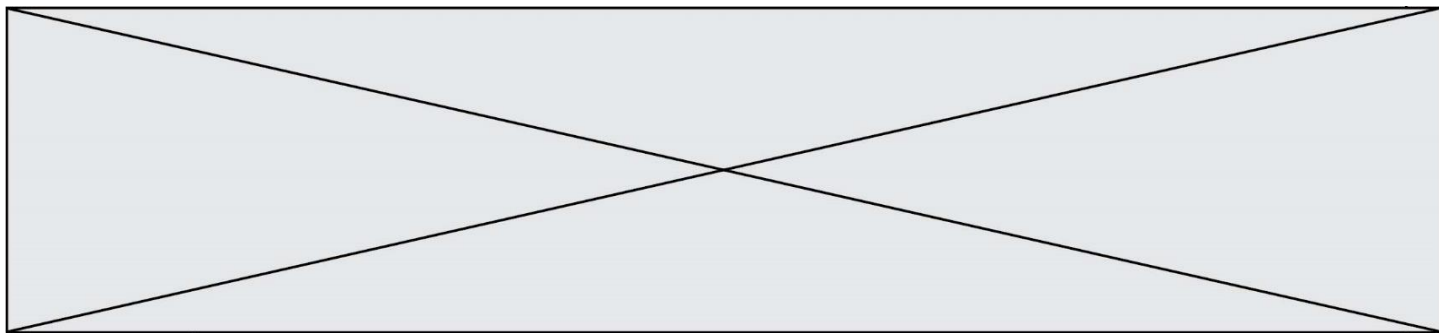




Exercice 1 – Niveau terminale

Thème « Le futur des énergies »

La voiture électrique : une technologie du XXI^e siècle ?

Sur 10 points

L'objectif de cet exercice est de discuter de la place de la voiture électrique et de la voiture thermique par une approche historique, mais également par comparaison du rendement des moteurs ainsi que de leur impact sur l'environnement et la santé.

Partie 1 – Des découvertes scientifiques au développement de solutions technologiques

Document 1 – Une brève histoire du moteur électrique

L'histoire des véhicules électriques s'inscrit dans une succession de découvertes scientifiques et techniques depuis près de 200 ans. Tout commence avec les premières découvertes sur l'électromagnétisme au début du XIX^e siècle par Hans Christian Ørsted (Danemark), approfondies ensuite par André-Marie Ampère (France).

Ces premières études posent les bases de la compréhension de l'interaction entre électricité et magnétisme. Michael Faraday (Royaume-Uni) et ses contemporains découvrent l'induction électromagnétique, qui permet de concevoir les premiers moteurs électriques. Ces moteurs se heurtent rapidement aux limites technologiques de l'époque, notamment en matière de stockage de l'énergie. Les piles, comme la pile inventée par Alessandro Volta (Italie), bien que pionnières, sont encore peu efficaces.

Malgré ces défis, les années 1830 voient naître les premiers efforts d'industrialisation des moteurs électriques malgré le coût élevé des matériaux pour les batteries, comme le zinc, qui rend ces moteurs non viables économiquement face à la concurrence des moteurs à vapeur. Avec les inventions de la dynamo et des alternateurs par Zénobe Gramme (Belgique) et Ernst von Siemens (Allemagne), la production d'électricité devient plus accessible et facilite l'utilisation des moteurs électriques pour des applications. En 1881, Gustave Trouvé en France et Thomas Parker en Angleterre développent des véhicules électriques, tandis qu'en 1890, Frank Julian Sprague améliore les tramways électriques aux États-Unis, popularisant le moteur électrique pour les transports urbains.

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

Les préoccupations climatiques récentes et les innovations en stockage d'énergie (batteries Li-ion) ont revitalisé l'intérêt pour les véhicules électriques.

