

# Correction DS8 entrainement thermo

Q1

- L'évaporation est une transformation **endothermique** ( l'eau reçoit de l'énergie provenant de l'extérieur lorsqu'elle passe à l'état de vapeur) ce qui permet **d'abaisser la température de l'air extérieur.** **0,5**

-Si on considère la détente **isobare et adiabatique de l'air**, le premier principe appliqué à l'air donne :

$$\Delta U = Q + W_p \text{ avec } W_p = - \int p_{ext} dV = -P \Delta V \quad (p_{ext} = P = \text{cste car isobare})$$

- Q = 0 pour une transformation adiabatique

- En assimilant l'air à un gaz parfait on a  $\Delta U = C_p \Delta T$  ainsi  $C_p \Delta T = -P \Delta V$

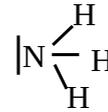
**Pour une détente  $\Delta V > 0$  donc  $\Delta T < 0$  : la température de l'air diminue bien lors de la détente .** **0,5**

Q2

**N : 5 électrons de valence H : 1 électron de valence**

0,5

0,5



N respecte bien la règle de l'octet : il est entouré de 4 doublets ( 3 liaisons et un doublet non-liant )

Q3

- NH<sub>3</sub> **reçoit réellement** de l'énergie sous forme de chaleur de la part de la source chaude donc **Q<sub>1</sub> > 0** **0,5**

- Comme on cherche à refroidir la source froide , NH<sub>3</sub> **reçoit réellement** de l'énergie sous forme de transfert thermique de la part de la source froide donc **Q<sub>3</sub> > 0** **0,5**

-Le premier principe de la thermodynamique appliqué au fluide lors d'un cycle donne :  $\Delta U = Q_1 + Q_2 + Q_3 + W$   
**Comme** pour un cycle  $\Delta U = 0$  et qu'ici  $W = 0$  (pas de travail mécanique d'après l'énoncé )

on en déduit  $Q_2 + Q_1 + Q_3 = 0$  soit  $Q_2 = - (Q_1 + Q_3)$  **comme Q<sub>1</sub> et Q<sub>3</sub> sont positifs Q<sub>2</sub> est forcément négatif** **0,5**

Q4.

$Q_2 = - (Q_1 + Q_3)$  donc  $|Q_2| = |Q_1 + Q_3|$  **comme Q<sub>1</sub> et Q<sub>3</sub> sont positifs :  $|Q_2| = Q_1 + Q_3 > Q_1$**  **0,5**

**Soit  $|Q_1| < |Q_2|$**  c'est cohérent car une partie de l'énergie fournie à la source tiède provient de la source froide

Q5

$$COP = \frac{\text{energie utile}}{\text{energie coûteuse}} = \frac{Q_3}{Q_1}$$

0,5

Q6.

Le premier principe de la thermodynamique donne :  $Q_2 = - (Q_1 + Q_3)$  **0,5**

Le deuxième principe de la thermodynamique donne :  $\Delta S = S_{ech} + S_{créé}$  **avec ici  $\Delta S = 0$  car cycle** **0,5**

$$S_{ech} = \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} + \frac{Q_3}{T_3} \text{ et } S_{créé} \geq 0 \text{ on en déduit } \frac{Q_1}{T_1} + \frac{Q_2}{T_2} + \frac{Q_3}{T_3} \leq 0 \Rightarrow Q_3 \leq -Q_1 \frac{T_3}{T_1} - Q_2 \frac{T_3}{T_2}$$

comme  $Q_2 = - (Q_1 + Q_3)$  :

$$Q_3 \leq -Q_1 \frac{T_3}{T_1} + (Q_1 + Q_3) \frac{T_3}{T_2} \Leftrightarrow Q_3 \left(1 - \frac{T_3}{T_2}\right) \leq Q_1 \left(\frac{T_3}{T_2} - \frac{T_3}{T_1}\right) \Leftrightarrow Q_3 T_3 \left(\frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_2}\right) \leq Q_1 T_3 \left(\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}\right)$$

$$\frac{Q_3}{Q_1} \leq \frac{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}}{\frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_2}} \text{ le COP est donc inférieur à}$$

$$COP_{max} = \frac{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_1}}{\frac{1}{T_3} - \frac{1}{T_2}}$$

