

MP34 : Phénomènes de transport

Bibliographie :

- ☞ *Physique expérimentale–optique, mécanique des fluides, ondes et thermodynamique*, M. Fruchart, P. Lidon, E. Thibierge, M. Champion, A. Le Diffon. [1]
- ☞ *Physique expérimentale* Jolidon [2]
- ☞ *Fonctionnement du module Peltier*, Couleur science [3]
- ☞ *Thermocouples* [4]

Rapports de jury :

2017-2016-2015 : *Des transports autres que diffusifs peuvent faire l'objet de ce montage. Lors de la mesure du coefficient de diffusion du glycérol, par la déviation d'une nappe laser, les candidats doivent être à même d'expliquer précisément la nature de l'image observée sur l'écran et son origine physique.*

Table des matières

1 Transport de particules par diffusion	2
1.1 Diffusion du glycérol dans l'eau	2
2 Transport par conduction dans les métaux	2
2.1 Mesure de la conductivité thermique du cuivre	2
3 Diffusion de quantité de mouvement	2
3.1 Mesure de la viscosité dynamique du glycérol	2

Introduction

Différents types de transport (chaleur, charge, etc.), et différents modes (diffusion, convection, rayonnement...). On va se concentrer sur la diffusion, plus accessibles à l'expérience et très riche en phénomènes intéressants.

Proposition de plan :

1 Transport de particules par diffusion

1.1 Diffusion du glycérol dans l'eau

✓ **Manip : Diffusion du glycérol dans l'eau**

En préparation : On trace $1/h^2$ en fonction du temps pour remonter au coefficient de diffusion. Il faut prendre un point toutes les 10 min.

En direct : On prend un point en fin de droite. On lance la manip 1h30 avant le début de l'épreuve.

Exploitation : On remonte à D

Le laser vert est apparemment plus joli à regarder. Dans le doute on peut essayer.. Sinon c'est le rouge.

Transition :

2 Transport par conduction dans les métaux

2.1 Mesure de la conductivité thermique du cuivre

✓ **Manip :**

En préparation : Fréquence 3mHz. On allume 1h30 avant le début du passage.

En direct : Il faut que la barre soit à l'équilibre thermique

Exploitation : En théorie inférieure car pertes et cuivre pas pur

Transition :

3 Diffusion de quantité de mouvement

3.1 Mesure de la viscosité dynamique du glycérol

✓ **Manip : Viscosimètre à chute de bille**

En préparation : 5 mesures pour chaque billes.

En direct : On le fait pour une bille

Exploitation : On mesure la viscosité de l'huile

Conclusion :

Ouvrir sur la convection et la difficulté de son étude (car facilement turbulences). Parler du rayonnement

Wiedemann Franz pour le lien entre conductivité thermique et électrique. Exception le diamant.
En fait c'est très bien expliqué dans MP17...

Tableau de l'année

MP 34 - Prémisses de transport

Modes de transport = Diffusion / Conduction, Convection, Rayonnement

I - Diffusion du glycérol dans l'eau

C = densité volumique de glycérol

équation de diffusion: $\frac{\partial C}{\partial t} = D \frac{\partial^2 C}{\partial x^2}$

coefficient de diffusion

II - Dépendance en température de la conductivité

loi d'Ohm: $\vec{j} = \sigma \text{grad } V$

Pour un fil: $\vec{U} = R \vec{I}$

σ = conductivité électrique

$R = \frac{L}{\sigma S}$

$I = \frac{U}{R}$

III - Conduction thermique dans un banc de cuivre

équation de Laplace: $\frac{\partial T}{\partial t} = \kappa \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$

$\kappa = \frac{\lambda}{\rho c}$; λ = conduction thermique

$T(x,t) = T_0 + \Delta T \sum_{n=1}^{\infty} \sin(n\pi \frac{x}{L}) e^{-\frac{\kappa n^2 \pi^2 t}{L^2}}$

$\frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} = \alpha \sin(n\pi \frac{x}{L}) \Rightarrow \frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} = \frac{\kappa n \pi}{L} \sin(n\pi \frac{x}{L})$

$\frac{\partial T}{\partial x} \Big|_{x=0} = \frac{2\kappa}{L} \sin(\frac{\pi}{4})$

$S = \sqrt{\frac{2\kappa}{L}}$

$\sigma T(20^\circ\text{C}) = 1,90 \times 10^{10} \text{ S} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}$

$(S = 4,2 \pm 0,4 \cdot 10^{-4} \text{ m}^2, L = 2,3 \text{ m})$

NE PAS EFFACER

gradient d'indice: $\left(\frac{\partial n}{\partial x}\right)_{\text{max}} = \frac{p}{dL}$

Hypothèse: $n(x,t)$ est une fonction affine de $x(t)$

$\left(\frac{\partial n}{\partial x}\right)_{\text{max}} = \frac{n_2 - n_1}{L} = \frac{1}{L} \left(\frac{dL}{dt} \right) \left(\frac{dn}{dn_2} \right)$

$D = \frac{1}{L} \left(\frac{dL}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dn}{dn_2} \right)^2$

à c pour le glycérol dans l'eau.

$p = (4 \pm 0.5) \text{ cm}$, $d = (46.5 \pm 0.5) \text{ cm}$

$m_2 = 1.414$

glycérol

NE PAS EFFACER

module Peltier

Thermocouples

34 min

x_1, x_2, x_3

ϕ

ajustement: $T = T_0 + A \sin(\omega t + \phi)$

à c

$\lambda = 40 \pm 1 \text{ W m}^{-1} \text{ K}^{-1}$ (à 20°C)

$\sigma T = \frac{1}{L} \left(\frac{dL}{dt} \right)^2 + \left(\frac{dn}{dn_2} \right)^2$

$\sigma T(20^\circ\text{C}) = 1,90 \times 10^{-10} \text{ s}^{-1} \text{ m}^{-1} \text{ K}$

$(S = 4,2 \pm 0,10 \text{ m}^2, L = 2,3 \text{ m})$

III - Conduction thermique dans un barreau de cuivre

équation de la chaleur: $\frac{\partial T}{\partial t} = k \frac{\partial^2 T}{\partial x^2}$

$k = \frac{\lambda}{\rho c}$; $\lambda = \text{conduction thermique}$

$T(x,t) = T_0 + \Delta T \cdot \frac{1}{2} \sin(\omega t - \frac{x}{S})$

$S = \sqrt{\frac{2k}{\omega}}$