

## 1. Vie courante ☺

- 1) Pourquoi les aliments cuisent plus vite dans une cocotte minute ?
- 2) Pourquoi un glaçon colle-t-il aux doigts sitôt sorti du congélateur, et encore plus si les doigts sont initialement humides?
- 3) Pourquoi a-t-on froid en sortant d'une piscine ou de la douche ?

## 2. Combien de glaçons ? ☺☺

Un gobelet en matière plastique de capacité thermique négligeable contient  $m_1=300\text{g}$  d'eau à  $\theta_1=22,0^\circ\text{C}$  que l'on refroidit avec des cubes de glace de masse  $m_2=10\text{g}$  sortant d'un congélateur à  $\theta_2=-21,0^\circ\text{C}$ . Dans tout l'exercice, on considère qu'il n'y a pas de transfert thermique avec l'atmosphère extérieur et qu'il n'y a pas de variation de volume lors du changement de phase solide-liquide. On se place dans l'approximation des phases condensées parfaites.

- 1) On met un cube de glace dans le gobelet. Déterminer la température  $\theta_F$  de l'eau dans le gobelet à l'équilibre thermodynamique.
- 2) Déterminer le nombre  $x$  de cubes de glace nécessaire pour obtenir une boisson à  $0^\circ\text{C}$ .

Données:

Chaleur massique de l'eau liquide:  $c_l = 4,18 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

Chaleur massique de la glace:  $c_s = 2,10 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$

Chaleur latente de fusion de la glace:  $L_f = 335 \text{ kJ.kg}^{-1}$

Rep: 1)  $\theta_F = 18,4^\circ\text{C}$  ; 2)  $x = 8$

## 3. Enthalpie massique de vaporisation du fréon ☺☺

Données:

• Constante des gaz parfaits :  $R = 8,31 \text{ J.K}^{-1}.\text{mol}^{-1}$

• Formule de Mayer :  $R = C_{pm} - C_{vm}$  avec  $C_{pm}$  et  $C_{vm}$  les capacités thermiques molaires, respectivement à pression et à volume constants d'un gaz.  $\gamma = \frac{C_{pm}}{C_{vm}}$

Le fréon est un fluide utilisé dans les machines réfrigérantes. Sous forme gazeuse, le fréon de masse molaire  $M = 86,5 \text{ g.mol}^{-1}$  peut être considéré comme un gaz parfait de coefficient  $\gamma = 1,2$ . Sous forme liquide, le fréon se comporte comme un fluide incompressible de capacité thermique massique  $c = 1,38 \text{ kJ.K}^{-1}.\text{kg}^{-1}$ .

La pression de vapeur saturante du fréon à la température  $T_1 = 263\text{K}$  est  $P_{\text{sat}}(T_1) = P_1 = 2,2 \text{ bars}$

La pression de vapeur saturante du fréon à la température  $T_2 = 303\text{K}$  :  $P_{\text{sat}}(T_2) = P_2 = 7,5 \text{ bars}$

L'enthalpie massique de vaporisation du fréon à  $T_1 = 263 \text{ K}$  est :  $L_{v1} = 159 \text{ kJ.kg}^{-1}$ .

On cherche à déterminer par 2 méthodes, l'enthalpie massique de vaporisation du fréon à  $T_2 = 303 \text{ K}$ . Elle sera notée  $L_{v2}$ .

1. Exprimer la chaleur massique à pression constante,  $c_p$  du fréon gazeux en fonction de  $R$ ,  $\gamma$  et  $M$ .

**Méthode 1 :**

2. On fait décrire le cycle réversible ci-dessous à  $1,00 \text{ kg}$  de fréon.

2.1. Représenter les deux isothermes à  $T_1$  et  $T_2$  dans un diagramme de Clapeyron puis placer les points A, B, C et D.

2.2. Exprimer les variations d'enthalpie du fréon pour chacune des transformations, en déduire l'expression littérale de  $L_{v2}$  en fonction des données puis faire l'application numérique.

**Méthode 2 :**

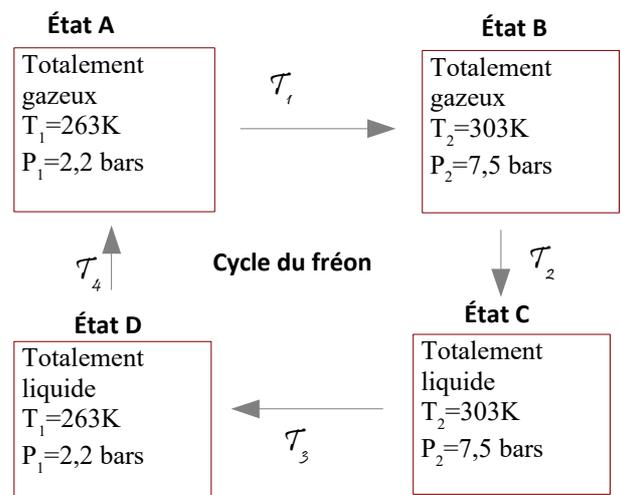
3. On fait traverser  $1,00 \text{ kg}$  de fréon à travers un détendeur où il subit une transformation isenthalpique. Le fréon y entre sous forme totalement liquide dans l'état C ( $303\text{K}$ ,  $7,5 \text{ bars}$ ) et en ressort dans l'état F ( $263\text{K}$ ,  $2,2 \text{ bars}$ ).

