

## Exercice 1 (obligatoire) – Niveau première (mathématiques)

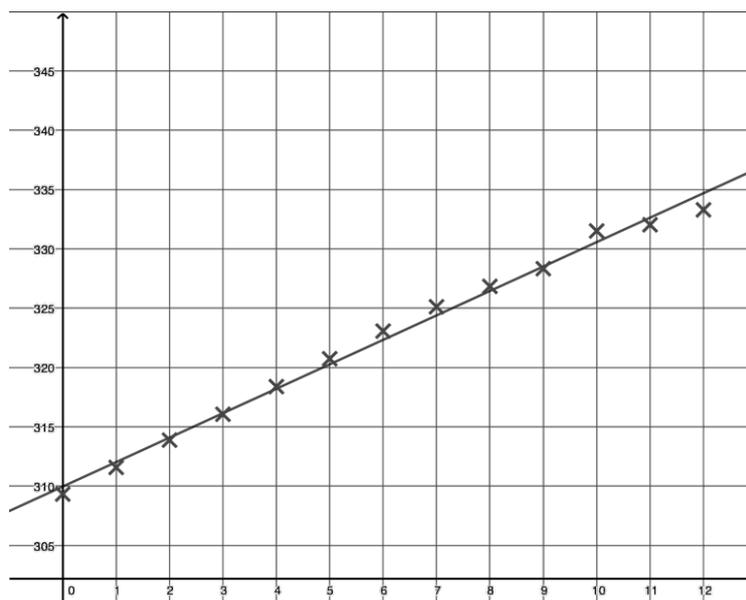
### Population des États-Unis

Sur 4 points

#### Partie A – Modèle linéaire

Le nuage de points ci-dessous représente la population des États-Unis d'Amérique, exprimée en millions d'habitants, entre 2010 et 2022 en prenant comme année 0 l'année 2010.

On a aussi tracé sur ce graphique une droite d'ajustement linéaire.



- 1- Justifier que l'allure du nuage de points permet l'utilisation d'un modèle linéaire.
- 2- Avec la précision permise par le graphique, donner le nombre d'habitants des États-Unis d'Amérique en 2022.
- 3- Déterminer graphiquement, à l'entier près, l'ordonnée à l'origine et le coefficient directeur de la droite d'ajustement linéaire tracée et en déduire l'équation de cette droite.
- 4- En utilisant cette modélisation, estimer la population des États-Unis d'Amérique en 2025.

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 :  /  /



1.1

## Partie B – Taux d'évolution

La population des États-Unis d'Amérique était de 282,16 millions en 2000 et de 331,51 millions en 2020.

- 1- Calculer le taux moyen d'évolution du nombre d'habitants des États-Unis d'Amérique entre 2000 et 2020. On donnera le résultat en pourcentage arrondi à  $10^{-3}$ .
- 2- En utilisant ce taux moyen, estimer le nombre d'habitants des États-Unis d'Amérique en 2022 et en 2025.

## Partie C – Comparaison de modèles

La population des États-Unis d'Amérique était en réalité en 2022 de 333,29 millions d'habitants. Que peut-on penser des deux modèles utilisés et de la population estimée pour 2025 ?



## Exercice 2 (au choix)

### **Niveau première**

Thème « Une longue histoire de la matière »

### **Dessalement par les végétaux**

Sur 8 points

L'augmentation croissante de la population mondiale et le réchauffement climatique global posent le problème de la gestion de l'eau douce pour les populations humaines. Parmi les techniques à l'étude, on cherche à exploiter l'eau salée par l'utilisation de certains végétaux.

Un cabinet parisien a été lauréat d'un concours en 2010 en proposant le projet « *Freshwater Factory* ». Il s'agissait d'une tour de 280 mètres de haut, abritant des centaines de Palétuviers, arbres tropicaux peuplant les mangroves (forêts poussant au bord ou dans l'eau très salée). Si le projet avait été réalisé, il était attendu que cette tour produise 30 000 litres d'eau douce par jour.

**L'objectif de ce sujet est d'étudier la capacité du Palétuvier à extraire le sel de l'eau.**

### **Partie 1 – Étude des cristaux présents sur les feuilles du Palétuvier.**

La photographie ci-dessous présente une feuille de Palétuvier sur laquelle on observe des cristaux.



Source : d'après <https://ocean.si.edu/ecosystems/coasts-shallow-water/crystals-salt>

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

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

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



Liberté • Égalité • Fraternité  
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

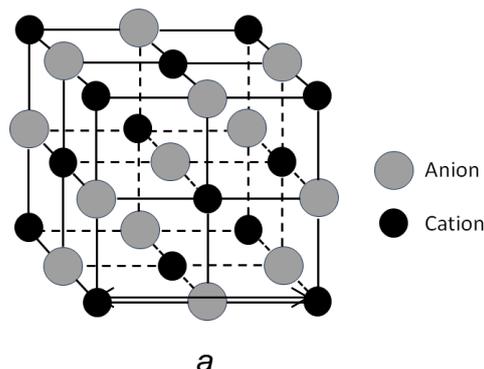
Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

### Document 1 – Caractéristiques des cristaux échantillonnés sur les feuilles de Palétuvier

Des mesures par des techniques physiques effectuées sur les cristaux provenant des feuilles de Palétuvier ont permis de déterminer une grandeur caractéristique, le côté de la maille  $a$  de valeur  $5,62 \times 10^{-10}$  m.



