

MP17 : MÉTAUX

22 mars 2022

Nathan Berrit & Juliette Colombier

Commentaires du jury

- Ce montage doit mettre en évidence différentes caractéristiques propres aux métaux. L'étude de caractéristiques mécaniques, par exemple, nécessite une mise en perspective par rapport aux propriétés équivalentes d'autres matériaux.
- Pour les mesures de résistance, le principe et l'intérêt d'un montage quatre fils doivent être connus.

Bibliographie

↗ *Matière condensée*, **Kittle**
↗ *Jolidon bleu*,

→ Pour la théorie
→ Très bien pour les manips de conductivité

Prérequis

Table des matières

1	Conductivité thermique	2
1.1	Comparaison qualitative	2
1.2	Conductivité thermique du cuivre	2
2	Conductivité électrique	3
2.1	Conductivité électrique du cuivre	3
2.2	Loi de Wiedermann - Franz	4
3	Propriété mécanique : module d'Young	4
4	Montage surprise passage 10/02	5
5	Questions	5
6	Remarques	6

Introduction

On a d'abord envie de se demander qu'est-ce qu'un métal? La caractéristique la plus générale d'un métal est sa conductivité : les métaux sont connus pour être de bons conducteurs à la fois thermique et électrique. Les deux sont reliés, et on va le montrer avec le montage via la loi de Wierdmann-Franz.

Plus proche du quotidien, les métaux sont très utiles pour leurs propriétés mécaniques : ils sont ductils (bien pour faire des fils électriques) et très résistants (on peut faire des compromis masses/résistance). On va l'illustrer avec le dernier montage en calculant un module d'Young.

1 Conductivité thermique

1.1 Comparaison qualitative



Conductimètre à cristaux liquides : on compare le temps que mettent les cristaux liquides à changer de couleur en les plongeant dans de l'eau chaude. On a alors $D = \frac{\lambda}{\rho c} \propto \frac{1}{\tau}$.

C'est une manip qualitative : on a pas le temps de chronométrer proprement le temps d'ascension. Cependant, elle permet de monter la bonne conductivité (ascension rapide) et de comparer les métaux (on peut dire que le fer conduit environ 4 fois moins bien que le cuivre).

On compare bien D en mesurant le temps d'ascension parce que chaque lamelle a la même géométrie.

1.2 Conductivité thermique du cuivre

➤ Jolidon bleu

La manip est très bien expliquée dans le Jolidon bleu. Je conseille de prendre les paramètres que j'ai pris : on peut vite avoir une mesure moche en les changeant et c'est dur d'en trouver des bons.

On va présenter ici une mesure de conductivité thermique du cuivre, avec un module Peltier. Le module crée un flux à gauche, et on atteint un régime permanent avec une température¹ :

$$T(x, t) = T_0 + \Delta T e^{-z/\delta} \sin(\omega t - \frac{x}{\delta} + \phi_0) \quad (1)$$

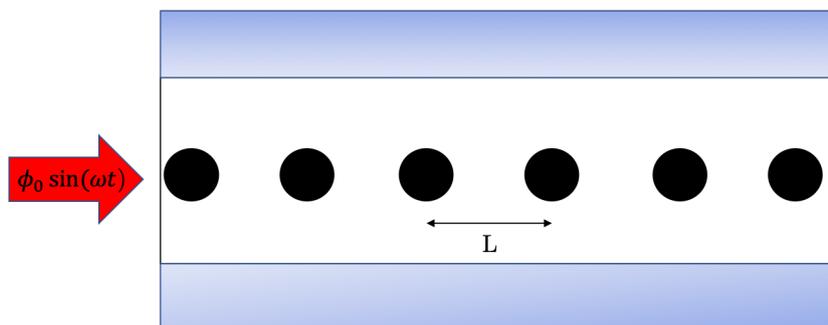


FIGURE 1 – Schéma du module Peltier

La longueur caractéristique est :

$$\delta = \sqrt{\frac{2D}{w}} \quad (2)$$

On peut remonter à D de deux manières :

- Via la phase : on modélise avec un sinus les courbes exploitables et on relève la phase.
- Via l'amplitude : plusieurs approches possibles : la modélisation avec un cosinus à w , celle avec une somme de cosinus, au réticule²... il faut voir avec le temps disponible, et justifier si on prend pas la plus optimale.



