

# L'âge de la Terre – Exercices – Devoirs

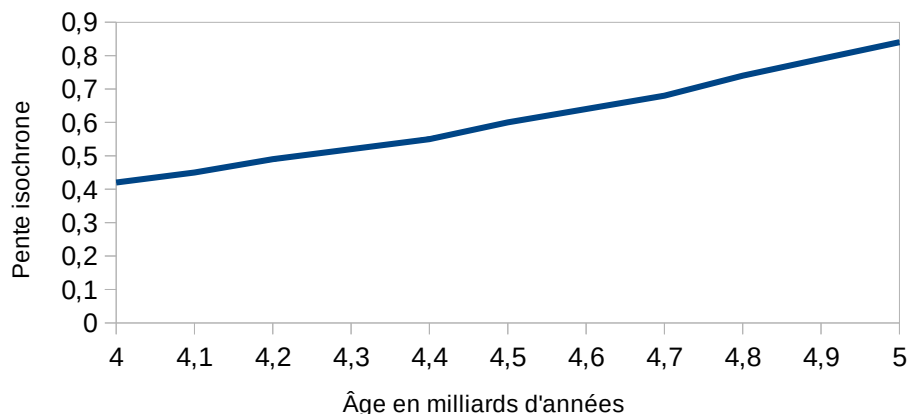
## Exercice 1 corrigé disponible

En 1953 Patterson exploite des mesures de rapports isotopiques de plomb réalisées sur des météorites

Echantillon	Météorite Nuevo-lando	Météorite Canyon-Diablo	Météorite Forest-city	Météorite Modoc	Météorite de Heebary	Sédiments marins
$\frac{206_{Pb}}{204_{Pb}}$	50,28	9,46	19,27	19,48	9,55	19,00
$\frac{207_{Pb}}{204_{Pb}}$	34,86	10,34	15,95	15,76	10,38	15,80

1. Représenter  $\frac{207_{Pb}}{204_{Pb}} = f\left(\frac{206_{Pb}}{204_{Pb}}\right)$  et déterminer la pente de la droite isochrone obtenue

Pente isochrone en fonction de l'âge



2. Estimer l'âge des météorites puis celui de la Terre ; comparer avec la valeur connue de ce jour

## Exercice 2 corrigé disponible

### DÉTERMINATION DE L'ÂGE DE LA TERRE PAR BUFFON

Doc 1 : Description du protocole expérimental mis en œuvre par Buffon : « J'ai fait faire dix boulets de fer forgé et battu : Le premier d'un demi-pouce de diamètre. Le second d'un pouce. Le troisième d'un pouce et demi. Le quatrième de deux pouces. Le cinquième de deux pouces et demi. Le sixième de trois pouces. Le septième de trois pouces et demi. Le huitième de quatre pouces. Le neuvième de quatre pouces et demi. Le dixième de cinq pouces. Ce fer venait de la forge de Chameçon près de Châtillon-sur-Seine, et comme tous les boulets ont été faits du fer de cette même forge, leurs poids se sont trouvés à très-peu près proportionnels aux volumes. [...] J'ai cherché à saisir deux instants dans le refroidissement, le premier où les boulets cessaient de brûler, c'est-à-dire le moment où on pouvait les toucher et les tenir avec la main, pendant une seconde, sans se brûler ; le second temps de ce refroidissement était celui où les boulets se sont trouvés refroidis jusqu'au point de la température actuelle, c'est-à-dire, à 10 degrés au-dessus de la congélation. »

Document 2. Tableau présentant un extrait des mesures réalisées par Buffon

Diamètre (en pouce)	1	1,5	2	3	4	5
Temps de « refroidissement au point de la température actuelle » (en minute)	93	145	196	308	415	522

- Le pouce est une ancienne unité de longueur, valant environ 2,7 cm
  - Convertir le diamètre du plus gros boulet en cm.
  - Le diamètre de la Terre est de 12742km, convertissez le en pouces
- Représenter les points correspondant au temps de « refroidissement au point de la température actuelle » (en minute) en fonction du diamètre du boulet (en pouce).
- Estimer l'équation de la droite obtenue ; en déduire l'âge de la Terre
- Comparer en % l'écart de la question 3. et l'âge de la Terre

### Exercice 3 corrigé disponible

L'une des techniques utilisée pour estimer l'âge de la Terre a été la stratigraphie ; expliquer son principe

Compléter la dernière colonne du tableau ; pourquoi cette méthode est discutable ?

