

# Chapitre 1 : Les éléments chimiques

<http://perramondphysique.e-monsite.com>



## Découvrir

Ce que je sais déjà et qui me sera utile pour comprendre ce chapitre (carte mentale) 

Les Ressources :

Q1 : Comment s'est créé la matière ?

Q2 : La radioactivité



## Pentraîner

Applications :

- n°1
- n°2



Exercices :

○ Ex1	○ Ex 3	○ Ex 5
○ Ex 2	○ Ex 4	○ Ex 6

Défi : Relever le défi et déterminer l'Age des peintures de la grotte Lascaux. Niveau de difficulté 1 et 3 au choix.

Apprendre le cours et réviser avec : Quizlet



Liens utiles :



- Animations : Exploiter une courbe de décroissance radioactive

## AutoÉvaluer

Les savoirs :

- Savoir que les noyaux des atomes de la centaine d'éléments chimiques stables résultent de réactions nucléaires qui se produisent au sein des étoiles à partir de l'hydrogène initial. ☒
- Savoir que la matière connue de l'Univers est formée principalement d'hydrogène et d'hélium alors que la Terre est surtout constituée d'oxygène, d'hydrogène, de fer, de silicium, de magnésium et les êtres vivants de carbone, hydrogène, oxygène et azote.
- Savoir que :
- Certains noyaux sont instables et se désintègrent (radioactivité).
- L'instant de désintégration d'un noyau radioactif individuel est aléatoire.
- La demi-vie d'un noyau radioactif est la durée nécessaire pour que la moitié des noyaux initialement présents dans un échantillon macroscopique se soit désintégrée.
- Cette demi-vie est caractéristique du noyau radioactif.

Les savoirs faire :

- Produire et analyser différentes représentations graphiques de l'abondance des éléments chimiques (proportions) dans l'Univers, la Terre, les êtres vivants. ☒
- L'équation d'une réaction nucléaire stellaire étant fournie, reconnaître si celle-ci relève d'une fusion ou d'une fission.
- Calculer le nombre de noyaux restants au bout de n demi-vies.
- Estimer la durée nécessaire pour obtenir une certaine proportion de noyaux restants.
- Utiliser une représentation graphique pour déterminer une demi-vie.
- Utiliser une décroissance radioactive pour une datation (exemple du carbone 14).

# Chapitre 1 : Les éléments chimiques

## I- Comment les éléments chimiques se sont-ils formés ?



### 1- Les transformations nucléaires au sein des étoiles

Actuellement, les scientifiques recensent une centaine d'éléments chimiques tous constitués de particules élémentaires (protons, neutrons, électrons). Ces particules sont apparues une microseconde après le big-bang, une gigantesque explosion de matière ce qui serait à l'origine de l'expansion de l'univers il y a 13,8 milliards d'années.

La fusion des particules a produit les premiers noyaux d'hydrogène. Par interaction gravitationnelle, les premières étoiles se sont formées. Les réactions de fusion dans les étoiles ont permis de former d'autres éléments chimiques : l'hélium, le carbone, l'azote, ... jusqu'au fer. Après la production de fer dans le cœur de l'étoile (là où la température est la plus élevée), l'étoile devient trop lourde et s'effondre sur elle-même puis explose en supernova. Les éléments plus lourds que le fer sont alors produits par fission nucléaire.

### 2- Fusion et Fission

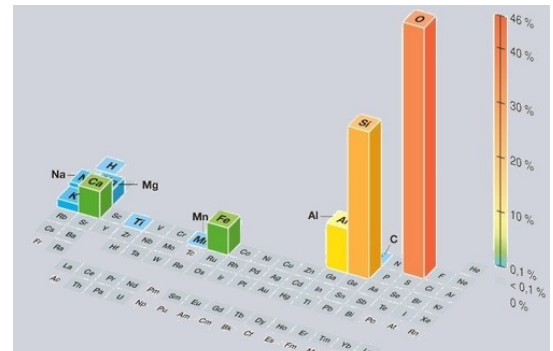
La fusion et la fission sont des transformations nucléaires.

