

MP17 : Métaux

Bibliographie :

- ☞ *Physique expérimentale–optique, mécanique des fluides, ondes et thermodynamique*, M. Fruchart, P. Lidon, E. Thibierge, M. Champion, A. Le Diffon. [1]
 - ☞ *TP sur les montages courte et longue dérivation* [2]
 - ☞ *Page Wikipédia du module d'Young* [3]
 - ☞ *Le fonctionnement d'un thermocouple* [4]
 - ☞ *Physique expérimentale Jolidon* [5]
- [5] module d'Young p273

Rapports de jury :

2017 : *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. Notons que pour les mesures de résistance, le principe et l'intérêt d'un montage quatre fils doivent être connus : il subsiste une confusion chez de nombreux candidats entre ce montage à quatre fils et la distinction entre courte et longue dérivation. Un montage à quatre points n'a pas pour but de seulement s'affranchir de la résistance des fils, contrairement à ce que pensent de nombreux candidats.*

Table des matières

1	Module de Young des métaux	2
2	Conductivité électrique des métaux	2
3	Conductivité thermique des métaux	3
4	Remarques et questions	4
5	Préparation pour les questions	4

Introduction

Un métal est un matériau dont la cohésion est assurée par des liaisons métalliques : les atomes mettent en commun un ou plusieurs électrons. Les métaux sont la majorité des éléments du tableau périodique [Diapo : tableau périodique](#). Sous les conditions normales de température et pression, les métaux sont en général sous forme solide. Leur structure de cristal ionique et leur gaz d'électrons de conduction leur confèrent des propriétés remarquables comme une grande rigidité, une conductivité thermique et électrique importante.

On lance une première manipulation sur la conduction thermique dans les métaux car cela prend du temps pour faire une acquisition.

Problématique : Quelles sont les grandes caractéristiques des métaux que l'on peut montrer ?

Proposition de plan :

1 Module de Young des métaux

Les métaux sont des matériaux particulièrement rigides. Cela est caractérisé par leur module d'Young. (L'élasticité des métaux permet d'en faire des outils qui peuvent être utilisés sans être déformés de manière irréversible)

✓ Manip : 027.1 : Module d'Young d'un métal

Il existe un extrait du cahier associé à cette manip dans le cas de la mesure avec les ondes ultrasonores.

En préparation : Il n'y a pas de précautions particulières. Il suffit de suivre les instructions du cahier.

En direct : Faire une mesure (**unique ?**) du module d'Young pour une des tiges. On peut faire par exemple pour l'aluminium.

Exploitation : On compare le résultat obtenu à la valeur tabulée mais surtout à des modules d'Young de matériaux non métaux pour mettre en évidence leur grande rigidité.

Transition : Revenir sur le fait que les métaux sont des matériaux particulièrement rigides et leur utilité. Mais on sait également que le cuivre est un métal utilisé dans tous les montages électriques, cela nous invite donc à étudier leur conductivité électrique.

2 Conductivité électrique des métaux

✓ Manip : 060.1 : Conductivité électrique des métaux

Il existe un extrait du cahier associé au montage 4 fils qui permet de faire cette mesure.

En préparation : Il n'y a pas de précautions particulières. Il suffit de suivre les instructions du cahier. On peut également se référer au livre d'ALD.

En direct : Faire une mesure (**unique ?**) de la conductivité pour une des tiges. **Montrer aussi l'intérêt du montage 4 fils en direct ?**

Exploitation : On compare le résultat obtenu à la valeur tabulée mais surtout à des conductivités de matériaux non métaux pour mettre en évidence leur grande conductivité électrique.

Transition : La forte conductivité électrique des métaux est aussi un signe qu'il pourront aussi être de bons conducteurs thermiques.

3 Conductivité thermique des métaux

✓ Manip : 059.1 : Conductivité thermique des métaux

Il existe un extrait du cahier associé au montage.

En préparation : **ATTENTION** Il faut absolument lancer le chauffage de la barre au moins deux heures avant de l'utiliser pour que le régime permanent soit établi. On peut également se référer au livre d'ALD.

En direct : On fait une mesure de la décroissance en température reçue.

Exploitation : On en déduit leur conductivité thermique à comparer avec des non métaux.

Regarder la théorie dans le livre d'ALD.

Conclusion :

On a pu vérifier les propriétés remarquables des métaux : rigide, de bons conducteurs électriques et thermiques. Ouverture possible : parler des semi-conducteurs : On peut ouvrir sur les semi-conducteurs qui ont des propriétés intermédiaires entre métaux et non métaux. Revenir sur le tableau périodique.

4 Remarques et questions

Remarques :

• **Montage 4 fils** : On veut mesurer une résistance, on utilise un Ohmètre. L'Ohmètre se sert de la loi d'Ohm $R = \frac{U}{I}$ pour calculer R. Il fait passer un courant dans R et mesure sa tension. Pour que la mesure soit précise il faut que :

- Le courant qui passe dans la résistance soit faible (On évite les pertes par effet Joule)
- Le courant qui passe dans la résistance soit assez important pour qu'on ait une mesure précise !

Pas de problème pour mesurer des fortes résistances, cependant un Ohmètre mesure la tension **entre ses bornes**. Il prend donc en compte la résistance des soudures + fils, non négligeable lorsqu'on mesure une petite résistance. D'où l'utilisation du **montage 4 fils** et non 2 fils.

La mesure directe d'une résistance nécessite de la mettre hors circuit. Si cela est possible, il s'agit de la méthode la plus rapide et pratique. Si l'on ne peut couper l'alimentation du circuit, la mesure indirecte d'une résistance à l'aide de la loi d'ohm reste la seule possible. Il faut alors choisir le montage qui minimisera les erreurs systématiques introduites par les instruments de mesure.

