

THEME 1 LA MATIERE EXERCICE 1

DIAMANT ET KIMBERLITE

La kimberlite est une roche qui peut contenir des cristaux de diamant. Elle est issue du refroidissement d'une lave et doit son nom à la ville de Kimberley en Afrique du sud, où elle fut découverte pour la première fois.

Observation de la kimberlite

La kimberlite est présentée à différentes échelles sur le **document réponse en annexe**.

- 1- Identifier les structures observées en inscrivant, parmi les propositions suivantes, les réponses dans les cadres prévus : « cellule », « roche », « organite », « minéral », « modélisation à l'échelle de l'atome ».
- 2- Cocher la proposition juste dans le QCM du document réponse à rendre avec la copie.

Structure cristalline du diamant

Des diamants sont souvent présents dans la kimberlite sous forme d'inclusions. Le diamant est un minéral transparent composé de cristaux de carbone pur. Cette « pierre précieuse » est connue pour être le minéral le plus dur qui soit. On cherche à savoir si, dans le cas du diamant, le carbone cristallise sous une forme cubique à face centrée.

Données :

- Rayon d'un atome de carbone : $r = 70 \text{ pm}$
- Masse d'un atome de carbone : $m = 2,0 \times 10^{-26} \text{ kg}$.

3- Étude d'un réseau cubique à faces centrées.

- 3-a** Compléter le schéma de maille d'un réseau cubique à faces centrées présenté dans le document réponse en indiquant la position des atomes.
- 3-b** Déterminer, en le justifiant, le nombre d'atomes présents à l'intérieur d'une maille.

Document 1. Vue d'une face du cube (réseau cubique à faces centrées)

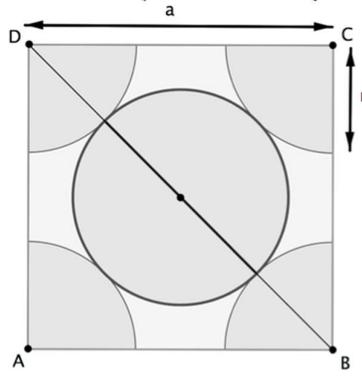


Illustration de l'auteur

3-c Le paramètre de maille, noté a , est la longueur d'une arête du cube.

Démontrer que $a = 2\sqrt{2}r$

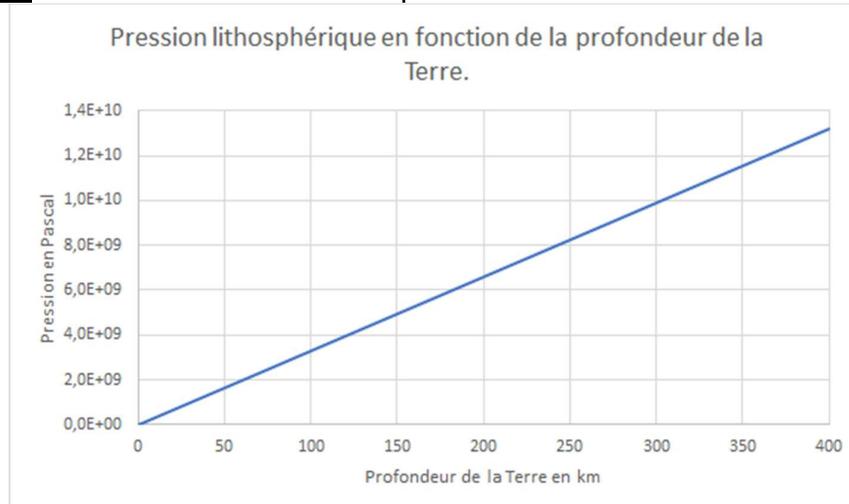
3-d Montrer que la masse volumique ρ qu'aurait le diamant s'il possédait une structure cubique à faces centrées vérifierait approximativement la formule $\rho = 0,18 \times \frac{m}{r^3}$ (avec m : masse d'un atome de carbone et r : rayon d'un atome de carbone modélisée par une sphère).

4- La masse volumique du diamant est $3,51 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$. Indiquer si le diamant possède une structure cubique à face centrée.

Recherche de la profondeur de formation du diamant

Le carbone pur est présent dans la nature sous deux formes principales : le diamant, qui est transparent, et le graphite, qui est gris et opaque. En laboratoire, il est possible de fabriquer artificiellement du diamant à partir du graphite en modifiant les paramètres de pression et de température : le diamant peut être produit si la pression est comprise entre 5 et 12 GPa . (1 GPa = 1×10^9 Pa).

