

Question de cours : Bilan local de particules

Établir l'expression du bilan local de particules dans le cas d'un problème à symétrie cylindrique.

Exercice : Climatiseur

Un local, de capacité thermique à pression constante $C_p = 4 \cdot 10^3 \text{ kJ.K}^{-1}$, est initialement à la température de l'air extérieur $T_{ext} = 305 \text{ K}$. Un climatiseur, qui fonctionne de façon cyclique réversible ditherme (entre l'air extérieur et le local), ramène la température du local à $T_f = 293 \text{ K}$ en une heure.

1. Quel est le rendement η de ce climatiseur si le local est à la température T ?
2. Exprimer la chaleur totale Q échangée par le climatiseur avec le local pendant la transformation.
3. Exprimer le travail total W échangé par le climatiseur pendant la transformation.
4. Quelle puissance électrique moyenne $\langle P \rangle$ a dû recevoir ce climatiseur ?

Question de cours : Loi de Fick

Énoncé de la loi de Fock. Ordres de grandeur de D . Établir l'équation de diffusion.

Exercice : Capacité thermique de l'hydrogène

On considère un calorimètre et l'eau contenue, de capacité thermique totale $\Gamma = 1,6 \text{ kJ.K}^{-1}$ et de température initiale $\theta_0 = 15^\circ\text{C}$, dans lequel on immerge un serpentín, de capacité thermique négligeable, parcouru par un liquide de capacité thermique massique constante $c = 1,6 \text{ J.K}^{-1}.\text{g}^{-1}$, avec un débit régulier $D_m = 1,0 \text{ g.s}^{-1}$. Ce liquide entre à la température $\theta_1 = 80^\circ\text{C}$ constante et sort à la température θ du calorimètre. On négligera les fuites thermiques.

1. Établir la relation donnant θ en fonction du temps t .
2. Quelle serait la température du calorimètre initialement à θ_0 , si l'on versait directement 100 g du liquide dont la température initiale était θ_1 , le serpentín étant alors vide ?
3. Le serpentín est maintenant parcouru par de l'hydrogène qui entre à la température $\theta_1 = 80^\circ\text{C}$ et sort à la température θ du calorimètre, dans les mêmes conditions initiales que précédemment ; au bout du temps $t = 100 \text{ s}$, on note $\theta = 54^\circ\text{C}$. Déterminer la capacité thermique spécifique de l'hydrogène, le débit est $D_m = 1 \text{ g.s}^{-1}$.

Question de cours : Bilan local de particules

Établir l'expression du bilan local de particules dans le cas d'un problème à symétrie sphérique.

Exercice : Forme d'une tuyère

On s'intéresse à un écoulement unidimensionnel (suivant x) d'un gaz parfait en régime stationnaire dans un cylindre de section variable, la tuyère. On supposera le fonctionnement réversible et les parois athermes : l'écoulement est isentropique. On se place dans le référentiel de la tuyère.

Les notations sont les suivantes : $S(x)$ est la section de la tuyère à la cote x , et $r(x)$ son rayon, $P(x)$ la pression, $T(x)$ la température, $v(x)$ le volume massique et $c(x)$ la vitesse du gaz.

Pour les applications numériques, on s'intéressera à l'air $M = 29 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ et $\gamma = 1,4$.

1. Faire un bilan pour un système ouvert infinitésimal (de longueur dx) sur l'enthalpie massique h .

De même, faire un bilan d'entropie massique s . Écrire ces bilans sous forme différentielle.

2. Sachant que $s(T, P) = s(T_0, P_0) + c_p \ln\left(\frac{T}{T_0}\right) - \frac{R}{M} \ln\left(\frac{P}{P_0}\right)$, déduire de ces deux bilans la relation (1) : $v \cdot dP = -c \cdot dc$.

3. Écrire la conservation du débit vérifiée par $S(x)$, $c(x)$ et $v(x)$. La différencier pour obtenir la relation (2).

4. Montrer que, pour un écoulement isentropique d'un gaz parfait, $dP = c_{son}^2 d\rho$.
Que vaut c_{son} ?

Application numérique pour $T = 300 \text{ K}$.

Dans la suite, on considérera que c_{son} est une constante (la température varie peu).

5. En déduire la relation (3) :

$$dP = -\left(\frac{c_{son}}{v}\right)^2 dv$$

6. Grâce aux trois relations, montrer la formule d'Hugoniot :

$$\frac{dS}{S} = \frac{dc}{c} \left(\frac{c^2}{c_{son}^2} - 1 \right)$$

Comment varie S en fonction de c ?

7. On supposera connu $c(x)$. Intégrer alors S en fonction de c .