

Conductivité électrique

DETERMINER LA CONDUCTIVITE ELECTRIQUE DU CUIVRE ET DE L'ALUMINIUM

- Mesure de la chute de tension U en fonction de la distance d entre les points de contact pour un courant d'intensité I fixe.
- Mesure de la chute de tension U en fonction de l'intensité de courant I pour une distance d fixe entre les points de contact.
- Calcul de la conductivité électrique du cuivre et de l'aluminium et comparaison avec les valeurs définies dans la littérature.

UE3020200

07/16 UD

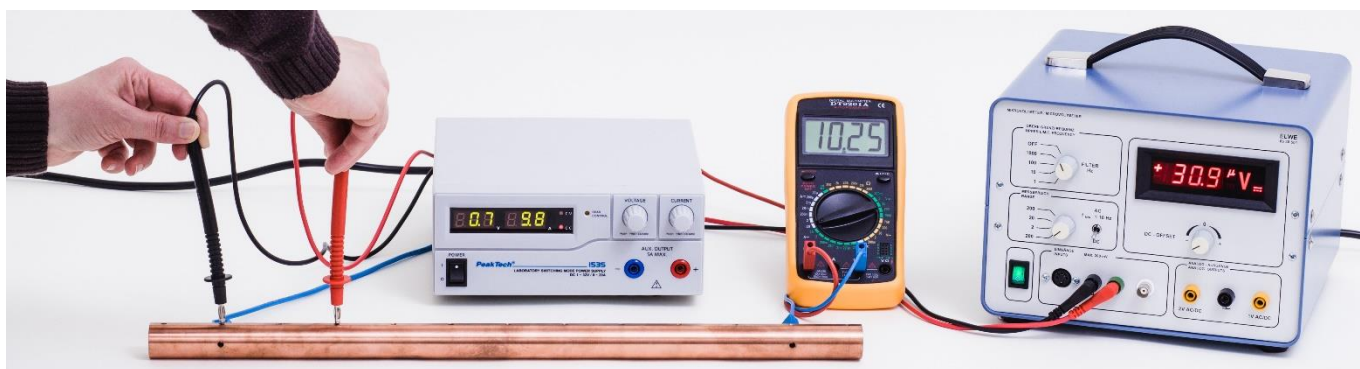


Fig. 1: Disposition pour mesure

NOTIONS DE BASE GENERALES

La conductivité électrique d'un matériau dépend fortement de ses propriétés physiques. Elle se définit comme facteur de proportionnalité entre l'intensité du courant et le champ électrique dans le matériau étudié. Dans les métaux, elle est déterminée par le nombre d'électrons présents dans la bande de conduction et de leur mobilité, et elle est influencée par la température.

De la relation

$$(1) \quad j = \sigma \cdot E$$

j : intensité du courant, E : champ électrique.

Dans le cas d'un conducteur métallique de section A et de longueur d , on en déduit entre le courant I traversant le conducteur et la tension U diminuant le long du trajet d la relation suivante :

$$(2) \quad I = j \cdot A = A \cdot \sigma \cdot \frac{U}{d}$$

Cette relation est utilisée pour l'expérience sur la conductivité de barres en métal par la méthode de mesure en quatre fils

(Fig. 2). Pour cela, on applique un courant d'intensité I via deux branchements et on mesure la chute de tension U qui en résulte entre deux points de contact séparés par un intervalle d . Étant donné qu'on connaît la valeur de la section A , on peut calculer .