1. On parle de régime permanent mais il y a forçage linéaire donc oscillation.

2. Le correcteur a aussi suggéré de prendre la TF et de regarder l'amplitude de la composante à w

Module Peltier

⚡ Jolidon vert p 174

⌚ 8 min

Il faut le module Peltier et ses alimentations, plus une centrale SYSAM. Attention Le régime permanent arrive après 1h30 environ. Prendre une fréquence de 10mHz et une intensité de 4 Vpp.

Le choix de w est un compromis entre deux tendances (elle intervient dans δ) :

- On veut exploiter le plus de capteurs possibles, donc δ grand.
- Le modèle théorique est pour une barre semi-infinie : on ne veut pas de réflexion parasite au bout de la barre, donc δ pas trop grand. Le ventilateur sert à limiter cette réflexion.

Autres remarques sur la manip, qu'on peut dire à l'oral :

- Tout les capteurs ne sont pas exploitables (pas les deux derniers).
- l'aquisition est longue : il faut la lancer tôt et éventuellement commencer la suite en attendant. Au cas où Latis pro crache, préparer une courbe à exploiter.
- Le signal est bruité : il faut le filtrer numériquement.
- Le signal a des composantes à $2w$ créées par effet joule (qui en créent à $3w$ etc...).
- Le régime permanent est très long à atteindre, il faut s'y prendre en avance en préparation, on a pas le temps de tester plusieurs w .
- On s'en fiche de la position précise du premier capteur, c'est une décroissance exponentielle.
- On obtient un δ plus grand en phase parce que les fuites sur les bords font descendre l'amplitude plus vite.

RÉSULTATS

Les résultats sont sur le tableau. Dur d'estimer les incertitudes parce que j'ai fait les mesures avec un modèle en cosinus et la modélisation ne donne pas d'incertitude. C'est peut-être plus intelligent de le faire au réticule (plus rapide et vraie incertitude).

2 Conductivité électrique

2.1 Conductivité électrique du cuivre

⚡ Jolidon bleu

Une autre propriété intéressante des métaux est leur capacité à conduire le courant. Ici on veut caractériser leur résistivité. Puisque cette dernière est très faible, on utilise un montage 4 fils et savoir expliquer l'intérêt du montage.

Remarques :

- Pas d'effets inductifs parce que l'ohmmètre fonctionne en courant continu.
- Il faut couper l'agitation magnétique si il y en a une pendant les mesures : sinon il y a un champ tournant qui crée des effets inductifs.



Montage 4 fils

⚡ Jolidon vert p 174

⌚ 5 min

On utilise un bain thermostaté, la bobine P56.27, un ohmmètre 4 fils et un thermocouple pour la mesure de T .

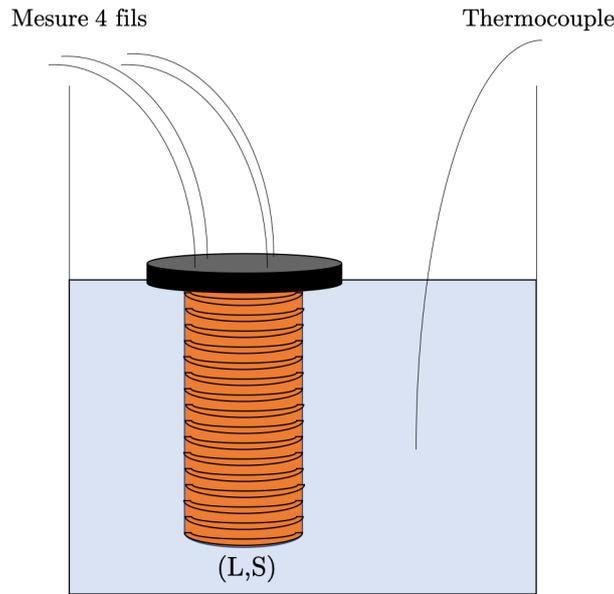


FIGURE 2 – Schéma du montage 4 fils.