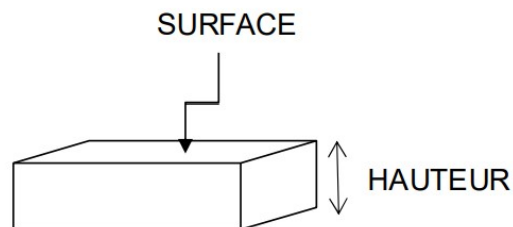
Date	Scientifique	Estimation de l'épaisseur totale des sédiments (km)	Taux de sédimentation estimé (mm-an <sup>-1</sup> )	Durée totale de sédimentation (Ma)
1860	Phillips	22	0,229	
1890	De Lapparent	46	0,33	
1892	Geikie	30	0,45 à 0,044	
1893	McGee	80	0,05	
1893	Upham	80	0,8	
1900	Sollas	81	3,1	
1909	Sollas	102	1,28	

### Exercice 4

A la toute fin du XIX<sup>e</sup> siècle, le physicien irlandais John Joly proposa une méthode d'estimation de l'âge de la Terre basée sur le taux de sel dans les océans, la salinité. Les eaux de pluie ruissèlent à la surface de la Terre et se chargent en sel contenu dans les roches de la croûte terrestre pour ensuite alimenter les rivières qui à leur tour se déversent dans les océans. La quantité de sel dissous dans les océans résulterait donc du déversement du sel contenu dans les rivières.

La première question porte sur le calcul de la masse de sel contenue dans les océans.

**1-a** Calculer le volume total des océans en km<sup>3</sup>, modélisés sous la forme d'un parallélépipède rectangle (cf. schéma ci-dessous)



### Données utilisées par John Joly :

- Superficie totale des océans :  $360 \times 10^6$  km<sup>2</sup>
- Profondeur moyenne des océans : 3,797 km
- Masse volumique moyenne des océans :  $1,03 \times 10^9$  tonnes par km<sup>3</sup>
- L'eau des océans contient environ 1,07 % en masse de sel dissous.
- Déversement des rivières dans les océans :  $2,72 \times 10^4$  km<sup>3</sup> par an
- Concentration moyenne du sel dissous dans les rivières : 5 250 tonnes par km<sup>3</sup>

**1-b** Calculer la masse totale des océans en tonnes.

**1-c** En déduire que la masse de sel contenue dans les océans est d'environ :  $1,5 \times 10^{16}$  tonnes. On fera apparaître le calcul.

**2-** Calculer la masse de sel apportée chaque année par les rivières à l'océan.

**3-** En déduire comme l'a fait John Joly que l'âge de la Terre calculé par cette méthode est d'environ 100 millions d'années.

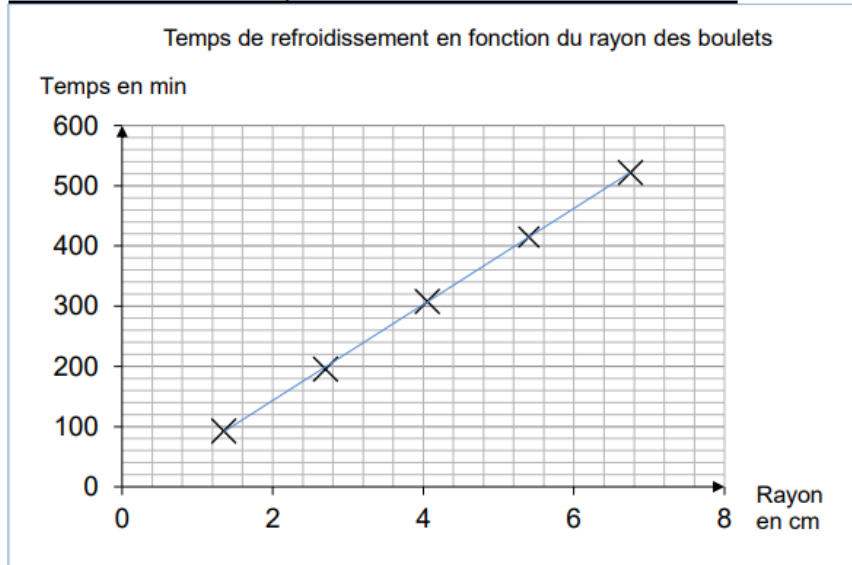
**4-** En réalité, une partie du sel dissous subit une sédimentation dans certaines régions littorales et peut également être échangé avec du calcium lors de l'altération sous-marine du basalte, commenter la validité de la méthode de calcul proposée par John Joly.

