

INTERROGATION - PHYSIQUE

Mardi 19 Mars 2024

Durée : 30 minutes (40 minutes pour les tiers-temps).

Exercice 1 : Questions de cours (~ 5 points)

- 1/ Énoncer le premier principe de la thermodynamique. Expliciter chaque terme de l'équation.
- 2/ Énoncer le deuxième principe de la thermodynamique. Expliciter chaque terme de l'équation.
- 3/ Énoncer la loi de l'hydrostatique pour un fluide incompressible.
- 4/ Donner la définition de la convection.
- 5/ Donner la définition du rayonnement.

Exercice 2 : Dérivées partielles, gradient, divergence (~ 4 points)

Dans tout l'exercice, on considérera le repère orthonormé cartésien $(\vec{u}_x, \vec{u}_y, \vec{u}_z)$.

- 1/ Soit $f(x, y, z) = 2e^x + 2x + 5yz^3$. Calculer $\frac{\partial f}{\partial x}$, $\frac{\partial f}{\partial y}$ et $\frac{\partial f}{\partial z}$.
- 2/ Donner la différentielle totale de f .
- 3/ Calculer le gradient de f .
- 4/ Calculer le laplacien de f .
- 5/ Soit $\vec{A} = \sin(2xy)\vec{u}_x - 7z\vec{u}_y + xz^3\vec{u}_z$. Calculer la divergence de \vec{A} .

Exercice 3 : Soudure (~ 5 points)

Lors de réparations de plomberie, on doit souvent souder des tuyaux en cuivre, par exemple pour installer un bouchon à une extrémité, comme indiqué figure 1. Pour cela, après avoir positionné le bouchon en bout de tuyau, on chauffe au chalumeau (ou au fer à souder) pour amener le tuyau à une température supérieure à la température de fusion de la soudure à base d'étain (typiquement 185°C). On va étudier ici la propagation de la chaleur le long du tuyau lorsque le chalumeau le chauffe.

On suppose que le tuyau est initialement à la température $T_0 = 20^\circ\text{C}$. Le chalumeau est tel qu'il impose une température $T_1 = 270^\circ\text{C}$ à l'extrémité $x = 0$ pendant toute la durée de la soudure. La soudure débute à $t = 0$. En d'autres termes, on a $T(x = 0, t \geq 0) = T_1$.

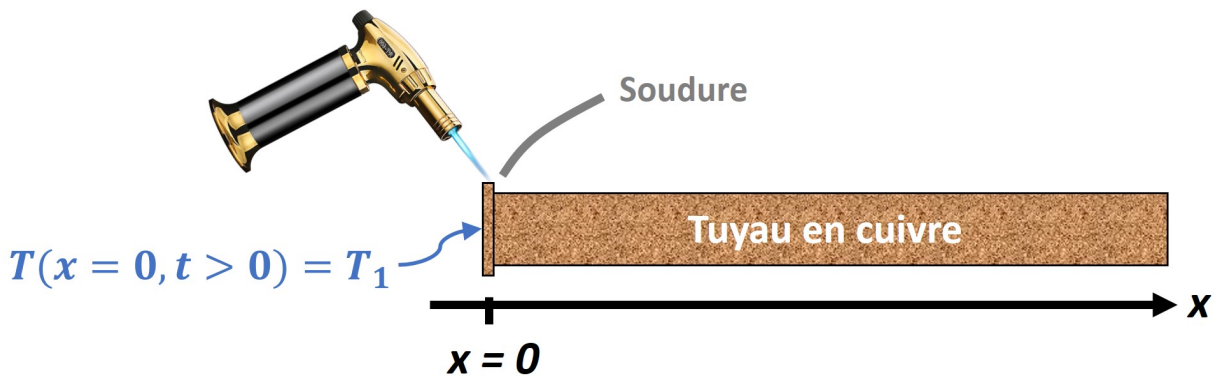


FIGURE 1 – Soudure d'un tuyau de cuivre. ©Fruugo FR.

- 1/ Donner la loi de Fourier.
- 2/ Donner l'équation de conservation de la chaleur.
- 3/ Redémontrer l'équation de la chaleur.
- 4/ Que vaut le coefficient de diffusion thermique ?
- 5/ Estimer la longueur typique sur laquelle la chaleur du chalumeau se propage s'il chauffe pendant 1 minute.

Données :

- Capacité thermique massique du cuivre : $385 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.
- Conductivité thermique du cuivre : $328 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$.
- Masse volumique du cuivre : 8920 kg.m^{-3} .

Exercice 4 : Élévation du niveau des océans (~ 6 points)

Dans cet exercice, grâce aux dérivées partielles, on va essayer d'estimer l'élévation du niveau de l'océan, du fait de l'augmentation de la température à la surface de la Terre. Pour cela, on a besoin du coefficient de dilatation thermique de l'eau : $\alpha = \frac{1}{V} \frac{\partial V}{\partial T} \simeq 150 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$. V est le volume et T la température. Ce coefficient indique de quelle proportion augmente le volume lorsque la température augmente d'un degré.

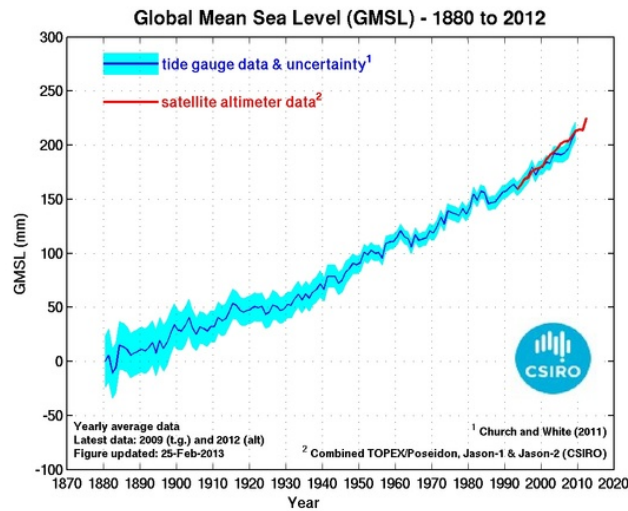


FIGURE 2 – Élévation du niveau de la mer (GMSL) en mm au cours du temps (années). ©CSIRO.

- 1/ Exprimer $\frac{\partial V}{\partial T}$ en fonction de V et α .
- 2/ On considère un volume V constitué d'un cylindre d'océan, de hauteur $Z \simeq 1 \text{ km}$ variable et de surface (section) S fixée. (Note : 1 km est la profondeur typique des océans) Que vaut le volume V du cylindre ? Que vaut $\frac{\partial V}{\partial T}$ en fonction de $\frac{\partial Z}{\partial T}$?
- 3/ En déduire une relation entre α , Z , l'élévation des océans ΔZ et l'élévation de température ΔT .
- 4/ Entre 1880 et 2020, la température à la surface de la Terre s'est élevée de 1 K. De combien se seraient élevés les océans, si on ne considère que la dilatation thermique de l'eau ?
- 5/ Comparer votre résultat avec la figure 2.
- 6/ Quel(s) autre(s) facteur(s) ont pu contribuer à l'élévation du niveau des océans ?