

T P N° 01

LA CONDUCTION THERMIQUE

INTRODUCTION :

La conduction thermique est le mode de transfert qui a lieu dans un matériau en vertu du gradient de température en son sein. En pratique, la conduction de chaleur a lieu dans les trois dimensions, ce qui rend le phénomène complexe à étudier et analyser.

Par contre, au laboratoire une approche unidimensionnelle suffit pour démontrer la loi fondamentale qui relie le flux de chaleur au gradient de la température et à la surface.

I- DESCRIPTION :

L'équipement comprend deux spécimens de conduction de chaleur, une barre à sections multiples pour l'étude de la conduction linéaire et un disque métallique pour l'étude de la conduction radiale.

Une console électrique fournit l'énergie électrique aux éléments chauffants dans les spécimens et permet la lecture digitale directe de la température en chacun des points choisis. Une faible circulation d'eau froide fournit le bout froid du domaine concerné par la conduction dans chaque spécimen.

I-1-MODULE LINEAIRE :

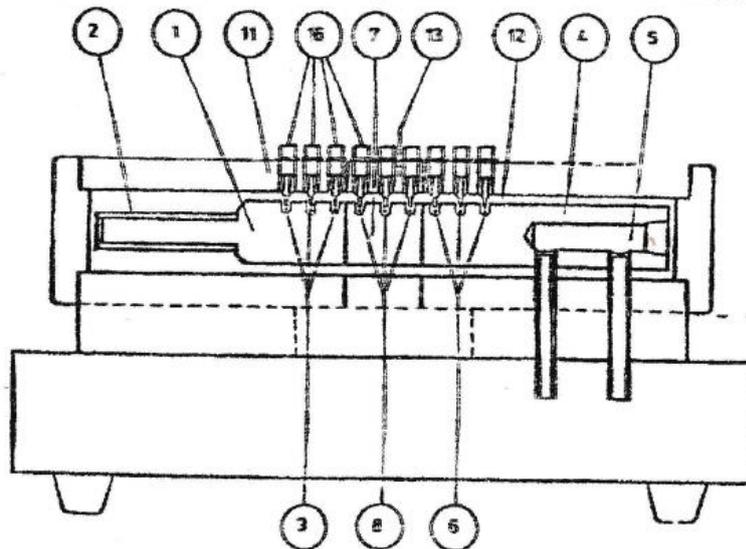
Le module de conduction linéaire comprend :

- ◆ Un élément réchauffeur **(1)** fabriqué en bronze et muni d'un réchauffeur électrique**(2)**.
- ◆ Trois sondes de température **(3)** sont installées à 10 mm d'intervalle le long de l'élément d'étude qui a un diamètre de 25 mm.
- ◆ Un élément refroidisseur (bout froid) est également fabriqué en bronze et refroidi par une circulation d'eau et muni de sondes de température disposées à 10 mm d'intervalle. L'élément réchauffeur **(1)** et l'élément refroidisseur peuvent être assemblés directement pour former une barre de bronze continue. Il est également possible de monter aux choix entre ces deux éléments principaux l'un des trois éléments d'étude suivant :

- 4 Le premier élément **(7)** ayant une longueur de 30mm, est fabriqué en bronze et possède le même diamètre que les deux éléments principaux et muni des sondes de températures **(8)** disposées à 10mm d'intervalle.
- 4 Le second élément **(9)** est également en bronze et a une longueur de 30mm mais son diamètre est de 13mm et il ne possède pas de sondes de température. Il permet l'étude de l'effet d'une réduction d'une section en transfert de chaleur.
- 4 Le troisième élément **(10)** est en acier inoxydable et possède les mêmes dimensions que le premier élément. Par contre il n'est pas muni de sonde de température. Il permet l'étude de l'effet d'un changement de matériau alors que la section reste constante.