La perspective cavalière d'une maille des cristaux présents sur les feuilles de Palétuvier est donnée ci-dessus. La masse de chaque cation de ce cristal est égale à  $3,68 \times 10^{-26}$  kg. La masse de chaque anion est égale à  $5,85 \times 10^{-26}$  kg.

La maille contient 4 cations et 4 anions.

Source personnelle

- 1- Justifier que la structure des cristaux provenant des feuilles de Palétuvier est celle d'un solide cristallin.
- 2- À partir du document 1, calculer la valeur du volume, notée  $V$ , de la maille des cristaux de la feuille de Palétuvier.
- 3- La masse totale des ions contenus dans une maille, notée  $m_{tot}$  est de  $3,81 \times 10^{-25}$  kg. Montrer que la masse volumique, notée  $\rho$ , des cristaux de Palétuviers a pour valeur  $2,14 \times 10^3$  kg.m<sup>-3</sup>.



Les encadrements des valeurs des masses volumiques de trois cristaux sont donnés dans le tableau ci-dessous :

Cristal	Iodure de potassium KI	Hydroxyde de sodium NaOH	Chlorure de sodium NaCl
Couleur du cristal	jaune clair	blanche	blanche
Solubilité dans l'eau à 20°C (g.L <sup>-1</sup> )	1430	1090	358,5
$\rho \times 10^3$ (en kg.m <sup>-3</sup> )	$3,08 \leq \rho \leq 3,16$	$2,09 \leq \rho \leq 2,17$	$2,13 \leq \rho \leq 2,21$

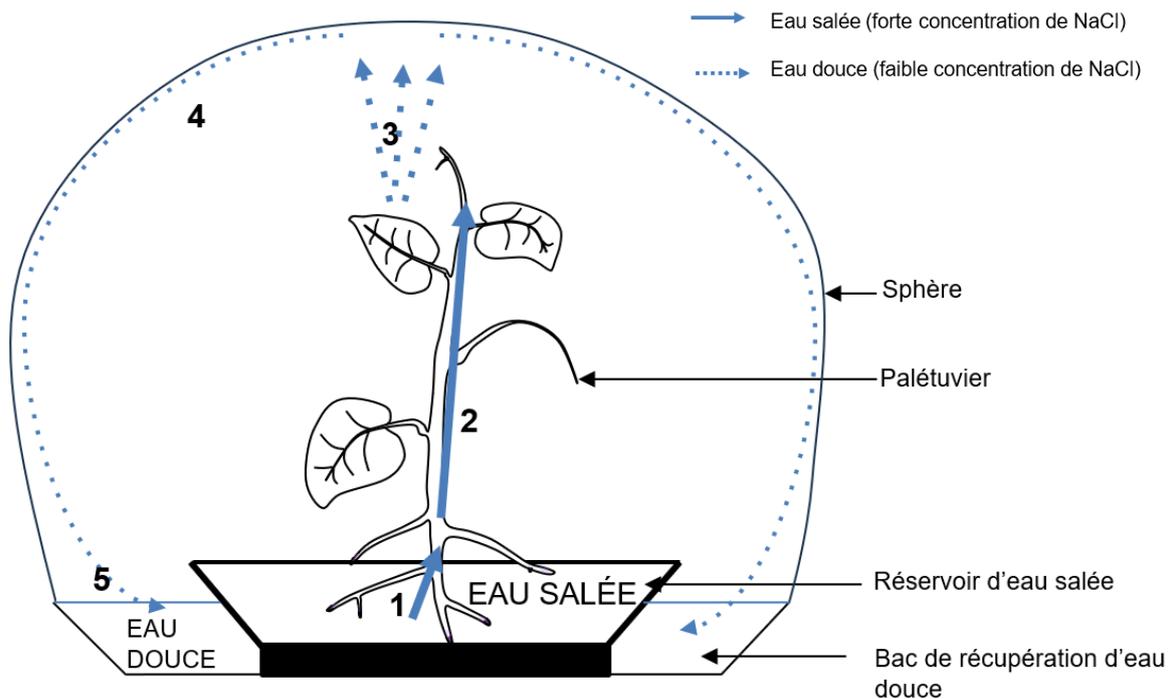
4- Identifier la nature possible des cristaux présents sur les feuilles de Palétuvier.



## Partie 2 – Le dessalement de l’eau par les Palétuviers dans le cadre du projet « Freshwater Factory »

### Document 2 – Principe de la Freshwater Factory

La tour est composée d’une trentaine de sphères transparentes pour une hauteur de 280 mètres. Elle comprend plusieurs centaines de Palétuviers. La structure d’une sphère est présentée dans la figure ci-dessous. Grâce aux marées, l’eau de mer salée monte dans les sphères. Les Palétuviers sont présents dans ces sphères. La figure ci-dessous présente le fonctionnement d’une sphère.



