

Activité 1 : Les éléments chimiques de l'Univers

1 La théorie du Big Bang

Il y a environ 13,7 milliards d'années, l'Univers est un brouillard extrêmement dense et chaud composé de particules élémentaires (électrons, photons, etc.). Le Big Bang secoue l'Univers, qui libère alors une énorme quantité d'énergie et entre dans une phase d'expansion extrêmement rapide : il passe de la taille d'un point à dix fois la taille de notre galaxie.

Cette dilatation entraîne une baisse de la température, laquelle provoque l'assemblage des particules en neutrons et en protons. Quelques minutes plus tard, ceux-ci se regroupent et forment les noyaux des éléments chimiques les plus légers : l'hydrogène et l'hélium.

Il faut attendre plus de cent millions d'années pour que les forces de gravitation rassemblent ces premiers atomes en étoiles. Composées à 99 % d'hydrogène et d'hélium, celles-ci deviennent le lieu de formation d'éléments chimiques plus lourds (carbone, azote, etc.) au cours de réactions nucléaires.

À la fin de leur vie, certaines étoiles massives explosent en supernova et favorisent l'apparition des éléments chimiques les plus lourds qui se dispersent dans l'Univers.

Animation
L'Univers, l'inimaginable naissance
hatier-clic.fr/es1024a

3 La nucléosynthèse stellaire



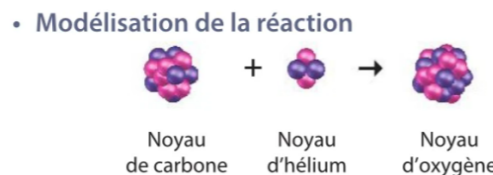
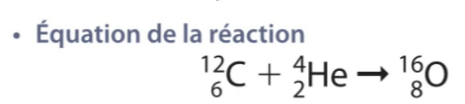
Le physicien américain Hans Albrecht Bethe (1906-2005) explique le premier, en 1938, les réactions de fusion nucléaire dans les étoiles, montrant ainsi comment elles produisent leur énergie. L'hydrogène est le principal « carburant » de cette production d'énergie, et la fusion de ses noyaux est la première 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_1H s'unissent pour former un noyau d'hélium ^4_2He ;
- deux noyaux d'hélium s'assemblent pour former un noyau de béryllium ^8_4Be ;

- et ainsi de suite : les éléments les plus lourds s'obtiennent 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.



Animation
La fusion des étoiles

2 Deux types de réactions nucléaires

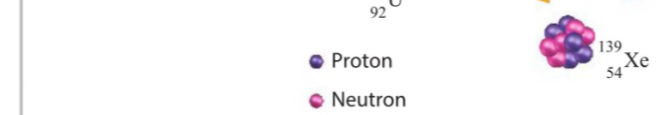
Au cours d'une réaction nucléaire, un ou plusieurs noyaux se transforment. Fusion et fission en sont deux exemples au cours desquels les nombres de neutrons et de protons se conservent. Ces réactions libèrent de grandes quantités d'énergie.

La fusion
Réaction nucléaire au cours de laquelle deux noyaux légers s'unissent pour former un noyau plus lourd.



Ce type de réaction a lieu en permanence au sein des étoiles et permet la formation des éléments chimiques.

La fission
Réaction nucléaire au cours de laquelle un noyau lourd est scindé en deux noyaux plus légers sous l'impact d'un neutron.



4 Analyse spectrale et composition chimique du Soleil

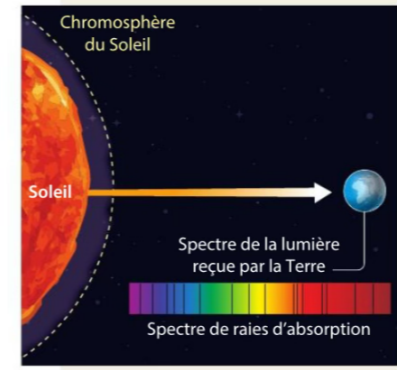


Bien avant les découvertes sur la fusion nucléaire stellaire, de nombreux scientifiques ont cherché à étudier la composition de la lumière du Soleil.

L'un d'entre eux, le physicien allemand Joseph von Fraunhofer (1787-1826) dénombre ainsi la présence de plus de 570 raies noires dans le spectre de la lumière visible du Soleil, raies dites « de Fraunhofer ».

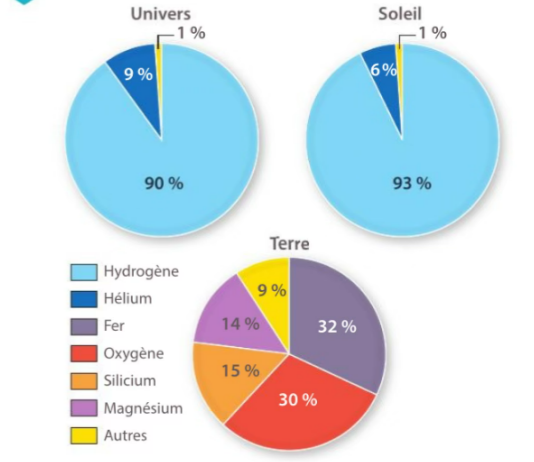
Durant le XIX^e siècle, les améliorations des techniques de l'analyse des spectres permettent de construire, pas à pas, de nouvelles connaissances. En 1860, les scientifiques allemands Robert Wilhelm Bunsen (1811-1899), chimiste, et Gustav Robert Kirchhoff (1824-1887), physicien, découvrent ainsi que les raies spectrales sont caractéristiques d'un élément chimique.

