

1 Loi de décroissance

On rappelle que l'évolution d'éléments radioactifs au cours du temps est donnée par :

$$N(t) = N_0 \times e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \times t}$$

On donne $N_0 = 10\,000$ et $t_{1/2} = 50$ s.

a) Déterminer le nombre N_{25} d'éléments radioactifs restants au bout de 25 s à l'aide de l'expression $N = N(t)$.

b) Même questions pour N_{50} , N_{75} et N_{100} .

c) Montrer que $\frac{N_{50}}{N_0} = 1/2$

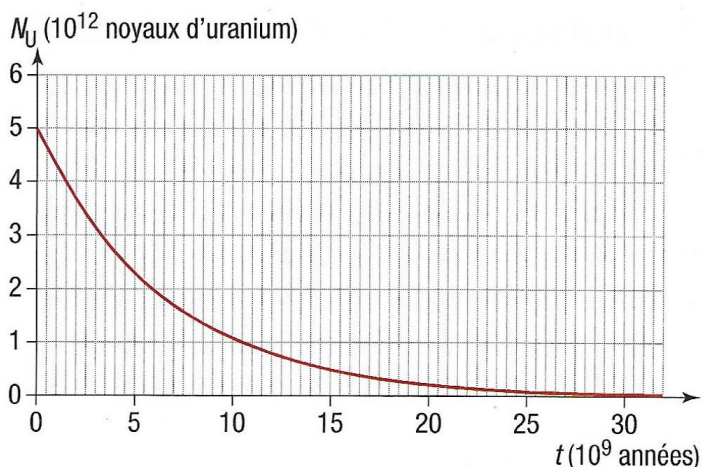
De même, vérifier que $\frac{N_{75}}{N_{25}} = \frac{N_{100}}{N_{50}} = 1/2$

d) Expliquer pourquoi, les résultats de la question c étaient prévisibles, en utilisant la définition de la demi-vie.

3 L'âge de la Terre

La détermination de l'âge de la Terre a commencé vers le XVI^e siècle, on l'estimait alors autour de 5 000 ans. Au XIX^e siècle, des scientifiques admettaient un âge d'environ 100 millions d'années.

La découverte de la radioactivité par Henri Becquerel en 1896 bouleversa toutes les données connues. La datation à l'uranium/plomb permet de déterminer assez précisément l'âge de la Terre. Le noyau d'uranium 238, naturellement radioactif, se transforme en un noyau de plomb 206, stable, par une série de désintégrations successives. Dans la première étape, un noyau d'uranium $^{238}_{92}\text{U}$ subit une radioactivité α . Le noyau fils est du thorium (symbole Th).



1. Quelle est la composition d'un noyau d'uranium 238 ?
Donnée : numéro atomique de l'uranium : $Z = 92$.
2. Quelle est la composition de la particule libérée lors de la désintégration de l'uranium en thorium ?
3. Déterminer le temps de demi-vie de l'uranium 238.
4. Faire une recherche sur l'âge estimé de la Terre.

2 Déchets radioactifs

Les déchets radioactifs provenant du combustible des centrales nucléaires contiennent de nombreuses substances radioactives. Le tableau suivant indique les caractéristiques de deux nucléides pouvant être présents parmi ces déchets : le césium 135 et le plutonium 241.

Nucléide	$^{135}_{55}\text{Cs}$	$^{241}_{94}\text{Pu}$
Type de radioactivité	β^-	β^-

a) Déterminer le nombre de protons et de neutrons de chaque nucléide.

b) Les nucléides césium 135 et plutonium 241 sont-ils isotopes ? Justifier.

c) Quelle est la particule émise au cours d'une désintégration de type β^- ?

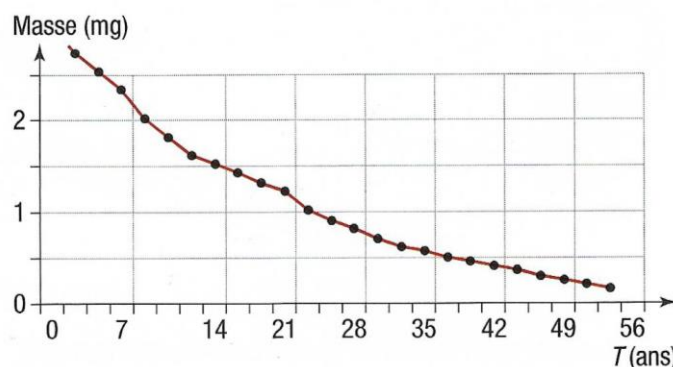
d) Rappeler les lois de conservation utilisées pour écrire les équations de désintégration.

e) Compléter l'équation de la désintégration nucléaire suivante : $^{241}_{94}\text{Pu} \rightarrow \text{---} \text{X} + {}^0_{-1}\text{e}$.

f) Identifier X parmi les symboles des nucléides suivants : $^{92}_{42}\text{U}$, $^{93}_{43}\text{Np}$ et $^{95}_{44}\text{Am}$.

g) Donner la définition de la période $t_{1/2}$ ou demi-vie d'un nucléide radioactif.

h) À partir du graphique ci-dessous, vérifier que la valeur de la période T , ou demi-vie, du plutonium 241 est $T = 14$ ans.