0,5

Q7

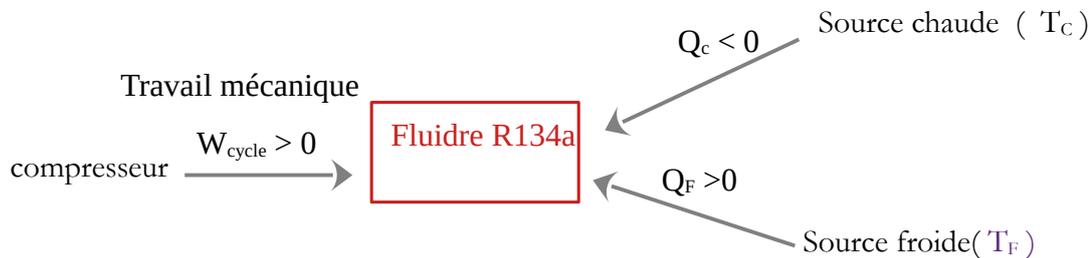
$1/T_1$  tend vers 0 donc

$$COP_{max} \approx \frac{1}{\frac{1}{T_2} - \frac{1}{T_3}} = \frac{T_3}{T_2 - T_3}$$

On retrouve là l'efficacité de Carnot d'un réfrigérateur ditherme. 0,5

## II Machine frigorifique à compression de vapeur

Q8 1



Q 9

Le condenseur permet la **liquéfaction** du fluide frigorigène, comme cette transformation est **exothermique** le condenseur doit être en contact avec la **source chaude** 0,5

Q 10

L'évaporateur permet la **vaporisation** du fluide frigorigène, comme cette transformation est **endothermique** l'évaporateur doit être en contact avec la **source froide** pour lui prélever de l'énergie. 0,5

Q 11

$$COP = \frac{Q_F}{W_{compr}}$$

pour une machine de Carnot  $COP_{carnot} = \frac{T_F}{(T_c - T_F)}$  1

Q 12.

$$\Delta h + \Delta\left(\frac{1}{2}v^2\right) + \Delta(gz) = w_i + q$$

si on néglige les variations d'énergie potentielle et cinétique massiques :  $\Delta h = w_i + q$

0,5

Q 13.

Premier principe industriel appliqué au fluide en écoulement stationnaire dans le détendeur :

$$\Delta h + \Delta\left(\frac{1}{2}v^2\right) + \Delta(gz) = w_i + q \quad 0,25$$

Comme il n'y a pas de pièce mobile  $\rightarrow w_i = 0$  0,25

Comme le détendeur est calorifugé  $\rightarrow q = 0$  0,25

Si on néglige les variations d'énergie cinétique et potentiel de pesanteur massiques on a :

~~$$\Delta h + \Delta\left(\frac{1}{2}v^2\right) + \Delta(gz) = w_i + q \Rightarrow \Delta h = 0$$~~

la détente est bien isenthalpique dans un détendeur 0,25

Q 14. à gauche liquide , au milieu liquide + vapeur , à droite vapeur 0,5

Q 15.

Le cycle est parcouru **dans le sens trigonométrique**, le fluide reçoit donc du travail mécanique et fournit de la chaleur. C'est une propriété générale dans tout diagramme (p, h). 0,5

Q 16.

Les isothermes **sont horizontales à l'intérieur de la courbe de saturation** car les isothermes sont confondues avec les isobares 0,5

