

## La datation par la radioactivité

**BUT :** Comprendre la datation par décroissance radioactive - Utiliser une courbe de décroissance radioactive pour dater un échantillon.

**COMPETENCES :** APP – REA – VAL

La technique de datation par le carbone 14 permet d'estimer l'âge de vestiges archéologiques. Elle utilise les propriétés de désintégration radioactive de ce noyau, présent dans toute matière organique.

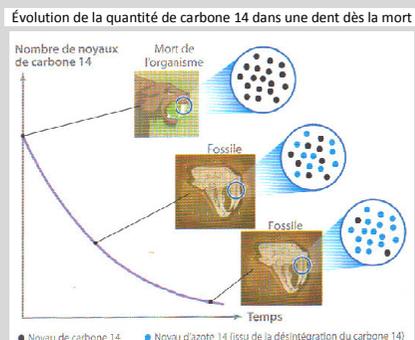
### Comment utiliser le carbone 14 pour dater un échantillon ?

#### Doc 1 : Le carbone 14 contenu dans les êtres vivants

Le carbone 14 ( $^{14}_6\text{C}$ , 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 ( $^{14}_7\text{N}$ ), 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.

À leur mort, le carbone 14 qu'ils contiennent n'est plus renouvelé par ces échanges avec l'environnement, et sa quantité diminue par désintégration radioactive.



#### Doc 2 : Des vestiges que l'on peut dater

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

Le principe est toujours le même : c'est en mesurant la quantité de carbone 14 présent dans un échantillon donné que l'on peut dater la mort de l'organisme.

Par exemple, la datation du 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 13 000 ans.



Bison de la grotte de Lascaux

#### Doc 3 : L'évolution des techniques de datation

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 en 1960 le prix Nobel de chimie.

Les premières datations nécessitaient plusieurs grammes de matière. La détermination des âges était possible dans un domaine compris entre 1 000 et 30 000 ans. Depuis les années 1980, les avancées technologiques ont permis d'utiliser des échantillons de plus en plus petits.

Actuellement, on peut remonter sur des périodes comprises entre 300 et 50 000 ans à partir de 1 mg de matière seulement. Au-delà de 50 000 ans, la quantité restante de carbone 14 dans l'échantillon est trop faible pour être mesurée.

#### Doc 4 : La désintégration nucléaire et la demi-vie

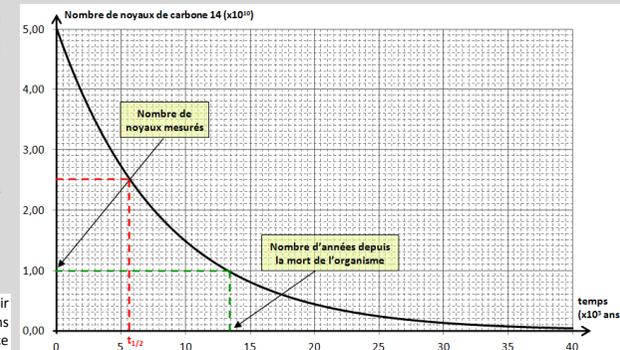
La désintégration radioactive est un phénomène spontané et aléatoire : l'instant de désintégration d'un noyau est imprévisible. En revanche, le rythme de désintégration radioactive d'un nombre important de noyaux est bien connu. Ce rythme est nommé « demi-vie » et dépend des propriétés radioactives de chaque noyau. La demi-vie  $t_{1/2}$  d'un noyau radioactif est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux radioactifs initialement présents dans un échantillon macroscopique s'est désintégrée. Cette durée est caractéristique d'un type de noyau radioactif et peut varier d'une fraction de seconde à des milliards d'années. Par exemple, le polonium 214 ( $^{214}\text{Po}$ ) a une demi-vie de 164 microsecondes contre 4,5 milliards d'années pour l'uranium 238 ( $^{238}\text{U}$ , principale matière première utilisée dans l'industrie nucléaire).

#### Doc 5 : Le principe de lecture de la date de mort

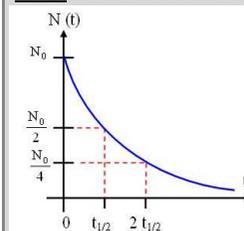
La datation consiste à comparer la quantité de carbone 14 présente dans un organisme ancien avec celle présente dans un organisme similaire vivant, de même masse.

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 6 : Point mathématique



L'allure de la courbe de décroissance montre que la quantité de noyaux radioactifs restants diminue régulièrement au cours des demi-vies successives : soit  $N_0$  le nombre de noyaux radioactifs initialement présents dont à  $t = 0$ .

- à  $t_{1/2}$ ,  $N_0/2$  noyaux se sont désintégrés, le nombre de noyaux restants est  $N_0/2$
- à  $n \times t_{1/2}$ , le nombre de noyaux restants est  $N_0/2^n$

#### QUESTIONS :

- Justifier l'allure de la courbe de décroissance radioactive du  $^{14}\text{C}$ .
- À partir de quel moment le nombre d'atomes de  $^{14}\text{C}$  commence-t-il à diminuer dans un organisme ?
- a. Qu'appelle-t-on la demi-vie d'un noyau radioactif ?  
b. Montrer qu'au bout d'une durée égale à 2 demi-vies ( $2t_{1/2}$ ), le nombre de noyaux restants est  $\frac{N_0}{4}$ .  
c. Combien de noyaux reste-t-il au bout d'une durée égale à 3 demi-vies ( $3t_{1/2}$ ) ?
- Déterminer graphiquement la demi-vie  $t_{1/2}$  du  $^{14}\text{C}$ . Montrer la lecture faite sur la courbe.
- Déterminer, en détaillant le raisonnement, le nombre de noyaux de  $^{14}\text{C}$  restants dans l'échantillon de charbon au bout de 4 demi-vies.
- Montrer sur la courbe quelle durée sera nécessaire pour obtenir un nombre de noyaux de  $^{14}\text{C}$  égal à 40% du nombre initial ? Expliquer le relevé réalisé.
- 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  $^{14}\text{C}$ . Estimer la date de l'occupation de la grotte.
- Déterminer graphiquement et par le calcul, le nombre de noyaux restant au bout de 2 demi-vies. Comparer et commenter les résultats.