

CHAPITRE ECT4 – DOCUMENTS

Changements de phase



FIGURE 1 : Différents temps de cuisson selon l'altitude



FIGURE 2 : Formation des glaçons

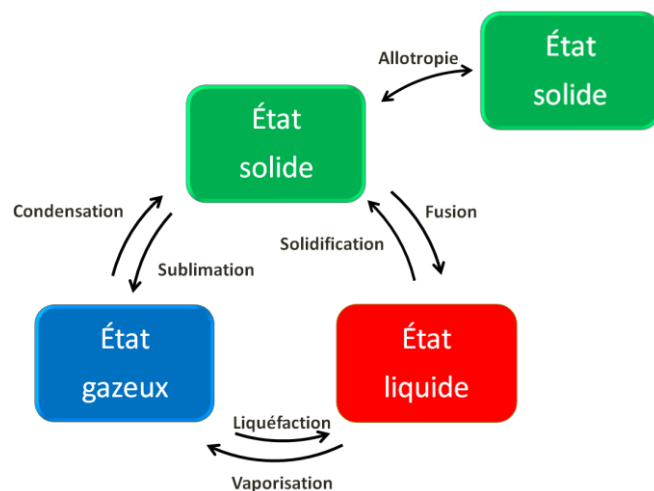


FIGURE 3 : Nomenclature des transitions de phase

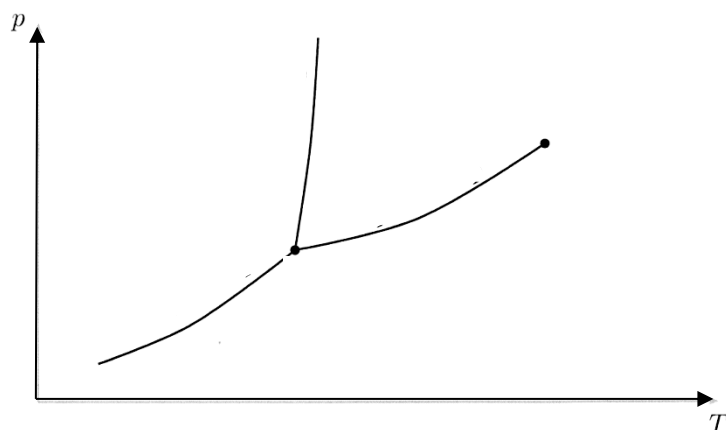
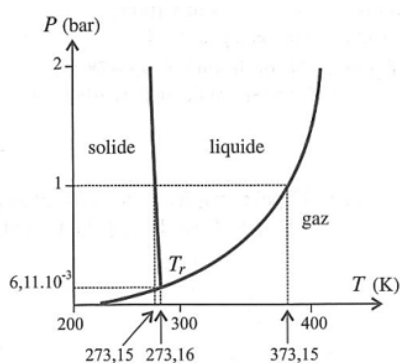
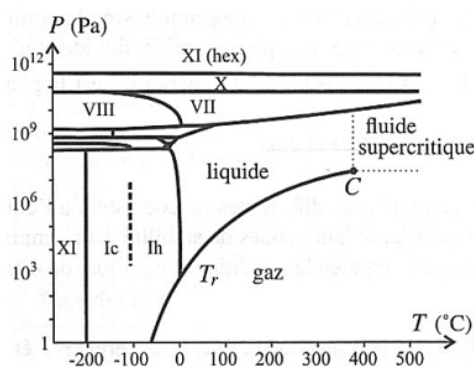


FIGURE 4 : Diagramme de phases d'un corps pur



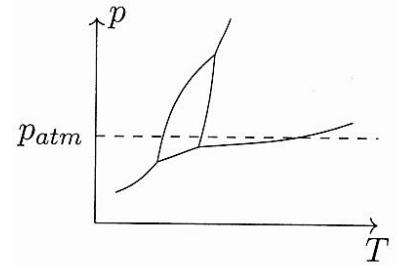
H ₂ O	P (bar)	T (K)
Triple T_r	$6,11 \cdot 10^{-3}$	273,16
Critique C	221	647,3

FIGURE 5 : Diagramme d'état de l'eau
(échelle logarithmique à gauche ; échelle linéaire au centre)

➤ Exercice d'application 1

Certains corps existent sous plusieurs états solides. Par exemple, le soufre existe sous la forme α et β . Sous pression atmosphérique, le passage $S_\alpha \rightarrow S_\beta$ a lieu à 95°C , le passage $S_\beta \rightarrow S_l$ (liquide) à 119°C et le passage $S_l \rightarrow S_g$ (gaz) à 444°C .

