

LP.23 Phénomènes de diffusion

Marion

| **Élément imposé** – sensation de chaleur au contact d'un objet

Niveau : L2

Pré-requis :

- Notions sur la diffusion de particules : vecteur densité de courant, flux, équation de diffusion, loi de Fick, coeff de diffusion (L2)
- Notions sur la conduction électrique : loi d'Ohm, association de résistance en série (L2)
- Notions de thermo : 1er pp, chaleur latente de fusion
- Equations différentielles : résolution, conditions aux limites (L1)

Difficultés :

- Etablir les bilans d'énergie

Activité :

- TD : établir l'équation de la chaleur pour des systèmes à géométrie cylindrique ou avec sources de chaleur
- TP : estimer la valeur du coefficient de diffusion de l'ammoniac dans l'air

Biblio :

- Sanz PC/PC*
- Olivier PC/PC*
- Grécias, BCPST 2

Plan proposé

1	Caractérisation et mise en équation de la diffusion thermique	2
1.1	Loi de Fourier	2
1.2	Equation de la chaleur	2
2	Equation de la chaleur en régime permanent	2
2.1	Evolution spatiale de la température	2
2.2	Détermination expérimentale de la conductivité du cuivre	2
2.3	Détermination de la température à l'interface entre 2 objets	3

Intro pédagogique

Après diffusion électrique et de particules

Leçon

Intro

Diffusion : transport de proche en proche à l'échelle microscopique sans déplacement de matière à l'échelle macroscopique

[Vidéo : Barre chauffée avec clous collés avec de la cire : clous tombent en fonction du temps] : Même phénomène que quand on s'assoit sur le banc froid : conduction de la zone froide vers la zone froide. Sensation différente suivant les matériaux

1 Caractérisation et mise en équation de la diffusion thermique

1.1 Loi de Fourier

$\vec{j}_{th} = -\lambda \text{grad}(T)$. Vecteur densité de courant ($\text{J/s/m}^2 = \text{W/m}^2$), λ conductivité thermique en W/m/K

[Comparaison loi de Fick]

Flux : $\Phi = \oint_S \vec{j}_{th} dS$

[tableau valeur de conductivité thermique : haute conductivité = sensation de froid, on nous prend la chaleur]

1.2 Equation de la chaleur

[Bilan énergétique unidimensionnel projeté] : Obtention de l'équation de la chaleur

$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - \frac{\rho C}{\lambda} \frac{\partial T}{\partial t} = 0$ Analogie diffusion de particule, coefficient de diffusion analogue

2 Equation de la chaleur en régime permanent

2.1 Evolution spatiale de la température

En régime permanent : $\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = 0$ donc profil de température linéaire

CL : $T(0) = T_1$ et $T(L) = T_2$

donc $T(x) = \frac{T_2 - T_1}{L}x + T_1$ [tracé de droite]

2.2 Détermination expérimentale de la conductivité du cuivre

Le flux est le vecteur densité de courant fois la surface, on connaît T donc on connaît

$$j : \vec{j}_{th} = -\lambda \frac{\partial T}{\partial x} = -\lambda \frac{\Delta T}{L}$$

$\Phi = -\lambda \frac{\Delta T}{L} S$ indépendant de x (logique, régime permanent sans accumulation)

Or le flux c'est la glace fondue : $\Phi = \frac{m_{glace} L_{fus}}{\Delta t}$

L. Titre

On connaît tous les paramètres, on peut déterminer la conductivité thermique du cuivre : $L_{fus} = 355.55 \text{ J/g}$, $L=0.35 \text{ m}$, $S = 2.55 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2$; $m_{glace} = 101.05 \text{ g}$, $dt = 2015 \text{ s}$, $dT = 62.05 \text{ }^\circ\text{C}$

[Gum : $\lambda = 400 \pm 20 \text{ W/m/}^\circ\text{C}$] correct avec $390 \text{ W/m/}^\circ\text{C}$

2.3 Détermination de la température à l'interface entre 2 objets

: Détermination de température de contact

Régime permanent, on réutilise la formule du flux

Oh! Analogie loi d'Ohm, somme des 2 résistances, mais flux identique, donc on couple les équations, on retrouve la température de l'interface : meilleur conducteur donc température de contact plus froide

Conclusion

Expérimentalement, et vie de tous les jours, à revoir en TD

Questions/Réponses

Questions	Réponses
<i>Pourquoi pas entre 0 et 100 aux extrémités</i>	Barre ne touche pas vraiment les 2 bacs + pertes
<i>Deuxième expression du flux ?</i>	1er pp sur la glace sans échange
<i>incertitude principale</i>	Temps, avec la glace
<i>Chaleur d'un objet</i>	λ + temps de régime transitoire
<i>Fourier</i>	empirique + logique
<i>Coefficient de diffusion de particules</i>	Augment avec T et diminue avec P (parcours moyen diminue)
<i>VP : nouveau programme nul ?</i>	Tout faire

Debrief

Bon plan

Tout mettre en Kelvin !

Rajouter prérequis : bilans d'énergie

Ne pas calculer les incertitudes devant le jury

Ressources : <https://www.youtube.com/watch?v=xM3LRP9ynYk> // Faire le calcul avec les particules de $l = \sqrt{D\tau}$. Possibilité de faire la démarche statistique