

TEMPERATURE ET THERMOCOUPLES

I) L'Effet THOMSON – SEEBECK

1. Le phénomène

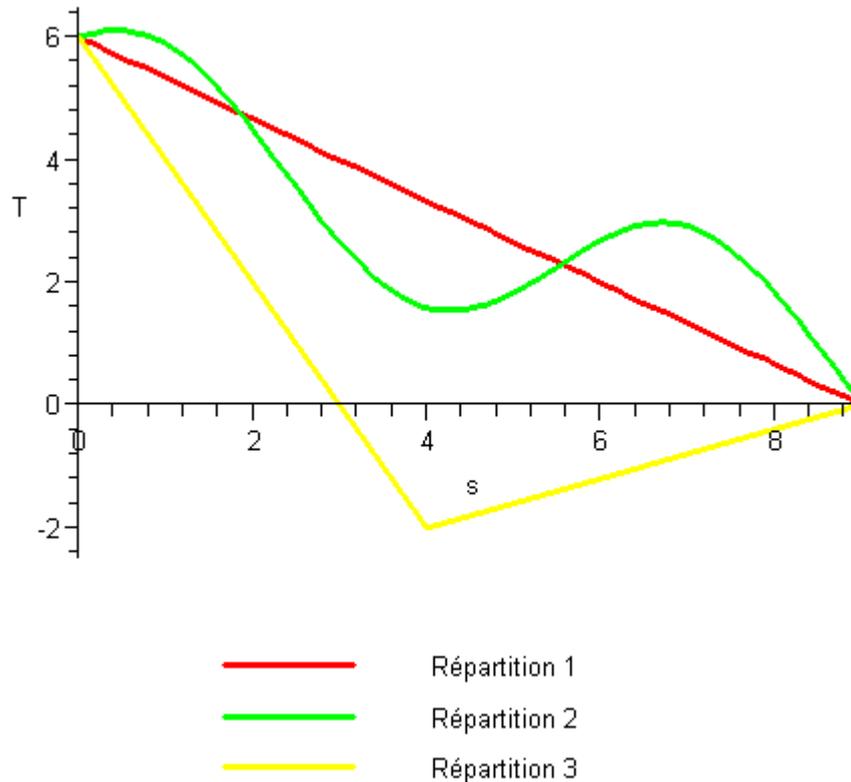
Lorsque l'on soumet un conducteur à un gradient de température il y a apparition d'une Force Electromotrice (F.E.M.): c'est la ***FEM de THOMSON.***

Cette force électromotrice va dépendre de plusieurs paramètres:

- Du conducteur utilisé
- Des températures extrémales du conducteur

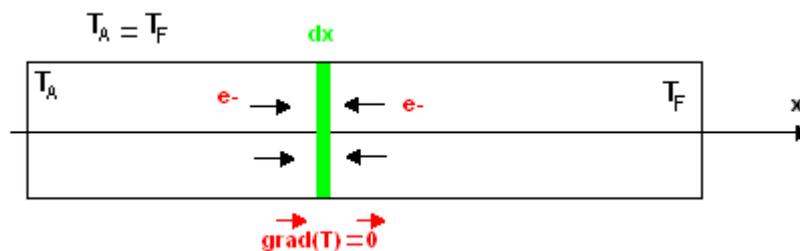
On va considérer par la suite que les propriétés physiques du conducteur sont homogènes.

Ainsi ces trois répartitions de température au sein du conducteur engendreront toutes la même FEM:



2. Explications

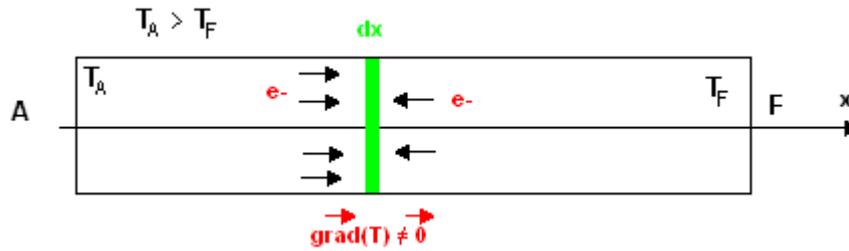
a) Conducteur uniforme



Dans un conducteur les électrons se comportent comme un gaz. Leurs vitesses et donc leurs énergies sont directement liées à la température du milieu ($Um = (3/2)RT$). Ainsi dans cette portion $S \cdot dx$ de conducteur uniforme il y a le même flux entrant et sortant d'électrons d'où: $\langle \vec{v} \rangle = \vec{0}$.

