

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

OFPPT

**RESUME THEORIQUE  
&  
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES**

**MODULE N°: 11**

**ETUDE TECHNOLOGIQUE  
DES EQUIPEMENTS FRIGORIFIQUES**

**SECTEUR : FROID ET GENIE THERMIQUE**

**SPECIALITE : MAINTENANCE HÔTELIERE**

**NIVEAU : TECHNICIEN**

**Juillet 2005**

**VERSION EXPERIMENTALE**

## PORTAIL DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE AU MAROC

Télécharger tous les modules de toutes les filières de l'OFPPT sur le site dédié à la formation professionnelle au Maroc : [www.marocetude.com](http://www.marocetude.com)

Pour cela visiter notre site [www.marocetude.com](http://www.marocetude.com) et choisissez la rubrique :

[MODULES ISTA](#)



The screenshot shows the website's interface. At the top, a navigation bar contains the following links: HOME, LIVRES, **MODULES ISTA**, ANNUAIRE ECOLES, DOCTORAT, LETTRE DE MOTIVATION, NOUS CONTACTER, and SE CONNECTER. Below the navigation bar is the site's logo, "Maroc Etude.Com", and the tagline "Connaissance - Métier - Technique". A secondary navigation bar includes links for "Annonces Google", "Emploi Maroc", "Messagerie", "Telecharger Un Jeu", and "Maroc Annonces". A search bar is located in the top right corner.

The main content area features a central advertisement for MacKeeper. The ad includes the text "Notre Bibliothèque que ...Livres à Télé charger Gratuitement", the MacKeeper logo, a "-20%" discount badge, and the text "Complete your Purchase Now and save 20% Guaranteed with this Coupon Code". Below the ad is a blue button labeled "Apply Discount Automatically". At the bottom of the ad, a quote reads: "On ne jouit bien que de ce qu'on partage" [Madame de Genlis].

On the left side of the page, there is a sidebar with a login section titled "Connexion" containing fields for "Identifiant" (with the value "sniper") and "Mot de passe", and a "Connexion" button. Below the login section are links for "Mot de passe oublié ?" and "Identifiant oublié ?".

On the right side, there is another sidebar with a search bar and a list of links under the heading "Annonces Google": "Jeu De Jeux", "Jeux Sur Internet", "Ecole Ingénieur", "Dépanner et configurer votre réseau à domicile", "(Outil de Diagnostic)", "Wi-Fi / Ethernet", "Console de jeu", "Imprimante", and "Messagerie".

**Remerciements**

La DRIF remercie les personnes qui ont participé ou permis l'élaboration de ce Module de formation.

**Pour la supervision :**

**GHRAIRI RACHID : Directeur de C D C –GE/FGT du Secteur Froid et Génie Thermique**

**BOUJNANE MOHAMED : Chef de Pôle Froid et Génie Thermique**

**Pour l'élaboration :**

**Mme NATOVA BISSERKA : Formatrice Animatrice CDC/FGT**

**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**

	<i>Page</i>
<i>Présentation du module</i>	8
<b>Résumé théorique :</b>	9
<i>Objectif N°1 –Décrire les caractéristiques de construction et de   fonctionnement des compresseurs</i>	10
<i>Objectif N°2-Décrire les dispositifs de contrôle de capacité et de régulation   des compresseurs</i>	22
<i>Objectif N°3-Distinguer et expliquer le principe de fonctionnement des   différents types des échangeurs de chaleur</i>	28
<i>Objectif N°4-Maîtriser les différents types des détendeurs</i>	47
<i>Objectif N°5-Maîtrises les accessoires et les régulateurs frigorifiques</i>	60
<b>Guide de travaux pratique :</b>	78
1. TP1	79
1.1	79
1.2	80
1.3	81
II. TP2	87
II.1	87
11.2	88
11.3	89
III. TP3	90
III.1	90
III.2	91
III.3	92
III.4	93
IV. TP4	94
IV.1	94
IV.2	96
V. TP5	98
V.1	98
V.2	99
V.3	100
V.4	101
<i>Evaluation de fin de module</i>	102
<i>Liste bibliographique</i>	102

**OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU  
DE COMPORTEMENT**

**COMPORTEMENT ATTENDU**

Pour démontrer sa compétence, le stagiaire doit être capable de **maîtriser la technologie des équipements frigorifiques**, selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent :

**CONDITION D'EVALUATION**

- A partir de la documentation technique fournie.
- A partir des consignes des constructeurs
- A partir des équipements frigorifiques des ateliers.
- A partir de la mise en situation.

**CRITERES GENERAUX DE PERFORMANCE**

Description appropriée des caractéristiques de construction, de fonctionnement et des utilisations des équipements frigorifiques.

**PRECISIONS SUR LE  
COMPORTEMENT ATTENDU**

**CRITERES PARTICULIERS DE  
PERFORMANCE**

A. Décrire les caractéristiques de construction et de fonctionnement des compresseurs:

Description des caractéristiques de construction  
- grandeurs caractéristiques ;  
(géométriques mécaniques, thermiques et qualitatives).  
- mode d'entraînement;  
- lubrification;  
- refroidissement;  
- circulation du réfrigérant.

B. Décrire les caractéristiques de fonctionnement des dispositifs de contrôle de capacité et de régulation des compresseurs.

Description des éléments suivants:  
- principe de fonctionnement ;  
- mécanisme ;  
- utilisations possible.

C. Distinguer et expliquer le principe de fonctionnement des différents types des échangeurs de chaleur.

Justesse des explications relatives ;  
- à la fonction de l'appareil dans un  
- circuit frigorifique  
- au mode de transfert de la chaleur.

Description des variables relatives au bon fonctionnement des condenseurs et évaporateurs.

Description appropriée des mesures d'entretien relatif aux points suivants (s'il y a lieu).

**OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU  
DE COMPORTEMENT (suite)**

**PRECISIONS SUR LE  
COMPORTEMENT ATTENDU****CRITERES PARTICULIERS DE  
PERFORMANCE**

D. Maîtriser les différents types de détendeurs.

- méthode de vérification du rendement des appareils ;
- élimination des vibrations ;
- traitement de l'eau.

Distinction juste de différents détendeurs ;  
- pertinence de la description des caractéristiques de construction et de fonctionnement des détendeurs.  
Montage correct du détendeur.  
Ajustement conforme au degré de Surchauffe déterminée.  
Description des symptômes de pannes.  
Remèdes des pannes.

E. Maîtriser accessoires et régulateurs (thermostats et pressostats) frigorifiques.

Terminologie appropriée  
Logique et clarté des explications concernant le principe de fonctionnement des accessoires et des régulateurs (thermostats et pressostats) frigorifiques

**CHAMP D' APPLICATION DE LA COMPETENCE**

\*Domaine de la maintenance hôtelière.

**OBJECTIFS OPERATIONNELS DE SECOND NIVEAU**

**Le stagiaire doit maîtriser les savoir- faire, savoir- percevoir ou savoir- être juges préalables aux apprentissages directement requis pour l'atteint de l'objectif de**

**premier niveau, tels que.**

**Avant d'apprendre à décrire les caractéristiques de construction et de fonctionnement des compresseurs (A)**

1. Décrire le mode d'entraînement
2. Décrire le mode de lubrification et refroidissement.
3. Décrire le mode de circulation de réfrigérants.

**Avant d'apprendre à décrire les dispositifs de contrôle de capacité et de régulation des compresseurs (B)**

4. Décrire l'utilité des appareils de régulation frigorifiques.
5. Décrire le rôle et le fonctionnement des différents types de régulateurs (de pression de démarrage de capacité etc.) et des vannes à eau.

**Avant d'apprendre à distinguer et expliquer le principe de fonctionnement des différents types des échangeurs de chaleurs et l'entretien des condenseurs et des évaporateurs (C)**

6. Décrire le rôle des échangeurs de chaleur.
7. Faire la classification détaillée des échangeurs
8. Décrire les modes de transfert de chaleur.
9. Définir toutes les grandeurs physiques liées au calcul d'un échangeur ( $k$ ,  $\Delta T$  tracés du diagramme etc)
10. Décrire les procédés d'entretien d'un condenseur et d'un évaporateur.

**Avant d'apprendre à maîtriser les différents types de détendeurs (D)**

11. Décrire le principe du fonctionnement des détendeurs et leurs caractéristiques.
12. Décrire les méthodes de montage et de réglage d'un détendeur.
- 13 Décrire les techniques de réglage d'un détendeur.
- 14 Décrire les symptômes des pannes.
15. Décrire la méthodologie de dépannage.

**Avant d'apprendre à maîtriser les accessoires et les régulateurs (thermostats et pressostats) frigorifiques (E)**

16. Décrire l'utilité et le fonctionnement des accessoires frigorifiques
17. Décrire le rôle et le fonctionnement des différents régulateurs frigorifiques
18. Décrire la technique de réglage des régulateurs frigorifiques.

## **SYNTHESE DU PROGRAMME D'ETUDES**

**Nombre de modules : 26**  
**Durée en heures : 1668**  
**Stage en entreprise : 288**

<i>Résumé de Théorie et</i>	<i>Module N°11 « Etude technologique des équipements</i>	
<b>N° du Module</b>	<b>Titre des Modules</b>	<b>Durée heures</b>

01	<i>Module 1 : Métier et formation</i>	18
02	<i>Module 2 : Santé et hygiène</i>	15
03	<i>Module 3 Thermodynamique appliquée</i>	75
04	<i>Module 4 : Techniques de soudo-brasage et d'oxycoupage</i>	82
05	<i>Module 5 : Mécanique d'entretien général</i>	45
06	<i>Module 6 : Electricité de base</i>	70
07	<i>Module 7 : Entretien et dépannage des moteurs électriques</i>	160
08	<i>Module 8 : Electronique de base</i>	25
09	<i>Module 9 : Lecture et interprétation des dessins</i>	76
10	<i>Module 10: Fluides frigorigènes et récupération des fréons</i>	52
11	<i>Module 11 : Etudes technologiques des équipements frigorifiques</i>	100
12	<i>Module 12 : Entretien et dépannage d'une installation frigorifique</i>	142
13	<i>Module 13 : Régulation en génie climatique</i>	40
14	<i>Module 14 : Montage et entretien des climatiseurs individuels</i>	40
15	<i>Module 15 : Maintenance et dépannages des centrales de traitement d'air</i>	72
16	<i>Module 16 : Energie solaire</i>	40
17	<i>Module 17: Initiation aux automates programmables</i>	60
18	<i>Module 18: Entretien et dépannage des installations de chauffage</i>	117
19	<i>Module 19: Traitement des eaux</i>	62
20	<i>Module 20: Plomberie générale</i>	54
21	<i>Module 21: Application des techniques de gestion de la maintenance</i>	66
22	<i>Module 22: Initiation à l'Informatique</i>	80
23	<i>Module 23: Entretien des équipements électroménagers</i>	85
24	<i>Module 24: Sensibilisation à la qualité</i>	26
25	<i>Module 25: Environnement</i>	40
26	<i>Module 26: Moyens de recherche d'emploi</i>	26

<b>Totale</b>	<b>1668</b>
<b>Stage en entreprise</b>	<b>288</b>



## LOGIGRAMME MAINTENANCE HÔTELIER

		<b>1<sup>er</sup> semestre</b>																		
Semaine	Modules	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	TOTAUX
<b>Arabe</b>		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
	<b>Communication écrite et orale</b>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	36
<b>1</b>	<i>Métier et formation</i>	3	3	3	3	3	3													18
<b>2</b>	<i>Santé et hygiène</i>	3	3	3	3	3														15
<b>3</b>	<i>Thermodynamique appliquée</i>						2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	3	30
<b>4</b>	<i>Technique de soudo-brasage et d'oxycoupage</i>	2	2	2	2	3	4	4	4	4	4	4	4	3	3	3	4	4	4	60
<b>5</b>	<i>Mécanique d'entretien général</i>	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3		45
<b>6</b>	<i>Electricité de base</i>	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	40
<b>7</b>	<i>Entretien et dépannage des moteurs électriques</i>	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	40
<b>9</b>	<i>Lecture et interprétation des dessins</i>	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	40
<b>10</b>	<i>Fluide frigorigène récupération de fréon</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	3	2	2	4	40
<b>11</b>	<i>Etude technologique des équipements frigorifiques.</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	4	4	4	4	4	4	50
<b>12</b>	<i>Entretien et dépannage d'une installation frigorifique</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	54
<b>20</b>	<i>Plomberie générale</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	54
	<i>Activités personnelles</i>																			108
<b>H/semaine</b>		<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>648</b>

## LOGIGRAMME MAINTENANCE HÔTELIER

<b>2<sup>ème</sup> semestre</b>																				
Semaine	<i>Modules</i>	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	TOTAUX
	<b>Arabe</b>	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	18
	<b>Communication écrite et orale</b>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	36
	<b>Anglais technique</b>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	36
3	<i>Thermodynamique appliquée</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	45
4	<i>Technique de soudo-brasage</i>	3	3	3	3	3	3	2	2											22
6	<i>Electricité de base</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2				30
7	<i>Entretien et dépannage des moteurs électriques</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	4	5	5	4	60
8	<i>Electronique de base</i>									2	3	2	2	2	2	2	3	3	4	25
9	<i>Lecture et interprétation des dessins</i>	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	36
10	<i>Fluide frigorigène et récupération fréon</i>	2	2	2	2	2	2													12
11	<i>Etude technologique des équipements frigorifiques.</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	50
12	<i>Entretien et dépannage install. frigorifique</i>	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2	2	50
21	<i>Application technique gestion maintenance</i>							3	3	3	3	3	3	3	3	4	4	4	4	40
22	<i>Initiation informatique</i>	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	80
	<i>Activité personnelle</i>																			108
H/semaine		30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	30	648

## **Présentation du module**

*Le module se situe à la première et à la seconde partie de la première année. Se module comporte le contenu suivant :*

- *Les composants de base d'un circuit frigorifique*
- *Le compresseur*
  - \*Fonctionnement*
  - \*Mode d'entraînement*
  - \*Mode de lubrification*
- *Dispositifs de contrôle*
  - \*Régulateur de capacité*
  - \*Régulateur de démarrage*
  - \*Vanne à eau)*
- *Echangeurs thermiques*
  - \*Classification*
  - \*Mode de transfert de chaleur*
  - \*Grandeurs physiques liées au calcul d'un échangeur ( $k$ ,  $\Delta T$ , tracé du diagramme)*
  - \*Entretien des échangeurs thermiques*
- *Détendeurs*
  - \*Fonctionnement*
  - \*Caractéristiques*
  - \*Méthodes de montage et réglage*
  - \*Symptômes des pannes*
- *Accessoires et régulateurs frigorifiques*
  - \*Utilité*
  - \*Rôle et fonctionnement*
  - \*Technique de réglage :*
    - pour les thermostats et pressostats*

***Module N°11: Etude technologique des équipements frigorifiques  
RESUME THEORIQUE***

***OBJECTIF N° 1***

***DUREE 15 heures***

**OBJECTIF POURSUIVI :**

**Décrire les caractéristiques de construction et de fonctionnement des compresseurs**

*Qu'est ce que le stagiaire doit connaître avant de commencer ?*

- 1 Composants de base d'un circuit frigorifique, le fonctionnement du compresseur et le mode de circulation de réfrigérant à travers un compresseur à piston.
- 2 Le mode d'entraînement.
- 3 Le mode de lubrification et de refroidissement.

