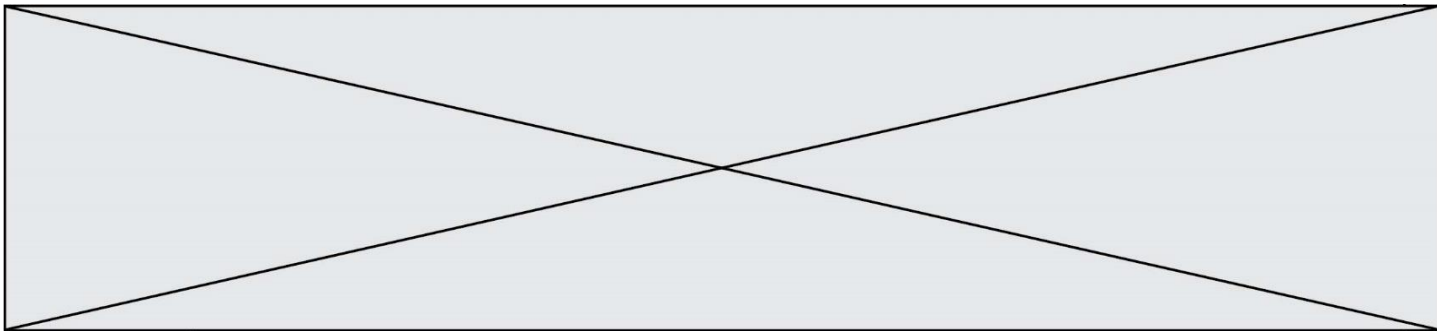




Exercice 1 (obligatoire) – Niveau terminale

Thème « Science, climat et société »

L'histoire de l'atmosphère terrestre

Sur 10 points

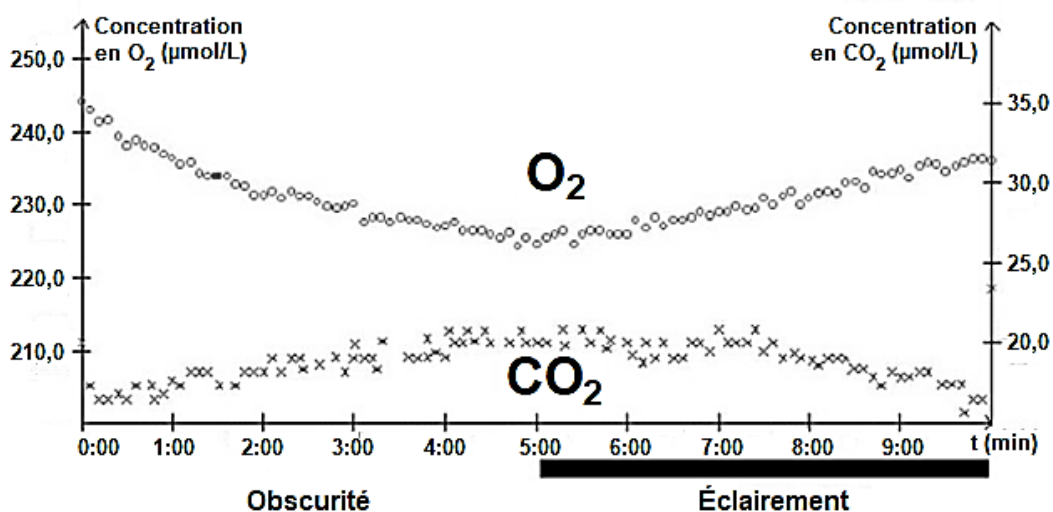
La Terre s'est formée il y a plus de 4 milliards d'années par agglomération (on parle aussi d'accrétion) de météorites appelées « chondrites ». L'atmosphère primitive de la Terre, est issue d'un dégazage des roches au cours de son refroidissement. Elle avait une composition très différente de l'atmosphère actuelle. La transformation de l'atmosphère au cours du temps est marquée en particulier par un fort enrichissement en dioxygène, ce qui lui a conféré un caractère oxydant.

L'objectif de cet exercice est de rechercher des arguments expliquant l'enrichissement de l'atmosphère en dioxygène, il y a 2,4 milliards d'années et de comprendre comment les chercheurs ont pu reconstituer l'histoire de l'atmosphère.