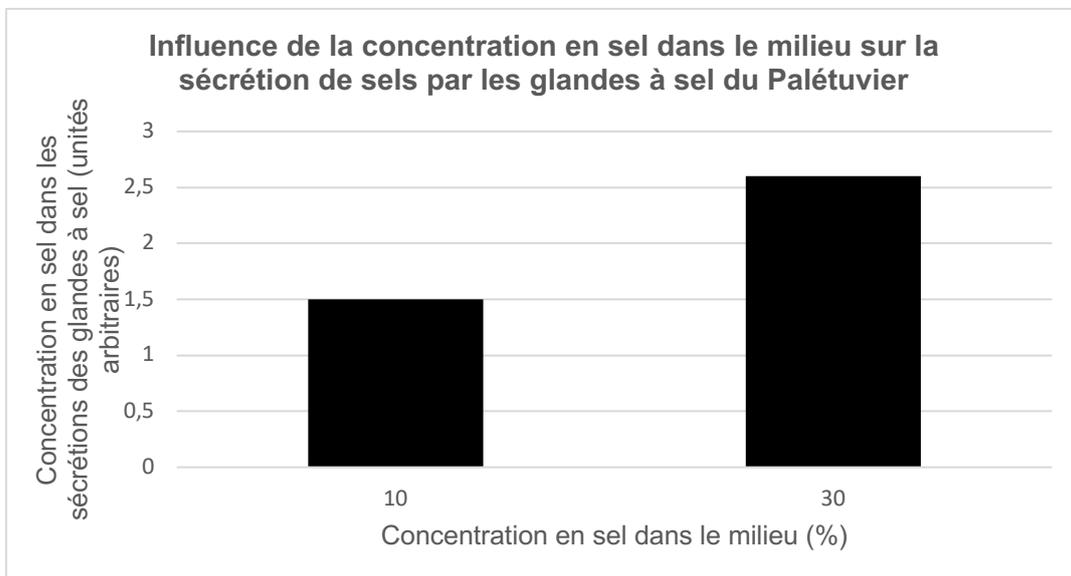
**1** : absorption d’eau salée par les racines des Palétuviers ; **2** : circulation de l’eau salée dans la sève de la plante ; **3** : évaporation d’eau et formation des cristaux au niveau des feuilles du Palétuvier ; **4** : liquéfaction de l’eau sur les parois de la sphère ; **5** : récupération d’eau douce dans la sphère.

Sources : d’après <https://www.dca.archi/projet/freshwater-factory> et <https://www.dca.archi/pdf.php?url=projet/freshwater-factory>



### Document 3 – Rôle des glandes à sel du Palétuvier

Des études sont réalisées au niveau de ce qui est rejeté (les sécrétions) par les glandes à sel du Palétuvier, présentes au niveau de ses racines et de ses feuilles. Ces sécrétions sont des solutions ioniques salines qui cristallisent par la suite. Les concentrations en sel sont mesurées dans les sécrétions de ces glandes en fonction de la salinité du milieu dans lesquelles plongent les racines du Palétuvier. Les résultats de ces mesures sont indiqués sur la représentation graphique ci-dessous.

