





## Exercice 1 (obligatoire) – 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.

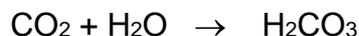
Ces données s'inscrivent dans un constat mondial, ainsi que l'observatoire européen Copernicus l'a publié dans un rapport de septembre 2024, précisant que plus d'un cinquième de la surface océanique mondiale a connu une vague de chaleur sévère en 2023. Ce réchauffement s'explique par le fait que les 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 ( $\text{CO}_2$ ) se dissout dans l'eau et réagit avec elle pour former de l'acide carbonique ( $\text{H}_2\text{CO}_3$ ) qui lui-même se dissocie pour former des ions hydrogénocarbonate ( $\text{HCO}_3^-$ ) :



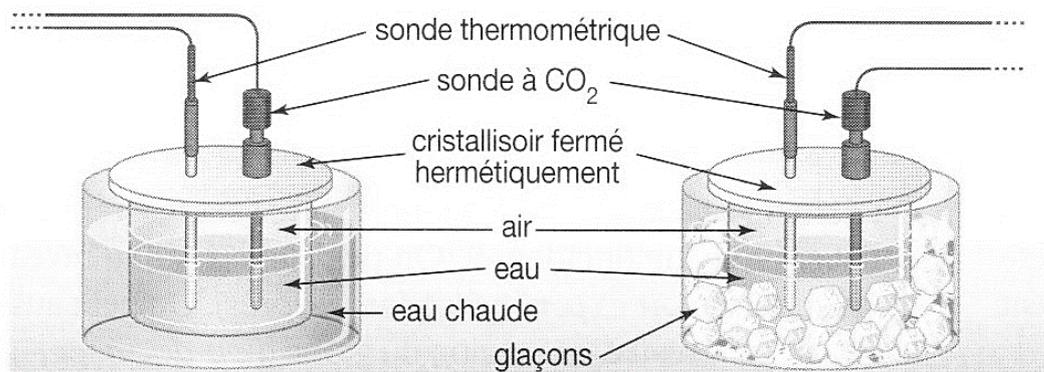
- Les ions calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ) de l'eau de mer peuvent réagir avec les ions hydrogénocarbonate pour former du carbonate de calcium ( $\text{CaCO}_3$ ), constituant principal des roches calcaires.





## Document 2 – Solubilité du dioxyde de carbone à différentes températures

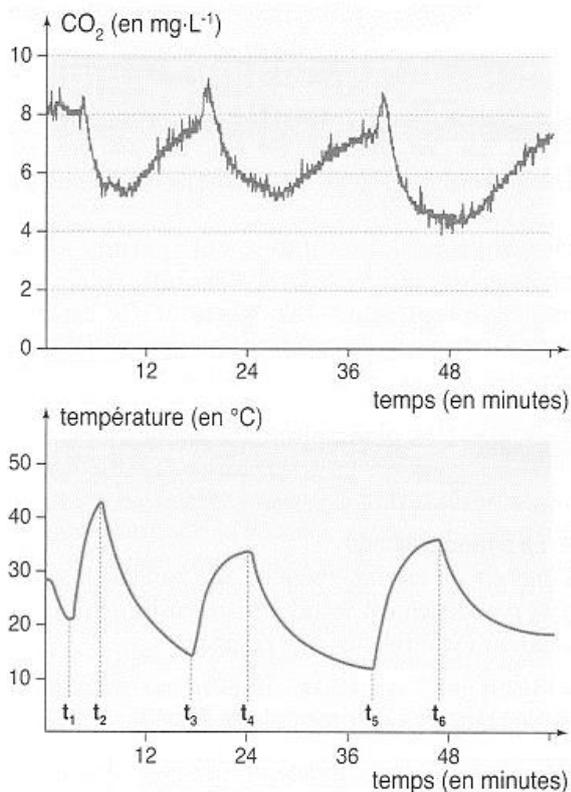
Pour estimer la solubilité du CO<sub>2</sub> dans l'eau à différentes températures, on verse 150 mL d'eau dans un cristallisoir fermé hermétiquement et muni de deux sondes immergées permettant de mesurer le taux de CO<sub>2</sub> et la température en continu.



