



République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE MUSTAPHA STAMBOULI DE MASCARA

FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE

# **Polycopie de Cours**

## **Machines frigorifique et pompes à chaleur**

Présenté par : Dr. SAHNOUN Rachid

Ce cours est destiné aux étudiants de licence 3eme  
Années/Energétique

Algérie

2020

## **Avant propos**

Le module Machines frigorifiques et pompes à chaleur est un module fondamentale destinée aux étudiants de la troisième année licence Energétique. Les objectifs de cet enseignement est d'apprendre aux étudiants les techniques de production du froid et les principaux éléments techniques utilisés dans ce vaste domaine.

Des connaissances préalables sont recommandées, principalement les changements de phase et la thermodynamique.

Dans le premier chapitre nous évoquerons un peu d'histoire sur le froid et le cycle frigorifique de Carnot.

Le deuxième chapitre traite le principal cycle frigorifique à compression sur différents diagrammes avec les performances. La maîtrise de ce cycle est la clef pour comprendre les machines frigorifiques.

Les éléments d'une machine frigorifique sont abordés dans le troisième chapitre tel que le compresseur ; condenseur ; évaporateur et détendeur (parfois pompe).

Dans le quatrième chapitre nous parlerons de deux autres types de machine frigorifique (à absorption et machine frigorifique à air).

Le dernier chapitre traite les pompes à chaleur qui sont l'inverse du cycle frigorifique donc sont destinées aux chauffages par une conversion simple d'une vanne d'inversion.

Cette polycopie est finalisée par un nombre important d'exercices résolus.

## Listes des figures

<b>Fig. I.1.</b> Schéma de principe d'un réfrigérateur.[2].....	<b>2</b>
<b>Fig. I.2.</b> Courbes de saturation.....	<b>4</b>
<b>Fig. I.3.</b> Cycle de Carnot d'une machine frigorifique..	<b>6</b>
<b>Fig. II.1.</b> Cycle de base d'une machine frigorifique diagramme (T-S)..	<b>7</b>
<b>Fig. II.2.</b> Cycle de base d'une machine frigorifique diagramme (P-H).....	<b>8</b>
<b>Fig. II.3.</b> Schéma de fonctionnement d'un cycle de base d'une machine frigorifique. ....	<b>8</b>
<b>Fig. II.4.</b> Transformation isobare dans l'évaporateur.....	<b>10</b>
<b>Fig. II.5.</b> Transformation isentropique dans le compresseur.....	<b>10</b>
<b>Fig. II.6.</b> Transformation isobare dans le condenseur.....	<b>11</b>
<b>Fig. II.7.</b> Transformation isenthalpique dans le détendeur.....	<b>11</b>
<b>Fig. II.8.</b> Principe de fonctionnement.....	<b>12</b>
<b>Fig. II.9.</b> Cycle frigorifique réel en diagramme (T-S)..	<b>12</b>
<b>Fig. II.10.</b> Cycle frigorifique réel en diagramme (P-H).....	<b>13</b>
<b>Fig. III.1.</b> Les différents types de compresseurs pour production de froid.[4].....	<b>18</b>
<b>Fig. III.2.</b> Echangeur de chaleur comme évaporateur.[4]..	<b>19</b>
<b>Fig. III.3.</b> Echangeur de chaleur comme condenseur.[4].....	<b>20</b>
<b>Fig. IV.1.</b> Cycle frigorifique A absorption.[5].....	<b>22</b>
<b>Fig. IV.2.</b> Cycle frigorifique A air.....	<b>23</b>
<b>Fig. IV.3.</b> Cycle frigorifique de Joule inverse.....	<b>23</b>
<b>Fig. IV.4.</b> Cycle frigorifique de Joule inverse à récupération.....	<b>24</b>
<b>Fig. V.1.</b> Fonctionnement d'une pompe à chaleur.[2]..	<b>25</b>

# Table des matières

Avant propos .....	ii
Liste des figures .....	iii
Introduction .....	1

## Chapitre 1 Généralités sur le froid

1.1.1 Historique du froid .....	2
1.1.2 Production du froid .....	3
1.1.3 Rappel sur le changement de phase .....	4
1.2 Cycle frigorifique de Carnot .....	6
1.3 Coefficient de performance du cycle de Carnot .....	6

## Chapitre 2 Cycle thermodynamique d'une machine frigorifique à compression de vapeur

2.1 Représentation du cycle thermodynamique de base (sur diagramme T-S et P-H) .....	7
2.2 Représentation du cycle thermodynamique pratique (sur diagramme T-S et P-H) .....	12
2.3 Bilan thermique du Représentation du cycle thermodynamique .....	13
2.4 Notion de fluides frigorigènes .....	15
2.5 Etude des performances (COP ;.....) .....	16
2.6 Applications industrielles du froid .....	17

## Chapitre 3 Composants d'une machine frigorifique à compression de vapeur

3.1 Compresseurs .....	17
3.2 Evaporateurs .....	18
3.3 Dispositifs de détente .....	19
3.4 Condenseurs .....	19

## Chapitre 4 Autre types de machines frigorifiques.

4.1 Principe de fonctionnement d'une machine frigorifique à absorption .....	20
4.2 Cycle frigorifique à air .....	23

## **Chapitre 5 Cycle thermodynamique d'une pompe à chaleur**

5.1 Schéma fluidique .....	24
5.2 Vanne d'inversion du cycle .....	26
5.3 Etude des performances (saison été et saison hiver) .....	26
5.4 Différents types de pompes à chaleur (géothermique ; etc.) .....	26
<b>Exercices</b> .....	<b>28</b>
<b>Solutions des exercices</b> .....	<b>32</b>
<b>Annexes</b> .....	<b>40</b>
<b>Références</b> .....	<b>60</b>

## **INTRODUCTION :**

La vie quotidienne est pleine de phénomènes liés au froid ou à la chaleur, d'ailleurs chacun possède un réfrigérateur et un chauffage dans sa maison et pour l'industrie les domaines d'application sont énormes.

Cette science repose sur le fait qu'on peut refroidir un corps en le mettant proche d'un autre corps à une température plus basse. Cette caractéristique est le principe des machines frigorifique. Le même constat pour chauffer un corps en le mettant proche d'un autre corps de température plus haute. Le changement de phase d'un fluide frigorigène permet de faire ces deux opérations en même temps. Chaque fluide frigorigène à ces propres caractéristiques d'où le fluide sera utilisé suivant ces caractéristiques dans le domaine approprié.

Dans cette polycopie l'étudiant trouvera des détails pour chaque chapitre afin de comprendre d'une façon très simple le fonctionnement d'une machine frigorifique. Les exercices en fin du manuscrit permettront aux étudiants d'évaluer leurs compréhensions pour ce module, cars les exercices sont diversifiés.

# CHAPITRE I

## Chapitre 1 : Généralités

### 1.1.1 Historique du froid :

1862 Développement d'une machine de production de glace par Ferdinand Carré (1824-1894)

1874 Développement d'une machine frigorifique à compression de vapeur pour conserver la viande et la transporter par Charles Tellier (1828-1913).[1].

On distingue dans le domaine du froid deux domaines distincts :

La réfrigération qui consiste à produire et maintenir une température inférieure à la température ambiante.

- La cryophysique qui est la science des propriétés de la matière à très températures (basse quelques K).
- Dans l'industrie la réfrigération s'arrête souvent à la liquéfaction de l'air (-190 °C environ).

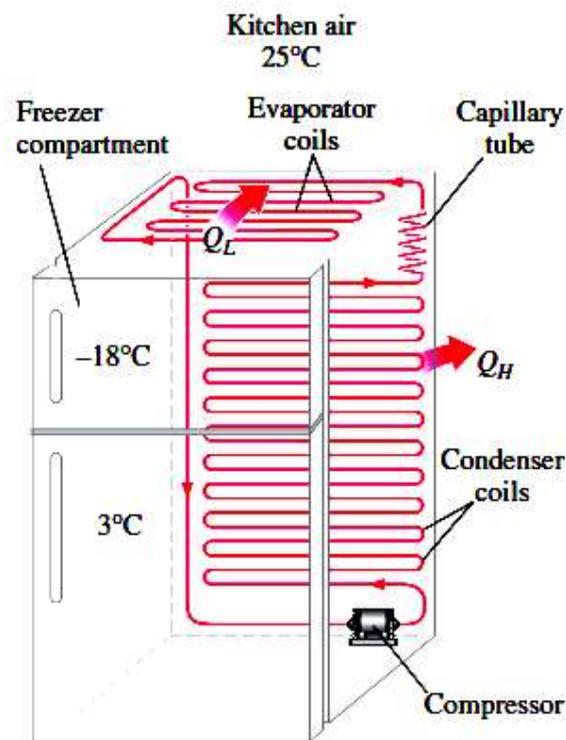


Fig. I.1. Schéma de principe d'un réfrigérateur.[2].

### 1.1.2 Production de froid :

Toute transformation endothermique peut constituer un procédé capable de produire du froid soit :

- Fusion d'un solide :
- Sublimation d'un solide :
- Vaporisation d'un liquide :
- Détente d'un gaz.

Les machines les plus courantes fonctionnent en vaporisant le fluide frigorigène dans la chambre froide. C'est précisément au cours de cette opération que la chaleur est absorbée. Si l'on désire une production continue de froid il est nécessaire de réaliser un cycle c'est-à-dire de combiner un phénomène exothermique à un phénomène endothermique. Les machines frigorifiques seront donc au moins bi-thermes.

Les machines les plus courantes fonctionnent en vaporisant le fluide frigorigène dans la chambre froide. C'est précisément au cours de cette opération que la chaleur est absorbée.

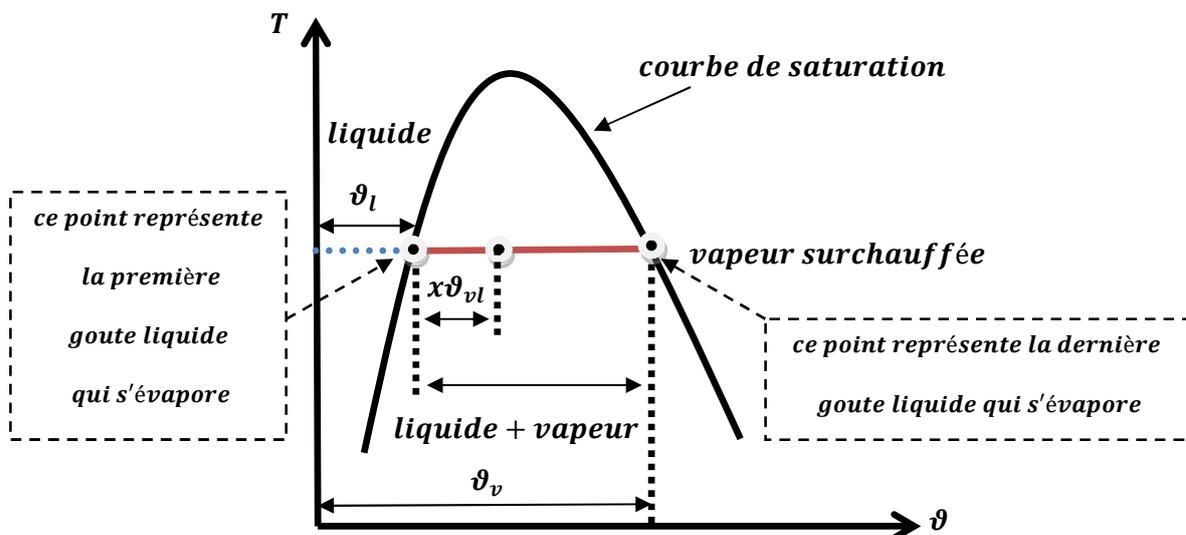
Si l'on désire une production continue de froid, il est nécessaire de réaliser un cycle, c'est-à-dire de combiner un phénomène exothermique à un phénomène endothermique. Les machines frigorifiques seront donc au moins bi-thermes.[3].

### 1.1.3 Rappel sur le changement de phase :

#### Le mélange liquide-vapeur :

Le titre  $x$  est la proportion massique de vapeur saturée contenue dans un mélange liquide-vapeur.

Exemple Une masse de 1 Kg d'eau avec un titre de 0.2 contient 0.8 Kg de liquide saturé et 0.2 Kg de vapeur saturée. Ces 0.2 Kg occupent toutefois la majorité du volume disponible.



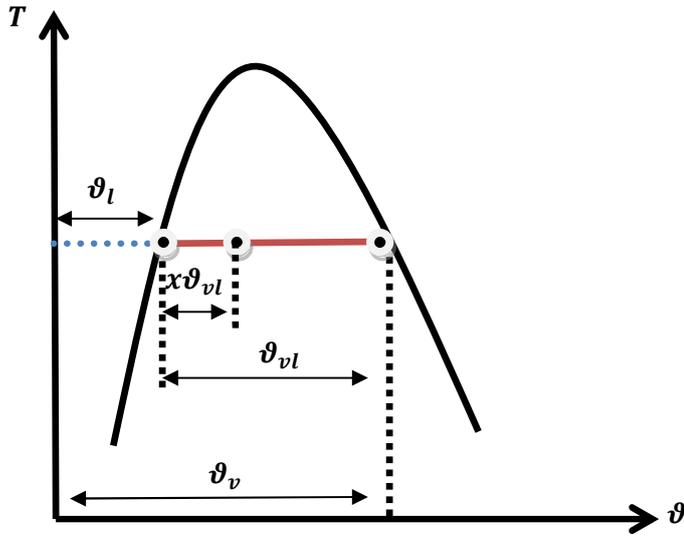


Fig.I.2. Courbes de saturation.

Le volume spécifique :

$$v = \frac{V}{m} \quad (1.1)$$

$$v_v = v_l + v_{vl} \quad (1.2)$$

$$v_x = (1 - x)v_l + xv_{vl} \quad (1.3)$$

De la même façon on a ;

$$h_x = (1 - x)h_l + xh_{vl} \quad (1.4)$$

$$U_x = (1 - x)U_l + xU_{vl} \quad (1.5)$$

$$S_x = (1 - x)S_l + xS_{vl} \quad (1.6)$$

$$x = \frac{m_{vapeur}}{m_{totale}} \quad (1.7)$$

$$V = m v \quad (1.8)$$

$$m_f = m_t - m_g \quad (1.9)$$

$$m_t v_x = (m_t - m_g)v_f + m_g v_g \quad (1.10)$$

on devise par  $m_t$  ,

$$v_x = (1 - x)v_f + xv_g \quad (1.11)$$

$$v_x = (v_f - xv_f) + xv_g \quad (1.12)$$

$$\vartheta_x = \vartheta_f + x\vartheta_g - x\vartheta_f \quad (I.13)$$

$$\vartheta_x = \vartheta_f + x(\vartheta_g - \vartheta_f) \quad (I.14)$$

$$\vartheta_x = \vartheta_f + x(\vartheta_{fg}) \quad (I.15)$$

$$x = \frac{\vartheta_x - \vartheta_f}{\vartheta_{fg}} = \frac{\vartheta_x - \vartheta_f}{\vartheta_g - \vartheta_f} \quad (I.16)$$

## 1.2 Cycle frigorifique de Carnot :

Le cycle frigorifique de Carnot est composé de deux isothermes et de deux adiabatiques.

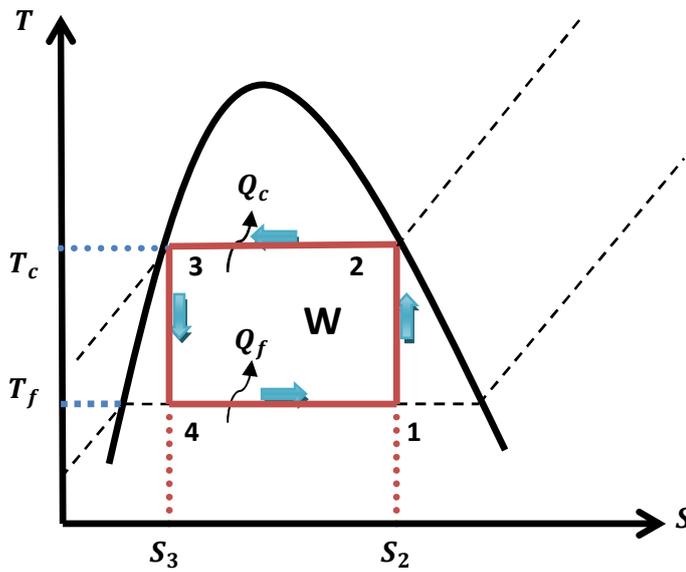


Fig.I.3. Cycle de Carnot d'une machine frigorifique.

## 1.3 Coefficient de performance du cycle de Carnot:

Le cycle de Carnot est composé de deux transformations isothermes et de deux transformations adiabatiques

Premier principe :

$$W + Q_f + Q_c = 0 \quad (I.17)$$

Deuxième principe :

$$Q_f = T_f(S_1 - S_4) \quad (I.18)$$

$$Q_c = T_c(S_3 - S_2) \quad (I.19)$$

Or  $S_3 = S_4$  et  $S_1 = S_2$  soit :

$$W = -(Q_f + Q_c) \quad (I.20)$$

$$W = -[T_f(S_1 - S_4) + T_c(S_3 - S_2)] \quad (I.21)$$

$$W = -[T_f(S_1 - S_4) + T_c(S_4 - S_1)] \quad (I.22)$$

$$W = -(S_1 - S_4)(T_f - T_c) \quad (I.23)$$

Or  $S_4 < S_1$  et  $T_f < T_c$  et donc  $W > 0$

$$COP_{Carnot} = \frac{Q_f}{W} = \frac{T_f(S_1 - S_4)}{(S_1 - S_4)(T_f - T_c)} = \frac{T_f}{(T_f - T_c)} \quad (I.24)$$

Le système reçoit le travail  $W$ , prend de la chaleur  $Q_f$  à la source froide et cède la quantité de chaleur  $Q_c$  à la source chaude.

$Q_f$  : Chaleur absorbée par le fluide au cours d'un cycle.

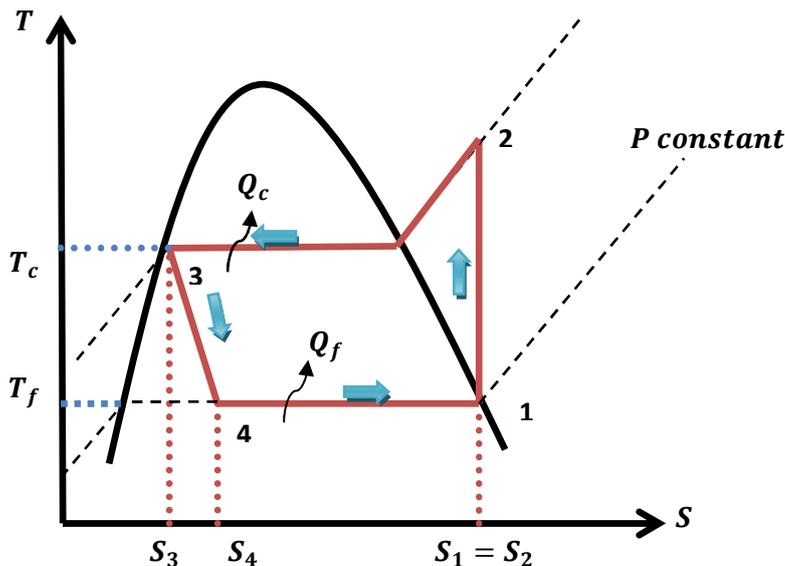
$Q_c$  : Chaleur cédée par le fluide au cours d'un cycle.

## II. Cycle thermodynamique d'une machine frigorifique à compression de vapeur :

### 2.1 Représentation du cycle thermodynamique de base (sur diagramme T-S et P-H) :

Le cycle frigorifique idéal à compression de vapeur est représenté ci-dessus.

Il est constitué de quatre transformations une compression adiabatique et réversible 1-2, un refroidissement isobare par condensation 2-3, une détente irréversible sans échange de travail 3-4, et enfin un échauffement isobare par évaporation 4-1. Il s'agit essentiellement d'un cycle de Rankine-Hirn inversé ; sauf que la pompe est remplacée par une vanne.



**Fig.II.1.** Cycle de base d'une machine frigorifique diagramme (T-S).

La transformation 1-2 isentropique ( $S_1 = S_2$ )

La transformation 2-3 isobare ( $P_2 = P_3$ )

La transformation 3-4 isenthalpique ( $h_3 = h_4$ )

La transformation 4-1 isobare (aussi isotherme) ( $P_4 = P_1$  et  $T_4 = T_1$ )

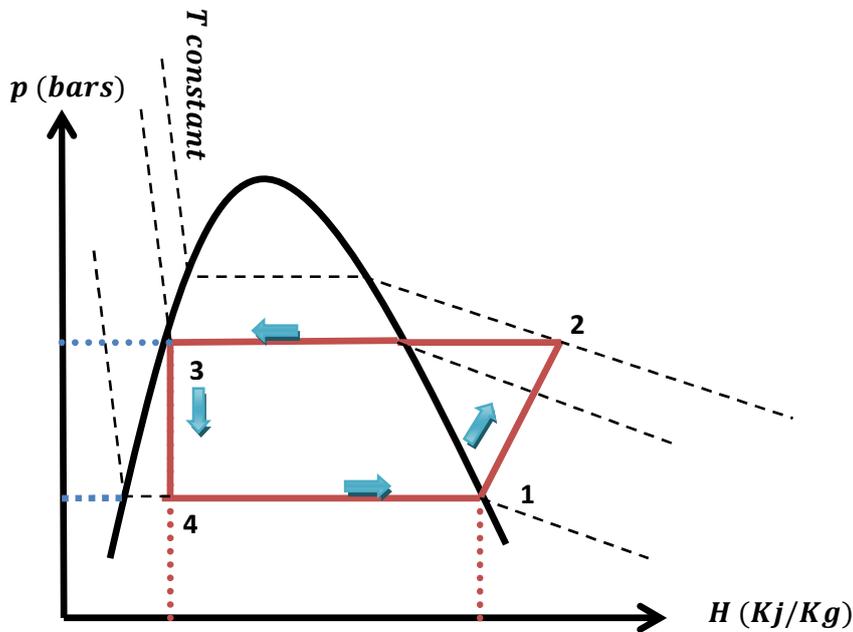


Fig.II.2. Cycle de base d'une machine frigorifique diagramme (P-H).

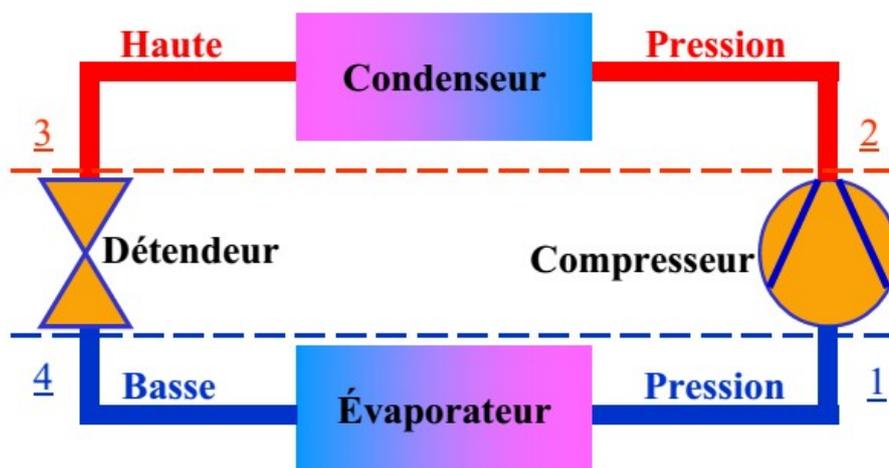


Fig.II.3. Schéma de fonctionnement d'un cycle de base d'une machine frigorifique.

Pour expliquer le fonctionnement, nous prendrons les caractéristiques du R22 parce que c'est le fluide le plus couramment utilisé en climatisation.

- A la pression atmosphérique ;

Le R22 est liquide à -45 C et se met à « bouillir » aux alentours de -40 C.

Si le fluide le R22 à -45 circule dans un serpentin et que l'air à 20 C passe autour de ce tuyau, l'air se refroidira ; il cèdera sa chaleur au fluide qui lui s'évaporera. C'est le rôle de l'évaporateur.

- A la pression de 13 Bars ;

Cette fois, le R22 ne va « bouillir » qu'à 33 C. Autrement dit ; si de la vapeur de fluide à 13 Bars et à 65 C circule dans un serpentin et que de l'air à 20 C passe autour de ce tuyau, le fluide se refroidira et à partir de 33 C, il se liquéfiera, il se condensera.

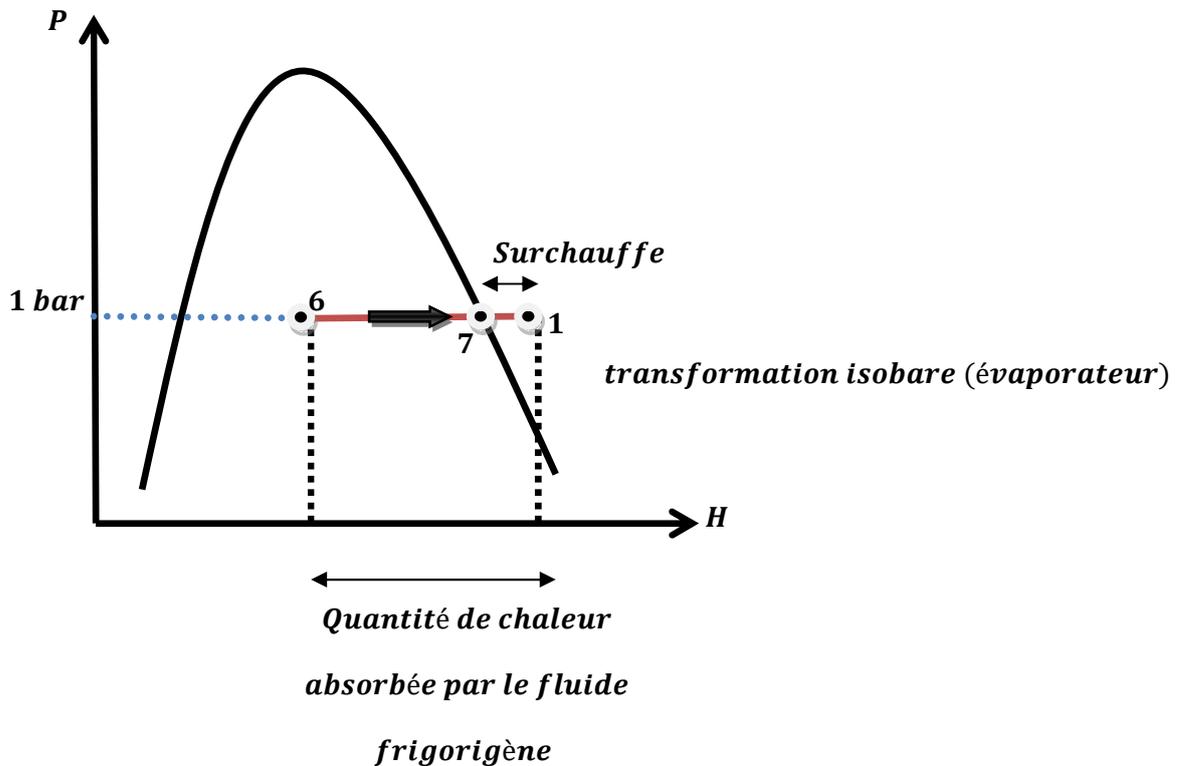
En se condensant ; il va libérer «énormément de chaleur. C'est le rôle du condenseur de la machine frigorifique.

- Si l'on souhaite donc que le fluide puisse « prendre » de la chaleur ; il doit être à basse pression et à basse température sous forme liquide, pour lui permettre de s'évaporer.
- Si l'on souhaite qu'il puisse céder sa chaleur ; il doit être à haute pression et à haute température sous forme vapeur, pour lui permettre de se condenser.

Pour réaliser un cycle dans lequel de la chaleur est extraite d'un coté et donnée de l'autre ; il faut compléter l'installation par deux éléments ;

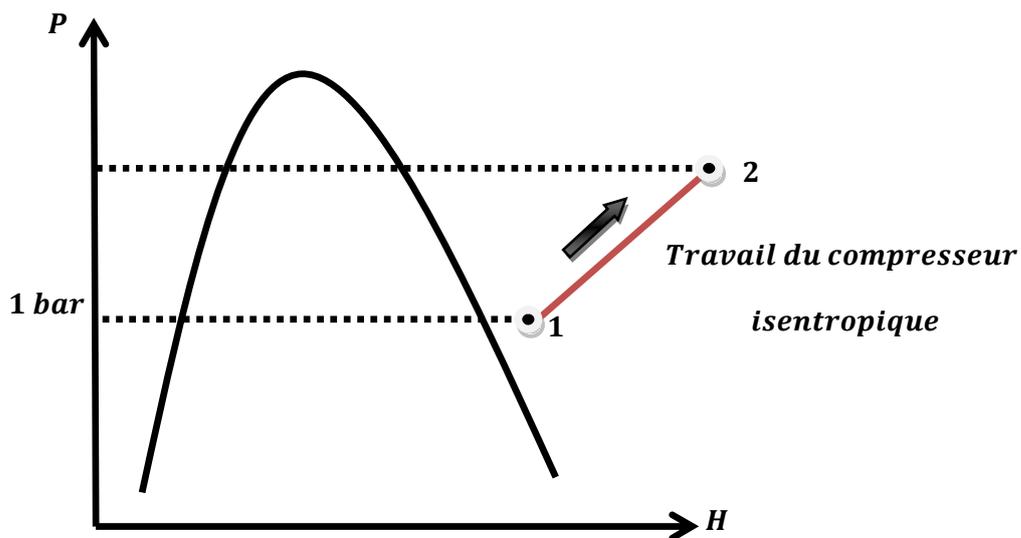
- Le compresseur, qui comprime le gaz en provoquant l'augmentation de température jusqu'à +65 C.
- Le détendeur ; qui au départ d'un fluide à l'état liquide ; « lâche » la pression ; le fluide se vaporise partiellement et donc se refroidit. Le liquide retombe à la température de -40 C (bien ; sur on choisira -40 C pour faire de la congélation ; et entre 0 C et +5 C pour la climatisation).

**Dans l'évaporateur ;**Le fluide frigorigène liquide entre en ébullition et s'évapore en absorbant la chaleur du fluide extérieur. Dans un deuxième temps, le gaz formé est encore légèrement réchauffé par le fluide extérieur, c'est ce qu'on appelle la phase de surchauffe.



**Fig.II.4.** Transformation isobare dans l'évaporateur.

**Dans le compresseur ;**Le compresseur va tout d'abord aspirer le gaz frigorigène à basse pression et à basse température (1). L'énergie mécanique apportée par le compresseur va permettre d'élever la pression et la température du gaz frigorigène. Une augmentation d'enthalpie en résultera.



**Fig.II.5.** Transformation isentropique dans le compresseur.

### Dans le condenseur ;

Le gaz chaud provenant du compresseur va céder sa chaleur au fluide extérieur. Les vapeurs de fluide frigorigène se refroidissent « désurchauffe », avant l'apparition de la première goutte de liquide (point 3). Puis la condensation s'effectue jusqu'à la disparition de la deuxième bulle de vapeur (point 5). Le fluide liquide peut alors se refroidir de quelques degrés (sous-refroidissement) avant de quitter le condenseur.

