

THÈME 1 : UNE LONGUE HISTOIRE DE LA MATIÈRE

CH 1 : UN NIVEAU D'ORGANISATION : LES ÉLÉMENTS CHIMIQUES

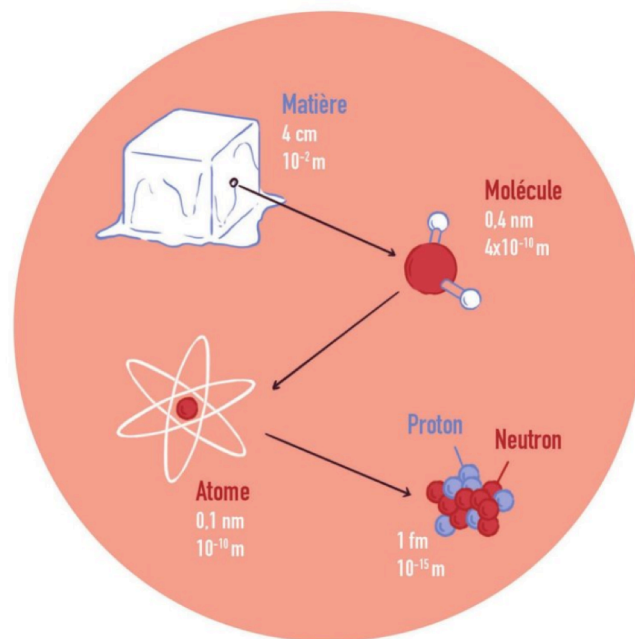
Activité 0 : Pour bien démarrer en physique-chimie

1. Un noyau atomique est constitué :
- a) de neutrons
 - b) de nucléons
 - c) de protons ou de neutrons
 - d) d'électrons

2. Qu'est-ce qui caractérise un élément chimique ?

3. Les noyaux : $^{16}_8\text{O}$, $^{17}_8\text{O}$ et $^{18}_8\text{O}$ sont :
- a) des ions
 - b) des isotopes
 - c) des atomes
 - d) des molécules

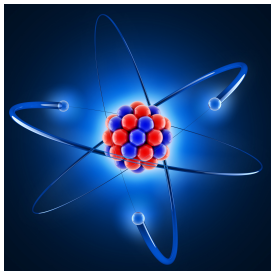
7. Quels sont les principaux éléments chimiques qui constituent la matière organique des êtres vivants ?



6. Parmi les équations ci-dessous distinguer celles qui relèvent d'une réaction chimique de celles qui modélisent une transformation nucléaire :
- a) $\text{C}_{(s)} + \text{O}_{2(g)} \rightarrow \text{CO}_{2(g)}$
 - b) $^2_1\text{H} + ^3_1\text{H} \rightarrow ^4_2\text{He} + ^1_0\text{n}$
 - c) $\text{CO}_{2(g)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} + \text{CaCO}_{3(s)} \rightarrow \text{Ca}^{2+}_{(aq)} + 2\text{HCO}^{-}_{3(aq)}$
 - d) $^{235}_{92}\text{U} + ^1_0\text{n} \rightarrow ^{94}_{38}\text{Sr} + ^{140}_{54}\text{Xe} + 2^1_0\text{n}$

4. Un ion monoatomique provient d'un atome :
- a) sans électron
 - b) ayant gagné un ou plusieurs électrons
 - c) ayant perdu un ou plusieurs électrons
 - d) radioactif

5. Quelle partie d'un atome contient quasiment toute sa masse ?

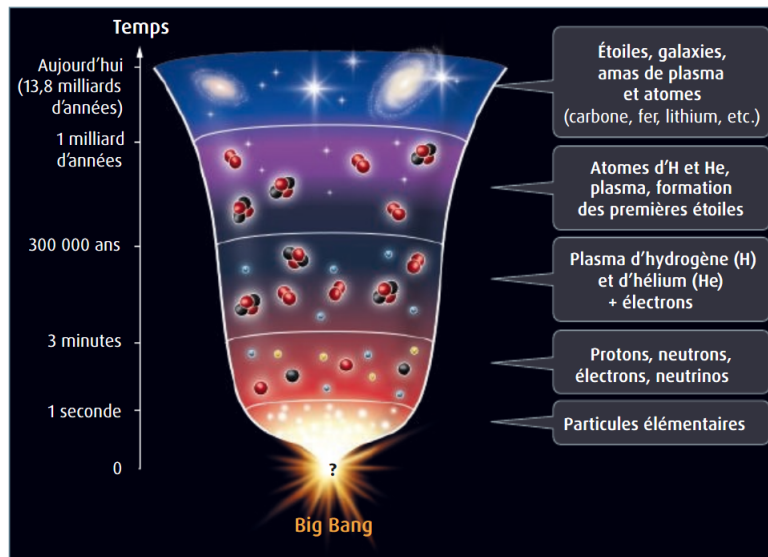


THÈME 1 : UNE LONGUE HISTOIRE DE LA MATIÈRE

CH 1 : UN NIVEAU D'ORGANISATION : LES ÉLÉMENTS CHIMIQUES

Activité 1 : La formation des éléments chimiques

Comment les éléments chimiques ont-ils été synthétisés dans l'univers ?



DOC 1 Chronologie de la formation de l'Univers.

La naissance de l'Univers a eu lieu il y 13,8 milliards d'années lors du Big Bang. L'Univers s'est ensuite développé en plusieurs étapes.

Histoire des sciences

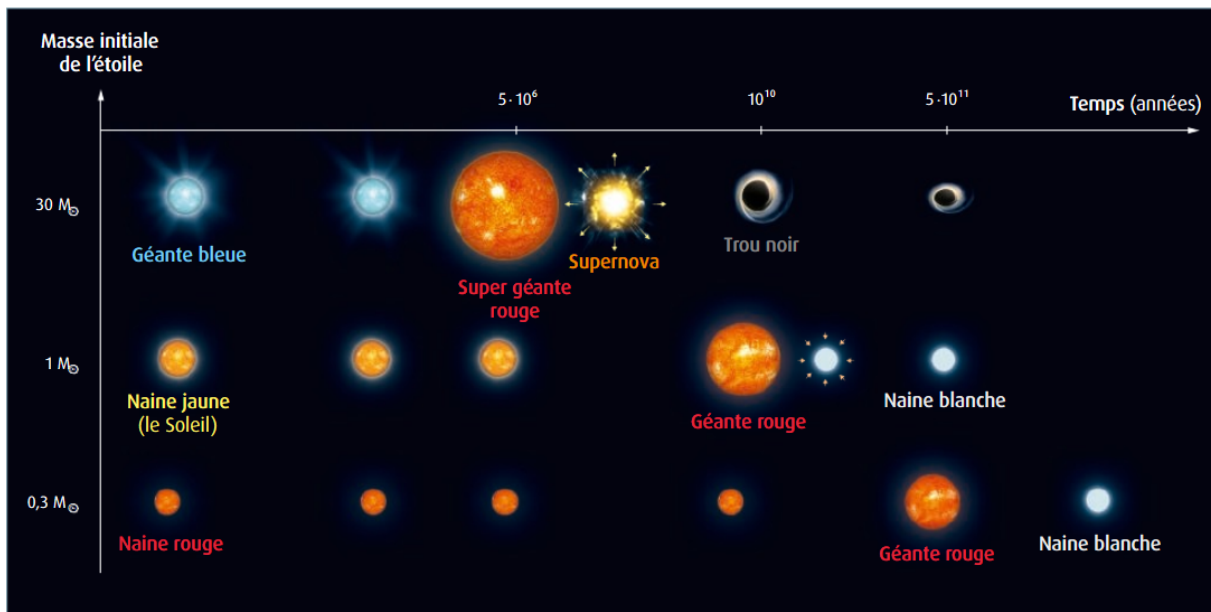
Article B²FH

En 1957, un article intitulé *Synthesis of Elements in Stars* explique pour la première fois que les étoiles fabriquent les éléments chimiques grâce à des réactions nucléaires. On parle de nucléosynthèse stellaire. Parmi ces réactions, la fusion nucléaire produit, à partir de plusieurs éléments, un élément plus lourd (de nombre de masse A plus grand), et la fission nucléaire produit, à partir d'un seul élément, plusieurs éléments plus légers. Cet article est connu sous l'acronyme B²FH, composé des initiales de ses auteurs : Margaret et Geoffrey Burbidge, Fred Hoyle et William Fowler.

