Chapitre 2

Entropie et deuxième principe

2.4 Se frotter les mains

Se frotter les mains est un processus dissipatif qu'on désire modéliser et quantifier. On considère les mains comme des solides indéformables et on suppose qu'il n'y a pas de transfert de chaleur entre les mains et l'environnement.

1) Déterminer la puissance extérieure $P^{\,\text{ext}}$ dissipée par le frottement durant ce processus en termes de la force de frottement $\boldsymbol{F}^{\,\text{fr}}$ et de la vitesse $\boldsymbol{v}$, supposée constante, d'une main par rapport à l'autre.
2) À température ambiante T, déterminer la source d'entropie Σ_S de ce processus.

Application numérique

$\|\boldsymbol{F}^{\,\text{fr}}\| = 1\,\text{N}$, $\|\boldsymbol{v}\| = 0.1\,\text{m/s}$ et $T = 25°\text{C}$

2.6 Échauffement par brassage

Dans une expérience analogue à celle de Joule, on utilise un moteur électrique au lieu d'un poids de masse M pour brasser un liquide incompressible homogène (fig. 2.1). On considère que la puissance extérieure $P^{\,\text{ext}}$ due au moteur est connue, que la vitesse angulaire $\boldsymbol{\omega}$ des pales du brasseur, de moment d'inertie I, est constante et que le liquide reste immobile. De plus, on suppose que l'énergie interne U est une fonction de la température T telle que $U = M\,c_M\,T$, où le coefficient c_M, qui représente la capacité thermique par unité de masse et de température, est connu et indépendant de la température.

1) Déduire l'accroissement de température $\Delta T_{i\to f}$ dû au brassage de l'état initial i au temps $t = 0$ à l'état final au temps t.
2) Déterminer l'expression de la variation d'entropie $\Delta S_{i\to f}$ durant ce processus dont la température initiale est T_0.

Application numérique

$M = 200$ g, $P^{\text{ext}} = 19$ W, $c_M = 3$ J g^{-1}K^{-1}, $t = 120$ s et $T_0 = 300$ K.

2.8 Processus adiabatique réversible sur un gaz

★★☆☆ Un gaz parfait à pression p et volume V est tel que son énergie interne est donnée par $U = c\,p\,V$, où c est une constante sans dimension. Déterminer la pression $p\,(V)$ pour une compression ou une expansion adiabatique réversible.

2.10 Compression thermique d'un ressort

★★★☆ On considère un piston de masse négligeable coulissant sans frottement dans un cylindre de section d'aire A, attaché à un ressort dont la constante de rappel est k (fig. 2.2). Lorsque le cylindre est vide, le piston se trouve en position x_0. On le remplit d'un gaz parfait qui satisfait l'équation d'état $p\,V = N R T$. L'énergie interne du gaz est donnée par $U = c\,N R T$ où $c > 0$ est une constante et $R > 0$ également. Après remplissage, il se trouve alors à l'équilibre en position initiale x_i. On chauffe le cylindre qui se trouve alors à l'équilibre en position finale x_f. On suppose que ce processus est réversible et que le système se trouve dans une enceinte à vide, c'est-à-dire que la pression dans l'enceinte est nulle. La masse du piston n'est pas prise en considération ici.

1) Déterminer les volumes initial V_i et final V_f, la pression initiale p_i et finale p_f, et les températures initiale T_i et finale T_f du gaz en termes des paramètres k, A, x_0, x_i et x_f.

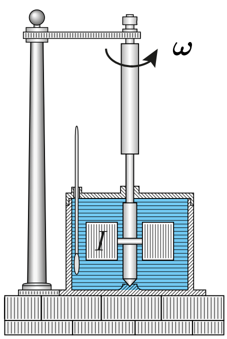

Fig. 2.1 Un brasseur avec des pales de moment d'inertie I plongées dans un liquide visqueux est entraîné par un moteur électrique à vitesse angulaire constante $\boldsymbol{\omega}$.

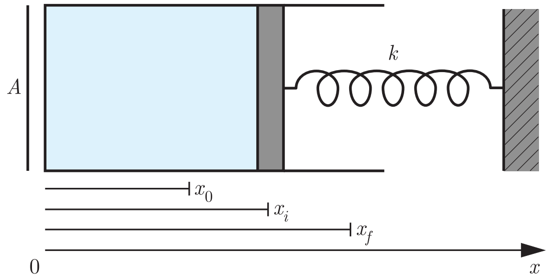

Fig. 2.2 Un piston enfermant un gaz passe de la position x_i à la position x_f, lorsque le gaz contenu dans le cylindre est chauffé. Le piston est retenu par un ressort de constante élastique k. La position au repos du ressort est en x_0.

2) Montrer que la dérivée de la pression p par rapport au volume V est de la forme,

$$\frac{dp}{dV} = \frac{k}{A^2}$$

3) Déterminer le travail $-W_{i\to f}$ effectué par le gaz sur le ressort lorsque le piston se déplace de x_i à x_f en termes des paramètres k, x_i et x_f.

4) Déterminer la variation d'énergie interne $\Delta U_{i\to f}$ du gaz lorsque le piston se déplace de x_i à x_f en termes des paramètres k, c, x_0, x_i et x_f.

5) Déterminer la chaleur $Q_{i\to f}$ fournie au gaz lorsque le piston se déplace de x_i à x_f en termes des paramètres k, c, x_0, x_i et x_f.