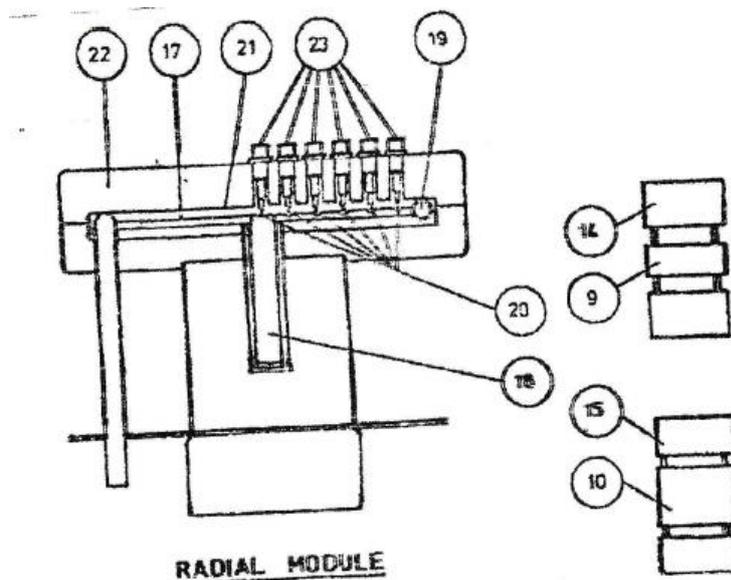
Les propriétés de conduction de chaleur des isolants peuvent être déterminées par simple insertion d'un mince spécimen entre élément chaud et élément froid. L'exemple d'un tel isolant est un morceau de papier.

Les sondes de température peuvent être connectées à l'aide des fils électriques à la lecture digitale de températures.



I-2- MODULE RADIALE :

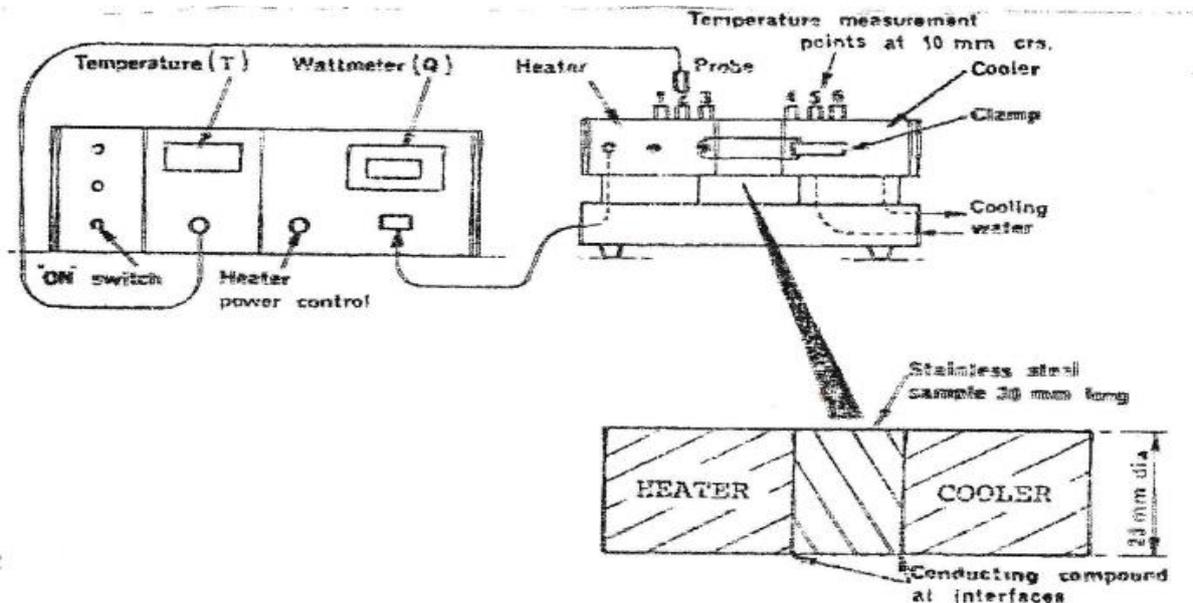
Le module de conduction radiale comprend un disque en bronze (17) de 110mm de diamètre et de 3mm d'épaisseur, dont le centre est réchauffé par un réchauffeur électrique (18) et dont la circonférence est refroidie par l'eau qui circule dans un tube de cuivre. Les sondes sont disposées de 10mm d'intervalle le long du rayon du disque, soit 6 au total. Ces sondes peuvent également être connectées à la console pour la lecture directe des températures.



