

CHIMIE : (9 points)

Exercice 1 : (2,5 points)

« Document scientifique »

La pile à combustible à hydrogène

Dans son principe, le fonctionnement d'une pile à hydrogène est simple. En présence de platine, une molécule de dihydrogène (H_2) cède deux électrons au métal (anode) et se dissocie en couple de proton : $H_2 \longrightarrow 2H^+ + 2e^-$.

Ensuite, quand ces protons percutent un atome d'oxygène en présence d'un métal capable de céder deux électrons (cathode), il se forme une molécule d'eau : $2H^+ + \frac{1}{2}O_2 + 2e^- \longrightarrow H_2O$

Une seule pile ne produit qu'une tension de **1,23V** au plus entre ces électrodes.

Les qualités générales de la pile à hydrogène en font un bon candidat pour fournir de l'énergie nécessaire à nos véhicules. Non polluantes et d'un rendement énergétique élevé, ce qui permet de réduire la consommation d'énergie, elle contribue aux efforts écologiques. Deux problèmes subsistent ce pendant : d'abord celui du prix, ensuite celui du stockage de l'hydrogène à bord du véhicule.

Prenons par exemple les **3 kg** de dihydrogène qu'on estime nécessaires pour parcourir **500km** à une vitesse raisonnable. A la pression atmosphérique, cette quantité de gaz occupe un volume de **36m³**.

Extrait du magazine Sciences et Vie, numéro hors série, p 140, mars 2001.

Questions :

- 1) a) Rechercher dans le document quels sont les réactifs et le(s) produit(s) de ce type de pile ;
b) Ecrire l'équation de la réaction qui se produit dans cette pile et préciser ces polarités.
- 2) a) Pour quelles raisons ces piles semblent-elles prévues à un grand avenir ?
b) Qu'est ce qui freine encore leurs développement ?
- 3) La platine intervient-il dans la réaction ? Préciser son rôle.

Exercice 2 : (6,5 points)

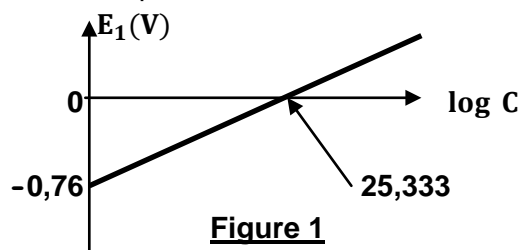
Toutes les expériences sont réalisées à la température de **25°C**.

I) On réalise la pile électrochimique (P_1) de symbole : $Pt|H_2(P = 1atm)|H_3O^+(1mol.L^{-1})||Zn^{2+}(C)|Zn$

- 1) a) Donner le schéma annoté de cette pile.
b) Ecrire l'équation associée à cette pile.
c) Préciser l'intérêt pratique de cette pile.

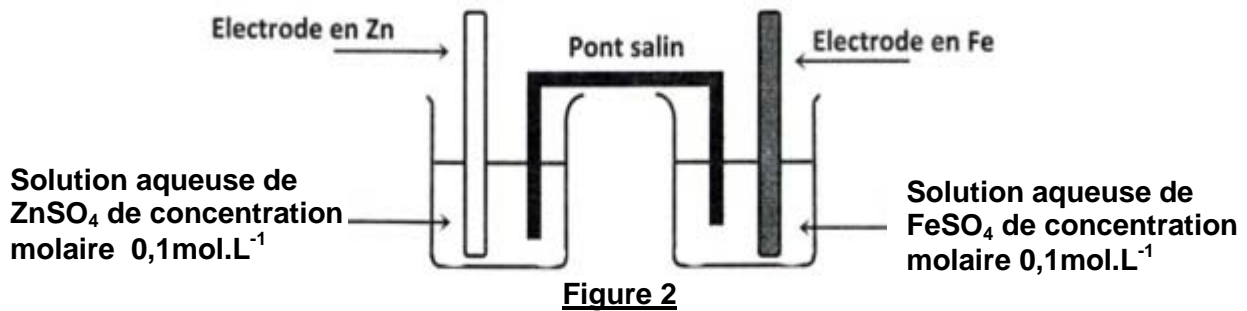
2) La mesure de la fem E_1 de cette pile pour différentes valeurs de C à permis de tracer la courbe de la **figure 1** représentant $E_1 = f(\log C)$.