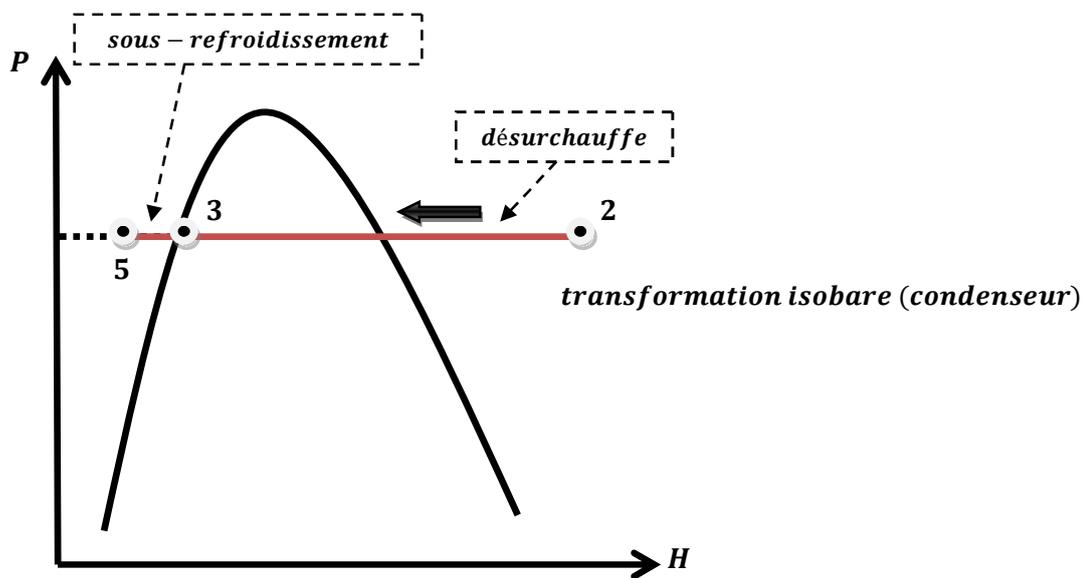


Fig.II.6. Transformation isobare dans le condenseur.

### Dans le détendeur ;

La différence de pression entre le condenseur et l'évaporateur nécessite d'insérer un dispositif « abaisseur de pression » dans le circuit. C'est le rôle du détendeur. Le fluide frigorigène se vaporise partiellement dans le détendeur pour abaisser sa température.

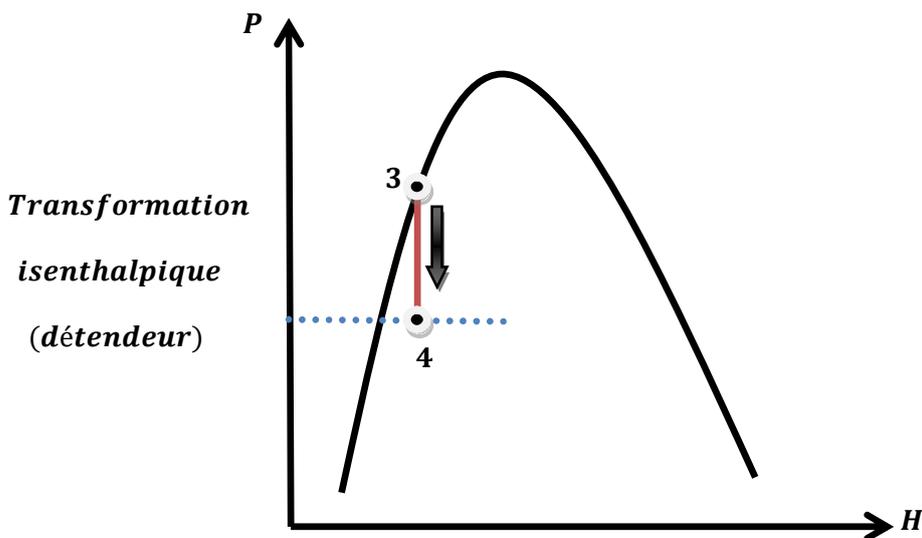


Fig.II.7. Transformation isenthalpique dans le détendeur.

Convention de signe :

Ce qui est reçu par le système sera compté positivement, alors ce qui est cédé ou perdu sera compté négatif.

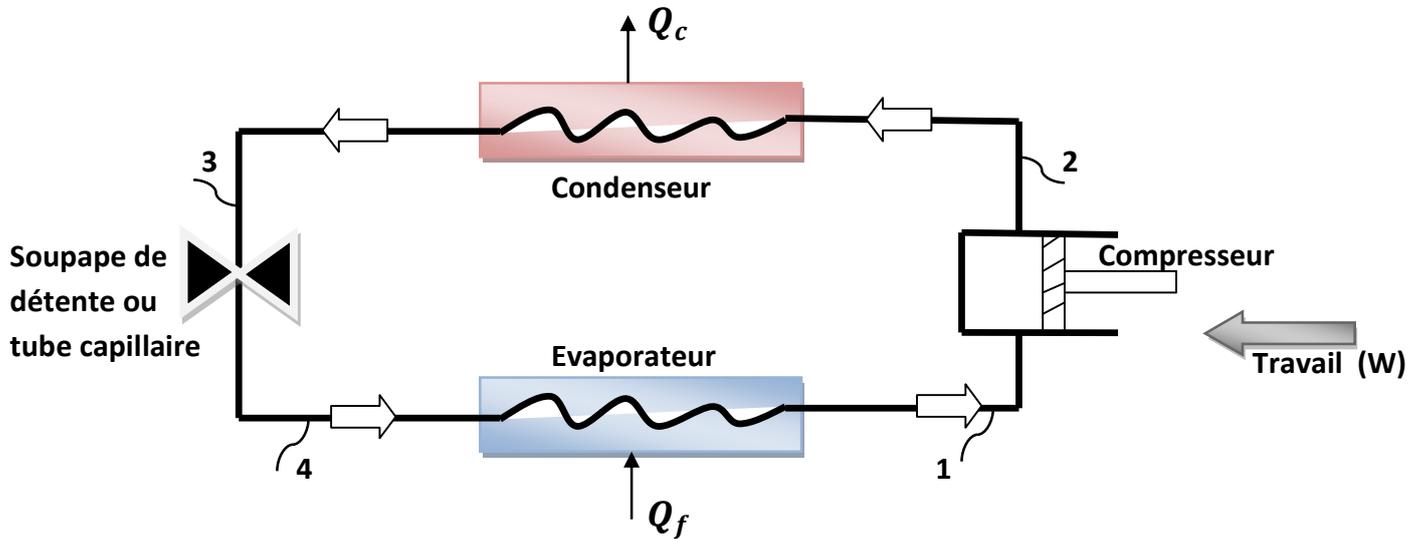


Fig.II.8. Principe de fonctionnement.

**2.2 Représentation du cycle thermodynamique pratique (sur diagramme T-S et P-H) :**

Pour le cycle pratique la transformation dans le compresseur n'est pas isentropique le point 2s.

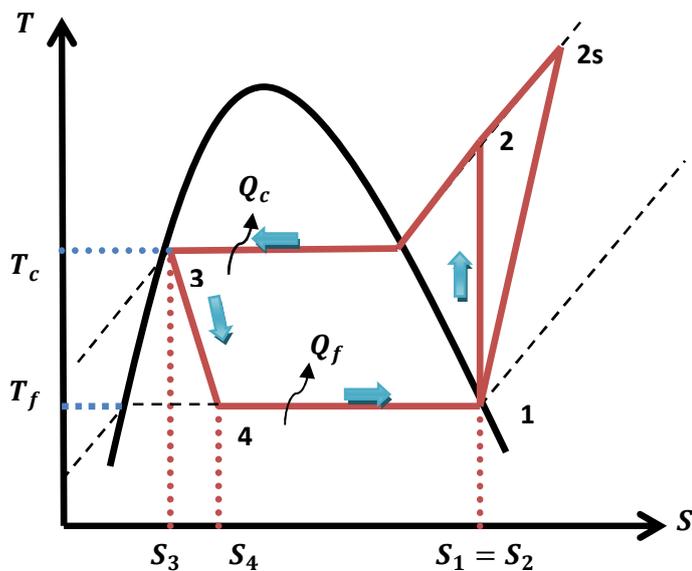


Fig.II.9. Cycle frigorifique réel en diagramme (T-S).

La transformation 1-2s non-isentropique

La transformation 2s-3 isobare ( $P_2 = P_3$ )

La transformation 3-4 isenthalpique ( $h_3 = h_4$ )

La transformation 4-1 isobare (aussi isotherme) ( $P_4 = P_1$  et  $T_4 = T_1$ )

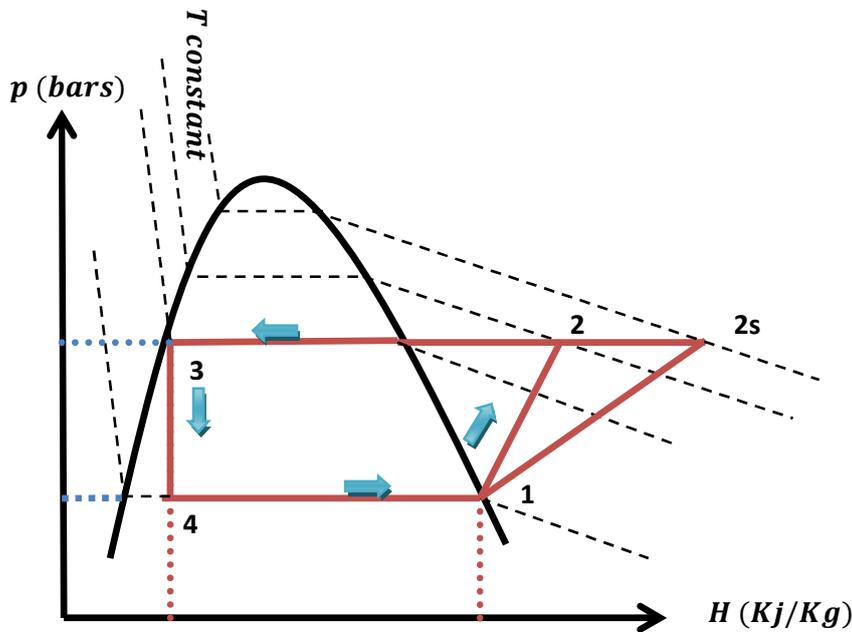


Fig.II.10. Cycle frigorifique réel en diagramme (P-H).

### 2.3 Bilan thermique du cycle thermodynamique :

Premier principe :

$$W + Q_f + Q_c = 0 \text{ (II.1)}$$

Deuxième principe :

$$Q_f = h_4 - h_1 \text{ (II.2)}$$

$$Q_c = h_3 - h_2 \text{ (II.3)}$$

$$W = -(Q_f + Q_c) \text{ (II.4)}$$

$$W = h_2 - h_1 \text{ (II.5)}$$

Le système reçoit le travail  $W$ , prend de la chaleur  $Q_f$  à la source froide et cède la quantité de chaleur  $Q_c$  à la source chaude.

$Q_f$  : chaleur absorbée par le fluide au cours d'un cycle.

$Q_c$  : chaleur cédée par le fluide au cours d'un cycle.

Efficacité frigorifique spécifique :

$$\varepsilon_f = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \text{(II.6)}$$

Efficacité calorifique spécifique :

$$\varepsilon_c = \frac{h_3 - h_2}{h_2 - h_1} \text{(II.7)}$$

Soit :  $\tau$  la durée d'un cycle

Puissance frigorifique :

$$P_f = \left| \frac{Q_f}{\tau} \right| \text{ [W]} \text{(II.8)}$$

Puissance calorifique :

$$P_c = \left| \frac{Q_c}{\tau} \right| \text{ [W]} \text{(II.9)}$$

Puissance mécanique :

$$p = \frac{W}{\tau} \text{ [W]} \text{(II.10)}$$

Production frigorifique spécifique :

$$K_{fsp} = \frac{Q_f}{W} \text{ [J.Kwh}^{-1}] \text{(II.11)}$$

Production calorifique spécifique :

$$K_{csp} = \frac{Q_c}{W} \text{ [J.Kwh}^{-1}] \text{(II.12)}$$

## 2.4 Notion de fluide frigorigène :

Les fluides frigorigènes ; ils sont de la forme ;  $C_xH_yF_zCL_k$

Avec ;

$$y + z + k = 2x + 2 \text{ (II.13)}$$

Ils s'appellent ;

- 1- CFC ; Chlorofluorocarbures (Fréons) si  $y = 0$  (Ozone très important)
- 2- HCFC ; Hydro-chlorofluorocarbures (Fréons) si  $y \neq 0$  (Ozone important)
- 3- HFC ; Hydrofluorocarbures (Fréons) si  $k = 0$  (Ozone non)

Désignations ;

$$R_{abc} = R_{(x-1)(y+1)(z)}$$

Exemple1 ;

$$R_{170} \begin{cases} x - 1 = 1 \\ y + 1 = 7 \\ z = 0 \\ k = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x = 2 \\ y = 6 \end{cases} \rightarrow C_2H_6$$

Si le symbole ne comporte que deux chiffres ;  $R_{bc}$ , il convient de le considérer comme un nombre à trois chiffres de la forme  $R_{0bc}$

$$R_{12} \begin{cases} x - 1 = 0 \\ y + 1 = 1 \\ z = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x = 1 \\ y = 0 \end{cases} \rightarrow k = 2x + 2 - z - y = 2$$

La formule du fréon est donc ;  $CF_2CL_2$

Exemple2 ;  $R_{50} = CH_4$

Les composés inorganiques (Série 700)

La règle consiste à rajouter la masse molaire du fluide après le chiffre 7 ;

$$NH_3; M = 14 + 3 = 17 \quad R717$$

$$H_2O; M = 2 + 16 = 18 \quad R718$$

$$CO_2; M = 12 + 32 = 44 \quad R744$$

### Critères de sécurité et d'environnement :

- Toxicité
- Inflammabilité
- Effet sur la couche d'ozone
- Effet de serre.

### Critères technologiques, opérationnels et économiques :

- Masse volumique du liquide élevée = compacité
- Pression de fonctionnement ; pression supérieure à la Pression atmosphérique.
- Viscosité faible et conductivité thermique élevée
- Cout et disponibilité.

### 2.5 Etude des performances (COP,...) :

Les performances du cycle frigorifique sont ;

Compression adiabatique et réversible :

$$W = h_2 - h_1 \text{ (II.14)}$$

Refroidissement isobare :

$$Q_c = h_3 - h_2 \quad (p = p_{\text{saturation}}(T_c)) \quad \text{(II.15)}$$

Détente irréversible :

$$h_3 = h_4 \text{ (II.16)}$$

Echauffement isobare :

$$Q_f = h_1 - h_4 \text{ (II.17)}$$

$Q_f$  grandeur que l'on appelle la production frigorifique nette (PFN).

La puissance frigorifique nette :

$$\dot{Q}_f = \dot{m}(h_1 - h_4) \text{ (II.18)}$$

L'efficacité frigorifique, ou encore coefficient de performance, vaut

$$\varepsilon_{fr} = COP = \frac{Q_f}{W} = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1} \text{ (II.19)}$$

Alors que le rendement exégétique

$$\tau_{ex} = \frac{\varepsilon_{fr}}{\varepsilon_{fr,Carnot}} = \frac{COP}{COP_{fr,Carnot}} = COP \left( \frac{T_c}{T_f} - 1 \right) < 1 \text{ (II.20)}$$

## **2.6 Applications industrielles du froid :**

Le froid s'élanche à la conquête des industries agro-alimentaires ; conservation des produits d'origine animale et végétale.

Le froid est présent dans les industries métallurgiques, mécaniques, chimiques, spatiales.

Le froid est un facteur de confort industriel ou individuel (climatisation, froid domestique).

Le froid est présent le domaine médical ; fabrication des médicaments, conservation du plasma sanguin, opérations microchirurgicales.

## **Chapitre III : Composants d'une machine frigorifique à compression de vapeur :**

### **3.1 Compresseurs frigorifique :**

Des compresseurs volumétriques ou dynamiques sont utilisés pour répondre aux besoins des installations frigorifiques.

- 1- Les appareils volumétriques augmentent la pression du fluide frigorigène par réduction du volume dans la chambre de compression. Le travail transmis par l'arbre permet d'accroître la pression. Dans cette catégorie on retrouve les compresseurs à piston, les compresseurs rotatifs à palettes et les compresseurs à vis ou hélico compresseurs.
- 2- Les appareils dynamiques augmentent la pression du fluide frigorigène par un processus continu de transfert de la quantité de mouvement d'un élément mécanique rotatif au fluide à comprimer.  
Dans cette catégorie, on retrouve les compresseurs centrifuges et les turbocompresseurs.  
Des compresseurs volumétriques et dynamiques sont classés en compresseurs hermétiques, semi-hermétique et ouverts.
  - Les compresseurs hermétiques comprenant le moteur et l'entraînement, sont montés dans une enceinte soudée pouvant contenir le réfrigérant et l'huile pour la lubrification. Ce sont des compresseurs de faible capacité.
  - Les compresseurs semi-hermétiques sont semblables aux compresseurs hermétiques sauf que le moteur et le compresseur sont logés dans une enveloppe ayant des sections où des panneaux d'inspection boulonnés pour faciliter l'entretien.
  - Les compresseurs ouverts se distinguent par un arbre d'entraînement se prolongeant à l'extérieur du bloc du compresseur à travers un joint étanche.



**Fig.III.1.** Les différents types de compresseurs pour production de froid.[4].

### 3.2 Evaporateurs :

Les évaporateurs utilisés couramment dans les systèmes de climatisation d'air et de refroidissement de procédés se divisent en deux catégories :

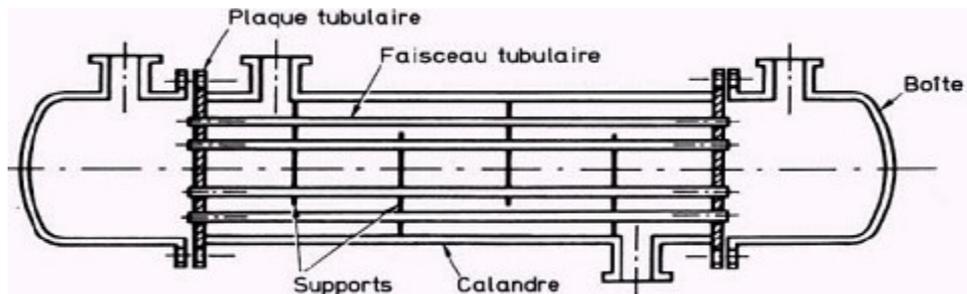
- Serpentins à détente directe (DX) employés principalement pour refroidir l'air et d'autres écoulements gazeux ;
- Les refroidisseurs de liquides (refroidisseurs à calandre multitubulaire) surtout utilisés pour refroidir l'eau, le glycol et les saumures.

1)- Les serpentins à détente directe (DX) ne sont utilisés qu'avec les compresseurs volumétriques parce que les taux de compression des appareils dynamiques sont trop bas pour assurer un bon fonctionnement des serpentins. Les serpentins à détente directe se divisent en deux types : noyés et secs.

2)- Les refroidisseurs de liquides ou échangeurs de chaleur à calandre, se divisent en deux catégories :

- Dans un refroidisseur sec, le fluide frigorigène est renfermé dans des tubes, tandis que l'eau ou la saumure circule dans la calandre du refroidisseur (évaporateur).

- Dans un refroidisseur noyé, l'eau ou la saumure circule dans les tubes. Règles générale, les tubes sont munis d'ailettes pour augmenter le taux de transfert de chaleur et diminuer les dimensions de l'évaporateur, elles sont utilisées pour les installations de grande capacité.



**Fig.III.2.** Echangeur de chaleur comme évaporateur.[4].

### 3.3 Dispositifs de détente :

Un détendeur thermostatique ; le dispositif de détente le plus utilisé règle automatiquement le débit du fluide frigorigène à l'évaporateur pour que la capacité du système corresponde parfaitement à la charge réelle. Le raccordement en parallèle de plusieurs évaporateurs reliés à un seul compresseur est possible lorsque chaque évaporateur est muni de son propre détendeur thermostatique. Le détendeur capte la pression et la température du fluide frigorigène sortant de l'évaporateur et ajuste en conséquence le débit entrant dans le serpentin. La température est captée à la sortie du serpentin et la pression, à l'entrée.

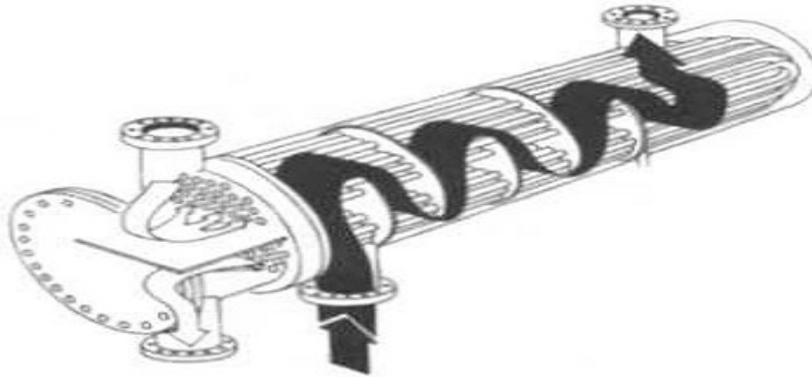
- Un détendeur à pression constante, maintient une charge constante sur le compresseur, indépendamment de la charge de l'évaporateur, en réglant le débit du fluide frigorigène dans l'évaporateur à partir de la pression d'aspiration.
- Des soupapes à flotteur sont utilisées pour régler le débit du fluide frigorigène entrant dans un refroidisseur de type noyé. Une soupape à flotteur à basse pression est située du côté basse pression du détendeur et une soupape à flotteur à haute pression, du côté haute pression.

### 3.4 Condenseurs :

Les condenseurs sont généralement des échangeurs de chaleur multitubes, le fluide frigorigène s'écoule dans la calandre et le fluide refroidisseur dans les tubes. La partie inférieure de la section tubulaire dans la calandre est immergée dans le fluide frigorigène et de

cette façon l'échangeur agit également comme sous-refroidisseur pour réduire au minimum la vaporisation instantanée au détendeur.

Les autres types de condenseurs sont les condenseurs à serpentins refroidis à l'air et les condenseurs évaporateurs où l'eau est pulvérisée sur le serpentin. Des réservoirs auxiliaires et des refroidisseurs sont souvent utilisés avec ces types de condenseur. Des ventilateurs augmentent le débit d'air sur les serpentins et, par conséquent, le taux de transfert de la chaleur.



**Fig. III.3.** Echangeur de chaleur comme condenseur.[4].

## **4. Cycle frigorifique à absorption :**

### **4.1 Introduction**

Si l'on dispose d'une source chaude en plus de la source gratuite à température ambiante ; il est possible d'extraire de la chaleur d'une source froide sans apport de travail machine frigorifique tri-thermes. Il existe deux principales manières de procéder.

- 1- Les machines frigorifiques composées d'une machine thermique fonctionnant entre la source chaude et l'ambiance qui entraîne une machine frigorifique à compression de vapeur.
- 2- Les machines à absorption de vapeur.

Ces dernières, qui offrent l'avantage de ne pas comprendre de machines tournantes (à l'exception d'une pompe), ont une longue histoire et sont les seules ayant atteint le développement industriel. Le principe va à présent en être expliqué, dans le cas particulier de la machine à absorption d'ammoniac.

D'une manière générale, les machines frigorifiques tri-thermes ont une efficacité thermique faible. Elles sont surtout utiles pour valoriser une source chaude à température modérée (rejets industriels, énergie solaire ; biomasse) qui sans cela serait inutilisée ; de sorte que l'efficacité relativement peu d'importance.[5].

Les machines frigorifiques à absorption liquide fonctionnent grâce à la faculté de certains liquides d'absorber et de désorber une vapeur. Le mélange des corps A et B se nomme mélange binaire.

Le constituant A est nommé « absorbant », tandis que le constituant B très volatil est fluide frigorigène.

Deux couples sont principalement utilisés ;

- 1- Eau+Bromure de Lithium ( $H_2O/LiBr$ ) ; l'eau étant le fluide frigorigène,
- 2- Ammoniac+Eau ( $NH_3$ ).

### **Principe de fonctionnement**

Une machine à absorption est composée de quatre réservoirs dans lesquels une phase liquide et une phase vapeur sont en équilibre, maintenus à des températures fixes par contact avec des sources de chaleur

- Le bouilleur à la température  $T_c$  de la source chaude et à haute pression ;
- Le condenseur à la température  $T_0 = T_M$  de la source gratuite et à haute pression ;
- L'évaporateur à la température  $T_F$  de la source froide et à basse pression ;
- L'absorbeur à la température  $T_0 = T_M$  de la source gratuite et à basse pression.

A une pression  $P_b$  le mélange de titre massique en réfrigérant  $X_r$  se sépare en phase vapeur plus riche (titre  $X_v$ ) en réfrigérant volatil et un liquide plus pauvre (titre  $X_p$ ) c'est le principe de la distillation.

La vapeur riche en réfrigérant est condensée à température ambiante dans le condenseur, détendue dans la vanne et évaporée à basse température dans l'évaporateur.

La vapeur riche à basse température sortant de l'évaporateur est ensuite absorbée par le liquide pauvre dans l'absorbeur pour reformer un mélange de titre  $X_r$ . La chaleur dégagée par ce processus exothermique est cédée à l'ambiance.

L'analyse détaillée du processus permettant de calculer l'efficacité frigorifique est assez complexe.

L'efficacité du cycle de base peut être améliorée en ajoutant des échangeurs de chaleur.

- La solution (pauvre) chaude prélevée du bouilleur sert à réchauffer la solution riche sortant de la pompe.
- La vapeur froide sortant de l'évaporateur sert à refroidir le liquide sortant du condenseur.[6].

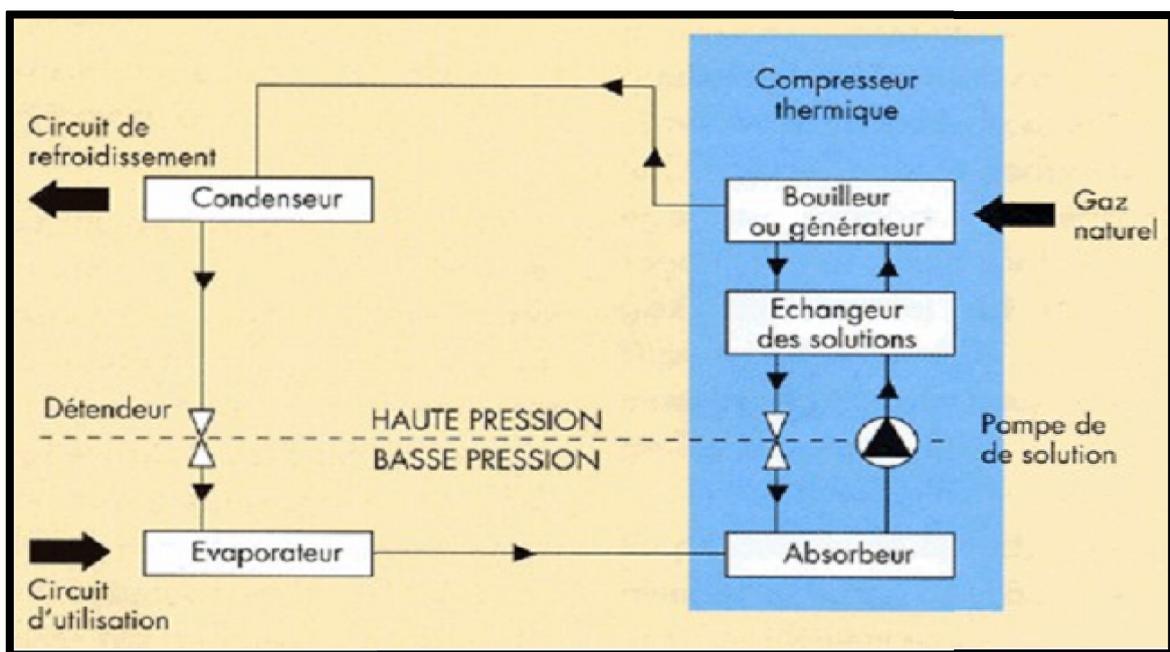
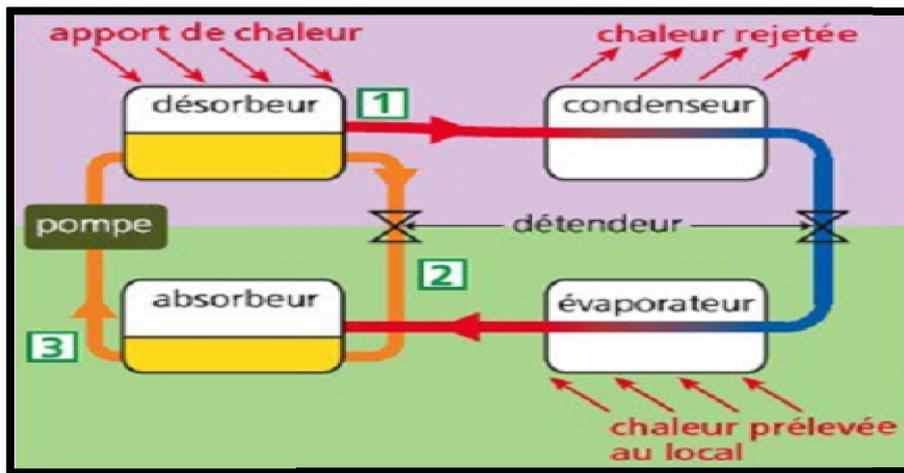


Fig.IV.1. Cycle frigorifique A absorption.[5].

Le mélange riche en fluide frigorigène est chauffé dans le désorbeur. Le fluide frigorigène se vaporise et se sépare de l'absorbant, puis est envoyé vers le cycle classique condenseur/détendeur/évaporateur. Le mélange pauvre en fluide frigorigène retourne dans l'absorbeur. Le mélange « aspire » le fluide frigorigène dans l'absorbeur et est renvoyé vers le désorbeur. Le cycle peut recommencer.

## 4.2 Cycles frigorifique à air :

Le cycle frigorifique à air est simplement un cycle de Joule inversé.

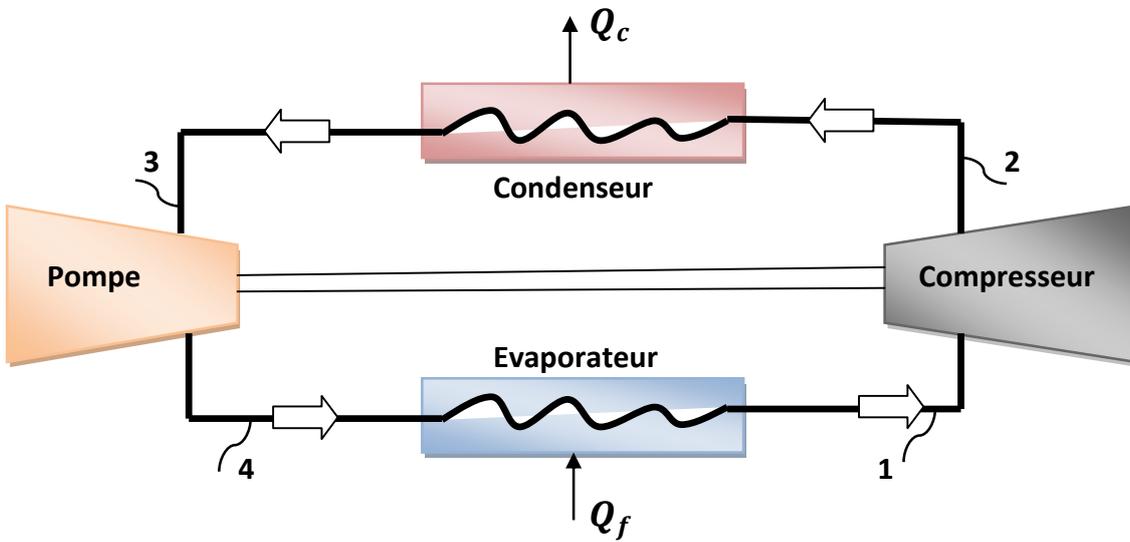


Fig.IV.2. Cycle frigorifique A air.

