

**Activité N°4 (PC) : Radioactivité et datation**

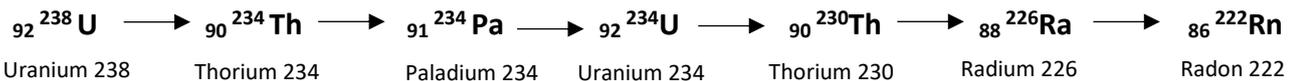
- Savoir-faire :
- Utiliser une représentation graphique pour déterminer une demi-vie.
  - Calculer le nombre de noyaux restants au bout de  $n$  demi-vies.
  - Utiliser une décroissance radioactive pour une datation (exemple du carbone 14).

Certains noyaux sont instables et se transforment spontanément et de façon irréversible en un autre noyau avec émission d'un ou plusieurs rayonnements : ces noyaux sont dits radioactifs. **Comment un échantillon radioactif se comporte-t-il au cours du temps ? Et comment utiliser le carbone 14 pour effectuer une datation ?**

Documents :**Doc.1 : Qu'est-ce que la radioactivité ?**

Lorsque les noyaux des éléments chimiques ne se désintègrent pas spontanément, on les dit stables. D'autres sont instables et susceptibles de se désintégrer, ce sont des noyaux radioactifs. Lorsqu'ils se désintègrent, cela signifie qu'ils se transforment spontanément et de façon irréversible en d'autres noyaux, en une ou plusieurs étapes en émettant des rayonnements jusqu'à devenir des noyaux stables.

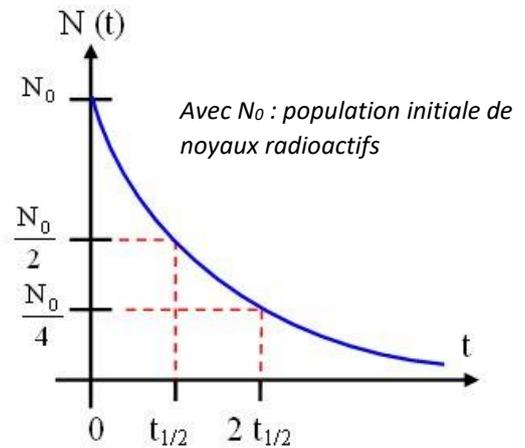
Exemple de chaîne de désintégration de l'uranium 238 en radon 222 :

**Doc.2 : Loi de décroissance radioactive et demi-vie**

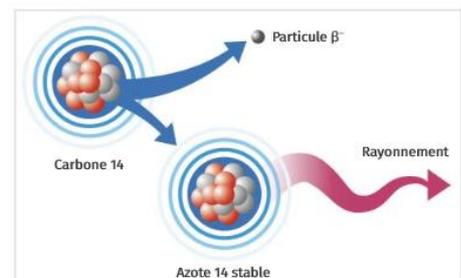
Un échantillon radioactif suit une loi de désintégration radioactive exponentielle décroissante. En effet, dans un échantillon contenant au départ  $N_0$  atomes radioactifs, le nombre de noyaux décroît de telle sorte que le nombre de noyaux est divisé par deux au bout d'une durée appelée « **demi-vie** » notée  $t_{1/2}$  et qui dépend de la nature du noyau.

A  $t_{1/2}$ ,  $\frac{N_0}{2}$  noyaux se sont désintégrés. **Le nombre de noyaux restants (non désintégrés) est donc  $\frac{N_0}{2}$ .**

A  $2 t_{1/2}$ , le nombre de noyaux restants est donc  $\frac{N_0}{4}$ .