Source : d'après RESPONSABILITÉ & ENVIRONNEMENT - JANVIER 2023 - N°109
© Annales des Mines

- 1- À l'aide du document 1 et de vos connaissances, reporter sur votre copie les lettres des phrases ci-dessous qui, selon vous, devraient correspondre aux principes caractérisant la construction des connaissances scientifiques amenant au développement d'une solution technologique telle que le moteur électrique :
- Un scientifique travaille seul dans son laboratoire.
 - Pour avancer, les scientifiques collaborent sans limite de frontière.
 - Les scientifiques font des allers-retours entre la théorie et la pratique.
 - Les femmes ne s'entendent pas bien avec les sciences et la technologie.
 - Pour être validée, une connaissance scientifique ne doit pas s'opposer aux croyances du moment.
 - Les recherches qui ne trouvent pas d'applications rapidement rentables ne peuvent pas aboutir.
 - Pour valider une connaissance scientifique, celle-ci doit faire l'objet de tests reproductibles.

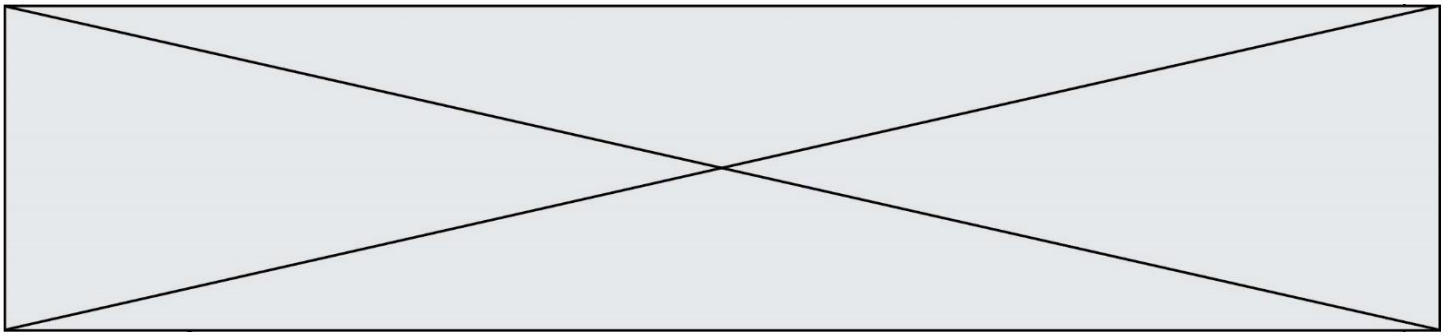
Partie 2 – Étude comparée du rendement des moteurs thermiques et électriques

Pour comparer l'efficacité énergétique des moteurs, il est pertinent d'utiliser leurs rendements, calculés en considérant l'ensemble de la chaîne de transformation énergétique associée à chaque type de moteur.

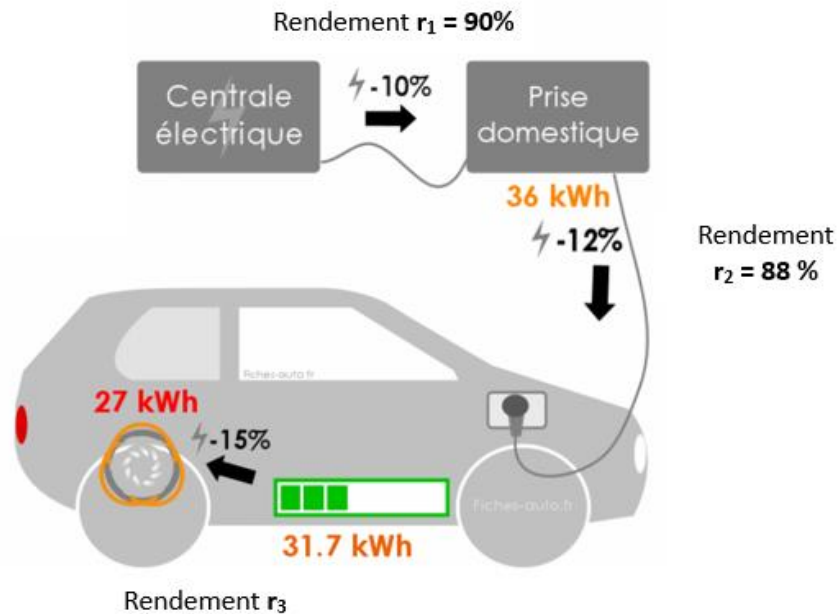
D'après le site de l'Institut Français du Pétrole « *IFP énergies nouvelles* », un moteur thermique a un rendement moyen $r_{\text{thermique}} = 36 \%$.

