



OBJECTIF
Enregistrer les caractéristiques de différents thermocouples et déterminer leur sensibilité

EXERCICES

- Mesurer la tension thermoélectrique U_{th} en fonction de la température T_1 et confirmer le rapport linéaire pour trois thermocouples différents.
- Déterminer les sensibilités S résultant des diagrammes $U_{th}(T_1)$.
- Évaluer la température de référence T_2 à partir des courbes de mesure.

RESUME

Dans un fil métallique dont les extrémités présentent différentes températures, le mouvement thermique rapide divergent des électrons aux extrémités chaude et froide entraîne un phénomène de diffusion thermique. Sous l'effet du courant de diffusion, l'extrémité froide se charge négativement par rapport à l'extrémité chaude. Une tension thermodiffusionnelle, proportionnelle à la différence de température entre les extrémités de fil, se forme entre les deux extrémités, avec le coefficient de Seebeck comme constante de proportionnalité. Lorsqu'on regroupe deux fils métalliques différents, dont les points de contact présentent différentes températures, il se forme un thermocouple si l'on place un voltmètre entre eux. Le voltmètre indique alors la tension thermoélectrique, qui est directement proportionnelle à la différence de température entre les points de contact. C'est ce que nous allons vérifier au cours de l'expérience pour trois paires de matériaux différents.

DISPOSITIFS NECESSAIRES

Nombre	Appareil	Référence
1	Jeu de 3 thermocouples	1017904
1	Thermomètre -20 – 110°C	1003384
1	Clip de fixation thermomètre	1003528
1	Jeu de 10 béchers, forme élevée	1002873
1	Agitateur magnétique chauffant (230 V, 50/60 Hz)	1002807 ou
	Agitateur magnétique chauffant (115 V, 50/60 Hz)	1002806
1	Microvoltmètre (230 V, 50/60 Hz)	1001016 ou
	Microvoltmètre (115 V, 50/60 Hz)	1001015



GENERALITES

Un fil métallique dont les extrémités présentent différentes températures entraîne une diffusion thermique. Comme le mouvement thermique des électrons à l'extrémité chaude est plus rapide qu'à l'extrémité froide, le nombre d'électrons se déplaçant de l'extrémité chaude à l'extrémité froide est en moyenne plus grande qu'inversement. Dans notre cas de conduction d'électrons, ce courant de diffusion engendre une charge négative de l'extrémité froide par rapport à l'extrémité chaude et une tension thermodiffusionnelle entre les deux extrémités. Celle-ci s'oppose de plus en plus au mouvement des électrons, jusqu'à ce que plus aucun courant de diffusion ne passe.

La tension thermodiffusionnelle U_{td} est proportionnelle à la différence de température $T_1 - T_2$ apparaissant entre les extrémités d'un fil avec, comme constante de proportionnalité, le coefficient de Seebeck k indépendant du matériau :

$$(1) \quad U_{td} = k \cdot (T_1 - T_2)$$

U_{td} : tension thermodiffusionnelle,
 k : coefficient de Seebeck,
 T_1 : température à l'extrémité chaude
 T_2 : température à l'extrémité froide

Lorsqu'on regroupe deux fils métalliques différents, dont les points de contact présentent différentes températures, il se forme un courant thermoélectrique circulant. Le métal présentant la plus forte tension thermodiffusionnelle détermine le sens du courant. Cet agencement devient un thermocouple si l'on place un voltmètre entre eux. En raison de l'entrée à forte impédance, il ne passe pratiquement plus de courant et le voltmètre indique une tension thermoélectrique qui est directement proportionnelle à la différence de température entre les points de contact.

$$(2) \quad U_{th} = U_{td,B} - U_{td,A} = (k_B - k_A) \cdot (T_1 - T_2)$$

U_{th} : tension thermoélectrique,
 $U_{td,A}, U_{td,B}$: tensions thermodiffusionnelles des métaux A et B
 k_A, k_B : coefficients de Seebeck des métaux A et B

Seule la différence

$$(3) \quad k_{BA} = k_B - k_A$$

des coefficients de Seebeck apparaissant dans l'équation (2) peut être mesurée sans problème. Elle correspond à la sensibilité

$$(4) \quad S = \frac{dU_{th}}{dT_1}$$

du thermocouple des métaux A et B. Aussi est-il convenu de choisir la platine (Pt) comme matériau de référence et d'indiquer les coefficients K_{APt} .

