



# Retombées

## Datation



**Période** : À chaque instant, un noyau radioactif a une probabilité non nulle de se désintégrer. Le nombre de noyaux radioactifs présents dans un échantillon décroît avec le temps selon une loi exponentielle (voir la rubrique «Analyse»). Selon cette loi, ce nombre diminue d'un facteur 2,7 chaque fois qu'un laps de temps caractéristique de l'isotope, appelé période, s'écoule.

Les éléments chimiques radioactifs sont de véritables chronomètres permettant, d'une certaine façon, de remonter le temps. Ces chronomètres utilisés par les archéologues ou les géologues, sont en fait plutôt comparables à des sabliers. Le haut du sablier qui se vide, ce sont les noyaux radioactifs qui se désintègrent. Le bas qui se remplit, ce sont les noyaux issus des désintégrations.

Selon le type de noyaux considéré et donc selon leur **période** de désintégration, on peut par exemple estimer l'âge de la Terre ou bien celui de vestiges historiques ou préhistoriques. En effet, la période de désintégration de l'élément suffit à caractériser l'évolution temporelle de la fraction d'éléments radioactifs non encore désintégrés. Pour dater des objets anciens, il faut donc soit disposer d'éléments avec une grande période de désintégration, soit être capable de détecter des petites quantités d'éléments.

### La datation au carbone 14

Cette méthode est utilisée depuis maintenant une cinquantaine d'années, puisque c'est en 1950 que fut effectuée une des premières datations de ce type sur des charbons de bois trouvés sur le sol de la Grotte de Lascaux.

Grâce au carbone 14 ( $^{14}\text{C}$ ), on peut remonter jusqu'à trente ou quarante mille ans dans le passé. Le carbone (C) entre dans la composition de la molécule de gaz carbonique (dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$ ) présente dans l'atmosphère, et il est très répandu dans notre environnement. Ce carbone est constitué principalement de carbone 12, qui est stable, et d'une très faible proportion de carbone 14 (un millionième de millionième environ) qui est radioactif avec une période de 5 730 ans. Le carbone 14 est produit en permanence par interaction de l'azote de l'air avec le rayonnement cosmique. Les divers échanges (respiration, photosynthèse, alimentation) qui se produisent entre l'atmosphère et le monde «vivant»

ont pour effet d'équilibrer le rapport entre les quantités de carbone 14 et de carbone 12 contenues dans un organisme vivant. Mais, dès qu'un organisme meurt, le carbone 14 qu'il contient n'est plus renouvelé puisque les échanges avec le monde extérieur cessent. Sa proportion se met alors peu à peu à diminuer. La mesure du rapport carbone 14 / carbone 12 permet donc de connaître la date de la mort d'un organisme bien après que celle-ci a eu lieu. Moins il reste, proportionnellement, de carbone 14 dans un échantillon à dater, et plus la mort est ancienne. Ceci est schématisé sur la figure 1. On peut ainsi dater certaines fresques rupestres comme celle représentée figure 2.

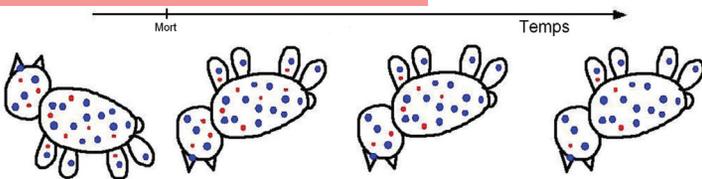


figure 1 : Dessin de gauche : lorsque l'animal est vivant son organisme contient une certaine quantité de carbone 12 (stable, symbolisé par les ronds bleus) et une quantité plus faible de carbone 14 (instable, symbolisé par les ronds rouges). Après la mort (autres dessins) le carbone 14 qui n'est plus renouvelé disparaît progressivement et son taux par rapport à celui du carbone 12 devient donc de plus en plus faible.