- 2- Donner la valeur du rendement r_3 correspondant à la conversion du moteur électrique du véhicule présenté sur le document 2 page suivante.

Pour être pertinent, le calcul du rendement d'un moteur électrique doit aussi prendre en compte les différentes pertes d'énergie électrique depuis le site de production jusqu'à la prise électrique permettant de recharger la voiture.



Document 2 – Chaîne de rendement pour une voiture électrique



Source : d'après Fiches Auto

- 3- Sachant que le rendement global d'une voiture électrique est égal au produit des rendements des différentes étapes depuis la centrale électrique jusqu'au fonctionnement des roues, calculer la valeur $r_{\text{électrique}}$ de ce rendement global.
- 4- Conclure alors sur l'efficacité énergétique des deux types de moteurs, thermique et électrique.

Partie 3 – Impact environnemental et sanitaire des voitures

On souhaite compléter l'étude précédente par une évaluation de l'impact environnemental et sanitaire des voitures électriques et thermiques.

- 5- En utilisant le document 3 page suivante, calculer les émissions totales de CO_2 d'une voiture achetée neuve et conduite sur 150 000 km pour les deux types de moteurs, thermique et électrique. Comparer les résultats.
- 6- Argumenter de l'intérêt des voitures électriques à grande autonomie (480 km) vis-à-vis des émissions de particules fines à l'aide du document 4 page suivante.

Modèle CCYC : ©DNE

Nom de famille (naissance) :
(Suivi s'il y a lieu, du nom d'usage)

Prénom(s) :

N° candidat :

N° d'inscription :



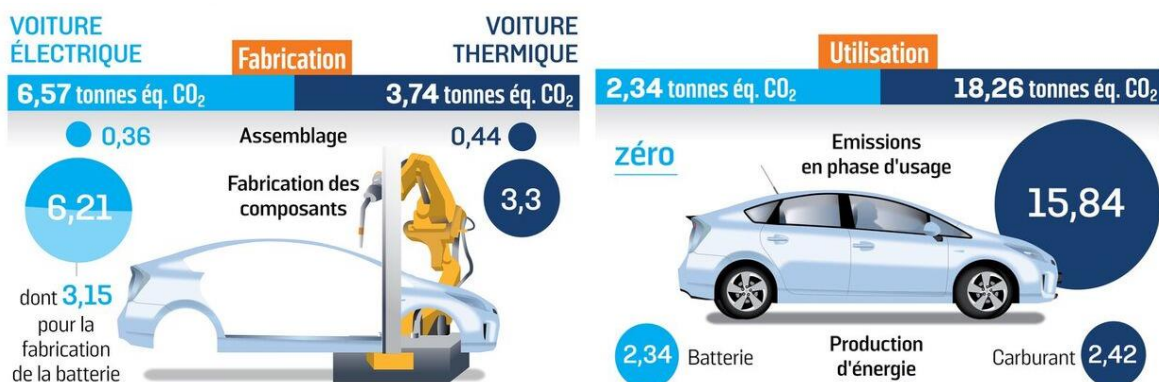
Né(e) le :

(Les numéros figurent sur la convocation.)

1.1

Document 3 – Quantité de dioxyde de carbone rejetée par les voitures électriques et thermiques