Document 2. Pression en fonction de la profondeur sous la surface terrestre



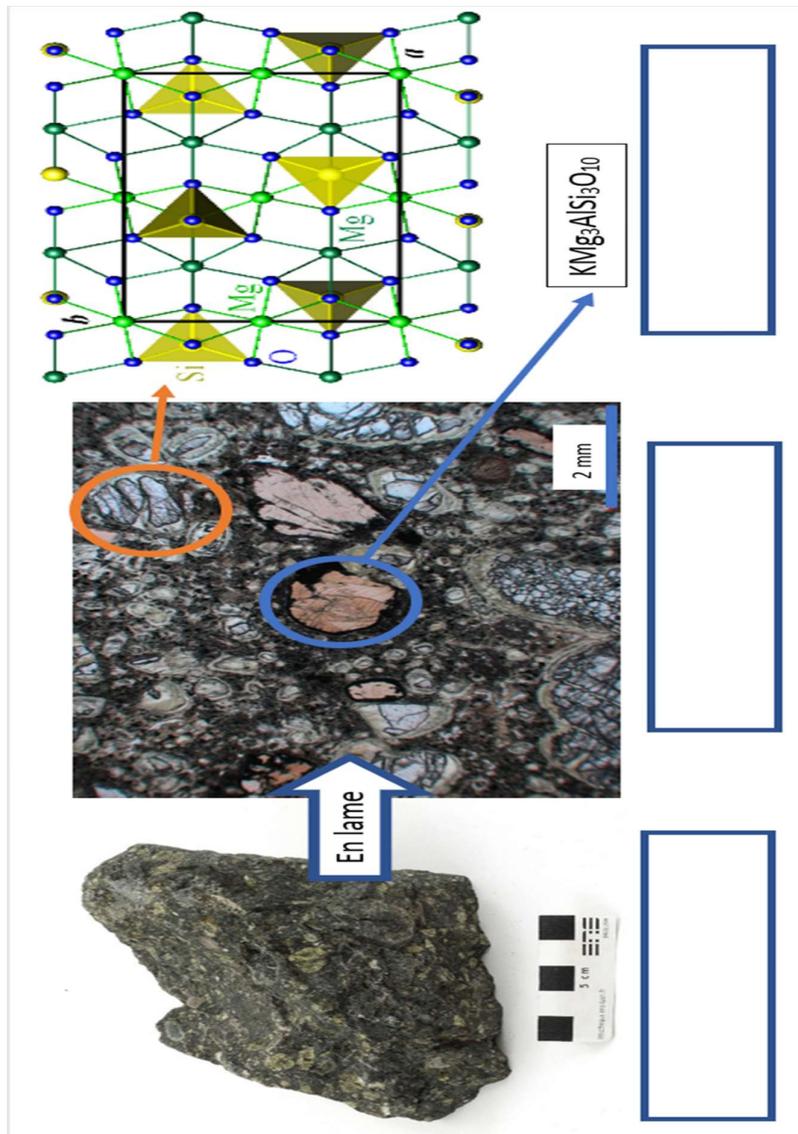
D'après un modèle simplifié de la structure de la Terre

5- À l'aide du document 2, estimer la profondeur minimale à partir de laquelle les diamants peuvent se former.

ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

Exercice 1 : Diamant et kimberlite

Question 1. Observation des constituants d'une kimberlite à différentes échelles



Lithothèque de l'ENS de Lyon

Question 2 (QCM)

Cocher la proposition exacte pour chacune des questions suivantes ci-dessous.

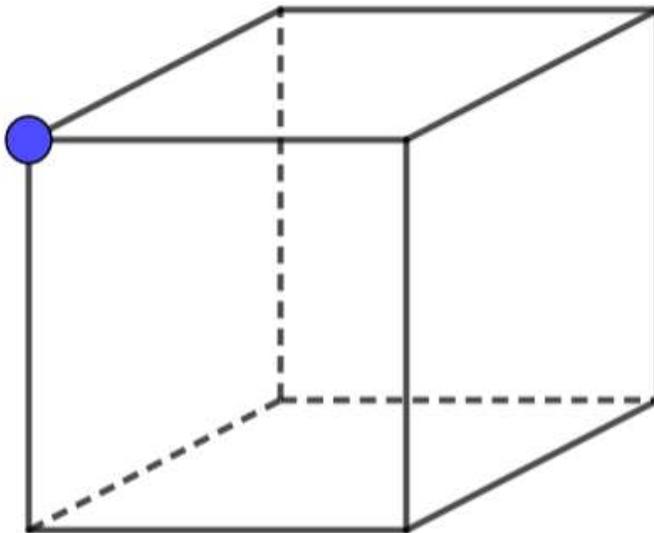
1. Lorsque les minéraux sont présents dans une pâte amorphe. Cela indique :
- Un refroidissement rapide
 - Une forte pression
 - Un refroidissement lent
 - Une oxydation de la roche