II- MANIPULATIONS :

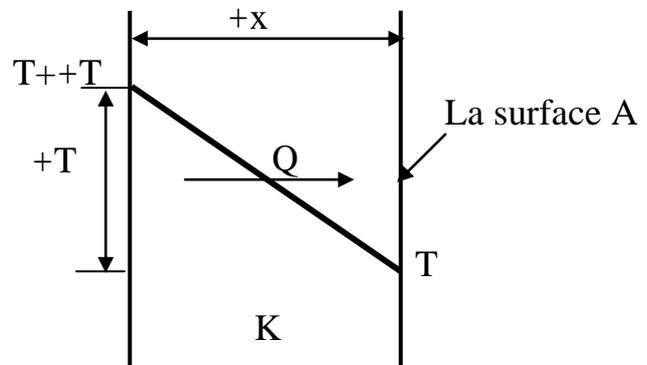
EXPERIENCE N° 01 : CONDUCTION LE LONG D'UNE BARRE SIMPLE

But : Etude de la loi de Fourier pour la conduction linéaire de la chaleur le long d'une barre simple.



Théorie :

Soit un mur simple d'épaisseur $+X$, limité par deux plans parallèles. Si les parois de ce mur sont soumises à une différence de température $+T$, alors le flux de chaleur Q qui traverse la surface A par conduction pendant l'unité de temps est proportionnel à A et $\frac{\Delta T}{\Delta X}$



Si le matériau dont est fait le mur est homogène et a une conductivité thermique K alors :

$$Q = K.A. \frac{\Delta T}{\Delta X}$$

Noter bien que le flux de chaleur est positif dans le sens de la chute de température.

MODE OPERATOIRE :

- ☞ Placer l'échantillon entre le réchauffeur et le refroidisseur
- ☞ Choisir une position intermédiaire du réglage de la puissance de chauffe puis attendre le temps nécessaire pour obtenir les conditions d'état stationnaire avant de noter la température aux 9 points considérés et la puissance délivrée au wattmètre.
- ☞ Répéter cette procédure pour d'autres puissances jusqu'à atteindre le maximum de l'appareil.

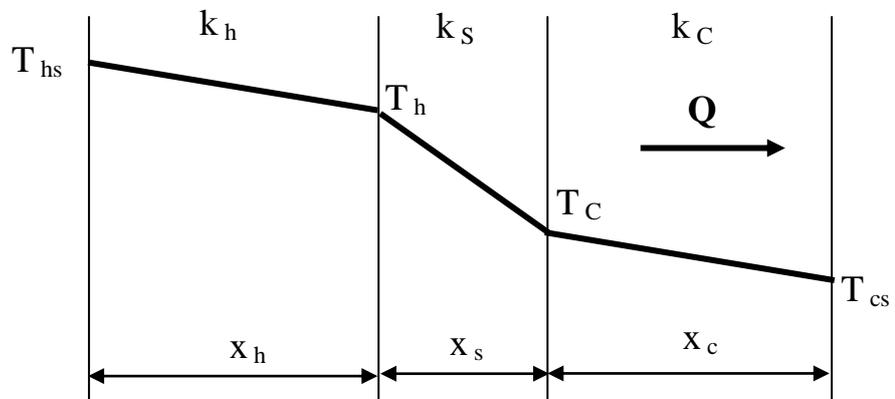
Test N°	La puissance Q(watts)	T1 °C	T2 °C	T3 °C	T4 °C	T5 °C	T6 °C	T7 °C	T8 °C	T9 °C
A										
B										
C										