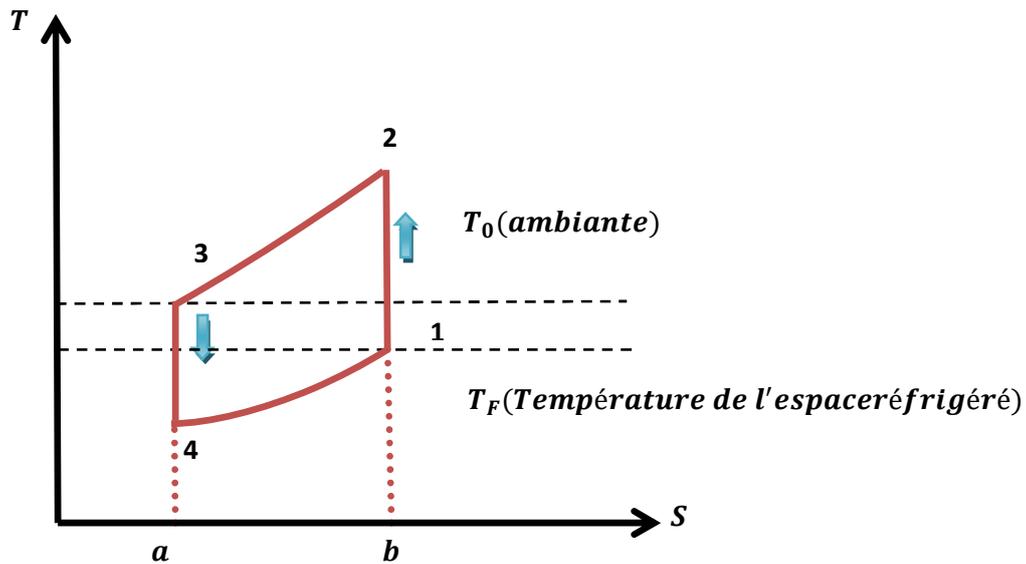


Fig.IV.3. Cycle frigorifique de Joule inverse.

Contrairement au cycle à vapeur, la puissance récupérable lors de la détente n'est pas négligeable, et l'on utilise donc une turbine (alors que la détente était effectuée par vanne dans le cycle à compression de vapeur).

Pour des rapports de pression modérés ; le COP diminue rapidement, et en tenant compte du rendement des machines, il est encore réduit (environ d'un facteur 3). Ces machines frigorifiques ne sont donc pas compétitives avec les machines à compression de vapeur. Cependant, leur faible poids (du à l'utilisation de turbomachines) est un avantage décisif pour le conditionnement d'air des avions.

On peut améliorer l'installation en utilisant un cycle de Joule inverse à récupération.

On peut ainsi atteindre aisément des températures très basses en un seul étage, ce qui rend la machine très compétitive. Ces machines sont très largement utilisées dans les installations à très basses températures, notamment les liquéfacteurs. Le gaz utilisé n'est alors plus nécessairement de l'air.

Il se pose toutefois des problèmes technologiques (matériaux, lubrification) en raison des basses températures auxquelles la turbine fonctionne.[7].

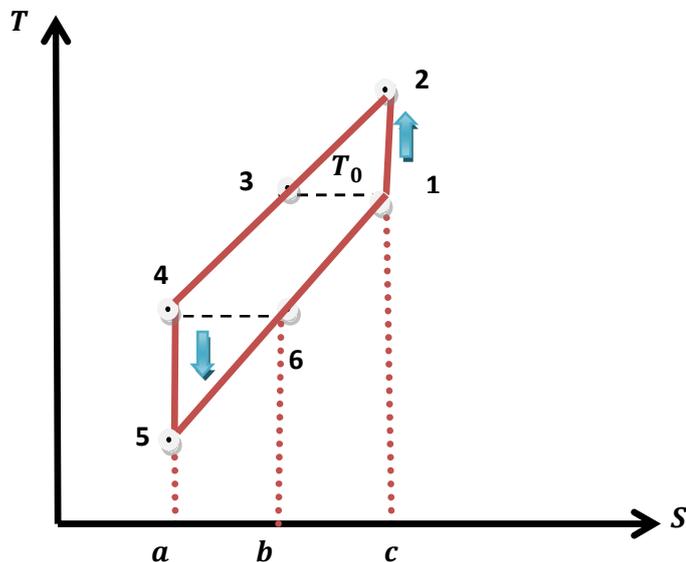


Fig.IV.4. Cycle frigorifique de Joule inverse à récupération.

## 5. Cycle thermodynamique d'une pompe à chaleur :

### 5.1 Schéma fluidique :

La pompe à chaleur pompe quelque part la chaleur à un milieu naturel. C'est un système de chauffage thermodynamique dit à énergie renouvelable. La pompe à chaleur communément appelée PAC soutire les calories présentes dans le milieu naturel tel que l'air, l'eau, la terre ou le sol, et la transmet en l'amplifiant vers un espace à chauffer. L'action motrice d'un compresseur électrique sur un fluide réfrigérant à changement de phase réalise cette opération thermodynamique.

La pompe à chaleur est surtout utilisée en tant que solution de chauffage dans le résidentiel. Nous parlons alors de géothermie (pompe à chaleur eau-eau ou sol-eau) ou d'aérotherme (pompe à chaleur air-eau ou air-air). Dans les applications tertiaire telles que bureaux, la pompe à chaleur est souvent utilisée toute l'année, soit pour le chauffage et pour le rafraîchissement en été. L'étendue des puissances de chauffage est large pour les pompes à chaleur puisque une PAC peut fournir 2 kW de chauffage pour un local comme elle peut délivrer 400 kW ou plus pour un immeuble. C'est aussi une géothermie appelée aérotherme. La chaleur captée dans l'air extérieur est transférée non pas directement par détente directe mais via un circuit d'eau chaude. Ce réseau alimente un circuit bitubes de radiateurs, le plus souvent « basse température », ou un réseau de plancher chauffant, ou bien une série de ventilo-convecteurs, voire d'aérothermes si l'application est plus industrielle.

Le régime de température de chauffage étant souvent modéré, de l'ordre de 60°C maximum pour une pompe à chaleur.[8].

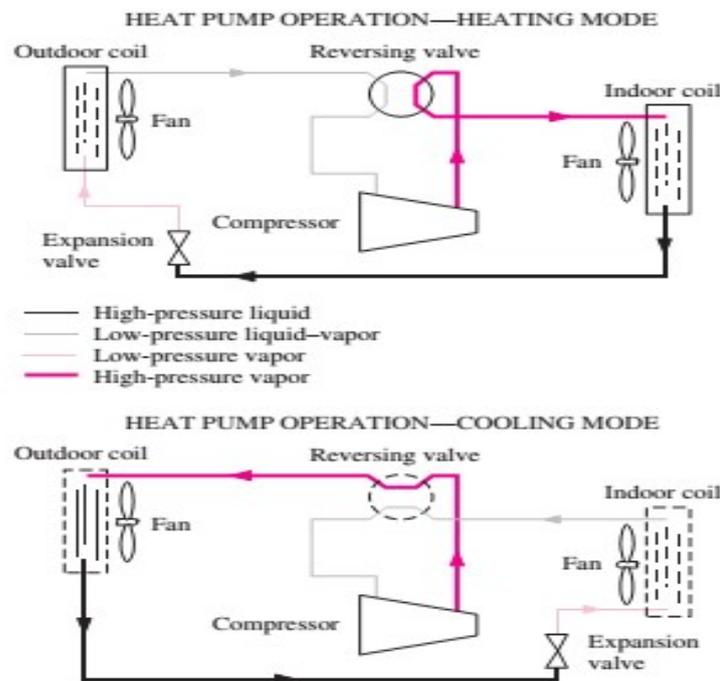


Fig.V.1.Fonctionnement d'une pompe à chaleur.[2].

## 5.2 Vanne d'inversion du cycle :

La vanne d'inversion du cycle est un organe de coupure pour permuter le fonctionnement de la machine. En saison été vanne ouverte et en saison hiver la vanne et fermer. Ce même est opérationnel automatiquement (électrovanne).

## 5.3 Etude des performances (saison été et saison hiver) :

Sur le plan de l'efficacité énergétique la pompe à chaleur est caractérisée par son COP ou coefficient de performance. Le COP est le rapport de l'énergie de chauffage produite par l'énergie électrique absorbée. Le Cop est supérieur à 1 dans tous les cas et peut atteindre des valeurs de 3 à 5 dans des conditions les plus favorables de PAC eau/eau.

$$COP_{HP} = \frac{Q_c}{W} = \frac{h_2 - h_3}{h_2 - h_1} \text{(V.1)}$$

## 5.4 Différents types de pompes à chaleur (géothermique, etc.) :

Nous distinguons différentes catégories de pompe à chaleur:

### - La pompe à chaleur air-air :

C'est une géothermie appelée aérotherme. La chaleur est captée dans l'air extérieur et est transférée via un système à réfrigérant, dans l'air du local à chauffer. Ce type de pompe à chaleur se retrouve dans le résidentiel avec des pompes à chaleur multi-split. Les débits d'air sont variables et régulés pièce par pièce, chambre, salon, ..., ou bureau par bureau. La PAC pompe à chaleur air-air est, généralement et comparativement aux autres pompes à chaleur, plus simple à installer. De plus, elle bénéficie facilement de l'effet rafraîchissement par simple inversion du cycle thermodynamique (un clic sur la télécommande de la PAC). La pompe à chaleur air/air rentre ainsi dans les systèmes de chauffage compatibles avec la norme BBC ou BâtimentBasseConsommation.

### - La pompe à chaleur sol-eau et la pompe à chaleur eau-eau :

Nous sommes dans les systèmes dits de géothermie ou d'aquathermie. La chaleur soutirée du milieu naturel, le sol ou l'eau de nappe est transférée via une pompe à chaleur à un circuit d'eau de chauffage. La pompe à chaleur ou géothermie sur eau de nappe étant un des systèmes de PAC des plus performants sur le plan de l'efficacité énergétique. Les coefficients de performance des pompes à chaleur eau-eau atteignent des valeurs supérieures à 4, de plus durant toute la saison de chauffe, du fait de la constance du régime de température de la nappe.

### **- Pompe à chaleur sur eau de mer :**

Cette application « marine » de la géothermie non pas sur nappe mais sur eau de mer, est également mise en œuvre au bord du littoral, avec des stations thermodynamiques de pompes à chaleur sur eau de mer. L'eau réfrigérée obtenue via des échangeurs est envoyée en circuit fermé vers les pompes à chaleur qui fonctionnent ainsi sur boucle d'eau entre 14° et 26°C toutel'année.

### **Production d'eau chaude sanitaire :**

La pompe à chaleur fournit de l'eau chaude pour le chauffage mais également comme une chaudière mixte pour l'eau chaude sanitaire.

### **Pompe à chaleur gaz :**

La pompe à chaleur n'est pas exclusivement à fonctionnement électrique. La pompe à chaleur gaz dite à absorption fonctionne également avec des COP de l'ordre de 1,6. La pompe à chaleur gaz ne nécessite que peu d'entretien et permettent également d'atteindre des objectives basses consommations. L'énergie gaz bénéficie du coefficient de conversion en énergie primaire de 1 contre 2,58 pour l'électricité.[9].

**Exercice N°1 :**

Compléter le tableau d'eau suivant ;

T (°c)	P (KPa)	h (Kj/Kg)	x	Description de la phase
	200		0.7	
140		1800		
	950		0.0	

**Exercice N°2 :**

Combien de travail et de chaleur faut-il pour chauffer lentement 2 Kg d'eau liquide saturée à température constante (130 °c), jusqu'à ce que son volume atteigne 1 m<sup>3</sup>.

**Exercice N°3 :**

Un baril contient 10 Kg d'eau à 90 °c. Si 8 Kg est en eau liquide et le reste en vapeur. Déterminer :

- 1- La pression dans le baril ?
- 2- Le volume du baril ?

**Exercice N°4 :**

Combien faut-il de chaleur pour vaporiser entièrement 4 L d'eau liquide saturé à 3 bars ?

**Exercice N°5 :**

Quel est le titre d'eau à 2.5 bars dont l'enthalpie est de 1500 Kj/Kg ?

**Exercice N°6 :**

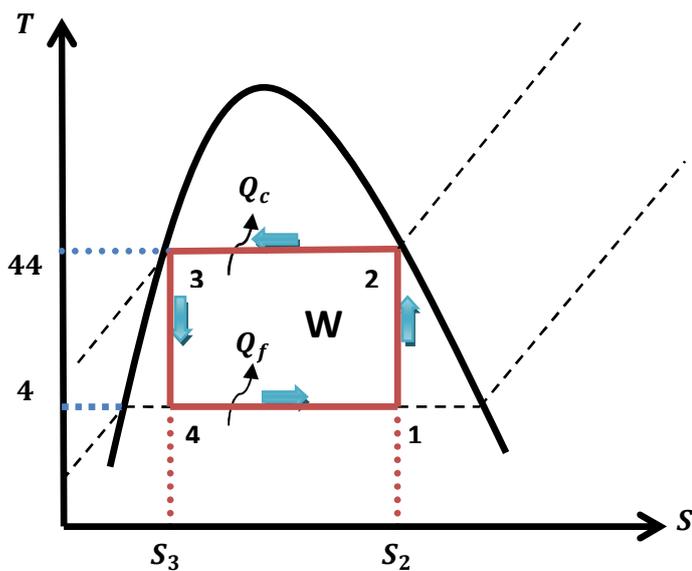
Quels sont l'énergie interne et le volume occupé par une masse de 3 Kg d'eau aux trois quarts vaporisée à 115 °c ?

**Exercice N°7 :**

On utilise le R134a comme fluide frigorigène pour fonctionner notre machine frigorifique, compléter le tableau.

T (°c)	P (KPa)	h (Kj/Kg)	x	S (Kj/Kg.K)
	200		0.7	
100		240		
	200		1	
	1000			0.3838
35.53			0	
			1	0.9054
	320		0.25	
-16				0.9298
	400	100		

**Exercice N°8 :** Pour fonctionner une machine frigorifique, on utilise le R134a avec un cycle de Carnot. Trouver le COP de cette machine.



**Exercice N°9 :**

- Déterminer la formule chimique du  $R_{50}$  ?
- Déterminer la désignation du  $CF_2CL_2$  ?
- Déterminer la formule chimique du  $R_{12}$  ?
- Déterminer la formule chimique du  $R_{134}$  ?
- Déterminer la désignation du  $CHF_2CL$  ?

**Exercice N°10 :**

Trouvez la désignation du réfrigérant suivant ;  $CH_2F_2$  ?

Trouvez la désignation du réfrigérant suivant ;  $C_2H_6$  ?

Trouvez la désignation du réfrigérant suivant ;  $C_2H_2F_4$  ?

Et la formule chimique du réfrigérant suivant ;  $R_{22}$  ?

Et la formule chimique du réfrigérant suivant ;  $R_{11}$  ?

**Exercice N°11 :**

Un réservoir de 80 L contient 4 Kg d'un réfrigérant R134a à une pression de 160 Kpa. Déterminer la température, le titre ; l'enthalpie et le volume occupé par la phase vapeur ?

**Exercice N°12 :**

Une masse du réfrigérant R134a à 30 °c avec un titre de 0.2 et contient 0.2 Kg de vapeur du réfrigérant R134a. Trouver le volume du réfrigérant ?

**Exercice N°13 :**

Un réfrigérateur utilise le R134 comme réfrigérant et travail sous le cycle idéal de compression de vapeur entre 0.12 MPa et 0.7 MPa. Le débit est égal à 0.05 Kg/s.

- 1- Tracer le cycle sous le diagramme TS ?
- 2- Trouver le taux de chaleur évacuée de l'espace à réfrigérée ?
- 3- Trouver le taux de chaleur rejetée à l'environnement ?
- 4- Trouver le COP ?

Si le compresseur est isentropique ; trouver le pourcentage d'augmentation du COP ?

Req ; Le cycle idéal atteint la température de 70 °c.

**Exercice N°14 :**

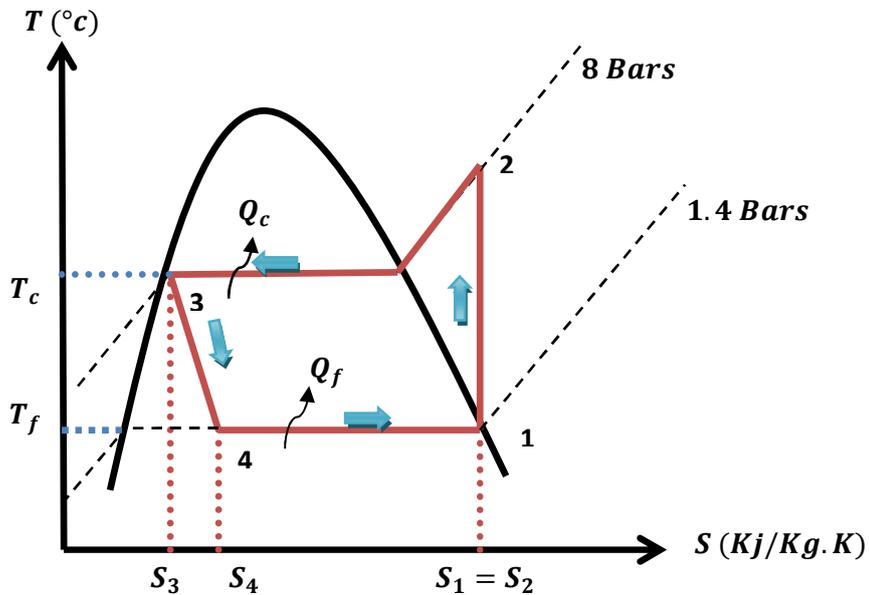
Le cycle décrit par le R134 est représenté ci-contre. On donne

$$v_4 = 0.04538 \text{ m}^3/\text{Kg} ; h_2 = 284.39 \text{ Kj/Kg}$$

Calculer le COP ?

Si la masse d'eau est de 10 Kg, trouver la masse d'eau vapeur et le volume d'eau liquide ?

P(Bars)	$v_l$ ( $\text{m}^3/\text{Kg}$ )	$v_v$ ( $\text{m}^3/\text{Kg}$ )	$h_l$ ( $\text{Kj/Kg}$ )	$h_v$ ( $\text{Kj/Kg}$ )
1.4	0.0007381	0.1395	25.77	236.04
8	0.0008454	0.0255	-	264.15

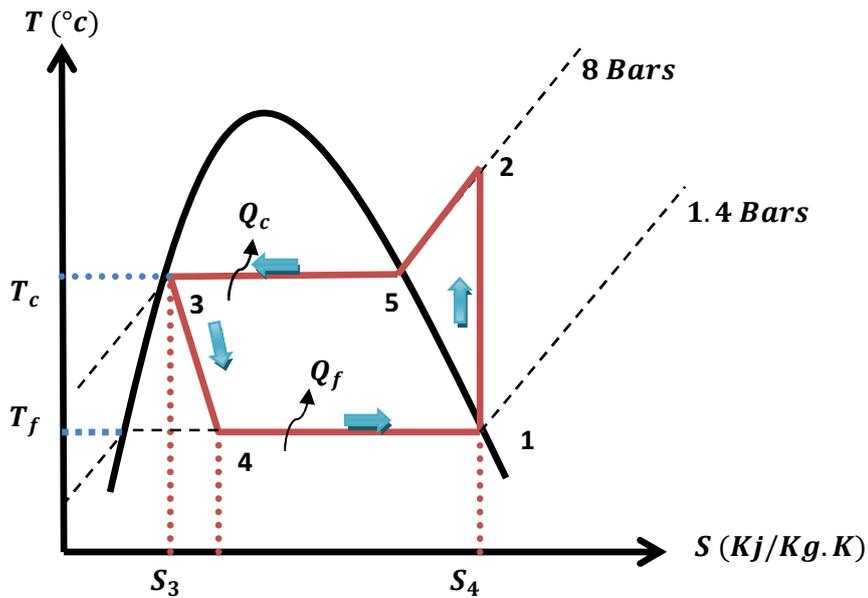


### Exercice N°15 :

On étudie, ici ; le fonctionnement d'un réfrigérateur. Le cycle décrit par le fluide est représenté ci-contre. Les pressions extrêmes sont 1.4 Bars et 8 Bars ; le débit du réfrigérant est 180 Kg/h. Avec  $h_2 = 210 \text{ Kj/Kg}$  et le titre  $x = 31.65 \%$

P(Bars)	$h_l$ (Kj/Kg)	$h_v$ (Kj/Kg)	$S_l$ (Kj/Kg.K)	$S_v$ (Kj/Kg.K)
1.4	16.09	177.87	0.0663	0.7102
8	-	200.63	0.2487	0.6845

- 1- Calculer  $Q_f$  et  $Q_c$ ?
- 2- Calculer le COP ?
- 3- Calculer la puissance du compresseur ?
- 4- Calculer l'entropie  $S_4$ ?
- 5- Calculer  $h_5$  et  $S_5$ ?



**Solution N°1 :**

$$h_x = (1 - x)h_l + xh_{vl} = x(h_v - h_l) + h_l$$

$$h_x = 0.7(2706.7 - 504.70) + 504.70 = 2046.1 \text{ Kj/Kg}$$

$$x = \frac{h_x - h_f}{h_{fg}} = \frac{h_x - h_f}{h_g - h_f}$$

$$x = \frac{h_x - h_f}{h_{fg}} = \frac{1800 - 589.13}{2144.7} = 0.5646 = 56.46\%$$

T (°C)	P (KPa)	h (Kj/Kg)	x	Description de la phase
120.23	200	2046.1	0.7	mélange
140	361.3	1800	0.5646	mélange
177.69	950	753.02	0.0	liquide

**Solution N°2 :**

Du diagramme de saturation d'eau on ;

T= 130 °c implique une pression de p = 0.2701 MPa.

Le point de départ étant de l'eau liquide donc on ;

$$v_l = 0.001070 \text{ m}^3/\text{Kg} , h_l = 246.31 \text{ Kj/Kg} , h_v = 2720.5 \text{ Kj/Kg} ; h_{vl} = 2174.2 \text{ Kj/Kg}$$

$$v_x = \frac{1}{2} = 0.5 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$W = m P(v_x - v_l) = 2 * 270100(0.5 - 0.001070) = 269.522 \text{ Kj}$$

$$Q = m (h_x - h_l)$$

$$x = \frac{v_x - v_f}{v_g - v_f} = \frac{0.5 - 0.001070}{0.6685 - 0.001070} = 0.7475 = 74.75\%$$

$$h_x = 0.7475(2720.5 - 246.31) + 246.31 = 2095.76 \text{ Kj/Kg}$$

$$Q = 2 (2095.76 - 246.31) = 2 * 1849.45 = 3698.9 \text{ Kj}$$

**Solution N°3 :**Du diagramme de saturation d'eau on ;

T= 90 °c implique une pression de P = 70.14 KPa.

$$v_l = 0.001036 \text{ m}^3/\text{Kg} , v_v = 2.361 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$m_v = m_x - m_l = 10 - 8 = 2 \text{ Kg}$$

$$V = m_v v_v - m_l v_l = 2 * 2.361 + 8 * 0.001036 = 4.73 \text{ m}^3$$

**Solution N°4 :**

$$Q = m (h_v - h_l) = 3.72 * (2163.8) = 8.066 \text{ Kj}$$

$$\text{Req; } m = \frac{V}{v} = 4 * 10^{-3} / 0.001073 = 3.72 \text{ Kg}$$

**Solution N°5 :**

$$x = (h_x - h_f) / h_{fg} = (h_x - h_f) / (h_g - h_f) = (1500 - 535.37) / 2181.5 = 0.4421 = 44.21\%$$

**Solution N°6 :**

Nous avons un mélange liquide-vapeur de titre égale à  $\frac{3}{4} = 0.75$

$$U_x = x(U_v - U_l) + U_l = 0.75 * 2041 + 482.4 = 2013.15 \text{ Kj/Kg}$$

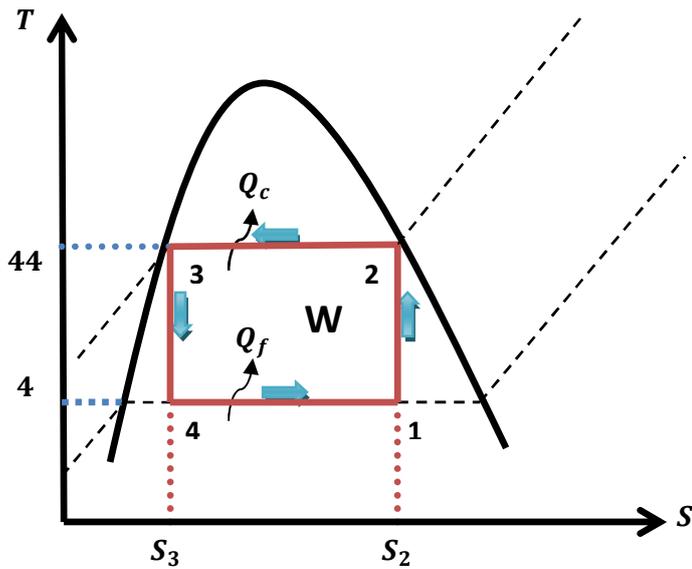
$$v_x = xv_v = 0.75 * 1.0358 = 0.77685 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$\text{On a donc ; } U = m u = 8052.6 \text{ Kj ; } V = m v = 3.1074 \text{ m}^3$$

**Solution N°7 :**

T (°C)	P (KPa)	h (Kj/Kg)	x	S (Kj/Kg.K)
-10.09	200	179.96	0.7	0.6921
100	3974.2	240	0.44	0.7604
-10.09	200	36.84	1	0.1481
39.39	1000	267.97	1	0.3838
35.53	900	99.56	0	0.3656
35.53	900	266.18	1	0.9054
2.48	320	102.14	0.25	0.3861
-16	157.48	237.74	1	0.9298
8.93	400	100	0.2	0.3745

**Solution N°8 :**



$$\varepsilon_{fr.Carnot} = \frac{T_{max}}{T_{max} - T_{min}} = \frac{44}{(44 - 4)} = 1.1$$

**Solution N°9 :**

$$R_{50} \cdot C_x H_y F_z C L_k ; R_{(x-1)(y+1)z} ; y + z + k = 2x + 2$$

$$R_{50} = R_{(x-1)(y+1)z}$$

$$D'o\grave{u} R_{050} \begin{cases} x - 1 = 0 \\ y + 1 = 5 \\ z = 0 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x = 1 \\ y = 4 \\ z = 0 \end{cases} \rightarrow k = 2x + 2 - z - y = 0$$

$$R_{50} = C H_4$$

$$C F_2 C L_2 \cdot C_x H_y F_z C L_k ; R_{(x-1)(y+1)z} ; y + z + k = 2x + 2$$

$$C F_2 C L_2 = C_x H_y F_z C L_k$$

$$\begin{cases} x = 1 \\ y = 0 \\ z = 2 \\ k = 2 \end{cases}$$

$$R_{(x-1)(y+1)z} = R_{012} = R_{12}$$

$$R_{12} ; C_x H_y F_z C L_k ; R_{(x-1)(y+1)z} ; y + z + k = 2x + 2$$

$$R_{012} = R_{(x-1)(y+1)z}$$

$$\text{D'où } R_{012} \begin{cases} x - 1 = 0 \\ y + 1 = 1 \\ z = 2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x = 1 \\ y = 0 \\ z = 2 \end{cases} \rightarrow k = 2x + 2 - z - y = 2$$

$$R_{12} = CF_2CL_2$$

$$R_{134} ; C_xH_yF_zCL_k ; R_{(x-1)(y+1)z} ; y + z + k = 2x + 2$$

$$R_{134} = R_{(x-1)(y+1)z}$$

$$\text{D'où } R_{134} \begin{cases} x - 1 = 1 \\ y + 1 = 3 \\ z = 4 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x = 2 \\ y = 2 \\ z = 4 \end{cases} \rightarrow k = 2x + 2 - z - y = 0$$

$$R_{134} = C_2H_2F_4$$

$$CHF_2CL \cdot C_xH_yF_zCL_k ; R_{(x-1)(y+1)z} ; y + z + k = 2x + 2$$

$$CHF_2CL = C_xH_yF_zCL_k$$

$$\begin{cases} x = 1 \\ y = 1 \\ z = 2 \\ k = 1 \end{cases}$$

$$R_{(x-1)(y+1)z} = R_{022} = R_{22}$$

**Solution N°10 :**

$$CH_2F_2 \cdot C_xH_yF_zCL_k ; R_{(x-1)(y+1)z} ; y + z + k = 2x + 2$$

$$CH_2F_2 = C_xH_yF_zCL_k$$

$$\begin{cases} x = 1 \\ y = 2 \\ z = 2 \\ k = 0 \end{cases}$$

$$R_{(x-1)(y+1)z} = R_{032} = R_{32}$$

$$C_2H_6 \cdot C_xH_yF_zCL_k ; R_{(x-1)(y+1)z} ; y + z + k = 2x + 2$$

$$C_2H_6 = C_xH_yF_zCL_k$$

$$\begin{cases} x = 2 \\ y = 6 \\ z = 0 \\ k = 0 \end{cases}$$

$$R_{(x-1)(y+1)z} = R_{170}$$

$$C_2H_2F_4, C_xH_yF_zCL_k ; R_{(x-1)(y+1)z} ; y + z + k = 2x + 2$$

$$C_2H_2F_4 = C_xH_yF_zCL_k$$

$$\begin{cases} x = 2 \\ y = 2 \\ z = 2 \\ k = 0 \end{cases}$$

$$R_{(x-1)(y+1)z} = R_{132}$$

$$R_{22} ; C_xH_yF_zCL_k ; R_{(x-1)(y+1)z} ; y + z + k = 2x + 2$$

$$R_{022} = R_{(x-1)(y+1)z}$$

$$D'où R_{012} \begin{cases} x - 1 = 0 \\ y + 1 = 2 \\ z = 2 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x = 1 \\ y = 1 \\ z = 2 \end{cases} \rightarrow k = 2x + 2 - z - y = 1$$

$$R_{22} = CHF_2CL$$

$$R_{11} ; C_xH_yF_zCL_k ; R_{(x-1)(y+1)z} ; y + z + k = 2x + 2$$

$$R_{011} = R_{(x-1)(y+1)z}$$

$$D'où R_{011} \begin{cases} x - 1 = 0 \\ y + 1 = 1 \\ z = 1 \end{cases} \rightarrow \begin{cases} x = 1 \\ y = 0 \\ z = 1 \end{cases} \rightarrow k = 2x + 2 - z - y = 3$$

$$R_{11} = CFCL_3$$

### Solution N°11 :

$$v = \frac{V}{m} = \frac{0.080}{4} = 0.02 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

A la pression de P = 160 KPa. Nous avons

$$v_l = 0.0007437 \text{ m}^3/\text{Kg}, v_v = 0.12348 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

Nous avons ;  $v_l < v < v_v$

$$\text{Donc } T = T_{sat} = -15.60^\circ\text{c}$$

$$x = \frac{v - v_l}{v_v - v_l} = \frac{0.02 - 0.0007437}{0.12348 - 0.0007437} = 0.157 = 15.7\%$$

A la pression de P = 160 KPa. Nous avons

$$h_l = 31.21 \text{Kj/Kg} , h_{vl} = 209.90 \text{Kj/Kg}$$

$$h = h_l + xh_{vl} = 31.21 + 0.157 * 209.90 = 64.2 \text{Kj/Kg}$$

La masse de vapeur est ;

$$m_v = xm_t = 0.157 * 4 = 0.628 \text{ Kg}$$

Et le volume occupé par la vapeur est ;

$$V_v = m_v v_v = 0.628 * 0.12348 = 0.0775 \text{ m}^3 = 77.5 \text{ L}$$

Le reste du volume 2.5L est occupé par la phase liquide.