### Exercice 5

#### • La démarche de Buffon

Georges Louis Leclerc, comte de Buffon, est le premier à réaliser une expérience pour déterminer l'âge de la Terre. Partant de l'hypothèse que la Terre a d'abord été une sphère de matière en fusion qui a refroidi, il chauffe au rouge 10 boulets de fer forgé de tailles différentes et inférieures à 5 pouces (1 pouce = 2,54 cm). Buffon mesure la durée de leur refroidissement et extrapole ensuite ses résultats au globe terrestre, dont le diamètre connu à l'époque est proche de 13 000 km. Pendant plusieurs années et avec des métaux différents, il effectuera plus de 60 expériences, chacune répétées trois fois.

Document 1. Étude du temps de refroidissement des boulets de canon



Buffon écrit :

« Maintenant, si l'on voulait chercher [...] combien il faudrait de temps à un globe gros comme la Terre pour se refroidir, on trouverait, d'après les expériences précédentes, [...] quatre-vingt-seize-mille six cent soixante-dix ans et cent trente-deux jours pour la refroidir à la température actuelle » (extrait de *L'Histoire Naturelle, générale et particulière*, Buffon, 1774).

• La démarche de Kelvin

Presque un siècle plus tard, le Britannique Lord Kelvin utilise la théorie de la conduction de la chaleur établie par Fourier et modélisée par « l'équation de la chaleur ». En considérant que l'intérieur de la Terre est homogène et rigide, il estime l'âge de la Terre entre 20 et 400 millions d'années en utilisant l'équation de transfert de chaleur.

Lord Kelvin écrit :

« Le fait que la température de la Terre augmente avec la profondeur sous la surface implique une perte continue de chaleur de l'intérieur par conduction vers l'extérieur, à travers ou dans la croûte supérieure. Puisque la croûte supérieure ne devient pas plus chaude d'année en année, il doit donc y avoir une perte de chaleur séculaire de la Terre entière... Mais il est certain que la Terre devient de plus en plus froide d'âge en âge... » (d'après *On the Secular Cooling of the Earth*, Lord Kelvin, 1862)

En s'appuyant sur le document 1, les informations précédentes et sur vos connaissances personnelles, répondre aux questions suivantes.

1- Expliciter la démarche mise en œuvre par Buffon, ses points forts et ses limites.

2- Expliciter la démarche mise en œuvre par Lord Kelvin, ses points forts et ses limites.

3- Commenter les âges de la Terre proposés par Buffon et Kelvin. On attend une comparaison des valeurs, de leur précision et de leur ordre de grandeur.

Exercice 6

Des méthodes de datation de l'âge de la Terre plus récentes font intervenir la décroissance radioactive. Lors de la formation de la Terre, de l'uranium naturel s'est créé, en particulier l'isotope radioactif  $^{235}\text{U}$ . L'examen de roches montre qu'aujourd'hui, il reste environ 1 % de l'uranium 235 présent lors de la formation de la Terre.

2- Le graphique du document-réponse 1 de l'annexe à rendre avec la copie représente le nombre de noyaux d'uranium 235 restants en fonction du temps. On note  $N_0$  le nombre de noyaux à l'instant initial  $t = 0$ .

2-a- Sur ce graphique, repérer la demi-vie  $T_{1/2}$  de l'uranium 235. On fera apparaître les traits de construction.

