

spécialité

PHYSIQUE-CHIMIE

Terminale Générale Scientifique

EXERCICE 1 LES PEINTURES ET LES GRAVURES DE LA GROTTTE 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).

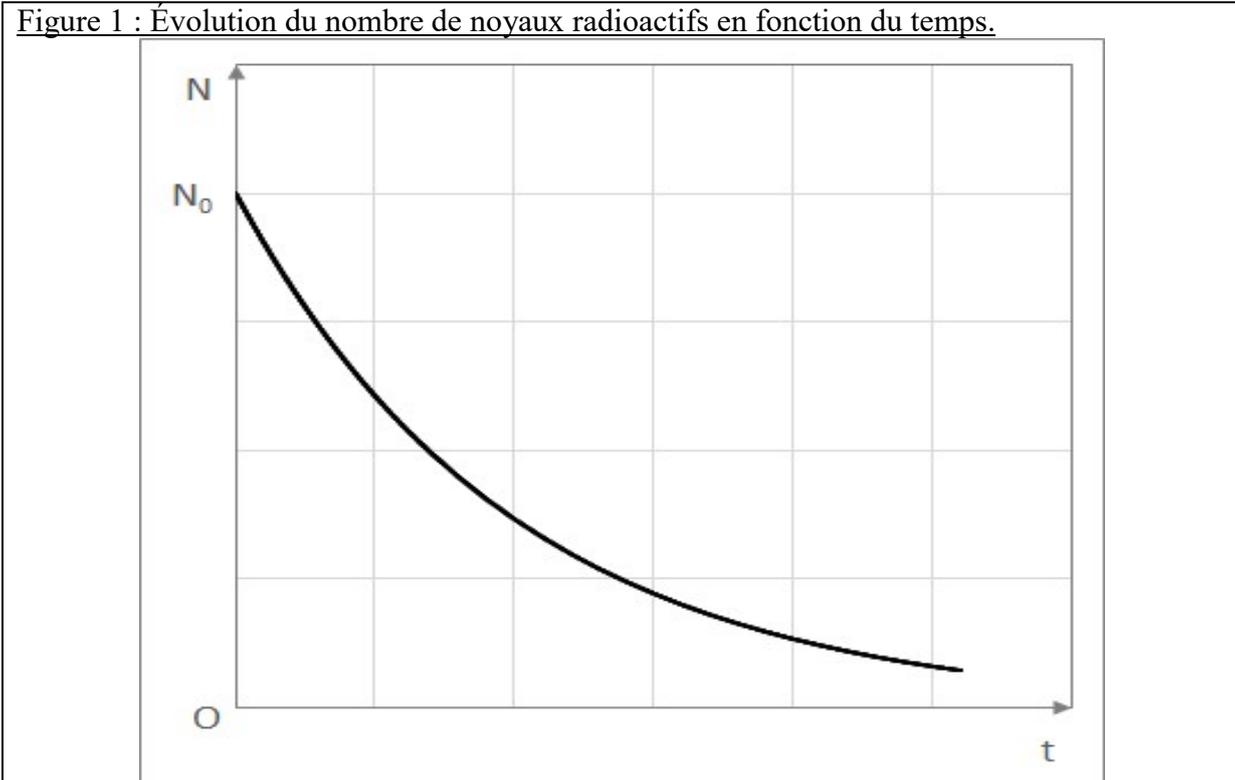
La méthode précédente ne peut pas être utilisée pour la dater. Proposer une explication.

ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

EXERCICE 1 : LES PEINTURES ET LES GRAVURES DE LA GROTTTE 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.

Exercice n°2 : Quelques propriétés du plutonium 241 (5 points)

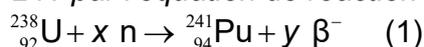
2.1 Généralités :

On relève dans la littérature spécialisée :

Les minerais d'uranium (U) contiennent essentiellement 2 isotopes dans les proportions : 99,3% d'uranium 238 et 0,7% d'uranium 235.

