

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.

c. Une unité d'activité

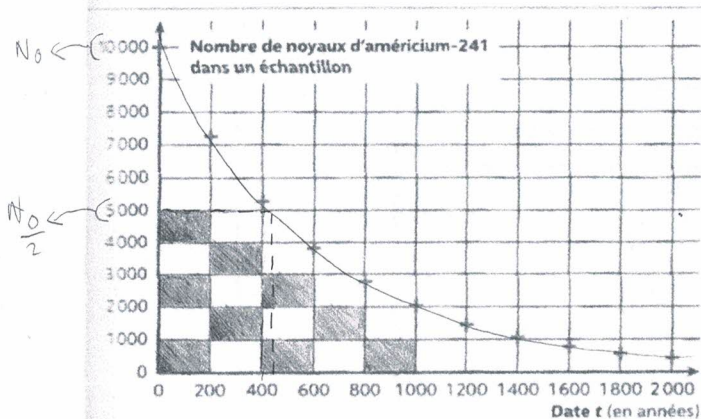
Henri Becquerel (1852-1908) est un physicien français. Il est lauréat de la moitié du prix Nobel de physique de 1903 (partagé avec Marie Curie et son mari Pierre Curie), récompensé pour ses travaux sur la radioactivité.



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.



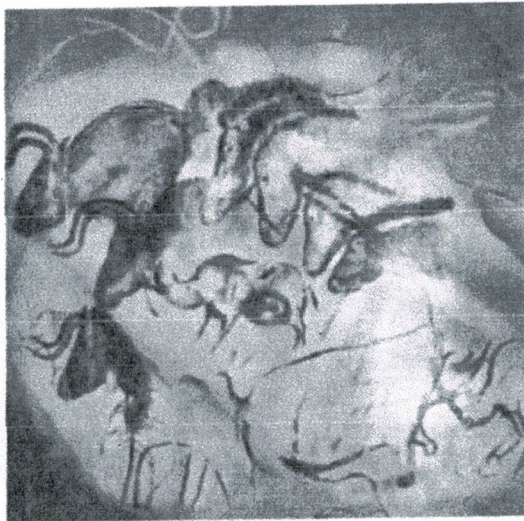
d. Évolution temporelle du nombre N de noyaux d'américium-241 dans un échantillon

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 %.

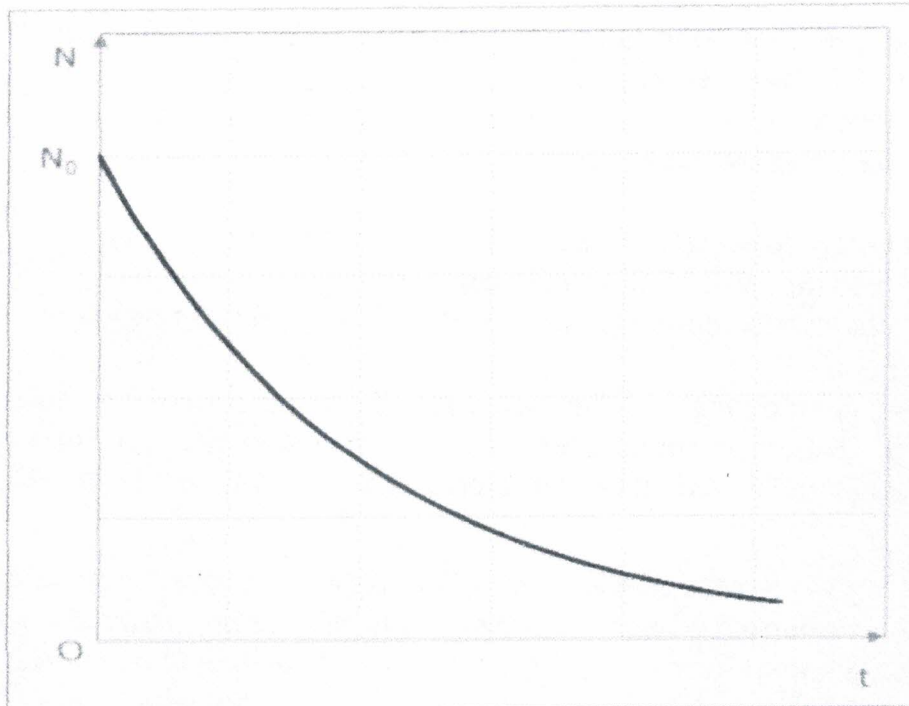
5-c Indiquer si cette peinture a été faite lors de l'occupation à l'Aurignacien ou au Gravettien. Justifier.

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 GROTTA 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.