2-b- Sur ce graphique, graduer l'axe des abscisses en multiples de la demi-vie.

2-c- En utilisant ce graphique, estimer au bout de combien de demi-vies il ne reste plus que 1 % des noyaux. On notera sur la copie la bonne réponse parmi les trois suivantes, sans justifier.

Réponse A : entre 1 et 3 demi-vies

Réponse B : entre 3 et 5 demi-vies

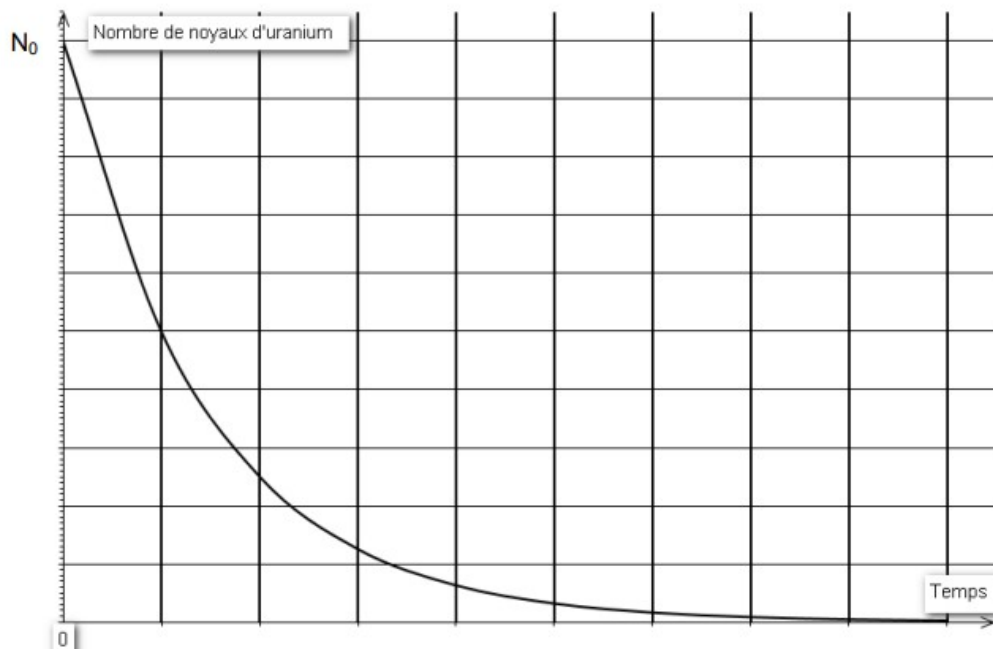
Réponse C : entre 6 et 8 demi-vies

3 - Sachant que la demi-vie  $T_{1/2}$  de l'uranium 235 est de 0,704 milliard d'années, proposer une estimation de l'âge de la Terre.

4 - L'algorithme suivant modélise la décroissance radioactive de  $N_0 = 1000$  noyaux d'uranium 235 au cours du temps :

```
N0 ← 1000
N ← N0
Nb_demi_vie ← 0
Tant que N > N0 × 0,01
    Nb_demi_vie ← Nb_demi_vie + 1
    N ← N / 2
Fin Tant que
```

Déterminer la valeur contenue dans la variable Nb\_demi\_vie après exécution de cet algorithme.



## Exercice 7

Découverte en Ardèche, en 1994, la grotte Chauvet est célèbre pour ses peintures rupestres réalisées par des êtres humains préhistoriques. Ces peintures comptent parmi les plus anciennes connues. Leur âge a été estimé par la méthode de datation au carbone 14.

L'isotope  $^{14}\text{C}$  de l'élément carbone se désintègre en azote  $^{14}\text{N}$  et se régénère régulièrement en haute atmosphère à partir de l'azote de l'air : il se retrouve donc en proportion constante dans tous les milieux et tous les êtres vivants. Lorsqu'un être vivant meurt, son métabolisme s'interrompt et son carbone n'est plus renouvelé. En raison de la désintégration radioactive, pour un échantillon donné, le rapport  $P/P_0$  du nombre d'atomes  $^{14}\text{C}$  résiduel (P) sur le nombre d'atomes présents moment de la mort ( $P_0$ ) décroît au cours du temps.

