

## *TD de thermodynamique*

### Exercice 1:

On considère 600 g d'eau à la température  $t = 60\text{ °C}$  qu'on mélange à 500 g de glace à la température  $t_2 = -14\text{ °C}$ .

Déterminer les masses finales respectives d'eau et de glace dans le cas où la température d'équilibre  $t_f$  est supposée nulle.

On donne :  $C_e = 1\text{ cal / g °K}$  ,  $C_g = 0,5\text{ cal / g °K}$  ,  $L_f = 80\text{ cal / g}$

### Exercice 2:

1 litre d'eau liquide est introduit dans une enceinte vide de  $5\text{ m}^3$ . La température est fixe et vaut  $50\text{ °C}$ . En utilisant la formule de Duperray, expliquer que se passe-t-il ?

- 1- En admettant que la vapeur d'eau se comporte comme un gaz parfait, combien y a-t-il d'eau vaporisée à l'équilibre ?
- 2- Dans un récipient clos de  $5\text{ m}^3$  contenant de l'air sec à la pression  $0,8\text{ atm}$  et à la température de  $50\text{ °C}$ , on introduit 1 litre d'eau.
- 3- Que se passe-t-il en supposant que la température est maintenue fixe ?
- 4- Quelles sont à l'équilibre les valeurs, de la pression partielle de l'air, de l'eau vaporisée, et de la pression totale ? quelle est la quantité d'eau vaporisée ?

### Exercice 3:

On considère une masse  $m = 50\text{ g}$  d'eau liquide, sous la pression  $P_0$  et à la température

$t_0 = 0\text{ °C}$  (état 1) qu'on chauffe jusqu'à  $100\text{ °C}$  à la pression  $P_0$  constante (état 2).

On suppose qu'entre  $0\text{ °C}$  et  $100\text{ °C}$  toute la masse  $m$  est à l'état liquide et que son volume massique reste constant et égal à  $10^{-3}\text{ m}^3 / \text{kg}$ . A  $100\text{ °C}$  et à la pression  $P_0$ , on vaporise entièrement la masse  $m$  (état 3).

La vapeur d'eau sera considérée comme un gaz parfait.

1-- Calculer la variation d'entropie de la masse  $m$  d'eau quand elle passe de l'état 1 à l'état 3.

2- Calculer la variation d'entropie de la masse  $m$  d'eau entre l'état 1 et l'état 3

A.N  $P_0 = 10^5\text{ Pa}$  ,  $R = 8,31\text{ J / mole °K}$  ,  $C_p$  (eau liquide) =  $1\text{ cal / g °K}$

$L_v$  (à  $100\text{ °C}$ ) =  $2253\text{ J / kg}$ .

### Exercice 4: Formule de Clapeyron. Point triple de l'eau

On se propose d'étudier les équilibres entre les phases solide, liquide et gazeuse de l'eau au voisinage du point triple qui correspond à une température  $t_0 = 0,01\text{ °C}$ .

1- Donner l'équation de l'isotherme relative à 1 g d'eau pour la température de  $0\text{ °C}$ , en admettant que la vapeur d'eau peut être assimilée à un gaz parfait, et sachant que la pression de vapeur saturante de la glace est, à  $0\text{ °C}$ , de  $4,60\text{ mm}$  de mercure. On exprimera les volumes en  $\text{cm}^3$  et les pressions en  $\text{mm}$  de mercure.

2- On admet que la courbe de sublimation et la courbe de fusion peuvent être assimilées à des droites entre  $0\text{ °C}$  et la température du point triple.

Sachant que la chaleur de sublimation de la glace à  $0\text{ °C}$  est égale à  $684\text{ cal/g}$ , calculer la pression du point triple.

3- Calculer la chaleur de fusion de la glace à la température de  $0\text{ °C}$ .

