

Les méthodes de datation

par Adelphine BONNEAU

Lorsqu'un archéologue commence un chantier de fouille, il sait qu'il va trouver différents objets qu'il va lui falloir mettre en relation les uns avec les autres. Une des façons de les relier est de les dater. Mais la datation ne peut pas se faire de la même manière en fonction des objets et de leur environnement de découverte. Depuis environ 30 ans, les techniques de datation se sont développées et permettent aujourd'hui des datations de plus en plus précises allant jusqu'à la dizaine d'années dans certains cas comme le carbone 14, voire l'année dans le cas de la dendrochronologie.

Pour notre explication, nous prendrons l'exemple d'un abri-sous-roche sud africain où des fouilles ont été menées révélant différentes phases d'occupation avec différents objets et dont les parois ont été décorées avec des fresques représentant entre autre des élans.

Datation relative / Datation absolue

Il y a deux façons de dater un objet ou un événement. On peut le dater de façon relative. Dans ce cas, l'objet est daté par rapport à un événement ou à un objet antérieur ou postérieur. Par exemple, une poterie retrouvée entre les restes de murs d'une maison, a été fabriquée après la construction de la maison et avant que la maison ne soit abandonnée.

Il est également possible de dater de façon absolue. C'est une datation chiffrée qui peut prendre place dans n'importe quel calendrier comme par exemple 450 av. JC, 300 après l'exode de Mahomet, ect...

Notre site de fouille

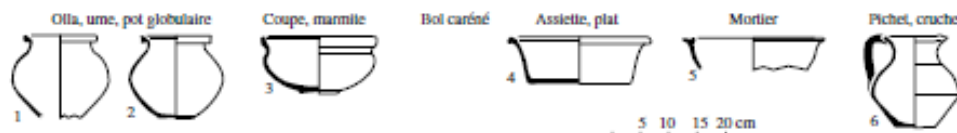
La typologie

Notre première découverte sur notre site de fouilles à environ 20 cm de profondeur est un ensemble de poteries. Pour les dater, nous allons utiliser la typologie. C'est une des plus anciennes techniques de datation qui repose sur la comparaison des poteries trouvées avec un catalogue de poteries trouvées précédemment et qui ont été rangés par ordre chronologique. Par identification de notre poterie à une des poteries référencées, nous pouvons avoir sa datation.

L'établissement de ces typologies a été long. Les premières ont été réalisées au cours du XVIIIe siècle par les propriétaires de cabinets de curiosité. Par la suite de grandes découvertes telle que celle de Pompéi ont permis de dater précisément certaines poteries. Les autres poteries retrouvées ont ensuite été datées en fonction de leur technique de fabrication : les plus simples étant jugées comme les plus anciennes et les plus décorées et travaillées étant les plus récentes. Les typologies sont établies pour un site et sur une période donnée.

Le plus fréquent est d'établir une typologie sur les poteries mais il existe également des typologies sur les silex, les ancres de bateaux, etc.

Aujourd'hui, un grand nombre de typologies ont été corrigées aux vues de nouvelles découvertes archéologiques et de nouvelles datations.



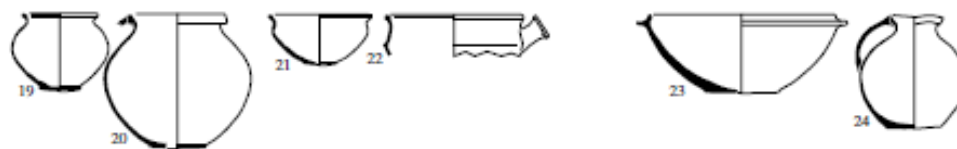
A. Céramique à pisolithes du Gard, années 370-450 (DICOCCER 1993).



B. Céramique grise kaolinique rhodanienne (Le Pontlar, Ardèche), Ve- début VIe siècle (Alcama 1983).



C. Céramique grise kaolinique; atelier de Botlène-Jonqueville, VIe s. (Thiérot 1986).



D. Céramique grise provençale du VIe s. Atelier de Gardanne (Pelletier 1991) et oppidum de Saint-Blaise (d'Aschimbaut 1994).



E. Céramique à grains de quartz dite de Fabiran ou de Maubert, Ve-VIe siècle (Mauré 1998).



F. Toulouse, céramique sableuse, Ve siècle (Lech, Catalo 1999).



G. Céramique bistrée du Val de Saône, VIe-VIIe s (Bouchariat dir. 2001).



H. Céramique non tournée du Languedoc, fin IIIe s. - Ve siècle (DICOCCER 1993) et du Var (n° 38), VIe-début VIIe siècle (Bérato, Krot 1998).



