

Corrigé de l'épreuve de B.T.S. de 1988

A – Étude de la compression

1° question : Le point A est représentatif de l'état 1 de l'azote ; il se trouve sur l'isobare $p_1 = 1 \text{ bar}$ et sur l'isotherme $T_1 = 290 \text{ K}$.

Le point B est représentatif de l'état 2 du fluide ; il se trouve sur l'isobare $p_2 = 200 \text{ bar}$ et, comme A, sur l'isotherme $T_1 = 290 \text{ K}$ puisque la transformation $A \rightarrow B$ est isotherme.

État 1 (point A)		État 2 (point B)	
$s_A \cong 4,40 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	$h_A \cong 452 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	$s_B \cong 2,64 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	$h_B \cong 418 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

2° question : La chaleur massique q reçue (algébriquement) par le diazote au cours de la transformation $A \rightarrow B$ (isotherme) s'écrit :

$$q = T_1 (s_B - s_A)$$

$$\text{A.N. : } q = -510 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Remarque : Le fluide, en réalité fournit de la chaleur à l'extérieur puisque q est négative !

3° question :

Quand 1 kg de diazote est comprimé, l'eau de refroidissement du compresseur absorbe une chaleur q_{eau} et voit sa température s'élever de $\Delta\theta = 10^\circ \text{C}$. Si l'on admet que la chaleur massique dégagée par le fluide ($-q$) est entièrement absorbée par l'eau de refroidissement, on a : $q_{\text{eau}} = -q$.

La masse d'eau qui refroidit le compresseur est notée m_{eau} ; on écrit : $q_{\text{eau}} = m_{\text{eau}} C \Delta\theta = -q$.

On en déduit :
$$m_{\text{eau}} = \frac{-q}{C \Delta\theta}$$

$$\text{A.N. : } m_{\text{eau}} \cong 12 \text{ kg}$$

4° question : Le travail massique **reçu par le fluide de la part du compresseur** porte souvent le nom de « travail de transvasement » ; on le note, ici, w_{tr} .

Le premier principe pour les fluides en écoulement nous permet d'écrire : $w_{\text{tr}} + q = h_B - h_A$

On peut, alors, écrire :
$$w_{\text{tr}} = h_B - h_A - q$$

$$\text{A.N. : } w_{\text{tr}} = 476 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

B – Étude du refroidissement

1° question :

Le point C est représentatif de l'état 3 du diazote ($p_2 = 200 \text{ bar}$; $T_E = 158 \text{ K}$). Ce point se trouve sur l'isotherme $T_E = 158 \text{ K}$ et sur l'isobare $p_2 = 200 \text{ bar}$.

Le point D (état 4 : $p_4 = 1 \text{ bar}$) se trouve sur l'isenthalpe passant par C et sur l'isobare $p_4 = 1 \text{ bar}$. Cette isobare $p_4 = 1 \text{ bar}$ est une horizontale **sous la courbe de saturation** (représentée en

marron) ; elle est dans la continuité de l'isobare $p_4 = 1 \text{ bar}$ en dehors de la courbe de saturation (en partie reproduite en vert sombre).

Le point D se trouve sur l'isotherme 78 K ; on note : $T_D \cong 78 \text{ K}$

2° question :

État 3 (point C)		État 4 (point D)	
$s_C \cong 1,62 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	$h_C \cong 200 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	$s_D \cong 2,57 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	$h_D \cong 200 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

3° question :

Les points E et F se trouvent tous les deux sur la courbe de saturation, sur l'isobare $p_4 = 1 \text{ bar}$.

État 5 (point E – état liquide)		État 6 (point F – état vapeur sèche)	
$s_E \cong 0,45 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	$h_E \cong 35 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$	$s_F \cong 2,95 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	$h_F \cong 230 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

4° question :

Soit x le titre en vapeur du mélange, au point D. Ce titre peut s'écrire : $x = \frac{s_D - s_E}{s_F - s_E}$

Compte tenu des valeurs des entropies massiques relevées, précédemment, on obtient : $x \cong 85 \%$

Remarque : Le titre x s'écrit également : $x = \frac{h_D - h_E}{h_F - h_E}$.

Cependant, les enthalpies peuvent être relevées avec une incertitude encore plus importante ; il est préférable d'utiliser la première expression !

Le calcul avec la seconde expression donnerait un titre très voisin de celui calculé précédemment.

Soit m_{liq} la masse d'azote liquide obtenue lorsque 1 kg de fluide a décrit le cycle.

