

MP34 – Phénomènes de transport

Rapports de jury :

-2015:..

Ce montage est ouvert à de nombreux domaines, pouvant donner lieu à des études comparées ; on pensera à exploiter les régimes transitoires et les régimes permanents. Le choix des expériences doit veiller à souligner l'aspect transport. Il existe d'autres phénomènes de transport que ceux régis par une équation de type flux-gradient. La mesure de la conductivité thermique d'un métal par sa réponse en température à une excitation alternative a posé problème à de nombreux candidats par suite de l'analyse des mesures à l'aide d'une loi non valide avec les conditions aux limites concernées. Le régime permanent implicitement mis en jeu doit être précisé, de même que son temps d'établissement. Il faut garder à l'esprit qu'on distingue, dans certains domaines, plusieurs modes de transport : conduction, convection, diffusion, rayonnement. Connaître a priori l'ordre de grandeur de quelques coefficients de diffusion est indispensable. Les dispositifs dédiés permettant d'étudier l'effet Hall sur des échantillons sélectionnés semblent poser, malgré leur simplicité, de gros problèmes d'utilisation. Dans les expériences de propagation de la chaleur le long d'une barre de cuivre, un régime transitoire permet aussi de déterminer la conductivité thermique.

Leçons et montages en rapport :

MP Métaux ; LP Phénomènes de transport ; MP Régimes transitoires.

[126] Quaranta tome 2 Thermodynamique : prendre l'édition la plus récente : DEMENT. Pour tableau des analogies, la diffusion du glycérol, la barre de cuivre avec pertes et autres, la conduction thermique du cuivre, les intros, la convection, la diffusion de quantité de mouvement.

[70] Ondes mécaniques et diffusion, C. Garing : Pour la correction à l'expérience du glycérol. (pas utilisé)

Guyon, Hydrodynamique physique : Pour la chute d'une bille. (pas vu mais à faire!!!!)

Taillet, Dictionnaire de physique : Pour la loi de Wiedman-Franz. (pas utilisé)

Liste d'expériences possibles :

à préciser: quantitative ou non, message, grandeur mesurée, méthode, théorie correspondante et biblio (notice/bouquin), explication de l'écart à la théorie, commentaires éventuels

Exemple:

Expérience: mesure de conductivité thermique d'un métal (quantitative)

- message: les métaux sont de bons conducteurs thermiques
- grandeur mesurée: conductivité thermique d'une barre de cuivre
- méthode: mesure du profil de température dans une barre de cuivre calorifugée chauffée à une de ses extrémités
- théorie: équation de la chaleur en régime stationnaire (notice ENSC 449)
- écart à la théorie: conductivité très surestimée à cause des pertes latérales: $j_{\text{réel}} = j_{\text{cartouche}} - j_{\text{pertes}} < j_{\text{cartouche}}$
- commentaires: connaître la loi de Wiedmann-Franz et le fonctionnement des thermocouples

(Lyon)

1. Convection (qualitative)

-message : il y a pas que la diffusion. C'est plus efficace !
- méthode: chauffer tube carré et ajouter du KMnO_4 , projeter sur un écran avec lentille, avec strioscopie si on est chaud.

- théorie: ?

☞ **Manip** : qualitative dans le tube fait pour avec eau chauffée + colorant (KMnO_4).

- tube carré spécial
- colorant alimentaire (ou cristaux de KMnO_4)
- lampe à alcool ou petit bec bunsen
- pied, noix, pinces
- écran blanc

1' : Mesure du débit à travers une conduite cylindrique lorsqu'on impose un gradient de pression à ses extrémités. Cette expérience présente l'avantage d'être quantitative, mais est plus longue.

2. Diffusion du glycérol dans l'eau

☞ **Manip** : diffusion du glycérol dans l'eau. **L'Attention** : principe de la manip décrit dans [126]. Mais il faut prendre le résultat de [126], en le modifiant avec le grad n de [70], sans oublier la réfraction à la sortie de la cuve. Penser à éclairer de biais avec la lentille cylindrique.

On remonte à D , mais il est pas tabulé : commenter l'ODG, et surtout la loi en Dt qui est caractéristique d'un phénomène diffusif.

- message: lutter contre inhomogénéités de concentration.
- grandeur mesurée: diffusivité du glycerol dans l'eau.
- méthode: mesure de $1/h^2$ selon t.
- théorie: eikonale, diffusion avec Fick, Descartes. quaranta
- écart à la théorie: angle en sortie et approximations de l'eikonale.
- commentaires : très technique.

2014 : très bien expliqué sur les astuces de protocole, et le calcul théorique. L'histoire de la burette est pas nécessaire si on attend que ça s'homogénéise.

Rmq :– L'angle de sortie n'est en fait pas négligeable, une approximation de petits angles n'est donc pas nécessairement justifiée... ceci peut expliquer en partie l'écart entre la valeur expérimentale et la valeur tabulée. En fait, plus on se place au début de l'expérience (angle de déviation maximal), moins cette approximation est justifiée...

Il est globalement de l'ordre de 10° au cours de la manip, bien plus les premières minutes. On ne fait pas l'expérience avec du glycérol pur car la différence d'indice serait trop importante et il ne serait vraiment plus possible de considérer que α est petit.

Rapport 2013 : très bien fait, mesure des indices avec le refract d'Abbe.

2009 : pied à coulisse pour mesurer e de la cuve. Formule bien expliquée avec les mains. **Référence pour comparer (dur à trouver) : G H Petit, Hydrodynamique physique Dautodiffusion des liquides organiques.**

3. Diffusion thermique du cuivre notice avec la manip

[126] ☞ **Manip** : barre de cuivre en choc thermique, cf. bonus MP17. Remonter à la conductivité thermique.

