

OFPPT

ROYAUME DU MAROC

مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل
Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail
DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION

**RESUME THEORIQUE
&
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES**

MODULE N°5: THEORIES DES CYCLES FRIGORIFIQUES

SECTEUR : FROID ET GENIE THERMIQUE

SPECIALITE : TSGC

NIVEAU : TECHNICIENSPECIALISE

MAI 2003



ISTA.ma
Un portail au service
de la formation professionnelle

Le Portail <http://www.ista.ma>

Que vous soyez étudiants, stagiaires, professionnels de terrain, formateurs, ou que vous soyez tout simplement intéressé(e) par les questions relatives aux formations professionnelles, aux métiers, <http://www.ista.ma> vous propose un contenu mis à jour en permanence et richement illustré avec un suivi quotidien de l'actualité, et une variété de ressources documentaires, de supports de formation, et de documents en ligne (supports de cours, mémoires, exposés, rapports de stage ...) .

Le site propose aussi une multitude de conseils et des renseignements très utiles sur tout ce qui concerne la recherche d'un emploi ou d'un stage : offres d'emploi, offres de stage, comment rédiger sa lettre de motivation, comment faire son CV, comment se préparer à l'entretien d'embauche, etc.

Les forums <http://forum.ista.ma> sont mis à votre disposition, pour faire part de vos expériences, réagir à l'actualité, poser des questionnements, susciter des réponses. N'hésitez pas à interagir avec tout ceci et à apporter votre pierre à l'édifice.

Notre Concept

Le portail <http://www.ista.ma> est basé sur un concept de gratuité intégrale du contenu & un modèle collaboratif qui favorise la culture d'échange et le sens du partage entre les membres de la communauté ista.

Notre Mission

Diffusion du savoir & capitalisation des expériences.

Notre Devise

Partageons notre savoir

Notre Ambition

Devenir la plate-forme leader dans le domaine de la Formation Professionnelle.

Notre Défi

Convaincre de plus en plus de personnes pour rejoindre notre communauté et accepter de partager leur savoir avec les autres membres.

Web Project Manager

- Badr FERRASSI : <http://www.ferrassi.com>

- contactez : admin@ista.ma

REMERCIEMENT

*La DRIF remercie les personnes qui ont participé ou permis l'élaboration de ce module
(Théorie des cycles frigorifiques)*

Pour la supervision :

- **.M : GHRAIRI RACHID** : Chef de projet froid et génie thermique.
- **M: BOUJNANE MOHAMED**: Coordonnateur .CFF-FGT à l'ISGTF.

Pour l'élaboration :

- **BRAHIMI MUSTAFA** **EFP ISGTF** **DRGC**

Pour l'élaboration :

BRAHIMI MUSTAPHA : *Formateur à l' ISGTF*

Pour la validation :

Mr. Ahmed LAKDARI : *Formateur à l' ISGTF*
Mr . Omar OUADGHIRI : *Formateur à l'ISGTF*

*Les utilisateurs de ce document sont invités
à communiquer à la DRIF toutes les
remarques et suggestions afin de les prendre
en considération pour l'enrichissement et
l'amélioration de ce programme.*

MR. SAID SLAOUI
DRIF

SOMMAIRE

	page
<i>Présentation du module</i>	
<i>Résumé théorie</i>	
<i>I Phénomène d'étanche de chaleur</i>	
<i>I . 1- Etats physiques de la matières.....</i>	<i>10...</i>
<i>I . 2- Relation pressions température.....</i>	<i>15</i>
<i>I . 3- Propagations de chaleur.....</i>	<i>18...</i>
<i>I . 4- Transferts de chaleur.....</i>	<i>19...</i>
<i>I . 5- Chaleurs latente.....</i>	<i>25</i>
<i>I . 6- Fluides frigorigènes.....</i>	<i>21</i>
 <i>II Les composants d'un circuit frigorifique</i>	
<i>II .1- Connaissances exactes des composants de base.....</i>	<i>32</i>
<i>II .2- Représentations et nomenclature des lignes entre les composants.....</i>	<i>37</i>
<i>II .3- Emplacements des composants de base d'un circuit frigorifique.....</i>	<i>40</i>
<i>II . 4- Evaluation.....</i>	<i>.....</i>
 <i>III Circuit frigorifique</i>	
<i>III . 1- Etats de réfrigérant à l'entrée et à la sortie des composants.....</i>	<i>42</i>
<i>.....</i>	
<i>III . 2- La surchauffe.....</i>	<i>49</i>
<i>III . 3- La sou refroidissement.....</i>	<i>51</i>
<i>III . 4-Quantite du froid produit</i>	<i>54</i>
<i>III . 5- Circuit frigorifique.....</i>	<i>62...</i>
<i>III . 6- Evaluation.....</i>	<i>74</i>

	<i>Page</i>
<i>Guide de travaux pratiques</i>	
<i>I - TP 1 / Emplacement des composants de base</i>	
<i>I .1-Emplacement du groupe.....</i>	<i>76</i>
<i>I .2- Emplacements de l'évaporateur.....</i>	<i>76</i>
<i>I .3-Montage du détendeur.....</i>	<i>76</i>
<i>I .4- Réaliser la ligne d'aspiration.....</i>	<i>76</i>
<i>I .5-- Réaliser la ligne liquide.....</i>	<i>76</i>
<i>II - TP 2 /Charge de l'installation</i>	
<i>II .1- Contrôler l'étanchietee du circuit.....</i>	<i>77</i>
<i>II .2- Tiree au vide.....</i>	<i>77</i>
<i>II .3- Charche de l'installation.....</i>	<i>77</i>
<i>III - TP 2 / Mise au point de l'installation</i>	<i>78</i>
<i>III . 1- Faire des relevée de température.....</i>	
<i>III . 2-calculer la surchauffe.....</i>	
<i>III . 3- calculer la sous refroidissement.....</i>	
<i>Evaluation de fin de module</i>	<i>79</i>

Module 5 : THEORIE DES CYCLES FRIGORIFIQUES

Durée : 75 heures

OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU DE

COMPORTEMENT ATTENDU

*Pour démontrée sa compétence, l'élève doit
Expliquer le cycle de réfrigération par compression
Selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent.*

CONDITIONS D'EVALUATION

*A partir de mise en situation
A l'aide de la documentation technique permise par le formateur
A partir des consignes données par le formateur*

CRITERES GENERAUX DE PERFORMANCES

*Justesse de la description du cycle frigorifique
Clarté et exactitude des explications concernent les divers phénomènes physiques du cycle frigorifique
Exactitude de la location de ces phénomènes à l'intérieur du cycle
Utilisation de la terminologie*

PRECISION SUR LES COMPETENCES ATTENDUES	CRITERES PARTICULIERS DE PERFORMANCE
<p>A schématiser un cycle frigorifique par compression</p> <p>B expliquer les phénomènes d'échange de chaleur relativement au cycle frigorifique et en référence aux lois s'y rapportant</p> <p>C expliquer les quatre étapes du cycle frigorifique en référence aux lois des gaz et de la thermodynamique</p> <p>D décrire l'état du réfrigérant à l'entrée et à la sortie de chacun des composants</p> <p>E définir la surchauffe et le sous refroidissement du réfrigérant</p>	<p>-Connaissance exacte des composants de base -Représentation et nomenclature exacte des lignes entre les composants -Indication juste du sens du circuit -Clarté du schéma</p> <p>-Enoncés exacts des lois concernant : Propagation de la chaleur Les efforts et la mesure de la chaleur</p> <p>-Justesse de la définition des concepts utilisés -Explication adéquate du transfert de chaleur entre le milieu ambiant et le réfrigérant au niveau des serpentins (évaporateur, condenseur)</p> <p>-Enoncés exacts de principales : Lois des gaz parfaits : charles, Boyle Loi concernant l'effet de la pression sur le point d'ébullition du réfrigérant Loi concernant la chaleur latente de vaporisation et de condensation L'effet frigorifique</p> <p>Justesse de la définition des concepts utilisés Expliquer adéquate des phénomènes liés à chacune des étapes Situation exacte de chacune des étapes à l'intérieur du cycle frigorifique</p> <p>Exactitude de la description des étapes Liquide ou gazeux Haute ou basse pression Saturé, surchauffé ou sous, refroidi</p> <p>-Exactitude des définitions -Exactitude de la situation des deux phénomènes à l'intérieur du cycle frigorifique</p>

OBJECTIF OPERATIONNEL DE SECOND NIVEAU

Le stagiaire doit maîtriser le savoir-faire, le savoir percevoir-faire, jugés préalables aux apprentissages directement requis pour l'atteinte de l'objectif opérationnel de premier niveau, tels que :

Avant d'apprendre à schématiser un cycle frigorifique par compression le stagiaire doit (A) :

- 1. décrire les principaux éléments d'un circuit frigorifique simple*
- 2. indiquer sur un schéma du cycle frigorifique l'état du réfrigérant à l'entrée et à la sortie de chacun des composants d'un circuit de réfrigération*

Avant d'apprendre à expliquer le phénomène d'échange de chaleur relativement au cycle frigorifique et en référence aux lois s'y rapportant (B) :

- 3. expliquer les physiques liées à la chaleur*
- 4. définir le concept de température et interpréter l'échelle de mesure s'y rapportant*
- 5. effectuer des conversions d'une échelle de température à une autre*
- 6. définir le concept d'énergie*
- 7. effectuer des calculs de base relatifs au transfert de chaleur*

Avant d'apprendre à expliquer les étapes du cycle frigorifique en référence aux lois des gaz et de la thermodynamique

- 8. expliquer le phénomène de la détente du réfrigèrent à l'intérieur du cycle frigorifique*
- 9. expliquer le phénomène de l'évaporation à l'intérieur du cycle frigorifique*
- 10. expliquer le phénomène de la compression du réfrigérant du cycle frigorifique*
- 11. expliquer le phénomène de la condensation du réfrigérant du cycle frigorifique*

Avant d'apprendre à décrire l'état du réfrigérant à l'entrée et à la sortie de chacun de composants (D) :

- 12. définir la pression d'un gaz en vase clos*
- 13. définir la loi des gaz parfaits*
- 14. définir les effets de la pression sur un fluide frigorifique*
- 15. utiliser les instruments de mesure de pression*

Module N°5 : THEORIE DES CYCLES FRIGORIFIQUES

RESUME THEORIQUE

I Phénomène d'échange de chaleur

I . 1- état physique de la matière.....

I . 2- relations pression -température.....

I . 3- la chaleur.....

I . 4- transferts de chaleur.....

I . 5- chaleurs sensibles et latentes.....

I . 6- les fluides frigorigènes

I . 7- exercices d'applications.....

I . 8- évaluation.....

Changement d'états

Observation

Un même corps peut se rencontrer sous trois états physiques :

SOLIDE

LIQUIDE

GAZUEUX

EXEMPLE DE L'EAU

☂ : LIQUIDE

☂ : VAPEUR

☂ : SOLIDE

changement d'états physique :

Fusion : passage de l'état solide à l'état liquide

Vaporisation : passage de l'état liquide à l'état gazeux

Condensation : passage de l'état gazeux à l'état liquide

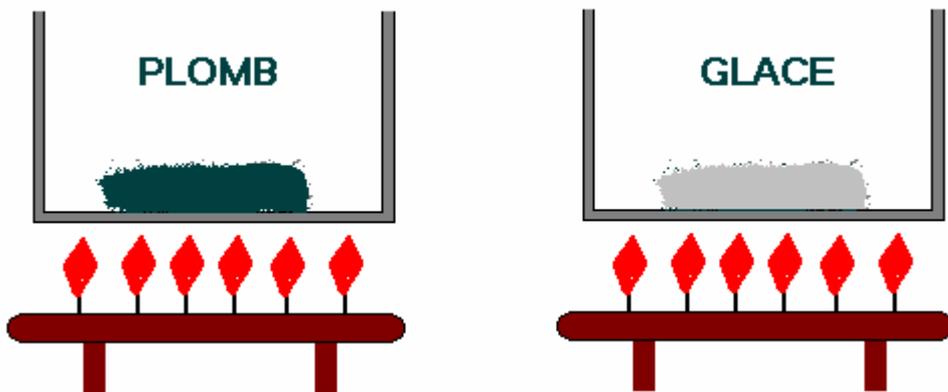
Solidification : passage de l'état liquide à l'état solide

SOLIDE	+	CHALEUR	=	LIQUIDE	(FUSION)
LIQUIDE	+	CHALEUR	=	GAZ	(EVAPORATION)
LIQUIDE	+	VIDE	=	GAZ	(VAPORISATION)
GAZEUX	-	CHLEUR	=	LIQUIDE	(CONDENSATION)
GAZEUX	+	PRESSION	=	LIQUIDE	(LIQUEFACTION)
LIQUIDE	-	CHALEUR	=	SOLIDE	(SOLIDIFICATION)

La **FUSION** est le passage de l'état solide à l'état liquide.

La **SOLIDIFICATION** est le passage de l'état liquide à l'état solide.

Expérience : soient deux récipients contenant , l'un du plomb à la température ambiante
Et l'autre de la glace d'eau à $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$.



Si nous chauffons lentement ces deux récipients on constate :

- 1) la température de la glace monte progressivement jusqu'à 0°C .
A la température de 0°C il y a apparition d'eau.
Durant tout le temps de changement d'état la température est de 0°C .
Une fois toute la glace fondue la température de l'eau s'élève.
- 2) Pour le plomb il faut attendre la température de 327°C avant l'apparition de la première goutte de liquide.
Cette température reste constante durant toute la phase de changement d'état,
Comme pour l'eau la température ne se lève qu'après la fusion totale du plomb.

On dit que ces corps ont subi une fusion franche.

Si nous avons procédé d'une façon analogue avec du fer ou du cuivre on aurait pu constater qu'à partir d'une certaine température il y a ramollissement du métal puis avant de devenir liquide ils passent par une succession d'états intermédiaires plus ou moins visqueux

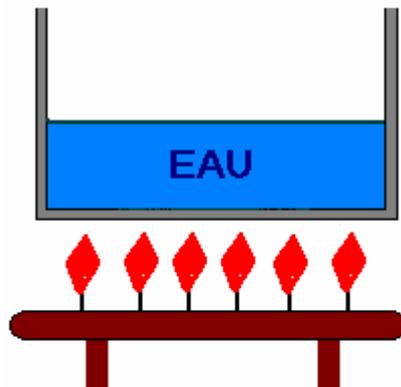
On dit que ces corps ont une fusion pâteuse.

LOI DE LA FUSION ET DE LA SOLIDIFICATION FRANCHE

Sous une même pression :

- un corps solide commence toujours à fondre à la même température ,
- un corps liquide commence toujours à se solidifier à la même température,
- les températures de fusion et de solidification d'un corps pur sont identiques,
- les températures de fusion et de solidification d'un corps pur restent fixes pendant toute la durée du phénomène.

1 ère expérience :



chauffons un ballon d'eau.

nous constatons une élévation de température et une formation de vapeur sur la surface du liquide bien avant la température 100°C. Cette formation de vapeur s'accélère avec l'élévation de la température.

Nous avons une évaporation de l'eau au voisinage de 100°C , des bulles se forment le long des parois et s'élèvent dans le liquide. A 100°C la température ne bouge plus, La formation des bulles augmente : c'est l'ébullition .

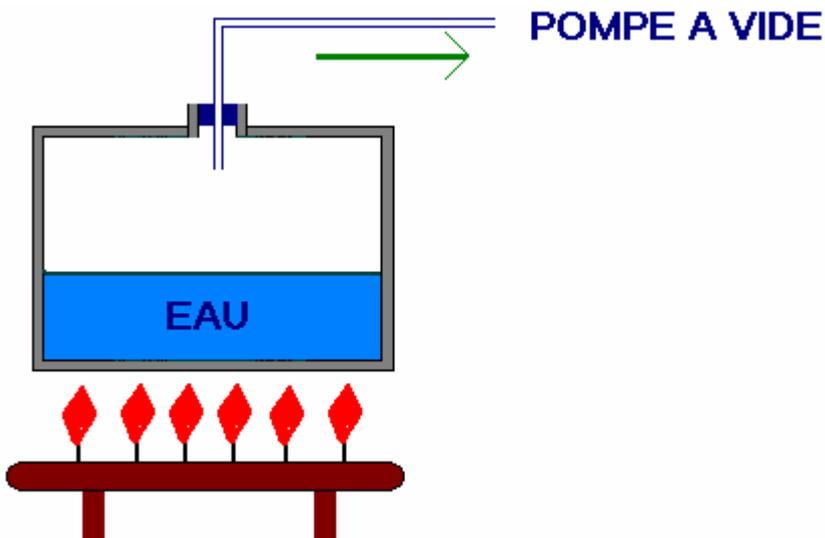
LA VAPORISATION est le passage de l'état liquide à l'état gazeux .

Il se réalise de deux façons : - évaporation
- ébullition

EVAPORATION : phénomène de surface .la vitesse d'évaporation augmente avec La surface en contact avec l'air, avec la vitesse de l'air , avec un accroissement de température.
Si la pression diminue, l'évaporation augmente , est plus rapide.
Pendant l'évaporation la température du liquide peut varier.

EBULLITION : phénomène se produisant au sein même de la masse du liquide.
La température est fixe pendant toute la durée du phénomène .
(température d'ébullition) ,on l'appelle **point normal d'ébullition**, la température à laquelle commence à bouillir le liquide sous pression atmosphérique.

2^{ème} expérience :



- Si on fait le vide dans le ballon l'eau bout avant 100°C.
 - Arrêtons la pompe , continuons de chauffer , l'eau ne bout plus
 - Bouchons la sortie en continuant la chauffe, la température monte à 100°C.
- La pression est supérieure à la pression atmosphérique
L'eau ne bout pas

La température d'ébullition d'un liquide varie selon la pression qu'il supporte.

LOI D'EBULLITION

Sous une même pression , un liquide entre en ébullition toujours à la même

Température. Pendant toute la durée du phénomène la température reste constante.

A chaque variation de pression correspond une température d'ébullition différente.

LA CONDENSATION OU LIQUEFACTION étant le phénomène inverse est régie par Les même lois.

Pour une même pression les températures d'ébullition et condensation sont identiques

EAU à 100°C + CHALEUR = VAPEUR D'EAU

VAPEUR D'EAU – CHALEUR = EAU

CONDENSATION DE LA VAPEUR

La condensation de la vapeur peut se réaliser de 3 façons :

a) en comprimant le gaz jusqu'à une pression correspondante à la température considérée.

b) en refroidissant le gaz jusqu'à la température correspondante à la pression considérée.

c) par compression et refroidissement.