I. Céramique de type nordique, Rodez (n° 40) et L'Isle-Jourdain (n° 41-43) (Boudartchouk, Catalo 1993; Bach, Boudartchouk 1998).

Exemple de typologie pour des céramiques de type nordique¹

La stratigraphie

Nous continuons à fouiller et nous trouvons un collier de coquillages. Les coquillages peuvent être datés par des méthodes telles que le carbone 14 ou l'Uranium/Thorium mais ces techniques nécessitent encore d'être améliorées.

Pour cet objet, la stratigraphie est la méthode de datation choisie. Cette technique est empruntée à la géologie. Les strates sont des couches. On voit facilement en faisant des fouilles que le sol est composé de différentes couches de couleur et de composition différentes. On sait également que la couche supérieure est plus jeune que la couche d'en dessous. Avec cette technique, il est possible de dater un objet par rapport aux autres couches. On est ici la plupart du temps en présence d'une technique de datation relative.

Par exemple, si une poterie est retrouvée dans la couche stratigraphique d'une maison détruite, il est possible de conclure que la poterie a été fabriquée après la maison mais avant la destruction de la maison. Il est parfois également possible de savoir sur deux sites différents que des couches sont de la même période car elles contiennent les mêmes fossiles d'animaux ou de végétaux, notamment pour les temps préhistoriques.

¹ http://halshs.archives-ouvertes.fr/docs/00/04/09/25/ANNEX/Fig_1_planche_ceram.pdf



Exemple de stratigraphie archéologique²

La dendrochronologie

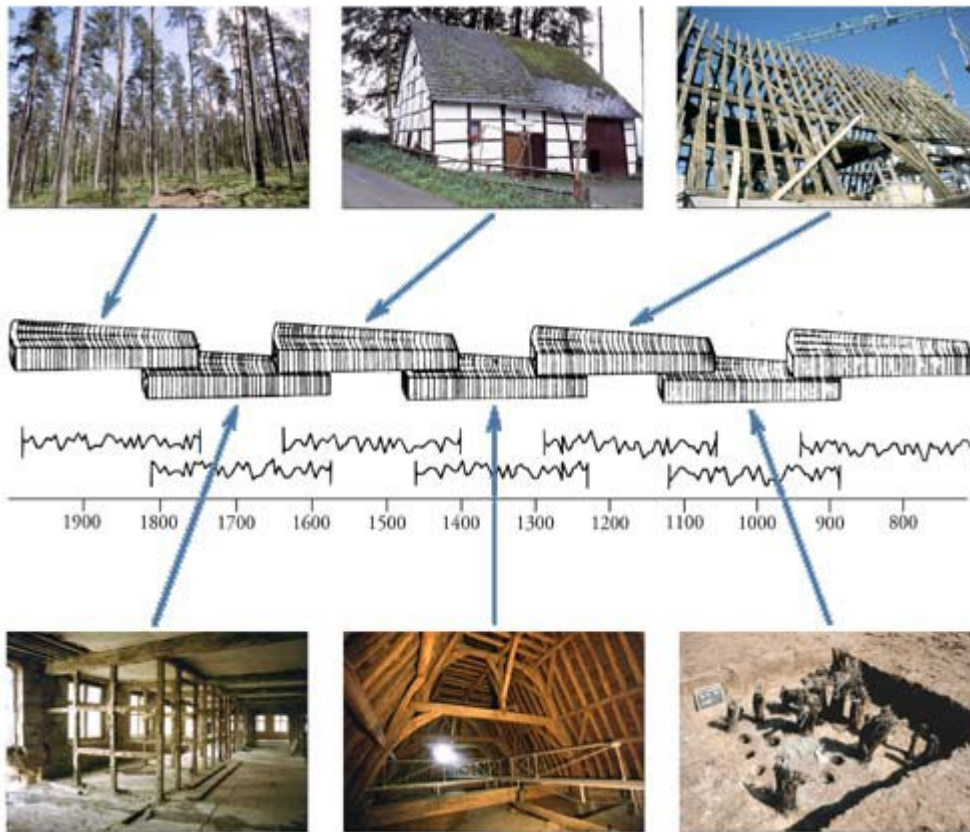
Par la suite, nous trouvons des pieux. Encore une fois, la datation au carbone 14 pourrait être utilisée mais comme nous avons des morceaux de bois quasi-complets, la dendrochronologie nous donnera une datation plus précise.

La dendrochronologie repose sur la croissance des arbres. Tous les ans, l'arbre produit un anneau, ou cerne de croissance, formé d'un bois clair et d'un bois foncé. La taille et la couleur des cernes dépendent du climat : pluie, ensoleillement, etc. Des scientifiques ont passé des années à recenser des séquences de cernes de croissance pour différentes espèces. Il est aujourd'hui possible de remonter jusqu'à environ 15 000 ans av. J.C. pour certaines espèces.