La définition du titre x s'écrit : $x = \frac{\text{masse de vapeur dans le mélange}}{\text{masse du mélange liquide + vapeur}}$

La masse du mélange étant prise égale à 1 kg , la masse de vapeur est de $0,85 \text{ kg}$ et $m_{\text{liq}} = 0,15 \text{ kg}$

5° question : Le travail massique w_{tr} calculé dans la question A-4° représente le travail que doit fournir le compresseur pour comprimer 1 kg de diazote ce qui se traduit, en définitive, par la formation de $0,15 \text{ kg}$ de diazote liquide.

Le travail fourni par le compresseur par kg de diazote liquide s'écrit, alors : $\frac{w_{\text{tr}}}{m_{\text{liq}}} \times 1 \text{ kg}$.

Pour obtenir un débit massique de d'azote liquide $D_m = 40 \text{ kg} \cdot \text{h}^{-1}$, le compresseur doit fournir une

puissance P égale à : $P = \frac{w_{\text{tr}} \times 1 \text{ kg}}{m_{\text{liq}}} \times D_m$ A.N. : $P \cong 34,8 \text{ kW}$

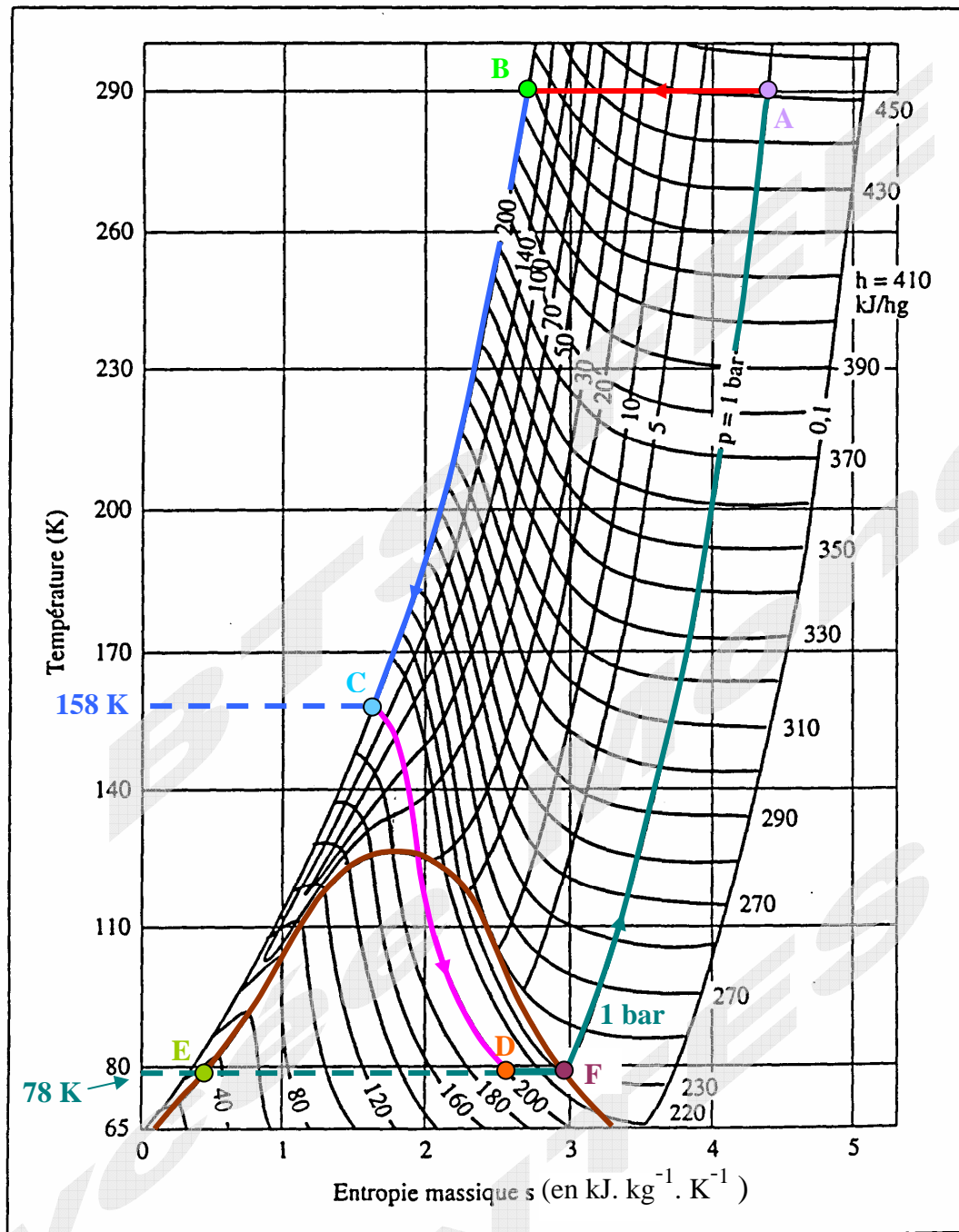


Diagramme de l'azote.