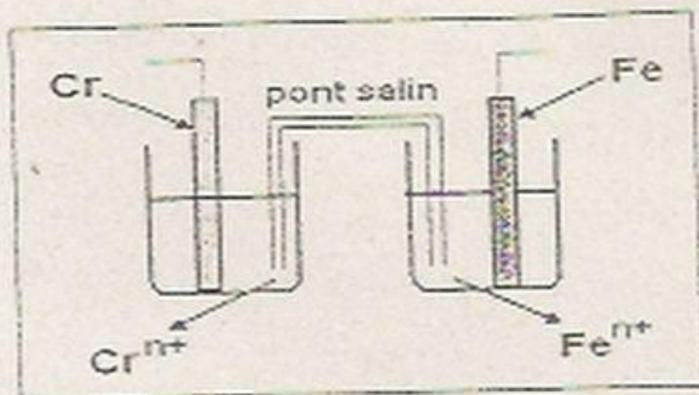


Professeurs: M^{me}: KAMMOUN. Th • M^{me}: BEN AMOR. S, KAMM

CHIMIE (7 points)

Exercice n°: 1 (3 pts)

On donne le schéma d'une pile formée par les couples rédox : Fe^{n+}/Fe et Cr^{n+}/Cr



- 1°) Ecrire l'équation chimique associée à cette pile.
- 2°) Le pont salin est formé d'une solution gélifiée de nitrate de potassium KNO_3 . Quel est le rôle du pont salin ?
- 3°) On donne le graphe de la variation de la f.e.m. E de la pile en fonction de $\log \pi$, avec π la fonction des concentrations associée à cette pile.

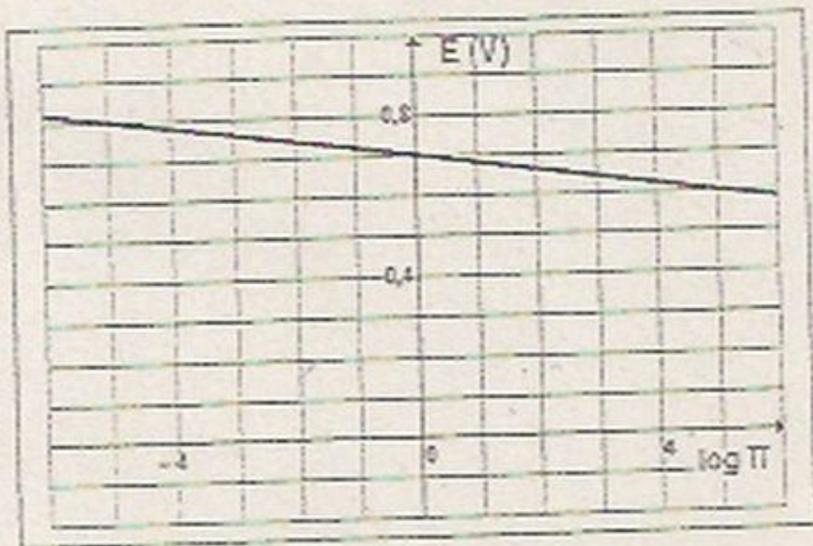
Déterminer à partir de la courbe :

- a- La f.e.m. standard de la pile.
- b- Le nombre d'électrons n mis en jeu entre les deux couples rédox mis en jeu.

4°) On mesure le potentiel standard du couple Cr^{n+}/Cr .

On trouve $E_1^0 = -0,74 V$

- a- Schématiser avec les indications nécessaires la pile permettant de mesurer le potentiel standard du couple Cr^{n+}/Cr .
- b- Déterminer alors le potentiel standard E_2^0 du couple Fe^{n+}/Fe .
- c- Comparer en justifiant le pouvoir oxydant de ces 3 couples Cr^{n+}/Cr , Fe^{n+}/Fe et H_3O^+/H_2 .



Exercice n°: 2 (4 pts)

On Donne :

Masses molaires (en $g \cdot mol^{-1}$) : $Ni = 58,7 g \cdot mol^{-1}$; $Co = 59 g \cdot mol^{-1}$
Les volumes des solutions dans les deux demi-piles sont égaux à $V = 100 mL$.

On considère la pile symbolisée par : $Co | Co^{2+}(C_1) || Ni^{2+}(C_2) | Ni$.

- 1°)
 - a- Ecrire l'équation chimique associée à cette pile.
 - b- Schématiser la pile
- 2°) La constante d'équilibre de la réaction associée à cette pile est $K = 10$.
Etablir l'expression de la f.e.m. standard E^0 de la pile en fonction de K . Calculer E^0 .
- 3°) A partir de l'instant $t_1 = 0$, on laisse la pile débiter un courant.
La valeur initiale de la f.e.m. de la pile à $t_1 = 0$ est $E_1 = 2,1 \cdot 10^{-2} V$.
 - a- Ecrire l'équation de la réaction spontanée quand la pile débite un courant.
 - b- Calculer le rapport $\frac{C_1}{C_2}$.
- 4°) A l'instant t_2 , lorsque la pile ne peut plus débiter du courant, on constate que la masse de la lame de nickel (Ni) a subi une variation de $m_2 = 235 mg$.
 - a- S'agit-il d'une diminution ou d'une augmentation de masse? De combien varie la masse de l'autre lame?
 - b- Calculer l'avancement final x_f de la réaction spontanée.
 - c- Exprimer la constante d'équilibre K en fonction de C_1 , C_2 , V et x_f . Déduire les valeurs de C_1 et C_2 .

Exercice n°: 1 (4 pts)

On rappelle que dans un état donné, l'atome d'hydrogène possède une énergie.

$$E_n = - \frac{13,6}{n^2} \text{ avec } n \in \mathbb{N}^* \text{ et } E_n \text{ en eV}$$

On donne : Constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$
 Célérité de la lumière dans le vide : $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$
 $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$

- 1°) Qu'est ce qu'on entend par énergie quantifiée ?
- 2°) L'atome d'hydrogène étant dans son état fondamental, déterminer la longueur d'onde maximale associée au photon capable d'exciter cet atome.
- 3°) a- Montrer que la variation de l'énergie de l'atome d'hydrogène entre deux niveaux n et p ($p > n$) peut s'écrire :

$$\Delta E = E_p - E_n = \frac{1241}{\lambda} \quad (\lambda \text{ en nm et } \Delta E \text{ en eV})$$

- b- La série de Balmer (située dans le domaine visible) correspond à des transitions vers le niveau $n = 2$. Compléter le tableau suivant :

λ (nm)		656,3		
E_p (eV)	-0,85			
ΔE (eV)				
Niveau p			5	3,02

- 4°) L'atome d'hydrogène est dans son état fondamental. Peut-il absorber un photon d'énergie W tel que :
- 1^{er} cas : $W < -E_1$
 - 2^{ème} cas : $W > -E_1$
- Expliquer dans chaque cas.

Exercice n°: 2 (4,25 pts)

I/

On donne : $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$; $1u = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $1\text{MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$

Noyau	proton	Neutron	Phosphore 30	Phosphore 31	Phosphore 32
Masse (u)	1,0073	1,0087	29,9701	30,9655	31,9657

Les trois principaux isotopes du phosphore P ($Z = 15$) comportent 30, 31 et 32 nucléons.

- 1°) a- Calculer le défaut de masse de l'isotope 30.
- b- Classer les isotopes par ordre croissant de stabilité sachant que :
 - ❖ L'énergie minimale qu'il faut fournir à l'isotope 31 pour le dissocier en nucléons isolés et au repos est 264,4 MeV.
 - ❖ L'énergie de liaison par nucléon de l'isotope 32 est 8,51 MeV/nucléon.

- 2°) L'un de ces isotopes est stable, et les deux autres sont des émetteurs, l'un de particules β^+ et l'autre de β^- . Comment expliquer l'émission des rayonnements β^+ et β^- par ces noyaux ?

II/

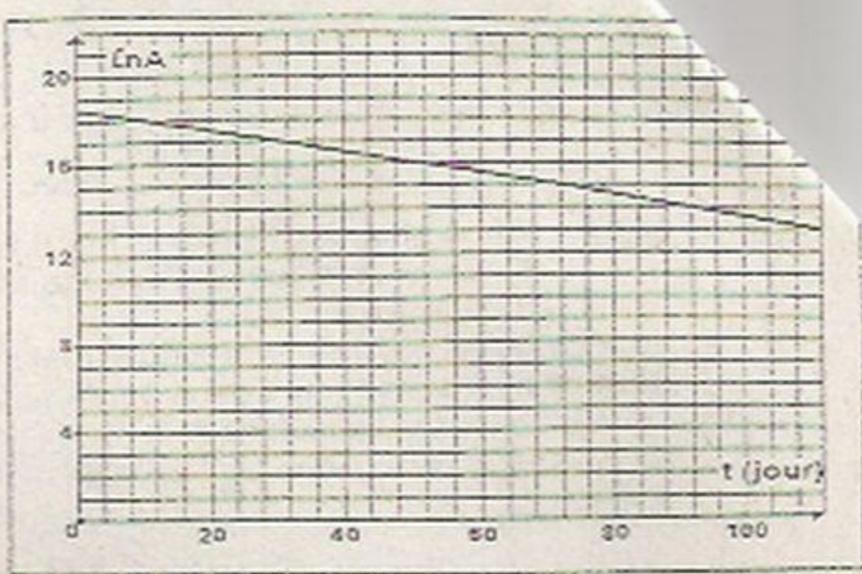
Un patient reçoit par voie intraveineuse une solution de phosphate de sodium contenant une masse m_0 de phosphore 32, émetteur β^- .