Lorsqu'un bois est retrouvé, on compare la séquence de ses cernes aux séquences connues et on peut connaître la date d'abattage de l'arbre. Attention, on ne peut dater que la date d'abattage de l'arbre et non pas sa date d'utilisation. De plus, pour réaliser cette datation, il faut que le dernier cerne soit présent mais il est souvent très difficile à lire. On peut ainsi réaliser des datations à l'année près.

La datation peut être également dure à réaliser car des cernes peuvent manquer comme pour l'aulne noir par exemple. De plus, des faux cernes peuvent apparaître à cause d'accidents climatiques, des actions de l'homme ou des insectes.

² <http://www.cartier-roberval.gouv.qc.ca/la-recherche-expliquee/interventions-de-terrain/la-stratigraphie/>



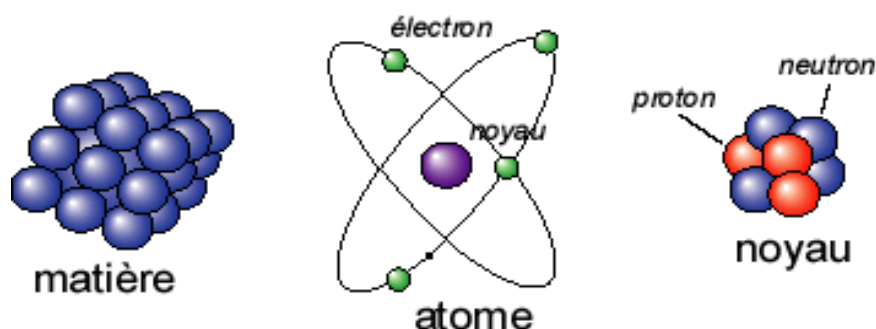
Exemple de série de dendrochronologie³

Petit Rappel sur la Chimie et la Radioactivité

La matière est composée de molécules, elles-mêmes composées d'atomes. Les atomes eux sont composés d'un noyau avec des électrons qui gravitent autour à la façon des planètes autour du Soleil. Dans le noyau, on trouve encore deux particules différentes : le proton et le neutron.

Les atomes ont ensuite été classés dans un tableau appelé le tableau de Mendeleïev (du nom de son inventeur) ou le tableau périodique des éléments. Il classe les atomes en fonction de leur numéro atomique. Ce numéro est noté Z et correspond au nombre de protons présents dans le noyau. Un atome étant électriquement neutre, ce nombre correspond également au nombre d'électrons gravitant autour du noyau. Dans ce tableau, il est également noté le symbole de l'atome, son nom et sa masse molaire atomique. Cette masse est notée M et correspond au poids de $6,0221415 \times 10^{23}$ atomes. Par exemple, la masse molaire atomique du carbone, notée $M(C)$, correspond au poids de $6,0221415 \times 10^{23}$ atomes de carbone, soit une mole de carbone, soit 12g.

L'atome est parfois également désigné par son nombre de nucléons, noté A . Les nucléons sont le nom générique des protons et des neutrons. Donc le nombre A est le nombre de protons et de neutrons dans le noyau. Par exemple, pour le carbone (dans sa forme la plus courante), le nombre A est 12 car le noyau de carbone contient 6 protons et 6 neutrons.



³ Source : Mme F. Bechtel

Composition de la matière⁴

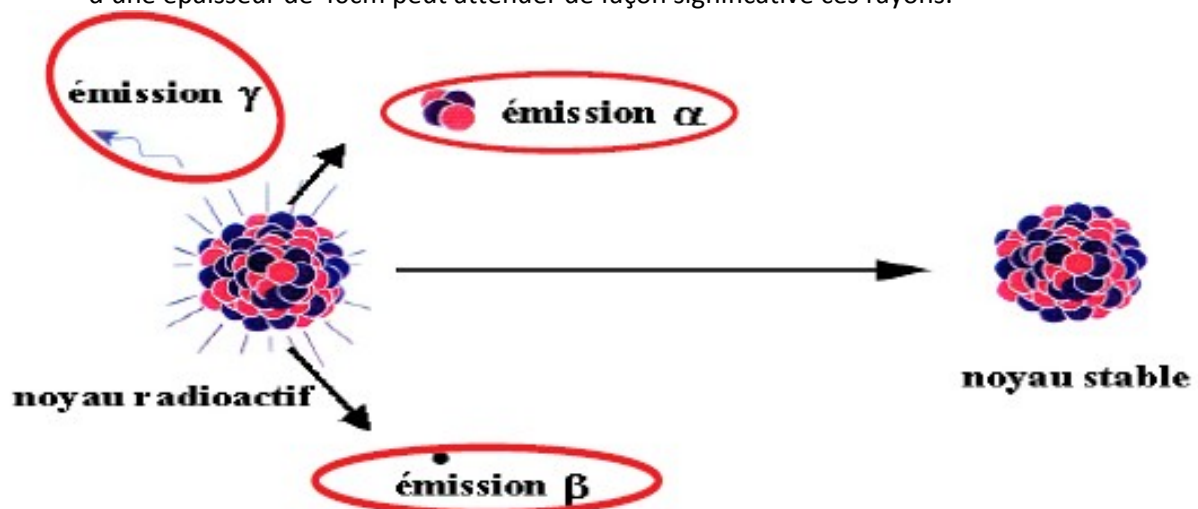
Passons à présent à la radioactivité. Elle est présente tout autour de nous et dans nous. Chaque chose, chaque être est radioactif mais dans des proportions infimes.

