

# Thermodynamique

## 1 Questions de Cours

Rappeler la définition et l'expression du coefficient d'échange radiatif. Donner la résistance thermique correspondante. Dans quelles conditions l'utilisation de ce coefficient est-elle valable ?

## 2 Problème

Dans tout le problème l'air est supposé parfaitement transparent au rayonnement (aucune absorption, aucune diffusion) et les parois solides sont supposées être des surfaces opaques noires. On rappelle la constante de Stefan-Boltzmann :  $\sigma = 5.67 \cdot 10^{-8} \text{Wm}^{-2}\text{K}^{-4}$ . Le coefficient d'échange convectif sera supposé égal à  $h = 2 \text{Wm}^{-2}\text{K}^{-1}$  pour toutes les surfaces. On se place en régime stationnaire.

On étudie un système composé d'une sphère solide de diamètre  $D = 0.01\text{m}$  et d'une plaque solide carrée en regard d'épaisseur  $e = 0.01\text{m}$  et de côté  $a = 1\text{m}$ . La distance entre la sphère et la plaque est  $b = 10\text{m}$ . Le tout est situé dans un laboratoire rempli d'air. Les murs et l'air du laboratoire sont supposés quasi isothermes à la température  $T_0 = 300\text{K}$ . Un dispositif électrique maintient la surface  $S_1$  de la sphère à une température  $T_1 = 1000\text{K}$ . La puissance que le système électrique doit apporter pour maintenir la sphère à la température  $T_1$  est notée  $P$ . On note  $S_2$  la surface de la plaque en regard de la sphère et  $S_3$  la surface arrière (voir le dessin). Ces deux surfaces sont supposées isothermes à des températures notées  $T_2$  et  $T_3$  respectivement. La plaque est constituée d'un matériaux de conductivité thermique  $\lambda = 1 \text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ . Les raisonnements concernant les transferts à l'intérieur de la plaque pourront être menés en modèle monodimensionnel. Les ordres de grandeur donnés ci-dessus ne seront utiles que dans les raisonnements qualitatifs (aucun calcul numérique ne sera demandé).

**Question a :** Décrire qualitativement, en détail, les transferts thermiques à l'oeuvre dans ce système.

**Question b :** On étudie ici uniquement la plaque. On note  $\phi_2$  le flux de chaleur à travers la surface  $S_2$  et  $\phi_3$  le flux de chaleur à travers la surface  $S_3$  (vous choisirez vos conventions d'orientations). Déterminer  $T_3$  en fonction de  $T_2$ ,  $\phi_2$ ,  $\lambda$ ,  $e$  et  $a$ . Que pouvez-vous dire de  $\phi_3$  par rapport à  $\phi_2$  ?

**Question c :** Si on retirait la plaque et que l'on réalisait le vide dans le laboratoire quels seraient les transferts thermiques restant et quel serait le flux de chaleur à la surface de la sphere ? Pourquoi est-il justifié d'écrire que ce flux est égal à la puissance électrique  $P$  ?

**Question d :** On rajoute la plaque mais on maintient le vide. Classez dans l'ordre les températures  $T_0$ ,  $T_1$ ,  $T_2$  et  $T_3$  (sans déterminer  $T_2$  et  $T_3$ ). Le flux de chaleur à la surface de la sphere serait-il plus élevé ou plus faible que dans la question précédente ? (Dans cette question, seule la qualité de l'argumentaire sera jugée)

**Question e :** On note  $F_{ij}$  le facteur de forme de  $S_i$  vers  $S_j$ . On admet  $F_{12} \approx \frac{a^2}{b^2}$ . Rappeler les deux propriétés permettant de relier les facteurs  $F_{ij}$  entre eux. Donner des expressions pour  $F_{10}$ ,  $F_{20}$  et  $F_{21}$  en fonction de  $D$ ,  $a$  et  $b$  (sans calcul numérique).

**Question f :** Exprimer le flux net radiatif (flux incident moins flux émis) à la surface  $S_2$  et à la surface  $S_3$  en fonction de  $T_0, T_1, T_2, T_3, D, a, \sigma$  et des facteurs de forme  $F_{ij}$ .

**Question g :** Le laboratoire est de nouveau rempli d'air. Exprimer le flux de chaleur  $\phi_2$  à travers la surface  $S_2$  en fonction de  $T_0, T_1, T_2, D, a, \sigma, h$  et des facteurs de forme  $F_{ij}$ .

**Question h :** Tracer le réseau électrique équivalent en supposant que  $T_2$  et  $T_3$  restent proches de  $T_0$  et expliquez comment vous pouvez en déduire la valeur de la puissance électrique  $P$ .

**Question i (Subsidiaire) :** Comment pouvez-vous justifier l'approximation  $F_{12} \approx \frac{a^2}{4\pi b^2}$  ?

