**Exercice 1 : Grandeurs du chapitre ; unités**
Recopier et compléter le tableau suivant :

| Notation | Nom de la grandeur | Unité |
|---|---|---|
| $Q$ | | |
| $T$ | | |
| $\phi$ | | |
| $\overrightarrow{j_Q}$ | | |
| $p$ | | |
| $\frac{\partial T}{\partial t}$ | | |
| $\mathrm{div}(\overrightarrow{j_Q})$ | | |
| $\overrightarrow{\mathrm{grad}}(T)$ | | |
| $D_{\mathrm{th}}$ | | |
| $\Delta T$ | | |

**Exercice 2 : L'art de travailler le verre**
Un artisan verrier chauffe le milieu d'un tube en verre ($D_{\mathrm{th}} \sim 10^{-6}$ m$^2$.s$^{-1}$) de longueur $2L = 20$ cm pour pouvoir y créer un coude. Évaluer la durée $\tau$ pendant laquelle il peut tenir à pleines mains les extrémités du tube ?

**Exercice 3 : Le sauna**
Pour maintenir une température $T_s = 85$°C dans un sauna, il faut fournir une puissance $P = 1,2$ kW. En déduire la résistance thermique $R_{\mathrm{th}}$ des parois du sauna sachant que la température extérieure est $T_e = 15$°C.

**Exercice 4 : Double vitrage**
Le but de cet exercice est de comparer les efficacités isolantes d'un simple et d'un double vitrage. On considère une surface vitrée d'aire $S$ séparant l'intérieur d'une pièce à la température $T_i$ de l'extérieur à la température $T_e$. On suppose le problème unidimensionnel : le profil de température ne dépend que de $x$, $(Ox)$ étant perpendiculaire à la fenêtre. On donne les conductivités thermiques du verre : $\kappa_v = 1,6$ W.m$^{-1}$.K$^{-1}$ ; et de l'air : $\kappa_a = 0,024$ W.m$^{-1}$.K$^{-1}$.
Les échanges thermiques à une interface air-verre sont pris en compte par une loi de transfert convecto-diffusif (loi de Newton) de la forme $\overrightarrow{j}_q = h(T_1 - T_2)\overrightarrow{n}_{12}$, où $T_1$ et $T_2$ désigne les températures de part et d'autre de l'interface, $\overrightarrow{n}_{12}$ est le vecteur unitaire orienté de 1 vers 2, normal à l'interface, et où $\overrightarrow{j}_q$ est le vecteur densité de courant thermique. Le constructeur donne les valeurs suivantes pour le coefficient de transfert thermique $h$ :

- $h = h_i = 9,1$ W.m$^{-2}$.K$^{-1}$ pour un contact entre le verre et l'air d'un local fermé ;
- $h = h_e = 16,6$ W.m$^{-2}$.K$^{-1}$ pour un contact entre le verre et l'air extérieur.

Seuls les régimes permanents sont considérés dans cet exercice.

1. Montrer que le loi de transfert convecto-diffucif, exprimée pour une interface d'aire $S$, peut être mise sous la forme d'une résistance thermique $R$ à exprimer en fonction de $h$ et $S$. Expliquer brièvement la signification de $h$ et pourquoi $h_i < h_e$.
2. En déduire la résistance thermique d'un vitrage simple, constitué d'une vitre d'épaisseur $e = 4,0$ mm et d'aire $= 1,0$ m$^2$. Comparer avec la valeur donnée par le constructeur : $0,17$ K.W$^{-1}$.
3. Donner l'expression de la résistance thermique d'un double vitrage constitué de deux vitres parallèles d'épaisseur $e = 4,0$ mm séparées par une couche d'air d'épaisseur $e' = 6,0$ mm. Calculer numériquement cette résistance pour $S = 1,0$ m$^2$. Comparer avec la valeur donnée par le constructeur : $0,28$ K.W$^{-1}$. Conclure et proposer une explication.