Document 1 – Métabolisme des cyanobactéries actuelles

Une culture de cyanobactéries est placée dans une enceinte hermétique. Les teneurs en dioxygène et en dioxyde de carbone sont relevées sous différentes conditions d'éclairement. Les résultats sont présentés sur le graphique ci-dessous.

Évolution des teneurs en dioxygène et dioxyde de carbone
de la culture de cyanobactéries



Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :

 Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

Données :

Il existe différents types de métabolismes, notamment :

- la respiration : $O_2 + \text{Sucre} \rightarrow H_2O + CO_2$
- la photosynthèse : $CO_2 + H_2O \xrightarrow{\text{en présence de lumière}} \text{Sucre} + O_2$
- la fermentation alcoolique : $\text{Sucre} \rightarrow CO_2 + \text{Ethanol}$

Les équations des réactions ne sont pas ajustées, elles indiquent seulement la nature des réactifs et des produits. Les sucres, appelés aussi hydrates de carbone, sont composés de carbone (C), d'hydrogène (H) et d'oxygène (O).

- À l'aide du document 1, donner, en justifiant, le nom du métabolisme utilisé par les cyanobactéries dans l'expérience entre 0 et 5 minutes, puis entre 5 et 10 minutes.
- Les stromatolithes sont des constructions carbonatées d'origine biologique formées par des micro-organismes, semblables à des cyanobactéries. Les plus anciens ont été datés à environ 3,5 milliards d'années. À partir du document 1 et de vos connaissances, justifier d'une origine probable de la production de dioxygène à partir de 3,5 milliards d'années.

Document 2 – Les formations sédimentaires d'oxydes de fer

La grande majorité des minerais de fer du monde est constituée de ce qu'on appelle des fers rubanés (*Banded Iron Formation* ou BIF, en anglais). Ces BIF existent sous plusieurs formes, plus ou moins riches en fer, et contiennent un oxyde de fer composé de deux atomes de fer et de trois atomes d'oxygène.

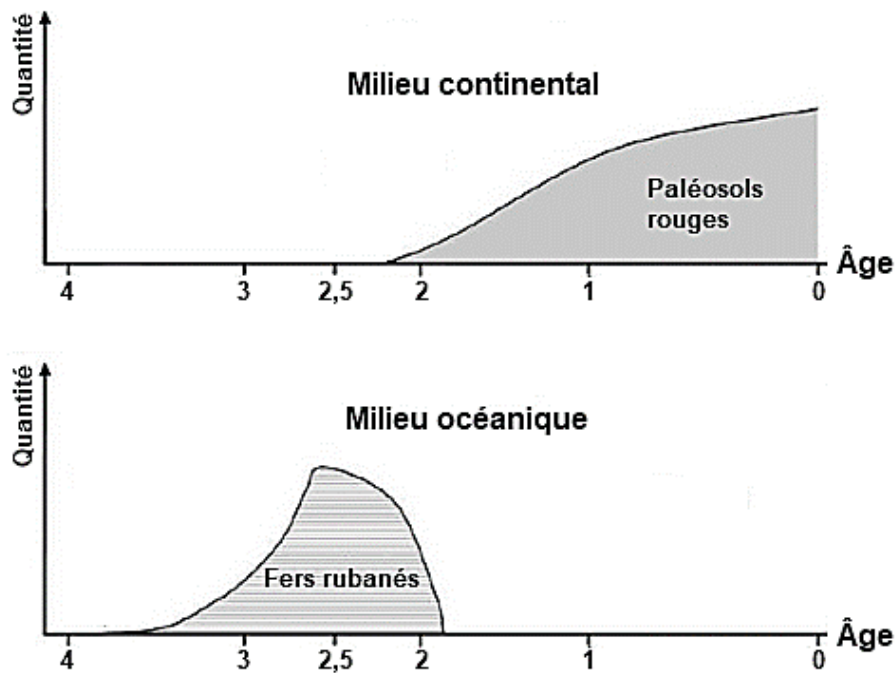
Le tableau ci-dessous présente différents oxydes de fer :

Oxyde de fer	Formule brute	Description	Équation chimique de formation de l'oxyde de fer, non ajustée
Wustite	FeO	Poudre grise	$Fe + O_2 \rightarrow FeO$
Hématite	Fe ₂ O ₃	Minéral de couleur rouille	$Fe + O_2 \rightarrow Fe_2O_3$
Magnétite	Fe ₃ O ₄	Minéral de couleur noire	$Fe + O_2 \rightarrow Fe_3O_4$



- 3- Nommer l'oxyde de fer majoritaire présent dans les BIF et ajuster l'équation chimique modélisant sa formation après l'avoir recopiée sur la copie.