Le combustible des centrales nucléaires est un mélange enrichi en uranium 235, c'est-à-dire que la proportion de l'isotope 235 est supérieure à 0,7% (et celle du 238 inférieure à 99,3%). En effet, seuls les noyaux d'uranium 235 sont fissiles, c'est-à-dire susceptibles de subir une fission nucléaire sous l'action d'un neutron.

Le plutonium (Pu) n'existe pas dans la nature. Le plutonium 241 est un sous-produit obtenu, dans les réacteurs des centrales nucléaires, à partir de l'uranium 238. On peut en effet schématiser la formation d'un noyau de plutonium 241 par l'équation de réaction nucléaire suivante :



n est le symbole d'un neutron et β^{-} celui d'une particule émise et x et y sont des coefficients entiers à déterminer.

Une fois formé, le plutonium 241 est lui-même fissile sous l'action d'un bombardement neutronique. De plus, il est émetteur β^{-} avec une demi-vie de l'ordre d'une dizaine d'années (une valeur plus précise fait l'objet d'une question).

2.1.1 Définir les termes suivants :

- 2.1.1.a noyaux isotopes ;
- 2.1.1.b fission nucléaire ;
- 2.1.1.c demi-vie.

2.1.2 Préciser le nombre de masse et le numéro atomique de chacune des deux particules, neutron et β^{-} .

Expliciter pour chaque particule la notation ${}^A_Z\text{X}$.

2.1.3 Déterminer les valeurs de x et de y dans l'équation (1).

2.2 Détermination des énergies libérées lors de transformations du plutonium 241 :

2.3 Étude expérimentale de la radioactivité du Plutonium 241 :

Une étude de l'activité d'un échantillon contenant du plutonium 241 permet d'obtenir à différentes dates le rapport du nombre de noyaux non encore désintégrés N à la population initiale N_0 de noyaux dans l'échantillon. Les résultats expérimentaux ont été consignés dans le tableau ci-dessous :

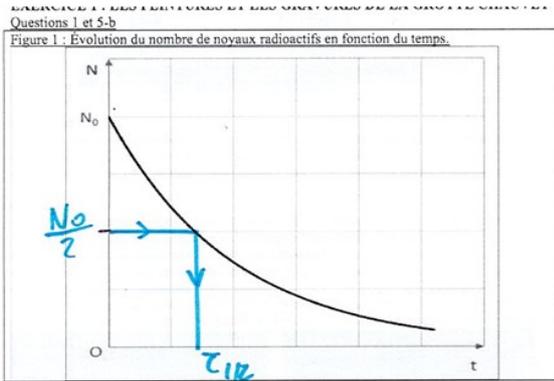
t (ans)	0	3	6	9	12
N/N ₀	1	0,85	0,73	0,62	0,53

2.3.1 Rappeler la loi de décroissance radioactive qui représente l'évolution de la population moyenne d'un ensemble de noyaux radioactifs.

2.3.2 Par une méthode de votre choix, graphique (en utilisant éventuellement la feuille de papier millimétrique fournie avec le texte) ou numérique, déterminer la valeur du temps de demi-vie $t_{1/2}$ du plutonium 241.

Si la feuille de papier millimétré est utilisée pour déterminer la valeur de $t_{1/2}$, ne pas oublier de la rendre avec la copie.

1. Temps de 1/2 vie : temps au bout duquel la moitié des radioéléments ont été désintégrés



2. La plus ancienne occupation est de 37 000 ans = $3,7 \cdot 10^4$ ans.
Le carbone 14 est le plus adapté car son temps de demi-vie est le plus proche de l'ordre de grandeur de $3,7 \cdot 10^4$ ans

3. Photosynthèse

4-a

Age	0 ans	5570 ans	11140 ans
Pourcentage de ¹⁴ C par rapport au ¹⁴ C initial	100%	50%	25%

4-b. La datation ne peut pas se faire avec un seul noyau ¹⁴C.
En effet sa quantité diminue au cours du temps. L'appareil ne détecterait aucun noyau car il est limité à un nombre minimal de 1 noyau.