- ☞ Pour chaque valeur de la puissance, porter sur un même graphique le profil de la température en fonction de la position des points de mesure. En déduire la valeur du coefficient thermique du bronze K.
- ☞ Comparer la valeur obtenue avec la valeur typique donnée par la littérature ? Faire les commentaires nécessaires ?
- ☞ Le coefficient K est – il constant ou varie –t- il avec la température ? Commenter les résultats obtenus ?
- ☞ Comment ce facteur influa t'il sur la forme du profil de la température ?

EXPERIENCE N°02 : CONDUCTION LE LONG D'UNE BARRE COMPOSEE

But : Etude de la conduction de la chaleur le long d'une barre composée et évaluation du coefficient de transfert de chaleur

Théorie :



$$\frac{Q}{A} = k_h \cdot \frac{T_{hs} - T_h}{x_h} = k_s \cdot \frac{T_h - T_c}{x_s} = k_c \cdot \frac{T_c - T_{cs}}{x_c}$$

$$\frac{Q}{A} = U(T_{hs} - T_{cs}) \quad \text{Où} \quad \frac{1}{U} = \frac{x_h}{k_h} + \frac{x_s}{k_s} + \frac{x_c}{k_c}$$

U est le coefficient du transfert de la chaleur total pour le mur composé.
1/U est la résistance totale

MODE OPERATOIRE :

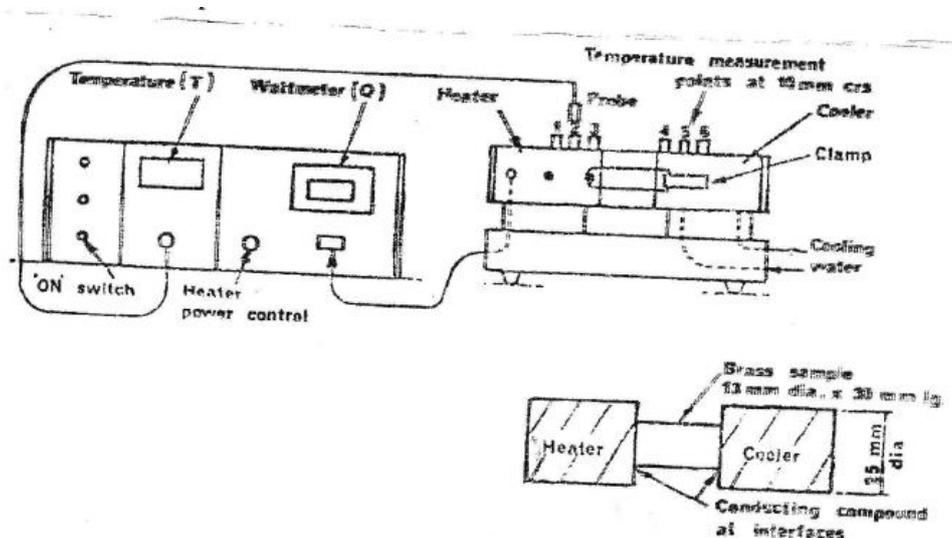
- ☞ Placer l'élément en acier inoxydable entre le réchauffeur et le refroidisseur
- ☞ Choisir une position intermédiaire du réglage de la puissance de chauffe, après avoir obtenu l'état stationnaire noter la température aux 6 points considérés ainsi que la puissance délivrée.
- ☞ Répéter cette procédure pour d'autres puissances jusqu'à atteindre le maximum de l'appareil.

