

Lycée de Cebbala  
Sidi Bouzid -Tunisie  
Prof : Barhoumi E.

**Devoir de synthèse n°3**  
Matière : Sciences physiques  
Durée: 3h

AS : 2016/2017  
Classe : 4<sup>ème</sup> Math  
Coefficient : 4

**Chimie : (7 points)**

**Exercice n°1 : (4 points)**

On réalise, à 25°C, la pile symbolisée par :  $\text{Co}|\text{Co}^{2+}||\text{Ni}^{2+}|\text{Ni}$

La fém de cette pile est donnée par la relation :

$$E=0,06-0,03\log(\pi), \pi \text{ étant la fonction de concentration de la réaction associée à cette pile}$$

Les volumes des deux solutions sont égaux à  $V = 50 \text{ mL}$

La masse molaire du nickel est  $M(\text{Ni}) = 58,7 \text{ g.mol}^{-1}$

1/ a- Représenter le schéma de la pile et écrire son équation associée.

b- Déterminer la fém normale  $E^\circ$  de la pile et la constante d'équilibre  $K$  de l'équation associée.

2/ On note  $[\text{Ni}^{2+}]_0$  et  $[\text{Co}^{2+}]_0$  les concentrations molaires initiales des solutions en ions  $\text{Ni}^{2+}$  et  $\text{Co}^{2+}$ .

Sachant que :  $[\text{Ni}^{2+}]_0=100[\text{Co}^{2+}]_0$ , on demande :

- de calculer la fém initiale de cette pile et d'en déduire sa polarité,
- d'écrire l'équation de la réaction qui se produit spontanément lorsque la pile débite un courant.

3/ Après une certaine durée de fonctionnement, la pile est totalement usée et la concentrations des ions  $\text{Co}^{2+}$  devient :  $[\text{Co}^{2+}]_f = 0,49\text{mol.L}^{-1}$ .

a- Calculer  $[\text{Ni}^{2+}]_f$ .

b- Montrer que :  $[\text{Ni}^{2+}]_0 + [\text{Co}^{2+}]_0 = [\text{Ni}^{2+}]_f + [\text{Co}^{2+}]_f$ .

c- En déduire les valeurs de  $[\text{Ni}^{2+}]_0$  et  $[\text{Co}^{2+}]_0$ .

d- Déterminer la variation de masse  $\Delta m$  de la lame de nickel en précisant si cette variation est une augmentation ou une diminution.

4/ La pile étant usée, préciser en le justifiant, le compartiment dans lequel on doit ajouter une quantité d'eau distillée pour inverser les polarités de la pile.

## Exercice n°2 : (3 points) Étude d'un document scientifique

### Les piles alcalines

Contrairement aux piles de types Daniell, les piles alcalines sont à usage domestique fréquent, elles sont utilisées pour alimenter certains appareils tel que un appareil photo, une radio cassette, une montre, etc.... En effet les piles de types Daniell utilisent des solutions salines, elles sont dites des piles humides, tandis que les piles alcalines sont des piles sèches et de petite tailles, ce qui explique leurs utilisations fréquentes. Un exemple fréquemment utilisé est la pile alcaline à oxyde de mercure dont la taille est très petite (quelques millimètres), elle est constituée de deux compartiments. Dans le premier, on dispose d'une plaque de zinc en contact direct avec un électrolyte constitué d'une solution gélifiée d'hydroxyde de potassium KOH.

Dans le deuxième compartiment, on a de l'oxyde de mercure HgO et du graphite en poudre imbibés dans l'hydroxyde de potassium. L'électrode en graphite constitue le pôle positif et celle en zinc constitue le pôle négatif. Cette pile est symbolisée par :  $\text{Zn}|\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-}||\text{HgO}|\text{Hg}$ .

La pile alcaline contient des métaux dangereux et polluants, comme par exemple le mercure. C'est pour ces raisons les piles alcalines, après usage, ne doivent pas être jetées, il existe des endroits réservés pour récupérer et ensuite recycler ces piles.

#### Questions :

- 1/ Citer, d'après le texte, deux raisons qui montrent que la pile alcaline est plus utilisée que la pile Daniell.
- 2/ La pile à oxyde de mercure est dite alcaline. Justifier cette appellation.
- 3/ Donner les couples redox mis en jeu dans la pile à oxyde de mercure.
- 4/ a- La pile alcaline à oxyde de mercure est toxique. Expliquer pourquoi ?  
b- Quelles précautions doit-on faire pour préserver l'environnement des piles alcalines ?

