

TP2 – La radioactivité et la datation au Carbone 14

Objectif : Comprendre le phénomène de la radioactivité et son intérêt pour dater des échantillons vieux de plusieurs milliers d'années.

Capacités : - Calculer le nombre de noyaux restants au bout de n demi-vies

- Estimer la durée nécessaire pour obtenir une certaine quantité de noyaux restants
- Utiliser une représentation graphique pour déterminer une demi-vie.
- Utiliser une décroissance radioactive pour une datation au ^{14}C .

Ressources :

- Document 1 : La structure des atomes et les isotopes (noyau, atome, etc...)
- Document 2 : La décroissance radioactive et le temps de demi-vie
- Document 3 : Les peintures rupestres de la grotte de Chauvet
- Film : extrait « les palmes de monsieur Schultz » <https://www.youtube.com/watch?v=fLkGYesQr8>
- Logiciel : Radiochronologie et sa fiche technique

Capacités	Activités	Pour réussir
S'informer	A l'aide du document 1, rappeler ce que représente la formule atomique des éléments chimiques et ce qui distinguent les isotopes d'un élément. Expliquer la découverte faite par Marie Curie.	Rédiger des réponses courtes, correctement formulées. Souligner les éléments importants de vos réponses.
	A l'aide du document 2, écrire les équations de formation et de désintégration du ^{14}C . Expliquer pourquoi le ^{14}C permet de dater un fossile par exemple.	Utiliser le document 3 p 24 (formation du ^{14}C) et le document 2 distribué (désintégration du ^{14}C). Expliquer la disparition du ^{14}C dans un organisme après sa mort.
Réaliser	A l'aide du logiciel Radiochronologie, déterminer la demi-vie de ^{14}C et calculer le nombre de noyaux restant au bout de 2 puis 3 demi-vies.	Utiliser la fiche technique du logiciel et repérer les axes du graphique présenté.
Raisonnement	Les peintures de la grotte Chauvet comptent parmi les plus anciennes peintures rupestres connues. En utilisant les informations apportées par le document 3, dater par la méthode du ^{14}C les deux phases de fabrication de charbons de bois	Utiliser le logiciel Radiochronologie (onglet <i>loi de décroissance</i>) pour déterminer l'âge des échantillons étudiés.

Document 1 : Les isotopes des éléments chimiques

La matière qui nous entoure est constituée d'atomes. Un atome est constitué essentiellement d'un noyau, disposant de presque toute la masse, chargé d'électricité positive, et d'un nuage d'électrons.

Le noyau est formé de la réunion de protons et de neutrons, particules élémentaires, les unes chargées positivement, les autres électriquement neutres. Les neutrons et protons sont appelés nucléons.

Le nombre atomique Z correspond au nombre de protons. Pour un même élément, on peut avoir divers noyaux de même Z, mais comportant un nombre de neutrons différents. **Ce sont les ISOTOPES**. Ils ont les mêmes propriétés chimiques mais leur **masse** diffère. Certains isotopes sont stables d'autres radioactifs (instables).

Un noyau (ou un atome) est représenté ainsi :

