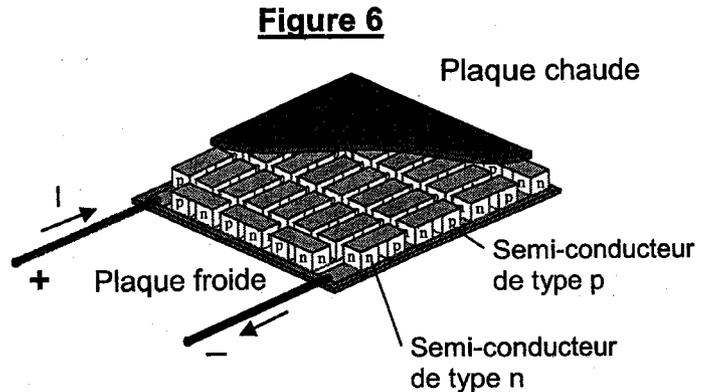


## EXERCICE 3 : PARTIE MÉCANIQUE, THERMODYNAMIQUE ET CHIMIE (durée conseillée 1 h)

Le détecteur DTGS étudié dans la partie électricité est un élément très sensible mais qui peut être perturbé par une variation de la température ambiante. Dans le spectromètre, il est associé à un module Peltier lui assurant un fonctionnement à température constante.

Un plan thermostaté par effet Peltier (**figure 6 ci-contre**) est constitué d'éléments semi-conducteurs de type n et p placés entre deux plaques en céramique électriquement isolantes mais conductrices de la chaleur. Dès qu'un courant électrique continu traverse un tel montage, la plaque chaude dégage de la chaleur alors que la plaque froide va absorber la chaleur dégagée.

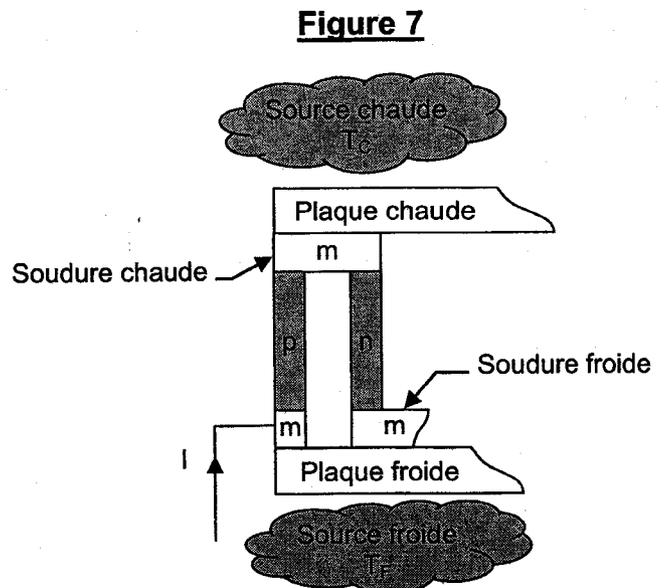


Le « motif élémentaire » ou module à effet Peltier est un couple thermoélectrique (**figure 7 ci-dessous**) constitué de deux barreaux cylindriques semi-conducteurs n et p de géométrie identique, de pouvoirs thermoélectriques respectifs  $\epsilon_n$  et  $\epsilon_p$ , connectés thermiquement en parallèle et électriquement en série par l'intermédiaire d'un pont en cuivre constituant une soudure métallique m.

Dans le sens du courant I alimentant le module, les deux jonctions successives  $p \rightarrow m$  et  $m \rightarrow n$  sont en contact thermique avec la source chaude.

Elles constituent ainsi la soudure chaude à la température  $T_C$ .

Les deux jonctions  $m \rightarrow p$  et  $n \rightarrow m$  en contact avec la source froide constituent la soudure froide à la température  $T_F$ .



Les parois latérales des deux barreaux semi-conducteurs sont supposés parfaitement isolées thermiquement.

### 4 - ÉTUDE DE L'EFFET PELTIER.

L'effet Peltier est un effet thermoélectrique dû à une jonction et à la nature même de ses deux constituants. L'effet Peltier est donc un effet thermique différent de l'effet Joule. Cet effet résulte du passage d'un courant électrique, fourni par un générateur, à travers la soudure entre les deux semi-conducteurs n et p à la même température. Pour un module, la puissance thermique échangée avec la source froide vaut :

$$P_{mF} = (\epsilon_p - \epsilon_n) T_F I$$

Puissance thermique en watt
Température en kelvin

Intensité du courant en ampère

Cette puissance thermique est donc reçue par le module.

BTS TECHNIQUES PHYSIQUES POUR L'INDUSTRIE ET LE LABORATOIRE	Session 2014	
Nom de l'épreuve : Sciences physiques	Code : TPSP	Page : 14/19

De même la puissance thermique échangée avec la source chaude vaut :

$$P_{mC} = -(\varepsilon_p - \varepsilon_n)T_C I.$$

Cette puissance thermique est perdue par le module et donc cédée à la source chaude.