## Physique : (13 points)

### Exercice n°1 : (5 points)

Les trois parties sont indépendantes :

#### Partie (I) :

- 1/ Définir une fusion nucléaire.
- 2/ Expliquer pourquoi les réactions de fusion ne peuvent se produire qu'à très haute température.

#### Partie (II) :

Notations utilisées pour les noyaux concernés :

Hydrogène :  ${}^1_1\text{H}$ ; Deutérium :  ${}^2_1\text{H}$ ; Hélio 3 :  ${}^3_2\text{He}$ ; Hélio 4 :  ${}^4_2\text{He}$ ; Proton :  ${}^1_1\text{p}$ .

- 1/ Ecrire l'équation de la réaction de fusion de deux noyaux d'hydrogène en un noyau de deutérium avec l'émission d'une particule  $\beta^+$ .
- 2/ La réaction de fusion d'un noyau de deutérium et d'un noyau d'hydrogène en un noyau d'hélium 3 s'accompagne de l'émission d'un rayonnement ( $\gamma$ ).  
a- Ecrire l'équation de cette réaction nucléaire.  
b- Interpréter l'émission du rayonnement ( $\gamma$ ).
- 3/ Sachant que la fusion entre deux noyaux d'hélium 3 donne un noyau  ${}^A_Z\text{X}$  et deux noyaux d'hydrogène. Ecrire l'équation de cette réaction nucléaire et identifier le noyau  ${}^A_Z\text{X}$ .
- 4/ En déduire l'équation bilan des trois réactions de fusions précédentes, qui, à partir de quatre noyaux d'hydrogène permet d'obtenir un noyau d'hélium 4.

### Partie (III) :

On considère désormais la réaction nucléaire d'équation :  $4\text{}^1_1\text{H} \rightarrow \text{}^4_2\text{He} + 2\text{}^0_1\text{e} + 2\gamma$ .

Données :  $m(\text{}^1_1\text{H}) = 1,0073 \text{ u}$  ;  $m(\text{}^4_2\text{He}) = 4,0026 \text{ u}$  ;  $m(\text{}^0_1\text{e}) = 0,0006 \text{ u}$  ;  $1\text{u} = 931,5 \text{ MeV} \cdot \text{c}^{-2}$ .

1/ Donner le nom de la particule  $\text{}^0_1\text{e}$  et expliquer brièvement son émission.

2/ Calculer la perte de masse au cours de cette fusion.

3/ En déduire la valeur de l'énergie libérée  $W$  (en MeV) au cours de cette réaction nucléaire.

### Exercice n°2 : (4 points)

Dans un état donné, l'atome d'hydrogène possède l'énergie exprimé en (eV) :  $E_n = \frac{-13,6}{n^2}$  ; avec  $n \in \mathbb{N}^*$ .

1/ a- Reproduire et compléter le tableau en calculant l'énergie  $E_n$  :

Niveau $n$	1	2	3	4	5	6	$+\infty$
$E_n$ (eV)							

b- En adoptant une échelle convenable, représenter le diagramme énergétique de l'atome d'hydrogène.

c- Indiquer sur ce diagramme, le niveau fondamental, les niveaux excités et le niveau ionisé.

2/ Le spectre d'émission de l'hydrogène, dans sa partie visible, est formé de quatre raies colorées notés :

$H_\alpha$  ( $\lambda = 410,2\text{nm}$ ),  $H_\beta$  ( $\lambda = 434,1\text{nm}$ ),  $H_\gamma$  ( $\lambda = 486,1\text{nm}$ ) et  $H_\delta$  ( $\lambda = 656,3\text{nm}$ ).

En admettant que ces raies sont émises lors des transitions suivantes :

- transition n°1 : du niveau  $n=6$  vers le niveau  $n=2$ ,
- transition n°2 : du niveau  $n=5$  vers le niveau  $n=2$ ,
- transition n°3 : du niveau  $n=4$  vers le niveau  $n=2$ ,
- transition n°4 : du niveau  $n=3$  vers le niveau  $n=2$ .

Associer, en justifiant, à chacune des raies la transition correspondante.

3/ Dans une expérience voisine de celle réalisée par Frank et Hertz, un faisceau d'électrons de même énergie cinétique  $E_C = 12 \text{ eV}$  traverse un gaz formé par d'atomes d'hydrogène pris à l'état fondamental.

Lors des collisions entre un électron incident et un atome d'hydrogène, un transfert d'énergie peut avoir lieu.

a- Justifier que l'atome d'hydrogène ne peut absorber qu'un seul quantum d'énergie que l'on calculera.

b- Pour retrouver son état fondamental, l'atome d'hydrogène se désexcite en émettant l'énergie absorbée sous forme de radiations lumineuses. Calculer la longueur d'onde de la radiation émise.

