

## Climatisation d'un wagon

Il est bien connu que la carrosserie d'un véhicule laissé au soleil est beaucoup plus chaude que l'air ambiant et que l'effet est d'autant plus prononcé que la carrosserie est de couleur sombre.

Nous allons expliquer dans la suite pour quelle raison la température de la carrosserie est supérieure à celle de l'air (autrement dit pour quelle raison l'équilibre thermique de la *carrosserie* ne se traduit pas par une égalité de température entre *air extérieur* et *métal*).

L'énergie associée au rayonnement solaire absorbé par la peinture est en partie *réémise* sous forme de *rayonnements infrarouges* (cf. rayonnement du corps noir) et en partie *transmise* à la carrosserie par *diffusion/conduction* thermique ce qui entraîne l'échauffement très rapide de l'habitacle en l'absence de climatisation. **La température de la carrosserie s'ajuste donc pour assurer l'équilibre global des différents flux thermiques.**



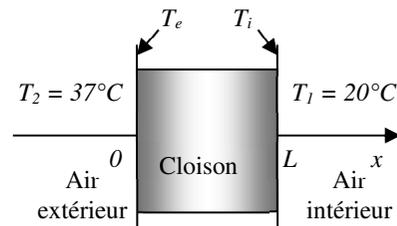
Remarque : dans le cas d'un véhicule climatisé, le flux thermique vers l'habitacle est évacué ; on conçoit donc que la température des parois internes du véhicule est supérieure à la température de l'air intérieur rafraîchi par la climatisation (comme précédemment la température des parois internes s'ajuste pour réaliser l'équilibre des flux).

Énoncé détaillé

Un wagon climatisé à la température  $T_i$  (température intérieure) est exposé au soleil (température extérieure  $T_e$ ).

Une paroi homogène d'épaisseur  $L$  et de conductivité thermique  $\lambda$  sépare l'intérieur du wagon de l'extérieur.

Le wagon est exposé au soleil sur une surface  $S$  ; il reçoit un rayonnement et en émet lui-même.



On note  $P_S$  le bilan de puissance de rayonnement globalement reçue par unité de surface de la face extérieure de la cloison en la supposant également répartie sur toute sa surface.

Le flux de chaleur qu'on qualifie de convectif (par unité de surface et de temps) entre l'air intérieur -respectivement extérieur- et la cloison est proportionnel à l'écart de température et a pour expression algébrique  $h(T_i - T_i)$  -respectivement  $h(T_2 - T_e)$ - où  $h$  est la constante de proportionnalité et  $T_i$  et  $T_e$  sont les températures des faces intérieure et extérieure de la cloison .

On se place en régime permanent.

Données :  $L = 7 \text{ cm}$  ;  $\lambda = 0,1 \text{ Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$  ;  $h = 10 \text{ Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$  ;  $P_S = 200 \text{ Wm}^{-2}$  ;  $T_i = 20^\circ\text{C}$  ;  $T_2 = 37^\circ\text{C}$  ;  $S = 120 \text{ m}^2$ .

1. Déterminer l'expression du flux thermique  $\Phi$  traversant la cloison en fonction de  $T_e$  et  $T_i$  et des autres paramètres.
2. Donner deux autres expressions de  $\Phi$  liées aux phénomènes de surface en supposant que les échanges thermiques entre la cloison sont purement convectifs à l'intérieur et radiatifs et convectifs à l'extérieur (on néglige la diffusion dans l'air dans les deux cas).
3. Exprimer littéralement  $T_i$  en fonction de  $\alpha = \frac{\lambda}{hL}$ ,  $s = T_1 + T_2 + P_S/h$  et  $T_1$ .
4. Calculer numériquement  $\alpha$ ,  $s$ ,  $T_i$  puis  $\Phi$  et  $T_e$ .
5. Quelle doit être la puissance minimale du climatiseur placé à l'intérieur du wagon pour maintenir la température  $T_1$  ?

### Aide question 2

Effectuer un bilan d'énergie (1<sup>er</sup> principe entre  $t$  et  $t+dt$ ) d'une part sur la paroi  $S$  externe, d'autre part sur la paroi  $S$  interne.