

# Licence Sciences et Applications - Mention STEP – S4 Parcours IUP GdE

## PHYSIQUE de l'ENVIRONNEMENT - TD TTT 3

### 1- Déperditions thermiques d'une pièce

L'un des murs d'une pièce d'un appartement a 4 mètres de longueur, 3 mètres de hauteur, et 20 centimètres d'épaisseur. Il est constitué en briques de conductivité calorifique moyenne  $\lambda = 2.10^{-4} \text{ kcal.m}^{-1}\text{s}^{-1}\text{K}^{-1}$ .

1a. Calculer le flux de chaleur à travers ce mur lorsque la température extérieure est de  $0^\circ\text{C}$ , celle de la pièce étant maintenue à  $20^\circ\text{C}$ .

1b. Pour diminuer les déperditions à travers ce mur, on place contre celui-ci une plaque de liège ( $\lambda = 0,25 \text{ kcal.h}^{-1}\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$ ) de 2 cm d'épaisseur. Calculer le nouveau flux à travers le mur.

1c. Quel serait le flux si le mur était constitué de deux parois de briques de 8 cm d'épaisseur séparées par une couche d'air de 4 cm ( $\lambda = 22,6.10^{-3} \text{ kcal.h}^{-1}\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$ ), l'air étant supposé immobile.

### 2- Déperditions thermiques d'un réfrigérateur

Un réfrigérateur peut-être assimilé à une enceinte ayant la forme d'un parallélépipède rectangle de 1,20 m de hauteur, 0,60 m de largeur et 0,50 m de profondeur (dimensions extérieures).

2a. Calculer la puissance que devrait avoir le groupe frigorifique pour maintenir à  $5^\circ\text{C}$  la température moyenne des faces intérieures des parois du réfrigérateur, lorsque la température moyenne des faces extérieures est de  $20^\circ\text{C}$ , si ces parois étaient constituées de plaques en matière plastique de 3 mm d'épaisseur ( $\lambda = 3,1.10^{-2} \text{ cal.m}^{-1}\text{s}^{-1}\text{K}^{-1}$ ). On négligera l'effet d'épaisseur des matériaux.

2b. Que devient cette puissance si les parois sont constituées de 2 plaques de matière plastique de 3 mm d'épaisseur séparées par une couche de laine de verre de 4 cm d'épaisseur ( $\lambda = 1.10^{-2} \text{ cal.m}^{-1}\text{s}^{-1}\text{K}^{-1}$ ). Dans ce cas, faire le calcul en ne tenant pas compte de l'effet d'épaisseur d'une part, et en tenant compte de l'effet d'épaisseur (prendre une surface moyenne) d'autre part.

**3- Conduction de chaleur dans un tube cylindrique creux** ( $r_1$  rayon intérieur,  $r_2$  rayon extérieur) avec source interne de chaleur  $p$  [ $\text{W.m}^{-3}$ ] uniforme dans le volume,  $\lambda(T)=\text{constante}$ , régime stationnaire. Cas limite de la barre.

3a. Rappeler l'équation générale de la chaleur dans ce cas particulier où  $T=T(r)$  seulement. Montrer que cette équation peut se mettre sous la forme  $r.d^2T/dr^2+dT/dr=-p.r/\lambda$ .

3b. En déduire la solution générale  $T(r)$

3c. En déduire l'expression de  $T(r)$  dans le cas d'une barre (cylindre non creux), sachant que l'une des conditions aux limites est  $T(r_2)=T_2$ . Que vaut la densité de flux de chaleur ?

3d. En déduire la température au centre de la barre  $T_0$ , ainsi que l'écart de température  $\Delta T=T_0-T_2$ , ainsi que le flux de chaleur sortant de la barre.

### 4- Puissance de source interne de chaleur dans une barre cylindrique

Dans une barre cylindrique de diamètre  $d = 1 \text{ cm}$ , constituée d'un métal de résistivité électrique  $\rho$  et de conductivité thermique  $\lambda$ , circule un courant électrique  $I = 500 \text{ A}$ .

4a. Calculer la puissance calorifique dégagée par effet Joule par unité de volume dans le cas où le métal en jeu est le cuivre ( $\rho = 1,7 \mu\text{S.cm}$ ,  $\lambda = 0,1 \text{ kcal.s}^{-1}\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$ , et lorsque le métal en jeu est le graphite ( $\rho = 6,0.10^3 \mu\text{S.cm}$ ,  $\lambda = 4.10^{-3} \text{ kcal.s}^{-1}\text{m}^{-1}\text{K}^{-1}$ ).

