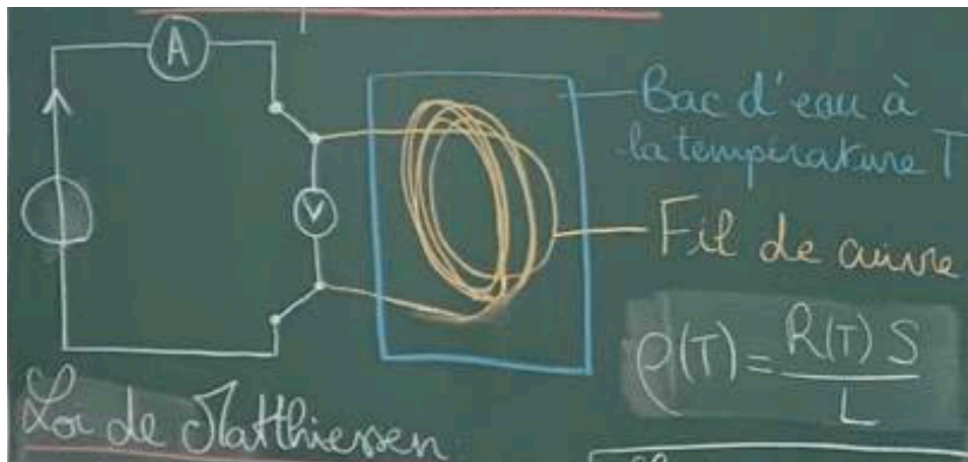
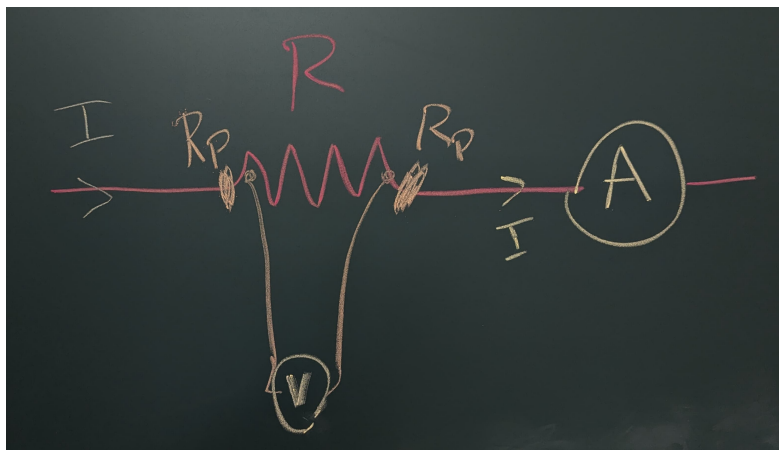


Manip 1 : conductivité Cuivre avec T (montage 4 points)

Référence : Poly de TP - Série 0 - Mesures électriques (Electronique de base)



Pour mesurer la résistance réelle du fil de cuivre, il faut utiliser une mesure dite "4 points"



L'Ohmètre est un générateur de courant. Il envoie un courant (connu) et mesure la tension et par ces 2 données, il obtient R.

Pour un montage à 2 fils, le courant passe aussi dans les fils de mesure, donc la tension mesurée : $U = RI + 2R_p$ avec R_p la résistance de contact (aux points de soudure ou de connexion par les câbles croco par exemple). Cela fausse la mesure si R est faible. Ici par exemple $L = 1\text{m}$, $S = 1\text{mm}^2$ et $\rho_{\text{Cu}} = 1.68 \times 10^{-8} \Omega\text{m}$ donc $R = 0.017\Omega$!!! La résistance des soudures est $R_p \sim \text{m}\Omega$..

Avantage de la mesure à 4 points :

- Deux fils d'alimentation (courant I) imposent le courant dans le fil où on fait la mesure. Le courant n'est pas affecté par les soudures car l'ohmmètre est un générateur de courant donc il impose un courant fixé
- Deux autres fils, branchés à un voltmètre (idéalement à forte impédance "infinie"), mesurent uniquement la tension aux bornes du fil, sans faire circuler de courant significatif (donc sans chute de tension due aux R_p). Donc même si pour ces 2 câbles il y a aussi des soudure mais puisque le courant ne passe pas dans ces 2 câbles (impédance infinie) donc la tension n'est pas affectée par ces soudures.

