

SYSTEME DE REFRIGERATION A COMPRESSION ETAGEE

Pour améliorer la performance d'un système de réfrigération fonctionnant sur une vaste gamme de température, on utilise le principe de la compression étagée.

Un système de réfrigération idéal fonctionnant sur ce principe est décrit sur la figure ci-jointe *page 3*

Le diagramme représentant la pression p du fluide frigorigène utilisé en fonction de son enthalpie massique h est joint au sujet *page 4*.

Description du système

point 1 : Le fluide frigorigène sort du condenseur à l'état de liquide saturé à $t_1 = +38^\circ\text{C}$ et $p_1 = 10$ bars.

du point 1 au point 2 : Le fluide est détendu par étranglement dans le détendeur (a) jusqu'à la température $t_2 = -20^\circ\text{C}$.

du point 2 aux points 3 et 3' : Dans le séparateur, à -20°C , le liquide est séparé de la vapeur.

du point 3 au point 4 : Le liquide est ensuite détendu dans le détendeur (b) jusqu'à la température de l'évaporateur $t_4 = -60^\circ\text{C}$.

du point 4 au point 5 : Le fluide traverse l'évaporateur et sort au point 5 à l'état de vapeur saturée.

du point 5 au point 6 : La vapeur sortant de l'évaporateur à $t_5 = -60^\circ\text{C}$ est comprimée dans le compresseur (a) jusqu'à la pression commune aux points 2 ; 3 ; 3'.

aux points 6 ; 3' ; 7 : Cette vapeur (point 6) est ensuite mélangée avec la vapeur (point 3') sortant du séparateur.

du point 7 au point 8 : L'ensemble est comprimé dans le compresseur (b) jusqu'à la pression $p_8 = 10$ bars.

Hypothèses

Les deux compresseurs, les deux détendeurs, le séparateur, le mélangeur, les canalisations sont tous supposés parfaitement calorifugés.

Les pertes de charge dans l'installation sont négligeables.

Les transformations du fluide dans les compresseurs sont supposées isentropiques.

Les détentes dans les détendeurs sont isenthalpiques

QUESTIONS

1) Etude du détendeur (a) : Transformation 1 → 2

1.1) Placer le point 1 sur le diagramme du fluide frigorigène utilisé (*page 4*) En déduire l'enthalpie massique h_1 du fluide.

1.2) En appliquant le premier principe de la thermodynamique au détendeur, déterminer la valeur de l'enthalpie massique h_2 du fluide au point 2.

Placer le point 2 sur le diagramme et relever les valeurs de la pression P_2 et la fraction massique de gaz x_2 au point 2.

2) Etude du séparateur : points 2 ; 3 ; 3'.

Placer sur le diagramme les points 3 et 3'

Relever les valeurs des enthalpies massiques h_3 et $h_{3'}$.

3) Etude du détendeur (b) : Transformation 3 → 4

- 3.1) A l'aide du premier principe, déterminer la valeur de l'enthalpie massique du fluide h_4 au point 4.
 3.2) Placer le point 4 sur le diagramme et en déduire par lecture la valeur de la fraction massique de gaz x_4 au point 4.

4) Etude de l'évaporateur : Transformation 4 → 5

- 4.1) Placer le point 5 sur le diagramme et en déduire la valeur de l'enthalpie massique du fluide h_5 au point 5.
 4.2) En appliquant le premier principe à l'évaporateur, déterminer la valeur de la chaleur massique échangée par le fluide, q_{45} .

5) Etude du compresseur (a) : Transformation 5 → 6

- 5.1) Placer le point 6 sur le diagramme et en déduire la valeur de l'enthalpie massique du fluide h_6 au point 6.
 5.2) A l'aide du premier principe, déterminer la valeur du travail massique w_{56} échangé par le fluide à la traversée du compresseur (a).

6) Etude du compresseur (b) : Transformation 7 → 8.