5-a

Age	0 an	5570 ans	11140 ans	16710	22280	27850	33420
%	100%	50%	25%	12,5%	6,25%	3,125%	1,563%

Le nombre entier de demi-vies correspondantes est $[5T_{1/2}; 6T_{1/2}]$

5-b. Graphiquement on lit $t = 0,4 \cdot T_{1/2}$
soit $t = 0,4 \times 5570 \text{ ans} = 2228 \text{ ans}$

5-c. il reste 2,34% de ¹⁴C

Age (ans)	27850	$\begin{matrix} 27850 \\ +2228 \end{matrix}$	33420
% restant	3,125%	2,34%	1,563%

↳ ce pourcentage permet de dire que l'échantillon est âgé de 27850 à 33420 ans

La réponse 5b permet d'être plus précis

Age = 27850 + 2228 = 30078 ans Occupation Croquetien

6. Le calcaire ne contient pas de ¹⁴C

2.1. Généralités :

2.1.1.a. (0,25) Des noyaux sont isotopes s'ils contiennent le même nombre de protons, mais un nombre de neutrons différent.

2.1.1.b. (0,25) Lors d'une fission nucléaire, un gros noyau se transforme en deux noyaux plus petits sous l'impact d'un neutron. Cette réaction s'accompagne d'une émission de particules et d'énergie.

2.1.1.c. (0,25) La demi-vie est la durée nécessaire pour que la moitié des noyaux radioactifs initialement présents dans l'échantillon se soit désintégrée.

2.1.2. (0,25) Le nombre de masse est également appelé nombre de nucléons, noté A .

Le numéro atomique, noté Z , indique le nombre de charges du noyau.

(0,5) On note le neutron ${}_0^1n$, c'est un nucléon donc $A = 1$; il ne porte pas de charge électrique donc $Z = 0$.

(0,5) La particule β^- est un électron, on le note ${}_{-1}^0e$. Ce n'est pas un nucléon donc $A = 0$; il est porteur d'une charge électrique négative $= -e$, donc $Z = -1$.

2.1.3. (0,5) Au cours d'une réaction nucléaire, il y a conservation du nombre de nucléons et conservation du nombre de charges.

D'après 2.1.2. l'équation ${}_{92}^{238}\text{U} + x \text{ n} \rightarrow {}_{94}^{241}\text{Pu} + y \beta^-$ devient ${}_{92}^{238}\text{U} + x {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{94}^{241}\text{Pu} + y {}_{-1}^0e$.

La conservation du nombre de nucléons donne $238 + x = 241$, donc $x = 3$.

La conservation du nombre de charges donne $92 = 94 - y$, donc $y = 2$.

On a finalement ${}_{92}^{238}\text{U} + 3 {}_0^1\text{n} \rightarrow {}_{94}^{241}\text{Pu} + 2 {}_{-1}^0e$.

2.3. Étude expérimentale de la radioactivité du Plutonium 241 :

2.3.1. (0,25) Loi de décroissance radioactive $N = N_0 \cdot e^{-\lambda \cdot t} = N_0 \cdot e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot t}$