==> **Globalement il n'y a pas de déplacement d'électrons**

b) Si le gradient est non nul



Ici on a l'énergie des électrons (chauds) provenant de A qui est supérieur à l'énergie des électrons provenant de F.

On peut alors distinguer deux phénomènes:

- Les électrons «chauds» vont plus vite que les électrons «froids»: il y a diffusion des électrons de la jonction chaude vers la jonction froide
- La probabilité de collision des électrons chauds va augmenter: la distance moyenne que les électrons chauds vont parcourir va diminuer

==> Les collisions vont contrecarrer la diffusion des électrons

Cependant ces deux phénomènes ne sont pas de force égale et cela va entraîner un déséquilibre dans la répartition des charges.

Par exemple si la diffusion est plus importante que l'augmentation des collisions:

Ce qui va entraîner la création d'un champ électrostatique \vec{E} (et donc la F.E.M de THOMSON) qui va ralentir les électrons chauds et accélérer les électrons froids. On a alors la relation suivante:

$$V_b - V_f = S * (T_b - T_f)$$

S: Coefficient de SEEBECK (V.K⁻¹)

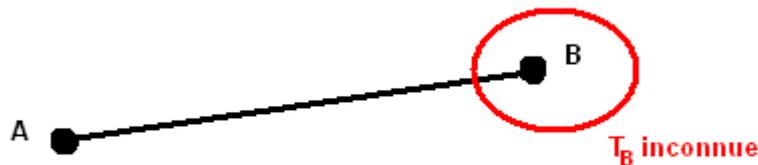
V_i: Potentiel du point A_i

T_i: Température du point A_i

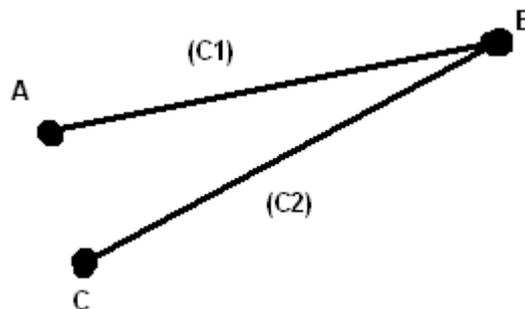
II) En pratique

1. Le besoin

On veut calculer la température d'un point B situé par exemple dans un four, un réacteur ou dans un corps étranger (aliments, fluides, êtres vivants,...). De plus on connaît la température d'un point A de référence (0°C par exemple).



Il suffit alors de calculer la FEM pour en déduire la température du point B. Seulement les instruments de mesure sont fragiles donc on va rajouter un conducteur pour l'isoler de la zone «à risque».



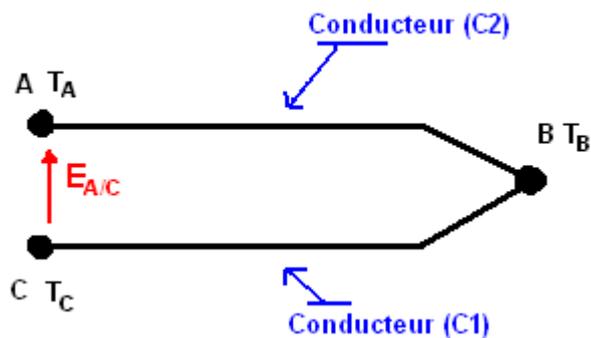
Si (C1) était de même composition que (C2), alors les points A et C auraient les mêmes potentiels, car la FEM entre A et B serait la même que entre A et C (par unité de longueur). On choisit donc (C1) et (C2) de natures différentes.

Le point B est alors appelé «soudure chaude» et les points A et C portés en pratique à la même température «soudure froide» car on avait pour habitude de les placer à la température de 0°C.

On peut alors insérer un appareil de mesure entre A et C sans modifier la FEM à mesurer si celui-ci est à la même température que la soudure froide.