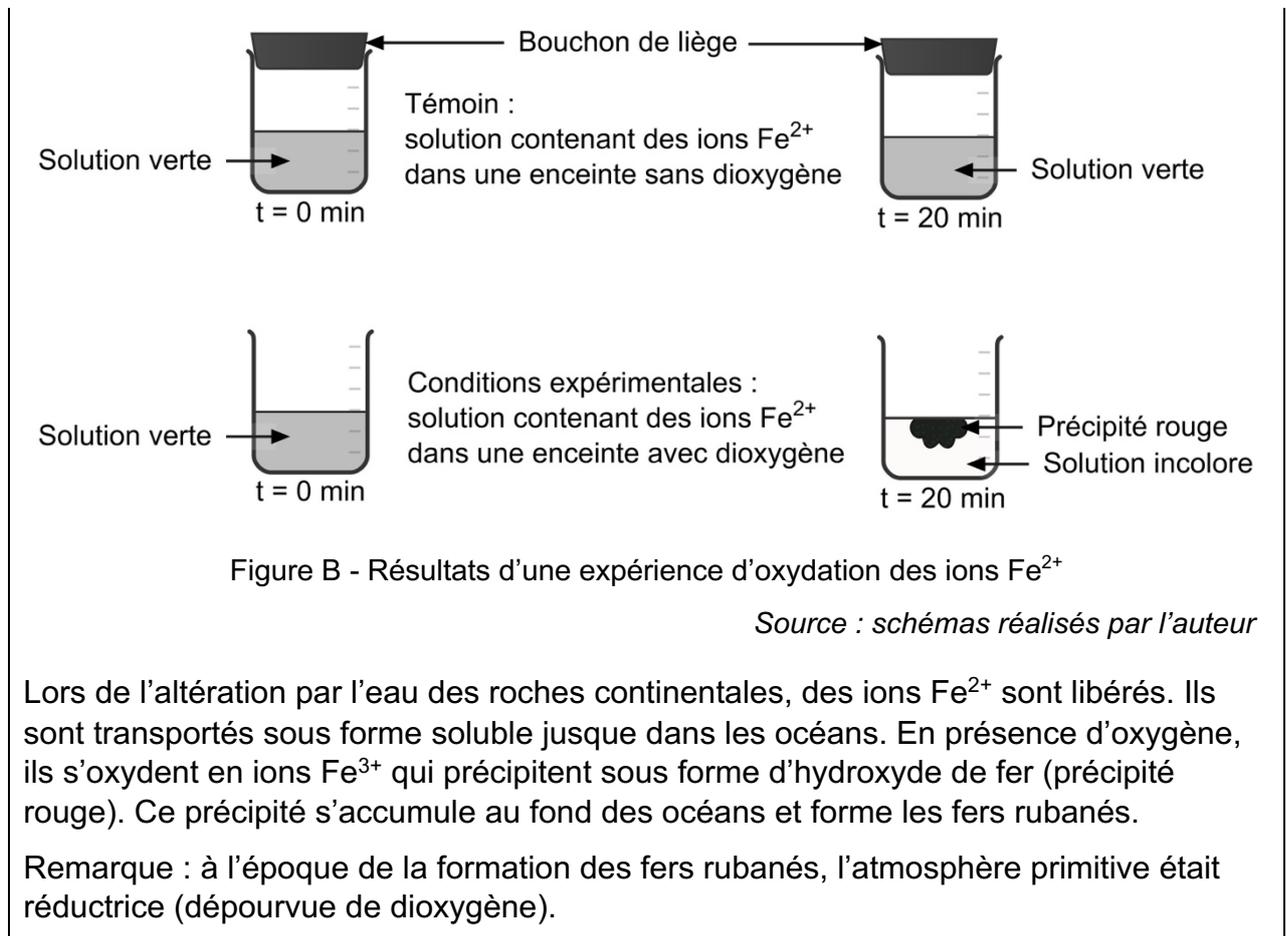


Source : d'après Cheng H, Inyang A, Li CD, Fei J, Zhou YW, Wang YS. Salt tolerance and exclusion in the mangrove plant *Avicennia marina* in relation to root apoplastic barriers. *Ecotoxicology*. 2020 Aug;29(6):676-683

- 5- Expliquer comment le fonctionnement des Palétuviers permet de produire de l'eau douce dans le cadre de la « *Freshwater Factory* ».

*Vous rédigerez une argumentation organisée, à partir des documents 2 et 3 ainsi que de vos connaissances.*





- 2- À l'aide du document 1 et du document 2 (page suivante), proposer une explication à la fin de la formation des fers rubanés après - 2,2 milliards d'années.





### Document 3 – Formation de la rouille

La rouille se forme à partir du fer (ou d'alliage contenant du fer comme l'acier). On cherche à comprendre le rôle du dioxygène de l'atmosphère dans la formation de la rouille à partir de fer. On place pour cela de la laine de fer dans une éprouvette humidifiée retournée sur de l'eau. Cette dernière a été préalablement bouillie pour retirer tous les gaz dissous qu'elle pouvait contenir. On réalise alors trois expériences schématisées ci-dessous.