## Document 2 : Deux rhinocéros qui s'affrontent représentés sur le panneau des chevaux dans la salle Saint-Hilaire de la grotte Chauvet

Mouchage  
de torche

Trait réalisé au  
charbon de bois



Un mouchage est un frottement de la torche sur la paroi de la grotte pour retirer la partie carbonisée qui asphyxie la flamme.

Les analyses des pigments ont révélé que les peintures ont été réalisées avec des fragments de charbon de bois (traits noirs) et des minéraux :

- Le rouge est constitué d'oxydes de fer ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )
- Le noir de dioxyde de manganèse ( $\text{MnO}_2$ )

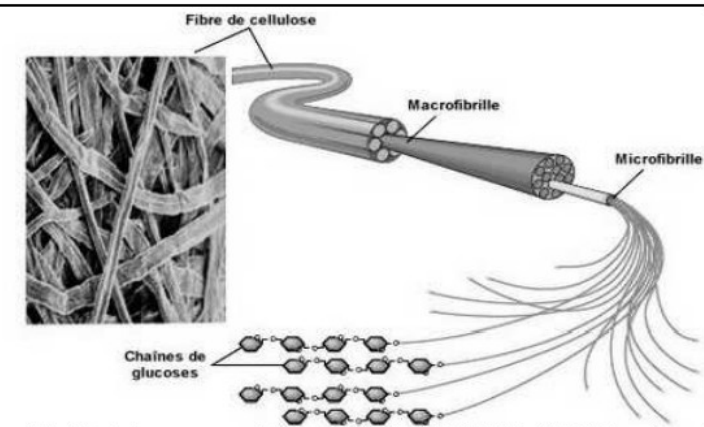
Sources : *Dossier Pour La Science* n°42 janvier Mars 2004

Hélène Valladas, Jean Cottés et Jean-Michel Geneste

## Document 3 : Les constituants du bois

Les parois cellulaires très épaisses donnent au bois ses propriétés. Ces parois sont formées de deux constituants principaux, la cellulose et la lignine.

La cellulose est une macromolécule composée d'un enchainement de plusieurs glucoses de formule  $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$ , comme le montre le schéma ci-contre.



Source : [http://p7.storage.canalblog.com/70/91/309207/14102700\\_p.jpg](http://p7.storage.canalblog.com/70/91/309207/14102700_p.jpg)

À partir de vos connaissances et des informations apportées par les documents 2 et 3, répondre aux questions suivantes.

3- Justifier que les oxydes minéraux ne peuvent pas être datés par la méthode du carbone 14, alors que la datation est possible pour le charbon de bois.

4- Nommer le mécanisme biologique à l'origine de la synthèse du glucose par les plantes terrestres et donner l'équation de réaction de cette synthèse de matière végétale (on veillera à ajuster les nombres stœchiométriques de l'équation). Préciser les organes impliqués dans les échanges entre la plante et son milieu.

5 - Cocher la proposition exacte pour chaque question du questionnaire à choix multiple donné dans l'annexe À RENDRE AVEC LA COPIE.

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 P/P0 comprises entre 1,5 % et 2,5 %.

- le second ensemble de mesures, réalisé à partir des prélèvements sur les mouchages de torche, fournit des valeurs comprises entre 3,5 % et 4,5 %.

Un graphique représentant le rapport P/P0 du nombre d'atomes <sup>14</sup>C résiduel sur le nombre d'atomes <sup>14</sup>C présent au moment de la mort en fonction du nombre d'années écoulées depuis la mort est donné sur la figure 1 de l'annexe À RENDRE AVEC LA COPIE.

6 - En exploitant le graphique de la figure 1 (et le zoom inséré) de l'annexe À RENDRE AVEC LA COPIE, estimer, après l'avoir définie, la demi-vie du carbone 14.

7- Estimer par un encadrement l'ancienneté des traces de l'habitation de la grotte Chauvet par les êtres humains préhistoriques en datant les mouchages de torche et les traits réalisés à l'aide de charbons de bois.