**Doc.3 : Carbone 14**

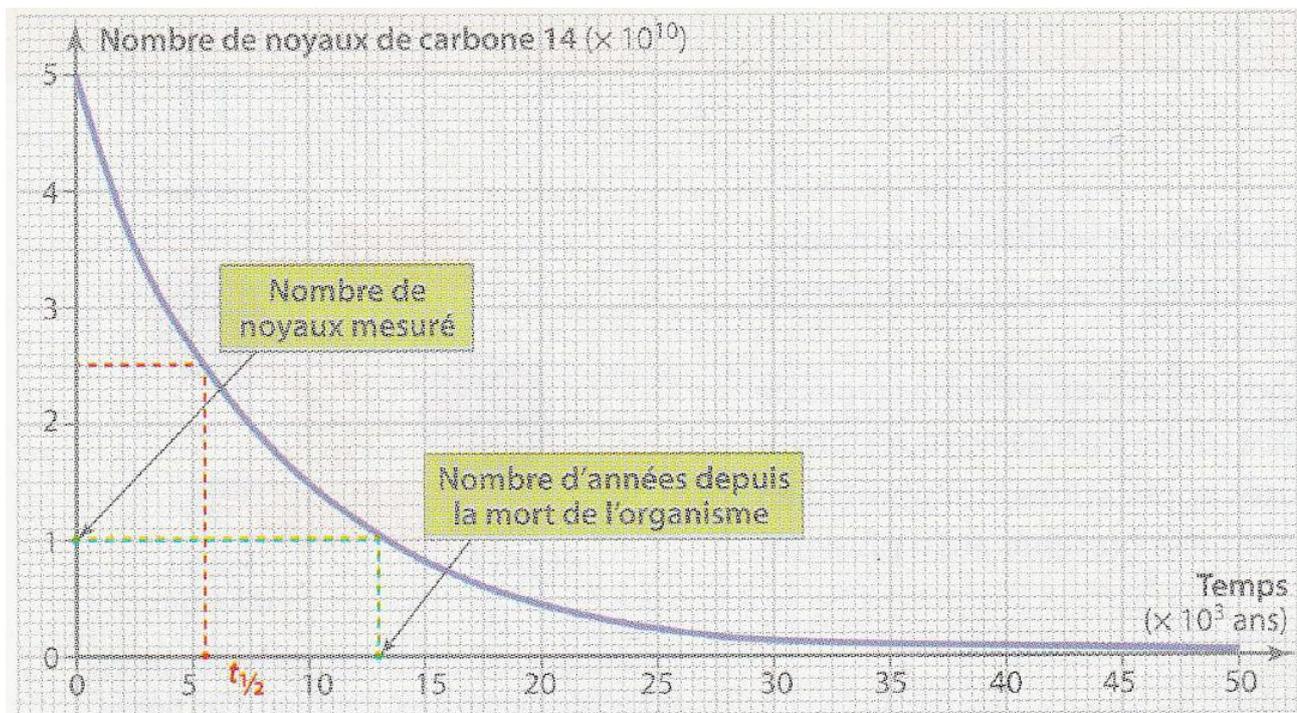
Le carbone 14 ( ${}_{6}^{14}\text{C}$  noté  ${}^{14}\text{C}$ ) est un isotope de l'élément carbone, présent en très faible quantité sur Terre. Il se désintègre naturellement en azote 14 ( ${}_{7}^{14}\text{N}$ ) stable. Au cours de leur vie, tous les êtres vivants absorbent du carbone 14 : incorporé par les plantes lors de la photosynthèse, il est ensuite transféré via les chaînes alimentaires. A la mort d'un organisme, le carbone 14 qu'il contient n'est plus renouvelé par ces échanges avec l'environnement, et sa quantité diminue par désintégration radioactive.



**Doc.4 : Datation au carbone 14**

La datation consiste à comparer la quantité de carbone 14 présent dans un organisme mort (ou ancien) avec celle présente dans un organisme similaire vivant de même masse. La lecture graphique de la courbe de décroissance radioactive du carbone 14 permet ainsi **d'estimer le temps écoulé depuis la mort de l'organisme.**

*Courbe de décroissance radioactive tracée à partir d'un nombre initial de noyaux de carbone 14 mesuré dans un fragment actuel de charbon, servant de référence :*

**Doc.5 : Des vestiges que l'on peut dater**

La méthode de la datation peut s'appliquer à une multitude de vestiges organiques, humains, animaux ou végétaux : peau, os, coquilles, bois ou charbons de bois, plantes, fruits, ...peuvent être datés. Mais elle peut également être utilisée pour dater des réalisations humaines (tissus, parchemins, ...) : dans ce cas, c'est à partir des matériaux organiques ayant servi à leur fabrication que la datation peut être effectuée.

Par exemple, la datation au charbon de bois présent dans les peintures préhistoriques de la grotte de Niaux (Ariège) a permis d'affirmer qu'elles ont été dessinées il y a 13000 ans.



*Bison dessiné dans la grotte de Niaux*

La datation au carbone 14 a été développée par le physicien et chimiste américain Willard F.Libby (1908-1980). Il effectue la datation de la grotte de Lascaux en 1951 et reçoit le prix Nobel de Chimie en 1960.