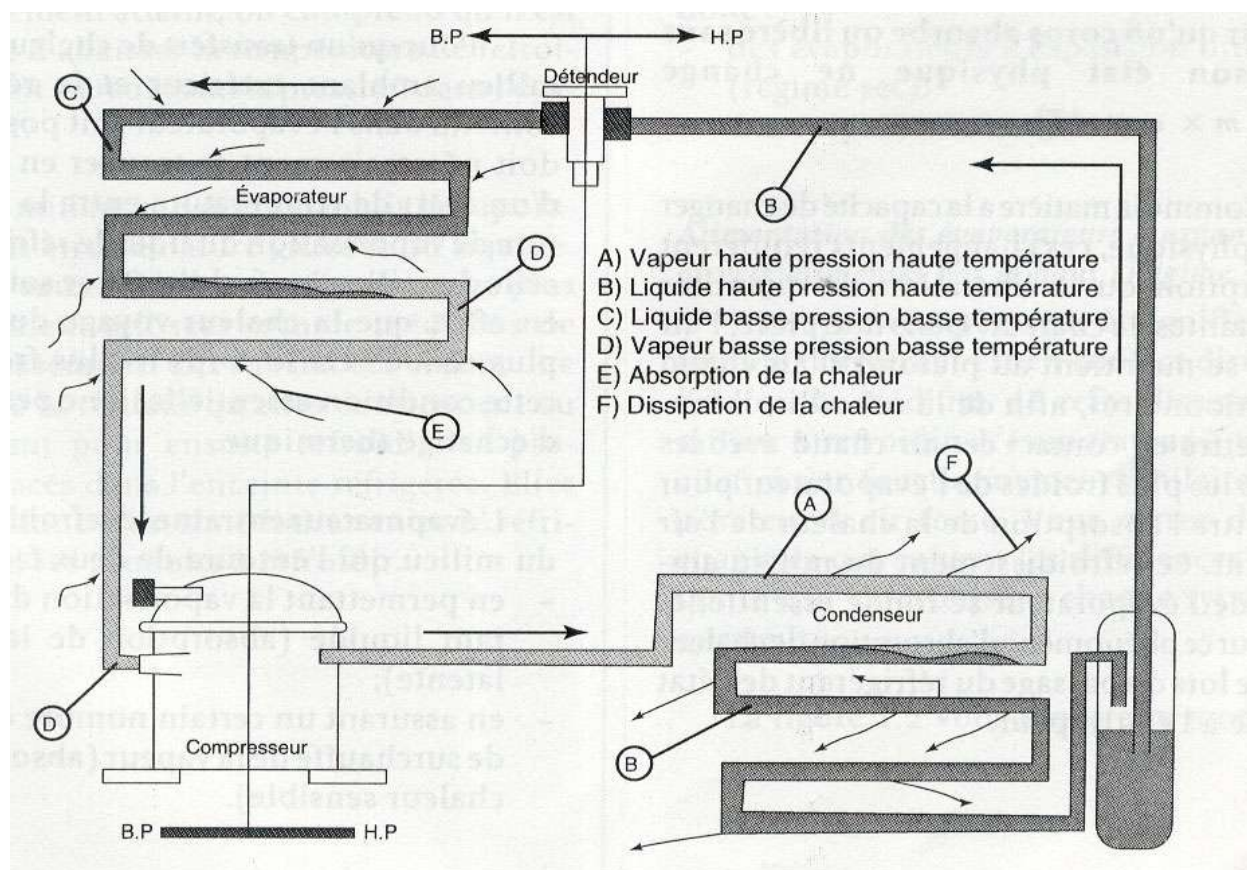
*Eléments de contenu*

- 1.1 Composants de base d'un circuit frigorifique
- 1.2 Rôle de compresseur
  - 1.2.1 Types de compresseur
- 1.3 Fonctionnement de compresseur à piston
- 1.4 La description de la compression du fluide à travers un compresseur à piston.
- 2.1 Accouplement direct
- 2.2 Accouplement indirect : par courroie
- 3.1 Lubrification des compresseurs.
  - 3.1.1 Rôle de lubrification
  - 3.1.2 Caractéristiques d'un lubrifiant
  - 3.1.3 Lubrification par pompe
- 3.2 Refroidissement des culasses des compresseurs :
  - 3.2.1 Refroidissement par air
  - 3.2.2 Refroidissement par eau

**LIEU DE L'ACTIVITÉ:** Salle de cours

**DIRECTIVES PARTICULIÈRES**

**1.1 Composants de base d'un circuit frigorifique**



Les éléments de base d'un circuit frigorifique sont :

Le compresseur

Le condenseur

Le détendeur

L'évaporateur

Dans les objectifs qui suivent on va donner les explications approfondies de chaque composant de base d'un circuit frigorifique

## 1.2 Rôle de compresseur

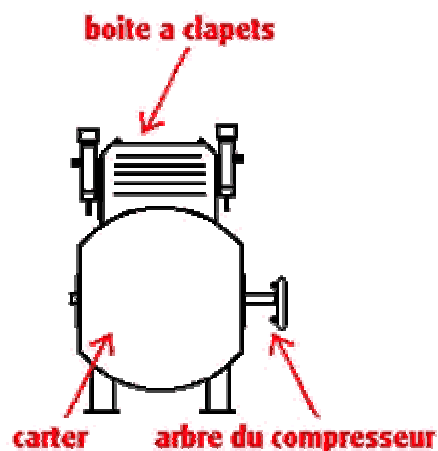
Le compresseur-pompe aspirante et foulante aspire les vapeurs froides en provenance de l'évaporateur et restitue au refoulement des vapeurs comprimées et surchauffées.

Le fluide a subi une compression poly tropique qui a eu pour effet d'élever la température du fluide refoulé.

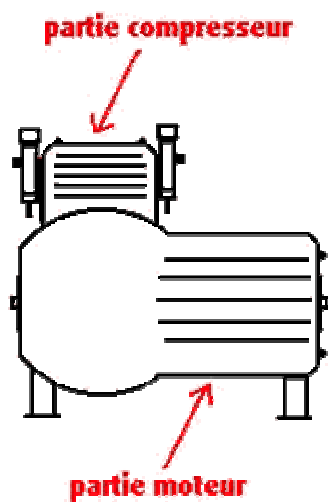
### 1.2.1 Types de compresseur

#### Types de compresseurs

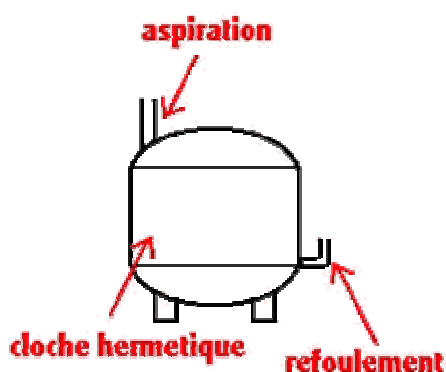
### Les compresseurs alternatifs :



Le compresseur "ouvert" Une extrémité de l'arbre manivelle traverse le compresseur. On peut entièrement le démonter en vue d'une intervention de dépannage.

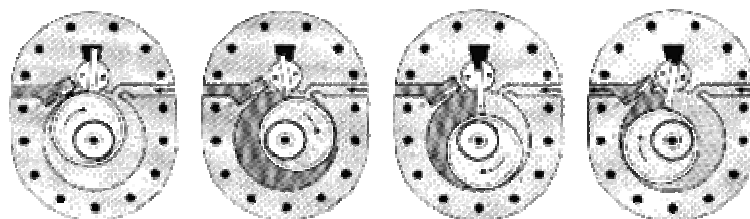


Le compresseur "semi hermétique" Le moteur et le compresseur sont logés dans un corps commun. La culasse, les flasques d'extrémités, ainsi que le fond du carter peuvent être démontés en vue de l'accès aux organes internes lors des visites d'entretien.



Le compresseur "hermétique" Le moteur et le compresseur sont montés hermétiquement dans une enveloppe d'acier soudée. Cette enveloppe ne peut plus être démontée pour un accès au mécanisme intérieur. Le moteur et le compresseur sont montés dans un plan vertical.

### Les compresseurs rotatifs :



Le rotor en tournant comprime les gaz et les refoule dans le collecteur de refoulement. En même temps les gaz d'aspirations pénètrent dans le cylindre.

### Les compresseurs centrifuges :

Un compresseur centrifuge comporte une ou plusieurs roues garnies d'aubage, qui tournent à vitesse élevée à l'intérieur d'un corps fixe. Les gaz entraînés dans ces aubages, y prennent une certaine vitesse qui est à la sortie des roues transformée dans un diffuseur en accroissement de pression.

#### 1.3 Fonctionnement de compresseur à piston

##### 1.4 La description de la compression du fluide à travers un compresseur à piston.

Le piston étant à la fin de sa course d'aspiration (point mort bas) le cylindre est totalement rempli de vapeur à la pression d'aspiration  $p_0$  (fig.1).

Le piston commence sa course de compression (fig.2), les clapets d'aspiration et de refoulement sont fermés, le volume du gaz diminue au fur et à mesure de la montée du piston dans le cylindre, la pression augmente constamment.

Lorsque le piston atteint une position, telle que la pression dans le cylindre soit légèrement supérieure à la pression de refoulement  $p_K$  (surpression nécessaire pour vaincre l'inertie du clapet), le clapet de refoulement s'ouvre et les vapeurs comprimées s'échappent (fig.3).

Elles contiennent de s'échapper jusqu'à ce que le piston ait atteint le (point mort haut, fig.4).

Nous constatons qu'à ce moment il reste entre le haut du piston et le fond du cylindre un espace rempli de vapeur à la pression  $p_K$  et qui n'est jamais balayé par le piston, cet espace, appelé espace neutre ou mort.

Il est indispensable à la construction de laisser quelques dixièmes du multimètre entre la tête de piston au point mort haut et le fond du cylindre afin d'éviter que par suite des jeux nécessaires aux ajustements et aussi de la dilatation des pièces en mouvement le piston ne vienne buter, en fin de course, contre le fond du cylindre. Le piston amorce sa course de descente, le clapet de refoulement retombe sur son siège, mais le clapet d'aspiration reste fermé, il ne pourra s'ouvrir que lorsque la pression des vapeurs contenues dans l'espace entre le piston et la plaques à clapets sera légèrement inférieure à la pression d'aspiration  $p_0$  (fig.5)

La nécessité mécanique de réserver cet espace neutre provoque donc un retard à l'aspiration, retard provoqué par la détente du volume de vapeur contenu dans l'espace en fin de compression.

##### 1.4.1 Les grandeurs caractéristiques d'un compresseur sont :

- Géométrique
- Mécanique
- Thermique



## ➤ Qualitatif.

## \* Compresseurs alternatifs

## 1) Caractéristiques géométriques

- La cylindrée : C
- Le débit volume balayé  $V_h$
- Le débit masse du fluide :  $q_m$

## • cylindrée C :

C'est le volume balayé par le où les pistons lors de leur course d'aspiration, et ce pendant un tour de l'arbre manivelle soit :

$d$  : L'alésage des cylindres en mm;  $\emptyset$

$l$  : La course des pistons en mm ;

$N$ : Le nombre de cylindres

La valeur de la cylindrée sera sonnée en  $[cm^3]$  par la formule :

$$C = \left[ \frac{\pi d^2}{4} \times l \times N \right] \times 10^{-3} [cm^3] \quad (1)$$

• Débit volume balayé :  $V_h$ 

Il représente le volume horaire balayé par les pistons pendant l'unité de temps. La vitesse de rotation pouvant varier. Il est donc nécessaire de préciser pour quelle vitesse de rotation cette valeur est donnée. En effet elle varie proportionnellement à la vitesse de rotation du compresseur.

En reprenant les notions précédemment utilisateurs pour exprimer la valeur de la cylindrée et en situant la vitesse de rotation par  $N$  (tour:s/min) la valeur du volume balayé s'exprimera dans les conditions ainsi définis par:

$$V_h = \left[ \frac{\pi d^2}{4} \times l \times N \right] \times 10^{-3} \times n \times 60 [cm^3/h] \quad (2)$$

$$V_h = C \times n \times 60 [cm^3/h] \text{ ou } C \times n \times 60 \times 10^{-6} [m^3/h]$$

\*L'examen des formules (1) et (2) nous montre que seule la cylindre est grandeur purement géométrique du compresseur, le volume balayé étant lié à la cylindrés mais également à la vitesse de rotation du compresseur qui est en fait un facteur multiplicateur variable.

Débit masse du fluide :  $q_m$

Le débit masse de fluide et le nombre de kilogramme de fluide ayant circulé dans le compresseur pendant l'unité de temps.

Le débit masse dépend des conditions de fonctionnement du compresseur : il est lié au volume aspiré et au volume massique du fluide frigorigène dans les conditions au celui-ci se présente à l'aspiration du compresseur.

Si nous appelons :

$V_a$  : le volume aspiré en  $dm^3/s$ . [débit volume aspiré]

$\nu_a$  : le volume massique du FF à la température  $\theta_0$  (°C) et à la pression  $P_0$  en  $dm^3/kg$

Le débit masse du fluide  $q_m$  nous sera donné par la relation

$$q_m = V_a / \nu_a [kg/s]$$

**Exercice :**

Un compresseur a les caractéristiques suivantes :

Nombre de cylindres = 4. alésage = 60 mm, course = 72 mm.

A°) calculer sa cylindrée.

B°) calculer son volume balayé pour une vitesse de rotation  $N = 1425$  tr/mn. et  $N_1 = 1700$  tr/mn.

C°) déterminer  $q_m$  dans les conditions suivantes (1,5 bar, -30°C) R22

**2) Caractéristiques mécaniques :**

Les caractéristiques décalent du fonctionnement du compresseur et de l'examen du diagramme de fonctionnement se sont :

- La pression moyenne indiquée :  $p_m$
- Le travail indiqué :  $W_i$
- La puissance indiquée :  $P_i$
- La puissance effective :  $P_e$

Pour définir les notions ci-dessus nous allons examiner le fonctionnement d'un compresseur monocylindre.

Le piston étant à la fin de sa course d'aspiration (point mort bas) le cylindre est totalement rempli de vapeur à la pression d'aspiration  $p_0$  (fig.1).

Le piston commence sa course de compression (fig.2), les clapets d'aspiration et de refoulement sont fermés, le volume du gaz diminue au fur et à mesure de la montée du piston dans le cylindre, la pression augmente constamment.

Lorsque le piston atteint une position, telle que la pression dans le cylindre soit légèrement supérieure à la pression de refoulement  $p_K$  (surpression nécessaire pour vaincre l'inertie du clapet), le clapet de refoulement s'ouvre et les vapeurs comprimées s'échappent (fig.3).

Elles contiennent de s'échapper jusqu'à ce que le piston ait atteint le (point mort haut, fig.4).

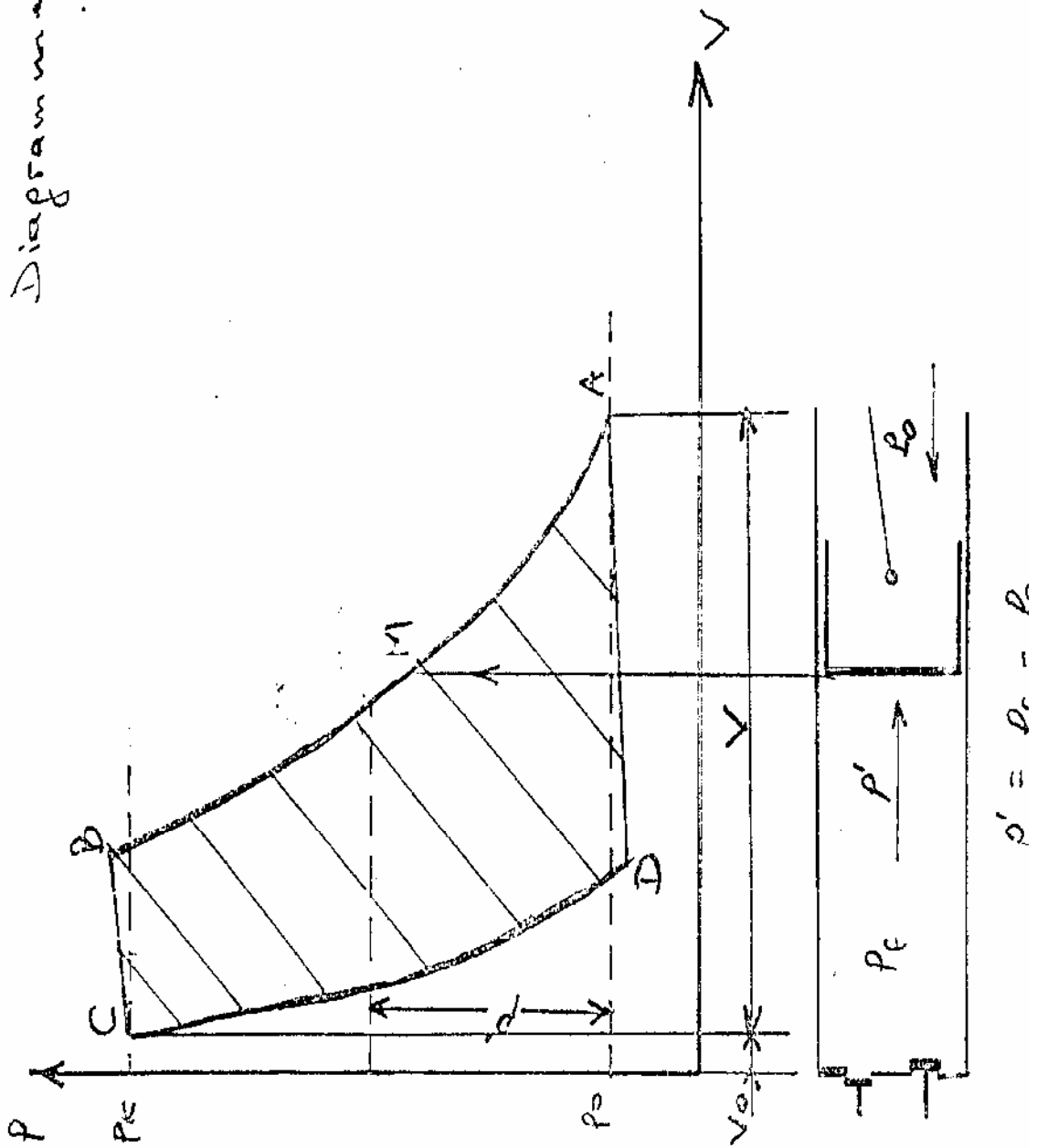
Nous constatons qu'à ce moment il reste entre le haut du piston et le fond du cylindre un espace rempli de vapeur à la pression  $p_K$  et qui n'est jamais balayé par le piston, cet espace, appelé espace neutre ou mort.