2. La roche de kimberlite a une origine :

- Sédimentaire
- Volcanique
- Anthropique
- Biologique

Question 3a. Position des atomes dans la maille d'un réseau cubique à faces centrées

Compléter le schéma en indiquant la position des atomes de carbone dans la maille d'un réseau cubique à faces centrées.



THEME 2 LE SOLEIL, RAYONNEMENT

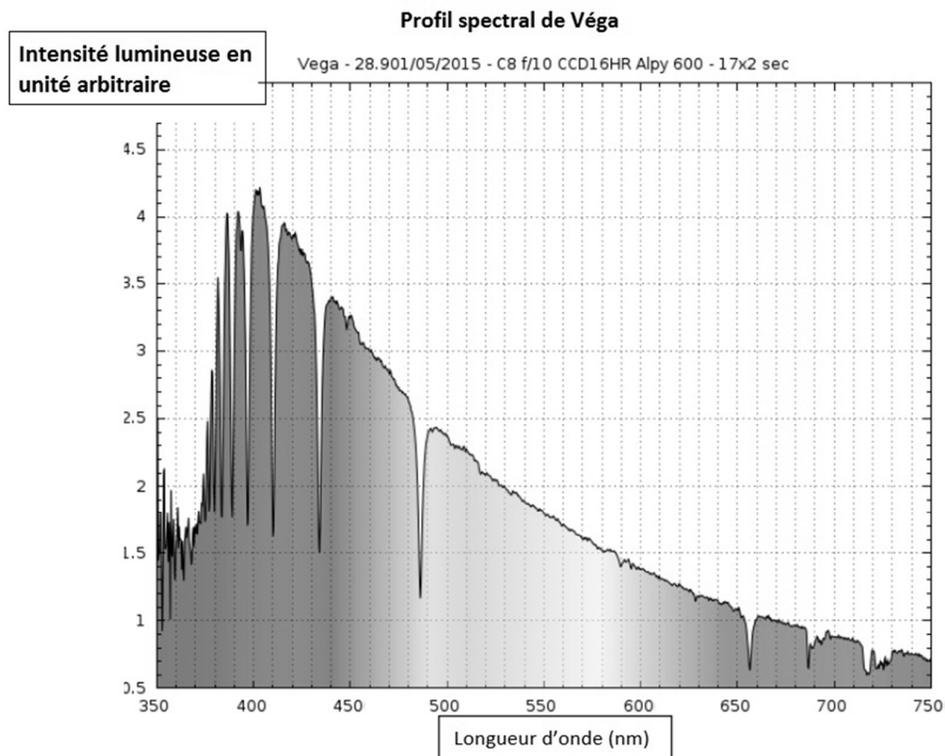
L'ÉNERGIE RAYONNÉE PAR LES ÉTOILES ET UTILISATION BIOLOGIQUE DU RAYONNEMENT SOLAIRE

Les étoiles, comme notre Soleil ou Véga de la constellation de la Lyre, sont des sources d'énergie.

1- Nommer et décrire le mécanisme qui est à l'origine de l'énergie rayonnée par une étoile.

Document 1. Informations sur la lumière émise par Véga et sur l'influence de la température de surface

Source : ci2mrduthoit.weebly.com



Rappel sur la loi de Wien : la longueur d'onde correspondant à l'intensité lumineuse maximale λ_{max} est donnée par :

$$\lambda_{max} = \frac{2,89 \cdot 10^{-3}}{T}$$

Avec λ_{max} en mètre et T en Kelvin.

- relation entre température Θ en degré Celsius ($^{\circ}\text{C}$) et température T en Kelvin (K) :
 $\Theta = T - 273,15$
- La longueur d'onde correspondante à l'intensité lumineuse maximale pour le Soleil est
 $\lambda_{max} = 500 \text{ nm}$.

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

2- Indiquer si la température de surface de l'étoile Véga est supérieure ou inférieure à celle du Soleil. Justifier votre réponse.

3- Recopier sur votre copie la proposition la plus juste parmi les suivantes et justifier votre réponse.