Ex. : la vapeur d'eau à 150°C. on peut la condenser en la refroidissant à 100 °C sous pression atmosphérique et en la comprimant à 5Kg/cm² à une température de 150°C, en comprimant et refroidissant.

LA SUBLIMATION

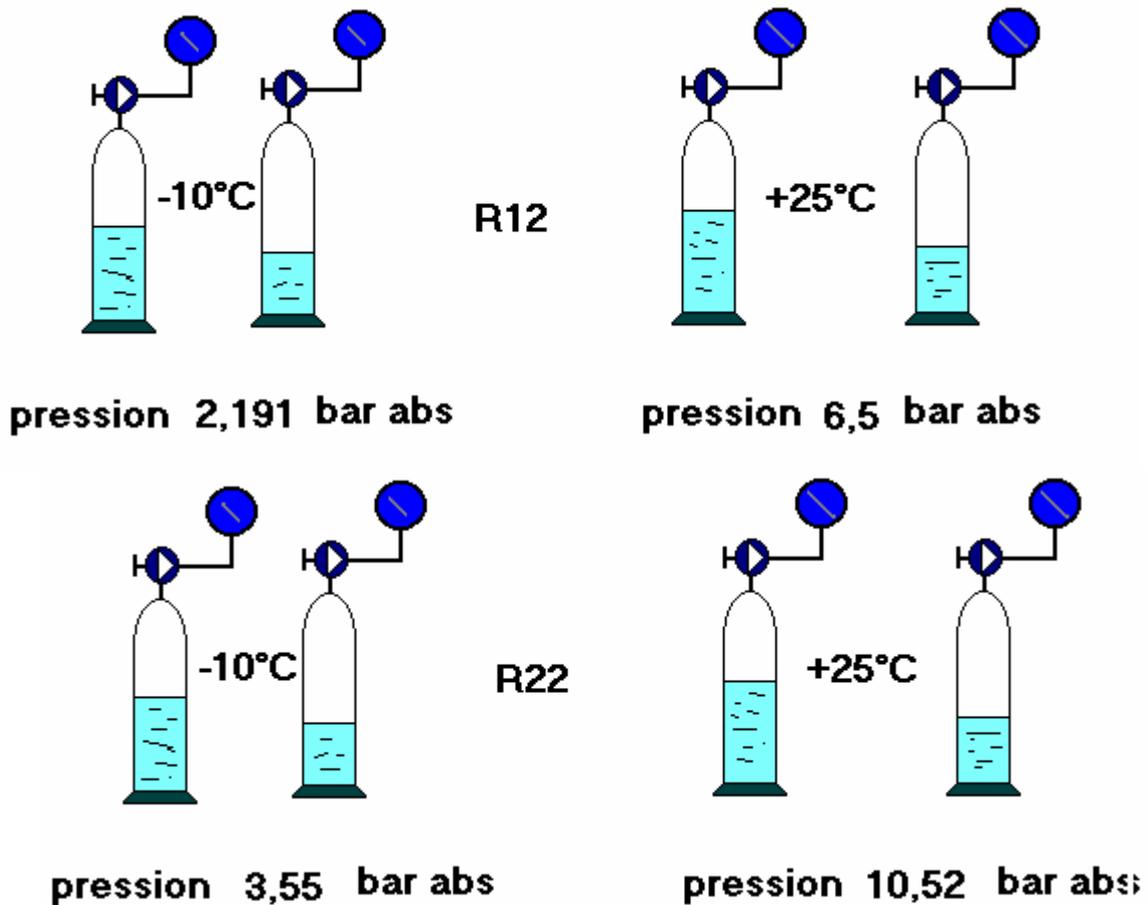
Ce phénomène peut être mis en évidence à l'aide de naphtaline ou de camphre solide abandonnés à l'air libre et qui se transforment lentement en vapeur et finissent par disparaître sans passer par l'état intermédiaire liquide.

Relation pression température

Nous constatons que si la pression atmosphérique diminue , la température d'ébullition de l'eau s'abaisse également , et qu'une augmentation de pression entraîne une augmentation du point d'ébullition.

Température D'ébullition	50	60	70	80	90	100	105	110
Pression En bar	0.123	0.203	0.311	0.474	0.701	1.013	1.208	1.433

*La pression régnant dans
Une bouteille de fluide frigorigène
Dépend de sa température*



Tout corps ayant une température supérieure au 0 absolu possède de la chaleur.

La quantité de chaleur contenue dans un corps est située à un niveau qu'on appelle température.

La température et la chaleur sont deux notions différentes qu'il ne faut pas confondre.

Exemple : le dard d'un chalumeau est à 3100°C et ne chauffe pas une pièce d'habitation, alors qu'un radiateur ou l'on fait passer de l'eau à 50°C le fait.

En réalité pour augmenter ou diminuer la température d'un corps il faut lui ajouter ou retirer de la chaleur.

Le circuit frigorifique est un système qui permet d'extraire de la chaleur dans un milieu pour l'évacuer dans un autre.

Dans la chambre froide , l'air se refroidit en en cédant une partie de sa chaleur à l'évaporateur qui se trouve à une température plus basse.

Cette chaleur est évacuée à l'extérieur par le condensateur, ce qui provoque un échauffement de l'air.

Les mêmes chose se passent lorsqu'un circuit frigorifique sert à chauffer une ambiance.

Mais dans ce cas la machine est appelée pompe à chaleur.

Seul le nom et l'utilisation changent le système reste le même que pour la chambre froide ou le réfrigérateur.

Vous savez qu'une quantité considérable d'énergie thermique est nécessaire pour transformer une substance liquide en gaz (ou en vapeur). C'est donc par le réfrigérant liquide qui absorbe de sa chaleur latente de vaporisation que le milieu ambiant est refroidi.

Comme mentionné précédemment, on retrouve un mélange de réfrigérant liquide/vapeur à l'entrée de l'évaporateur. La partie liquide de ce mélange entre alors en ébullition et commence à absorber sa chaleur latente de vaporisation. Au fur et mesure que le réfrigérant parcourt les serpentins, la proportion de vapeur augmente proportionnellement à la diminution de liquide, jusqu'à ce qu'il ne subsiste que de la vapeur de réfrigérant.

Parvenu aux dernières sections de serpentins de l'évaporateur, le réfrigérant est sous forme de bruine liquide dans laquelle on retrouve d'infimes traces de vapeur, en base pression et base température. A la sortie de l'évaporateur, le réfrigérant est sous forme de vapeur en base pression et en base température (évaporation du réfrigérant)

PHENOMENE	CAUSES
<i>- vaporisation du liquide qui parcourt les serpentins de refroidissement de l'évaporateur</i>	<i>- absorption graduelle de la chaleur latente de vaporisation : le liquide réfrigérant se transforme en vapeur</i>
<i>- réchauffement de la vapeur de refroidissement des serpentins</i>	<i>- la vapeur absorbe de la chaleur sensible que contiennent les serpentins.</i>
<i>- surchauffe</i>	<i>- le liquide s'est complètement vaporisé; la vapeur qui en résulte continue d'absorber de la chaleur sensible continue dans les serpentins et la tuyauterie d'aspiration.</i>

La chaleur

Dans la vie de tous les jours, les notions de chaleur et de température sont régulièrement confondues. Il vous sûrement déjà arrivé d'entendre : « il fait très chaud, il fait une température accablante ... » demandez aux gens de votre entourage de faire la distinction entre chaleur et température. attendez toute fois d'avoir terminé ce chapitre pour être en mesure d'apporter des nuances à leurs propos

Qu'est-ce que la chaleur ?

Si vous avez déjà touche à main nue une lampe incandescente allumée ou le couvercle d'un chaudron d'eau bouillante, vous avez expérimenté le transfert de la chaleur. Pourquoi avez vous ressenti une sensation de chaleur ? C'est parce que votre main était à une température inférieure à celle de l'objet.

La chaleur est la quantité d'énergie transférée d'un objet à haute température à un autre plus basse température.

Aujourd'hui, l'idée que la chaleur « se déplace » toujours d'un objet chaud à un objet froid jamais l'inverse pour être précis, la chaleur est une forme d'énergie que possède une substance en vertu du mouvement de ses particules. Lorsqu'une substance est chauffée, ses particules se déplacent rapidement et violemment, entrent en collision et rebondisse. Par conséquent, plus la substance est chaude, plus l'énergie cinétique des molécules est élevée. a basse température , l'énergie cinétique des molécules diminue .Pourquoi avez vous ressenti une sensation de chaleur quand vous avez touché la lampe ?

Transfert de la chaleur

Si la chaleur n'est pas un fluide, comment peut-elle alors se propager ? C'est que l'objet froid absorbe de la chaleur et l'objet chaud la dissipe jusqu'à ce que la température finale des 2 objets soit identique.

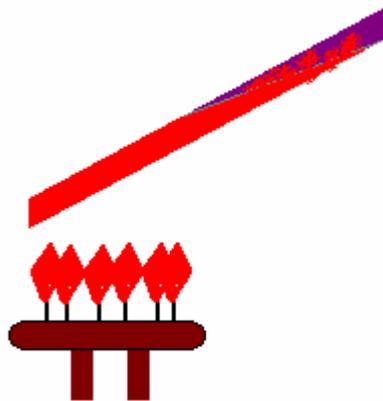
Transfert de la chaleur par conduction

Certains matériaux transfèrent la chaleur mieux que d'autres. Par exemple, si vous placez un poêlon tout en métal (incluant le manche) sur une cuisinière électrique, vous vous apercevrez qu'éventuellement le manche deviendra chaud. Si le poêlon est muni d'un manche en bois ou en plastique. Le transfert de la chaleur s'effectue moins bien et le manche reste froid ou tiède pendant la cuisson.

La capacité qu'ont certains matériaux à conduire la chaleur par contact s'appelle conduction.

En d'autres mots, la conduction correspond au transfert de la chaleur à travers une substance par contact moléculaire direct. L'argent (métal) est un bon conducteur de chaleur. Si vous agitez un liquide chaud à l'aide d'une cuillère en argent, le manche deviendra chaud rapidement. Par contre, si vous utilisez une cuillère en bois, le manche restera froid.

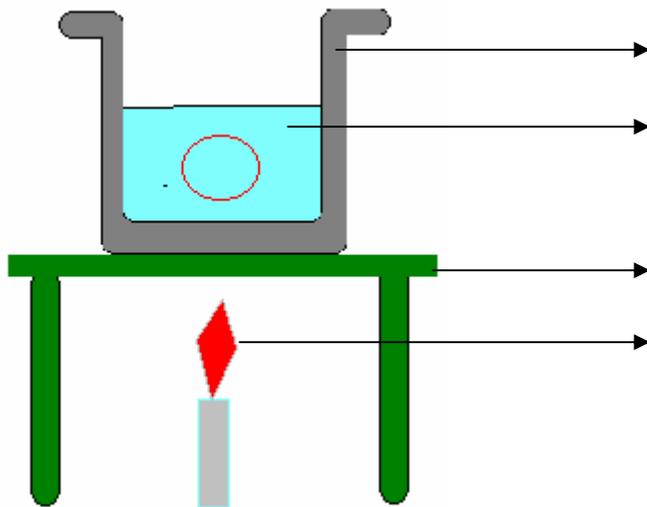
La chaleur qui provient du liquide est donc transférée aux molécules du métal qui sont en contact avec celle du liquide. C'est l'agitation moléculaire du liquide qui est responsable de l'augmentation de température de la cuillère en métal.



Transfert de la chaleur par convection

Dans les solides, la chaleur est transférée d'une molécule à une autre, les vibrations de l'une faisant vibrer les suivant ; Par contre dans les fluides, c'est-à-dire dans les gaz et les liquides, les molécules se déplacent d'elles-mêmes. Que se passe-t-il quand les molécules d'un fluide absorbent de la chaleur ? Elles se déplacent plus rapidement, et acquièrent une plus grande énergie cinétique. Plus elle se déplace rapidement plus elles heurtent fréquemment, plus elles occupent de l'espace. Les molécules lentes les plus froids, parce qu'elle occupe moins de l'espace descendent ou restent au fond du récipient. Ceci a pour effet de pousser vers le haut du récipient les molécules les plus chauds.

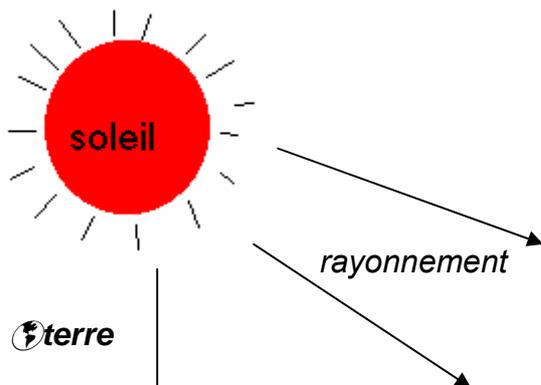
C'est quand on chauffe inégalement un liquide ou un gaz que se produit ce phénomène de déplacement de molécules vers le haut et vers le bas. il se produit alors des courants q'on appelle courants de convection le phénomène de convection n'est pas possible dans les solides



Transfert de la chaleur par rayonnement

L'étoile, qu'on appelle (soleil) est la principale source d'énergie de notre planète . Malgré le fait que le soleil soit très chaud, il ne peut transférer sa chaleur ni par conduction ni par convection. Rappelez –vous que le transfert de chaleur par ces deux méthodes requiert la présence de molécules. Toutes, fois dans l'espace entre le soleil et la terre, c'est le quasi vide qui règne. Ce qui fait que le transfert de chaleur par conduction et par convection n'est pas possible. Si vous placez votre main sous une lampe allumée, vous serez en mesure de sentir la chaleur. Puisque votre main est placée sous la lampe et pas sur la lampe, la chaleur n'est pas transmise par conduction parce que l'air est un isolant. Elle n'est pas non plus transmise par convection, l'air doit être froid dans la partie inférieure du fluide.

C'est sous forme de radiation que le soleil transmet de l'énergie. L'énergie de radiation se manifeste, entre autres par le biais d'ondes que nos yeux peuvent détecter : c'est la lumière visible. La lumière visible est constituée de plusieurs couleurs qui correspondent approximativement à celles d'un arc-en-ciel. Le, soleil émet également des ondes infrarouges et des ondes ultraviolettes qui sont invisibles. Les ondes infrarouges moins énergétiques que la lumière visible, réchauffe la peau mais ne causent pas de coups de soleil et ne sont pas responsables du bronzage. Ce sont plutôt les UV et infrarouge qui en sont responsables.



Le soleil réchauffe la terre sans que l'espace traversé ne subisse de réchauffement

Module 5 : THEORIE DES CYCLES FRIGORIFIQUES

Unité de quantité de chaleur

Etant donné que la chaleur est définie comme étant de l'énergie , l'unité de quantité de chaleur sera donc la même que pour l'énergie.

C'est-à-dire le **joule (j)**

Le Joule est aussi l'unité de travail : $1J=1 N.m$

Le Joule ,unité internationale du système S.I. est obligatoire depuis janvier 1978.

La profession n'est pas encore habituée à ce changement et continue à s'exprimer avec leurs anciennes unités que voici :

la calorie : $1cal =4.1868 \text{ Joule}$

la kilocalorie : $1 kcal = 4186,8 \text{ joules} = 4,1868 \text{ k joule}$

la thermie : $1000 kcal = 4186800 \text{ joules} = 4187 \text{ k joule}$

la frigorie (fg) : utilisée uniquement dans l'industrie du froid
 $1 Fg = 1 \text{ kcal négative}$
 $1 \text{ joule} = 0,24 \text{ calories}$

unités américaines

le B.T.U. = $0,2516 \text{ kcal} = 1,05 \text{ kJ}$

$1 \text{ kcal} = 3,996 \text{ BTU}$

pratiquement $1kcal = 4BTU$

la TON réfrigération $1 \text{ TON} = 3000 \text{ kcal}$

Chaleur massique

Nous venons de voir que pour modifier la température d'un corps il faut lui ajouter ou enlever de la chaleur.

Exemple : 1 Kg d'eau à 10°C + chaleur= 1 kg d'eau à 24,3°C

Si l'on tient compte de la quantité de chaleur mise en jeu , nous pouvons faire L'expérience qui suit :

- 1) contenant 1kg d'eau à 10°C soumis à la pression atmosphérique. Ce récipient est chauffé par une résistance de 100 watts.

Au bout de 10 minute la température de l'eau est de 24,3 °C, la même expérience avec de l'alcool nous donne une température finale de 33°C.

De cette expérience on peut tirer le raisonnement suivant :

Quantité de chaleur mise en jeu dans les deux cas :

$$Q = pt = 100 \text{ watts} \times 600 \text{ secondes} = 60000 \text{ Joules}$$

Echauffons de l'eau :

$$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1 = 24,3 - 10 = 14,3^\circ\text{C}$$

$\Delta\theta$ → lire « delta-té » ce qui signifie différence de température

Echauffons de l'alcool :

$$\Delta\theta = 33 - 10 = 23^\circ\text{C}$$

soit pour chauffer 1kg d'eau de 1°C il nous a fallu :

$$CP = 60000 \text{ joules} / 4186,8 \text{ joules} = 1 \text{ kcal}$$

$$\text{Pour l'alcool : } CP = 60000 / 23 = 2608 \text{ joules} = 0,62 \text{ kcal}$$

Module 5 : THEORIE DES CYCLES FRIGORIFIQUES

Nous venons de calculer la chaleur massique de l'eau et de l'alcool (cp).

La chaleur massique d'un corps est la quantité de chaleur qu'il faut fournir ou enlever à l'unité de masse de ce corps pour modifier sa température de 1°K

Connaissant la chaleur massique d'un corps :

C en KJ / Kg°K

La masse du corps :

M en kg

La différence entre θ finale θ initiale :

$\Delta\theta = \theta_2 - \theta_1$ en °C ou °K

nous pouvons calculer la quantité de chaleur totale(Q) mise en jeu en appliquant la formule :

$$Q = C \times M \times \Delta\theta$$

Exemple : quelle quantité de chaleur faut-il ajouter à 3 kg d'eau pour l'échauffer de 5 à 70°C ?

solution : $Q = cm \Delta\theta$

$$Q = 4,19 \times 3 \times (70-5)$$

$$Q = 817 \text{ kJ}$$

Quelques chaleurs massiques

Platine	0,134	KJ/KG°K
Fer	0,478	KJ/KG°K
Cuivre	0,390	KJ/KG°K
Laiton	0,385	KJ/KG°K
Plomb	0,130	KJ/KG°K
Etain	0,230	KJ/KG°K
Eau	4,19	KJ/KG°K
Glace	2,09	KJ/KG°K

Chaleur latente

Expérience: Prenons 1kg de glace à la θ de 0°C. Apportons de la chaleur avec notre réchaud de 100W jusqu'à la fusion totale de la glace

Constatations :

- 1- la température reste constante durant toute l'expérience, c'est- à –dire 0°C*
- 2- la durée de fonctionnement est de 55,9 minutes*

Comparez avec l'expérience de la FT 23 où l'on modifiait la θ d'un kg d'eau de 14,3°C en 10 minutes et avec la même résistance.