Comme nous l'avons vu précédemment, la matière est composée d'atomes. Si certains d'entre eux sont stables, d'autres possèdent trop de protons, trop de neutrons ou trop de protons et de neutrons dans leur noyau. Ils sont donc instables. Ils vont donc chercher à perdre ces particules par des réactions des désintégrations, également appelées radioactivité.

Il est nécessaire ici d'introduire la notion d'isotopes. Les isotopes sont des atomes qui possèdent le même nombre de protons dans leur noyau mais pas le même nombre de neutrons. Par exemple, il y a 3 isotopes pour le carbone : le carbone 12, le carbone 13 et le carbone 14. Le carbone 12 possède un noyau avec 6 protons et 6 neutrons, le carbone 13 possède un noyau avec 6 protons et 7 neutrons et le carbone 14 possède un noyau avec 6 protons et 8 neutrons. Vous noterez ici que pour désigner les différents isotopes, on utilise le nom de l'atome avec le nombre A (nombre de neutrons + de protons contenus dans le noyau). L'atome le plus stable étant le carbone 12, les autres atomes vont essayer de perdre leurs neutrons pour devenir stable.

Pour cela, il y a plusieurs possibilités qui vont correspondre à des radioactivités différentes :

- La radioactivité α (alpha) est la perte par le noyau de l'atome de deux protons et de deux neutrons. On dit que le noyau de l'atome perd l'équivalent d'un noyau d'hélium. Cette radioactivité n'est pas dangereuse car elle peut être arrêtée par une feuille de papier.
- La radioactivité β (béta) correspond à un changement dans le noyau. Si un proton devient un neutron, l'atome va perdre un électron. C'est la radioactivité β^- . Si un neutron devient un proton, l'atome va perdre un positron (c'est la même chose qu'un électron mais avec une charge positive). C'est la radioactivité β^+ . Cette radioactivité peut être arrêtée avec une feuille d'aluminium.
- La radioactivité γ . Cette radioactivité se déroule en parallèle des deux autres car elle en découle. Lorsque l'atome perd une particule, quelle qu'elle soit, il a en lui trop d'énergie qu'il lui faut évacuer. Il va l'évacuer sous forme de rayons γ . Ces rayons sont très énergétiques et très dangereux car ils ne peuvent pas être arrêtés mais seulement atténués. Seul le plomb d'une épaisseur de 40cm peut atténuer de façon significative ces rayons.



La radioactivité⁵

L'Uranium/Thorium

Après ce rappel, nous continuons nos fouilles et trouvons un squelette. Nous allons le dater avec la méthode de l'Uranium/Thorium. Cette méthode est basée sur le fait que l'Uranium 234 se désintègre en Thorium 230 selon une loi mathématique connue et donc en un temps connu.

Nous savons que lorsque le calcium précipite, donc lorsque nos os se forment, de l'Uranium est emprisonné. Il va ensuite se désintégrer en Thorium au cours de la vie puis de la mort de la personne.

Nous connaissons le taux d'Uranium présent dans un os au départ grâce à des analyses sur des humains d'aujourd'hui. Nous savons également que tous les 245 500 ans, la moitié des atomes

