

**THERMODYNAMIQUE**

Partiel de novembre

*Durée 1h30***Exercice 1 : Étude d'une plaque chauffante**

On étudie une plaque électrique de cuisinière de rayon  $R = 6$  cm et de puissance  $P = 1000$  W. Dans tout le problème, on admet que la plaque est isotherme et on note  $T(t)$  sa température qui évolue en fonction du temps  $t$ . De plus, elle n'échange de l'énergie thermique que par sa face supérieure (les surfaces inférieure et latérale de la plaque sont supposées parfaitement isolées thermiquement). Pour simplifier le problème, on admettra que la face supérieure se comporte comme un corps noir pour les échanges radiatifs, et que les échanges convectifs à sa surface peuvent être représentés à l'aide d'un coefficient d'échange convectif  $h = 3 \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-1}$ . La température de l'air ambiant et des murs de la pièce est  $T_a = 300$  K.

**1.1)** Quelques secondes après avoir allumé la plaque, sa température est  $T = 400$  K. Calculer les différentes puissances qui s'échangent à cet instant-là entre la plaque et l'extérieur :

- La perte par émission de rayonnement ;
- Le gain par absorption de rayonnement ;
- La perte par convection.

On fera à chaque fois l'application numérique. Faire le bilan de ces trois contributions. En comparant à la puissance électrique reçue, en déduire comment va continuer à évoluer la température de la plaque.

**1.2)** Au bout de plusieurs minutes, la température de la plaque se stabilise à  $T = T_s$ . Pourquoi peut-on estimer que  $T_s \simeq T_{\text{ref}}$  avec :

$$T_{\text{ref}} = \left[ \frac{P}{\sigma \pi R^2} \right]^{1/4} ?$$

Cette première estimation permet d'utiliser la linéarisation suivante :

$$T_s^4 \simeq T_{\text{ref}}^4 + 4T_{\text{ref}}^3(T_s - T_{\text{ref}}).$$

Calculer précisément  $T_s$ . Application numérique : on donne la constante de Stephan  $\sigma = 5,67 \times 10^{-8} \text{ W m}^{-2} \text{ K}^{-4}$ .

**Exercice 2 : Compression d'un gaz monoatomique**

Un cylindre vertical de section  $\Sigma = 100 \text{ cm}^2$  fermé par un piston horizontal de masse négligeable, mobile sans frottement, contient 2 g d'hélium considéré comme un gaz parfait de masse atomique  $M = 4$  g dans les conditions initiales  $T_0 = 300$  K et  $p_0 = 10^5$  Pa (1 atm). Les parois du cylindre et du piston sont perméables à la chaleur et l'ensemble est plongé dans un thermostat maintenu à la température  $T_0$ .

**2.1)** On rappelle que pour un gaz monoatomique, l'énergie interne est égale à  $U = nc_v T$  avec une chaleur spécifique  $c_v$  constante.  $n$  est le nombre de mole du gaz et  $T$  sa température.

**2.1.a)** Rappeler la valeur de  $c_v/R$  où  $R$  est la constante des gaz parfaits ;

**2.1.b)** Rappeler l'expression de l'entropie molaire  $s(u, v)$ .

*On donne  $R = 8,314 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ .*

**2.2)** On applique brusquement une charge (force vers le bas) de  $2 \times 10^3 \text{ N}$  sur le piston. Pendant cette compression brusque, on peut négliger les échanges thermiques à travers les parois du cylindre. Juste après la transformation, le gaz se trouve à l'équilibre dans un état  $p_1, V_1, T_1$ . Calculer :

**2.2.a)** la pression  $p_1$  ;

**2.2.b)** la température  $T_1$  en fonction de  $V_1$  ;

**2.2.c)** le travail reçu par le gaz en fonction de  $V_1, V_0$  et  $p_1$ .

En déduire :

**2.2.d)** la température  $T_1$  ;

**2.2.e)** la variation d'entropie du gaz au cours de la transformation.

Quelles valeurs aurait-on obtenues pour ces différentes quantités si la compression avait été réalisée de manière réversible ?

**2.3)** Au contact du thermostat, le système revient lentement à la température  $T_0$ . On demande :

**2.3.a)** la nature de la transformation subie par le gaz ;

**2.3.b)** la quantité de chaleur reçue par le gaz au cours de la transformation ;

**2.3.c)** les variations d'entropie du gaz et du thermostat.