Tout ceci nous montre l'existence de la chaleur latente

La chaleur latente est la quantité de chaleur (ou énergie) qu'il faut fournir ou retirer à l'unité de masse d'un corps pour changer son état physique à température et pression constante.

La chaleur latente(CL) s'exprime en KJ/Kg

*Dans notre expérience nous avons 1 kg de glace à 0°C chauffé par une résistance De 100 W et la durée de fonctionnement est de 55,9 minutes.
Calculons la chaleur apportée , c'est-à-dire la chaleur latente(CL)*

$$Q = Pt = 100 \text{ W} \times 55,9 \text{ minutes} \times 60 \text{ secondes} = 335400 \text{ Joules}$$

En pratique pour la glace CL = 335 KJ ou 80 Kcal

Il y a deux chaleurs latentes :

Chaleur latente de fusion ou solidification

Chaleur latente de vaporisation ou condensation

Module 5 : THEORIE DES CYCLES FRIGORIFIQUES

Les phénomènes de changement d'état physique sont réversibles c'est-à-dire, que s'il faut ajouter 335 KJ à 1 Kg de glace à 0°C pour le faire fondre il faut aussi retirer 335 KJ à 1kg d'eau à 0°C pour le congeler.

La quantité totale de chaleur reçue ou cédée par un corps pour changer son état physique est proportionnelle à sa chaleur latente et à sa masse :

$$Q = CL \times M$$

Exemple :

Calculer la quantité de chaleur qu'il faut retirer à 5kg d'eau à 0°C pour les transformer en glace à 0°C

solution :

$$Q = CL \times M = 335 \times 5 = 1675 \text{ KJ}$$

Chaleur sensible

C'est la chaleur apportée ou retirée à un corps pour modifier sa température sans provoquer le changement , son changement d'état.

Exercice

Vous mettez dans votre congélateur 2 litre d'eau à +15°C et vous les sortez le lendemain en forme de glace à une θ de -20°C

Quelle quantité de chaleur a été retirée de l'eau ?

Solution :

Pour refroidir l'eau à 0°C

$$Q = cm \Delta\theta = 4,19 \times 2 \times (15-0) = 125,7 \text{ KJ}$$

Pour obtenir le glaçon à 0°C

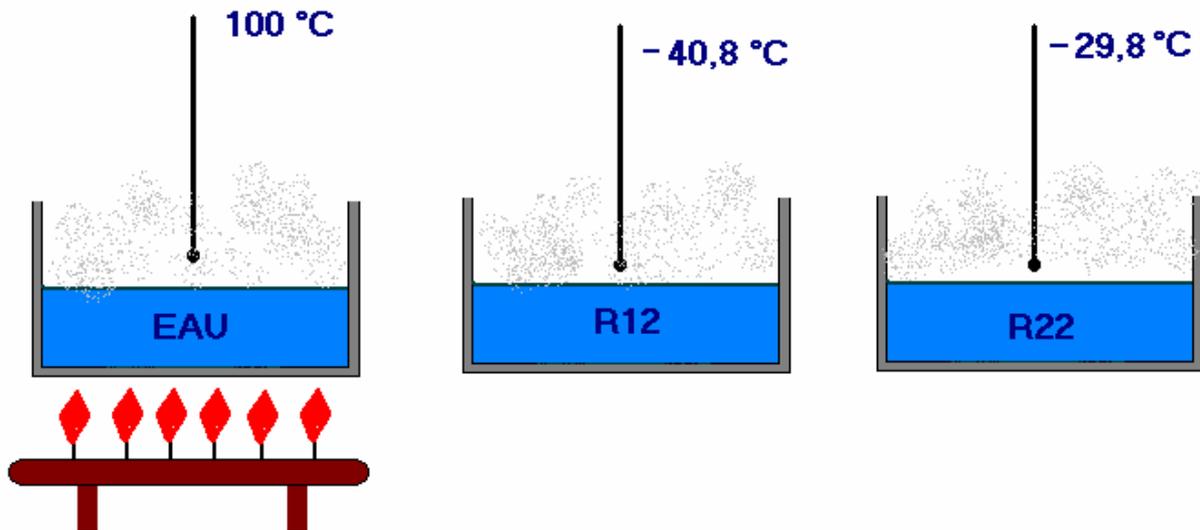
$$Q = CL \times M = 335 \times 2 = 670 \text{ KJ}$$

Pour refroidir le glaçon jusqu'à -20°C

$$Q = cm \Delta\theta = 2,09 \times 2 \times (0-20) = 83 \text{ KJ}$$

$$\text{Chaleur totale} = 878,7 \text{ KJ}$$

POINT D'EBULLITION



Si l'on compare l'eau avec les fluides frigorigènes on constate que le point d'ébullition sous pression atmosphérique est nettement plus bas pour ces derniers .

Il suffit que le récipient de R12 se trouve dans une ambiance dont la température est supérieure à $-29,8^{\circ}\text{C}$ pour que le R12 s'évapore en prenant de la chaleur à l'ambiance

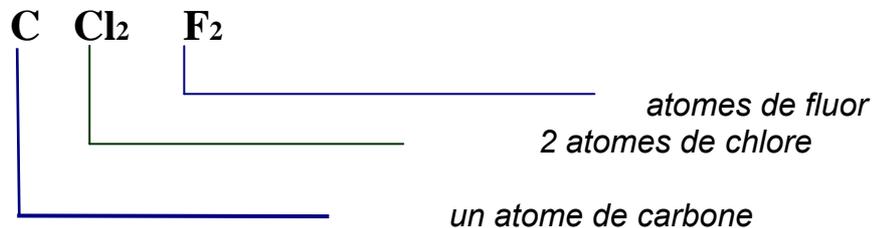
le point d'ébullition sous pression atmosphérique est une caractéristique des fluides frigorigènes.

FORMULE CHIMIQUE

A l'exception de l'ammoniac (R717) les fluides frigorigènes appartiennent à la famille des composés chimiques CHLOROFLUOROCARBONES.

La formule chimique permet d'identifier un fluide

Exemple le R12



FLUIDES FRIGORIGENES

Le fait qu'un fluide s'appelle R12 ou R 22 n'est pas dû au hasard , il s'agit d'un code

- le chiffre des unités représente le nombre d'atomes de fluor,
- le chiffre des dizaines représente le nombre d'atomes d'hydrogène plus 1,
- le chiffre des centaines représente le nombre d'atomes de carbone moins 1 (le zéro n'est pas mentionné)

S'il y a des atomes de brome dans la molécule , on ajoute à la suite la lettre B, suivie du nombre d'atomes de brome

les atomes de chlore ne sont pas pris en considération .

exemples : R13 B1 =CF₃ br. ; R22= CH Cl F₂

les azéotropes qu sont des mélanges se comportant à l'ébullition comme des corps purs, sont désignés artificiellement par des nombres à partir de 500 (500, 502,etc.)

chaleur de vaporisation

la quantité de chaleur absorbée par kg de fluide passant dans l'évaporateur est illustrée par cette caractéristique du fluide.

La chaleur de vaporisation augmente quand on diminue la température.

TEMPERATURE	R12	R22	R502	R717
-30	165.3kj/kg	227 kJ/kg	165.1 kJ/kg	1357.8 kJ/kg
-10	156.3 kJ/kg	213.1 kJ/kg	153.4 kJ/kg	1294.8 kJ/kg
+10	146.3 kJ/kg	196.9 kJ/kg	139.1 kJ/kg	1224.7 kJ/kg

Module 5 : THEORIE DES CYCLES FRIGORIFIQUES

Le point critique

C'est un point caractérisé par une température et une pression appelées « critiques »

au-dessus duquel le changement d'état n'est plus possible.

	R12	R22	R502	R717
Température critique	112 °C	96 °C	82.1 °C	132.3 °C
Pression	41.1 b	49.7 b	40.7 b	113.5 b

Le condenseur doit obligatoirement travailler en dessous du point critique.

Capacité thermique massique du liquide

C'est la chaleur massique du liquide.

Elle augmente avec la température du liquide.

Valeurs moyennes : en KJ / Kg°K

	R12	R22	R502	R717
De 20 à 25°C	0.968	1.252	1.228	4.662
De 25 à 30°C	0.978	1.270	1.248	4.690
De 30 à 50 °C	0.992	1.294	1.266	4.727

Nous pouvons imaginer par exemple l'intérêt qu présente le fait de vider L'évaporateur avant le dégivrage. Notamment avec le R717.

Module 5 : THEORIE DES CYCLES FRIGORIFIQUES

Capacité thermique massique de la vapeur

C'est la chaleur massique de la vapeur à pression constante en KJ / Kg°C

Vapeur saturée	R12	R22	R502	R717
-30	0.576	0.627	0.659	2.2
-20	0.598	0.655	0.688	2.4
-10	0.623	0.688	0.720	2.6
0	0.649	0.725	0.756	2.63
10	0.678	0.768	0.799	2.68

On constate qu'elle dépend de la température.

Aussi la chaleur massique de la vapeur est nettement inférieure à celle du liquide.

La conséquence de cette faible chaleur massique c'est un «échauffement trop facile des gaz circulant dans la tuyauterie d'aspiration, ce qui est un inconvénient .

Rapport des capacités thermiques ou des chaleurs massiques de la vapeur
CP / CV

La chaleur massique que nous venons de voir est considérée à pression constante pendant l'élévation de température CP.

Il existe aussi la chaleur massique à volume constant (CV) qui est de valeur inférieure.

Lors de la compression nous avons à la fois variation de pression et de volume. La température finale lors de la compression dépend du rapport CP/ CV= y

$$T_r / T_a = (P_r / P_a)^{y-1 / y}$$

Enthalpie (h)

C'est la quantité de chaleur contenue par kg de fluide à une pression et une température donnée.

Il nous faut distinguer l'enthalpie du liquide (h') de l'enthalpie de la vapeur (h'')
A pression et température constante h'' – h' = chaleur latente de vaporisation

II les composants d'un circuit frigorifique

II.1- Connaissances exactes des composants de base.....

II.2- représentations et nomenclature des lignes entre les composants.....

II.3- Emplacements des composants de base d'un circuit frigorifique.....

II.4- Evaluation.....

Composants de base

Dans cette partie, la théorie portera sur les composants de base d'un circuit frigorifique.

S'il advenait qu'un de ces composants soient absent ou défectueux, le circuit frigorifique cesserait de fonctionner. Ce circuit a pour fonction d'extraire la chaleur d'un milieu ambiant ou elle n'est pas requise afin de la rejeter dans un milieu ou elle est requise, c'est-à-dire à l'extérieur de la pièce à refroidir. C'est grâce à l'interaction de tous les composants que ce phénomène d'absorption de chaleur peut avoir lieu.

Tous les circuits frigorifiques fonctionnent par compression d'un réfrigérant comprennent les composants de base suivant :

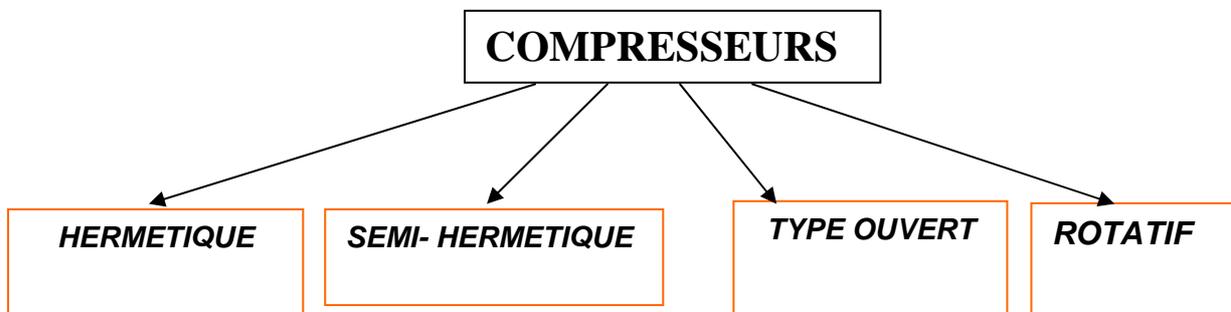
- **le compresseur**
- **le condenseur**
- **le détendeur**
- **l'évaporateur**
- **la tuyauterie**
- **le réfrigérant**

si vous oublie un de ces composants de base, il serait inutile de chercher un cycle frigorifique avec absorption et rejet de chaleur

Il vous sera présenté ici plusieurs types de chaque composant de base afin de vous sensibiliser à la diversité d'appareils qui, tout en ayant la même fonction, ont des formes différentes et portent des noms différents.

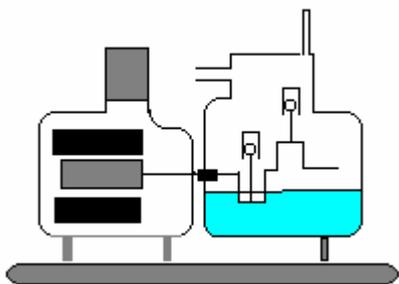
COMPRESSEURS

C'est un appareil qui sert à assurer la circulation d'un réfrigérant à l'intérieur d'un circuit frigorifique. Il aspire les vapeurs à faible pression qui vient de l'évaporateur et les refoule à haute pression vers le condenseur, après les avoir comprimées. C'est une pompe qui un mouvement alternatif du piston.



TYPE DE COMPRESSEURS

OUVERT

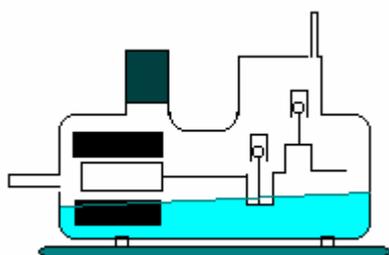


DESCRIPTION

L'entraînement du compresseur est effectuée par un moteur électrique extérieur au compresseur.

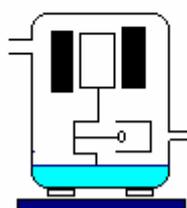
L'accouplement entre les deux ensembles est soit par courroie, soit direct. le démontage du compresseur pour l'opération de maintenance est aisée

HERMETIQUE ACCESSIBLE OU SEMI-HERMETIQUE

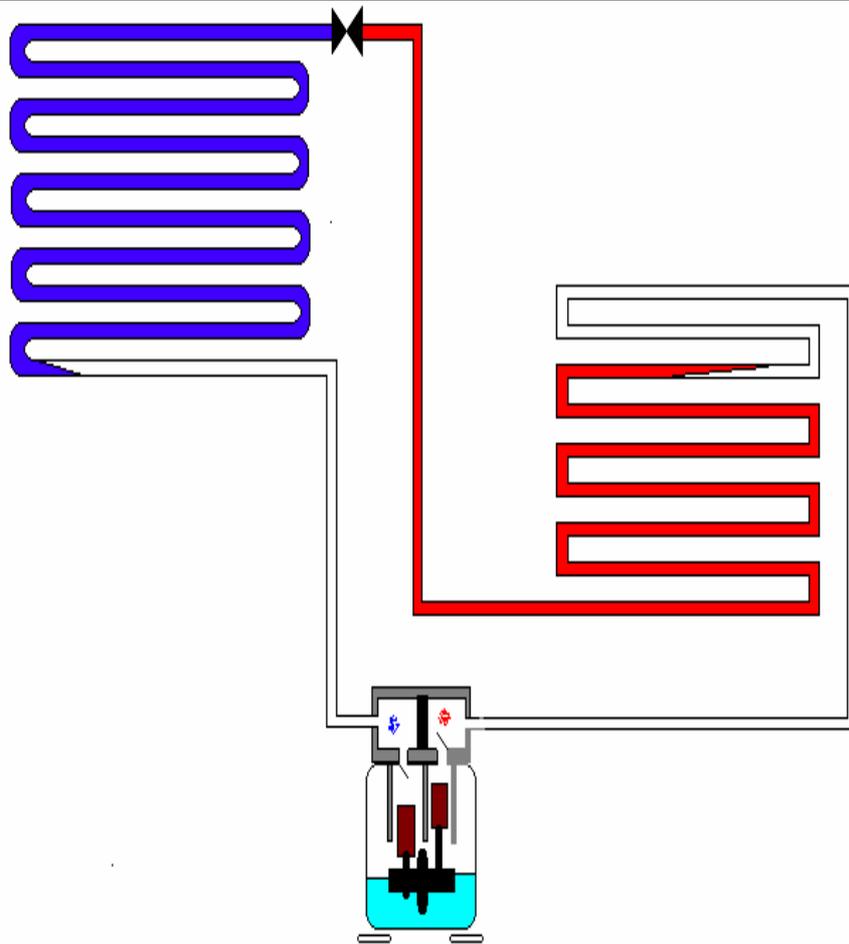


L'ensemble compresseur et moteur électrique son coupler directe à l'intérieur d'un corps en fonte usine et assemblé. l'accès aux différents organes du compresseur est possible