DOC 2 Naissance de la théorie de la nucléosynthèse stellaire.

Vidéo 1 (5min25) – L'histoire de l'Univers selon le modèle du Big Bang

<https://www.youtube.com/watch?v=OVDzfqxUm54>

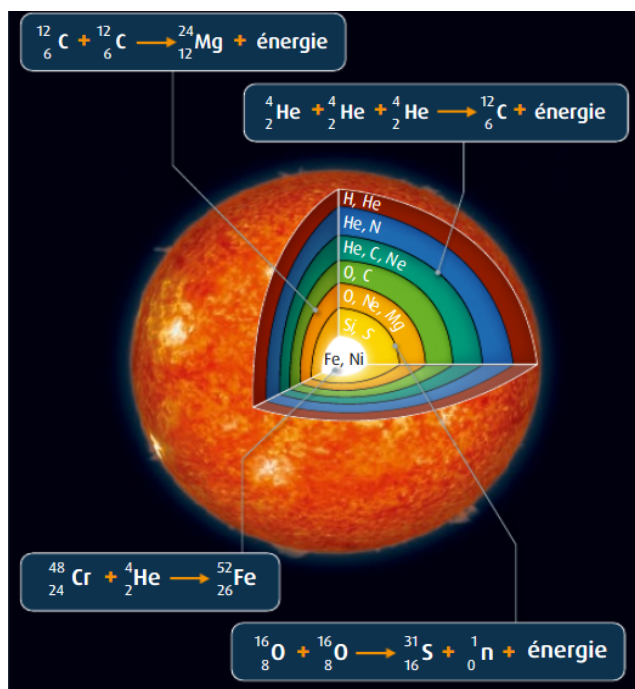


DOC 3 Étapes de vie de trois étoiles de masses initiales différentes. Les réactions qui ont lieu au cours de la vie d'une étoile sont des réactions de fusion qui libèrent de l'énergie. La géante bleue synthétise les éléments jusqu'au fer, la naine jaune les éléments jusqu'au carbone, et la naine rouge ne synthétise que de l'hélium. La masse des étoiles s'exprime en « masses solaires », c'est-à-dire en multiples de la masse du Soleil. Le Soleil a pour masse $M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30}$ kg.

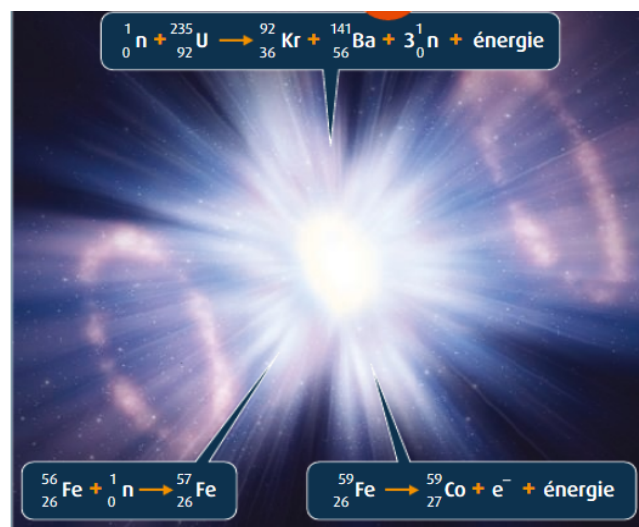
Vidéo 2 (2min10) - Les clés de l'Univers : Quel est l'élément le plus abondant de l'Univers ?

<https://www.youtube.com/watch?v=ADRIIQnVG98>

Vidéo 3 (4min4) La fusion au coeur des étoiles : <https://www.youtube.com/watch?v=1aKLyPoDjVE>



DOC 4 Structure d'une super géante rouge juste avant son explosion. Au sein d'une étoile massive, les éléments se répartissent en couches. Les réactions qui produisent des éléments de plus en plus lourds ont lieu aux interfaces entre deux couches. Quatre exemples de réactions sont donnés ici.



DOC 5 Explosion de supernova. À la fin de vie d'une étoile massive, son cœur est constitué de fer, l'élément le plus stable du point de vue des réactions nucléaires, et il n'y a donc plus de réaction et de production d'énergie. Par conséquent, l'étoile s'effondre sur elle-même sous l'effet de la gravité. Une quantité d'énergie considérable est libérée, et une onde de choc expulse les couches externes de l'étoile. On parle d'explosion de supernova. Ont alors lieu une grande variété de réactions nucléaires (capture nucléaire, désintégration, fusion, fission) qui créent presque tous les éléments chimiques. C'est la nucléosynthèse explosive. Trois exemples de réactions sont donnés ici.



DOC 6 Les rayons cosmiques à l'origine de trois éléments.

La synthèse et l'abondance dans l'Univers des éléments lithium (Li), béryllium (Be), et bore (B) fut longtemps un mystère. Les rayons cosmiques interagissent dans la haute atmosphère de la Terre pour créer des cascades de particules atmosphériques. Lorsque les rayons cosmiques se déplacent dans l'Univers (il s'agit essentiellement de protons de haute et ultra-haute énergie), ils peuvent aussi rencontrer un rare noyau plus lourd sur leur parcours. Le rayon cosmique « casse » alors ce noyau et peut former du Li, Be ou B.

ACTIVITÉ GUIDÉE

1. Déterminez quels éléments chimiques sont apparus en premier dans l'Univers (DOC 1).
2. Identifiez les fusions et fissions nucléaires parmi les sept exemples de réactions (DOCS 2, 4 ET 5).
3. Précisez quels éléments sont créés lors des événements suivants :
vie d'une étoile • Big Bang • rayonnement cosmique • explosion de supernova.
4. Expliquez alors pourquoi, plus un atome est lourd, moins il est présent dans l'Univers (DOCS 1 À 5).

2 Deux types de réactions nucléaires

Une réaction nucléaire est une transformation d'un ou plusieurs noyaux atomiques au cours de laquelle il y a conservation du nombre de nucléons et du nombre de protons. Ces réactions libèrent de grandes quantités d'énergie thermique. Il en existe deux grands types.

La fusion

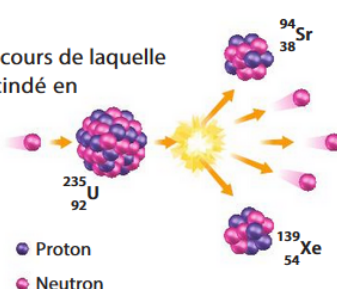
Réaction nucléaire au cours de laquelle deux noyaux légers s'unissent pour former un noyau plus lourd.