- 1°) Ecrire l'équation de la désintégration radioactive de ce noyau en un noyau de soufre S.
- 2°)
 - a- Définir la période radioactive T d'un corps radioactif.
 - b- On donne la courbe $\ln A = f(t)$; A étant l'activité de l'échantillon injecté à la date t . Etablir l'expression de $\ln A(t)$.

(8)

34

- c- Déterminer l'activité A_0 de l'échantillon à $t_0 = 0$
 - d- Déterminer la constante radioactive λ du phosphore 32.
En déduire sa période radioactive T . (T en jours)
 - e- Déterminer la masse m_0 de phosphore 32 injecté.
- 3°) Calculer le nombre de particules β^- émises entre les dates $t_0 = 0$ et $t = 27,6$ jours.



Exercice n°: 3 (4,75 pts)

LE LMJ (LE LASER MÉGAJOULE)

« Dans une cavité en or de quelques millimètres de long, on place une micro-bille contenant quelques dixièmes de milligrammes d'atomes de la famille d'hydrogène : 0,4 mg de deutérium et une masse m de tritium. Les faisceaux laser de longueur d'onde λ égale à 551 nm convergent dans la cavité en émettant une énergie de 1,8 MJ et sont absorbés par les parois qui jouent le rôle d'un four. Dans la micro-bille, de la taille d'un grain de riz, la température et la pression augmentent jusqu'à atteindre les conditions de la réaction de A ce stade, la matière est un mélange d'atomes, d'ions et d'électrons. Grâce à l'intense agitation thermique au centre de la micro-bille, les noyaux, de même charge électrique, de deutérium et de tritium, qui naturellement se repoussent, viennent en contact et se combine dans un temps très court pour former un noyau d'hélium en libérant un neutron. En se produisant simultanément un grand nombre de fois, cette réaction libère un fort dégagement d'énergie. »

D'après <http://aquitaine.unicnam.net/spip.php?article13>

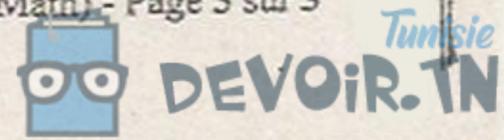
- I/
- 1°) Donner la nature de l'interaction dont il est question dans l'extrait suivant : " les noyaux de même charge électrique de deutérium et de tritium, qui naturellement se repoussent ... "
 - 2°) Rappeler la nature de l'interaction assurant la cohésion du noyau.
 - 3°) Compléter le mot qui manque dans le texte. Donner sa définition.
 - 4°) Calculer l'énergie d'un photon du rayonnement laser.
 - 5°) En tenant compte de l'énergie nécessaire au déclenchement de la réaction qui se produit, justifier l'intérêt du procédé décrit dans le texte.

II/

- Données :
- ☒ célérité de la lumière dans le vide : $C = 3 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$;
 - ☒ constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J} \cdot \text{s}$;
 - ☒ électron-volt : $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$;
 - ☒ unité de masse atomique : $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$.

particule ou noyau	neutron	proton	deutérium	tritium	hélium 3	hélium 4
symbole	${}_0^1n$	${}_1^1p$	${}_1^2H$	${}_1^3H$	${}_2^3He$	${}_2^4He$
masse (en u)	1,00866	1,00728	2,01355	3,01550	3,01493	4,00150

- 1°) Pour provoquer la réaction, on met en jeu deux isotopes de l'hydrogène, le deutérium et le tritium. La réaction deutérium-tritium produit un noyau, un neutron et de l'énergie. Écrire l'équation de la réaction d'un noyau de deutérium et d'un noyau de tritium en précisant les lois utilisées.
- 2°) Calculer l'énergie libérée lors de la réaction de ces deux noyaux.
- 3°) Quelle masse m de tritium doit-on mettre dans la micro-bille pour que les 0,40 mg de deutérium soient totalement consommés lors de la réaction ?
- 4°) Calculer en (Méga joule) l'énergie libérée lors de l'utilisation des 0,40 mg de deutérium. (9)



Professeurs : M^{rs} : BEN AMOR S. - AMMAR M. - CHEFFI A. - BOUSSARSAR H. - KASSIS M.

CHIMIE (7 points)

Toutes les solutions sont prises à 25°C (pK_e = 14).

Exercice 1: (4,5 points)

Lors d'une séance de travaux pratiques, on dispose du matériel suivant :

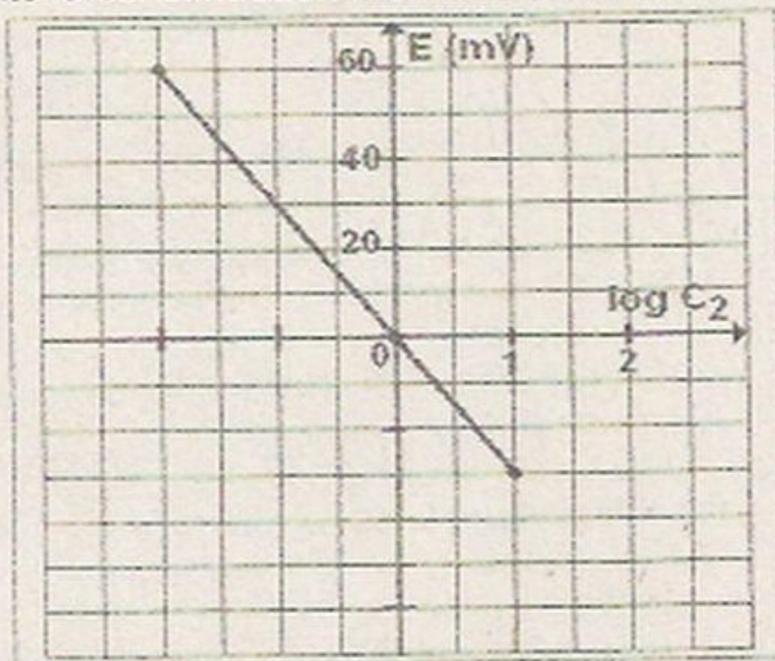
- Une solution aqueuse (S₁) de sulfate de nickel NiSO₄ de concentration molaire C₁.
- Une solution aqueuse (S₂) de sulfate de cobalt CoSO₄ de concentration molaire C₂.
- Des béchers, un pont salin au chlorure de potassium KCl et de l'eau distillée.

On considère les piles (P₁) de symbole : $\text{Co} | \text{Co}^{2+} (\text{C}_2) || \text{Ni}^{2+} (\text{C}_1 = 0,1 \text{ mol.L}^{-1}) | \text{Ni}$.

On mesure la fem de chacune des piles P₁ en maintenant constante la concentration molaire C₁ des ions Ni²⁺.

Les résultats de mesure ont permis de tracer la courbe ci-contre représentant l'évolution de la fem initiale E en fonction de log C₂.

- 1) a- Représenter le schéma de l'une de ces piles.
b- Ecrire l'équation chimique associée à cette pile.
c- Quel est le rôle du pont salin ?
- 2) a- Déterminer graphiquement l'expression de la fem E en fonction de (log C₂).
b- Quelle doit être la valeur de E₀ permettant de justifier l'allure de la courbe.
c- Déterminer la constante d'équilibre de l'équation associée à la pile.
d- Comparer les pouvoirs réducteurs des couples Co²⁺/Co et Ni²⁺/Ni.
- 3) On choisit une pile (P₁) de fem initiale E₀ = 30 mV.
a- Déterminer par calcul la concentration C₂ des ions Co²⁺. Retrouver cette valeur à partir de la courbe.
b- Ecrire l'équation de la réaction spontanée qui a lieu lorsque la pile débite du courant dans un circuit extérieur.
c- Après une durée suffisamment longue la pile ne débite plus du courant. Calculer les concentrations molaires des ions Co²⁺ et Ni²⁺ dans ces conditions (les volumes des deux solutions sont égaux).
- 4) On considère la pile représentée sur la figure -1- de fem E = - 0,250 V.
a- Légèrer cette pile.
b- Préciser la polarité de la pile et donner son symbole.
c- Calculer le potentiel standard du couple Co²⁺/Co.



