

**Exercice 1 Changement d'état dans un calorimètre**

Dans une enceinte parfaitement calorifugée, on mélange une masse  $m_1$  d'eau liquide à la température  $T_1 = 280\text{K}$  avec une masse  $m_2$  de glace à la température  $T_2 = 260\text{K}$ .

Sous ces deux états, le corps pur est assimilé à une phase condensée idéale. On donne les capacités thermiques massiques de la glace et de l'eau (on les supposera constantes) :  $c_G = 2,10 \text{ J.g}^{-1}.\text{K}^{-1}$  et  $c_E = 4,18 \text{ J.g}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Le système évolue sous une pression extérieure  $p_0$  constante pour laquelle la température d'équilibre vaut  $T_E = 273\text{K}$  et l'enthalpie massique de fusion vaut  $\Delta h_{\text{fus}} = 333 \text{ J.g}^{-1}$

Selon les valeurs de  $m_1$  et  $m_2$  le système peut a priori évoluer vers un état final entièrement liquide, un état entièrement solide ou un état diphasé liquide/solide...

1. On fait l'hypothèse que l'état final est entièrement liquide...
  - a. Faire un bilan énergétique du système afin d'exprimer la température finale  $T_F$
  - b. A quelle condition sur  $T_F$  l'hypothèse est-elle validée ? En déduire une condition sur  $m_1$  et  $m_2$  pour que l'état final soit entièrement liquide.
2. Mêmes questions en supposant que l'état final est entièrement solide.
3. On donne  $m_1 = 500\text{g}$  et  $m_2 = 200\text{g}$ . Déterminer l'état final du système.

**Exercice 2 Liquéfaction par compression**

Une quantité  $n$  d'un corps pur gazeux est placée dans une enceinte thermostatée à une température  $T_0$ . Sa pression initiale est notée  $P_i$ . A l'aide d'un piston mobile, on réduit lentement le volume jusqu'à liquéfaction totale.

A la température  $T_0$ , la pression de vapeur saturante est notée  $p_0$  et l'enthalpie molaire de vaporisation est notée  $\Delta_{\text{vap}}H_m$

La phase gazeuse sera assimilée à un gaz parfait et la phase liquide sera assimilée à une phase condensée idéale de volume molaire noté  $V_m$

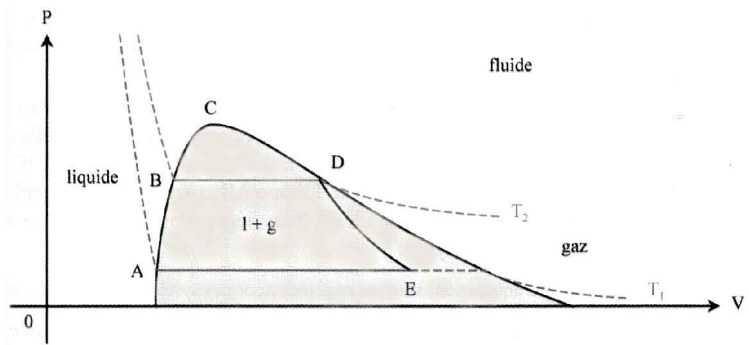
1. Représenter la transformation réalisée en diagrammes  $(p,T)$  et  $(p,V)$
2. Effectuer un bilan énergétique complet ( $W, Q$ ) en distinguant deux étapes dans la transformation
3. Calculer la variation d'entropie du système entre l'état initial et l'état final. Que vaut la variation d'entropie du thermostat au cours de cette évolution ?

### Exercice 3 Application aux machines thermiques

Une machine à vapeur fait décrire un cycle moteur à une masse  $m = 1\text{ kg}$  d'eau.  
Le cycle ABDEA est représenté ci-contre, la transformation DE est adiabatique réversible.

La machine utilise deux sources de chaleur de températures  $T_1 = 375\text{ K}$  et  $T_2 = 500\text{ K}$ .  
On donne l'enthalpie massique de vaporisation de l'eau à ces deux températures :  
 $\Delta h_{\text{vap}}(T_1) = 2300\text{ kJ.kg}^{-1}$  et  $\Delta h_{\text{vap}}(T_2) = 1750\text{ kJ.kg}^{-1}$

L'eau liquide est assimilée à une phase condensée idéale de capacité calorifique massique  $c = 4,18\text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$



1. Préciser l'état physique de l'eau aux quatre points du cycle. Quelle simplification le modèle de la phase condensée idéale apporte-t-il à l'évolution AB ?
2. Identifier les deux étapes où l'eau reçoit effectivement de la chaleur. Déterminer la chaleur reçue au cours de ces deux étapes et les comparer.
3. Exprimer la variation d'entropie à chaque étape du cycle en utilisant si nécessaire le titre en gaz  $x$  du système. En déduire la valeur de  $x$  au point où le système est diphasé.
4. Exprimer la chaleur reçue par le fluide au cours des deux dernières étapes.
5. Définir et calculer l'efficacité  $e$  du cycle et la comparer à celle du cycle de Carnot

### Exercice 4 Vaporisation par détente dans le vide

Un liquide placé dans une enceinte vide se vaporise, totalement ou partiellement. Une telle évolution est irréversible et s'accompagne donc d'une création d'entropie... Exemple :

On dispose d'une masse  $m = 5\text{ g}$  d'éther liquide à  $T_0 = 17,9^\circ\text{C}$  et  $p_0 = 0,53\text{ bar}$ .  
Brusquement, on le libère dans un récipient rigide et initialement vide, lui offrant ainsi un volume total  $V_0 = 10\text{ L}$ .

Le récipient, non calorifugé, est maintenu à  $T_0$  à l'aide d'un thermostat.

Données pour l'éther :

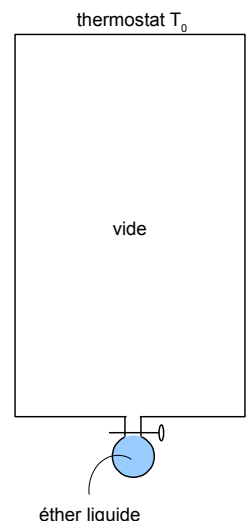
pression de vapeur saturante à  $17,9^\circ\text{C}$  :  $p_{\text{vap}} = 0,53\text{ bar}$

masse molaire :  $M = 74\text{ g.mol}^{-1}$

masse volumique du liquide :  $\mu = 0,713\text{ g.cm}^{-3}$

enthalpie molaire de vaporisation à  $17,9^\circ\text{C}$  :  $\Delta_{\text{vap}}H_m = 29,0\text{ kJ.mol}^{-1}$

On supposera que l'éther gazeux se comporte comme un gaz parfait.



1. En faisant l'hypothèse que l'éther se vaporise totalement, calculer la pression finale  $p_F$ .  
Représenter l'état initial "I" et l'état final "F" sur un diagramme  $(p, V)$ .  
Que se serait-il passé si on avait eu  $V_0 = 1\text{ L}$  ?
2. Appliquer le premier principe et en déduire une expression de l'entropie  $S_E$  échangée par l'éther au cours de cette transformation, en fonction de sa variation d'énergie interne  $\Delta U$ .  
Calculer  $S_E$  (on pourra évaluer  $\Delta U$  sur un chemin réversible)
3. Calculer la variation d'entropie de l'éther et en déduire l'entropie créée au cours de cette transformation.