

LA S GAUSA	<b>SCIENCES PHYSIQUES</b>	4 <sup>è</sup> SC1
A.S. : 2022/2023	DEVOIR DE SYNTHESE N° 3	Durée : 3 H

## CHIMIE

Les solutions aqueuses sont considérées à la température  $\theta = 25\text{ }^\circ\text{C}$ .

### EXERCICE N° 1 : ( 6 pts )

On réalise la pile électrochimique :  $\text{Sn} \mid \text{Sn}^{2+}(\text{C}_1) \parallel \text{Pb}^{2+}(\text{C}_2) \mid \text{Pb}$

- Le compartiment à gauche est constitué d'une lame en étain (Sn) plongée dans un volume  $V_1$  d'une solution de  $(\text{Sn}^{2+} + 2\text{Cl}^-)$  de concentration molaire  $\text{C}_1 = 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ . Le potentiel standard du couple  $\text{Sn}^{2+}/\text{Sn}$  est :  $E_1^0 = -0,14 \text{ V}$ .
- Le compartiment à droite est constitué d'une lame en Plomb (Pb) plongée dans un volume  $V_2$  d'une solution de  $(\text{Pb}^{2+} + 2\text{Cl}^-)$  de concentration molaire  $\text{C}_2 = 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ . Le potentiel standard du couple  $\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}$  est :  $E_2^0 = -0,13 \text{ V}$ .

1°) a- Faire le schéma de la pile.

b- Calculer la valeur de la f. é. m standard  $E_p^0$  de la pile.

c- Exprimer la f.é.m  $E$  de la pile en fonction de  $E_p^0$ ,  $\text{C}_1$  et  $\text{C}_2$ . Calculer alors la valeur de  $E$ .

En déduire la polarité de la pile.

2°) La pile alimente un circuit électrique :

a- Ecrire l'équation de la transformation électrochimique qui s'effectue à chacune de ses deux électrodes.

b- En déduire alors l'équation de la réaction spontanée qui se produit dans la pile lorsqu'elle débite.

c- Calculer la valeur de la constante d'équilibre  $K$  relative à la réaction associée à la pile.

3°) On donne le tableau d'avancement de la réaction associée à la pile :

Equation de la réaction		$\text{Sn} + \text{Pb}^{2+} \rightleftharpoons \text{Sn}^{2+} + \text{Sn}$			
Etat	avancement	Quantité de matière			
initial	$x = 0$	-----	$2 \cdot 10^{-2}$	$10^{-3}$	-----
final	$x = x_f$	-----	$2 \cdot 10^{-2} - x_f$	$10^{-3} + x_f$	-----

a- Déterminer les valeurs des volumes  $V_1$  et  $V_2$  des solutions dans les deux compartiments de la pile.

b- Montrer que :  $x_f = 9,88 \cdot 10^{-3} \text{ mol}$ .

c- Calculer les molarités des ions présents lorsque la pile ne débite plus.

4°) Lorsque la pile ne débite plus, on ouvre le circuit électrique et on dilue la solution à gauche ( $n$ ) fois et la solution à droite ( $n+1$ ) fois .

a- Montrer que la nouvelle de la f.é.m. de la pile est :  $E' = -0,03 \log\left(\frac{n+1}{n}\right)$

b- Quelle est la polarité de la pile pour  $n = 5$  ?

### EXERCICE N° 2 : ( 3 pts )

1°) On considère la pile électrochimique ( $P_1$ ) schématisée

ci-contre où :  $[\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{Fe}^{2+}] = 1 \text{ mol.L}^{-1}$

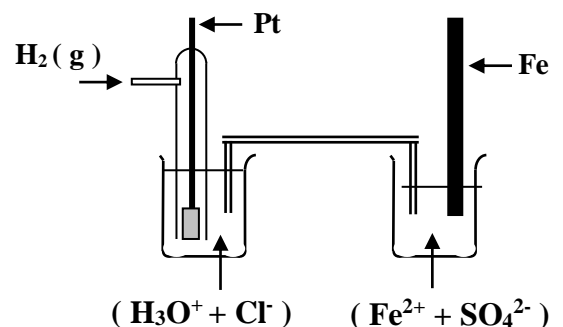
a- Quel est le rôle du pont salin ?

b- Quels sont les couples redox mis en jeu dans la pile ( $P_1$ ) considérée ?

c- Ecrire le symbole de cette pile.

d- La f.é.m de cette pile est :  $E(P_1) = -0,44 \text{ V}$ .