Ici on prend juste une mesure de résistance à plusieurs températures et on fait une régression linéaire :

$$\rho(\theta) = \alpha\theta + \rho_0 \quad (3)$$

Lié à R par $R = \frac{\rho L}{S}$

ΔL et S fournies dans le poly de TP. Le jour J je sais pas comment on retrouvera cette information si on a pas le poly...

Les points sont longs à faire, mais on peut demander de l'aide aux techniciens, le protocole est simple.

RÉSULTATS

(encore sur le tableau) J'ai pas super bien fait les incertitudes, mais en générale on a celles du thermocouple à 0.1 °C et celle de l'ohmètre.

Je conseille de faire la régression linéaire avec R, puis de passer à ρ : sinon chaque point a une grosse incertitude à cause de S et L, et c'est moins beau à montrer.

2.2 Loi de Wiedermann - Franz

Condensed Matter Kittle

La loi de Wiedermann-Franz lie la conductivité thermique et la conductivité électrique :

$$\lambda\rho = \mathcal{L}T \quad (4)$$

Avec nos mesures précédentes on peut calculer \mathcal{L} et le comparer à la valeur tabulée.

Attention, on a calculé ρ à plusieurs températures mais on a un seul λ moyen. Le mieux est de calculer un seul L pour ρ à 20 °C.

3 Propriété mécanique : module d'Young

L'idée c'est qu'on part de l'équation des poutres dans laquelle on cherche des modes propres avec les bonnes conditions limite. ça donne une relation implicite qu'on résout numériquement pour trouver la valeur 1.875 pour le mode fondamental. C'est expliqué dans le Jolidon vert.

On en déduit une relation sur la fréquence de ce mode propre fondamental :

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{Ea^2}{12\rho} \frac{1.875^2}{L^2}} \quad (5)$$

avec le module d'Young E , et ρ la masse volumique.

On va donc mesurer la fréquence d'oscillation. On utilise donc un capteur de force parce qu'il est pratique ici et qu'il est linéaire (pas besoin de le calibrer).³



Montage poutre

↩ Jolidon vert p 271

⊖ 5 min

J'ai utilisé la poutre P78.19 au bord de la table, tenue par un serre-joint et des planches. Dessus, on pose l'accéléromètre P96.67. On la fait vibrer et on relève à l'oscilloscope la fréquence de vibration. Il faut aussi un mètre palmer pour mesurer l'épaisseur de la poutre et une règle pour sa longueur.

On fait varier la longueur de la poutre et on fait la bonne régression linéaire pour obtenir E .

Remarques :

- On fixe l'accéléromètre à la base de l'encastrement pour perturber le moins possible la vibration.
- On relève la fréquence pour des vibration faible : on s'intéresse au régime linéaire.
- La doc du poly dit que la poutre est en cuivre mais on en est pas sûr. Dans le doute, je l'ai présentée comme du laiton, un alliage Zn et Cu.

Conclusion

4 Montage surprise passage 10/02



Montrer le principe de biréfringence avec une lame mince et une lame épaisse

Expliquer comment on repère les axes neutres, puis comment on place la lame, le faisceau et les polariseurs pour observer des interférences. Interpréter la figure sur l'écran et expliquer pourquoi on voit des couleurs et pas du blanc. Questions sur les conditions de cohérences polarisatoires.

A noter : les polariseurs fonctionnent bien quand ils sont éclairés en incidence normale.