<p><u>La fusion nucléaire transforme des noyaux légers en un noyau plus lourd (nombre de nucléons plus élevé).</u> Elle nécessite des températures très élevées et a donc lieu dans les étoiles.</p>	<p><u>La fission nucléaire transforme un noyau en deux noyaux plus légers (nombre de nucléons plus petit).</u></p>
${}^1_1\text{H} + {}^1_2\text{H} \rightarrow {}^3_2\text{He}$	${}^{15}_7\text{N} + {}^1_1\text{H} \rightarrow {}^4_2\text{He} + {}^{12}_6\text{C}$
<p><u>Exemple :</u> La fusion de deux atomes d'hydrogène (deutérium et tritium) à des températures de plusieurs millions de degrés comme au cœur des étoiles. Lorsque ses noyaux légers fusionnent, le noyau créé se retrouve dans un état instable. Il tente de retrouver un état stable en éjectant un atome d'hélium et un neutron.</p>	<p><u>Exemple :</u> la fission de l'azote par un hydrogène donne un noyau d'hélium et un noyau de carbone.</p>

## II- Quelle est la composition de l'Univers, de la Terre, et des êtres vivants ?

La répartition des éléments chimiques dans l'univers est inégale. Elle dépend des systèmes considérés :

- L'hydrogène et l'hélium sont les éléments les plus abondants de l'univers.
- La terre minérale est constituée principalement de fer, d'oxygène, de silicium, de magnésium.
- Les êtres vivants sont constitués en grande majorité d'hydrogène, d'oxygène de carbone et d'azote.



## III- Qu'est-ce que la radioactivité ?

### 1- La radioactivité

Certains noyaux sont instables. Ils vont alors se transformer spontanément en d'autres noyaux. On dit qu'ils se désintègrent en émettant des rayonnements sous forme de particules chargées et/ou d'ondes électromagnétiques.

La radioactivité est la désintégration spontanée d'un noyau instable (noyau père) en un autre noyau plus stable (noyau fils).

Un noyau radioactif doit se transformer pour être plus stable. Cependant, il est impossible de déterminer à quel moment il va le faire.

La radioactivité est un phénomène aléatoire.

Par conséquent, les lois régissant la radioactivité sont statistiques (elles sont élaborées sur un grand nombre d'échantillons de noyau donnée) et l'avenir de noyau radioactif ne se prédit qu'en terme de probabilité.

La radioactivité est un phénomène naturel, mais, on sait aussi créer des éléments radioactifs artificiels. Les nombreuses applications concernent la médecine (radiothérapie, imagerie), la datation, l'industrie (traceur, stérilisation...).

### 2- La demi-vie d'un noyau radioactif

La demi-vie notée  $t_{1/2}$  est la durée nécessaire pour que la moitié des noyaux d'un échantillon radioactif se soit désintégrée.

La demi-vie est caractéristique d'un noyau radioactif.

**Exemple :** Pour  $^{238}_{92}\text{U}$ ,  $t_{1/2} = 4,5 \cdot 10^9$  années, alors que pour  $^{15}_8\text{O}$ ,  $t_{1/2} = 1,2 \cdot 10^2$  secondes.

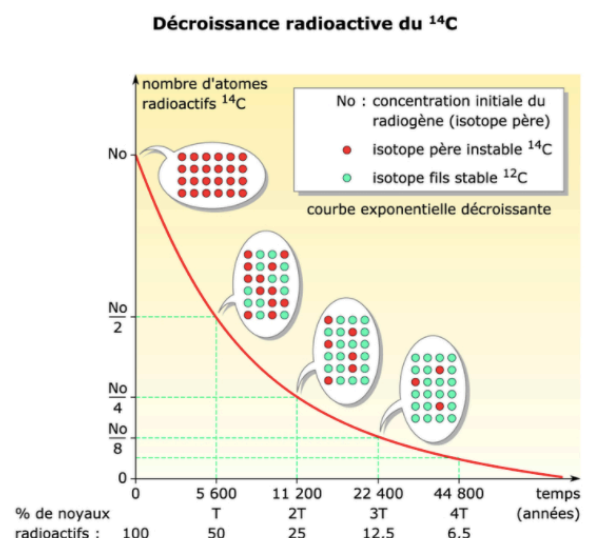
On note  $N_0$  le nombre de noyau radioactif tous identiques initialement présents dans un échantillon.

Au bout de la durée  $t_{1/2}$ , la population de noyau a diminué de moitié et il en reste un nombre un  $N_0/2$ .

La courbe de décroissance radioactive représente l'évolution du nombre de noyaux radioactifs dans le temps. On peut alors déterminer graphiquement  $t_{1/2}$ .

**Exemple :**

D'après le graphique, il faudra 5600 ans pour la moitié des noyaux de carbone  $^{14}_6\text{C}$  se soient désintégrés. Donc  $t_{1/2} = 5600$  ans.