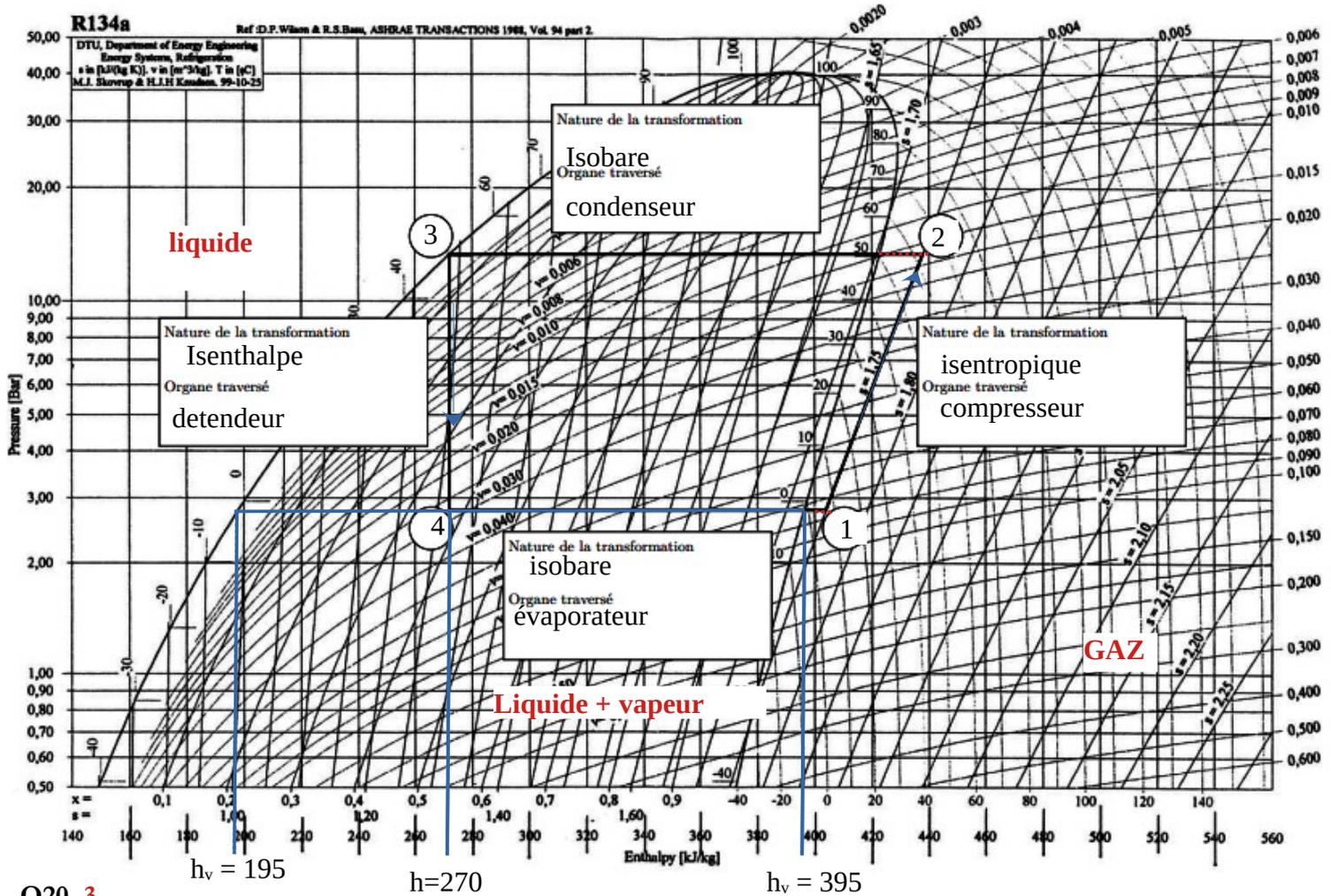
Q 17. Dans le domaine de la vapeur sèche, si on assimile le comportement du fluide à celui d'un gaz parfait :

$$\Delta H = C_p \Delta T$$

Ainsi, des isothermes sont également des isenthalpes donc des droites verticales.

0,5

Q 18. et Q 19 2



Q20 3

État du fluide	1	2	3	4
Pression (bar)	2,8	12	12	2,8
Température (°C)	5	63	50	-3
Enthalpie massique (kJ·kg <sup>-1</sup> )	405	438	270	270
Titre en vapeur	1	1	0	0,37
	Fluide totalement gazeux	Fluide totalement gazeux	Fluide totalement liquide	

Q21 0,5

$$x = \frac{h - h_l}{h_v - h_l} = \frac{270 - 195}{395 - 195} \approx 0,37 \text{ c'est proche de la valeur mesurée sur l'isotitre}$$

Q 22 1

D'après le premier principe industriel appliqué au fluide dans le compresseur  $\Delta h = q + w_{ic}$

comme la transformation est adiabatique  $\rightarrow q=0$  donc  $\Delta h = w_{ic} \Rightarrow w_{ic} = h_2 - h_1$  A.N  $w_{ic} = 438 - 405 = 33 \text{ kJ/kg}$

Q 23. Il n'y a pas de pièce mobile dans l'évaporateur donc  $w_i = 0$  1

ainsi d'après le premier principe industriel appliqué au fluide lors de la transformation dans l'évaporateur :

$$\Delta h = q_f \Rightarrow q_f = h_1 - h_4 \text{ A.N } \Delta h = q_f \Rightarrow q_f = 405 - 270 = 135 \text{ kJ/kg}$$

Q 24.  $P_f = D_m q_f$  A.N  $P_f = 27 \text{ kW}$  0,5

Q 25. Pour une machine frigorifique  $e = \frac{q_f}{w_{ic}}$  A.N  $e = \frac{135}{33} \approx 4,1$  0,5

$e_{\text{carnot}} = -1 (1 - T_C/T_F) = T_F/(T_C - T_F)$

Il faut convertir les températures en K !  $T_F = 273 + (-3) = 270 \text{ K}$  et  $T_C = 273 + (50) = 323 \text{ K}$

$e_{\text{carnot}} = \frac{270}{(323 - 270)} = 5,1$  on a  $e < e_{\text{carnot}}$  ce qui est normal car l'efficacité de Carnot est la meilleure efficacité