1. Comment appelle-t-on les formes S_α et S_β ?
2. Attribuer les domaines du diagramme ci-contre.
3. Combien de points triples y a-t-il ?

➤ Exercice d'application 2

On introduit dans une enceinte de volume V une masse $m = 100\text{ g}$ d'eau liquide. L'enceinte est maintenue à la température $T = 423\text{ K}$, température à laquelle la pression de vapeur saturante de l'eau est $P_{\text{sat}} = 4,76\text{ bar}$. La vapeur d'eau est assimilée à un gaz parfait. Déterminer l'état d'équilibre atteint par l'eau pour $V = V_1 = 50\text{ L}$. Que dire de l'état d'équilibre si $V_2 = 1\text{ L}$?

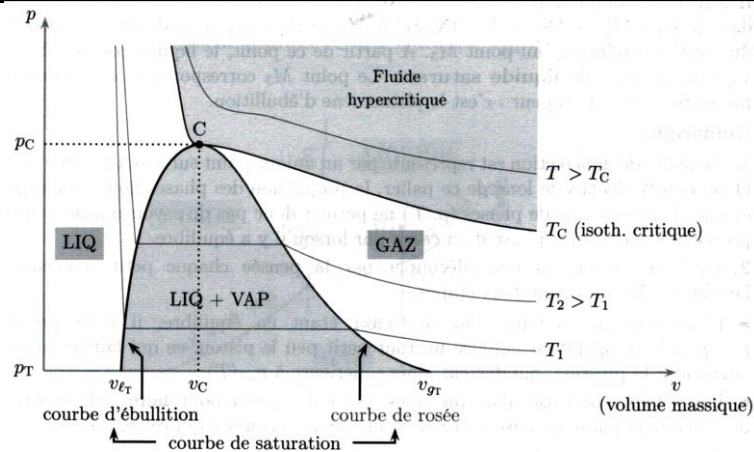
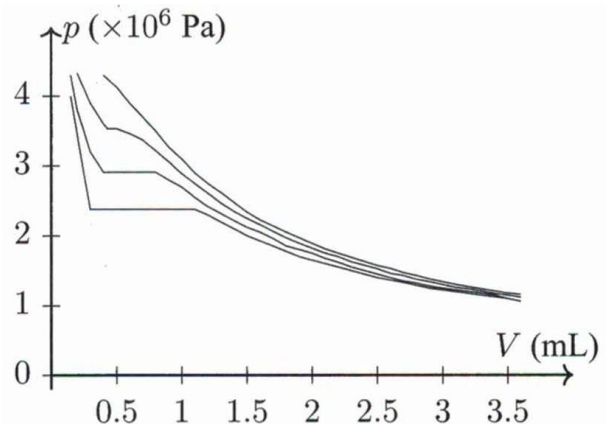


FIGURE 6 : Réseau des isothermes d'Andrews

➤ Exercice d'application 3

Les isothermes d'Andrews de l'hexafluorure de soufre (SF_6) ont été tracées expérimentalement pour $T_1 = 26^\circ\text{C}$, $T_2 = 30^\circ\text{C}$, $T_3 = 40^\circ\text{C}$ et $T_4 = 50^\circ\text{C}$ sur un système de masse $m = 172\text{ mg}$ de SF_6 .

- a. Placer sur le graphe ci-contre le point critique caractérisé par $p_c = 37,7\text{ bar}$ et $V_c = 0,45\text{ mL}$. Tracer la courbe de saturation.
- b. Quel est l'état physique du SF_6 pour :
 - $p_1 = 30\text{ bar}$ à la température T_1 ?
 - $p_2 = 29\text{ bar}$ à la température T_2 ?
 - $p_3 = 20\text{ bar}$ à la température T_3 ?
 - $p_4 = 32\text{ bar}$ à la température T_4 ?
- c. À la température T_1 , quels sont les volumiques massiques du liquide saturant et de la vapeur saturante ?
- d. Visionner la vidéo 5. Quelle est la température critique T_c du SF_6 ?



