Jean-Baptiste
Morgane

15/04/2011

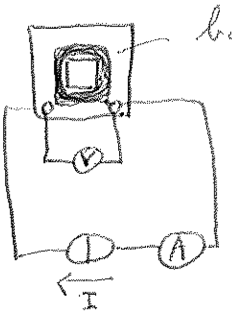
# MP17 : Métaux

<u>Intro</u> : Les métaux recouvrent un grand nombre d'éléments de la classification périodique qui ont des caractéristiques communes : conduction électrique et thermique, caractère maléable et ductile, propriétés optiques (réflexion métallique). Nous allons étudier ici quelques unes de ces propriétés et mesurer les grandeurs caractéristiques associées.

## I] Conduction électrique

→ propriété commune due à la structure électronique : présence d'électrons libres

### 1°/ Mesure de la conductivité du cuivre




bobine MAF S43 1000 spires $\phi = 0{,}8$ mm

Avec un courant continu on mesure I traversant la bobine et U à ses bornes puis on utilise la jolie loi d'Ohm...

$$\boxed{\sigma = \frac{I\ell}{SU} = \frac{4\ell I}{U\pi\phi^2}}$$

$U = \quad \pm \quad V$ | $\frac{\Delta U}{U} \sim 0{,}1\%$

$I = \quad \pm \quad mA$ | $\frac{\Delta I}{I} \sim 0{,}1\%$ notice

Les plus grosses incertitudes sont sur les caractéristiques géométriques de la bobine.

$$\left.\begin{array}{l} \ell_- = 21\text{ cm} \\ \ell_+ = 32\text{ cm} \end{array}\right\} \left.\begin{array}{l} \ell_{spire} = 26{,}5 \pm 0{,}5\text{ cm} \\ N = 1000 \pm 2\text{ spires} \end{array}\right\} \ell = 265 \pm 6\text{ m} \qquad \frac{\Delta\ell}{\ell} = 2{,}3\%$$

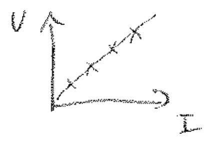
$\phi = 0{,}8 \pm 0{,}01$ mm $\qquad \frac{\Delta\phi}{\phi} = 1{,}25\%$

$$\frac{\Delta\sigma}{\sigma} = \frac{\Delta\ell}{\ell} + 2\frac{\Delta\phi}{\phi} + \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta U}{U} \sim 4\% \Rightarrow \boxed{\sigma = \quad \pm \quad S.m^{-1}}$$

Remarques : * $\sigma_{tab} = 5{,}96 \times 10^7\ S.m^{-1}$

* Pour pouvoir s'affranchir des résistances de contact, il faut essayer de se rapprocher au maximum d'un montage à "4 fils"

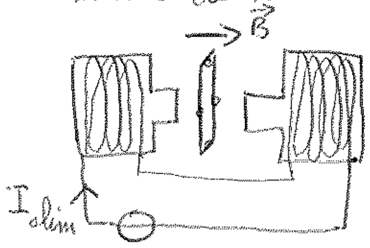
* Pour illustrer le caractère constant de $\sigma$, on trace

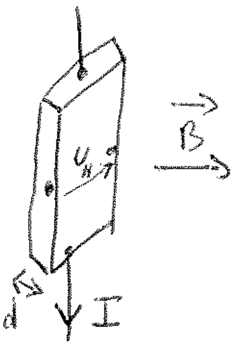



(gamme de 10 à 500 mA OK)

## 2°/ Mesure de la densité de porteurs - Effet Hall

Le but est d'obtenir une estimation du nombre d'électrons libres par unité de volume.




$$\boxed{n = \frac{I\,B}{U_H\,d\,q}}$$

On utilise la plaquette d'Ag ($I_{max} = 20\,A$)

$d = 5 \times 10^{-5}$ m $\left(\frac{\Delta d}{d} \sim 10\%\ !\right)$

Comme l'argent est un excellent conducteur, on obtient de très faibles tensions qu'il faut mesurer avec un $\mu$-voltmètre (celui à aiguille).