Données :  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$  ;  $1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$  ;  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$  ;  $1\text{nm} = 10^{-9} \text{ m}$ .

### Exercice n°3 : (4 points)

Données :

Nom	Radon	Radium	Particule $\alpha$	Neutron	Proton
Symbole	${}^{222}_{86}\text{Rn}$	${}^{226}_{88}\text{Ra}$	$\alpha$	${}^1_0\text{n}$	${}^1_1\text{p}$
Masse en (u)	221,970	225,977	4,001	1,009	1,007

$1\text{u} = 1,66054 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$
$1\text{u} = 931,5 \text{ MeV} \cdot \text{c}^{-2}$
$1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$
$1\text{MeV} = 10^6 \text{ eV}$
$c = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

Le radium, élément extrêmement rare, fut découvert par Pierre et Marie Curie en 1898. On trouve des traces de Radium 226 dans les minerais d'uranium, à raison d'un atome pour 3 millions. Il fait partie de la descendance radioactive de l'uranium 238 dont il est le cinquième descendant. Le Radium 226 se transforme, à son tour en un gaz rare radioactif, le Radon 222 dont la période est de 3,8 jours.

1/ a- Ecrire l'expression littérale du défaut de masse  $\Delta m$  d'un noyau de symbole  ${}^A_Z\text{X}$  et de masse  $m$ .

b- Le défaut de masse du noyau de radium  ${}^{226}_{88}\text{Ra}$  est 1,881u, déterminer son nombre de proton  $Z$ .

2/ Écrire la relation traduisant l'équivalence masse-énergie et préciser les unités.

3/ Le défaut de masse  $\Delta m(\text{Rn})$  du noyau de radon 222 vaut  $3,04 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ .

a- Définir l'énergie de liaison  $E_\ell$  d'un noyau  ${}^A_Z\text{X}$  et donner son expression littérale.

b- Calculer, en joule, l'énergie de liaison  $E_\ell$  du noyau de radon 222.

c- Vérifier que cette énergie de liaison vaut environ  $1,71 \cdot 10^3 \text{ MeV}$ .

d- Calculer, en MeV/nucléon, l'énergie de liaison par nucléon du noyau de radon 222.

4/ Le radium 226 se transforme en radon 222, selon l'équation suivante :  ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + \alpha$

a- Identifier la particule  $\alpha$ .

b- Exprimer l'énergie libérée  $E$  au cours de cette réaction et calculer sa valeur en joule puis en MeV.

6/ En utilisant la loi de décroissance radioactive, montrer qu'au bout de 11,4 jours le pourcentage de noyaux de radon 222 restant par rapport au nombre initial est de 12,5%.

## Correction

### Chimie : (7pts)

#### Exercice n°1 : (4pts)

1/ a- Schéma de la pile

Equation associée :  $\text{Co} + \text{Ni}^{2+} \rightleftharpoons \text{Co}^{2+} + \text{Ni}$

b-  $E^\circ = 0,06\text{V}$ ,  $K = 10^{E^\circ / 0,03} = 100$

2/  $E_i = 0,06 - 0,03 \log \frac{[\text{Co}^{2+}]_0}{[\text{Ni}^{2+}]_0} = 0,06 - 0,03 \log \frac{[\text{Co}^{2+}]_0}{100[\text{Co}^{2+}]_0} = 0,12\text{V}$

$E_i > 0$  l'équation spontanée évolue dans le sens direct :  $\text{Co} + \text{Ni}^{2+} \rightarrow \text{Co}^{2+} + \text{Ni}$

3/ a-  $K = \frac{[\text{Co}^{2+}]_f}{[\text{Ni}^{2+}]_f} \Rightarrow [\text{Ni}^{2+}]_f = \frac{[\text{Co}^{2+}]_f}{K} = \frac{0,49}{100} = 49 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$ .

b-  $\text{Co} + \text{Ni}^{2+} \rightarrow \text{Co}^{2+} + \text{Ni}$

à  $t=0$  excès  $[\text{Ni}^{2+}]_0$   $[\text{Co}^{2+}]_0$  excès

à  $t=t_f$  excès  $[\text{Ni}^{2+}]_f$   $[\text{Co}^{2+}]_f$  excès

avec  $[\text{Ni}^{2+}]_f = [\text{Ni}^{2+}]_0 - y_f$  et  $[\text{Co}^{2+}]_f = [\text{Co}^{2+}]_0 + y_f$