On prendra pour la suite $h_7 = 396 \text{ k.J.kg}^{-1}$ et $t_7 = -8^\circ\text{C}$ (h_7 et t_7 enthalpie massique et température correspondantes au point 7)

- 6-1) Placer les points 7 et 8 sur le diagramme et en déduire la valeur de l'enthalpie massique h_8 du fluide au point 8.
 6-2) En appliquant le premier principe de la thermodynamique, déterminer w_{78} travail massique échangé par le fluide, lors de cette transformation.

7) Etude du condenseur : Transformation 8 → 1.

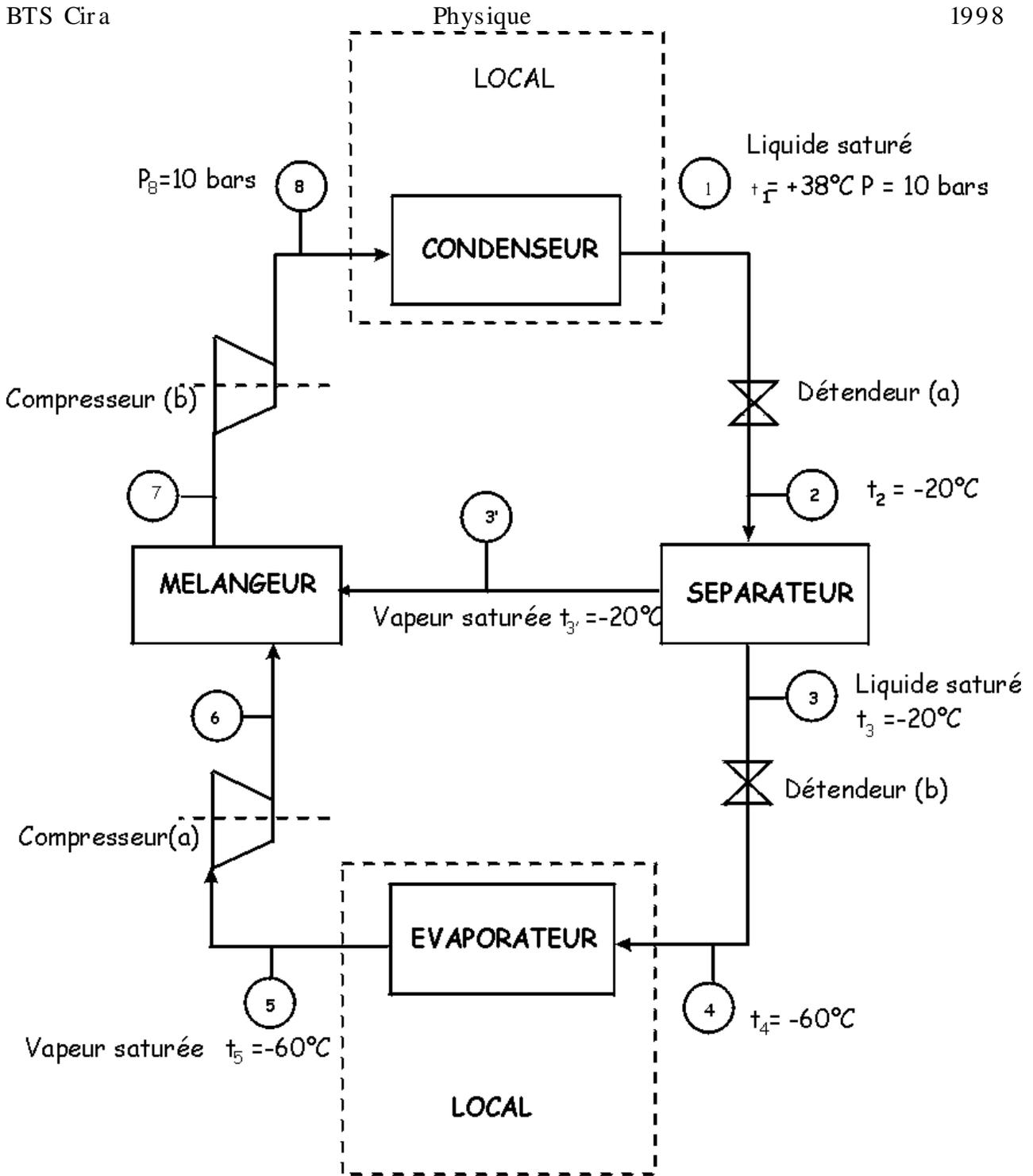
En appliquant le premier principe, déterminer la chaleur massique échangée par le fluide q_{81} .