### Solution N°12, :

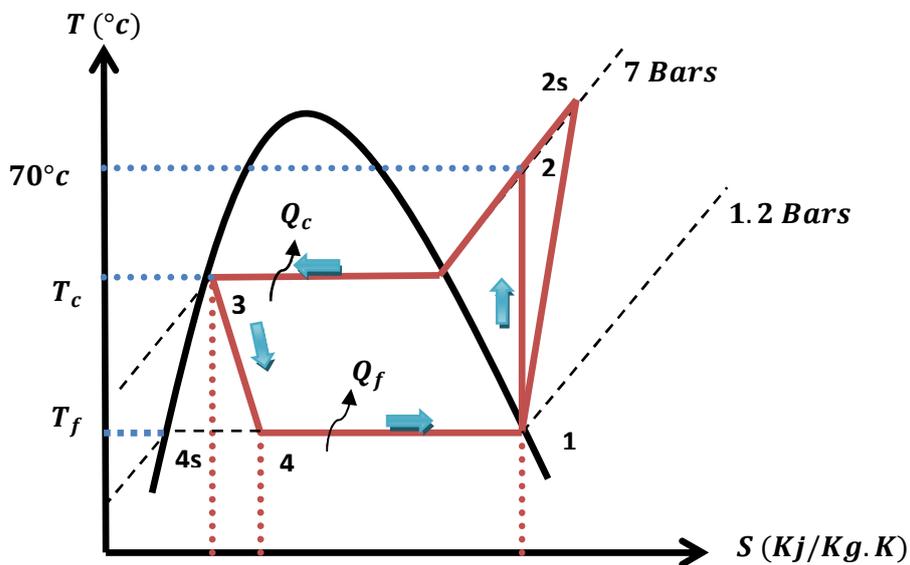
A la température de  $T = 30^\circ\text{c}$ . Nous avons

$$v_l = 0.0008417 \text{m}^3/\text{Kg} , v_v = 0.0265 \text{m}^3/\text{Kg}$$

$$v = v_l + xv_{vl} = 0.0008417 + 0.2 * (0.0265 - 0.0008417) = 0.005973 \text{ m}^3/\text{Kg}$$

$$V = v * m = 0.005973 * 0.2 = 0.001194 \text{ m}^3 = 1.19 \text{ L}$$

### Solution N°13 :



$$h_4 = h_3 = h_l = 86.78 \text{ Kj/Kg} ; \text{ à la pression } 7 \text{ Bars}$$

$$h_1 = h_v = 233.86 \text{ Kj/Kg} ; S_1 = 0.9354 \text{ Kj/Kg.k à la pression } 1.2 \text{ Bars}$$

$$Q_f = h_1 - h_4 = 233.86 - 86.78 = 147.08 \text{ Kj/Kg}$$

$$\dot{Q}_f = Q_f * \dot{m} = 147.08 * 0.05 = 7.354 \text{ Kw}$$

$$S_1 = S_2 = 0.9354 \text{ Kj/Kg.k}$$

Sur le tableau de vapeur surchauffée du R134a On peut estimer le  $h_2$  par interpolation ;

$$0.9197 < S_2 < 0.9539$$

$$265.37 < h_2 < 275.93$$

$$((275.93-265.37)(0.9354-0.9197)/(0.9539-0.9197)) + 265.37 = 270.22 \text{ Kj/Kg}$$

$$Q_c = h_3 - h_2 = 86.78 - 270.22 = -183.44 \text{ Kj/Kg}$$

$$\dot{Q}_c = Q_c * \dot{m} = -183.44 * 0.05 = -9.172 \text{ Kw}$$

$$COP = \frac{Q_f}{W} = \frac{Q_f}{h_2 - h_1} = \frac{147.08}{270.22 - 233.86} = 4.04$$

Sur le tableau de vapeur surchauffée du R134a On peut trouver le  $h_{2s}$  ;

$$P = 0.7 \text{ Mpa}; T = 70^\circ \text{c}$$

$$h_{2s} = 307.01 \text{ Kj/Kg}$$

$$COP_{isentropique} = \frac{Q_f}{W} = \frac{Q_f}{h_{2s} - h_1} = \frac{147.08}{307.01 - 233.86} = 2.01$$

Le pourcentage d'augmentation est ;

$$4.04 - 2.01 = 2.03$$

$$\frac{2.03}{2.01} = 101\%$$

**Solution N°14 :**

$$COP = \frac{h_1 - h_4}{h_2 - h_1}$$

$$x = \frac{v_4 - v_l}{v_v - v_l} = \frac{h_4 - h_l}{h_v - h_l}$$

$$h_4 = (h_v - h_l) \frac{(v_4 - v_l)}{v_v - v_l} + h_l = 93.41 \text{ Kj/Kg}$$

$$COP = \frac{236.04 - 93.41}{284.39 - 236.04} = 2.95$$

$$x = \frac{m_v}{m_t}$$

$$m_v = x * m_t = \frac{v_4 - v_l}{v_v - v_l} * m_t = 0.3271 * 10 = 3.271 \text{ Kg}$$

$$m_t = m_v + m_l$$

$$m_l = m_t - m_v$$

$$V_l = m_l * v_l = (m_t - m_v) * v_l = 0.005 \text{ m}^3$$

**Solution N°15 :**

$$Q_f = h_1 - h_4$$

$$h_1 = h_v \quad (p = 1.4 \text{ bars})$$

$$h_4 = x h_1 + (1 - x) h_l = 67.29 \text{ Kj/Kg}$$

$$\dot{Q}_f = \dot{m} * Q_f = 5.52 \text{ Kw}$$

$$Q_c = h_3 - h_2$$

$$h_3 = h_4 = h_l \quad (p = 8 \text{ bars; transformation enthalpique})$$

$$\dot{Q}_c = \dot{m} * Q_c = \dot{m} * (h_3 - h_2) = \left(\frac{180}{3600}\right) (210 - 177.87) = -7.13 \text{ Kw}$$

$$W = \dot{m} * w = \left(\frac{180}{3600}\right) (h_2 - h_1) = 1.6 \text{ Kw}$$

$$COP = Q_f / w = 3.44$$

$$S_4 = x S_v + (1 - x) S_l = 0.27 \text{ Kj/Kg.K}$$

$$h_5 = h_v = 200.63 \text{ Kj/Kg}$$

$$S_5 = S_v = 0.6845 \text{ Kj/Kg.K (à 8bars)}$$

# ANNEXE

**Tableau.1. Vapeur saturée (température)**

Vapeur saturée: table de la température

Temp. °C <i>T</i>	Pres. kPa <i>P</i>	Volume massique m <sup>3</sup> /kg		Énergie interne kJ/kg			Enthalpie kJ/kg			Entropie kJ/kg·K		
		Liquide sat. <i>v<sub>f</sub></i>	Vapeur sat. <i>v<sub>g</sub></i>	Liquide sat. <i>u<sub>f</sub></i>	Évap. <i>u<sub>fg</sub></i>	Vapeur sat. <i>u<sub>g</sub></i>	Liquide sat. <i>h<sub>f</sub></i>	Évap. <i>h<sub>fg</sub></i>	Vapeur sat. <i>h<sub>g</sub></i>	Liquide sat. <i>s<sub>f</sub></i>	Évap. <i>s<sub>fg</sub></i>	Vapeur sat. <i>s<sub>g</sub></i>
		0.01	0.6113	0.001 000	206.14	.00	2375.3	2375.3	.01	2501.3	2501.4	.0000
5	0.8721	0.001 000	147.12	20.97	2361.3	2382.3	20.98	2489.6	2510.6	.0761	8.9496	9.0257
10	1.2276	0.001 000	106.38	42.00	2347.2	2389.2	42.01	2477.7	2519.8	.1510	8.7498	8.9008
15	1.7051	0.001 001	77.93	62.99	2333.1	2396.1	62.99	2465.9	2528.9	.2245	8.5569	8.7814
20	2.339	0.001 002	57.79	83.95	2319.0	2402.9	83.96	2454.1	2538.1	.2966	8.3706	8.6672
25	3.169	0.001 003	43.36	104.88	2304.9	2409.8	104.89	2442.3	2547.2	.3674	8.1905	8.5580
30	4.246	0.001 004	32.89	125.78	2290.8	2416.6	125.79	2430.5	2556.3	.4369	8.0164	8.4533
35	5.628	0.001 006	25.22	146.67	2276.7	2423.4	146.68	2418.6	2565.3	.5053	7.8478	8.3531
40	7.384	0.001 008	19.52	167.56	2262.6	2430.1	167.57	2406.7	2574.3	.5725	7.6845	8.2570
45	9.593	0.001 010	15.26	188.44	2248.4	2436.8	188.45	2394.8	2583.2	.6387	7.5261	8.1648
50	12.349	0.001 012	12.03	209.32	2234.2	2443.5	209.33	2382.7	2592.1	.7038	7.3725	8.0763
55	15.758	0.001 015	9.568	230.21	2219.9	2450.1	230.23	2370.7	2600.9	.7679	7.2234	7.9913
60	19.940	0.001 017	7.671	251.11	2205.5	2456.6	251.13	2358.5	2609.6	.8312	7.0784	7.9096
65	25.03	0.001 020	6.197	272.02	2191.1	2463.1	272.06	2346.2	2618.3	.8935	6.9375	7.8310
70	31.19	0.001 023	5.042	292.95	2176.6	2469.6	292.98	2333.8	2626.8	.9549	6.8004	7.7553
75	38.58	0.001 026	4.131	313.90	2162.0	2475.9	313.93	2321.4	2635.3	1.0155	6.6669	7.6824
80	47.39	0.001 029	3.407	334.86	2147.4	2482.2	334.91	2308.8	2643.7	1.0753	6.5369	7.6122
85	57.83	0.001 033	2.828	355.84	2132.6	2488.4	355.90	2296.0	2651.9	1.1343	6.4102	7.5445
90	70.14	0.001 036	2.361	376.85	2117.7	2494.5	376.92	2283.2	2660.1	1.1925	6.2866	7.4791
95	84.55	0.001 040	1.982	397.88	2102.7	2500.6	397.96	2270.2	2668.1	1.2500	6.1659	7.4159
100	Mpa 0.101 35	0.001 044	1.6729	418.94	2087.6	2506.5	419.04	2257.0	2676.1	1.3069	6.0480	7.3549
105	0.120 82	0.001 048	1.4194	440.02	2072.3	2512.4	440.15	2243.7	2683.8	1.3630	5.9328	7.2958
110	0.143 27	0.001 052	1.2102	461.14	2057.0	2518.1	461.30	2230.2	2691.5	1.4185	5.8202	7.2387
115	0.169 06	0.001 056	1.0366	482.30	2041.4	2523.7	482.48	2216.5	2699.0	1.4734	5.7100	7.1833
120	0.198 53	0.001 060	0.8919	503.50	2025.8	2529.3	503.71	2202.6	2706.3	1.5276	5.6020	7.1296
125	0.2321	0.001 065	0.7706	524.74	2009.9	2534.6	524.99	2188.5	2713.5	1.5813	5.4962	7.0775
130	0.2701	0.001 070	0.6685	546.02	1993.9	2539.9	546.31	2174.2	2720.5	1.6344	5.3925	7.0269
135	0.3130	0.001 075	0.5822	567.35	1977.7	2545.0	567.69	2159.6	2727.3	1.6870	5.2907	6.9777
140	0.3613	0.001 080	0.5089	588.74	1961.3	2550.0	589.13	2144.7	2733.9	1.7391	5.1908	6.9299
145	0.4154	0.001 085	0.4463	610.18	1944.7	2554.9	610.63	2129.6	2740.3	1.7907	5.0926	6.8833
150	0.4758	0.001 091	0.3928	631.68	1927.9	2559.5	632.20	2114.3	2746.5	1.8418	4.9960	6.8379
155	0.5431	0.001 096	0.3468	653.24	1910.8	2564.1	653.84	2098.6	2752.4	1.8925	4.9010	6.7935
160	0.6178	0.001 102	0.3071	674.87	1893.5	2568.4	675.55	2082.6	2758.1	1.9427	4.8075	6.7502
165	0.7005	0.001 108	0.2727	696.56	1876.0	2572.5	697.34	2066.2	2763.5	1.9925	4.7153	6.7078
170	0.7917	0.001 114	0.2428	718.33	1858.1	2576.5	719.21	2049.5	2768.7	2.0419	4.6244	6.6663
175	0.8920	0.001 121	0.2168	740.17	1840.0	2580.2	741.17	2032.4	2773.6	2.0909	4.5347	6.6256
180	1.0021	0.001 127	0.194 05	762.09	1821.6	2583.7	763.22	2015.0	2778.2	2.1396	4.4461	6.5857
185	1.1227	0.001 134	0.174 09	784.10	1802.9	2587.0	785.37	1997.1	2782.4	2.1879	4.3586	6.5465
190	1.2544	0.001 141	0.156 54	806.19	1783.8	2590.0	807.62	1978.8	2786.4	2.2359	4.2720	6.5079
195	1.3978	0.001 149	0.141 05	828.37	1764.4	2592.8	829.98	1960.0	2790.0	2.2835	4.1863	6.4698
200	1.5538	0.001 157	0.127 36	850.65	1744.7	2595.3	852.45	1940.7	2793.2	2.3309	4.1014	6.4323
205	1.7230	0.001 164	0.115 21	873.04	1724.5	2597.5	875.04	1921.0	2796.0	2.3780	4.0172	6.3952
210	1.9062	0.001 173	0.104 41	895.53	1703.9	2599.5	897.76	1900.7	2798.5	2.4248	3.9337	6.3585
215	2.104	0.001 181	0.094 79	918.14	1682.9	2601.1	920.62	1879.9	2800.5	2.4714	3.8507	6.3221
220	2.318	0.001 190	0.086 19	940.87	1661.5	2602.4	943.62	1858.5	2802.1	2.5178	3.7683	6.2861
225	2.548	0.001 199	0.078 49	963.73	1639.6	2603.3	966.78	1836.5	2803.3	2.5639	3.6863	6.2503
230	2.795	0.001 209	0.071 58	986.74	1617.2	2603.9	990.12	1813.8	2804.0	2.6099	3.6047	6.2146
235	3.060	0.001 219	0.065 37	1009.89	1594.2	2604.1	1013.62	1790.5	2804.2	2.6558	3.5233	6.1791
240	3.344	0.001 229	0.059 76	1033.21	1570.8	2604.0	1037.32	1766.5	2803.8	2.7015	3.4422	6.1437
245	3.648	0.001 240	0.054 71	1056.71	1546.7	2603.4	1061.23	1741.7	2803.0	2.7472	3.3612	6.1083
250	3.973	0.001 251	0.050 13	1080.39	1522.0	2602.4	1085.36	1716.2	2801.5	2.7927	3.2802	6.0730
255	4.319	0.001 263	0.045 98	1104.28	1496.7	2600.9	1109.73	1689.8	2799.5	2.8383	3.1992	6.0375
260	4.688	0.001 276	0.042 21	1128.39	1470.6	2599.0	1134.37	1662.5	2796.9	2.8838	3.1181	6.0019
265	5.081	0.001 289	0.038 77	1152.74	1443.9	2596.6	1159.28	1634.4	2793.6	2.9294	3.0368	5.9662
270	5.499	0.001 302	0.035 64	1177.36	1416.3	2593.7	1184.51	1605.2	2789.7	2.9751	2.9551	5.9301
275	5.942	0.001 317	0.032 79	1202.25	1387.9	2590.2	1210.07	1574.9	2785.0	3.0208	2.8730	5.8938
280	6.412	0.001 332	0.030 17	1227.46	1358.7	2586.1	1235.99	1543.6	2779.6	3.0668	2.7903	5.8571
285	6.909	0.001 348	0.027 77	1253.00	1328.4	2581.4	1262.31	1511.0	2773.3	3.1130	2.7070	5.8199
290	7.436	0.001 366	0.025 57	1278.92	1297.1	2576.0	1289.07	1477.1	2766.2	3.1594	2.6227	5.7821
295	7.993	0.001 384	0.023 54	1305.2	1264.7	2569.9	1316.3	1441.8	2758.1	3.2062	2.5375	5.7437
300	8.581	0.001 404	0.021 67	1332.0	1231.0	2563.0	1344.0	1404.9	2749.0	3.2534	2.4511	5.7045
305	9.202	0.001 425	0.019 948	1359.3	1195.9	2555.2	1372.4	1366.4	2738.7	3.3010	2.3633	5.6643
310	9.856	0.001 447	0.018 350	1387.1	1159.4	2546.4	1401.3	1326.0	2727.3	3.3493	2.2737	5.6230
315	10.547	0.001 472	0.016 867	1415.5	1121.1	2536.6	1431.0	1283.5	2714.5	3.3982	2.1821	5.5804
320	11.274	0.001 499	0.015 488	1444.6	1080.9	2525.5	1461.5	1238.6	2700.1	3.4480	2.0882	5.5362
330	12.845	0.001 561	0.012 996	1505.3	993.7	2498.9	1525.3	1140.6	2665.9	3.5507	1.8909	5.4417
340	14.586	0.001 638	0.010 797	1570.3	894.3	2464.6	1594.2	1027.9	2622.0	3.6594	1.6763	5.3357
350	16.513	0.001 740	0.008 813	1641.9	776.6	2418.4	1670.6	893.4	2563.9	3.7777	1.4335	5.2112
360	18.651	0.001 893	0.006 945	1725.2	626.3	2351.5	1760.5	720.5	2481.0	3.9147	1.1379	5.0526
370	21.03	0.002 213	0.004 925	1844.0	384.5	2228.5	1890.5	441.6	2332.1	4.1106	.6865	4.7971
374.14	22.09	0.003 155	0.003 155	2029.6	0	2029.6	2099.3	0	2099.3	4.4298	0	4.4298

**Tableau.2. Vapeur saturée (pression)**

Vapeur saturée: table de la pression

Pres. kPa P	Temp. °C T	Volume massique m <sup>3</sup> /kg		Énergie interne kJ/kg			Enthalpie kJ/kg			Entropie kJ/kg·K		
		Liquide sat. v <sub>f</sub>	Vapeur sat. v <sub>g</sub>	Liquide sat. u <sub>f</sub>	Évap. u <sub>fg</sub>	Vapeur sat. u <sub>g</sub>	Liquide sat. h <sub>f</sub>	Évap. h <sub>fg</sub>	Vapeur sat. h <sub>g</sub>	Liquide sat. s <sub>f</sub>	Évap. s <sub>fg</sub>	Vapeur sat. s <sub>g</sub>
0.6113	0.01	0.001 000	206.14	.00	2375.3	2375.3	.01	2501.3	2501.4	.0000	9.1562	9.1562
1.0	6.98	0.001 000	129.21	29.30	2355.7	2385.0	29.30	2484.9	2514.2	.1059	8.8697	8.9756
1.5	13.03	0.001 001	87.98	54.71	2338.6	2393.3	54.71	2470.6	2525.3	.1957	8.6322	8.8279
2.0	17.50	0.001 001	67.00	73.48	2326.0	2399.5	73.48	2460.0	2533.5	.2607	8.4629	8.7237
2.5	21.08	0.001 002	54.25	88.48	2315.9	2404.4	88.49	2451.6	2540.0	.3120	8.3311	8.6432
3.0	24.08	0.001 003	45.67	101.04	2307.5	2408.5	101.05	2444.5	2545.5	.3545	8.2231	8.5776
4.0	28.96	0.001 004	34.80	121.45	2293.7	2415.2	121.46	2432.9	2554.4	.4226	8.0520	8.4746
5.0	32.88	0.001 005	28.19	137.81	2282.7	2420.5	137.82	2423.7	2561.5	.4764	7.9187	8.3951
7.5	40.29	0.001 008	19.24	168.78	2261.7	2430.5	168.79	2406.0	2574.8	.5764	7.6750	8.2515
10	45.81	0.001 010	14.67	191.82	2246.1	2437.9	191.83	2392.8	2584.7	.6493	7.5009	8.1502
15	53.97	0.001 014	10.02	225.92	2222.8	2448.7	225.94	2373.1	2599.1	.7549	7.2536	8.0085
20	60.06	0.001 017	7.649	251.38	2205.4	2456.7	251.40	2358.3	2609.7	.8320	7.0766	7.9085
25	64.97	0.001 020	6.204	271.90	2191.2	2463.1	271.93	2346.3	2618.2	.8931	6.9383	7.8314
30	69.10	0.001 022	5.229	289.20	2179.2	2468.4	289.23	2336.1	2625.3	.9439	6.8247	7.7686
40	75.87	0.001 027	3.993	317.53	2159.5	2477.0	317.58	2319.2	2636.8	1.0259	6.6441	7.6700
50	81.33	0.001 030	3.240	340.44	2143.4	2483.9	340.49	2305.4	2645.9	1.0910	6.5029	7.5939
75	91.78	0.001 037	2.217	384.31	2112.4	2496.7	384.39	2278.6	2663.0	1.2130	6.2434	7.4564
<b>MPa</b>												
0.100	99.63	0.001 043	1.6940	417.36	2088.7	2506.1	417.46	2258.0	2675.5	1.3026	6.0568	7.3594
0.125	105.99	0.001 048	1.3749	444.19	2069.3	2513.5	444.32	2241.0	2685.4	1.3740	5.9104	7.2844
0.150	111.37	0.001 053	1.1593	466.94	2052.7	2519.7	467.11	2226.5	2693.6	1.4336	5.7897	7.2233
0.175	116.06	0.001 057	1.0036	486.80	2038.1	2524.9	486.99	2213.6	2700.6	1.4849	5.6868	7.1717
0.200	120.23	0.001 061	0.8857	504.49	2025.0	2529.5	504.70	2201.9	2706.7	1.5301	5.5970	7.1271
0.225	124.00	0.001 064	0.7933	520.47	2013.1	2533.6	520.72	2191.3	2712.1	1.5706	5.5173	7.0878
0.250	127.44	0.001 067	0.7187	535.10	2002.1	2537.2	535.37	2181.5	2716.9	1.6072	5.4455	7.0527
0.275	130.60	0.001 070	0.6573	548.59	1991.9	2540.5	548.89	2172.4	2721.3	1.6408	5.3801	7.0209
0.300	133.55	0.001 073	0.6058	561.15	1982.4	2543.6	561.47	2163.8	2725.3	1.6718	5.3201	6.9919
0.325	136.30	0.001 076	0.5620	572.90	1973.5	2546.4	573.25	2155.8	2729.0	1.7006	5.2646	6.9652
0.350	138.88	0.001 079	0.5243	583.95	1965.0	2548.9	584.33	2148.1	2732.4	1.7275	5.2130	6.9405
0.375	141.32	0.001 081	0.4914	594.40	1956.9	2551.3	594.81	2140.8	2735.6	1.7528	5.1647	6.9175
0.40	143.63	0.001 084	0.4625	604.31	1949.3	2553.6	604.74	2133.8	2738.6	1.7766	5.1193	6.8959
0.45	147.93	0.001 088	0.4140	622.77	1934.9	2557.6	623.25	2120.7	2743.9	1.8207	5.0359	6.8565
0.50	151.86	0.001 093	0.3749	639.68	1921.6	2561.2	640.23	2108.5	2748.7	1.8607	4.9606	6.8213
0.55	155.48	0.001 097	0.3427	655.32	1909.2	2564.5	655.93	2097.0	2753.0	1.8973	4.8920	6.7893
0.60	158.85	0.001 101	0.3157	669.90	1897.5	2567.4	670.56	2086.3	2756.8	1.9312	4.8288	6.7600
0.65	162.01	0.001 104	0.2927	683.56	1886.5	2570.1	684.28	2076.0	2760.3	1.9627	4.7703	6.7331
0.70	164.97	0.001 108	0.2729	696.44	1876.1	2572.5	697.22	2066.3	2763.5	1.9922	4.7158	6.7080
0.75	167.78	0.001 112	0.2556	708.64	1866.1	2574.7	709.47	2057.0	2766.4	2.0200	4.6647	6.6847
0.80	170.43	0.001 115	0.2404	720.22	1856.6	2576.8	721.11	2048.0	2769.1	2.0462	4.6166	6.6628
0.85	172.96	0.001 118	0.2270	731.27	1847.4	2578.7	732.22	2039.4	2771.6	2.0710	4.5711	6.6421
0.90	175.38	0.001 121	0.2150	741.83	1838.6	2580.5	742.83	2031.1	2773.9	2.0946	4.5280	6.6226
0.95	177.69	0.001 124	0.2042	751.95	1830.2	2582.1	753.02	2023.1	2776.1	2.1172	4.4869	6.6041
1.00	179.91	0.001 127	0.19444	761.68	1822.0	2583.6	762.81	2015.3	2778.1	2.1387	4.4478	6.5865
1.10	184.09	0.001 133	0.17753	780.09	1806.3	2586.4	781.34	2000.4	2781.7	2.1792	4.3744	6.5536
1.20	187.99	0.001 139	0.16333	797.29	1791.5	2588.8	798.65	1986.2	2784.8	2.2166	4.3067	6.5233
1.30	191.64	0.001 144	0.15125	813.44	1777.5	2591.0	814.93	1972.7	2787.6	2.2515	4.2438	6.4953
1.40	195.07	0.001 149	0.14084	828.70	1764.1	2592.8	830.30	1959.7	2790.0	2.2842	4.1850	6.4693
1.50	198.32	0.001 154	0.13177	843.16	1751.3	2594.5	844.89	1947.3	2792.2	2.3150	4.1298	6.4448
1.75	205.76	0.001 166	0.11349	876.46	1721.4	2597.8	878.50	1917.9	2796.4	2.3851	4.0044	6.3896
2.00	212.42	0.001 177	0.09963	906.44	1693.8	2600.3	908.79	1890.7	2799.5	2.4474	3.8935	6.3409
2.25	218.45	0.001 187	0.08875	933.83	1668.2	2602.0	936.49	1865.2	2801.7	2.5035	3.7937	6.2972
2.5	223.99	0.001 197	0.07998	959.11	1644.0	2603.1	962.11	1841.0	2803.1	2.5547	3.7028	6.2575
3.0	233.90	0.001 217	0.06668	1004.78	1599.3	2604.1	1008.42	1795.7	2804.2	2.6457	3.5412	6.1869
3.5	242.60	0.001 235	0.05707	1045.43	1558.3	2603.7	1049.75	1753.7	2803.4	2.7253	3.4000	6.1253
4	250.40	0.001 252	0.04978	1082.31	1520.0	2602.3	1087.31	1714.1	2801.4	2.7964	3.2737	6.0701
5	263.99	0.001 286	0.03944	1147.81	1449.3	2597.1	1154.23	1640.1	2794.3	2.9202	3.0532	5.9734
6	275.64	0.001 319	0.03244	1205.44	1384.3	2589.7	1213.35	1571.0	2784.3	3.0267	2.8625	5.8892
7	285.88	0.001 351	0.02737	1257.55	1323.0	2580.5	1267.00	1505.1	2772.1	3.1211	2.6922	5.8133
8	295.06	0.001 384	0.02352	1305.57	1264.2	2569.8	1316.64	1441.3	2758.0	3.2068	2.5364	5.7432
9	303.40	0.001 418	0.02048	1350.51	1207.3	2557.8	1363.26	1378.9	2742.1	3.2858	2.3915	5.6772
10	311.06	0.001 452	0.018026	1393.04	1151.4	2544.4	1407.56	1317.1	2724.7	3.3596	2.2544	5.6141
11	318.15	0.001 489	0.015987	1433.7	1096.0	2529.8	1450.1	1255.5	2705.6	3.4295	2.1233	5.5527
12	324.75	0.001 527	0.014263	1473.0	1040.7	2513.7	1491.3	1193.6	2684.9	3.4962	1.9962	5.4924
13	330.93	0.001 567	0.012780	1511.1	985.0	2496.1	1531.5	1130.7	2662.2	3.5606	1.8718	5.4323
14	336.75	0.001 611	0.011485	1548.6	928.2	2476.8	1571.1	1066.5	2637.6	3.6232	1.7485	5.3717
15	342.24	0.001 658	0.010337	1585.6	869.8	2455.5	1610.5	1000.0	2610.5	3.6848	1.6249	5.3098
16	347.44	0.001 711	0.009306	1622.7	809.0	2431.7	1650.1	930.6	2580.6	3.7461	1.4994	5.2455
17	352.37	0.001 770	0.008364	1660.2	744.8	2405.0	1690.3	856.9	2547.2	3.8079	1.3698	5.1777
18	357.06	0.001 840	0.007489	1698.9	675.4	2374.3	1732.0	777.1	2509.1	3.8715	1.2329	5.1044
19	361.54	0.001 924	0.006657	1739.9	598.1	2338.1	1776.5	688.0	2464.5	3.9388	1.0839	5.0228
20	365.81	0.002 036	0.005834	1785.6	507.5	2293.0	1826.3	583.4	2409.7	4.0139	.9130	4.9269
21	369.89	0.002 207	0.004952	1842.1	388.5	2230.6	1888.4	446.2	2334.6	4.1075	.6938	4.8013
22	373.80	0.002 742	0.003568	1961.9	125.2	2087.1	2022.2	143.4	2165.6	4.3110	.2216	4.5327
22.09	374.14	0.003 155	0.003155	2029.6	0	2029.6	2099.3	0	2099.3	4.4298	0	4.4298