Il est indispensable à la construction de laisser quelques dixièmes du multimètre entre la tête de piston au point mort haut et le fond du cylindre afin d'éviter que par suite des jeux nécessaires aux ajustements et aussi de la dilatation des pièces en mouvement le piston ne vienne buter, en fin de course, contre le fond du cylindre. Le piston amorce sa course de descente, le clapet de refoulement retombe sur son siège, mais le clapet d'aspiration reste fermé, il ne pourra s'ouvrir que lorsque la pression des vapeurs contenues dans l'espace entre le piston et la plaques à clapets sera légèrement inférieure à la pression d'aspiration  $p_0$  (fig.5)

La nécessité mécanique de réserver cet espace neutre provoque donc un retard à l'aspiration, retard provoqué par la détente du volume de vapeur contenu dans l'espace en fin de compression.



Diagramme Indiqué  
Diagramme de CLAPEYRON



*N B Les autres caractéristiques ont les présentes dans le module « Thermodynamique appliquée »*

### **2.1 Accouplement direct**

*Les dispositifs d'entraînement directs sont connu comme*

- arbre commun (motocompresseur) ;*
- arbre en ligne (manchon d'accouplement).*

#### **Dispositifs directs**

##### **MOTOCOMPRESSEURS**

*Dans le cas des motocompresseur hermétiques et hermétiques accessibles, l'arbre du moteur et l'arbre –vilebrequin (ou arbre excentrique) étant communs, le dispositif d'entraînement disparu de par la conception même du motocompresseur.*

##### **ARBRES EN LIGNE**

*L'accouplement entre moteur et compresseur est assuré à l'aide d'un manchon d'accouplement élastique. Les demi-manchons sont clavetés l'un sur le bout d'arbre du moteur, l'autre sur le bout d'arbre du compresseur. La liaison entre les deux demi-manchons est assurée par les doigts métalliques, agissant pour l'entraînement, soit sur des blocs élastiques, soit sur un disque élastique.*

### **2.2 Accouplement indirect : par courroie (pour les compresseurs type ouvert)**

*Il s'agit de la transmission classique où on retrouve :*

- Une poulie motrice clavétée sur l'arbre du moteur d'entraînement ;*
- Une poulie réceptrice (volant) clavétée sur l'arbre du compresseur;*
- Un dispositif de liaison entre les deux (courroies).*

##### **COURROIES**

*Tous les constructeurs ont adopté la transmission par courroies trapézoïdales sans fin en lieu et place des courroies plates utilisées au début de l'industrie frigorifique, en raison des avantages présentés par ce type de courroie, qui sont :*

- grande adhérence ;*
- arc de contact plus faible ;*
- tension faible.*

### **3.1 Lubrification des compresseurs.**

#### **3.1.1 Rôle de lubrification**

## 2.9 DISPOSITIF DE LUBRIFICATION

Afin de limiter l'usure et l'échauffement excessif, les oranges en mouvement doivent être lubrifiées. Cette lubrification contribuant parallèlement à l'amélioration du rendement mécanique.

Deux principes sont à retenir : la lubrification par barbotage et la lubrification forcée par pompe.

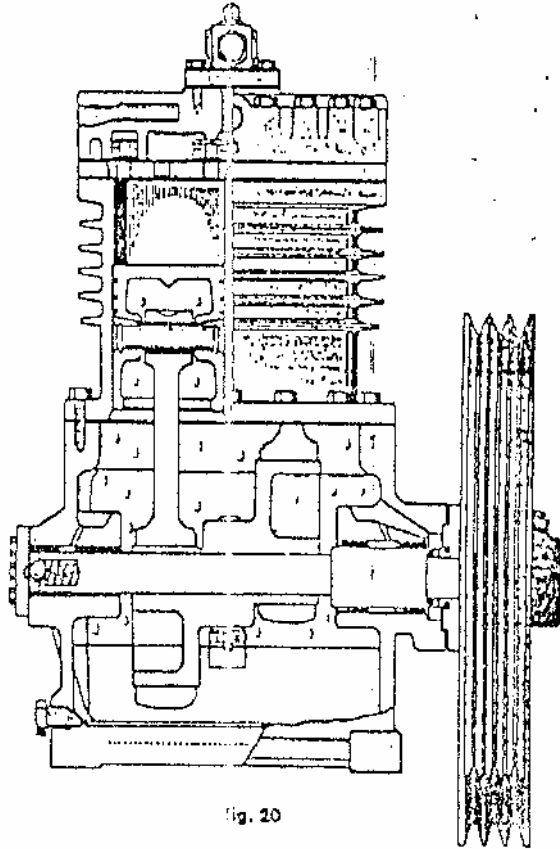


Fig. 20

Dans le cas de la lubrification par barbotage, le vilebrequin ou l'arbre excentrique ou dans certains cas les bielles sont munies de palettes ou cuillères.

A chaque tour de l'huile est projetée à l'intérieur du carter. Des cuvettes judicieusement placées récupèrent l'huile et des canaux l'acheminent vers les paliers, axes de piston, ect.

### Lubrification forcée (Fig. 22)

Une pompe (1) puise de l'huile dans le carter à travers le filtre (2).

L'huile est propulsée sous pression dans une tubulure (3) forcée dans le vilebrequin. Des orifices répartissent l'huile dans des différents points à lubrifier manetons, tourillons et garniture d'étanchéité.

Un orifice percé dans la bielle permet l'acheminement de l'huile jusqu'à l'axe de piston. Par gravité, l'huile retombe au fond du carter.

### Lubrification par barbotage :

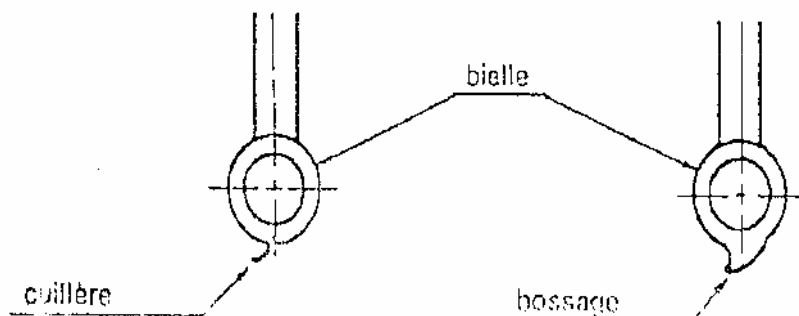
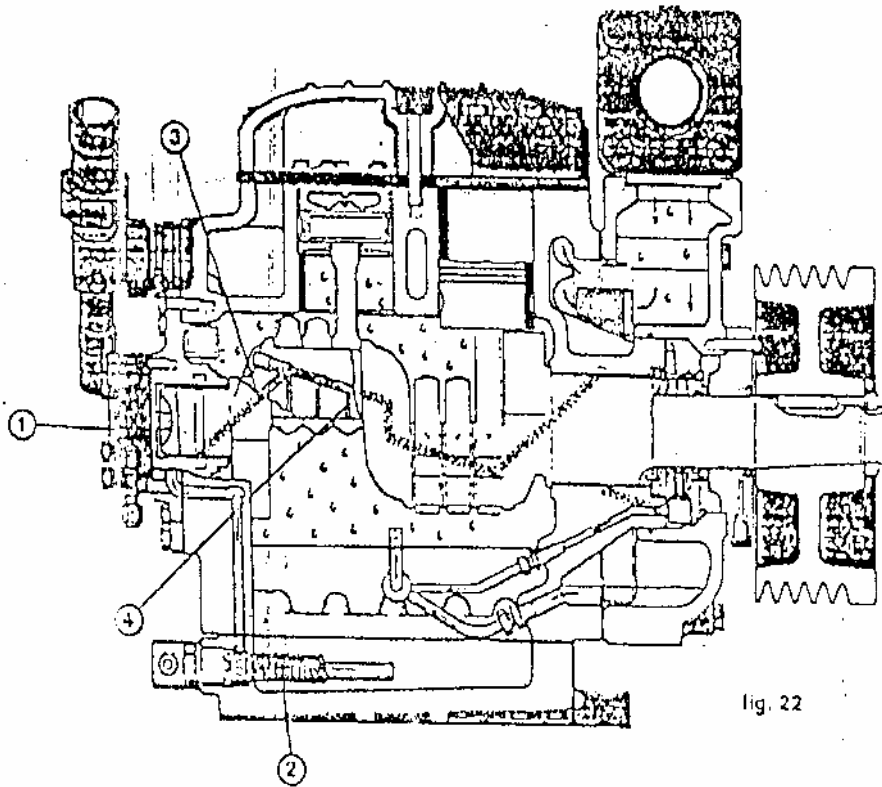
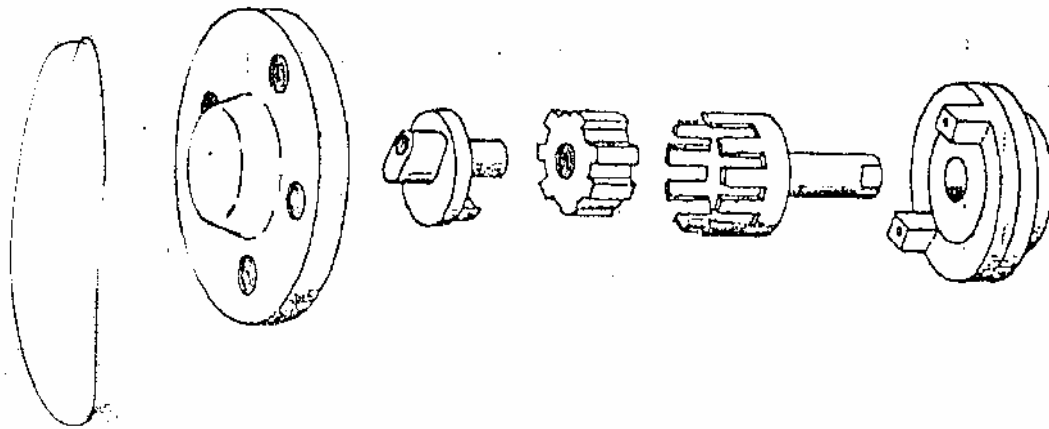


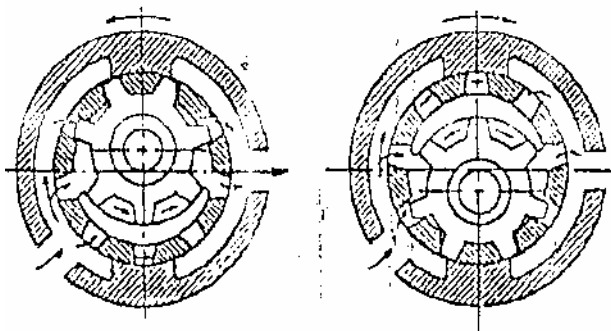
Fig. 24



Pompe à huile



Sens de rotation



Certaines pompes à l'huile sont conçues pour que le sens de circulation de l'huile soit indépendant du sens de la pompe.

*Pour les compresseurs hermétiques la lubrification se fait ainsi :*

*-Les organes mécaniques présentent la particularité d'être exécuté avec le bloc cylindre en dessous du moteur. Placé en bout d'arbre un tube excentré dont l'extrémité plongeait dans la réserve d'huile située dans le bas de la cuve provoquait par son mouvement de rotation une ascension de l'huile qui était ensuite prise en charge par la rainure hélicoïdale de l'arbre et qui après avoir lubrifié tous les organes en mouvement était expulsée à l'extrémité supérieure de l'arbre et pulvérisée par une turbine fixée sur ce bout d'arbre, refroidissant ainsi les bobinages du stator avant de retomber dans le fond de la cuve.*

### **3.1.3 Lubrification par pompe voir l'explication au dessus.**

#### **3.1 2 Caractéristiques d'un lubrifiant**

##### **\*La viscosité**

*Indispensable pour assurer une lubrification correcte, on détermine si sa valeur est dans une fourchette acceptable compte tenu :*

- de la référence de l'huile ;*
- du type de moto compresseur.*

##### **\*L'acidité**

*L'acidité de l'huile conduit à détruire les vernis des enroulements électriques des moto-compresseurs hermétiques et semi-hermétiques. La connaissance de cette valeur est indispensable.*

##### **\*La teneur en eau**

*La présence d'humidité dans l'huile risque de provoquer des dépôts de glace aux détendeurs ou dans le*

*capillaires. De plus, en présence de chlore (décomposition partielle des F.F. halogénés) il y a action*

*électrolytique qui conduit à une détérioration des parois des cylindres, des clapets et pistons des compresseurs. La présence d'humidité dans l'huile favorise également la formation d'une mousse*

*abondante dans le carter.*

*La valeur à ne pas dépasser est de l'ordre de 25ppm(partie par million).*

##### **\*La teneur en métaux**

*L'analyse de la teneur en métaux permettra de mettre en évidence l'état de la corrosion interne des circuits.*

*Il est détecté les éléments d'usure suivants :*

- fer, plomb, cuivre, chrome, aluminium, nickel, argent, silicium et calcium.*

### **3.2 Refroidissement des culasses des compresseurs :**

#### **3.2.1 Refroidissement par air**

*Lorsque l'aspiration des vapeurs froides de F.F. se fait directement par la culasse du moto compresseur (moto compresseur de puissance faible), les enroulements du moteur ne peuvent être refroidis que par évacuation externe de la chaleur dégagée. A cet effet, le corps du moto compresseur comporte des nervures qui sont soumises aux flux d'air pulsé par le ventilateur du condenseur.*

#### **3.2.2 Refroidissement par eau**

*Lorsque la condensation du fluide est réalisée dans un condenseur à eau, un serpentin en tube de cuivre ceinture le corps du moto compresseur au droit du moteur et la chaleur dégagée par les enroulements est évacuée par l'eau de condensation que l'on fait circuler dans ce serpentin raccordé en série avec le faisceau du condenseur.*



**OBJECTIF N° 2**

**DUREE 10 heures**

**OBJECTIF POURSUIVI**

**Décrire les dispositifs de contrôle de capacité et de régulation des compresseurs**

*Qu'est ce que le stagiaire doit connaître avant de commencer ?*

- 4. Décrire l'utilité des appareils de régulation frigorifiques.*
- 5. Décrire le rôle et le fonctionnement des différents types de régulateurs (de pression, de démarrage de capacité et des vannes à eau).*

*Eléments de contenu*

- 4.1 Disposition de contrôle de capacité des compresseurs.*
- 4.2 Utilité.*
  - 5.1 Régulateurs de capacité*
  - 5.2 Régulateurs de démarrage.*
  - 5.3 Vanne à eau, etc.*
  - 5.4 Utilisation des catalogues*

**LIEU DE L'ACTIVITÉ:** *Salle de cours*

**DIRECTIVES PARTICULIÈRES**

4.1 Disposition de contrôle de capacité des compresseurs.

4.2 Utilité.

Le contrôle de capacité s'effectue par le régulateur de capacité (voir l'explication plus bas).