On veut aussi B maximum et I maximum (alimentation à travers un rhéostat $I_{max} = 10\,A$).

$I = \quad \pm \quad A$ | $\frac{\Delta I}{I} \sim 0{,}1\%$ → multimètre

$U_H = \frac{U_H^+ - U_H^-}{2} = \quad \pm \quad \mu V$ | $\frac{\Delta U_H}{U_H} \sim \frac{1}{10} = 10\%$ → $\mu$-voltmètre avec fils torsadés pour éviter les tensions parasites

$B = \frac{B^+ - B^-}{2} = \quad \pm \quad mT$ | $\frac{\Delta B}{B} \sim \frac{5}{500} = 1\%$ → Teslamètre à effet Hall : penser à préciser son ~~mode de~~ fonctionnement.

Pour s'affranchir des tensions de décalage dues aux soudures non parfaitement alignées, on mesure $U_H$ avec la plaquette dans un sens puis dans l'autre (avec le même courant !). Idem pour la mesure de B au Teslamètre.

$$\frac{\Delta n}{n} = \frac{\Delta I}{I} + \frac{\Delta d}{d} + \frac{\Delta U_H}{U_H} + \frac{\Delta B}{B} \sim 25\%$$

$$\boxed{n = \quad \pm \quad m^{-3}}$$

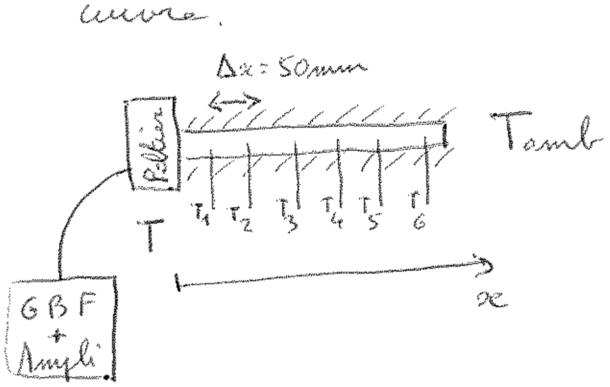
Remarques :
* $n_{tab} = 8 \times 10^{28}\ m^{-3}$ soit environ $1 e^-$ libre / atome
* Les tensions mesurées sont à comparer aux tensions dues aux jonctions de métaux (effet Seebeck)
* Avec cet ordre de grandeur on peut remonter aux propriétés optiques avec $\omega_p = \sqrt{\frac{ne^2}{m\varepsilon_0}}$

# II] Conduction thermique

→ propriété liée également à la mobilité des électrons pour les métaux

→ cf loi de Wiedmann-Franz $\frac{\lambda}{\sigma} = LT$ (L : constante de Lorentz)

Nous allons déterminer dans cette partie la conductivité thermique du cuivre.




On s'intéresse à la propagation d'ondes de chaleur dans un milieu considéré comme semi-infini. Le module Peltier impose une température en $x=0$ de la forme

$T = T_{amb} + A\cos(\omega t)$

La résolution de l'équation de la chaleur $\left(\frac{\partial T}{\partial t} = \frac{\lambda}{\rho c}\Delta T\right)$ donne une solution de la forme $T(x,t) = T_0 + T' e^{-\frac{x}{\delta}} \cos\left(\omega t - \frac{x}{\delta}\right)$ avec $\delta = \sqrt{\frac{2\lambda}{\rho c \omega}}$

Une fois le régime stationnaire atteint, on lance une acquisition (Synchronie) pour les 6 capteurs de température. Il faut vérifier que le milieu peut être considéré comme semi-infini, c'est à dire que $T_6$ reste quasiment inchangée. (10 mHz et $-4A \Leftrightarrow +4A$ sur l'ampli, sont des paramètres qui conviennent). Ensuite plusieurs méthodes peuvent être utilisées pour exploiter les données et déterminer $\delta$ (épaisseur de peau) et ainsi déterminer $\lambda$ (conductivité thermique).