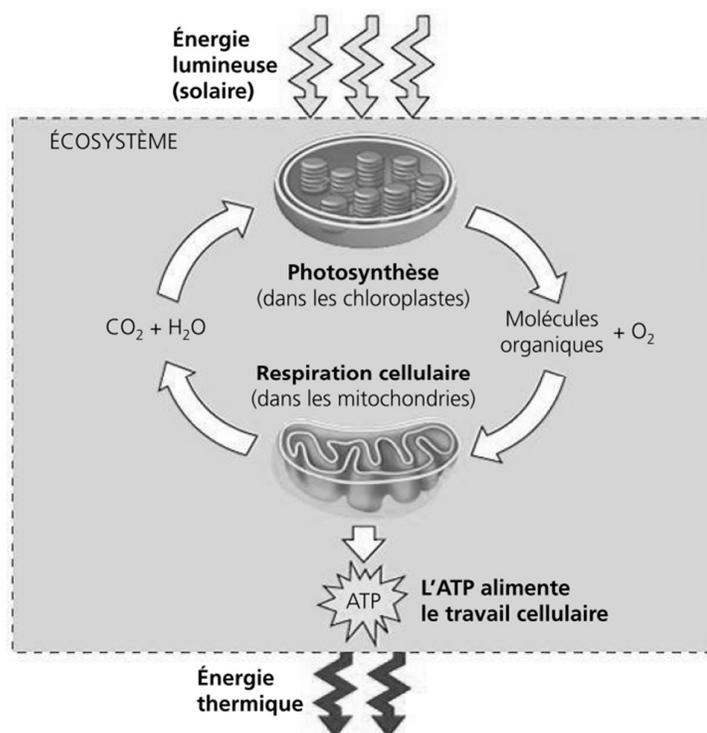
La température de surface de l'étoile Véga vaut environ :

- 750 K
- 7500 K
- 7200 °C
- 72000 °C

4- L'énergie nécessaire à la production de biomasse par les animaux provient indirectement du Soleil. Justifier cette affirmation en s'appuyant sur des informations extraites des documents 2 et 3 ainsi que de vos connaissances.

La réponse ne doit pas excéder une page.

Document 2. Photosynthèse, respiration et fonctionnement d'une plante



La photosynthèse est un métabolisme qui se déroule dans les cellules chlorophylliennes. La respiration cellulaire est un métabolisme se déroulant dans toutes les cellules et qui produit un type de molécule permettant des transferts d'énergie et ainsi le fonctionnement cellulaire : l'ATP (adénosine tri-phosphate).

Source : d'après *Biologie*, Reece, Urry, Cain, Wasserman, Minorsky, Jackson et Campbell ; 4^{ème} édition.

Document 3. Représentation schématique des flux d'énergie et de matière organique (biomasse) dans un écosystème.

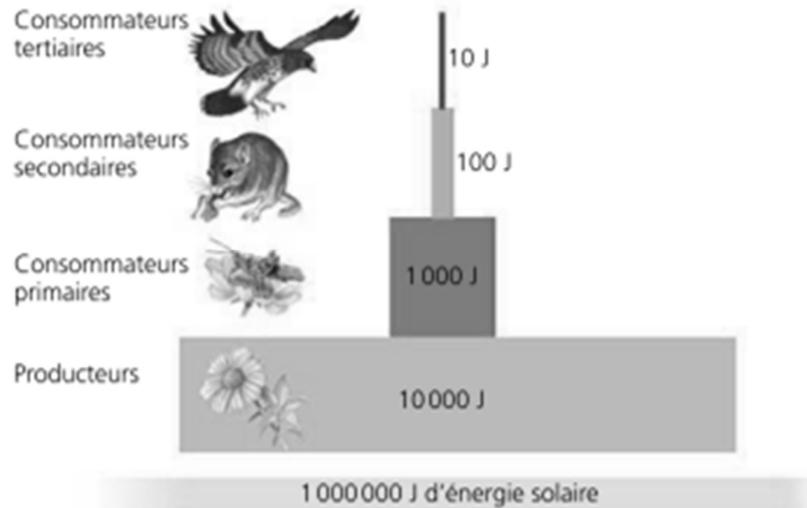


Figure 1 : une pyramide énergétique dans un écosystème terrestre

Les différents maillons d'un réseau trophique sont positionnés verticalement en fonction de leur place fonctionnelle (des producteurs primaires à la base aux consommateurs tertiaires en haut). Dans cet exemple d'écosystème, environ 10 % de l'énergie disponible à chaque niveau trophique sont convertis en nouvelle biomasse au niveau suivant, ce qui représente une efficacité trophique de 10 %.