### 5.1 Régulateurs de démarrage.

Les régulateurs (ou vannes) de démarrage permettent de protéger le moteur du compresseur contre les surcharges dues aux températures d'évaporation élevées que l'on constate lors de la mise en service d'installations à basses températures ou après un dégivrage (fig. 5.1). Elles agissent directement sur la pression d'aspiration du compresseur et ce, indépendamment de la pression d'évaporation du fluide frigorigène, en limitant la pression d'aspiration à démarrage à une valeur maximum prédéterminée par le réglage du régulateur. Ils doivent être placés le plus près possible du compresseur et leur réglage s'effectue d'une façon similaire à celui d'une vanne à pression constante en vérifiant sur le manomètre d'aspiration la pression d'ouverture du régulateur et en contrôlant si besoin est l'intensité absorbée par le moteur d'entraînement du compresseur.

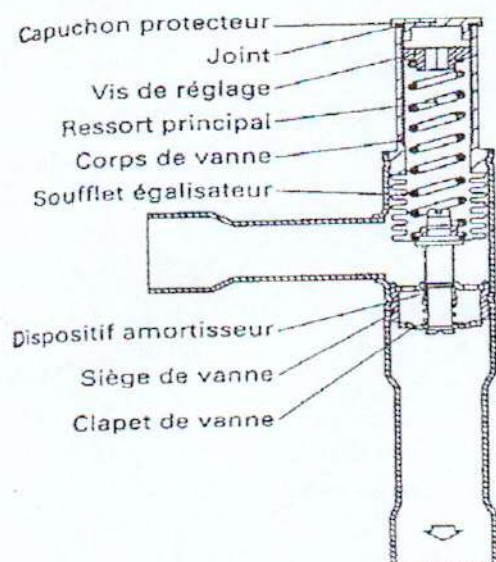


Fig. 5.1. Régulateur de démarrage.

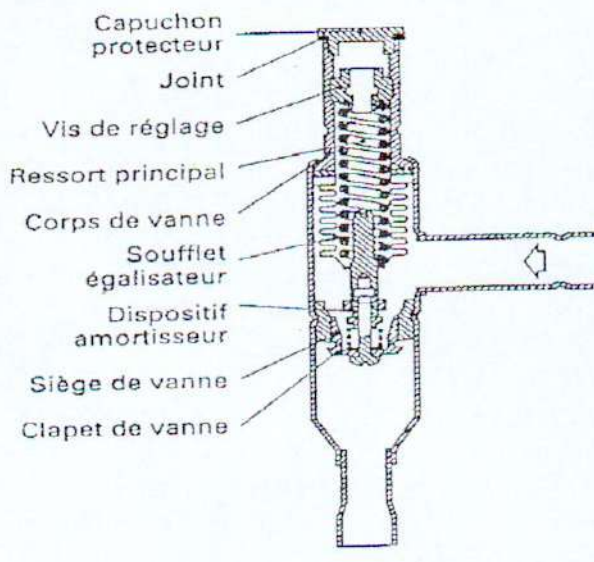


Fig. 5.2 Régulateur de capacité.

### 5.2 Régulateurs de capacité

Le régulateur de capacité a pour rôle de diminuer la production frigorifique du compresseur en réalisant automatiquement un by-pass entre la tuyauterie de refoulement et celle d'aspiration limitant ainsi à une valeur pré-réglée la pression d'aspiration du compresseur (fig.5.2).

### 5.3 Vanne à pression constante :

Robinet régulateur de pression d'évaporation :

Cette vanne, comme son nom l'indique; doit maintenir une pression minimale pré-réglée dans l'évaporateur qu'elle règle et ce, quelle que soit la pression d'aspiration du compresseur (fig.5.3). Elle élimine ainsi les inconvénients dus à un abaissement excessif de la pression et de la température dans cet évaporateur. Ces inconvénients ont une grande importance lorsqu'il s'agit, par exemple, de refroidisseurs de liquides ou autres denrées ne devant pas être

exposées à température trop basse.

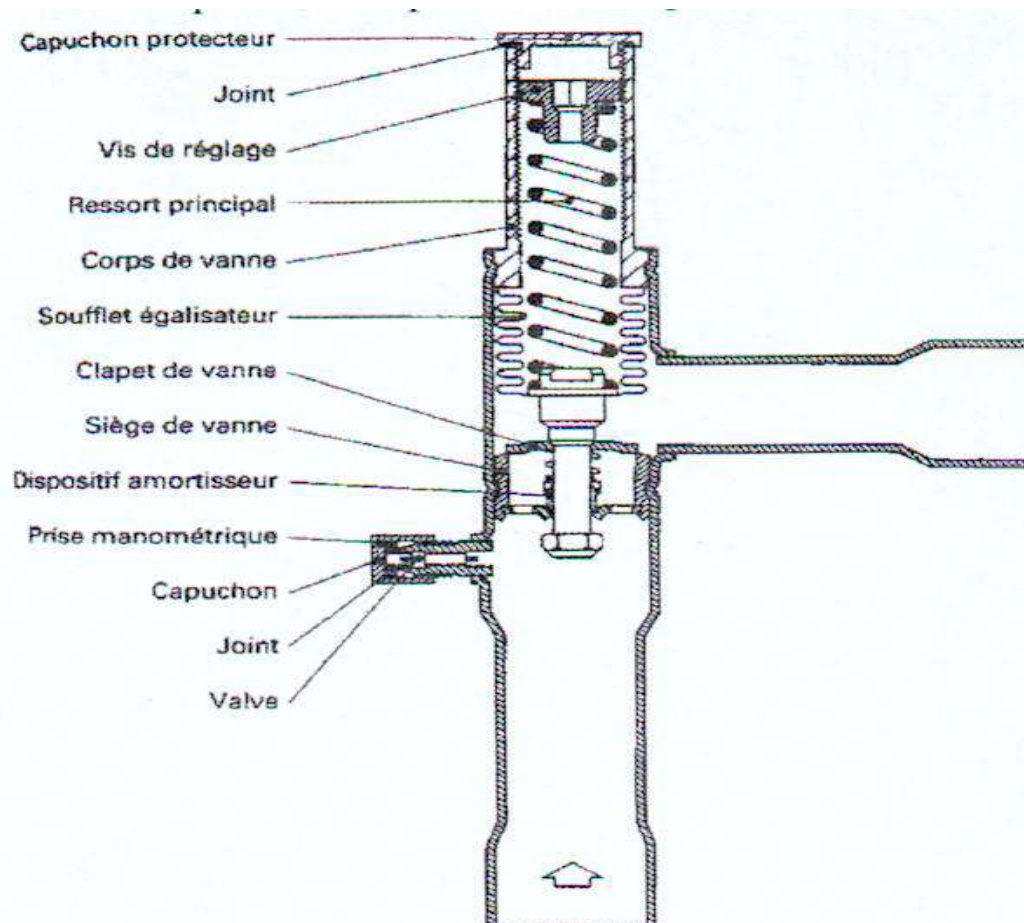


Fig.5.3. Robinet à pression constante

La vanne se monte sur la ligne d'aspiration, à la sortie l'évaporateur. Elle est réglée pour fermer à une pression déterminée, correspondant à la température minimum de l'évaporateur, elle ouvre progressivement lorsque la pression dans l'évaporateur excède celle pour laquelle la vanne est réglée.

#### **Réglage d'une vanne à pression constante sur une installation :**

Pour obtenir la chute de pression à travers la vanne, qui est essentiellement une vanne à chute de pression, procéder comme suit :

- monter le manomètre sur le robinet raccord réservé à cet effet"
- ouvrir la vanne en grand"
- régler ensuite le détendeur thermostatique de l'évaporateur,
- Fermer en suite la vanne à pression constante, jusqu'à obtention de la pression désirée dans l'évaporateur.

Cette pression est lue sur le manomètre monté sur le robinet raccord prévu à cet effet sur le corps de la vanne. Parfois, on est amené à fermer légèrement le détendeur thermostatique. Bien que la pression dans l'évaporateur réponde assez rapidement au réglage de la vanne à pression constante, il faut s'assurer de la stabilité du réglage pour considérer celui-ci comme définitif. On peut alors être certain que la pression dans l'évaporateur ne descendra pas au-dessous du

point fixé, tandis que le compresseur continuera à tourner pour le poste à la plus basse température, par le pressostat basse pression.

Il est utilisé sur des installations multiples dans lesquelles l'arrêt simultané de plusieurs postes de froid risque d'entraîner une baisse anormale de la pression d'aspiration du compresseur.

### 5.3.1 Vanne magnétique :

Robinet magnétique :

La vanne magnétique, appelée également vanne solénoïde, fonctionne comme son nom l'indique suivant un principe magnétique. Une bobine d'excitation montée sur un tube étanche non magnétique dans lequel se met librement le clapet connecté à une masselotte de fer doux, assure la manoeuvre de la vanne. Lorsque la bobine est excitée, la masselotte de fer doux est attirée et vient se placer dans le champ magnétique en soulevant le clapet; la vanne est ouverte. Quand le courant est coupé, la masselotte retombe, appuyant le clapet sur son siège.

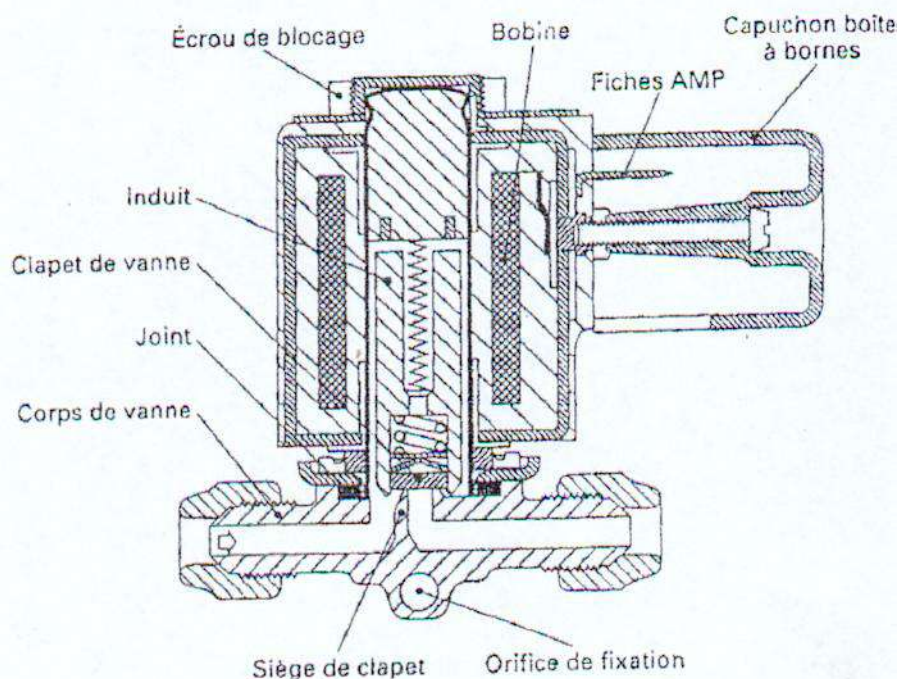


Fig. 5.3.1. Vanne magnétique à appel direct.

Pour les orifices supérieurs à 4 mm les vannes à appel direct telles que celle décrite ci-dessus (fig. 23) ne peuvent convenir, il faut alors faire appel à des vannes à membrane et clapet pilote (fig. 24), dont le fonctionnement est différent de celui exposé ci-dessus.



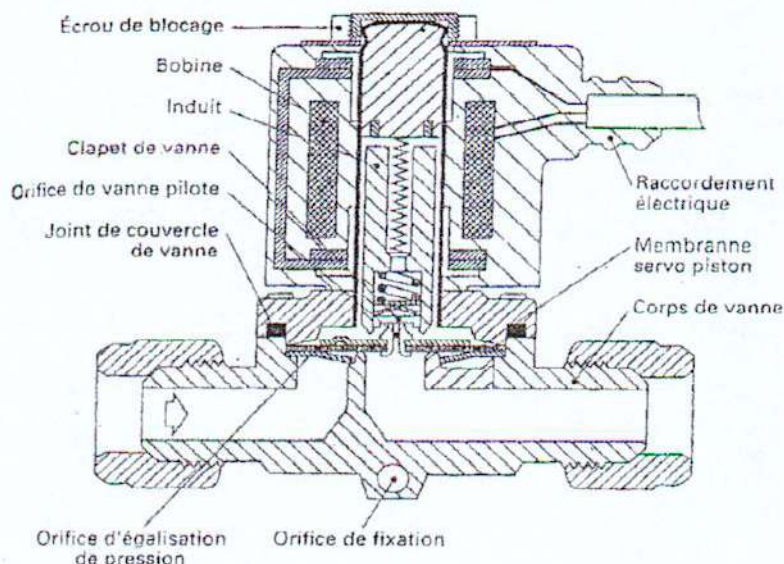


Fig. 5.3.2. Vanne magnétique à membrane et clapet pilote.

Au repos le clapet pilote repose sur l'orifice pilote et le clapet principal est fermé également sur le siège de la vanne. Deux orifices égalisateurs de pression percés dans le clapet principal permettent l'égalisation de la pression amont de la vanne au-dessus et au-dessous du clapet principal. Lorsque la bobine de la vanne est sous tension l'induit soulève le clapet qui dégage l'orifice pilote. Le clapet principal reste sur son siège et la chambre située au-dessus du clapet principal se vide car la section totale des orifices égalisateurs est inférieure à la section de l'orifice piloté; la pression au-dessus du clapet principal diminue. Sous l'influence de la poussée du fluide due à la surpression amont exercée sur la partie annulaire du clapet principal celui-ci se déforme et le passage principal à travers le siège de la vanne est ouvert. Lors de l'ouverture de l'interrupteur automatique de commande (thermostat) le clapet pilote ferme l'orifice pilote, la pression remonte au-dessus du clapet principal, et s'équilibre avec la pression amont. Le poids du clapet pilote appuyant sur le clapet principal la ferme sur son siège.

Le fonctionnement de la vanne exige une pression différentielle d'ouverture, la valeur de cette pression est d'environ 0,050 bars. Les vannes magnétiques se montent sur l'aligne liquide ou la ligne, d'aspiration de l'évaporateur à réguler, mais le montage sur la ligne liquide est beaucoup plus courant : il présente l'avantage d'utiliser des vannes de dimensions plus réduites et l'étanchéité est plus facilement réalisable sur le liquide, avec une surface d'orifice plus faible. Lorsqu'on monte une vanne magnétique, il faut s'assurer de la nature du courant, de la tension et de la fréquence. Un filtre doit toujours être monté sur la tuyauterie avant la vanne, pour retenir les corps étrangers qui pourraient nuire à l'étanchéité de la vanne en se plaçant entre clapet et siège ou qui pourraient perturber le fonctionnement du dispositif de servocommande.

Si l'on installe une vanne magnétique sur la ligne d'aspiration, ne pas faire et montage trop près de l'évaporateur ou dans tout autre point du circuit où elle serait susceptible de givrer, à moins que le capot de la vanne ne soit étanche à l'humidité et que l'entrée des fils d'alimentation de la bobine ne se fasse par l'intermédiaire d'un presse-étoupe. Enfin une vanne magnétique doit toujours être montée en position horizontale de façon que la masselotte de fer doux tombe verticalement pour la fermeture à moins que par construction sa position soit indifférente. Ainsi que nous l'avons déjà vu, une vanne magnétique est commandée par un thermostat d'ambiance ou d'évaporateur monté en série sur la ligne électrique alimentant la vanne. Lorsque la température désirée est atteinte, celui-ci coupe le circuit et la vanne ferme. La circulation du fluide frigorigène est alors arrêtée jusqu'au moment où le thermostat enclenche de nouveau et ouvre la vanne.

*Les vannes d'origine américaine sont repérées suivant la nature du courant d'alimentation de leurs bobines par les lettres :*

*AC (alternatif current) - Courant alternatif,*

*CD (direct current) - Courant continu.*

### **5.3.3 Vannes à eau :**

*Robinets d'eau :*

*Ces vannes placées sur la tuyauterie d'eau du condenseur règlent automatiquement le débit d'eau en fonction de la pression des vapeurs à condenser (vannes pressostatiques)*

### **5.4 Utilisation des catalogues**

*Normalement dans les catalogues « Danfoss » on peut choisir tous les régulateurs frigorifiques.*

OBJECTIF N°3

DUREE 10 heures

OBJECTIF POURSUIVI

**Distinguer et expliquer le principe de fonctionnement des différents types des échangeurs de chaleurs**

Qu'est ce que le stagiaire doit connaître avant de commencer ?