### Tableau.3. Vapeur surchauffée

Vapeur surchauffée

T	P = .010 MPa (45.81)				P = .050 MPa (81.33)				P = .10 MPa (99.63)			
	v	u	h	s	v	u	h	s	v	u	h	s
Sat.	14.674	2437.9	2584.7	8.1502	3.240	2483.9	2645.9	7.5939	1.6940	2506.1	2675.5	7.3594
50	14.869	2443.9	2592.6	8.1749								
100	17.196	2515.5	2687.5	8.4479	3.418	2511.6	2682.5	7.6947	1.6958	2506.7	2676.2	7.3614
150	19.512	2587.9	2783.0	8.6882	3.889	2585.6	2780.1	7.9401	1.9364	2582.8	2776.4	7.6134
200	21.825	2661.3	2879.5	8.9038	4.356	2659.9	2877.7	8.1580	2.172	2658.1	2875.3	7.8343
250	24.136	2736.0	2977.3	9.1002	4.820	2735.0	2976.0	8.3556	2.406	2733.7	2974.3	8.0333
300	26.445	2812.1	3076.5	9.2813	5.284	2811.3	3075.5	8.5373	2.639	2810.4	3074.3	8.2158
400	31.063	2968.9	3279.6	9.6077	6.209	2968.5	3278.9	8.8642	3.103	2967.9	3278.2	8.5435
500	35.679	3132.3	3489.1	9.8978	7.134	3132.0	3488.7	9.1546	3.565	3131.6	3488.1	8.8342
600	40.295	3302.5	3705.4	10.1608	8.057	3302.2	3705.1	9.4178	4.028	3301.9	3704.7	9.0976
700	44.911	3479.6	3928.7	10.4028	8.981	3479.4	3928.5	9.6599	4.490	3479.2	3928.2	9.3398
800	49.526	3663.8	4159.0	10.6281	9.904	3663.6	4158.9	9.8852	4.952	3663.5	4158.6	9.5652
900	54.141	3855.0	4396.4	10.8396	10.828	3854.9	4396.3	10.0967	5.414	3854.8	4396.1	9.7767
1000	58.757	4053.0	4640.6	11.0393	11.751	4052.9	4640.5	10.2964	5.875	4052.8	4640.3	9.9764
1100	63.372	4257.5	4891.2	11.2287	12.674	4257.4	4891.1	10.4859	6.337	4257.3	4891.0	10.1659
1200	67.987	4467.9	5147.8	11.4091	13.597	4467.8	5147.7	10.6662	6.799	4467.7	5147.6	10.3463
1300	72.602	4683.7	5409.7	11.5811	14.521	4683.6	5409.6	10.8382	7.260	4683.5	5409.5	10.5183
<b>P = .20 MPa (120.23)</b>												
Sat.	8.857	2529.5	2706.7	7.1272	.6058	2543.6	2725.3	6.9919	.4625	2553.6	2738.6	6.8959
150	.9596	2576.9	2768.8	7.2795	.6339	2570.8	2761.0	7.0778	.4708	2564.5	2752.8	6.9299
200	1.0803	2654.4	2870.5	7.5066	.7163	2650.7	2865.6	7.3115	.5342	2646.8	2860.5	7.1706
250	1.1988	2731.2	2971.0	7.7086	.7964	2728.7	2967.6	7.5166	.5951	2726.1	2964.2	7.3789
300	1.3162	2808.6	3071.8	7.8926	.8753	2806.7	3069.3	7.7022	.6548	2804.8	3066.8	7.5662
400	1.5493	2966.7	3276.6	8.2218	1.0315	2965.6	3275.0	8.0330	.7726	2964.4	3273.4	7.8985
500	1.7814	3130.8	3487.1	8.5133	1.1867	3130.0	3486.0	8.3251	.8893	3129.2	3484.9	8.1913
600	2.013	3301.4	3704.0	8.7770	1.3414	3300.8	3703.2	8.5892	1.0055	3300.2	3702.4	8.4558
700	2.244	3478.8	3927.6	9.0194	1.4957	3478.4	3927.1	8.8319	1.1215	3477.9	3926.5	8.6987
800	2.475	3663.1	4158.2	9.2449	1.6499	3662.9	4157.8	9.0576	1.2372	3662.4	4157.3	8.9244
900	2.706	3854.5	4395.8	9.4566	1.8041	3854.2	4395.4	9.2692	1.3529	3853.9	4395.1	9.1362
1000	2.937	4052.5	4640.0	9.6563	1.9581	4052.3	4639.7	9.4690	1.4685	4052.0	4639.4	9.3360
1100	3.168	4257.0	4890.7	9.8458	2.1121	4256.8	4890.4	9.6585	1.5840	4256.5	4890.2	9.5256
1200	3.399	4467.5	5147.3	10.0262	2.2661	4467.2	5147.1	9.8389	1.6996	4467.0	5146.8	9.7060
1300	3.630	4683.2	5409.3	10.1982	2.4201	4683.0	5409.0	10.0110	1.8151	4682.8	5408.8	9.8780
<b>P = .30 MPa (133.55)</b>												
Sat.	.8857	2529.5	2706.7	7.1272	.6058	2543.6	2725.3	6.9919	.4625	2553.6	2738.6	6.8959
150	.9596	2576.9	2768.8	7.2795	.6339	2570.8	2761.0	7.0778	.4708	2564.5	2752.8	6.9299
200	1.0803	2654.4	2870.5	7.5066	.7163	2650.7	2865.6	7.3115	.5342	2646.8	2860.5	7.1706
250	1.1988	2731.2	2971.0	7.7086	.7964	2728.7	2967.6	7.5166	.5951	2726.1	2964.2	7.3789
300	1.3162	2808.6	3071.8	7.8926	.8753	2806.7	3069.3	7.7022	.6548	2804.8	3066.8	7.5662
400	1.5493	2966.7	3276.6	8.2218	1.0315	2965.6	3275.0	8.0330	.7726	2964.4	3273.4	7.8985
500	1.7814	3130.8	3487.1	8.5133	1.1867	3130.0	3486.0	8.3251	.8893	3129.2	3484.9	8.1913
600	2.013	3301.4	3704.0	8.7770	1.3414	3300.8	3703.2	8.5892	1.0055	3300.2	3702.4	8.4558
700	2.244	3478.8	3927.6	9.0194	1.4957	3478.4	3927.1	8.8319	1.1215	3477.9	3926.5	8.6987
800	2.475	3663.1	4158.2	9.2449	1.6499	3662.9	4157.8	9.0576	1.2372	3662.4	4157.3	8.9244
900	2.706	3854.5	4395.8	9.4566	1.8041	3854.2	4395.4	9.2692	1.3529	3853.9	4395.1	9.1362
1000	2.937	4052.5	4640.0	9.6563	1.9581	4052.3	4639.7	9.4690	1.4685	4052.0	4639.4	9.3360
1100	3.168	4257.0	4890.7	9.8458	2.1121	4256.8	4890.4	9.6585	1.5840	4256.5	4890.2	9.5256
1200	3.399	4467.5	5147.3	10.0262	2.2661	4467.2	5147.1	9.8389	1.6996	4467.0	5146.8	9.7060
1300	3.630	4683.2	5409.3	10.1982	2.4201	4683.0	5409.0	10.0110	1.8151	4682.8	5408.8	9.8780
<b>P = .40 MPa (143.63)</b>												
Sat.	.8857	2529.5	2706.7	7.1272	.6058	2543.6	2725.3	6.9919	.4625	2553.6	2738.6	6.8959
150	.9596	2576.9	2768.8	7.2795	.6339	2570.8	2761.0	7.0778	.4708	2564.5	2752.8	6.9299
200	1.0803	2654.4	2870.5	7.5066	.7163	2650.7	2865.6	7.3115	.5342	2646.8	2860.5	7.1706
250	1.1988	2731.2	2971.0	7.7086	.7964	2728.7	2967.6	7.5166	.5951	2726.1	2964.2	7.3789
300	1.3162	2808.6	3071.8	7.8926	.8753	2806.7	3069.3	7.7022	.6548	2804.8	3066.8	7.5662
400	1.5493	2966.7	3276.6	8.2218	1.0315	2965.6	3275.0	8.0330	.7726	2964.4	3273.4	7.8985
500	1.7814	3130.8	3487.1	8.5133	1.1867	3130.0	3486.0	8.3251	.8893	3129.2	3484.9	8.1913
600	2.013	3301.4	3704.0	8.7770	1.3414	3300.8	3703.2	8.5892	1.0055	3300.2	3702.4	8.4558
700	2.244	3478.8	3927.6	9.0194	1.4957	3478.4	3927.1	8.8319	1.1215	3477.9	3926.5	8.6987
800	2.475	3663.1	4158.2	9.2449	1.6499	3662.9	4157.8	9.0576	1.2372	3662.4	4157.3	8.9244
900	2.706	3854.5	4395.8	9.4566	1.8041	3854.2	4395.4	9.2692	1.3529	3853.9	4395.1	9.1362
1000	2.937	4052.5	4640.0	9.6563	1.9581	4052.3	4639.7	9.4690	1.4685	4052.0	4639.4	9.3360
1100	3.168	4257.0	4890.7	9.8458	2.1121	4256.8	4890.4	9.6585	1.5840	4256.5	4890.2	9.5256
1200	3.399	4467.5	5147.3	10.0262	2.2661	4467.2	5147.1	9.8389	1.6996	4467.0	5146.8	9.7060
1300	3.630	4683.2	5409.3	10.1982	2.4201	4683.0	5409.0	10.0110	1.8151	4682.8	5408.8	9.8780
<b>P = .50 MPa (151.86)</b>												
Sat.	.3749	2561.2	2748.7	6.8213	.3157	2567.4	2756.8	6.7600	.2404	2576.8	2769.1	6.6628
200	.4249	2642.9	2855.4	7.0592	.3520	2638.9	2850.1	6.9665	.2608	2630.6	2839.3	6.8158
250	.4744	2723.5	2960.7	7.2709	.3938	2720.9	2957.2	7.1816	.2931	2715.5	2950.0	7.0384
300	.5226	2802.9	3064.2	7.4599	.4344	2801.0	3061.6	7.3724	.3241	2797.2	3056.5	7.2328
350	.5701	2882.6	3167.7	7.6329	.4742	2881.2	3165.7	7.5464	.3544	2878.2	3161.7	7.4089
400	.6173	2963.2	3271.9	7.7938	.5137	2962.1	3270.3	7.7079	.3843	2959.7	3267.1	7.5716
500	.7109	3128.4	3483.9	8.0873	.5920	3127.6	3482.8	8.0021	.4433	3126.0	3480.6	7.8673
600	.8041	3299.6	3701.7	8.3522	.6697	3299.1	3700.9	8.2674	.5018	3297.9	3699.4	8.1333
700	.8969	3477.5	3925.9	8.5952	.7472	3477.0	3925.3	8.5107	.5601	3476.2	3924.2	8.3770
800	.9896	3662.1	4156.9	8.8211	.8245	3661.8	4156.5	8.7367	.6181	3661.1	4155.6	8.6033
900	1.0822	3853.6	4394.7	9.0329	.9017	3853.4	4394.4	8.9486	.6761	3852.8	4393.7	8.8153
1000	1.1747	4051.8	4639.1	9.2328	.9788	4051.5	4638.8	9.1485	.7340	4051.0	4638.2	9.0153
1100	1.2672	4256.3	4889.9	9.4224	1.0559	4256.1	4889.6	9.3381	.7919	4255.6	4889.1	9.2050
1200	1.3596	4466.8	5146.6	9.6029	1.1330	4466.5	5146.3	9.5185	.8497	4466.1	5145.9	9.3855
1300	1.4521	4682.5	5408.6	9.7749	1.2101	4682.3	5408.3	9.6906	.9076	4681.8	5407.9	9.5575
<b>P = .60 MPa (158.85)</b>												
Sat.	.3749	2561.2	2748.7	6.8213	.3157	2567.4	2756.8	6.7600	.2404	2576.8	2769.1	6.6628
200	.4249	2642.9	2855.4	7.0592	.3520	2638.9	2850.1	6.9665	.2608	2630.6	2839.3	6.8158
250	.4744	2723.5	2960.7	7.2709	.3938	2720.9	2957.2	7.1816	.2931	2715.5	2950.0	7.0384
300</												

Vapeur surchauffée

<i>T</i>	<i>v</i>	<i>u</i>	<i>h</i>	<i>s</i>	<i>v</i>	<i>u</i>	<i>h</i>	<i>s</i>	<i>v</i>	<i>u</i>	<i>h</i>	<i>s</i>
<b>P = 2.50 MPa (223.99)</b>												
Sat.	.079 98	2603.1	2803.1	6.2575	.066 68	2604.1	2804.2	6.1869	.057 07	2603.7	2803.4	6.1253
225	.080 27	2605.6	2806.3	6.2639								
250	.087 00	2662.6	2880.1	6.4085	.070 58	2644.0	2855.8	6.2872	.058 72	2623.7	2829.2	6.1749
300	.098 90	2761.6	3008.8	6.6438	.081 14	2750.1	2993.5	6.5390	.068 42	2738.0	2977.5	6.4461
350	.109 76	2851.9	3126.3	6.8403	.090 53	2843.7	3115.3	6.7428	.076 78	2835.3	3104.0	6.6579
400	.120 10	2939.1	3239.3	7.0148	.099 36	2932.8	3230.9	6.9212	.084 53	2926.4	3222.3	6.8405
450	.130 14	3025.5	3350.8	7.1746	.107 87	3020.4	3344.0	7.0834	.091 96	3015.3	3337.2	7.0052
500	.139 98	3112.1	3462.1	7.3234	.116 19	3108.0	3456.5	7.2338	.099 18	3103.0	3450.9	7.1572
600	.159 30	3288.0	3686.3	7.5960	.132 43	3285.0	3682.3	7.5085	.113 24	3282.1	3678.4	7.4339
700	.178 32	3468.7	3914.5	7.8435	.148 38	3466.5	3911.7	7.7571	.126 99	3464.3	3908.8	7.6837
800	.197 16	3655.3	4148.2	8.0720	.164 14	3653.5	4145.9	7.9862	.140 56	3651.8	4143.7	7.9134
900	.215 90	3847.9	4387.6	8.2853	.179 80	3846.5	4385.9	8.1999	.154 02	3845.0	4384.1	8.1276
1000	.2346	4046.7	4633.1	8.4861	.195 41	4045.4	4631.6	8.4009	.167 43	4044.1	4630.1	8.3288
1100	.2532	4251.5	4884.6	8.6762	.210 98	4250.3	4883.3	8.5912	.180 80	4249.2	4881.9	8.5192
1200	.2718	4462.1	5141.7	8.8569	.226 52	4460.9	5140.5	8.7720	.194 15	4459.8	5139.3	8.7000
1300	.2905	4677.8	5404.0	9.0291	.242 06	4676.6	5402.8	8.9442	.207 49	4675.5	5401.7	8.8723
<b>P = 3.00 MPa (233.90)</b>												
Sat.	.049 78	2602.3	2801.4	6.0701	.044 06	2600.1	2798.3	6.0198	.039 44	2597.1	2794.3	5.9734
275	.054 57	2667.9	2886.2	6.2285	.047 30	2650.3	2863.2	6.1401	.041 41	2631.3	2838.3	6.0544
300	.058 84	2725.3	2960.7	6.3615	.051 35	2712.0	2943.1	6.2828	.045 32	2698.0	2924.5	6.2084
350	.066 45	2826.7	3092.5	6.5821	.058 40	2817.8	3080.6	6.5131	.051 94	2808.7	3068.4	6.4493
400	.073 41	2919.9	3213.6	6.7690	.064 75	2913.3	3204.7	6.7047	.057 81	2906.6	3195.7	6.6459
450	.080 02	3010.2	3330.3	6.9363	.070 74	3005.0	3323.3	6.8746	.063 30	2999.7	3316.2	6.8186
500	.086 43	3099.5	3445.3	7.0901	.076 51	3095.3	3439.6	7.0301	.068 57	3091.0	3433.8	6.9759
600	.098 85	3279.1	3674.4	7.3688	.087 65	3276.0	3670.5	7.3110	.078 69	3273.0	3666.5	7.2589
700	.110 95	3462.1	3905.9	7.6198	.098 47	3459.9	3903.0	7.5631	.088 49	3457.6	3900.1	7.5122
800	.122 87	3650.0	4141.5	7.8502	.109 11	3648.3	4139.3	7.7942	.098 11	3646.6	4137.1	7.7440
900	.134 69	3843.6	4382.3	8.0647	.119 65	3842.2	4380.6	8.0091	.107 62	3840.7	4378.8	7.9593
1000	.146 45	4042.9	4628.7	8.2662	.130 13	4041.6	4627.2	8.2108	.117 07	4040.4	4625.7	8.1612
1100	.158 17	4248.0	4880.6	8.4567	.140 56	4246.8	4879.3	8.4015	.126 48	4245.6	4878.0	8.3520
1200	.169 87	4458.6	5138.1	8.6376	.150 98	4457.5	5136.9	8.5825	.135 87	4456.3	5135.7	8.5331
1300	.181 56	4674.3	5400.5	8.8100	.161 39	4673.1	5399.4	8.7549	.145 26	4672.0	5398.2	8.7055
<b>P = 4.0 MPa (250.40)</b>												
Sat.	.032 44	2589.7	2784.3	5.8892	.027 37	2580.5	2772.1	5.8133	.023 52	2569.8	2758.0	5.7432
300	.036 16	2667.2	2884.2	6.0674	.029 47	2632.2	2838.4	5.9305	.024 26	2590.9	2785.0	5.7906
350	.042 23	2789.6	3043.0	6.3335	.035 24	2769.4	3016.0	6.2283	.029 95	2747.7	2987.3	6.1301
400	.047 39	2892.9	3177.2	6.5408	.039 93	2878.6	3158.1	6.4478	.034 32	2863.8	3138.3	6.3634
450	.052 14	2988.9	3301.8	6.7193	.044 16	2978.0	3287.1	6.6327	.038 17	2966.7	3272.0	6.5551
500	.056 65	3082.2	3422.2	6.8803	.048 14	3073.4	3410.3	6.7975	.041 75	3064.3	3398.3	6.7240
550	.061 01	3174.6	3540.6	7.0288	.051 95	3167.2	3530.9	6.9486	.045 16	3159.8	3521.0	6.8778
600	.065 25	3266.9	3658.4	7.1677	.055 65	3260.7	3650.3	7.0894	.048 45	3254.4	3642.0	7.0206
700	.073 52	3453.1	3894.2	7.4234	.062 83	3448.5	3888.3	7.3476	.054 81	3443.9	3882.4	7.2812
800	.081 60	3643.1	4132.7	7.6566	.069 81	3639.5	4128.2	7.5822	.060 97	3636.0	4123.8	7.5173
900	.089 58	3837.8	4375.3	7.8727	.076 69	3835.0	4371.8	7.7991	.067 02	3832.1	4368.3	7.7351
1000	.097 49	4037.8	4622.7	8.0751	.083 50	4035.3	4619.8	8.0020	.073 01	4032.8	4616.9	7.9384
1100	.105 36	4243.3	4875.4	8.2661	.090 27	4240.9	4872.8	8.1933	.078 96	4238.6	4870.3	8.1300
1200	.113 21	4454.0	5133.3	8.4474	.097 03	4451.7	5130.9	8.3747	.084 89	4449.5	5128.5	8.3115
1300	.121 06	4669.6	5396.0	8.6199	.103 77	4667.3	5393.7	8.5473	.090 80	4665.0	5391.5	8.4842
<b>P = 6.0 MPa (275.64)</b>												
Sat.	.020 48	2557.8	2742.1	5.6772	.018 026	2544.4	2724.7	5.6141	.013 495	2505.1	2673.8	5.4624
325	.023 27	2646.6	2856.0	5.8712	.019 861	2610.4	2809.1	5.7568				
350	.025 80	2724.4	2956.6	6.0361	.022 42	2699.2	2923.4	5.9443	.016 126	2624.6	2826.2	5.7118
400	.029 93	2848.4	3117.8	6.2854	.026 41	2832.4	3096.5	6.2120	.020 00	2789.3	3039.3	6.0417
450	.033 50	2955.2	3256.6	6.4844	.029 75	2943.4	3240.9	6.4190	.022 99	2912.5	3199.8	6.2719
500	.036 77	3055.2	3386.1	6.6576	.032 79	3045.8	3373.7	6.5966	.025 60	3021.7	3341.8	6.4618
550	.039 87	3152.2	3511.0	6.8142	.035 64	3144.6	3500.9	6.7561	.028 01	3125.0	3475.2	6.6290
600	.042 85	3248.1	3633.7	6.9589	.038 37	3241.7	3625.3	6.9029	.030 29	3225.4	3604.0	6.7810
650	.045 74	3343.6	3755.3	7.0943	.041 01	3338.2	3748.2	7.0398	.032 48	3324.4	3730.4	6.9218
700	.048 57	3439.3	3876.5	7.2221	.043 58	3434.7	3870.5	7.1687	.034 60	3422.9	3855.3	7.0536
800	.054 09	3632.5	4119.3	7.4596	.048 59	3628.9	4114.8	7.4077	.038 69	3620.0	4103.6	7.2965
900	.059 50	3829.2	4364.8	7.6783	.053 49	3826.3	4361.2	7.6272	.042 67	3819.1	4352.5	7.5182
1000	.064 85	4030.3	4614.0	7.8821	.058 32	4027.8	4611.0	7.8315	.046 58	4021.6	4603.8	7.7237
1100	.070 16	4236.3	4867.7	8.0740	.063 12	4234.0	4865.1	8.0237	.050 45	4228.2	4858.8	7.9165
1200	.075 44	4447.2	5126.2	8.2556	.067 89	4444.9	5123.8	8.2055	.054 30	4439.3	5118.0	8.0987
1300	.080 72	4662.7	5389.2	8.4284	.072 65	4460.5	5387.0	8.3783	.058 13	4654.8	5381.4	8.2717
<b>P = 9.0 MPa (303.40)</b>												
Sat.	.010 337	2455.5	2610.5	5.3098	.007 920	2390.2	2528.8	5.1419	.005 834	2293.0	2409.7	4.9269
350	.011 470	2520.4	2692.4	5.4421								
400	.015 649	2740.7	2975.5	5.8811	.012 447	2685.0	2902.9	5.7213	.009 942	2619.3	2818.1	5.5540
450	.018 445	2879.5	3156.2	6.1404	.015 174	2844.2	3109.7	6.0184	.012 695	2806.2	3060.1	5.9017
500	.020 80	2996.6	3308.6	6.3443	.017 358	2970.3	3274.1	6.2383	.014 768	2942.9	3238.2	6.1401
550	.022 93	3104.7	3448.6	6.5199	.019 288	3083.9	3421.4	6.4230	.016 555	3062.4	3393.5	6.3348
600	.024 91	3208.6	3582.3	6.6776	.021 06	3191.5	3560.1	6.5866	.018 178	3174.0	3537.6	6.5048
650	.026 80	3310.3	3712.3	6.8224	.022 74	3296.0	3693.9	6.7357	.019 693	3281.4	3675.3	6.6582
700	.028 61	3410.9	3840.1	6.9572	.024 34	3398.7	3824.6	6.8736	.021 13	3386.4	3809.0	6.7993
800	.032 10	3610.9	4092.4	7.2040	.027 38	3601.8	4081.1	7.1244	.023 85	3592.7	4069.7	7.0544
900	.035 46	3811.9	4343.8	7.4279	.030 31	3804.7	4335.1	7.3507	.026 45	3797.5	4326.4	7.2830
1000	.038 75	4015.4	4596.6	7.6348	.033 16	4009.3	4589.5	7.5589	.028 97	4003.1	4582.5	7.4925
1100	.042 00	4222.6	4852.6	7.8283	.035 97	4216.9	4846.4	7.7531	.031 45	4211.3	4840.2	7.6874
1200	.045 23	4433.8	5112.3	8.0108	.0							

Vapeur surchauffée

T	P = 25.0 MPa				P = 30.0 MPa				P = 35.0 MPa			
	v	u	h	s	v	u	h	s	v	u	h	s
375	.001 973 1	1798.7	1848.0	4.0320	.001 789 2	1737.8	1791.5	3.9305	.001 700 3	1702.9	1762.4	3.8722
400	.006 004	2430.1	2580.2	5.1418	.002 790	2067.4	2151.1	4.4728	.002 100	1914.1	1987.6	4.2126
425	.007 881	2609.2	2806.3	5.4723	.005 303	2455.1	2614.2	5.1504	.003 428	2253.4	2373.4	4.7747
450	.009 162	2720.7	2949.7	5.6744	.006 735	2619.3	2821.4	5.4424	.004 961	2498.7	2672.4	5.1962
500	.011 123	2884.3	3162.4	5.9592	.008 678	2820.7	3081.1	5.7905	.006 927	2751.9	2994.4	5.6282
550	.012 724	3017.5	3335.6	6.1765	.010 168	2970.3	3275.4	6.0342	.008 345	2921.0	3213.0	5.9026
600	.014 137	3137.9	3491.4	6.3602	.011 446	3100.5	3443.9	6.2331	.009 527	3062.0	3395.5	6.1179
650	.015 433	3251.6	3637.4	6.5229	.012 596	3221.0	3598.9	6.4058	.010 575	3189.8	3559.9	6.3010
700	.016 646	3361.3	3777.5	6.6707	.013 661	3335.8	3745.6	6.5606	.011 533	3309.8	3713.5	6.4631
800	.018 912	3574.3	4047.1	6.9345	.015 623	3555.5	4024.2	6.8332	.013 278	3536.7	4001.5	6.7450
900	.021 045	3783.0	4309.1	7.1680	.017 448	3768.5	4291.9	7.0718	.014 883	3754.0	4274.9	6.9886
1000	.023 10	3990.9	4568.5	7.3802	.019 196	3978.8	4554.7	7.2867	.016 410	3966.7	4541.1	7.2064
1100	.025 12	4200.2	4828.2	7.5765	.020 903	4189.2	4816.3	7.4845	.017 895	4178.3	4804.6	7.4057
1200	.027 11	4412.0	5089.9	7.7605	.022 589	4401.3	5079.0	7.6692	.019 360	4390.7	5068.3	7.5910
1300	.029 10	4626.9	5354.4	7.9342	.024 266	4616.0	5344.0	7.8432	.020 815	4605.1	5333.6	7.7653
T	P = 40.0 MPa				P = 50.0 MPa				P = 60.0 MPa			
	v	u	h	s	v	u	h	s	v	u	h	s
375	.001 640 7	1677.1	1742.8	3.8290	.001 559 4	1638.6	1716.6	3.7639	.001 502 8	1609.4	1699.5	3.7141
400	.001 907 7	1854.6	1930.9	4.1135	.001 730 9	1788.1	1874.6	4.0031	.001 633 5	1745.4	1843.4	3.9318
425	.002 532	2096.9	2198.1	4.5029	.002 007	1959.7	2060.0	4.2734	.001 816 5	1892.7	2001.7	4.1626
450	.003 693	2365.1	2512.8	4.9459	.002 486	2159.6	2284.0	4.5884	.002 085	2053.9	2179.0	4.4121
500	.005 622	2678.4	2903.3	5.4700	.003 892	2525.5	2720.1	5.1726	.002 956	2390.6	2567.9	4.9321
550	.006 984	2869.7	3149.1	5.7785	.005 118	2763.6	3019.5	5.5485	.003 956	2658.8	2896.2	5.3441
600	.008 094	3022.6	3346.4	6.0114	.006 112	2942.0	3247.6	5.8178	.004 834	2861.1	3151.2	5.6452
650	.009 063	3158.0	3520.6	6.2054	.006 966	3093.5	3441.8	6.0342	.005 595	3028.8	3364.5	5.8829
700	.009 941	3283.6	3681.2	6.3750	.007 727	3230.5	3616.8	6.2189	.006 272	3177.2	3553.5	6.0824
800	.011 523	3517.8	3978.7	6.6662	.009 076	3479.8	3933.6	6.5290	.007 459	3441.5	3889.1	6.4109
900	.012 962	3739.4	4257.9	6.9150	.010 283	3710.3	4224.4	6.7882	.008 508	3681.0	4191.5	6.6805
1000	.014 324	3954.6	4527.6	7.1356	.011 411	3930.5	4501.1	7.0146	.009 480	3906.4	4475.2	6.9127
1100	.015 642	4167.4	4793.1	7.3364	.012 496	4145.7	4770.5	7.2184	.010 409	4124.1	4748.6	7.1195
1200	.016 940	4380.1	5057.7	7.5224	.013 561	4359.1	5037.2	7.4058	.011 317	4338.2	5017.2	7.3083
1300	.018 229	4594.3	5323.5	7.6969	.014 616	4572.8	5303.6	7.5808	.012 215	4551.4	5284.3	7.4837

Liquide comprimé

T	P = 5 MPa (263.99)				P = 10 MPa (311.06)				P = 15 MPa (342.24)			
	v	u	h	s	v	u	h	s	v	u	h	s
Sat.	.001 285 9	1147.8	1154.2	2.9202	.001 452 4	1393.0	1407.6	3.3596	.001 658 1	1585.6	1610.5	3.6848
0	.000 997 7	.04	5.04	.0001	.000 995 2	.09	10.04	.0002	.000 992 8	.15	15.05	.0004
20	.000 999 5	83.65	88.65	.2956	.000 997 2	83.36	93.33	.2945	.000 995 0	83.06	97.99	.2934
40	.001 005 6	166.95	171.97	.5705	.001 003 4	166.35	176.38	.5686	.001 001 3	165.76	180.78	.5666
60	.001 014 9	250.23	255.30	.8285	.001 012 7	249.36	259.49	.8258	.001 010 5	248.51	263.67	.8232
80	.001 026 8	333.72	338.85	1.0720	.001 024 5	332.59	342.83	1.0688	.001 022 2	331.48	346.81	1.0656
100	.001 041 0	417.52	422.72	1.3030	.001 038 5	416.12	426.50	1.2992	.001 036 1	414.74	430.28	1.2955
120	.001 057 6	501.80	507.09	1.5233	.001 054 9	500.08	510.64	1.5189	.001 052 2	498.40	514.19	1.5145
140	.001 076 8	586.76	592.15	1.7343	.001 073 7	584.68	595.42	1.7292	.001 070 7	582.66	598.72	1.7242
160	.001 098 8	672.62	678.12	1.9375	.001 095 3	670.13	681.08	1.9317	.001 091 8	667.71	684.09	1.9260
180	.001 124 0	759.63	765.25	2.1341	.001 119 9	756.65	767.84	2.1275	.001 115 9	753.76	770.50	2.1210
200	.001 153 0	848.1	853.9	2.3255	.001 148 0	844.5	856.0	2.3178	.001 143 3	841.0	858.2	2.3104
220	.001 186 6	938.4	944.4	2.5128	.001 180 5	934.1	945.9	2.5039	.001 174 8	929.9	947.5	2.4953
240	.001 226 4	1031.4	1037.5	2.6979	.001 218 7	1026.0	1038.1	2.6872	.001 211 4	1020.8	1039.0	2.6771
260	.001 274 9	1127.9	1134.3	2.8830	.001 264 5	1121.1	1133.7	2.8699	.001 255 0	1114.6	1133.4	2.8576
280					.001 321 6	1220.9	1234.1	3.0548	.001 308 4	1212.5	1232.1	3.0393
300					.001 397 2	1328.4	1342.3	3.2469	.001 377 0	1316.6	1337.3	3.2260
320									.001 472 4	1431.1	1453.2	3.4247
340									.001 631 1	1567.5	1591.9	3.6546
T	P = 20 MPa (365.81)				P = 30 MPa				P = 50 MPa			
	v	u	h	s	v	u	h	s	v	u	h	s
Sat.	.002 036	1785.6	1826.3	4.0139	.001 985 6	.25	29.82	.0001	.000 976 6	.20	49.03	.0014
0	.000 990 4	.19	20.01	.0004	.000 988 6	.82	11.84	.2899	.000 980 4	.81	130.02	.2848
20	.000 992 8	82.77	102.62	.2923	.000 995 1	164.04	193.89	.5607	.000 987 2	161.86	211.21	.5527
40	.000 999 2	165.17	185.16	.5646	.001 004 2	246.06	276.19	.8154	.000 996 2	242.98	292.79	.8052
60	.001 008 4	247.68	267.85	.8206	.001 015 6	328.30	358.77	1.0561	.001 007 3	324.34	374.70	1.0440
80	.001 019 9	330.40	350.80	1.0624	.001 029 0	410.78	441.66	1.2844	.001 020 1	405.88	456.89	1.2703
100	.001 033 7	413.39	434.06	1.2917	.001 044 5	493.59	524.93	1.5018	.001 034 8	487.65	539.39	1.4857
120	.001 049 6	496.76	517.76	1.5102	.001 062 1	576.88	608.75	1.7098	.001 051 5	569.77	622.35	1.6915
140	.001 067 8	580.69	602.04	1.7193	.001 082 1	660.82	693.28	1.9096	.001 070 3	652.41	705.92	1.8891
160	.001 088 5	665.35	687.12	1.9204	.001 104 7	745.59	778.73	2.1024	.001 091 2	735.69	790.25	2.0794
180	.001 112 0	750.95	773.20	2.1147	.001 130 2	831.4	865.3	2.2893	.001 114 6	819.7	875.5	2.2634
200	.001 138 8	837.7	860.5	2.3031	.001 159 0	918.3	953.1	2.4711	.001 140 8	904.7	961.7	2.4419
220	.001 169 3	925.9	949.3	2.4870	.001 192 0	1006.9	1042.6	2.6490	.001 170 2	990.7	1049.2	2.6158
240	.001 204 6	1016.0	1040.0	2.6674	.001 230 3	1097.4	1134.3	2.8243	.001 203 4	1078.1	1138.2	2.7860
260	.001 246 2	1108.6	1133.5	2.8459	.001 275 5	1190.7	1229.0	2.9986	.001 241 5	1167.2	1229.3	2.9537
280	.001 296 5	1204.7	1230.6	3.0248	.001 330 4	1287.9	1327.8	3.1741	.001 286 0	1258.7	1323.0	3.1200
300	.001 359 6	1306.1	1333.3	3.2071	.001 399 7	1390.7	1432.7	3.3539	.001 338 8	1353.3	1420.2	3.2868
320	.001 443 7	1415.7	1444.6	3.3979	.001 492 0	1501.7	1546.5	3.5426	.001 403 2	1452.0	1522.1	3.4557
340	.001 568 4	1539.7	1571.0	3.6075	.001 626 5	1626.6	1675.4	3.7494	.001 483 8	1556.0	1630.2	3.6291
360	.001 822 6	1702.8	1739.3	3.8772	.001 869 1	1781.4	1837.5	4.0012	.001 588 4	1667.2	1746.6	3.8101

