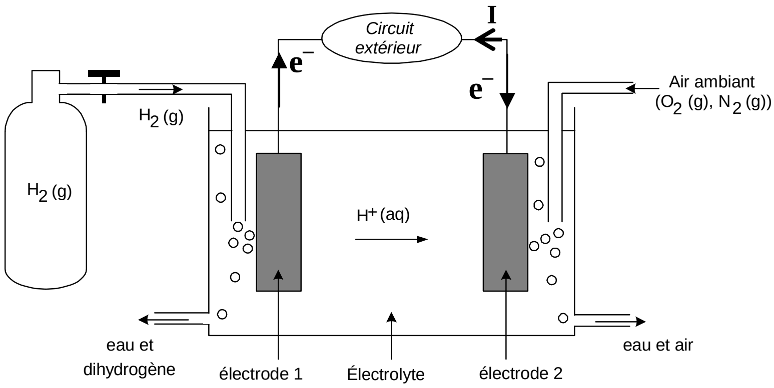
National septembre 2008 calculatrice interdite Correction © Labolycee.org

EXERCICE I. PILES ET APPAREILS NOMADES (6,5 points)

1. Principe d'une pile à hydrogène

1.1.*(0,25)* Demi-équation électronique correspondant à l'oxydation du dihydrogène :

$H_2(g) = 2\,H^+(aq) + 2\,e^-$



1.2.*(0,25)* Les électrons sont libérés par l'électrode 1 et arrivent sur l'électrode 2 par le circuit extérieur (flèches ⟶).
Le sens conventionnel du courant est **opposé** au sens de circulation des électrons (flèches ⟶). Ainsi, dans le circuit extérieur, le courant électrique circule de l'électrode 2 vers l'électrode 1.

1.3.*(0,25)* Le dioxygène provient de l'air ambiant : il est disponible en très grande quantité et constitue ainsi le réactif en excès. Par suite, le dihydrogène est le réactif limitant.

1.4. *On note $n_i(H_2)$ la quantité initiale de dihydrogène.* La demi-équation électronique $H_2(g) = 2\,H^+(aq) + 2\,e^-$ montre que:
1 mole de H_2 donne 2 moles d'e^-
n_i moles de H_2 donnent $2n_i$ moles d'e^-

(0,25) Ainsi la quantité d'électrons échangés est : $\mathbf{n(e^-) = 2n_i(H_2)}$

1.5. On a : $n_i = \dfrac{n(e^-)}{2}$

La quantité d'électricité Q échangée au cours du fonctionnement de la pile est : $Q = n(e^-).F = n(e^-)\,.\,N_A\,.\,e$
D'autre part : $Q = I\,.\,\Delta t$.

Ainsi, en égalant les deux expressions de Q : $n(e^-)\,.\,N_A\,.\,e = I\,.\,\Delta t$ soit $n(e^-) = \dfrac{I.\Delta t}{N_A.e}$

(0,5) Et finalement : $\boxed{n_i(H_2) = \dfrac{I.\Delta t}{2N_A.e}}$

1.6.1. ***(0,5)*** *Quantité de dihydrogène :* $n_i(H_2) = \dfrac{V(H_2)}{V_m}$ ⇔ $\boxed{\mathbf{V(H_2) = n_i\,.\,V_m}}$

$\mathbf{V(H_2)} = 7{,}5 \times 10^2 \times 24 = 7{,}5 \times 10^2 \times 2{,}4 \times 10^1 = 1{,}8 \times 10^1 \times 10^3 = \mathbf{1{,}8 \times 10^4\ L}$

1.6.2. (0,25) Dans les conditions usuelles de température et de pression, le volume de dihydrogène nécessaire est très grand : il faudrait un énorme réservoir pour le stocker ….. incompatibles avec les appareils nomades !!
(remarque : Le stockage du hydrogène sous pression et un détendeur permettent de diminuer le volume du réservoir)

2. Prototype de pile miniature

2.1.*(0,25)* Le nickel 63 est un matériau radioactif qui **émet des électrons** : il s'agit d'une **radioactivité β^-.**

2.2. *(0,25)* ${}^{63}_{28}Ni \rightarrow {}^{A}_{Z}X + {}^{0}_{-1}e^-$,

conservation du nombre de nucléons : $63 = A + 0$ ⇔ $\mathbf{A = 63}$
conservation du nombre de charges Z : $28 = Z - 1$ ⇔ $\mathbf{Z = 29}$
Le noyau formé est alors : $\boxed{{}^{63}_{29}Cu}$

2.3.1.***(0,25)*** Loi de décroissance radioactive : $N(t) = N_0\,.\,e^{-\lambda.t}$

2.3.2.*(0,25)* Définition du temps de demi-vie $t_{1/2}$ *:* durée pour laquelle une population de noyaux radioactifs est divisée par deux.