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

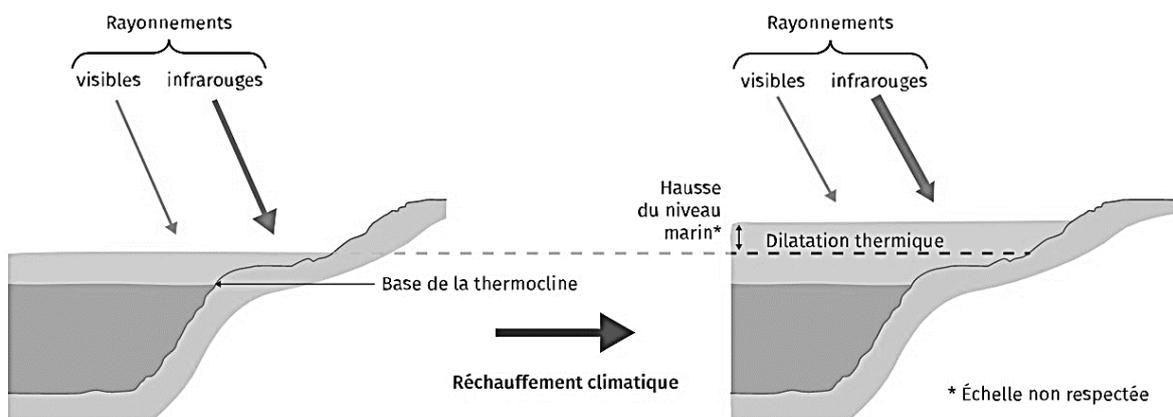


### Document 3 – Hausse des températures et montée des eaux

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  $\Delta T$ , on peut calculer la variation de son volume, notée  $\Delta V$  grâce à la relation :

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

$\Delta V$  est la variation de volume du corps étudié en  $m^3$

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

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

$\Delta T$  est la variation de température en  $^{\circ}C$

- 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 :  /  /



1.1

L'augmentation du volume de la Méditerranée par dilatation thermique est estimée à 3,4 km<sup>3</sup> par an.

- 4- Retrouver cette valeur de 3,4 km<sup>3</sup> par an par le calcul à partir des données suivantes :

*Surface de la Méditerranée : 2 500 000 km<sup>2</sup>*

*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 °C/an*

- 5- À partir des données précédentes, déterminer par le calcul la hauteur d'eau correspondant à ce volume excédentaire de 3,4 km<sup>3</sup>.

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.



## Exercice 2 (au choix) – Niveau première

Thème « Son, musique et audition »

### Traumatismes acoustiques

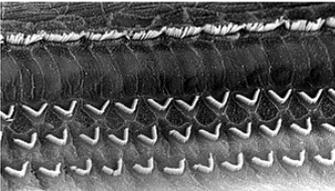
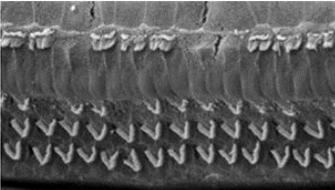
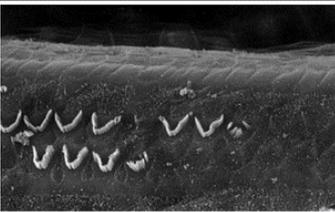
Sur 10 points

Tous les sons deviennent du bruit lorsqu'ils sont gênants ou lorsque leur niveau trop élevé les rend nocifs pour l'oreille.

On se propose d'étudier les conséquences d'une exposition à des bruits de forte intensité ainsi que l'efficacité de dispositifs de protection auditive individuels.

### Partie A – L'oreille et la perception sonore d'un concert

#### Document 1 – Effet de l'augmentation de l'intensité du son sur les cellules ciliées sensorielles de la cochlée (oreille interne)

	Vues de surface de cochlées de rats en microscopie électronique à balayage <i>L'écartement des cils des cellules ciliées (en V) est de 7 µm.</i>	
<b>Aucun traumatisme sonore</b>  <b>Cochlée normale</b>		Stéréocils des cellules ciliées internes, disposés en ligne  Stéréocils des cellules ciliées externes, disposés en 3 rangées
<b>État de la cochlée suite à un traumatisme sonore de faible intensité</b>		
<b>État de la cochlée suite à un traumatisme sonore de forte intensité</b>		

Source : d'après <http://www.cochlea.eu> (photos de M. Lenoir et J. Wang)

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

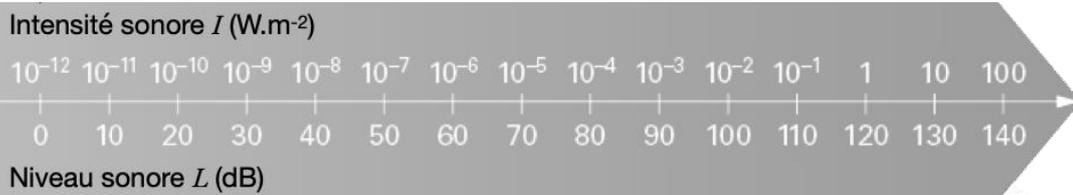
- 1- Rappeler le rôle des trois parties de l'oreille (oreille externe, moyenne et interne).
- 2- À l'aide du document 1, expliquer la cause biologique de la surdité apparue suite à une exposition à un son trop intense.