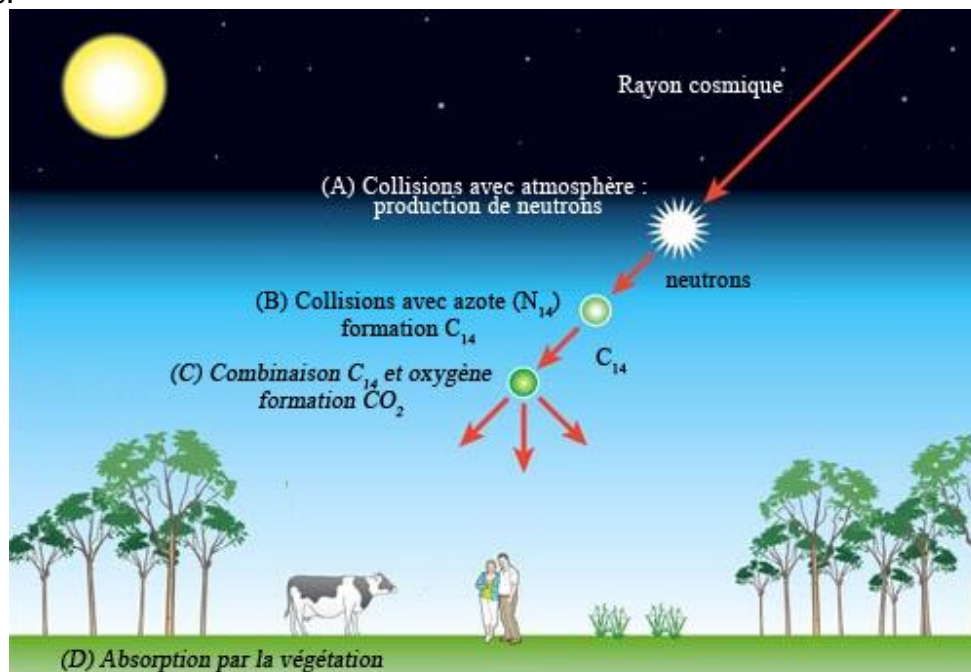
$$\begin{array}{c} A \\ X \\ Z \end{array}$$

$A = N + Z$, A étant le nombre total de nucléons (protons + neutrons).

Le carbone 14 est l'un des isotopes du carbone : son abondance est de $1,2 \cdot 10^{-12}$ %; les deux autres isotopes sont stables, ce sont le carbone 12 et le carbone 13 présents respectivement dans la proportion de 98,89% et de 1,108%.

Document 2 – La désintégration du ^{14}C

Le carbone 14, ^{14}C , est produit en haute atmosphère à partir de l'azote 14, ^{14}N , de l'air. On considère qu'il est produit régulièrement et qu'il est donc en proportion constante et connue dans tous les milieux et tous les êtres vivants.



Lorsqu'un animal ou une plante meurt, son métabolisme cesse et son carbone n'est plus renouvelé : **le ^{14}C qu'il contient au moment de sa mort se désintègre en ^{14}N** . Son activité radioactive est assez faible et de $13,56 \pm 0,07$ désintégrations par minute et par gramme de carbone (DPM/g de carbone)

En connaissant la proportion $^{14}\text{C} / ^{12}\text{C}$ dans le milieu, la mesure de la proportion $^{14}\text{C} / ^{12}\text{C}$ dans les restes d'êtres vivants (os, cheveux, bois, coquille) fournit la durée écoulée depuis la mort (isolement = fermeture du système). Au-delà de 30 000 à 40 000 ans, la quantité de ^{14}C restante dans l'échantillon est insuffisante pour permettre une mesure fiable.

Dans le cas du ^{14}C , le calcul de l'âge est donc aisé, car la composition au moment de la fermeture est connue et on mesure la quantité d'isotope radioactif restant.

DATER UN ECHANTILLON PAR LE ^{14}C CONSISTE DONC A MESURER SA TENEUR ACTUELLE DANS UN ECHANTILLON (N) ET LA COMPARER A CELLE QU'ELLE AVAIT LORS DE SA FORMATION (N_0).

Rque : On mesure la quantité des isotopes ^{14}C et ^{12}C à l'aide d'un spectromètre de masse.

Document 3 p 24

3 La nucléosynthèse stellaire



Le physicien américain Hans Albrecht Bethe (1906-2005) explique le premier, en 1938, les réactions de fusion nucléaire dans les étoiles, montrant ainsi comment elles produisent leur énergie. L'hydrogène est le principal « carburant » de cette production d'énergie, et la fusion de ses noyaux est la première étape de la formation des éléments de l'Univers.

Au cœur des étoiles, à des températures très élevées, les noyaux des atomes fusionnent pour former de nouveaux noyaux :

- quatre noyaux d'hydrogène ${}^1_1\text{H}$ s'unissent pour former un noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$;
- deux noyaux d'hélium s'assemblent pour former un noyau de béryllium ${}^8_4\text{Be}$;

- et ainsi de suite : les éléments les plus lourds s'obtenant à partir d'éléments plus légers.