⁴ Source : M. Ben Amara Ayed

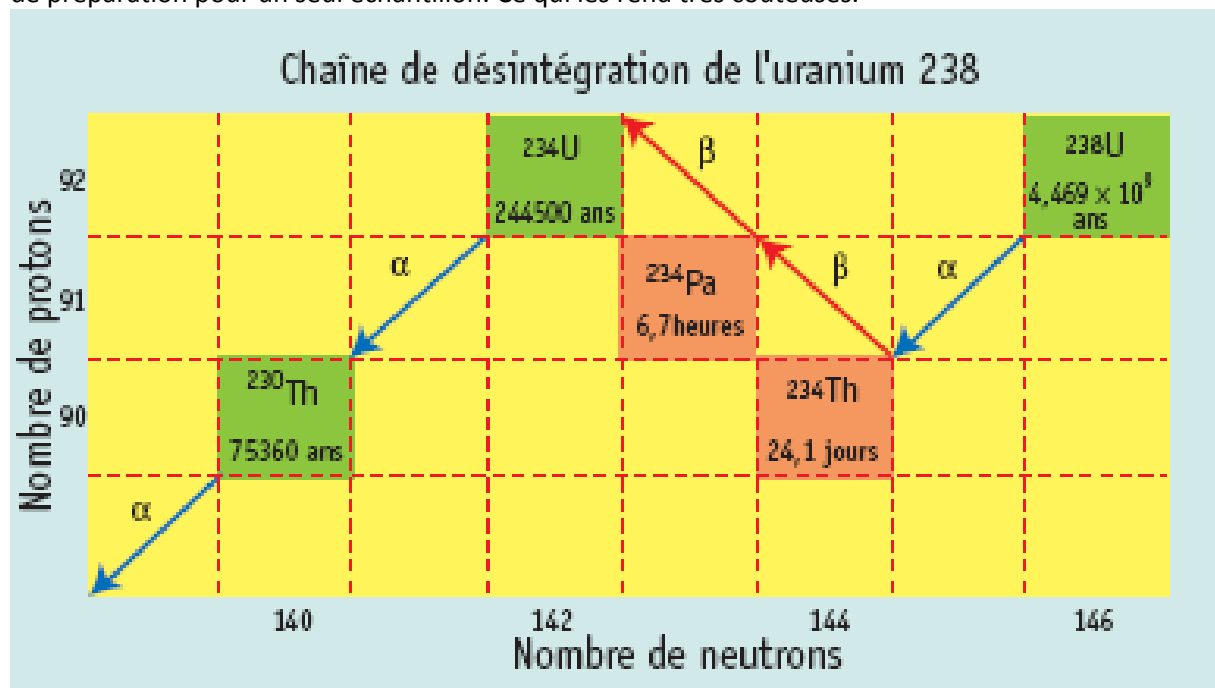
⁵ Source : M. F. Bechtel

d'Uranium présents se sont désintégrés en Thorium. Cela nous a permis d'avoir une loi mathématique pour pouvoir calculer la date du squelette. Comme il est possible d'avoir le nombre d'atomes d'Uranium 234 et de Thorium 230 présents dans une partie de ce squelette grâce à une machine spécifique appelée spectromètre de masse à ionisation de flamme, il est possible de le dater. Encore une fois, nous datons ici la fin de la mise en place du squelette de cet homme, donc l'homme est déjà âgé d'une dizaine voire d'une vingtaine d'années. Néanmoins, cette technique est utilisée pour des squelettes très vieux : de 10 000 à 100 000 ans environ donc quelques années de vies ne changent pas beaucoup la datation.

Cette datation n'est néanmoins possible que s'il n'y a pas eu d'ajouts d'Uranium ou de Thorium au cours du temps. Il faut donc être sûr que le « système » n'a pas bougé. Que les os n'ont pas été ouverts ou coupés par exemple. Il ne faut pas non plus qu'ils aient été retrouvés dans un milieu aquatique car l'Uranium est soluble dans l'eau mais pas le Thorium.

Sur le modèle de la datation Uranium/Thorium, il existe également la datation Potassium/Argon qui repose sur les mêmes bases et possèdent les mêmes problèmes. Néanmoins, elle offre une possibilité de datation jusqu'à un voire deux milliards d'années.

Ces datations sont néanmoins destructives pour l'échantillon et nécessite plusieurs semaines de préparation pour un seul échantillon. Ce qui les rend très coûteuses.