HERMETIQUE

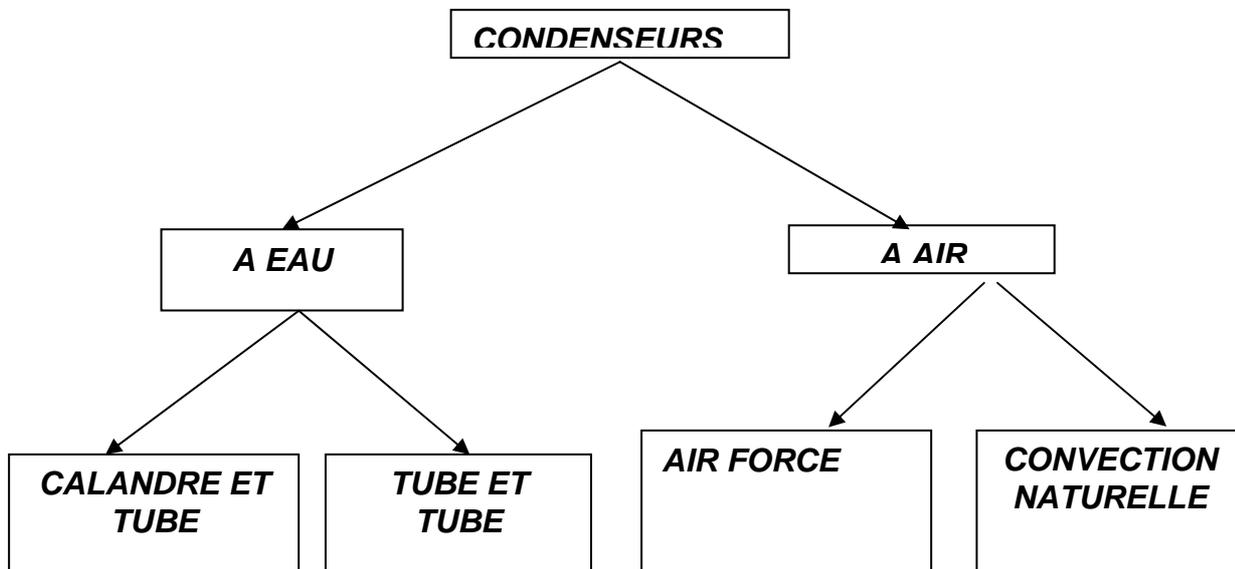


Comme pour les compresseur semi-hermétique ! l'ensemble compresseur et moteur son coupler, en mode direct se pendant l'ensemble et logé dans un corps en métal embouti puis soudé. l'accessibilité aux différents organes est impossible



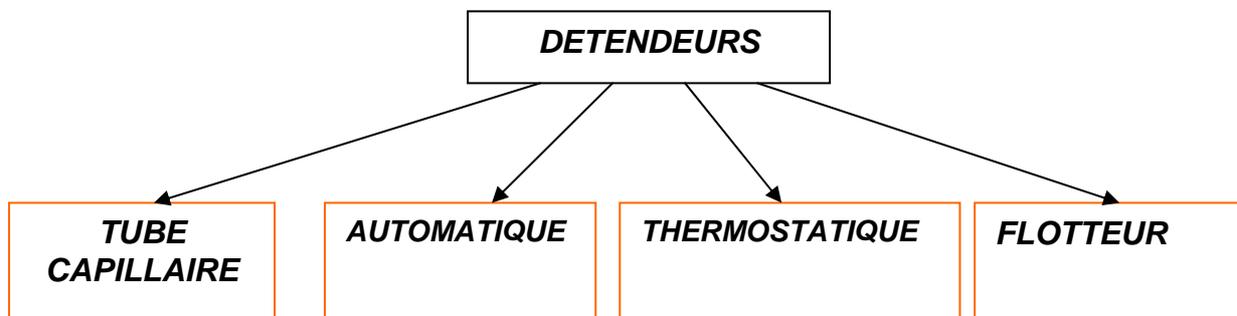
CONDENSEUR

Le condenseur est essentiellement un échangeur thermique ,il permet le transfert de la chaleur du réfrigérant vers le milieu ambiant (eau ou air) . ce transtert est dans les faits , un échange par conduction entre le réfrigérant vers les les parois des tubes du condenseur , et de ces dernières vers l'air ou l'eau du milieu ambiant dans lequel se trouve le condenseur . cette baisse de temperature provoque la condensation (liquifaction) du réfrigérant . il exist plusieurs type de condenseur . cepondant du dépit de ses multiples formes ,la fonction reste la meme.



DETENDEUR

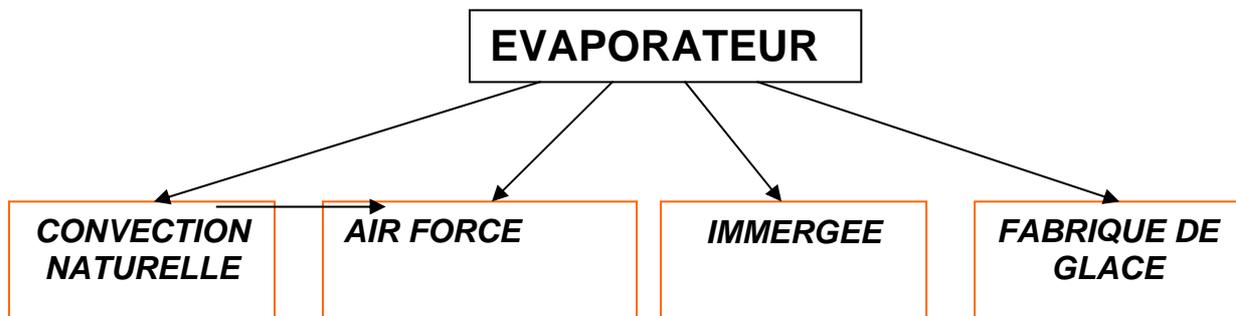
Le détendeur est un appareil qui régularise la circulation du réfrigérant dans le circuit frigorifique. Il permet l'injection dans l'évaporateur que de la quantité de fluide frigorigène qui est nécessaire pour absorber la chaleur en provenance du milieu à refroidir. On retrouve dans l'industrie différente type de détendeur. l'application de chacun dépend de la réaction aux charges de chaleur qui pénétrant dans l'évaporateur. Néanmoins, ils remplissent toutes la même fonction.



EVAPORATEUR

L'évaporateur est un échangeur de thermique dont le rôle consiste à permettre le transfert de la chaleur de l'ambiance à refroidir vers le fluide frigorigène. Ce phénomène s'effectue lors de la vaporisation du réfrigérant liquide qui a été introduit dans l'évaporateur.

La chaleur ambiante se transmet aux serpentin de l'évaporateur, et ceux-ci, à leur tour, les retransmettent au réfrigérant



TUYAUTRIE

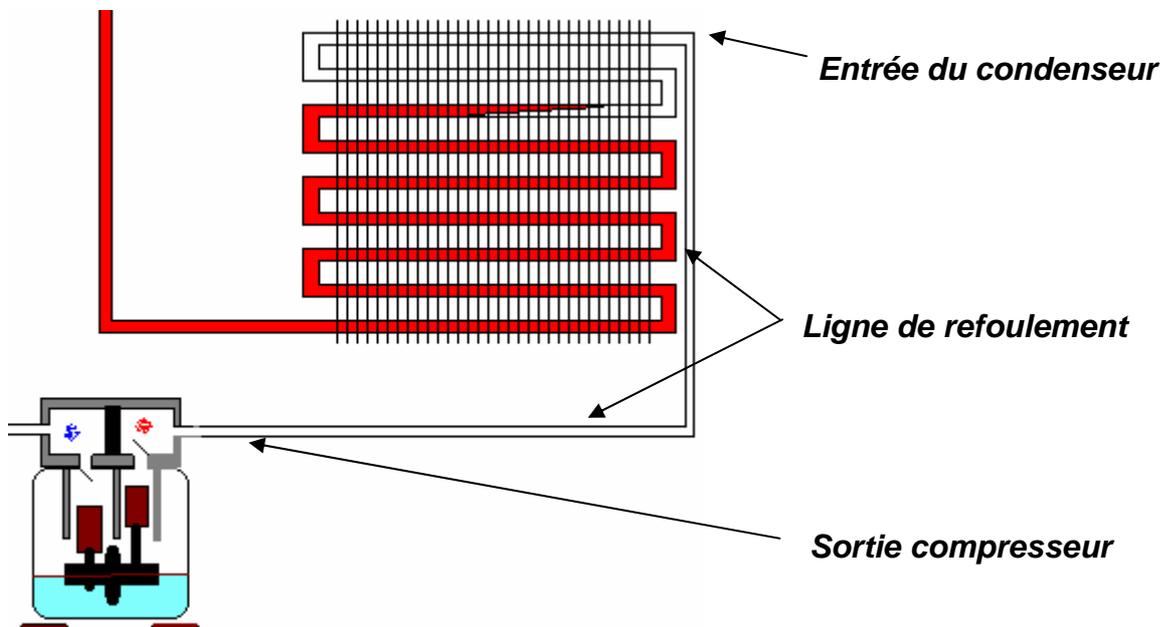
Les systèmes de réfrigération, congélation, de climatisation sont hermétiques, c'est-à-dire que chaque composant est relié au suivant par des tubes qui contiennent et qui permettent la circulation du réfrigérant. on trouve trois circuits de base complets avec la tuyauterie qui les relie

Toutes les tuyauteries des systèmes de réfrigération, de climatisation et de congélation, se divisent en trois sections qui sont dans l'ordre de circulation du réfrigérant :

- **Ligne de refoulement**
- **Ligne de liquide**
- **Ligne d'aspiration**

Ligne de refoulement

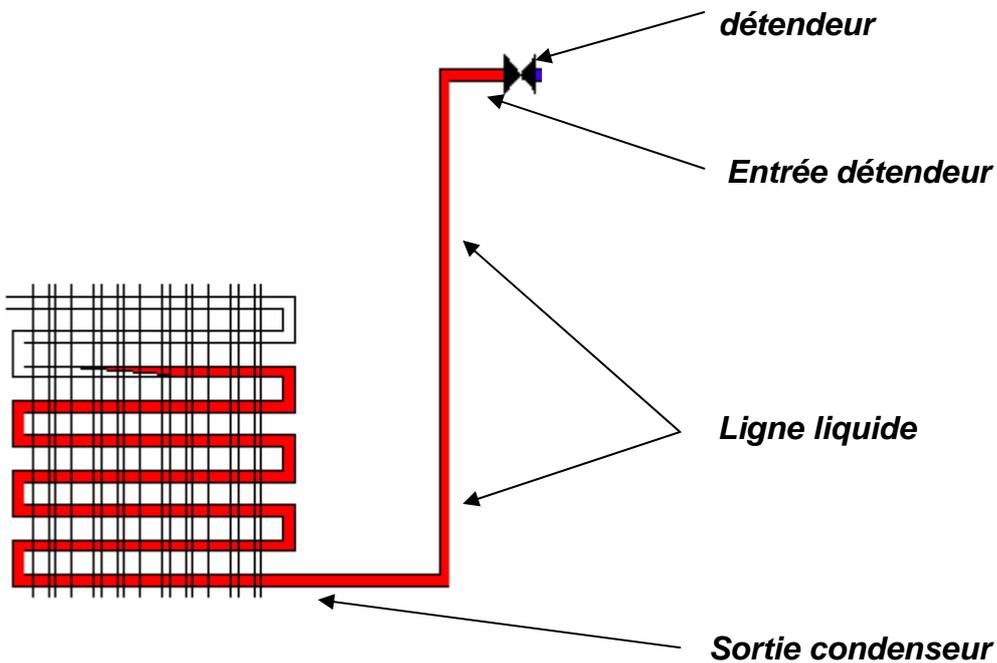
La ligne de refoulement, est celle qui relie la sortie du compresseur à l'entrée du condenseur. Les vapeurs sortent du compresseur et se dirigent vers le condenseur où elles seront liquéfiées.



Ligne de liquide

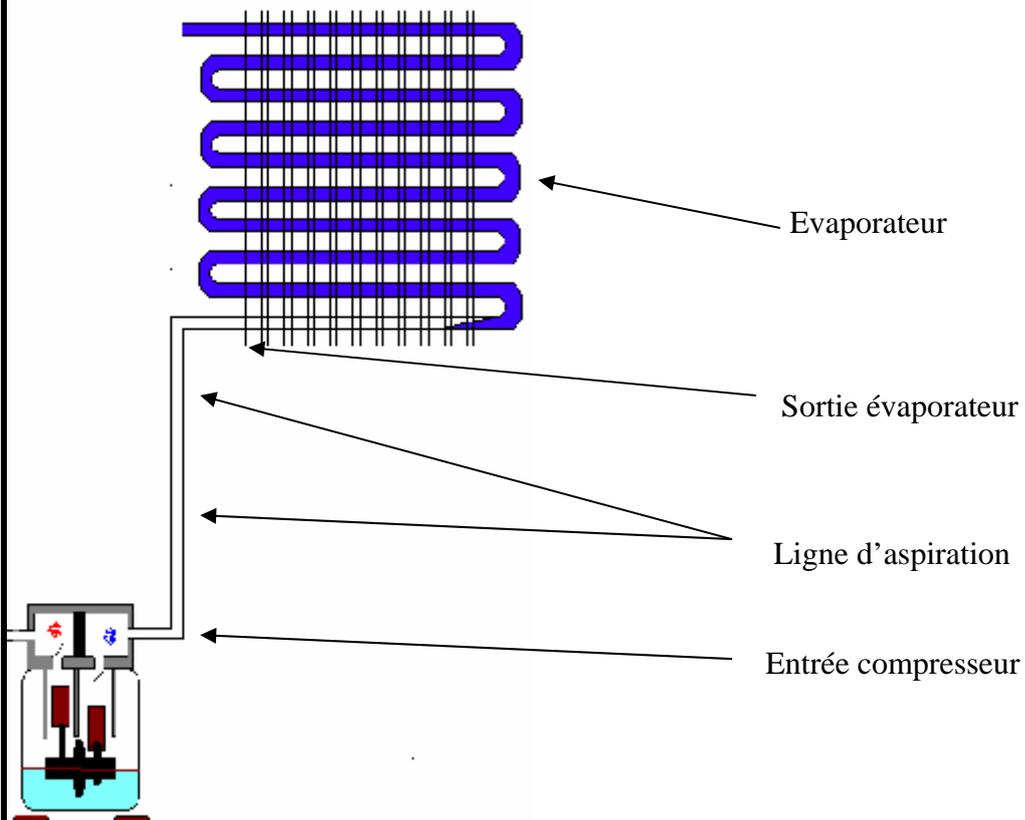
La ligne liquide est celle qui relie la sortie du condenseur à l'entrée du détendeur, de liquide qui sort du condenseur, se dirige vers le détendeur ou il subira une chute de pression. Il y a d'autres accessoires sur cette ligne qu'on vous présentera ultérieurement.

Ligne liquide



Ligne d'aspiration

La ligne d'aspiration est celle qui relie la sortie de l'évaporateur à l'entrée dans le compresseur. Les vapeurs de réfrigérant qui, après avoir capté la chaleur ambiante du milieu à refroidir, se dirigent vers le compresseur pour être comprimés et refoulés vers le condenseur.

ligne d'aspiration

III Circuit frigorifique

III. 1- états de réfrigérant à l'entre et à la sortie des composants.....

III. 2- la surchauffe

III.3 la sou refroidissement.....

III. 4- quantité du froid produit

III. 5- circuit frigorifique.....

III. 6- exercices d'applications.....

III. 7- évaluation de fin de module

ETAT DU REFRIGERANT A L'ENTREE ET A LA SORTIE DES COMPOSANTS

Tout au long du cycle frigorifique, lors-que le compresseur est en fonction, le réfrigérant subit des transformations qui se retrouvent à l'entrée et à la sortie de chaque composant du système

Voyant maintenant le phénomène retrouvé à l'entrée et sortie de chaque composant du circuit de même que la pression et la température du réfrigérant à ces endroits

1 | LA COMPRESSION

- * Augmentation de la pression de la vapeur ; élévation du point de condensation
- * Compression suffisante pour permettre à la vapeur de se liquéfie dans le condenseur
- * Surchauffe de compression



2 | LA CONDENSATION

- * Neutralisation de la surchauffe
- * Condensation de la vapeur en contact avec les serpentines du condenseur
- * Sous refroidissement



4 | L'EVAPORATION

- * Vaporisation du liquide en parcourant les serpentins de l'évaporateur / refroidissement de l'évaporateur
- * Réchauffement de la vapeur / refroidissement des serpentins
- * Surchauffe



3 | LA DETENTE

- * Expansion du réfrigérant à la sortie du détendeur
- * Vaporisation instantanée d'une fraction du réfrigérant liquide
- * Atteinte du point d'ébullition correspondant à la pression dans l'évaporateur



Au compresseur

La principale fonction du compresseur est d'aspirer la vapeur du réfrigérant contenue dans l'évaporateur et de la refouler vers le condenseur où elle se liquéfiera. Comme son nom l'indique. Le compresseur diminue le volume de la vapeur en provenance de l'évaporateur. En se comprimant, les liens moléculaires se resserrent, ce qui amènera la vapeur à se liquéfier plus rapidement dans le condenseur : on se souviendra qu'une augmentation de pression entraîne l'élévation du point de condensation d'un gaz. Contrairement, cela à céder pour se liquéfier.

La pression qu'exerce le compresseur sur le réfrigérant doit être suffisamment grande pour maintenir la température de la vapeur au-dessus de la température qui existe dans le condenseur. C'est seulement à ce moment que la vapeur pourra céder sa chaleur dans le condenseur, puis se liquéfier. En exerçant une pression suffisante sur la vapeur pour lui permettre de se condenser, le compresseur assure la circulation d'une quantité suffisante de réfrigérant à travers le condenseur.

A l'entrée du compresseur, le réfrigérant sera à l'état de vapeur. A la sortie du compresseur, il sera à l'état de vapeur surchauffée :

Entrée= vapeur en base pression et base température

Sortie = vapeur en haute pression et haute température

Lorsqu'un gaz est comprimé, sa température s'élève. Le travail de compression entraîne par conséquent l'augmentation de la température de la vapeur réfrigérante comprimée. Même si la température de la vapeur s'accroît sensiblement, celle-ci n'absorbe pratiquement pas de chaleur : il y a plutôt une concentration de la chaleur qu'elle contient déjà sous l'effet de la compression. Toutefois, il faut mentionner que la fraction de chaleur absorbée dans le compresseur provient de la conversion d'énergie mécanique en énergie thermique. On appelle ce phénomène surchauffe de compression.

On peut distinguer 2 types de clapets essentiels au fonctionnement d'un compresseur réciproque :

- le clapet d'aspiration, situé sur la plaque à clapets, qui permet l'entrée de la vapeur en provenance de l'évaporateur ;*
- le clapet de refoulement, situé également sur la plaque à clapets, qui permet de retenir la vapeur afin qu'elle soit suffisamment comprimée pour lui permettre de se condenser rapidement dans le condenseur.*

La figure 4.24 montre l'intérieur de la tête d'un compresseur réciproque avec les clapets d'aspiration et de refoulement.

Le tableau de la figure 4.25 présente le phénomène qui se produit ainsi que la cause en résulte.