3.1. Placer le point F sur le diagramme de Clapeyron.

3.2. Calculer, à l'aide de  $L_{v1}$ , la fraction massique  $x$  de gaz à la sortie du détendeur en F.

3.3. En déduire une nouvelle valeur de  $L_{v2}$ .

Réponses : 22)  $L_{v2} = 126 \text{ kJ.kg}^{-1}$  ; 32)  $x = 0,347$  ; 33)  $L_{v2} = 126 \text{ kJ.kg}^{-1}$ .



#### 4. Changement d'état de l'eau ☺☺

On s'intéresse aux changements d'état de l'eau, considérée comme étant un corps pur. Le diagramme d'état de l'eau est représenté par l'un des schémas ci-dessous, pour lequel C représente le point critique et I le point triple.

Pour chaque question, indiquer et justifier si nécessaire la ou les bonnes réponses,

1 – Quel est le schéma correct ?

A) B) C) ou D) ?

2 - Pour le schéma choisi en question 1, les régions (1), (2) et (3) correspondent respectivement aux états :

A) Liquide, solide, vapeur ; B) Solide, vapeur, liquide  
C) Solide, liquide, vapeur ; D) Vapeur, solide, liquide

3 – La courbe délimitant les domaines 2 et 3 est :

A) La courbe de condensation B) La courbe de saturation  
C) La courbe de vaporisation D) La courbe de solidification.

4 - La courbe délimitant les domaines 1 et 2 est :

A) La courbe de liquéfaction B) La courbe de saturation  
C) La courbe de fusion D) La courbe de solidification.

5 – Les coordonnées du point triple sont  $P_0 = 613 \text{ Pa}$  et  $T_0 = 273 \text{ K}$ . On considère une masse  $m$  d'eau dans un état initial caractérisé par la température  $T_i = 273 \text{ K}$  et la pression  $P_i$  égale à la pression atmosphérique. On opère un échauffement isobare de la masse  $m$ . La manipulation cesse dès que la masse  $m$  a totalement changé d'état. On est alors dans l'état  $f$ , caractérisé par la température  $T_f$ , la pression  $P_f$  et le volume  $V_f$ .

Recopier l'allure du diagramme (P,T) de l'eau correct et positionner les états  $i$  et  $f$  sur le schéma, puis préciser laquelle (ou lesquelles) de ces affirmations sont justes.

- A) L'eau sous forme vapeur initialement s'est liquéfiée.
- B) L'eau sous forme liquide initialement s'est vaporisée.
- C) Dans l'état initial, l'eau est à l'état de liquide saturant.
- D) Dans l'état final, l'eau est à l'état de vapeur saturante.

6 – Dans les conditions de la question précédente, on a pour les états  $i$  et  $f$  :

A)  $P_i = P_f$  B)  $P_i < P_f$  C)  $T_i = T_f$  D)  $T_i < T_f$ .

7 – La chaleur latente massique de vaporisation est par définition :

- A) L'enthalpie massique à fournir à un corps pur pour passer d'un état (1) à un état (2) plus condensé à température constante.
- B) L'entropie massique à fournir à un corps pur pour passer d'un état (1) à un état (2) plus condensé à température constante.
- C) L'enthalpie massique à fournir à un corps pur pour passer d'un état (1) à un état (2) moins condensé à température constante.
- D) L'entropie massique à fournir à un corps pur pour passer d'un état (1) à un état (2) moins condensé à température constante.

Pour toutes les questions suivantes :

- La chaleur latente massique de vaporisation, supposée constante dans la gamme de température utilisée est notée  $L_V$ .
- La capacité thermique massique de l'eau liquide est  $c_f$ .
- Le volume du liquide est toujours négligé devant le volume de la vapeur.

On s'intéresse aux transferts thermiques  $Q$  et mécanique  $W$ , et aux variations d'énergie interne et d'enthalpie entre les états  $i$  et  $f$  de la question 5.

Ces différentes grandeurs peuvent s'écrire :

8 - Pour l'enthalpie :

A)  $\Delta H_{if} = m c_l (T_f - T_i) + mL_V$  ; B)  $\Delta H_{if} = mL_V$  ; C)  $\Delta H_{if} = m c_l (T_f - T_i)$  ; D)  $\Delta H_{if} = m c_l (T_f - T_i) - mL_V$

9 – Pour le transfert thermique  $Q$  :

A)  $Q = m c_l (T_f - T_i) - P_i V_i$  B)  $Q = m c_l (T_f - T_i) + P_i V_f$  ;  
C)  $Q = m c_l (T_f - T_i) - P_f V_f$  D)  $Q = m c_l (T_f - T_i) + mL_V$

10 – Pour le travail mécanique  $W$  :

A)  $W = -P_f V_f$  ; B)  $W = -(P_f - P_i) V_f$  ; C)  $W = -P_i V_i$  ; D)  $W = P_f V_f$

12 – L'énergie interne :

A)  $\Delta U_{if} = m c_l (T_f - T_i) - P_f V_i$  B)  $\Delta U_{if} = m c_l (T_f - T_i) + mL_V - P_i V_f$   
C)  $\Delta U_{if} = m c_l (T_f - T_i) - (P_f - P_i) V_f$  D)  $\Delta U_{if} = mL_V - P_f V_f$