Chaîne de désintégration de l'uranium 238⁶

L'OSL et la Thermoluminescence

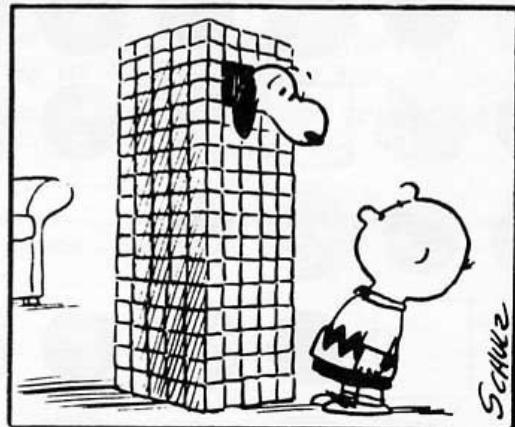
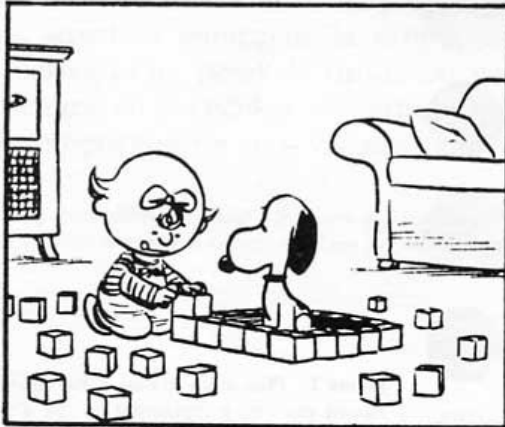
Nous poursuivons notre fouille et trouvons des silex qui selon toute vraisemblance, ont été chauffés. C'était une des techniques des hommes préhistoriques : pour tailler un silex, celui-ci était chauffé auparavant, il était ainsi plus facile à tailler. Nous allons donc utiliser la thermoluminescence ou l'OSL.

Cette technique repose sur la radioactivité de l'objet, de son environnement et sur des défauts présents dans les minéraux.

Dans le silex, tout comme l'argile pour les poteries, il y a des minéraux tels que les quartz, les feldspaths et les zircons. Ces minéraux sont composés d'atomes comme nous l'avons vu tout à l'heure. Ces atomes sont liés les uns aux autres et forment ainsi une grande maille, comme pour une écharpe où chaque nœud est un atome. Cela s'appelle le réseau cristallin. Dans les minéraux, ce réseau n'est pas parfait, il possède des défauts tels que le manque d'un atome à un endroit, un atome qui n'est pas à la bonne place, etc. Ces défauts entraînent la formation de ce qu'on appelle des pièges à électrons (des sortes de trous qui attirent les électrons). Ils ont la particularité d'attirer tous les ans le même nombre d'électrons, ce nombre variant en fonction de la radioactivité de l'objet et de son environnement. Néanmoins, si l'objet est chauffé à plus de 300°C, les pièges libèrent leurs électrons. C'est également le cas, s'il est exposé à la lumière du Soleil ou à nos lumières artificielles.

⁶ Source : Mme F. Bechtel

Lorsqu'un minéral se forme, les défauts accumulent des électrons. Mais ses pièges finissent par saturer car ils ont trop d'électrons. Dans ce cas, on dit que le minéral a un signal géologique et donc on ne peut pas le dater. Si le minéral n'a jamais été chauffé, c'est le cas. Si le minéral a été chauffé dans le passé, tous les électrons sont partis des pièges. Puis le minéral, compris dans un objet comme une poterie ou un silex, a été utilisé et donc des électrons se sont à nouveau retrouvés piégés dans les défauts.



Extrait de *Go fly a kite, Charlie Brown*, reproduit avec la gracieuse autorisation de C. M. SCHULZ, © 1960 par United Features Syndicate, Inc.

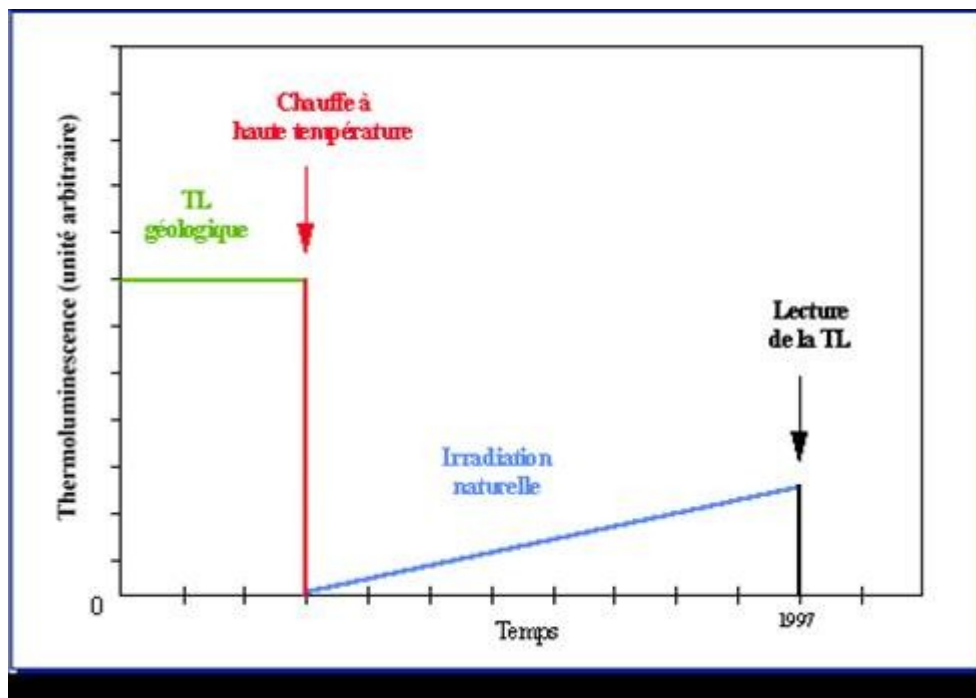
Grâce à cette technique, il est possible de dater le moment où un objet a été chauffé (fabrication d'une poterie, d'une brique, etc.) et également de savoir à quelle température il a été chauffé. Cette dernière partie est encore aujourd'hui en cours d'expérimentations mais les résultats sont déjà très concluants. Avec l'OSL, il est également possible de savoir quand l'objet a vu le jour pour la dernière fois, mais encore une fois, cette méthode est en cours d'expérimentations.