## Exercices :

### Exercice 1 :

- Identifier parmi les réactions suivantes celles qui relèvent d'une fission ou d'une fusion. Justifier.
  - ${}^{235}_{92}\text{U} + {}^1_0\text{n} \rightarrow {}^{139}_{54}\text{Xe} + {}^{94}_{38}\text{Sr} + 2 {}^1_0\text{n}$
  - ${}^2_1\text{H} + {}^2_1\text{H} \rightarrow {}^3_1\text{H} + {}^1_1\text{H}$
  - ${}^7_3\text{Li} + {}^4_2\text{He} \rightarrow {}^{10}_5\text{Be} + {}^1_0\text{n}$
  - ${}^{226}_{88}\text{Ra} \rightarrow {}^{222}_{86}\text{Rn} + {}^4_2\text{He}$
- Donner la composition des noyaux d'hydrogène suivants :  ${}^2_1\text{H}$ ,  ${}^3_1\text{H}$ ,  ${}^1_1\text{H}$ .
- Peut-on dire de que ces 3 noyaux sont des isotopes ? Justifier.

### Exercice 2 :

Espèce chimiques	Matière terrestre A	Matière terrestre B
H	9	0,22
Si	0,001	28
O	62,4	47
C	21,2	0,19
Autres	7,39	24,59

- A l'aide d'un rapporteur et de produits en croix, représenter graphiquement (diagramme circulaire) les données du tableau en utilisant une couleur différente pour chaque espèce chimique.  
Exemple : **Cas de l'élément hydrogène dans la matière A**. On détermine l'angle pour représenter la proportion d'hydrogène dans la matière A :

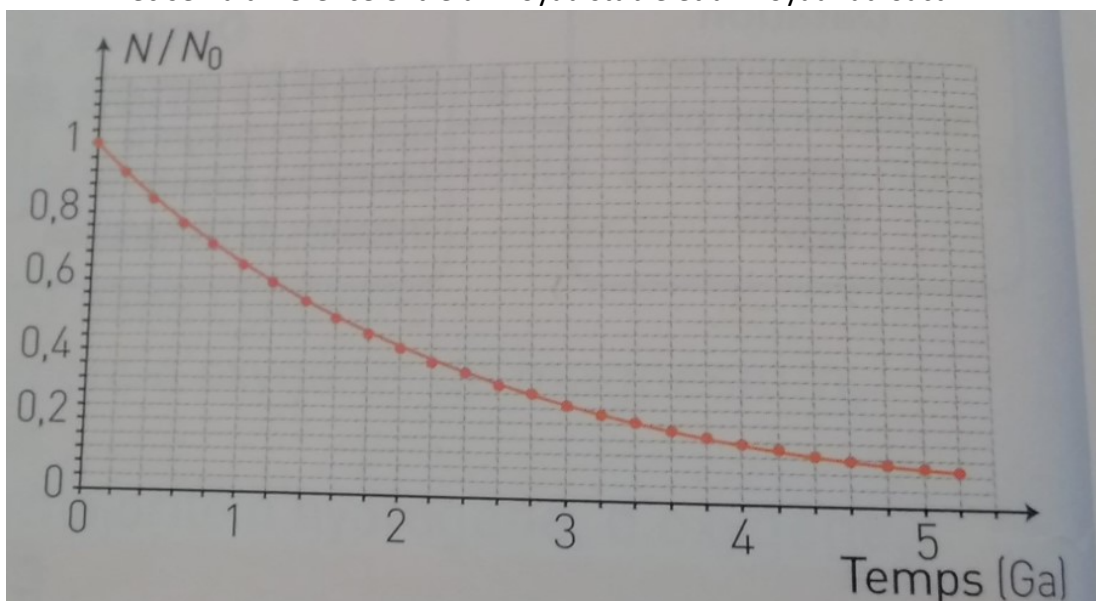
360 °	100 %
? = $360 \times 9 / 100$ = 32,1°	9 % H

- Quelle est la matière (A ou B) qui correspond à un être vivant ? Justifier.

### Exercice 3 :

Le potassium 40 noté  ${}^{40}\text{K}$  se désintègre en argon  ${}^{40}\text{Ar}$ .

- Préciser la différence entre un noyau stable et un noyau radioactif.