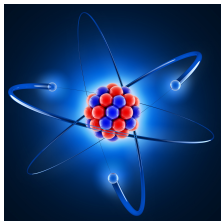


Ce type de réaction a lieu en permanence au sein des étoiles et permet la formation des éléments chimiques.

La fission

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





THÈME 1 : UNE LONGUE HISTOIRE DE LA MATIÈRE

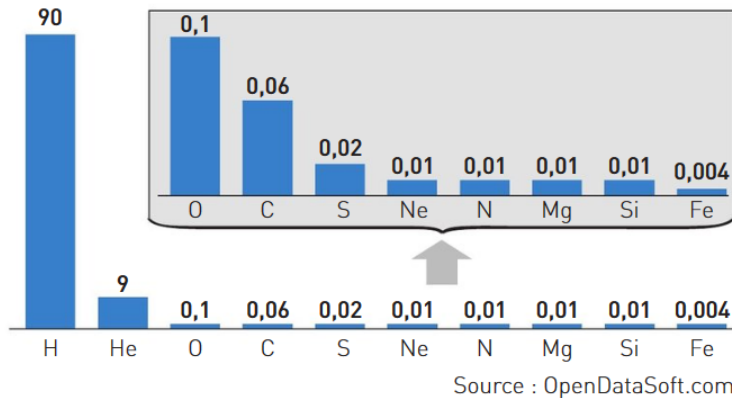
CH 1 : UN NIVEAU D'ORGANISATION : LES ÉLÉMENTS CHIMIQUES

Activité 2 : Composition de l'univers, de la Terre et des êtres vivants

Comment les éléments chimiques se répartissent-ils dans l'univers, la Terre et les êtres vivants ?

Les éléments chimiques ont des origines diverses : Big Bang, nucléosynthèse stellaire et explosive, rayonnement cosmique. Leur abondance dépend de l'objet d'étude.

Analyser la composition chimique des éléments sur Terre est possible mais accéder à la connaissance chimique de l'Univers nécessite des outils d'analyse indirecte. Ces connaissances permettent de caractériser aussi la matière vivante et la matière inerte.



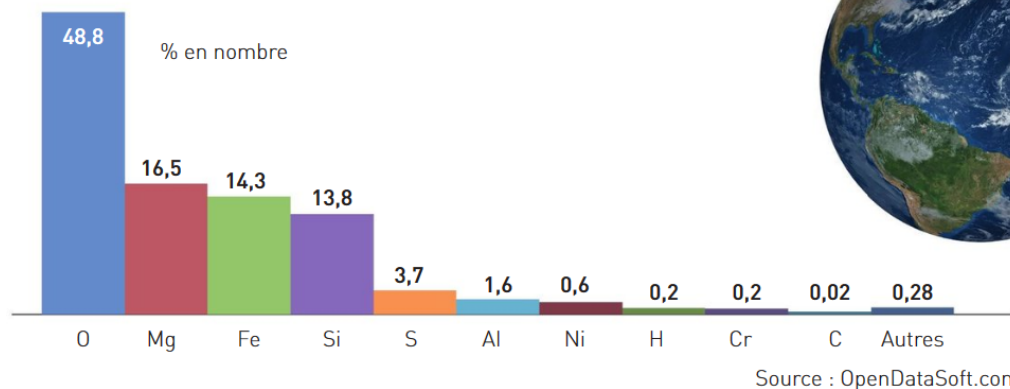
On a déterminé, grâce à l'étude des spectres, les abondances en nombre (exprimées en %) des principaux éléments contenus dans l'Univers.



Associé à un télescope, le spectrographe capte la lumière provenant d'un objet céleste et la décompose tel un arc-en-ciel. Les différentes longueurs d'onde de cette lumière ainsi séparées renseignent sur la composition chimique de l'objet.

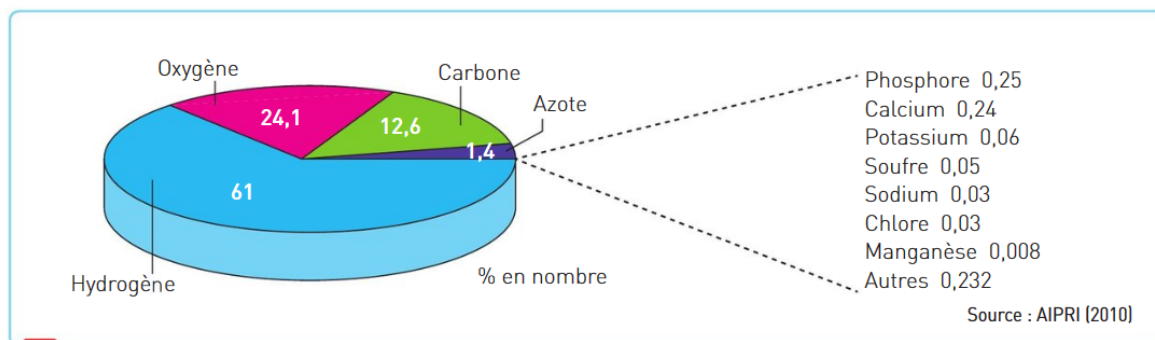
1 Abondance des éléments dans l'Univers

<https://www.cea.fr/multimedia/Pages/videos/culture-scientifique/physique-chimie/spectres-composition-chimique-du-soleil.aspx>

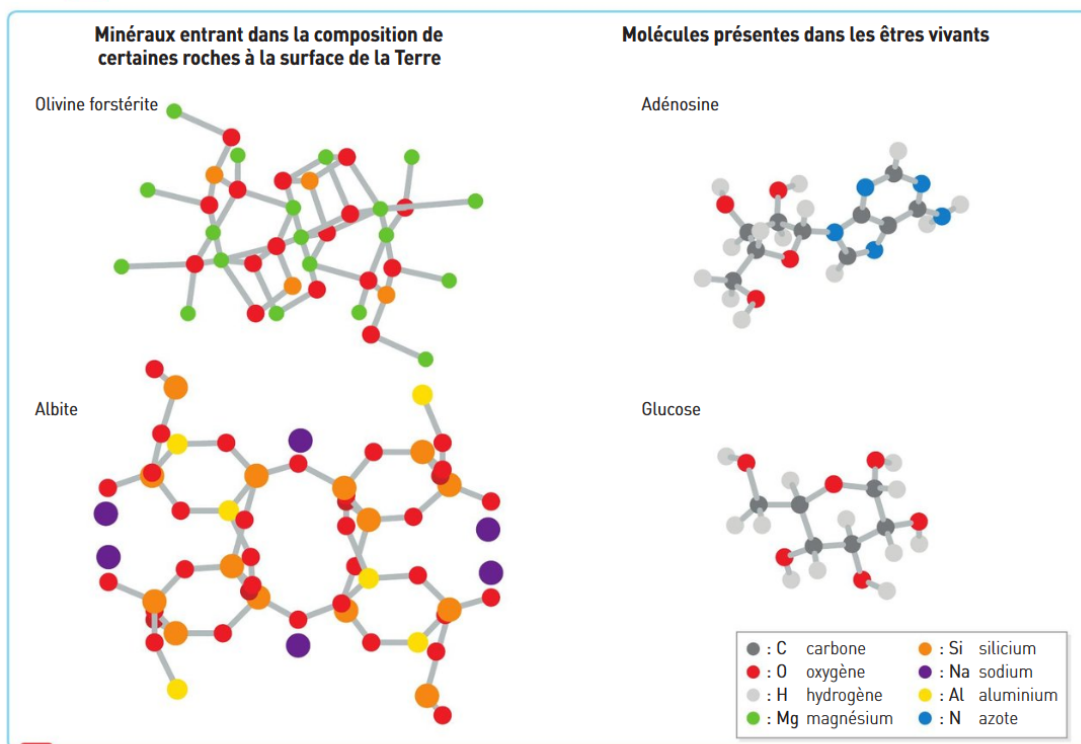


2 Abondance des principaux éléments chimiques sur Terre (géosphère + biosphère)

I Savoir-faire : Produire et analyser différentes représentations graphiques de l'abondance des éléments chimiques (proportions) dans l'Univers, la Terre, les êtres vivants.



