EXERCICE II : PANACÉES ? (7 points)

De tous temps, certaines substances sont considérées comme des remèdes contre tous les maux, des panacées.
Deux d'entre elles sont étudiées dans cet exercice.

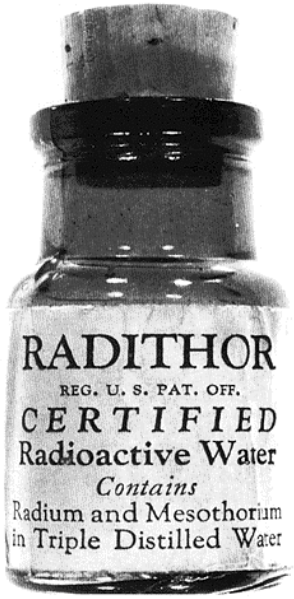
Les parties A et B sont indépendantes

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*

D'après « Pour la Science » octobre 96 (Hors-série)

**1 microcurie correspond à $3,7 \times 10^4$ Bq.*



Données :

Noyau	Radium 226	Radium 228	Actinium 228	Radon 222	Hélium 4
Symbole	$^{226}_{88}Ra$	$^{228}_{88}Ra$	$^{228}_{89}Ac$	$^{222}_{86}Rn$	$^{4}_{2}He$

Noyau	Radium 226	Radon 222	Hélium 4
Masse en u	225,977 0	221,970 3	4,001 5

Unité de masse atomique : 1 u = 1,660 54 × 10^{-27} kg
Célérité de la lumière dans le vide : c = 3,00 × 10^8 m.s^{-1}
Constante d'Avogadro : $\mathcal{N}_A$ = 6,02 × 10^{23} mol^{-1}
Masse molaire du $^{226}_{88}Ra$: M = 226 g.mol^{-1}

1. Le radium 226 et le mésothorium

Sur l'étiquette du flacon de Radithor est mentionnée la présence de mésothorium, ancienne dénomination du radium 228. Cette « eau certifiée radioactive » contenait également du radium 226.

1.1. Les noyaux de radium 228 et de radium 226sont des isotopes. Expliquer.

1.2. Le radium 228 se désintègre pour donner l'isotope 228 de l'actinium Ac et une particule notée X.

$$^{228}_{88}Ra \rightarrow {}^{228}_{89}Ac + {}^{A}_{Z}X$$

Compléter l'équation de désintégration en citant les lois utilisées puis identifier X. De quel type de radioactivité s'agit-il ?

Dans la suite de l'exercice, on néglige la présence de 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 :

$$^{226}_{88}Ra \rightarrow {}^{222}_{86}Rn + {}^{4}_{2}He$$

2. Constante radioactive du radium 226

L'activité A(t) d'un échantillon de noyaux de radium 226 suit la loi de décroissance exponentielle $A(t) = A_0.\exp(-\lambda.t)$ avec A_0, l'activité de l'échantillon à t = 0 s.

2.1. Rappeler la définition de la demi-vie $t_{1/2}$ d'un échantillon radioactif.
Vérifier sur la courbe donnant l'évolution de l'activité de l'échantillon en fonction du temps représentée dans le document 1 de **l'ANNEXE 2 à rendre avec la copie** que la demi-vie du radium 226 est égale à $1{,}60 \times 10^3$ ans.

2.2. Établir la relation entre la demi-vie et la constante radioactive λ puis calculer la valeur de λ en s^{-1}.

3. Masse de radium 226

3.1. Donner la relation liant l'activité A(t) d'un échantillon radioactif au nombre N(t) de noyaux radioactifs présents.

3.2. Calculer N_0, le nombre de noyaux de radium 226 initialement présents dans le flacon de Radithor.

3.3. Vérifier que le flacon contenait alors une masse m_0 =1,0 µg de radium 226.

4. Énergie libérée par le radium 226

4.1. Déterminer la variation de masse associée à la réaction de désintégration d'un noyau de radium 226.

4.2. En déduire l'énergie E libérée lors de la désintégration d'un noyau de radium 226.

4.3. Calculer l'énergie totale que peut libérer le radium 226 initialement contenu dans un flacon de Radithor.

Partie B : La vitamine C

Depuis sa découverte, la vitamine C a été considérée comme une panacée universelle par certains partisans enthousiastes.
L'acide ascorbique ou vitamine C intervient dans de grandes fonctions de l'organisme : défense contre les infections virales et bactériennes, protection de la paroi des vaisseaux sanguins, assimilation du fer, action antioxydante, cicatrisation.
L. Pauling, disparu en 1994 (Prix Nobel de Chimie) lui attribuait des fonctions anticancéreuses.

Sur l'emballage, on lit la composition en substances actives d'un comprimé de « Vitamine C UPSA® » :

Acide ascorbique : 250 mg
Ascorbate de sodium : 285 mg
Quantité correspondante en acide ascorbique : 500 mg pour un comprimé à croquer.

Il s'agit dans cette partie de l'exercice de déterminer, au moyen d'un dosage conductimétrique, la masse d'acide ascorbique contenue dans un comprimé puis de vérifier l'indication « Quantité correspondante en acide ascorbique : 500 mg pour un comprimé à croquer ».

L'acide ascorbique, de formule brute $C_6H_8O_6$, sera noté HA. Sa base conjuguée, l'ion ascorbate, sera noté A^-.