- a) Déterminer graphiquement l'équation de la courbe représentant $E_1 = f(\log C)$.
- b) En déduire les valeurs :
- de la fem standard E_1^0 de la pile (P_1).
- de la constante d'équilibre K_1 .
- c) Montrer que la valeur du potentiel standard d'électrode



du couple Zn^{2+}/Zn est : $E^0(\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}) = -0,76\text{V}$.

II) Maintenant, on réalise la pile électrochimique (P_2) schématisée par la figure 2 :



- 1) a) Préciser le rôle du pont salin.
 b) Ecrire l'équation associée à cette pile (P_2).
 c) Justifier que la pile (P_2) est dans les conditions standards.
 - 2) On relie les deux électrodes de la pile à un voltmètre, celui-ci indique la valeur **0,32V**.
 a) Justifier que la valeur **0,32V** représente la fem normale de cette pile.
 b) En déduire la valeur de $E^0(\text{Fe}^{2+}/\text{Fe})$.
 c) Calculer la valeur de la constante d'équilibre K_2 .
 d) Comparer les pouvoirs réducteurs des deux couples redox mis en jeu.
 e) Préciser, en le justifiant, la polarité de la pile.
 - 3) Lorsque la pile (P_2) débite un courant dans le circuit extérieur, on demande :
 a) de préciser le sens de la circulation du courant et des électrons.
 b) d'écrire les équations des transformations qui se produisent au niveau de chaque électrode.
 c) d'en déduire l'équation bilan de la réaction qui se produit spontanément au cours du fonctionnement de la pile.
 - 4) On varie l'une des concentrations en Fe^{2+} ou en Zn^{2+} , par ajout du sel correspondant soit FeSO_4 ou ZnSO_4 , après homogénéisation la fem de la pile devient $E_3 = 0,35\text{V}$.
 a) Préciser, en le justifiant, laquelle des concentrations $[\text{Fe}^{2+}]$ ou $[\text{Zn}^{2+}]$ a-t-on augmenté.
 b) Déterminer la nouvelle valeur de cette concentration.
 - 5) A un instant $t_1 > 0$, on constate que la valeur de la fem de la pile devient $E_4 = 0,29\text{V}$.
 Calculer, à cet instant, les concentrations : $[\text{Fe}^{2+}]$ et $[\text{Zn}^{2+}]$.
- Dans tout l'exercice**, on supposera qu'aucune des électrodes ne sera complètement consommée et que les volumes des solutions restent constants et égaux dans les deux compartiments de la pile.

PHYSIQUE :(11points)

Exercice 1 : (2,25 points)

Un vibreur, relié à une réglette, produit une onde rectiligne, progressive et sinusoïdale, qui se propage sur la surface libre de l'eau d'une cuve à ondes. Pour une fréquence N du vibreur et à un instant t donnée, on schématise sur la figure 3 les lignes de crêtes d'amplitude maximale qui se forment à la surface de l'eau.

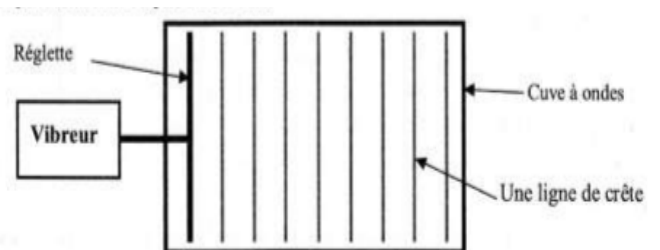


Figure 3

- 1) Décrire l'aspect de la surface libre de l'eau de la cuve à ondes en lumière ordinaire et en lumière stroboscopique pour une fréquence $N_e = N$.
- 2) Pour une fréquence N_1 du vibreur égale à **11Hz**, la distance qui sépare la première ligne de crête d'amplitude maximale de la sixième ligne de crête de même nature est : **70mm**.