Courbe de décroissance radioactive du potassium

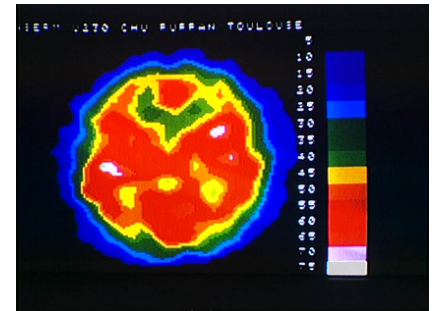
## Thème 1 : Une longue histoire de la matière

Ga : Milliard d'années

- 2- Indiquer ce que représente les axes de cette courbe.
- 3- Donner la définition de la demi-vie d'un l'élément radioactif.
- 4- Déterminer graphiquement la demi-vie de l'élément radioactif potassium 40 ( $^{40}\text{K}$ ) en faisant apparaître la construction graphique nécessaire pour repérer  $t_{1/2}$ .

### Exercice 4 :

On mesure le débit sanguin cérébral d'un patient en lui injectant du sérum marqué à l'oxygène  $^{15}\text{O}$ . Les radiations produites par les désintégrations sont suivies par une gamma-caméra qui reconstitue l'image du cerveau.



### Données :

Le volume  $V$  d'une injection de 5 mL contient  $N_0 = 6,41 \cdot 10^9$  noyaux radioactifs.

Demi-vie  $^{15}\text{O}$  : 2 min

- 1- Déterminer le nombre de noyaux radioactifs présents au bout de 2 minutes.

On considère qu'une nouvelle injection est possible dès que le nombre de noyaux radioactifs a été divisé par 1000.

- 2- Indiquer au bout de combien de temps on pourra renouveler celle-ci.

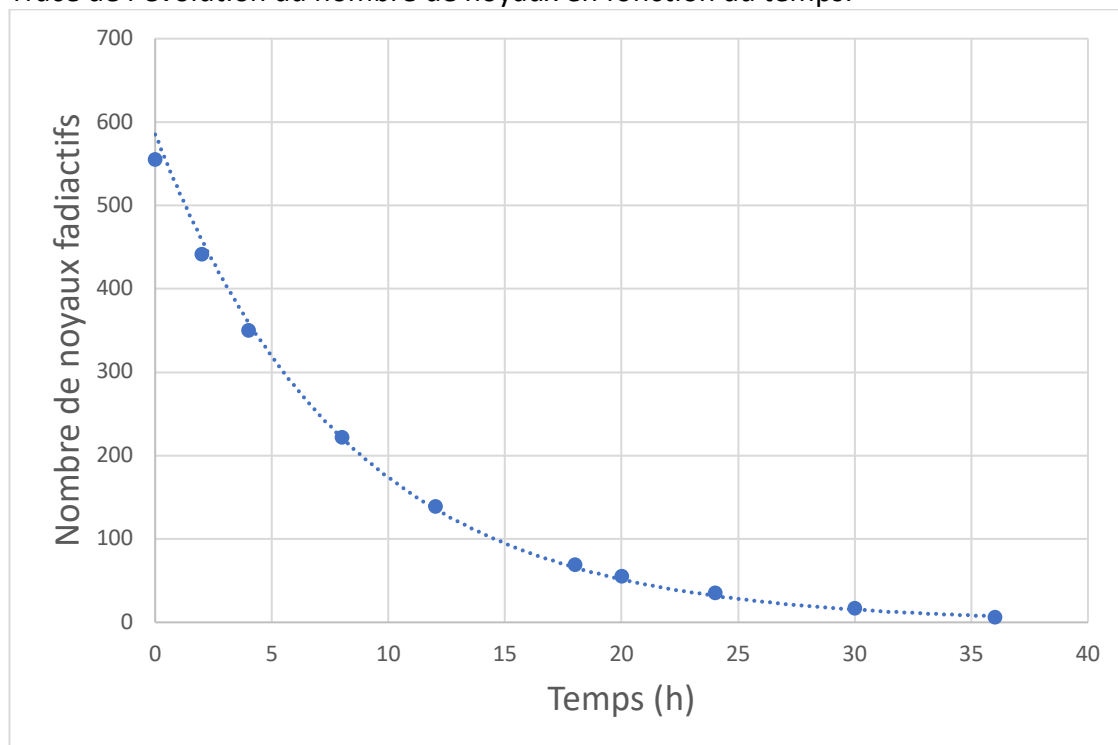
### Exercice 5 :

Le diphosphonate est une molécule qui se fixe essentiellement sur les lésions. Pour visualiser les lésions osseuses, on insère des noyaux de technétium 99, un isotope radioactif, dans une molécule de diphosphonate. La détection des rayonnements émis par cet isotope permet de localiser les lésions.