Mode opératoire :
On écrase un comprimé. La poudre obtenue est dissoute dans de l'eau distillée afin d'obtenir un volume de 200,0 mL de solution S_A.
On prélève un volume V_A = 100,0 mL de la solution S_A que l'on dose par une solution aqueuse d'hydroxyde de sodium ($Na^+_{(aq)}$ + $HO^-_{(aq)}$) de concentration molaire en soluté apporté $C_B = 8{,}0\times10^{-2}$ mol.L^{-1}.
La courbe expérimentale représentant la conductivité de la solution en fonction du volume V_B de solution titrante versé est donnée sur le document 2 de **l'ANNEXE 2 à rendre avec la copie**.

Données :

- pK_A (HA/A^-) = 4,1 à 25°C
- Produit ionique de l'eau à 25°C : $K_e = 1{,}0 \times 10^{-14}$
- Masses molaires moléculaires :
  M(acide ascorbique) = 176 $g.mol^{-1}$
  M(ascorbate de sodium) = 198 $g.mol^{-1}$
- Conductivités molaires ioniques à 25°C :
  $\lambda(Na^+)$ = 5,01 $mS.m^2.mol^{-1}$; $\lambda(HO^-)$ = 19,9 $mS.m^2.mol^{-1}$; $\lambda(A^-)$ = 3,42 $mS.m^2.mol^{-1}$

1. Réaction de dosage

1.1. Écrire l'équation de la réaction de dosage de l'acide ascorbique, noté HA, par la solution d'hydroxyde de sodium.
1.2. Établir l'expression littérale de la constante d'équilibre K associée à cette équation de la réaction en fonction de K_e et K_A, puis calculer la valeur de K.

2. Équivalence du dosage

2.1. Définir l'équivalence du dosage.
2.2. Déterminer graphiquement le volume V_E de solution d'hydroxyde de sodium versé à l'équivalence sur le document 2 de **l'ANNEXE 2 à rendre avec la copie**.
2.3. Calculer la valeur de la concentration molaire en soluté apporté C_A en acide ascorbique de la solution S_A.
2.4. En déduire la masse m_A d'acide ascorbique contenue dans le comprimé. Comparer cette valeur à l'indication du fabricant.

3. Explication de l'allure de la courbe

Interpréter l'évolution de la conductivité du mélange avant l'équivalence.

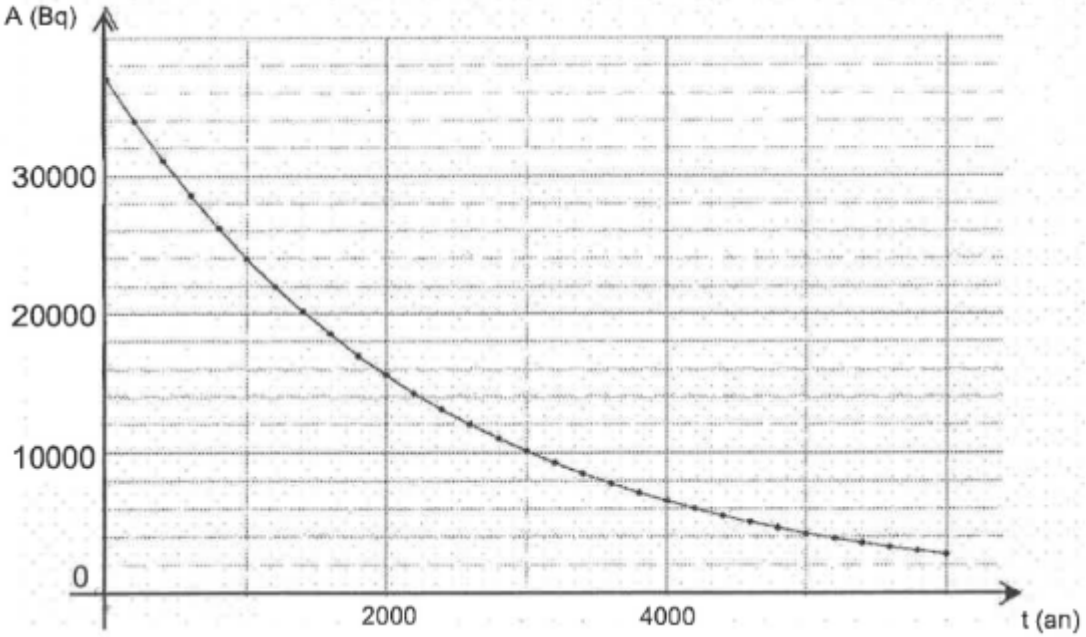
4. On souhaite expliquer pourquoi il est écrit sur l'emballage « Quantité correspondante en acide ascorbique : 500 mg ».

4.1. Préalablement, calculer la quantité de matière d'ascorbate de sodium contenue dans le comprimé.
4.2. Dans l'estomac le pH est environ égal à 1,5. Les ions ascorbate, ingérés lors de la prise du comprimé, se transforment alors en acide ascorbique.
Justifier cela à l'aide d'un diagramme de prédominance.
4.3. Justifier l'indication de l'étiquette :
« Quantité correspondante en acide ascorbique : 500 mg ».

ANNEXE 2 à rendre avec la copie

Exercice II : Panacées ?

Partie A, question 2.1 :
Document 1 : activité d'un échantillon de radium 226 en fonction du temps



Partie B, question 2.2
Document 2 : suivi de la conductivité au cours du dosage de la vitamine C