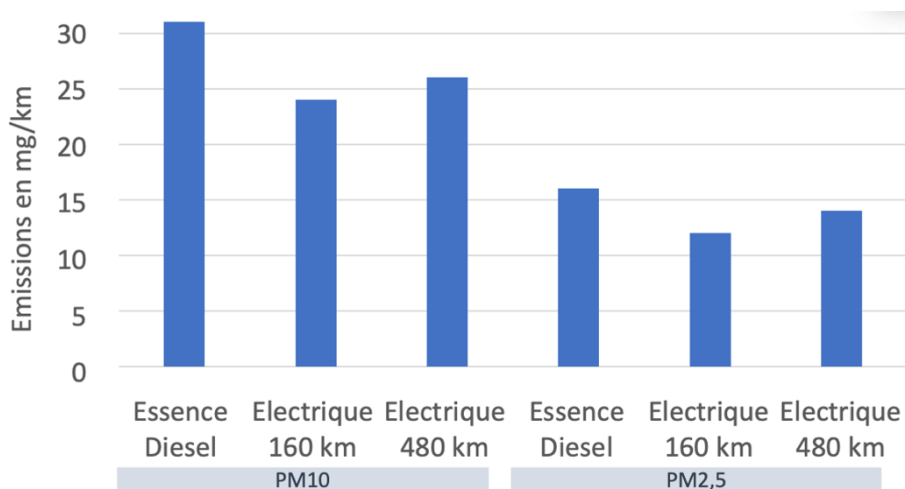
Les valeurs sont exprimées en tonnes équivalent CO₂ pour une utilisation sur 150 000 km.



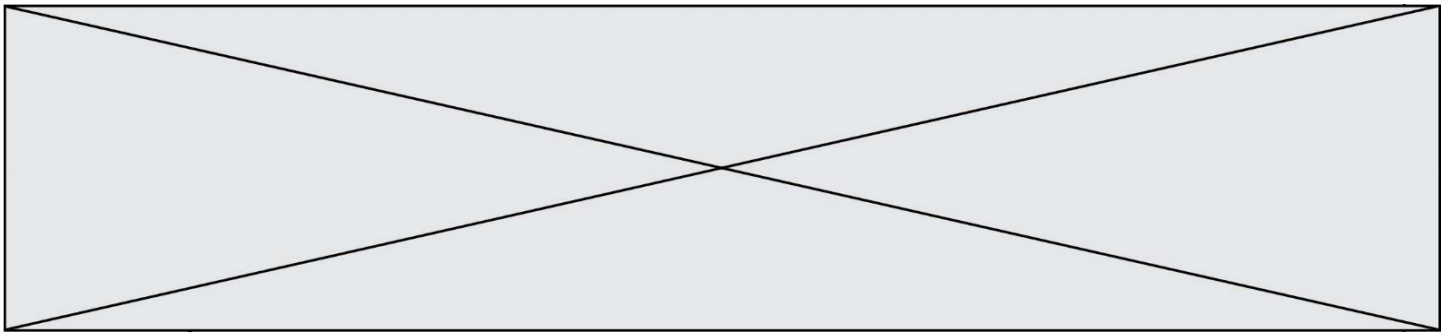
Source : ADEME – Agence de la transition écologique

Document 4 – Comparaison de la libération de particules fines par les voitures électriques et thermiques

Le graphique ci-dessous présente les émissions de particules fines PM₁₀ (taille inférieure à 10 µm) et PM_{2,5} (taille inférieure à 2,5 µm) en fonction du type de véhicule : thermique (essence et diesel) et électrique (avec une autonomie de 160 km ou de 480 km).