Document 3 – Évolution de la formation des paléosols rouges et des fers rubanés au cours du temps



Source : d'après C. Klein, *Nature*, 1997

L'axe des abscisses correspond à l'âge des roches en milliard d'années avant le présent. L'axe des ordonnées correspond à la quantité relative des roches formées.

Les paléosols, ou sols fossiles, se sont formés par altération de roches continentales au contact de l'atmosphère. La couleur rouge de certains de ces sols provient de la forte teneur en hématite. Les fers rubanés sont toujours des formations sédimentaires marines.

Le volcanisme continental et marin relâchent une quantité importante de fer sous forme d'ions Fe^{2+} oxydés en Fe^{3+} par le dioxygène.

- 4- À l'aide du document 3, proposer une chronologie d'évènements ayant conduit à la mise en place d'une atmosphère riche en dioxygène.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :

 Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

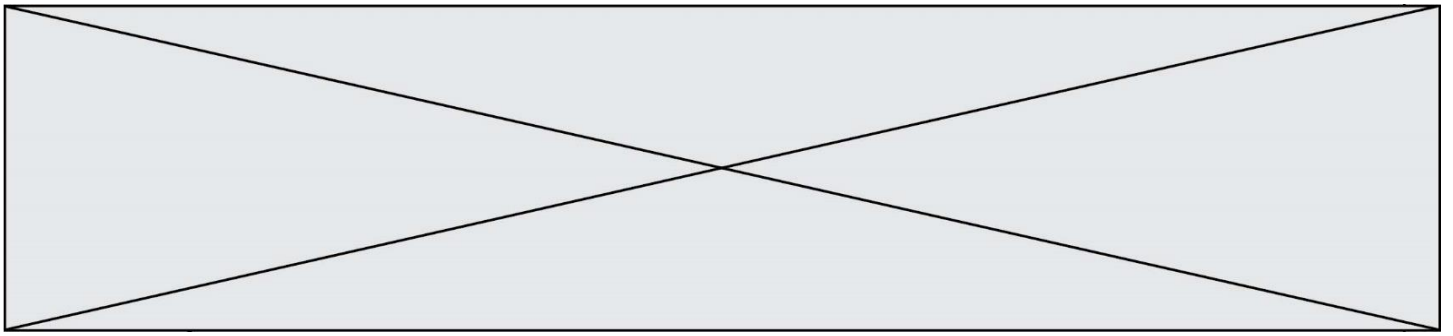
La Terre s'est formée il y a plus de 4 milliards d'années par accréation de chondrites. Très rapidement, elle a subi un processus de différenciation au cours de laquelle les éléments volatiles se seraient vaporisés, séparés de la roche et accumulés en surface, formant une atmosphère primitive par dégazage. Ainsi, l'analyse de la composition chimique des chondrites a permis d'estimer la composition chimique de cette atmosphère primitive.

- 5- À l'aide de vos connaissances et des documents 4 et 5 suivants, argumenter sur la nécessité, pour les scientifiques, d'employer différentes méthodes pour reconstituer la longue histoire de la composition de l'atmosphère terrestre.

Document 4 – Comparaison de la composition chimique de la Terre des chondrites (météorites à l'origine de la Terre)

Éléments	Composition chimique moyenne des chondrites	Composition chimique moyenne de la Terre globale
O	31%	32.4%
Fe	27.4%	28.2%
Si	18.5%	17.2%
Mg	14%	15.9%
Ca	3.5%	1.6%
Al	2%	1.5%
Na	0.6%	1.25%
K	0.4%	0.02%
Autres éléments	2.6%	2.9%

Source : <https://planet-terre.ens-lyon.fr/ressource/meteorites-origine-systeme-solaire.xml>



