

M34 : Phénomènes de transport

Louis Heitz et **Vincent Brémaud**

Mercredi 21 avril 2021

Sommaire

Rapport du jury	3
Bibliographie	3
Introduction	4
I Dépendance en température de la conductivité du cuivre	4
II Conductivité thermique dans un barreau de cuivre	4
III Rayonnement thermique d'un cube de Leslie	4
A Correction	5
B Commentaires	6
C Expériences faites les années précédentes	6
D Tableau présenté	7

Le code couleur utilisé dans ce document est le suivant :

- → Pour des éléments de correction / des questions posées par le correcteur
- Pour les renvois vers la bibliographie
- Pour des remarques diverses des auteurs
- ⚠ Pour des points particulièrement délicats, des erreurs à ne pas commettre
- Pour des liens cliquables

Rapports du 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.

2014 : Des transports autres que diffusifs peuvent faire l'objet de ce montage.

2010, 2011, 2013 : 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 $j = \sigma \text{grad}V$.

Bibliographie

- [1] [Loi concernant la résistivité, wikipédia](#)
- [2] [Effet Peltier - Seebeck, explication.](#)
- [3] [Site expliquant principe très sommaire du thermocouple](#)
- [4] Diu de Thermodynamique, page 515 pour effets thermoélectriques
- [5] Cours de Prépa
- [6] [Pile thermoélectrique](#)
- [7] [Éléments technique Cube de Leslie](#)
- [8] [Présentation expérience Cube de Leslie](#)

Introduction

I Dépendance en température de la conductivité du cuivre

L'objectif de cette expérience est de remonter à la résistivité du cuivre à 20°C ainsi qu'au coefficient de température à 20°C : α_0 . Ces grandeurs sont tabulées et donnent une loi théorique de l'évolution de la conductivité autour de la température ambiante.

Attention, il faut prendre garde à remplir suffisamment d'eau pour que l'ensemble des fils soient en contact avec l'eau au maximum. Il faut activé le pompage pour homogénéiser l'eau.

Attention, la valeur de la résistivité trouvé dépend fortement de la longueur de cuivre et de sa surface. Cela agit sur la courbe par un facteur d'échelle sur l'axe des ordonnées. La pente change donc mais cela n'influence pas α_0 . Afin de retrouver la bonne valeur de résistivité, j'ai pris un rayon de 1 mm et une longueur d'environ 12 mètres (la valeur affichée sur la bobine était fausse et devrait être changée). Il est possible d'évoquer la loi de Wiedemann Franz.

A 20°C :

$$\rho_0 = 1.69 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$$

$$\alpha_0 = 3.93 \times 10^{-3} K^{-1}$$

II Conductivité thermique dans un barreau de cuivre

Environ 1h30 pour atteindre un régime permanent. A allumer dès le début. Deux méthodes sont possibles pour remonter à la conductivité thermique, à l'aide de la variation des amplitudes ou en suivant un maximum. Par simplicité j'ai fait la seconde mais les deux méthodes marchent a priori très bien. On retrouve la bonne valeur pour la conductivité (un tout petit peu moins), $\lambda \sim 390 \text{ W/m/K}$. On a utilisé une fréquence de 3 mHz. Etre au clair sur le fonctionnement du module Peltier [2].

$$\rho = 8.96 \times 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$$

$$c = 380 \text{ J/kg/K}$$

$$\delta = \sqrt{\frac{2D}{\omega}}, \quad D = \frac{\rho c}{\lambda}$$

III Rayonnement thermique d'un cube de Leslie

Voir la notice explicative, on retrouve le bon ordre de grandeur pour σ (rayonnement corps noir) en supposant que le cube émet une onde plane au niveau de la thermopile.

On trouve une émissivité d'environ 0.5 pour la face noire et la face blanche. 0.08 pour la face mate. Et 0.02 pour la face brillante. On a pas trouvé d'éléments de comparaison mais les ordres de grandeurs semblent bon.

⚠ Sensible aux rayonnements extérieurs et aux variations de températures.