Un compresseur réciproque a pour fonction de permettre la communication alternative, c'est à-dire le passage du réfrigérant tour à tour dans les chambres d'aspiration et de refoulement.

Ce sont des clapets (ou soupapes) actionnés par des pistons qui permettent au compresseur d'assurer cette communication alternative. Les clapets s'ouvrent et se referment sous l'effet des variations de pression que créent les pistons et, de ce fait, font circuler la vapeur réfrigérante du tuyau d'aspiration au tuyau de refoulement.

Au condenseur

Le compresseur refoule la vapeur jusqu'au condenseur où a lieu sa liquéfaction. Lorsqu'elle entre dans le condenseur, la température de la vapeur comprimée est plus élevée que celle de la substance de refroidissement (eau, air) qui entoure le condenseur. Cet écart de température permet le transfert de la chaleur de la vapeur réfrigérante au milieu extérieur. La température de la vapeur s'abaisse donc jusqu'à l'atteinte du point de condensation terminée, le réfrigérant peut alors recommencer son cycle, c'est –à-dire absorber sa chaleur latente de vaporisation, puis la chaleur sensible contenue dans l'évaporateur.

Le rôle du condenseur est donc d'absorber la surchauffe (il ramène la vapeur à son point de saturation), puis la chaleur latente de vaporisation. Au fur et à mesure que le réfrigérant cède sa chaleur latente aux serpentins du condenseur, il revient à l'état liquide.

Plus la température du réfrigérant diminue dans le condenseur, plus la pression qu'il exerce dans celui-ci diminuera. Cette chute de pression sera toutefois compensée par le volume de vapeur qui sera refoulé par le compresseur, ce qui permettra de maintenir le réfrigérant en circulation.

Avant de pouvoir céder sa chaleur latente de vaporisation dans le condenseur, la vapeur doit céder la surchauffe qu'elle a accumulée en parcourant le système. Le condenseur doit donc, en premier lieu, neutraliser cette surchauffe.

La vapeur, une fois parvenue au condenseur, doit donc se refroidir à la température de vapeur saturée qui correspond à la pression du condenseur. Ensuite seulement, elle pourra céder sa chaleur latente et se condenser.

Un niveau de surchauffe trop élevé diminuerait directement la capacité de refroidissement du réfrigérant. En effet, le condenseur aurait à absorber une quantité si grande de chaleur provenant de la surchauffe que sa capacité d'absorption de chaleur latente s'en trouverait diminuée. Ceci pourrait même aller jusqu'à empêcher le processus de condensation.

Une fois condensées, le liquide réfrigérant cède encore de la chaleur et sa température diminue un peu plus : C'est ce que l'on appelle le « sous refroidissement. Ce phénomène est dû en grande partie au contact du liquide avec les tubes relativement refroidis du condenseur : la température du liquide diminue par échange thermique avec les serpentins du condenseur.

Comme on l'a déjà expliqué dans le phénomène de la détente du réfrigérant, plus le sous refroidissement du liquide est grand, moins grande sera la quantité de chaleur que devra céder le réfrigérant liquide pour atteindre le point d'ébullition qui correspond à la pression existant

La sortie du détendeur. Donc, plus grand est le sous-refroidissement, meilleur est l'effet frigorifique du réfrigérant dans l'évaporateur.

A l'entrée du condenseur, le réfrigérant est sous forme vapeur en haute pression et haute température. A la sortie du condenseur, il est liquide en haute pression et haute température.

condensations du réfrigérant

Phénomène	Cause
<i>- neutralisation de la surchauffe (chaleur sensible)</i>	<i>- les serpentins froids du condenseur absorbent la surchauffe : ils ramènent ainsi la vapeur à son point de condensation.</i>
<i>- condensation de la vapeur</i>	<ul style="list-style-type: none"> <i>- La température de condensation s'ajuste naturellement à la pression existant dans le condenseur.</i> <i>- La vapeur cède sa chaleur latente de condensation aux serpentins du condenseur.</i>
<i>- sous- refroidissent</i>	<i>- une fois la condensation complétée, le liquide cède encore de la chaleur aux serpentins du condenseur.</i>

Au détendeur

Le détendeur sert à régler le débit du liquide réfrigérant qui provient du tuyau de haute pression située à la sortie du condenseur. Le détendeur ne laissera circuler que la quantité de liquide nécessaire pour absorber la chaleur contenue dans l'évaporateur lorsqu'il se vaporisera.

A son entrée dans le détendeur, le réfrigérant est à l'état liquide sous sa pression de condensation. Il circule alors à travers l'orifice calibré du détendeur, qu'il quitte pour s'engager dans le tube de grand diamètre de l'évaporateur. Le réfrigérant prend alors de l'expansion, c'est-à-dire qu'il occupe plus d'espace, ce qui entraîne une chute de pression. Durant ce parcours, il se produit deux phénomènes : d'une part, la chute de pression subie par le liquide réfrigérant lors de son passage dans le détendeur provoque la vaporisation instantanée (flash gaz) d'une fraction du liquide ; D'autre part, la température liquide s'abaisse jusqu'à l'atteinte du point d'ébullition qui correspond à la pression qui existe à la sortie du détendeur. C'est donc un mélange liquide/vapeur qui pénètre dans l'évaporateur.

Il est à remarquer que, plus la température du liquide dans la ligne de liquide est basse, moins grande est la quantité de chaleur que doit céder le liquide réfrigérant pour atteindre sa température de vaporisation : la capacité de refroidissement s'en trouve accrue, puisque cela a pour effet de diminuer la quantité de liquide qui subit une vaporisation instantanée.

A l'entrée du détendeur, le réfrigérant est sous forme liquide, en haute pression et haute température ; à la sortie du détendeur, le réfrigérant est encore sous forme liquide (bruine liquide avec des traces de vapeur) en basse pression et basse température.

Phénomène	Causes
- expansion du réfrigérant à la sortie du détendeur	- l'augmentation de volume provoque une chute de pression.
- vaporisation instantanée d'une fraction du liquide réfrigérant à son passage dans le détendeur	- les vapeurs froides abaissent la température du liquide.
- chute de la température du liquide réfrigérant	- les vapeurs froides abaissent la température du liquide.
- atteinte du point d'ébullition correspondant à la pression à la sortie du détendeur	- le point d'ébullition s'ajuste naturellement à la pression à la sortie du détendeur.

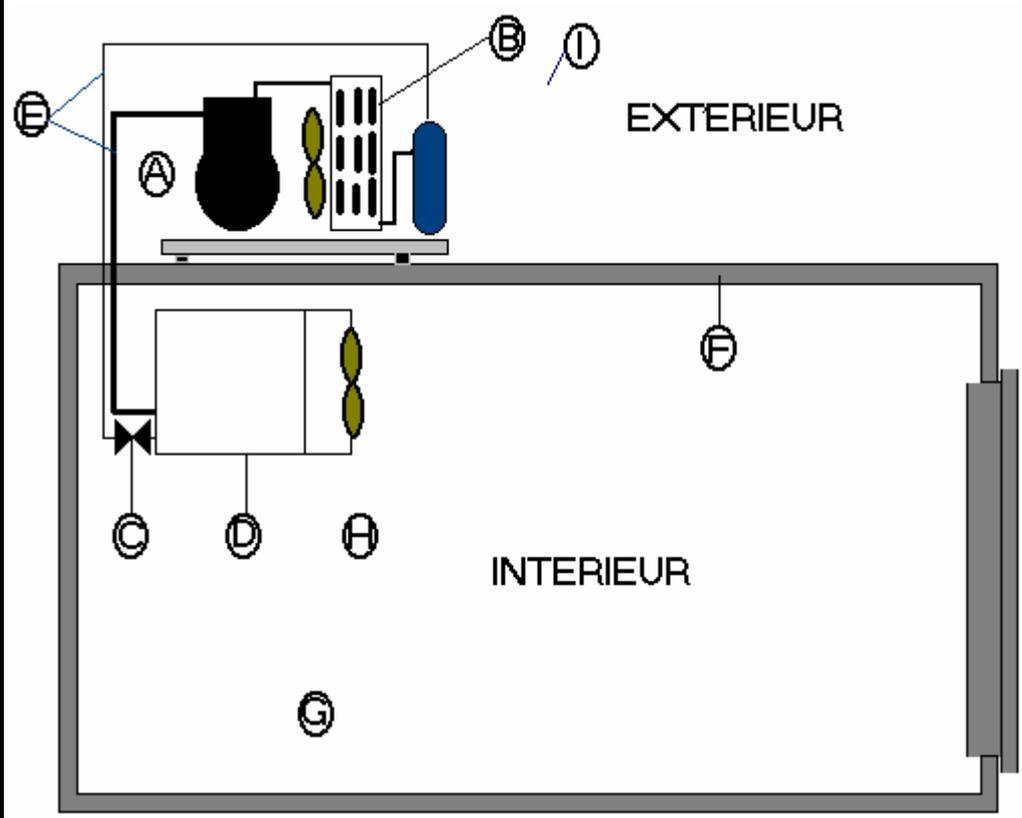
A l'évaporateur

Vous savez qu'une quantité considérable d'énergie thermique est nécessaire pour transformer une substance liquide en gaz (ou en vapeur. C'est donc par le réfrigérant liquide qui absorbe de sa chaleur latente de vaporisation que le milieu ambiant est refroidi.

Comme mentionné précédemment, on retrouve un mélange de réfrigérant liquide/vapeur à l'entrée de l'évaporateur. La partie liquide de ce mélange entre alors en ébullition et commence à absorber sa chaleur latente de vaporisation. Au fur et mesure que le réfrigérant parcourt les serpentins, la proportion de vapeur augmente proportionnellement à la diminution de liquide, jusqu'à ce qu'il ne subsiste que de la vapeur de réfrigérant.

Parvenu aux dernières sections de serpentins de l'évaporateur, le réfrigérant est sous forme de brume liquide dans laquelle on retrouve d'infimes traces de vapeur, en base pression et base température. A la sortie de l'évaporateur, le réfrigérant est sous forme de vapeur en base pression et en base température (évaporation du réfrigérant)

Phénomène	Causes
- vaporisation du liquide qui parcourt les serpentins de refroidissement de l'évaporateur	- absorption graduelle de la chaleur latente de vaporisation : le liquide réfrigérant se transforme en vapeur
- réchauffement de la vapeur de refroidissement des serpentins	- la vapeur absorbe de la chaleur sensible que contiennent les serpentins.
- surchauffe	- le liquide s'est complètement vaporisé; la vapeur qui en résulte continue d'absorber de la chaleur sensible continue dans les serpentins et la tuyauterie d'aspiration.



Surchauffe et refroidissement

A la leçon précédent , vous avez vu qu'il existe 2 types de surchauffe qui se produise à 2 endroits distincts du cycle frigorifique l'une provient de l'évaporateur ainsi que de la tuyauterie basse pression ,tandis que l'autre émane directement du travail de compression.

La surchauffe de la vapeur implique l'absorption de la chaleur et empêche qu'il ne subsiste une certaine quantité de liquide réfrigérant qui risquerait ,en étant aspiré dans le compresseur ,d'en détériore les composant (en cassant les clapets , par exemple).

La surchauffe de compression , par contre , provient essentiellement du travail de compression. Pratiquement ,il n'y a ici que peu ou pas d'absorption de chaleur.

Toutefois, on doit veiller à ce que la surchauffe ne soit pas trop grande. En effet, la surchauffe accumulée par le réfrigérant doit être neutralisée dans le condenseur. Plus elle est élevée, plus grande est la quantité de chaleur que doit céder le réfrigérant avant de pouvoir se condenser : le travail du condenseur s'en trouve d'autant accru. Une surchauffe trop grande risque également d'empêcher la condensation de la totalité de la vapeur . A ce moment, le détendeur n'admettrait pas suffisamment de liquide dans l'évaporateur, ce qui entraînerait la diminution du rendement.

Pour ces raisons on doit maintenir le degré de surchauffe au niveau établi par le fabricant du compresseur. Ainsi, on facilite la condensation de la vapeur réfrigérant et le bon fonctionnement du système.

Le sous-refroidissement du liquide réfrigérant s'effectue selon le même principe que le surchauffe : une fois que la vapeur s'est condensée, le liquide qui en résulte cède encore une certaine quantité de chaleur aux serpentins du condenseur. Le nombre de degrés d'abaissement de la température du réfrigérant liquide correspond au sous-refroidissement du système.

Le sous-refroidissement du liquide réfrigérant favorise le rendement du système frigorifique. Effectivement, ce phénomène diminue la quantité de chaleur que doit céder le réfrigérant pour abaisser sa température jusqu'à l'atteinte du point d'ébullition correspondant à la pression qui existe à la sortie du détendeur. Le réfrigérant doit avoir quelque degrés de sous-refroidissement à sa sortie du condenseur.

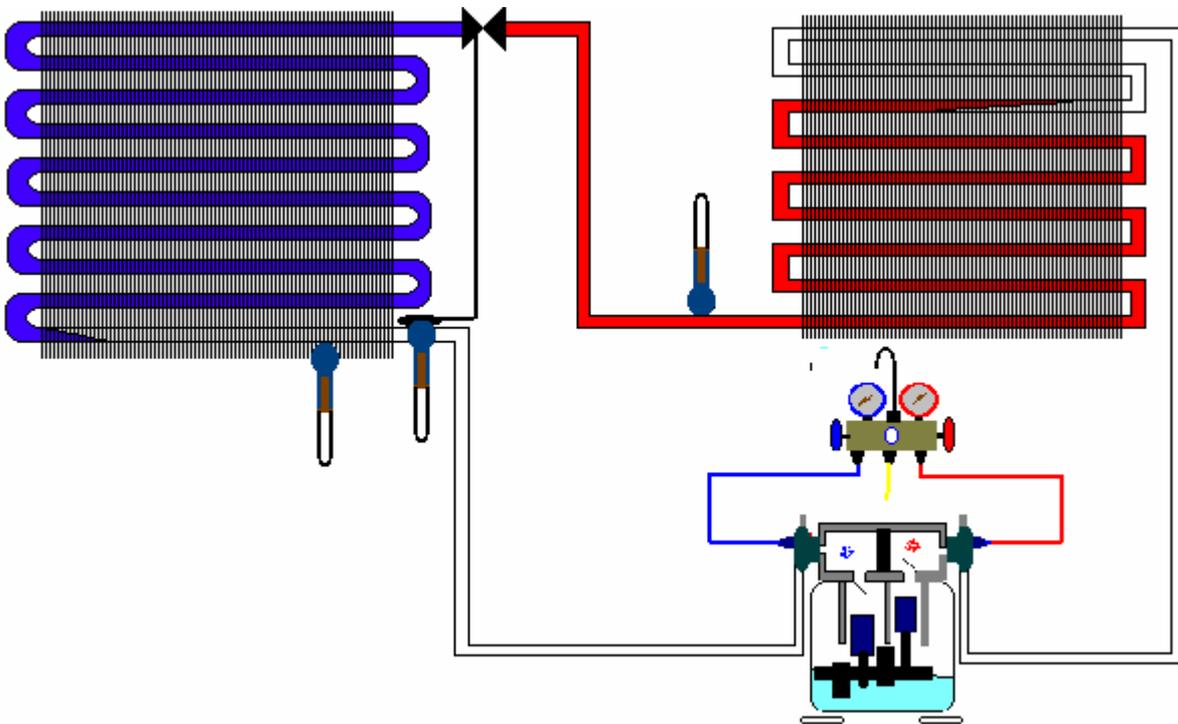
Calcul de la surchauffe de la vapeur

Avant d'aborder la méthode qui permet de déterminer le nombre de degrés de surchauffe d'un système, il est important de mentionner que le niveau de surchauffe acceptable varie selon le réfrigérant employer et le type d'installation en fonction.

Une fois cette mise au point faite, vous pouvez passer à la méthode de calcul suivante qui permet de trouver le nombre de degrés de surchauffe d'un système :

1. prélever la température du réfrigérant à sa sortie de l'évaporateur .
2. mesurer la pression au tuyau d'aspiration , à l'entrée du compresseur .
3. ajouter 1 à la pression obtenue. ces 2 livres de pression supplémentaires correspondent à la perte de pression estimée dans les tuyaux d'aspiration .
4. à l'aide d'un abaque de température /pression, trouver la température qui correspond à la pression totale obtenue .
5. soustraire la température donnée par l'abaque de température de départ . le résultat de cette différence correspond en nombre de degrés de surchauffe de système .

voyez un exemple concret . en mesurant la température de réfrigérant 22 à sa sortie de l'évaporateur et on obtient une température de -5°C



On fait ensuite la lecture de la pression au tuyau d'aspiration situé à l'entrée du compresseur : on obtient une valeur de 66 à laquelle on additionne 2 . sur

l'abaque température /pression, on détermine que cette pression a une température de 40. on soustrait ces 40 de la température de départ , soit 52, ce qui nous permet d'établir que la surchauffe s'élève à 12.

Calcul du sous-refroidissement

Comme le condenseur doit neutraliser la surchauffe accumulée par le réfrigérant , puis sa chaleur latente de vaporisation, on comprendra que la capacité du condenseur doit être plus grande que celle de l'évaporateur. Le condenseur doit en effet éliminer une plus grande quantité de chaleur que celle que le réfrigérant absorbe uniquement dans l'évaporateur.