**Tableau.4. Solide et vapeur saturée**

Solide et vapeur saturés

Temp. °C <i>T</i>	Volume massique m <sup>3</sup> /kg			Énergie interne kJ/kg			Enthalpie kJ/kg			Entropie kJ/kg·K		
	Pres. kPa <i>P</i>	Solide sat. <i>v<sub>i</sub></i> × 10 <sup>3</sup>	Vapeur sat. <i>v<sub>g</sub></i>	Solide sat. <i>u<sub>i</sub></i>	Subl. <i>u<sub>ig</sub></i>	Vapeur sat. <i>u<sub>g</sub></i>	Solide sat. <i>h<sub>i</sub></i>	Subl. <i>h<sub>ig</sub></i>	Vapeur sat. <i>h<sub>g</sub></i>	Solide sat. <i>s<sub>i</sub></i>	Subl. <i>s<sub>ig</sub></i>	Vapeur sat. <i>s<sub>g</sub></i>
.01	.6113	1.0908	206.1	-333.40	2708.7	2375.3	-333.40	2834.8	2501.4	-1.221	10.378	9.156
0	.6108	1.0908	206.3	-333.43	2708.8	2375.3	-333.43	2834.8	2501.3	-1.221	10.378	9.157
-2	.5176	1.0904	241.7	-337.62	2710.2	2372.6	-337.62	2835.3	2497.7	-1.237	10.456	9.219
-4	.4375	1.0901	283.8	-341.78	2711.6	2369.8	-341.78	2835.7	2494.0	-1.253	10.536	9.283
-6	.3689	1.0898	334.2	-345.91	2712.9	2367.0	-345.91	2836.2	2490.3	-1.268	10.616	9.348
-8	.3102	1.0894	394.4	-350.02	2714.2	2364.2	-350.02	2836.6	2486.6	-1.284	10.698	9.414
-10	.2602	1.0891	466.7	-354.09	2715.5	2361.4	-354.09	2837.0	2482.9	-1.299	10.781	9.481
-12	.2176	1.0888	553.7	-358.14	2716.8	2358.7	-358.14	2837.3	2479.2	-1.315	10.865	9.550
-14	.1815	1.0884	658.8	-362.15	2718.0	2355.9	-362.15	2837.6	2475.5	-1.331	10.950	9.619
-16	.1510	1.0881	786.0	-366.14	2719.2	2353.1	-366.14	2837.9	2471.8	-1.346	11.036	9.690
-18	.1252	1.0878	940.5	-370.10	2720.4	2350.3	-370.10	2838.2	2468.1	-1.362	11.123	9.762
-20	.1035	1.0874	1128.6	-374.03	2721.6	2347.5	-374.03	2838.4	2464.3	-1.377	11.212	9.835
-22	.0853	1.0871	1358.4	-377.93	2722.7	2344.7	-377.93	2838.6	2460.6	-1.393	11.302	9.909
-24	.0701	1.0868	1640.1	-381.80	2723.7	2342.0	-381.80	2838.7	2456.9	-1.408	11.394	9.985
-26	.0574	1.0864	1986.4	-385.64	2724.8	2339.2	-385.64	2838.9	2453.2	-1.424	11.486	10.062
-28	.0469	1.0861	2413.7	-389.45	2725.8	2336.4	-389.45	2839.0	2449.5	-1.439	11.580	10.141
-30	.0381	1.0858	2943	-393.23	2726.8	2333.6	-393.23	2839.0	2445.8	-1.455	11.676	10.221
-32	.0309	1.0854	3600	-396.98	2727.8	2330.8	-396.98	2839.1	2442.1	-1.471	11.773	10.303
-34	.0250	1.0851	4419	-400.71	2728.7	2328.0	-400.71	2839.1	2438.4	-1.486	11.872	10.386
-36	.0201	1.0848	5444	-404.40	2729.6	2325.2	-404.40	2839.1	2434.7	-1.501	11.972	10.470
-38	.0161	1.0844	6731	-408.06	2730.5	2322.4	-408.06	2839.0	2430.9	-1.517	12.073	10.556
-40	.0129	1.0841	8354	-411.70	2731.3	2319.6	-411.70	2838.9	2427.2	-1.532	12.176	10.644

**Tableau.5. Ammoniac saturé**

Ammoniac saturé

Temp. °C	Pres. abs. kPa P	Volume massique m <sup>3</sup> /kg			Enthalpie kJ/kg			Entropie kJ/kg·K		
		Liquide sat.	Évap.	Vapeur sat.	Liquide sat.	Évap.	Vapeur sat.	Liquide sat.	Évap.	Vapeur sat.
		$v_f$	$v_{fg}$	$v_g$	$h_f$	$h_{fg}$	$h_g$	$s_f$	$s_{fg}$	$s_g$
-50	40.88	0.001 424	2.6239	2.6254	-44.3	1416.7	1372.4	-0.1942	6.3502	6.1561
-48	45.96	0.001 429	2.3518	2.3533	-35.5	1411.3	1375.8	-0.1547	6.2696	6.1149
-46	51.55	0.001 434	2.1126	2.1140	-26.6	1405.8	1379.2	-0.1156	6.1902	6.0746
-44	57.69	0.001 439	1.9018	1.9032	-17.8	1400.3	1382.5	-0.0768	6.1120	6.0352
-42	64.42	0.001 444	1.7155	1.7170	-8.9	1394.7	1385.8	-0.0382	6.0349	5.9967
-40	71.77	0.001 449	1.5506	1.5521	0.0	1389.0	1389.0	0.0000	5.9589	5.9589
-38	79.80	0.001 454	1.4043	1.4058	8.9	1383.3	1392.2	0.0380	5.8840	5.9220
-36	88.54	0.001 460	1.2742	1.2757	17.8	1377.6	1395.4	0.0757	5.8101	5.8858
-34	98.05	0.001 465	1.1582	1.1597	26.8	1371.8	1398.5	0.1132	5.7372	5.8504
-32	108.37	0.001 470	1.0547	1.0562	35.7	1365.9	1401.6	0.1504	5.6652	5.8156
-30	119.55	0.001 476	0.9621	0.9635	44.7	1360.0	1404.6	0.1873	5.5942	5.7815
-28	131.64	0.001 481	0.8790	0.8805	53.6	1354.0	1407.6	0.2240	5.5241	5.7481
-26	144.70	0.001 487	0.8044	0.8059	62.6	1347.9	1410.5	0.2605	5.4548	5.7153
-24	158.78	0.001 492	0.7373	0.7388	71.6	1341.8	1413.4	0.2967	5.3864	5.6831
-22	173.93	0.001 498	0.6768	0.6783	80.7	1335.6	1416.2	0.3327	5.3188	5.6515
-20	190.22	0.001 504	0.6222	0.6237	89.7	1329.3	1419.0	0.3684	5.2520	5.6205
-18	207.71	0.001 510	0.5728	0.5743	98.8	1322.9	1421.7	0.4040	5.1860	5.5900
-16	226.45	0.001 515	0.5280	0.5296	107.8	1316.5	1424.4	0.4393	5.1207	5.5600
-14	246.51	0.001 521	0.4874	0.4889	116.9	1310.0	1427.0	0.4744	5.0561	5.5305
-12	267.95	0.001 528	0.4505	0.4520	126.0	1303.5	1429.5	0.5093	4.9922	5.5015
-10	290.85	0.001 534	0.4169	0.4185	135.2	1296.8	1432.0	0.5440	4.9290	5.4730
-8	315.25	0.001 540	0.3863	0.3878	144.3	1290.1	1434.4	0.5785	4.8664	5.4449
-6	341.25	0.001 546	0.3583	0.3599	153.5	1283.3	1436.8	0.6128	4.8045	5.4173
-4	368.90	0.001 553	0.3328	0.3343	162.7	1276.4	1439.1	0.6469	4.7432	5.3901
-2	398.27	0.001 559	0.3094	0.3109	171.9	1269.4	1441.3	0.6808	4.6825	5.3633
0	429.44	0.001 566	0.2879	0.2895	181.1	1262.4	1443.5	0.7145	4.6223	5.3369
2	462.49	0.001 573	0.2683	0.2698	190.4	1255.2	1445.6	0.7481	4.5627	5.3108
4	497.49	0.001 580	0.2502	0.2517	199.6	1248.0	1447.6	0.7815	4.5037	5.2852
6	534.51	0.001 587	0.2335	0.2351	208.9	1240.6	1449.6	0.8148	4.4451	5.2599
8	573.64	0.001 594	0.2182	0.2198	218.3	1233.2	1451.5	0.8479	4.3871	5.2350
10	614.95	0.001 601	0.2040	0.2056	227.6	1225.7	1453.3	0.8808	4.3295	5.2104
12	658.52	0.001 608	0.1910	0.1926	237.0	1218.1	1455.1	0.9136	4.2725	5.1861
14	704.44	0.001 616	0.1789	0.1805	246.4	1210.4	1456.8	0.9463	4.2159	5.1621
16	752.79	0.001 623	0.1677	0.1693	255.9	1202.6	1458.5	0.9788	4.1597	5.1385
18	803.66	0.001 631	0.1574	0.1590	265.4	1194.7	1460.0	1.0112	4.1039	5.1151
20	857.12	0.001 639	0.1477	0.1494	274.9	1186.7	1461.5	1.0434	4.0486	5.0920
22	913.27	0.001 647	0.1388	0.1405	284.4	1178.5	1462.9	1.0755	3.9937	5.0692
24	972.19	0.001 655	0.1305	0.1322	294.0	1170.3	1464.3	1.1075	3.9392	5.0467
26	1033.97	0.001 663	0.1228	0.1245	303.6	1162.0	1465.6	1.1394	3.8850	5.0244
28	1098.71	0.001 671	0.1156	0.1173	313.2	1153.6	1466.8	1.1711	3.8312	5.0023
30	1166.49	0.001 680	0.1089	0.1106	322.9	1145.0	1467.9	1.2028	3.7777	4.9805
32	1237.41	0.001 689	0.1027	0.1044	332.6	1136.4	1469.0	1.2343	3.7246	4.9589
34	1311.55	0.001 698	0.0969	0.0986	342.3	1127.6	1469.9	1.2656	3.6718	4.9374
36	1389.03	0.001 707	0.0914	0.0931	352.1	1118.7	1470.8	1.2969	3.6192	4.9161
38	1469.92	0.001 716	0.0863	0.0880	361.9	1109.7	1471.5	1.3281	3.5669	4.8950
40	1554.33	0.001 726	0.0815	0.0833	371.7	1100.5	1472.2	1.3591	3.5148	4.8740
42	1642.35	0.001 735	0.0771	0.0788	381.6	1091.2	1472.8	1.3901	3.4630	4.8530
44	1734.09	0.001 745	0.0728	0.0746	391.5	1081.7	1473.2	1.4209	3.4112	4.8322
46	1829.65	0.001 756	0.0689	0.0707	401.5	1072.0	1473.5	1.4518	3.3595	4.8113
48	1929.13	0.001 766	0.0652	0.0669	411.5	1062.2	1473.7	1.4826	3.3079	4.7905
50	2032.62	0.001 777	0.0617	0.0635	421.7	1052.0	1473.7	1.5135	3.2561	4.7696

Ammoniac surchauffé

Pres. abs. kPa (Temp. de sat.)	Température, °C												
	-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	100	
	°C												
50 (-46.54)	v	2.4474	2.5481	2.6482	2.7479	2.8473	2.9464	3.0453	3.1441	3.2427	3.3413	3.4397	
	h	1435.8	1457.0	1478.1	1499.2	1520.4	1541.7	1563.0	1584.5	1606.1	1627.8	1649.7	
	s	6.3256	6.4077	6.4865	6.5625	6.6360	6.7073	6.7766	6.8441	6.9099	6.9743	7.0372	
75 (-39.18)	v	1.6233	1.6915	1.7591	1.8263	1.8932	1.9597	2.0261	2.0923	2.1584	2.2244	2.2903	
	h	1433.0	1454.7	1476.1	1497.5	1518.9	1540.3	1561.8	1583.4	1605.1	1626.9	1648.9	
	s	6.1190	6.2028	6.2828	6.3597	6.4339	6.5058	6.5756	6.6434	6.7096	6.7742	6.8373	
100 (-33.61)	v	1.2110	1.2631	1.3145	1.3654	1.4160	1.4664	1.5165	1.5664	1.6163	1.6659	1.7155	1.8145
	h	1430.1	1452.2	1474.1	1495.7	1517.3	1538.9	1560.5	1582.2	1604.1	1626.0	1648.0	1692.6
	s	5.9695	6.0552	6.1366	6.2144	6.2894	6.3618	6.4321	6.5003	6.5668	6.6316	6.6950	6.8177
125 (-29.08)	v	0.9635	1.0059	1.0476	1.0889	1.1297	1.1703	1.2107	1.2509	1.2909	1.3309	1.3707	1.4501
	h	1427.2	1449.8	1472.0	1493.9	1515.7	1537.5	1559.3	1581.1	1603.0	1625.0	1647.2	1691.8
	s	5.8512	5.9389	6.0217	6.1006	6.1763	6.2494	6.3201	6.3887	6.4555	6.5206	6.5842	6.7072
150 (-25.23)	v	0.7984	0.8344	0.8697	0.9045	0.9388	0.9729	1.0068	1.0405	1.0740	1.1074	1.1408	1.2072
	h	1424.1	1447.3	1469.8	1492.1	1514.1	1536.1	1558.0	1580.0	1602.0	1624.1	1646.3	1691.1
	s	5.7526	5.8424	5.9266	6.0066	6.0831	6.1568	6.2280	6.2970	6.3641	6.4295	6.4933	6.6167

## Tableau.6. Ammoniac surchauffé

### Ammoniac surchauffé

Pres. abs. kPa (Temp. de sat.) °C		Température, °C											
		-20	-10	0	10	20	30	40	50	60	70	80	100
200 (-18.86)	v		0.6199	0.6471	0.6738	0.7001	0.7261	0.7519	0.7774	0.8029	0.8282	0.8533	0.9035
	h		1442.0	1465.5	1488.4	1510.9	1533.2	1555.5	1577.7	1599.9	1622.2	1644.6	1689.6
	s		5.6863	5.7737	5.8559	5.9342	6.0091	6.0813	6.1512	6.2189	6.2849	6.3491	6.4732
250 (-13.67)	v		0.4910	0.5135	0.5354	0.5568	0.5780	0.5989	0.6196	0.6401	0.6605	0.6809	0.7212
	h		1436.6	1461.0	1484.5	1507.6	1530.3	1552.9	1575.4	1597.8	1620.3	1642.8	1688.2
	s		5.5609	5.6517	5.7365	5.8165	5.8928	5.9661	6.0368	6.1052	6.1717	6.2365	6.3613
300 (-9.23)	v			0.4243	0.4430	0.4613	0.4792	0.4968	0.5143	0.5316	0.5488	0.5658	0.5997
	h			1456.3	1480.6	1504.2	1527.4	1550.3	1573.0	1595.7	1618.4	1641.1	1686.7
	s			5.5493	5.6366	5.7186	5.7963	5.8707	5.9423	6.0114	6.0785	6.1437	6.2693
350 (-5.35)	v			0.3605	0.3770	0.3929	0.4086	0.4239	0.4391	0.4541	0.4689	0.4837	0.5129
	h			1451.5	1476.5	1500.7	1524.4	1547.6	1570.7	1593.6	1616.5	1639.3	1685.2
	s			5.4600	5.5502	5.6342	5.7135	5.7890	5.8615	5.9314	5.9990	6.0647	6.1910
400 (-1.89)	v			0.3125	0.3274	0.3417	0.3556	0.3692	0.3826	0.3959	0.4090	0.4220	0.4478
	h			1446.5	1472.4	1497.2	1521.3	1544.9	1568.3	1591.5	1614.5	1637.6	1683.7
	s			5.3803	5.4735	5.5597	5.6405	5.7173	5.7907	5.8613	5.9296	5.9957	6.1228
450 (1.26)	v			0.2752	0.2887	0.3017	0.3143	0.3266	0.3387	0.3506	0.3624	0.3740	0.3971
	h			1441.3	1468.1	1493.6	1518.2	1542.2	1565.9	1589.3	1612.6	1635.8	1682.2
	s			5.3078	5.4042	5.4926	5.5752	5.6532	5.7275	5.7989	5.8678	5.9345	6.0623

### Ammoniac surchauffé

Pres. abs. kPa (Temp. de sat.) °C		Température, °C											
		20	30	40	50	60	70	80	100	120	140	160	180
500 (4.14)	v	0.2698	0.2813	0.2926	0.3036	0.3144	0.3251	0.3357	0.3565	0.3771	0.3975		
	h	1489.9	1515.0	1539.5	1563.4	1587.1	1610.6	1634.0	1680.7	1727.5	1774.7		
	s	5.4314	5.5157	5.5950	5.6704	5.7425	5.8120	5.8793	6.0079	6.1301	6.2472		
600 (9.29)	v	0.2217	0.2317	0.2414	0.2508	0.2600	0.2691	0.2781	0.2957	0.3130	0.3302		
	h	1482.4	1508.6	1533.8	1558.5	1582.7	1606.6	1630.4	1677.7	1724.9	1772.4		
	s	5.3222	5.4102	5.4923	5.5697	5.6436	5.7144	5.7826	5.9129	6.0363	6.1541		
700 (13.81)	v	0.1874	0.1963	0.2048	0.2131	0.2212	0.2291	0.2369	0.2522	0.2672	0.2821		
	h	1474.5	1501.9	1528.1	1553.4	1578.2	1602.6	1626.8	1674.6	1722.4	1770.2		
	s	5.2259	5.3179	5.4029	5.4826	5.5582	5.6303	5.6997	5.8316	5.9562	6.0749		
800 (17.86)	v	0.1615	0.1696	0.1773	0.1848	0.1920	0.1991	0.2060	0.2196	0.2329	0.2459	0.2589	
	h	1466.3	1495.0	1522.2	1548.3	1573.7	1598.6	1623.1	1671.6	1719.8	1768.0	1816.4	
	s	5.1387	5.2351	5.3232	5.4053	5.4827	5.5562	5.6268	5.7603	5.8861	6.0057	6.1202	
900 (21.54)	v		0.1488	0.1559	0.1627	0.1693	0.1757	0.1820	0.1942	0.2061	0.2178	0.2294	
	h		1488.0	1516.2	1543.0	1569.1	1594.4	1619.4	1668.5	1717.1	1765.7	1814.4	
	s		5.1593	5.2508	5.3354	5.4147	5.4897	5.5614	5.6968	5.8237	5.9442	6.0594	
1000 (24.91)	v		0.1321	0.1388	0.1450	0.1511	0.1570	0.1627	0.1739	0.1847	0.1954	0.2058	0.2162
	h		1480.6	1510.0	1537.7	1564.4	1590.3	1615.6	1665.4	1714.5	1763.4	1812.4	1861.7
	s		5.0889	5.1840	5.2713	5.3525	5.4299	5.5021	5.6392	5.7674	5.8888	6.0047	6.1159
1200 (30.96)	v			0.1129	0.1185	0.1238	0.1289	0.1338	0.1434	0.1526	0.1616	0.1705	0.1792
	h			1497.1	1526.6	1554.7	1581.7	1608.0	1659.2	1709.2	1758.9	1808.5	1858.2
	s			5.0629	5.1560	5.2416	5.3215	5.3970	5.5379	5.6687	5.7919	5.9091	6.0214
1400 (36.28)	v			0.0944	0.0995	0.1042	0.1088	0.1132	0.1216	0.1297	0.1376	0.1452	0.1528
	h			1483.4	1515.1	1544.7	1573.0	1600.2	1652.8	1703.9	1754.3	1804.5	1854.7
	s			4.9534	5.0530	5.1434	5.2270	5.3053	5.4501	5.5836	5.7087	5.8273	5.9406
1600 (41.05)	v				0.0851	0.0895	0.0937	0.0977	0.1053	0.1125	0.1195	0.1263	0.1330
	h				1502.9	1534.4	1564.0	1592.3	1646.4	1698.5	1749.7	1800.5	1851.2
	s				4.9584	5.0543	5.1419	5.2232	5.3722	5.5084	5.6355	5.7555	5.8699
1800 (45.39)	v				0.0739	0.0781	0.0820	0.0856	0.0926	0.0992	0.1055	0.1116	0.1177
	h				1490.0	1523.5	1554.6	1584.1	1639.8	1693.1	1745.1	1796.5	1847.7
	s				4.8693	4.9715	5.0635	5.1482	5.3018	5.4409	5.5699	5.6914	5.8069
2000 (49.38)	v				0.0648	0.0688	0.0725	0.0760	0.0824	0.0885	0.0943	0.0999	0.1054
	h				1476.1	1512.0	1544.9	1575.6	1633.2	1687.6	1740.4	1792.4	1844.1
	s				4.7834	4.8930	4.9902	5.0786	5.2371	5.3793	5.5104	5.6333	5.7499

### Tableau.7. Fréon 12 saturé

Fréon 12 saturé										
Temp. °C	Pres. abs. MPa P	Volume massique m <sup>3</sup> /kg			Enthalpie kJ/kg			Entropie kJ/kg·K		
		Liquide sat. v <sub>f</sub>	Évap. v <sub>fg</sub>	Vapeur sat. v <sub>g</sub>	Liquide sat. h <sub>f</sub>	Évap. h <sub>fg</sub>	Vapeur sat. h <sub>g</sub>	Liquide sat. s <sub>f</sub>	Évap. s <sub>fg</sub>	Vapeur sat. s <sub>g</sub>
		-90	0.0028	0.000 608	4.414 937	4.415 545	-43.243	189.618	146.375	-0.2084
-85	0.0042	0.000 612	3.036 704	3.037 316	-38.968	187.608	148.640	-0.1854	0.9970	0.8116
-80	0.0062	0.000 617	2.137 728	2.138 345	-34.688	185.612	150.924	-0.1630	0.9609	0.7979
-75	0.0088	0.000 622	1.537 030	1.537 651	-30.401	183.625	153.224	-0.1411	0.9266	0.7855
-70	0.0123	0.000 627	1.126 654	1.127 280	-26.103	181.640	155.536	-0.1197	0.8940	0.7744
-65	0.0168	0.000 632	0.840 534	0.841 166	-21.793	179.651	157.857	-0.0987	0.8630	0.7643
-60	0.0226	0.000 637	0.637 274	0.637 910	-17.469	177.653	160.184	-0.0782	0.8334	0.7552
-55	0.0300	0.000 642	0.490 358	0.491 000	-13.129	175.641	162.512	-0.0581	0.8051	0.7470
-50	0.0391	0.000 648	0.382 457	0.383 105	-8.772	173.611	164.840	-0.0384	0.7779	0.7396
-45	0.0504	0.000 654	0.302 029	0.302 682	-4.396	171.558	167.163	-0.0190	0.7519	0.7329
-40	0.0642	0.000 659	0.241 251	0.241 910	-0.000	169.479	169.479	-0.0000	0.7269	0.7269
-35	0.0807	0.000 666	0.194 732	0.195 398	4.416	167.368	171.784	0.0187	0.7027	0.7214
-30	0.1004	0.000 672	0.158 703	0.159 375	8.854	165.222	174.076	0.0371	0.6795	0.7165
-25	0.1237	0.000 679	0.130 487	0.131 166	13.315	163.037	176.352	0.0552	0.6570	0.7121
-20	0.1509	0.000 685	0.108 162	0.108 847	17.800	160.810	178.610	0.0730	0.6352	0.7082
-15	0.1826	0.000 693	0.090 326	0.091 018	22.312	158.534	180.846	0.0906	0.6141	0.7046
-10	0.2191	0.000 700	0.075 946	0.076 646	26.851	156.207	183.058	0.1079	0.5936	0.7014
-5	0.2610	0.000 708	0.064 255	0.064 963	31.420	153.823	185.243	0.1250	0.5736	0.6986
0	0.3086	0.000 716	0.054 673	0.055 389	36.022	151.376	187.397	0.1418	0.5542	0.6960
5	0.3626	0.000 724	0.046 761	0.047 485	40.659	148.859	189.518	0.1585	0.5351	0.6937
10	0.4233	0.000 733	0.040 180	0.040 914	45.337	146.265	191.602	0.1750	0.5165	0.6916
15	0.4914	0.000 743	0.034 671	0.035 413	50.058	143.586	193.644	0.1914	0.4983	0.6897
20	0.5673	0.000 752	0.030 028	0.030 780	54.828	140.812	195.641	0.2076	0.4803	0.6879
25	0.6516	0.000 763	0.026 091	0.026 854	59.653	137.933	197.586	0.2237	0.4626	0.6863
30	0.7449	0.000 774	0.022 734	0.023 508	64.539	134.936	199.475	0.2397	0.4451	0.6848
35	0.8477	0.000 786	0.019 855	0.020 641	69.494	131.805	201.299	0.2557	0.4277	0.6834
40	0.9607	0.000 798	0.017 373	0.018 171	74.527	128.525	203.051	0.2716	0.4104	0.6820
45	1.0843	0.000 811	0.015 220	0.016 032	79.647	125.074	204.722	0.2875	0.3931	0.6806
50	1.2193	0.000 826	0.013 344	0.014 170	84.868	121.430	206.298	0.3034	0.3758	0.6792
55	1.3663	0.000 841	0.011 701	0.012 542	90.201	117.565	207.766	0.3194	0.3582	0.6777
60	1.5259	0.000 858	0.010 253	0.011 111	95.665	113.443	209.109	0.3355	0.3405	0.6760
65	1.6988	0.000 877	0.008 971	0.009 847	101.279	109.024	210.303	0.3518	0.3224	0.6742
70	1.8858	0.000 897	0.007 828	0.008 725	107.067	104.255	211.321	0.3683	0.3038	0.6721
75	2.0874	0.000 920	0.006 802	0.007 723	113.058	99.068	212.126	0.3851	0.2845	0.6697
80	2.3046	0.000 946	0.005 875	0.006 821	119.291	93.373	212.665	0.4023	0.2644	0.6667
85	2.5380	0.000 976	0.005 029	0.006 005	125.818	87.047	212.865	0.4201	0.2430	0.6631
90	2.7885	0.001 012	0.004 246	0.005 258	132.708	79.907	212.614	0.4385	0.2200	0.6585
95	3.0569	0.001 056	0.003 508	0.004 563	140.068	71.658	211.726	0.4579	0.1946	0.6526
100	3.3440	0.001 113	0.002 790	0.003 903	148.076	61.768	209.843	0.4788	0.1655	0.6444
105	3.6509	0.001 197	0.002 045	0.003 242	157.085	49.014	206.099	0.5023	0.1296	0.6319
110	3.9784	0.001 364	0.001 098	0.002 462	168.059	28.425	196.484	0.5322	0.0742	0.6064
112	4.1155	0.001 792	0.000 005	0.001 797	174.920	0.151	175.071	0.5651	0.0004	0.5655

Fréon 12 surchauffé

Temp. °C	v m <sup>3</sup> /kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K	v m <sup>3</sup> /kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K	v m <sup>3</sup> /kg	h kJ/kg	s kJ/kg·K
<b>0.05 MPa</b>									
-20.0	0.341 857	181.042	0.7912	0.167 701	179.861	0.7401			
-10.0	0.356 227	186.757	0.8133	0.175 222	185.707	0.7628	0.114 716	184.619	0.7318
0.0	0.370 508	192.567	0.8350	0.182 647	191.628	0.7849	0.119 866	190.660	0.7543
10.0	0.384 716	198.471	0.8562	0.189 994	197.628	0.8064	0.124 932	196.762	0.7763
20.0	0.398 863	204.469	0.8770	0.197 277	203.707	0.8275	0.129 930	202.927	0.7977
30.0	0.412 959	210.557	0.8974	0.204 506	209.866	0.8482	0.134 873	209.160	0.8186
40.0	0.427 012	216.733	0.9175	0.211 691	216.104	0.8684	0.139 768	215.463	0.8390
50.0	0.441 030	222.997	0.9372	0.218 839	222.421	0.8883	0.144 625	221.835	0.8591
60.0	0.455 017	229.344	0.9565	0.225 955	228.815	0.9078	0.149 450	228.277	0.8787
70.0	0.468 978	235.774	0.9755	0.233 044	235.285	0.9269	0.154 247	234.789	0.8980
80.0	0.482 917	242.282	0.9942	0.240 111	241.829	0.9457	0.159 020	241.371	0.9169
90.0	0.496 838	248.868	1.0126	0.247 159	248.446	0.9642	0.163 774	248.020	0.9354
<b>0.20 MPa</b>									
0.0	0.088 608	189.669	0.7320	0.069 752	188.644	0.7139	0.057 150	187.583	0.6984
10.0	0.092 550	195.878	0.7543	0.073 024	194.969	0.7366	0.059 984	194.034	0.7216
20.0	0.096 418	202.135	0.7760	0.076 218	201.322	0.7587	0.062 734	200.490	0.7440
30.0	0.100 228	208.446	0.7972	0.079 350	207.715	0.7801	0.065 418	206.969	0.7658
40.0	0.103 989	214.814	0.8178	0.082 431	214.153	0.8010	0.068 049	213.480	0.7869
50.0	0.107 710	221.243	0.8381	0.085 470	220.642	0.8214	0.070 635	220.030	0.8075
60.0	0.111 397	227.735	0.8578	0.088 474	227.185	0.8413	0.073 185	226.627	0.8276
70.0	0.115 055	234.291	0.8772	0.091 449	233.785	0.8608	0.075 705	233.273	0.8473
80.0	0.118 690	240.910	0.8962	0.094 398	240.443	0.8800	0.078 200	239.971	0.8665
90.0	0.122 304	247.593	0.9149	0.097 327	247.160	0.8987	0.080 673	246.723	0.8853
100.0	0.125 901	254.339	0.9332	0.100 238	253.936	0.9171	0.083 127	253.530	0.9038
110.0	0.129 483	261.147	0.9512	0.103 134	260.770	0.9352	0.085 566	260.391	0.9220

