

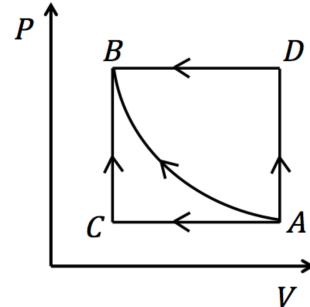
3 avril 2025

## Série 7 : Premier et second principes de la thermodynamique

### Exercice 1: Transformation d'un gaz parfait (Niveau 2)

On comprime de façon quasi-statique un piston contenant une mole de gaz parfait, initialement à la température  $T_A = 300\text{ K}$  et pression  $P_A = 1\text{ bar}$ , jusqu'à une température  $T_A = T_B$  et une pression  $P_B = 5\text{ bar}$ . La compression se produit de trois façons différentes, comme indiqué sur la figure ci-contre. La première compression AB est isotherme, la deuxième suit le chemin ADB, et la troisième suit le chemin ACB. Calculer le travail reçu par le gaz au cours des transformations AB, ADB et ACB.

En déduire la chaleur reçue par le gaz au cours de chacune des transformations



### Exercice 2: Travail d'un gaz de Van der Waals (Niveau 2)

On considère une mole de gaz selon le modèle de Van der Waals:

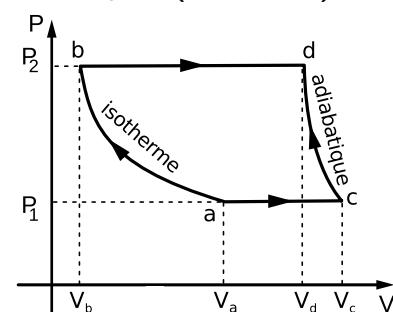
$$\left(p + \frac{a}{V^2}\right) \cdot (V - b) = RT$$

On le fait passer de  $(p_1, T_1, V_1)$  à  $(p_2, T_2, V_2)$ . Toutes les transformations sont quasi-statiques. Calculer le travail reçu par le gaz pour:

- (a) Une isochore (volume constant)
- (b) Une isobare (pression constante)
- (c) Une isotherme (température constante)

### Exercice 3: Processus thermodynamiques dans le diagramme p-V (Niveau 2)

Un gaz parfait de chaleur spécifique molaire à volume constant  $C_{V_m}$  subit une série de processus thermodynamiques représentée dans le diagramme  $p - V$  ci-contre. On connaît les pressions  $p_1$  et  $p_2$  ainsi que les volumes  $V_a$ ,  $V_b$ ,  $V_c$  et  $V_d$ . La température du gaz aux différents états n'est pas connue. Lors du processus  $a \rightarrow b$ , le système perd une quantité de chaleur  $Q_{ab}$  et il reçoit une quantité de chaleur  $Q_{bd}$  lors de la transformation  $b \rightarrow d$ .



- (a) Calculez le travail effectué lors de la transformation  $a \rightarrow b$ . Quel est son signe? Est-il effectué *par* ou *sur* le gaz.
- (b) Calculez la variation d'énergie interne  $\Delta U_{abd}$  du gaz.
- (c) Calculez la chaleur  $Q_{acd}$  reçue par le système lors du processus  $a \rightarrow c \rightarrow d$ .

### Exercice 4: Dégel de l'ambiance (Niveau 2-3)

Un litre d'eau en ébullition (à  $T_e = 100^\circ\text{C}$ ) est versé dans un récipient isolé contenant 0.8 kg de glace à la température  $T_g = 0^\circ\text{C}$ .

- Déterminez la température finale du système à l'équilibre thermique et le mélange (vapeur, vapeur-eau, eau, eau-glace, glace). Dans le cas où il s'agit d'un mélange eau-glace, calculez la masse de glace fondue ou, le cas échéant, la masse d'eau qui a gelé.
- Répétez l'exercice pour un litre d'eau à  $T_e = 100^\circ\text{C}$  versé sur 4 kg de glace à  $T_g = -20^\circ\text{C}$ .

**Indications:** Densité de l'eau:  $\rho_{H_2O} = 10^3 \text{ kg/m}^3$ . Chaleur latente d'évaporation de l'eau (à 1 bar et  $100^\circ\text{C}$ ):  $L_e = 2256.4 \text{ kJ kg}^{-1}$ . Chaleur latente de fusion de la glace à  $0^\circ\text{C}$ :  $L_f = 333.6 \text{ kJ kg}^{-1}$ . Chaleur spécifique à pression constante (1 bar) de l'eau liquide à  $20^\circ\text{C}$ :  $c_{pme} \simeq 4184 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . Chaleur spécifique à pression constante (1 bar) de la vapeur à  $100^\circ\text{C}$  est  $c_{pmv} \simeq 2077 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . Chaleur spécifique à pression constante (1 bar) de la glace à  $0^\circ\text{C}$  est  $c_{pmg} \simeq 2110 \text{ J kg}^{-1} \text{ K}^{-1}$ . La chaleur spécifique est aussi appelée "chaleur massique" ou "capacité thermique massique". On fait l'approximation que les propriétés thermiques de l'eau dans ses 3 états ne changent pas avec la température.

### Exercice 5: La centrale nucléaire (Niveau 2-3)

On considère une centrale nucléaire dont le refroidissement est assuré par l'eau d'une rivière comme indiqué sur la figure ci-dessous. On notera  $D_r$  le débit de la rivière en amont (et en aval) de la centrale,  $D_c$  le débit ponctionné pour alimenter le circuit de refroidissement de la centrale, et  $D_{\text{res}} = D_r - D_c$  le débit résiduel dans la rivière à hauteur de la centrale. On dénotera également par  $T_{r,\text{amont}}$  la température de la rivière en amont de la centrale, et  $\dot{Q}_c$  la chaleur reçue par unité de temps par l'eau dans le circuit de refroidissement.

- Calculer la température  $T_c$  de l'eau à la sortie du circuit de refroidissement, juste avant qu'elle ne soit rejetée dans la rivière.
- Calculer la température  $T_{r,\text{aval}}$  loin en aval de la centrale, où le débit résiduel et celui issu du circuit de refroidissement se sont bien mélangés.
- Montrer que  $T_{r,\text{aval}}$  est la même que si l'on avait dérivé toute l'eau de la rivière dans le circuit de refroidissement.