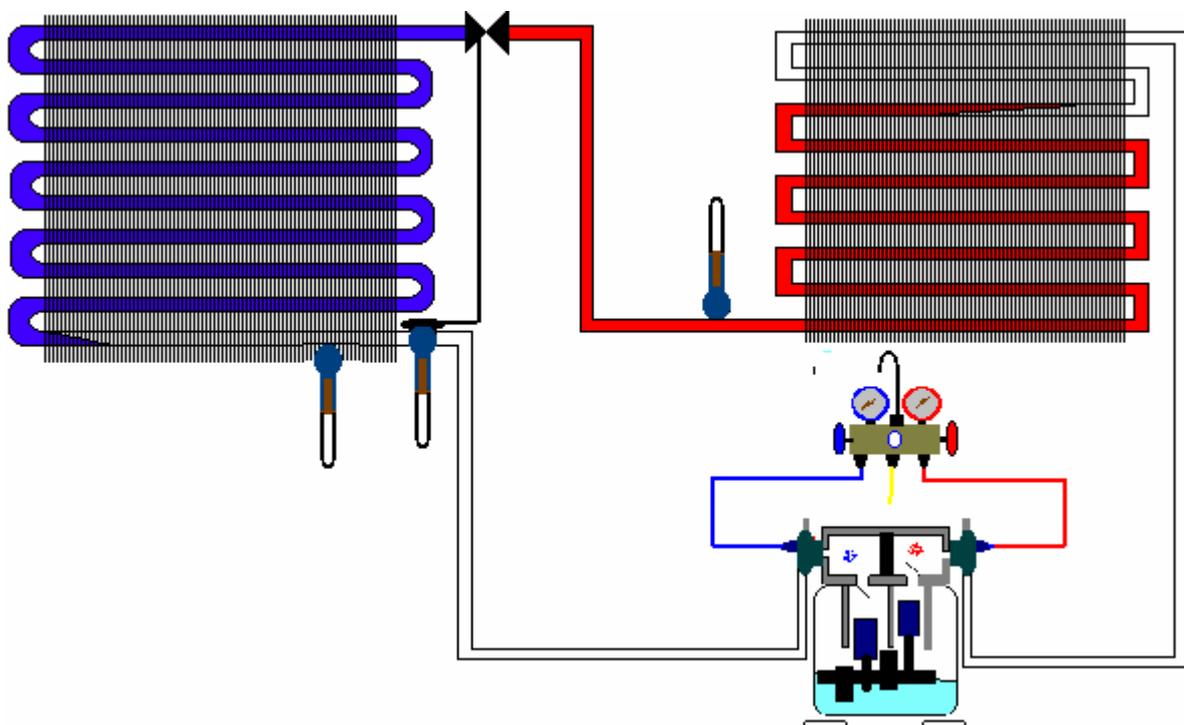
Généralement, la capacité du condenseur d'une installation frigorifique est supérieure à celle de l'évaporateur de 15% à 33% et, certaines fois, supérieure à ces chiffres.

Entre la température du liquide de sa sortie du condenseur et la température de condensation du gaz qui correspond à la pression dans le condenseur.

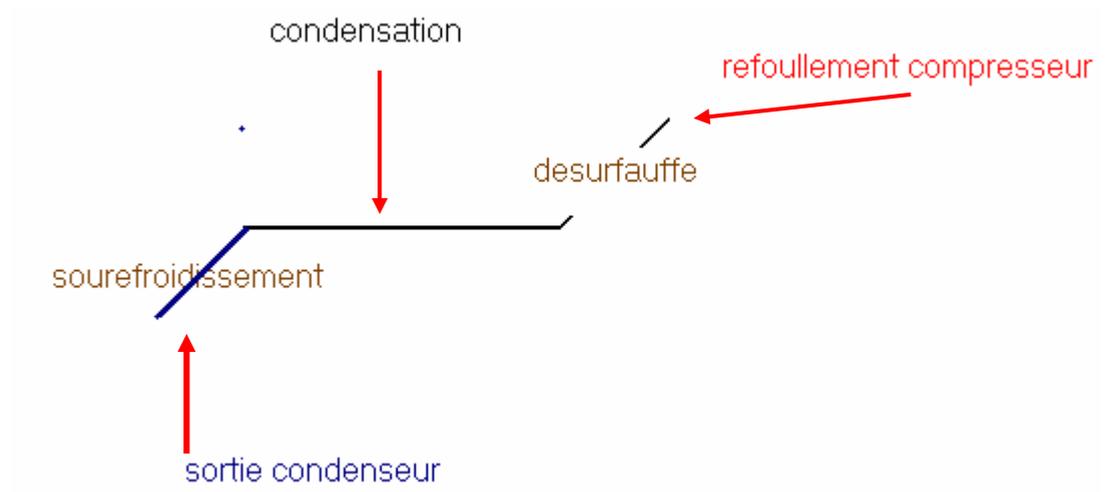
Exemple :

- placez un thermomètre à la sortie du condenseur sur le tube.
- Lisez la température donnée.
- Placez un manomètre sur la vanne d'accès du réservoir à la sortie du condenseur, lisez la pression.

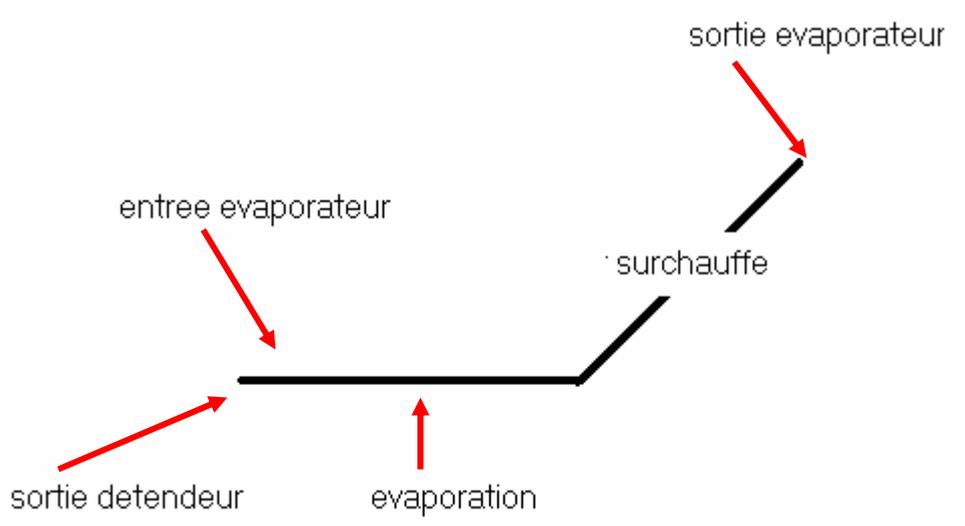
- Convertissez cette pression en température à l'aide de la table pression/ température.
- Soustrayez la température trouvée à l'étape 3 de la température trouvée à l'étape 1, vous
- obtenez le sous-refroidissement .



Le sou refroidissement



surchauffe



Quantité de froid à produire :

La quantité de froid à produire (ou de chaleur à absorber) par l'évaporateur dépend des conditions particulières de l'installation et est évaluée par l'établissement du bilan thermique

Elle est conventionnellement désignée par :

$$\Phi_0 \text{ watts} = (\text{ou kilowatts}). \quad \Phi_0 = K.A.\Delta\theta$$

Surface d'évaporateur :

Le coefficient global de transmission thermique K caractéristique de l'évaporateur à calculer nous indique quelle quantité de chaleur nous pouvons absorber par mètre carré de surface et par degré d'écart entre la température θ_0 de vaporisation du fluide et la température du milieu à refroidir θ_f .

Si nous désignons par :

A : Surface de transmission de l'évaporateur en $[m^2]$

K : Coefficient global de transmission de chaleur $[w/m^2\cdot c]$

$\Delta\theta$: Différence de température entre la température moyenne du milieu à refroidir et la température de vaporisation du fluide frigorigène $[c]$.

Nous avons

$$\Phi_0 = K.A.\Delta\theta$$

Nous aurons réciproquement

$$A = \frac{\Phi_0}{K.\Delta\theta}$$

Débit masse de fluide à refroidir :

Le fluide à refroidir, au contact de l'évaporateur présente entre ses températures d'entrée θ_e et de sortie θ_s une différence

$$\Delta\theta = \theta_e - \theta_s \quad [k \text{ ou } (c)].$$

Le fluide ayant à $P = cte$, une capacité thermique massique C_p (Kj/Kg) abandonnera de θ_e à θ_s une quantité de chaleur telle que par Kg F.F en circulation nous puissions écrire :

$$q_0 = C_p (\theta_e - \theta_s) \text{ Kj/Kg}$$

$$\text{soit } q_0 = C_p \Delta\theta$$

L'évaporateur pouvant absorber Φ_0 [w] ; Le débit masse q_m du fluide à refroidir devra avoir dans des conditions précitées une valeur

$$\Phi_0 = q_m C_p (\theta_e - \theta_c)$$

d'ou nous tirons :

$$q_m = \frac{\Phi_0}{\varphi(\theta_e - \theta_c)} = \frac{\Phi_0}{\varphi \Delta\theta}$$

Si nous refroidissons de l'eau, le débit masse d'eau q_{mw} sera égal à

$$q_{mw} = \frac{\Phi_0}{C_w \Delta\theta} \quad \text{Kg/s}$$

Le débit volume q_{vw} sera égal

$$q_{vw} = \frac{q_{mw}}{\rho_w} \quad [m^3/s] \text{ avec } \rho_w \text{ en Kg/m}^3$$

Débit de saumure :

La capacité thermique massique de la saumure étant C_s [Kj/Kg] et masse volumique ρ_s nous aurons

$$q_{ms} = \frac{\Phi_0}{C_s \Delta\theta} \quad \text{Kg/s}$$

et

$$q_{vs} = \frac{q_{ms}}{\rho_s} \quad m^3/s \quad \text{avec } \rho_s \quad \text{en Kg/m}^3$$

Débit d'air : Le médium à refroidir étant de l'air nous aurons

$$q_{ma} = \frac{\Phi_0}{C_{Pa} \Delta\theta} \quad \text{Kg d'air sec}$$

L'air atmosphérique comme déjà sur étant humide, son volume massique varie avec la température et la quantité de vapeur d'eau en sur pension, la variation de volume massique étant faible, il est possible pour des débits d'air faibles de supposer que l'air est sec ($q_v \leq 5000 \text{ m}^3/\text{h}$).

Dans cette hypothèse, nous aurons

$$q_{va} = \frac{\Phi_0}{1.3 \Delta\theta} \quad \text{m}^3/\text{s}$$

1.3 KJ/ m³ représente la quantité de chaleur pouvant être absorbée par mètre cube d'air

$$Cp_{va} = Cp_a \times \rho_a \quad \text{soit} \quad : \quad 1.3 \# 1 \times 1.293.$$

Débit d'air par différence d'enthalpie :

Connaissant la température de l'air à l'entre de l'évaporateur θ_{ae} et sou humidité relative φ_{ae} il est possible à l'aide d'un diagramme de l'air humide de déterminer l'enthalpie h_{ae} de l'air à l'entre de l'évaporateur.

De même pour déterminer h_{as} .

La débit masse d'air sera alors

$$q_{ma} = \frac{\Phi_0}{h_{ae} - h_{as}} \quad \text{Kg d'air sec}$$

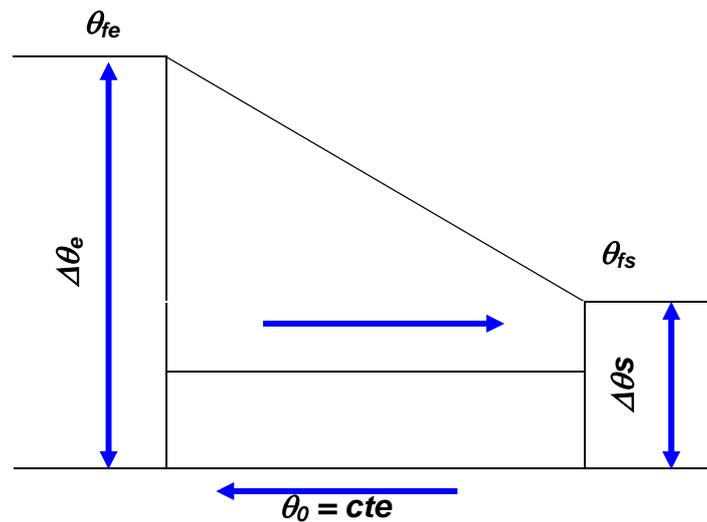
Et si v_a est le volume massique de l'air au droit de ventilateur le débit volume sera :

$$q_{va} = v_a \times q_{ma} \quad \text{m}^3/\text{s d'air à } \theta_{ae} \text{ et } \theta_{as}$$

si le ventilateur est placé à l'entrés d'air sur l'évaporateur

Ecart moyen de température $\Delta\theta$.

L'échange de chaleur au niveau de l'évaporateur a lien entre un fluide se vaporisant à température constante θ_0 et un fluide (liquide ou gaz) se refroidissant de θ_e à θ_s , la quantité de chaleur absorbai sous forme latente par le F.F sa vaporisant est fournie sous forme sensible par la fluide à refroidir ce que schématiquement



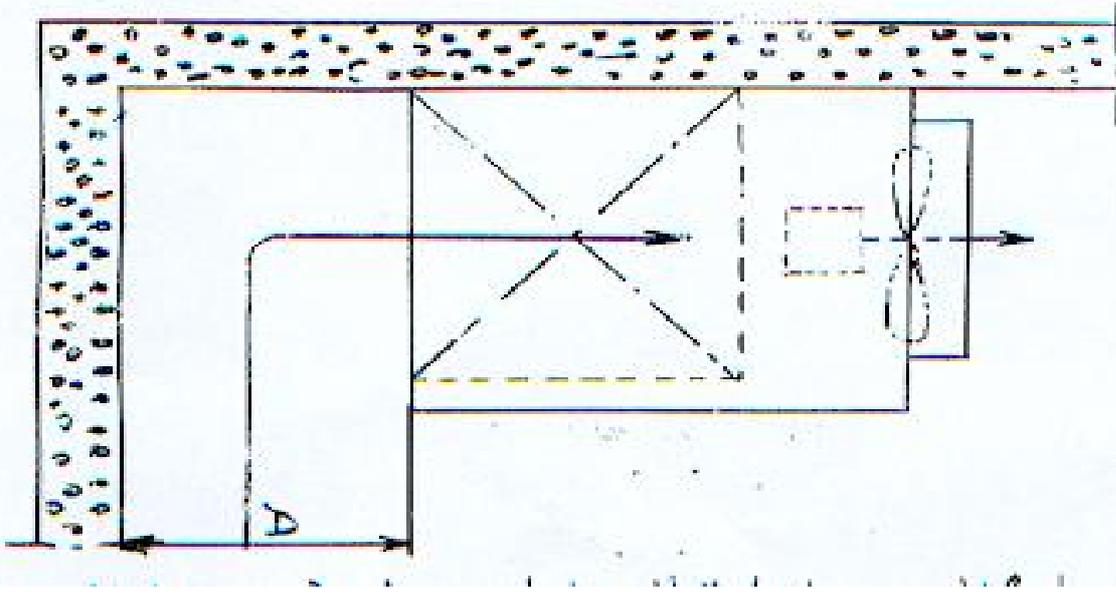
Evaporateurs plafonniers :

Ils sont constitués par un faisceau ailette enfermé dans une carrosserie métallique, une tôle de fermeture placée à la partie supérieure et un égouttoir à la partie inférieure canalisent l'air pulsé par un ou plusieurs ventilateurs.

Ces ventilateurs peuvent être placés, soit sur la façade de l'évaporateur, soit sur des écrans inclinés.

Les ventilateurs peuvent être aspirants ou soufflants sur le faisceau ailette. Le soufflage de l'air sur le faisceau permet une meilleure répartition de l'air pulsé dans la chambre

Si la façade de l'évaporateur est parallèle (comme le montre la figure ci-dessous). Il est indispensable de ménager un espace fermant chambre d'aspiration entre la paroi de la chambre et le faisceau ailette.



La distance D dépend du débit des ventilateurs. Elle peut varier de 400 à 600 mm pour des évaporateurs commerciaux et de 700 à 1200 pour des évaporateurs industriels

D'après le schéma nous pouvons écrire

Ecart à l'entrés

$$\Delta\theta_e = \theta_e - \theta_o$$

Écart à la sortie

$$\Delta\theta_s = \theta_s - \theta_o$$

Valeur de l'écart moyen

$$\Delta\theta = \frac{\Delta\theta_e + \Delta\theta_s}{2}$$

Soit

$$\Delta\theta = \frac{(\theta_e - \theta_o) + (\theta_s - \theta_o)}{2}$$

Ce qui peut s'écrire

$$\Delta\theta = \frac{\theta_e - \theta_s}{2} - \theta_o$$

Et posent

$$\frac{\theta_e + \theta_s}{2} = \theta_m$$

D'où

$$\Delta\theta = \theta_m - \theta_o$$

L'écart moyen $\Delta\theta$ est égal à la différence entre la température moyenne du fluide à refroidir et la température de vaporisation

Valeur pratique de $\Delta\theta$

Les valeurs pratiques de $\Delta\theta$ sont en général de 5k (°c) lorsque le fluide à refroidir est un liquide. Lorsqu'il s'agit d'un gaz, ces valeurs sont variables et sont fonction du degré hygrométrique désiré pour l'air de la chambre froide, a retenir que ces valeurs oscillent en général entre les valeurs de 4 et 14 k (°c).

classification des évaporateurs

suivant le tout qui leur est assigné, les évaporateurs peut être classé en :

- Evaporateurs refroidisseurs de liquide ;
- Evaporateurs refroidisseurs de gaz ;
- Evaporateurs congélateurs ;
- Evaporateurs spéciaux.

Evaluation

1. De quels composants proviennent les 2 surchauffes qui se produisent dans un cycle frigorifique ?

.....
.....
.....

2. comment doit être la pression qu ,exerce le compresseur sur le réfrigérant ?

.....
.....
.....

3. Lorsqu 'un gaz est comprimé, que fait sa température ?

.....
.....
.....

4. Si la surchauffe au condenseur est trop élevée, qu 'est ce qui directement influencé ?

.....
.....
.....

5.lorsque le liquide réfrigérant est condensé et qu'il cède encore de la chaleur, comment ce phénomène est il appelé ?

.....
.....
.....

6.Sous quelle forme retrouve t-o, le réfrigérant à l'entrée du détendeur ?

.....
.....
.....

7. Que ferait une surchauffe trop grande dans l4, évaporateurs ?

.....
.....
.....

Résumé

Dans cette section, vous avez pris connaissance de l'état du réfrigérant à l'entrée et à la sortie de chaque composant du cycle frigorifique de base.

Vous savez maintenant que le réfrigérant subit diverses transformations. A la compression, il est à la fois :

- vapeur avec une augmentation de la pression et un point de condensation.*
- vapeur avec une compression suffisante pour lui permettre de se liquéfier dans le condenseur .*

A la condensation, vous trouverez :

- la neutralisation de la surchauffe ;*
- la condensation appelée aussi liquéfaction ;*
- le sous-refroidissement a la sortie du condenseur.*

A la détente, vous trouverez :

- l'expansion du réfrigérant à la sortie du détendeur ;*
- la vaporisation d'une fraction du liquide du réfrigérant appelé aussi « Flash gaz » ;*
- l'atteinte du point d'ébullition du réfrigérant qui correspond à la pression dans l'évaporateur .*

A l'évaporation, vous trouverez :

- la vaporisation du liquide ;*
- le réchauffement de la vapeur ;*
- la surchauffe.*

Vous savez aussi que le réfrigérant se retrouvera sous forme liquide haute pression de la sortie du condenseur jusqu'à son entrée dans le détendeur. Il sera encore sous forme liquide mais basse pression de la sortie du détendeur jusque dans l'évaporateur ou, avant la fin de celui poursuivra jusqu'à l'entrée du réfrigérant dans le compresseur.