3 Abondance des principaux éléments chimiques du corps humain



4 Visualisation de quelques molécules que l'on trouve sur Terre

Analyser des représentations graphiques

- 1. Compléter** le tableau ci-contre où l'on indique les éléments dont l'abondance est supérieure à 3 % (docs 1, 2 et 3).
- 2. Comparer** les abondances des éléments et citer les quatre éléments qui caractérisent soit le monde minéral soit le monde vivant (docs 1, 2 et 3).

Éléments les plus abondants		
Milieu	Éléments	%
Univers		
Globe terrestre		
Matière vivante		

Produire des représentations graphiques

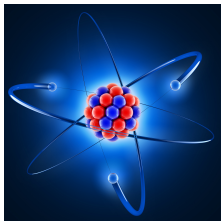
- 3.** En utilisant le logiciel MinUSc, **observer** les minéraux en trois dimensions.
Identifier les éléments dont sont constitués les minéraux de forstérite et d'albite (doc 4).
- 4. Identifier** également les éléments chimiques pour des molécules du vivant : adénosine et glucose.
Calculer les pourcentages de C, H, O et N dans l'adénosine et le glucose.

5. Réaliser un histogramme de l'abondance des éléments chimiques H, C et O dans la molécule de glucose.

Mode d'emploi du logiciel :

Quand vous tapez [minusc](#) dans le moteur de recherche google par exemple cliquez sur MinUSc – Visualisation des minéraux. Vous cliquez sur l'icône **fichier** en haut à droite et cherchez les minéraux demandés dans la liste proposée.

Quand vous maintenez un clic gauche sur l'écran central vous pouvez voir la molécule en 3D.



THÈME 1 : UNE LONGUE HISTOIRE DE LA MATIÈRE

CH 1 : UN NIVEAU D'ORGANISATION : LES ÉLÉMENTS CHIMIQUES

Activité 3 : La découverte de la radioactivité

La radioactivité est un phénomène naturel découvert à Paris à la fin du XIX^e siècle par des scientifiques français. Depuis, ses applications se sont développées dans de nombreux domaines.

**Comment la radioactivité a-t-elle été découverte ?
À quoi peut-elle servir ?**

DOC 1

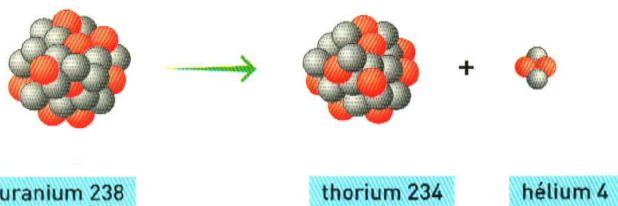
Henri Becquerel, Pierre et Marie Curie : les précurseurs

En 1896, alors qu'il travaille sur les rayons X récemment mis en évidence, Henri Becquerel fait par hasard une observation déterminante (a). Il s'aperçoit qu'une plaque photographique placée dans l'obscurité, à proximité d'un composé ionique contenant de l'uranium, est tachée alors qu'elle n'a pas été exposée au soleil.

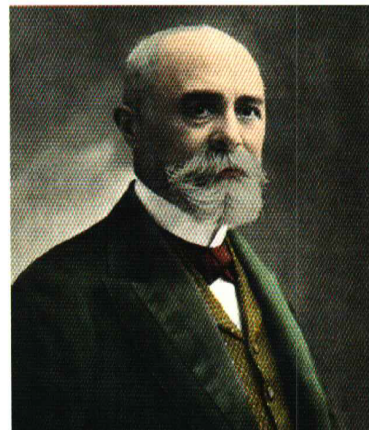
Becquerel en tire la conclusion que l'uranium émet naturellement un rayonnement inconnu, qu'il nomme « rayon uranique » (b).

La radioactivité est découverte.

En hommage à son découvreur, le becquerel* est devenu l'unité de mesure du nombre de désintégrations qui se produisent par seconde dans un échantillon radioactif : c'est l'activité de l'échantillon (c).



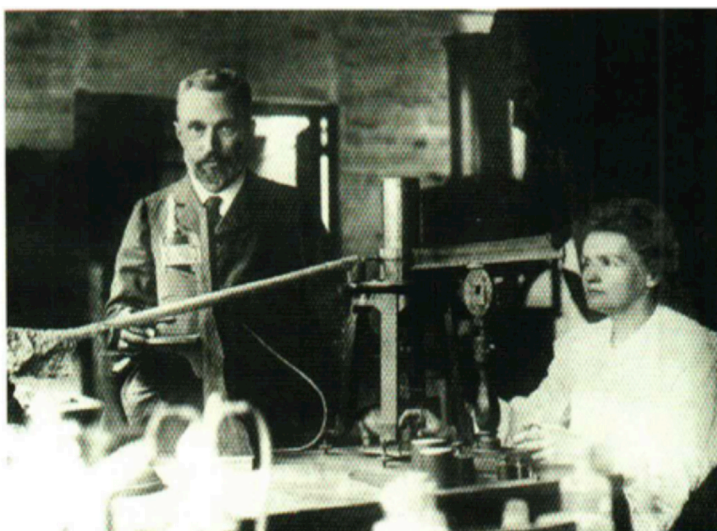
(c) Modèle actuel de la désintégration radioactive de l'uranium.



(a) Henri Becquerel (1852-1908).



(b) Minéral d'uranium, un élément naturellement radioactif.



(d) Les Curie : Pierre (1859-1906) et Marie (1867-1934) dans leur laboratoire.

Marie Curie montre que les « rayons uraniques » ne sont pas émis seulement par l'uranium et généralise la radioactivité. En 1898, elle découvre avec Pierre, son mari, le polonium et le radium, des éléments beaucoup plus radioactifs que l'uranium (d). On donnera leur nom à un élément, le curium, découvert en 1944.

Henri Becquerel, Marie et Pierre Curie recevront conjointement le prix Nobel de physique en 1903.

Vidéo : Découverte de la radioactivité - CEA
<https://www.youtube.com/watch?v=hoa2jdUJ1Bg>

DOC 2 La radioactivité naturelle

Certains noyaux sont instables : on dit qu'ils sont radioactifs. La radioactivité est un phénomène naturel, qui se traduit par la « transmutation » d'un élément chimique instable, le « noyau père », en un autre, le « noyau fils » de façon inéluctable, aléatoire, spontanée et indépendante des conditions extérieures. Il existe plusieurs types de désintégration.