### Document 2 – Intensité sonore et niveau sonore

Les sons perçus sont caractérisés par une intensité sonore, notée  $I$ , exprimée en  $W \cdot m^{-2}$ . L'intensité sonore  $I$  reçue par une source de puissance  $P$  (en W) placée à une distance  $d$  (en m) est égale à :

$$I = \frac{P}{4\pi d^2}$$

Le niveau sonore  $L$ , exprimé en décibel (dB), est relié à l'intensité sonore  $I$  selon une échelle logarithmique :



### Document 3 – Recommandations de l'Organisation Mondiale de la Santé (OMS)

**DURÉE LIMITE D'EXPOSITION (SANS PROTECTION) AVANT DOMMAGES**

- De 120 à 140 dB : Quelques secondes suffisent à provoquer des dégâts irréversibles
- 107 dB : 1 min/jour
- 101 dB : 4 min/jour
- 95 dB : 15 min/jour
- 92 dB : 30 min/jour
- 86 dB : 2h /jour
- 80 dB : 8h par jour

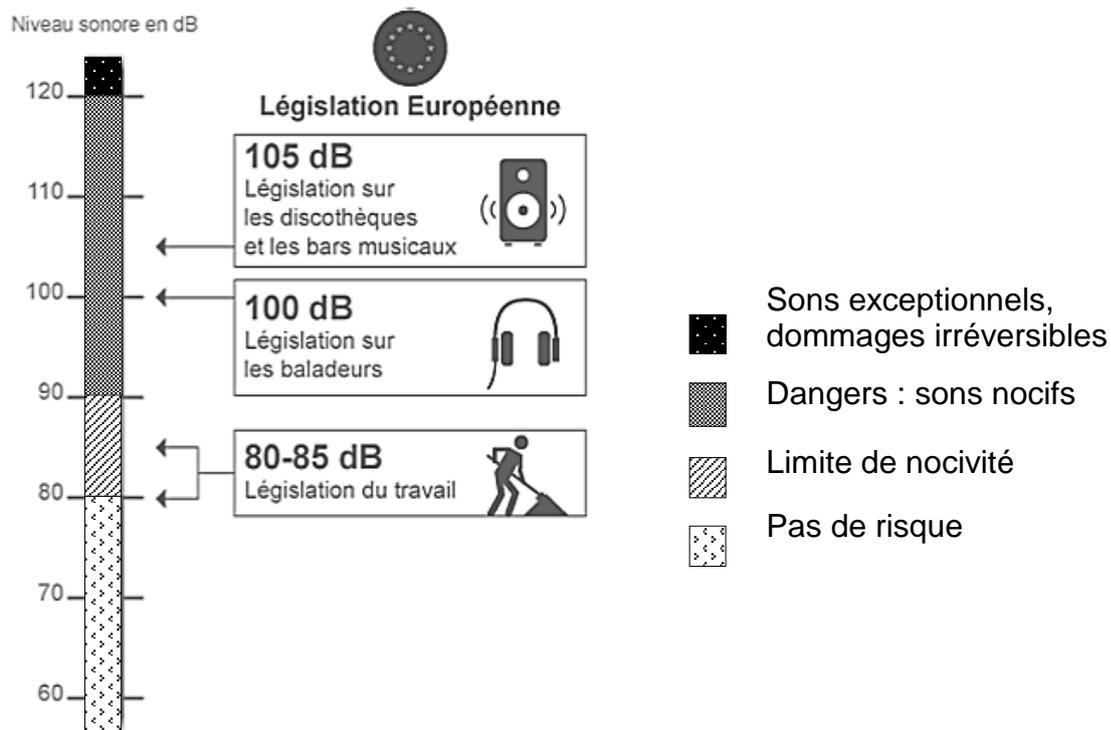
Pour connaître la dose de bruit subie, il faut prendre en compte les temps d'exposition aux différents niveaux de bruit.