2. Le thermocouple

Le **THERMOCOUPLE** est donc constitué d'un couple de conducteur de natures différentes, il est schématisé de cette manière:



Le conducteur (C1) a un coefficient de SEEBECK: $S_1 \text{ } \mu\text{V.K}^{-1}$

Le conducteur (C2) a un coefficient de SEEBECK: $S_2 \text{ } \mu\text{V.K}^{-1}$

On va considérer ici que $T_A = T_C$ car c'est le cas usuel.

Calcul de T_B :

$$E_{A/C} = V_C - V_A \Leftrightarrow E_{A/C} = (V_C - V_B) + (V_B - V_A)$$

$$\Leftrightarrow E_{A/C} = S_1 * (T_C - T_B) + S_2 * (T_B - T_A)$$

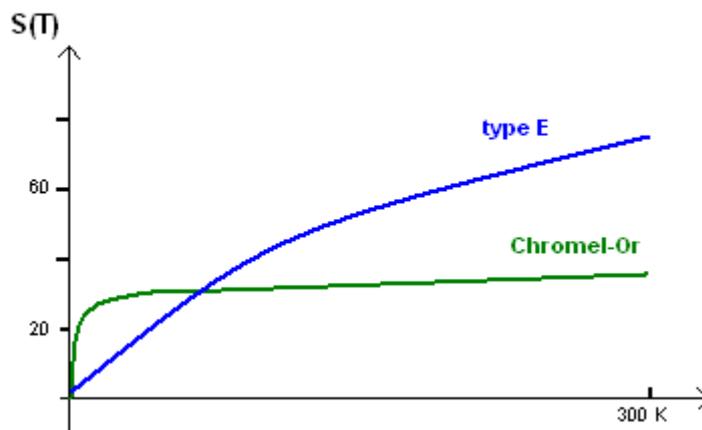
$$\Rightarrow T_B = \frac{E_{A/C}}{(S_2 - S_1)} + T_A$$

3.Coefficient de SEEBECK

On a introduit précédemment le coefficient de SEEBECK qui est encore appelé «pouvoir thermoélectrique absolu», il n'est pas constant et dépend de la température ainsi que du conducteur utilisé.

Aussi dans un thermocouple il faudra s'assurer que seul le point B est à la température que l'on cherche à déterminer pour connaître ce coefficient avec précision.

Des tables de références fournies par l'EIT 90 (Echelle Internationale de Température) donnent les coefficients de polynômes d'interpolation de ce coefficient en prenant la température de soudure froide $T=0^{\circ}\text{C}$.



4.Types de thermocouples

Les matériaux utilisés pour réaliser des thermocouples sont choisis pour leur stabilité, pour leur plage d'utilisation étendue ou encore pour la valeur élevée de leur pouvoir thermoélectrique. Les équipes de scientifiques ont alors sélectionné des couples de conducteurs définissant des types de thermocouples.

Type	Borne [+]	Borne [-]	Plage d'utilisation
K	Nickel-Chrome	Nickel-Aluminium	0-1100 °C
T	Cuivre	Cuivre-Nickel	-185-300°C

5. Vieillessement et contraintes

Le pouvoir thermoélectrique est sujet à une dérive dont il faut prendre compte pour déterminer de façon précise la température de la soudure chaude. Celle-ci est dûe à plusieurs facteurs:

- L'oxydation/réduction des conducteurs
- Les contraintes mécaniques (torsion d'un fil par exemple)
- La diffusion d'un conducteur vers l'autre à haute température
- L'évaporation de certains constituants

Il faut de même tenir compte d'autres facteurs:

- Les parasites électromagnétiques
- Les radiations gamma qui échauffent le thermocouple
- La résistance de l'appareil de mesure inséré

III) Conclusions

Les thermocouples sont énormément utilisés en industrie. Ils servent notamment à/en:

- Fournir de l'énergie (montre / sondes spatiales)
- Réguler des processus thermiques
- Optimisation du fonctionnement de moteur
- Médecine (thermomètres électriques)

Les travaux actuellement dirigés en matière de thermocouples visent à développer des thermocouples intelligents qui calculeront eux-mêmes leur dérive et la corrigeront alors de manière automatique.