En comparant la position des raies de Fraunhofer avec celles des spectres d'éléments chimiques présents sur Terre, ils mettent alors en évidence que ces mêmes éléments sont présents dans le Soleil.



Animations
Spectres et composition chimique du Soleil
hatier-clic.fr/es1025a
hatier-clic.fr/es1025b

5 L'abondance des éléments chimiques



	H	O	C	N	Autres
Corps humain	61,1 %	24,1 %	12,5 %	1,4 %	0,9 %
Blé	58,3 %	31,4 %	12,0 %	0,3 %	2,9 %
Champignon	60,1 %	30,5 %	7,2 %	1,9 %	0,3 %
Bactérie	63,0 %	29,1 %	6,3 %	1,3 %	0,3 %

À SAVOIR
Sur Terre, l'hydrogène est essentiellement présent dans les océans.

Femme de science
En 1924, **Cecilia Payne** (1900-1970) montre que si les étoiles ont une composition similaire à celle de la Terre en éléments lourds, l'hélium et l'hydrogène y sont beaucoup plus abondants. Mais son supérieur ne souhaite pas publier sa découverte, trop révolutionnaire pour l'époque : la Terre et les étoiles doivent avoir des proportions semblables d'éléments. Ses découvertes seront pourtant confirmées ultérieurement.

QUESTIONS

- Tous les éléments chimiques sont-ils apparus en même temps dans l'Univers? Quels ont été les deux premiers éléments à apparaître?
- Quel phénomène conduit à la formation des éléments chimiques dans les étoiles? Quel est l'élément chimique initial?
- L'équation de réaction nucléaire stellaire modélisée (doc. 3) est-elle une réaction de fusion ou de fission? Justifier votre réponse.
- Quelle interprétation ont donné Bunsen et Kirchhoff aux raies noires observées dans le spectre du Soleil par Fraunhofer?
- Les éléments chimiques les plus abondants sont-ils les mêmes chez tous les êtres vivants? Réaliser un histogramme représentant la proportion des éléments chimiques présents dans le corps humain et dans le blé. Un logiciel tableur peut être utilisé. [Fiche tableur p. 250](#)
- Après avoir indiqué les éléments les plus abondants dans l'Univers, sur Terre et dans les êtres vivants, résumer en quelques lignes la façon dont ces différents éléments se sont formés. [Pour approfondir : ex. 7 et 8 p. 34](#)

Penser la science

Exercer son esprit critique
Depuis l'Antiquité, la plupart des découvertes ont été rapportées comme ayant été réalisées par des scientifiques masculins.
■ Comment expliquer la relative absence des femmes dans l'histoire des découvertes scientifiques avant le XIX^e siècle?

A retenir.

- ⊛ Les noyaux des atomes des éléments chimiques résultent de réactions nucléaires qui se produisent au sein des étoiles à partir de l'hydrogène initial (créé au Big Bang).
- ⊛ L'Univers est formé principalement d'hydrogène et d'hélium.
- ⊛ La Terre est surtout constituée d'oxygène, d'hydrogène, de fer, de silicium, de magnésium.
- ⊛ Les êtres vivants sont essentiellement constitués de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote.

- ⊛ Il existe deux types de **réactions nucléaires** (entre noyaux) :
 - ✓ la **fusion** nucléaire : 2 noyaux légers s'unissent pour former un noyau plus lourd.
 - ✓ la **fission** nucléaire : 1 noyau lourd se scinde en deux noyaux plus légers.
- ⊛ Ces réactions libèrent énormément **d'énergie** (sous forme de chaleur notamment). Energie qui peut être exploitée sur Terre pour produire de l'énergie électrique.

☼ Un noyau est formé de deux types de particules : des **protons** (chargés positivement) et des **neutrons** (non chargés). Ensemble ils forment les **nucléons**.

☼ Le nombre de protons est noté **Z**, c'est le **numéro atomique**.

☼ Le nombre de nucléons est noté **A**, c'est le **nombre de masse**.

☼ Le noyau d'un atome X est noté symboliquement (représentation symbolique ou écriture conventionnelle) :



Symbole chimique de l'élément

Remarque : Si l'on connaît A et Z on peut déterminer le nombre N de neutrons par la relation $N = A - Z$

Exemples :

♣ Noyau d'un atome de carbone 12 : ${}^12_6\text{C}$

Il y a :

- 6 protons
- 12 nucléons
- $12 - 6 = 6$ neutrons

♣ Noyau d'un atome de carbone 13: ${}^{13}_6\text{C}$

Il y a :

- 6 protons
- 13 nucléons
- $13 - 6 = 7$ neutrons

♣ Noyau d'un atome de carbone 14: ${}^{14}_6\text{C}$


Il y a :

- 6 protons
- 14 nucléons
- $14 - 6 = 8$ neutrons

même Z

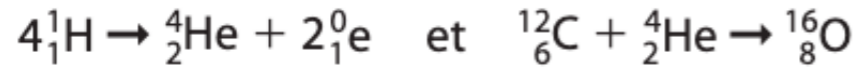
même symbole chimique

Ces 3 noyaux sont des isotopes

 Des noyaux **isotopes** sont des noyaux qui ont le même nombre de protons (même élément chimique) mais un nombre de neutrons différents.