A la date  $t = 0$  s, on injecte un échantillon contenant un nombre  $N_0 = 555 \cdot 10^6$  noyaux radioactifs. On mesure ensuite le nombre de noyaux restant en fonction du temps.

t(h)	0	2	4	8	12	18	20	24	30	36
$N(t) \cdot 10^6$ (noyaux)	555	441	350	222	139	69	55	35	17	6

Tracé de l'évolution du nombre de noyaux en fonction du temps.



- 1- Que constate-t-on ?

## Thème 1 : Une longue histoire de la matière

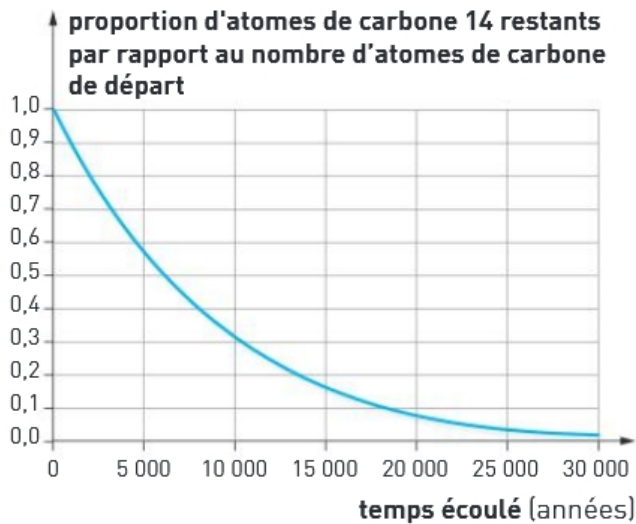
- 2- Au bout de combien de temps le nombre initial de noyaux est-il divisé par deux ?
- 3- Comment appelle-t-on cette durée ?
- 4- Pourquoi ce traceur est-il adapté à une utilisation dans le domaine médical ?

### Exercice 6 :

Une momie a été découverte en Égypte dans la vallée des Rois.

On réalise une datation au carbone 14. Cet élément radioactif, produit en continu dans l'atmosphère terrestre, reste en proportion constante dans les organismes vivants.

Le carbone n'étant plus renouvelé à partir du décès, sa proportion diminue comme l'indique le graphique ci-dessous.



On mesure une baisse de 40 % de la proportion de carbone 14 de la momie.

- 1- Pourquoi le carbone 14 n'est-il plus renouvelé à partir du décès des êtres vivants ?
- 2- En vous aidant de la courbe ci-dessus, dater la momie.
- 3- Peut-on utiliser la méthode de datation au carbone 14 pour dater les dinosaures qui se sont éteints il y a 65,5 millions d'années ? Justifier.





## La datation au carbone 14

Niveau de difficulté : 3

### Document 1 : Découverte des grottes de Lascaux

La grotte de Lascaux se trouve sur la commune de Montignac en Dordogne, dans la vallée de la Vézère, en France.

C'est l'une des plus importantes grottes ornées par le nombre et la qualité esthétique de ses œuvres. Elle est parfois surnommée « la chapelle Sixtine de l'art pariétal ».

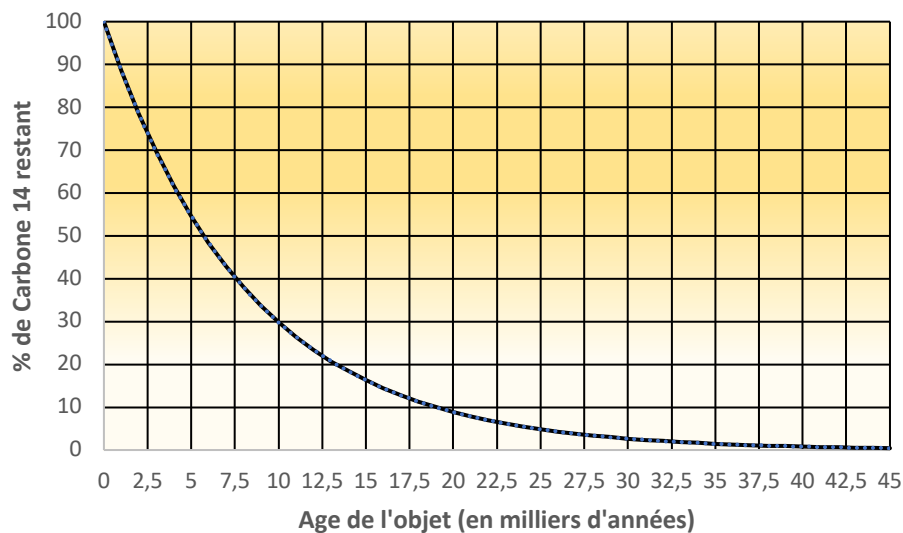
La couleur noire des peintures a été obtenue en utilisant du dioxyde de manganèse  $\text{MnO}_2$ . Les peintures et les gravures qu'elle renferme n'ont donc pas pu faire l'objet de datations directes précises : leur âge est déterminé à partir de datations et d'études réalisées sur les objets découverts dans la grotte.