A Correction

- Quels types de transport dans chaque partie? Conduction électrique I/, puis conduction thermique II/, **⚠️ précautions quand on expose ce qu'on fait**
- Circuit électrique dans l'eau, danger ? Tensions et courants mis en jeu sont faibles, donc ce n'est pas dangereux. courants inférieurs au milliampère. → Si je mets le doigt dans l'eau, électrocution ? Non courant / tension trop faible.
- Continu ou alternatif ? Alternatif. → problème? Non car on mesure valeur efficace.
- Longueur des fils ? On a 11.5m de cuivre puis 1m de fil, vraiment important ? Quantification ? Même section ? Ordre du mètre, on a 10% d'erreur, regarder aussi section qui joue sur résistance.
- Incertitude lecture température ? + Bain thermostaté ? "Agiter" c'est quel mode de transport ? Notice et on dit que c'est homogène car on agite. Mode de transport = convection, c'est rigolo :).
- Point en dehors de la courbe ? Eau s'est évaporée, donc une partie de la bobine à l'air libre, donc température plus faible, donc résistivité plus faible. Il va aussi y avoir d'autres effets, vu qu'il y a une interface eau/air : diffusion, convection... Par effet Joule, la température augmente dans la partie dans l'air aussi.
- Il faut doser les explications qu'on donne, pas donner toutes les explications tout de suite
- Attention, il faut détailler les incertitudes pour au moins une manipulation.
- Quand on chauffe un métal ça se dilate, non ? Coefficient de dilatation de l'ordre de $10^{-5} K^{-1}$ donc négligeable.
- Normal que valeur de résistivité plus grande ? A voir, impuretés. En fait c'est la mesure du rayon qui était un peu trop élevé (du cuivre).
- Module Pelletier, thermocouple, kesskessé ? C'est rigolo, sur la même manip l'un est l'inverse de l'autre :).
- Ça marcherait en régime continu la barre thermique ? Non gradient ne dépend pas de λ en régime permanent, gradient vaut $\Delta T/L$ avec ΔT et L fixés.
- Combien de temps avant d'atteindre régime permanent ? Odg ? Comment on le visualise qu'on est en RP ? $D = 1.1 \times 10^{-4} m^2/s$, $L = 1m$, on trouve $T \sim 3$ heures, bon odg. Pour savoir RP, il faut que valeur moyenne et amplitude se stabilise. Justifier avec les odg.
- On trouve pas le bon λ à cause des pertes thermiques ? Valeur moyenne différente selon thermocouple, plus on s'éloigne, plus la valeur est faible.
- Cube de Leslie : même chose qu'en optique ? Quel type de rayonnement ? Lampe à incandescence. Fil qu'on chauffe, il rayonne.
- Thermopile c'est quoi ? Une surface noire chauffée reliée à 17 thermocouples.
- C'est quoi U_{ref} ? Pose problème de ne prendre qu'un seul point en direct ? Température pièce a pu changer depuis préparation, luminosité. C'est long de prendre plusieurs points en direct.
- Adapter les incertitudes pour le cube ? Incertitudes à creuser,
- Si pas le temps pour cube, prendre une lampe, température qui monte. On peut rajouter une qualitative sur la convection → En garder sous le coude, pour montrer qu'on est à l'aise.
- Manip surprise : mesure facteur de qualité pour un passe-bande de deux façons? 1) on se place à résonance, on augmente fréquence pour diviser amplitude par $\sqrt{2}$. 2) on envoie un créneau, il faut $Q > 1/2$, on compte le nombre d'oscillation, mesure pseudo-période, pente à l'origine, décroissement logarithmique.

B Commentaires

C'était un très bon montage. C'est très organisé, méthodique. Débit OK. C'est sérieux. Soucis de donner des infos, donner un peu trop, petite soupape si quelque chose ne marche pas. Attention à ce que ne soit pas trop serré niveau timing.

Le python c'est super

C Expériences faites les années précédentes

- Diffusion de particules (Loi de Fick), mélange glycérol eau déviation des rayons lumineux.
- Conduction thermique dans une barre de fer (avec module thermique et thermo couple cf physique expérimentale d'ALD). Loi théorique de diffusion de la chaleur à retrouver. (Loi de Fourier) Mettre en route assez tôt, ça prend du temps pour chauffer ! A faire sur un créneau.
- Conduction électrique, la résistivité dépend de la température. Mesure de σ , $j = \sigma E$, phénomène de transport (de charge). Montage 4 points pour s'affranchir de la résistance du aux fils. On mesure en effet la résistance d'un bobinage de l'ordre de 0.1. Voir importer module si.
- diffusion de quantité de mouvement bille qui tombe dans de l'huile cf cours méca flux, CR des années précédentes. (viscomètre à billes)