# Datation

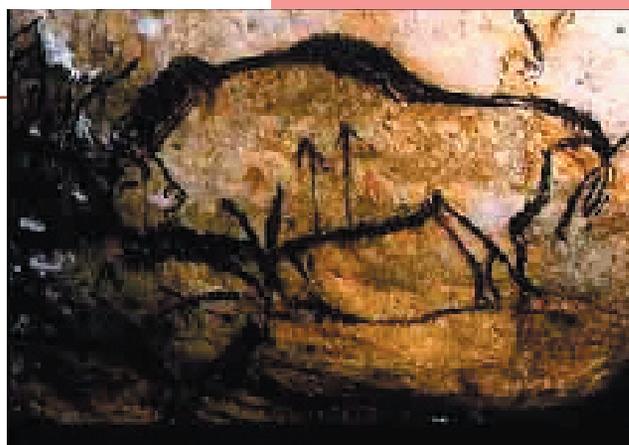
Toutefois il faut noter que cette méthode repose sur l'hypothèse que la production naturelle du  $^{14}\text{C}$  dans l'atmosphère est restée constante, au moins au cours des 40 000 dernières années. Cependant, cela n'est pas tout à fait vrai. Le taux de  $^{14}\text{C}$  dans l'atmosphère et dans les autres réservoirs naturels (océans et biosphère), et donc le taux initial des échantillons à dater, a varié dans le temps. Une courbe d'étalonnage est nécessaire pour convertir les âges mesurés par cette technique de datation en années réelles. En déterminant l'âge d'arbres très anciens (des séquoias en particulier) par la méthode du carbone 14 et en le comparant à celui obtenu par le comptage des cernes de croissance, il a été possible d'étalonner toutes les années postérieures à 7 890 avant notre ère par tranches de 10 à 20 ans.

## La datation avec la chaîne uranium -> plomb

En utilisant d'autres éléments chimiques, on peut également déterminer l'âge de roches aussi anciennes que la Terre, de coraux, de laves volcaniques... Ainsi le produit de désintégration ultime de l'isotope 238 de l'uranium (période de 4,47 milliards d'années) est le plomb 206 stable. Il est donc possible de déterminer l'âge des roches anciennes par la mesure du rapport plomb 206 / uranium 238, à condition de connaître la quantité de plomb présente à l'origine. Dans tous les cas, plus il y a de plomb, plus la roche est vieille. C'est donc grâce à l'uranium 238 qu'on peut aujourd'hui affirmer que la Terre est âgée d'environ 4,55 milliards d'années.

**Isotope** : Le mot « isotope » vient du grec (*iso*=même, *topos*=place) ; en effet, deux isotopes occupent la même case dans la table périodique des éléments ; ce sont différentes formes d'un même élément chimique. Deux isotopes d'un même élément possèdent le même nombre de protons, mais pas le même nombre de neutrons. Par exemple, le  $^{12}\text{C}$ , le  $^{13}\text{C}$  et le  $^{14}\text{C}$  sont trois isotopes du carbone, car ils possèdent tous 6 protons. Tous ces isotopes ont le même comportement chimique car celui-ci est contrôlé par le nombre d'électrons et donc de protons. Cependant, leurs nombres de neutrons diffèrent ; le  $^{12}\text{C}$  en a six, le  $^{13}\text{C}$  sept, et le  $^{14}\text{C}$  huit.

Certains isotopes sont naturels : ils sont produits dans la nature (par exemple, les trois isotopes du carbone mentionnés ci-dessus), alors que d'autres sont artificiels, ils sont créés en laboratoire (par exemple, le cobalt 60, dont les rayonnements sont utilisés pour traiter des tumeurs cancéreuses). Certains isotopes, naturels ou artificiels, sont instables. Ils peuvent alors se désintégrer en émettant des rayonnements. On dit qu'ils sont radioactifs. Par exemple, le  $^{12}\text{C}$  et le  $^{13}\text{C}$  sont stables alors que le  $^{14}\text{C}$  est radioactif.



© CEA

figure 2 : Bison de la grotte ornée de Niaux (Ariège) dessiné il y a environ 13000 ans. La datation directe de la fresque au carbone 14 a été effectuée dans un laboratoire de Gif-sur-Yvette, par une méthode qui permet de mesurer de très faibles teneurs de l'isotope radioactif recherché.

### Quelques mots d'histoire sur les isotopes

Au début du XX<sup>e</sup> siècle J.-J. Thomson essaya de déterminer le rapport entre la masse et la charge du néon ; à sa grande surprise, il trouva deux valeurs différentes pour la masse de ce gaz, dans des rapports 22/1 et 20/1 par rapport à celle de l'hydrogène. La composante de masse 20 était présente en quantité plus importante dans le néon que celle de masse 22. Puisque la masse atomique du néon à l'état naturel est de 20,2 environ, Thompson en conclut que le néon naturel était constitué de deux espèces atomiques de poids différents – deux isotopes –, 90% du poids atomique provenant de l'espèce de masse 20 et 10% de l'espèce de masse 22.

En 1919, F. W. Aston montra que la plupart des éléments naturels ont plusieurs isotopes. Des recherches plus récentes ont montré que les éléments naturels n'ont pas toujours la même composition isotopique : celle-ci dépend de l'âge de la croûte terrestre d'où ils proviennent. De plus, quelques éléments n'ont pas d'isotope naturel, par exemple le fluor, le sodium, l'or et le thorium.



Francis William Aston  
(1877-1945)

Prix Nobel de Chimie 1922.