Source : D'après ADEME – Agence de la transition écologique

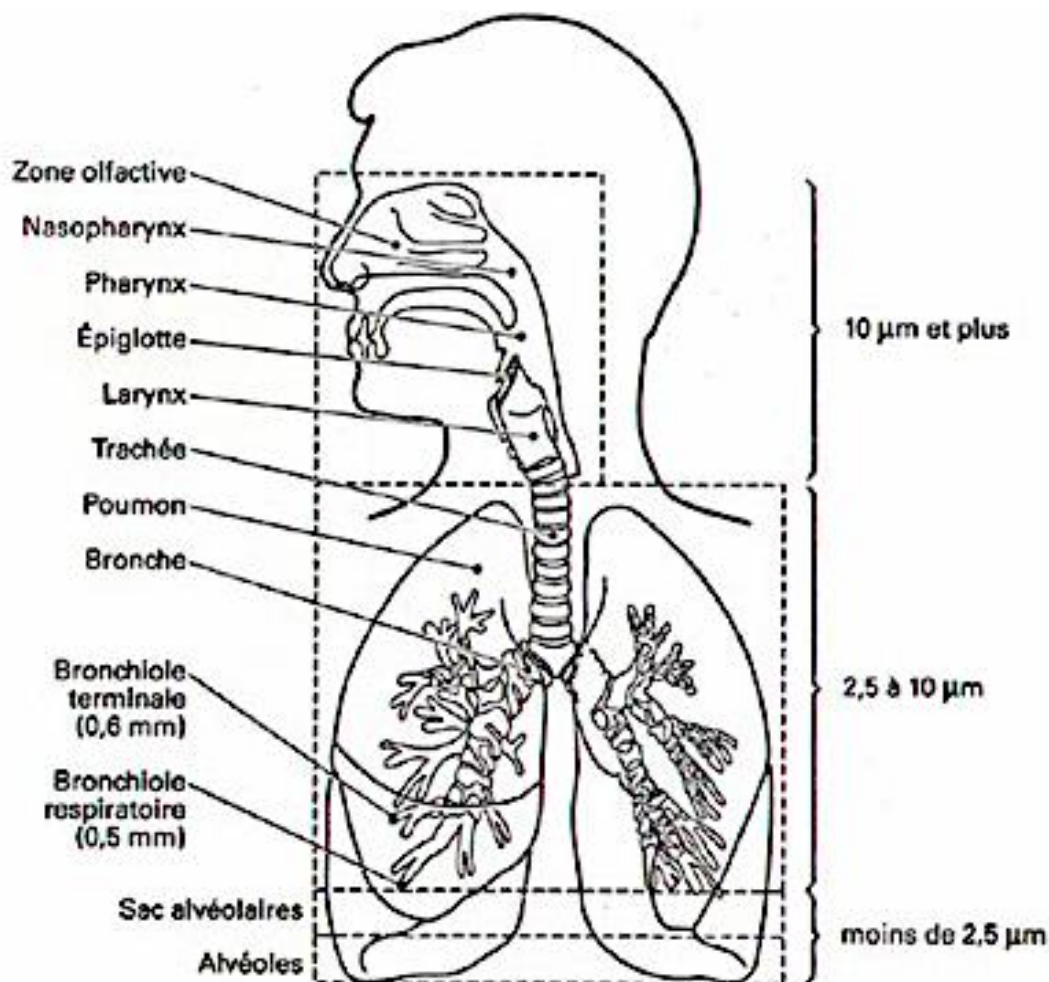


Les résultats de la surveillance mise en place par Santé publique France montrent une association significative entre l'augmentation des niveaux de pollution, tels que pour les particules PM_{2,5}, et celle du nombre de décès : une étude, dénommée Gazel'Air, a utilisé les données de la cohorte Gazel (coordonnée par l'Inserm) afin d'établir, pour la première fois en France, le lien entre 25 ans d'exposition à la pollution atmosphérique, la mortalité et des indicateurs de maladies cardiovasculaires, respiratoires et le diabète dans une population d'étude de plus de 20 000 travailleurs EDF-GDF volontaires suivis de 1989 à 2015.

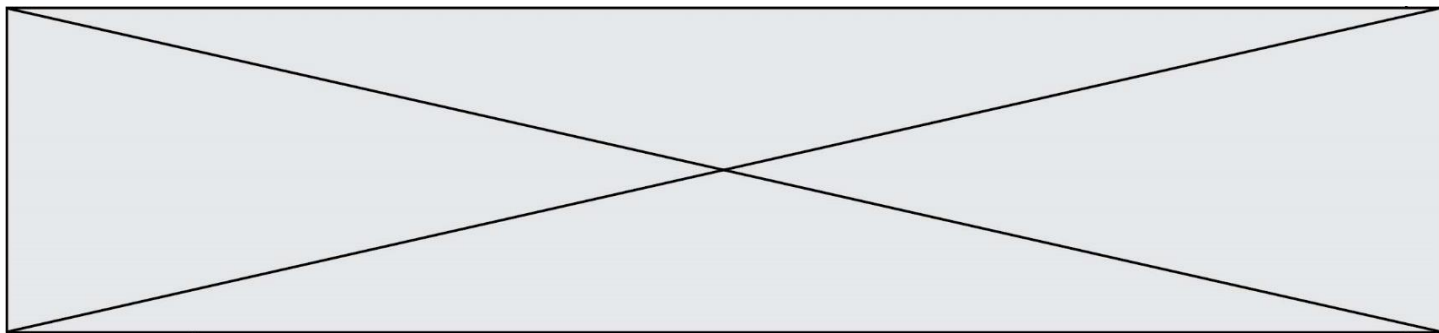
Cette évaluation a montré que dans notre pays, près de 40 000 personnes décèdent chaque année de la pollution de l'air, correspondant à une perte de 7,6 mois d'espérance de vie.