Résultat : $U = RI$ avec $R = \rho \frac{L}{S}$ et la conductivité $\sigma = \frac{1}{\rho}$

La loi de Matthiessen exprime que la résistivité totale d'un métal est la somme de deux contributions : $\rho(T) = \rho_0 + \rho_{ph}(T)$

- ρ_0 la résistivité résiduelle, due aux impuretés, défauts cristallins, etc. Elle est indépendante de la température.
- $\rho_{ph}(T)$ résistivité thermique, due aux interactions avec les vibrations du réseau (phonons). Elle dépend de T , souvent de manière linéaire pour les métaux simples (comme Cu, Al, Ag) à température ambiante (de 200 K à 600 K environ) : $\rho_{ph}(T) \propto T$

Alors en théorie : $\rho(T) = \rho_0 + aT$

La forme utilisée en pratique autour d'une température de référence ($T_0 = 20^\circ\text{C} = 293\text{K}$)

$$\rho(T) = \rho(T_0) [1 + \alpha(T - T_0)]$$

En dessous de 100 K, la dépendance de T devient non linéaire :

$\rho_{ph} \propto T^5$ **Loi de Bloch-Grüneisen**

Exemple pour le Cu :

- $\rho(T_0) = 1.68 \times 10^{-8} \Omega \cdot \text{m}$
- $\alpha = 3.9 \times 10^{-3} \text{K}^{-1}$

** **Métal simple** = dont les e^- de conduction se comportent comme un gaz d'électrons libres (modèle de Drude ou Sommerfeld) + une structure cristalline simple (souvent cubique) + sans interactions électroniques complexes (pas de bandes d ou f partiellement remplies)

Ex : Ag ($5s^1$) qui est le meilleur conducteur électrique connu suivi de Cu ($4s^1$).

Al a 3 e^- de valence mais sa conduction est bien décrite par le modèle libre

** **Les métaux complexes** = où les e^- ne sont pas libres + interactions importantes entre e^- + bandes d ou f partiellement remplies

Donc les modèles simples ne prédisent pas correctement leur comportement.

Ex : Fe (e^- dans bande d donc interaction entre e^- + effet magnétique) / Terre rares (e^- dans f \rightarrow effet quantique) / Supraconducteurs (non décrits par Drude ni Sommerfeld)

Protocole :

On cherche à vérifier la loi de Matthiessen : $\rho(T) = \rho(T_0) [1 + \alpha(T - T_0)]$

- On utilise un multimètre moderne spécial pour les 4 points et mesurer R (4w)
- On utilise un bassin d'eau contenant le fil de cuivre (pour avoir une T homogène)
- J'utilise un thermocouple pour la T

la valeur tabulée est à 20°C donc vaut mieux mesurer R entre 10 et 50°C par exemple pour être linéaire autour de la valeur théorique. Pour cela utiliser une bouilloire + glaçon.

Il faut agiter pour obtenir une équilibre thermique

vaut mieux ici prendre des points en chauffant et pas en refroidissant car c'est plus rapide (le refroidissement est lent)

- Sur Qtiplot, je transforme $R(T)$ en $\rho(T)$ par $\rho(T) = R(T) \frac{S}{L} = R(T) \frac{\pi r^2}{L}$
- J'ajuste $\rho(T)$ par la loi de Matthiessen et j'obtiens ρ_0 et la conductivité $\sigma_0 = \frac{1}{\rho_0}$

En choisissant dans le multimètre R-2W (wire) on trouve 0.5 Ω alors qu'avec R-4W c'est 0.025 Ω . Donc les R_p parasites sont énormes (presque 20 fois plus !)

Réserve : ENSP 4015

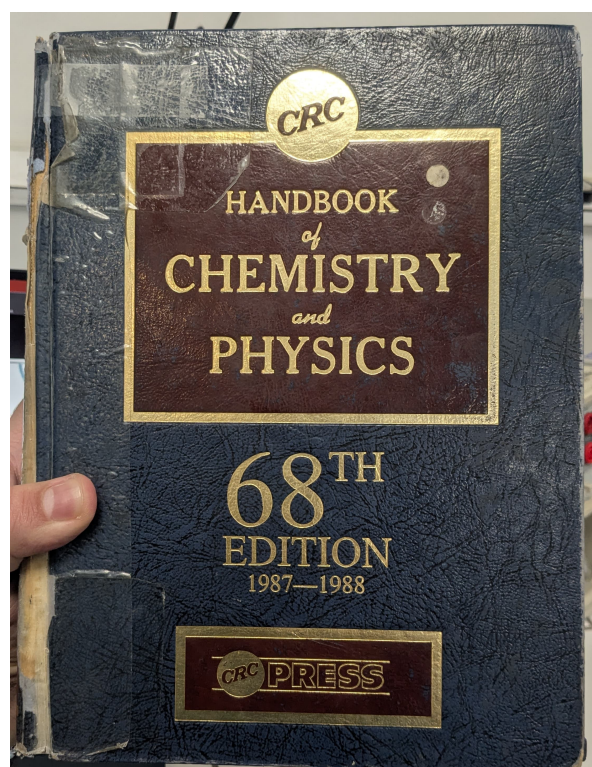
La longueur du cuivre est $L = 8m$

Le diamètre est 3mm donc $r = 1.5mm$

On doit trouver des valeurs autour de $R \sim 0.02\Omega$

La résistivité à 20°C : $\rho = 1.678 \times 10^{-8} \Omega m$ (selon le Handbook page F-122)

Incertitude multimètre 4 fils = notice 551 p.210-217-218



Choisir R-4w
(Pour 4 wires)