4 La formation des éléments chimiques

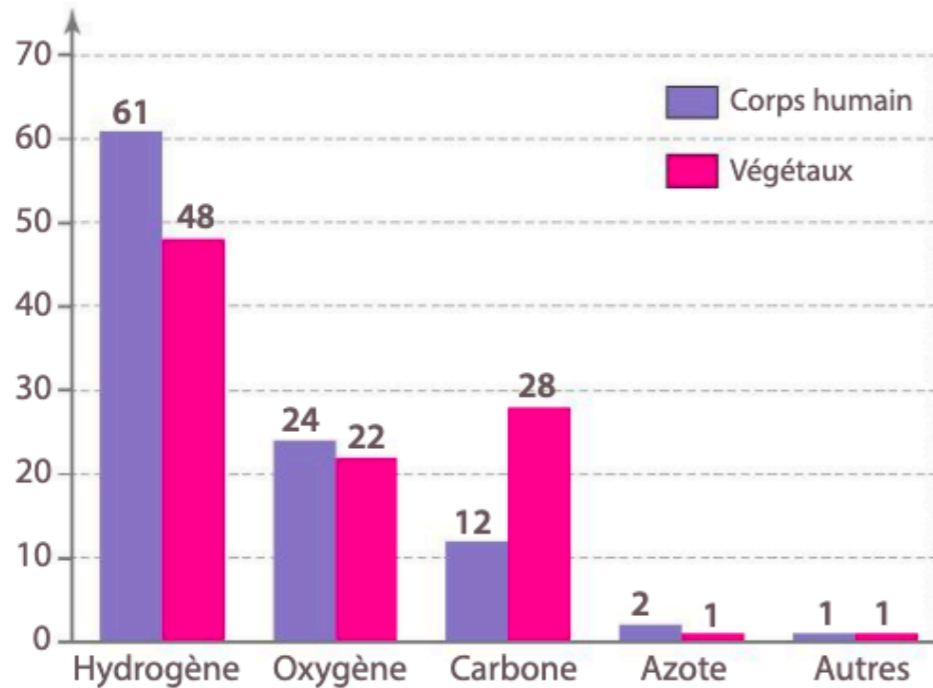
Les noyaux des atomes de la centaine d'éléments chimiques résultent de réactions nucléaires stellaires, à partir de l'hydrogène initial. Par exemple :



1. Comment ce type de réactions nucléaires se nomme-t-il ?
2. Expliquer comment, d'après ces équations de réaction, les éléments chimiques plus lourds se forment dans les étoiles.

2 Lecture d'un graphique

Abondance (en %)

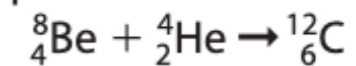


1. Quels sont les deux éléments chimiques les plus abondants dans le corps humain ? dans les végétaux ?
2. Dans le corps humain, quelle est la proportion de carbone ? Quelle est-elle dans les végétaux ?

8 Les réactions nucléaires stellaires



Au sein des étoiles, les noyaux de carbone se forment à partir des noyaux de béryllium et d'hélium selon l'équation de réaction suivante.



1. L'équation précédente traduit-elle une réaction de fusion ou de fission nucléaire ? Justifier.
2. Modéliser la réaction nucléaire permettant de former un noyau de carbone 12. On représentera : un proton par un rond noir et un neutron par un rond blanc.

Activité 2 : La radioactivité (p26-27)



LA RADIOACTIVITÉ

À la fin du XIX^e siècle, la découverte de la radioactivité offre un tournant majeur dans le monde scientifique. Celle-ci conduit à une meilleure connaissance de la structure microscopique de la matière et donne lieu à de multiples applications.

Quels scientifiques ont découvert la radioactivité et quel est ce phénomène ?

1 La découverte de la radioactivité



En 1896, le physicien français Henri Becquerel (1852-1908) range l'échantillon d'un minerai d'uranium dans un tiroir fermé, à proximité d'une plaque « Lumière ». Il y constate l'apparition de silhouettes noires, de la forme de l'échantillon du minerai, et ce malgré l'obscurité et le papier noir qui enveloppe la plaque. Il en déduit que l'uranium émet spontanément des rayonnements capables de traverser certaines matières, qu'il nomme « rayons uraniques ». Dès 1897, le couple de physiciens français Marie Skłodowska-Curie (1867-1934) et Pierre Curie (1859-1906)

étudient les propriétés des rayonnements découverts par Henri Becquerel. Afin d'isoler d'autres composés susceptibles d'émettre de tels rayonnements, ils traitent par des procédés chimiques plusieurs tonnes de pechblende, minerai riche en uranium. L'année suivante, ils parviennent à en extraire deux éléments chimiques rayonnants alors inconnus, qu'ils nomment « polonium » (en référence au pays d'origine de Marie Curie) et « radium » (du latin *radius* qui signifie « rayon »).



Marie Curie montre que ce phénomène est une propriété des atomes et le nomme « radioactivité ». En 1903, Pierre et Marie Curie reçoivent le prix Nobel de physique, qu'ils partagent avec Henri Becquerel, pour la découverte de la radioactivité et l'étude de ses rayonnements. Marie Curie obtiendra un deuxième prix Nobel, de chimie cette fois, en 1911, pour la détermination de la masse atomique du radium et l'étude de ses propriétés.