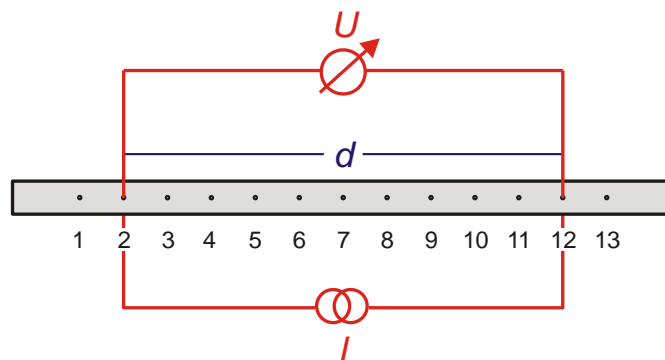


Fig. 2: Représentation schématique de la mesure en 4 fils

LISTE DES APPAREILS

| | |
|--|------------------------|
| 1 Barre conductrice de chaleur (Al) 1017331 (U8498292) | |
| 1 Barre conductrice de chaleur (Cu) 1017330 (U8498291) | |
| 1 Alimentation CC1 - 32 V, 0 – 20 A @230V | 1012857 (U11827-230) |
| ou | |
| 1 Alimentation CC1 – 32 V, 0 – 20 A @115V | 1012858 (U11827-115) |
| 1 Microvoltmètre @230V | 1001016 (U8530501-230) |
| ou | |
| 1 Microvoltmètre @115V | 1001015 (U8530501-115) |
| 1 Multimètre numérique E | 1006809 (U8531050) |
| 1 Jeu de 15 cordons à reprise arrière 2,5 mm ² | 1002841 (U13801) |

MONTAGE

- Poser la barre conductrice de chaleur en cuivre ou en aluminium sur un support isolant.
- Relier la prise de sortie « - » à l'arrière du bloc d'alimentation au trou latéral se trouvant à hauteur du deuxième point de mesure de la barre conductrice de chaleur (Fig. 2). Relier la prise de sortie « + » à l'arrière du bloc d'alimentation au trou latéral se trouvant à hauteur du douzième point de mesure de la barre conductrice de chaleur. Monter le multimètre numérique pour la mesure du courant en série entre les deux.
- Court-circuiter l'entrée du microvoltmètre et régler l'affichage à zéro à l'aide du régulateur d'offset CC. Vérifier régulièrement le réglage à zéro au cours des mesures.
- Brancher deux pointes de mesure aux douilles de sécurité 4 mm d'entrée du microvoltmètre.
- Sur le microvoltmètre, régler la fréquence critique supérieure sur « OFF » à l'aide du régulateur rotatif « Filtre Hz » et la plage de mesure jusqu'à 200 μV CC.

REALISATION

Notes :

Respecter la charge maximale de 20 A du bloc d'alimentation.

Des tensions thermoélectriques aux points de mesure peuvent restreindre la précision de mesure.

L'écart relatif entre les points de mesure voisins s'élève à $d_{N+1} - d_N = 4$ cm, soit à $d_{N+k} - d_N = k \cdot 4$ cm.

Dépendance de l'écart

- Régler le bloc d'alimentation de manière à ce qu'un courant $I \approx 10$ A traverse la barre conductrice de chaleur. Lire la valeur sur le multimètre et la noter.
- Toucher le deuxième point de mesure ($N = 2$) la pointe de mesure qui est branchée à la douille de masse du microvoltmètre.
- Toucher successivement les troisième au douzième points de mesure avec l'autre pointe de mesure, lire les tensions U sur le microvoltmètre et les noter dans le Tab. 1.

Dépendance du courant

- Augmenter le courant de 1 A à 10 A sur le bloc d'alimentation en pas de 1 A. Lire les valeurs sur le multimètre et les noter dans le Tab. 2.
- À chaque étape de mesure, mesurer la tension entre les deuxième et douzième points de mesure ($d = 40$ cm) avec les pointes de mesure (attention à la polarité), lire les valeurs sur le microvoltmètre et les noter dans le Tab. 2.

