

Énoncé

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.

Partie 1 : Du carbone dans la matière organique

Document 1. Deux rhinocéros qui s'affrontent représentés sur le panneau des chevaux dans la salle Saint-Hilaire de la grotte Chauvet.



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 :

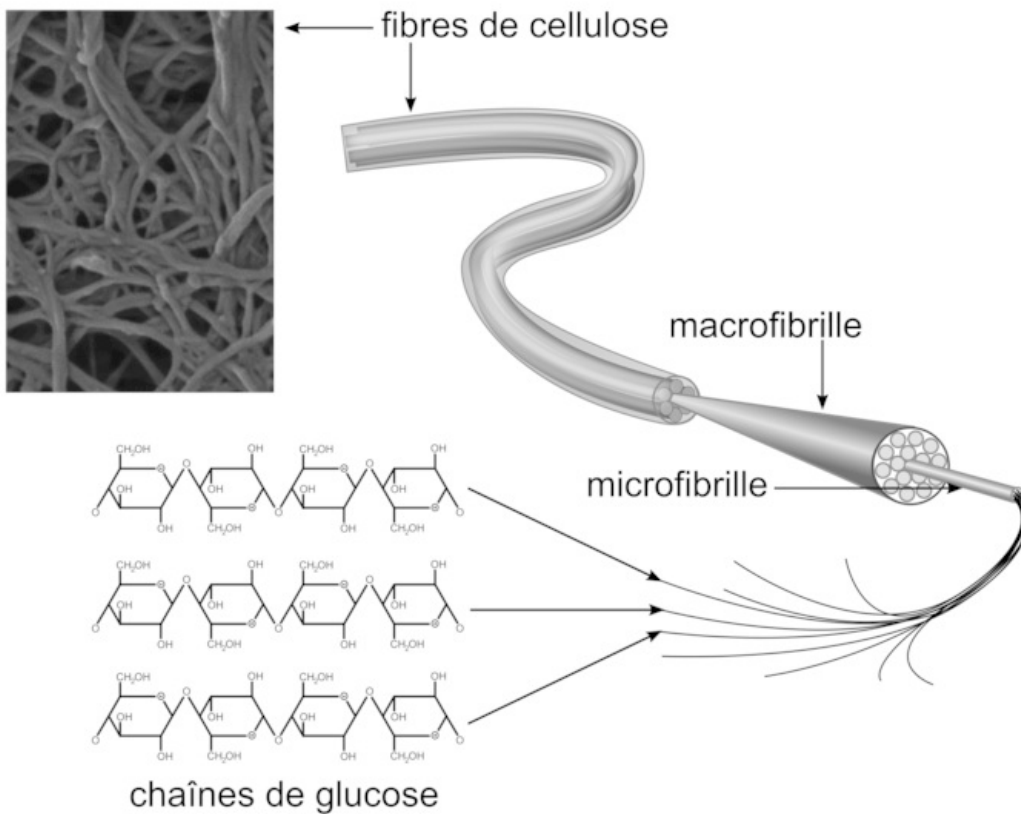
- le rouge est constitué d'oxydes de fer (Fe_2O_3) ;
- le noir de dioxyde de manganèse (MnO_2).

Sources : *Dossier Pour La Science n°42, janvier Mars 2004 (Hélène Valladas, Jean Cottes et Jean-Michel Geneste)*

Document 2. 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 enchaînement de plusieurs glucoses de formule $\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$, comme le montre le schéma ci-dessous.



À partir de vos connaissances et des informations apportées par les documents 1 et 2, répondre aux questions suivantes :

1. 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.

Identifier les atomes présents dans les oxydes minéraux et les atomes présents dans le charbon.

2. 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.

Partie 2 : Radioactivité et datation par le carbone 14 (^{14}C)

Document 3. Datation par le carbone 14.

L'isotope ^{14}C de l'élément carbone se désintègre en azote ^{14}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/P0 du nombre d'atomes ^{14}C résiduels (P) sur le nombre d'atomes présents au moment de la mort (P0) décroît au cours du temps.

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 %.

Les réponses aux questions suivantes s'appuieront sur vos connaissances et sur les informations apportées par le document 3.

3. Cocher la proposition exacte pour chaque question du questionnaire à choix multiple.

Les désintégrations des noyaux radioactifs sont imprévisibles. Chaque noyau radioactif a ses propres caractéristiques.

Question 1

La date de désintégration d'un noyau individuel de ^{14}C dont on connaît la date de création (prise comme origine) est :

- aléatoire.
- prévisible.
- égale à 5 730 ans.

d. comprise avec certitude entre 100 et 10 000 ans.