2.3.3.*(0,5)* D'après la définition précédente : $N(t_{1/2}) = \dfrac{N_0}{2}$ et $N(t_{1/2}) = N_0\,.\,e^{-\lambda.t_{1/2}}$

en égalant les expressions de $N(t_{1/2})$: $\dfrac{N_0}{2} = N_0.\,e^{-\lambda.t_{1/2}}$ ⇔ $\dfrac{1}{2} = e^{-\lambda.t_{1/2}}$ ⇔ $2 = e^{\lambda.t_{1/2}}$

en passant au logarithme : $\ln 2 = \lambda\,.\,t_{1/2}$ et finalement : $\boxed{t_{1/2} = \dfrac{\ln 2}{\lambda}}$

2.3.4. ***(0,25)*** $t_{1/2} = \dfrac{6{,}9\times10^{-1}}{6{,}9\times10^{-3}} = 1{,}0 \times 10^{2}$ ans soit 100 ans.

2.3.5.*(0,25)* La durée de fonctionnement de la pile indiquée dans le document est « plusieurs dizaines d'années » : le résultat obtenu pour $t_{1/2}$ est bien en accord avec cette durée de fonctionnement.

3. Principe de l'horloge d'un appareil nomade

3.1.*(0,5)* Relation entre i(t) et q(t) *:* $\boxed{i(t) = \dfrac{dq(t)}{dt}}$

Or $q(t) = C \,.\, u_C(t)$ donc : $i(t) = \dfrac{dq(t)}{dt} = \dfrac{d\left(C.u_C(t)\right)}{dt}$

(C constante) $\boxed{i(t) = C \,.\, \dfrac{du_C(t)}{dt}}$

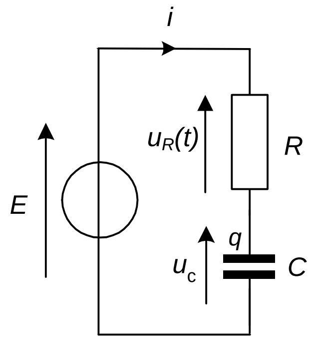


Figure 3

3.2.*(0,5)* Loi d'additivité des tensions sur le circuit de la figure 3 :

$E = u_C(t) + u_R(t)$

D'après la loi d'Ohm $E = u_C(t) + R \,.\, i(t)$

En reportant l'expression de i(t) : $E = u_C(t) + R.C.\dfrac{du_C}{dt}$

En divisant par R.C il vient : $\boxed{\dfrac{du_C}{dt} + \dfrac{u_C(t)}{R.C} = \dfrac{E}{RC}}$

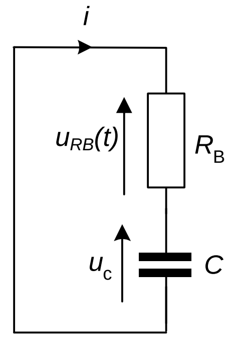


Figure 4

3.3.*(0,5)* Loi d'additivité des tensions sur le circuit de la figure 4 :

$0 = u_C(t) + u_{RB}(t)$

$0 = u_C(t) + R_B \,.\, i(t)$

En reportant l'expression de i(t) : $0 = u_C(t) + R_B.C.\dfrac{du_C}{dt}$

En divisant par R_B.C il vient : $\boxed{\dfrac{du_C}{dt} + \dfrac{u_C(t)}{R_B.C} = 0}$

3.4.*(0,25)* Constante de temps du circuit de charge : $R.C = (R_A+R_B).C$

Constante de temps du circuit de décharge : $R_B.C$

On a, d'après l'énoncé : $T_1 = \alpha \,.\, (R_A+R_B).C$ (avec α constante) et $T_2 = \alpha \,.\, R_BC$

Donc : $\dfrac{T_1}{T_2} = \dfrac{\alpha.(R_A+R_B).C}{\alpha.R_B.C} = = \dfrac{(R_A+R_B)}{R_B}$, finalement $T_1 > T_2$.

3.5.*(0,5)* figure 5 complétée **:**