

Travaux dirigés de Thermodynamique n°7
Exercice 1 : Détente réversible d'un gaz parfait au contact d'un mélange eau+glace.

Un cylindre à parois diathermes, fermé par un piston, contient une mole de gaz parfait dans l'état initial ($T_1=273\text{K}$, $p_1=3\text{bars}$). Ce système est plongé dans un bain eau+glace constituant un thermostat à 0°C . On agit sur le piston mobile pour détendre, de façon réversible le gaz jusqu'à la pression $p_2=1\text{bar}$.

1. Déterminer la masse m de glace apparaissant dans le thermostat, l'enthalpie massique de fusion de la glace étant $L_f=334\text{J.g}^{-1}$.
2. Calculer la variation d'entropie du gaz et celle du thermostat.

Exercice 2 : Variation d'entropie lors d'un mélange eau liquide-glace.

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

1. Déterminer la composition et la température du mélange à l'équilibre si $M=1\text{kg}$.
2. Déterminer la composition et la température du mélange à l'équilibre si $M=4\text{kg}$.
3. Dans le cas où $M=1\text{kg}$, déterminer la variation d'entropie de la masse d'eau
 - a. Initialement à l'état liquide.
 - b. Initialement à l'état solide.

La transformation est-elle réversible ?

Capacité thermique massique de l'eau liquide : $c_e=4,2\text{kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$; de l'eau solide $c_g=2,1\text{kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$
chaleur latente de fusion de la glace $L=336\text{kJ.kg}^{-1}$.

Exercice 3: Vaporisation de l'éther

On envisage la vaporisation de $7,4\text{g}$ d'éther à $34,5^\circ\text{C}$ sous une pression de $1,013\text{bar}$. Calculer la variation d'enthalpie et la variation d'énergie interne lors de cette évolution. On assimile l'éther gazeux à un gaz parfait et on néglige le volume massique du liquide devant celui de la vapeur.

Données :

- enthalpie molaire de vaporisation de l'éther à $34,5^\circ\text{C}$: $L_{vap} = 29,0\text{kJ.mol}^{-1}$.
- Masse molaire de l'éther $M = 74\text{g.mol}^{-1}$

Exercice 4: Vaporisation réversible et irréversible.

1. Un cylindre fermé par un piston mobile contient 18cm^3 d'eau liquide à 100°C sous $1,013\text{bar}$. L'ensemble est en contact avec un thermostat à 100°C . On tire le piston lentement jusqu'à ce que la dernière goutte de liquide soit vaporisée.
 - a. Calculer le volume final V_f du cylindre en considérant la vapeur sèche obtenue comme un gaz parfait.
 - b. Représenter l'évolution sur un diagramme de Clapeyron.
 - c. Calculer ΔU , ΔH , ΔS , W et Q .
2. Le même volume de 18cm^3 d'eau liquide est injecté dans un récipient thermostaté à 100°C de volume V_f dans lequel la vaporisation est immédiate. Déterminer la création d'entropie lors de cette transformation.

Données :

- enthalpie massique de vaporisation de l'eau à 100°C $L_{vap} = 2250\text{J.g}^{-1}$.
- Masse volumique de l'eau $\rho=10^3\text{kg.m}^{-3}$.

Exercice 5 : Store Wars ou la Guerre des étals.

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. Cet exercice a pour but de calculer la puissance fournie par le sabre laser pour réaliser cet exploit.

On modélise la partie de la porte concernée par un cylindre de titane de diamètre 50cm et de génératrice 50cm (épaisseur de la porte). La température de départ est supposée égale à 298K.



1. Calculer l'énergie nécessaire pour porter le morceau de porte à la température de fusion.
2. Calculer l'énergie nécessaire pour faire fondre le cylindre de titane.
3. En déduire l'énergie totale délivrée par le sabre laser.
4. La scène dure à peu près ; 9s. En déduire la puissance du sabre laser.
5. Commentez. Quel regard critique peut-on porter sur cette scène ?

Données : $T_{\text{fus}}=1668^{\circ}\text{C}$, $L_{\text{fus}}=15,5 \text{ kJ/mol}$, masse volumique du titane : $\rho=4510\text{kg/m}^3$, $M(\text{Fe})=47,9\text{g/mol}$, capacité thermique massique du titane : $c=520\text{J/kg.K}$.

Exercice 6 : Superman.

Dans une de ses aventures, on peut voir Superman évaporer l'intégralité de l'eau contenue dans un lac, en utilisant ses « yeux laser ». En estimant le volume du lac ainsi que sa température initiale, déterminer l'énergie fournie par superman pour réaliser cet exploit ? Conclure.

Données :

- enthalpie massique de vaporisation de l'eau à 100°C : $L_{\text{vap}} = 2257\text{J.g}^{-1}$.
- Capacité thermique massique de l'eau liquide $c_e = 4,18\text{J.g}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Exercice 7 : Artisan glacier ***

Monsieur G décide de fabriquer lui-même sa glace.

La température extérieure T_{ext} est supposée constante à 25°C .

Dans un congélateur de température $T = -20^{\circ}\text{C}$, il refroidit une masse $m=1\text{kg}$ d'eau de 20°C à -20°C . La puissance du compresseur est P_C . Le fluide décrit des cycles réversibles.

Décrire le processus de congélation.

Quelle est la durée de l'opération ? Commenter.

Données :

$c_p(\text{eau liquide}) = 4,2 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$; $c_p(\text{glace}) = 2,1 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$; $\Delta H_{\text{fusion}} = 330 \text{ kJ.kg}^{-1}$; $P_C=90\text{W}$.

Exercice 8 : Surfusion de l'eau

On place un récipient contenant 10mL d'eau à l'extérieur, un jour où la température est -5°C . L'eau, initialement liquide, atteint la température de -5°C tout en restant à l'état liquide. Spontanément, la totalité de l'eau se transforme alors en glace à -5°C . Calculer la création d'entropie.

Données :

- enthalpie massique de fusion de l'eau à 0°C : $L_{\text{fus}} = 333\text{J.g}^{-1}$.
- Capacité thermique massique de l'eau liquide $c_e = 4,18\text{J.g}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- Capacité thermique massique de la glace $c_g = 2,10\text{J.g}^{-1}.\text{K}^{-1}$