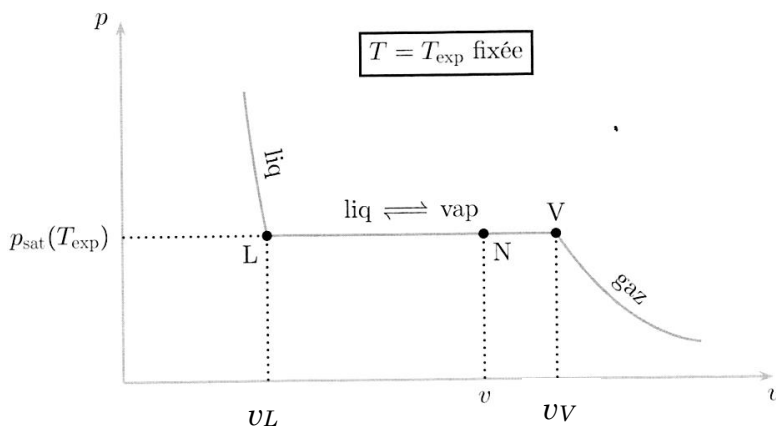


FIGURE 7 : Composition d'un système diphasé liquide – vapeur dans le diagramme de Clapeyron

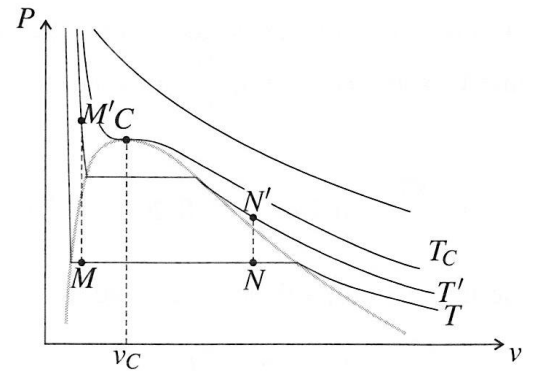


FIGURE 8 : Stockage d'un fluide

➤ Exercice d'application 4

On considère de l'eau liquide en équilibre avec sa vapeur à la température $T_0 = 394 \text{ K}$. La masse d'eau est $m = 10,0 \text{ g}$ et le volume total du système est $V_0 = 4,0 \text{ L}$. À la température T_0 , les volumes massiques de l'eau sous forme de liquide saturant et de vapeur saturante sont respectivement $v_L = 1,06 \text{ L.kg}^{-1}$ et $v_V = 858 \text{ L.kg}^{-1}$.

- Déterminer le volume V_L occupé par le système sous forme de liquide saturant (état L) puis le volume V_V occupé par le système sous forme de vapeur saturante (état V).
- Dans le diagramme de Clapeyron, représenter l'isotherme à T_0 , la courbe de saturation ainsi que les points L , V et M (état du système).
- Déterminer le titre en vapeur du mélange à T_0 . En déduire les masses et les volumes de chaque phase.

➤ Exercice d'application 5

Reprendre l'exercice d'application 2 et déterminer l'état d'équilibre atteint par l'eau pour $V = V_2 = 1 \text{ L}$, sachant que pour $T = 423 \text{ K}$, $v_L = 1,1 \text{ L.kg}^{-1}$.

Hypothèse	Grandeur connue	Grandeur à déterminer	Condition de validité

FIGURE 10 : Hypothèses à formuler en présence de changement d'état

Changement d'état 1→2	Chaleur latente ou enthalpie massique		Nature de la transformation
	Nom	Expression et signe	
solide → liquide			
liquide → gaz			
solide → gaz			
liquide → solide			
gaz → liquide			
gaz → solide			

FIGURE 9 : Enthalpies massiques de changements d'états

➤ Exercice d'application 6

On remplit un bac à glaçons d'eau et on le place dans un congélateur. Le bac à glaçons permet de faire $N=12$ glaçons cubiques ayant chacun une masse $m=15$ g. Le congélateur est maintenu à la température $T_2 = -18$ °C et l'eau liquide mise dans le bac à glaçons est initialement à la température $T_1 = 25$ °C. On attend suffisamment longtemps pour que l'équilibre thermique soit atteint.

On donne la capacité thermique massique de l'eau liquide $c_l = 4,2$ kJ.K⁻¹.kg⁻¹, la capacité thermique de la glace $c_g = 2,1$ kJ.K⁻¹.kg⁻¹, l'enthalpie massique de fusion de la glace à $T_0 = 0$ °C qui vaut $\Delta h_{fus} = 3,3.10^2$ kJ.kg⁻¹. On rappelle que pour une phase condensée de capacité thermique C , l'entropie s'écrit, avec T^0 une température de référence choisie arbitrairement :

$$S(T) = C \ln\left(\frac{T}{T^0}\right) + S(T^0)$$

1. Déterminer la variation d'enthalpie ΔH de l'eau entre son état initial à la température T_1 et son état final à la température T_2 .
2. Déterminer l'énergie reçue sous forme de transfert thermique Q par l'eau de la part du congélateur en supposant que l'évolution se fasse à pression constante $p^0 = 1$ bar .
3. Déterminer la variation d'entropie ΔS au cours de la transformation.