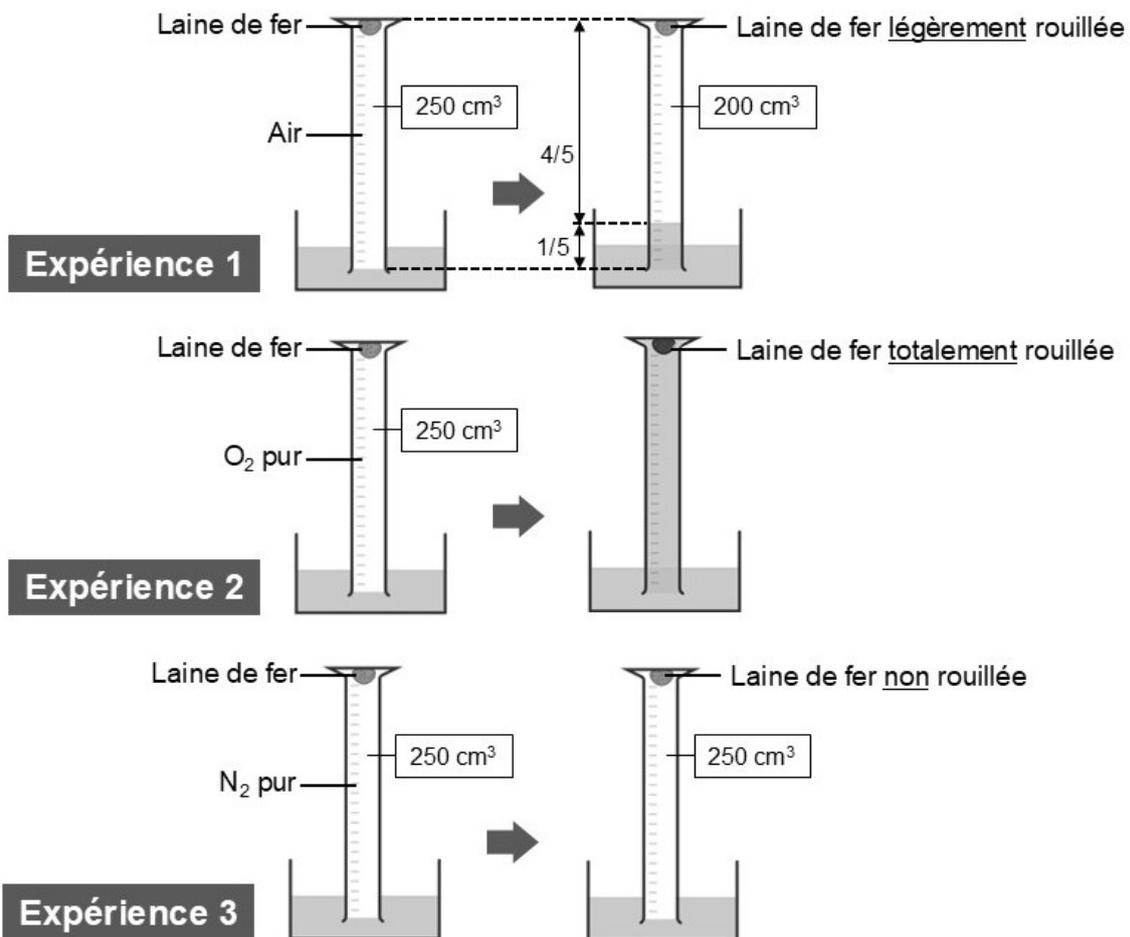


Figure D – Les expériences et leurs résultats

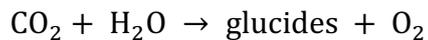
Source : schémas réalisés par l'auteur

- 3- Montrer, à l'aide du document 3, que l'atmosphère actuelle est composée d'environ un cinquième de dioxygène en volume.





Dans une eau chaude et peu profonde, les cyanobactéries contenues dans les stromatolithes fabriquent leurs propres molécules organiques selon la réaction chimique suivante :



Cette réaction chimique, en consommant du  $\text{CO}_2$ , favorise la précipitation des ions carbonates ( $\text{HCO}_3^-$ ) sous forme de calcaire ( $\text{CaCO}_3$ ) :



Figure C – Cyanobactéries actuelles observées au microscope

- 4- À partir du document 4 et de vos connaissances, donner le nom de la réaction chimique pratiquée par les cyanobactéries permettant la synthèse de molécules organiques.
- 5- L'atmosphère primitive de la Terre était totalement dépourvue de dioxygène. Indiquer l'origine probable de l'augmentation de la quantité de dioxygène dans l'atmosphère. Justifier.
- 6- À partir de la figure C du document 2, argumenter les conséquences probables de l'apparition des stromatolithes il y a 3,5 milliards d'années sur le teneur atmosphérique en  $\text{CO}_2$ .
- 7- En vous appuyant sur cet exemple et au moins un autre exemple issu de vos connaissances, expliquer comment les scientifiques parviennent à reconstituer les environnements du passé alors qu'ils ne disposent d'aucune mesure directe. Indiquer les types d'indices utilisés et préciser comment les scientifiques les interprètent.

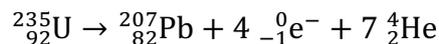
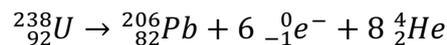




- 1- À l'aide du document 1, présenter sous la forme d'une frise chronologique simplifiée (sans date) les principales étapes de la formation du système solaire.

### Document 2 - Principe de la datation à l'aide de la méthode Plomb-Plomb

Pour dater des inclusions réfractaires CAI, nous allons utiliser la méthode Plomb-Plomb. Cette méthode de datation isotopique repose sur la détermination de la composition en deux isotopes du plomb, le  $^{206}\text{Pb}$  et le  $^{207}\text{Pb}$  provenant respectivement de la désintégration naturelle de deux isotopes radioactifs de l'uranium,  $^{235}\text{U}$  et  $^{238}\text{U}$ .



On mesure alors les rapports du nombre d'atomes entre ces isotopes et l'isotope  $^{204}\text{Pb}$ , autre isotope stable du Plomb, dans différentes inclusions réfractaires CAI prélevées dans la météorite. Ces rapports sont appelés rapports isotopiques et sont notés  $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$  et  $(^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$ . Lorsque ces échantillons se sont bien formés à la même époque, à partir d'un même matériau source, la représentation graphique de  $(^{207}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$  en fonction de  $(^{206}\text{Pb}/^{204}\text{Pb})$  est une droite appelée droite isochrone.

Il est possible de montrer que la pente (ou coefficient directeur) de cette droite permet de déterminer l'âge commun T des échantillons.

