

Thème 4

Transformations des gaz parfaits

Questionnaire

1 – Lorsqu'un gaz est comprimé :

- sa pression augmente
- il reçoit de l'énergie sous forme de travail
- il cède de l'énergie sous forme de travail
- il ne cède et ne reçoit aucun travail
- il reçoit de l'énergie sous forme de chaleur

2 – Lorsqu'un gaz se détend :

- sa pression augmente
- il reçoit de l'énergie sous forme de travail
- il cède de l'énergie sous forme de travail
- il ne cède et ne reçoit aucun travail
- il reçoit de l'énergie sous forme de chaleur

3 – Un gaz décrit un cycle de compressions et de détente successives :

- il peut recevoir du travail élastique et céder de la chaleur
- il peut recevoir de la chaleur et céder du travail élastique
- il reçoit à la fois de la chaleur et du travail élastique
- il cède à la fois de la chaleur et du travail élastique

Exercices

1 - Détente irréversible d'un gaz parfait (Joule - Gay-Lussac)

Une mole de gaz parfait est contenue dans un récipient rigide de volume V , à 300 K et sous 10 bars. Ce récipient est relié à un autre récipient, initialement vide, de volume $9 V$. L'ensemble du dispositif est isolé thermiquement du milieu extérieur.

1 – On ouvre le robinet de liaison entre les 2 récipients. Quels sont le travail et la chaleur échangés par le gaz au cours de sa détente ? Quelle est la température finale ?

2 – Calculer la variation d'enthalpie ΔH qui accompagne cette détente. ($R = 8,31 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$)

2 - Compression Isotherme d'un gaz parfait

Calculer le travail échangé avec le milieu extérieur au cours de la compression isotherme de 2 moles de diazote de la pression $P_1 = 1 \text{ bar}$ à la pression $P_2 = 20 \text{ bars}$ à la température de 298 K dans les deux cas suivants :

1. Compression effectuée de manière réversible.
2. Transformation effectuée de manière à ce que l'azote soit soumis à la pression extérieure de 20 bars dès le premier instant (irréversible).
3. Comparer les résultats obtenus et conclure.

3 - Deux moles de gaz parfait à la pression initiale de 100 bars se détendent, à la température constante

$T = 300 \text{ K}$, du volume initial V_1 au volume final $V_2 = 10 V_1$.

- a) Calculer, le volume et la pression finale.
- b) Calculer les énergies transférées, respectivement sous forme de travail et de chaleur, lorsque la détente s'effectue infiniment lentement, c'est à dire de façon réversible.
- c) Calculer les énergies transférées, respectivement sous forme de travail et de chaleur, lorsque la détente s'effectue spontanément, contre une pression extérieure égale à la pression finale du système dès le premier instant de la transformation.

4 - Calculer l'énergie échangée avec le milieu extérieur sous forme de travail au cours de la compression isotherme de 56 g de diazote de la pression $P_1 = 1 \text{ bar}$ à la pression $P_2 = 20 \text{ bars}$ à la température de 298 K dans les deux cas suivants:

- a) compression effectuée de manière réversible
- b) transformation effectuée de telle manière que l'azote soit soumis à la pression extérieure de 20 bars dès le premier instant.

Comparer les résultats obtenus.

$M(\text{N}_2) = 28 \text{ g mol}^{-1}$

5 - Transformation cyclique d'un gaz parfait

Un gaz parfait décrit un cycle ABCDA constitué par les transformations réversibles suivantes :

- AB : échauffement isochore jusqu'à la température 293 K ;
- BC : compression isotherme jusqu'au volume $0,38 \text{ m}^3$;
- CD : refroidissement isochore jusqu'à la température T_A ;
- DA : détente isotherme.

- 1) Déterminer les quantités de chaleur Q_{AB} , Q_{BC} , Q_{CD} et Q_{DA} ainsi que les travaux mécaniques W_{AB} , W_{BC} , W_{CD} et W_{DA} mis en jeu au cours des quatre transformations.
- 2) Evaluer la quantité de chaleur totale Q et le travail total W mis en jeu au cours du cycle ainsi que la somme $W+Q$. Conclure.

Données : $T_A = 263 \text{ K}$, $P_A = 10^5 \text{ Pa}$, $V_A = 1,40 \text{ m}^3$, $C_v = 20,8 \text{ J mol}^{-1} \text{ K}^{-1}$

6 – Un cylindre vertical, de section $S = 100 \text{ cm}^2$, fermé par un piston horizontal de masse négligeable et mobile sans frottement, contient 0,5 mole d'hélium (que l'on considérera comme un gaz parfait). Les parois du cylindre et du piston sont imperméables et isolées thermiquement. L'air environnant est à la température $T_0 = 300 \text{ K}$ et à la pression de 1 bar.

- a) La température initiale de l'hélium étant égale à T_0 , calculer ses pression et volume initiaux (respectivement P_0 et V_0).
- b) On applique brusquement une surcharge en plaçant sur le piston une masse $M = 20 \text{ kg}$. La compression rapide qui en résulte est considérée comme adiabatique. Après quelques oscillations, le piston s'immobilise, l'état du gaz étant défini par P_1 , V_1 et T_1 . Sachant que pour l'hélium : $C_p/C_v = 1,67$, calculer (en prenant $g = 10 \text{ m s}^{-2}$) la température T_1 ainsi que l'échange d'énergie sous forme de travail.
- c) Serait-on arrivé au même état final si l'on avait réalisé cette compression adiabatique de façon réversible ? Si la réponse est négative, reprendre les questions précédentes, cette fois-ci pour la transformation réversible.

