



## Travaux Dirigés de Thermodynamique I\*

Prof. : H. Chaib

Filière : TEER, Semestre : 1, Année : 2009/2010, Série : 02

### Données : Constantes/Grandeurs

$R = 8,314 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$	Constante universelle des gaz parfaits
$M_{\text{H}} = 1 \text{ g mol}^{-1}$	Masse molaire de l'hydrogène H
$M_{\text{C}} = 12 \text{ g mol}^{-1}$	Masse molaire du carbone C
$M_{\text{O}} = 16 \text{ g mol}^{-1}$	Masse molaire de l'oxygène O

### Exercice 1

Une bouteille d'hydrogène de volume  $V = 100 \text{ l}$  contient à la température  $T = 20^\circ\text{C}$  un gaz de  $\text{H}_2$  comprimé sous une pression  $p = 200 \text{ bar}$ .

1. Dans tout l'exercice, le gaz est considéré comme parfait. Expliquer ce propos.
2. Calculer le nombre de moles  $n$  du gaz.
3. Calculer la masse  $m$  du gaz.
4. Calculer la pression  $p'$  du gaz pour une température  $T' = 500^\circ\text{C}$ .

### Exercice 2

On considère un gaz, supposé parfait, de dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$  qui se trouve sous la pression atmosphérique  $p = 1 \text{ atm}$  à la température ambiante  $T = 25^\circ\text{C}$ .

1. Calculer la masse molaire  $M_{\text{CO}_2}$  du gaz.
2. Calculer le volume molaire  $V_{\text{m}}$  du gaz.
3. Calculer le volume  $V$  du gaz sachant que sa masse  $m = 4,4 \text{ kg}$ .

### Exercice 3

Dans une bouteille d'acier de volume  $V = 10 \text{ l}$  se trouve un gaz d'oxygène  $\text{O}_2$ , supposé parfait, à la température  $T = 20^\circ\text{C}$  et sous une pression  $p = 50 \text{ bar}$ . Pour un essai de laboratoire on fait un prélèvement isotherme de l'oxygène qui conduit à une chute de pression chute à  $p' = 40 \text{ bar}$ . L'oxygène prélevé est détendu jusqu'à une pression  $p'' = 1,04 \text{ bar}$  puis échauffé à une température  $T''' = 60^\circ\text{C}$ .

1. Quelle masse d'oxygène est prélevée ?
2. Quel est le volume  $V''$  qu'occupe l'oxygène prélevé après la détente et l'échauffement ?

---

\*. Les cours, les travaux dirigés avec correction, les épreuves avec correction et les travaux pratiques sont disponibles en ligne sur le site Web : <http://hchaib.chez.com/teaching/>

**Exercice 4**

On considère deux ballons  $B_1$  et  $B_2$  de volumes respectifs  $V_1 = 3$  l et  $V_2 = 1$  l. Le ballon  $B_1$  contient le dioxyde de carbone  $\text{CO}_2$  sous la pression  $p_1 = 4$  atm et le ballon  $B_2$  contient le dioxygène  $\text{O}_2$  sous la pression  $p_2 = 6$  atm. Les deux ballons sont maintenus à la température  $T = 0^\circ\text{C}$ . On relie  $B_1$  et  $B_2$  par un tube très fin et après l'établissement de l'équilibre, la température étant toujours  $T = 0^\circ\text{C}$ . Les deux gaz sont supposés parfaits.

1. Calculer les pressions partielles  $p'_1$  de dioxyde de carbone et  $p'_2$  de dioxygène dans le mélange.
2. Quelle est la pression totale  $p'$  ?
3. Quelle est la masse volumique  $m'_v$  du mélange ?

On porte la température de l'ensemble de  $T = 0^\circ\text{C}$  à  $T'' = 15^\circ\text{C}$ . La dilatation des ballons étant négligeable.

4. Calculer la pression totale  $p''$  du mélange.
5. Calculer la masse volumique  $m''_v$  du mélange.

**Exercice 5**

En général, on n'a pas un accès expérimental direct à l'équation d'état d'un système thermodynamique, mais on peut mesurer la réponse du système à une modification des conditions extérieures (pression, température, volume, etc.). Cela donne une information sur la forme locale de l'équation d'état (de même qu'une dérivée nous renseigne sur la forme locale d'une courbe). On utilise en particulier le coefficient de dilatation isobare  $\alpha$ , le coefficient d'augmentation de pression isochore  $\beta$  et le coefficient de compressibilité isotherme  $\chi_T$  qui sont directement accessibles à l'expérience.

1. Rappeler les définitions de ces coefficients thermoélastiques.
2. Montrer que ces coefficients thermoélastiques sont liés entre eux par la relation :

$$\frac{\alpha}{\beta\chi_T} = p$$

3. Calculer la variation de pression  $\Delta p$  subie par une masse donnée de mercure lorsqu'on la chauffe de  $0^\circ\text{C}$  à  $1^\circ\text{C}$  à volume constant en supposant que  $\left(\frac{\partial p}{\partial T}\right)_V$  est indépendant de  $T$ .

**On donne :**  $\alpha = 18 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$  et  $\chi_T = 3 \cdot 10^{-6} \text{ atm}^{-1}$

**Exercice 6**

Le coefficient de dilatation isobare d'une substance est  $\alpha = \frac{3aT^3}{V}$  et son coefficient de compressibilité isotherme est  $\chi_T = \frac{b}{V}$  où  $a$  et  $b$  sont des constantes.

1. Trouver l'équation d'état  $f(p, V, T) = 0$  de la substance.
2. Trouver l'expression de son coefficient d'augmentation de pression isochore  $\beta$ .

**Exercice 7**

Déterminer les expressions des coefficients thermoélastiques  $\alpha$ ,  $\beta$  et  $\chi_T$  pour les gaz suivants :

1. Gaz parfait.
2. Gaz ayant l'équation d'état  $p(V - nb) = nRT$ .
3. Gaz de Van der Waals  $\left(p + \frac{n^2a}{V^2}\right)(V - nb) = nRT$ .