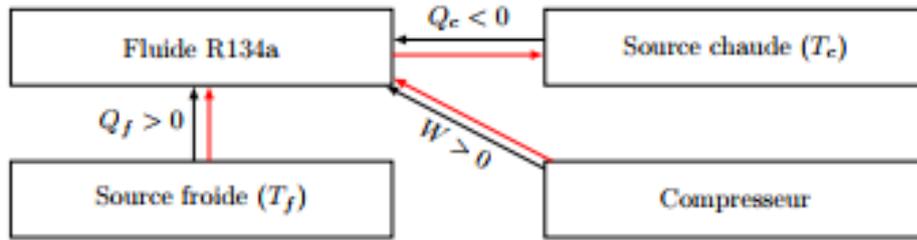


CORRIGE CCS TSI 2020 Machine frigorifique

Q8. Sens des transferts énergétiques : sens conventionnel en noir et sens réel en rouge.



Q9. Le condenseur permet la condensation (plus rigoureusement la liquéfaction) du fluide frigorifique : ce dernier **fournit donc un transfert thermique à l'extérieur**, il doit donc être mis au contact de la **source chaude** (car $Q_c < 0$).

Q10. L'évaporateur permet l'évaporation du fluide frigorifique : le fluide doit donc **recevoir un transfert thermique**, il doit donc être mis au contact de la **source froide** (car $Q_f > 0$).

Jury : Ce point est très rarement correctement expliqué, alors qu'il s'agit d'un point essentiel de compréhension en thermodynamique. Les candidats sont ainsi censés savoir quel type de changement d'état libère ou nécessite un apport d'énergie.

Q11. Le coefficient de performance est le rapport de la grandeur utile (ici le transfert thermique prélevé par le fluide à la source froide, soit Q_f) et de la grandeur coûteuse (ici le travail donné au fluide par le compresseur, soit W) : $COP = Q_f/W$

Une machine de Carnot a un fonctionnement **réversible** donc :

d'après le premier principe appliqué au fluide sur un nombre entier de cycles : $W + Q_c + Q_f = 0$

d'après le second principe appliqué au fluide sur un nombre entier de cycles : $Q_c/T_c + Q_f/T_f = 0$

on obtient après 3 lignes de calcul $COP_{Carnot} = T_f/(T_c - T_f)$

Q12. Il fallait démontrer sans aucune aide le 1^{er} principe industriel : $h_s - h_e = w_i + q$

Rapport du jury : une question de cours demandait de redémontrer le premier principe pour un système ouvert à une entrée et une sortie. Cette démonstration, bien rétribuée au vu de sa longueur, a permis aux candidats connaissant bien le cours d'obtenir un nombre de points conséquent.

Un certain nombre de candidats connaît le canevas de la démonstration, mais le jury déplore un manque de rigueur sur l'utilisation des symboles d , δ et Δ . Rappelons que ces trois symboles ont évidemment des significations tout à fait différentes et des emplois bien spécifiques.

Q13. Le détendeur D est calorifugé ($q=0$) et sans parties mobiles ($w_i = 0$) donc $h_s - h_e = 0$

Le fluide subit une détente isenthalpique dans D

Q14 : voir diagramme

Q15 pour une machine réceptrice (frigo, PAC, clim) le travail sur le cycle est positif : $w_{cycle} > 0$

Donc, d'après le 1^{er} principe, la chaleur échangée par le fluide sur le cycle est $q_{cycle} = -w_{cycle} < 0$

Dans ce cas le cycle est parcouru dans le sens trigo, quelles que soient les coordonnées choisies, (P,v), (T,s) ou (P, h)

Q16. A l'intérieur de la courbe de saturation les isothermes sont confondus avec les isobares et sont horizontales

Q17 . 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 ($\Delta T=0$) sont également des isenthalpes ($\Delta H=0$) donc des **droites verticales**. C'est ce que l'on constate sur le diagramme : l'hypothèse de gaz parfait semble corroborée.

Q18 et Q19 : voir diagramme

Q20 : on relève graphiquement les grandeurs demandées

État du fluide	1	2	3	4
Pression (bar)	2,7	13	13	2,7
Température (°C)	6	63	50	-2
Enthalpie massique (kJ · kg ⁻¹)	405	435	270	270
Titre en vapeur	1	1	0	0,37

Jury : rappelons qu'il est difficilement concevable de lire une pression ou une température avec trois voire quatre chiffres significatifs dans ce genre de diagramme. Les candidats ne doivent pas penser que plus la réponse est précise numériquement, plus ils auront de points : en l'occurrence, c'est l'inverse.

Q21. La compression est adiabatique donc $q_{12} = 0$, d'après le premier principe industriel :

$$\Delta h_{12} = w_{ic} \quad \text{donc} \quad w_{ic} = h_2 - h_1 = 30 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Q22. L'évaporateur ne contient pas de pièces mobiles donc $w_i = 0$, d'après le premier principe industriel :

$$\Delta h_{41} = q_f \quad \text{donc} \quad q_f = h_1 - h_4 = 135 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$$

Q23. La puissance frigorifique est : $P_f = D_m \cdot q_f = 27 \text{ kW}$

A vérifier avec les unités : P_f en J/s D_m en kg/s et q_f en J/kg

Q24. Le coefficient de performance est : $\text{COP} = q_f / w_{ic} = 4,5$

Nous ne pouvons pas calculer le coefficient de Carnot, ne connaissant pas les températures des thermostats chaud et froid.....