Femme de science

Marie Curie est la première femme à avoir reçu un prix Nobel, grâce à l'intervention de son mari Pierre Curie en faveur de sa nomination, chose qui paraissait inconcevable à l'époque. Elle reste à ce jour la seule femme à laquelle deux prix Nobel ont été attribués. Pourtant, elle s'était vu refuser l'accès aux études scientifiques, non autorisées aux femmes en Pologne, ainsi qu'à l'Académie des sciences en France. Elle a également été la première femme directrice d'un laboratoire universitaire et professeure à la Sorbonne. Sa renommée et son engagement pour la cause des femmes en sciences ouvrira la voie à de nombreuses vocations. Sa fille, Irène Joliot-Curie, obtiendra un prix Nobel de chimie en 1935 pour sa participation à la découverte de la radioactivité artificielle.

Point science

La plaque « Lumière » est une plaque photographique mise au point en 1881 par l'ingénieur lyonnais Louis Lumière (1864-1948). Elle est constituée d'une plaque de verre recouverte d'une substance sensible à la lumière. La plaque est impressionnée, c'est-à-dire qu'elle noircit, lorsqu'elle est exposée à la lumière.



À SAVOIR

Le nom radioactivité est formé à partir des deux racines latines, *radio*, qui signifie « rayonnement », et *agere*, qui signifie « agir ». Ainsi, littéralement, « radioactivité » signifie « qui émet des rayonnements ».

Animation

La découverte de la radioactivité par Henri Becquerel
hatier-clic.fr/es1026

QUESTIONS

- 1 Comment Henri Becquerel a-t-il nommé les rayonnements capables de traverser certaines matières ?
- 2 Quels scientifiques ont également étudié la radioactivité au XIX^e siècle ?
- 3 Comment nomment-ils les deux éléments radioactifs qu'ils découvrent ?

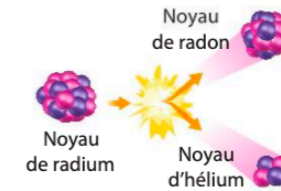
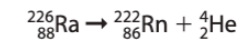
2 Qu'est-ce que la radioactivité ?

Lorsque les noyaux des éléments chimiques ne se désintègrent pas spontanément, on les dit stables. D'autres sont instables et sont susceptibles de se désintégrer, ce sont des noyaux radioactifs : ils se transforment de manière spontanée et irréversible en d'autres noyaux, en une ou plusieurs étapes, en émettant des rayonnements, et ce jusqu'à devenir des noyaux stables.

Il existe trois types de rayonnements – alpha, bêta et gamma – et à chacun correspond une forme de radioactivité ; la radioactivité alpha implique l'émission de noyaux d'hélium, la radioactivité bêta l'émission d'électrons et la radioactivité gamma l'émission de photons.

Il existe dans la nature une soixantaine d'éléments dont les noyaux sont radioactifs. Ils sont issus de la formation de la Terre, il y a environ 5 milliards d'années. Certains se sont désintégrés et ont fini par produire des noyaux stables. D'autres existent toujours, comme l'uranium 238 (dans la croûte terrestre), le potassium 40 (dans le lait et le poisson) ou le carbone 14 (dans l'atmosphère) et continuent à se désintégrer. La radioactivité naturelle présente généralement peu de dangers, car les doses de rayonnements émis restent faibles.

Équation et modélisation de la désintégration nucléaire du radium



Animation interactive

La radioactivité
hatier-clic.fr/es1027a
hatier-clic.fr/es1027b

À SAVOIR

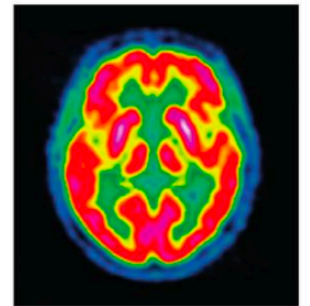
Au cours de la désintégration radioactive de type alpha, il y a conservation du nombre de nucléons et du nombre de protons. Les désintégrations radioactives libèrent de grandes quantités d'énergie thermique.

3 Les applications de la radioactivité

La découverte de la radioactivité révolutionne la physique, elle permet notamment de comprendre la structure de l'atome. Ernest Rutherford, physicien néo-zélandais (1871-1937), en bombardant une feuille d'or avec des noyaux d'hélium (rayonnement alpha) démontre la structure lacunaire de l'atome et établit l'existence d'un noyau atomique, chargé positivement. La chimie, la biologie et la médecine ont également été profondément transformées. Dès 1901, les rayonnements émis par le radium sont utilisés pour éliminer des tumeurs cancéreuses (radiothérapie). Dans les années 1930, on utilise la radioactivité pour localiser des cellules ou comprendre leur métabolisme (radiobiologie), et, à la fin des années 1950, pour examiner des organes (imagerie médicale). On lui trouve également de nombreuses autres applications dans l'industrie (stérilisation des aliments, production d'électricité, armement), dans l'environnement (utilisation de traceurs pour suivre les masses d'air ou d'eau) et dans

la recherche scientifique (datation en archéologie et en géologie).