- 6 Décrire le rôle des échangeurs de chaleur.
7. Faire la classification détaillée des échangeurs
8. Décrire les modes de transfert de chaleur.
9. Définir toutes les grandeurs physiques liées au calcul d'un échangeur ( $k$ ,  $\Delta T$ , tracés du diagramme etc.
10. Entretien des échangeurs thermiques

*Eléments de contenu*

- 6.1 Rôle d'un échangeur de chaleur.
- 7.1 Classification des échangeurs de chaleur selon la technologie et les fluides primaires et secondaire.
- 8.1 Transfert de chaleur d'un fluide à un autre :
  - par convection
  - par conduction
  - par rayonnement.
- 9.1 Calcul thermique d'un échangeur.
  - \* Coefficient global de transfert de chaleur ( $k$ ).
  - \* Puissance thermique.
  - \* Ecart de température (arithmétique, logarithmique).
- 10.1 Entretien des échangeurs thermiques
  - évaporateurs
  - condenseurs.

### 6.1 RÔLE D'UN ÉCHANGEUR DE CHALEUR.

Les échangeurs de chaleur dans un circuit frigorifique sont l'évaporateur et le condenseur. Le rôle fondamental de ces échangeurs thermiques consiste à assurer un transfert de chaleur aussi parfait que possible entre le milieu extérieur et le réfrigérant

L'évaporateur constitue le centre de l'absorption de chaleur entre le milieu à refroidir et le réfrigérant, but final de tout système frigorifique, le condenseur doit assurer le phénomène inverse, c'est-à-dire la dissipation de la chaleur absorbée par le réfrigérant vers le milieu extérieur

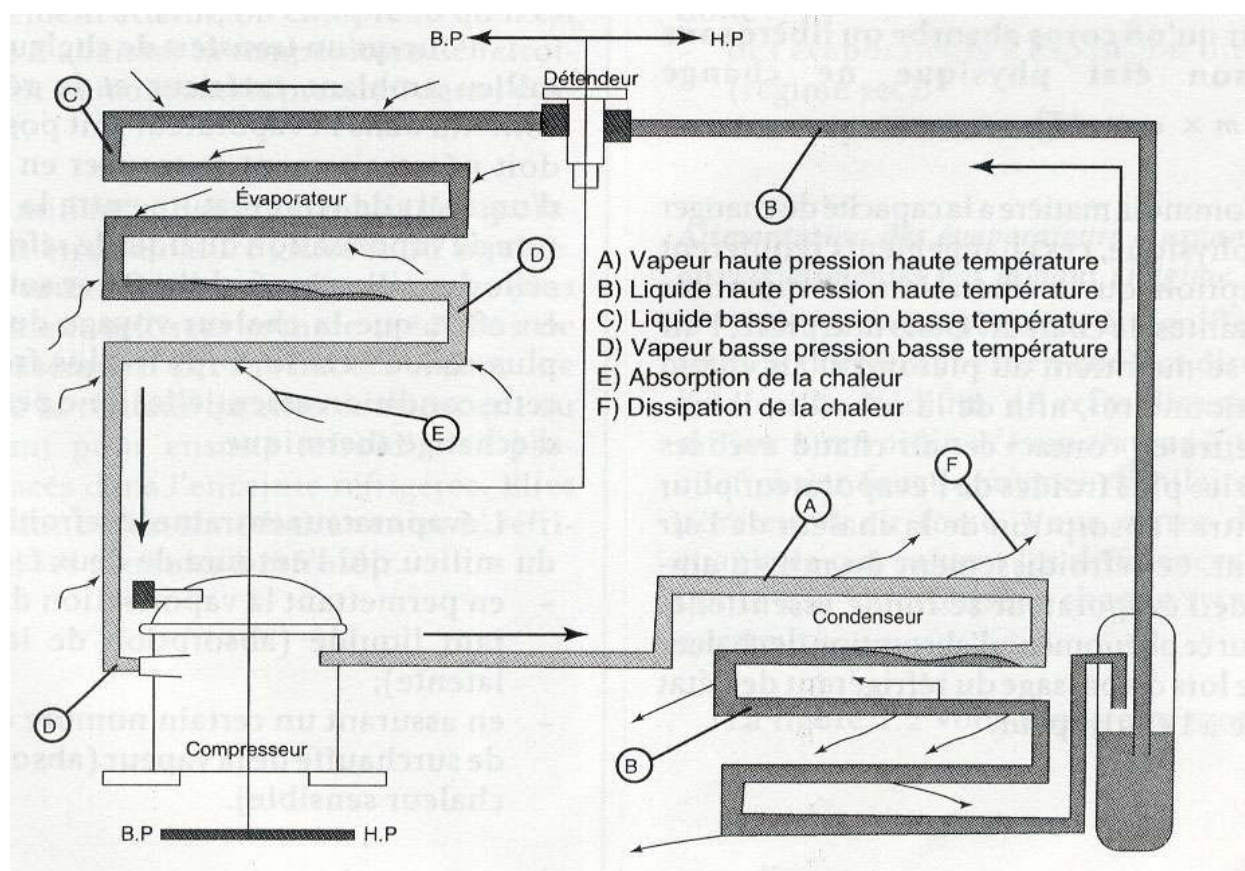


Figure.6.1 Etat du réfrigérant dans un circuit frigorifique

A l'entrée de l'évaporateur, le réfrigérant se présente sous forme d'un mélange liquide-vapeur (voir fig. 1.1). La proportion de vapeur du mélange repose sur l'importance du phénomène de vaporisation instantanée du réfrigérant liquide après son passage à travers le détendeur. La chute de pression que subit le réfrigérant liquide à ce point du circuit l'amène à bouillir rapidement, puis à absorber sa chaleur latente de vaporisation en absorbant la chaleur du milieu ambiant, entraînant ainsi le refroidissement du milieu. Dans la dernière section de l'évaporateur, le réfrigérant se détériore totalement. La vapeur contenue cependant à absorber une certaine quantité de chaleur, par échange thermique avec les parois des tubes de l'évaporateur, ce qui se traduit par une élévation de la température de la vapeur (absorption de chaleur sensible) : on



dit que la vapeur est surchauffée .Donc l'évaporateur absorbe de la chaleur latente et de la chaleur sensible.

Lorsque le réfrigérant parvient à l'entrée du condenseur , il se trouve à l'état de vapeur haute pression et surchauffée .Cette surchauffe provient principalement de l'absorption de chaleur survenue dans la dernière section de l'évaporateur ainsi que dans la canalisation d'aspiration , mais également du travail de compression.

Dans le condenseur on trouve trois zones :

- 1-la partie de refroidissement des vapeurs surchauffées jusque l'état de saturation;
- 2-la partie de liquéfaction des vapeurs (condensation)
- 3- la partie de sous refroidissement de liquide de fluide frigorigène (si le condenseur est surdimensionné)

Les vapeurs cèdent sa chaleur sensible (zone 1 et 3) et latente (zone 2) de condensation.

### 7.1 CLASSIFICATION DES ÉCHANGEURS DE CHALEUR SELON LA TECHNOLOGIE ET LES FLUIDES PRIMAIRES ET SECONDAIRE

En génie thermique on appelle le fluide primaire celui qui possède la plus grande quantité de chaleur .Donc pour le condenseur le fluide primaire est le fluide frigorigène et pour l'évaporateur –le milieu extérieur.

Selon le milieu extérieur les échangeurs thermiques peuvent être classés :

Echangeurs thermiques à air

Échangeurs thermiques à liquide (eau, saumure)

EVAPORATEUR

- Evaporateur refroidisseur de liquide ;
- Evaporateur refroidisseur de gaz ;
- Evaporateur congélateur
- Évaporateurs spéciaux

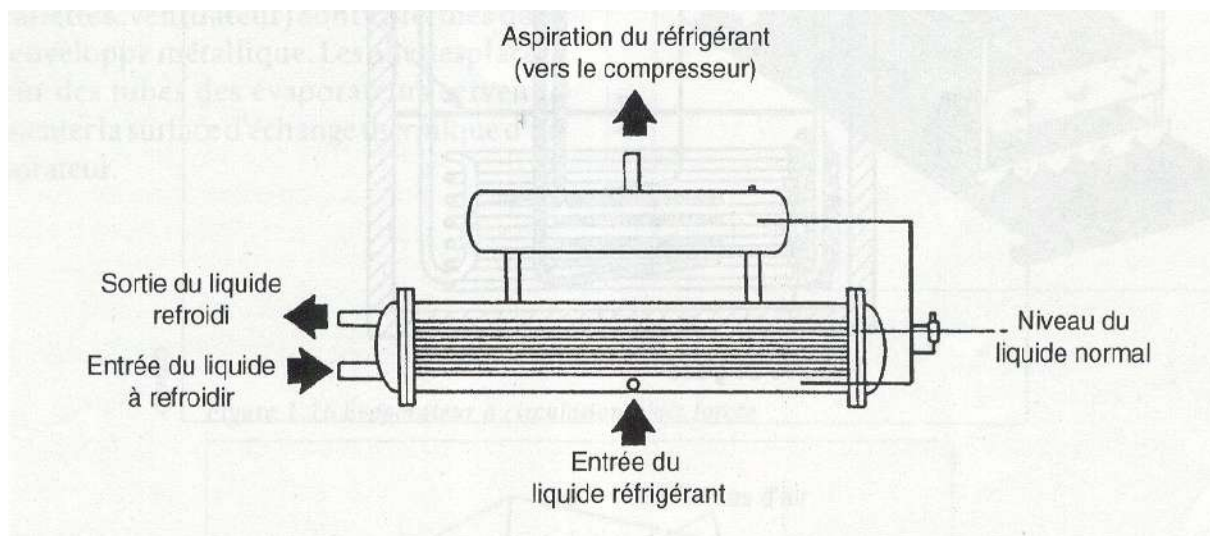


Figure 7.1 Refroidisseur de liquide « Chiller »