Question 2

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

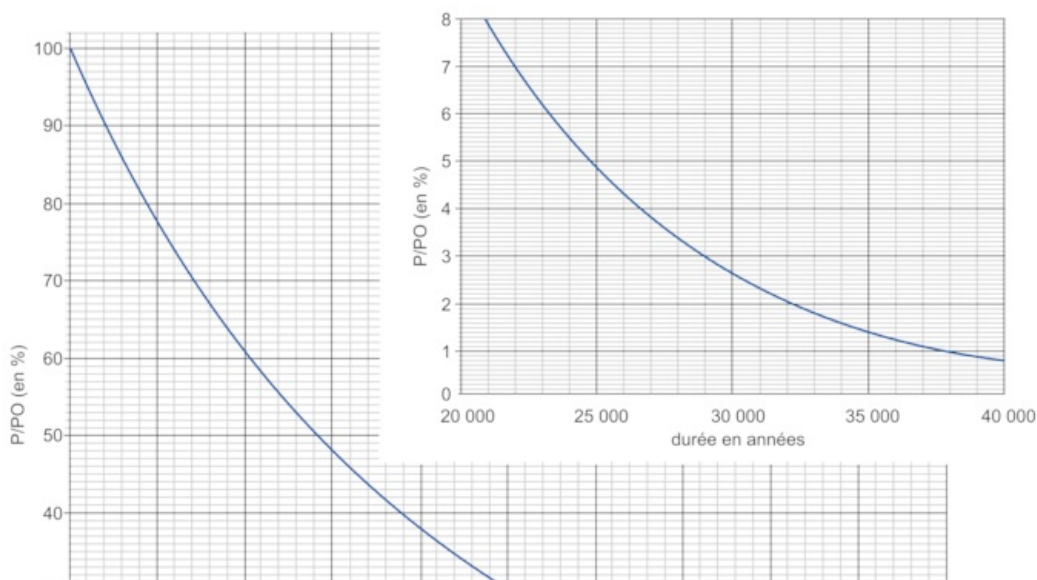
- a. du nombre initial de noyaux.
- b. du volume de l'échantillon.
- c. de la nature chimique des noyaux.
- d. de la température.

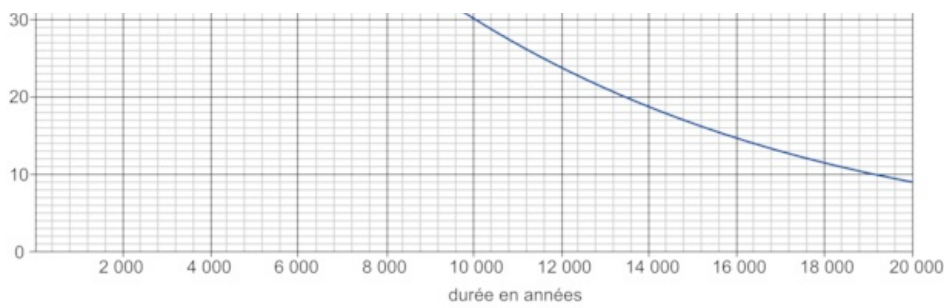
Un graphique représentant le rapport P/P_0 du nombre d'atomes ^{14}C résiduels sur le nombre d'atomes ^{14}C présents au moment de la mort en fonction du nombre d'années écoulées depuis la mort est donné sur la figure 1.

4. 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.

La demi-vie d'un noyau radioactif est la durée nécessaire pour que la moitié des noyaux initialement présents dans un échantillon se soit désintégrée.

Figure 1. Rapport P/P_0 du nombre d'atomes ^{14}C résiduels sur le nombre d'atomes ^{14}C présents au moment de la mort en fonction du temps. L'encart permet de mieux visualiser la période entre 20 000 et 40 000 ans.





5. 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.

Le document 3 permet de donner des valeurs P/PO lors de la datation au carbone 14 des peintures et des prélèvements sur les mouchages de torche.

6. Expliquer en quelques phrases comment la méthode de datation par le carbone 14 utilisée en archéologie illustre l'intérêt de la coopération entre plusieurs champs disciplinaires scientifiques.

Il a fallu la convergence de plusieurs champs disciplinaires scientifiques pour pouvoir utiliser la datation au carbone 14. Passer en revue la méthode de datation par le carbone 14 et déterminer quels champs disciplinaires scientifiques permettent de l'expliquer.