

## TD – Rappels de thermodynamique

### Méthode

Comment “poser le problème” en thermodynamique :  
On commencera toujours la rédaction en écrivant :

- Système : le système considéré, dire s’il est fermé ou ouvert.
- Transformation : la transformation subie, avec l’état initial (et les valeurs qu’on connaît) et l’état final (et les valeurs qu’on connaît ou qu’on cherche).

En particulier lors de l’application du 1<sup>er</sup> ou du 2<sup>nd</sup> principe, il faut obligatoirement **préciser le système** auquel on l’applique.

#### Exemple :

Système :  $n$  moles de gaz supposé parfait, système fermé.

Transformation : isochore, entre les états

$$\text{État initial} \left\{ \begin{array}{l} T_B = 20^\circ\text{C} \\ p_B = 1.0 \text{ bar} \\ V_B \end{array} \right. \xrightarrow{\text{isochore, GP}} \text{État final} \left\{ \begin{array}{l} T_C \text{ inconnu} \\ p_C \text{ inconnu} \\ V_C = V_B \end{array} \right.$$

### I Étude de différentes compressions

Cet exercice étudie la compression d’un gaz, en partant d’une pression  $p_0 = 1.0 \text{ bar}$ , d’une température  $T_0 = 20^\circ\text{C}$ , d’un volume  $V_0 = 50 \text{ cm}^3$ , et allant dans l’état final jusqu’à un volume 20 fois plus petit ( $V_f = V_0/\alpha$  avec  $\alpha = 20$ ). Il s’agit par exemple des conditions de compression de l’air dans le cylindre d’un moteur diesel.

L’objectif est donc de déterminer la pression  $p_f$  et la température  $T_f$  dans l’état final.

Pour ceci nous avons besoin d’hypothèses simplificatrices : le gaz est modélisé par un gaz parfait diatomique (exposant  $\gamma = 1.4$ ), et on suppose que la compression vérifie certaines hypothèses : elle est soit adiabatique et réversible, soit adiabatique et monobare, soit isotherme et réversible, soit isotherme et monobare. Nous verrons qu’à chaque fois  $T_f$  et  $p_f$  sont différents.

Nous calculerons aussi le travail et la chaleur reçus par le gaz.

On rappelle que pour  $n$  moles de gaz parfait, on a  $C_V = \frac{nR}{\gamma - 1}$ . On donne la constante des gaz parfaits :  
 $R = 8.314 \text{ J} \cdot \text{mol}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .

- 1 - Comment s’appelle  $C_V$  ? Est-ce une grandeur intensive ou extensive ?
- 2 - Pour que l’hypothèse d’une transformation adiabatique soit correcte, faut-il que la compression soit plutôt rapide ou plutôt lente ?
- 3 - Et pour que l’hypothèse d’une transformation isotherme soit correcte ?
- 4 - Que faut-il pour que la transformation soit réversible ?
- 5 - En pratique, comment peut-on faire pour réaliser une compression monobare ?

## I.1 Compression adiabatique réversible

On suppose ici que la compression est adiabatique et réversible.

- 1 - Exprimer puis calculer  $p_f$  puis  $T_f$ .
- 2 - Exprimer puis calculer le transfert thermique et le travail reçus par le gaz.
- 3 - Exprimer également la variation d'entropie, ainsi que l'entropie créée et l'entropie échangée au cours de la transformation.

## I.2 Compression isotherme réversible

On suppose ici que la compression est isotherme et réversible.

- 1 - Exprimer puis calculer  $p_f$  et  $T_f$ .
- 2 - Exprimer puis calculer le transfert thermique et le travail reçus par le gaz.
- 3 - Exprimer l'entropie échangée au cours de la transformation.

## I.3 Compression isotherme monobare

On suppose ici que la compression est isotherme et monobare.

- 1 - Exprimer puis calculer  $p_f$  et  $T_f$ .
- 2 - Enfin, exprimer puis calculer le transfert thermique et le travail reçus par le gaz.
- 3 - Exprimer l'entropie échangée au cours de la transformation.

Exprimer également l'entropie créée au cours de la transformation (ici aussi, utiliser l'expression de  $\Delta S$  page 18).

## I.4 Compression adiabatique monobare

Enfin, on étudie le cas de la compression adiabatique monobare.

Cette fois on considère une compression d'un rapport  $\alpha = 2$ .

Exprimer  $p_f$ ,  $T_f$ ,  $\Delta U$ ,  $W$  et  $Q$ .

## I.5 Détermination du volume final $V_f$

Jusqu'ici on a supposé connu le volume final  $V_f$  grâce à la relation donnée  $V_f = V_0/20$ . Supposons maintenant qu'on ne se donne pas cette relation.

On part donc du volume initial  $V_0 = 0.50$  L de gaz parfait, avec  $p_0 = 1.0$  bar et  $T_0 = 20^\circ\text{C}$ . Puis on place sur le piston une masse  $M = 2.0$  kg. La pression atmosphérique à l'extérieur est  $p_0 = 1.0$  bar et on donne le rayon  $R = 10$  cm du piston. On suppose la transformation suffisamment lente pour être isotherme.

Exprimer puis calculer le volume final du gaz.

## II Mise en contact de deux solides

On considère deux solides de capacité calorifique  $C_1$  et  $C_2$ . Le solide 1 est initialement à la température  $T_{10}$ , le solide 2 à la température  $T_{20}$ . On suppose qu'ils sont parfaitement calorifugés, sauf sur une face. On les met en contact l'un avec l'autre selon cette face. On attend suffisamment longtemps pour que l'équilibre thermodynamique soit atteint.

**1** - On note  $T_{f1}$  et  $T_{f2}$  les températures finales de chacun des solides. Quelle est la relation entre ces deux températures ?

**2** - Donner l'expression des températures finales.

On veut maintenant calculer l'entropie créée entre l'instant de la mise en contact et l'instant final où les températures sont les mêmes. Pour simplifier les calculs on prendra  $C_1 = C_2$ . On donne la variation d'entropie entre un état  $A$  et un état  $B$  pour une phase condensée incompressible indilatable de capacité thermique  $C$  :  $\Delta S = C \ln \frac{T_B}{T_A}$ .

**3** - Exprimer l'entropie créée lors de la transformation.

**4** - Faire l'application numérique pour des températures  $T_{10} = 100^\circ\text{C}$  et  $T_{20} = 10^\circ\text{C}$ , et une capacité calorifique  $C_1 = C_2 = 444 \text{ J/K}$  (ce qui correspond à 1 kg de fer).