Suite du document 3 page suivante

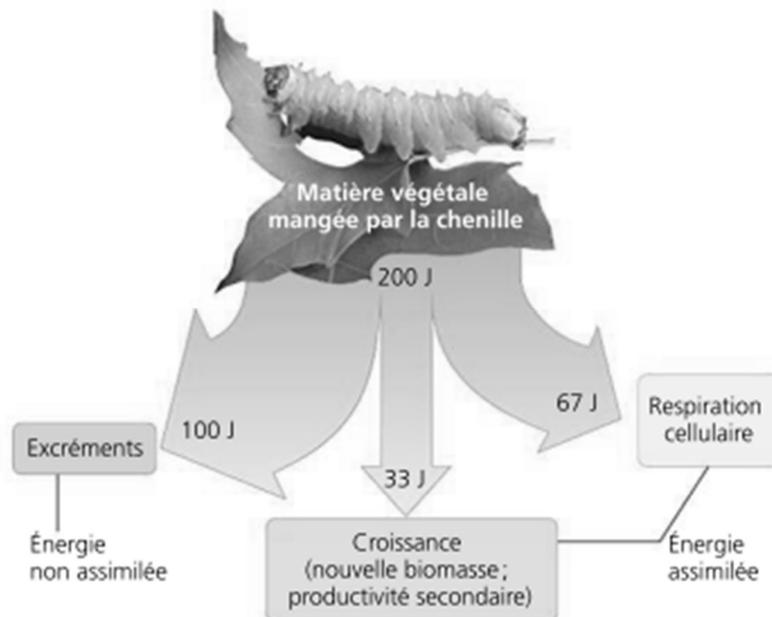


Figure 2 : la répartition de l'énergie dans un niveau de chaîne trophique.
 Moins de 17 % de la nourriture d'une chenille sert réellement à la production de biomasse (croissance).

D'après *Biologie*, Reece, Urry, Cain, Wasserman, Minorsky, Jackson et Campbell ; 4^{ème} édition.

THEME 3 LA TERRE DATATION

Première Partie

Buffon est un scientifique du XVIII^e siècle. Voici un extrait de son Premier Mémoire :

Document 1 : Recherches sur le refroidissement de la Terre et des planètes

En supposant, comme tous les phénomènes paraissent l'indiquer, que la Terre ait été autrefois dans un état de liquéfaction causée par le feu, il est démontré, par nos expériences, que si le globe était entièrement composé de fer ou de matière ferrugineuse^a, il ne se serait consolidé jusqu'au centre qu'en 4 026 ans, refroidi au point de pouvoir le toucher sans se brûler en 46 991 ans ; et qu'il ne se serait refroidi au point de la température actuelle qu'en 100 696 ans ; mais comme la Terre, dans tout ce qui nous est connu, nous paraît être composée de matières vitrescibles^b et calcaires qui se refroidissent en moins de temps que les matières ferrugineuses, [...] on trouvera que le globe terrestre s'est consolidé jusqu'au centre en 2 905 ans environ, qu'il s'est refroidi au point de pouvoir le toucher en 33 911 ans environ, et à la température actuelle en 74 047 ans environ.

Buffon, G.-L. L. (s. d.). Supplément à la théorie de la terre.

Notes :

- a. Matière composée en grande partie de fer.
- b. Qui peut être changé en verre.

1- Dans ce document 1, Buffon présente sa démarche pour trouver l'âge de la Terre. Il modélise la Terre par une boule de matière en fusion qui se refroidit.

1-a- Indiquer les trois étapes du refroidissement de la Terre décrites par Buffon.

1-b- Donner les deux durées de refroidissement de la Terre jusqu'à la température actuelle proposées par Buffon.

1-c- Donner l'argument sur lequel s'appuie Buffon pour réévaluer sa première estimation de l'âge de la Terre.