*D'après wikipedia.org*

### Document 2 : Courbe de décroissance radioactive du carbone 14 ( $^{14}\text{C}$ )

$$\% \text{ de carbone 14 restant} = \frac{\text{Nombre d'atomes carbone 14 restant à l'instant } t}{\text{Nombre d'atomes carbone 14 présents au départ}} \times 100$$



### Document 3 : Analyse d'un échantillon de charbon

Lors des premières visites des grottes de Lascaux dans les années 1940, André Glory et son équipe de scientifiques entreprennent quelques relevés. Ils y trouvent notamment des pointes de sagaies décorées en bois de renne ainsi que du charbon de bois provenant de lampes.

Ces échantillons de charbons ont été analysés expérimentalement. Pour cela, un procédé technique a permis de déterminer que dans un échantillon de 40 g de charbon (constitué uniquement de carbone),  $6,05 \times 10^{-12} \text{ g}$  était du carbone 14.



#### Document 4 : Les différents isotopes du carbone

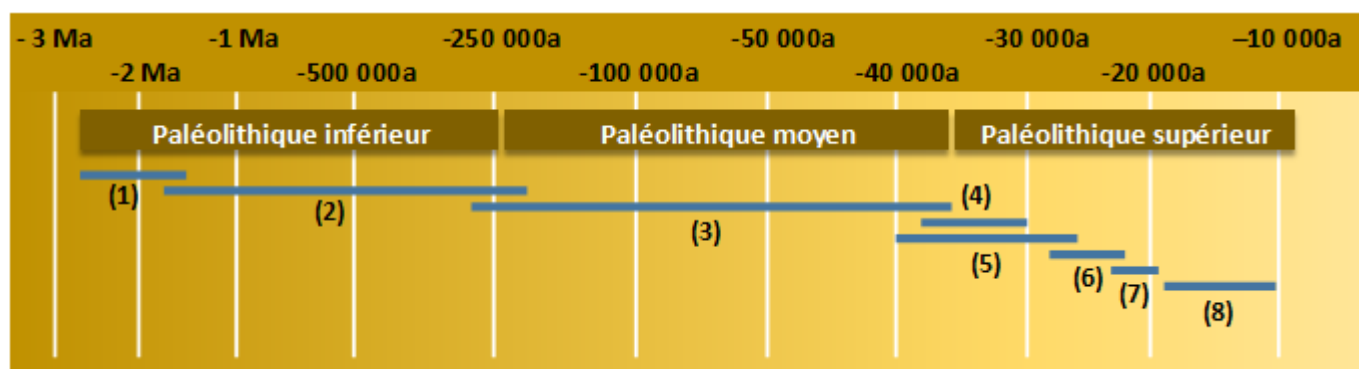
Le carbone est l'élément chimique de numéro atomique 6 et de symbole C. Il possède un isotope stable Carbone 12 ( $^{12}\text{C}$ ) et un isotope radioactif, le carbone 14 ( $^{14}\text{C}$ ) de demi-vie 5 730 années ce qui permet de dater des éléments utilisant du carbone pour leur structure.

Le carbone 12 étant stable, son nombre d'atomes reste constant dans le temps.

Le carbone 14, étant instable, se désintègre spontanément au cours du temps. Cependant, il est en permanence produit dans la haute atmosphère sous l'effet des rayons cosmique. Il se crée donc un équilibre entre ces deux isotopes tel que le rapport  $\frac{\text{Nombre d'atomes } ^{14}\text{C}}{\text{Nombre d'atomes } ^{12}\text{C}} = 1,0 \times 10^{-12}$  reste constant. Cela signifie que dans tout être vivant (végétal ou animal), les isotopes du carbone sont dans ces proportions.