Dans l'expérience, nous allons déterminer les sensibilités S pour les trois paires de matériaux. Pour cela, on réchauffe de l'eau dans un bécher à une température T_1 et on y plonge l'une des extrémités du thermocouple. Pour mesurer la tension, on branche l'autre extrémité du thermocouple à un microvoltmètre dont les prises d'entrée présentent la température constante T_2 .

EVALUATION

La tension thermoélectrique pour les différents thermocouples est représentée dans un diagramme $U_{th}(T_1)$ en fonction de la température, les droites sont adaptées aux courbes linéaires et les pentes de ces droites déterminent les sensibilités des thermocouples.

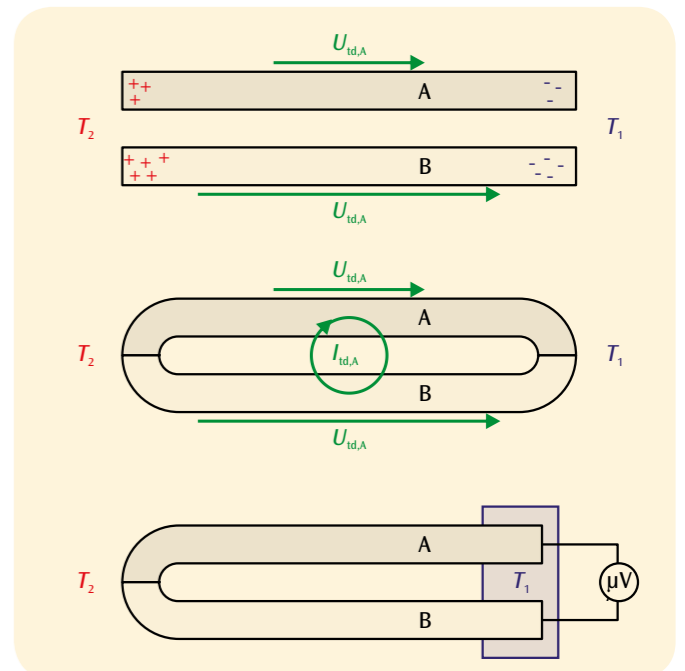


Fig. 1 Thermodiffusion dans des fils métalliques (en haut), courant thermoélectrique circulant (au centre) et tensions thermoélectriques dans une boucle constituée de deux fils métalliques différents (en bas)

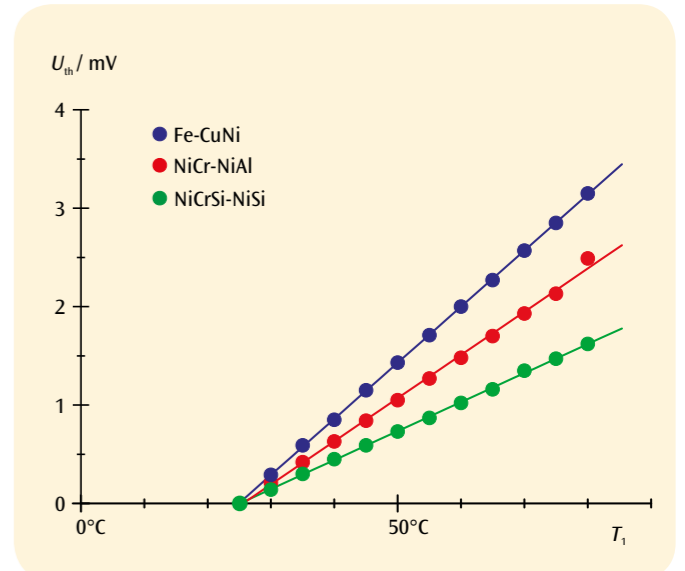


Fig. 2 Tensions thermoélectriques en fonction de la température pour des thermocouples du type Fe-CuNi, NiCr-NiAl et NiCrSi-NiSi. Les courbes de mesure coupent l'axe T_1 du diagramme à la température de référence $T_2 = 23^\circ\text{C}$