En déduire le potentiel normal du couple :  $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$



2°) On considère maintenant la pile électrochimique (P<sub>2</sub>)

symbolisée par :  $\text{Fe}|\text{Fe}^{2+}(10^{-2} \text{ mol.L}^{-1})||\text{Pd}^{2+}(0,1 \text{ mol.L}^{-1})|\text{Pd}$

a- Ecrire l'équation de la réaction chimique associée à cette pile,

b- La mesure de la f é m de cette pile donne :  $E(\text{P}_2) = 1,3 \text{ V}$ .

Montrer que le potentiel standard du couple :  $\text{Pd}^{2+}/\text{Pd}$  est :  $E_{\text{Pd}^{2+}/\text{Pd}}^0 = 0,83 \text{ V}$

3°) Classer les deux couples redox ( $\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$ ) et ( $\text{Pd}^{2+}/\text{Pd}$ ) par pouvoir réducteur croissant.

## PHYSIQUE

Données :

- La constante de Planck :  $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$
- La célérité de la lumière dans le vide :  $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
- L'unité de masse atomique :  $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ Kg} = 931,5 \text{ Mev.c}^{-2}$
- L'électron-volt :  $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

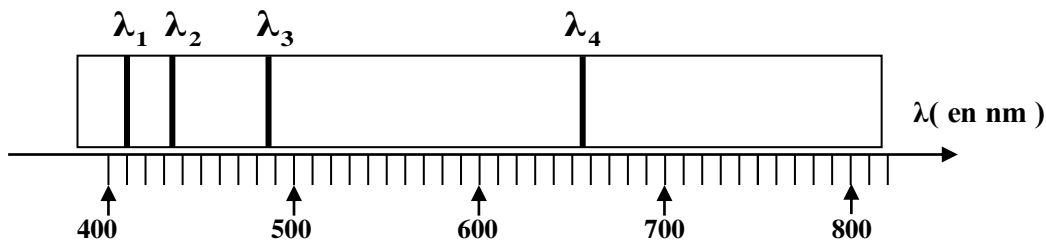
### EXERCICE N° 1 : ( 4,5 pts )

On donne : la masse de l'électron :  $m_e = 9,1 \cdot 10^{-31} \text{ Kg}$ .

Les différents niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés par la formule :

$$E_n = - \frac{E_0}{n^2} \quad \text{avec : } E_0 = 13,6 \text{ eV} \text{ et } n \text{ un entier non nul}$$

On donne ci-dessous le spectre d'émission de l'atome d'hydrogène où seulement les raies situées dans le domaine visible sont représentées :



1°) Recopier et compléter le tableau ci-dessous :

$\lambda$ ( en nm )	$\lambda_1 = \dots\dots\dots$	$\lambda_2 = \dots\dots\dots$	$\lambda_3 = \dots\dots\dots$	$\lambda_4 = \dots\dots\dots$
énergie du photon en eV	$W_{\text{ph}} = \dots\dots\dots$	$W_{\text{ph}} = \dots\dots\dots$	$W_{\text{ph}} = \dots\dots\dots$	$W_{\text{ph}} = \dots\dots\dots$
couleur de la radiation	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$	$\dots\dots\dots$

Couleur	longueur d'onde 1 nm = 10 <sup>-9</sup> m	Fréquence 10 <sup>12</sup> Hz
violet	380 à 450 nm	725
bleu	450 à 490 nm	640
vert	490 à 570 nm	565
jaune	570 à 585 nm	520
orange	585 à 620 nm	500
rouge	620 à 670 nm	465

2°) Lorsque l'atome se désexcite, en passant d'un niveau d'énergie  $E_n$  à un niveau d'énergie  $E_p$  ( $p > n$ ), il émet une radiation de fréquence notée  $\nu_{n,p}$ .

a - Exprimer  $\nu_{n,p}$  en fonction de  $E_n$ ,  $E_p$  et la constante de Planck  $h$ .

b - En déduire l'expression de la longueur d'onde  $\lambda_{n,p}$  émise en fonction  $E_0$ ,  $h$ ,  $C$ ,  $n$  et  $p$ .