Document 5 – En 1980 des glaciologues de l'IGE (Institut des géosciences de l'environnement) ont découvert comment reconstituer la teneur en CO₂ de notre atmosphère

Lors de leur formation, au moment de la compaction de la neige à la surface, les calottes de glaces polaires piègent continuellement des petites bulles d'air. La glace a donc cette étonnante propriété : elle peut fournir une archive naturelle de la composition de l'air ancien, jusqu'à plusieurs centaines de milliers d'années ! Mais le challenge n'est pas simple et il a fallu plus de 20 ans d'efforts aux glaciologues de l'époque pour arriver à extraire ces informations. La solution fut trouvée, il y a 40 ans par Robert Delmas et ses collègues, qui développèrent une technique fiable pour extraire de la glace l'air qui y était contenu et en mesurer la composition en CO₂. Ce travail pionnier ouvrait la voie aux mesures modernes des archives glaciaires montrant que les niveaux de CO₂ dans l'atmosphère ont affectés la température de la Terre durant des centaines de milliers d'années.

Source : extrait du site de l'observatoire des sciences de l'univers (OSUG) de Grenoble



Exercice 2 (au choix) – Niveau première

Thème « Le Soleil, notre source d'énergie »

La pile végétale

Sur 10 points

Il est possible de produire de l'électricité en installant des électrodes dans un sol gorgé d'eau où poussent des plantes telles que le riz. Cette technologie permet de convertir l'énergie chimique issue de la photosynthèse en énergie électrique. Le rendement de ce dispositif reste pour le moment faible.

On cherche ici à déterminer si cette technologie peut constituer une solution d'avenir.

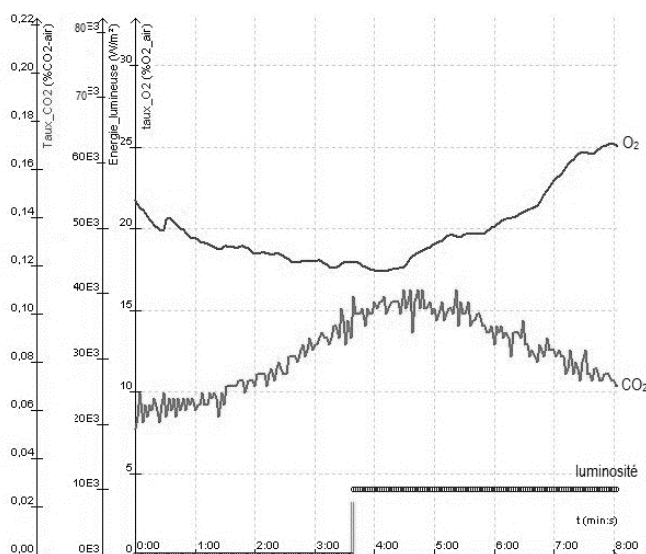
Les deux parties peuvent être traitées indépendamment.

Partie 1 – La photosynthèse et ses caractéristiques

Document 1 - Étude expérimentale des échanges gazeux d'une plante chlorophyllienne

On mesure les variations au cours du temps de trois paramètres environnementaux au sein d'une enceinte fermée hermétiquement et contenant un végétal chlorophyllien :

- teneur en dioxygène (O_2) ;
- teneur en dioxyde de carbone (CO_2) ;
- luminosité reçue par l'enceinte.



Source : d'après <https://www.pedagogie.ac-nantes.fr>



- 1-** D'après le document 1, décrire l'effet de la luminosité sur les échanges gazeux entre la plante chlorophyllienne et son environnement.

Justifier à l'aide de données chiffrées.

Partie 2 – Énergie de la « pile végétale »

La plante utilise la photosynthèse pour produire de la matière organique. La réaction chimique correspondante peut être exploitée au sein d'une pile comportant deux électrodes dont l'une est positionnée près de la racine de la plante et l'autre en est plus éloignée. Cette pile peut délivrer un courant électrique qui transporte de l'énergie. On admet que la puissance électrique fournie par une « pile végétale » de cette sorte est proportionnelle à la surface que les plantes, exposées au soleil et qui se trouvent au voisinage des électrodes, occupent sur le sol.

- 2-** À partir de vos connaissances, expliquer ce qu'est une source d'énergie renouvelable. Justifier que la pile végétale est considérée comme une source d'énergie électrique renouvelable.