8) Bilan énergétique de l'installation

- 8.1) Pour 1 kg de fluide arrivant au séparateur, calculer le travail total reçu par le fluide au cours d'un cycle.
 (Attention ! Seulement une partie du fluide traverse le compresseur (a).)
 8.2) Sachant que le but de l'installation est de refroidir un local, donner la définition de l'efficacité de l'installation encore appelée coefficient de performance $COP_{\text{réel}}$, puis la calculer.
 8.3) Système de réfrigération fonctionnant suivant le cycle de Carnot :
 Calculer l'efficacité d'un système de réfrigération idéal fonctionnant suivant le cycle de Carnot (COP_{Carnot}) entre les mêmes températures extrêmes $+38^\circ\text{C}$ et -60°C .

En déduire le rendement de l'installation défini ci-après : $\eta = \frac{COP_{\text{réel}}}{COP_{\text{Carnot}}}$

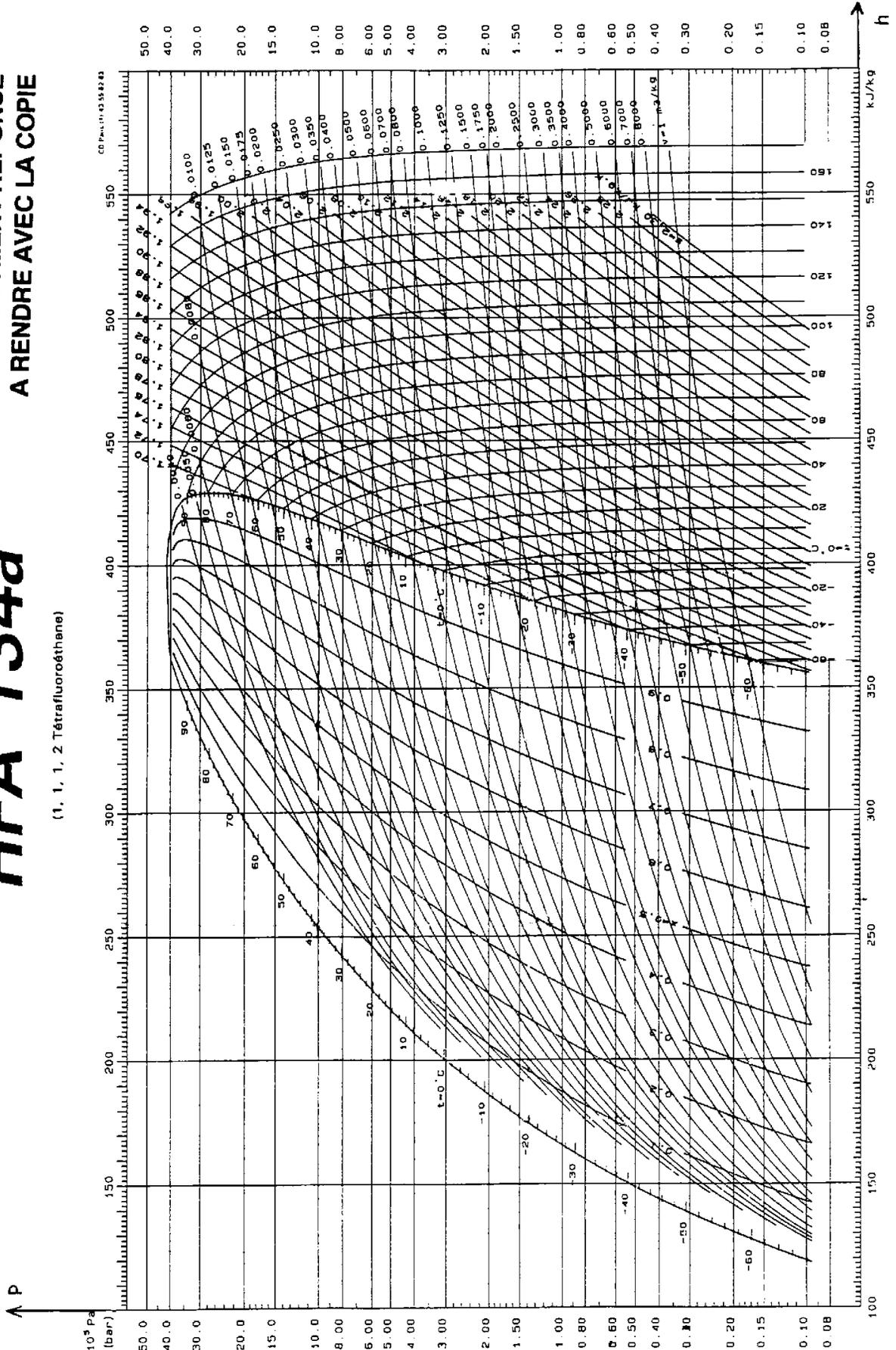
Commenter le résultat.



