Donc T(x) est solution de l'équation différentielle suivante appelée équation de la barre

$$\frac{d^2T}{dx^2} = \alpha^2[T(x) - T_f] \quad \text{avec} \quad \alpha = \sqrt{\frac{h\,p}{\lambda\,S}}$$

1. ***Ailette rectangulaire longue de section constante :***

   Dans le cas de l'ailette longue, on émet l'hypothèse que : $T(x=L) = T_\infty$ , où L est la longueur de l'ailette.

$$T(x = 0) = T_0$$
$$T(x = L) = T_\infty$$

D'où :

$$\frac{T(x) - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = \exp(-\alpha x)$$

D'où :

$$\varphi_p = \sqrt{h\,P_e\,\lambda\,S}(T_0 - T_\infty)$$

2. ***Ailette rectangulaire de section constante isolée à l'extrémité :***

   La solution générale obtenue est identique au cas précédent, ce sont les conditions aux limites qui diffèrent

$$T(x = 0) = T_0$$
$$-\lambda \left.\frac{dT}{dx}\right|_{x=L} = 0 \quad \text{(conservation du flux de chaleur en x = L)}$$

$$\frac{T(x) - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = \cosh(\alpha x) - \tanh(\alpha L)\sinh(\alpha x) = \frac{\cosh[\alpha(L-x)]}{\cos(\alpha L)}$$

Et le flux total dissipé par l'ailette a pour expression :

$$\varphi_p = \alpha\,\lambda\,S\,\tanh(\alpha L)(T_0 - T_\infty)$$

3. ***Ailette rectangulaire de section constante avec transfert de chaleur à l'extrémité :***

   La solution générale obtenue est identique, ce sont les conditions aux limites qui diffèrent

$$T(x = 0) = T_0$$
$$-\lambda \left.\frac{dT}{dx}\right|_{x=L} = h\,S[T(x = L) - T_\infty]$$

$$\frac{T(x) - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = \frac{\cosh[\alpha(L - x)] + \frac{h}{\alpha\,\lambda}\sinh[\alpha(L - x)]}{\cosh(\alpha L) + \frac{h}{\alpha\lambda}\sinh(\alpha L)}$$

Et le flux total dissipé par l'ailette a pour expression

$$\varphi_p = \alpha\,\lambda\,S(T_0 - T_\infty)\frac{\tanh(\alpha L) + \frac{h}{\alpha\,\lambda}}{1 + \frac{h}{\alpha\lambda}\tanh(\alpha L)}$$

4. ***Ailette circulaire de section rectangulaire :***

En $r = r_0 : \theta = T_0 - T_\infty$

En $r = r_e : h.\theta(r_e) = -\lambda\,\frac{d\theta}{dr}(r_e)$ (cas le plus général : transfert de chaleur à l'extrémité)

Dans le cas où l'on peut faire l'hypothèse du flux nul à l'extrémité

$$\sqrt{\frac{h.e}{\lambda}} \ll 1$$

$$\frac{T(r) - T_\infty}{T_0 - T_\infty} = \frac{K_1(\alpha.r_e)I_0(\alpha.r) + I_1(\alpha.r_e)K_0(\alpha.r)}{I_1(\alpha.r_e)K_0(\alpha.r_0) + I_0(\alpha.r_0)K_1(\alpha.r_e)}$$

Et le flux total dissipé par l'ailette a alors pour expression :

$$\varphi_p = \lambda.2.\pi.r_0.e.\alpha(T_0 - T_\infty)\frac{I_1(\alpha.r_e)K_1(\alpha.r_0) - I_1(\alpha.r_e)K_1(\alpha.r_0)}{I_1(\alpha.r_e)K_0(\alpha.r_0) + I_0(\alpha.r_0)K_1(\alpha.r_e)}$$