On peut estimer qu'une « pile végétale » de 1 m^2 de surface globale (en feuilles et en racines) fournit une puissance de 3 W et que l'énergie moyenne nécessaire à la recharge d'un smartphone est de 10 Wh .

- 3-** Calculer la durée de recharge d'un smartphone avec 1 m^2 de surface de « pile végétale ».

L'énergie moyenne consommée par une famille pendant une année est 3000 kWh .

- 4-** Calculer la surface nécessaire en m^2 de surface de « pile végétale » pour fournir l'énergie annuelle à une famille.

Indication : le Watt-heure (Wh) une unité physique qui correspond à l'énergie consommée ou délivrée par un système d'une puissance de 1 Watt fonctionnant pendant une heure.

- 5-** À partir des arguments issus de l'étude des deux parties de l'exercice et de vos connaissances notamment sur le fait que la « pile végétale » peut être considérée comme de la biomasse, indiquer un intérêt et une limite de ce dispositif.

Modèle CCYC : ©DNE Nom de famille (naissance) : (Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)	
Prénom(s) :	
N° candidat :	
Né(e) le :	(Les numéros figurent sur la convocation.) / /
 Liberté • Égalité • Fraternité RÉPUBLIQUE FRANÇAISE	N° d'inscription :

1.1

Exercice 3 (au choix) – Niveau première

Thème « Une longue histoire de la matière »

Ötzi l'homme des glaces

Sur 10 points

Ötzi est une momie naturelle retrouvée dans les Alpes il y a 30 ans, allongée à plat ventre, au bord d'un lac gelé situé à 3 000 mètres d'altitude dans la vallée d'Ötztal.

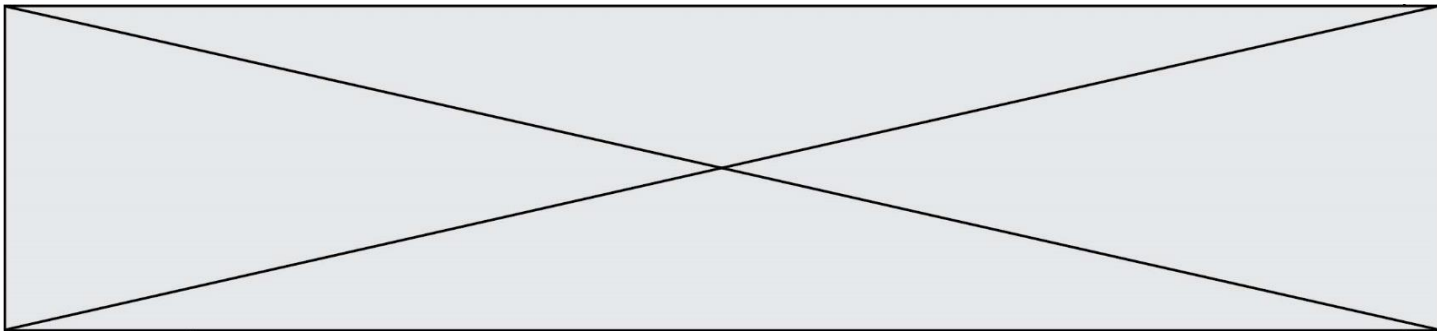
Les analyses scientifiques ont révélé qu'il s'agit d'une très ancienne scène de crime...



Découverte de la momie et reconstitution de Ötzi, musée archéologique de Haut-Adige

Crédit photo : SOUTH TYROL MUSEUM OF ARCHAEOLOGY.

L'objectif de cet exercice est d'estimer la date de l'assassinat d'Ötzi.



Partie 1 – L'atome de carbone

Document 1 – Origine et cycle du carbone ^{14}C

Le carbone présent dans l'atmosphère essentiellement sous forme de dioxyde de carbone (CO_2) possède plusieurs isotopes : carbone 12, carbone 13, carbone 14.

Le carbone 14 est un isotope radioactif du carbone donc instable ; il se désintègre spontanément en un noyau fils (azote 14) plus stable.

Sa période radioactive (ou « demi-vie ») est de 5 730 ans.