3°) On appelle « série de Balmer » l'ensemble des transitions de l'atome d'un niveau  $n > 2$  d'énergie quelconque vers le niveau  $p = 2$ .

a- Montrer que :  $\lambda_{n,p} = K_1 \cdot \frac{4 \cdot n^2}{n^2 - 4}$  où  $K_1$  est une constante

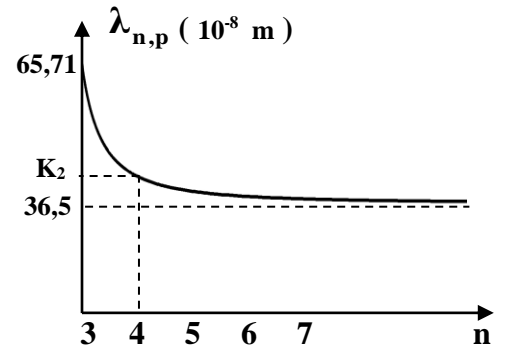
à identifier.

b- Calculer les valeurs limites  $\lambda_{3,2}$  et  $\lambda_{6,2}$  de la série de Balmer.

c- On rappelle que :  $\lim_{x \rightarrow +\infty} \left( \frac{4 \cdot x^2}{x^2 - 4} \right) = 4$

A l'aide de la courbe  $\lambda_{n,p} = f(n)$ , déterminer graphiquement la valeur de  $K_1$ .

d- Que représente la valeur  $K_2$ . Calculer sa valeur.



4°) a- Représenter, sans échelle, le diagramme des niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène. On se limitera à  $n = 6$ .

b- Pourquoi dit-on que l'énergie de l'atome est quantifiée ?

5°) Un photon de fréquence  $\nu = 3,156 \cdot 10^{15}$  Hz arrive sur un atome d'hydrogène.

a- Calculer ; en eV ; l'énergie du photon.

b- Que se passe-t-il :

- Si l'atome est dans son état fondamental ?
- Si l'atome est dans son état excité  $n = 2$  ?
- Si l'atome est dans son état excité  $n = 4$  ?

## EXERCICE N° 2 : ( 4 pts )

### Partie I : Etude d'une désintégration radioactive

Le polonium  ${}_{84}^{210}\text{Po}$  est un noyau radioactif, qui se désintègre avec émission d'une particule  $\alpha$ .

1°) En utilisant les données, écrire l'équation de désintégration produite, en indiquant les lois de conservation à respecter.

2°) Calculer la constante radioactive du polonium  ${}_{84}^{210}\text{Po}$

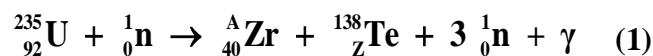
3°) A la date  $t = 0$ , l'activité de l'échantillon vaut :  $A_0 = 1,2 \cdot 10^7$  Bq.

- Déterminer le nombre  $N_0$  de noyaux radioactif présent.
- En déduire la masse de l'échantillon étudié.

4°) A la date  $t$ , l'activité de l'échantillon ne vaut plus que  $5 \cdot 10^5$  Bq. Déterminer la date  $t$ .

### Partie II : Etude de l'énergie libérée lors d'une réaction nucléaire

Le réacteur d'un sous-marin nucléaire fonctionne à l'aide d'uranium enrichi en isotope 235. Les noyaux d'uranium 235 subissent différentes transformations, parmi lesquelles l'une des plus fréquentes est la suivante :



1°) Calculer le défaut de masse du noyau d'uranium  ${}_{92}^{235}\text{U}$

2°) En déduire l'énergie de liaison par nucléon en  $\text{MeV} \cdot \text{nucléon}^{-1}$

3°) a- Quel est le nom de la réaction notée (1) ?

b- Déterminer A et Z.