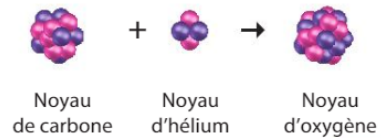
Exemple d'une réaction de fusion nucléaire stellaire

La formation d'un noyau d'oxygène à partir d'un noyau de carbone et d'un noyau d'hélium.

• **Équation de la réaction**



• **Modélisation de la réaction**



Animation
La fusion des étoiles
hatier-clic.fr/es1024b

Document 3 : Les peintures de la Grotte de Chauvet

La découverte de la radioactivité naturelle a marqué un considérable progrès pour l'étude de la Préhistoire. On sait en effet, maintenant depuis environ 50 ans, que le matériel constitutif des sites archéologiques contient parfois des radioéléments dont la teneur varie avec le temps et qu'il est ainsi possible de dater des événements préhistoriques.

Document 3A : les objets géologiques de la grotte Chauvet

Mouchage de torche

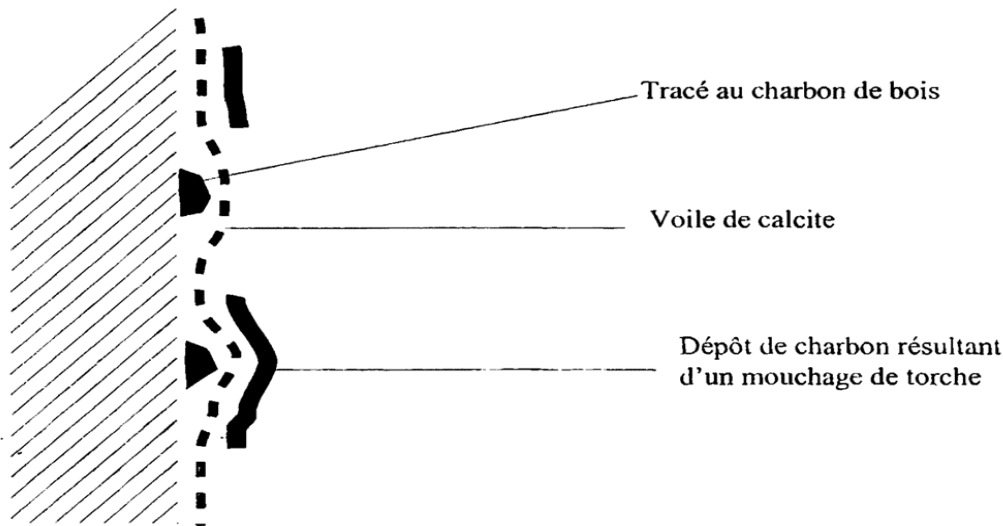
Les peintures préhistoriques sont réalisées avec des fragments de charbon de bois et des pigments minéraux. Les éléments dissous dans l'eau circulant dans la grotte cristallisent sous forme d'un voile de calcite recouvrant les parois et certaines peintures. Ce voile de calcite est lui-même recouvert d'un dépôt de charbon résultant d'un mouchage de torche (frottement de torche sur la paroi pour retirer la partie carbonisée qui asphyxie la flamme).

Mouchage
de torche

Trait réalisé au
charbon de bois



Schéma des recouvrements vus en coupe



Document 3B : datation par le ^{14}C

Deux ensembles de mesures ont été réalisés pour la grotte Chauvet.

- le premier réalisé sur des **fragments de charbon de bois prélevés sur les peintures** fournit des valeurs N/No comprises **entre 1,64 % et 2,70 %**. Parmi les critiques émises sur la validité de leur datation, revient celle que l'on ne date pas directement la peinture mais les matières utilisées. Ce charbon de bois a pu être fabriqué pour cet usage ou prélevé dans un foyer bien plus ancien.

- le second réalisé sur des **fragments de charbon de bois prélevés sur les mouchages de torche** fournit des valeurs comprises **entre 3,47 % et 4,37 %**. Ces torches étaient fabriquées à partir de branches prélevées sur l'arbre au fur et à mesure des besoins.