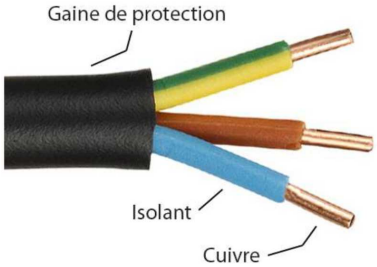
**Exercice 5 : Résistance thermique cylindrique**

Une tour d'habitation cylindrique est délimitée par un mur d'enceinte de rayon intérieur $a_1$ et de rayon extérieur $a_2$. Un appartement dans la tour est de hauteur $H$ ; la température saur la paroi intérieure est $T_1$, celle sur la paroi extérieure $T_2$. Les appartements aux étages supérieur et inférieur sont à la même température et le transfert thermique est purement radial. On se place en régime permanent et pour un point $M$ du mur repéré par son rayon $r \in [a_1, a_2]$ on pose $T(M) = T(r)$ et $\overrightarrow{j}_{\text{th}} = j(r)\overrightarrow{u_r}$.

1. Par un bilan thermique entre $r$ et $r + \mathrm{d}r$, montrer que $T(r)$ satisfait l'équation différentielle :

$$\frac{\mathrm{d}}{\mathrm{d}r}\left(r\frac{\mathrm{d}T}{\mathrm{d}r}\right) = 0.$$

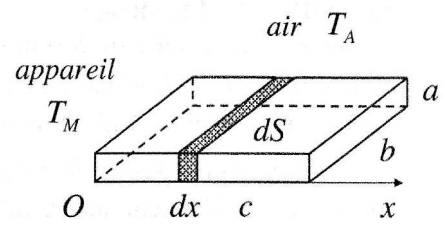
2. Résoudre cette équation et en déduire $T(r)$ et $j(r)$.
3. En déduire que le flux à travers un cylindre de rayon $r$ et de hauteur $H$ est indépendant de $r$ et exprimer la résistance thermique cylindrique du mur d'enceinte de l'appartement.
4. Y a-t-il une analogie entre la situation décrite précédemment et les gaines isolantes de câbles électriques (voir image ci-dessous). Expliquer qualitativement.




**Exercice 6 : Ailettes de refroidissement**

Pour éviter un échauffement trop important d'un appareil électrique, dû à l'effet Joule, on munit l'arrière de son boîtier d'ailettes de refroidissement métalliques (voir l'allure de ce type de dispositif sur la photo ci-dessous). Chaque ailette est parallélépipédique, d'épaisseur $a = 2,0$ mm, de largeur $b = 10$ cm et de longueur $c = 12$ cm. Dans les calculs on admet $a \ll b$.

En fonctionnement permanent, le boîtier de l'appareil maintient une température $T_M = 60°\mathrm{C}$. L'air extérieur, qui circule, est à une température constante et uniforme $T_A = 20°\mathrm{C}$, sauf au voisinage immédiat de l'ailette, entourée d'une couche limite d'air thermiquement peu conductrice dont la température reste localement voisine de celle de la surface de l'ailette.




Dans l'ailette, on admet une conduction thermique unidimensionnelle ; la température est $T(x)$, la loi de Fourier s'applique avec une conductivité $\lambda = 20$ W.m$^{-1}$.°C$^{-1}$.
Il existe par ailleurs un transfert thermique de l'ailette vers l'air ambiant, à travers la couche limite. Le flux thermique entre la surface latérale d$S$ (en gris sur la figure) de l'élément d'ailette de longueur d$x$ et l'air ambiant est de la forme : $\mathrm{d}P = h(T(x) - T_A)\mathrm{d}S$ où $h = 180$ W.m$^{-2}$.°C$^{-1}$.

1. Écrire le bilan en régime stationnaire des échanges thermiques de la tranche d'ailette de largeur d$x$. En déduire que la température $T(x)$ est solution de l'équation différentielle

$$\frac{\mathrm{d}^2T}{\mathrm{d}x^2} - \frac{1}{L^2}\left(T(x) - T_A\right) = 0$$

   en précisant l'expression de $L$ ainsi que sa valeur numérique et son unité.

2. Résoudre cette équation et donner l'expression simplifiée de $T(x)$ compte tenu de l'inégalité entre $L$ et $c$.

3. Exprimer et calculer numériquement la puissance thermique totale $P$ évacuée par l'ailette, puis la puissance thermique $P'$ transmise par le boîtier de l'appareil à l'ailette en $x = 0$ et commenter. Combien faudrait-il fixer d'ailettes sur le boîtier pour évacuer une puissance totale $P_{\text{tot}} = 200$ W ?