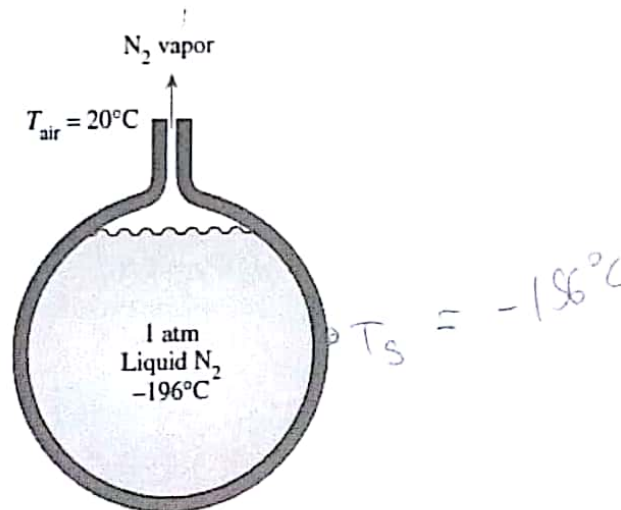


TD n°1 : Notions de base

Exercice 1 :

La température d'évaporation du nitrogène à la pression atmosphérique est -196°C . Pour cela il est utilisé généralement dans les études scientifiques utilisant de basses températures, car la température du nitrogène liquide dans un réservoir ouvert à l'atmosphère reste constante et égale à -196°C jusqu'à ce que le nitrogène liquide s'évapore. Le moindre flux thermique absorbé par le réservoir se traduit par une vaporisation d'une quantité de nitrogène liquide qui a une chaleur latente de vaporisation égale à 198kJ/kg et masse volumique de 810 kg/m^3 à la pression atmosphérique.



Considérons un réservoir sphérique de diamètre 4m initialement rempli de nitrogène liquide à -196°C à une pression de 1 atm. Le réservoir est exposé à l'air ambiant à 20°C avec un coefficient de convection thermique de $25\text{W/m}^2\cdot\text{K}$. La température extérieure de la paroi très fine du réservoir est la même que le nitrogène liquide (figure ci-dessus).

1. En négligeant tout transfert radiatif, déterminer le taux d'évaporation du nitrogène liquide à partir du réservoir qui résulte du transfert thermique entre le réservoir et l'air ambiant.
2. Refaire le même travail si le réservoir contenait de l'oxygène liquide qui a une température d'évaporation de -183°C , une chaleur latente d'évaporation égale à 213kJ/kg et une masse volumique de 1140kg/m^3 .
3. Si le réservoir est entouré d'une couche de laine de verre d'épaisseur 0.35 cm et de conductivité thermique égale à $0.035\text{ W/m}\cdot\text{K}$. Quel serait alors le taux d'évaporation dans les deux cas précédents ?

Exercice 2 :

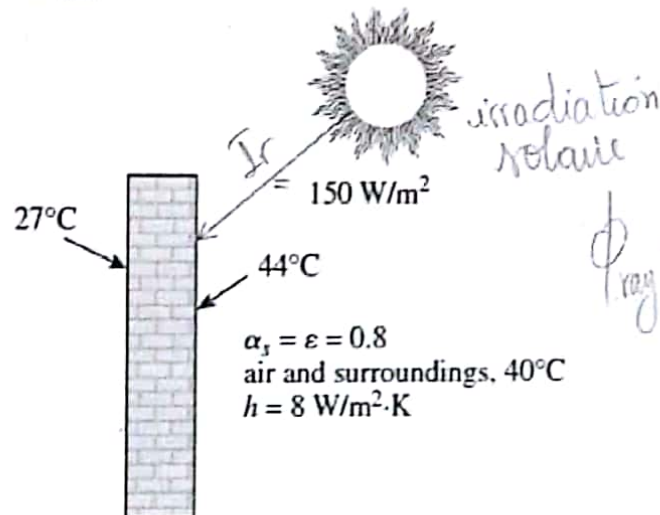
Une chambre d'une maison résidentielle est conditionnée pendant tous les saisons à 22°C . En hiver, la température moyenne des murs, du toit et du plancher est mesurée à 10°C pendant qu'en été elle est mesurée à 25°C .

Déterminer le flux radiatif échangé en régime permanent entre une personne debout dans la chambre et son entourage en été puis en hiver sachant que la surface exposée de cette personne est de $1,4\text{m}^2$ et la température de sa peau est égale à 30°C .

Exercice 3 :

Les températures extérieure et intérieure d'un mur d'épaisseur 25 cm en été sont respectivement égales à 44°C et 27°C . La surface extérieure du mur échange de la chaleur par rayonnement avec les surfaces qui l'entourent qui sont à 40°C , et par convection avec l'air ambiant aussi à 40°C avec un coefficient de convection égale à $8\text{ W/m}^2\cdot\text{K}$. L'irradiation solaire est de 150 W/m^2 .