Masse du plutonium 241 désintégrée en fonction du temps

i) Le césium 135 a une demi-vie de 2,3 millions d'années. Représenter sur la courbe précédente l'évolution de la masse de césium 135 au cours du temps, sachant que à $t = 0$ la masse présente est de 2,0 mg.

4 Effets biologiques de la radioactivité

Rayonnement ionisant

Les particules émises par une source radioactive peuvent interagir avec la matière au niveau microscopique. Ces rayonnements sont dits ionisants car ils sont capables d'arracher des électrons aux atomes ou de donner naissance à des radicaux libres (molécule particulièrement réactive qui a un électron non apparié). Ainsi, ces dernières peuvent interagir avec d'autres molécules, notamment celles d'ADN : elles peuvent alors modifier leur structure, à l'origine d'une cellule cancéreuse.

Effets sur l'homme

Un homme peut être exposé de deux façons différentes aux rayonnements ionisants :

- par irradiation : la source se trouve en dehors de l'organisme
- par contamination : la source est absorbée par l'organisme

Si l'exposition se fait sur des événements peu nombreux, répartis dans le temps, l'organisme est conçu pour réparer naturellement cette situation (heureusement!). Lorsque l'irradiation est concentrée dans un temps plus court ou lorsqu'il y a contamination, la réparation est plus difficile voire impossible.

Il existe deux catégories d'effets :

- les effets obligatoires dont la cause essentielle est la mortalité cellulaire. La mort cellulaire, qui est à la base de la radiothérapie, se produit surtout lors de fortes doses reçues, mais elle explique aussi les effets précoces des irradiations accidentelles (pompiers à Tchernobyl, décès à Hiroshima-Nagasaki...).
- les effets aléatoires, cancers ou éventuels effets héréditaires dont la fréquence augmente avec la dose reçue mais pas la gravité.

Les effets sur l'homme sont donnés à titre indicatif dans le tableau ci-contre (enquête épidémiologique sur la population mondiale). L'échelle à gauche est graduée en milliSievert (mSv), unité de l'équivalent dose ED qui tient compte de la nature des rayonnements et de leurs effets sur les tissus du corps humain pour une même quantité d'énergie déposée.

Enfin, remarquons qu'aucun effet sur l'homme n'a été observé à ce jour après des irradiations aiguës inférieures à 100 mSv.

Radioprotection

La radioprotection consiste à diminuer les risques liés à une exposition aux rayons ionisants par différents moyens :

- écrans de protection (voir tableau ci-dessous)
- fractionnement ou limitation de la durée d'exposition
- éloignement de la source de l'organisme

	α	β	γ
air	10 mm	$8,35 \cdot 10^3$ mm	$121 \cdot 10^3$ mm
eau	10 mm	9,6 mm	142 mm
plomb	2 mm	1,4 mm	13,6 mm

Parcours des particules d'énergie 2 MeV dans différents matériaux

Usages médicaux de la radioactivité

Certains noyaux radioactifs sont utilisés comme source de rayonnement pour l'imagerie médicale. Dans le cas de la scintigraphie, une source radioactive judicieusement sélectionnée est administrée au patient. Le rayonnement émis par cette source est ensuite enregistré et permet de donner d'une certaine partie du corps beaucoup d'informations.

Le traitement des cancers par radiothérapie (destruction des cellules cancéreuses par de faibles doses reçues) a montré une stimulation des systèmes immunitaires : certains peuvent alors être totalement guéris.

Questions

1. Qu'est-ce que l'ADN ?
2. Donner des exemples d'irradiation naturelle.
3. Quel exemple donne-t-on de contamination volontaire ?
4. Quelle est la dose annuelle reçue par l'homme ?
5. Quelle est la dose totale reçue par français due à Tchernobyl ?
6. Quel rayonnement est le plus pénétrant dans l'organisme ?
7. Expliquer « judicieusement sélectionnée » dans la scintigraphie.
8. Citer des moyens de se protéger des risques d'irradiation.