Exercice 2: (2,5 points)

« Document scientifique »

Il existe une multitude de piles de noms différents, car de nature et de capacité différentes. Les différences entre toutes ces piles proviennent de la diversité des électrodes et des électrolytes qui les constituent.

Les principaux types de piles commercialisées sont les piles salines et alcalines.

Dans la pile alcaline, la borne positive (la cathode) est constituée par un boîtier en acier entouré de dioxyde de manganèse (MnO₂) en poudre. Alors que la borne négative (l'anode) est constituée par un clou en fer ou en acier entouré par du zinc en poudre.

Au cours du fonctionnement de cette pile, il se produit :

- A la cathode : une réduction de dioxyde de manganèse (MnO₂) en MnO(OH).
- A l'anode : une oxydation du zinc en Zn(OH)₂.

Dans les piles salines, l'électrolyte est un gel de chlorure d'ammonium (NH₄⁺ + Cl⁻) et de chlorure de zinc (Zn²⁺ + 2Cl⁻), constituant s appelés "sels" d'où le terme de pile "saline".

Dans les piles alcalines de durée de vie plus grande, l'électrolyte est une solution concentrée d'hydroxyde de potassium (K⁺+OH⁻), constituant appelé "alcalin", à cause de sa nature. En effet, il contient l'ion

...e, ce qui assure une meilleure conduction électrique (circulation plus rapide des ions et donc une ... plus importante).

Questions

- Le document de la figure -2- montre une coupe longitudinale d'une pile alcaline.
 - Compléter la légende en utilisant la liste des mots donnée et en s'appuyant sur le texte.
 - Cette pile est qualifiée de pile sèche et alcaline ? Expliquer.
- Quelle est la différence fondamentale entre les piles salines et alcalines ?
- Quels sont les couples qui interviennent dans la pile alcaline ?
 - Ecrire les équations des transformations au niveau des électrodes de cette pile. En déduire l'équation de la réaction spontanée dans la pile lors de son fonctionnement.

PHYSIQUE (13 points)

Exercice 1: (3,5 points)

Données : Constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34}$ J.s
 Vitesse de la lumière dans le vide : $c = 3 \cdot 10^8$ m.s⁻¹.
 $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19}$ J.

L'ion hélium He^+ ne possède qu'un électron. Ses niveaux d'énergie sont donnés par la relation, $E_n = -\frac{k}{n^2}$

où n est un nombre entier positif et k est une constante positive.

- On considère la transition électronique du niveau d'énergie n au niveau d'énergie p ($p < n$). Exprimer la variation de l'énergie de l'ion correspondant à cette transition et interpréter le signe de cette variation.
- Montrer que la longueur d'onde de la radiation correspondante peut se mettre sous la forme : $\frac{1}{\lambda} = R_{\text{He}} \left(\frac{1}{p^2} - \frac{1}{n^2} \right)$, relation où R_{He} est une constante que l'on explicitera.
- La longueur d'onde du photon correspondant à la transition du niveau 4 au niveau 3 est égale à 469 nm. Calculer la valeur de la constante R_{He} .
- Montrer que E_n , exprimée en eV, peut se mettre alors, sous la forme : $E_n = -\frac{54,4}{n^2}$.
 - En déduire l'énergie d'ionisation de l'ion He^+ .
- Les niveaux d'énergie de l'atome d'hydrogène sont donnés en eV par la relation : $E_n = -\frac{13,6}{n^2}$.
 - L'atome d'hydrogène étant pris dans son 1^{er} état excité reçoit un photon d'énergie $w = 1,89$ eV. En justifiant la réponse, expliquer ce qui se produit.
 - Montrer que l'ion He^+ peut interagir avec un photon ayant la même énergie $w = 1,89$ eV, préciser la transition correspondante.

Exercice 2: (3 points)

On donne : masse du noyau ${}^{222}_{86}\text{Rn}$: $m_{\text{Rn}} = 221,9703$ u
 masse du noyau ${}^{218}_{84}\text{Po}$: $m_{\text{Po}} = 217,9618$ u
 masse de la particule α : $m_{\alpha} = 4,0015$ u

$c = 3 \cdot 10^8$ m.s⁻¹
 $1 \text{ MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13}$ J
 $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27}$ Kg

Le radon ${}^{222}_{86}\text{Rn}$ donne par radioactivité α du polonium Po .

- Ecrire l'équation de la réaction nucléaire.
- Montrer que cette réaction libère de l'énergie. Calculer l'énergie libérée (en J et en MeV).
- Le noyau de radon est au repos avant la désintégration et le noyau de Po est supposé obtenu à l'état fondamental. Sachant que $m_{\alpha} E_{\text{C}\alpha} = m_{\text{Po}} E_{\text{C}\text{Po}}$ ($E_{\text{C}\alpha}$ et $E_{\text{C}\text{Po}}$ sont les énergies cinétiques des noyaux formés juste après la désintégration), calculer $E_{\text{C}\alpha}$ et la vitesse v_{α} juste après la désintégration.



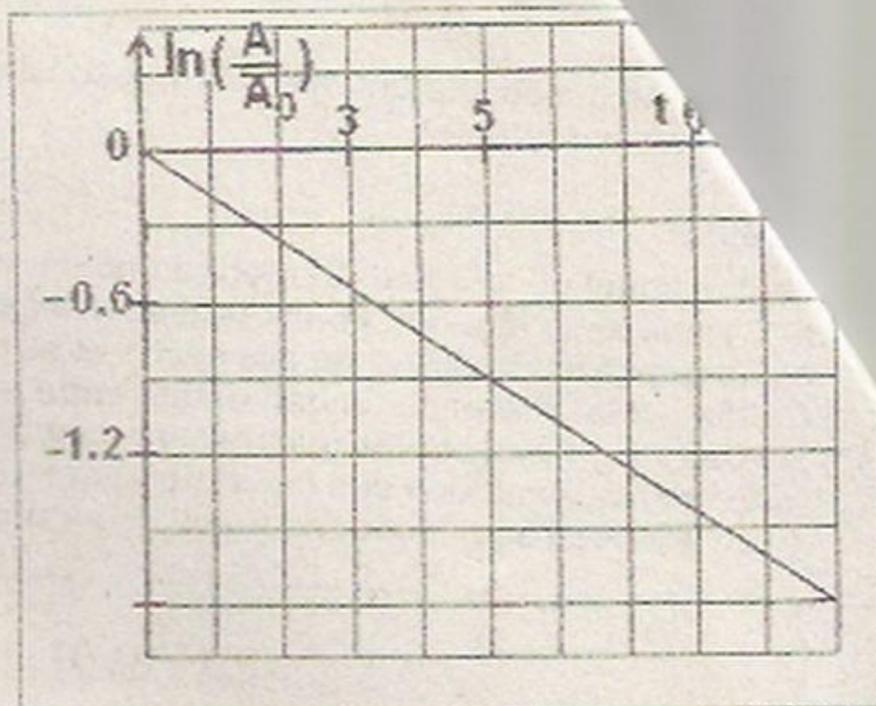
- 4) On considère un échantillon de radon contenant initialement $N_0 = 5 \cdot 10^{22}$ noyaux et d'activité initiale A_0 à la date $t_0 = 0$.

La loi de décroissance radioactive est : 228

$$A(t) = A_0 \cdot e^{-\lambda t}$$

On donne la courbe $\ln\left(\frac{A}{A_0}\right) = f(t)$.

- Déterminer λ et A_0 .
- Définir l'activité d'une substance radioactive.
- Déterminer l'activité (en unité internationale) de l'échantillon à la date $t = 10$ jours.
- En déduire le nombre de noyaux de Po présents à cette date.



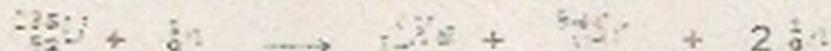
Exercice 3 : (6,5 points)

Données : $1 \text{ MeV} = 1,60 \cdot 10^{-13} \text{ J}$; $1 \text{ u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$
 xénon Xe ($Z=54$) ; césium Cs ($Z=55$) ; baryum Ba ($Z=56$)
 masse d'un proton : $m_p = 1,0073 \text{ u}$; masse d'un neutron : $m_n = 1,0087 \text{ u}$
 masse du noyau $^{235}_{92}\text{U}$: $m(^{235}_{92}\text{U}) = 234,9934 \text{ u}$; masse du noyau $^{139}_{54}\text{Xe}$: $m(^{139}_{54}\text{Xe}) = 139,9216 \text{ u}$
 masse du noyau $^{137}_{55}\text{Cs}$: $m(^{137}_{55}\text{Cs}) = 136,9071 \text{ u}$; masse du noyau $^{94}_{38}\text{Sr}$: $m(^{94}_{38}\text{Sr}) = 93,9154 \text{ u}$

- I/ Un réacteur de centrale nucléaire fonctionne à l'uranium enrichi : 97% d'uranium 238 non fissile dont l'énergie de liaison est $E_f = 1765,72 \text{ MeV}$ et 3% d'uranium 235 fissile.