Comment date t-on ? Il est possible de savoir combien d'électrons sont piégés tous les ans en mettant des capteurs spécifiques dans le sol où on a trouvé l'objet. Cela va nous donner la dose annuelle (en gray par an). Il est également possible de savoir combien il y a d'électrons piégés dans l'échantillon. C'est ce qu'on appelle la dose archéologique ou paléodose. A partir de ces données, il est donc très facile de connaître la date : la dose archéologique est divisée par la dose annuelle.

Néanmoins, pour pouvoir réaliser ce type de datation, il faut broyer l'échantillon et lui faire subir différents traitements chimiques qui sont encore une fois très long et très coûteux. De plus, il ne faut pas que l'échantillon voit la lumière du jour. Il faut donc faire le prélèvement sous tente noire avec une lumière rouge spéciale, utilisée également par les photographes.

L'OSL et la Thermoluminescence fonctionnent avec le même principe. Elles diffèrent juste dans la méthode pour extraire les électrons de l'échantillon : l'OSL utilise de la lumière (une lumière monochromatique, avec une seule longueur d'onde) alors que la thermoluminescence utilise le chauffage.

Cette méthode permet une datation jusqu'à environ 200 000 ans.



Principe de la thermoluminescence et de l'OSL⁷

Le Carbone 14

Finalement, nous allons essayer de dater les peintures qui se trouvent peintes sur la façade de l'abri-sous-roche. Les analyses ont montré que les peintures noires étaient faites avec du noir de carbone. Ce pigment est fabriqué par combustion incomplète d'une matière organique telle que le bois, la résine, la graisse, l'huile, etc. Ce pigment contient donc du carbone et a très certainement été fabriqué peu de temps avant son utilisation. Si du charbon avait été utilisé, une datation aurait été plus hasardeuse car le charbon peut avoir été trouvé dans une mine et donc avoir été formé il y a très longtemps.

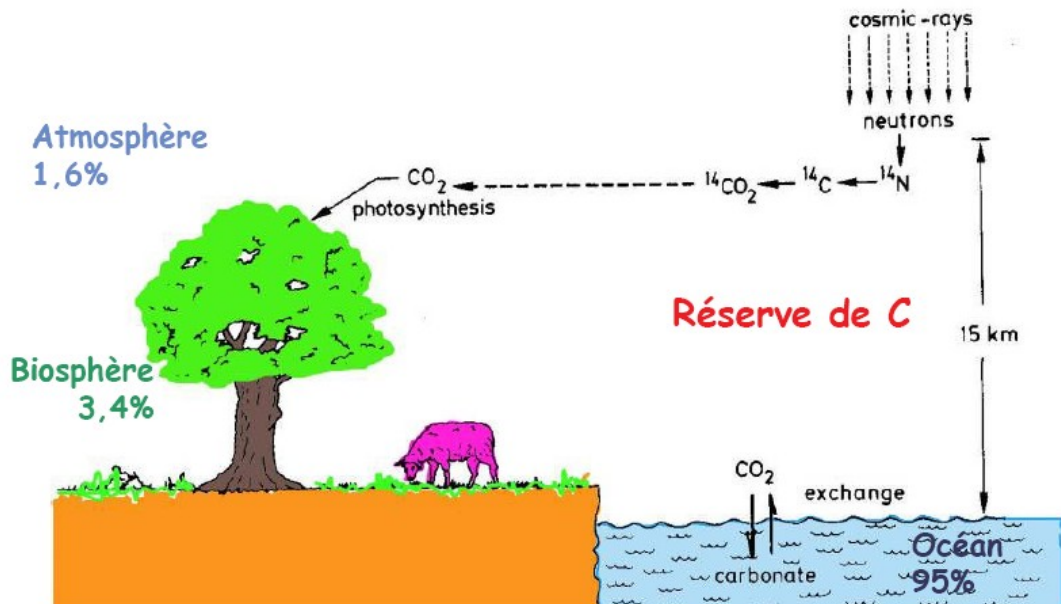
Le carbone 14 est un isotope du carbone. Il est présent dans toutes les matières contenant du carbone c'est-à-dire les êtres humains, les plantes, les animaux, etc. Pendant la vie, les échanges avec l'atmosphère sont permanents et donc le taux de carbone 14 est constant. Lorsqu'on meurt, le taux de carbone 14 diminue selon une loi mathématique connue. On sait que tous les 5530 ans la moitié des atomes présents se sont désintégrés en azote. Il est possible de connaître le nombre d'atomes de carbone 14 initial par comparaison avec des échantillons actuels. Le nombre d'atomes de carbone 14 dans l'échantillon peut être mesuré de deux façons :