On peut considérer que tant qu'une plante ou un animal est vivant, son organisme échange du carbone avec son environnement, si bien que le carbone qu'il contient aura la même proportion de ^{14}C (carbone 14) que dans la biosphère.

Lorsque cet organisme meurt, son métabolisme cesse, il ne reçoit plus de carbone 14 et celui qu'il contient va se désintégrer peu à peu au cours du temps selon une loi exponentielle.

La datation par le carbone 14 se fonde alors sur le comptage du carbone 14 résiduel dans l'organisme mort.

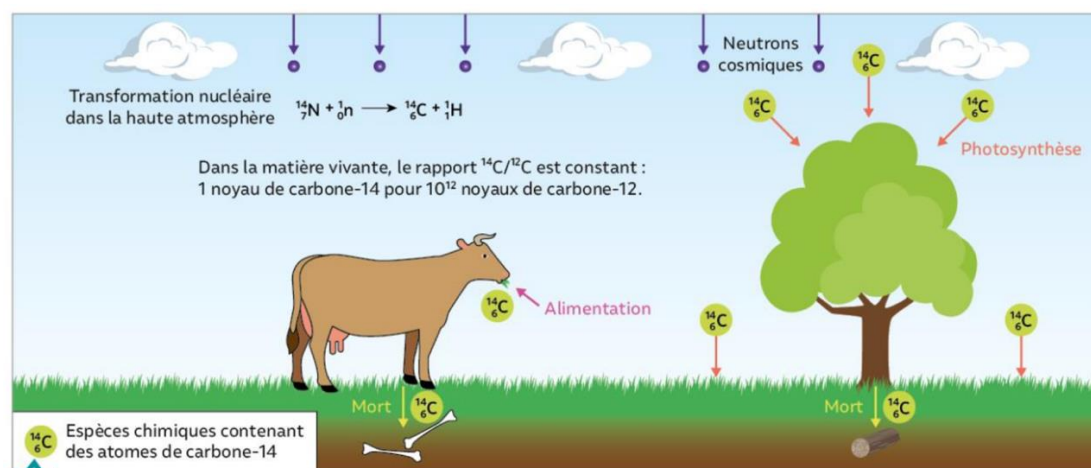


Figure A – Cycle du Carbone 14

Source : Manuel Nathan 1^{ère} Enseignement Scientifique

À l'aide des informations du document 1 :

- 1- Donner la caractéristique d'un isotope radioactif.
- 2- Énoncer ce qu'il faut quantifier pour évaluer la date de la mort d'un être vivant. Justifier votre réponse.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat : N° d'inscription :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

Né(e) le :

 Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

- 3- Énumérer la succession des évènements qui aboutissent à la présence de carbone 14 dans le corps d'Ötzi.

Partie 2 – Datation d'une mort

À la mort d'Ötzi, le nombre initial N_0 de noyaux de carbone 14 contenu dans son corps était de $3,87 \times 10^{15}$.

À la découverte de la momie, elle possédait une activité radioactive en carbone 14 de :

$$A = 7910 \text{ Bq}$$

- 4- Établir la valeur de la demi-vie du carbone 14, en utilisant le graphique du document 3 (page suivante) et en exposant la démarche permettant de la déterminer.
- 5- À l'aide des informations du document 2 (ci-après), calculer le nombre N de noyaux résiduels dans la momie au moment de sa découverte.
- 6- Sachant que $3,87 \times 10^{15}$ noyaux correspondent à 100 % de noyaux de carbone 14, vérifier que le pourcentage de carbone 14 résiduel lors de la découverte de la momie est de 53 %.
- 7- À l'aide du résultat de la question précédente et de la courbe de décroissance radioactive du carbone 14, estimer la date de l'assassinat d'Ötzi.