HFA 134a

DOCUMENT REPONSE
A RENDRE AVEC LA COPIE

(1, 1, 1, 2 Tétrafuoroéthane)



Enthalpie massique

Les deux exercices sont indépendants

EXERCICE 1

Une automobile consomme 10 litres de carburant aux 100 kilomètres. On suppose que le carburant est uniquement constitué d'octane C_8H_{18} liquide.

- 1) Ecrire l'équation bilan de la réaction de combustion de l'octane avec le dioxygène O_2 en supposant qu'elle est complète, les produits étant le dioxyde de carbone CO_2 et l'eau H_2O .
- 2) a) Déterminer la masse de 10 litres d'octane liquide sachant que sa masse volumique est de 700 kg.m^{-3} .
b) Déterminer le volume d'air, pris dans les conditions normales de température et de pression nécessaire à la combustion de 10 litres d'octane liquide.
- 3) Dans les mêmes conditions que précédemment, déterminer le volume de dioxyde de carbone produit.

Données : Dans les conditions normales de température et de pression le volume molaire des gaz est $V_0 = 22,4 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \text{ mol}^{-1}$

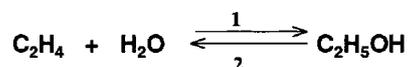
La composition molaire moyenne de l'air est de 21 % de dioxygène et de 79% de diazote.

Masses molaires atomiques : $C = 12 \cdot 10^{-3} \text{ kg.mol}^{-1}$ $O = 16 \cdot 10^{-3} \text{ kg.mol}^{-1}$ $H = 1 \cdot 10^{-3} \text{ kg.mol}^{-1}$

EXERCICE 2

Etude de la réaction de synthèse industrielle de l'éthanol C_2H_5OH

A 503 K sous la pression totale P_t de 100 bars maintenue constante, l'éthylène gazeux réagit avec de la vapeur d'eau pour donner de l'éthanol gazeux selon l'équilibre chimique suivant :



- 1) Donner l'expression de la constante d'équilibre, K_p , en fonction des pressions partielles des différents gaz constituant le mélange à l'équilibre.
- 2) On part initialement d'un mélange stœchiométrique d'éthylène et d'eau : 1 mole d'éthylène et 1 mole d'eau. On appelle x le nombre de moles d'éthanol existant à l'équilibre.
 - 2-1) Exprimer les pressions partielles des différents gaz en fonction de x et de la pression totale P_t .
 - 2-2) Donner l'expression de la constante K_p en fonction de x et de la pression totale P_t . Calculer sa valeur pour $x = 0,293 \text{ mol}$.
- 3) Expliquer qualitativement, l'influence sur x d'une augmentation de la pression totale P_t .
- 4) Comment se déplace l'équilibre précédent si on rajoute de la vapeur d'eau, la pression totale restant égale à 100 bars.
Justifiez votre réponse.