4b. Quelle est l'expression de la différence de température  $\Delta T$  entre le centre de la barre et sa périphérie (cf. exercice 3). En déduire  $\Delta T(\rho, I, d, \lambda)$ . Calculer  $\Delta T$  pour les deux matériaux étudiés.

### 5- Mise hors gel des canalisations d'adduction d'eau

Un sol sec a une température initiale uniforme de  $5^\circ\text{C}$  pour une diffusivité thermique de  $2,7.10^{-7} \text{ m}^2.\text{s}^{-1}$ . La température extérieure chute brutalement à  $-15^\circ\text{C}$  et se maintient à ce niveau pendant 15 jours. Dans l'hypothèse du mur semi infini, à quelle profondeur doit-on enterrer une canalisation d'eau pour que ce brusque changement de température n'entraîne pas le gel de la canalisation au bout de 15 jours ?

### 6- Mise en contact de deux milieux semi infinis de température initiale $T_1$ et $T_2$

L'effusivité du sable et du bois étant proche de celle du corps humain, et bien inférieure à celle du métal, expliquer pourquoi vous éprouveriez, en été, une douce sensation de chaleur si le sable est à  $55^\circ\text{C}$ , et une forte impression de brûlure si vous marchiez sur une plaque métallique à cette même température.

**Valeur de la fonction erf(x)**

<b>x</b>	<b>erfx</b>	<b>erfcx</b>
<b>0</b>	<b>0,000000</b>	<b>1,000000</b>
<b>0,05</b>	<b>0,056372</b>	<b>0,943628</b>
<b>0,1</b>	<b>0,112463</b>	<b>0,887537</b>
<b>0,15</b>	<b>0,167996</b>	<b>0,832004</b>
<b>0,2</b>	<b>0,222703</b>	<b>0,777297</b>
<b>0,25</b>	<b>0,276326</b>	<b>0,723674</b>
<b>0,3</b>	<b>0,328627</b>	<b>0,671373</b>
<b>0,35</b>	<b>0,379382</b>	<b>0,620618</b>
<b>0,4</b>	<b>0,428392</b>	<b>0,571608</b>
<b>0,45</b>	<b>0,475482</b>	<b>0,524518</b>
<b>0,5</b>	<b>0,520500</b>	<b>0,479500</b>
<b>0,55</b>	<b>0,563323</b>	<b>0,436677</b>
<b>0,6</b>	<b>0,603856</b>	<b>0,396144</b>
<b>0,65</b>	<b>0,642029</b>	<b>0,357971</b>
<b>0,7</b>	<b>0,677801</b>	<b>0,322199</b>
<b>0,75</b>	<b>0,711156</b>	<b>0,288844</b>
<b>0,8</b>	<b>0,742101</b>	<b>0,257899</b>
<b>0,85</b>	<b>0,770668</b>	<b>0,229332</b>
<b>0,9</b>	<b>0,796908</b>	<b>0,203092</b>
<b>0,95</b>	<b>0,820891</b>	<b>0,179109</b>
<b>1</b>	<b>0,842701</b>	<b>0,157299</b>
<b>1,1</b>	<b>0,880205</b>	<b>0,11980</b>
<b>1,2</b>	<b>0,910314</b>	<b>0,08969</b>
<b>1,3</b>	<b>0,934008</b>	<b>0,06599</b>
<b>1,4</b>	<b>0,952285</b>	<b>0,04772</b>
<b>1,5</b>	<b>0,966105</b>	<b>0,03390</b>
<b>1,6</b>	<b>0,976378</b>	<b>0,02362</b>
<b>1,7</b>	<b>0,983790</b>	<b>0,01621</b>
<b>1,8</b>	<b>0,989091</b>	<b>0,01091</b>
<b>1,9</b>	<b>0,992790</b>	<b>0,00721</b>
<b>2</b>	<b>0,995322</b>	<b>0,00468</b>
<b>2,1</b>	<b>0,997021</b>	<b>0,00298</b>
<b>2,2</b>	<b>0,998137</b>	<b>0,00186</b>
<b>2,3</b>	<b>0,998857</b>	<b>0,00114</b>
<b>2,4</b>	<b>0,999311</b>	<b>0,00069</b>
<b>2,5</b>	<b>0,999593</b>	<b>0,00041</b>
<b>2,6</b>	<b>0,999764</b>	<b>0,00024</b>
<b>2,7</b>	<b>0,999866</b>	<b>0,00013</b>
<b>2,8</b>	<b>0,999925</b>	<b>0,00008</b>
<b>2,9</b>	<b>0,999959</b>	<b>0,00004</b>
<b>3</b>	<b>0,999978</b>	<b>0,00002</b>