

Exercice chimie : (7,25 pts)

L'aspirine, médicament le plus consommé au monde, peut se présenter sous de multiples formes (comprimés simples ou effervescents, poudre soluble, etc...), chacune renfermant de l'acide acétylsalicylique, principe actif. Par la suite, cet acide est noté AH et sa base conjuguée, l'ion acétylsalicylate, A⁻.

Le but de cet exercice est d'étudier le comportement de la molécule AH en solution aqueuse. La réaction entre la molécule AH et l'eau modélise la transformation étudiée. Dans les parties I et II, il s'agit de calculer l'avancement final de cette réaction par deux techniques différentes dont la précision sera discutée dans la partie III.

Données :

- Conductivités molaires ioniques à 25°C :

Les espèces chimiques	H ₃ O ⁺	HO ⁻	A ⁻
λ (mS.m ² .mol ⁻¹)	35,0	19,9	3,6

- Masse molaire de AH : M = 180 g.mol⁻¹

Par dissolution d'une masse m d'acide acétylsalicylique pur, on prépare un volume V=500mL d'une solution aqueuse d'acide acétylsalicylique, notée S, de concentration molaire en soluté apporté : c_s = 5,55 × 10⁻³ mol.L⁻¹.

Partie I : étude de la transformation chimique par une mesure de pH

À 25°C, la mesure du pH de la solution S à l'équilibre indique pH = 2,9.

- 0,5 1. Dresser le tableau d'avancement de la réaction entre l'acide acétylsalicylique et l'eau.
0,75 2. Montrer que l'avancement final de la réaction s'écrit : x_{fin,1} = 10^{-pH}.V.
1,25 3. Déterminer le taux d'avancement final τ_1 de cette réaction. Conclure.

Partie II : étude de la transformation par conductimétrie

À 25°C, la mesure la conductivité σ de la solution S à l'équilibre indique $\sigma = 44$ mS.m⁻¹.

- 0,75 1. Montrer que l'avancement final de la réaction s'écrit : $x_{fin,2} = \frac{\sigma \times V_s}{\lambda_{A^-} + \lambda_{H_3O^+}}$.
0,5 2. En déduire la valeur de x_{fin,2}. (Attention aux unités).
0,5 3. Déterminer le taux d'avancement final τ_2 de la réaction.
1 4. Montrer que l'expression de la constante d'équilibre associée à l'équation de réaction étudiée s'écrit : $K = \frac{\tau_2^2}{1-\tau_2} C_s$. Calculer sa valeur.

Partie III : précision des deux techniques utilisées : pH-métrie et conductimétrie

Le pH-mètre utilisé donne une valeur de pH précise à 0,1 unité de pH près, et le conductimètre donne une valeur de conductivité précise à 1 mS.m⁻¹ près.

- 0,75 1. À l'aide des expressions établies précédemment, déterminer, pour chaque technique, l'encadrement de la valeur de l'avancement final.
0,5 2. Conclure sur la précision des deux techniques.

Partie IV : influence de la dilution.

Que peut-on dire de l'évolution du taux d'avancement final et de l'évolution de la constante d'équilibre si l'on dilue la solution (S).

Exercice.1 : (6 pts)

Partie A : Une potion radioactive

Au début du XXème siècle, le **Radithor**, sorte de « potion magique », était censé soigner plus d'une centaine de maladies.



Un cancérologue américain a trouvé chez un antiquaire plusieurs bouteilles de Radithor. Bien que vidées depuis 10 ans de leur contenu, les bouteilles se sont avérées être encore dangereusement radioactives. Chacune avait vraisemblablement contenu environ un microcurie* de radium 226 et de radium 228.

* 1 microcurie correspond à 3,7 x 10⁴ Bq.

Données :

Noyau	Hélium 4	Radon 222	Actinium 228	Radium 228	Radium 226
Symbole	4_2He	${}^{222}_{86}Rn$	${}^{228}_{89}Ac$	${}^{228}_{88}Ra$	${}^{226}_{88}Ra$
Masse en u	4,0015	221,9703			225,9770

Unité de masse atomique : $1u = 931,5 Mev.c^{-2}$

Constante d'Avogadro : $N_A = 6,02.10^{23}$

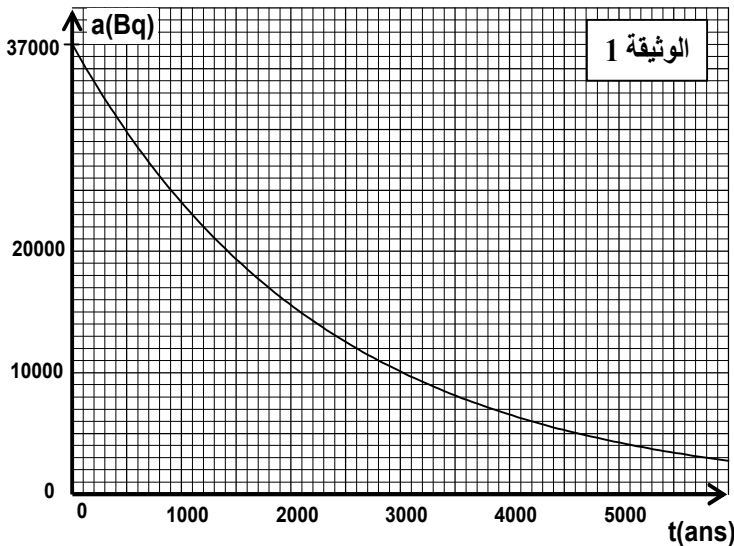
Masse molaire du ${}^{226}_{88}Ra$: $M = 226 g.mol^{-1}$