## Tableau.8. Fréon 12 surchauffé

Fréon 12 surchauffé

Temp. °C	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/kg·K	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/kg·K	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/kg·K
<b>0.40 MPa</b>									
20.0	0.045 836	198.762	0.7199	0.035 646	196.935	0.6999	0.030 422	202.116	0.7063
30.0	0.047 971	205.428	0.7423	0.037 464	203.814	0.7230	0.031 966	209.154	0.7291
40.0	0.050 046	212.095	0.7639	0.039 214	210.656	0.7452	0.033 450	216.141	0.7511
50.0	0.052 072	218.779	0.7849	0.040 911	217.484	0.7667	0.034 887	223.104	0.7723
60.0	0.054 059	225.488	0.8054	0.042 565	224.315	0.7875	0.036 285	230.062	0.7929
70.0	0.056 014	232.230	0.8253	0.044 184	231.161	0.8077	0.037 653	237.027	0.8129
80.0	0.057 941	239.012	0.8448	0.045 774	238.031	0.8275	0.038 995	244.009	0.8324
90.0	0.059 846	245.837	0.8638	0.047 340	244.932	0.8467	0.040 316	251.016	0.8514
100.0	0.061 731	252.707	0.8825	0.048 886	251.869	0.8656	0.041 619	258.053	0.8700
110.0	0.063 600	259.624	0.9008	0.050 415	258.845	0.8840	0.042 907	265.124	0.8882
120.0	0.065 455	266.590	0.9187	0.051 929	265.862	0.9021	0.044 181	272.231	0.9061
130.0	0.067 298	273.605	0.9364	0.053 430	272.923	0.9198			
<b>0.50 MPa</b>									
40.0	0.026 761	207.580	0.7148	0.022 830	205.924	0.7016	0.019 744	204.170	0.6982
50.0	0.028 100	214.745	0.7373	0.024 068	213.290	0.7248	0.020 912	211.765	0.7131
60.0	0.029 387	221.854	0.7590	0.025 247	220.558	0.7469	0.022 012	219.212	0.7358
70.0	0.030 632	228.931	0.7799	0.026 380	227.766	0.7682	0.023 062	226.564	0.7575
80.0	0.031 843	235.997	0.8002	0.027 477	234.941	0.7888	0.024 072	233.856	0.7785
90.0	0.033 027	243.066	0.8199	0.028 545	242.101	0.8088	0.025 051	241.113	0.7987
100.0	0.034 189	250.146	0.8392	0.029 588	249.260	0.8283	0.026 005	248.355	0.8184
110.0	0.035 332	257.247	0.8579	0.030 612	256.428	0.8472	0.026 937	255.593	0.8376
120.0	0.036 458	264.374	0.8763	0.031 619	263.613	0.8657	0.027 851	262.839	0.8562
130.0	0.037 572	271.531	0.8943	0.032 612	270.820	0.8838	0.028 751	270.100	0.8745
140.0	0.038 673	278.720	0.9119	0.033 592	278.055	0.9016	0.029 639	277.381	0.8923
150.0	0.039 764	285.946	0.9292	0.034 563	285.320	0.9189	0.030 515	284.687	0.9098
<b>0.60 MPa</b>									
50.0	0.018 366	210.162	0.7021	0.014 483	206.661	0.6812	0.012 579	211.457	0.6876
60.0	0.019 410	217.810	0.7254	0.015 463	214.805	0.7060	0.013 448	219.822	0.7123
70.0	0.020 397	225.319	0.7476	0.016 368	222.687	0.7293	0.014 247	227.891	0.7355
80.0	0.021 341	232.739	0.7689	0.017 221	230.398	0.7514	0.014 997	235.766	0.7575
90.0	0.022 251	240.101	0.7895	0.018 032	237.995	0.7727	0.015 710	243.512	0.7785
100.0	0.023 133	247.430	0.8094	0.018 812	245.518	0.7931	0.016 393	251.170	0.7988
110.0	0.023 993	254.743	0.8287	0.019 567	252.993	0.8129	0.017 053	258.770	0.8183
120.0	0.024 835	262.053	0.8475	0.020 301	260.441	0.8320	0.017 695	266.334	0.8373
130.0	0.025 661	269.369	0.8659	0.021 018	267.875	0.8507	0.018 321	273.877	0.8558
140.0	0.026 474	276.699	0.8839	0.021 721	275.307	0.8689	0.018 934	281.411	0.8738
150.0	0.027 275	284.047	0.9015	0.022 412	282.745	0.8867	0.019 535	288.946	0.8914
160.0	0.028 068	291.419	0.9187	0.023 093	290.195	0.9041			
<b>0.70 MPa</b>									
70.0	0.011 208	216.650	0.6959	0.009 406	213.049	0.6794	0.008 704	218.859	0.6909
80.0	0.011 984	225.177	0.7204	0.010 187	222.198	0.7057	0.009 406	228.056	0.7166
90.0	0.012 698	233.390	0.7433	0.010 884	230.835	0.7298	0.010 035	236.760	0.7402
100.0	0.013 366	241.397	0.7651	0.011 526	239.155	0.7524	0.010 615	245.154	0.7624
110.0	0.014 000	249.264	0.7859	0.012 126	247.264	0.7739	0.011 159	253.341	0.7835
120.0	0.014 608	257.035	0.8059	0.012 697	255.228	0.7944	0.011 676	261.384	0.8037
130.0	0.015 195	264.742	0.8253	0.013 244	263.094	0.8141	0.012 172	269.327	0.8232
140.0	0.015 765	272.406	0.8440	0.013 772	270.891	0.8332	0.012 651	277.201	0.8420
150.0	0.016 320	280.044	0.8623	0.014 284	278.642	0.8518	0.013 116	285.027	0.8603
160.0	0.016 864	287.669	0.8801	0.014 784	286.364	0.8698	0.013 570	292.822	0.8781
170.0	0.017 398	295.290	0.8975	0.015 272	294.069	0.8874	0.014 013	300.598	0.8955
180.0	0.017 923	302.914	0.9145	0.015 752	301.767	0.9046			
<b>0.80 MPa</b>									
90.0	0.006 595	219.562	0.6823	0.005 231	220.529	0.6770	0.004 324	222.121	0.6750
100.0	0.007 264	229.852	0.7103	0.005 886	232.068	0.7075	0.004 959	234.875	0.7078
110.0	0.007 837	239.271	0.7352	0.006 419	242.208	0.7336	0.005 456	245.661	0.7349
120.0	0.008 351	248.192	0.7582	0.006 887	251.632	0.7573	0.005 884	255.524	0.7591
130.0	0.008 827	256.794	0.7798	0.007 313	260.620	0.7793	0.006 270	264.846	0.7814
140.0	0.009 273	265.180	0.8003	0.007 709	269.319	0.8001	0.006 626	273.817	0.8023
150.0	0.009 697	273.414	0.8200	0.008 083	277.817	0.8200	0.006 961	282.545	0.8222
160.0	0.010 104	281.540	0.8390	0.008 439	286.171	0.8391	0.007 279	291.100	0.8413
170.0	0.010 497	289.589	0.8574	0.008 782	294.422	0.8575	0.007 584	299.528	0.8597
180.0	0.010 879	297.583	0.8752	0.009 114	302.597	0.8753	0.007 878	307.864	0.8775
190.0	0.011 250	305.540	0.8926	0.009 436	310.718	0.8927			
200.0	0.011 614	313.472	0.9095						
<b>1.00 MPa</b>									
50.0	0.018 366	210.162	0.7021	0.014 483	206.661	0.6812	0.012 579	211.457	0.6876
60.0	0.019 410	217.810	0.7254	0.015 463	214.805	0.7060	0.013 448	219.822	0.7123
70.0	0.020 397	225.319	0.7476	0.016 368	222.687	0.7293	0.014 247	227.891	0.7355
80.0	0.021 341	232.739	0.7689	0.017 221	230.398	0.7514	0.014 997	235.766	0.7575
90.0	0.022 251	240.101	0.7895	0.018 032	237.995	0.7727	0.015 710	243.512	0.7785
100.0	0.023 133	247.430	0.8094	0.018 812	245.518	0.7931	0.016 393	251.170	0.7988
110.0	0.023 993	254.743	0.8287	0.019 567	252.993	0.8129	0.017 053	258.770	0.8183
120.0	0.024 835	262.053	0.8475	0.020 301	260.441	0.8320	0.017 695	266.334	0.8373
130.0	0.025 661	269.369	0.8659	0.021 018	267.875	0.8507	0.018 321	273.877	0.8558
140.0	0.026 474	276.699	0.8839	0.021 721	275.307	0.8689	0.018 934	281.411	0.8738
150.0	0.027 275	284.047	0.9015	0.022 412	282.745	0.8867	0.019 535	288.946	0.8914
160.0	0.028 068	291.419	0.9187	0.023 093	290.195	0.9041			
<b>1.20 MPa</b>									
70.0	0.011 208	216.650	0.6959	0.009 406	213.049	0.6794	0.008 704	218.859	0.6909
80.0	0.011 984	225.177	0.7204	0.010 187	222.198	0.7057	0.009 406	228.056	0.7166
90.0	0.012 698	233.390	0.7433	0.010 884	230.835	0.7298	0.010 035	236.760	0.7402
100.0	0.013 366	241.397	0.7651	0.011 526	239.155	0.7524	0.010 615	245.154	0.7624
110.0	0.014 000	249.264	0.7859	0.012 126	247.264	0.7739	0.011 159	253.341	0.7835
120.0	0.014 608	257.035	0.8059	0.012 697	255.228	0.7944	0.011 676	261.384	0.8037
130.0	0.015 195	264.742	0.8253	0.013 244	263.094	0.8141	0.012 172	269.327	0.8232
140.0	0.015 765	272.406	0.8440	0.013 772	270.891	0.8332	0.012 651	277.201	0.8420
150.0	0.016 320	280.044	0.8623	0.014 284	278.642	0.8518	0.013 116	285.027	0.8603
160.0	0.016 864	287.669	0.8801	0.014 784	286.364	0.8698	0.013 570	292.822	0.8781
170.0	0.017 398	295.290	0.8975	0.015 272	294.069	0.8874	0.014 013	300.598	0.8955
180.0	0.017 923	302.914	0.9145	0.015 752	301.767	0.9046			
<b>1.40 MPa</b>									
90.0	0.006 595	219.562	0.6823	0.005 231	220.529	0.6770	0.004 324	222.121	0.6750
100.0	0.007 264	229.852	0.7103	0.005 886	232.068	0.7075	0.004 959	234.875	0.7078
110.0	0.007 837	239.271	0.7352	0.006 419	242.208	0.7336	0.005 456	245.661	0.7349
120.0	0.008 351	248.192	0.7582	0.006 887	251.632	0.7573	0.005 884	255.524	0.7591
130.0	0.008 827	256.794	0.7798	0.007 313	260.620	0.7793	0.006 270	264.846	0.7814
140.0	0.009 273	265.180	0.8003	0.007 709	269.319	0.8001	0.006 626	273.817	0.8023
150.0	0.009 697	273.414	0.8200	0.008 083	277.817	0.8200	0.006 961	282.545	0.8222
160.0	0.010 104	281.540	0.8390	0.008 439	286.171	0.8391	0.007 279	291.100	0.8413
170.0	0.010 497	289.589	0.8574	0.008 782	294.422	0.8575	0.007 584	299.528	0.8597
180.0	0.010 879	297.583	0.8752	0.009 114	302.597	0.8753	0.007 878	307.864	0.8775
190.0	0.011 250	305.540	0.8926						
200.0	0.011 614	313.472	0.9095						

**Tableau.9. Azote saturé**

Azote saturé		Volume massique m <sup>3</sup> /kg			Enthalpie kJ/kg			Entropie kJ/kg·K		
Temp. K	Pres. MPa P	Liquide sat.	Évap.	Vapeur sat.	Liquide sat.	Évap.	Vapeur sat.	Liquide sat.	Évap.	Vapeur sat.
		<i>v<sub>f</sub></i>	<i>v<sub>fg</sub></i>	<i>v<sub>g</sub></i>	<i>h<sub>f</sub></i>	<i>h<sub>fg</sub></i>	<i>h<sub>g</sub></i>	<i>s<sub>f</sub></i>	<i>s<sub>fg</sub></i>	<i>s<sub>g</sub></i>
63.143	0.01253	0.001 152	1.480 060	1.481 212	-150.348	215.188	64.840	2.4310	3.4076	5.8386
65	0.01742	0.001 162	1.093 173	1.094 335	-146.691	213.291	66.600	2.4845	3.2849	5.7694
70	0.03858	0.001 189	0.525 785	0.526 974	-136.569	207.727	71.158	2.6345	2.9703	5.6048
75	0.07612	0.001 221	0.280 970	0.282 191	-126.287	201.662	75.375	2.7755	2.6915	5.4670
77.347	0.101325	0.001 237	0.215 504	0.216 741	-121.433	198.645	77.212	2.8390	2.5706	5.4096
80	0.1370	0.001 256	0.162 794	0.164 050	-115.926	195.089	79.163	2.9083	2.4409	5.3492
85	0.2291	0.001 296	0.100 434	0.101 730	-105.461	187.892	82.431	3.0339	2.2122	5.2461
90	0.3608	0.001 340	0.064 950	0.066 290	-94.817	179.894	85.077	3.1535	2.0001	5.1536
95	0.5411	0.001 392	0.043 504	0.044 896	-83.895	170.877	86.982	3.2688	1.7995	5.0683
100	0.7790	0.001 452	0.029 861	0.031 313	-72.571	160.562	87.991	3.3816	1.6060	4.9876
105	1.0843	0.001 524	0.020 745	0.022 269	-60.691	148.573	87.882	3.4930	1.4150	4.9080
110	1.4673	0.001 613	0.014 402	0.016 015	-48.027	134.319	86.292	3.6054	1.2209	4.8263
115	1.9395	0.001 797	0.009 696	0.011 493	-34.157	116.701	82.544	3.7214	1.0145	4.7359
120	2.5135	0.001 904	0.006 130	0.008 034	-18.017	93.092	75.075	3.8450	0.7803	4.6253
125	3.2079	0.002 323	0.002 568	0.004 891	+6.202	50.114	56.316	4.0356	0.3989	4.4345
126.1	3.4000	0.003 184	0.000 000	0.003 184	+30.791	0.000	30.791	4.2269	0.0000	4.2269

**Tableau.10. Azote surchauffé**

Azote surchauffé									
Temp. K	<i>v</i>	<i>h</i>	<i>s</i>	<i>v</i>	<i>h</i>	<i>s</i>	<i>v</i>	<i>h</i>	<i>s</i>
	m <sup>3</sup> /kg	kJ/kg	kJ/kg·K	m <sup>3</sup> /kg	kJ/kg	kJ/kg·K	m <sup>3</sup> /kg	kJ/kg	kJ/kg·K
	<b>0.1 MPa</b>			<b>0.2 MPa</b>			<b>0.5 MPa</b>		
100	0.290 978	101.965	5.6944	0.142 475	100.209	5.4767	0.055 520	94.345	5.1706
125	0.367 217	128.505	5.9313	0.181 711	127.371	5.7194	0.073 422	123.824	5.4343
150	0.442 619	154.779	6.1228	0.220 014	153.962	5.9132	0.090 150	151.470	5.6361
175	0.517 576	180.935	6.2841	0.257 890	180.314	6.0760	0.106 394	178.434	5.8025
200	0.592 288	207.029	6.4234	0.295 531	206.537	6.2160	0.122 394	205.063	5.9447
225	0.666 552	233.085	6.5460	0.332 841	232.690	6.3388	0.138 173	231.459	6.0690
250	0.741 375	259.122	6.6561	0.370 418	258.796	6.4491	0.154 006	257.828	6.1801
275	0.815 563	285.144	6.7550	0.407 619	284.876	6.5485	0.169 642	284.076	6.2800
300	0.890 205	311.158	6.8457	0.445 047	310.937	6.6393	0.185 346	310.273	6.3715
	<b>1.0 MPa</b>			<b>2.0 MPa</b>			<b>4.0 MPa</b>		
125	0.033 065	117.422	5.1872	0.014 021	101.489	4.8878			
150	0.041 884	147.176	5.4042	0.019 546	137.916	5.1547	0.008 234	115.716	4.8384
175	0.050 125	175.255	5.5779	0.024 155	168.709	5.3449	0.011 186	154.851	5.0804
200	0.058 096	202.596	5.7237	0.028 436	197.609	5.4992	0.013 648	187.521	5.2553
225	0.065 875	229.526	5.8502	0.032 697	225.578	5.6309	0.015 894	217.757	5.3976
250	0.073 634	256.220	5.9632	0.036 557	253.032	5.7469	0.018 060	246.793	5.5202
275	0.081 260	282.720	6.0639	0.040 485	280.132	5.8501	0.020 133	275.056	5.6277
300	0.088 899	309.173	6.1563	0.044 398	307.014	5.9436	0.022 178	302.848	5.7248
	<b>6.0 MPa</b>			<b>8.0 MPa</b>			<b>10.0 MPa</b>		
150	0.004 413	87.090	4.5667	0.002 917	61.903	4.3518	0.002 388	48.687	4.2287
175	0.006 913	140.183	4.8966	0.004 863	125.536	4.7470	0.003 750	112.489	4.6239
200	0.008 772	177.447	5.0961	0.006 390	167.680	4.9726	0.005 016	158.578	4.8709
225	0.010 396	210.139	5.2410	0.007 691	202.867	5.1384	0.006 104	196.079	5.0474
250	0.011 934	240.806	5.3796	0.008 903	235.141	5.2750	0.007 112	229.861	5.1900
275	0.013 383	270.222	5.4917	0.010 034	265.676	5.3910	0.008 046	261.450	5.3103
300	0.014 800	298.907	5.5916	0.011 133	295.219	5.4942	0.008 950	291.800	5.4163
	<b>15.0 MPa</b>			<b>20.0 MPa</b>					
150	0.001 956	36.922	4.0798	0.001 781	33.637	3.9956			
175	0.002 603	92.284	4.4213	0.002 186	83.453	4.3029			
200	0.003 369	140.886	4.6813	0.002 685	130.291	4.5535			
225	0.004 106	182.034	4.8752	0.003 208	172.307	4.7511			
250	0.004 808	218.710	5.0303	0.003 728	210.456	4.9127			
275	0.005 461	252.465	5.1845	0.004 223	245.640	5.0467			
300	0.006 091	284.523	5.2707	0.004 704	278.942	5.1629			

**Tableau.11. Méthane saturé et surchauffé**

Méthane saturé et surchauffé									
Temp. K	$\bar{v}$	$\bar{h}$	$\bar{s}$	$\bar{v}$	$\bar{h}$	$\bar{s}$	$\bar{v}$	$\bar{h}$	$\bar{s}$
	m <sup>3</sup> /kmol	kJ/kmol	kJ/kmol·K	m <sup>3</sup> /kmol	kJ/kmol	kJ/kmol·K	m <sup>3</sup> /kmol	kJ/kmol	kJ/kmol·K
	<b>3.0 MPa</b>			<b>4.0 MPa</b>			<b>5.0 MPa</b>		
<i>f</i> 177.25	0.055 86	8 930.4	108.408						
<i>g</i> 177.25	0.296 41	13 238.8	132.719						
<i>f</i> 186.09				0.065 58	9 883.5	113.317			
<i>g</i> 186.09				0.185 41	12 691.7	128.411			
200	0.430 43	14 664.3	140.333	0.232 02	14 107.0	135.797	0.182 63	13 288.3	130.563
225	0.533 97	15 796.9	145.677	0.375 96	15 457.7	142.181	0.280 82	15 084.0	139.084
250	0.624 74	16 822.0	149.999	0.451 17	16 571.3	146.878	0.347 79	16 310.6	144.261
275	0.709 26	17 807.2	153.756	0.518 94	17 608.5	150.833	0.405 82	17 401.7	148.442
300	0.790 05	18 780.5	157.144	0.852 62	18 617.2	154.345	0.459 32	18 453.4	152.086
350	0.944 93	20 748.6	163.209	0.702 91	20 631.9	160.555	0.558 96	20 516.2	158.445
400	1.094 45	22 798.3	168.680	0.817 75	22 711.7	166.106	0.653 03	22 626.4	164.078
450	1.240 73	24 965.9	173.772	0.934 33	24 900.6	171.249	0.743 87	24 836.4	169.270
	<b>6.0 MPa</b>			<b>8.0 MPa</b>			<b>10.0 MPa</b>		
200	0.098 54	11 775.7	122.296	0.065 92	10 596.5	115.648	0.060 16	10 339.5	113.737
225	0.215 54	14 669.9	136.143	0.135 02	13 719.8	130.400	0.085 35	12 847.8	125.525
250	0.277 85	16 040.2	141.931	0.191 91	15 471.5	137.811	0.142 47	14 896.1	134.189
275	0.329 46	17 202.4	146.365	0.235 69	16 787.8	142.836	0.180 64	16 374.3	139.834
300	0.376 11	18 289.5	150.150	0.273 85	17 963.1	146.929	0.213 42	17 641.7	144.249
350	0.461 71	20 401.8	156.663	0.341 97	20 177.8	153.760	0.270 80	19 961.1	151.406
400	0.541 67	22 542.3	162.377	0.404 34	22 379.2	159.638	0.322 48	22 222.9	157.446
450	0.618 41	24 773.4	167.619	0.463 51	24 651.7	164.978	0.371 02	24 536.0	162.881
500	0.693 20	27 113.1	172.558	0.520 79	27 022.3	169.982	0.417 70	26 936.6	167.949

Tableau.12.Etat de saturation-R22

Pression absolue (bar)	LIQUIDE					VAPEUR					Chaleur latente Lv (kJ/kg)
	Temp. bulle t' (°C)	Vol. mass v' dm3/kg	Masse vol. p' (kg/m³)	Enthalpie h' (kJ/kg)	Entropie s' (kJ/kg-K)	Temp. rosée t'' (°C)	Vol. mass v'' m3/kg	Masse vol. p'' (kg/m³)	Enthalpie h'' (kJ/kg)	Entropie s'' (kJ/kg-K)	
	0,0201	-100	0,636	1571	90,7	0,505	-100,0	8,266	0,121	359,0	
0,0316	-95	0,642	1558	96,0	0,535	-95,0	5,413	0,185	361,4	2,025	265,4
0,0481	-90	0,647	1545	101,3	0,565	-90,0	3,645	0,274	363,9	1,998	262,5
0,0715	-85	0,653	1532	106,6	0,593	-85,0	2,517	0,397	366,3	1,973	259,7
0,1037	-80	0,659	1518	111,9	0,621	-80,0	1,778	0,562	368,8	1,951	256,8
0,1472	-75	0,665	1505	117,3	0,648	-75,0	1,283	0,779	371,2	1,930	254,0
0,2047	-70	0,671	1491	122,6	0,675	-70,0	0,943	1,060	373,7	1,911	251,1
0,2794	-65	0,677	1477	127,9	0,701	-65,0	0,706	1,416	376,2	1,893	248,2
0,3750	-60	0,683	1464	133,3	0,726	-60,0	0,537	1,863	378,6	1,877	245,3
0,4955	-55	0,690	1450	138,6	0,751	-55,0	0,414	2,414	381,0	1,862	242,4
0,6453	-50	0,697	1436	144,0	0,775	-50,0	0,324	3,088	383,4	1,848	239,4
0,8292	-45	0,704	1421	149,4	0,799	-45,0	0,256	3,901	385,8	1,835	236,3
1,0130	-40,82	0,710	1409	154,0	0,819	-40,8	0,213	4,703	387,7	1,825	233,8
1,0523	-40	0,711	1407	154,9	0,823	-40,0	0,205	4,873	388,1	1,823	233,2
1,3203	-35	0,718	1392	160,4	0,846	-35,0	0,166	6,025	390,4	1,812	230,1
1,6389	-30	0,726	1377	165,9	0,869	-30,0	0,136	7,379	392,7	1,802	226,8
2,0143	-25	0,734	1362	171,4	0,891	-25,0	0,112	8,958	394,9	1,792	223,5
2,4531	-20	0,743	1347	177,0	0,913	-20,0	0,093	10,790	397,1	1,783	220,0
2,9620	-15	0,751	1331	182,7	0,935	-15,0	0,078	12,901	399,2	1,774	216,5
3,5479	-10	0,761	1315	188,4	0,957	-10,0	0,065	15,322	401,2	1,766	212,8
4,2180	-5	0,770	1298	194,2	0,979	-5,0	0,0553	18,086	403,2	1,758	209,0
4,9799	0	0,780	1282	200,0	1,000	0,0	0,047	21,229	405,0	1,751	205,0
5,8411	5	0,791	1264	205,9	1,021	5,0	0,040	24,792	406,8	1,744	201,0
6,8095	10	0,802	1247	211,9	1,042	10,0	0,035	28,820	408,6	1,737	196,7
7,8931	15	0,814	1229	217,9	1,063	15,0	0,030	33,362	410,2	1,730	192,2
9,1002	20	0,827	1210	224,1	1,084	20,0	0,026	38,477	411,7	1,724	187,6
10,4392	25	0,840	1191	230,3	1,105	25,0	0,023	44,232	413,0	1,717	182,7
11,9188	30	0,854	1171	236,6	1,125	30,0	0,020	50,705	414,3	1,711	177,6
13,5479	35	0,870	1150	243,1	1,146	35,0	0,017	57,988	415,3	1,705	172,3
15,3358	40	0,886	1129	249,6	1,166	40,0	0,015	66,193	416,2	1,698	166,6
17,2921	45	0,904	1106	256,4	1,187	45,0	0,013	75,457	417,0	1,692	160,6
19,4269	50	0,924	1082	263,2	1,208	50,0	0,012	85,952	417,4	1,685	154,2
21,7507	55	0,946	1057	270,3	1,229	55,0	0,010	97,899	417,7	1,678	147,3
24,2749	60	0,971	1030	277,6	1,250	60,0	0,009	111,591	417,5	1,670	139,9
27,0115	65	0,999	1001	285,2	1,272	65,0	0,008	127,430	417,1	1,662	131,9
29,9740	70	1,031	970	293,1	1,295	70,0	0,007	145,991	416,1	1,653	123,0
33,1771	75	1,070	934	301,5	1,318	75,0	0,006	168,158	414,5	1,642	113,0
36,6381	80	1,119	894	310,4	1,342	80,0	0,005	195,4040	412,0	1,630	101,6

**Tableau.13.Etat vapeur surchauffée-Enthalpie (Kj/Kg)-R22**

Tempér. à satur. °C	Pression rosée bar	Surchauffe (°C)																				
		0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
-100	0,0201	359,0	361,5	364,0	366,6	369,2	371,8	374,4	377,1	379,8	382,6	385,4	388,2	391,0	393,9	396,8	399,7	402,7	405,7	408,7	411,8	414,9
-95	0,0316	361,4	363,9	366,5	369,1	371,7	374,4	377,1	379,8	382,6	385,3	388,1	391,0	393,9	396,8	399,7	402,7	405,7	408,7	411,7	414,8	417,9
-90	0,0481	363,9	366,4	369,0	371,7	374,3	377,0	379,7	382,5	385,3	388,1	390,9	393,8	396,7	399,6	402,6	405,6	408,6	411,7	414,8	417,9	421,1
-85	0,0715	366,3	368,9	371,6	374,2	376,9	379,7	382,4	385,2	388,0	390,9	393,8	396,7	399,6	402,6	405,6	408,6	411,7	414,8	417,9	421,0	424,2
-80	0,1037	368,8	371,4	374,1	376,8	379,6	382,3	385,1	387,9	390,8	393,7	396,6	399,5	402,5	405,5	408,6	411,6	414,7	417,8	421,0	424,2	427,4
-75	0,1472	371,2	373,9	376,7	379,4	382,2	385,0	387,8	390,7	393,6	396,5	399,4	402,4	405,4	408,5	411,5	414,6	417,8	420,9	424,1	427,3	430,6
-70	0,2047	373,7	376,4	379,2	382,0	384,8	387,7	390,5	393,4	396,4	399,3	402,3	405,3	408,4	411,4	414,5	417,7	420,8	424,0	427,2	430,5	433,7
-65	0,2794	376,2	378,9	381,7	384,6	387,4	390,3	393,2	396,2	399,1	402,1	405,2	408,2	411,3	414,4	417,5	420,7	423,9	427,1	430,4	433,6	437,0
-60	0,3750	378,6	381,4	384,3	387,2	390,1	393,0	395,9	398,9	401,9	405,0	408,0	411,1	414,2	417,4	420,5	423,7	427,0	430,2	433,5	436,8	440,2
-55	0,496	381,0	383,9	386,8	389,7	392,7	395,6	398,6	401,7	404,7	407,8	410,9	414,0	417,2	420,4	423,6	426,8	430,1	433,4	436,7	440,0	443,4
-50	0,645	383,4	386,3	389,3	392,3	395,3	398,3	401,3	404,4	407,5	410,6	413,7	416,9	420,1	423,3	426,6	429,8	433,1	436,5	439,8	443,2	446,6
-45	0,829	385,8	388,8	391,8	394,8	397,9	400,9	404,0	407,1	410,3	413,4	416,6	419,8	423,0	426,3	429,6	432,9	436,2	439,6	443,0	446,4	449,8
-40,82	1,013	387,7	390,8	393,8	396,9	400,0	403,1	406,2	409,4	412,6	415,8	419,0	422,2	425,5	428,8	432,1	435,4	438,8	442,2	445,6	449,1	452,6
-40	1,052	388,1	391,2	394,2	397,3	400,4	403,5	406,7	409,8	413,0	416,2	419,4	422,7	426,0	429,3	432,6	435,9	439,3	442,7	446,1	449,6	453,1
-35	1,320	390,4	393,5	396,7	399,8	403,0	406,1	409,3	412,5	415,7	419,0	422,3	425,6	428,9	432,2	435,6	439,0	442,4	445,8	449,3	452,8	456,3
-30	1,639	392,7	395,9	399,1	402,2	405,5	408,7	411,9	415,2	418,5	421,8	425,1	428,4	431,8	435,2	438,6	442,0	445,5	448,9	452,4	455,9	459,5
-25	2,014	394,9	398,2	401,4	404,7	407,9	411,2	414,5	417,8	421,1	424,5	427,9	431,2	434,7	438,1	441,5	445,0	448,5	452,0	455,6	459,1	462,7
-20	2,453	397,1	400,4	403,7	407,0	410,4	413,7	417,1	420,4	423,8	427,2	430,6	434,1	437,5	441,0	444,5	448,0	451,5	455,1	458,7	462,3	465,9
-15	2,962	399,2	402,6	406,0	409,4	412,8	416,2	419,6	423,0	426,4	429,9	433,4	436,8	440,3	443,9	447,4	451,0	454,6	458,2	461,8	465,4	469,1
-10	3,548	401,2	404,7	408,2	411,6	415,1	418,6	422,0	425,5	429,0	432,5	436,1	439,6	443,1	446,7	450,3	453,9	457,5	461,2	464,9	468,5	472,3
-5	4,218	403,2	406,7	410,3	413,8	417,4	420,9	424,5	428,0	431,6	435,1	438,7	442,3	445,9	449,5	453,2	456,8	460,5	464,2	467,9	471,6	475,4
0	4,980	405,0	408,7	412,4	416,0	419,6	423,2	426,9	430,5	434,1	437,7	441,4	445,0	448,7	452,3	456,0	459,7	463,4	467,2	470,9	474,7	478,5
5	5,841	406,8	410,6	414,4	418,1	421,8	425,5	429,2	432,9	436,5	440,2	443,9	447,6	451,4	455,1	458,8	462,6	466,3	470,1	473,9	477,8	481,6
10	6,81	408,6	412,5	416,3	420,1	423,9	427,7	431,4	435,2	439,0	442,7	446,5	450,2	454,0	457,8	461,6	465,4	469,2	473,0	476,9	480,8	484,6
15	7,89	410,2	414,2	418,1	422,1	425,9	429,8	433,7	437,5	441,3	445,1	449,0	452,8	456,6	460,5	464,3	468,2	472,0	475,9	479,8	483,7	487,7
20	9,10	411,7	415,8	419,9	423,9	427,9	431,9	435,8	439,7	443,6	447,5	451,4	455,3	459,2	463,1	467,0	470,9	474,8	478,8	482,7	486,7	490,7
25	10,44	413,0	417,3	421,5	425,7	429,8	433,8	437,9	441,9	445,8	449,8	453,8	457,7	461,7	465,7	469,6	473,6	477,6	481,6	485,6	489,6	493,6
30	11,92	414,3	418,7	423,1	427,4	431,6	435,7	439,8	443,9	448,0	452,1	456,1	460,1	464,2	468,2	472,2	476,3	480,3	484,3	488,4	492,5	496,5
35	13,55	415,3	420,0	424,5	428,9	433,3	437,5	441,7	445,9	450,1	454,2	458,3	462,5	466,6	470,7	474,8	478,8	482,9	487,1	491,2	495,3	499,4
40	15,34	416,2	421,1	425,8	430,4	434,8	439,2	443,6	447,9	452,1	456,3	460,5	464,7	468,9	473,1	477,2	481,4	485,6	489,7	493,9	498,1	502,2
45	17,29	417,0	422,1	427,0	431,7	436,3	440,8	445,3	449,7	454,0	458,4	462,6	466,9	471,2	475,4	479,6	483,9	488,1	492,3	496,6	500,8	505,0
50	19,43	417,4	422,8	427,9	432,9	437,6	442,3	446,9	451,4	455,9	460,3	464,7	469,0	473,4	477,7	482,0	486,3	490,6	494,9	499,2	503,5	507,8
55	21,75	417,7	423,4	428,8	433,9	438,9	443,7	448,4	453,0	457,6	462,2	466,6	471,1	475,5	479,9	484,3	488,7	493,0	497,4	501,7	506,1	510,4
60	24,27	417,5	423,7	429,4	434,7	439,9	444,9	449,8	454,6	459,3	463,9	468,5	473,0	477,6	482,0	486,5	491,0	495,4	499,8	504,2	508,7	513,1
65	27,01	417,1	423,7	429,8	435,4	440,8	446,0	451,1	456,0	460,8	465,6	470,3	474,9	479,5	484,1	488,7	493,2	497,7	502,2	506,7	511,2	515,6