EXEMPLE DE MESURE

Tab. 1 : Tensions mesurées en fonction de l'écart des points de mesure, $I = 9,92$ A (cuivre) et 9,90 A (aluminium).

| N | d = d _N - d ₂ | U / μV | |
|----|-------------------------------------|-------------------|-----------|
| | | Cuivre | Aluminium |
| 3 | 4 cm | 15,2 | 37,3 |
| 4 | 8 cm | 29,1 | 75,6 |
| 5 | 12 cm | 40,7 | 113,8 |
| 6 | 16 cm | 58,6 | 151,2 |
| 7 | 20 cm | 69,6 | 187,4 |
| 8 | 24 cm | 82,5 | 231,0 |
| 9 | 28 cm | 98,4 | 266,0 |
| 10 | 32 cm | 113,9 | 303,0 |
| 11 | 36 cm | 128,6 | 345,0 |
| 12 | 40 cm | 140,7 | 382,0 |

Tab. 2 : Tensions mesurées en fonction du courant, $d = 40$ cm.

| Cuivre | | Aluminium | |
|--------|-------------------|-----------|-------------------|
| I / A | U / μV | I / A | U / μV |
| 1,01 | 14,4 | 1,01 | 40,5 |
| 2,00 | 27,5 | 2,00 | 80,7 |
| 2,99 | 41,3 | 2,99 | 118,6 |
| 3,99 | 52,5 | 4,00 | 154,7 |
| 4,99 | 67,3 | 4,99 | 194,6 |
| 5,99 | 82,5 | 5,99 | 230,0 |
| 6,99 | 95,4 | 6,99 | 269,0 |
| 7,99 | 112,7 | 7,99 | 312,0 |
| 8,99 | 128,3 | 8,99 | 344,0 |
| 9,91 | 139,7 | 9,91 | 382,0 |

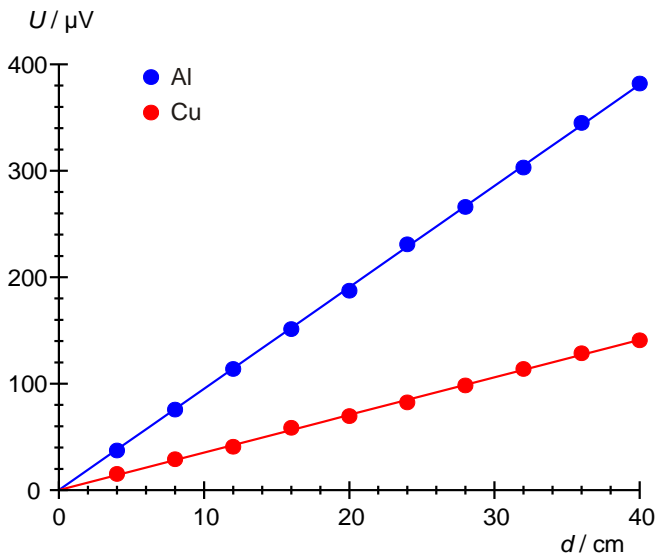


Fig. 3: Diagramme U-d pour le cuivre et l'aluminium

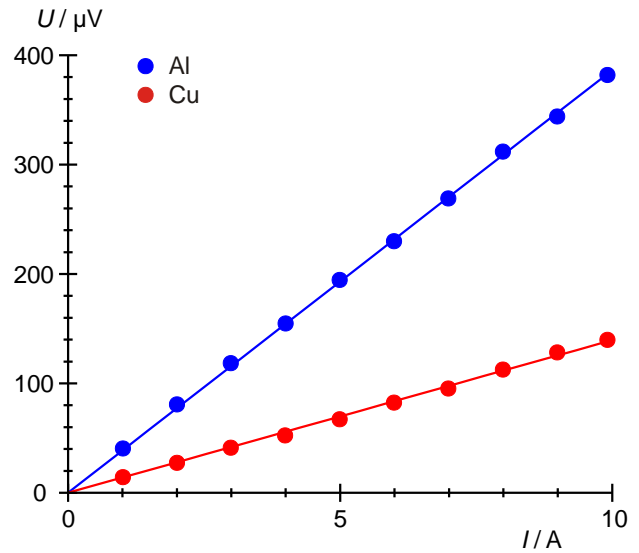


Fig. 4: Diagramme U-I pour le cuivre et l'aluminium

EVALUATION

Dépendance de l'écart

- Tracer les tensions mesurées U (Tab. 1) dans un diagramme en fonction des écarts d pour la barre conductrice de chaleur en cuivre et en aluminium (Fig. 3) et adapter à chaque fois une droite aux points de mesure.