Sources : <http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/limites/Temps/datation-isotopique/enseigner/les-meteorites-temoins-de-la-formation-du-systeme-solaire>

- 2- D'après le document 2, identifier les deux isotopes radioactifs de l'uranium utilisés dans la méthode Plomb-Plomb.
- 3- Expliquer comment se sont formés les isotopes  $^{207}\text{Pb}$  et  $^{206}\text{Pb}$  mis en jeu dans cette méthode.
- 4- À l'aide des documents 2 et 3 (page suivante), expliquer en quoi les inclusions CAI permettent de dater la météorite Allende.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :

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

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



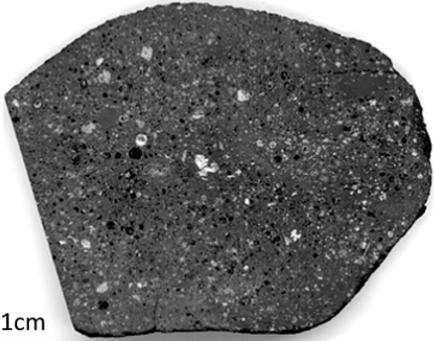
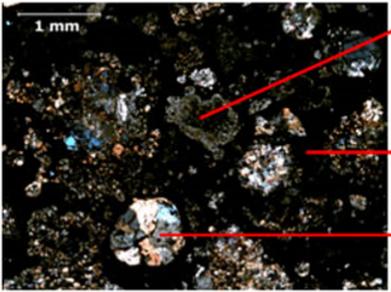
Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

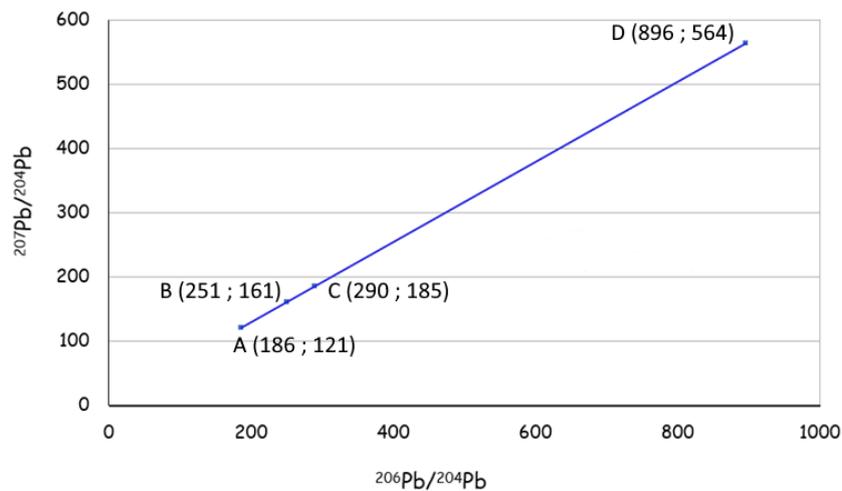
### Document 3 - Les matériaux constitutifs de la météorite Allende

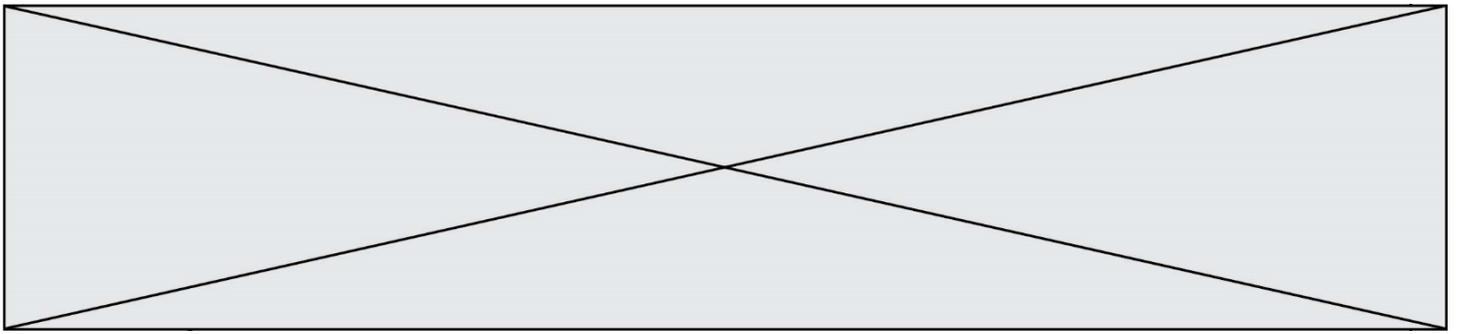
La météorite Allende est une météorite non différenciée de type chondrite. Les chondrites sont constituées de chondres, un mélange de silicates et de métal, et des inclusions CAI (Calcium Aluminium Inclusions), le tout englobé dans une matrice qui "cimente" l'ensemble. Les inclusions réfractaires CAI sont riches en uranium. Formées à très hautes températures, elles sont considérées comme les plus vieux objets du système solaire.

Observation à l'œil nu	Observation au microscope polarisant
 <p>1cm (Hawaii Institute of Geophysics and Planetology)</p>	 <p>1 mm Inclusion réfractaire (CAI) riche en uranium Matrice Chondre</p>

Source : <http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/limites/Temps/datation-isotopique/enseigner/les-meteorites-temoins-de-la-formation-du-systeme-solaire>