Par exemple, être exposé 8h à 80 dB peut être aussi dangereux que d'être exposé 1h à 89 dB.

Source : d'après [www.cochlea.org](http://www.cochlea.org) et [www.inrs.fr/risques/bruit](http://www.inrs.fr/risques/bruit)



## Document 4 – Législation européenne sur le niveau d'intensité sonore en décibels (dB) (Directive 2003/10/CE).



Source : d'après [www.cochlea.org](http://www.cochlea.org) et [www.inrs.fr/risques/bruit](http://www.inrs.fr/risques/bruit)

Un spectateur assiste à un concert. Ce dernier se trouve face à une enceinte de puissance 13 W.

- 3- Encourt-il des risques de perte auditive s'il est placé à 10 m de l'enceinte ? Justifier le raisonnement.
- 4- À l'aide des documents 2 à 4, identifier deux paramètres physiques qui influent sur les risques de perte auditive.

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 :  /  /



RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

1.1

## Partie B – Efficacité de la protection auditive individuelle du spectateur

Pour protéger leur audition, le spectateur et le musicien s'intéressent aux protections individuelles contre le bruit (notées PICB) en vente sur le marché. Il existe différents types : des bouchons pré-moulés, des bouchons formables en mousse, des bouchons moulés individualisés, ou encore des casques.

À chaque PICB est associée une atténuation du niveau sonore ainsi qu'une plage d'incertitude qui peut varier selon les méthodes de test utilisées par les fabricants.

### Document 5 – Efficacité des dispositifs de protection individuels contre le bruit (PICB)

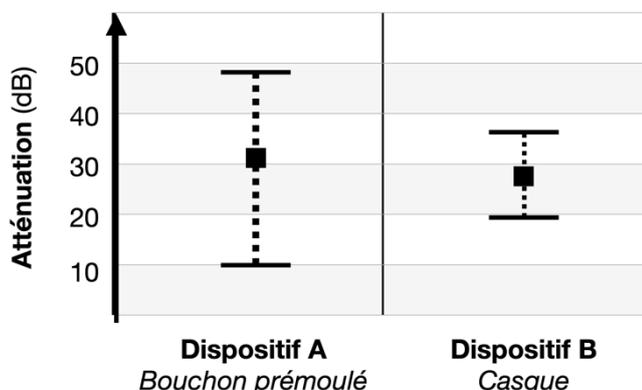
La législation européenne impose aux fabricants de PICB de tester et d'indiquer l'atténuation des dispositifs qu'ils commercialisent, avec la plage d'incertitude. Les fabricants ont le choix entre deux méthodes pour réaliser ces tests :

- la méthode subjective : on expose une personne équipée de PICB à un son de faible intensité et on augmente progressivement l'intensité. On note l'intensité à partir de laquelle la personne signale percevoir le son ;
- la méthode objective : on place un micro dans le conduit auditif d'une personne équipée de PICB qu'on expose à un son de forte intensité. On mesure la différence entre l'intensité réelle du son et l'intensité mesurée par le micro.

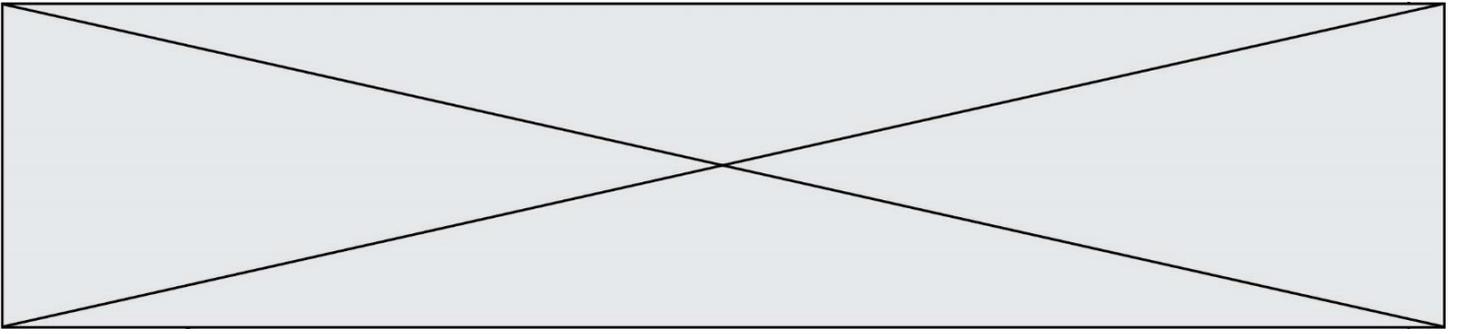
**Exemple** : résultats des tests d'atténuation réalisés par un fabricant de deux PICB.