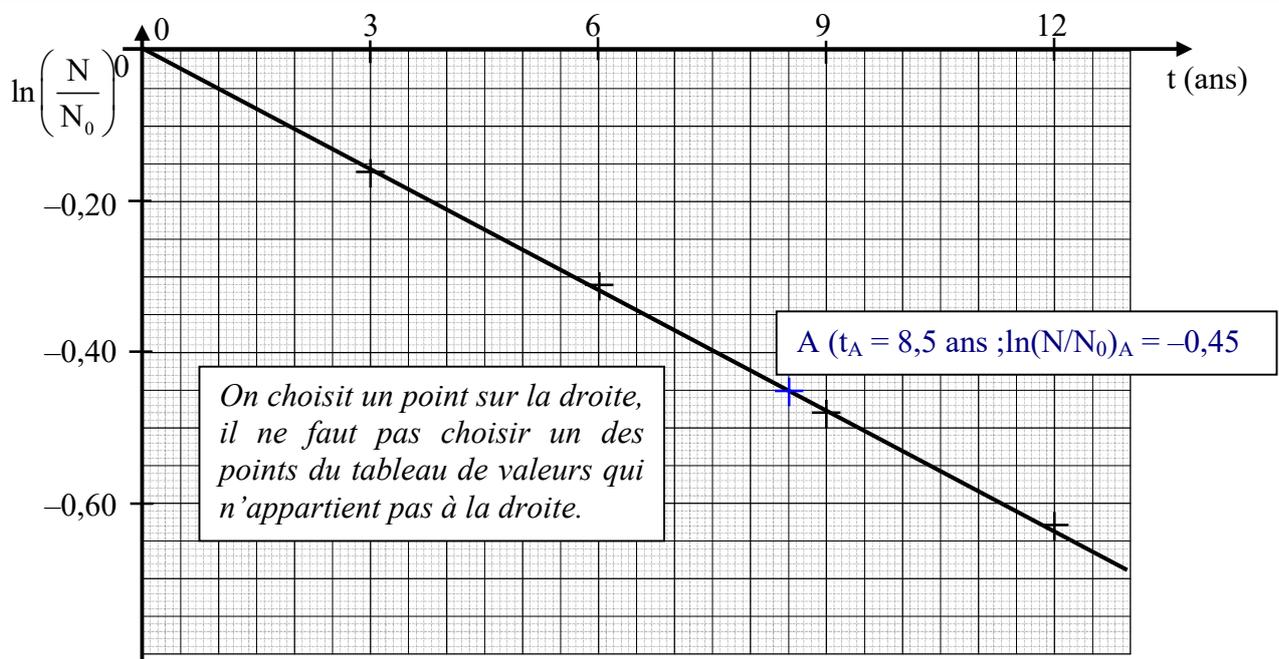
2.3.2. (0,5) D'après la loi de décroissance $\frac{N}{N_0} = e^{-\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot t}$ donc $\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\frac{\ln 2}{t_{1/2}} \cdot t$

Méthode 1 : On trace $\ln\left(\frac{N}{N_0}\right)$ en fonction de t . On obtient une droite dont le coefficient directeur est

égal à $-\frac{\ln 2}{t_{1/2}}$. La droite tracée est une droite moyenne passant au plus près des points expérimentaux.

Cette méthode permet de minimiser l'influence d'éventuelles erreurs de mesures.

t(ans)	0	3	6	9	12
N/N ₀	1	0,85	0,73	0,62	0,53
ln(N/N ₀)	0	-0,16	-0,31	-0,48	-0,63



Le coefficient directeur vaut $a = \frac{\ln(N/N_0)_A}{t_A} = -\frac{\ln 2}{t_{1/2}}$ soit $t_{1/2} = -\frac{\ln 2}{\ln(N/N_0)_A} t_A$

$t_{1/2} = -\frac{\ln 2}{-0,45} \times 8,5 = \mathbf{13 \text{ ans}}$. Résultat en accord avec le texte introductif (ordre d'une 10^{aine} d'années)

Méthode 2 : Par le calcul, en considérant que la valeur de N/N_0 choisie n'est pas entaché d'une erreur expérimentale :

$$\ln\left(\frac{N}{N_0}\right) = -\frac{\ln 2}{t_{1/2}} t, \text{ soit } t_{1/2} = -\frac{\ln 2}{\ln(N/N_0)} t \quad \text{Pour } t = 3 \text{ ans : } t_{1/2} = -\frac{\ln 2}{\ln 0,85} \times 3 = 12,8 = \mathbf{1 \times 10^1 \text{ ans}}$$

Méthode 3 : On trace $N/N_0 = f(t)$. On trace la tangente à la courbe, à $t = 0$ s. Elle coupe l'axe des temps à la date $t = \tau = 1/\lambda = t_{1/2} / \ln 2$.

Encore une méthode peu précise, le tracé d'une tangente à l'origine est toujours délicat (la méthode de la corde ne pouvant être utilisée).