Certains effets nocifs de la radioactivité ont été perçus immédiatement (brûlures, lésions), mais d'autres, (stérilité, mutations génétiques et cancers) ne seront reconnus qu'après plusieurs années : Marie Curie et sa fille Irène Joliot-Curie, longtemps exposées aux rayonnements produits par le radium, et à fortes doses, décéderont d'une leucémie respectivement en 1934 et en 1956.



La tomographie du cerveau, par exemple, donne, par injection d'une substance radioactive à faibles doses, une image du fonctionnement cérébral.

QUESTIONS

- 4 Quelle est l'utilisation médicale de la radioactivité dès sa découverte ? Quels risques reconnus plus tard présente-t-elle ?
- 5 Citer d'autres domaines d'application de la radioactivité.
- 6 La désintégration nucléaire du polonium ${}^{218}_{84}\text{Po}$ produit, par émission d'un noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$, du plomb ${}^{214}_{82}\text{Pb}$. Combien de nucléons le noyau de plomb possède-t-il ?
- 7 Définir la radioactivité puis décrire le phénomène en quelques lignes.

➔ Pour approfondir : ex. 9 p. 34 et 14 p. 35

Penser la science

Comprendre les méthodes d'élaboration du savoir scientifique

- Expliquer pourquoi la découverte d'Henri Becquerel n'est pas entièrement le fruit du hasard, mais également le résultat d'une démarche scientifique.

➔ Comprendre la démarche scientifique, p.16

3

LA DATATION PAR LA RADIOACTIVITÉ

Vidéo
La datation par le carbone 14
hatier-clic.fr/es1028a

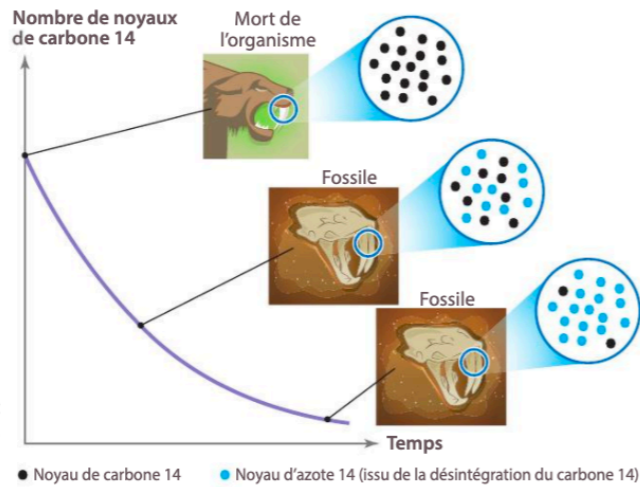
OBJECTIF
Comprendre la datation par décroissance radioactive

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 ?

1 Le carbone 14 contenu dans les êtres vivants

Le carbone 14 ($^{14}_6\text{C}$, noté ^{14}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.



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 Niaux.

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 effectua la datation de la grotte de Lascaux en 1951 et reçut 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.

Article
La datation : l'art de remonter le temps
hatier-clic.fr/es1028b

À SAVOIR

Les premières datations procédaient par détection du rayonnement émis à chaque désintégration d'un noyau de carbone 14. Actuellement, l'utilisation du spectromètre de masse permet de compter directement les atomes de carbone 14 présents dans un échantillon.

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

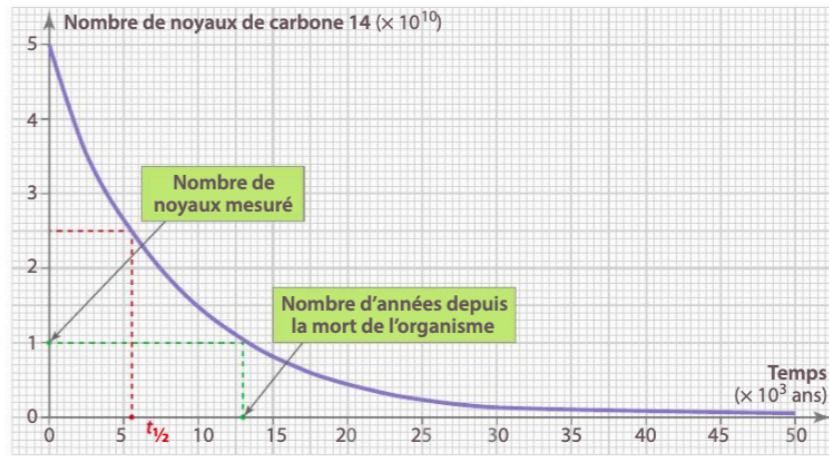
initialement présents dans un échantillon macroscopique s'est désintégrée. Cette durée est caractéristique d'un type de noyau radioactif et peut varier d'une fraction de seconde à des milliards d'années. Par exemple, le polonium 214 (^{214}Po) a une demi-vie de 164 microsecondes contre 4,5 milliards d'années pour l'uranium 238 (^{238}U , principale matière première utilisée dans l'industrie nucléaire).

Animation
La décroissance radioactive
hatier-clic.fr/es1029

5 Le principe de lecture de la date de mort

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

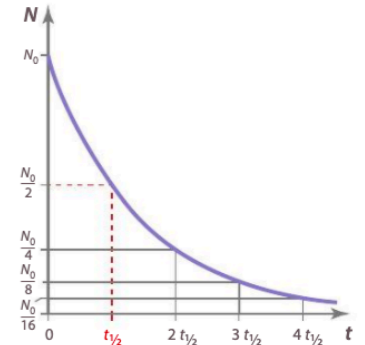
La lecture graphique de la courbe de décroissance radioactive du carbone 14 permet ainsi d'estimer le temps écoulé depuis la mort de l'organisme.