### Document 4 - Isochrone des inclusions réfractaires CAI





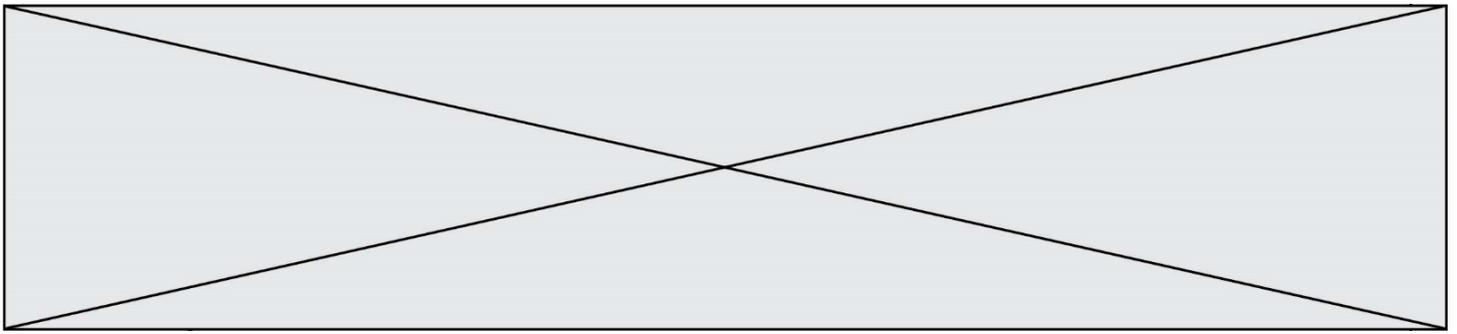
**Document 5 - Correspondance entre la pente de la droite isochrone et l'âge (en milliards d'années ou Ga) de l'échantillon obtenue après calibrage numérique**

Pente de la droite isochrone	Âge (en Ga)	Pente de la droite isochrone	Âge (en Ga)
0,6210	4,558	0,6262	4,570
0,6215	4,559	0,6266	4,571
0,6219	4,560	0,6271	4,572
0,6223	4,561	0,6275	4,573
0,6228	4,562	0,6279	4,574
0,6232	4,563	0,6284	4,575
0,6236	4,564	0,6288	4,576
0,6240	4,565	0,6292	4,577
0,6245	4,566	0,6297	4,578
0,6249	4,567	0,6301	4,579
0,6253	4,568	0,6305	4,580
0,6258	4,569	0,6310	4,581

Source : <http://acces.ens-lyon.fr/acces/thematiques/limites/Temps/datation-isotopique/enseigner/les-meteorites-temoins-de-la-formation-du-systeme-solaire>

- 5- L'équation de la droite isochrone présentée dans le document 4 est  $y = 0,6245x + 4,3495$  .  
Utiliser le document 5 pour en déduire l'âge de la météorite d'Allende.
- 6- Expliquer en quoi le résultat précédent permet d'estimer l'âge du système solaire.





Masse de CO<sub>2</sub> produite pour 1 MJ d'énergie obtenue

Combustible	Gaz naturel	Essence	Biomasse
Masse de CO <sub>2</sub> produite	56 g	70 g	95 g

Rappel : 1 MJ = 1 × 10<sup>6</sup> J

Source : d'après J.-C. Guibet, *Publications de l'Institut français du pétrole, 1997*  
et W.-M. Haynes, *CRC Handbook of Chemistry and Physics, 2012*

- 1- Indiquer le (ou les) combustible(s) mentionnés dans le document 1 pouvant être considérés comme source(s) d'énergie renouvelable. Justifier votre réponse.
- 2- Calculer la masse d'essence, notée  $m_{\text{essence}}$ , nécessaire pour obtenir une énergie de valeur 1 MJ.
- 3- Comparer la masse de dioxyde de carbone émise par MJ d'énergie obtenue pour chaque combustible du document 1

### Document 2 – Bilan carbone d'un combustible

Le bilan carbone d'un combustible correspond à la quantité totale de dioxyde de carbone émise dans l'atmosphère lors de son cycle de vie, incluant l'extraction, le transport, la transformation et la combustion. Ce bilan carbone correspond finalement à la différence entre l'émission et l'absorption de dioxyde de carbone au cours du cycle de vie d'un combustible.

Source : d'après [https://www.citepa.org/fr/2023\\_01\\_b04](https://www.citepa.org/fr/2023_01_b04)

- 4- Sur un site internet, on trouve l'affirmation suivante : « *l'utilisation de la biomasse à la place de combustibles fossiles permet de diminuer l'ampleur du réchauffement climatique* ». Expliquer en quoi cette affirmation est justifiée (15 lignes maximum) en intégrant les éléments suivants :
  - rappel du lien entre émissions de CO<sub>2</sub> et réchauffement climatique ;
  - utilisation des données chiffrées disponibles dans l'exercice (document 1 et réponses aux questions précédentes) ;
  - lien entre vos connaissances concernant la biomasse et les informations du document 2.

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 :  /  /



1.1

## Partie 2 – Pollution aux particules fines

### Document 3 – Particules fines

Les particules fines (PM<sub>2,5</sub>) sont des entités solides de diamètre inférieur à 2,5 µm. Comme toutes particules, elles sont constituées d'un mélange de différents composés chimiques.