• **Montage longue dérivation** : On mesure la tension aux bornes de R et de l'ampèremètre. A utiliser si on veut mesurer des résistances grandes devant celle de l'ampèremètre.

• **Montage courte dérivation** : On mesure la tension aux bornes de R. A utiliser si on veut mesurer des résistances faibles devant celle du voltmètre.

Questions :

5 Préparation pour les questions

Lien conductivité thermique et électrique :

- ☞ lien conductivité thermique/électrique pour un métal? loi de Wiedmann-Franz : $\lambda/\sigma T =$ cste pour les métaux; ne surtout pas essayer de la vérifier (avec le matériel de Cachan, on n'a pas λ et σ à la même température; peut-être possible avec matériel de Lyon); contre-exemple : le diamant (bon conducteur thermique, mauvais conducteur électrique)

Tableau de l'année

MP17: Mécanique

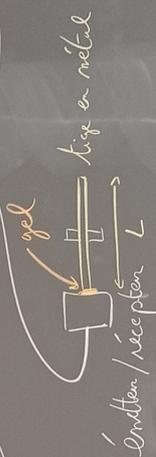
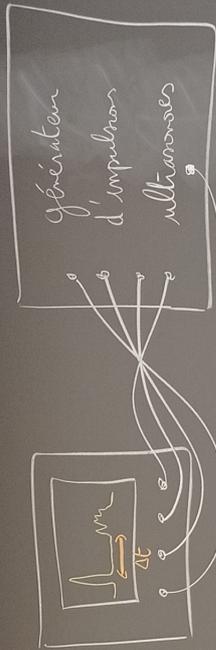
I - Module d'Young des métaux

La déformation d'un métal suit une équation de D'Alembert

$$\frac{\partial^2 \xi}{\partial x^2} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \xi}{\partial t^2} = 0 \quad \text{où } c = \sqrt{\frac{E'}{\rho}}$$

E' : Module d'Young
 ρ : masse volumique

$$E = \rho \left(\frac{2L}{\Delta L} \right)^2 \quad \Delta E = \sqrt{\left(\frac{\Delta \rho}{\rho} \right)^2 + \left(\frac{2\Delta L}{L} \right)^2 + \left(\frac{2\Delta(\Delta L)}{\Delta L} \right)^2}$$



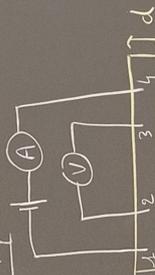
$$E_{Al, \text{tab}} = 62 \text{ GPa} \quad E_{Al, \text{exp}} = \pm \text{ GPa}$$

$$E_{acier, \text{tab}} \approx 210 \text{ GPa} \quad E_{acier, \text{exp}} = \pm \text{ GPa}$$

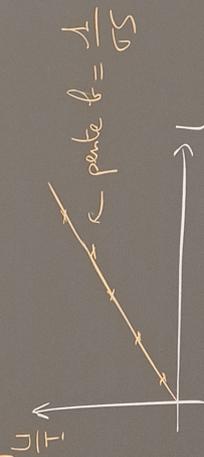
II - Conductivité électrique

loi d'Ohm: $\frac{U}{I} = \frac{L}{\sigma S}$

Montage 4 fils:



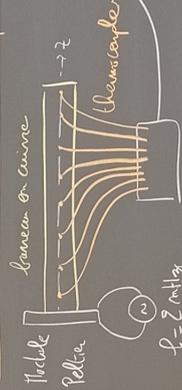
σ : conductivité électrique



$$\sigma_{Al, \text{tab}} = 37,7 \cdot 10^6 \text{ S.m}^{-1} \quad \sigma_{Al, \text{exp}} = \pm \text{ } \cdot 10^6 \text{ S.m}^{-1}$$

$$\sigma_{Cu, \text{tab}} = 59,6 \cdot 10^6 \text{ S.m}^{-1} \quad \sigma_{Cu, \text{exp}} = \pm \text{ } \cdot 10^6 \text{ S.m}^{-1}$$

III - Conductivité thermique



Dans le banc: $T(z,t) = T_0 + a e^{-\frac{z}{\delta}} \cos(\omega t - \frac{z}{\delta})$

où $S = \sqrt{\frac{2D}{\omega}}$ et $D = \frac{\lambda}{\rho c_a}$ λ : conductivité thermique
 où $\lambda = \rho c_a \pi \delta^2$ c_a : capacité thermique massique
 $\lambda_{Cu, \text{exp}} = \left(\pm \right) \text{ W.m}^{-1}\text{K}^{-1}$ $\lambda_{Cu, \text{tab}} = 390 \text{ W.m}^{-1}\text{K}^{-1}$

$$\omega_m(l)l = C_m E \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$C_0 = 3,516$$

$$\omega_0(l) = \frac{C_0}{\rho} E \sqrt{\frac{E}{\rho}}$$

$$\omega_0(l) = \frac{1}{l^2} C_0 \sqrt{\frac{I E}{A \rho}}$$

$$E = \sqrt{\frac{I}{A \rho}}$$

$$I = e^3 b / 12$$

$$A = ab$$

$$\begin{aligned} \omega_0(l) &= \frac{1}{l^2} C_0 \sqrt{\frac{e^3 E}{12 \rho}} \\ &= 2\pi f \end{aligned}$$

$$b_{\text{reg}} = C_0 \sqrt{\frac{e^3 E}{12 \rho}} \times \frac{1}{2\pi}$$

$$\begin{aligned} \rightarrow E &= b_{\text{reg}}^2 \times \frac{12 \rho}{e^3} \times \frac{1}{C_0^2} \times (2\pi)^2 \\ &= 120 \text{ GPa} \end{aligned}$$