- Donner la composition du noyau d'uranium $^{235}_{92}\text{U}$.
- Calculer le défaut de masse Δm_0 de ce noyau.
- Calculer l'énergie de liaison du noyau d'uranium $^{235}_{92}\text{U}$.
- Comparer la stabilité des deux noyaux présents dans le réacteur.

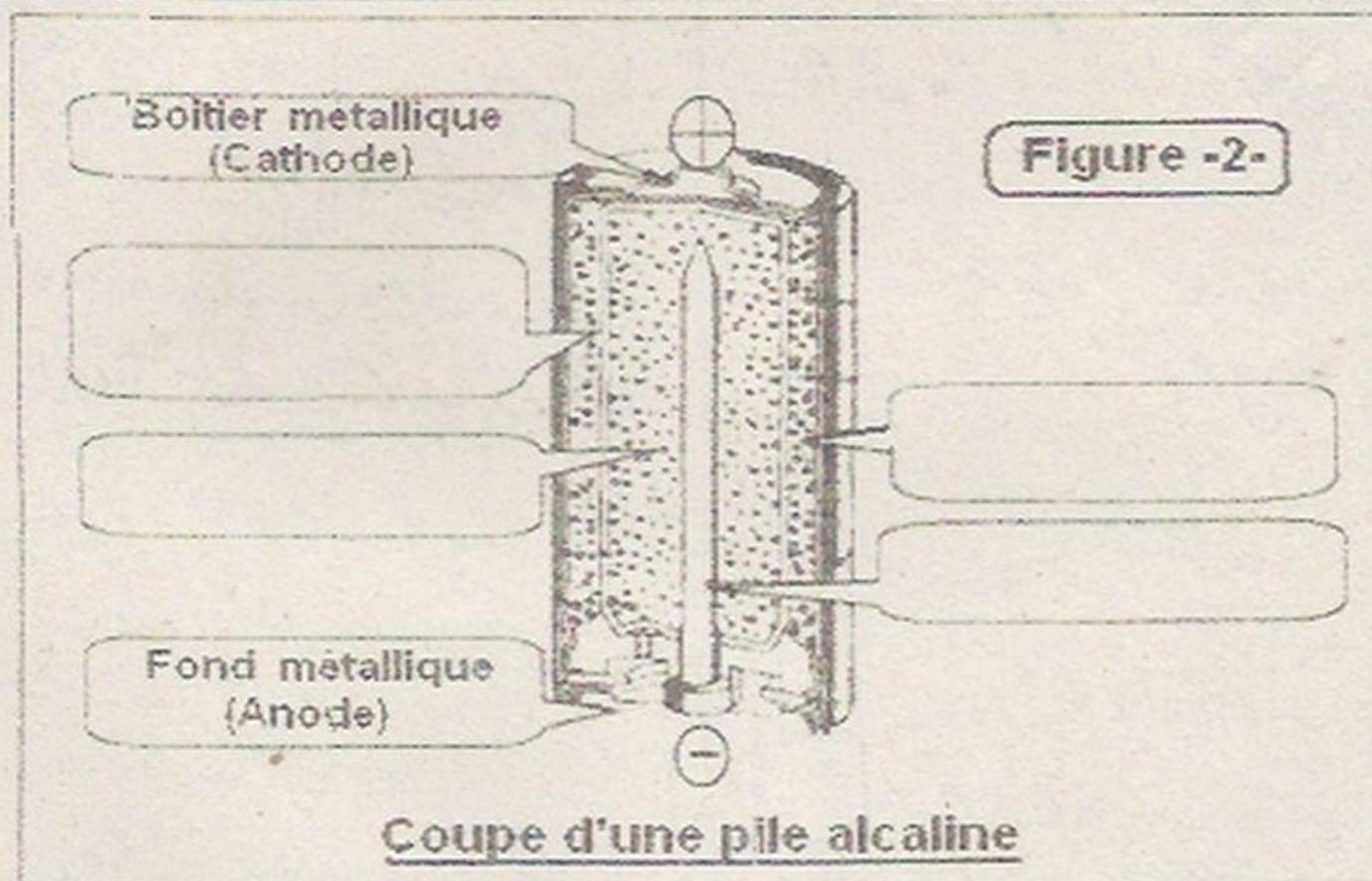
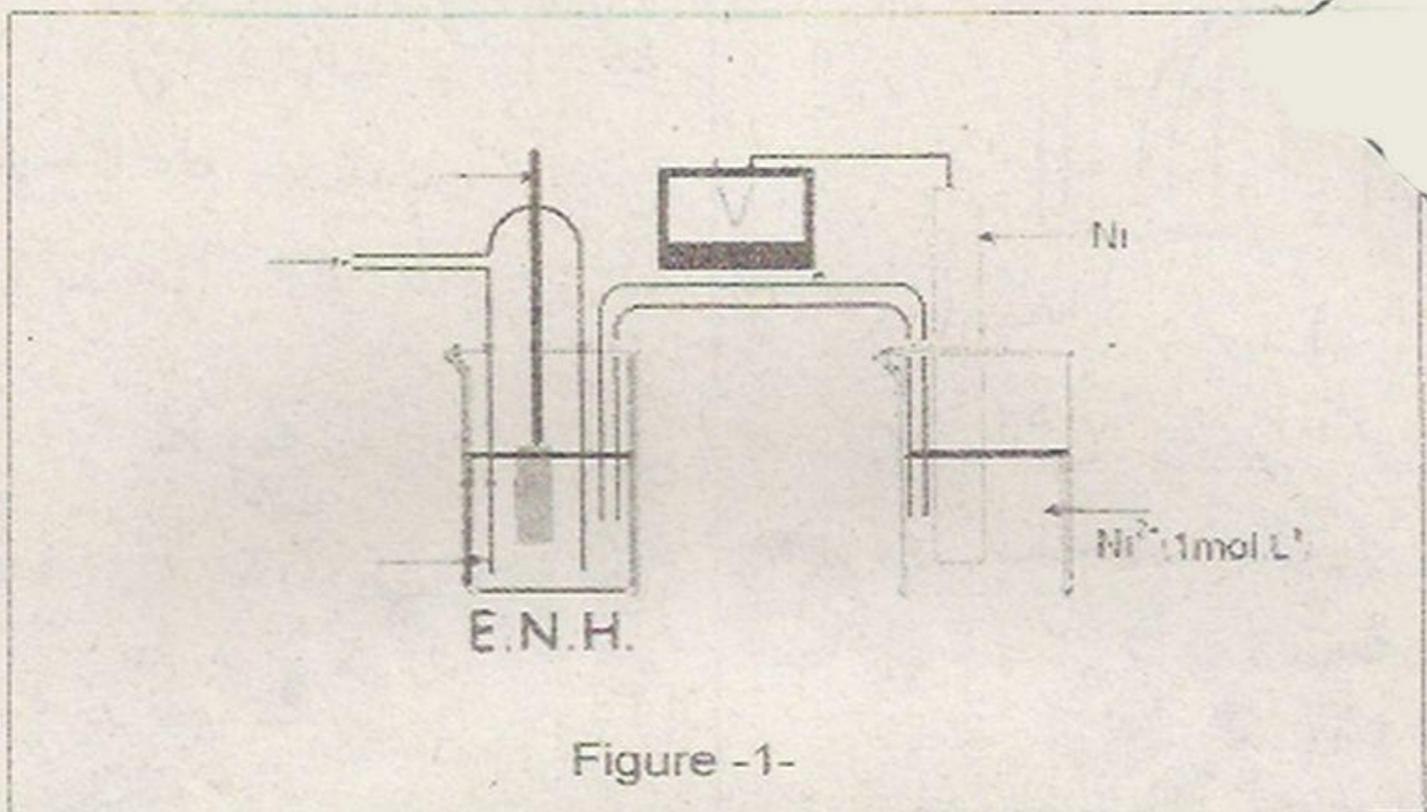
II/ Par capture d'un neutron lent, un noyau d'uranium 235 subit une réaction de fission d'équation



- Calculer les valeurs de x et de y en précisant les lois de conservation utilisées.
- Donner l'expression de l'énergie libérée par la fission d'un noyau d'uranium $^{235}_{92}\text{U}$ puis calculer sa valeur en MeV.
- La masse d'uranium présente initialement dans le réacteur est $m = 2,1 \text{ g}$. Calculer la valeur de l'énergie totale libérée par la fission.

III/ Les produits de fission sont radioactifs et se transforment en d'autres produits, eux-mêmes radioactifs. Parmi ces déchets, on trouve le césium 137, radioactif β^- dont la période est $T = 30$ ans.