Deuxième Partie

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}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 :

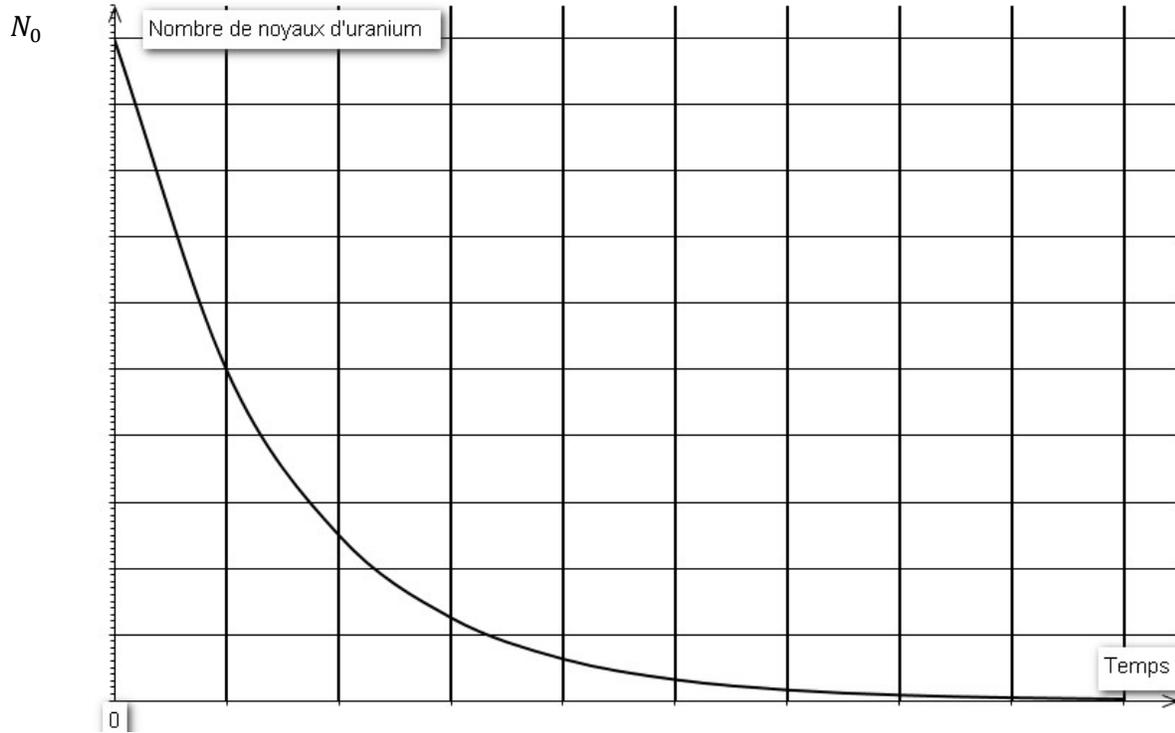
```
N0 ← 1000
N ← N0
Nb_demi_vie ← 0
Tant que N > N0 × 0,01
    Nb_demi_vie ← Nb_demi_vie + 1
    N ←  $\frac{N}{2}$ 
Fin Tant que
```

Déterminer la valeur contenue dans la variable Nb_demi_vie après exécution de cet algorithme.

ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

Question 2

Document-réponse à compléter : nombre de noyaux radioactifs d'uranium 235 non désintégrés en fonction du temps



THEME 3 LA TERRE MESURE

Mesure du méridien terrestre

Eratosthène de Cyrène est un astronome, géographe, philosophe et mathématicien grec du III^e siècle av. J.-C. (né à Cyrène, v. -276 et mort à Alexandrie, Egypte, v. -194).

Eratosthène fut nommé à la tête de la bibliothèque d'Alexandrie vers -245 à la demande de Ptolémée III, pharaon d'Egypte, et fut précepteur de son fils Ptolémée IV.

Il est célèbre pour avoir établi la première méthode connue de mesure de la circonférence de la Terre.

Document 1 : données

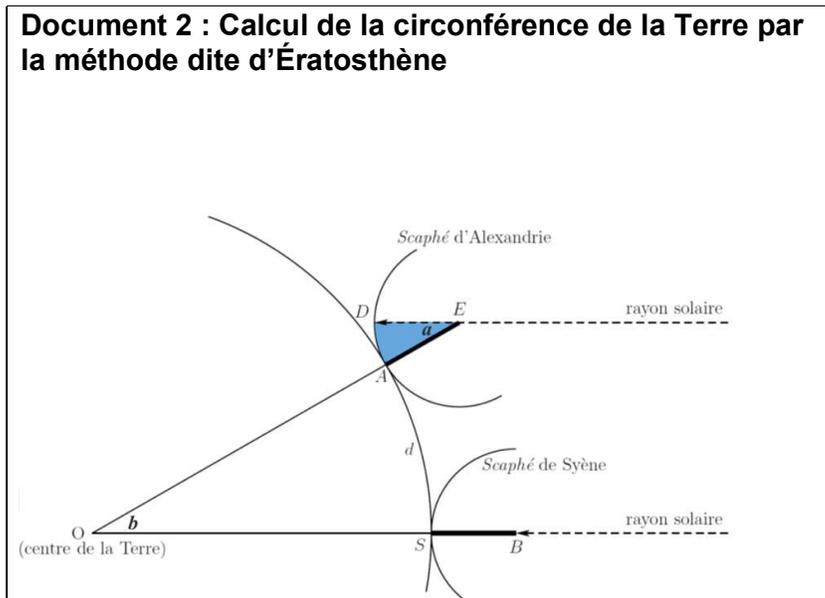
- Le 21 juin, à midi, à Syène (Assouan), on voit le fond des puits.
- Le 21 juin, à midi, à Alexandrie, on mesure la longueur de l'ombre d'un *gnomon** de 1 mètre. Celle-ci vaut 0,126 mètre.

