

Travaux dirigés de Thermodynamique n°3

Exercice 1 : Détentes et compression adiabatiques

Un gaz est contenu dans un récipient aux parois calorifugées, délimité par un piston mobile.

- Le gaz subit une compression.
 - Quel est le signe du travail algébriquement reçu par le gaz ?
 - Comment évolue l'énergie interne du gaz au cours de la transformation ?
 - En déduire l'évolution de sa température ?
- Reprendre les questions précédentes dans le cas d'une détente.

Calorimétrie

Exercice 2 : Plaque à induction.

Le foyer d'une plaque à induction possède une puissance maximale de 2300 W. Estimer le temps nécessaire pour porter à ébullition un litre d'eau à l'aide de cette plaque à induction.

Exercice 3 : Echanges thermiques dans un calorimètre.

Un calorimètre de capacité calorifique $C_{cal} = 209 \text{ J.K}^{-1}$ contient une masse d'eau $m = 300 \text{ g}$ à la température $\theta_1 = 18 \text{ }^\circ\text{C}$ en équilibre thermique avec le vase intérieur.

On introduit une masse $M_2 = 80 \text{ g}$ de fer à la température $\theta_2 = 90 \text{ }^\circ\text{C}$.

Exprimer puis calculer la température finale θ_f du calorimètre à l'équilibre.

Données : capacités thermiques massiques : $c_{Fe} = 452 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$; $c_{eau} = 4185 \text{ J.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

Transformations simples de gaz parfaits

Exercice 4 : Chauffage d'un gaz parfait

On enferme $n = 0,10 \text{ mol}$ de diazote, de coefficient adiabatique $\gamma = 1,4$, dans un cylindre thermostaté à la température $T_0 = 27 \text{ }^\circ\text{C}$, fermé par un piston mobile sans frottement de section $S = 100 \text{ cm}^2$.

La pression atmosphérique est $P_0 = 1 \text{ bar}$. On néglige la force pressante due au poids du piston devant la force pressante atmosphérique.

- Calculer la hauteur h occupée par le gaz dans le cylindre à l'état initial.
- Le piston étant bloqué, on élève la température du thermostat à $T_1 = 50 \text{ }^\circ\text{C}$.
 - Quelle est la nature de la transformation ?
 - Calculer le travail W et le transfert thermique Q échangés par le gaz.
- En repartant de l'état initial, on élève à nouveau la température jusqu'à T_1 mais en laissant libre le piston.
 - Quelle est la nature de la transformation ?
 - Calculer le travail W' et le transfert thermique Q' échangés par le gaz.

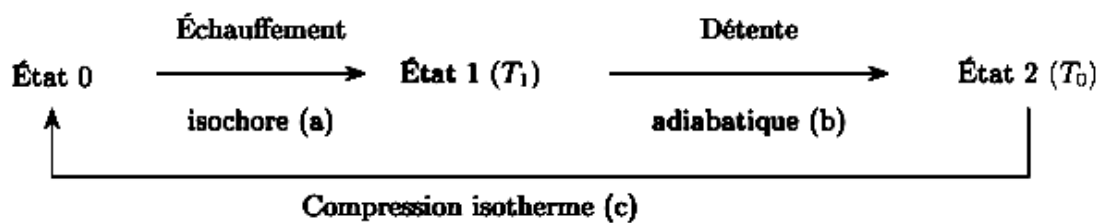
Exercice 5 : Compression adiabatique d'un gaz parfait

On comprime de manière adiabatique et réversible une mole de gaz parfait diatomique ($\gamma = 1,4$), de la pression $P_1 = 1 \text{ bar}$ à la pression $P_2 = 10 \text{ bar}$. Le volume initial a pour valeur $V_1 = 5 \text{ L}$.

- Déterminer le volume final V_2 et la température finale T_2 .
- Déterminer le travail reçu par le gaz lors de cette compression ainsi que la variation d'énergie interne.

Exercice 6 : Transformations d'un GPM

Un réservoir contient un volume V_0 d'un gaz parfait monoatomique de coefficient γ à une température T_0 et une pression P_0 . On réalise la suite des transformations quasistatiques suivante :

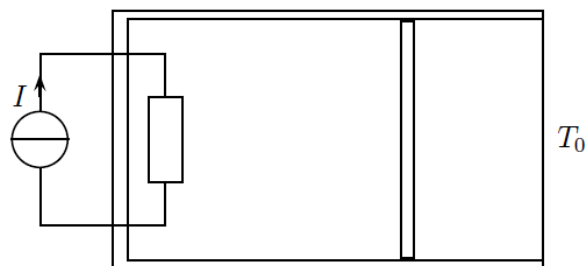


1. Représenter le cycle réalisé dans le diagramme de Watt $P(V)$.
2. Exprimer pour chaque transformation (a), (b), (c) le travail échangé, le transfert thermique et la variation d'énergie interne du gaz parfait en fonction de γ, P_0, V_0, T_0 et T_1 .

Systemes thermodynamiques plus complexes

Exercice 7 : Transformations couplées*.

Un récipient de volume total fixe $2V_0 = 20\text{ L}$ est divisé en deux compartiments de volume initial V_0 par une membrane mobile (de surface S) sans frottement.