- Soit on compte le nombre de désintégrations radioactives qui se produisent dans l'échantillon pendant un certain laps de temps. Cela nécessite un échantillon relativement gros (environ 1g pour les plus petits) et par la suite, le nombre d'atomes de carbone 14 est évalué à partir de ce nombre de désintégrations enregistré. C'est la première technique mise au point pour la datation au carbone 14.
- Soit on compte directement le nombre d'atomes de carbone 14 présents dans l'échantillon. Pour cela, l'échantillon (cette fois un petit échantillon est nécessaire : environ 10mg) est préparé comme précédemment pour le débarrasser des éventuelles pollutions puis il est analysé par un spectromètre de masse couplé à un accélérateur de particules. Le nombre d'atomes de carbone 14 est donc connu et la datation est donc plus précise.

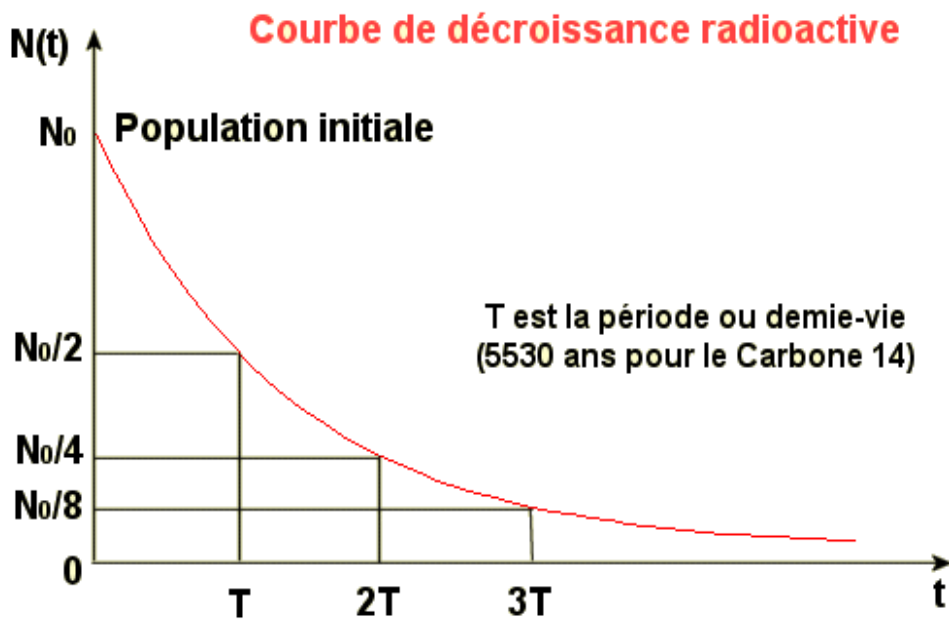
Néanmoins, la date obtenue n'est pas la bonne. Lorsque Libby, l'inventeur de la technique, a calculé la période de désintégration du carbone 14, il s'est trompé. De plus, il a postulé que le taux de carbone 14 dans l'atmosphère et dans les êtres humains était constant alors que ce n'est pas le cas. Le taux de carbone 14 dans l'atmosphère a varié au cours du temps. Il faut donc calibrer la datation. Pour cela, une courbe de calibration a été réalisée et est remise à jour tous les ans grâce à des datations par le carbone 14 et par d'autres techniques de datation. Ainsi, il est possible de corriger la date et d'avoir la date « réelle ». Cette calibration est faite par ordinateur par un logiciel appelé OxCal.

⁷ Source : Mme C. Lahaye

Abondance isotopique : ^{12}C 98,89% / ^{13}C 1,108% / ^{14}C $1,2 \cdot 10^{-12}$ %



Formation et présence du carbone autour de nous⁸



Courbe de décroissance radioactive du carbone⁹

⁸ Source : Mme F. Bechtel

⁹ Source : Mme F. Bechtel