La désintégration α concerne les noyaux « trop gros », qui contiennent trop de neutrons et de protons pour que les interactions qui maintiennent la cohésion du noyau soient suffisantes. Ils se désintègrent en libérant une particule α (un noyau d'hélium 4).

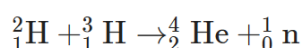
La désintégration β^- concerne les noyaux qui contiennent trop de neutrons. Un neutron va donc transmuter (se transformer) en un proton, en libérant un électron.

La désintégration β^+ concerne les noyaux qui contiennent trop de protons. Un proton va donc transmuter en un neutron, en libérant un positon (ou positron), antiparticule de l'électron.

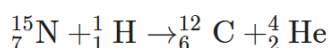
DOC 3 Les réactions nucléaires provoquées

Il existe deux types de réactions nucléaires « provoquées » : la fusion et la fission.

La fusion est la réaction qui se produit entre deux noyaux de petite taille, et qui permet de former un noyau plus gros. Par exemple, un noyau de deutérium (hydrogène 2) et un noyau de tritium (hydrogène 3) fusionnent pour former un noyau d'hélium 4 en éjectant un neutron :



La fission est la réaction qui se produit lorsqu'une particule (neutron, proton) entre en collision avec un gros noyau. Celui-ci se casse en deux noyaux plus petits, en éjectant une ou plusieurs petites particules (neutron, proton). Par exemple, dans le cycle « CNO » qui se produit dans les étoiles, le noyau d'azote 15 bombardé par un proton se casse en un noyau d'hélium 4 et de carbone 12 :



La fusion et la fission sont des réactions qui sont « provoquées », mais qui peuvent se produire dans les étoiles de façon « naturelle ». Elles ont besoin d'énergie pour se produire.

DOC 4 La radioactivité artificielle

On peut créer artificiellement des éléments chimiques. Irène Joliot-Curie (ci-contre) et Frédéric Joliot ont été les premiers, en 1934, à réaliser la synthèse d'un isotope instable, le phosphore 30, à partir de l'aluminium 27 en le bombardant avec des noyaux d'hélium 4 (particule alpha). Le phosphore 30 ainsi formé a une demi-vie de 3 min 15 s et subit une désintégration β^- .



Questions :

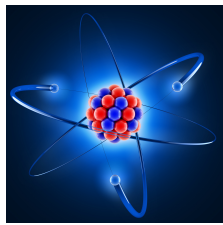
- 1) Décrire la découverte de la radioactivité en précisant le rôle des différents protagonistes. Qu'est-ce qui permet de dire que leur travail a été reconnu par la communauté scientifique ?
- 2) Identifier les particules émises lors des trois formes de désintégration présentées.
- 3) Donner les caractéristiques des réactions de fusion et de fission.
- 4) **Oral** Expliquer la différence entre désintégration naturelle et réaction provoquée.
- 5) **Oral** Expliquer pourquoi le phosphore 30 est un noyau qui n'existe pas dans la nature.

Vidéos : La radioactivité

<https://www.youtube.com/watch?v=8uqoXjgtufY>
<https://www.youtube.com/watch?v=6bkt6SKhSP0>
<https://www.youtube.com/watch?v=YZMy7wOP628>
https://www.youtube.com/watch?v=cY_0uOm7610
<https://www.youtube.com/watch?v=KIWLnszquu4>

Vidéos : La chambre à brouillard

<https://www.youtube.com/watch?v=i7hYy9xjc1w>
<https://www.youtube.com/watch?v=OQnIgUtRx28>
<https://www.youtube.com/watch?v=NtOJ2HhyBmQ>



THÈME 1 : UNE LONGUE HISTOIRE DE LA MATIÈRE

CH 1 : UN NIVEAU D'ORGANISATION : LES ÉLÉMENTS CHIMIQUES

Activité 4 : Modélisation du nombre de noyaux au cours du temps

Objectif : Modéliser l'évolution du nombre de noyaux radioactifs au cours du temps.

Activité expérimentale

1. Prendre un couvercle en carton ou une boîte et y mettre 100 dés ;
(chaque dé a une face blanche ou 6 faces numérotées de 1 à 6)
2. Lancer les 100 dés en même temps ;
3. Retirer tous les dés qui montrent leur face blanche (ou un 6) et compter les ;
(ils représentent les noyaux qui se sont désintégrés)
4. En déduire le nombre de dés restants ;
5. Relancer les dés restants et retirer à nouveau tous les dés qui montrent leur face blanche (ou un 6) et compter les ;
6. Recommencer ces opérations et regrouper les résultats dans un tableau (voir ci-dessous) ;

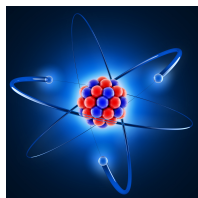
Numéro du jet.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Nombre de faces blanches.	0										
Nombre de dés restants.	100										

Numéro du jet.	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21
Nombre de faces blanches.											
Nombre de dés restants.											

7. Tracer (à l'aide du tableur LibreOffice Calc ou de papier millimétré) le nombre de dés restants en fonction du numéro du jet.

Lien vidéo : Décroissance radioactive et demi-vie :

https://www.youtube.com/results?search_query=d%C3%A9croissance+radioactive+demi-vie



THÈME 1 : UNE LONGUE HISTOIRE DE LA MATIÈRE

CH 1 : UN NIVEAU D'ORGANISATION : LES ÉLÉMENTS CHIMIQUES

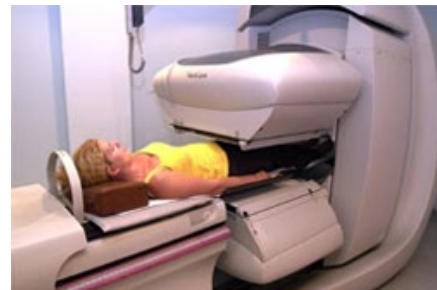
Activité 5 : La scintigraphie

✓ Situation déclenchante

Une scintigraphie est effectuée sur un patient. Une dose d'isotopes radioactifs lui est administrée. Ces isotopes vont se fixer sur les organes ou les tissus que l'on cherche à explorer.

La désintégration des noyaux radioactifs s'accompagne de l'émission de rayonnement électromagnétique de très haute énergie appelé rayonnement γ . Une machine, en général une gamma-caméra, détecte les rayons émis par le corps. Enfin, on reconstruit l'image obtenue.

La dose de radioactivité est maintenue faible de manière à minimiser les risques liés à l'irradiation.



Au cours de la scintigraphie, l'élément radioactif utilisé se désintègre.

Mais alors au bout de combien de temps sommes-nous sûrs de sa disparition totale de notre organisme ?