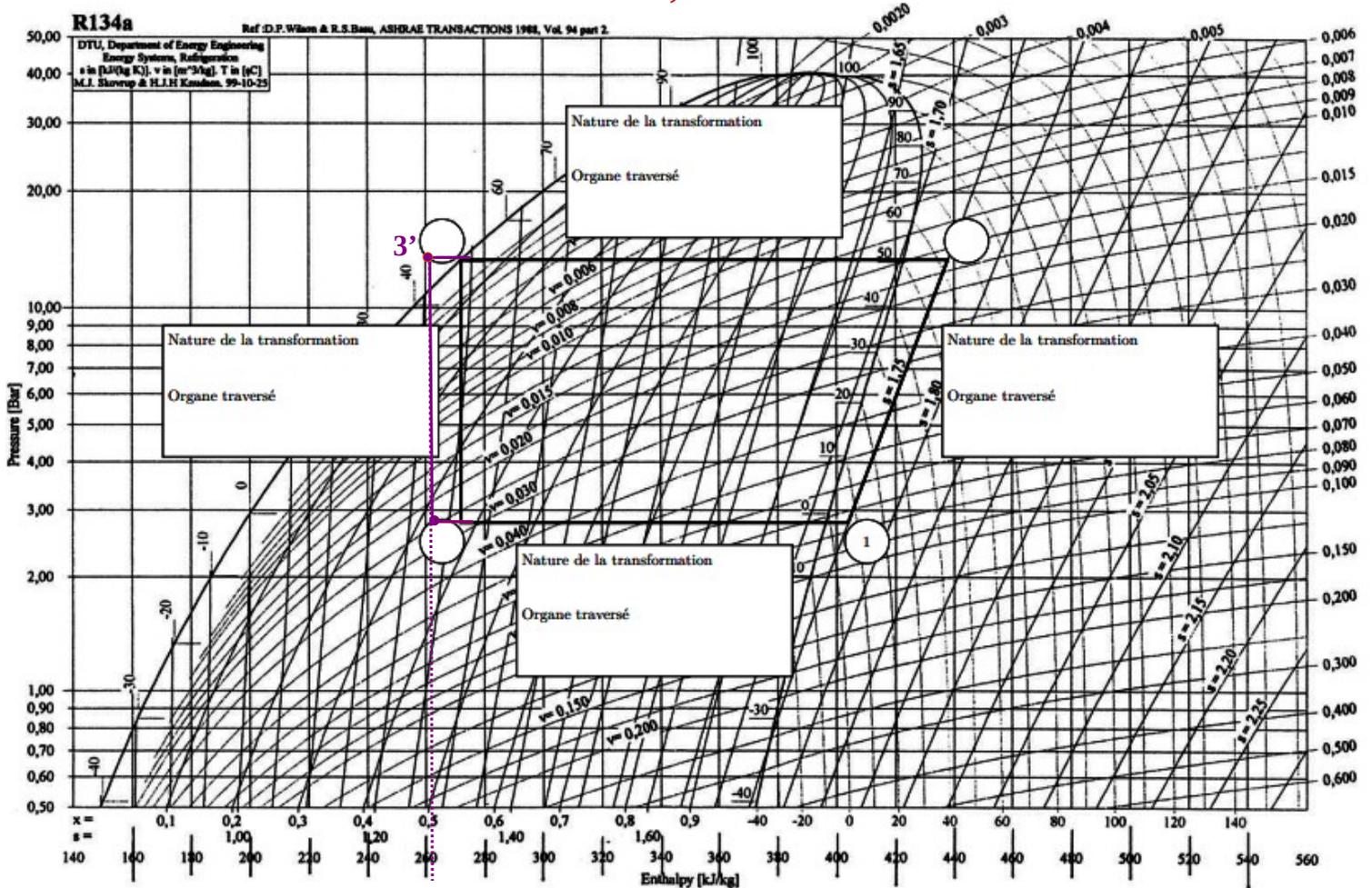
possible, le cycle réel n'est donc pas réversible (présence de frottements avec les pièces mécaniques qui sont des processus irréversibles) 0,5

Q 26.  
ici  $q_f$  est modifiée car on aura  $h'_4 = h_3'$  et  $q_f = h_1 - h_4' = h_1 - h_3'$  (par contre  $w_{ic}$  n'est pas modifié)  
l'efficacité vaut alors  $e' = e + 0,05e$  0,25

$e' = \frac{q_f'}{w_{ic}} = 1,05e = 1,05 \times 4,1 \Rightarrow q_f' = 33 \times 4,3 = 142 \text{ kJ/Kg}$  0,25

on a maintenant  $q_f' = h_1 - h_4' = h_1 - h_3'$  avec toujours  $h_1 = 405 \text{ kJ/kg}$  donc  $h_3' = h_4' = 263 \text{ kJ/kg}$  0,5

0,5



$h_3' = 263 \text{ kJ/kg}$

la température est maintenant  $T_3' \sim 45^\circ\text{C}$  le sous refroidissement est de l'ordre de  $5^\circ\text{C}$

0,5