Les parois du compartiment de droite permettent les transferts thermiques, alors que celles du compartiment de gauche ainsi que la membrane sont athermanes. Initialement, l'air (gaz parfait diatomique $\gamma = 1,4$) contenu dans chacun des compartiments est à la température $T_0 = 300\text{ K}$ et à la pression $P_0 = 10^5\text{ Pa}$, l'air extérieur au récipient étant à la température T_0 .

A l'intérieur du compartiment de gauche se trouve une résistance $R = 10\ \Omega$.

Cette résistance est parcourue par un courant continu $I = 1\text{ A}$. On arrête le courant après une durée τ , dès que la pression dans le compartiment de gauche vaut $P_1 = 2P_0$.

Les transformations sont supposées être lentes.

1. Quelles sont les pression P_2 , température T_2 et volume V_2 dans le compartiment de droite à la fin de l'expérience ?
2. Quelle est la température finale T_1 dans le compartiment de gauche ?
3. Quelle hypothèse peut-on faire sur la transformation subie par le gaz du compartiment de droite.
4. Quel travail W_2 a été reçu par le compartiment de droite ? Et celui W_1 reçu par le compartiment de gauche ?
5. Quelle est la durée τ du chauffage ?

Exercice 8 : Evolutions irréversibles**

Un volume d'air $V_1 = 2,00$ L est enfermé dans un cylindre vertical, fermé par un piston de surface $S = 20$ cm² et de masse négligeable. Le piston peut se déplacer verticalement sans frottement à l'intérieur du cylindre. L'air est considéré comme un gaz parfait diatomique ($\gamma = 1,4$) et se trouve initialement à la température $T_1 = 298,0$ K sous la pression $p_1 = 1,013$ bar.

- On pose sur le piston une masse $M = 1$ kg.
Le piston descend brusquement puis se stabilise. La compression, rapide, est supposée adiabatique. Calculer la pression p_2 puis la température T_2 et le volume V_2 du gaz à la fin de cette compression.
- A la suite d'échanges thermiques à travers les parois du cylindre, le gaz revient lentement à la température $T_3 = T_1$. Déterminer la pression finale p_3 et le volume final V_3 du gaz.

Données : $g = 9,81$ m.s⁻².

*Changement d'état***Exercice 9 : Mélange eau liquide-glace.**

Dans un récipient parfaitement calorifugé, on place une masse M d'eau à $\theta_1 = 20$ °C et une masse $m = 500$ g de glace à 0 °C.

- Déterminer la composition et la température du mélange à l'équilibre si $M = 1$ kg.
- Déterminer la composition et la température du mélange à l'équilibre si $M = 4$ kg.

Données : Capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_{eau} = 4,2$ kJ.kg⁻¹.K⁻¹ ;
chaleur latente de fusion de la glace $L = 336$ kJ.kg⁻¹.

Exercice 10 : Store Wars ou la Guerre des étals. (Résolution de problème)

Dans l'épisode 1 de la guerre des étoiles (La menace fantôme), on peut voir le maître Jedi Qui-Gon Jinn faire fondre la porte d'un vaisseau spatial à l'aide d'un sabre laser.

A l'aide de l'extrait vidéo (cf QR code) à partir de l'instant 1min55s et des données ci-dessous, estimez l'énergie puis la puissance libérée par le sabre laser. Commenter.

Rappel : Ce type d'exercice nécessite une démarche scientifique rigoureuse (analyse, modélisation, calcul et regard critique)

Données :

Métal	Aluminium	Fer	Cuivre	Zinc
Masse volumique (kg.m ⁻³)	2699	7874	8960	7134
Masse molaire (g.mol ⁻¹)	26,98	55,8	63,5	65,4
Capacité thermique massique (J.K ⁻¹ .kg ⁻¹)	897	444	385	390
Température de fusion (°C)	660,3	1538	1085	419,6
Enthalpie molaire de fusion (kJ.mol ⁻¹)	10,8	13,8	13,05	7,3



Capacités exigibles :**Premier principe de la thermodynamique**

- Enoncé général $\Delta U + \Delta E_c = W + Q$ et usuel $\Delta U = W + Q$
- Définir un système fermé et établir pour ce système un bilan énergétique.
- Exploiter l'extensivité de l'énergie interne
- Distinguer le statut de la variation de l'énergie interne du statut des termes d'échange.
- Calculer le transfert thermique Q sur un chemin donné connaissant le travail W et la variation de l'énergie interne ΔU

Enthalpie d'un système

- Exprimer l'enthalpie du gaz parfait à partir de l'énergie interne.
- Comprendre pourquoi l'enthalpie d'une phase condensée peut être considérée comme une fonction de l'unique variable T
- Exprimer le premier principe sous forme de bilan d'enthalpie dans le cas d'une transformation monobare
- Connaître les définitions de l'enthalpie, des capacités thermiques et du coefficient γ
- Connaître l'ordre de grandeur de la capacité thermique massique de l'eau liquide.

Changement de phase :

- Enthalpie de fusion, enthalpie de vaporisation, enthalpie de sublimation
- Exploiter l'extensivité de l'enthalpie et réaliser des bilans énergétiques en prenant en compte des transitions de phases.

QCM d'entraînement :