On donne :  $u_s = 1\text{ cm}^3/\text{g}$  ,  $u_L = 1,09\text{ cm}^3/\text{g}$  et  $V_{\text{molaire}}$  (de la vapeur d'eau) : =  $22,4\text{ litres}$ .

Exercice 5:

Une certaine masse d'eau se trouve à l'état liquide sous la pression atmosphérique normale et à  $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ . On introduit un germe de glace pour faire cesser la surfusion. Quelle fraction de l'eau liquide se solidifie-t-elle ?

On donne : Chaleur massique de l'eau liquide :  $C_L = 4,2\text{ KJ / kg}$   
 Chaleur latente de fusion de la glace :  $L_f = 333,4\text{ KJ / kg}$

Exercice 6:

L'entropie de l'eau liquide à  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  est prise comme origine des entropies, et on lui affecte la valeur 0.

1- Calculer l'entropie de 1 kg de vapeur à  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  sous la pression de vapeur saturante à  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$

2- Calculer l'entropie de ce kilogramme de vapeur que l'on amène à  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  sous la pression de vapeur saturante à cette température.

Données :

- ◆ Pression de vapeur saturante de l'eau à  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  :  $P = 1,23\text{ }10^4\text{ Nm}^{-2}$
- ◆ Pression de vapeur saturante de l'eau à  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$  :  $P = 4,78\text{ }10^5\text{ Nm}^{-2}$
- ◆ Chaleur massique de la vapeur d'eau =  $1,79\text{ KJ / kg}$  (à pression constante)
- ◆ Chaleur latente de vaporisation de l'eau à  $50\text{ }^{\circ}\text{C}$  =  $2395\text{ KJ / kg}$ .

Exercice 7:

Quelle masse de glace à  $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$  faut-il ajouter à un litre d'eau à  $48\text{ }^{\circ}\text{C}$  pour obtenir de l'eau à  $16\text{ }^{\circ}\text{C}$  ?

- ◆ Chaleur spécifique de la glace :  $0,5\text{ cal / g }^{\circ}\text{K}$
- ◆ Chaleur spécifique de l'eau :  $1\text{ cal / g }^{\circ}\text{K}$
- ◆ Chaleur latente de fusion de la glace :  $80\text{ cal / g}$ .

Exercice 8:

Dans un cylindre, sous un piston sans poids, est contenue de la vapeur d'eau saturante à la température  $t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$ . L'introduction lente du piston provoque la condensation d'une petite fraction de masse de la vapeur,  $\Delta m = 0,90\text{ g}$ . La vapeur est supposée être un gaz parfait, le volume du liquide est négligeable. Quel travail a-t-on effectué sur le gaz ?

Exercice 9:

Dans un récipient de volume  $V = 6\text{ l}$  à la température  $250\text{ }^{\circ}\text{C}$  et sous la pression  $40\text{ atm}$  se trouve de l'eau avec sa vapeur saturante. Le volume spécifique de la vapeur dans ces conditions est  $V' = 50\text{ l / kg}$ . La masse du système (eau avec vapeur)  $m = 5\text{ kg}$ .

Calculer la masse et le volume de la vapeur ?

Exercice 10:

Un récipient A de volume  $V_1 = 1\text{ l}$ , à parois adiabatiques, contient de l'air (supposé parfait) sous la pression atmosphérique, à la température  $T = 300\text{ }^{\circ}\text{K}$ , on le met en communication grâce à un robinet avec un récipient B de volume  $V_2 = 4\text{ l}$ , parfaitement vide, et dont les parois sont calorifugées. Calculer la variation d'entropie de l'air au cours de cette détente.

Exercice 11:

Une détente adiabatique d'une mole de gaz parfait, de  $2$  jusqu'à  $1\text{ atm}$  dans un réservoir vide est suivie d'une compression réversible isotherme jusqu'à  $4\text{ atm}$ .

Calculer  $\Delta G$  et  $\Delta S$  pour chaque étape de la transformation ?