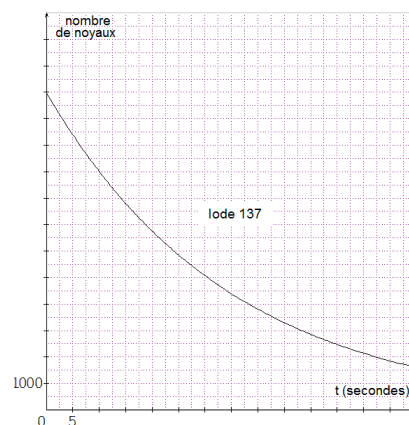
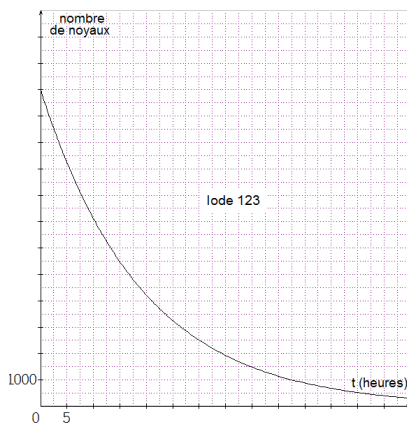
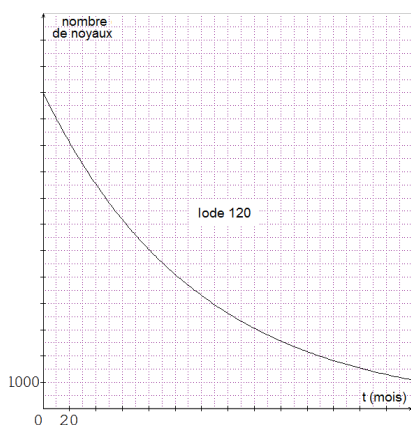
Questions préliminaires :

1. Lors d'une scintigraphie, comment fait-on pour « voir » l'intérieur du corps ?
2. D'où le rayonnement enregistré par la gamma-caméra provient-il ?
3. Donner la composition des différents noyaux d'iode (iode 120, iode 123, iode 137) dont le numéro atomique est $Z = 53$. Comment nomme-t-on ces différents noyaux ?

La loi de décroissance radioactive

Étudions l'évolution du nombre de noyaux d'iode radioactif restants dans un échantillon utilisé en scintigraphie en fonction du temps.

1. Lors d'une scintigraphie de la glande thyroïde, on injecte un isotope particulier de l'iode dans le corps du patient. La thyroïde fixe l'iode injecté par intraveineuse en deux heures environ. Il existe plusieurs isotopes de l'iode qui émettent un rayonnement gamma en se désintégrant. Les graphiques ci-dessous représentent le nombre de noyaux d'iode qui ne se sont pas encore désintégrés en fonction du temps :



Pour chaque isotope correspondant aux courbes ci-dessus, déterminer la valeur de la demi-vie.

Iode 120 :	Iode 123 :	Iode 137 :

2. Lequel de ces trois noyaux semble le mieux adapté à l'examen par scintigraphie de la glande thyroïde ? Justifier la réponse en argumentant.

3. Compléter le tableau suivant sachant qu'à chaque fois que l'on atteint un temps correspondant au temps de demi-vie, $t_{1/2}$, l'échantillon perd la moitié de ses noyaux par désintégration.

La demi-vie ou période radioactive d'un isotope radioactif est le temps nécessaire pour que la moitié des noyaux de cet isotope initialement présents se désintègre naturellement.

$t_{1/2} (^{123}\text{I}) = 13,3$ heures. On considère un échantillon de $5,6 \times 10^{11}$ noyaux ^{123}I au départ.

Ce nombre de noyaux correspond à une activité initiale de 8 MBq (8 millions de désintégrations/seconde).
soit environ 1000 fois plus que l'activité naturelle d'un adulte de 70 kg (due à son alimentation)
qui est d'environ 8000 Bq (8kBq).

t Temps (heures)	0	13,3	26,6	39,9	53,2	66,5	79,8	93,1	106,4	119,7	133
N Nombre de noyaux restants	$5,6 \times 10^{11}$										

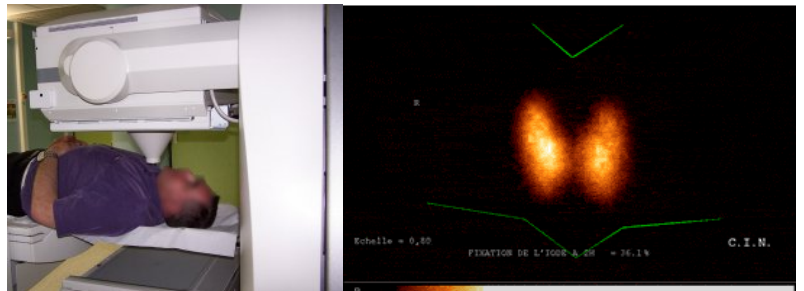
4. Tracer, à l'aide d'un tableur (Excel ou LibreOffice Calc) ou à la main sur feuille (à ramener en cours), le graphique $N = f(t)$.
5. L'injection a été faite à 8 h du matin. À l'aide du graphique et (ou) du tableau ci-dessus, déterminer l'instant t à partir duquel l'organisme contiendra moins de 0,1% des noyaux radioactifs d'iode 123 injectés.
L'activité radioactive dans l'organisme due à l'iode 123 sera alors divisée elle-même par 1000 et sera équivalente à l'activité naturelle d'un adulte de 70 kg.

En utilisant le graphe tracé, apporter une réponse à la situation problème initiale (« *Au cours de la scintigraphie, l'élément radioactif utilisé se désintègre. Mais alors au bout de combien de temps sommes-nous sûrs de sa disparition totale de notre organisme ?* ») en ce qui concerne l'iode 123.

Étude de cas : Une scintigraphie thyroïdienne

La scintigraphie est une technique d'exploration du corps humain qui permet de diagnostiquer des maladies.

Une petite dose de produit radioactif sera injectée dans une veine du bras du patient. Il faudra ensuite attendre que le produit se fixe sur la thyroïde (de trente minutes à deux heures suivant le produit utilisé).



Questions : Vous êtes le médecin, répondez aux questions que se pose le patient avant l'examen.

1. Qu'est-ce qu'un produit radioactif ?
2. Une fois l'injection du produit radioactif réalisée, la désintégration est-elle douloureuse ?
3. Est-ce dangereux pour mon organisme ?
4. Le produit radioactif va-t-il rester en permanence dans mon corps après l'examen ?

Vidéos :

Scintigraphie :

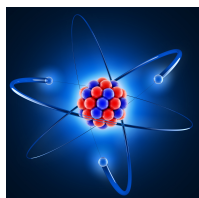
<https://www.youtube.com/watch?v=nvU1U2qkxMo>
https://www.youtube.com/watch?v=ug_g08-_w64
<https://www.youtube.com/watch?v=xCOUaejSqPo>
<https://www.youtube.com/watch?v=ux9DzQViZpE>

Décroissance radioactive – Demi-vie :

https://www.youtube.com/watch?v=cY_0uOm7610
https://www.youtube.com/watch?v=6MMr8cSP_lw

Décroissance radioactive – Datation au carbone 14 :

https://www.youtube.com/watch?v=mLJ6SV_CcRI
<https://www.youtube.com/watch?v=4weQnbSdIu8>



THÈME 1 : UNE LONGUE HISTOIRE DE LA MATIÈRE

CH 1 : UN NIVEAU D'ORGANISATION : LES ÉLÉMENTS CHIMIQUES

SYNTHÈSE

ORIGINE DES ÉLÉMENTS CHIMIQUES

Actuellement, les scientifiques recensent une centaine d'**éléments chimiques**, tous constitués des mêmes **particules élémentaires** (proton, neutron et électron). Ces particules sont apparues une microseconde après le **Big Bang** (création de l'Univers). Les protons et les neutrons se sont ensuite rapidement associés pour former des noyaux d'hélium. La synthèse des noyaux plus lourds se poursuit au sein des étoiles et des supernovæ.