- Écrire l'équation de la désintégration d'un noyau de césium 137.
 - Expliquer l'origine de la particule émise.
- Le noyau fils étant formé dans un état excité, quelle est la nature du rayonnement émis lors de la désexcitation du noyau fils ?
- Définir la période d'un noyau radioactif.
- À un instant choisi comme origine des dates, on dispose d'un échantillon de césium 137 de masse m_0 .
 - Donner l'expression littérale de la masse m de césium 137 restant à l'instant de date t en fonction de m_0 , T et t .
 - Montrer qu'à la date $t = nT$, la fraction de la masse initiale restante vaut : $\frac{m}{m_0} = \frac{1}{2^n}$.
 - En déduire la durée approximative au bout de laquelle la masse restante de césium 137 est égale à 0,1% de sa masse initiale.



- Liste des mots : - Hydroxyde de potassium.
 - Dioxyde de manganèse + graphite en poudre.
 - Zinc en poudre.
 - Clou en fer

Lycée pilote de Bizerte	Devoir de synthèse N°3	Prof : KEDIDI
2018/2019	Durée : 3h	Classe : 4Math ₁

CHIMIE

Exercice N°1 : (2,5 points) « Etude d'un document scientifique »

Pile alcaline et environnement

La pile alcaline est formée :

- d'une anode constituée par un conducteur métallique placé au centre de la pile et en contact avec un gel de poudre de zinc et de KOH, d'où le nom de pile alcaline.
- d'un pont électrolytique de KOH qui permet le passage des ions.
- d'une cathode qui est un mélange homogène de MnO₂ et de poudre de carbone graphite. Ce mélange est en contact avec le boîtier en acier qui forme un bouton au sommet de la pile.

Le zinc cède des électrons selon l'équation : $\text{Zn} + 4 \text{OH}^- \rightarrow \text{Zn(OH)}_4^{2-} + 2 \text{e}^-$.

Le dioxyde de manganèse capte des électrons selon l'équation :
 $\text{MnO}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{e}^- \rightarrow \text{MnOOH} + \text{OH}^-$.

Si un circuit extérieur relie ces deux électrodes, une réaction chimique se produit spontanément créant ainsi un courant électrique.

En Belgique, par exemple, on vend quelque 100 millions de piles par an. Lorsqu'elles sont usagées, leur contenu s'échappe et se trouve entraîné avec l'eau de pluie jusque dans les fleuves et les nappes phréatiques.

Les piles sont à l'origine de rejets de métaux lourds toxiques dans l'environnement (mercure, plomb, cadmium, zinc, nickel...). Lorsqu'ils se retrouvent dans la chaîne alimentaire, les métaux lourds peuvent se révéler très toxiques pour l'homme ou pour l'animal. En effet, ils sont bien souvent cancérigènes et peuvent occasionner des allergies, des troubles du système reproducteur et des effets neurotoxiques.

Si les piles sont indispensables pour certains usages (pace maker, appareils auditifs), de nombreux appareils peuvent s'en passer : les montres, les calculatrices, les balances de cuisine, les réveils, etc. Lorsqu'on est amené à faire un achat, portons notre préférence sur des appareils fonctionnant avec d'autres sources d'énergie ou sur secteur ou des piles rechargeables. Après utilisation, surtout ne jetons jamais nos piles dans la nature ou dans la poubelle. Participons à la collecte.

D'après un site internet.

Questions :

- 1) La pile décrite dans le texte est qualifiée d'alcaline. Justifier cette qualification.
- 2) Préciser, en le justifiant, la polarité des électrodes de cette pile.
- 3) Compléter le schéma de la figure 1 de la feuille annexe (à rendre avec la copie).
- 4) Ecrire l'équation chimique de la réaction qui se produit spontanément lorsque la pile débite un courant dans un circuit extérieur.
- 5) Préciser les dangers des piles usées.
- 6) Préciser les mesures à prendre pour éviter ces dangers.

Exercice N°2 : (4,5 points)

On supposera qu'aucune des électrodes ne sera complètement consommée et que les volumes des solutions dans les deux compartiments restent constants et égaux. La température est maintenue constante $T = 25^{\circ}\text{C}$.

On réalise une pile électrochimique (P) constituée par l'E.N.H placée à gauche et la demi-pile qui met en jeu le couple redox Sn^{2+}/Sn placée à droite. La concentration en ions Sn^{2+} est $C = 1\text{mol.L}^{-1}$. Les deux demi-piles sont reliées par un pont salin. La mesure de la fem initiale de cette pile donne $E_1 = -0,14\text{V}$.

- 1) Compléter le schéma de cette pile sur la figure 2 de la feuille annexe.
- 2) Donner le symbole de cette pile et écrire son équation chimique associée.
- 3) Préciser les rôles du pont salin.
- 4) Préciser, en le justifiant, la valeur du potentiel standard d'électrode du couple Sn^{2+}/Sn .
- 5) On réalise une deuxième pile (P') constituée de deux demi-piles (A) et (B) reliés par un pont salin. La demi-pile (A) comporte une électrode en plomb Pb plongée dans une solution aqueuse contenant des ions plomb Pb^{2+} de concentration molaire C_1 . La demi-pile (B) comporte une électrode en étain Sn plongée dans une solution aqueuse contenant des ions d'étain Sn^{2+} de concentration molaire C_2 . Cette pile (P') a une fem standard $E_2^0 = 0,01\text{V}$ et une fem initiale $E_2 = -0,02\text{V}$.
 - a- Exprimer E_2 en fonction de E_2^0 et de la valeur initiale de la fonction des concentrations π_i . Calculer π_i .
 - b- Sachant que $C_2 > C_1$, Ecrire, en le justifiant, l'équation chimique associée à la pile (P') et écrire son symbole.
 - c- Déduire la valeur du potentiel standard d'électrode du couple Pb^{2+}/Pb .
- 6) On relie les bornes de la pile (P') à un circuit extérieur comportant un dipôle résistor. Après une certaine durée de fonctionnement, la pile ne débite plus de courant et la concentration en ions Sn^{2+} devient égale à $7,51 \cdot 10^{-2} \text{mol.L}^{-1}$.
 - a- Ecrire, en le justifiant, l'équation chimique de la réaction qui se produit spontanément dans la pile avant d'atteindre l'équilibre chimique.
 - b- Calculer la valeur de la constante d'équilibre relative à l'équation associée à (P'). Déduire la valeur de la concentration en ions Pb^{2+} à l'équilibre chimique.
 - c- Déterminer les concentrations molaires C_1 et C_2 .
 - d- Prévoir, en le justifiant, le signe de la fem de (P') si on provoque une perturbation dans le compartiment contenant la lame d'étain dans les deux cas suivants :
 - La dissolution de quelques cristaux d'un sel d'étain II.
 - L'ajout de quelques gouttes d'une solution aqueuse de soude NaOH.

PHYSIQUE

On donne : la constante de Planck : $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J.s}$;
la célérité de lumière dans le vide $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.
 $1 \text{ eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

Spectre de la lumière rose : $640 \text{ nm} \leq \lambda \leq 680 \text{ nm}$.
Spectre de la lumière visible : $400 \text{ nm} \leq \lambda \leq 780 \text{ nm}$

Exercice N°1 : (5 points)

La grande nébuleuse d'Orion comporte quatre étoiles très chaudes rayonnant de la lumière, au sein d'un grand « nuage » de gaz interstellaire constitué de majorité d'atomes d'hydrogène. Les niveaux d'énergie quantifiés de l'atome d'hydrogène sont donnés par la relation

$$E_n = \frac{-13,6}{n^2} \text{ (en eV) où } n \text{ est un entier positif non nul.}$$



- 1) Définir l'énergie d'ionisation d'un atome d'hydrogène. Calculer sa valeur en J.
- 2) Calculer la fréquence de la radiation susceptible de réaliser cette ionisation.
- 3) Un atome d'hydrogène, pris dans son premier état excité, reçoit un photon. Ce photon est absorbé et l'atome passe alors au 3^{ème} état excité.
 - a- Donner 4 caractéristiques du photon.
 - b- Déterminer l'énergie de ce photon en J.
 - c- L'atome se désexcite. Préciser la transition possible pouvant donner la radiation visible dont la fréquence ν est la plus grande.
Déterminer la valeur de ν .
- 4) Le gaz interstellaire de la nébuleuse d'Orion étant ionisé, des électrons arrachés sont captés par des protons au repos (atomes d'hydrogène ionisés) pour former des atomes d'hydrogène dans un état excité. Un atome d'hydrogène excité se désexcite ensuite progressivement. Parmi les transitions possibles, on envisage le passage de l'atome d'hydrogène du niveau $p = 3$ au niveau $n = 2$.
 - a- Calculer la longueur d'onde, dans le vide, de la radiation correspondante à cette transition.
 - b- Préciser, en le justifiant, si cette radiation est visible. Justifier alors la couleur rose de la nébuleuse d'Orion.
- 5) L'électron avant sa capture par l'ion hydrogène H^+ a une énergie E_c . Quand l'atome se désexcite, après capture de l'électron, il passe à l'état excité caractérisé par son niveau d'énergie E_2 , en émettant un photon de fréquence ν . L'énergie totale du système (ion + électron) est conservée.
 - a- Exprimer E_c en fonction de E_2 , h , c et λ . Justifier la réponse.
 - b- L'énergie cinétique moyenne des électrons est liée à la température qui règne à la surface de l'étoile par la relation $E_c = \frac{3}{2} kT$ où $k = 1,38 \cdot 10^{-23} \text{ J.K}^{-1}$ (constante de Boltzmann) et T la température en degré Kelvin. $0^\circ\text{C} = 273,15^\circ\text{K}$. On constate que la plus petite longueur d'onde, dans la bande d'émission des raies de la nébuleuse d'Orion, est $\lambda = 245 \text{ nm}$ dans le vide.
 - b₁**- Montrer que cette raie correspond à $(E_c)_{\text{max}}$.
 - b₂- Calculer en $^\circ\text{C}$ la valeur maximale de la température qui règne à la surface de l'étoile.