- 7- Relever dans ces informations deux indicateurs de la fiabilité de l'étude Gazel'Air.
- 8- Proposer une origine possible des symptômes liés à l'exposition aux particules fines en utilisant le schéma du document 5 page suivante.
- 9- En considérant l'ensemble de la réflexion menée, discuter de la voiture électrique comme alternative technologique, écologique et sanitaire à la voiture thermique aujourd'hui.

Document 5 – Pénétration des particules fines dans l'appareil respiratoire humain en fonction de leur taille



Source : site internet de l'ANSP et publié sur celui du
Ministère du travail, de la santé et des solidarités



Exercice 2 – Niveau terminale

Thème « Science, climat et société »

Ça chauffe en Méditerranée !

Sur 10 points

Pendant deux étés successifs, en 2023 et 2024, les températures enregistrées en Méditerranée ont atteint des niveaux records avec une température médiane quotidienne de la surface de la mer Méditerranée de 28,67 °C en 2024, proche du record de 28,71 °C mesuré en 2023.

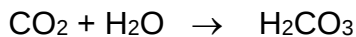
Ces données s'inscrivent dans un constat mondial, ainsi que l'observatoire européen Copernicus l'a publié dans un rapport de septembre 2024, précisant que plus d'un cinquième de la surface océanique mondiale a connu une vague de chaleur sévère en 2023. Ce réchauffement s'explique par le fait que les océans ont absorbé depuis 1970 « plus de 90 % de l'excès de chaleur du système climatique ».

Dans cet exercice, on s'intéresse à quelques conséquences du réchauffement des eaux océaniques.

Document 1 – Le carbone océanique

Le dioxyde de carbone atmosphérique se dissout dans les océans, en suivant une série de transformations chimiques :

- Le dioxyde de carbone (CO_2) se dissout dans l'eau et réagit avec elle pour former de l'acide carbonique (H_2CO_3) qui lui-même se dissocie pour former des ions hydrogénocarbonate (HCO_3^-) :

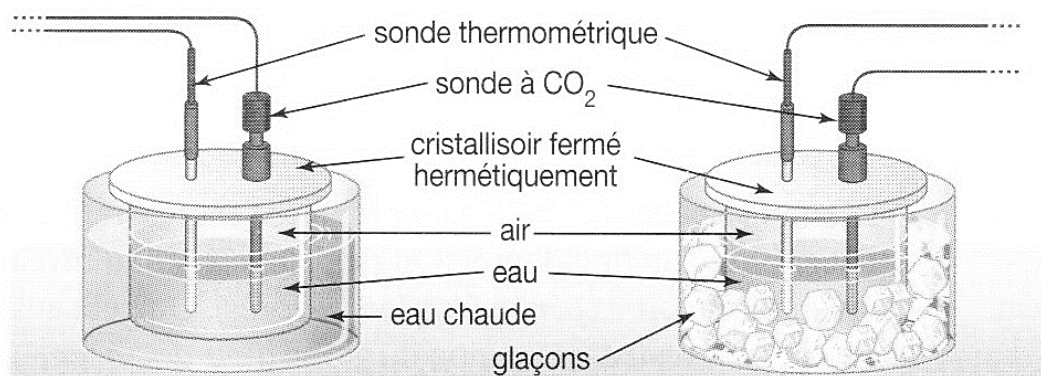


- Les ions calcium (Ca^{2+}) de l'eau de mer peuvent réagir avec les ions hydrogénocarbonate pour former du carbonate de calcium (CaCO_3), constituant principal des roches calcaires.