- Dans l'Univers, la matière est majoritairement constituée des éléments **hydrogène** et hélium.
- Des réactions de **fusion nucléaire** se produisent dans les étoiles : les noyaux d'hydrogène fusionnent pour donner des noyaux d'hélium. Les noyaux d'hélium fusionnent à leur tour pour donner naissance à des **noyaux** plus lourds : béryllium, carbone, oxygène, fer.

D'autres transformations nucléaires peuvent survenir en dehors des étoiles, comme les **fissions spontanées**.

La matière formée est éjectée dans l'espace lorsque les étoiles explosent. Les éléments chimiques ne se répartissent pas avec les mêmes proportions dans tout l'Univers.

- La Terre est majoritairement constituée d'oxygène, de fer, de silicium et de magnésium.
- Les êtres vivants sont principalement constitués de carbone, d'hydrogène, d'oxygène et d'azote.

ÉLÉMENTS RADIOACTIFS

Parmi les 2800 noyaux différents connus à ce jour, seuls 256 sont stables. Un noyau instable est dit radioactif.

- Un noyau radioactif se transforme en un autre noyau par désintégration.

Lors de la désintégration d'un noyau radioactif, il y a émission d'une **particule α ou β** avec éventuellement production d'un **rayonnement γ** .

- L'instant de désintégration d'un noyau radioactif individuel est **aléatoire**.
- Lorsque le nombre de noyaux radioactifs devient très grand, l'évolution statistique de ces noyaux respecte une loi de probabilité. La demi-vie $t_{1/2}$ d'un **échantillon macroscopique** radioactif est la durée au bout de laquelle la moitié des noyaux initialement présents dans cet échantillon se sont désintégrés.
- La demi-vie $t_{1/2}$ est caractéristique du noyau radioactif.

La radioactivité est exploitée dans de nombreux domaines : dans les centrales thermiques, en médecine curative et imagerie médicale, et même en archéologie.

Exemple. La détermination du nombre de noyaux de carbone-14 présents dans un échantillon de matière organique permet de déterminer l'âge de cet échantillon : c'est la datation au carbone-14.



MOTS CLÉS

- **Élément chimique** : ensemble des entités chimiques (atome, ion) possédant le même numéro atomique.
- **Particules élémentaires** : particules extrêmement petites dont est constituée toute matière.
- **Big Bang** : théorie qui avance qu'une gigantesque explosion de matière serait à l'origine de l'expansion de l'Univers il y a 14 milliards d'années.
- **Atome d'hydrogène** : peut être un atome de protium (un nucléon et un électron), un atome de deutérium (deux nucléons et un électron) ou un atome de tritium (trois nucléons et un électron).
- **Fusion nucléaire** : processus au cours duquel deux noyaux s'assemblent pour former un noyau plus lourd en libérant de l'énergie.
- **Atome** : constitué d'un noyau (strictement positif) et d'électrons en mouvement autour de lui. Un atome est électriquement neutre.
- **Particule α** : une particule α est un noyau d'hélium ${}^4_2\text{He}$.
- **Particule β** : une particule β^- est un électron et une particule β^+ est un positon, c'est-à-dire une particule ayant la même masse que l'électron mais une charge électrique de signe opposé.
- **Rayonnement γ** : rayonnement dont la longueur d'onde est inférieure à 10^{-11} m.
- **Aléatoire** : qui est imprévisible, lié au hasard.
- **Échantillon macroscopique** : échantillon constitué d'un très grand nombre d'entités chimiques.

UN NIVEAU D'ORGANISATION : LES ÉLÉMENTS CHIMIQUES

ÉLÉMENTS CHIMIQUES STABLES

UNIVERS

Hydrogène

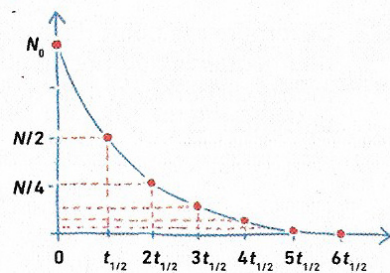
Hélium

ÉTOILES ET SUPERNOVAS

Synthèse d'éléments chimiques par réaction nucléaire

ÉLÉMENTS CHIMIQUES RADIOACTIFS (INSTABLES)

- Instants de désintégration aléatoire pour un noyau individuel
- Échantillons macroscopiques de noyaux radioactifs caractérisés par la demi-vie $t_{1/2}$



TERRE

Éléments majoritairement présents :

Oxygène

Fer

Silicium

Magnésium



LES ÊTRES VIVANTS

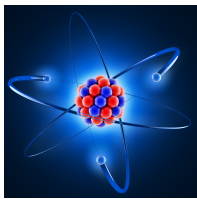
Éléments majoritairement présents :

Carbone

Hydrogène

Azote

Oxygène



THÈME 1 : UNE LONGUE HISTOIRE DE LA MATIÈRE

CH 1 : UN NIVEAU D'ORGANISATION : LES ÉLÉMENTS CHIMIQUES

EXERCICES

Exercice 1 : Détecteur de fumée

OBJECTIFS Exploiter des documents – Effectuer des calculs.

- Les éléments radioactifs ne sont pas uniquement présents dans les centrales nucléaires ou les laboratoires. On en trouve un peu partout : dans les paratonnerres, les baguettes pour souder, les montres et même dans les détecteurs de fumée.

a. Pastille d'américium-241 dans un détecteur de fumée

Les détecteurs de fumée ioniques contiennent de l'américium-241 qui est un élément radioactif. Ce dernier ionise l'air situé entre deux électrodes, permettant le passage d'un courant électrique. Lorsque la fumée pénètre dans le détecteur, les très fines particules qu'elle contient absorbent le rayonnement émis par la source radioactive. L'air n'étant plus assez ionisé, le courant circulant entre les deux électrodes diminue et l'alarme retentit.

Depuis 2012, l'Autorité de Sûreté Nucléaire (ASN) oblige les détenteurs de ce type d'appareils à les remplacer par des détecteurs optiques ou thermiques.

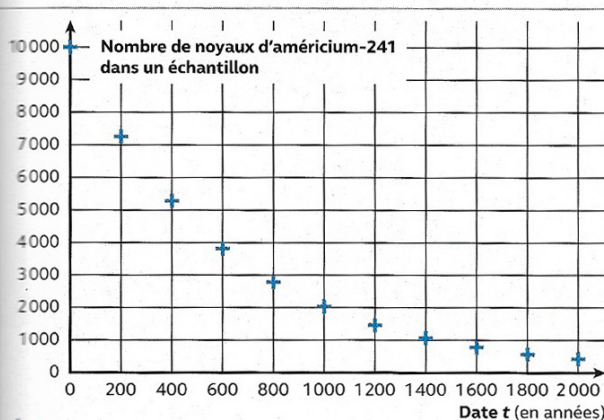


b. Activité d'un échantillon radioactif

L'activité A d'un échantillon radioactif est égale au nombre moyen de désintégrations (de noyaux) qui s'y produisent par seconde. L'activité A d'un échantillon et le nombre de noyaux N qu'il contient sont liés par la relation :

$$N = \frac{A \times t_{1/2}}{0,69}$$

où $t_{1/2}$ est la demi-vie de l'échantillon radioactif.



d. Évolution temporelle du nombre N de noyaux d'américium-241 dans un échantillon

c. Une unité d'activité

Henri Becquerel (1852-1908) est un physicien français. Il est lauréat de la moitié du prix Nobel de physique de 1903 (partagé avec Marie Curie et son mari Pierre Curie), récompensé pour ses travaux sur la radioactivité.