5 Questions

- **Pour la première manipulation, tu peux détailler ce qu'il y a sur la paillasse? C'est quoi les capteurs?** Ventilateurs, capteurs commerciaux donc peu d'infos à part qu'ils sont linéaires, amplificateur de puissance. *Commentaire de Benjamin Guiselin : "il me semble qu'on peut quand même dire que les capteurs sont à base de 2 transistors NPN et de 2 amplificateurs opérationnels dont l'un sert de comparateur, et l'autre d'amplificateur (à voir dans la notice)"*
- **Quel est le principe de l'effet Peltier?** Lien entre conduction de la chaleur et conduction électrique, parallèle avec l'effet Seebeck
- **Tu as montré les courbes du régime transitoire, tu as dit "le régime permanent est raisonnablement bien établi", commente le mot permanent?** Les grandeurs oscillent au cours du temps quand même mais c'est un régime stable.
- **Remontre les courbes : tu as dit je vais faire un fit sinusoïdal, ça te paraît sinusoïdal?** Non j'aurais pu faire au réticule **Et sans réticule?** TF et amplitude normalisée. **Il vient d'où le terme à 3ω ?** Du terme à ω et à 2ω .
- **Elle vient d'où ton incertitude si tu peux pas en avoir avec le fit des courbes latis pro?** Pas satisfaisante

³. On aurait pu utiliser un micro et relever à l'oscillo la fréquence de vibration. De même, mettre un aimant et un fluxmètre mais l'aimant perturbe la vibration.

- Tu as dit que c'est normal que λ soit plus grand pour la phase que pour l'amplitude, tu peux expliquer pourquoi? Fuites sur les bords du module
- Champ magnétique créé par l'agitation peut interagir avec la bobine? Je l'ai coupé pendant les manips.
- Tu as mesuré ρ_0 , c'est pour la température de la pièce?
- Pourquoi tu as pas pris un bain thermostaté? En fait ce serait plus pertinent de faire ça.
- Mais du coup est-ce que tu es à l'équilibre thermique? Oui car le cuivre est un très bon conducteur thermique.
- Temps de réponse du thermocouple? quelques milisecondes.
- Comment t'as mesuré la section du fil? Fournie par la doc.
- C'est quoi la commande lissage de latis pro? Moyenne glissante
- Pourquoi accéléromètre sur la poutre? On pourrait utiliser un système à partir de bobines mais perturbe la poutre, sinon pour pas du tout perturber avec un micro.
- Comment fonctionne l'accéléromètre? Déformation liée à la force qu'il subit, compression donc variation de la résistance.
- Pour la poutre : sur l'oscillogramme tu as dit je déplace et j'obtiens une fréquence différente en fonction de l'amplitude - tu peux expliquer pourquoi? Frottements de l'air négligeables? Bah on entend le son donc a priori pas négligeable : on dissipe de l'énergie dans l'air. Plus j'ai considéré que le mode fondamental donc pas un profil sinusoïdal. **Ok mais du coup déplacement vers la gauche induit une augmentation de fréquence, or là c'était l'inverse. Donc c'est pas un effet d'harmoniques, pas prévu par le modèle.** Effets non-linéaires pour de trop grandes oscillations.
- Comment t'as mesuré la longueur de la poutre? À la règle. **Mesure de l'épaisseur avec un pied à coulisse? Ça paraît très précis** Après vérification tout va bien.
- Manière particulière de taper sur la règle? Non on veut juste l'exciter **Problème : on peut aussi exciter d'autres modes comme les modes de torsion. Comment tu peux décrire les modes? Est-ce que ce serait problématique, de même gamme de fréquence?** Je pense qu'ils sont à des fréquences plus élevées mais je sais pas.

6 Remarques

- Très beau tableau et dynamisme.
- Mettre les expériences dans l'autre sens et les tourner vers le jury.
- Changer les incertitudes pour la manip 1, là ça va pas.
- Niveau stratégie : Latis pro qui crash ça arrive mais il faut pouvoir sortir une courbe déjà prête au cas où.
- Modes de torsion = équation de d'Alembert.