Document 2 – Solubilité du dioxyde de carbone à différentes températures

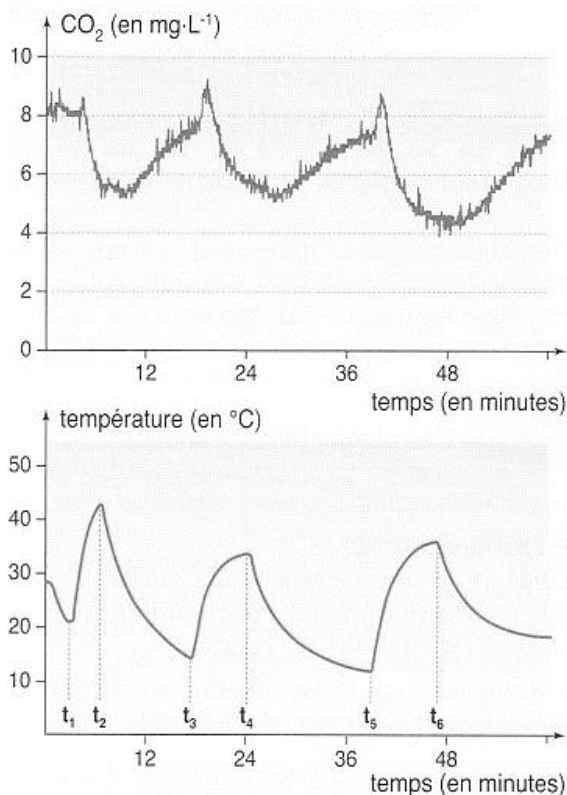
Pour estimer la solubilité du CO_2 dans l'eau à différentes températures, on verse 150 mL d'eau dans un cristallisoir fermé hermétiquement et muni de deux sondes immergées permettant de mesurer le taux de CO_2 et la température en continu.



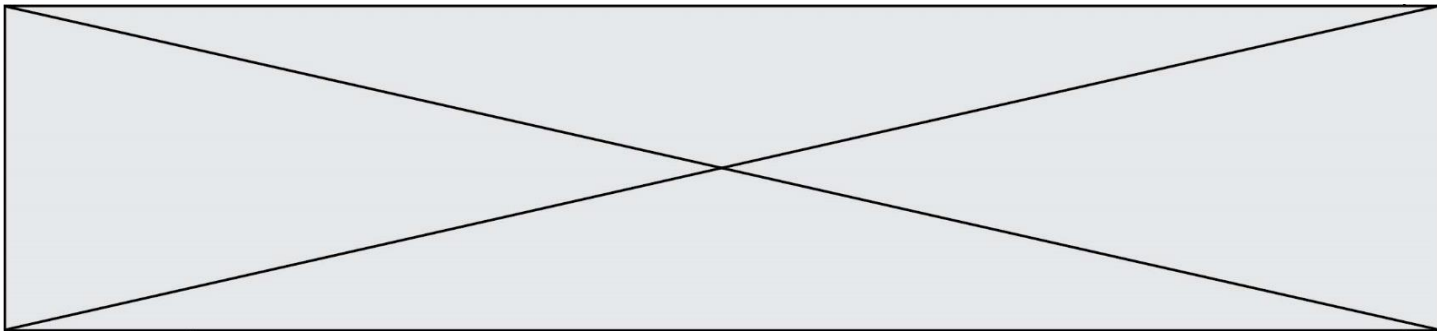
Aux temps t_1 , t_3 et t_5 , on plonge le cristallisoir dans un récipient rempli d'eau chaude.

Aux temps t_2 , t_4 et t_6 on plonge le cristallisoir dans un récipient rempli de glaçons.

Les résultats des mesures sont présentés ci-contre.



