



Partie C – Diffusion thermique dans un barreau

I - Barreau non isolé en régime stationnaire (paillasse professeur)

Dans cette partie, on étudie un modèle d'ailette de refroidissement, constituée d'un barreau métallique homogène en fer/acier, de section circulaire de diamètre $d = 15$ mm, de longueur $L = 64$ cm. La base du barreau peut être plongée dans un bain thermostaté.

Données :

- conductivité thermique de l'acier $\lambda \simeq 50 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$,
- coefficient de transfert conducto-convectif $h \simeq 10 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$,
- masse volumique du fer $\mu = 7,86.10^3 \text{ kg.m}^{-3}$,
- capacité thermique massique du fer $c = 444 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$.

On modélise les échanges pariétaux, de type conducto-convectif, par la loi linéaire de Newton. On note h le coefficient de transfert conducto-convectif, supposé indépendant de la température.

1 - Étude théorique - Durée $\simeq 30$ mn

✎ Rappeler la loi de Fourier relative au vecteur densité de courant thermique $\vec{j}_Q$ qui caractérise le phénomène de conduction thermique le long de l'axe du barreau.

L'air qui entoure le barreau, de température uniforme T_a , échange avec le barreau un transfert conducto-convectif. Dans une fine couche de fluide au contact de la surface du solide, ce transfert latéral peut-être modélisé par la loi de Newton :

$$\vec{j}_{cc}(x, t) = h (T(x, t) - T_a) \vec{n}$$

où $\vec{j}_{cc}$ correspond à la densité de flux conducto-convectif et $\vec{n}$ est un vecteur unitaire, normal à la surface d'échange et orienté du solide vers l'air. Le coefficient h est appelé coefficient de transfert thermique de surface.

✎ En réalisant un bilan de puissance thermique sur une tranche de longueur dx du barreau, montrer que la température suit l'équation différentielle :

$$\mu c \frac{d}{2} \frac{\partial T}{\partial t} = \lambda \frac{d}{2} \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} - 2h(T - T_a)$$

✎ Montrer que dans la situation du régime stationnaire, cette équation différentielle peut se mettre sous la forme :

$$\frac{d^2 T}{dx^2} - \frac{1}{\delta^2} T = -\frac{1}{\delta^2} T_a$$

Donner l'expression de δ .

Calculer sa valeur (notée δ_{th}).

✎ Expliciter les conditions aux limites que doit vérifier le champ de température $T(x)$ en $x = 0$ et en $x = L$.

✎ En précisant les approximations effectuées, obtenir une expression analytique approchée de $T(x)$ dans le cas où $L \gg \delta$.

2 - Étude expérimentale - Durée $\simeq 30$ mn

On cherche à mettre en évidence la décroissance exponentielle de la température le long du barreau et à déterminer la valeur expérimentale de δ (notée δ_{exp}).

Pour cela, nous allons faire des mesures de température à différents emplacements sur barreau grâce à une caméra thermique.

Une difficulté expérimentale apparaît alors : l'acier a une faible émissivité et un bon pouvoir réfléchissant. Des morceaux d'adhésif noir ont donc été placés pour pouvoir faire des pointages avec la caméra thermique.

- ✕ Réaliser l'acquisition avec la caméra Jeulin.
- ✕ Grâce à la modélisation, retrouvez les principales caractéristiques du champ de température dans le barreau.
- ✕ Observer l'évolution du champ de température dans le barreau à l'aide de la caméra thermique.

Pour mettre en route la caméra thermique, il faut appuyer longtemps sur le bouton de droite.

Le menu pour les réglages s'ouvre avec le bouton de gauche.

Pour prendre une photo (IR) il faut que le mode USB soit en "projection". Appuyez sur la gachette rouge puis sauvez avec le bouton de gauche ("saved" doit apparaître à l'écran).

Pour transférer la photo sur l'ordinateur il faut relier la caméra à l'ordinateur avec le câble USB. Passer en mode USB "USB" et ouvrir le logiciel Thermotools.

- ✕ Exploiter la photographie IR.
- ✕ Pour le plaisir, utiliser la représentation 3D.

II - Barreau isolé latéralement

Dans cette partie la barre est isolée sur sa surface latérale.

1 - Étude théorique

✎ Déterminer le champ de température en régime stationnaire

2 - Exploitation

- ✕ Relever, grâce à une des caméra thermique T en fonction de x .

✎ Commentaire