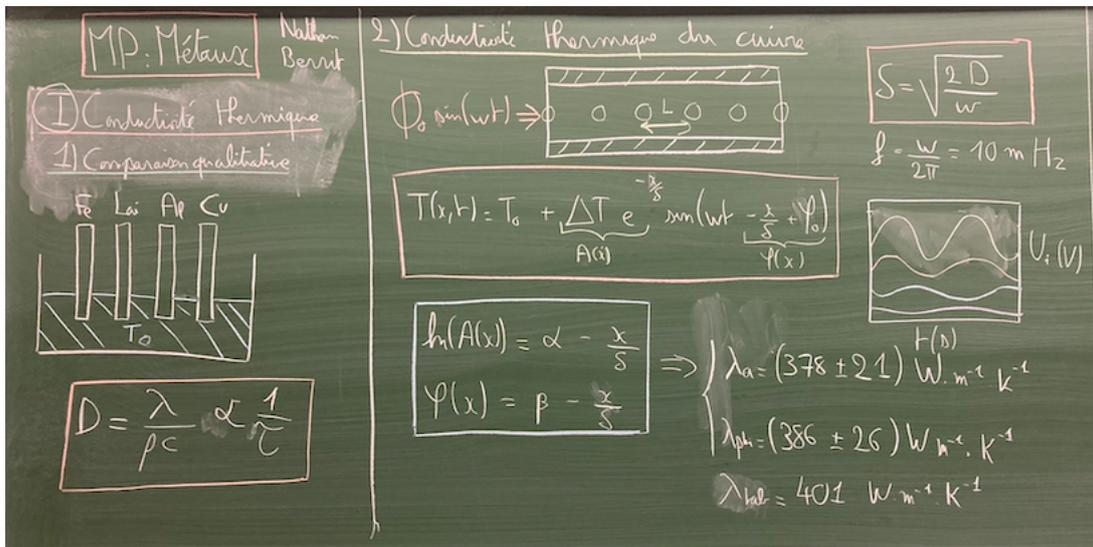


FIGURE 3

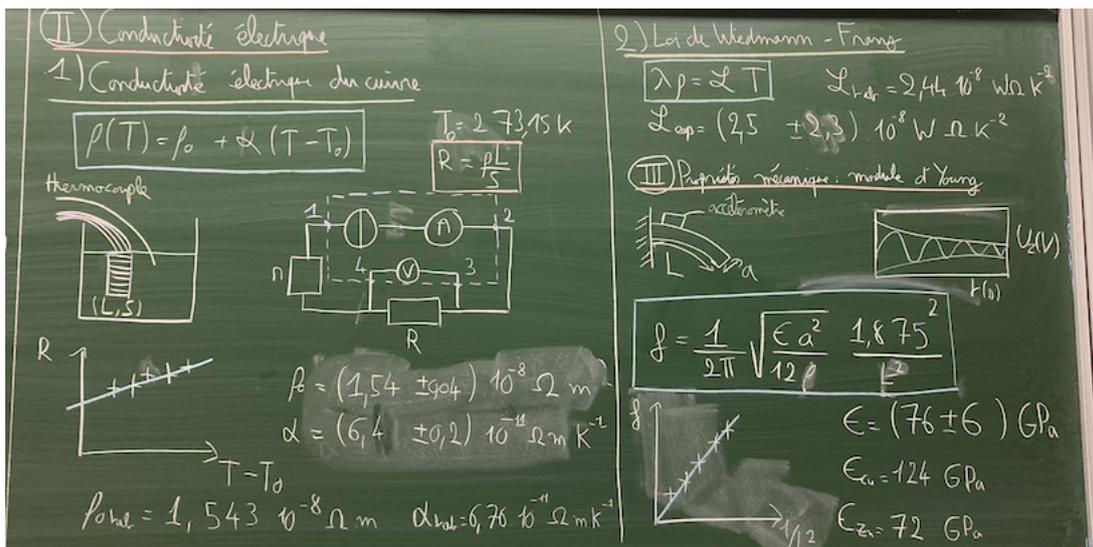


FIGURE 4