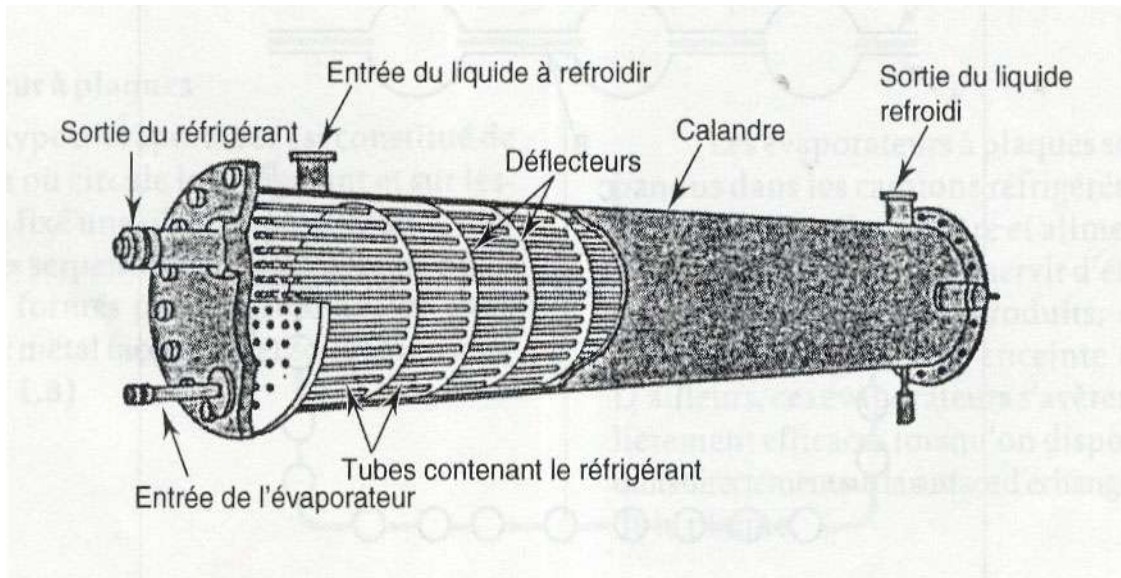


Figure 7.2 Evaporateur multitubulaire

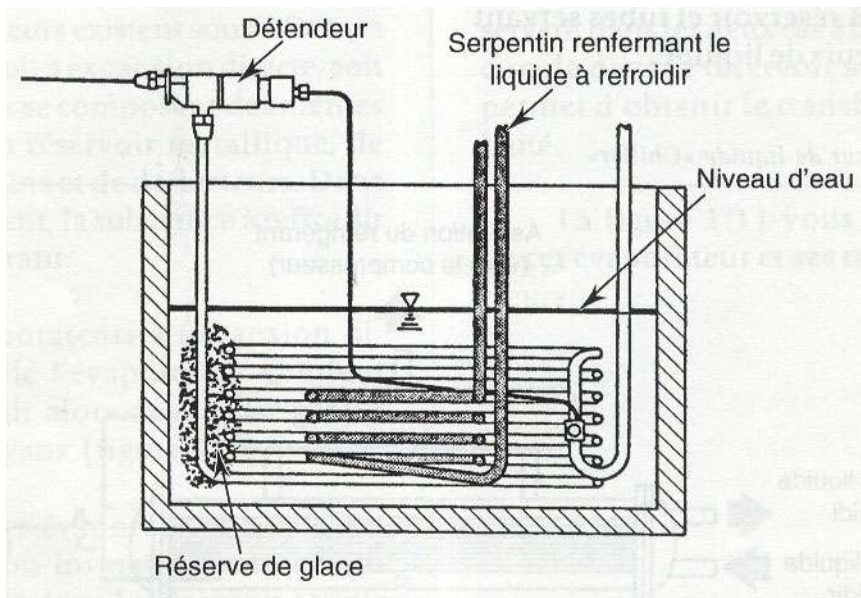


Figure 7.3 Evaporateur immergé

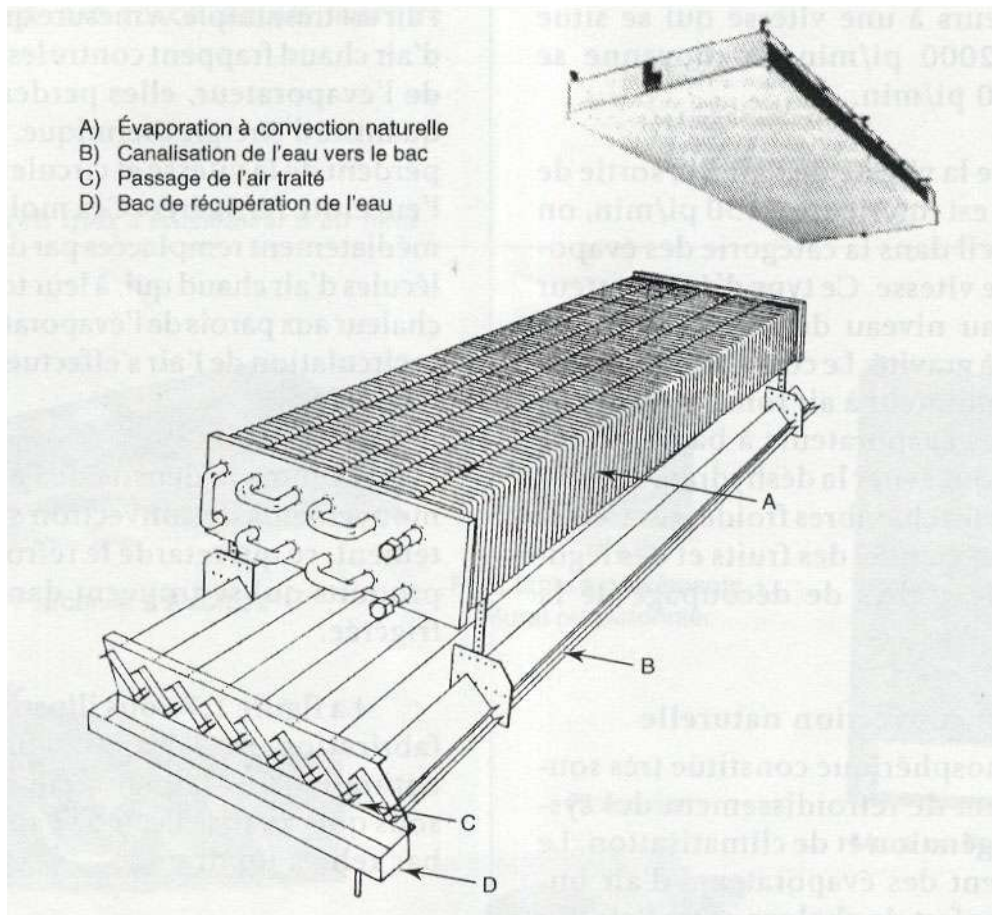


Figure 7.4 Evaporateur à convection naturelle

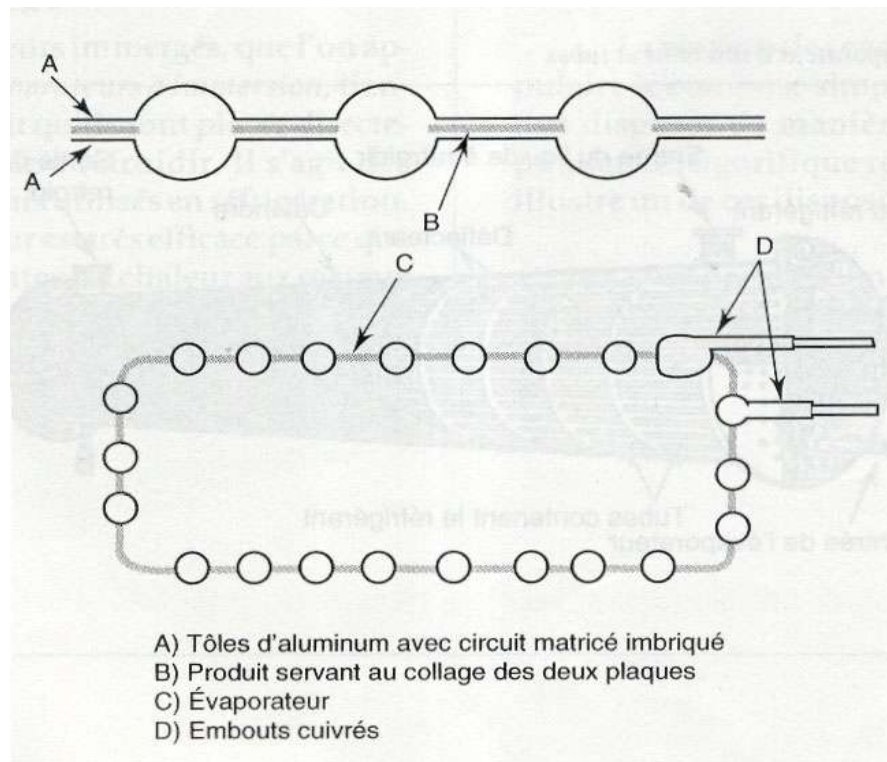


Figure 7.5 Conception de l'évaporateur à fabrication de glace

### CONDENSEUR

- Condenseur à air

Condenseur à air à circulation naturelle

Condenseur à air à circulation forcée

- Condenseur à eau

Condenseur à immersion

Condenseur à double tube et contre courant

Condenseur à calendre multitubulaire



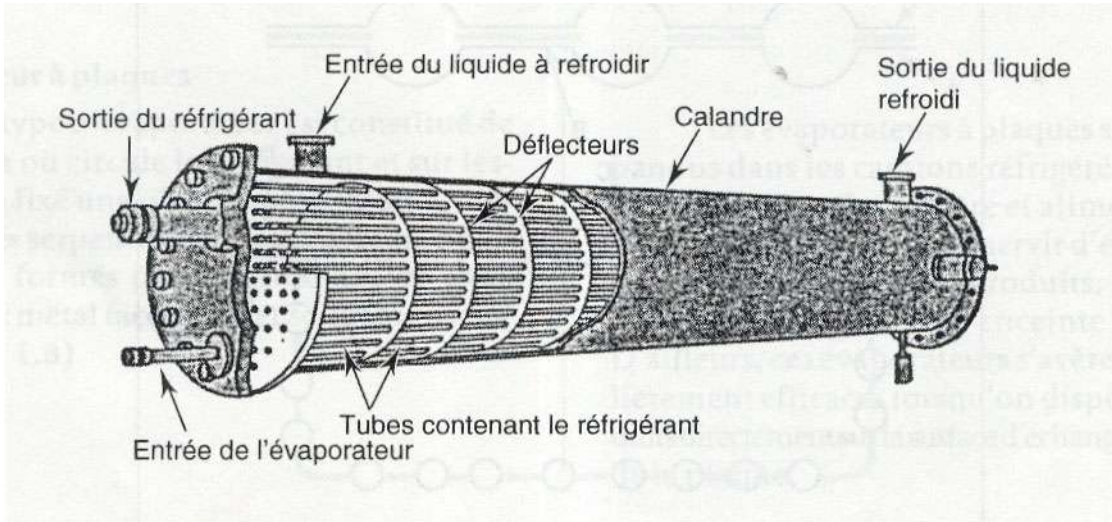


Figure 7.6 Condenseur à plaques

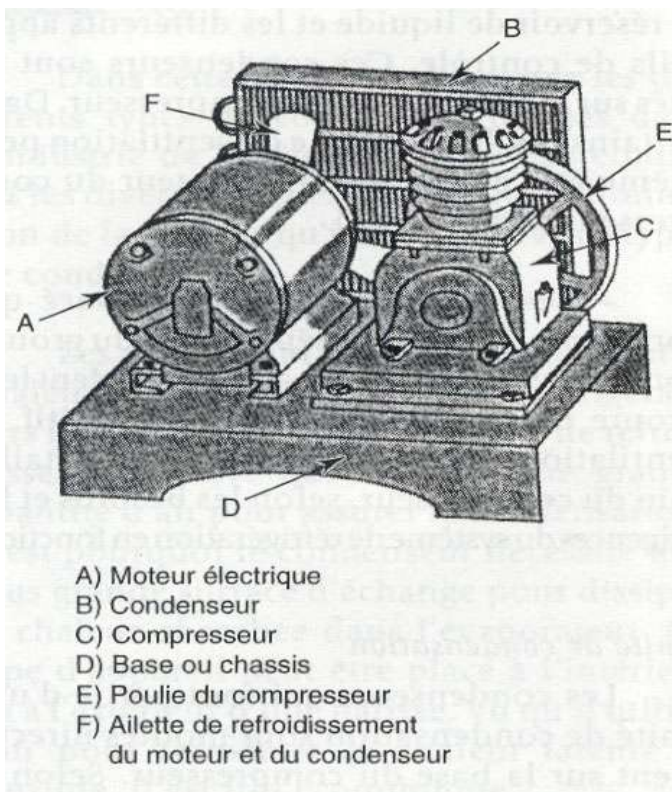


Figure 7.7 Unité de condensation refroidie à l'air (compresseur type ouvert)

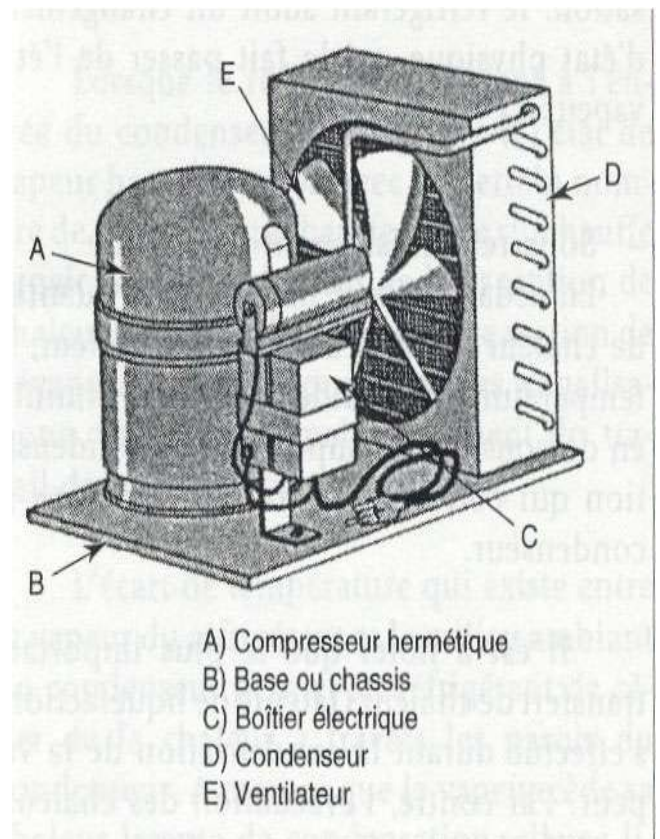


Figure 7.8 Unité de condensation refroidie à l'air (compresseur type hermétique)

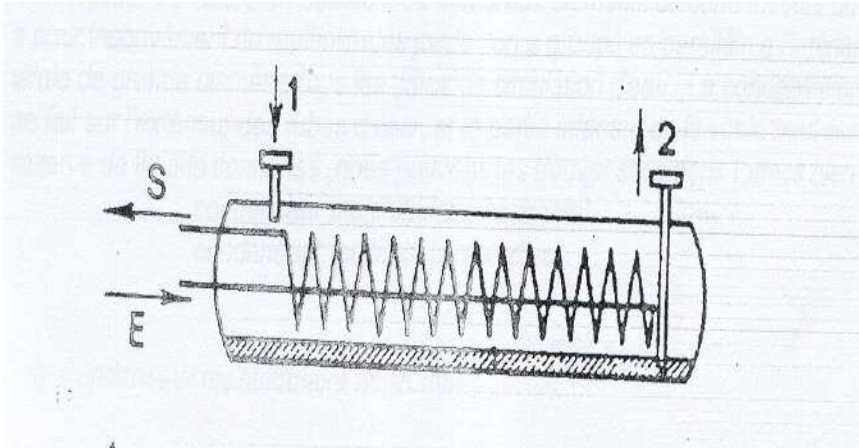


Figure 7.9 Condenseur à immersion

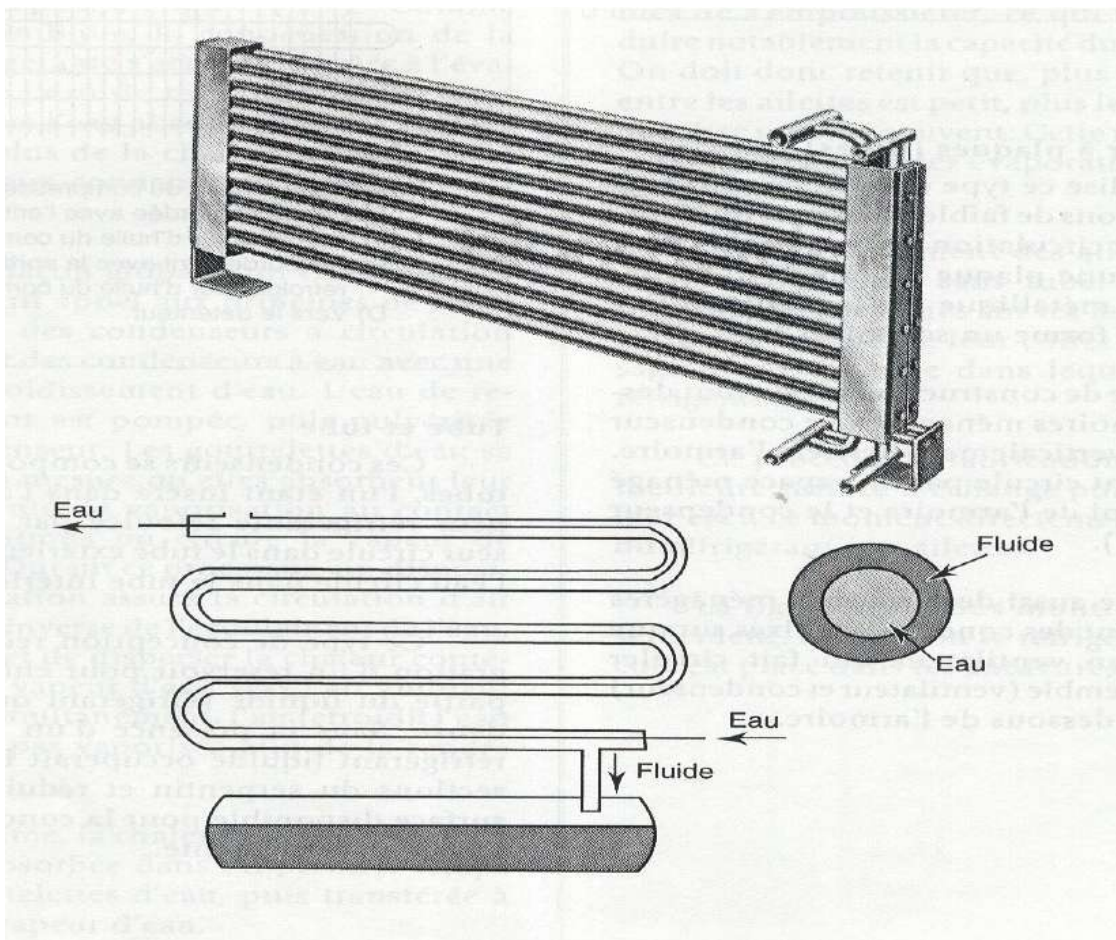


Figure 7.10 Condenseur à eau à double tube et contre courant



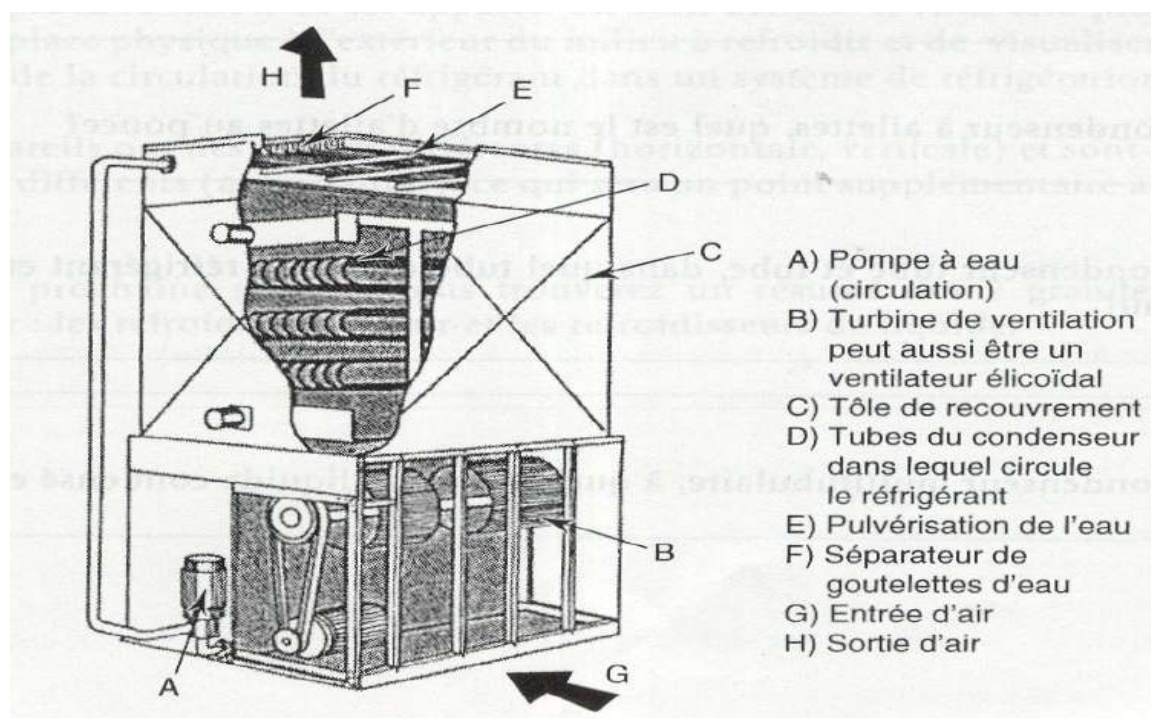


Figure 7.11 Condenseur évaporatif

### 8.1 TRANSFERT DE CHALEUR D'UN FLUIDE À UN AUTRE :

- par convection
- par conduction
- par rayonnement.

Trois principes de base régissent le transfert de chaleur à l'évaporateur et au condenseur :

- La chaleur se transmet toujours du corps le plus chaud vers le corps le plus froid.
- Un liquide qui bout se vaporise absorbe de la chaleur (chaleur latente de vaporisation) et une vapeur qui se condense dégage de la chaleur (chaleur latente de condensation).
- Le point d'ébullition d'un liquide varie en fonction de la pression à laquelle il est soumis.