(*un gnomon est un instrument astronomique qui visualise par son ombre les déplacements du Soleil. Sa forme la plus simple est un bâton planté verticalement dans le sol.)

- La distance entre Alexandrie et Syène est estimée à 5000 stades.
- Un stade est une unité de longueur correspondant à la longueur du stade d'Olympie, soit environ 157,5 mètres.
- Alexandrie et Syène sont supposées être sur un même méridien.

Le soleil étant lointain, on suppose que les rayons qu'il émet sont parallèles.

Document 2 : Calcul de la circonférence de la Terre par la méthode dite d'Ératosthène



1- Proposer un schéma représentant le gnomon, son ombre et les rayons du soleil avec les longueurs données dans le document 1 (*il n'est pas demandé que le schéma soit à l'échelle*).

2- Calculer la tangente de l'angle a formé par le gnomon et le rayon de soleil, et démontrer que cet angle mesure environ $7,2^\circ$. On rappelle que dans un triangle rectangle, la tangente d'un angle est égale au rapport du côté opposé sur le côté adjacent.

- 3-** À l'aide d'un scaphé (instrument de mesure ancien, sorte de cadran solaire), Ératosthène a trouvé que l'angle a correspondait à un cinquantième de tour. Comparer avec le résultat de la question précédente.
- 4-** Préciser la distance qui mesure 5000 stades sur la représentation de la Terre du document 2.
- 5-** Justifier que les angles a et b du document 2 ont la même mesure.
En déduire la circonférence de la Terre d'abord en stade, puis en kilomètre.
- 6-** Grâce à des mesures par satellites, on estime aujourd'hui la circonférence de la Terre à 40 075 km. Proposer au moins une source d'erreur possible pour la valeur estimée par Eratosthène.

THEME 4 LE SON

PRODUCTION D'UN SON

PARTIE 1 : SPECTRES SONORES ET INSTRUMENTS DE MUSIQUE

On a enregistré trois sons. Chacun a été produit par l'un des trois instruments suivants : un diapason, une flûte traversière, une guitare.

1- Le son (La 3) produit par le diapason est un son pur. Les autres sons sont des sons composés.

Identifier parmi les trois enregistrements représentés dans l'annexe celui qui correspond au son produit par le diapason.

2- On suppose que, dans les enregistrements étudiés, le son produit par la guitare est plus aigu que celui produit par la flûte traversière.

2-a- Un son plus aigu correspond-il à une fréquence plus élevée ou plus basse ? Aucune justification n'est attendue.

2-b- Identifier, parmi les trois enregistrements représentés dans l'annexe à rendre avec la copie celui qui correspond à au son produit par la flûte traversière et celui qui correspond à celui de la guitare.

L'annexe, à rendre avec la copie, fera apparaître les éléments de lecture permettant de répondre à la question.

2-c-Le tableau suivant donne les fréquences des notes de l'octave 3.

Note	Octave 3
Do	262
Ré	294
Mi	330
Fa	349
Sol	392
La	440
Si	494

Identifier la note produite par la guitare et la note produite par la flûte traversière.

3- Pour jouer une note plus aiguë avec la guitare, le musicien devra-t-il raccourcir ou allonger la portion de corde qu'il fait vibrer ?

PARTIE II – STOCKAGE ET COMPRESSION D’UN SIGNAL NUMERIQUE.

Le tableau ci-dessous donne les caractéristiques de deux formats de stockage du son : format CD audio et mp3 à 16kHz.

