

MP34 - PHÉNOMÈNES DE TRANSPORT

18 mars 2016

"L'imagination est la meilleure compagnie de transport au monde."

Laura Giausserand & Thibaud Trollet

ROGER FOURNIER

Remarques

- Il y a beaucoup de manip possibles : diffusion dans le glycérol fait par Karen ou la barre de cuivre en choc thermique (Quaranta 2) ou de la diffusion de particules.
- une expérience qualitative de convection est aussi disponible.

Bibliographie

<i>Quaranta 2</i>	→
<i>BUP 827</i>	→
<i>Cap prépa PC</i>	→
<i>Aschroft</i>	→
<i>Duffait Capes</i>	→

Expériences

- bobine cuivre
- viscosimètre à bille
- barre de cuivre
- loi de Stefan

Table des matières

1 Introduction

Les phénomènes de transport sont des phénomènes irréversibles se produisant dans des systèmes hors équilibre et qui consistent en le déplacement d'une grandeur extensive d'un point à l'autre du système, dû à une variation spatiale d'un paramètre intensif. Le déplacement d'une grandeur extensive dite conservée permet alors au système de retrouver un état d'équilibre thermodynamique. On distingue trois types de transport : diffusion, convection, rayonnement.

L'objectif du montage est de mettre en évidence et étudier ces phénomènes à travers différents domaines : transports de charge, d'énergie thermique, de quantité de mouvement.

Nous allons tout d'abord nous intéresser aux phénomènes diffusifs.

2 Transport par diffusion

2.1 Diffusion thermique

On étudie le phénomène de diffusion d'énergie thermique dans un métal. L'avantage du métal est que le transport d'énergie thermique se fait par les électrons de la bande de conduction, ce qui les rend bons conducteurs thermiques. On peut rappeler que la diffusion se fait des parties de température élevée vers celles de température faible, par une loi phénoménologique linéaire : Fourier, et qu'elle nécessite un milieu matériel et a lieu sans déplacement macroscopique du système. On s'intéresse à l'effet d'un forçage thermique sur un métal semi-infini une dimension notée x .

Ce système vérifie l'équation irréversible de diffusion :

$$\frac{\partial T}{\partial t} = D \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$$

où D est le coefficient de diffusion en $m^2 s^{-1}$ égal à $\frac{\lambda}{\rho c}$, λ conductivité thermique, c capacité calorifique massique, ρ masse volumique. En forçant une onde thermique sinusoïdale on obtient une solution :

$$T(x,t) = T_0 + e^{-x/\delta} \cos(\omega t - x/\delta)$$

Pour être dans les conditions qui nous intéressent : on utilise la barre de cuivre de la réserve.

barre de cuivre

Quaranta 2

- on alimente les ventilateurs de la barre de cuivre avec du 12 V et les capteurs avec du 15 V
- On relie un GBF à un amplificateur de puissance Kepco alimentant le module Peltier de la barre de cuivre
- on relie les capteurs à la carte d'acquisition (faire attention aux masses)
- on envoie une onde sinusoïdale avec le GBF 10 mHz 7V (attention le module ne peut supporter que 4A max), le choix de la fréquence dépend de ce que vous voulez : beaucoup de capteurs qui reçoivent un signal alors fréquence faible (avec 5 mHz ça marche très bien) ou le dernier capteur qui ne reçoit rien : fréquence de l'ordre de 20 mHz.
- on lance le chauffage pendant 1h, on attend que le régime transitoire étudié par Karen mardi, soit fini. On observe alors l'onde reçue par les différents capteurs, on observe l'amortissement
- on mesure le déphasage en seconde des différentes ondes et on trace le déphasage en radian en fonction de la distance entre les capteurs
- on obtient une droite de pente $1/\delta$ sur regressi avec incertitude
- l'incertitude sur le déphasage vient du pointage sur latis pro, l'incertitude sur la distance entre les capteurs devrait être indiquée sur la barre de cuivre MAIS IL N Y A PAS DE NOTICE (exaspération quand tu as cherché des informations précises du constructeur)
- on a ainsi le coefficient de diffusion du cuivre $D=\pi f \delta^2$
- on en déduit que c'est un bon conducteur thermique

Remarque : une étude sur l'amplitude plutôt que sur le déphasage est précisée dans le Quaranta.

2.2 diffusion de quantité de mouvement

On étudie la diffusion de quantité de mouvement à bas Reynolds dont le coefficient est la viscosité dynamique. On peut étudier le problème de chute d'une bille dans un fluide visqueux, on obtient l'expression par PFD en régime permanent. Les effets de bord sont négligés.

$$0 = -6\pi\eta r v_{lim} + d_{bille} V_{bille} g - d_{fluide} V g$$

viscosimètre à bille

Cap PC

O

- on prend le viscosimètre à bille rotitherm car le glycérol n'a plus la même composition avec le temps et sa viscosité n'est plus contrôlée
- on lâche des billes, entre deux points on mesure le temps de chute au chronomètre
- on répète la manipulation tant que notre patience n'a pas atteint sa limite, on trace lors le logarithme de la vitesse limite en fonction de celui du rayon de la bille
- on a trouvé 4 rayons de bille possible, pas plus.
- on obtient alors la viscosité

On peut comparer la valeur de la viscosité cinématique à des fluides connus : huile, glycérol pur, glace, du Cap prépa PC.

Des propriétés générales se déduisent des deux expériences : grandeur intensive qui varie, déplacement d'une grandeur extensive, irréversibilité, nécessité du milieu matériel.

On va maintenant s'intéresser à une propriété des métaux : transport de charges.

3 Conduction électrique

On étudie ce phénomène via une bobine de cuivre, de longueur et diamètre connus. On étudie l'évolution de la résistivité de la bobine en fonction de la température à laquelle elle est soumise (derrière il y a joyeusement des théories de Wiedmann-Franz and co : Ascroft pour la théorie et les valeurs).

bobine de cuivre

pas de référence

O

- On plonge la bobine de cuivre dans un bain thermostaté
- on utilise un montage 4 fils pour mesurer la résistance de la bobine, grâce au fluke de précision de la collection.
- on fait varier la T et on trace R en fonction de T
- On peut alors déduire la résistivité à 25 degrés et la comparer à la valeur tabulée (Handbook)

On déduit qu'un bon conducteur thermique est un bon conducteur électrique. On calcule la constante de Lorentz : $L = \frac{\lambda}{T}$ et on compare à la valeur tabulée du Ascroft.

4 Transport d'énergie par rayonnement (si temps)

On étudie un autre type de transport : ne nécessite pas de support matériel, n'est pas régi par les mêmes lois physiques.

Loi de Stefan

BUP 827

- deux protocoles possibles : l'un est on mesure la température au pyromètre et la tension et le courant d'une ampoule de tungstène au voltmètre/ampèremètre et on trace la puissance en fonction de la température, on obtient la loi de Stefan, l'autre protocole est le suivant :
- on utilise un transformateur pour alimenter l'ampoule, on mesure la puissance au wattmètre et on déduit de la résistance de l'ampoule la température par la relation du BUP
- on trace $\log(P) = f(\log(T))$
- on obtient une pente de 4, c'est cool!

5 Conclusion

Ce montage a été l'occasion de mettre en évidence différents phénomènes de transport. On a étudié les phénomènes diffusifs : leurs lois se généralisent à différentes quantités transportées, on en a vu deux. On a aussi vu le rayonnement qui est assez différent, et la conduction électrique (diffusion forcée, mouvement de dérive).

6 Remarques, questions