| Echangeurs | $NUT_{max}$ | Efficacité ($\eta$) |
| --- | --- | --- |
| Co-courant | $\frac{-\ln[1-(1+z)\eta]}{1+z}$ | $\frac{1-\exp[-NUT_{max}(1+z)]}{1+z}$ |
| Contre-courant | $\frac{1}{z-1}\ln\left[\frac{\eta-1}{z\eta-1}\right]$ | $\frac{1-\exp[-NUT_{max}(1-z)]}{1-z\exp[-NUT_{max}(1-z)]}$ |
| Echangeur 1-2 | $-(1+z^2)^{-\frac{1}{2}}\ln\left[\frac{\frac{2}{\eta}-1-z-(1-z^2)^{\frac{1}{2}}}{\frac{2}{\eta}-1-z+(1-z^2)^{\frac{1}{2}}}\right]$ | $2\left\{1+z+(1+z^2)^{\frac{1}{2}}\frac{1+\exp\left[-NUT_{max}(1+z^2)^{\frac{1}{2}}\right]}{1-\exp\left[-NUT_{max}(1+z^2)^{\frac{1}{2}}\right]}\right\}^{-1}$ |
| Echangeur 2-4 | $\frac{[(1-z\eta_{1-2})(1-\eta_{1-2})^2]-1}{[(1-z\eta_{1-2})(1-\eta_{1-2})^2]-z}$ | $\frac{\left[\left(1-zNUT_{max_{1-2}}\right)\left(1-NUT_{max_{1-2}}\right)^2\right]-1}{\left[\left(1-zNUT_{max_{1-2}}\right)\left(1-NUT_{max_{1-2}}\right)^2\right]-z}$ |
| Courant croisé deux fluides non brasses | | $1-\exp\left[\frac{\exp(-zNUT_{max}^{0.78})-1}{zNUT_{max}^{-0.22}}\right]$ |
| Courant croisé deux fluides brassés | $-\ln\left[1+\frac{1}{z}\ln(1-z\eta)\right]$ | $\left[\frac{1}{1-\exp(-NUT_{max})}+\frac{z}{1-\exp(-zNUT_{max})}-\frac{1}{NUT_{max}}\right]^{-1}$ |
| Courant croisé un fluide non brasse ($q_{c\,min}$) non brassé | $-\ln\left[1+\frac{1}{z}\ln(1-z\eta)\right]$ | $\frac{1}{z}\{1-\exp[-z(1-e^{-NUT_{max}})]\}$ |
| Courant croisé un fluide non brasse ($q_{c\,min}$) brassé | $-\frac{1}{z}\ln[1+z\ln(1-\eta)]$ | $1-\exp\left\{-\left(\frac{1}{z}\right)[1-\exp(-zNUT_{max})]\right\}$ |

**République Algérienne Démocrate et Populaire**
**Ministére de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

Université **Kasdi Merbah Ouargla**
Faculté des Sciences de la Technologie et Sciences de la Matiére
Département Génie des Procédes
1er Master Génie Chimique 2010/2011

**TRANSFERT THERMIQUE**

## *Série N° 1*

### *Exercice N° 1*

La paroi d'un tunnel de congélation est constitué par : un enduit en ciment $e_1$=2cm et $\lambda_1$=0.9W/m°C, une epaisseur de parpaing $e_2$=20cm et $\lambda_2$=0.7W/m°C, une couche de polystyréne $e_3$=24cm et $\lambda_3$=0.33W/m°C, un enduit en ciment $e_4$=2cm et $\lambda_4$=0.9W/m°C, la température de l'air exterieur est de 35°C et l'air interieur du tunnel est de -40°C, les coefficients de transfert de chaleur par convection air/paroi ont pour valeurs respectives 20 W/m$^2$°C à l'exterieur et 8 W/m$^2$°C à l'interieur.

Calculer :

1- le coefficient global d'echange thermique .
2- le flux de chaleur par unité de surface .
3- les températures des surface exterieur et interieur de la paroi .

### *Exercice N° 2*

Une paroi d'une chambre froide est constituée par : un mur de briques creuses $e_1$=10cm et $\lambda_1$=0.5W/m°C, un isolant en polystyréne $e_2$ et $\lambda_2$=0.03W/m°C, un enduit $e_3$=3cm et $\lambda_3$=1.2W/m°C, les coefficients de convection sont $h_i$=7W/m$^2$°C et $h_e$=10W/$m^2$°C .

Les températures de part et d'autre de la paroi sont $\theta_i$=-10°C et $\theta_e$=30°C .

a- calculer l'epaisseur d'isolant à mettre en place de façon à limiter la puissance thermique transmise par unite de surface à 10W/m$^2$.
b- la surface de la paroi est égale à 40m$^2$, calculer la puissance thermique transmise.
c- calculer la quantité de chaleur qui traverse cette paroi en 24h.

### *Exercice N° 3*

Une conduite d'eau à 60°C de 40mm de Ø exterieur de 50m de langeure est placée dans une aubiance à 35°C.

On veut reduire ses pertes de chaleur à 500Kcal/h grace à une couroune isolante en mouse de polyuréthane $\lambda$=7W/m°C .

Calculer l'epaisseur à douanier à cette couroune.