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.

MATHS

L'allure de la courbe de décroissance montre que la quantité de noyaux radioactifs restants diminue régulièrement au cours des demi-vies successives :



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

QUESTIONS

- 1 Justifier l'allure de la courbe de décroissance radioactive du ^{14}C .
- 2 À partir de quel moment le nombre d'atomes de ^{14}C commence-t-il à diminuer dans un organisme ?
- 3 Qu'appelle-t-on la demi-vie d'un noyau radioactif ? Montrer qu'à $2t_{1/2}$, le nombre de noyaux restants est $\frac{N_0}{4}$. Combien de noyaux reste-t-il à $3t_{1/2}$?
- 4 Déterminer graphiquement la demi-vie du ^{14}C .
- 5 Déterminer, en détaillant le raisonnement, le nombre de noyaux de ^{14}C restants dans l'échantillon de charbon au bout de quatre demi-vies.
- 6 Quelle durée sera nécessaire pour obtenir un nombre de noyaux de ^{14}C égal à 40 % du nombre initial ?
- 7 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}C . Estimer la date de l'occupation de la grotte. ➔ Pour approfondir : ex. 11 p. 34 et 13 p. 35

Penser la science

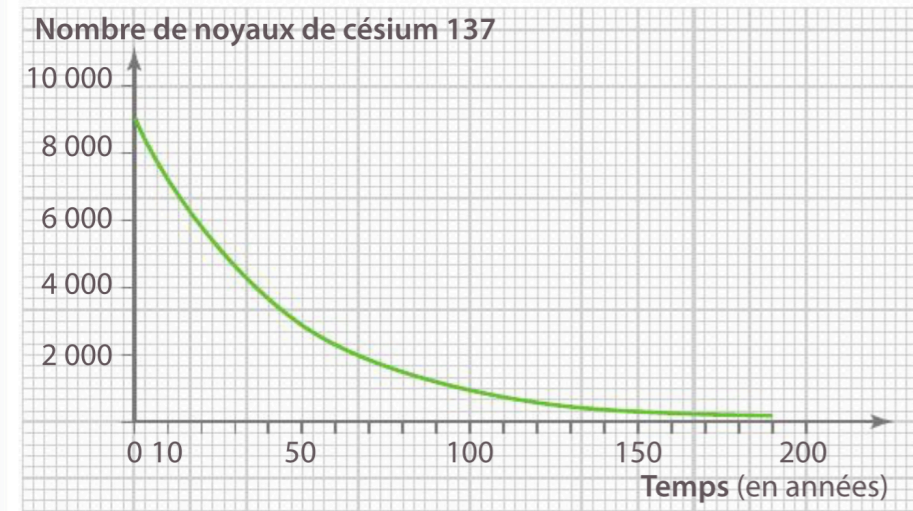
Comprendre que le savoir scientifique se précise au fil des progrès techniques

- Pourquoi la technique de datation actuelle permet-elle de mieux préserver les vestiges retrouvés ?

5 Décroissance radioactive

Lors de la catastrophe survenue en 2011 à Fukushima (Japon), du césium 137 (^{137}Cs) a été rejeté dans l'atmosphère.

La courbe de décroissance radioactive du ^{137}Cs est représentée ci-après.



1. Déterminer graphiquement la valeur $t_{1/2}$ de la demi-vie du césium 137.
2. Calculer le nombre de noyaux restants au bout de deux demi-vies. Vérifier cette valeur graphiquement.

à $n t_{1/2}$, le nombre de noyaux restants est $\frac{N_0}{2^n}$.

10 Quel élément chimique ?

On a tracé les courbes de décroissance obtenues avec un nombre initial N_0 de deux noyaux radioactifs (fig. 1) et on donne les demi-vies de quelques noyaux (fig. 2).