Document 2 – Définition de l'activité d'un échantillon

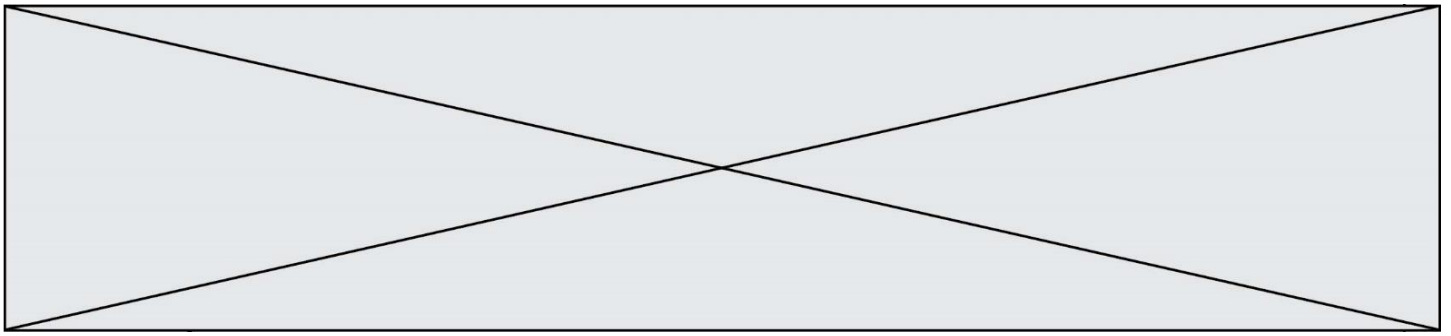
On appelle activité A d'un échantillon radioactif le nombre de désintégrations de noyaux qui s'y produisent par seconde. Ainsi l'activité A en Bq de cet échantillon et le nombre de noyaux N qu'il contient sont liés par la relation :

$$N = \frac{A \times t_{1/2}}{0,69}$$

$t_{1/2}$: demi-vie de l'échantillon radioactif exprimée en seconde.

Données :

- 5730 ans = $1,81 \times 10^{11}$ secondes.



Document 3 – Courbe de décroissance radioactive

La courbe de décroissance radioactive du carbone 14 suivante montre l'évolution de la quantité de carbone 14 au cours du temps à partir de la mort d'un organisme.

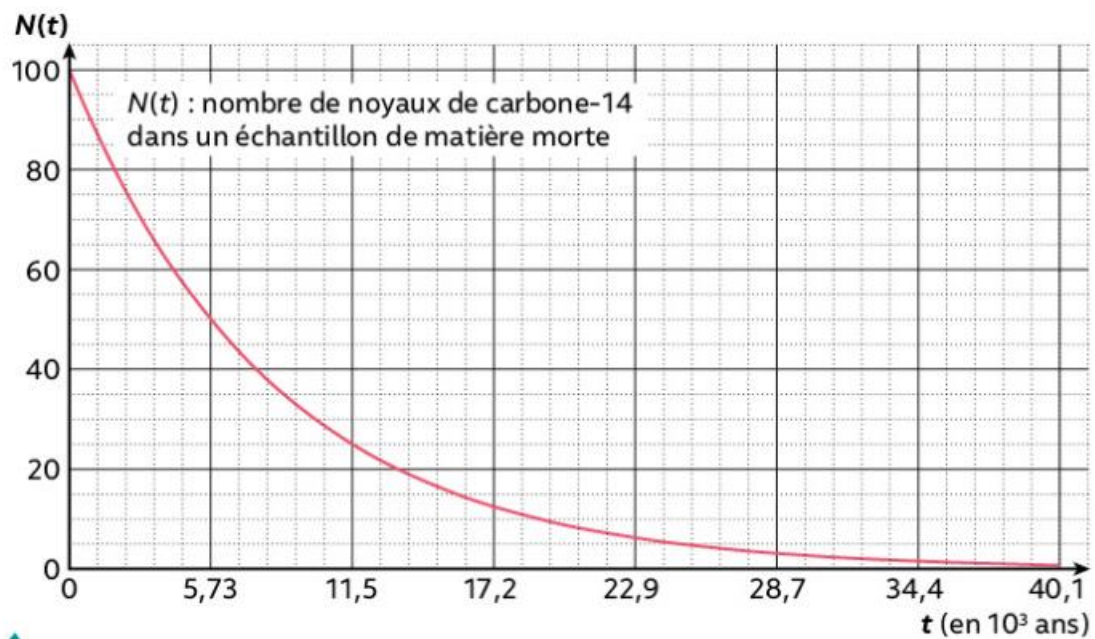


Figure B – Courbe de décroissance radioactive du carbone ^{14}C

Source : Manuel Nathan 1^{ère} Enseignement Scientifique