Exercice N°2 : (8 points)

On donne : 1 unité de masse atomique : $1u = 1,6605 \cdot 10^{-27} \text{kg} = 931,5 \text{MeV} \cdot c^{-2}$. Les masses molaires suivantes en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$. $M(^{235}_{92}\text{U}) = 235$ et $m(^3_2\text{He}) = 3$.

Le nombre d'Avogadro : $N = 6,02 \cdot 10^{23}$.

Proton	neutron	Electron	$^{235}_{92}\text{U}$	$^{94}_{38}\text{Sr}$	$^{140}_{54}\text{Xe}$
$m_p = 1,0073u$	$m_n = 1,0087u$	$m_e = 5,486 \cdot 10^{-4}u$	$m_U = 234,9935u$	$m_{Sr} = 93,8945u$	$m_{Xe} = 139,892u$

I) 1) a- Définir l'énergie de liaison d'un noyau.

b- Déterminer en MeV la valeur de l'énergie de liaison du noyau $^{235}_{92}\text{U}$ ainsi que son énergie de liaison par nucléon.

2) Sous l'impact d'un neutron, un noyau d'uranium 235 peut subir une fission, dont les produits sont le strontium $^{94}_{38}\text{Sr}$ et le xénon $^{140}_{54}\text{Xe}$ et des particules à identifier.

a- Ecrire l'équation de cette réaction de fission en précisant les lois de conservation qui la régissent.

b- Calculer en J l'énergie libérée par 1g d'uranium 235 au cours de cette réaction de fission.

3) On considère la réaction de fusion nucléaire suivante : $^3_2\text{He} + ^3_2\text{He} \rightarrow ^4_2\text{He} + 2\ ^1_1\text{H}$

a- Définir la fusion nucléaire.

b- La perte de masse correspondant à la fusion de deux noyaux d'hélium 3 est $\Delta m = 1,37 \cdot 10^{-3} u$. Calculer en J l'énergie libérée par la fusion de 1g d'hélium 3.

II) Actuellement des techniques telles que la scintigraphie sont utilisées en médecine grâce à des substances radioactives comme le technétium. Le technétium, se fixant préférentiellement sur les lésions osseuses du squelette, peut être détecté par une gamma-caméra. Ce dernier fournit par la suite une image du squelette appelée scintigraphie osseuse. Tous les noyaux du technétium sont radioactifs.

1) L'isotope 97 du technétium $^{97}_{43}\text{Tc}$ de période radioactive 90,1 jours, est synthétisé en bombardant un noyau de molybdène $^{96}_{42}\text{Mo}$ avec un noyau de deutérium ^2_1H .

a- Ecrire l'équation de la réaction de synthèse du technétium 97 à partir du molybdène 96 en précisant les valeurs de A et Z sachant qu'il se forme en même temps un neutron.

b- Préciser à quel élément chimique appartient le deutérium.

2. L'isotope 99 du technétium présente la particularité et l'avantage de pouvoir être produit sur place par désintégration du molybdène 99. Un technicien prépare une dose de technétium 99. Après deux heures, son activité étant égale à 79,5 % de sa valeur initiale, on l'injecte à un patient.

a- Ecrire l'équation de la réaction nucléaire permettant d'obtenir le technétium 99 à partir du molybdène 99. Préciser le type de désintégration dont il s'agit.

b- Définir l'activité d'une source radioactive et établir la relation entre l'activité, la constante radioactive et le nombre de noyaux présents.

c- Déterminer la valeur de la période radioactive du technétium 99.

3) a- L'activité maximale des doses administrées en technétium 99 ne doit pas dépasser 10^9 Bq. Déterminer la masse maximale de technétium 99 que doit contenir la dose préparée. La masse de $^{99}_{43}\text{Tc} = 98,882u$.

b- Le médecin porte son choix sur le produit qui disparaît le plus vite. Préciser, en le justifiant, lequel des deux isotopes du technétium va-t-il choisir.

CHIMIE (7 points)

Exercice n°1 (3 points)

Toutes les expériences sont réalisées à 25°C, température à laquelle : $K_e = 10^{-14}$.

On dispose de trois solutions aqueuses basiques (S₁), (S₂) et (S₃) contenues dans trois flacons (A), (B) et (C) dont les étiquettes sont abîmées.

- ⊗ (S₁) : Solution aqueuse d'hydroxyde de sodium NaOH (base forte) de concentration molaire C₁ = 10⁻² mol.L⁻¹.
- ⊗ (S₂) : Solution aqueuse de N,N-diméthylméthanamine (CH₃)₂N de concentration molaire C₂ = 2,5.10⁻² mol.L⁻¹.
- ⊗ (S₃) : Solution aqueuse d'ammoniac NH₃ de concentration molaire C₃ = 10⁻¹ mol.L⁻¹.

Afin d'identifier les contenus des flacons (A), (B) et (C), on réalise les deux expériences suivantes :

- ⊗ **Expérience A :** On prélève un volume V₀ = 10 mL de la solution contenue dans le flacon (A) et à l'aide d'une burette graduée on ajoute progressivement une solution d'acide chlorhydrique HCl (acide fort) de concentration molaire C_a = 2,5.10⁻² mol.L⁻¹ et à l'aide d'un pH-mètre on suit l'évolution de pH du mélange.
- ⊗ **Expérience B :** On prélève un volume V₀ = 10 mL de la solution contenue dans le flacon (B) et on procède de la même manière que l'expérience A.

Le tableau suivant présente des valeurs de pH du mélange réactionnel pour différents volumes de la solution d'acide versée.

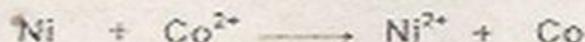
V _a (ml.)	0	5	10	20
pH du mélange pour l'expérience A	11,1	9,8	5,85	2,07
pH du mélange pour l'expérience B	11,1	10,04	9,68	9,2

- 1°) Faire le schéma annoté de l'une des expériences réalisées.
- 2°) a- En calculant le pH de (S₁), montrer qu'elle est contenue dans le flacon (C).
b- Montrer que les bases contenues dans (A) et (B) sont faibles.
- 3°) a- Ecrire l'équation simplifiée de la réaction entre un acide fort et une base B faible.
b- Donner, en le justifiant, le caractère acide, basique ou neutre du milieu à l'équivalence pour les deux expériences réalisées.
c- Déterminer, pour un prélèvement de volume V₀ = 10 mL de la solution (S₂), le volume de la solution d'acide chlorhydrique versée à l'équivalence.
Répondre à la même question pour un prélèvement de volume V₀ = 10 mL de la solution (S₃).
d- Identifier alors les contenus des flacons (A) et (B).
- 4°) Comparer, de deux façons, les forces relatives des deux bases contenues respectivement dans les flacons (A) et (B).

Exercice n°2 (4 points)

On donne : les masses molaires atomiques : en g.mol⁻¹ : Ni = 58,7 ; Co = 58,9

A l'aide des deux couples Co²⁺/Co et Ni²⁺/Ni, on réalise, à la température 25°C, une pile (P). L'équation de la réaction spontanée, lorsque la pile (P) débite un courant dans un circuit extérieur, est :



La force électromotrice (fem) initiale de la pile (P) est E_i = - 9.10⁻³ V.