- message: les métaux sont de bons conducteurs thermiques
- grandeur mesurée: conductivité thermique d'une barre de cuivre
- méthode: mesure du profil de température dans une barre de cuivre calorifugée chauffée à une de ses extrémités
- théorie: équation de la chaleur en régime stationnaire (notice ENSC 449), quaranta
- écart à la théorie: modèle très grossier de pertes.
- commentaires: connaître la loi de Wiedmann-Franz et le fonctionnement des thermocouples

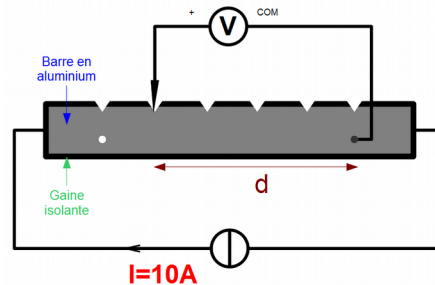
2013 : très bien décrit.

4. Conduction électrique du cuivre notice avec la manip

- message: les métaux sont de bons conducteurs électriques

- grandeur mesurée: conductivité électrique d'une barre de cuivre
- méthode: mesure de tension selon la distance
- théorie: c'est facile, on connaît. Notice pour le montage 4 fils.
- écart à la théorie: défauts de la barre, les trous.
- commentaires: expliquer les difficultés et astuces, la manip en soi c'est pas technique.

Mesure de la conductivité électrique de l'aluminium



On utilise une longue barre en aluminium (ou en cuivre) recouverte d'une grosse gaine isolante (pour éviter les courts-circuits), avec quelques trous creusés tous les 3.5 ± 0.1 cm pour venir relever des tensions en différents points de la barre. On fait circuler un courant continu dans cette barre (environ 10A pour avoir des tensions détectables, ce qui nécessite une alimentation puissante et un voltmètre de précision), et on relève la différence de tension entre un point de référence et les trous situés à différentes distances du point de référence. On trace ensuite l'évolution de la tension U avec la distance d au point de référence. En théorie, on a $U=RI$ avec $R = L/(\sigma * S)$ où L est la distance entre les deux électrodes, S la section de la barre et σ la conductivité électrique du matériau. Un ajustement par une droite affine donne donc accès à la conductivité électrique du matériau. Valeur tabulée : $\sigma_{Al} = 37.7.106 S m^{-1}$ à température ambiante.

Matériel :

- barre en cuivre ou en aluminium avec des trous creusés à intervalles réguliers
- alimentation capable de débiter du 10A
- fils d'électrotechnique (pour éviter de faire fondre/brûler des fils devant le jury...) pour la partie du circuit où circulent 10A
- fil normal + fil avec une sonde au bout (embout pointu) pour la mesure de tension
- voltmètre de précision (capable de mesurer des μV avec une faible incertitude)
- Wattmètre ou ampèremètre de puissance pour mesurer l'intensité

Diffusion de quantité de mouvement : mesure de la viscosité dynamique du glycérol

- message: il se cache de la diffusion dans la viscosité.
- grandeur mesurée: etha du glycerol.
- méthode: mesure de v_{lim} de billes, avec traitement vidéo (Pymecavidéo)
- théorie: facile on connaît, Guyon pour le corrections à etha.
- écart à la théorie: glycérol hydraté, zone perturbée au début.

Pour chaque bille lancée, on mesure 1. son rayon au pied à coulisse (avant de la lancer, c'est mieux...) 2. le temps mis pour chuter d'une distance L (repérée par 2 cordelettes et du papier millimétré), avec un chronomètre. On calcule ensuite la vitesse limite de la bille et le Reynolds associé. En répétant ceci une dizaine de fois par rayon de bille et ce pour différents rayons de bille, on trace ensuite la courbe $v_{lim} = f(1/R^2)$, qui fait apparaître une zone linéaire à bas rayon (bas Reynolds) et une non-linéarité lorsque le Reynolds devient grand.

A partir de la pente de la courbe dans la zone linéaire, on déduit la viscosité dynamique du glycérol :


$$\text{etha} = 2/9 * (\rho_{bille} - \rho_{glyc'erot}) g R^2 / v_{lim}$$

Matériel :

- cuve remplie de glycérol
- billes en verre de différents rayons et de même densité (de $R=1mm$ à $R=1cm$ environ)

- chronomètre
- pied à coulisse

5. Transport par rayonnement

 **Manip** : mesurer la puissance rayonnée par l'ampoule de tungstène avec la thermopile, mesurer la température du filament avec le pyromètre, essayer de remonter à la loi de Stefan. C'est la seule méthode qui marche à peu près, l'utilisation de la formule magique du Quaranta foire et la mesure de la puissance électrique fournie à l'ampoule aussi.

Transport radiatif : le moulin à photons (radiomètre de Crookes) ?

Idée de plan:

I. Transport de particules

- 1) Convection
- 2) Diffusion du glycérol

II. Conduction

- 1) Thermique dans Cu
- 2) Electrique dans Cu

III. Diffusion de quantité de mouvement

Conseils pour la préparation:

Lancer la barre au début, commencer par le glycérol si on se merde.

Questions typiques posées (et où trouver les réponses)

- 1) Comment le chauffage marche ?
- 2) Modèle avec pertes ?
- 3) Thermocouples, fonctionnement, lien avec Peltier ? Effet ?
- 4) ODG des R ?
- 5) Role des phonons dans les deux conductions ? Thermique : c'est ça (avec les electrons de valence) qui sont vecteurs de l'energie ; Elec : ils donnent l'influence de T (agitation augmente les chocs et diminue sigma).
- 6) Calcul de $1/h^2$? Quaranta.