3TSI - Physique-Chimie
Programme de colle n°16 - Semaine du 10/02 au 14/02

## Questions de cours P10 - Conduction thermique

Rappeler la Loi de Fourier (avec unités). Quelle est la relation entre le vecteur $\vec{j_Q}$ et le flux thermique $\Phi$ à travers une surface S ?

Comment écrit-on l'équation de la diffusion thermique (en régime quelconque), dans le cas unidimensionnel ? Indiquer l'expression et l'unité du coefficient $\alpha$ de diffusivité thermique. Comment peut-on exploiter ce coefficient pour des calculs d'ordre de grandeur ?

Rappeler la définition et l'unité de la résistance thermique. Comment la calcule-t-on dans le cas d'une barre ou d'un mur (cas unidimensionnel) ? Citer quelques ordres de grandeur de conductivités thermiques : cuivre, brique, laine de verre. Comment s'exprime la résistance thermique associée au transfert thermique entre un solide et un fluide ?

## Exercice de Physique P10 - Conduction thermique

**Entraînement** Association de deux matériaux

On superpose deux cylindres de même diamètre :
- cylindre supérieur : épaisseur $e_1$ = 30 mm, conductivité thermique $\lambda_1$ = 200 SI
- cylindre inférieur : épaisseur $e_2$ = 2 mm, conductivité thermique $\lambda_2$ = 0,8 SI

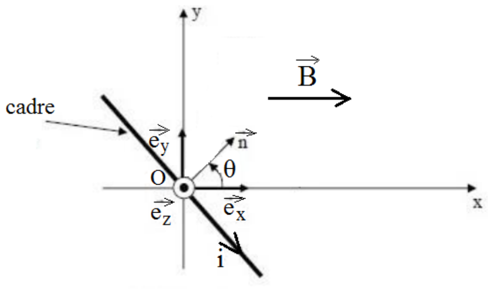
On suppose que la température ne dépend que de la coordonnée verticale z (l'origine est prise à l'interface entre les deux cylindres). On impose une température $T_1$ = 300 °C sur la face supérieure de l'ensemble, et une température $T_2$ = 20 °C sur la face inférieure. On note $T_f$ la température (inconnue) au contact entre les deux cylindres.

1 ) Retrouver l'unité SI de la conductivité thermique $\lambda$.
2 ) Un cylindre est en métal, l'autre en verre. De quel matériau le cylindre supérieur est-il constitué ?
3 ) Résoudre l'équation de la diffusion thermique en régime permanent pour le cylindre supérieur. On exprimera T en fonction de z, $e_1$, $T_1$ et $T_f$.
4 ) De même, pour le cylindre inférieur, exprimer T en fonction z, $e_2$, $T_2$ et $T_f$.
5 ) Calculer la valeur numérique de $T_f$. Représenter l'allure de T(z).

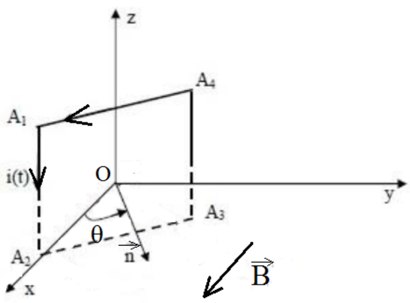
## Exercice de Physique P11 - Induction et forces de Laplace

**Entrainement** Circuit mobile

Un circuit rectangulaire de surface S et de résistance R est en rotation autour de l'axe (Oz) avec une vitesse angulaire constante $\Omega=\frac{d\theta}{dt}$ (on a donc $\theta(t)=\Omega t$ ). Le champ magnétique est uniforme et stationnaire : $\vec{B}=B_0\vec{u_x}$ . On donne l'expression du moment magnétique du circuit : $\vec{\mu}=i\vec{S}$



vue de dessus



vue en perspective

1 ) Exprimer l'intensité i(t) en fonction de $B_0$ , S, R, Ω et t.
2 ) En déduire le moment selon Oz $\Gamma_{Oz}(t)$ des forces de Laplace (on rappelle l'expression du moment magnétique du circuit : $\vec{\mu}=i\vec{S}$ ).
3 ) Les forces de Laplace sont-elles motrices ou résistantes dans cette situation ?

**Corrigé**

Association de deux matériaux (indications)

1 ) D'après $\overrightarrow{j_Q}=-\lambda\,\overrightarrow{grad}\,T$ , λ s'exprime en $W.m^{-1}.K^{-1}$

2 ) D'après les valeurs fournies pour $\lambda_1$ et $\lambda_2$, on peut associer le cuivre (bon conducteur) au cylindre supérieur) et le verre (conductivité moyenne) au cylindre inférieur.

3 ) $\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}=0$ d'où $T(z)=az+b$

Conditions aux limites : $T(0)=T_f=b$ et $T(e_1)=T_1=a e_1+b$ d'où $T(z)=\frac{T_1-T_f}{e_1}z+T_f$

4 ) $\frac{\partial^2 T}{\partial z^2}=0$ d'où $T(z)=a'z+b'$

Conditions aux limites : $T(0)=T_f=b'$ et $T(-e_2)=T_2=-a e_2+b$ d'où $T(z)=\frac{T_f-T_2}{e_2}z+T_f$

5 ) En régime permanent, le flux thermique est le même sur toutes les sections.

$\Phi=\vec{j_Q}.\vec{S}=-\lambda.S\frac{dT}{dz}$

Dans le cylindre supérieur $\Phi_1=-\lambda_1 S\frac{T_1-T_f}{e_1}$ Dans le cylindre inférieur $\Phi_2=-\lambda_2 S\frac{T_f-T_2}{e_2}$

On a $\Phi_1=\Phi_2$ donc $\lambda_1\frac{T_1-T_f}{e_1}=\lambda_2\frac{T_f-T_2}{e_2}$ d'où $T_f=\frac{1}{\frac{\lambda_1}{e_1}+\frac{\lambda_2}{e_2}}(\lambda_1\frac{T_1}{e_1}+\lambda_2\frac{T_2}{e_2})$ AN : $T_f$ = 283 °C

Circuit mobile

1 ) $\Phi(t)=\vec{B_0}.\vec{S}=B_0 S\cos(\theta(t))=B_0 S\cos(\Omega t)$ (spire plane, champ uniforme)

Loi de Faraday : $e(t)=-\frac{d\Phi}{dt}=+B_0 S\Omega\sin(\Omega t)$ puis $I(t)=\frac{e(t)}{R}=\frac{B_0 S\Omega}{R}\sin(\Omega t)$

2 ) On a $\vec{\Gamma}=\vec{\mu}\wedge\vec{B}=-i(t)SB_0\sin\theta\,\vec{u_z}=-B_0^2\frac{S^2}{R}\Omega\sin^2(\Omega t)\vec{u_z}$ d'où $\Gamma_{Oz}=-B_0^2\frac{S^2}{R}\Omega\sin^2(\Omega t)$

3 ) La puissance reçue de la part des forces de Laplace vaut $\Gamma_{Oz}.\Omega=-B_0^2\frac{S^2}{R}\Omega^2\sin^2(\Omega t)<0$ , les forces de Laplace sont résistantes.