

Corrigé de l'épreuve de physique du BTS 86

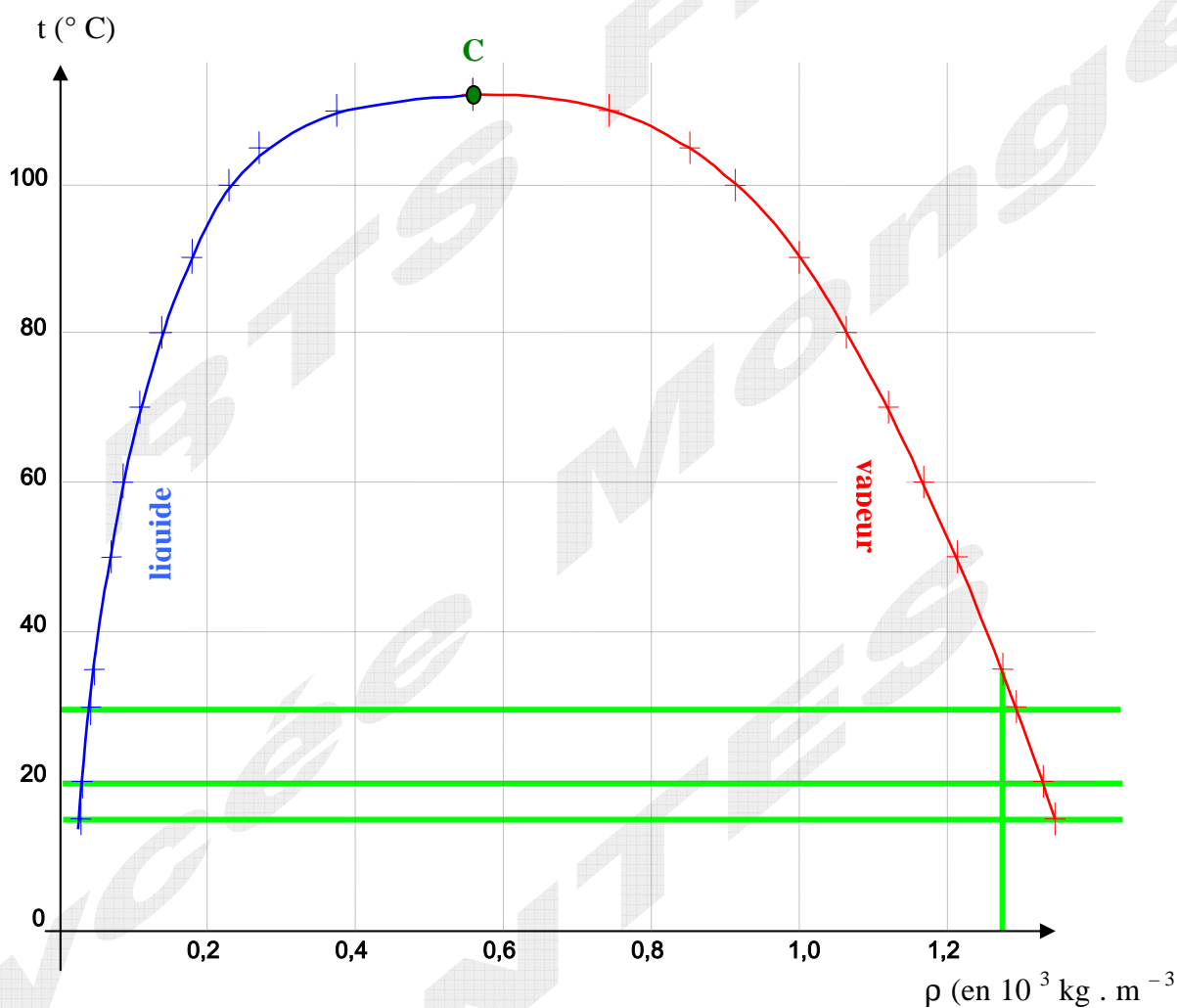
Partie A

1° question :

$$\rho = \frac{m}{V}$$

A.N. : $\rho = 1275 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

2° question :



3° question : A la température $t = 112^{\circ}\text{C}$, la masse volumique du liquide et de la vapeur sont identiques !

On en déduit que la température critique du R 12 est $t = 112^{\circ}\text{C}$.

4° question : La masse volumique du mélange reste inchangée ; on la fait figurer sur le graphe, ainsi que les droites isothermes correspondant aux températures citées (—)

Pour chaque température, on note avec un exposant « ' » ce qui concerne le liquide et avec un exposant

« ' » ce qui concerne la vapeur.

On sait que le titre x en vapeur est égal au rapport de la masse de vapeur m_v sur la masse m du mélange. On sait, aussi, que ce titre s'exprime en fonction des volumes massiques : $x = \frac{v - v'}{v'' - v'}$

On exprime, alors, le titre x en fonction des masses volumiques :

$$x = \frac{\frac{1}{\rho} - \frac{1}{\rho'}}{\frac{1}{\rho''} - \frac{1}{\rho'}} \text{ soit : } x = \frac{(\rho' - \rho) \rho''}{\rho (\rho' - \rho'')}$$

On en déduit que la masse de liquide, dans le mélange s'écrit : $m_L = m(1 - x) = m \frac{\rho'(\rho - \rho'')}{\rho(\rho' - \rho'')}$

Remarque : La lecture des différentes grandeurs est délicate à réaliser sur le diagramme ; il est préférable de relever ces grandeurs dans le tableau de l'annexe 1 !