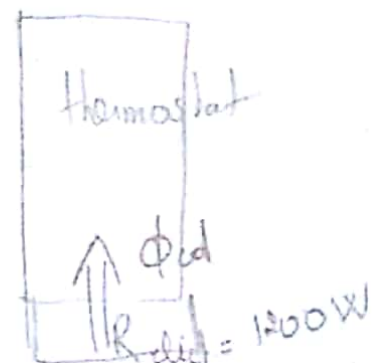
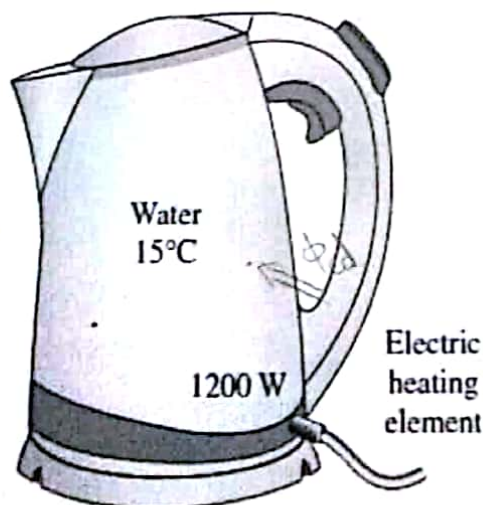
Si l'émissivité et l'absorptivité de la surface extérieure du mur sont égales à 0.8, déterminer la conductivité effective du mur.



$$\phi_{\text{ray}} = \varepsilon \sigma (T_s - T_a)$$

Exercice 4 :

1,2 kg d'eau liquide initialement à 15°C est chauffé à 95°C à l'aide d'un thermos équipé à l'intérieur d'une résistance électrique chauffante de 1200 W de puissance. Le thermos pèse $0,5\text{ kg}$ est a une capacité thermique égale à $0,7\text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$. En supposant que la capacité thermique de l'eau est de $4,18\text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$ et en négligent les pertes thermiques à travers les parois externes du thermos, déterminer le temps nécessaire pour le réchauffement de l'eau.



$$C_1 = 0,7\text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$$

$$C_2 = 4,18\text{ kJ/kg}\cdot\text{K}$$

$$T_i \xrightarrow{R_{\text{ed}}} T_f = 95^\circ\text{C}$$

$$R_{\text{ed}} = \frac{dQ}{dt} = 1200\text{ W}$$

Transfert thermique

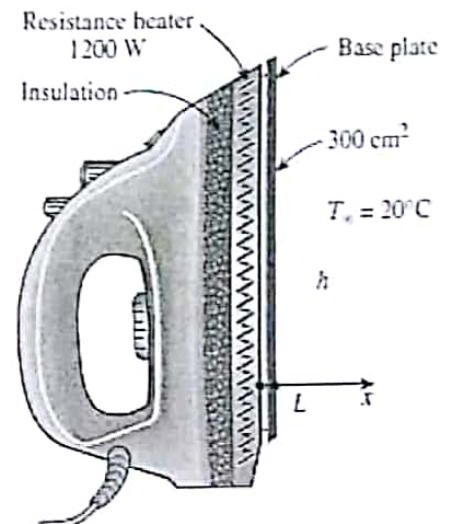
TD n°2: Conduction thermique

“Equation de chaleur”

Exercice 1 :

Considérons la base d'un fer à repasser d'épaisseur $L=0.5\text{cm}$, de surface $S=300\text{cm}^2$ et de conductivité $\lambda = 15 \text{ W/m.K}$. La supérieure est soumise à un flux constant délivré par une résistance chauffante de puissance 1200W . La surface extérieure est en contact avec l'air ambiant qui est à 20°C ($h=80\text{W/m}^2.\text{K}$).

En négligeant tout échange radiatif, déterminer l'expression de la température dans la plaque du fer à repasser et évaluer les températures limites.



Exercice 2 :

Dans les usines de traitement des métaux, les ouvriers travaillent souvent à proximité de surfaces métalliques chaudes. Les surfaces chaudes exposées sont des dangers qui peuvent provoquer des brûlures thermiques au tissu de la peau humaine. La surface métallique d'une température supérieure à 70°C est considérée extrêmement chaude. Les dommages causés aux tissus de la peau peuvent se produire instantanément sur contact avec la surface métallique à cette température.

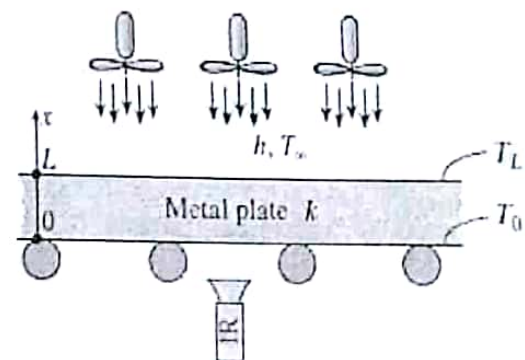
Dans une usine qui traite les plaques métalliques, une plaque est exposée à une série de ventilateurs pour refroidir sa surface supérieure à une température ambiante de 30°C , comme le montre la figure ci-dessous. La plaque est de 25 mm d'épaisseur et a une conductivité thermique de 13.5 W/m.K .

