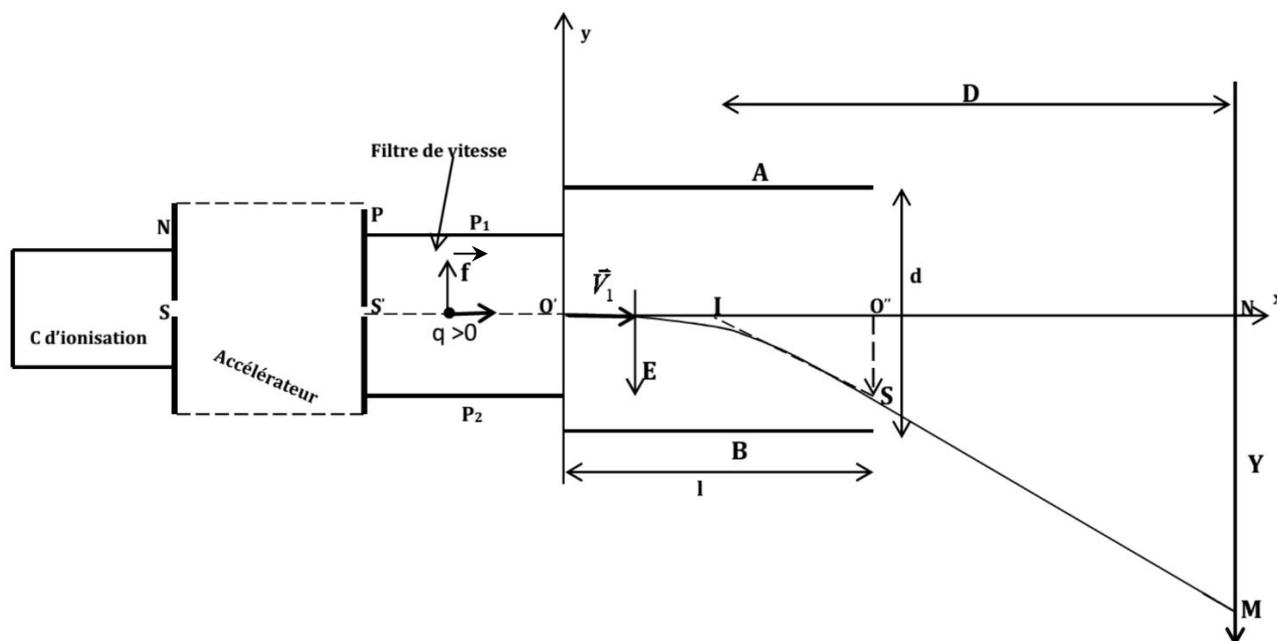
A l'intérieur d'une chambre d'ionisation, on produit des ions potassium K⁺. Parmi ces ions existent deux isotopes : ${}^x_{19}\text{K}^+$ et ${}^y_{19}\text{K}^+$ de masses respectives m₁ et m₂ tel que y = x + 1. On donne : le quotient de l'unité de masse atomique u et de la charge élémentaire positive e est

$$\frac{u}{e} = 1,044 \cdot 10^{-8} \text{ kg} \cdot \text{C}^{-1}.$$

1. Ces ions pénètrent dans l'accélérateur par le trou S avec une vitesse pratiquement nulle (voir figure ci-dessous). Ils sont accélérés sous l'action d'une différence de potentiel |U_{PN}| = U₀, établie entre les plaques N et P. Ils parviennent au trou S' qui les conduit vers le filtre de vitesse. On désigne par \vec{V}_1 le vecteur vitesse en S' de l'ion ${}^x_{19}\text{K}^+$ et par \vec{V}_2 celui de l'ion ${}^y_{19}\text{K}^+$.
 - 1.1. Quel est le signe de U_{PN} ?
 - 1.2. Montrer que les énergies cinétiques des deux isotopes sont égales en S'.
 - 1.3. Etablir le rapport des masses $\frac{m_2}{m_1}$ et le rapport des vitesses $\frac{V_2}{V_1}$ en fonction des nombres de masses x et y.
 - 1.4. Sachant que le rapport $\frac{V_1}{V_2} = 1,0127$, en déduire les valeurs des nombres de masse x et y.
 - 1.5. Déterminer les vitesses V₁ et V₂ sachant que U₀ = 2088V.
2. Les deux isotopes pénètrent à l'intérieur du filtre de vitesse avec des vitesses horizontales ayant les valeurs V₁ et V₂ précédentes. Le faisceau d'ions K⁺ est soumis à l'action simultanée de deux forces : une force électrostatique \vec{F}_e due à un champ électrostatique \vec{E} perpendiculaire aux plaques P₁ et P₂ horizontales et une autre force notée \vec{f} . On règle le champ \vec{E} à la valeur E₁, telle que le mouvement de l'ion ${}^x_{19}\text{K}^+$ soit, dans le filtre de vitesse, un mouvement rectiligne uniforme de trajectoire horizontale S'O'.