Remarque :

Les tensions de contact entre la pointe de mesure et la barre de métal peuvent éventuellement entraîner un décalage des droites par rapport à l'origine.

La pente des droites obtenues est donnée par l'équation (2) :

$$(3) \quad \alpha = \frac{I}{A \cdot \sigma}$$

Étant donné qu'on connaît I et A, on peut calculer la conductivité :

$$(4) \quad \sigma = \frac{I}{A \cdot \alpha} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{9,92 \text{ A}}{490 \text{ mm}^2 \cdot 3,53 \frac{\mu\text{V}}{\text{cm}}} = 57 \cdot 10^6 \frac{\text{S}}{\text{m}} \quad (\text{Cu}) \\ \frac{9,92 \text{ A}}{490 \text{ mm}^2 \cdot 9,53 \frac{\mu\text{V}}{\text{cm}}} = 21 \cdot 10^6 \frac{\text{S}}{\text{m}} \quad (\text{Al}) \end{array} \right\}$$

Dépendance du courant

- Tracer les tensions mesurées U (Tab. 2) dans un diagramme en fonction du courant I pour la barre conductrice de chaleur en cuivre et en aluminium (Fig. 4) et adapter à chaque fois une droite aux points de mesure.

Remarque :

Les tensions de contact entre la pointe de mesure et la barre de métal peuvent éventuellement entraîner un décalage des droites par rapport à l'origine.

La pente des droites obtenues est donnée par l'équation (2) :

$$(5) \quad \beta = \frac{d}{A \cdot \sigma}$$

Étant donné qu'on connaît d et A, on peut calculer la conductivité :

$$(6) \quad \sigma = \frac{d}{A \cdot \beta} = \left\{ \begin{array}{l} \frac{40 \text{ cm}}{490 \text{ mm}^2 \cdot 13,96 \frac{\mu\text{V}}{\text{A}}} = 58 \cdot 10^6 \frac{\text{S}}{\text{m}} \quad (\text{Cu}) \\ \frac{40 \text{ cm}}{490 \text{ mm}^2 \cdot 38,63 \frac{\mu\text{V}}{\text{A}}} = 21 \cdot 10^6 \frac{\text{S}}{\text{m}} \quad (\text{Al}) \end{array} \right\}$$

Le résultat de la mesure pour le cuivre correspond très bien à la valeur empirique pour du cuivre pur $\sigma = 58 \cdot 10^6 \text{ S/m}$. Quant à l'aluminium, la comparaison du résultat avec la valeur empirique pour l'aluminium pur $\sigma = 37 \cdot 10^6 \text{ S/m}$ montre que la barre conductrice utilisée n'est pas constituée de matière pure, mais d'un alliage d'aluminium.

Remarque :

L'expérience décrite ici utilise les mêmes barres métalliques que celles utilisées dans l'expérience UE2020100 sur la conductivité thermique. La baisse de tension est mesurée entre deux points de mesure au moyen de pointes de sondes qui peuvent également être utilisés pour relever la température le long des barres.

En comparant les valeurs mesurées avec celles obtenues au cours de l'expérience UE2020100 sur la conductivité thermique, il est possible de confirmer la loi de Wiedemann-Franz. Cette loi décrit la relation proportionnelle entre la conductivité thermique λ et la conductivité électrique σ de métaux possédant un facteur de proportionnalité universel L (nombre de Lorentz) qui dépend de la température :

$$(7) \quad \frac{\lambda}{\sigma} = L(T) \cdot T$$

T: température