Fig. 1

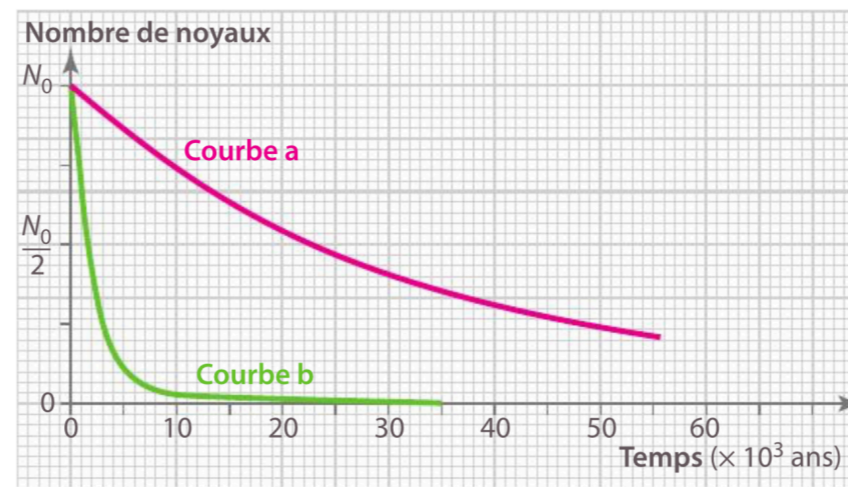


Fig. 2

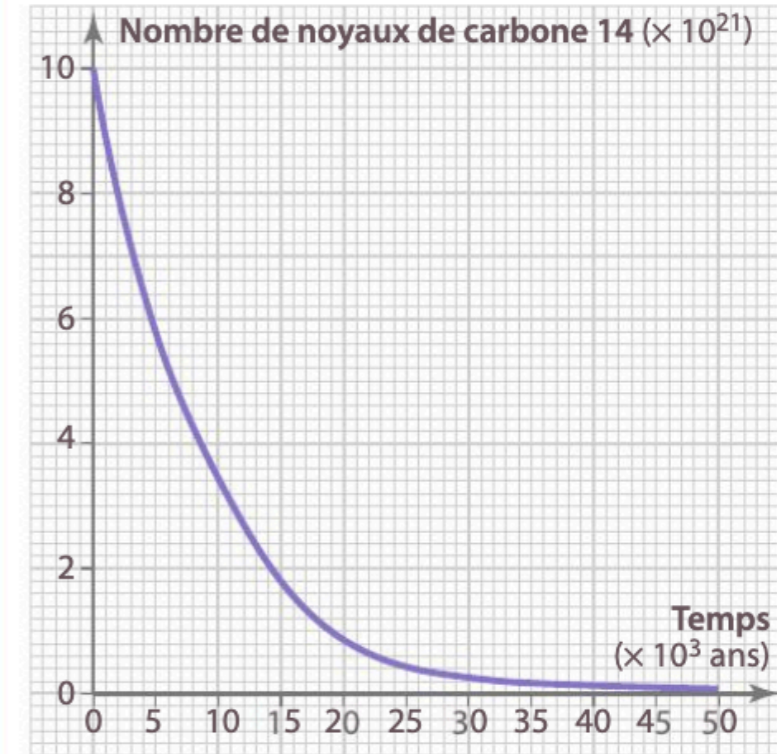
Plutonium 239	Iode 131	Radium 226	Plutonium 239
19 heures	8,1 jours	1 600 ans	24 000 ans

► Identifier, en détaillant votre raisonnement, le noyau correspondant à chaque courbe.

11 La datation au ^{14}C et ses limites

Des mesures réalisées sur l'échantillon d'un fragment osseux retrouvé dans une sépulture ont montré un nombre de noyaux de carbone 14 égal à $2,5 \times 10^{21}$.

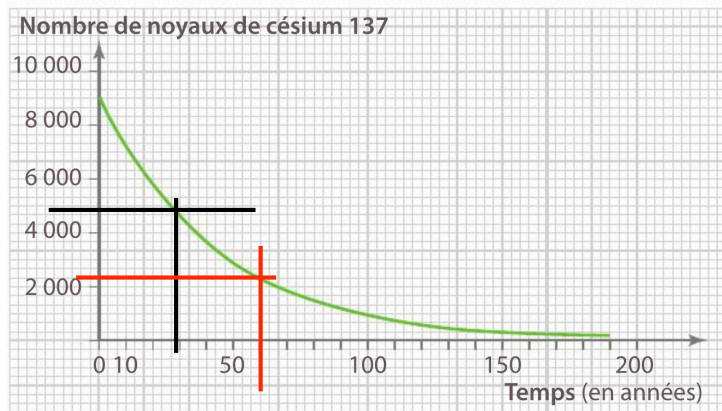
1. Déterminer graphiquement le temps écoulé entre la mort de l'individu et la découverte du fragment osseux.
2. La limite de la datation au carbone 14 est d'environ 50 000 ans. Justifier cette limite à l'aide du graphique.
3. Estimer à combien de demi-vies correspond cette limite.



5 Décroissance radioactive

Lors de la catastrophe survenue en 2011 à Fukushima (Japon), du césium 137 (^{137}Cs) a été rejeté dans l'atmosphère.

La courbe de décroissance radioactive du ^{137}Cs est représentée ci-après.



1. Déterminer graphiquement la valeur $t_{1/2}$ de la demi-vie du césium 137.

2. Calculer le nombre de noyaux restants au bout de deux demi-vies. Vérifier cette valeur graphiquement.

Rappel : A $n t_{1/2}$, il reste $\frac{N_0}{2^n}$ noyaux.

1. On détermine N_0 sur l'axe des ordonnées :

$$N_0 = 9\,000 \text{ noyaux.}$$

$$\frac{N_0}{2} = 4\,500 \text{ noyaux.}$$

Par lecture graphique (traits noirs), on a

$$t_{1/2} = 30 \text{ ans.}$$

2. On calcule d'abord deux demi-vies :

$$\text{A } n t_{1/2}, \text{ il reste } \frac{N_0}{2^n} \text{ noyaux.}$$

$$\text{A } 2t_{1/2}, \text{ il reste : } \frac{9\,000}{2^2} = 2\,250 \text{ noyaux.}$$

Vérifions cette valeur graphiquement :

$$2t_{1/2} = 60 \text{ ans}$$

Lecture graphique du nombre de noyaux restants (traits rouges) :

Au bout de 60 ans, il reste, 2 200 noyaux.

Les deux informations sont cohérentes.

