CHAP 09
DECROISSANCE RADIOACTIVE

Sujet 1 : Les applications technologiques de la radioactivité – Asie – Juin 2003
Sujet 2 : A propos de la radioactivité – Polynésie – Juin 2008
Sujet 3 : Nucléaire au service de la médecine – Métropole – Juin 2010
Sujet 4 : Radiation et datation au carbone 14 – Réunion – Juin 2014

1. Rappels des classes antérieures sur la radioactivité.

1. Par quels nombres caractérise-t-on le noyau d'un atome?
2. Le "carbone 11" et le "carbone 12" sont deux isotopes. Qu'est-ce qui différencie les isotopes d'un même élément chimique ?
3. Définir un noyau radioactif.
4. A l'aide des questions suivantes, citer les 3 types de radioactivité étudiés en classe de terminale. Vous préciserez le nom et le symbole $^{A}_{Z}X$ des particules émises lors de ces 3 types de radioactivité.

   4.1. Un exemple de désintégration alpha est celui, historique, du radium 226 qui se transforme en un noyau de radon en éjectant une particule alpha. Écrire l'équation nucléaire qui traduit cette transformation. Quelles sont les lois de conservation vérifiées ?

   4.2. Le rhénium 186 ($^{186}_{Z}Re$) est un noyau radioactif β^-. Écrire l'équation de la désintégration du noyau de rhénium 186 noté ($^{186}_{Z}Re$) sachant que le noyau fils obtenu correspond à un isotope de l'osmium noté ($^{A}_{76}Os$).

   4.3. L' oxygène 15 est radioactif β^+. Ecrire l'équation de la désintégration correspondante.
5. Découper et coller la figure 1, le diagramme (N, Z) très simplifié et schématique (Z : nombre de protons, N : nombre de neutrons). Expliquer ce que représente ce diagramme. Que représente la zone grisée dans le diagramme (Z, N) ?
6. Découper et coller la figure 2. Le point représentatif du noyau de rhénium 186 est placé au-dessus de cette courbe. Déduire de ce diagramme si cet isotope radioactif possède un excès de neutron(s) ou un excès de proton(s) par rapport à un isotope stable du même élément.

2. Loi de décroissance.

Données.

- Constante d'Avogadro: $N_A = 6{,}02\times10^{23}$ mol^{-1}
- Masse molaire atomique du cobalt 60 : 60 g.mol^{-1}
- Temps de demi-vie du plomb 214 : $t_{1/2} = 27$ ans ;

7. Un centre hospitalier reçoit un échantillon de "cobalt 60". Déterminer le nombre N_0 de noyaux contenus dans l'échantillon de 1µg à l'instant de sa réception dans l'établissement hospitalier.
8. On pose N(t) le nombre de noyaux encore radioactifs d'un échantillon à un instant t. Du fait de la désintégration radioactive des noyaux au cours du temps, ce nombre N(t) va donc diminuer. Exprimer la variation $\Delta N(t) = N(t+1) - N(t)$ du nombre de noyaux pendant la durée Δt

   On fera apparaître un coefficient λ que l'on définira. Par une analyse dimensionnelle, déterminer l'unité de λ.
9. En déduire l'expression mathématique de l'évolution temporelle du nombre de noyaux *N(t)* de noyaux radioactifs d'un échantillon en fonction de la constante radioactive λ et N_0 (nombre de noyaux radioactifs à la date $t = 0$).
10. Découper et coller la fig 3, courbe de décroissance radioactive. Donner la définition de la demi-vie ou période $t_{1/2}$. A l'aide de la courbe de décroissance radioactive, déterminer la demi-vie du bismuth 214.
11. En utilisant la loi de décroissance radioactive et en s'aidant de la définition de la demi-vie demandée à la question précédente, montrer que λ, est liée à la demi-vie $t_{1/2}$ par la relation $\lambda = \dfrac{\ln 2}{t_{1/2}}$.

    En déduire la valeur de la constante de radioactivité du bismuth 214.

3. Activité d'un échantillon.

12. Donner la définition de l'activité d'un échantillon radioactif.
13. En déduire que la relation entre activité et nombre de noyaux est : $A(t) = +\lambda.N(t)$.
14. Montrer alors que la loi de décroissance radioactive peut également s'écrire en fonction de son activité de la forme:

    $$A = A_0 \times e^{-\lambda t}$$

    avec $A_0 = A_{t=0}$ l'activité initial et A l'activité mesurée à l'instant t.
15. Découper et coller la figure 4. A l'aide d'une construction géométrique, comparer graphiquement et sans calcul l'activité de la population aux instants de dates $t_1 = 25$ min et $t_2 = 50$ min. Justifier la réponse.
16. Découper et coller la figure 5. En utilisant le même graphe, comparer graphiquement et sans calcul l'activité de $\dfrac{N_0}{2}$ noyaux de plomb 214 à celle du même nombre de noyaux de bismuth 214. En déduire lequel des deux radioéléments a la constante radioactive la plus grande.
17. Le cobalt $^{60}_{27}Co$ est émetteur β^- et de constante radioactive $\lambda = 4\times10^{-9}$ s^{-1}.

    Écrire l'équation de la désintégration du noyau de cobalt $^{60}_{27}Co$
18. Exprimer ln A en fonction de t, λ et A_0 , activité initiale de l'échantillon à l'instant de sa réception.

    Rappel: $\ln(ab) = \ln a + \ln b$
19. Découper et coller la figure 6, graphe qui représente logarithme de l'activité A en fonction du temps ln A = *f* (t). Montrer que la forme de la courbe constitue une vérification expérimentale de l'expression trouvée à la question 18.
20. Déterminer graphiquement la valeur de la constante de désintégration radioactive λ en an^{-1}.
21. En vous aidant de la relation entre $t_{1/2}$ et λ établie à la question 13, calculer $t_{1/2}$ en années. Dans les tables on trouve $t_{1/2} = 1{,}68\times10^{8}$ s pour le "cobalt 60". Commenter.

4. Datation d'un objet.

22. Découper et coller, l'information concernant la datation au carbone 14.

    Le prélèvement d'une poutre (en bois) dans la tombe du vizir Hemada à Sakara fournit une activité au moment de la mesure telle que A = 6,68 désintégrations par minute et par gramme de carbone alors que A_0= 13,5 désintégrations par minute et par gramme de carbone.

    Démontrer que l'expression qui permet de donner l'âge t de la mort d'un organisme s'écrit :

    $$t = \frac{t_{1/2}}{\ln 2}\times \ln\left(\frac{A_0}{A}\right) \text{ avec } t_{1/2} = 5730 \text{ ans.}$$
23. Calculer, en faisant apparaître l'application numérique, l'âge t de la tombe de ce vizir de la première dynastie des pharaons.