Test N°	La puissance Q(watts)	T1 °C	T2 °C	T3 °C	T4 °C	T5 °C	T6 °C	T7 °C	T8 °C	T9 °C
A										
B										
C										

- ☞ Pour chaque valeur de la puissance, porter sur un même graphique, le profil de température en fonction de la position des points de mesure et des dimensions des éléments considérés.
- ☞ Les températures des surfaces limitées extérieures du réchauffeur (Ths) et du refroidisseur (Tcs) peuvent être obtenues par extrapolation à partir des courbes tracées.
- ☞ Déterminer le coefficient de transfert de chaleur total U ?
- ☞ Comparer la valeur obtenue avec la valeur typique donnée par la littérature ? Faire les commentaires nécessaires ?
- ☞ Quelle est la signification en pratique du coefficient U ?
- ☞ Quel est l'effet de la variation de la puissance délivrée ?

EXPERIENCE N°03 :

But : Etude de l'effet d'une variation de la section sur le profil de température le long d'un conducteur thermique.



Théorie :

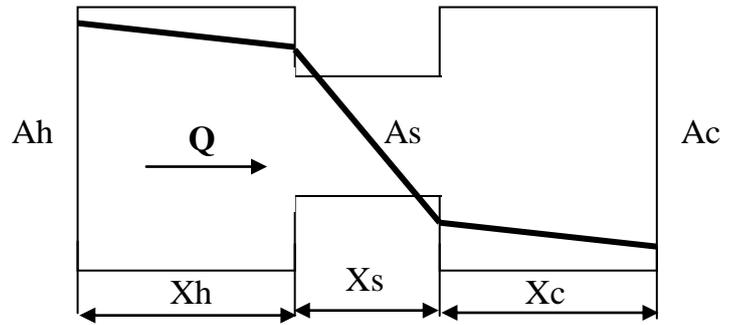
Le flux de chaleur Q est donné par la loi de Fourier :

$$Q = K.A. \frac{dT}{dX}$$

Le flux de chaleur est le même dans les différent section du conducteur

La conductivité thermique K est

constante (on suppose qu'on a aucun changement de K avec la température moyenne du matériau)



Alors on peut écrire :

$$A_h \cdot \left(\frac{dT}{dX} \right)_h = A_s \cdot \left(\frac{dT}{dX} \right)_s = A_c \cdot \left(\frac{dT}{dX} \right)_c$$

MODE OPERATOIRE :

Insérez l'élément en Bronze de 13mm de diamètre entre le réchauffeur et le refroidisseur.

Choisir une position intermédiaire de réglage de la puissance de chauffe, puis après avoir obtenu l'état stationnaire, noter la température aux 6 points considérés ainsi que la puissance délivrée.

Répéter cette procédure pour d'autres valeurs de la puissance jusqu'à atteindre le maximum de l'appareil.

Test N°	La puissance Q(watts)	T1 °C	T2 °C	T3 °C	T7 °C	T8 °C	T9 °C
A							
B							
C							