Température (°C)	ρ' (kg.m ⁻³)	ρ'' (kg.m ⁻³)	ρ (kg.m ⁻³)	m_L (kg)
15	1345	27,4	1275	15,28
20	1329	31,5	1275	15,28
30	1293	41,1	1275	15,29

Pour la température $t_1 = 35^\circ\text{C}$, la masse volumique du mélange devient pratiquement égale à ρ'' ; on en déduit qu'à cette température, le fluide est à l'état de vapeur sèche. Pour cette température et au-delà de cette température, le système est homogène (gazeux).

Partie B

1° question : La pression régnant dans la bouteille est égale à la pression de vapeur saturante. La pression vaut : $p(20^\circ\text{C}) = P_{\text{sat}, 20^\circ\text{C}} = 5,7 \text{ bar}$.

2° question : Appliquons la relation de Clapeyron relative au changement d'état liquide-vapeur, à la température $T = 303 \text{ K}$ (30°C) :

$$L_v = T \left(\frac{1}{\rho''} - \frac{1}{\rho'} \right) \frac{dP_{\text{sat}}}{dT}$$

Si le volume massique de la phase liquide est négligeable devant le volume massique de la phase vapeur, on obtient : $L_v = T \frac{1}{\rho''} \frac{dP_{\text{sat}}}{dT}$

La chaleur latente de vaporisation, L_v du fluide reste inchangée dans le domaine de températures exploré ; on a : $L_v(30^\circ\text{C}) \cong L_v(20^\circ\text{C}) = 144,5 \text{ kJ.kg}^{-1}$.

Si la vapeur peut être considéré comme un gaz parfait, on peut écrire : $\rho = \frac{P_{\text{sat}, 30^\circ\text{C}}}{r T}$ de sorte que la

chaleur latente de vaporisation s'écrit : $L_v = \frac{r T^2}{d T} \frac{d P_{\text{sat}}}{P_{\text{sat}}}$.

La séparation des variables nous donne : $r \frac{d P_{\text{sat}}}{P_{\text{sat}}} = L_v \frac{d T}{T^2}$

L'expression est intégrée entre les températures $T_A = 293 \text{ K}$ (soit 20°C) et $T = 303 \text{ K}$ (soit 30°C) :

$$r \ln \frac{P_{\text{sat}, T}}{P_{\text{sat}, T_A}} = L_v \left(\frac{1}{T_A} - \frac{1}{T} \right) \quad (\text{dans cette expression, les deux pressions peuvent être exprimées}$$

en bar puisque ces deux pressions interviennent par leur rapport)

Application numérique :

$$\text{Détails : } \ln \frac{P_{\text{sat}, T}}{P_{\text{sat}, T_A}} \cong 0,27 \quad \frac{P_{\text{sat}, T}}{P_{\text{sat}, T_A}} \cong e^{0,27} \quad \frac{P_{\text{sat}, T}}{5,7 \text{ bar}} \cong 1,30 \quad \text{A.N. : } P_{\text{sat}, 30^\circ\text{C}} \cong 7,4 \text{ bar}$$

Remarque : Les tables relatives à l'état saturé du fluide fournissent : $P_{\text{sat}, 30^\circ\text{C}} \cong 7,4 \text{ bar}$. A cette température, l'enthalpie massique de vaporisation du fluide est égale à : $135,0 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. Cependant la constante massique du fluide vaut : $r \cong 69 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$!

3° question : Le raisonnement développé à la 2° question reste valable (puisque l'enthalpie de vaporisation est encore supposée indépendante de la température).

$$r \ln \frac{P_{\text{sat}, T_1}}{P_{\text{sat}, T_A}} = L_v \left(\frac{1}{T_A} - \frac{1}{T_1} \right)$$

L'application numérique donne successivement :

$$\ln \frac{P_{\text{sat}, T_1}}{P_{\text{sat}, T_A}} \cong 0,39 \quad \frac{P_{\text{sat}, T_1}}{P_{\text{sat}, T_A}} \cong e^{0,39} \quad \frac{P_{\text{sat}, T_1}}{5,7 \text{ bar}} \cong 1,48 \quad \text{A.N. : } P_{\text{sat}, 35^\circ\text{C}} \cong 8,5 \text{ bar}$$

Remarque : Les tables fournissent $P_{\text{sat}, 35^\circ\text{C}} \cong 8,5 \text{ bar}$. A cette température, l'enthalpie massique de vaporisation vaut : $131,9 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$!

La modélisation précédente donne un ordre de grandeur correct.

4° question :

La courbe figure à la page suivante.

A 50°C , la pression dans la bouteille devient proche de **85 bar** !

5° question :

Conclusion :

La pression peut augmenter de façon considérable dans la bouteille lorsque la température augmente ! Cette augmentation de pression devient très importante dès que le fluide est homogène (gazeux).