Dans le compresseur, il subira une nouvelle transformation : il deviendra vapeur haute pression, et ce, jusqu'à la liquéfaction dans le condenseur.

Dans la prochaine section, vous verrez l'emplacement de chaque composant dans un circuit frigorifique.

EMPLACEMENT DES COMPOSANTS

Chaque composant du circuit occupe la même place dans le système frigorifique, peu importe l'utilisation :

- climatisation**
- réfrigération**
- congélation**

Dans la théorie qui va suivre, on vous présente 3 systèmes -types de base afin que vous puissiez voir que , peu importe l'utilisation , le cycle de base reste même. Il se peut qu'à un moment donné, vous voyiez un système à distance, c'est –à-dire les composants soient éparpillés physiquement dans la battisse. Vous verrez que l'emplacement restera le même à savoir :

-le compresseur peut être placé n'importe, ou sauf dans l'enceinte à refroidir. il y a exception à cette règle dans le cas d'une thermopompe, quoique ce principe soit spécifique à quelques compagnies seulement.

-l'évaporateur est dans la pièce à refroidir, car c'est par lui que se fera l'absorption de chaleur.

-le détendeur est généralement installé lui aussi dans la pièce à refroidir, à l'entrée de l'évaporateur, plus précisément.

Le condenseur est toujours installé à l'extérieur de la pièce à refroidir, à l'extérieur ou à l'intérieur de la battisse. Ce qui est dit ici aussi sujet à vérification selon le médium de condensation utilisé (eau ou air).

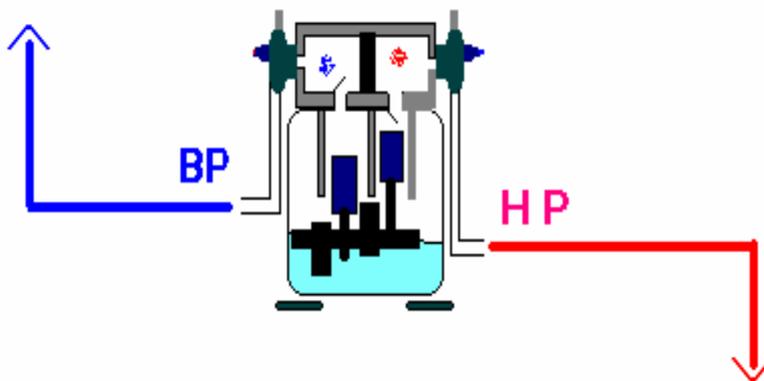
-comme la température fait le trait d'union entre chaque composant, vous trouverez ces dernier dedans comme en dehors de la battisse.

Vous prendrez connaissance de l'importance de ne pas mélanger le terme « évaporateur » et « condenseur » , les 2 font un travail opposé et ne sont pas situés au même endroit dans le système.

Compresseur

Le compresseur se trouve entre le condenseur à qu'il envoie de la chaleur à rejeter (prise dans l'évaporateur) et l'évaporateur comme vous pouvez le remarquer aux 3 figures suivante , le compresseur , quel que soit le système , est toujours placé entre l'évaporateur (relie au compresseur par la ligne d'aspiration), et le condenseur dont la sortie du compresseur relie par l'entrée du condenseur par la ligne de refoulement.

aspiration des gazs provient
de l'évaporateur



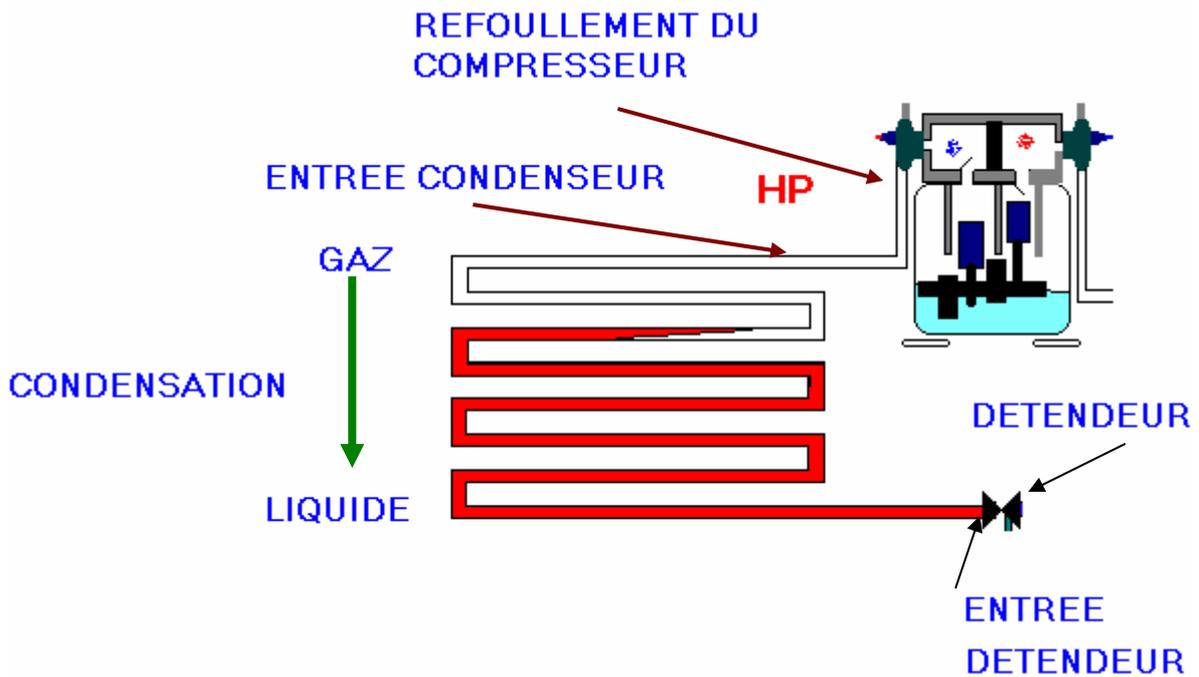
refoulement des gazs chauds
vers le condenseur

Condenseur

Le condenseur se trouve entre le compresseur dont il reçoit les chaleurs à éliminer et le détendeur :

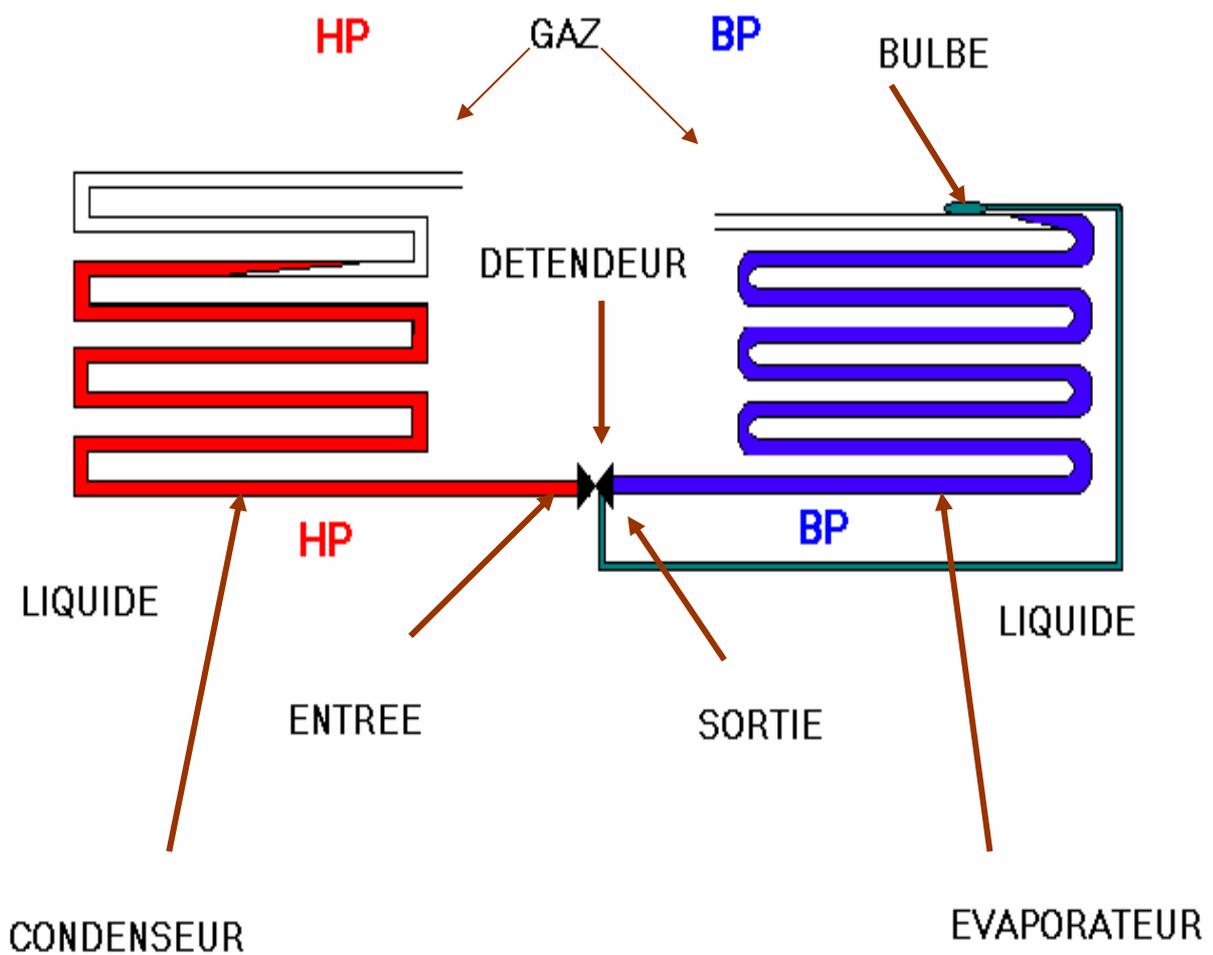
- chaleur absorbée à l'évaporateur ;
- chaleur mécanique ;
- chaleur de friction du réfrigérant dans les tubes et le détendeur qui reçoit le liquide réfrigérant (liquéfié dans le condenseur).

Comme vous avez pu le remarquer aux figures qui précèdent , quel que soit le système , le condenseur retrouvera toujours entre le compresseur, qui relie de sa sortie à l'entrée du condenseur par la ligne de refoulement et le détendeur , lui même relie de la sortie du condenseur par la ligne de liquide jusqu'à l'entrée du détendeur par cette même la ligne.



Détendeur

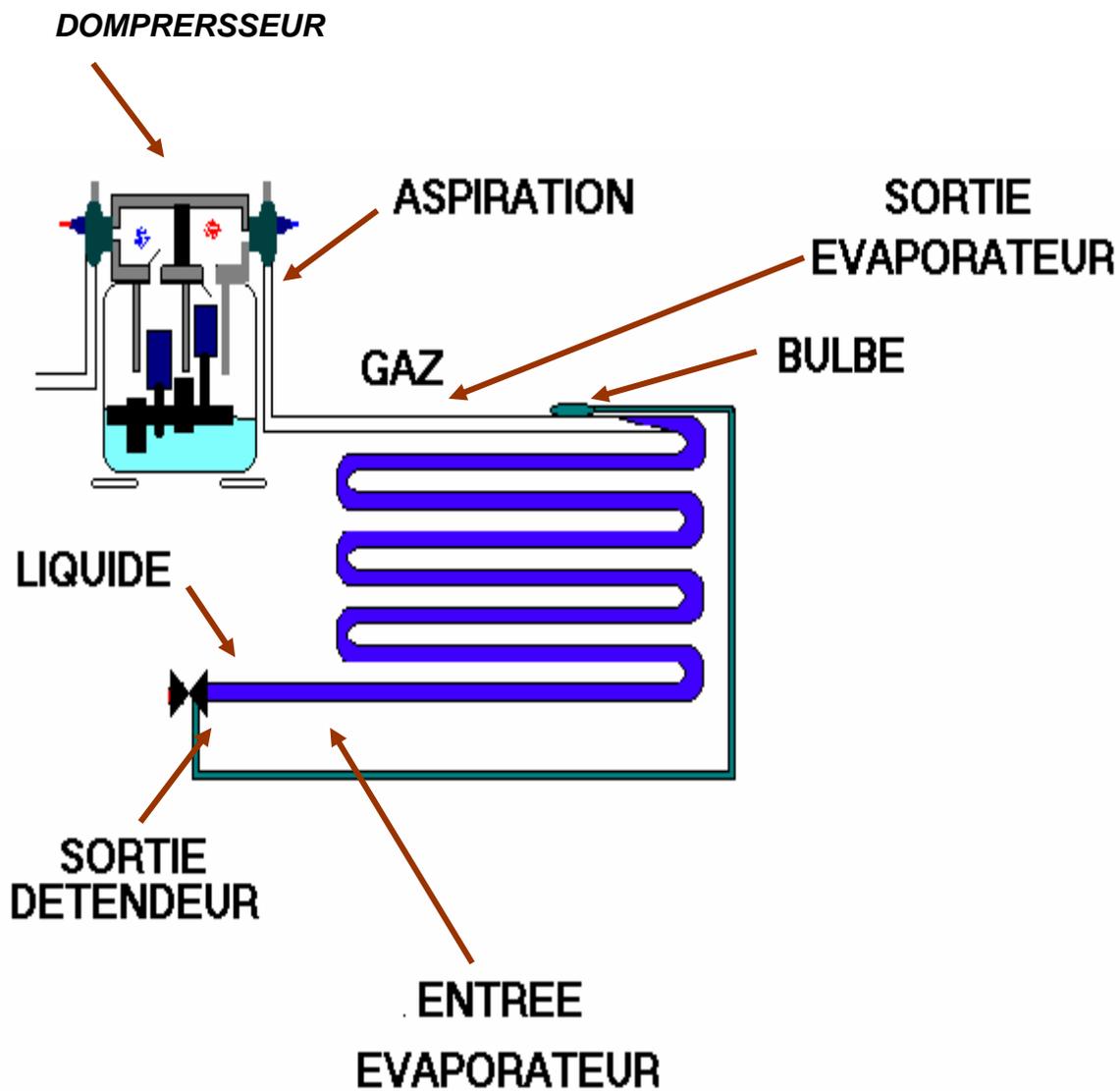
Le détendeur est placé entre l'évaporateur et le condenseur.
Comme vous pouvez le constater au figure le détendeur reçoit à son entrée le ligne de liquide qui arrive du condenseur , la sortie vers l'entrée de l'évaporateur



Evaporateur

L'évaporateur est situé entre le détendeur et le compresseur.

Comme vous pouvez le voir , l'évaporateur est placé à la sortie du détendeur et la sortie de l'évaporateur est reliée à l'entrée du compresseur par la ligne d'aspiration



Tuyauterie

La tuyauterie est le composant de base qui permet le raccordement de tous les composants du système.

Cette tuyauterie peut être de cuivre ou de métal. Suivant les composants qu'elle réunit dans le système, elle porte un nom différent :

-ligne de refoulement.

-ligne de liquide.

-ligne d'aspiration.

On doit toujours associer le sens du réfrigérant avec les explications qui vous sont données. Vous partez du compresseur vers le condenseur, ensuite vers le détenteur, après dans l'évaporateur et enfin, le retour dans le compresseur. Dans un système de réfrigération de base, transferts de chaleur s'effectuent selon l'un ou l'autre des 3 modes de propagation. Ainsi,

-l'échange thermique entre la surface externe des serpentins (ou encore du givre) et le milieu à refroidir s'effectue par **convection**

-l'échange thermique qui se produit entre la surface interne des serpentins (de l'évaporateur ou du condenseur) et la fluide frigorigènes s'effectue par **convection**

-l'échange thermique qui se produit à travers la paroi métallique des serpentins de l'évaporateur ou du condenseur s'effectue par **conduction**

-l'échange thermique qui se produit entre la surface externe des serpentins de l'évaporateur et la substance à refroidir (eau, air) s'effectue par **convection**

-l'échange thermique qui se produit entre le condenseur et le milieu extérieur s'effectue par **convection**.

Ces modes de transmission de la chaleur dans les tubes du serpent d'un évaporateur qui est recouvert d'une pellicule d'huile à l'intérieur et d'une pellicule de glace à l'extérieur.

Dans un système en opération, on doit tenir compte de la présence 'huile lubrifiante qui circule dans le circuit en même temps que le réfrigèrent, et qui forme un film d'huile sur la paroi interne des serpentins, de même, on doit considérer la formation éventuelle de givre sur la surface externe des serpentins à l'évaporateur.

Dans un cas :

*-l'échange thermique entre le fluide frigorigène et la surface du film d'huile qui tapis la paroi interne des serpentins s'effectue par **convection***

*-l'échange thermique entre les plans superposés d'huile , de la paroi des serpentins et éventuellement de givre , s'effectue par **conduction***

c'est parce que l'huile et le givre sont de moins bons conducteurs de chaleur que les métaux qu'on doit tenter de les éliminer ou du moins, de réduire leur présence au minimum .d'une part,on doit toujours rechercher un transfert de chaleur aussi grand que possible entre le réfrigérant et les échangeurs thermiques (c'est –à-dire l'évaporateur et le condenseur). On peut faciliter cet échange thermique en :

-empêchant la formation d'un excédent de givre sur les parois des serpentins de l'évaporateur ;

-évitant qu'un excédent d'huile circule dans le système ;

-éliminant la présence de poussière sur les tuyaux.

D'autre part , on doit rechercher une isolation aussi bonne que possible entre l'enceinte réfrigérée et le milieu extérieur . les méthodes qui permettent de maintenir les conditions optimales d'échange de chaleur seront détailler dans des modules ultérieurs.

Ligne de refoulement

La ligne de refoulement réunit le compresseur au condenseur . elle débute à partir de la sortie du compresseur jusqu'à l'entrée la plus haute du condenseur. elle sera toujours placée comme décrite ci-dessus , quels que soient les systèmes. Le réfrigérant qui circule à l'intérieur de cette ligne se trouve à l'état vapeur en haute pression.

Ligne de liquide

La ligne de liquide réunit le condenseur et le détendeur . elle débute à partir de la sortie du condenseur et se termine à l'entrée du détendeur sur lequel elle est raccordée . la figure 4.40 montre cette ligne qui sera toujours située à l'endroit décrit ci-dessus , peu importe le système . le réfrigérant qui circule à l'intérieur de cette ligne se trouve à l'état liquide en haute pression.