- a) Déterminer la longueur d'onde λ_1 de l'onde qui se propage à la surface de l'eau.
 b) En déduire la célérité v_1 de l'onde.
- 3) Pour une fréquence $N_2=17\text{Hz}$ la distance qui sépare les deux lignes, successives, de crête d'amplitude maximale est égale à **9mm**. Calculer la nouvelle célérité v_2 de l'onde.
- 4) Justifier que l'eau est un milieu dispersif.

Exercice 2 : (4,25 points)

On donne : constante de Planck : $h=6,62.10^{-34} \text{ J.s}$;

Célérité de la lumière dans le vide : $c=3.10^8 \text{ m.s}^{-1}$;

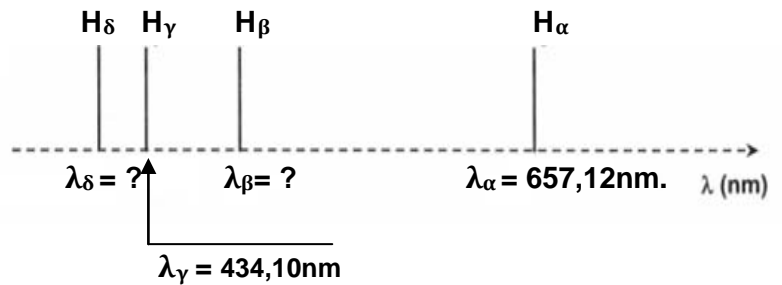
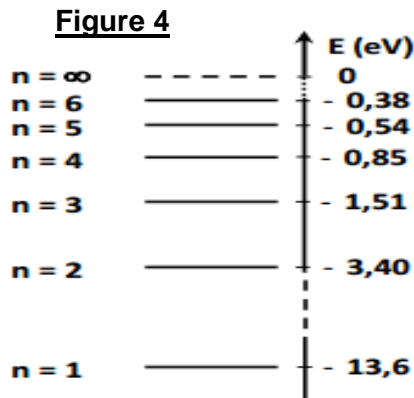
$1\text{eV}=1,6.10^{-19} \text{ J}$;

La longueur d'onde λ du spectre visible : $400 \text{ nm} \leq \lambda \leq 750 \text{ nm}$.

Le document de la **figure 4** donne le diagramme énergétique de l'atome d'hydrogène **H**.

Sur la **figure 5**, on représente le spectre de l'atome d'hydrogène dans sa partie visible, constitué de quatre raies colorées notées **H δ** , **H γ** , **H β** et **H α** ; de longueurs d'onde respectives dans le vide :

λ_δ , $\lambda_\gamma = 434,10\text{nm}$, λ_β et $\lambda_\alpha = 657,12\text{nm}$.



L'énergie, exprimé en **eV**, d'un niveau **n** d'énergie de l'atome d'hydrogène, est donnée par $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$ où **n** est un nombre entier naturel non nul.

- 1) Préciser, en le justifiant, si le spectre représenté est un spectre :
 a) continu ou bien discontinu,
 b) d'émission ou bien d'absorption.
- 2) a) Préciser, en le justifiant, le qualificatif qu'on peut attribuer à l'énergie de l'atome d'hydrogène.
 b) Dans l'état ionisé, donner la formule de l'espèce chimique obtenue.
- 3) a) Nommer le passage de l'atome d'hydrogène d'un niveau **p** à un niveau **q**.
 b) on considère le passage de l'atome d'hydrogène du niveau **p > 2** au niveau **q=2**.

Montrer que la longueur d'onde λ de la radiation correspondant à cette transition, s'écrit :

$$\frac{1}{\lambda} = \frac{1}{4\lambda_0} \left(1 - \frac{4}{p^2} \right) \quad (\lambda \text{ et } \lambda_0 \text{ en nm}).$$

Où λ_0 est une constante. Déterminer la valeur de λ_0 .