Dans une enceinte réfrigérée, la chaleur est transmise du médium de refroidissement (eau, air ou autre) vers le réfrigérant, en passant à travers une surface d'échange qui se compose des ailettes et des tubes de l'évaporateur. Le réfrigérant liquide, le plus froid que le médium de refroidissement, se met à bouillir et se vaporise en absorbant une quantité appréciable de chaleur du médium. Cette chaleur est par le fait même retirée du médium de refroidissement. Si des produits sont placés à proximité ou en contact avec ce médium, ils lui cèdent à leur tour de la chaleur que le médium retransmet au réfrigérant.

Le transfert moléculaire de la chaleur par le condenseur est identique à celui de l'évaporateur. Le réfrigérant se trouvant à plus haute température que le médium de refroidissement, la chaleur suit le parcours inverse. L'échange de chaleur se fait en trois étapes :

1. Le fluide réfrigérant cède sa chaleur à la surface interne du condenseur par convection.
- 2 La chaleur traverse la paroi métallique du condenseur par conduction.
3. La chaleur passe enfin de la surface externe du condenseur au médium de refroidissement par convection.

La chaleur se transmet d'un corps à un autre de différentes façons :

- par conduction ;
- par convection ;
- par rayonnement.

### Conduction

**La conduction est un mode de transmission de chaleur qui s'effectue de molécule à molécule, sans déplacement de la matière, jusqu'à l'atteinte de l'équilibre thermique. La chaleur se propage donc à travers un corps conducteur.**

**Si l'on chauffe l'extrémité d'une tige de métal, par exemple, les molécules portées à haute température sous l'action de la flamme réchauffent les molécules voisines en leur cédant de la chaleur jusqu'à l'atteinte d'une température égale sur toute la tige.**

L'échange thermique qui se produit à travers la paroi métallique des serpentins de l'évaporateur ou de condenseur s'effectue par conduction. Exemple : l'air à l'intérieur d'une enceinte réfrigérée est refroidie par contact avec un tube de l'évaporateur. L'air cède sa chaleur par conduction.

La figure 8.1 illustre le principe de conduction de la chaleur à travers un corps (tuyau) de l'évaporateur.

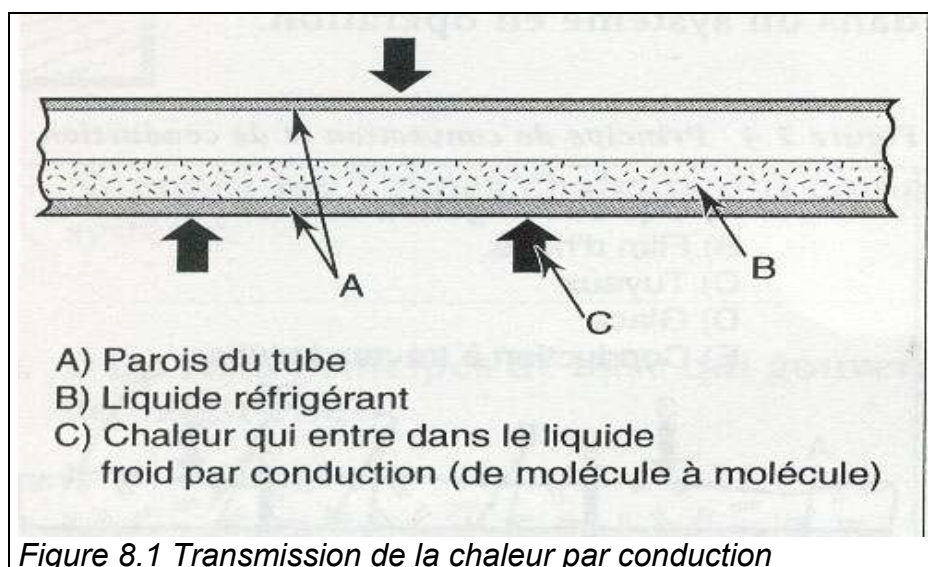
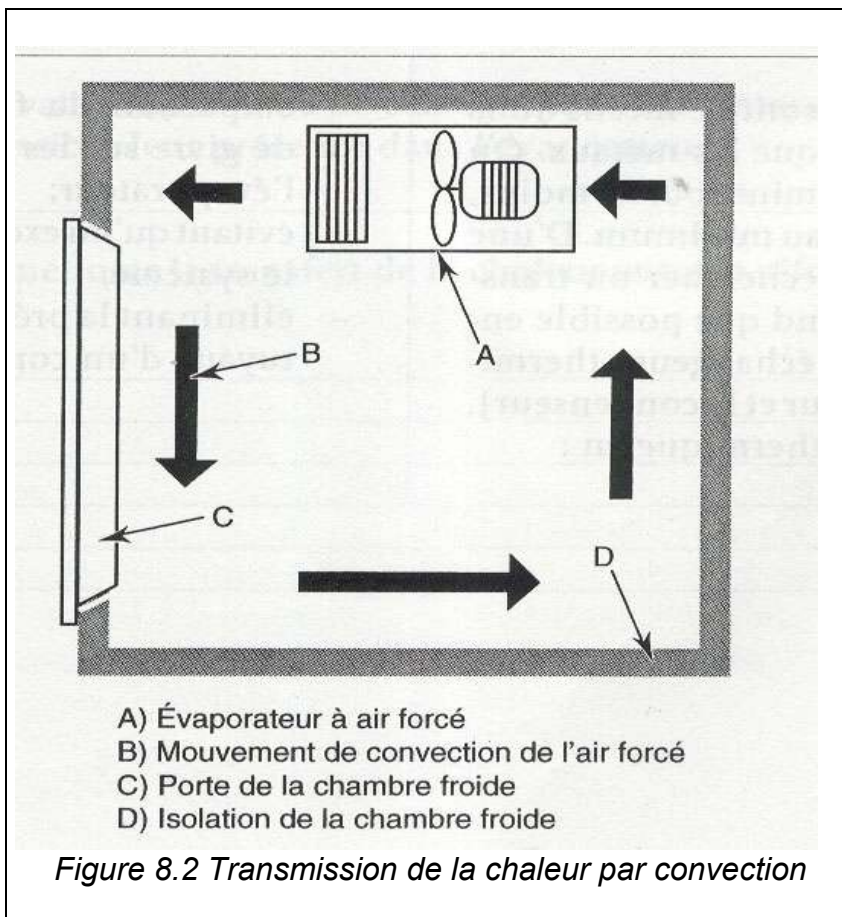


Figure 8.1 Transmission de la chaleur par conduction

### Convection

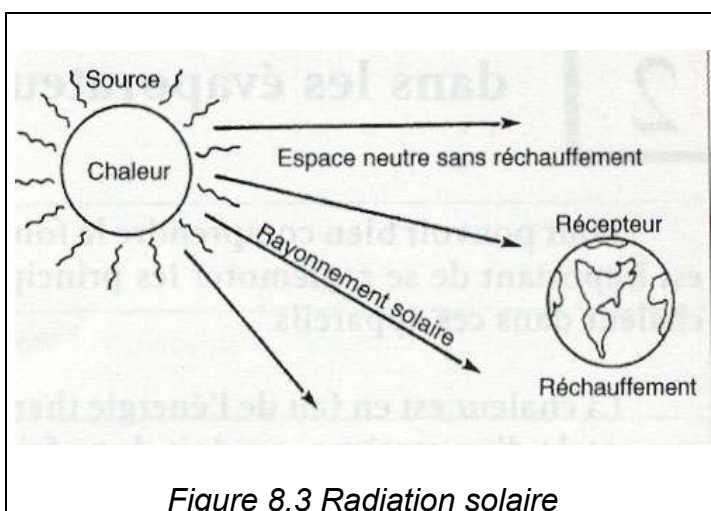
**La convection est le transport de la chaleur d'un corps chaud à un corps froid par le biais d'un fluide gaz ou liquide dans la recherche constante de l'équilibre thermique. Ce mode de transmission de la chaleur s'effectue par des variations de densité qui créent un mouvement au sein du fluide. C'est donc la variation de température entre deux milieux (qui cause une variation de densité) qui assure le mouvement de convection. La figure 3.17 illustre ce principe où l'on voit le mouvement de convection de l'air dans une chambre froide.**





### Rayonnement

Le rayonnement est un mode de propagation de la chaleur qui s'effectue entre deux corps distants l'un de l'autre sans changement de la température de la substance qui les sépare. L'énergie radiante est transmise de la source de chaleur vers un récepteur par onde. La figure 3.18 montre un principe de rayonnement ou de radiation qui se trouve dans notre environnement immédiat et qu'on connaît : le soleil réchauffe la terre sans que l'espace traversé ne subisse de réchauffement.



## 9.1 CALCUL THERMIQUE D'UN ÉCHANGEUR.

## \* Coefficient global de transfert de chaleur (k).

**-Evaporateur**

Dans les conditions réelle d'un évaporateur (huile, épaisseur du tube et givre) le coefficient global k

$$1/K = 1/h_{cf} + e_1/\lambda_1 + e_2/\lambda_2 + e_3/\lambda_3 + 1/h_{cm}$$

avec :  $h_{cf}$  coefficient de convection du fluide frigorigène

$h_{cm}$  coefficient de convection du medium à refroidir

$e_1$  épaisseur de film d'huile

$e_2$  épaisseur de tube

$e_3$  épaisseur de givre

$\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3$ , les coefficients de conductivité thermique d'éléments correspondants

\*pour le cas d'un évaporateur recouvert de givre (refroidisseur d'air)

$$K = 1/1/h_{cf} + e_1/\lambda_1 + e_2/\lambda_2 + e_3/\lambda_3 + 1/h_{cm}$$

**Condenseur**

Pour un condenseur la formule de coefficient global de transfert de chaleur est la même, mais a la place de givre il y aurait la poussière et à l'intérieur du tube –le calcaire.

EVAPORATEUR		
COEFFICIENTS GLOBAUX DE TRANSMISSION K		
Groupe	Type	KW /m <sup>2</sup> °C
Refroidisseur de liquide	A immersion { à serpentin à grilles	70 à 95(1) 230 à 290 (2) 400 à 470(2)
	A ruissellement	930 à 1400
	Multitubulaire à calandre { horizontaux verticaux	460 à 700 930 à 1200
Refroidisseur de gaz	Circulation d'air naturelle tube ailettes	7 à 9
	Circulation d'air forcée tube ailettes	16 à 24

(1) liquide non agité

(2) liquide agité mécaniquement

CONDENSEUR			
COEFFICIENTS GLOBAUX DE TRANSMISSION K			
Groupe	Medium de condensation	Type	KW /m <sup>2</sup> °C
A chaleur sensible	Air	Circulation naturelle	9 à 12
		Circulation forcée	24 à 30
A chaleur latente	Eau	Immersion	240 à 300
		Double tube et contre courant	700 à 950
		Multitubulaire horizontaux	700 à 1100
A chaleur latente	Air atmosphérique	Multitubulaire verticaux	800 à 1400
		Ruissellement simple	240 à 300
		Ruissellement et contre courant	800 à 1100
		tube lisse	240 à 350
		tube à ailettes	120 à 180

**\* Puissance thermique.****- Evaporateur**

La puissance frigorifique d'un évaporateur dépend des conditions particulières de l'installation et est évaluée par établissement de bilan thermique  $\Phi_o = K.A. \Delta\theta$

1. Surface d'évaporation

Ici on désigne par :

$\Phi_o$  : quantité de froid à produire

$K$  : coefficient global de transmission de chaleur

$\Delta\theta$  : différence de température entre milieu à refroidir et température de vaporisation du fluide frigorigène

donc  $A = \Phi_o / K. \Delta\theta$

2. Débit masse à refroidir

$qm = Cp. \Delta\theta$

avec  $Cp$  capacité thermique en (KJ /Kg)

$\Delta\theta = \theta_e - \theta_s$  ( $\theta_e$  - température d'entrée et  $\theta_s$  - température de sortie du fluide frigorigène)

$\Phi_o = qm. Cp. \Delta\theta$

$qm = \Phi_o / Cp \Delta\theta$ .

2.1 Débit d'eau

Si on refroidit l'eau, le débit masse d'eau  $qmw$  sera égal à

$qmw = \Phi_o / cw. \Delta\theta$

le débit volumique sera

$qvw = qmw / \rho_w$

avec  $\rho_w$  : masse volumique

2.2 Débit d'air

Le médium à refroidir étant de l'air on a

$qma = \Phi_o / ca. \Delta\theta$  (kg/s) air sec

L'air est humide, mais pour les débits faibles on suppose qu'il est sec

$qv < 5000 \text{ m}^3/\text{h}$

dans cette hypothèse on peut écrire, que

$qva = \Phi_o / 1,3. \Delta\theta \text{ m}^3/\text{s}$

1,3 représente la quantité de chaleur pouvant être absorbée par mètre cube d'air

$cpva = cp. Pa$  soit, 1,3 = 1,1, 293

2.2.1 Débit d'air par différence d'enthalpie

Connaissant la température l'air à l'entrée de l'évaporateur et son humidité relative il est possible à l'aide du diagramme enthalpique de déterminer l'enthalpie de l'air à l'entrée de l'évaporateur.

$qma = \Phi_o / h_{ae} - h_{as}$  Kg d'air sec et si  $va$  est volume massique de l'air à l'endroit de ventilateur, le débit volumique sera:

$qva = va. qma \text{ (m}^3/\text{s)}$

**-Condenseur**

La quantité de chaleur à évacuer au condenseur sera calculée en sachant les enthalpies de fluide frigorigène à l'entrée et à la sortie du condenseur soit  $h_2$  et  $h_3$

$\Phi_k = h_2 - h_3$

$$P = h_2 - h_1 \quad \longleftrightarrow \quad \Phi_k = \Phi_o + P$$

$$\Phi_o = h_1 - h_4$$

D'après le diagramme de Mollier nous pouvons déduire :

La quantité de chaleur à évacuer au condenseur est toujours plus élevée que la quantité de froid produit à l'évaporateur

Avec :

$\Phi_o$  : la production frigorifique brute du compresseur en watt ou kW

$P$  : la puissance mécanique nécessite par compression du fluide en watt ou kW

$\Phi_k$  : la quantité de chaleur à évacuer au condenseur en watt ou KW

### 1. Surface de condensation

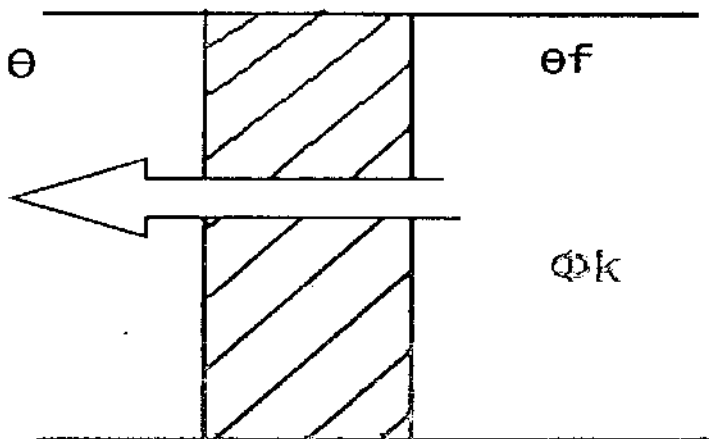
on a  $\Phi_k = K A \cdot \Delta\theta$

avec :  $\Phi_k$  la quantité de chaleur à évacuer au condenseur

$K$  - coefficient global de transmission

$A$  - la surfasse d'échange

$\Delta\theta$  l'écart de température entre la température de condensation et la température du médium de condensation en K ou °C



Donc  $A = \Phi_k / K \cdot \Delta\theta$

### 2. Débit masse de fluide de condensation

D'après la classification des condenseurs on peut identifier deux types de chaleur pour le fluide de condensation.