**Questions :**

1. Le carbone 14 ( ${}^6_{14}\text{C}$ ) et le carbone 12 ( ${}^6_{12}\text{C}$ ) sont deux isotopes. Que sont des isotopes ?  
(définition)
2. Donner la composition du noyau de l'atome de carbone 14.
3. Donner la composition du noyau de l'atome d'azote 14.
4. En déduire la modification qui a eu lieu dans le noyau de l'atome de carbone 14 au cours de sa désintégration et écrire l'équation de la désintégration.
5. Qu'appelle-t-on demi-vie d'un noyau radioactif ?
6. D'après le graphique du doc.4, déterminer la demi-vie du carbone 14.
7. D'après le graphique du doc.4, combien reste-t-il de noyaux de carbone 14 à  $2 t_{1/2}$  ?
8. Calculer, en détaillant le raisonnement, le nombre de noyaux de carbone 14 restants dans l'échantillon de charbon au bout de 4 demi-vies. Vérifier votre résultat graphiquement à l'aide du doc.4.
9. D'après le graphique du doc.4, quelle durée sera nécessaire pour obtenir un nombre de noyaux de carbone 14 égal à 40% du nombre initial ?
10. L'analyse d'un fragment de charbon retrouvé dans la grotte de Lascaux en 1951 a montré qu'il contenait  $0,7 \times 10^{10}$  noyaux de carbone 14. Estimer la date de l'occupation de la grotte de Lascaux.

**Correction de l'activité N°4 (PC) : Radioactivité et datation**

1. **Des isotopes** sont des atomes d'un même élément chimique qui ont **même nombre de protons** mais **un nombre de neutrons différents**.

Le noyau de l'atome de carbone 12 ( ${}^6_{12}\text{C}$ ) a 6 protons et  $12 - 6 = 6$  neutrons

2. Le noyau de l'atome de carbone 14 ( ${}^6_{14}\text{C}$ ) a **6 protons** et  $14 - 6 = 8$  neutrons.

3. Le noyau de l'atome d'azote 14 ( ${}^7_{14}\text{N}$ ) a **7 protons** et  $14 - 7 = 7$  neutrons.

} Isotope de  
l'élément  
chimique carbone

4. On remarque que le carbone 14 a un proton de moins que l'azote 14, mais le carbone 14 a un neutron de plus que l'azote 14.

Par conséquent, au cours de la désintégration de l'atome  ${}^6_{14}\text{C}$ , un neutron de son noyau va se transformer en un proton pour donner l'atome  ${}^7_{14}\text{N}$ .

**Equation de cette désintégration :**  ${}^6_{14}\text{C} \longrightarrow {}^7_{14}\text{N} + \text{particule } \beta^-$

5. La demi-vie d'un noyau radioactif est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux radioactifs initiaux se sont désintégrés.

6. Après lecture du graphique du doc.4, la demi-vie du carbone 14 est :  **$t_{1/2} = 5500$  ans.**

7. A  **$2 t_{1/2} = 11\ 000$  ans**, il reste  $1,3 \times 10^{10}$  noyaux d'atomes de carbone 14 (qui ne se sont pas encore désintégrés).

8. Au bout de 3 demi-vies, il restera la moitié de  $1,3 \times 10^{10}$  noyaux soit  $(1,3 \times 10^{10}) / 2 = 6,5 \times 10^9$  noyaux d'atomes de carbone 14.

**Au bout de 4 demi-vies**, il restera la moitié de  $6,5 \times 10^9$  noyaux soit  $(6,5 \times 10^9) / 2 = 3,25 \times 10^9$  noyaux d'atomes de carbone 14.

**A  $4 t_{1/2} = 4 \times 5500 = 2,2 \times 10^4$  ans =  $22 \times 10^3$  ans (22 000 ans)**, on lit graphiquement  $N \approx 0,35 \times 10^{10}$  noyaux =  $3,5 \times 10^9$  noyaux (ce qui est de l'ordre de grandeur du résultat trouvé précédemment).

**Le graphique n'est pas assez précis.**

9.  $N = 5 \times 10^{10} \times \frac{40}{100} = 2 \times 10^{10}$  noyaux. D'après le graphique, **il restera 40% du nombre de noyaux initiaux au bout de  $7,5 \times 10^3$  ans (7500 ans).**

10. D'après l'analyse du fragment de charbon retrouvé, on estime que la grotte de Lascaux fut occupée il y a  $16 \times 10^3$  ans (16 000 ans).