	CD	mp3
Fréquence d'échantillonnage	44,1 kHz	16 kHz
Nombre de bits pour le codage	16	8
Nombre de voies	2 (son stéréo)	1 (son mono)

La taille d'un fichier, en octets, est donnée par la formule suivante :

$$N = f \times \frac{Q}{8} \times \Delta t \times n$$

avec :

N : taille du fichier (en octet)

f : fréquence d'échantillonnage (en Hz)

Q : nombre de bits de codage

Δt : durée de l'enregistrement (en s)

n : nombre de voies

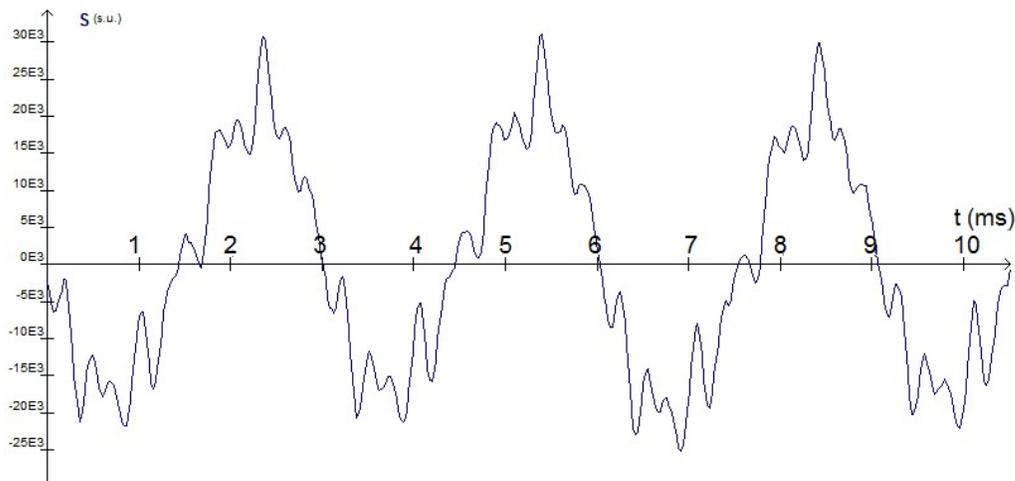
- 4- Calculer la taille d'un fichier correspondant au stockage sur un CD audio d'un morceau de musique d'une durée de trente minutes.
- 5- Calculer le taux de la compression du format CD au format mp3 à 16kHz, défini comme le rapport de la taille du fichier compressé par celle du fichier initial. Le résultat sera exprimé en pourcentage.
- 6- Expliquer pourquoi on dit que le format mp3 est un format de compression « avec pertes ». On précisera notamment ce qui est perdu pour un auditeur.

ANNEXE A RENDRE AVEC LA COPIE

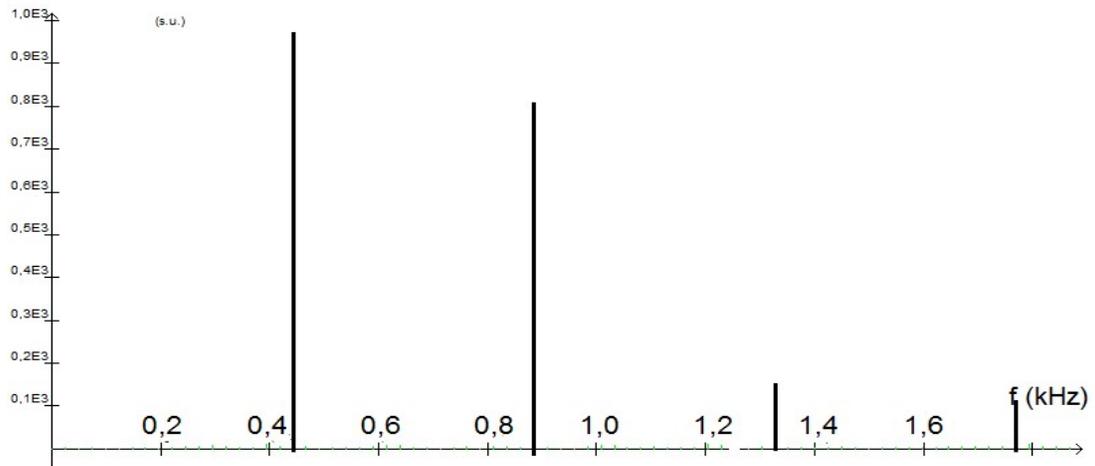
EXERCICE 1 : PRODUCTION D'UN SON

Questions 1 et 2b

Graphique A (Variation d'un signal sonore en fonction du temps)



Graphique B (Spectre d'un son)



Graphique C (Variation d'un signal sonore en fonction du temps)