4°) Déterminer la variation de masse au cours de réaction fission d'un noyau d'uranium en kg.

5°) En déduire ; en MeV ; l'énergie libérée par cette réaction nucléaire.

Données :

• Extrait tableau périodique

Z	80	81	82	83	84	85	86	87	88
Elément	Hg Mercure	Tl Hallium	Pb Plomb	Bi Bismuth	Po Polonium	At Astate	Rn Radon	Fr Francium	Ra Radium

- Demi-vie du polonium  $^{210}_{84}\text{Po}$  :  $t_{1/2} = 138,6$  jours
- Masse molaire du polonium :  $M(\text{Po}) = 209 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ .
- Nombre d'Avogadro :  $N_A = 6,022 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$

Noyau	$^1_1\text{p}$	$^1_0\text{n}$	$^{95}_{40}\text{Zr}$	$^{138}_{52}\text{Te}$	$^{235}_{92}\text{U}$
Masse (en u)	1,00728	1,00866	94,8860	137,901	234,993

### EXERCICE N° 3 : ( 2,5 pts )

#### Le réacteur nucléaire naturel d'Oklo au Gabon

L'uranium naturel se compose de trois isotopes principaux (en % massique) :

$^{235}\text{U}$  (abondance = 99,2745 %) ,  $^{235}\text{U}$  (abondance = 0,7200 %) ,  $^{234}\text{U}$  (abondance = 0,0055 %).

Cependant, dans un gisement situé au Gabon, la composition en est égale à 0,440 %.

Seul l'isotope naturel  $^{235}_{92}\text{U}$  est fissile. Pour l'utiliser dans les réacteurs nucléaires à eau sous pression, il est nécessaire d'enrichir en  $^{235}_{92}\text{U}$  le combustible à base d'uranium naturel; le pourcentage en  $^{235}_{92}\text{U}$  doit atteindre 3% ...

On estime qu'il y a deux milliards d'années, l'abondance de  $^{235}_{92}\text{U}$  était approximativement 3,5%.

On explique la baisse d'abondance anormale de  $^{235}_{92}\text{U}$  dans le gisement du Gabon en faisant l'hypothèse qu'un réacteur naturel a fonctionné sur ce site. On a constaté, au coeur de ce site, une abondance en plus  $^{235}_{92}\text{U}$  élevée que l'abondance moyenne du gisement de 0,44 %. Cela confirme l'existence d'un réacteur nucléaire qui a fonctionné pendant 1,7 milliard d'années.

Vraisemblablement, les eaux souterraines ont contribué à ralentir les neutrons de fission afin de provoquer la réaction en chaîne. On explique ainsi la présence de zones où l'abondance en  $^{235}_{92}\text{U}$  est plus élevée que la moyenne.

Le  $^{238}_{92}\text{U}$  , par capture de neutron, peut se transformer en plutonium qui donne du  $^{235}_{92}\text{U}$  . Des réactions semblables se produisent dans des réacteurs modernes et sont à l'origine de la production de plutonium.

D'après: <http://www.physics.isu.edu>

### Questions :

1°) Pourquoi peut-on affirmer qu'une réaction en chaîne de fission de  $^{235}_{92}\text{U}$  , comme celle qui s'effectue de nos jours dans les réacteurs nucléaires, pouvait avoir lieu il y a deux milliards d'années

2°) a- Comment expliquer la baisse d'abondance anormale de  $^{235}_{92}\text{U}$  dans le gisement du Gabon ?

b- Quel indice permet de confirmer qu'il y a eu un réacteur nucléaire naturel au Gabon ?

3°) Un isotope est dit "fertile" s'il peut engendrer un isotope fissile à l'issue d'une ou plusieurs réactions nucléaires. Citer, d'après le texte, une phrase qui justifier que le  $^{238}_{92}\text{U}$  est fertile .