- 1°) a- Ecrire l'équation associée à la pile (P).
b- Schématiser la pile (P) et donner son symbole.
c- Préciser la polarité de cette pile.
- 2°) La constante d'équilibre relative à l'équation associée à la pile (P) est K = 10.
a- Calculer la fem standard E° de la pile (P).
b- Comparer les pouvoirs réducteurs des deux couples redox.
- 3°) Le potentiel standard du couple Ni²⁺/Ni est E°(Ni²⁺/Ni) = -0,25V.
a- Définir le potentiel standard d'un couple redox.
b- Schématiser, avec toutes les indications, la pile permettant de mesurer E°(Ni²⁺/Ni).
c- Calculer le potentiel standard du couple Co²⁺/Co.

Après une durée de fonctionnement, la pile ne débite plus du courant.
 La masse de l'une des électrodes de la pile a diminué de $\Delta m = 0,411 \text{ g}$.

- a- Calculer l'avancement final x de la réaction spontanée.
 - b- Montrer que les concentrations initiales des solutions constituant la pile (P) sont : $[\text{Ni}^{2+}]_i = 7,7 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$ et $[\text{Co}^{2+}]_i = 1,54 \text{ mol.L}^{-1}$.
- Les deux solutions dans les deux compartiments ont le même volume $V = 0,1 \text{ L}$ supposé constant au cours du fonctionnement de la pile.
- 5°) On ajoute de l'eau dans l'une des solutions de la pile (P) qui ne débite plus du courant.
 On constate que la fem prend la valeur $E = 6,1 \cdot 10^{-3} \text{ V}$.
- a- Dire, en le justifiant, laquelle des deux solutions a été diluée.
 - b- Calculer le volume V_e d'eau ajoutée.

PHYSIQUE (13 points)

Exercice n° 1 : (2,25 points)

La lumière : quelques repères historiques

Depuis que la science préoccupe l'humanité, la nature de la lumière est une des questions essentielles à laquelle les physiciens ont tenté de répondre. Cette question est toujours d'actualité, puisque plusieurs descriptions de la lumière coexistent aujourd'hui, complémentaires mais reposant sur des théories différentes !

Christian HUYGENS (1629 – 1695), physicien néerlandais, observe que la lumière peut être éparpillée lorsqu'elle est interceptée par un obstacle (de faible dimension). Ce phénomène avait été observé depuis longtemps pour les ondes sonores, les ondes à la surface de l'eau, etc ; et avait été appelé [.....]. Par analogie, Huygens postule donc que la lumière peut être décrite comme une onde : une « onde lumineuse ».

Maxwell (1831 – 1879) a établi par le calcul, que si sa théorie était juste, il pouvait exister des « ondes électromagnétiques », c'est-à-dire la vibration simultanée d'un champ électrique et d'un champ magnétique, qui se propage dans l'espace. Pour Maxwell, les ondes électromagnétiques nécessitent un milieu pour se propager. Maxwell postule que la lumière n'est qu'un cas particulier d'onde électromagnétique.

Heinrich Rudolf Hertz (1857, 1894), ingénieur allemand, est considéré comme celui qui a apporté la preuve expérimentale des prévisions de Maxwell. En effet, il a créé des ondes électromagnétiques à l'aide d'un dispositif appelé « oscillateur de Hertz » (et qui équivaut approximativement à ce que nous appelons aujourd'hui une antenne). Les ondes électromagnétiques générées par Hertz n'étaient pas visibles. Cependant Hertz a pu mesurer leur célérité : environ 300 millions de mètres par seconde dans l'air de l'atmosphère terrestre.

QUESTIONS :

- 1) a- Extraire du texte l'observation qui est à l'origine de l'idée consistant à décrire la lumière comme une onde.
 b- Quel est le nom correspondant au phénomène entre [.....] manquant dans le texte?
- 2) Une des prévisions de Maxwell est aujourd'hui considérée comme fautive. Laquelle ?
- 3) Les ondes électromagnétiques que l'œil peut percevoir constituent ce qu'on appelle « le domaine visible ». Les fréquences des ondes appartenant au domaine visible sont comprises entre $4,00 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$ et $7,50 \cdot 10^{14} \text{ Hz}$.
 a- Calculer les longueurs d'ondes dans le vide λ_{min} et λ_{max} qui délimitent le domaine visible.
 b- Décrire brièvement une expérience qui permet de vérifier à l'œil nu que la lumière blanche est une onde formée d'une infinité de radiations. Nommer le phénomène.
- 4) a- Donner un exemple de phénomène qui ne peut pas être expliqué par l'aspect ondulatoire de la lumière.
 b- Quel est l'aspect de la lumière qui permet de l'expliquer ?



Exercice n° 2 (4,25 points)

Données :

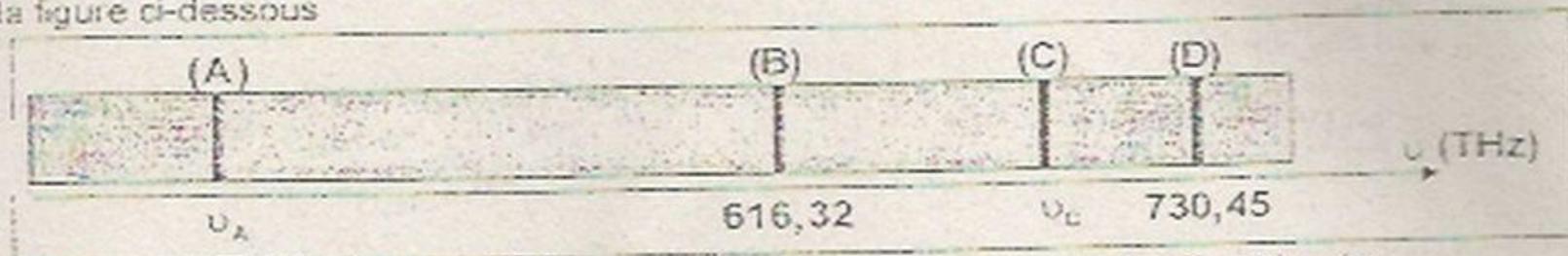
$$\text{Constante de Planck : } h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s} \\ 1\text{eV} = 1,6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$$

$$\text{Célérité de la lumière dans le vide : } c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1} \\ 1\text{THz} = 1 \text{ Terahertz} = 10^{12} \text{ Hz}$$

La fréquence ν du spectre visible : $400 \cdot 10^{12} \text{ Hz} \leq \nu \leq 750 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$

Noter bien : une valeur (n) est considérée entière si elle est obtenue avec une précision au millième

La vapeur d'hydrogène traversée par un faisceau de lumière blanche à travers un spectroscopie donne lieu au spectre continu de lumière blanche qui lui manque les quatre raies notées (A), (B), (C) et (D) et présenté sur la figure ci-dessous



- 1°) a- Expliquer la formation des traits noirs sur le spectre continu de la lumière blanche.
b- En se basant sur ce spectre, expliquer la quantification de l'énergie de l'atome d'hydrogène
- 2°) Rappeler l'expression de l'énergie E_n de l'atome d'hydrogène pour un niveau d'énergie n avec E_A en eV et n un entier naturel non nul
- 3°) Les atomes d'hydrogène pris dans un état d'énergie caractérisé par $n = 2$, absorbent des photons correspondant à une radiation visible de fréquence ν_n et passent vers un état d'énergie caractérisé par $n > 2$.
 - a- Montrer que la fréquence des photons absorbés vérifie la relation : $\nu_n = 821,75 \cdot \left(1 - \frac{4}{n^2}\right)$ (en THz)
 - b- Déterminer les valeurs possibles de n qui correspondent aux traits noirs observés sur la figure ci-dessus.
 - c- En déduire les valeurs de ν_A et ν_C
 - d- Déterminer la fréquence minimale ν_i du photon absorbé par l'atome d'hydrogène pris dans l'état d'énergie caractérisé par $n = 2$ pour qu'il passe à son état ionisé
- 4°) L'atome d'hydrogène pris dans un état d'énergie caractérisé par $n < 3$, restitue de l'énergie en émettant un photon correspondant à une radiation de longueur d'onde λ_0 . Calculer sa valeur.
- 5°) On suppose que l'atome d'hydrogène est dans son état fondamental. Décrire ce qui se produit quand il est éclairé successivement par les radiations de fréquences respectives : $\nu_1 = 308,16 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$ et $\nu_2 = 362,54 \cdot 10^{12} \text{ Hz}$.

