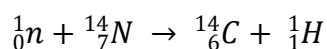


La datation par la radioactivité

De toutes les méthodes radio chronologiques, celle de la datation par le carbone 14 est la plus connue. On se propose ici de déterminer l'âge d'un sarcophage en bois retrouvé dans une tombe en Egypte.

Document 1 : Datation au carbone 14

Le **carbone 14** est un isotope radioactif du carbone. Il est fabriqué en permanence dans la haute atmosphère : des réactions nucléaires initiées par le rayonnement cosmique (constitué de protons 1_1p) produisent un flux de neutrons libres. Ces neutrons interagissent avec des noyaux d'azote 14. Il se forme alors un isotope A_ZX du carbone, le fameux carbone 14. En effet, les neutrons 1_0n suffisamment ralentis, entrent en collision avec les noyaux d'azote de l'air ${}^{14}_7N$ et forment des noyaux de carbone 14 (${}^{14}_6C$) selon l'équation :



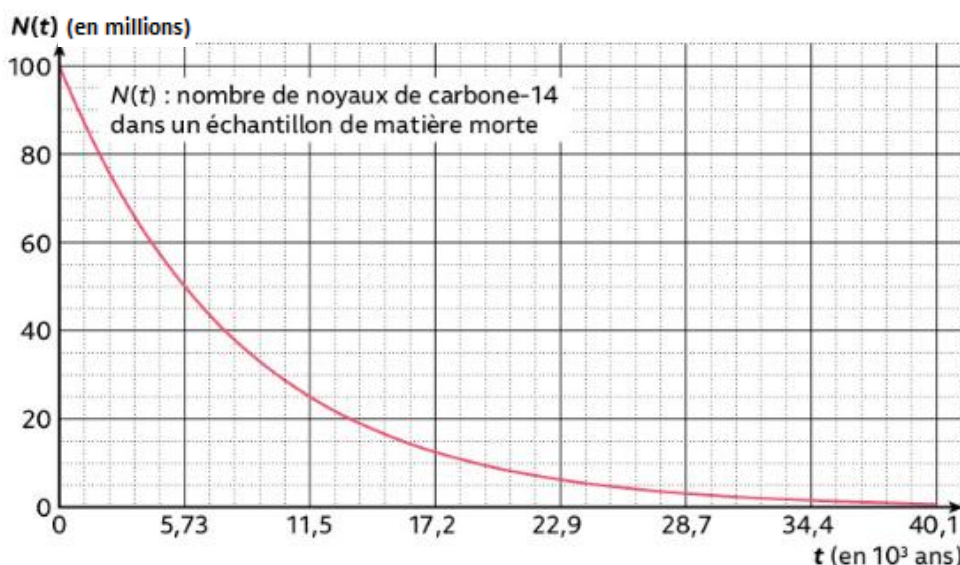
Une fois produit, l'atome de carbone 14 est rapidement oxydé pour donner du dioxyde de carbone ${}^{14}CO_2$ qui va se répartir dans toute l'atmosphère. Tout comme le ${}^{12}CO_2$, l'absorption du dioxyde de carbone ${}^{14}CO_2$ va se faire naturellement par les plantes via la photosynthèse.

Mais ce carbone 14 est radioactif : les atomes de carbone 14 se désintègrent. Tant que le végétal est en vie, un équilibre va s'instaurer entre la disparition des noyaux de carbone 14 et leur assimilation naturelle par l'absorption du ${}^{14}CO_2$.

Williard Franck Libby (physicien et chimiste américain 1908 - 1980) a montré que la teneur en carbone 14 est constante dans l'atmosphère comme dans chaque organisme vivant. On enregistre en moyenne 13,6 désintégrations par minute et par gramme de carbone sur un organisme vivant.

Lorsqu'un arbre meurt, le bois cesse de grandir, le processus de photosynthèse s'arrête et les atomes de carbone 14 ne sont plus renouvelés. La quantité de carbone 14 diminue alors sans compensation et l'activité de l'échantillon diminue. On peut donc dater l'âge de la mort de l'organisme (c'est à dire le moment où cesse tout apport de CO_2 avec l'atmosphère). Le nombre de noyaux de carbone 14 d'un morceau de bois $N(t)$ va donc décroître lentement, comme l'indique la courbe modélisée suivante:

Courbe de décroissance radioactive du carbone 14



Point théorique à mémoriser : Loi de décroissance radioactive

La désintégration radioactive est un phénomène naturel, spontané et aléatoire : l'instant de la désintégration d'un noyau est bien imprévisible.

Cependant l'évolution statistique d'une population de noyaux radioactifs obéit à une loi de probabilité bien déterminée, en effet, la probabilité de désintégration d'un noyau (proportion des noyaux qui se désintègrent par unité de temps) est une constante qui dépend du type de noyau: cette constante radioactive est désignée traditionnellement par la lettre λ .

La variation du nombre N de noyaux, soit ΔN , pendant un temps très court Δt , s'exprime en fonction de λ par la relation:

$$\Delta N = -\lambda \Delta t N,$$

Le signe négatif indique bien la diminution du nombre de noyau. Cette relation, lorsque Δt tend vers 0, s'écrit à la limite :

$$dN = -\lambda dt N \text{ ou } \frac{dN}{dt} = -\lambda N$$

où $\frac{dN}{dt}$ est la fonction dérivée de la fonction $N(t)$.

Cette équation est donc une équation différentielle. Sa résolution conduit à déterminer $N(t)$, ce type de fonction qui est une exponentielle décroissante correspond à ce que l'on appelle **la loi de décroissance radioactive**.

Activité d'un échantillon

L'activité A d'un échantillon est mesurée avec un compteur de type compteur Geyger, elle correspond au nombre de désintégrations par seconde, lorsqu'elle est exprimée en Becquerel ($1\text{Bq}=1\text{s}^{-1}$). C'est donc une grandeur positive, proportionnelle à la quantité de noyaux radioactifs restants dans l'échantillon. Elle suit donc, elle aussi, une loi de décroissance similaire.

Temps de demi-vie

Le temps de demi-vie noté $t_{1/2}$ correspond à la durée nécessaire pour que la population de noyaux radioactifs d'un échantillon soit divisée par deux. Une propriété importante de ce type de fonction est que ce temps de demi-vie est constant et ne dépend que de la nature des noyaux, comme la constante radioactive λ .

Point maths

$e^{\ln x} = \ln(e^x) = x$	$e^0 = 1$	$e^{x+y} = e^x \cdot e^y$	$e^{x-y} = \frac{e^x}{e^y}$
$\ln 1 = 0$	$\ln(a \cdot b) = \ln(a) + \ln(b)$	$\ln\left(\frac{a}{b}\right) = \ln(a) - \ln(b)$	

Travail à effectuer

On date par la méthode du carbone 14 un morceau de sarcophage en bois trouvé dans une tombe de l'Egypte ancienne. Dans cet échantillon, on mesure en moyenne 5,5 désintégrations par minute et par gramme de carbone.

- **Proposer un âge pour le bois de ce sarcophage.**
- **En pratique, la datation au carbone 14 n'est pas toujours possible. Expliquer pourquoi.**