Source : Bordas SVT terminale spécialité 2012

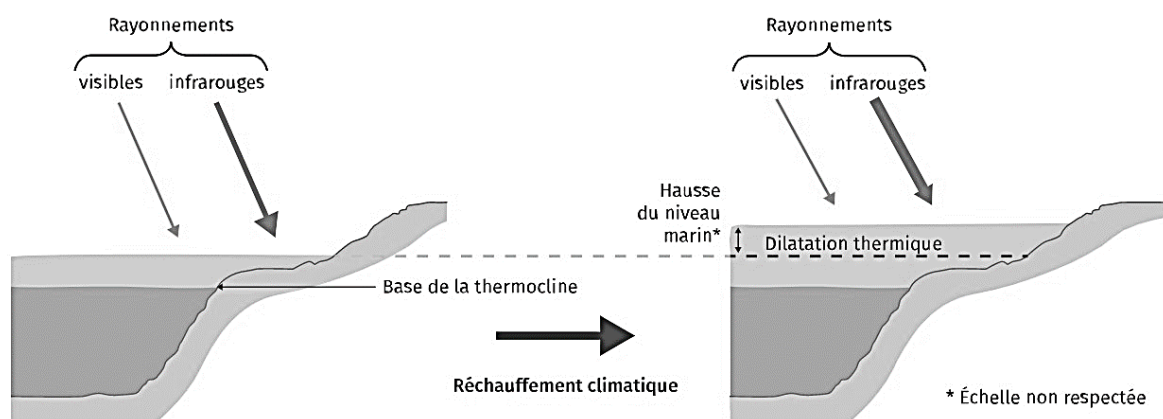


Document 3 – Hausse des températures et montée des eaux

Le volume d'un corps est dépendant de sa température.

Ainsi, une augmentation de température des eaux océaniques entraîne une augmentation de leur volume. Ce phénomène est appelé dilatation thermique.

Il existe dans les océans une profondeur (dite thermocline) à partir de laquelle la température de l'eau reste à peu près constante. La dilatation thermique ne concerne donc que l'eau située au-dessus de cette thermocline.



Source : d'après le Livre Scolaire Terminale Enseignement Scientifique 2020

Lorsqu'un corps de volume V_0 subit un changement de température ΔT , on peut calculer la variation de son volume, notée ΔV grâce à la relation :

$$\Delta V = \alpha \cdot V_0 \cdot \Delta T$$

ΔV est la variation de volume du corps étudié en m^3

α est le coefficient de dilatation thermique du corps en $^{\circ}\text{C}^{-1}$

V_0 est le volume initial du corps étudié en m^3

ΔT est la variation de température en $^{\circ}\text{C}$

- 1- Expliquer en quoi l'océan constitue un puits de carbone.
- 2- Décrire et interpréter les résultats de l'expérience présentée dans le document 2.

Les scientifiques s'accordent à dire que le réchauffement des eaux océaniques amplifie le réchauffement climatique global par rétroaction positive.

- 3- Utiliser les résultats de l'expérience du document 2 et les connaissances pour expliquer ce phénomène de rétroaction positive.

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

L'augmentation du volume de la Méditerranée par dilatation thermique est estimée à $3,4 \text{ km}^3$ par an.

- 4- Retrouver cette valeur de $3,4 \text{ km}^3$ par an par le calcul à partir des données suivantes :

Surface de la Méditerranée : $2\,500\,000 \text{ km}^2$

Coefficient de dilatation thermique de l'eau : $1,0 \times 10^{-4} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

Profondeur de la thermocline en Méditerranée : 400 m

Augmentation de la température de la Méditerranée depuis 1993 : $0,034 \text{ }^\circ\text{C/an}$

- 5- À partir des données précédentes, déterminer par le calcul la hauteur d'eau correspondant à ce volume excédentaire de $3,4 \text{ km}^3$.

La hausse du niveau de la mer s'élève à un rythme de 3 mm/an sur la période 1993-2019 en Méditerranée. La dilatation thermique n'explique donc pas à elle seule l'augmentation du niveau de l'eau.

- 6- À partir des connaissances, recopier sur votre copie l'affirmation exacte parmi les quatre propositions suivantes :

L'augmentation du volume marin peut également s'expliquer par ...

- A. ...la fusion des glaces continentales (calottes)
- B. ...la fusion des glaces de mer (banquise)
- C. ...la solidification des glaces continentales
- D. ...la solidification des glaces de mer

- 7- Envisager une solution d'atténuation ou d'adaptation aux problèmes soulevés dans cet exercice.