La Température à la surface inférieure de la plaque est surveillée par un thermomètre infrarouge(IR).

Donner l'expression de la variation de la température dans la plaque métallique.

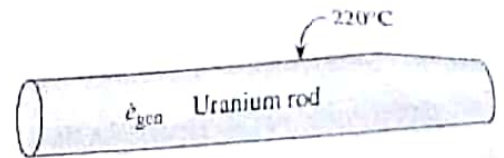
Le thermomètre infrarouge mesure la surface inférieure de la plaque à 60°C .

Déterminer la valeur minimale du coefficient de transfert de chaleur par convection nécessaire pour garder la surface supérieure au-dessous de 47°C pour éviter une brûlure thermique instantanée par contact accidentel.



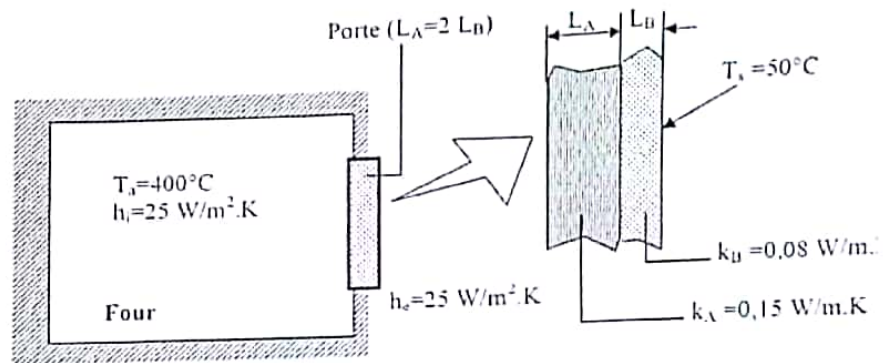
Exercice 3 :

Dans un réacteur nucléaire. Les tiges d'Uranium de 1 cm de diamètre refroidies par l'eau à l'extérieur servent de carburant. La chaleur est générée uniformément dans les tiges ($\lambda = 29,5 \text{ W/m.K}$) à un taux de 4.10^7 W/m^3 . Si la température de la surface extérieure des tiges est 220°C , déterminer la température au centre.

**Exercice 4 :**

Le schéma ci-dessous représente un four industriel ayant une porte composée de deux couches A et B avec des épaisseurs L_A et L_B telles que $L_A = 2L_B$.

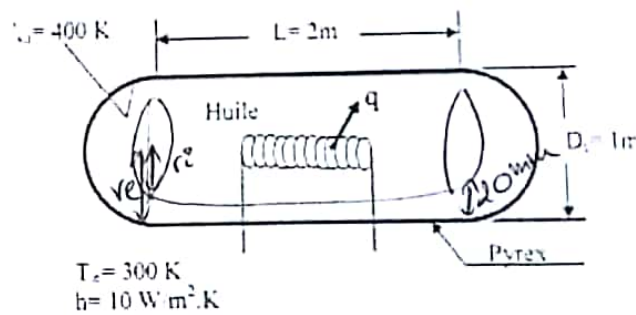
Déterminer l'épaisseur minimale de la porte ($L = L_A + L_B$) exigée pour que la température de la surface extérieure ne dépasse pas les 50°C .

**Exercice 5 :**

Un réservoir de stockage de section cylindrique ayant une longueur $L=2 \text{ m}$ et un diamètre intérieur $D_i=1 \text{ m}$. Les deux bases sont hémisphériques.

Il est construit d'un verre (Pyrex) ayant 20 mm d'épaisseur et exposé à l'air ambiant à la température de 300 K et d'un coefficient de convection de $10 \text{ W/m}^2.\text{K}$. Le réservoir est rempli d'huile qui maintient la température de sa surface intérieure à 400 K .

Déterminer la puissance électrique (en W) qui devrait alimenter la résistance de chauffage.
 $k(\text{pyrex}) = 1,4 \text{ W/m.K}$



T_s : à l'intérieur de Pyrex

Exercice 6 :

Considérons une fenêtre à double vitrage constituée de deux couches fines de verre d'épaisseur $e_v = 6 \text{ mm}$ ($\lambda_v = 0,8 \text{ W/K.m}$) séparées par une lame d'air sec d'épaisseur $e_{\text{air}} = 12 \text{ mm}$ de conductivité $\lambda_{\text{air}} = 0,026 \text{ W/K.m}$.

- 1- Déterminer le flux thermique à travers ce double vitrage ainsi de la température de la surface intérieure en régime permanent pour une journée où la chambre est maintenue à 22°C alors que l'extérieur est à 10°C . Le coefficient de convection extérieur est estimé à $25 \text{ W/m}^2.\text{K}$ et celui de l'intérieur est égal à 8 W/K.m^2 .
- 2- Justifier l'utilisation de la lame d'air ?
- 3- En utilisant un logiciel de visualisation, représenter l'allure du flux thermique par unité de surface du double vitrage pour différentes valeurs de e_{air} . (Commencer par une valeur de 1 mm jusqu'à 30 mm avec un pas de 2 mm). Commenter ?