Ligne d'aspiration

La ligne d'aspiration réunit l'évaporateur au compresseur. Elle débute à partir de la sortie de l'évaporateur ou le réfrigérant chute de pression et de température .comme vous pouvez le constater , le détendeur est directement raccordé à l'entrée de l'évaporateur. C'est pour cette raison que , physiquement ,la ligne d'aspiration débute à la sortie de l'évaporateur et se termine à l'entrée au compresseur (figure 4.41)

Le réfrigérant qui circule de la sortie de l'évaporateur à l'entrée du compresseur dans la ligne d'aspiration est sous forme de vapeur à basse pression.

Réfrigérant

Le réfrigérant est un composant de base indispensable à tout système frigorifique , peu importe le type :

-réfrigération

- . chambres froides**
- . armoires ménagères**
- . climatiseurs de fenêtre;**
- . fontaines réfrigérées**
- . comptoirs réfrigérés;**
- . etc.**

-climatisation

- . centrale**
- . monobloc.**

-congélation.

- .chambres froides**
- .armoires ménagères**
- . comptoirs**
- .machines à glace**
- . congélateurs à crème glacée**

. etc

Module 5 : THEORIE DES CYCLES FRIGORIFIQUES

Cependant, si un système nécessite le démontage, le remplacement ou la réparation de

l'évaporateur, du détendeur, du compresseur ou de la tuyauterie, il faudra, pour tout frigoriste soucieux de l'environnement, récupérer le réfrigérant. Dans le module qui traite des récupérateurs, vous verrez à quel point les CFC (chlorofluorocarbone), qui sont de bons réfrigérant, sont dommageables pour la couche d'ozone.

Cette couche protectrice de l'atmosphère terrestre a, depuis l'avènement des réfrigérants CFC (fréon) en 1930, été perforée. cette couche protège la terre des rayons ultraviolets qui proviennent du soleil et qui sont nocifs pour tout organisme, lorsqu'il en reçoit en trop grande quantité

A très long terme (106 ans pour le réfrigérant fréon 12), les fréons ont la capacité de détruire les molécules d'ozone. vous comprendrez maintenant pourquoi la récupération devra être l'un des soucis majeure dans votre vie professionnelle.

Dans la théorie du module 5 (récupération de réfrigérants), vous verrez comment récupérer le réfrigérant :

-par vide du système (pump-down) ;

-par récupération à l'aide de récupérateurs qui sont obligatoirement disponibles à tout frigoriste, peu importe l'endroit où il travaille.

Dans le compresseur, le réfrigérant se trouve sous forme vapeur jusque dans le condenseur où il subit la transformation de vapeur à liquide avec des traces de vapeur. Dans la ligne de liquide, le réfrigérant se trouve sous forme liquide. Dans le détendeur, il subit une transformation de liquide à haute pression, à liquide sous forme de brume liquide à basse pression avec des traces de vapeur à basse pression dans l'évaporateur. De la sortie de l'évaporateur à l'entrée du compresseur, il est sous forme de vapeur à basse pression.

Module 5 : THEORIE DES CYCLES FRIGORIFIQUES

Résumé

Dans cette section, vous avez pris connaissance de l'emplacement des composants.

Vous avez vu l'emplacement des composants de base dans 3 systèmes de :

-Réfrigération ;

-climatisation ;

-machine à glace.

Vous savez maintenant que :

-le compresseur se trouve entre l'évaporateur et le condenseur.

-le condenseur se trouve entre le compresseur et le détendeur.

-le détendeur se trouve entre le condenseur et l'évaporateur.

-l'évaporateur se trouve entre le détendeur et le compresseur.

Vous savez aussi que :

-la ligne de refoulement relie le compresseur et l'entrée du condenseur.

-la ligne de liquide relie la sortie du condenseur à l'entrée du détendeur.

-la ligne d'aspiration relie la sortie de l'évaporateur à l'entrée au compresseur.

Et tout cela, bien sur , se fait dans le sens d'écoulement du fluide de réfrigérant.

Enfin , vous avez vu que les réfrigérants fréon, quoique bons réfrigérants, sont nuisibles pour la couche d'ozone s'ils sont relâchés dans l'air. Une législation et un suivi sévère sur la manipulation irresponsable de ces corps chimiques est en vigueur aujourd'hui : il vous vaudra vous conformer à ces directives salutaires pour notre environnement

Module 5 : THEORIE DES CYCLES FRIGORIFIQUES

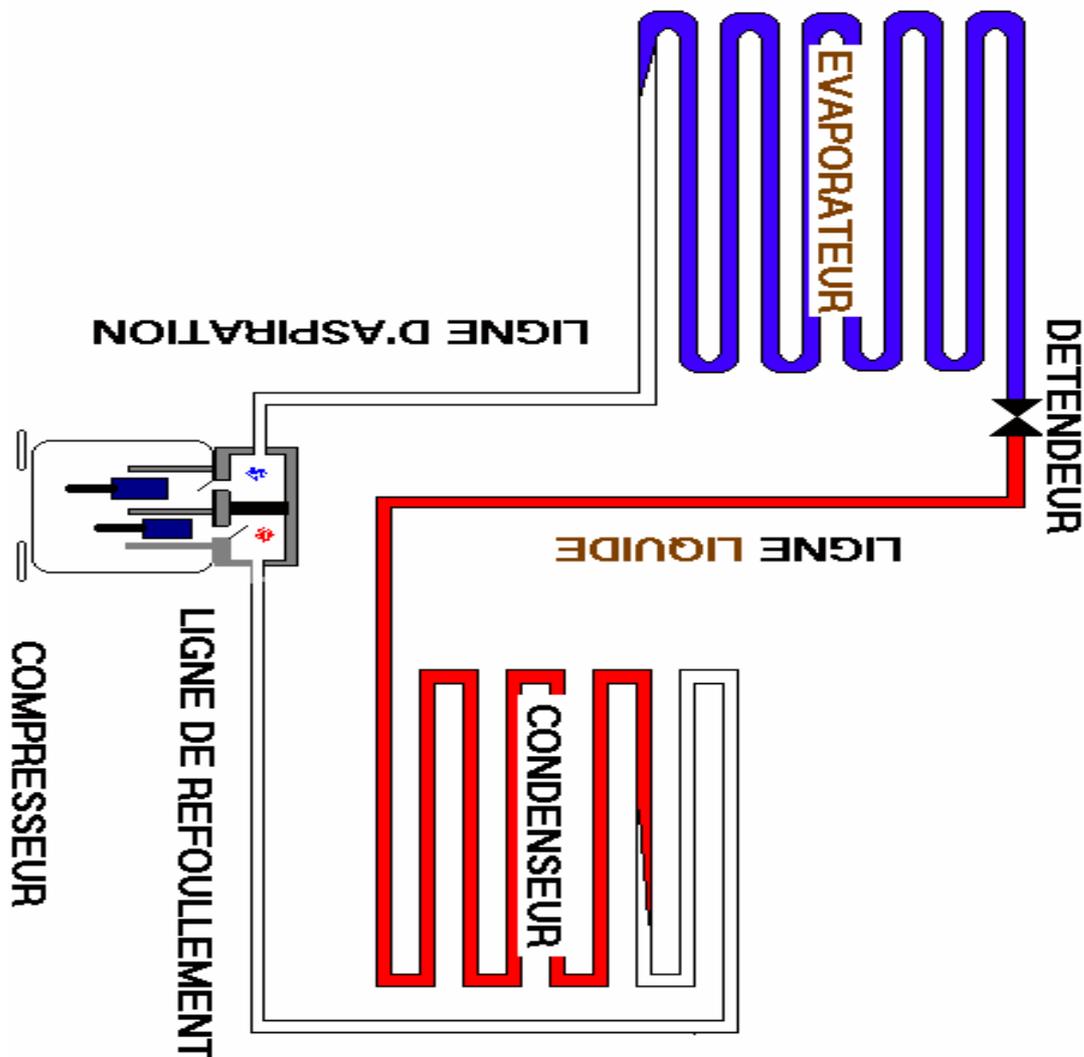
Circuits frigorifiques

Dans cette section , on présente plusieurs circuits frigorifiques qui paraîtront complexes mais qui, en réalité , possèdent les mêmes composants de base que ceux que vous avez vus dans les sections précédentes de ce chapitre. Qu'il soit utilisé en réfrigération, en congélation ou en climatisation, un circuit de base a toujours les composants de base qui ont les mêmes fonctions dans le circuit de la figure 4.1.

Réfrigération

La figure 4.42 montre un circuit frigorifique ou apparaisse les composants de base :

- le compresseur .
- -le condenseur.
- Le détendeur.
- L'évaporateur.
- La tuyauterie.
- Le réfrigérant qui se trouve dans la tuyauterie du système.



Le compresseur (A) et le condenseur (B) de la chambre froide du circuit frigorifique sont situés sur le toit de la chambre froide. Le détendeur (C) et l'évaporateur (D), eux, sont à l'intérieur de la chambre froide. La tuyauterie (E) se compose toujours de 3 lignes :

- ligne de refoulement (F).*
- ligne de liquide (G).*
- ligne d'aspiration (H).*

elle relie tous les composants du circuit. Les flèches indiquent le sens de circulation du réfrigérant qui se trouve dans la tuyauterie et dans tous les composants du circuit frigorifique.

vous pouvez voir un type de circuit de réfrigération différent mais dont les composants de base sont les mêmes.

Congélation

Le circuit de congélation se compose des mêmes composants de base que tous les circuits frigorifiques de réfrigération ou de climatisation. présente un circuit frigorifique de congélation domestique dont le compresseur (A) est situé à l'extérieur du système. Le condenseur, qui est à l'intérieur de l'appareil (B), peut disperser la chaleur captée par l'évaporateur à l'extérieur de l'enceinte à refroidir car il communique par échange thermique à l'extérieur de l'appareil.

Le détendeur (C) va relier la sortie de la ligne de liquide à l'entrée de l'évaporateur (D)

L'évaporateur (D) est raccordé à partir de la sortie du détendeur © jusqu'à l'entrée de la ligne d'aspiration (G) et la sortie de la ligne d'aspiration sera raccordée au compresseur (A).

La ligne de refoulement (E) se trouve entre le compresseur (A) et l'entrée au condenseur (B).

La ligne de liquide est située entre la sortie du condenseur (B) et l'entrée au détendeur (C).

Evaluation

Entre quels composants le compresseur est-il situé ?

.....
.....

Quel nom la ligne qui entre dans le compresseur porte-t-elle ?

.....
.....

Entre quels composants le condenseur est-il situé ?

.....
.....

Quel nom la ligne qui entre dans le condenseur porte-t-elle ?

.....
.....

Quel nom la ligne qui est raccordée à la sortie du condenseur porte-t-elle ?

.....
.....

Entre quels composants le détendeur est-il situé ?

.....
.....

Quel nom la ligne qui entre dans le détendeur porte-t-elle ?

.....
.....

Entre quels composants l'évaporateur est-il situé ?

.....
.....

Quel nom la ligne qui sort du compresseur porte-t-elle ?

.....
.....

Entre quels composants l'évaporateur est-il situé

.....
.....

Module : THEORIE DES CYCLES FRIGORIFIQUES

TRAVAUX PRATIQUES

I. TP 1 : EMLACEMENT DES COMPOSANS DE BASE

I.1. Objectif(s) visé(s) :

- réaliser une installation frigorifique en respectant les règles de montage des tuyauteries d'aspiration et de refoulement et de liquide
-

I.2. Durée du TP:

12heurs

I.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :

a) Equipement :

- Evaporateur plafonnier.
- Groupe de condensation.
- Détendeur thermostatique.
- .

b) Matière d'œuvre :

- Tuyauterie : Ø ½ . Ø3/8 . Ø5/8 . Ø1/4
- Raccord femelle : Ø1/2
- Fréon R22
- Baguette d'argent

I.4. Description du TP :

- Chaque stagiaire doit réaliser le montage d'une installation frigorifique en respectant les règles de montage des tuyauteries d'aspiration , de refoulement et de liquide .

I.5. Déroulement du TP.

- Montage de la tuyauterie d'aspiration) .
- Montage de la tuyauterie de refoulement .
- Montage de la tuyauterie liquide.
- Réalisation d'une double colonne montante
- Réalisation du siphonne et contre siphonne
- Etanchée de l 'installation
- Charge de l'installation
- Mise en service de l'installation .

II. TP 2 : UTILISATION DES APARIELS DE MESURE

II.1. Objectif(s) visé(s) :

- le stagiaire doit être capable de relever des paramètres de mesure sur des installations

II.2. Durée du TP:

4heurs

II.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :

a) Equipement :

- rétroprojecteur
- tableaux blancs

b) Matière d'œuvre :

- Manifold
- Thermomètre de contact
- Thermomètre d'ambiance

II.4. Description du TP :

- Chaque stagiaire doit déterminer la surchauffe la sou- refroidissement de la température de vaporisation et de la température de condensation ainsi que les pressions de condensation et de vaporisation

II.5. Déroulement du TP

- Calculer la surchauffe
- Calculer le sou- refroidissement

III. TP 3 : calcul des puissances de chaque appareil de base de l'installation

III.1. Objectif(s) visé(s) :

- *calculer la puissance de chaque appareil de base de l'installation*

III.2. Durée du TP:

4heurs

III.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :

a) Equipement :

- *Rétroprojecteur*
- *Tableaux blanc*
-

b) Matière d'œuvre :

- *transparent*
- *style couleur*
-

III.4. Description du TP :

Chaque stagiaire doit calculer le bilan énergétique d'une installation frigorifique

$\dot{Q}_0 = 17 \text{ kW}$

$\Theta_0 = -10 \text{ °C}$

$\Theta_k = +40 \text{ °C}$

f.f = R134a

III.5. Déroulement du TP

- *tracer le diagramme enthalpique*
- *donner les valeurs des différents paramètres de calcul et faire la sélection des tuyauteries d'aspiration , de refoulement et de liquide .*

THEORIE DES CYCLES FRIGORIFIQUES

Guide de travaux pratiques

I - TP 1 / emplacement des composants de base

I .1-emplacement du groupe

Groupe de condensation

Support métallique

Cheville diamètre 10

Tir font

Caisse a outille complait

I .2- emplacements de l'évaporateur

Evaporateur plafonnier

Support métallique

Cheville diamètre 10

Tir font

Caisse a outille complète

I .3-montage du détendeur

Détendeur thermostatique

Raccord frigorifique ϕ 3/8

Raccord frigorifique ϕ 1/2

Caisse a outille complait

I .4- réaliser la ligne d'aspiration

Tube frigorifiques diamètre 1/2

Poste de soudure oxyacétylénique

Baguette d'argent

I .5-- réaliser la ligne liquide

Tube frigorifiques diamètre 1/2

Poste de soudure oxyacétylénique

Baguette d'argent

Guide de travaux pratiques

II - TP 2 /charge de l'installation

II.1- contrôler l'étanchéité du circuit

Collecteur de charge

Bouteille d'azote

Détecteur de fuite

Mettre l'installation sous pression d'azote

Chercher les fuites

II.2- tirage au vide

Collecteur de charge

Pompe a vide

II.3- charge de l'installation

Collecteur de charge

Balance

Bouteille de charge en fluide frigorigène

Guide de travaux pratiques

III - TP 3/ Mise au point de l'installation

III . 1- faire des relevée de température.....

Thermomètre de contact
Collecteur de charge
Pression d'évaporation
Pression de condensation
Température d'évaporation
Température de condensation
Température de bulbe
Température sortie évaporation
Température sortie condensation

III . 2-caculer la surchauffe.....

Remplir le tableau suivant

III . 3- calculer la sous refroidissement.....

Remplir le tableau suivant

EVALUATION DE FIN DE MODULE

l) quels sont les éléments principaux d'un circuit frigorifique à compression

- 1-.....
- 2-.....
- 3-.....
- 4-.....
- 5-.....

<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
OUI	NON

mettez une croix sur la réponse correct

a) a l'entrée du compresseur on a :

- vapeur chaude
- vapeur sous refroidie
- liquide froid
- vapeur surchauffé

OUI NON

b) a le sortie du compresseur on a

- gaze très chaud BP
- gaze très froid HP
- gaze très chaud HP
- liquides surchauffé HP

OUI NON

c) a la sortie condenseur on a

- liquides chaud
- liquides sous refroidie
- vapeur sous refroidie
- liquides surchauffé

OUI NON

D) a l'entrée du l'évaporateur on a :

- Liquide chaude*
- vapeur sous refroidie*
- liquide froid BP*
- vapeur + liquide BP*

OUI NON

E) a la sortie de l'évaporateur on a :

- vapeur saturante*
- vapeur sous refroidie*
- vapeur désurchauffée*
- vapeur surchauffé*

OUI NON

1) qu'est ce que la chaleur

.....
.....
.....

OUI NON

2) quelles sont les unités de la chaleur (citez au moins trois unités)

.....
.....
.....

OUI NON

3) donnez la définitions de

a) chaleur latente

.....
.....
.....

OUI NON

b) chaleur sensible

.....
.....

OUI NON

4) Quels sont les t modes de transmission de chaleur

.....
.....

OUI NON

a- sur l'échelle, Celsius quels sont les deux points de référence pris en considération pour graduer un thermomètre ordinaire

.....
.....
.....

OUI NON

b- convertir les températures suivants

- 1- 20 °C en °K
- 2- 30°F en °K
- 3- 3°F en °C
- 4- 27 °K en °F

OUI NON

Expliquer le principe de fonctionnement d'un compresseur à piston

.....
.....

OUI NON

Comment se fait la condensation d'un gaze au niveau d'un condenseur

.....
.....

OUI NON

Comment se fait l'évaporation d'un liquide froid au niveau d'un évaporateur

.....
.....

OUI NON

Module 5 : THEORIE DU CYCLE FRIGORIFIQUE

Evaluation pratique

Nom :

Prénom :

Relevée	Date			
	Heure			
	1 Relevée	2 Relevée	OUI	NON
Pression d'évaporation PO				
Pression de condensation PK				
Température d'évaporation θO				
Température de condensation θK				
Température de refoulement				
Température sortie condenseur				
Température sortie évaporateur				
Température d'aspiration				
Température de bulbe				
Niveau d'huile de compresseur				
Surchauffe				
Sou refroidissement				
Tension entre phase				
Intensité absorbe par moto compresseur				
Intensité absorbe par moto ventilateur				

Succès Echec