- c) Préciser, en le justifiant, les valeurs possibles de **p** qui correspondent aux raies précédentes.
 En déduire les valeurs de λ_δ et de λ_β .
- 4) On considère l'émission d'une raie **H γ** , qui correspond au passage de l'atome d'hydrogène du niveau $n_2=2$ au niveau $n_1=1$ ou état fondamental.
 a) Déterminer la valeur de la fréquence ν_γ de la radiation **H γ** .
 b) Préciser, en le justifiant, si cette radiation est visible ou non.

5) On fournit successivement à un atome d'hydrogène, pris dans son état excité, correspondant au niveau $n=3$, les quanta d'énergies suivants :

- a) $E=0,97\text{eV}$;
- b) $E'=2\text{eV}$.

Préciser dans quels cas l'atome pourra-t-il absorber l'énergie fournie et dans quel état se trouvera-t-il.

Exercice 3 : (4,5 points)

Données:

$m(\text{K}) = 39,92715 \text{ u}$; $m(\text{Ar}) = 39,12660 \text{ u}$; $m(^{235}_{92}\text{U}) = 234,9934 \text{ u}$; $m(^{139}_{\text{x}}\text{Xe}) = 138,8888 \text{ u}$;
 $m(^{95}_{38}\text{Sr}) = 94,8064 \text{ u}$; $m_n = 1,00866 \text{ u}$; $m_p = 1,00727 \text{ u}$; $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ Kg} = 931,5 \text{ MeV} \cdot \text{c}^{-2}$;
 $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$; $m_p = 1,00727 \text{ u}$; $m_n = 1,00866 \text{ u}$; $\mathcal{N} = 6,02 \cdot 10^{23}$ (nombre d'Avogadro).

I- 1) L'isotope de potassium $^{40}_{19}\text{K}$ est radioactif, il se transforme pour donner de l'argon $^{40}_{18}\text{Ar}$.

- a) Ecrire l'équation de la réaction de désintégration. Déduire avec justification son nom.
- b) Expliquer l'émission de la particule radioactive par le noyau de potassium.

2) Soit un échantillon contenant initialement $N_0 = 4 \cdot 10^{16}$ noyaux de $^{40}_{19}\text{K}$.

Soient $N(t)$ le nombre des noyaux $^{40}_{19}\text{K}$ et $N'(t)$ le nombre des noyaux $^{40}_{18}\text{Ar}$ présents au même instant t .

La période radioactive du nucléide $^{40}_{19}\text{K}$ est $T = 1,5 \cdot 10^9$ années.

- a) Etablir l'expression de $N(t)$ en fonction de N_0 , de la constante radioactive λ et t . En déduire celle de $N'(t)$.
 - b) Définir la période radioactive T .
 - c) Déduire la relation entre la période radioactive T et la constante radioactive λ d'un radioélément.
 - d) Calculer la valeur de la constante radioactive λ .
- 3) Aux instants de date t_1 et t_2 , on a trouvé que $N(t_1) = 10^{16}$ noyaux et $N'(t_2) = 3,5 \cdot 10^{16}$ noyaux. Montrer que $t_1 = 2T$ et $t_2 = 3T$.

II- Parmi les nombreuses réactions qui peuvent avoir lieu dans un réacteur nucléaire, la réaction suivante observée : $^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow ^{139}_{\text{x}}\text{Xe} + ^{95}_{38}\text{Sr} + y {}^1_0\text{n}$.

- 1) Préciser, en le justifiant, si cette réaction est une réaction spontanée ou provoquée. Donner son nom. Calculer x et y .
- 2) On donne en **MeV** l'énergie de liaison des noyaux $^{139}_{\text{x}}\text{Xe}$ et $^{95}_{38}\text{Sr}$: $E_L(\text{Xe}) = 1167,6$; $E_L(\text{Sr}) = 826,5$.
 - a) Calculer en **MeV** et en **Joule** l'énergie de liaison du noyau d'uranium **235**.
 - b) Comparer la stabilité de ses trois noyaux. Justifier.
- 3) a) Calculer en **MeV** l'énergie libérée **W** par un noyau d'uranium lors de cette réaction.
 b) En déduire l'énergie libérée par **1g** d'uranium **235**.