

# Energie échangée par un système

## Tester les connaissances

Définir une transformation quasistatique	Transformation pour laquelle le système passe d'un état d'équilibre initial $E_i$ à un état d'équilibre final $E_f$ par une succession d'états d'équilibre intermédiaires internes infiniment voisins les uns des autres.
Définir une transformation réversible	le système passe d'un état d'équilibre initial $E_i$ à un état d'équilibre final $E_f$ par une infinité d'états d'équilibre intermédiaires avec le milieu extérieur.
Définir une transformation isobare	transformation pour laquelle la pression du système est définie et constante durant toute la transformation.
Définir une transformation isotherme	transformation pour laquelle la température du système est définie et constante durant toute la transformation.
Définir une transformation isochore	transformation pour laquelle le volume du système est défini et constant durant toute la transformation.
Définir une transformation adiabatique	transformation pour laquelle le système ne reçoit aucun transfert thermique du milieu extérieur $Q = 0$ .
Définir une transformation monobare	transformation pour laquelle la pression extérieure est définie et constante.
Définir une transformation monotherme	transformation pour laquelle la température extérieure est définie et constante.
Définir une transformation cyclique	transformation pour laquelle état initial et état final sont confondus (même paramètres d'état).
Travail élémentaire des forces de pression	$\delta W = -P_{ext} dV.$
Interprétation du travail des forces de pression	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ <math>\delta W &gt; 0</math> : <math>dV &lt; 0</math>, le fluide est comprimé. Le système reçoit de l'énergie de la part du milieu extérieur.</li> <li>◇ <math>\delta W &lt; 0</math> : <math>dV &gt; 0</math>, le fluide se détend et fournit de l'énergie au milieu extérieur (travail moteur).</li> </ul>
Citer les différents modes de transferts thermiques	<ul style="list-style-type: none"> <li>◇ conduction</li> <li>◇ convection</li> <li>◇ rayonnement</li> </ul>
Définir un thermostat	Un thermostat est un système thermodynamique dont la température $T_0$ reste constante même s'il reçoit ou fournit de l'énergie (grande capacité thermique).

## Tester les Bases

**TLB<sub>MtE</sub> 1** Transfert thermique

- Citer un procédé de cuisson dans lequel l'aliment reçoit un transfert thermique majoritairement
  - par conduction,
  - par convection,
  - par rayonnement.
- On cuit un oeuf en le plongeant dans une casserole d'eau bouillante. Quel est le mode de transfert thermique dominant pour le système {oeuf}, pour le système {oeuf + eau} et pour le système {jaune d'oeuf},

**TLB<sub>MtE</sub> 2** Différents chemins suivis

On considère deux moles de dioxygène, gaz supposé parfait. On suppose que l'on peut faire passer de l'état initial A ( $P_A, V_A, T_A$ ) à l'état final B ( $P_B = 3P_A, V_B, T_B = T_A$ ) par trois chemins distincts quasistatiques et mécaniquement réversibles :

- ◇ chemin (1) transformation isotherme.
- ◇ chemin (2) transformation représentée par une droite en diagramme de Watt ( $P, V$ ).
- ◇ chemin (3) transformation composée d'une isochore puis d'une isobare.

1. Quelle propriété doivent présenter les transformations pour pouvoir être représentées dans le diagramme de Watt. Représenter les trois chemins dans le diagramme de Watt.

2. Calculer dans chaque cas les travaux mis en jeu en fonction de  $T_A$ . A.N. :  $T_A = 300 \text{ K}$ .

## Exercices

**Ex 1** Liquide : Travail des forces pressantes

De l'eau liquide dans les conditions ( $P_0, V_0, T_0$ ) subit une transformation quasistatique mécaniquement réversible, son volume restant infiniment voisin de  $V_0$ . Les coefficients thermoélastiques  $\chi_T$  et  $\alpha$  et de l'eau sont connus et supposés constants.

- Justifier l'expression du travail élémentaire sous la forme  $\delta W = V_0 P (\chi_T dP - \alpha dT)$ .
- Préciser le travail échangé par l'eau avec le milieu extérieur lors des transformations suivantes :
  - 2.1. transformation isochore ;
  - 2.2. transformation quasistatique mécaniquement réversible et isobare (on exprimera  $W$  en fonction de  $\alpha, P_0, V_0, T_0$  et  $T_1$  la température atteinte) ;
  - 2.3. transformation quasistatique et isotherme (on exprimera  $W$  en fonction de  $\chi_T, V_0, P_0$  et  $P_1$  la pression atteinte).

**Ex 2** Solide : Travail des forces pressantes

Un solide a une compressibilité isotherme  $\chi_T$  constante. Il subit une transformation isotherme et quasistatique telle que la pression passe de la valeur  $P_1$  à la valeur  $P_2$ . A température constante, on a :  $\frac{dV}{V} = -\chi_T dP$ .

- Calculer le travail reçu de la part du milieu extérieur. A.N. :  $\chi_T = 10^{-11} \text{ Pa}^{-1}$ ,  $P_1 = 1 \text{ atm}$ ,  $P_2 = 100 \text{ atm}$ ,  $V = 1 \text{ L}$ .
- Comparer au travail que recevrait un gaz parfait de même volume initial sous la pression  $P_1$  lors d'une transformation identique.

**Ex 3** Gaz de Van der Waals

On considère un gaz réel obéissant à l'équation de Van der Waals :

$$\left( P + \frac{a}{V_m^2} \right) (V_m - b) = RT$$

- Calculer le travail reçu par une mole de gaz au cours d'une transformation isotherme à  $T_0$  faisant passer le gaz de  $V_{m1}$  à  $V_{m2}$ .
  - 2.1. Donner une expression approchée de ce travail aux faibles densités ( $b \ll V_m$ ). On mettra en évidence dans le résultat le terme correctif par rapport au travail qui serait reçu par le gaz parfait correspondant.
  - 2.2. En déduire qu'il existe une température, appelée température de Mariotte pour laquelle le gaz réel se comporte comme un gaz parfait.
  - 2.3. Vérifier que pour cette température, l'isotherme correspondante dans le diagramme d'Amagat admet une tangente horizontale.

**Ex 4** Transformation polytropique

Pour un gaz parfait, on appelle transformation polytropique d'indice  $k$  une transformation quasistatique mécaniquement réversible telle qu'à chaque instant  $PV^k = \text{cste}$ .

- Identifier le type de transformation correspondant aux cas limites  $k = 1$  et  $k = 0$ .
- Le gaz étant considéré comme parfait, exprimer le travail reçu par le gaz lors d'une transformation de l'état initial ( $P_1, V_1, T_1$ ) à l'état final ( $P_2, V_2, T_2$ ).