

TD - 2

Transferts thermiques par conduction-convection

Exercice 1: Isolation thermique des parois d'un four

Un four est constitué de briques réfractaires de 15 cm d'épaisseur (conductivité $\lambda_b = 1W/m.K$). Il est recouvert d'un matériau isolant de conductivité $\lambda_i = 0.08W/m.K$. La température de la paroi interne du four est 1300 °C, la température de la paroi externe de l'isolant est 300 °C.

1. Calculer l'épaisseur d'isolant nécessaire pour limiter les pertes thermiques à $1000W/m^2$ (on considère donc pour simplifier que l'épaisseur d'isolant n'a pas d'influence sur la température extérieure de celui-ci).
-

Exercice 2: Bilan thermique pour une plaque uniformément chauffée

De l'air à 20°C souffle sur une plaque métallique rectangulaire de 50 cm par 75 cm de côtés, uniformément chauffée, et dont la température de surface extérieure est maintenue constante, à 250 °C.

Le coefficient de conductance thermique pour les échanges thermiques de la plaque avec l'air est $h = 25W/m^2K$.

1. Calculer le flux thermique transféré.
 2. La plaque est faite d'acier, de coefficient de conductivité thermique $\lambda = 43W/m.K$, ayant 2cm d'épaisseur. On suppose que 300W sont par ailleurs perdus par le mécanisme de rayonnement infrarouge.
En écrivant un bilan élémentaire des flux thermiques, calculer la température de la surface interne de la plaque (pour fixer les idées, par exemple prise au milieu de la plaque), en notant que cette surface de référence n'est pas soumise au rayonnement et à la convection.
-

Exercice 3: Isolation thermique d'une fenêtre avec simple / double vitrage

On reprend ici certains calculs de l'isolation thermique, non plus d'un vitrage double, mais pour une véritable fenêtre double, analogue à celles utilisées dans les pays froids (Russie, Ukraine, pays scandinaves). Le premier vitrage est double. Il est constitué de deux vitres épaisses, 4mm de verre ($\lambda = 0,65\text{W/m.K}$), séparées par une couche d'air de 5mm ($\lambda = 0,022\text{W/m.K}$) d'épaisseur. Un deuxième vitrage est placé derrière le premier, du côté logement. Ce vitrage est éloigné du premier par une couche d'air épaisse (de l'ordre de 20cm , mais cette valeur ne sera pas utile dans les calculs). Ce deuxième vitrage est constitué soit d'une simple vitre de verre de 4mm d'épaisseur (voir Figure), cas de la configuration n°1, ou bien il est double, étant identique au premier vitrage, cas de la configuration n°2. La température à l'intérieur du logement est $T_{\infty 2} = 20^\circ\text{C}$. Celle de l'extérieur est $T_{\infty 1} = -10^\circ\text{C}$. Il existe des coefficients de convection qui sont pris égaux à $h_1 = 50\text{W/m}^2\text{K}$ pour l'extérieur et $h_2 = 10\text{W/m}^2\text{K}$ pour l'intérieur du logement. On suppose qu'il existe une cellule de convection au sein de la couche d'air centrale, de coefficient $h_0 = 2\text{W/m}^2\text{K}$.

1. Calculer la résistance thermique de la fenêtre double dans le cas de la configuration n°1 (celle de la Figure), en prenant en compte les coefficients de convection pour l'air à l'extérieur et à l'intérieur du logement, h_1 et h_2 , ainsi que celui de la couche d'air centrale h_0 .
2. En déduire le flux thermique
 - (a) calculer les températures T_2 de la vitre, côté logement, ainsi que celle T_1 de la vitre côté extérieur.
 - (b) Calculer alors la température T_β de la vitre du deuxième vitrage, ainsi que celle T_α de la deuxième vitre du premier vitrage (voir Figure pour les notations).
3. Refaire l'ensemble de tous les calculs de la question 1 et 2 pour le cas de la configuration n°2 où le deuxième vitrage, qui est donc double cette fois-ci, est identique au premier. Que suggèrent les résultats obtenus en termes d'isolation thermique supplémentaire, en comparant les deux configurations ? Est-ce que le deuxième double vitrage se justifie ?
4. En utilisant la relation de définition du flux de chaleur dans la couche d'air centrale $\Phi = h_0 s(T_\beta - T_\alpha)$, calculer alors h_0 , à partir des valeurs numériques obtenues pour Φ , T_α et T_β , pour les deux configurations n°1 et n°2.
5. montrer que l'on retrouve bien la valeur de $h_0 = 2\text{W/m}^2\text{K}$ pour l'une ou l'autre des deux configurations n°1 et n°2.
Justifier alors ce résultat sur la base d'un calcul analytique précis et rigoureux, différent bien entendu dans les détails pour chaque configuration (n°1 et n°2).