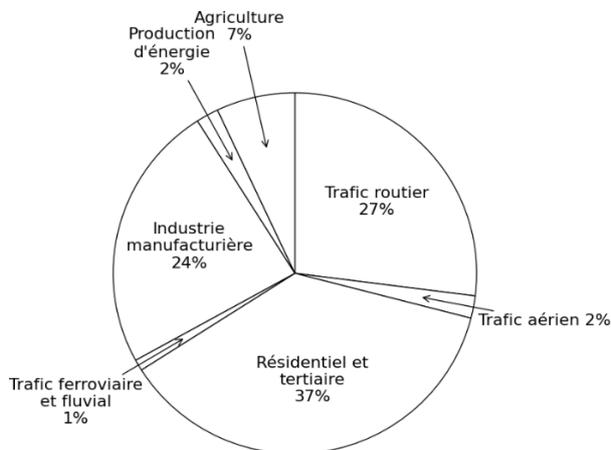
L'Organisation mondiale de la santé (OMS) indique que la santé publique est impactée par la pollution de l'air. Le Ministère en charge des questions des Solidarités et de la Santé estime qu'environ 48 000 personnes décèdent chaque année des effets de la pollution de l'air en France.

Source : d'après site web d'AirParif, [www.airparif.fr](http://www.airparif.fr)

### Document 4 – Pollution aux particules fines

Le diagramme ci-contre montre la répartition (en %) par grands secteurs d'activité des émissions annuelles de particules fines de dimensions inférieures à 2,5 µm (PM 2,5) en Île de France.

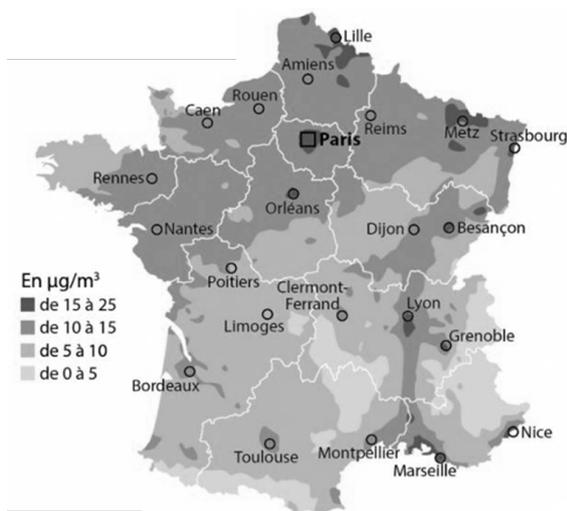
Source : d'après site web d'AirParif, [www.airparif.fr](http://www.airparif.fr)

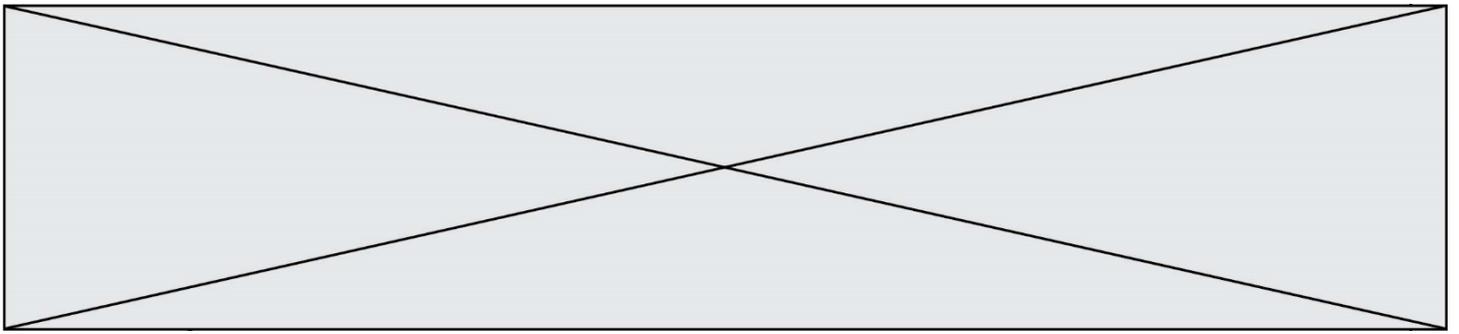


La contribution des différents secteurs à la pollution atmosphérique varie selon le lieu.

En fonction du lieu sur le territoire français, les concentrations atmosphériques en PM<sub>2,5</sub> ne sont pas les mêmes, comme indiqué sur la carte ci-contre.

Source : [www.invs.sante.fr](http://www.invs.sante.fr)





- 5- Indiquer le type de zone géographique le moins impacté par la pollution aux particules fines sur le territoire français en vous appuyant sur le document 4.

### Partie 3 – Synthèse

- 6- Un collectif citoyen émet la proposition suivante : « *pour lutter contre le réchauffement climatique dans notre commune, nous proposons d'interdire les véhicules les plus polluants en centre-ville grâce à la mise en place d'une ZFE (Zone à Faibles Émissions), ce qui permettra de réduire significativement notre impact sur l'effet de serre.* » Nuancer de manière argumentée cette affirmation en vous appuyant sur l'ensemble des documents de l'exercice et notamment :
- la comparaison entre la nature physique du CO<sub>2</sub> et des particules fines ;
  - les effets du CO<sub>2</sub> sur le climat et des particules fines sur l'environnement ;
  - les échelles de temps et d'espace de leurs impacts.

Votre réponse devra montrer en quoi cette mesure peut être pertinente tout en expliquant pourquoi l'affirmation mérite d'être nuancée.