Exercice n° 3 : (6,5 points)

LES DEUX PARTIES (I) ET (II) SONT INDEPENDANTES

I/ On donne : $m({}_{83}^{212}\text{Bi}) = 211,94647 \text{ u}$; $m(\text{Tl}) = 207,93759 \text{ u}$; $m(\alpha) = 4,0015 \text{ u}$
 $1\text{u} = 931,5 \text{ MeV}\cdot\text{c}^{-2}$; $1\text{MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J}$; $c = 3 \cdot 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$; $h = 6,62 \cdot 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

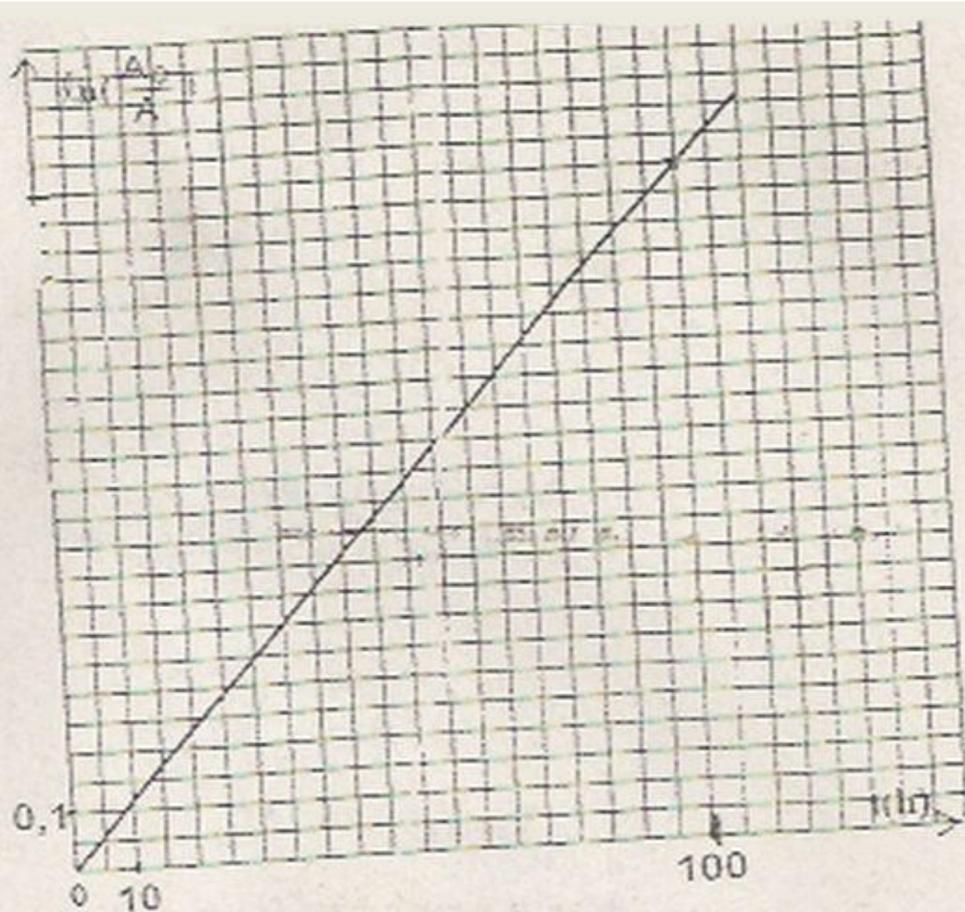
Le noyau ${}_{83}^{212}\text{Bi}$ de bismuth est radioactif α , il se désintègre pour donner un noyau de thallium Tl.

- 1°) a- Qu'appelle-t-on désintégration α ?
b- Ecrire l'équation de la réaction nucléaire en indiquant les règles appliquées.
- 2°) a- Déterminer, en MeV, l'énergie libérée par la réaction
b- Sachant que : $m_\alpha E_{c\alpha} = m_{\text{Tl}} E_{c\text{Tl}}$, déterminer l'énergie cinétique de la particule α juste après la désintégration si le noyau fils est obtenu dans son état fondamental. Déduire sa vitesse.
- 3°) En réalité les α particules α émises forment deux groupes monocinétiques caractérisés par les énergies cinétiques $E_{c(\alpha)_1} = 6,09 \text{ MeV}$ et $E_{c(\alpha)_2} = 6,05 \text{ MeV}$.
 - a- Expliquer la différence entre les énergies cinétiques des particules α émises et celle trouvée dans la question 2°)b).
 - b- Déterminer la longueur d'onde maximale dans le vide de l'onde émise

3

On mesure à différentes dates l'activité A ;
 Puis on trace la courbe $\ln\left(\frac{A_0}{A}\right)$ en fonction de t .

A_0 l'activité à la date $t_0 = 0$ ($A_0 = 155 \cdot 10^6$ Bq)
 (figure ci-contre).



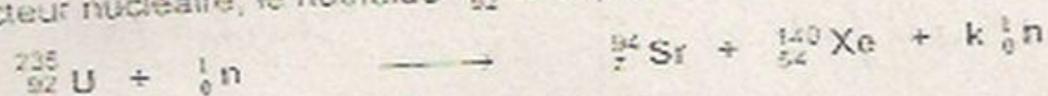
- Définir l'activité d'un échantillon d'une substance radioactive
- Donner l'expression de l'activité à une date t en fonction de A_0 , λ , et t
- Déduire la valeur de la période radioactive du bismuth $^{212}_{83}\text{Bi}$.
- Déterminer le nombre initial N_0 de noyaux du bismuth $^{212}_{83}\text{Bi}$.

II/ On donne :

$$1\text{u} = 1,66 \cdot 10^{-27} \text{ kg} ; 1\text{MeV} = 1,6 \cdot 10^{-13} \text{ J} ; c = 3 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1} ; m_n = 1,0087\text{u} ; m_p = 1,0073\text{u} ;$$

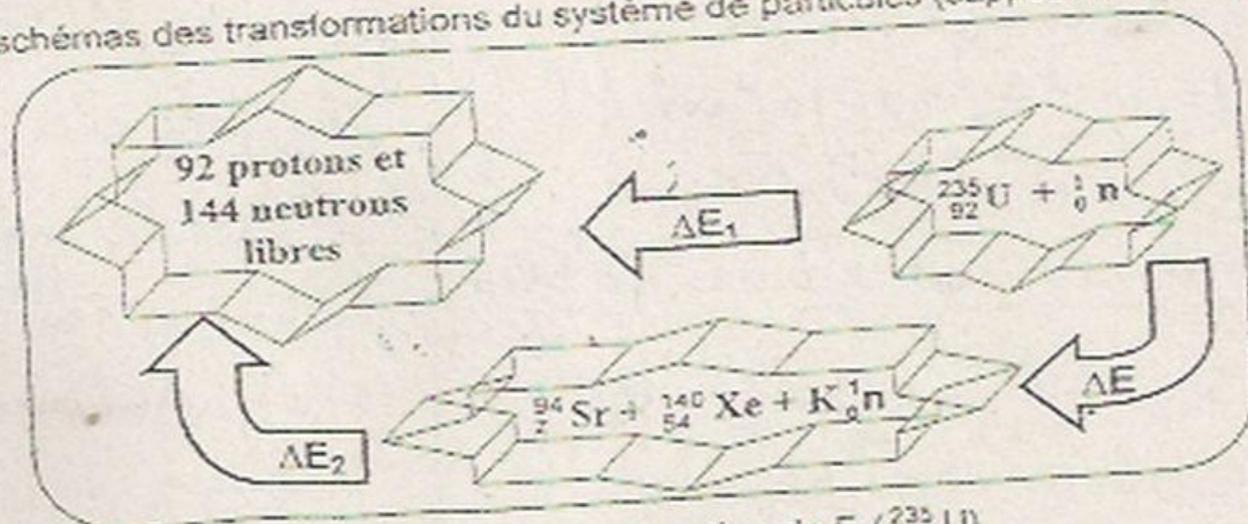
$$m(^{235}_{92}\text{U}) = 234,9934\text{u} ; E_f(\text{Xe}) = 1136,56 \text{ MeV} \text{ et } E_f(\text{Sr}) = 792,94 \text{ MeV}.$$

1°) Dans un réacteur nucléaire, le nucléide $^{235}_{92}\text{U}$ capte un neutron lent ^1_0n et subit la réaction (1) d'équation



- Quel est le nom de cette réaction?
- Trouver les valeurs z et k .
- Définir l'énergie de liaison d'un noyau.
- Déterminer la valeur de l'énergie de liaison du noyau $^{235}_{92}\text{U}$.
- Comparer les stabilités des noyaux $^{235}_{92}\text{U}$ et $^{140}_{54}\text{Xe}$.
- Le résultat de la comparaison est prévisible. Expliquer.

2°) Considérons les schémas des transformations du système de particules (supposées au repos) représentés par :



- Exprimer la variation de l'énergie ΔE_1 du système en fonction de $E_f(^{235}_{92}\text{U})$.
- Exprimer la variation de l'énergie ΔE_2 du système en fonction de $E_f(^{94}_{38}\text{Sr})$ et $E_f(^{140}_{54}\text{Xe})$.
- Exprimer la variation de l'énergie ΔE du système en fonction de l'énergie E libérée par la réaction (1).
- Déduire l'expression de E en fonction de $E_f(^{235}_{92}\text{U})$, $E_f(^{94}_{38}\text{Sr})$ et $E_f(^{140}_{54}\text{Xe})$.
- Déterminer sa valeur en MeV.