Masse atomique (en g)	
Carbone 12	Carbone 14
$1,99 \times 10^{-23}$	$2,32 \times 10^{-23}$

#### Document 5 : Frise chronologique de la préhistoire (période du paléolithique)



#### Légende : Période préhistorique

(1) Oldowayen ; (2) Achéléen ; (3) Moustérien ; (4) Chatelperronien ;  
(5) Aurignacien ; (6) Gravettien ; (7) Solutrénien ; (8) Magdalénien

#### Questions préliminaires :

- 1- Qu'est-ce qu'un élément radioactif ?
- 2- Que vaut la demi-vie du Carbone 14 ? Vérifier graphiquement cette donnée.
- 3- Expliquer brièvement pourquoi le nombre d'atomes de carbone 14 dans les organismes morts diminue au cours du temps.
- 4- Pourquoi la datation directe au carbone 14 des peintures des grottes de Lascaux n'est-elle pas possible ?
- 5- Répondre à la problématique suivante en expliquant votre démarche.

#### Problématique :

Au cours de quelle période préhistorique les peintures des grottes de Lascaux ont-elles été réalisées ?





## La datation au carbone 14

Niveau de difficulté : 1

### Document 1 : Découverte des grottes de Lascaux

La grotte de Lascaux se trouve sur la commune de Montignac en Dordogne, dans la vallée de la Vézère, en France.

C'est l'une des plus importantes grottes ornées par le nombre et la qualité esthétique de ses œuvres. Elle est parfois surnommée « la chapelle Sixtine de l'art pariétal ».

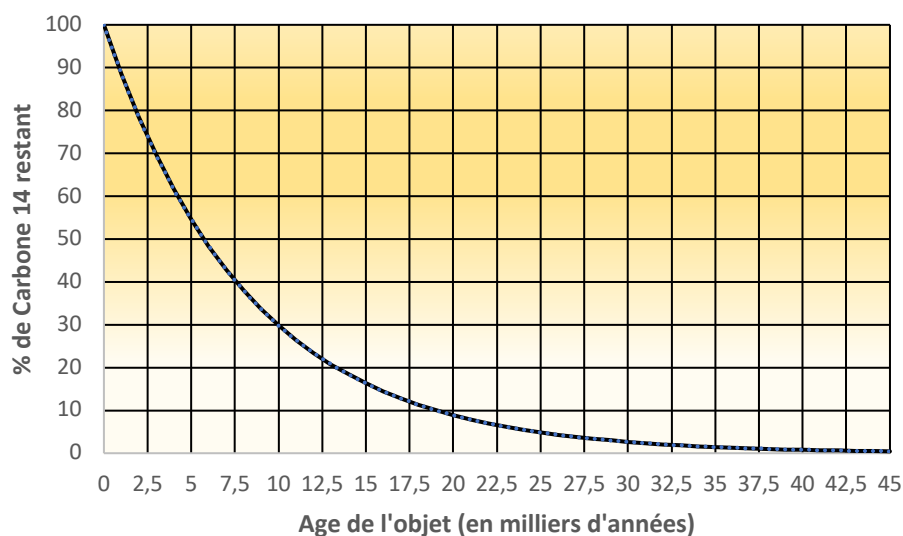
La couleur noire des peintures a été obtenue en utilisant du dioxyde de manganèse  $MnO_2$ . Les peintures et les gravures qu'elle renferme n'ont donc pas pu faire l'objet de datations directes précises : leur âge est déterminé à partir de datations et d'études réalisées sur les objets découverts dans la grotte.



*D'après wikipedia.org*

### Document 2 : Courbe de décroissance radioactive du carbone 14 ( $^{14}C$ )

$$\% \text{ de carbone 14 restant} = \frac{\text{Nombre d'atomes carbone 14 restant à l'instant } t}{\text{Nombre d'atomes carbone 14 présents au départ}} \times 100$$



### Document 3 : Analyse d'un échantillon de charbon

Lors des premières visites des grottes de Lascaux dans les années 1940, André Glory et son équipe de scientifiques entreprennent quelques relevés. Il y trouve notamment des pointes de sagaies décorées en bois de renne ainsi que du charbon de bois provenant de lampes.