- 2.1. Sachant que la valeur de la force \vec{F} est $f = 8 \cdot 10^{-16} \text{N}$, donner les caractéristiques de la force électrostatique \vec{F}_e qui s'applique sur l'ion ${}_{19}^x\text{K}^+$ entre les plaques P₁ et P₂.
- 2.2. En déduire la valeur du champ électrostatique \vec{E}_1 existant entre les plaques P₁ et P₂.
- 2.3. L'ion pénètre en O' dans un champ électrique uniforme \vec{E} créé par un condensateur dont les plaques sont horizontales et disposées symétriquement par rapport à l'axe (x'x). L'ion ${}_{19}^x\text{K}^+$ est reçu sur un écran fluorescent (T) perpendiculaire à l'axe (x'x) et situé à la distance $D = 30 \text{cm}$ du centre I du condensateur. La distance entre les armatures A et B est $d = 2 \text{cm}$ et leur longueur est $l = 5 \text{cm}$. On applique une tension U_1 entre les plaques A et B.
 - 2.3.1. On admet que l'équation de la trajectoire d'un ion ${}_{19}^x\text{K}^+$ pendant sa traversée dans le condensateur est $y = \frac{eE}{2m_1v_1^2} \cdot x^2$. En déduire l'équation de la trajectoire dans le repère (xOy) en fonction de e , m_1 , V_1 , d et U_1 , puis en fonction de U_0 , U_1 et d .
 - 2.3.2. Pour que l'ion ${}_{19}^x\text{K}^+$ sorte du champ électrique, il faut que $y_S < \frac{d}{2}$. Quelle condition doit remplir U_1 pour que l'ion ${}_{19}^x\text{K}^+$ puisse sortir du condensateur sans heurter les plaques ?
 - 2.3.3. Soit S le point où l'ion ${}_{19}^x\text{K}^+$ sort du condensateur. On donne $U_1 = 334,08 \text{V}$. Déterminer les coordonnées (x_s ; y_s) du point de sortie S.
3. A la sortie du champ électrique, l'ion ${}_{19}^x\text{K}^+$ vient heurter un écran (T) au point M. Quelle est la nature du mouvement de l'ion ${}_{19}^x\text{K}^+$ entre le point S et le point M ? Justifier. Montrer en utilisant le théorème de Thalès que la déflexion $Y = NM$ est proportionnelle à la tension U_1 .
4. On donne les potentiels $V_A = +167,04 \text{V}$ et $V_B = -167,04 \text{V}$ et $O''S = 0,5 \text{cm}$.
 - 4.1. Calculer les potentiels aux points O', O'' et S.
 - 4.2. En déduire le travail de la force électrique entre O' et S.
 - 4.3. En utilisant la conservation de l'énergie mécanique, déterminer la vitesse de sortie au point S.

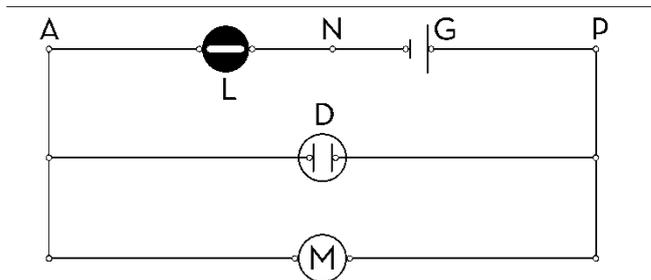


Exercice n°4

Partie 1: Distribution d'énergie dans un circuit ramifié

Le circuit de la figure ci-dessous se compose de :

- L : Ampoule de résistance R.
- D : Électrolyseur (E'_1 ; r'_1).
- M : Moteur électrique (E'_2 ; $r'_2 = 1 \Omega$).
- G : Générateur ($E = 12 \text{ V}$; $r = 2 \Omega$) délivrant un courant d'intensité $I = 2 \text{ A}$.



- 1) Calculer la valeur de la puissance électrique engendrée par le générateur et celle disponible entre ses bornes et fournie au circuit.
- 2) Sachant que la lampe L dissipe de l'énergie thermique en utilisant une puissance de 6 W,
 - a) Calculer la valeur de sa résistance R.
 - b) Calculer la valeur de la tension U_{PA} .
- 3) En exploitant la caractéristique de l'électrolyseur représentée sur le schéma ci-dessous.
 - a) Donner les valeurs de E'_1 et r'_1 .
 - b) Déduire l'intensité du courant I_2 traversant le moteur M.
 - c) Calculer la puissance mécanique du moteur.
 - d) Quel est le rendement de ce moteur.

Partie 2: Energie chimique

Pour produire de l'Aluminium par électrolyse d'un sel contenant les ion Al^{3+} , on fait passer dans l'électrolyseur un courant d'intensité $I = 10^5 \text{ A}$ par application d'une tension de valeur $U = 5 \text{ V}$ entre ses bornes.

- 1) Calculer la puissance thermique de l'électrolyseur sachant que son rendement est $\rho = 80 \%$.
- 2) Calculer la masse d'aluminium produite pendant une durée $\Delta t = 1 \text{ h}$.
- 3) Calculer l'énergie électrique consommée pour produire 100 kg d'Aluminium. On donne :
 $M(Al) = 27 \text{ g/mol}$; $e = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ C}$; $N_A = 6,02 \cdot 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