Chaque dispositif a été testé avec la même méthode (non communiquée par le fabricant) sur plusieurs personnes.

Pour chaque dispositif, le fabricant indique dans le graphique ci-contre la valeur moyenne de l'atténuation par un carré. De plus, il indique la plage d'incertitude sur son résultat à l'aide des deux barres horizontales.



Source : d'après INRS, « Référence en santé au travail – N°138 ».



- 5- Parmi les deux méthodes de test mentionnées dans le document 5, indiquer celle qui s'appuie sur la démarche scientifique. Donner deux arguments pour justifier la réponse.
  
- 6- En analysant l'exemple présenté dans le document 5, choisir le dispositif de protection contre le bruit qui semble le plus efficace. Justifier le choix.

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

## Exercice 3 (au choix) – Niveau première

*Thème « Le Soleil, notre source d'énergie »*

### Le paradoxe du Soleil pâle

*Sur 10 points*

Le système solaire s'est formé il y a 4,57 milliards d'années. Le paradoxe du jeune Soleil pâle désigne la contradiction apparente, entre la présence d'eau liquide sur Terre à cette époque et le fait que le Soleil ne brillait qu'à 70 % de son intensité actuelle. La température sur Terre devait être inférieure à 0 °C et donc l'eau aurait dû être présente à l'état solide uniquement.

L'objectif de cet exercice est d'étudier ce paradoxe.

#### Partie 1 – Caractérisation du Soleil jeune

Actuellement, la puissance surfacique moyenne du rayonnement solaire arrivant à la surface de l'atmosphère terrestre est de  $340 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

- 1- Montrer que la puissance surfacique moyenne solaire qui atteignait la surface de l'atmosphère terrestre il y a 4 milliards d'années était d'environ  $240 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

#### Document 1 – Loi de Stefan

La puissance émise par unité de surface ( $P$  exprimée en  $\text{W} \cdot \text{m}^{-2}$ ) est proportionnelle à la puissance quatrième de la température ( $T$  exprimée en Kelvin).

$$P = \sigma \times T^4$$

avec  $\sigma$ , constante de Stefan-Boltzmann valant  $5,67 \times 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-4}$ .

**Relation entre la température  $\theta(^{\circ}\text{C})$  et la température  $T(\text{K})$  :**

$$T = \theta + 273$$

- 2- À l'aide du document 1, montrer qu'en première approximation, la température de la Terre aurait dû être d'environ  $-18^{\circ}\text{C}$  il y a 4 milliards d'années.



### Document 2 – Lien entre luminosité et température de surface d'une étoile

En astrophysique, le diagramme Hertzsprung Russel permet d'établir une relation entre la température d'une étoile et sa luminosité et conduit aux correspondances précisées dans le tableau suivant :

*Par exemple, si une étoile brille deux fois plus intensément que le Soleil actuel, ce rapport vaut 2.*

Rapport de la luminosité d'une étoile sur la luminosité actuelle du Soleil	Température de l'étoile en kelvins (K)
1,7	6000
1	5800
0,7	5500
0,07	4000

*Source : d'après l'auteur*

### Document 3 – Loi de Wien

La longueur d'onde d'intensité maximale ( $\lambda_{max}$  exprimée en mètres) relevée sur un spectre d'émission est inversement proportionnelle à la température (T exprimée en kelvins) du corps émetteur :

$$\lambda_{max} = \frac{k}{T}$$

avec  $k$ , constante de la loi de Wien valant  $2,99 \times 10^{-3} \text{ K} \cdot \text{m}$ .

- 3- À l'aide des documents 2 et 3, déterminer en nanomètres la longueur d'onde d'intensité maximale du Soleil il y a 4 milliards d'années.