$\Rightarrow [\text{Co}^{2+}]_f + [\text{Ni}^{2+}]_f = [\text{Co}^{2+}]_0 + y_f + [\text{Ni}^{2+}]_0 - y_f = [\text{Co}^{2+}]_0 + [\text{Ni}^{2+}]_0$

c- on a :  $[\text{Ni}^{2+}]_f = 49 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$  et  $[\text{Co}^{2+}]_f = 0,49 \text{ mol.L}^{-1}$

$[\text{Co}^{2+}]_0 + [\text{Ni}^{2+}]_0 = [\text{Ni}^{2+}]_f + [\text{Co}^{2+}]_f = 49 \cdot 10^{-4} + 0,49 = 0,4949$  et  $[\text{Ni}^{2+}]_0 = 100 [\text{Co}^{2+}]_0$  donc :

$[\text{Co}^{2+}]_0 + 100 [\text{Co}^{2+}]_0 = 0,4949 \Rightarrow 101 [\text{Co}^{2+}]_0 = 0,4949 \Rightarrow [\text{Co}^{2+}]_0 = 0,4949 = 0,0049 \text{ mol.L}^{-1}$

et  $[\text{Ni}^{2+}]_0 = 100 \times 0,0049 = 0,49 \text{ mol.L}^{-1}$

d- La masse du Nickel (Ni) augmente :  $\Delta m = y_f \cdot V \cdot M_{\text{Ni}} = 0,4851 \times 0,05 \times 58,7 = 1,423\text{g}$

4/ Il faut ajouter de l'eau dans le compartiment du nickel pour augmenter la valeur de  $\pi$  et par conséquent la fém de la pile devient négative.

#### Exercice n°2 : (3pts)

1/ Les piles alcalines sont des piles sèches et de petite taille.

2/ La pile alcaline contient un métal alcalin (potassium K), elle est dite alcaline.

3/ les couples mis en jeu :  $\text{Zn}(\text{OH})_4^{2-} / \text{Zn}$  et  $\text{HgO} / \text{Hg}$ .

4/ a- La pile alcaline est toxique car elle contient des métaux dangereux et polluant.

b- Il faut récupérer les piles alcalines et ne pas les jetés dans l'environnement.

### Physique (13pts)

#### Exercice n°1 : (5pts)

**Partie I :** 1/ Une fusion nucléaire est une transformation au cours de laquelle deux noyaux légers fusionnent pour former un noyau plus lourd.

2/ La fusion ne se produit qu'à très haute température pour vaincre les forces électriques répulsives entre noyaux.

**Partie II :** 1/  $1\text{ }^1_1\text{H} + 1\text{ }^1_1\text{H} \rightarrow 2\text{ }^2_1\text{H} + 0\text{ }^0_1\text{e}$

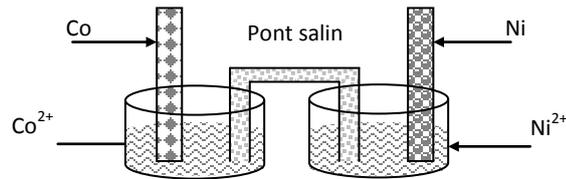
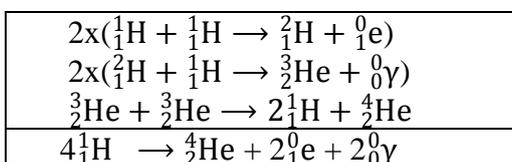
2/ a-  $2\text{ }^2_1\text{H} + 1\text{ }^1_1\text{H} \rightarrow 3\text{ }^3_2\text{He} + 0\text{ }^0_0\gamma$

b- Le noyau formé  $^3_2\text{He}$  possède un surplus d'énergie, il se désexcite en émettant un rayonnement  $\gamma$ .

3/  $3\text{ }^3_2\text{He} + 3\text{ }^3_2\text{He} \rightarrow 2\text{ }^4_2\text{He} + \text{A}\text{X}$  avec  $3+3=2+\text{A} \Rightarrow \text{A}=4$  et  $2+2=2+\text{Z} \Rightarrow \text{Z}=2$  ;  $\text{A}\text{X}$  est noyau d'hélium  $^4_2\text{He}$ .

Et donc l'équation s'écrit :  $3\text{ }^3_2\text{He} + 3\text{ }^3_2\text{He} \rightarrow 2\text{ }^4_2\text{He} + 4\text{ }^4_2\text{He}$ .