10 Quel élément chimique ?

On a tracé les courbes de décroissance obtenues avec un nombre initial N_0 de deux noyaux radioactifs (fig. 1) et on donne les demi-vies de quelques noyaux (fig. 2).

Fig. 1

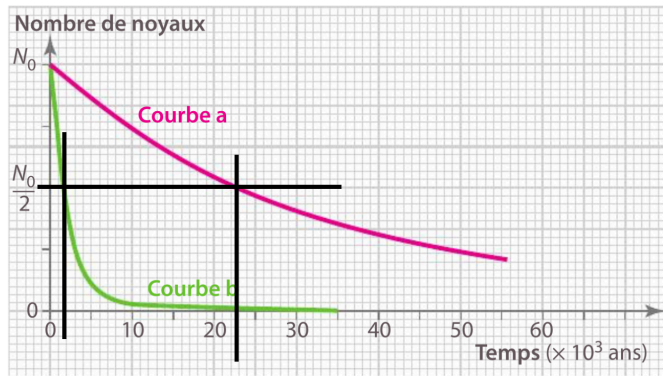


Fig. 2

	Iode 131	Radium 226	Plutonium 239
	8,1 jours	1 600 ans	24 000 ans

► Identifier, en détaillant votre raisonnement, le noyau correspondant à chaque courbe.

Il faut d'abord trouver les demi-vies des deux courbes :

Courbe a : $t_{1/2} = 23 \times 10^3$ ans (23 000)

Courbe b : $t_{1/2} = 2 \times 10^3$ ans (2 000)

Etant donné que la demi-vie est caractéristique du noyau radioactif, on peut identifier les deux courbes grâce au tableau de la figure 2.

Courbe a : Plutonium 239

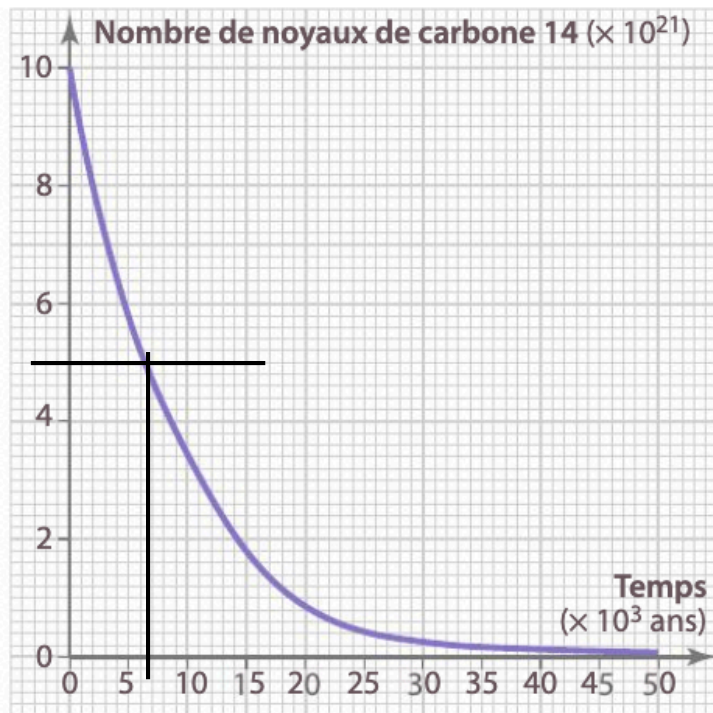
Courbe b : Radium 226

11 La datation au ^{14}C et ses limites

Des mesures réalisées sur l'échantillon d'un fragment osseux retrouvé dans une sépulture ont montré un nombre de noyaux de carbone 14 égal à $2,5 \times 10^{21}$.

1. Déterminer graphiquement le temps écoulé entre la mort de l'individu et la découverte du fragment osseux.
2. La limite de la datation au carbone 14 est d'environ 50 000 ans. Justifier cette limite à l'aide du graphique.
3. Estimer à combien de demi-vies correspond cette limite.

➔ Aide à la résolution, p. 261



1. On cherche le temps correspondant à $2,5 \times 10^{21}$. On trouve : $t = 12000\text{ans}$.
2. Au delà de 50 000 ans il ne reste plus assez de noyaux pour suivre leur désintégration.
3. On cherche la demi-vie : pour cela on regarde le temps correspondant à $\frac{N_0}{2}$.
On trouve : $t_{1/2} = 6 \times 10^3\text{ans}$
On a : $\frac{50\ 000}{6 \times 10^3} = 8$
Cette limite équivaut à environ 8 demi-vies

Fiche révision - Radioactivité

- ☼ Définition de la radioactivité : désintégration spontanée d'un élément accompagnée de l'émission d'un rayonnement.
- ☼ Définition de la demie-vie : durée nécessaire pour que la moitié des noyaux initialement présents ce soit désintégré.
- ☼ Symbole de la demie-vie : $t_{1/2}$
- ☼ Savoir que la demie-vie est propre (caractéristique) à chaque espèce chimique.
- ☼ Grâce à la courbe de décroissance radioactive d'un noyau radioactif :
 - déterminer la demie-vie d'un élément radioactif.
 - déterminer le temps correspondant à un certain nombre de noyau.
- ☼ Utiliser (pas connaître) la relation : 'A $n t_{1/2}$, il reste $\frac{N_0}{2^n}$ noyaux ».