

Devoir maison n° 7

A rendre pour le mercredi 1 juin.

CCP MP 2008

On considère un dispositif expérimental constitué d'un cylindre vertical ouvert dans l'atmosphère, aux parois indéformables, de section S , dans lequel deux pistons de masse et d'épaisseur négligeables peuvent se déplacer librement. Ces deux pistons, notés π_0 et π_1 définissent deux compartiments étanches dans le cylindre. Le piston π_0 est le piston inférieur (cf. figure 1). On utilisera le symbole 0 pour repérer les grandeurs relatives au compartiment inférieur et le symbole 1 pour repérer les grandeurs relatives au compartiment supérieur. On appellera longueur du compartiment 0 la distance qui sépare le fond du cylindre du piston π_0 , et longueur du compartiment 1 la distance qui sépare les deux pistons.

Quelle que soit la nature des fluides contenus dans les compartiments, on supposera qu'à l'équilibre la pression est uniforme dans les compartiments. On supposera dans toute la suite que les frottements lors du déplacement des pistons sont totalement négligeables du point de vue énergétique.

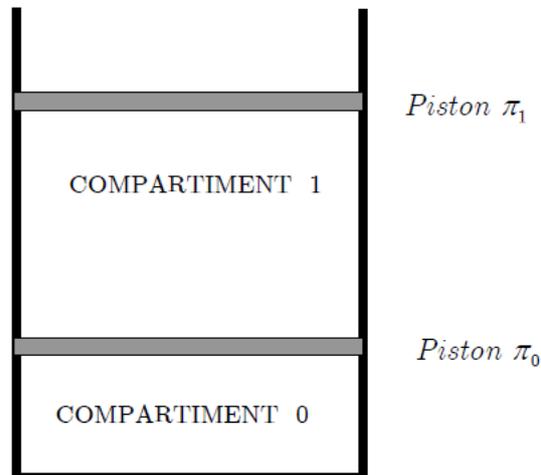


Fig. 1 – Dispositif expérimental

Un mécanisme, non décrit ici, permet de modifier au gré de l'utilisateur, la nature des parois du cylindre et des pistons de la façon suivante :

- Les parois peuvent être calorifugées (interdisant alors les échanges d'énergie sous forme de chaleur).
- Les parois peuvent être rendues perméables à la chaleur.

Par ailleurs un système mécanique permet de bloquer ou de débloquer le mouvement de chacun des pistons sans modifier la géométrie du système. Le problème est constitué de parties distinctes qui utiliseront toujours ce même dispositif expérimental.

Données générales :

- Section du cylindre : $S = 10^{-2} \text{ m}^2$
- Accélération de la pesanteur : $g = 10 \text{ m.s}^{-2}$
- La pression atmosphérique est constante et égale à $P_{atm} = 10^5 \text{ Pa}$

Pour cette partie de l'étude, le compartiment inférieur contient du dioxygène assimilé à un gaz parfait. Le compartiment supérieur contient du diazote également assimilé à un gaz parfait. Les parois du cylindre et le piston π_1 sont perméables à la chaleur. Le piston π_0 est calorifugé.

Données :

- Rapport de capacités thermiques du dioxygène : $\gamma_0 = 1.4$
- Constante massique du dioxygène : $r_0 = 260 \text{ J.K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$
- Rapport de capacités thermiques du diazote : $\gamma_1 = 1.4$
- Constante massique du diazote : $r_1 = 297 \text{ J.K}^{-1} \text{ kg}^{-1}$

Remarque : On appelle constante massique d'un gaz parfait le rapport de la constante R des gaz parfait sur la masse molaire du gaz.

1. On bloque le piston π_0 . Le piston π_1 peut se déplacer librement. Le dispositif expérimental est alors dans l'état d'équilibre noté A.

Le dioxygène contenu dans le compartiment 0 est caractérisé par une pression $p_{A0} = 10^5 \text{ Pa}$ et une température $T_{A0} = 300 \text{ K}$. La longueur du compartiment 0 est alors $d_{A0} = 0,2 \text{ m}$.

Le diazote contenu dans le compartiment 1 est caractérisé par une pression $p_{A1} = 10^5 \text{ Pa}$ et une température $T_{A1} = 300 \text{ K}$. La longueur du compartiment 1 est alors $d_{A1} = 0,15 \text{ m}$.

On place le cylindre au contact d'une source (thermostat) à la température $T_S = 600 \text{ K}$.

Chacun des sous-systèmes, constitué par chacun des gaz (repéré comme les compartiments par 0 et 1), atteint un nouvel état d'équilibre (B). On note T_{B0} , p_{B0} et d_{B0} respectivement la température du dioxygène (gaz 0), la pression du dioxygène et la hauteur du compartiment 0 dans cet état d'équilibre.

De la même façon T_{B1} , p_{B1} et d_{B1} représentent la température du diazote (gaz 1), la pression du diazote et la hauteur du compartiment 1 dans son nouvel état d'équilibre.

- a) Calculer la masse m_0 de dioxygène contenue dans le compartiment 0 et la masse m_1 de diazote contenue dans le compartiment 1.
- b) Caractériser la transformation subie par le dioxygène. En déduire T_{B0} , d_{B0} et p_{B0} .
- c) Caractériser la transformation subie par le diazote. En déduire T_{B1} , d_{B1} et p_{B1} .
- d) Calculer la quantité d'énergie reçue par transfert mécanique (travail) par le dioxygène $(W_{A \rightarrow B})_0$, et par le diazote $(W_{A \rightarrow B})_1$ au cours de la transformation.
- e) Calculer la quantité d'énergie reçue par transfert thermique (chaleur) par le dioxygène $(Q_{A \rightarrow B})_0$, et par le diazote $(Q_{A \rightarrow B})_1$ au cours de la transformation.
- f) Calculer la variation d'entropie $(\Delta S_{AB})_0$ pour le dioxygène entre les deux états d'équilibre.
- g) Calculer la variation d'entropie $(\Delta S_{AB})_1$ pour le diazote entre les deux états d'équilibre.
- h) Calculer l'entropie produite $S^p_{A \rightarrow B}$ au cours de la transformation.

2. Les deux sous-systèmes étant chacun dans leur propre état d'équilibre (repéré par l'indice B), on bloque le piston π_1 , puis on débloque le piston π_0 (qui est toujours calorifugé).

Le cylindre est toujours au contact de la source à la température $T_S = 600 \text{ K}$. Chacun des sous-systèmes atteint un nouvel état d'équilibre (C). On note T_{C0} , p_{C0} et d_{C0} respectivement la température du dioxygène, la pression du dioxygène et la hauteur du compartiment 0 dans son nouvel état d'équilibre. De la même façon T_{C1} , p_{C1} et d_{C1} représente la température du diazote, la pression du diazote et la hauteur du compartiment 1 dans son nouvel état d'équilibre.

- a) Que peut-on dire sur les températures T_{C0} et T_{C1} et sur les pressions p_{C0} et p_{C1} du dioxygène et du diazote dans l'état d'équilibre C ?
- b) Déterminer les longueurs d_{C0} et d_{C1} . En déduire les pressions p_{C0} et p_{C1} .
- c) Calculer les variations d'énergie interne ΔU_{BC} et d'entropie ΔS_{BC} pour le système (les deux gaz) entre les deux états d'équilibre.
- d) En déduire l'entropie produite $S^p_{B \rightarrow C}$ au cours de la transformation.