

**Partiel de
THERMODYNAMIQUE**

Durée : 1h30

Lundi 02 mars 2009

Questions de cours :

- 1) Pour un gaz parfait, établir l'expression de la capacité thermique molaire à pression constante c_p^m et de la capacité thermique molaire à volume constant c_v^m en fonction de la constante des gaz parfaits R et de $\gamma=c_p^m/c_v^m$ uniquement.
- 2) Etablir la relation de contrainte reliant la pression et le volume lors d'une transformation adiabatique réversible d'un gaz parfait.
- 3) L'expression de la différentielle de l'énergie interne dans le cas général est :

$$dU = C_v dT + \left(T \left(\frac{\partial p}{\partial T} \right)_V - p \right) dV \quad (\text{on considérera que } C_v \text{ est une constante})$$

Que devient la relation de contrainte précédente si le gaz obéit à l'équation d'état :

$$p(V-nb) = nRT$$

On donnera cette relation en fonction de p , V , n , R , C_v et b .

Problème :

On considère un dispositif expérimental constitué d'un cylindre de section $S = 0,5 \text{ m}^2$ et d'un piston, à parois perméables à la chaleur, contenant n moles de fluide dont l'équation d'état s'écrit :

$$p(V-nb) = nRT \quad \text{avec } R = 8,315 \text{ Jmol}^{-1} \text{ K}^{-1} \text{ et } b = 31,8 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$$

Le piston peut se déplacer librement et sans frottement dans le cylindre. Initialement, la hauteur du récipient, qui définit le volume accessible au gaz est de 10 cm. La masse du piston est de 2,5 kg.

Par ailleurs, initialement, le fluide est dans l'état p_0 , T_0 , V_0 réalisé lorsque l'ensemble du dispositif est depuis longtemps en contact avec l'atmosphère dont la température est $T=300\text{K}$ et la pression $p_{\text{atm}} = 10^5 \text{ Pa}$.

On donne l'accélération de la pesanteur : $g=10 \text{ m.s}^{-2}$.

1) L'état initial est-t-il un état d'équilibre mécanique ? Thermique ? En déduire la pression p_0 et la température T_0 . Que peut-on conclure quant à l'effet de la masse du piston sur le système ?

2) Calculer le volume V_0 .

3) Quelle est la signification physique de b ? Calculer le nombre de moles du fluide contenues dans le récipient. En déduire le rapport V / nb . Conclure. Quelle approximation peut-on donc faire concernant l'équation d'état du fluide ?

4) Un opérateur agissant sur le piston fait subir au fluide une compression réversible isotherme, à la température T_0 , de la pression p_0 à la pression $p_1 = 5 p_0$.

a) Donner l'expression du travail W des forces de pression mis en jeu au cours de cette transformation. Application numérique : calculer W .

b) Déterminer les travaux effectués respectivement par l'opérateur W_{op} et par l'atmosphère W_{atm} . Applications numériques : calculer W_{op} et W_{atm} . Commenter le résultat obtenu.

5) Déterminer alors la quantité de chaleur mise en jeu au cours de cette transformation isotherme.

6) A partir de l'état initial (p_0, V_0, T_0), on se propose de réaliser une succession de deux transformations qui amène le système au même état final que le précédent. Ces deux transformations sont une compression isobare suivie d'un échauffement isochore.

a) Décrire le dispositif expérimental permettant de réaliser ces deux transformations.

b) Quelle est la quantité de chaleur reçue par le système entre les états initial et final par ce second chemin ? Comparer cette quantité de chaleur à celle obtenue lors de la transformation isotherme réversible. Ce résultat vous paraît-il cohérent ? (justifier)

7) Le gaz étant dans l'état final précédent, on débouche, sur la face supérieure du piston, un petit orifice de section $s = 0,01 \text{ mm}^2$, par lequel le gaz peut s'échapper. On supposera que la température à l'intérieur du cylindre reste constante pendant toute la durée de l'expérience.

a) Décrire qualitativement l'évolution du système au cours du temps.

b) Montrer que le nombre $N(t)$ de particules contenues dans le cylindre satisfait à l'équation suivante :

$$dN = -\frac{N}{\tau} dt$$

dans laquelle τ est une quantité que l'on exprimera en fonction de v vitesse quadratique moyenne des particules. Application numérique : calculer τ .

c) En déduire l'expression de $N(t)$.

d) Donner ensuite l'expression de $p(t)$.