Tableau.14. Table de saturation-R134a (température)

Temp., T°C	Press., P <sub>sat</sub> MPa	Specific volume, m <sup>3</sup> /kg		Internal energy, kJ/kg		Enthalpy, kJ/kg			Entropy, kJ/(kg · K)	
		Sat. liquid, v <sub>f</sub>	Sat. vapor, v <sub>g</sub>	Sat. liquid, u <sub>f</sub>	Sat. vapor, u <sub>g</sub>	Sat. liquid, h <sub>f</sub>	Evap., h <sub>fg</sub>	Sat. vapor, h <sub>g</sub>	Sat. liquid, s <sub>f</sub>	Sat. vapor, s <sub>g</sub>
-40	0.05164	0.0007055	0.3569	-0.04	204.45	0.00	222.88	222.88	0.0000	0.9560
-36	0.06332	0.0007113	0.2947	4.68	206.73	4.73	220.67	225.40	0.0201	0.9506
-32	0.07704	0.0007172	0.2451	9.47	209.01	9.52	218.37	227.90	0.0401	0.9456
-28	0.09305	0.0007233	0.2052	14.31	211.29	14.37	216.01	230.38	0.0600	0.9411
-26	0.10199	0.0007265	0.1882	16.75	212.43	16.82	214.80	231.62	0.0699	0.9390
-24	0.11160	0.0007296	0.1728	19.21	213.57	19.29	213.57	232.85	0.0798	0.9370
-22	0.12192	0.0007328	0.1590	21.68	214.70	21.77	212.32	234.08	0.0897	0.9351
-20	0.13299	0.0007361	0.1464	24.17	215.84	24.26	211.05	235.31	0.0996	0.9332
-18	0.14483	0.0007395	0.1350	26.67	216.97	26.77	209.76	236.53	0.1094	0.9315
-16	0.15748	0.0007428	0.1247	29.18	218.10	29.30	208.45	237.74	0.1192	0.9298
-12	0.18540	0.0007498	0.1068	34.25	220.36	34.39	205.77	240.15	0.1388	0.9267
-8	0.21704	0.0007569	0.0919	39.38	222.60	39.54	203.00	242.54	0.1583	0.9239
-4	0.25274	0.0007644	0.0794	44.56	224.84	44.75	200.15	244.90	0.1777	0.9213
0	0.29282	0.0007721	0.0689	49.79	227.06	50.02	197.21	247.23	0.1970	0.9190
4	0.33765	0.0007801	0.0600	55.08	229.27	55.35	194.19	249.53	0.2162	0.9169
8	0.38756	0.0007884	0.0525	60.43	231.46	60.73	191.07	251.80	0.2354	0.9150
12	0.44294	0.0007971	0.0460	65.83	233.63	66.18	187.85	254.03	0.2545	0.9132
16	0.50416	0.0008062	0.0405	71.29	235.78	71.69	184.52	256.22	0.2735	0.9116
20	0.57160	0.0008157	0.0358	76.80	237.91	77.26	181.09	258.35	0.2924	0.9102
24	0.64566	0.0008257	0.0317	82.37	240.01	82.90	177.55	260.45	0.3113	0.9089
26	0.68530	0.0008309	0.0298	85.18	241.05	85.75	175.73	261.48	0.3208	0.9082
28	0.72675	0.0008362	0.0281	88.00	242.08	88.61	173.89	262.50	0.3302	0.9076
30	0.77006	0.0008417	0.0265	90.84	243.10	91.49	172.00	263.50	0.3396	0.9070
32	0.81528	0.0008473	0.0250	93.70	244.12	94.39	170.09	264.48	0.3490	0.9064
34	0.86247	0.0008530	0.0236	96.58	245.12	97.31	168.14	265.45	0.3584	0.9058
36	0.91168	0.0008590	0.0223	99.47	246.11	100.25	166.15	266.40	0.3678	0.9053
38	0.96298	0.0008651	0.0210	102.38	247.09	103.21	164.12	267.33	0.3772	0.9047
40	1.0164	0.0008714	0.0199	105.30	248.06	106.19	162.05	268.24	0.3866	0.9041
42	1.0720	0.0008780	0.0188	108.25	249.02	109.19	159.94	269.14	0.3960	0.9035
44	1.1299	0.0008847	0.0177	111.22	249.96	112.22	157.79	270.01	0.4054	0.9030
48	1.2526	0.0008989	0.0159	117.22	251.79	118.35	153.33	271.68	0.4243	0.9017
52	1.3851	0.0009142	0.0142	123.31	253.55	124.58	148.66	273.24	0.4432	0.9004
56	1.5278	0.0009308	0.0127	129.51	255.23	130.93	143.75	274.68	0.4622	0.8990
60	1.6813	0.0009488	0.0114	135.82	256.81	137.42	138.57	275.99	0.4814	0.8973
70	2.1162	0.0010027	0.0086	152.22	260.15	154.34	124.08	278.43	0.5302	0.8918
80	2.6324	0.0010766	0.0064	169.88	262.14	172.71	106.41	279.12	0.5814	0.8827
90	3.2435	0.0011949	0.0046	189.82	261.34	193.69	82.63	276.32	0.6380	0.8655
100	3.9742	0.0015443	0.0027	218.60	248.49	224.74	34.40	259.13	0.7196	0.8117

**Tableau.15. Table de saturation-R134a (pression)**

Saturated refrigerant-134a—Pressure table

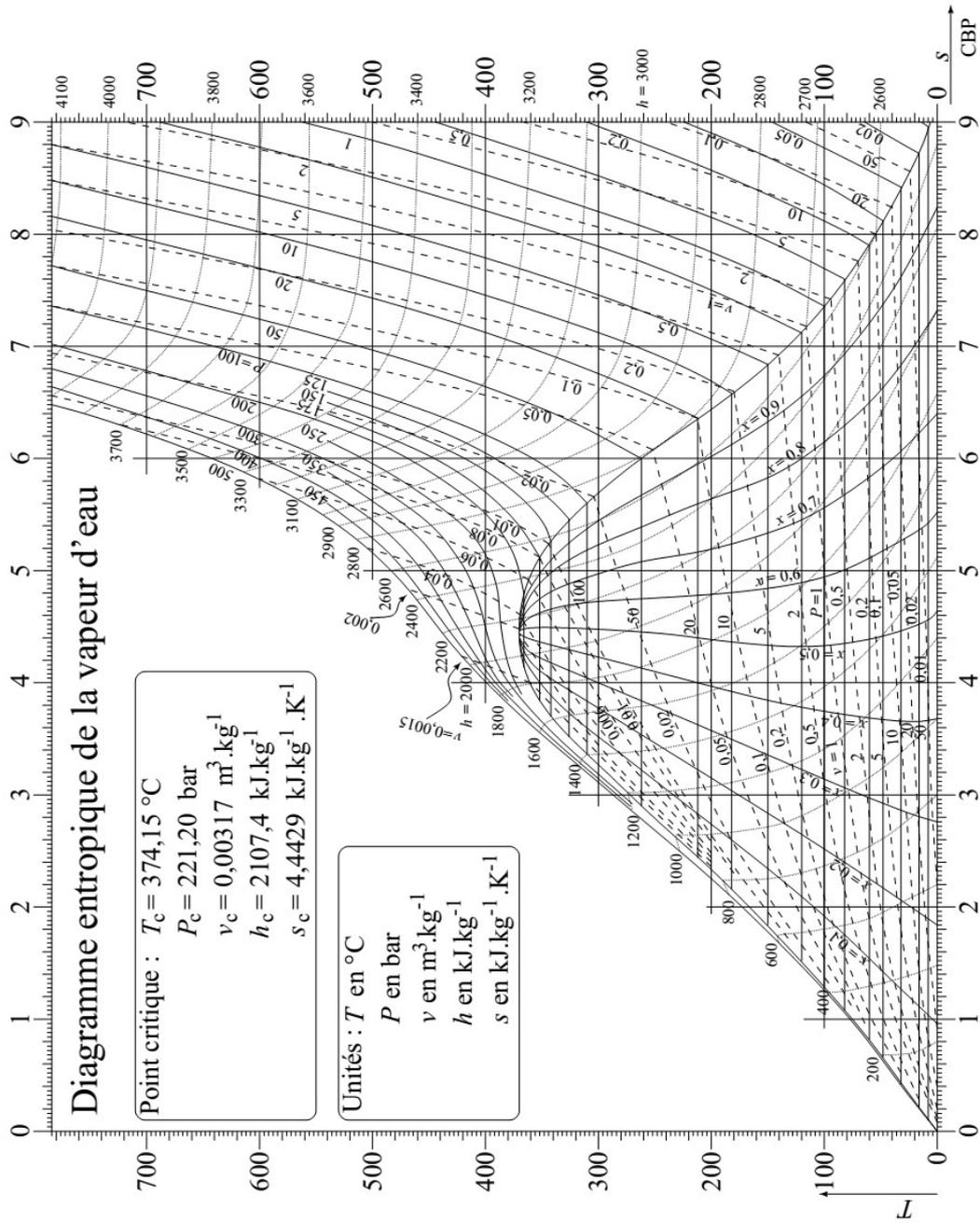
Press., P MPa	Temp., $T_{sat}$ °C	Specific volume, m <sup>3</sup> /kg		Internal energy, kJ/kg		Enthalpy, kJ/kg			Entropy, kJ/(kg · K)	
		Sat. liquid, $v_f$	Sat. vapor, $v_g$	Sat. liquid, $u_f$	Sat. vapor, $u_g$	Sat. liquid, $h_f$	Evap., $h_{fg}$	Sat. vapor, $h_g$	Sat. liquid, $s_f$	Sat. vapor, $s_g$
0.06	-37.07	0.0007097	0.3100	3.41	206.12	3.46	221.27	224.72	0.0147	0.9520
0.08	-31.21	0.0007184	0.2366	10.41	209.46	10.47	217.92	228.39	0.0440	0.9447
0.10	-26.43	0.0007258	0.1917	16.22	212.18	16.29	215.06	231.35	0.0678	0.9395
0.12	-22.36	0.0007323	0.1614	21.23	214.50	21.32	212.54	233.86	0.0879	0.9354
0.14	-18.80	0.0007381	0.1395	25.66	216.52	25.77	210.27	236.04	0.1055	0.9322
0.16	-15.62	0.0007435	0.1229	29.66	218.32	29.78	208.18	237.97	0.1211	0.9295
0.18	-12.73	0.0007485	0.1098	33.31	219.94	33.45	206.26	239.71	0.1352	0.9273
0.20	-10.09	0.0007532	0.0993	36.69	221.43	36.84	204.46	241.30	0.1481	0.9253
0.24	-5.37	0.0007618	0.0834	42.77	224.07	42.95	201.14	244.09	0.1710	0.9222
0.28	-1.23	0.0007697	0.0719	48.18	226.38	48.39	198.13	246.52	0.1911	0.9197
0.32	2.48	0.0007770	0.0632	53.06	228.43	53.31	195.35	248.66	0.2089	0.9177
0.36	5.84	0.0007839	0.0564	57.54	230.28	57.82	192.76	250.58	0.2251	0.9160
0.4	8.93	0.0007904	0.0509	61.69	231.97	62.00	190.32	252.32	0.2399	0.9145
0.5	15.74	0.0008056	0.0409	70.93	235.64	71.33	184.74	256.07	0.2723	0.9117
0.6	21.58	0.0008196	0.0341	78.99	238.74	79.48	179.71	259.19	0.2999	0.9097
0.7	26.72	0.0008328	0.0292	86.19	241.42	86.78	175.07	261.85	0.3242	0.9080
0.8	31.33	0.0008454	0.0255	92.75	243.78	93.42	170.73	264.15	0.3459	0.9066
0.9	35.53	0.0008576	0.0226	98.79	245.88	99.56	166.62	266.18	0.3656	0.9054
1.0	39.39	0.0008695	0.0202	104.42	247.77	105.29	162.68	267.97	0.3838	0.9043
1.2	46.32	0.0008928	0.0166	114.69	251.03	115.76	155.23	270.99	0.4164	0.9023
1.4	52.43	0.0009159	0.0140	123.98	253.74	125.26	148.14	273.40	0.4453	0.9003
1.6	57.92	0.0009392	0.0121	132.52	256.00	134.02	141.31	275.33	0.4714	0.8982
1.8	62.91	0.0009631	0.0105	140.49	257.88	142.22	134.60	276.83	0.4954	0.8959
2.0	67.49	0.0009878	0.0093	148.02	259.41	149.99	127.95	277.94	0.5178	0.8934
2.5	77.59	0.0010562	0.0069	165.48	261.84	168.12	111.06	279.17	0.5687	0.8854
3.0	86.22	0.0011416	0.0053	181.88	262.16	185.30	92.71	278.01	0.6156	0.8735

Table.16. Table de vapeur surchauffée-R134a

$T$ °C	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/(kg · K)	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/(kg · K)	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/(kg · K)
<b><math>P = 0.06 \text{ MPa } (T_{\text{sat}} = -37.07^\circ\text{C})</math></b>				<b><math>P = 0.10 \text{ MPa } (T_{\text{sat}} = -26.43^\circ\text{C})</math></b>				<b><math>P = 0.14 \text{ MPa } (T_{\text{sat}} = -18.80^\circ\text{C})</math></b>				
Sat.	0.31003	206.12	224.72	0.9520	0.19170	212.18	231.35	0.9395	0.13945	216.52	236.04	0.9321
-20	0.33536	217.86	237.98	1.0062	0.19770	216.77	236.54	0.9602				
-10	0.34992	224.97	245.96	1.0371	0.20686	224.01	244.70	0.9918	0.14549	223.03	243.40	0.9601
0	0.36433	232.24	254.10	1.0675	0.21587	231.41	252.99	1.0227	0.15219	230.55	251.86	0.9921
10	0.37861	239.69	262.41	1.0973	0.22473	238.96	261.43	1.0531	0.15875	238.21	260.43	1.0231
20	0.39279	247.32	270.89	1.1267	0.23349	246.67	270.02	1.0829	0.16520	246.01	269.13	1.0531
30	0.40688	255.12	279.53	1.1557	0.24216	254.54	278.76	1.1122	0.17155	253.96	277.97	1.0821
40	0.42091	263.10	288.35	1.1844	0.25076	262.58	287.66	1.1411	0.17783	262.06	286.96	1.1121
50	0.43487	271.25	297.34	1.2126	0.25930	270.79	296.72	1.1696	0.18404	270.32	296.09	1.1401
60	0.44879	279.58	306.51	1.2405	0.26779	279.16	305.94	1.1977	0.19020	278.74	305.37	1.1691
70	0.46266	288.08	315.84	1.2681	0.27623	287.70	315.32	1.2254	0.19633	287.32	314.80	1.1961
80	0.47650	296.75	325.34	1.2954	0.28464	296.40	324.87	1.2528	0.20241	296.06	324.39	1.2241
90	0.49031	305.58	335.00	1.3224	0.29302	305.27	334.57	1.2799	0.20846	304.95	334.14	1.2511
100									0.21449	314.01	344.04	1.2781
<b><math>P = 0.18 \text{ MPa } (T_{\text{sat}} = -12.73^\circ\text{C})</math></b>				<b><math>P = 0.20 \text{ MPa } (T_{\text{sat}} = -10.09^\circ\text{C})</math></b>				<b><math>P = 0.24 \text{ MPa } (T_{\text{sat}} = -5.37^\circ\text{C})</math></b>				
Sat.	0.10983	219.94	239.71	0.9273	0.09933	221.43	241.30	0.9253	0.08343	224.07	244.09	0.9221
-10	0.11135	222.02	242.06	0.9362	0.09938	221.50	241.38	0.9256				
0	0.11678	229.67	250.69	0.9684	0.10438	229.23	250.10	0.9582	0.08574	228.31	248.89	0.9399
10	0.12207	237.44	259.41	0.9998	0.10922	237.05	258.89	0.9898	0.08993	236.26	257.84	0.9721
20	0.12723	245.33	268.23	1.0304	0.11394	244.99	267.78	1.0206	0.09339	244.30	266.85	1.0034
30	0.13230	253.36	277.17	1.0604	0.11856	253.06	276.77	1.0508	0.09794	252.45	275.95	1.0339
40	0.13730	261.53	286.24	1.0898	0.12311	261.26	285.88	1.0804	0.10181	260.72	285.16	1.0637
50	0.14222	269.85	295.45	1.1187	0.12758	269.61	295.12	1.1094	0.10562	269.12	294.47	1.0930
60	0.14710	278.31	304.79	1.1472	0.13201	278.10	304.50	1.1380	0.10937	277.67	303.91	1.1218
70	0.15193	286.93	314.28	1.1753	0.13639	286.74	314.02	1.1661	0.11307	286.35	313.49	1.1501
80	0.15672	295.71	323.92	1.2030	0.14073	295.53	323.68	1.1939	0.11674	295.18	323.19	1.1780
90	0.16148	304.63	333.70	1.2303	0.14504	304.47	333.48	1.2212	0.12037	304.15	333.04	1.2055
100	0.16622	313.72	343.63	1.2573	0.14932	313.57	343.43	1.2483	0.12398	313.27	343.03	1.2326
<b><math>P = 0.28 \text{ MPa } (T_{\text{sat}} = -1.23^\circ\text{C})</math></b>				<b><math>P = 0.32 \text{ MPa } (T_{\text{sat}} = 2.48^\circ\text{C})</math></b>				<b><math>P = 0.40 \text{ MPa } (T_{\text{sat}} = 8.93^\circ\text{C})</math></b>				
Sat.	0.07193	226.38	246.52	0.9197	0.06322	228.43	248.66	0.9177	0.05089	231.97	252.32	0.9145
0	0.07240	227.37	247.64	0.9238								
10	0.07613	235.44	256.76	0.9566	0.06576	234.61	255.65	0.9427	0.05119	232.87	253.35	0.9182
20	0.07972	243.59	265.91	0.9883	0.06901	242.87	264.95	0.9749	0.05397	241.37	262.96	0.9515
30	0.08320	251.83	275.12	1.0192	0.07214	251.19	274.28	1.0062	0.05662	249.89	272.54	0.8937
40	0.08660	260.17	284.42	1.0494	0.07518	259.61	283.67	1.0367	0.05917	258.47	282.14	1.0148
50	0.08992	268.64	293.81	1.0789	0.07815	268.14	293.15	1.0665	0.06164	267.13	291.79	1.0452
60	0.09319	277.23	303.32	1.1079	0.08106	276.79	302.72	1.0957	0.06405	275.89	301.51	1.0748
70	0.09641	285.96	312.95	1.1364	0.08392	285.56	312.41	1.1243	0.06641	284.75	311.32	1.1038
80	0.09960	294.82	322.71	1.1644	0.08674	294.46	322.22	1.1525	0.06873	293.73	321.23	1.1322
90	0.10275	303.83	332.60	1.1920	0.08953	303.50	332.15	1.1802	0.07102	302.84	331.25	1.1602
100	0.10587	312.98	342.62	1.2193	0.09229	312.68	342.21	1.1076	0.07327	312.07	341.38	1.1878
110	0.10897	322.27	352.78	1.2461	0.09503	322.00	352.40	1.2345	0.07550	321.44	351.64	1.2149
120	0.11205	331.71	363.08	1.2727	0.09774	331.45	362.73	1.2611	0.07771	330.94	362.03	1.2417
130									0.07991	340.58	372.54	1.2681
140									0.08208	350.35	383.18	1.2941

$T$ °C	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/(kg · K)	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/(kg · K)	$v$ m <sup>3</sup> /kg	$u$ kJ/kg	$h$ kJ/kg	$s$ kJ/(kg · K)
<b><math>P = 0.50 \text{ MPa } (T_{\text{sat}} = 15.74^\circ\text{C})</math></b>				<b><math>P = 0.60 \text{ MPa } (T_{\text{sat}} = 21.58^\circ\text{C})</math></b>				<b><math>P = 0.70 \text{ MPa } (T_{\text{sat}} = 26.72^\circ\text{C})</math></b>				
Sat.	0.04086	253.64	256.07	0.9117	0.03408	238.74	259.19	0.9097	0.02918	241.42	261.85	0.9080
20	0.04188	239.40	260.34	0.9264								
30	0.04416	248.20	270.28	0.9597	0.03581	246.41	267.89	0.9388	0.02979	244.51	265.37	0.9197
40	0.04633	256.99	280.16	0.9918	0.03774	255.45	278.09	0.9719	0.03157	253.83	275.93	0.9539
50	0.04842	265.83	290.04	1.0229	0.03958	264.48	288.23	1.0037	0.03324	263.08	286.35	0.9867
60	0.05043	274.73	299.95	1.0531	0.04134	273.54	298.35	1.0346	0.03482	272.31	296.69	1.0182
70	0.05240	283.72	309.92	1.0825	0.04304	282.66	308.48	1.0645	0.03634	281.57	307.01	1.0487
80	0.05432	292.80	319.96	1.1114	0.04469	291.86	318.67	1.0938	0.03781	290.88	317.35	1.0784
90	0.05620	302.00	330.10	1.1397	0.04631	301.14	328.93	1.1225	0.03924	300.27	327.74	1.1074
100	0.05805	311.31	340.33	1.1675	0.04790	310.53	339.27	1.1505	0.04064	309.74	338.19	1.1358
110	0.05988	320.74	350.68	1.1949	0.04946	320.03	349.70	1.1781	0.04201	319.31	348.71	1.1637
120	0.06168	330.30	361.14	1.2218	0.05099	329.64	360.24	1.2053	0.04335	328.98	359.33	1.1910
130	0.06347	339.98	371.72	1.2484	0.05251	339.38	370.88	1.2320	0.04468	338.76	370.04	1.2179
140	0.06524	349.79	382.42	1.2746	0.05402	349.23	381.64	1.2584	0.04599	348.66	380.86	1.2444
150					0.05550	359.21	392.52	1.2844	0.04729	358.68	391.79	1.2706
160					0.05698	369.32	403.51	1.3100	0.04857	368.82	402.82	1.2963
<b><math>P = 0.80 \text{ MPa } (T_{\text{sat}} = 31.33^\circ\text{C})</math></b>				<b><math>P = 0.90 \text{ MPa } (T_{\text{sat}} = 35.53^\circ\text{C})</math></b>				<b><math>P = 1.00 \text{ MPa } (T_{\text{sat}} = 39.39^\circ\text{C})</math></b>				
Sat.	0.02547	243.78	264.15	0.9066	0.02255	245.88	266.18	0.9054	0.02020	247.77	267.97	0.9043
40	0.02691	252.13	273.66	0.9374	0.02325	250.32	271.25	0.9217	0.02029	248.39	268.68	0.9066
50	0.02846	261.62	284.39	0.9711	0.02472	260.09	282.34	0.9566	0.02171	258.48	280.19	0.9428
60	0.02992	271.04	294.98	1.0034	0.02609	269.72	293.21	0.9897	0.02301	268.35	291.36	0.9768
70	0.03131	280.45	305.50	1.0345	0.02738	279.30	303.94	1.0214	0.02423	278.11	302.34	1.0093
80	0.03264	289.89	316.00	1.0647	0.02861	288.87	314.62	1.0521	0.02538	287.82	313.20	1.0405
90	0.03393	299.37	326.52	1.0940	0.02980	298.46	325.28	1.0819	0.02649	297.53	324.01	1.0707
100	0.03519	308.93	337.08	1.1227	0.03095	308.11	335.96	1.1109	0.02755	307.27	334.82	1.1000
110	0.03642	318.57	347.71	1.1508	0.03207	317.82	346.68	1.1392	0.02858	317.06	345.65	1.1286
120	0.03762	328.31	358.40	1.1784	0.03316	327.62	357.47	1.1670	0.02959	326.93	356.52	1.1567
130	0.03881	338.14	369.19	1.2055	0.03423	337.52	368.33	1.1943	0.03058	336.88	367.46	1.1841
140	0.03997	348.09	380.07	1.2321	0.03529	347.51	379.27	1.2211	0.03154	346.92	378.46	1.2111
150	0.04113	358.15	391.05	1.2584	0.03633	357.61	390.31	1.2475	0.03250	357.06	389.56	1.2376
160	0.04227	368.32	402.14	1.2843	0.03736	367.82	401.44	1.2735	0.03344	367.31	400.74	1.2638
170	0.04340	378.61	413.33	1.3098	0.03838	378.14	412.68	1.2992	0.03436	377.66	412.02	1.2895
180	0.04452	389.02	424.63	1.3351	0.03939	388.57	424.02	1.3245	0.03528	388.12	423.40	1.3149
<b><math>P = 1.20 \text{ MPa } (T_{\text{sat}} = 46.32^\circ\text{C})</math></b>				<b><math>P = 1.40 \text{ MPa } (T_{\text{sat}} = 52.43^\circ\text{C})</math></b>				<b><math>P = 1.60 \text{ MPa } (T_{\text{sat}} = 57.92^\circ\text{C})</math></b>				
Sat.	0.01663	251.03	270.99	0.9023	0.01405	253.74	273.40	0.9003	0.01208	256.00	275.33	0.8982
50	0.01712	254.98	275.52	0.9164								
60	0.01835	265.42	287.44	0.9527	0.01495	262.17	283.10	0.9297	0.01233	258.48	278.20	0.9069
70	0.01947	275.59	298.96	0.9868	0.01603	272.87	295.31	0.9658	0.01340	269.89	291.33	0.9457
80	0.02051	285.62	310.24	1.0192	0.01701	283.29	307.10	0.9997	0.01435	280.78	303.74	0.9813
90	0.02150	295.59	321.39	1.0503	0.01792	293.55	318.63	1.0319	0.01521	291.39	315.72	1.0148
100	0.02244	305.54	332.47	1.0804	0.01878	303.73	330.02	1.0628	0.01601	301.84	327.46	1.0467
110	0.02335	315.50	343.52	1.1096	0.01960	313.88	341.32	1.0927	0.01677	312.20	339.04	1.0773
120	0.02423	325.51	354.58	1.1381	0.02039	324.05	352.59	1.1218	0.01750	322.53	350.53	1.1069
130	0.02508	335.58	365.68	1.1660	0.02115	334.25	363.86	1.1501	0.01820	332.87	361.99	1.1357
140	0.02592	345.73	376.83	1.1933	0.02189	344.50	375.15	1.1777	0.01887	343.24	373.44	1.1638
150	0.02674	355.95	388.04	1.2201	0.02262	354.82	386.49	1.2048	0.01953	353.66	384.91	1.1912
160	0.02754	366.27	399.33	1.2465	0.02333	365.22	397.89	1.2315	0.02017	364.15	396.43	1.2181
170	0.02834	376.69	410.70	1.2724	0.02403	375.71	409.36	1.2576	0.02080	374.71	407.99	1.2445
180	0.02912	387.21	422.16	1.2980	0.02472	386.29	420.90	1.2834	0.02142	385.35	419.62	1.2704
190					0.02541	396.96	432.53	1.3088	0.02203	396.08	431.33	1.2960
200					0.02608	407.73	444.24	1.3338	0.02263	406.90	443.11	1.3212

**Diagramme.1. Diagramme Entropique de vapeur d'eau**



## Références

- [1].Mohammed YoubiIdrissi « Technique du froid & composants frigorifiques » Cours ; Cemagref. 2006.
- [2].YunusA.Cengelet Michel A. Boles « Thermodynamics An Engineering Approach”, 5 Edition.
- [3].Maxime Duminil, « Théorie des machines frigorifiques, machine à compression mécanique » B 9730, traité Génie énergétique Techniques de l’ingénieur. 1996.
- [4].H.Recknagel, E-R.Schramek, E.Sprenger, « Génie climatique”, Dunod, 2013
- [5].W.Maake ; H.-J.Eckert ; J-L.Cauchepin ; « Le Pohlmann- Manuel technique du froid », PYC Livres.
- [6].J.Desmons, « Aide-mémoire de l’ingénieur ; Génie climatique », Dunod.
- [7].F.Meunier, D. Mugnier, « la climatisation solaire ; Thermique ou photovoltaïque » ; Dunod. 2013.
- [8].F.Meunier, P.Rivet, M-F. Terrier, « Froid industriel- 2 ème édition » ; Dunod. 2010.
- [9].Horst Herr ; « Génie énergétique et climatique chauffage, froid, climatisation » Dunod Tech. 2014.
- [9]. V.W.Sonntag, Desrochers; « Tables thermodynamiquesde l’eau, de l’ammoniaque, du Fréon 12, de l’azote et du méthane ».