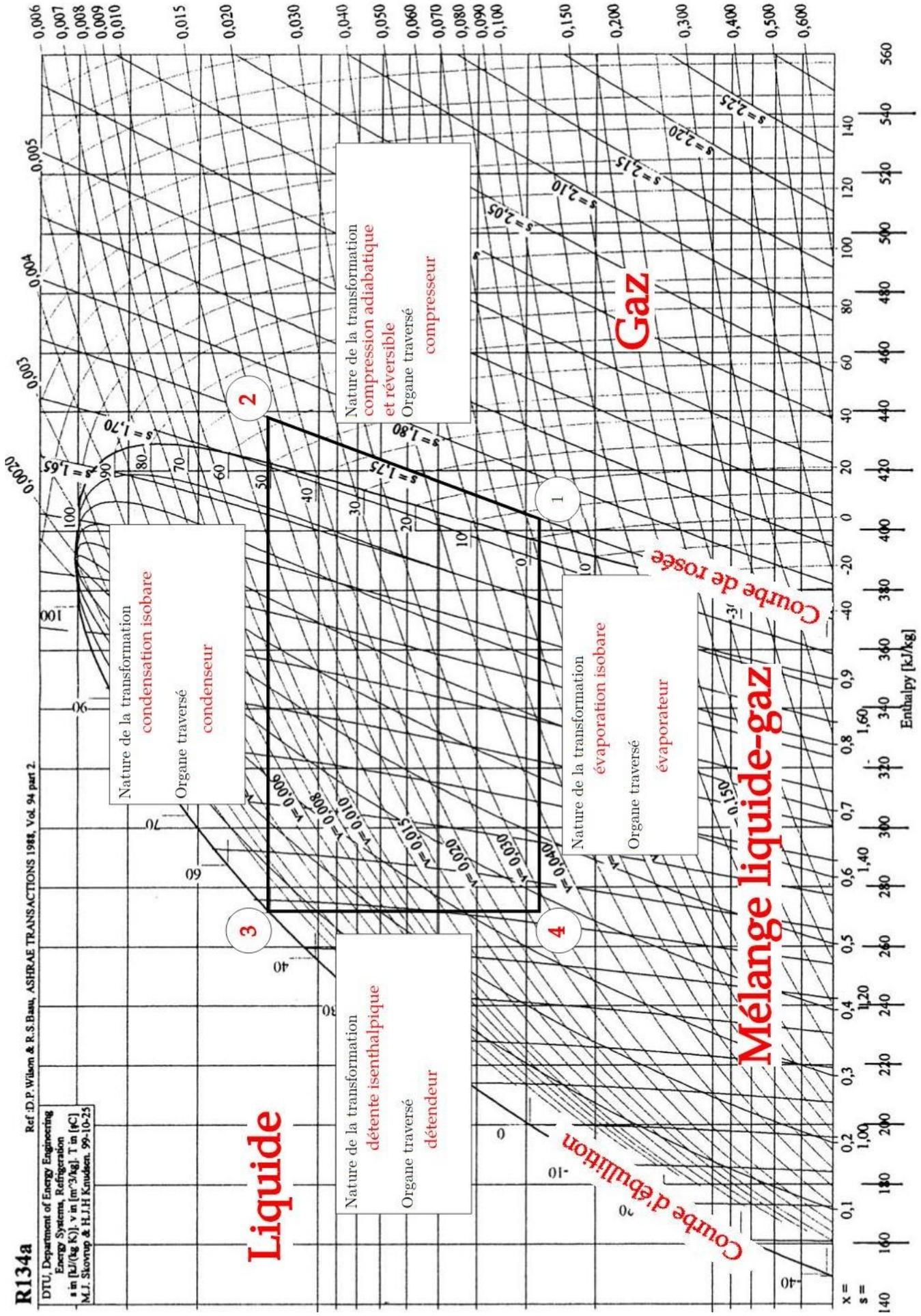
Q25. Pour augmenter la puissance frigorifique de 5%, il faut passer q_f de 135 à 142 kJ · kg⁻¹, il faut donc que $h_4 = 263 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$. Comme la détente 3-4 est isenthalpique $h_3 = h_4$.

On lit ainsi graphiquement, pour $p_3 = 13 \text{ bar}$ et $h_3 = 263 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$: $T'_3 \approx 42 \text{ °C}$

R134a

Ref. D.P. Wilson & R.S. Basu, ASHRAE TRANSACTIONS 1988, Vol. 94 part 2.

DTU, Department of Energy Engineering
 Energy Systems, Refrigeration
 s in [kJ/(kg K)], v in [m³/kg], T in [°C]
 M.J. Skovrup & H.J.H. Knudsen, 99-10-25



Liquide

Nature de la transformation
détente isenthalpique
 Organe traversé
détendeur

Nature de la transformation
condensation isobare
 Organe traversé
condenseur

Nature de la transformation
**compression adiabatique
 et réversible**
 Organe traversé
compresseur

Nature de la transformation
évaporation isobare
 Organe traversé
évaporateur

Gaz

Mélange liquide-gaz

Courbe d'ébullition

Courbe de rosée

x =
 s =

Enthalpy [kJ/kg]