$$1Mev = 1.6.10^{-13}J$$

- 0,5 1. Les noyaux de radium ${}^{228}_{88}Ra$ et de radium ${}^{226}_{88}Ra$ sont des isotopes. Expliquer.
0,75 2. Le radium 228 se désintègre pour donner l'isotope 228 de l'actinium Ac et une particule notée X : ${}^{228}_{88}Ra \rightarrow {}^{228}_{89}Ac + {}^A_ZX$
Compléter l'équation de désintégration en citant les lois utilisées puis identifier X. De quel type de radioactivité s'agit-il ?
3. Dans la suite de l'exercice, on néglige la présence du radium 228 dans le Radithor. On suppose que l'activité radioactive du flacon est uniquement due à la présence de l'isotope 226 du radium. Celui-ci se désintègre spontanément selon l'équation suivante :
$${}^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^4_2He$$

0,5 3.1. Rappeler la définition de la demi-vie $t_{1/2}$ d'un échantillon radioactif.
0,5 3.2 Déterminer sur la courbe donnant l'évolution de l'activité de l'échantillon en fonction du temps représentée dans le document 1 la demi-vie du radium 226.

- 0,75 3.3. Établir la relation entre la demi-vie $t_{1/2}$ et la constante radioactive λ puis calculer la valeur de λ en s^{-1} .
- 0,5 3.4. Donner la relation liant l'activité $A(t)$ d'un échantillon radioactif au nombre $N(t)$ de noyaux radioactifs présents.
- 0,5 3.5. Calculer N_0 , le nombre de noyaux de radium 226 initialement présents dans le flacon de Radithor.
- 0,75 3.6. Vérifier que le flacon contenait alors une masse $m = 1,0 \mu\text{g}$ de radium 226.
4. Énergie libérée par le radium 226
- 0,5 4.1. Déterminer la variation de masse associée à la réaction de désintégration d'un noyau de radium 226.
- 0,5 4.2. En déduire l'énergie E_{lib} libérée lors de la désintégration d'un noyau de radium 226.
- 0,75 4.3. Calculer, en joules, l'énergie totale que peut libérer le radium 226 initialement contenu dans un flacon de Radithor.



Exercice.2 :

On se propose, dans cet exercice, d'étudier le dispositif de stockage de l'énergie électrique d'une lampe, dite écologique.

Fonctionnement : En secouant la lampe pendant 30 secondes, de l'énergie électrique est produite et stockée dans un condensateur. On obtient alors environ 20 min d'une lumière produite par une DEL.

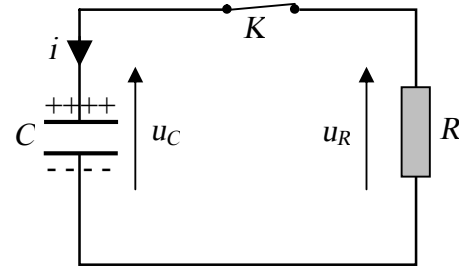
Le condensateur peut stocker au maximum une énergie égale à $E_{\text{max}} = 12 \text{ J}$. Il perd 8 mJ par heure.

On considère qu'en secouant la lampe durant 30 secondes le condensateur est chargé et la tension entre ses bornes est $U_0 = 3,6 \text{ V}$.

1. Le dipôle RC :

On étudie la décharge du condensateur de capacité $C = 1,0 \text{ F}$ à travers un conducteur ohmique de résistance R .

À $t_0 = 0$, on ferme l'interrupteur K et la décharge débute.



- 1,25 1.1. Établir l'équation différentielle vérifiée par $u_C(t)$ pendant la décharge et montrer qu'elle peut s'écrire sous la forme : $\tau \cdot \frac{du_C(t)}{dt} + u_C(t) = 0$ où $\tau = RC$ est la constante de temps du circuit.
- 0,5 1.2. Vérifier par une analyse dimensionnelle que la constante de temps τ est homogène à un temps.
- 0,75 1.3. Montrer que $u_C(t) = U_0 \cdot e^{-\frac{t}{\tau}}$ est solution de l'équation différentielle précédente.
- 0,5 1.4. En déduire qu'une durée environ égale à 5τ permet une décharge quasi-complète du condensateur.
- 0,5 1.5. Si l'on considère que cette durée est égale à 20 minutes, déterminer la valeur de la résistance R du conducteur ohmique qu'il faudra alors associer au condensateur de capacité $C = 1,0 \text{ F}$.
- 2. Énergie emmagasinée dans le dipôle RC :**
- 0,5 2.1. Lors du « secouement » de la lampe, il y a conversion d'énergie. Choisir parmi les propositions suivantes celle qui décrit le mieux la situation :
- a) Conversion d'énergie électrique en énergie mécanique
 - b) Conversion d'énergie chimique en énergie électrique
 - c) Conversion d'énergie mécanique en énergie électrique
 - d) Conversion d'énergie mécanique en énergie chimique.
- 0,5 2.2. Rappeler l'expression de l'énergie $E(t)$ emmagasinée dans le condensateur au cours du temps en fonction de $u_C(t)$ et C .
- 1 2.3. Calculer l'énergie E_{max} emmagasinée dans le condensateur à l'issue de sa charge lorsque la tension entre ses bornes est $U_0 = 3,6 \text{ V}$. Vérifier qu'elle ne dépasse pas les performances annoncées par le constructeur.
- 0,75 2.4. Vérifier par un calcul que la lampe ne pourra pas fonctionner sans être « secouée » après plusieurs semaines sans utilisation.