On néglige, dans cette étude, l'effet Joule ainsi que les transferts d'énergie par conduction thermique dans les semi-conducteurs n et p.

**4.1** - Sachant que le plan thermostaté est constitué de 69 modules, calculer les puissances thermiques  $P_C$  et  $P_F$  respectivement échangées par le plan thermostaté avec la source chaude et la source froide (exprimer les résultats avec trois chiffres significatifs).

**4.2** - Flécher le sens des trois transferts énergétiques sur le **document réponse n° 6 page 19/19**.

**4.3** - En déduire la valeur de la puissance électrique  $P_E$  échangée par le plan thermostaté avec le générateur.

**4.4** - On définit le coefficient de performance ou efficacité frigorifique du plan thermostaté, par le rapport entre la puissance prélevée à la source froide et la puissance électrique fournie par le générateur.

**4.4.1** - Exprimer l'efficacité frigorifique  $e_F$  du plan à effet Peltier en fonction des différentes puissances.

**4.4.2** - Calculer l'efficacité frigorifique  $e_F$ , en conservant deux chiffres significatifs pour le résultat final.

**4.5** - L'efficacité  $e_{\text{Carnot}}$  d'une machine frigorifique fonctionnant suivant un cycle de Carnot entre les mêmes températures  $T_C$  et  $T_F$  est donnée par :  $e_{\text{Carnot}} = \frac{T_F}{T_C - T_F}$ .

Calculer  $e_{\text{Carnot}}$ , en conservant deux chiffres significatifs pour le résultat final.

**4.6** - Comparer  $e_F$  à  $e_{\text{Carnot}}$ . Le fonctionnement du plan thermostaté à effet Peltier peut-il être considéré comme réversible ?

On donne les valeurs numériques suivantes :

$$\varepsilon_n = -205 \mu\text{V}\cdot\text{K}^{-1}; \varepsilon_p = 185 \mu\text{V}\cdot\text{K}^{-1}; T_C = 295 \text{ K}; T_F = 285 \text{ K} \text{ et } I = 3,00 \text{ A.}$$

## 5 - ÉTUDE DE LA CONDUCTION THERMIQUE.

On prend maintenant en compte la conduction thermique dans les barreaux semi-conducteurs. On note :

- $\lambda$  la conductivité thermique, supposée indépendante de la température, des semi-conducteurs n et p ;
- S leur section ;
- $\ell$  leur longueur.

**5.1** - L'expression de la résistance thermique est  $R_{th} = \frac{\ell}{\lambda S}$  ; on trouve  $R_{th} = 167 \text{ K}^{-1}\cdot\text{W}$ .

Justifier l'unité de  $R_{th}$  par une analyse dimensionnelle.

**5.2** - Calculer le flux thermique  $\Phi$  qui traverse l'ensemble des deux barreaux d'un module élémentaire.

**5.3** - Montrer que le flux thermique dans l'ensemble des 69 modules est :  $\Phi_{\text{total}} \approx 8,3 \text{ W}$ .

**5.4** - Flécher le sens du flux thermique  $\Phi_{\text{total}}$  entre les deux sources et le plan thermostaté sur le **document réponse n° 7 page 19/19**.

**5.5** - En déduire les puissances thermiques  $P'_C$  et  $P'_F$  réellement échangées avec les deux sources (en tenant compte des transferts par conduction).

**5.6** - Calculer la nouvelle efficacité frigorifique  $e'_F$ . Quelle est ici la cause d'irréversibilité du fonctionnement du plan ?

**Rappel** : loi de Fourier :  $\Phi_{A \rightarrow B} = \frac{(T_A - T_B)}{R_{th}}$ .

On donne les valeurs numériques suivantes :

$$T_C = 295 \text{ K}; T_F = 285 \text{ K}; \lambda = 1,2 \text{ W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}; \ell = 3 \text{ mm}; S = 15 \text{ mm}^2;$$

$$P_C = -23,8 \text{ W}; P_F = 23,0 \text{ W} \text{ et } P_E = 0,8 \text{ W.}$$

**DOCUMENT RÉPONSE N°6 : PARTIE MÉCANIQUE, THERMODYNAMIQUE ET CHIMIE**  
**À RENDRE AVEC LA COPIE**

Source chaude  
à la température  $T_C$

Plan  
thermostaté

Source froide  
à la température  $T_F$

Générateur  
électrique

**DOCUMENT RÉPONSE N°7 : PARTIE MÉCANIQUE, THERMODYNAMIQUE ET CHIMIE**  
**À RENDRE AVEC LA COPIE**

Source chaude  
à la température  $T_C$

Plan  
thermostaté

Source froide  
à la température  $T_F$