L'activité A d'un échantillon radioactif peut s'exprimer en becquerel, de symbole Bq, qui correspond à l'inverse d'un temps.

L'activité A d'un échantillon peut aussi s'exprimer en curie. 1 curie (1Ci) correspond à l'activité de 1g de radium 226. $1\text{Ci} = 37\text{GBq}$.

- À l'aide des documents et de vos connaissances, déterminer le nombre de noyaux radioactifs initialement présents dans certains détecteurs de fumée.

Exercice 2 : Les peintures et les gravures de la grotte Chauvet

La grotte Chauvet, découverte en décembre 1994, s'ouvre au pied d'une falaise bordant les gorges de l'Ardèche. Elle contient de nombreuses peintures et gravures mais ne semble pas avoir servi d'habitat car les outils de silex et les restes de faune apportés par les humains sont rares.

Document 1. Photographies de deux œuvres de la grotte Chauvet (source Wikipedia)

1-a- Peintures de chevaux, aurochs et rhinocéros



1-b- Gravure du hibou moyen-duc



On cherche à associer la peinture de chevaux, aurochs et rhinocéros (document 1a) à l'une des phases d'occupation de la grotte. Pour cela, on utilise une méthode de datation basée sur la désintégration des noyaux radioactifs.

1- L'évolution du nombre de noyaux radioactifs d'une composition donnée au cours du temps suit une loi de décroissance représentée dans le document réponse à rendre avec la copie.

Rappeler la définition de la demi-vie $t_{1/2}$ associée à cette désintégration radioactive. Sur le document réponse, faire apparaître la construction graphique permettant de repérer la valeur de la demi-vie du noyau.

2- La grotte a connu deux phases d'occupation, l'une à l'Aurignacien (entre 37000 et 33500 années avant aujourd'hui), l'autre au Gravettien (31000 à 28000 années avant aujourd'hui).

Il existe de nombreux noyaux radioactifs mais leur demi-vie est différente (quelques exemples sont donnés dans le document 2).

Document 2 : différents noyaux radioactifs et leur demi-vie

Noyaux radioactifs	Demi-vie (années)
Uranium 238	$4,4688 \times 10^9$
Uranium 235	$7,03 \times 10^8$
Potassium 40	$1,248 \times 10^9$
Carbone 14	$5,568 \times 10^3$
Iode 131	2×10^2

Déterminer le noyau radioactif dont la demi-vie est la mieux adaptée pour dater l'occupation de la grotte. Justifier.

3- Le charbon de bois est obtenu à partir du bois, qui est un matériau d'origine végétale. La peinture des chevaux (document 1-a) a été réalisée sur les parois de la grotte avec du charbon de bois.

On rappelle que le carbone radioactif (^{14}C) est présent naturellement dans le dioxyde de carbone (CO_2) atmosphérique.

Préciser le phénomène qui permet aux végétaux de fixer le carbone atmosphérique au sein de leur matière organique.

4 - Après la mort du végétal ou son prélèvement par l'être humain, le végétal n'échange plus de carbone avec l'atmosphère.

4-a Compléter le document réponse représentant la désintégration de ^{14}C au sein du charbon de bois.

4-b Indiquer si, en principe, la datation pourrait être réalisée avec un échantillon comprenant initialement *un seul* noyau de ^{14}C , en admettant que l'on dispose d'appareils susceptibles de détecter la présence d'un seul noyau de ^{14}C .

5-a- Sachant qu'il ne reste que 2,34 % du ^{14}C initial dans le charbon de la peinture, donner un encadrement en nombre entiers de demi-vies de la date de la mort du bois qui a servi – sous forme de charbon de bois - à réaliser la peinture.

5-b On utilise la figure 1 du document réponse dans laquelle on prend comme origine des âges l'instant correspondant à 5 demi-vies du ^{14}C , pour lequel N_0 représente 3,13 % du nombre initial de noyaux de ^{14}C présents dans le charbon de la peinture. Déterminer graphiquement en années la durée nécessaire pour que le pourcentage de ^{14}C restant dans le charbon de bois passe de 3,13 % à 2,34 %.

5-c Indiquer si cette peinture a été faite lors de l'occupation à l'Aurignacien ou au Gravettien. Justifier.

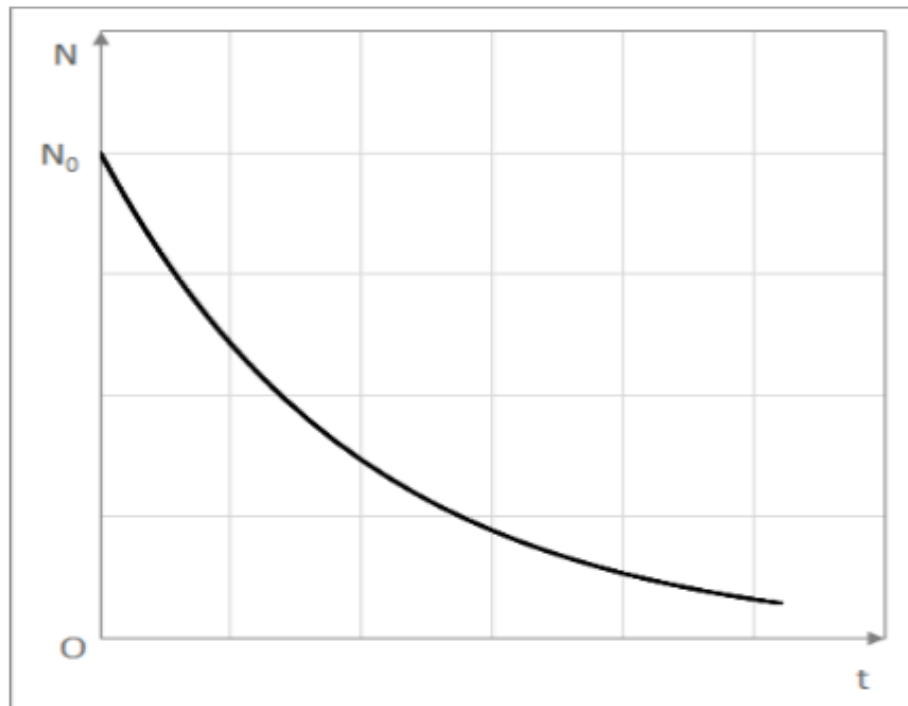
6 - Au sein de cette grotte, on trouve également des gravures réalisées dans le calcaire (exemple de la gravure du hibou moyen-duc – document 1b).

La méthode précédente ne peut pas être utilisée pour la dater. Proposer une explication.

EXERCICE 2 : LES PEINTURES ET LES GRAVURES DE LA GROTTE CHAUVET

Questions 1 et 5-b

Figure 1 : Évolution du nombre de noyaux radioactifs en fonction du temps.



Question 4. Évolution du nombre de noyaux de ^{14}C dans le charbon de bois au cours du temps.

Age	0 ans	5570 ans	11140 ans
Pourcentage de ^{14}C par rapport au ^{14}C initial			

Dans la première ligne du tableau chaque point représente un très grand nombre de noyaux de ^{14}C .

Compléter la première ligne de ce tableau avec les nombres de points appropriés.

Compléter la deuxième ligne en indiquant les pourcentages de ^{14}C restant par rapport à la valeur initiale au moment de la mort.