→ mesure de la vitesse de phase $v_\varphi = \frac{\Delta x}{\Delta t} = \omega\delta \Rightarrow \delta =$
c'est facile à réaliser, on peut le faire si on ne dispose que d'une période mais c'est peu précis

→ méthode du déphasage. Si on dispose d'au moins 5 périodes, on peut faire un ajustement de type cosinus sur chaque courbe. On compare alors les phases à l'origine $\Delta\varphi = \frac{\Delta x}{\delta} \Rightarrow \delta =$
C'est ce que j'ai fait en moyennant tous les déphasages possibles obtenus en préparation.

→ méthode de l'atténuation : $\underbrace{2T' e^{-\frac{x}{\delta}}}_{\text{mesure de l'amplitude}} = f(x) \Rightarrow \ln 2T' + \frac{x}{\delta} = y$ (régression)

Pb : ne marche que sur 3 ou 4 points (capteurs), sans doute à cause des pertes

---

OdG : $\delta = 8{,}5$ cm $\Rightarrow \lambda = 370$ $W.m^{-1}K^{-1}$ $\quad \Delta\lambda \sim 70$ $W m^{-1} K^{-1}$

$\Delta(\Delta\varphi) \sim 5°$ et $\frac{\Delta(\Delta\varphi)}{\Delta\varphi} \sim 10\%$ $\quad \frac{\Delta(\Delta x)}{\Delta x} = \frac{1}{50} = 2\%$ $\quad \left(\frac{\Delta\lambda}{\lambda} = 2\frac{\Delta\delta}{\delta}\right)$

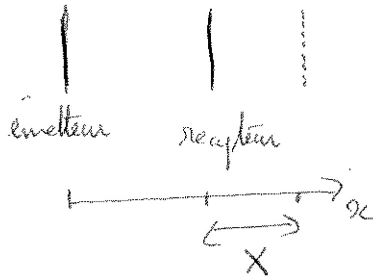
Remarques : * $\lambda_{Cuivre}(300K) = 398\ W.m^{-1}.K^{-1}$

* Il est conseillé de faire l'acquisition longue (5 ou 6 périodes) pendant la présentation.

# III] Propriétés mécaniques

## 1°) Célérité du son dans le Dural

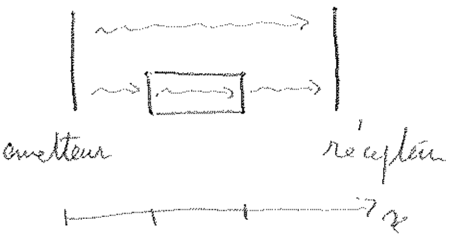
Dans l'eau :




Pour deux positions du récepteur, on relève le temps de vol. Soit T la différence.

$$C_{eau} = \frac{X}{T} \qquad \frac{\Delta C_{eau}}{C_{eau}} = \frac{\Delta X}{X} + \frac{\Delta T}{T}$$

Dans le Dural :




On compare les temps de parcours dans l'eau seule et l'eau/Dural/eau.

$$\Delta t = L\left(\frac{1}{c_{eau}} - \frac{1}{c_{Dural}}\right)$$

$$c_{Dural} = 1 \Big/ \left(\frac{1}{c_{eau}} - \frac{\Delta t}{L}\right)$$

Le calcul d'incertitude est un peu pénible et peu intéressant car on n'obtient de toute manière une mesure peu précise.

## 2°) Module d'Young

Dans un solide, les ondes de compression se propage à une vitesse dépendant du module d'Young $c \simeq \sqrt{\frac{E}{\rho}}$

Avec $c_{Dural} \simeq 6\,000\ m.s^{-1}$ et $\rho_{Dural} \simeq 7\,000\ kg.m^{-3} \Rightarrow E \sim 10^{11}\ Pa$

Remarques : * C'est pas une caractéristique propre des métaux, il doit y avoir d'autre manip plus caractéristiques (caractère malléable et ductil de Sn par exemple)

* Il faut faire attention entre les ondes de compression et de cisaillement.

Conclusion : Les métaux possèdent de très nombreuses propriétés que nous utilisons à la fois dans la vie quotidienne que dans l'industrie.