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

## Partie 2 – Première proposition d'explication du paradoxe

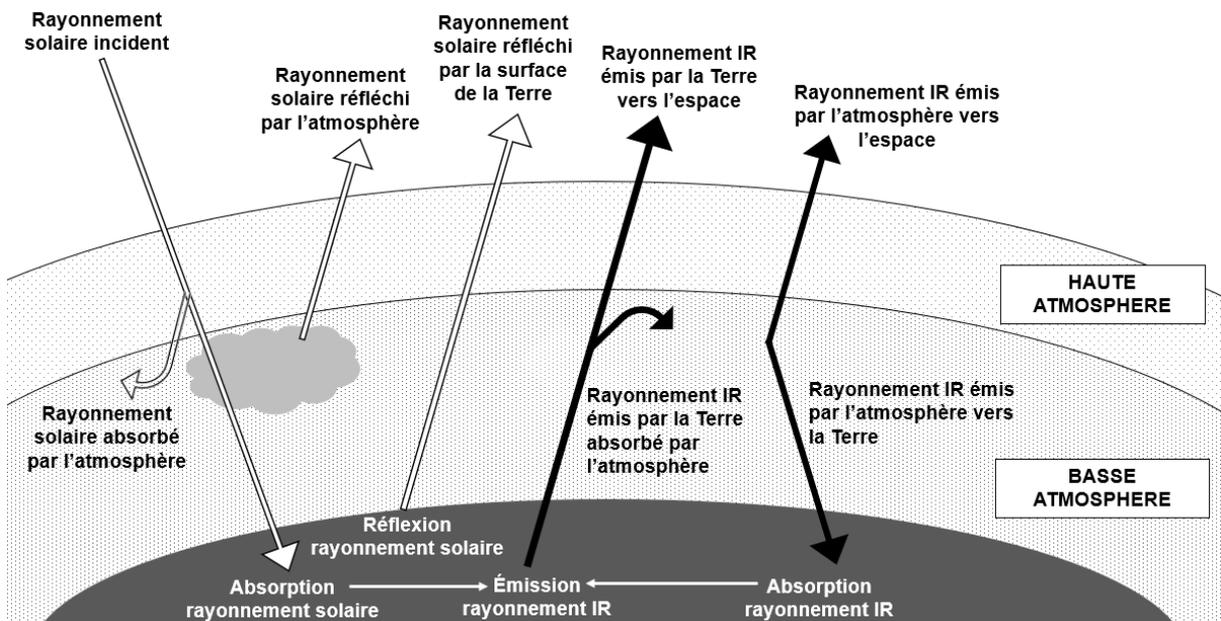
### Document 4 – Tableau de la pression partielle atmosphérique en CO<sub>2</sub>

Une température de  $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$  est incompatible avec la présence d'eau liquide. Des études ont permis de montrer qu'il y a 4 milliards d'années, un volcanisme très intense rejetait de grandes quantités de dioxyde de carbone dans l'atmosphère terrestre.

Période	-4 Milliards d'années	Actuelle
Pression partielle en CO <sub>2</sub>	Entre 0,3 et 0,6 bar	$3 \times 10^{-4}$ bar

Source : d'après <https://planet-terre.ens-lyon.fr>

### Document 5 – Bilan radiatif terrestre



Source : d'après l'auteur

- 4- À partir des documents 4 et 5 et de vos connaissances, proposer une explication au paradoxe du Soleil pâle, c'est à dire à la présence d'eau liquide il y a 4 milliards d'années malgré une température terrestre inférieure à  $0^{\circ}\text{C}$  due à la plus faible puissance reçue du Soleil.



### Partie 3 – Seconde proposition d'explication du paradoxe

D'autres chercheurs ont proposé d'expliquer le paradoxe du Soleil jeune pâle par un albédo moyen très faible.

5- Définir l'albédo.

#### Document 6 – Quelques valeurs d'albédo

Surface	Océan	Forêt	Nuages	Sable	Neige
<b>Albédo</b>	0,05 – 0,10	0,05 – 0,10	0,2 – 0,3	0,2 – 0,3	0,8 – 0,9

Albédo moyen terrestre actuel :  $\alpha = 0,3$

Albédo moyen terrestre estimé à l'époque du Soleil jeune (4 milliards d'années) :  
 $\alpha = 0,05$

*Source : d'après l'auteur*

- 6- Expliquer pourquoi la valeur de l'albédo à l'époque du jeune Soleil pâle permettrait d'expliquer la présence d'eau liquide sur Terre alors que la puissance surfacique solaire incidente était plus faible qu'actuellement.
- 7- Expliquer en quoi l'étude de paradoxes scientifiques est une composante essentielle de la démarche scientifique. Vous argumenterez en vous appuyant sur l'exemple étudié dans cet exercice et sur vos connaissances personnelles.