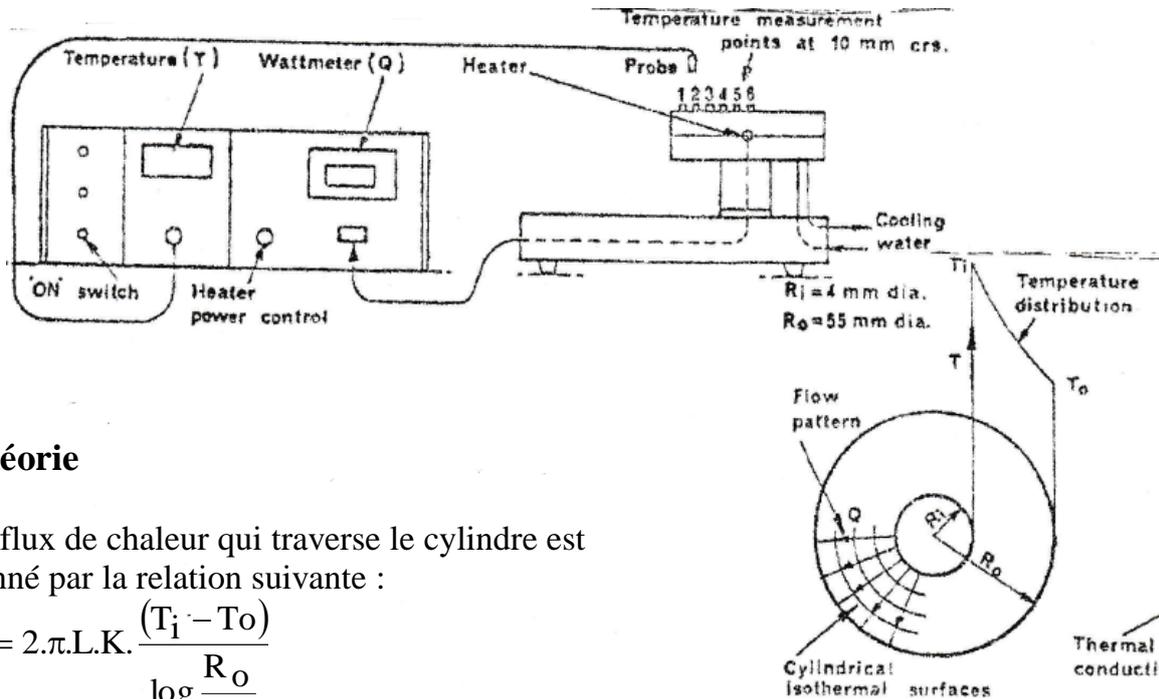
- ☞ Pour chaque valeur de la puissance, porter sur un même graphique, le profil de température en fonction des points de mesure et des dimensions des éléments considérés.
- ☞ A partir des graphes obtenus commentez la forme des courbes obtenus et examiner l'effet de la variation de la puissance de chauffe.
- ☞ Toujours à partir des graphes déterminez et comparez les valeurs des gradients de température $\frac{\Delta T}{\Delta X}$ dans le réchauffeur, le refroidisseur et dans l'élément section réduite.

☞ Vérifier l'exactitude de l'équation : $A_s \left(\frac{\Delta T}{\Delta X} \right)_s = A_c \left(\frac{\Delta T}{\Delta X} \right)_c = A_h \left(\frac{\Delta T}{\Delta X} \right)_h$

Commentez.

EXPERIENCE N° 04 :

But : Examiner le profil de température et déterminer le flux de transfert de chaleur résultant de la conduction radiale en régime stationnaire à travers la paroi d'un cylindre.



Théorie

Le flux de chaleur qui traverse le cylindre est donné par la relation suivante :

$$Q = 2.\pi.L.K. \frac{(T_i - T_o)}{\log \frac{R_o}{R_i}}$$

MODE OPERATOIRE : (on utilisera ici le module radial)

- ☞ Choisir une position intermédiaire du réglage de la puissance de chauffe, puis après avoir obtenu l'état stationnaire, noter la température aux 6 points considérés ainsi que la puissance délivrée.
- ☞ Répéter cette procédure pour d'autres valeurs de la puissance jusqu'à atteindre le maximum de l'appareil.
- ☞ A la suite de chaque variation de la puissance, s'assurer que les conditions d'état stationnaire ont été bien atteintes.

Test N°	La puissance Q(watts)	T1 °C	T2 °C	T3 °C	T7 °C	T8 °C	T9 °C
A							
B							
C							

- ☞ Pour chaque valeur de la puissance, porter sur un même graphique, le profil de la température en fonction de la position des points de mesure.
- ☞ Déterminez par extrapolation les températures aux limites des parois du disque puis calculez le flux radial de la chaleur par conduction.
- ☞ Comparez la valeur trouvée à celle fournie par le wattmètre. Commentez ?