

## DS N°9 du 28 mai 2019

## THERMODYNAMIQUE

- Les questions doivent être clairement séparées.
- Toute réponse doit être introduite par le numéro de la question et un titre, elle doit justifiée.
- La rédaction doit être claire et concise.
- Les résultats doivent être encadrés.
- Les différents exercices sont à démarrer sur une nouvelle page.
- Vérifiez l'homogénéité des résultats.

**Problème 1****ÉQUILIBRE SOLIDE — VAPEUR DU DIODE**Données :

Masse molaire atomique de l'iode  $M = 125 \text{ g.mol}^{-1}$

Constante des gaz parfaits :  $R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Dans le domaine de l'étude, la vapeur de diiode se comporte comme un gaz parfait.

Le volume occupé par la phase solide est négligeable devant celui occupé par la phase vapeur.

Pression de vapeur du diiode à l'équilibre solide  $\leftrightarrow$  vapeur :

$\theta \text{ (}^\circ\text{C)}$	30	50
$P_{\text{sat}} \text{ (pa)}$	62,5	287

1 Comment appelle-t-on le changement d'état au cours duquel un composé passe directement de l'état solide à l'état vapeur ?

2 On introduit dans un récipient indéformable de volume  $V_0 = 50 \text{ L}$ , initialement vide, une masse  $m_0 = 0,5\text{g}$  de diiode solide.

2-1. La température du récipient est maintenue égale à  $30^\circ\text{C}$ . En justifiant vos réponses, déterminer, quand le système n'évolue plus :

2-1-1. La masse de diiode sous forme vapeur.

2-1-2. La masse de diiode sous forme solide.

2-1-3. La pression à l'intérieur du récipient.

2-2. La température du récipient est maintenue égale à  $50^\circ\text{C}$ . En justifiant vos réponses, déterminer, quand le système n'évolue plus :

2-2-1. La masse de diiode sous forme vapeur.

2-2-2. La masse de diiode sous forme solide.

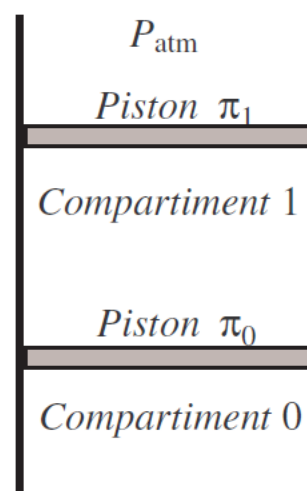
2-2-3. La pression à l'intérieur du récipient.

**Problème 2****Etude de différentes transformations subies par un gaz parfait dans un cylindre à deux pistons**

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  $\pi_0$  et  $\pi_1$  définissent deux compartiments étanches dans le cylindre. Le piston  $\pi_0$  est le piston inférieur (cf. figure).

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  $\pi_0$ , 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.



Un système mécanique permet de bloquer ou de débloquer le mouvement de chacun des pistons sans modifier la géométrie du système.

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  $\pi_1$  sont perméables à la chaleur. Le piston  $\pi_0$  est calorifugé.

Données :

- section du cylindre :  $S = 10^{-2} \text{ m}^2$
- accélération de la pesanteur :  $g_0 = 10 \text{ m.s}^{-2}$
- la pression atmosphérique est constante et égale à  $P_{\text{atm}} = 10^5 \text{ Pa}$
- rapport des capacités thermiques du dioxygène et du diazote :  $\gamma = 1,4$
- constante massique du dioxygène :  $r_0 = 260 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$
- constante massique du diazote :  $r_1 = 297 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

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

Relations sur la variation d'entropie pour un gaz parfait :

$$\Delta S = n C_{MV} \ln\left(\frac{T}{T_0}\right) + n R \ln\left(\frac{V}{V_0}\right) \quad \text{ou} \quad \Delta S = n C_{MP} \ln\left(\frac{T}{T_0}\right) - n R \ln\left(\frac{P}{P_0}\right)$$

On bloque le piston  $\pi_0$ . Le piston  $\pi_1$  peut se déplacer librement la pression extérieure restant constante. Le dispositif expérimental est alors dans l'état d'équilibre noté A.

Le dioxygène contenu dans le compartiment 0 est caractérisé par une pression  $P_A^0 = 10^5 \text{ Pa}$  et une température  $T_A^0 = 300 \text{ K}$ . La longueur du compartiment 0 est alors  $d_A^0 = 0,2 \text{ m}$ . Le diazote contenu dans le compartiment 1 est caractérisé par une pression  $P_A^1 = 10^5 \text{ Pa}$  et une température  $T_A^1 = 300 \text{ K}$ . La longueur du compartiment 1 est alors  $d_A^1 = 0,15 \text{ m}$ .

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  $T_B^0$ ,  $P_B^0$  et  $d_B^0$  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  $T_B^1$ ,  $P_B^1$  et  $d_B^1$  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  $T_B^0$ ,  $d_B^0$  et  $P_B^0$ .

**c.** Caractériser la transformation subie par le diazote. En déduire  $T_B^1$ ,  $d_B^1$  et  $P_B^1$ .

**d.** Calculer la quantité d'énergie reçue par transfert mécanique (travail des forces de pression) par le dioxygène ( $W_{A^0 \rightarrow B}$ ), et par le diazote ( $W_{A^1 \rightarrow B}$ ) au cours de la transformation.

**e.** Calculer la quantité d'énergie reçue par transfert thermique par le dioxygène ( $Q_{A^0 \rightarrow B}$ ), et par le diazote ( $Q_{A^1 \rightarrow B}$ ) au cours de la transformation.

**f.** Calculer la variation d'entropie  $\Delta S_{A^0 \rightarrow B}$  pour le dioxygène entre les deux états d'équilibre.

**g.** Calculer la variation d'entropie  $\Delta S_{A^1 \rightarrow B}$  pour le diazote entre les deux états d'équilibre.

**h.** Calculer l'entropie créée  $S_{C_{A \rightarrow B}}$  au cours de la transformation. Conclure