### *Exercice N° 4*

Une paroi plan est constituée d'un matériau homogéne dont le coefficient de conductivité thermique peut être répresantée par $\lambda=\lambda_0(1+a\theta)$, $\lambda_0$ étant la conductivité thermique à $\theta=0$, les façes sont soumises aux température $\theta_1$et $\theta_2$.

a- quelle est la densité du flux de chaleur traversant le mur d' epaisseur $e$.
b- comment varie la température en fonction de $x$.
c- le flux est il inferieur où supérieur à celui calculé avec $\lambda=\lambda_0$.

Données :

$\theta_1$=20°C , $\theta_2$=35°C , $a = 0.005 \times 1/°C$, $\lambda_0$=0.03Kcal/hm°C, e=20cm.

### *Exercice N° 5*

Un mur d'un incubateur d'œufs est constitué de 8cm de fibre de verre, jusctaposé entre deux couches de bois d'une epaisseur de 1cm, la température exterieur $T_e = 10°C$, et le coefficient de transfert à

proximite de couche $h_e = 5W/m^2°C$, la température à côte du mur interieur pour que les œufs puissent manifester est de $T_i = 40°C$ et $h_i = 20W/m^2°C$, le coefficient de transfert est grand du côte choud du mur à couse de la ventilation à traves les œufs .
Calculer le flux thermique à travers le mur de l' incubateur.
$\lambda_{bois}$=$0.11W/m^1°C$ , $\lambda_{fibreobtique}$ =$0.035W/m°C$.

***Exercice N$^{\underline{0}}$ 6***

La distrubution de la température radiale dans un cylandre s'écrit sous la forme suivante :

$$T = T_i - (T_i - T_0) \times \frac{Ln\left(\frac{r}{r_i}\right)}{Ln\left(\frac{r_0}{r_i}\right)}$$

Le flux thermique s'écrit alors :

$$\varphi = \frac{2\pi\lambda L}{Ln\left(\frac{r_0}{r_i}\right)}(T_i - T_0)$$

Un cylandre constitué par plusieurs couches superposées dont le but d'isolation, un fluide circulant à son interieur à un coefficient $h_i$ et une température $T_i$, les couches d'isolation ont des coefficients conductifs $\lambda_1 et\, \lambda_3$, celle du cylandre est $\lambda_2$, le coefficient du transfert à l'exterieur est $h_0$, (voir schéma).
Donnez l'expression de la résistance thermique globale à travers les couches.

République Algérienne Démocrate et Populaire

Ministére de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université **Kasdi Merbah Ouargla**
Faculté des Sciences de la Technologie et Sciences de la Matiére
Département Génie des Procédes

1^er^Master Génie Chimique 2010/2011

**TRANSFERT THERMIQUE**

# *Série N$\underline{\underline{0}}$ 2*

***Exercice N$\underline{\underline{0}}$ 1***

La température élvée du thé 70°C est dans un verre en porcelaine dont les bar des sont intielement à la température T=25°C (température du mur) ; la température de la surface interieure du verre est celle du thé 70°C, l'epaisseur du verre est $e = 6mm$.

Éstemer le temps nécessaire pour que la température du mur atteigne 30°C à une profondeur de *2mm* de la surface mouillée, calculer alors la distance de pénétration à cet instant.

***Exercice N$\underline{\underline{0}}$ 2***

Une ailette en aluminium $\lambda = 34 \mathrm{W/m°C}$ de longeur 7.5cm et d'epaisseur *3mm* est encastrée dans un mur, la base de l'ailette est maitentant à 300°C, la température ambiante est de 30°C, et le coefficient de transfert est de $10\mathrm{W}/m^2\mathrm{°C}$.

Calculer son efficacité et le flux extrait .

***Exercice N$\underline{\underline{0}}$ 3***

Une grande piéce en aluminium, est à la température de 200°C, on abrisse brusquement la températurede surface à70°C.

Quel est la chaleur perdu par unité de surface par la piéce quand la température à une profondeurde 4cm a chuté de 120°C.

***Exercice N$\underline{\underline{0}}$ 4***

Un cable électriquen suspendu en l'air génére de la chaleur par effet de joule $\varrho = 1\mathrm{W/m}$, le cable est un cylandre de rayon $\mathrm{r_i} = 0.05\mathrm{mm}$ et la différence de température entre lui et l'atmonsphére est 30°C, il est proposé de couvrir ce cable avec du plastique pour son isolant électrique, le rayon extérieur va devenir $\mathrm{r_0} = 1\mathrm{mm}$, la coductivité thermique du plastique est $\lambda = 0.35\mathrm{W/m°C}$.

Calculer la nouvelle différence de température que peut-on déduire ?.