

Travaux Dirigés de thermodynamique Texte 5

I. Un cylindre droit vertical fermé par un piston de section S est en contact avec l'atmosphère considérée comme un réservoir de température constante T_0 et de pression constante p_0 . Le cylindre dont les parois sont diathermes contient n moles de gaz parfait. Le piston étant bloqué, le gaz est en équilibre à la pression $p_1 \neq p_0$, sa température est T_0 , son volume V_0 . Lorsqu'on libère le piston il peut se déplacer sans frottement sous l'action de son poids et de la force due à la pression extérieure p_0 .

1- On libère brusquement le piston.

- a - quel est l'état final du gaz à l'équilibre thermodynamique ?
- b - quel est le travail reçu algébriquement par le gaz ? Discuter son signe.

2- On libère à nouveau le piston mais on suppose que pendant la transformation, un opérateur retient le piston pour que la transformation s'effectue très lentement. Le système passe ainsi par une suite d'états d'équilibre.

- a - quel est l'état final du gaz à l'équilibre thermodynamique ?
- b - quel est le travail reçu algébriquement par le gaz ? Discuter son signe.
- c - comparer les résultats 1b et 2b. Commentaire.

II - Etude préliminaire d'un compresseur (un des deux problèmes du partiel de 2002)

Une mole d'air assimilé à un gaz parfait de capacité thermique molaire à volume constant $C_{Vm} = 5R/2$ (on rappelle que $R = 8,314 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$) est contenue dans un cylindre vertical calorifugé comportant un piston mobile calorifugé, de masse négligeable et de section $S = 0,01\text{m}^2$ en contact avec une atmosphère extérieure à pression constante $p_0 = 10^5 \text{ Pa}$ (figure 1). Initialement, le gaz est dans l'état d'équilibre (0) de température $T_0 = 300 \text{ K}$; $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$.

1- On pose sur le piston une masse $M = 100 \text{ kg}$ et on laisse le système évoluer.

- 1a- Quelle est la nature de la transformation?
- 1b- Déterminer la pression p_1 de l'air lorsqu'on atteint le nouvel état d'équilibre (1).

1c- En fonction des données du problème, de p_1 et de l'inconnue T_1 , température de l'état (1), exprimer le travail reçu par l'air et ainsi que sa variation d'énergie interne entre l'état d'équilibre de départ (0) et l'état d'équilibre d'arrivée (1).

1d- En déduire la température T_1 .

2- L'état d'équilibre (1) étant atteint, on supprime la masse M et on laisse le système évoluer.

- 2a- Quelle est la nature de la transformation?
- 2b- Déterminer sa pression p_2 lorsqu'on atteint le nouvel état d'équilibre (2).

2c- En fonction des données du problème, des grandeurs déjà calculées et de l'inconnue T_2 , température de l'état (2), exprimer le travail reçu par l'air et sa variation d'énergie interne entre l'état d'équilibre de départ (1) et l'état d'équilibre d'arrivée (2).

2d- En déduire la température T_2 .

2e- Comparer T_0 et T_2 . Commenter.

On supprime la masse M et on adapte sur le cylindre deux soupapes (S_1 et S_2) ainsi qu'une enceinte (E) fixée à S_2 (figure 2). Ce nouveau dispositif va servir de compresseur d'air. Le système décrit de manière quasi-statique et mécaniquement réversible le cycle suivant :

A→B : la soupape S_1 est ouverte, la soupape S_2 est fermée : l'air de l'atmosphère entre dans le piston, le volume d'air passant ainsi de $V_A=0$ à $V_B = 2,0 \text{ l}$. Tout au long de l'admission, l'air est à la pression $p_A=1,0 \text{ bar}$ et à la température $T_A=300\text{K}$.

B→C : S_1 et S_2 sont fermées et le piston comprime l'air dans le cylindre, le volume V du cylindre évoluant de V_B à V_C , la pression évoluant de p_A à $p_C = 10 \text{ bars}$ et la température de T_A à T_C ; cette évolution obéit à la relation $pV^\gamma = C^{\text{ste}}$ avec $\gamma = 1,40$.

C→D : le piston est bloqué, S_1 reste fermée et S_2 s'ouvre sur l'enceinte adiabatique et indéformable. L'air se retrouve alors dans un nouvel état d'équilibre D.

3a- Calculer le nombre n de moles d'air admis dans le piston au moment où l'on ferme S_1 en B.

3b- Calculer le volume V_C et la température T_C .

3c- Calculer le travail W_{BC} reçu par l'air du piston lors de l'étape B→C

3d- Au moment du premier cycle, l'enceinte est initialement vide. Quelle est alors la variation d'énergie interne de l'air entre les états d'équilibre C et D?

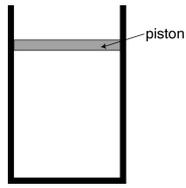


Figure 1

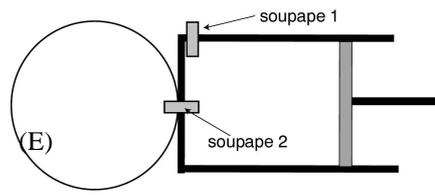


Figure 2