Cocher la proposition exacte pour chacune des deux affirmations QCM1 et QCM2 ci-dessous

**QCM1** : La date de désintégration d'un noyau individuel de <sup>14</sup>C dont on connaît la date de création (prise comme origine) est :

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> aléatoire.        | <input type="checkbox"/> prévisible.                                     |
| <input type="checkbox"/> égale à 5730 ans. | <input type="checkbox"/> comprise avec certitude entre 100 et 10000 ans. |

**QCM2** : La durée nécessaire à la désintégration radioactive de la moitié des noyaux radioactifs d'un échantillon dépend :

- |  |  |
|--|--|
| <input type="checkbox"/> du nombre initial de noyaux.      | <input type="checkbox"/> du volume de l'échantillon. |
| <input type="checkbox"/> de la nature chimique des noyaux. | <input type="checkbox"/> de la température.          |

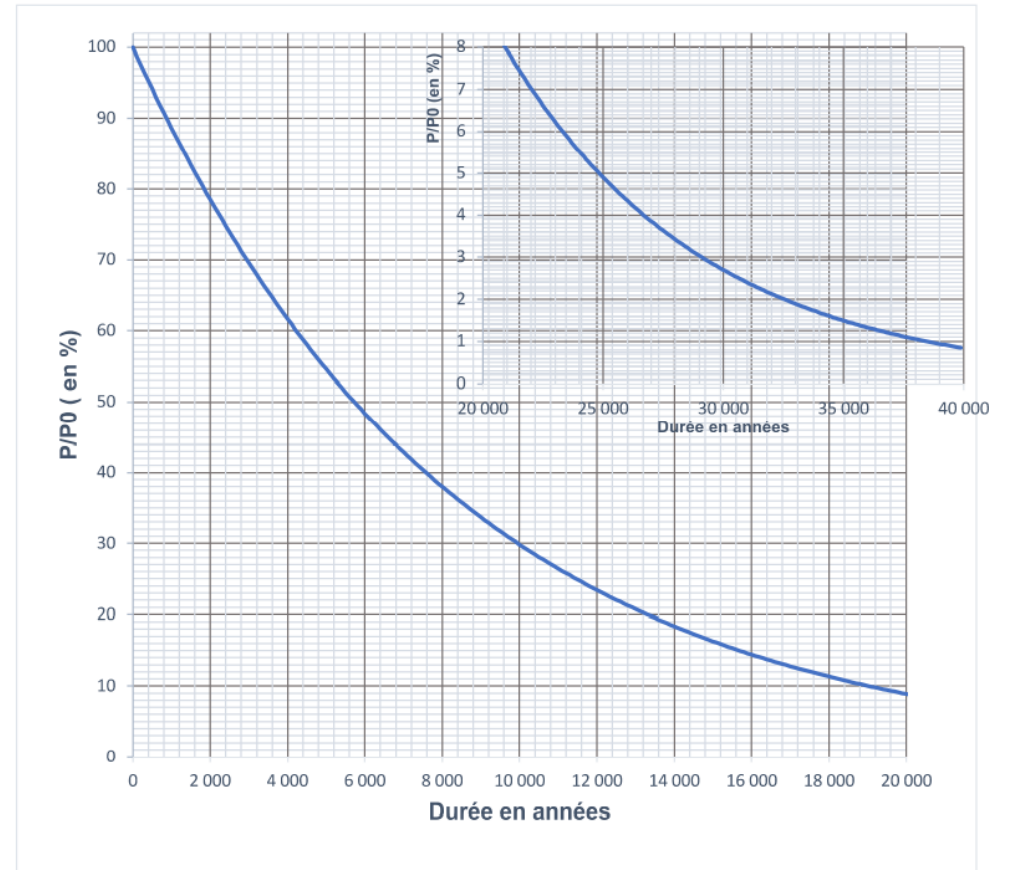


Figure 1 : Rapport P/P0 du nombre d'atomes <sup>14</sup>C résiduel sur le nombre d'atomes <sup>14</sup>C présent au moment de la mort en fonction du temps. L'encart permet de mieux visualiser la période entre 20 000 et 40 000 ans