Ces échantillons de charbons ont été analysés expérimentalement. Pour cela, un procédé technique a permis de déterminer qu'un échantillon de 40 g de charbon est constitué de  $2,0 \times 10^{24}$  atomes de carbone 12 et de  $2,6 \times 10^{11}$  atomes de carbone 14.



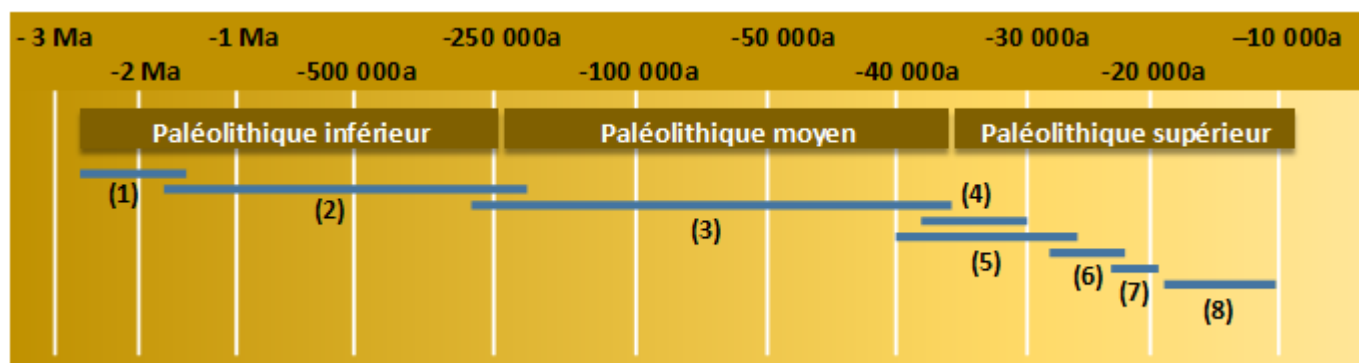
#### Document 4 : Les différents isotopes du carbone

Le carbone est l'élément chimique de numéro atomique 6 et de symbole C. Il possède un isotope stable Carbone 12 ( $^{12}\text{C}$ ) et un isotope radioactif, le carbone 14 ( $^{14}\text{C}$ ) de demi-vie 5 730 années ce qui permet de dater des éléments utilisant du carbone pour leur structure.

Le carbone 12 étant stable, son nombre d'atomes reste constant dans le temps.

Le carbone 14, étant instable, se désintègre spontanément au cours du temps. Cependant, il est en permanence produit dans la haute atmosphère sous l'effet des rayons cosmique. Il se crée donc un équilibre entre ces deux isotopes tel que le rapport  $\frac{\text{Nombre d'atomes } ^{14}\text{C}}{\text{Nombre d'atomes } ^{12}\text{C}} = 1,0 \times 10^{-12}$  reste constant. Cela signifie que dans tout être vivant (végétal ou animal), les isotopes du carbone sont dans ces proportions.

#### Document 5 : Frise chronologique de la préhistoire (période du paléolithique)



#### Légende : Période préhistorique

(1) Oldowayen ; (2) Acheluéen ; (3) Moustérien ; (4) Chatelperronien ;  
(5) Aurignacien ; (6) Gravettien ; (7) Solutréen ; (8) Magdalénien

#### Questions préliminaires :

- 1- Qu'est-ce qu'un élément radioactif ?
- 2- Que vaut la demi-vie du Carbone 14 ? Vérifier graphiquement cette donnée.
- 3- Expliquer brièvement pourquoi le nombre d'atomes de carbone 14 dans les organismes morts diminue au cours du temps.
- 4- Pourquoi la datation directe au carbone 14 des peintures des grottes de Lascaux n'est-elle pas possible ?
- 5- Résoudre le problème en suivant la démarche proposée :

#### Problématique :

Au cours de quelle période préhistorique les peintures des grottes de Lascaux ont-elles été réalisées ?

- a) Donner le nombre d'atomes de carbone 14 restant au moment où le morceau de charbon a été découvert.
- b) Que peut-on dire de l'évolution dans le temps du nombre d'atomes de carbone 12 ?
- c) Comment évolue le rapport du nombre d'atomes de carbone 14 sur le nombre d'atomes de carbone 12 ?
- d) En déduire le nombre d'atomes de carbone 14 initialement présent dans l'échantillon.
- e) A l'aide des réponses aux questions a, d et du document 2, calculer le pourcentage d'atomes de carbone 14 restant dans l'échantillon.
- f) A l'aide du graphique, en déduire la période préhistorique à laquelle les peintures ont été faites.