4/



### Partie III :

1/ la particule  ${}^0_1e$  est un positon, son émission est due à la transformation d'un proton en un neutron selon la

réaction d'équation :  ${}^1_1p \rightarrow {}^1_0n + {}^0_1e$

2/  $\Delta m = m({}^4_2\text{He}) + 2m({}^0_1e) - 4m({}^1_1\text{H}) = -0,0254u$

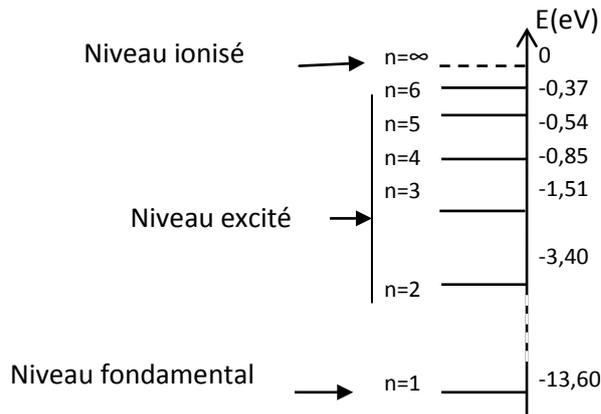
3/  $W = |\Delta m|c^2 = 0,0254 \times 931,5 = 23,6601 \text{MeV}$

### Exercice n°2 : (4pts)

1/ a-

n	1	2	3	4	5	6	$\infty$
$E_n(\text{eV})$	-13,60	-3,40	-1,51	-0,85	-0,54	-0,37	0

b/ et c/



2/ Lors d'une émission  $|\Delta E| = |E_2 - E_n| = \frac{hc}{\lambda_{n \rightarrow 2}} \Rightarrow \lambda_{n \rightarrow 2} = \frac{hc}{|E_2 - E_n|}$

Transition n°1: ( $\lambda_{6 \rightarrow 2} = 410 \text{nm}$ ), transition n°2: ( $\lambda_{5 \rightarrow 2} = 434 \text{nm}$ ),

Transition n°3: ( $\lambda_{4 \rightarrow 2} = 486 \text{nm}$ ), transition n°4: ( $\lambda_{3 \rightarrow 2} = 657 \text{nm}$ ).

3/ a-  $E_2 - E_1 = -3,40 + 13,60 = 10,2 \text{eV} < 12 \text{eV}$ .

L'atome d'hydrogène absorbe le quantum d'énergie dont la valeur est 10,2eV et il transite du niveau fondamental (n=1) au premier niveau excité (n=2).

b/  $E_2 - E_1 = \frac{hc}{\lambda_{1 \rightarrow 2}} \Rightarrow \lambda_{1 \rightarrow 2} = \frac{hc}{E_2 - E_1} = 121,69 \text{nm}$

Exercice n°3:

1/ a-  $\Delta m = Zm_p + (A-Z)m_n - m({}^A_ZX)$

b-  $\Delta m = Zm_p + (A-Z)m_n - m({}^A_ZX) \Leftrightarrow Z = \frac{\Delta m + m({}^A_ZX) - Am_n}{m_p - m_n} = 88$

2/  $E = \Delta m \cdot c^2$  ; les unités : E(J),  $\Delta m(\text{Kg})$  et  $c(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$

3/ a- L'énergie de liaison est l'énergie qu'il faut fournir à un noyau atomique isolé et au repos pour le dissocier en nucléons séparés et immobiles.

$E_L = \Delta m \cdot c^2 = (Zm_p + (A-Z)m_n - m({}^A_ZX)) \cdot c^2$

b-  $E_L({}^{222}_{86}\text{Rn}) = 3,04 \cdot 10^{-7} \times (3 \cdot 10^8)^2 = 2,736 \cdot 10^{10} \text{J}$

c-  $E_L({}^{222}_{86}\text{Rn}) = \frac{2,736 \cdot 10^{10}}{1,6 \cdot 10^{-13}} = 1,71 \cdot 10^3 \text{MeV}$

d-  $\frac{E_L}{A} = \frac{1,71 \cdot 10^3}{222} = 7,70 \text{MeV/nuécléons}$

4/ a- La particule  $\alpha$  est un noyau d'hélium  ${}^4_2\text{He}$

b-  $E = (m(\text{Ra}) - m(\text{Rn}) - m(\alpha)) \cdot c^2 = 5,589 \text{MeV}$

5/  $N(t) = N_0 e^{-\lambda t} \Leftrightarrow N(t=11,4\text{j}) = N_0 e^{-\left(\frac{\ln 2}{3,8}\right) \times 11,4} = 0,125 N_0 \Leftrightarrow \frac{N}{N_0} = 0,125 = 12,5\%$ .