- chaleur sensible
- chaleur latente

#### 2.1. Débit masse de fluide de condensation (chaleur sensible)

Le fluide de condensation agissant par absorption de chaleur sensible ne pourra absorber qu'une quantité de chaleur égale à sa capacité thermique massique à pression constante  $C_{pa}$  (KJ /Kg)

Par suite pour une variation  $\Delta\theta$  entre ses température  $\theta_s$  de sortie et  $\theta_e$  d'entrée au condenseur, le débit :

$$q = C_{pa} (\theta_s - \theta_e) \text{ KJ /Kg}$$

or pour évacuer  $\Phi_k$  (KW) le débit masse nécessaire devra donc être tel que

$$\Phi_k = q \cdot C_{pa} \cdot (\theta_s - \theta_e) \text{ et } q_m = \Phi_k / C_{pa} \cdot (\theta_s - \theta_e)$$

### 2.2 Débit d'eau

Si on utilise l'eau comme fluide de condensation le débit masse sera égal à  $q_{mw} = \Phi_k / C_w \Delta\theta$  (Kg/s, et le débit volumique aura pour valeur  $q_v = q_m$  puisque le volume massique est égal à la masse volumique

### 2.3 Débit d'air

Si on utilise l'air comme fluide de condensation on aura de même

$$q_{ma} = \Phi_k / C_{pa} \cdot \Delta\theta \text{ Kg d'air sec}$$

De même manière comme pour l'évaporateur on peut écrire :

$$q_{va} = \Phi_k / 1,3 \cdot \Delta\theta \text{ (m}^3/\text{s)}$$

### 2.4 Débit d'air par différence d'enthalpie

Suivant me diagramme psychrométrique, nous pouvons déterminer le débit de l'air par la différence d'enthalpie. Pour ceci il faut connaître

°condition d'entrée d'air :

- $\theta_{ae}$  : température d'air à l'entrée du condenseur

- $h_{ae}$  : l'enthalpie correspondante à  $\theta_{ae}$

°connaissant la valeur de l'échauffement de l'air à l'aide du diagramme on peut trouver :

-  $\theta_{as}$  : température d'air à la sortie du condenseur

- $h_{as}$  : l'enthalpie correspondante à  $\theta_{as}$

le débit masse d'air sera alors :  $q_{ma} = \Phi_k / h_{ae} - h_{as}$

le débit volumique  $q_{va} = v \cdot q_m$  (m<sup>3</sup>/s), avec v volume massique de l'air

### **Ecart de température (arithmétique, logarithmique)**

#### **-Evaporateur**

**L'échange de chaleur au niveau de l'évaporateur a lieu entre le fluide frigorigène se vaporisant à température constante  $\theta_0$  et le fluide (eau ou air) se refroidissant de  $\theta_e$  à  $\theta_s$ . La quantité de chaleur absorbée par le fluide frigorigène est la sous la forme latente (le fluide frigorigène se vaporise), par le fluide frigorigène, par contre la quantité de chaleur empruntée du milieu extérieur est sous forme sensible.**

D'après le schéma ci- dessous on peut écrire :

#### Ecart à l'entrée

$$\Delta\theta_e = \theta_e - \theta_0$$

#### Ecart à la sortie

$$\Delta\theta_s = \theta_s - \theta_0$$

#### Valeur de l'écart moyen

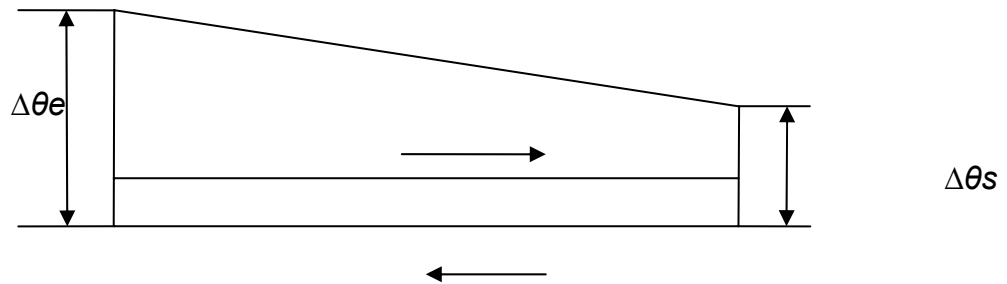
$$\Delta\theta = (\Delta\theta_e + \Delta\theta_s) / 2 ; \text{ soit } \Delta\theta = (\theta_e + \theta_s) / 2 - \theta_0$$

**on pose  $(\theta_e + \theta_s) / 2 = \theta_m$**

**D'où**

$$\Delta\theta = \theta_m - \theta_0$$

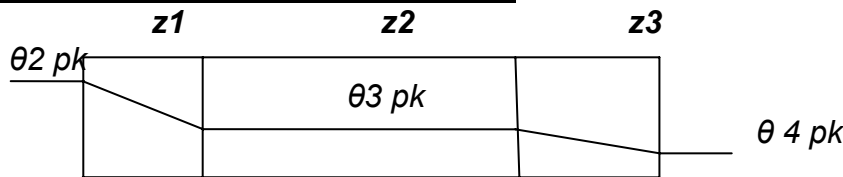
**L'écart moyen de température est égal à la différence entre la température moyenne du fluide à refroidir et la température de vaporisation.**



**-Condenseur**

Pour déterminer  $\Delta\theta$  il faut connaître les zones fonctionnelles de condenseur.

**Zones fonctionnelles d'un condenseur :**



a) zone de désurchauffe z1

Le fluide frigorigène passe de vapeur surchauffée à la vapeur saturée

b) zone de condensation z2

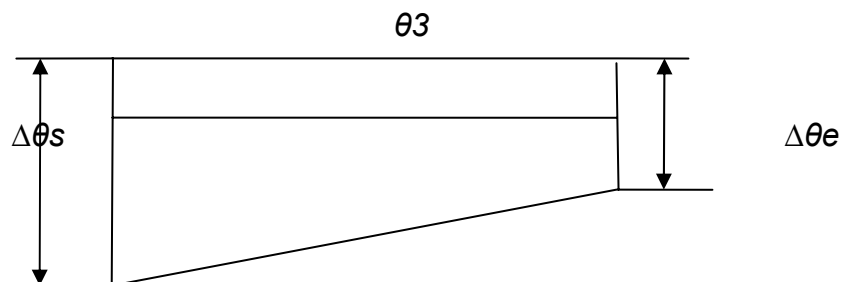
Le fluide frigorigène passe de vapeur saturée au liquide saturé

c) zone de sous refroidissement z3

Le fluide frigorigène passe du liquide saturé au liquide sous refroidi

Les quantité de chaleur évacuée dans les zones 1 et 3 étant très faible par rapport à celle évacuée dans la zone 2.

Posant que l'échange de la chaleur a lieu entre un fluide qui se condense à  $\theta = cte$  ce qui restitue sa chaleur latente de condensation et un fluide (liquide ou air) qui absorbe cette quantité de chaleur sous forme sensible d'où l'élévation de température de ce fluide de  $\theta_e$  à  $\theta_s$



Avec : température de condensation

$\theta_e$  : température d'entrée du fluide de condensation en °C

$\theta_s$  : température de sortie de fluide de condensation en °C

Ecart à l'entrée

$$\Delta\theta_e = \theta_3 - \theta_e$$

Ecart à la sortie

$$\Delta\theta_s = \theta_3 - \theta_s$$

Ecart moyen aura pour valeur :

$$\Delta\theta = (\Delta\theta_e + \Delta\theta_s) / 2 ; \text{ supposant que } \theta_m = (\theta_e + \theta_s) / 2$$

on aura  $\Delta\theta = \theta_3 - \theta_m$

## 10.1 Entretien des échangeurs thermiques

## -évaporateurs

Dans le tableau suivant on trouve les vérifications nécessaires à faire avant, pendant et après la mise en marche de ces appareils.

## Entretien des évaporateurs et condenseurs à air

<b>Avant la mise en marche</b>	<b>Lors de la mise en marche</b>	<b>Vérification périodiques et entretien</b>
*Vérifier le système de ventilation : voltage du moteur, lubrification des paliers, alignement et tension des courroies, rotation du ventilateur	*Relever les pressions et les températures de fonctionnement	*Effectuer des relevés de pressions et de température *S'assurer de l'étanchéité de l'appareil *Nettoyer les surfaces extérieures et les filtres *Vérifier les éléments de dégivrage (évaporateur)

<b>Avant la mise en marche</b>	<b>Lors de la mise en marche</b>	<b>Vérification périodiques et entretien</b>
* Vérifier le système de pompage : voltage et, lubrification de la pompe *S'assurer du fonctionnement des dispositifs de réglage du débit d'eau *Effectuer un teste d'essai d'étanchéité sous pression S'assurer de la propriété des surfaces d'échange	* Relever les pressions et les températures de fonctionnement et les régler au besoin	Effectuer des relevés de pressions et de température *S'assurer de l'étanchéité de l'appareil *Nettoyer les surfaces extérieures et les filtres à eau *Inspecter les tubes et les nettoyer s'ils sont encrassés et si le type de condenseur le permet

## -condenseur à eau

Dans les systèmes de refroidissement à eau deux problèmes peuvent se poser :

- Le tartre
  - La concentration en sels

## - Le tartre

Les eaux contiennent des sels minéraux (calcium, magnésium, sodium).

La chaleur provoque la formation un dépôt (le tartre).

Ce dépôt diminue les échanges thermiques. Ce qui entraîne une diminution de la puissance des appareils.

Sur ces appareils, on procédera régulièrement à des opérations de détartrage.

### - La déconcentration en sels

L'eau est caractérisée par sa dureté ou son titre hydrométrique ( TH exprimé en degré français )  
. Ce qui fait la dureté de l'eau, c'est la présence en plus ou moins grande quantité des sels de calcium et de magnésium. Ces sels, lorsque l'eau à complètement disparue forment du tartre.

1 ° TH correspond à 10 g de calcaire par m<sup>3</sup> d'eau

**Si TH = 0 °F eau très douce, absence de sels de calcium ou de magnésium.**

**Si TH = 10 °F eau douce.**

**Si TH = 40 °F eau très dure.**

En fonctionnement, une partie de l'eau s'évapore mais les sels restent. Le remplissage automatique amène de la nouvelle eau, ce qui augmente la concentration en sels. On peut arriver à un Titre Hydrométrique très important.

Pour éviter cela, il faut procéder à des opérations de déconcentration.

### Opérations de déconcentration:

TH de l'eau du réseau Déconcentration

10 °F = 1 fois le débit d'eau évaporé

20 °F = 2 fois le débit d'eau évaporé

30 °F = 4 fois le débit d'eau évaporé

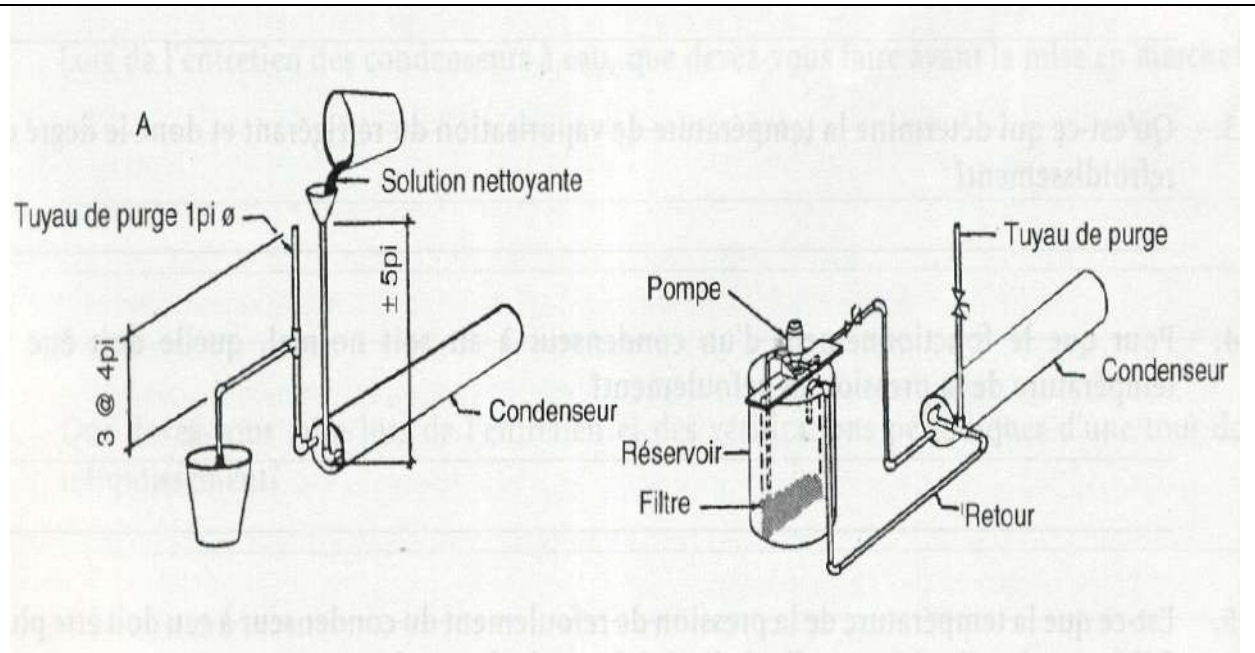
Sur une tour de refroidissement, pour 100 kW de puissance frigorifique, il s'évapore environ 200l d'eau par heure.

Donc, le TH de l'eau est 20 °F. On règle la déconcentration sur  $2 \times 200 = 400$  l/h

La figure suivante montre deux circuits de nettoyage de condenseur à eau : un à circulation naturelle, q'il faut utiliser manuellement, et un autre à circulation forcée qui filtre en permanence et dans lequel il est possible de mélanger la solution nettoyante.

(





*Nettoyage en circulation naturelle ou forcée*

**OBJECTIF N°4**

**DUREE 18 heures**

**OBJECTIF POURSUIVI**

**Maîtriser les différents types de détendeurs(E)**

*Qu'est ce que le stagiaire doit connaître avant de commencer ?*

- 11. Décrire le principe du fonctionnement des détendeurs et leurs caractéristiques.
- 12. Décrire les méthodes de montage d'un détendeur.
- 13 Décrire les techniques de réglage d'un détendeur.
- 14 Décrire les symptômes des pannes.
- 15. Décrire la méthodologie de dépannage.

*Eléments de contenu*

- 11.1 Mode de fonctionnement du détendeur.
- 11.2 Perte de charge.
- 11.3 Caractéristiques du détendeur.
- 12.1 Technique de montage appropriée.
- 12.2 Méthode de réglage recommandée.
- 12.3 Ajustage du détendeur.
- 13.1 Notion de surchauffe.
- 13. 2Réduction de la surchauffe pour l'évaporateur, ayant une perte de charge non négligeable.
- 13.3 Vérification du remplissage de l'évaporateur.
- 14.1 Manque de puissance.
- 14.2 Faible échange à l'évaporateur.
- 14.3 Surchauffe trop importante.
- 14.4 Manque de circulation de fluide frigorigène à travers le détendeur.
- 15.1 Synthèse de principaux dysfonctionnements.
- 15.2 Recherche des causes des pannes.
- 15.3 Remède des pannes.

**LIEU DE L'ACTIVITÉ:** Salle de cours

**DIRECTIVES PARTICULIÈRES**

## 11. DÉCRIRE LE PRINCIPE DU FONCTIONNEMENT DES DÉTENDEURS ET LEURS CARACTÉRISTIQUES.

### 11.1 Mode de fonctionnement du détendeur

#### **-Définition**

*Un détendeur est un organe principal du circuit frigorifique permettant de créer une perte de charge nécessaire pour que le fluide frigorigène (F.F) puisse s'évaporer à basse température. Il sert aussi s'alimenter l'évaporateur.*

#### **-Type des détendeurs**

*Les appareils automatiques d'alimentation sont :*

- Détendeur capillaire ;*
- Détendeur manuel ;*
- Détendeur automatique à pression constante ;*
- Détendeur thermostatique à surchauffe constante.*

#### **-Détendeur capillaire (tube capillaire)**

*Ce type de détendeur est utilisé pour les installations frigorifiques de faibles puissances (réfrigérateur domestique, climatiseur monobloc etc. )*

*La détente du F.F .est obtenue par la chute de pression lors de son passage dans le tube. Afin d'éviter une vaporisation partielle dans le tube, celui-ci fait corps avec la tuyauterie d'aspiration. Lorsque l'on doit changer le tube capillaire d'une installation et même si l'on dispose de tube de même diamètre que celui monté à l'origine. Il faudra étalonner le nouveau tube capillaire afin qu'il présente la même perte de charge que le capillaire d'origine cela peut être réalisé à l'aide du dispositif suivant (voir la fig.ci-dessous)*

### 11.2 Perte de charge utilisée pour remplacer un tube capillaire.

A partir d'une bouteille d'azote munie d'un manodétendeur réglé pour obtenir une pression constante ;14 bars par exemple, on monte entre deux manomètres de précision,  $M_1$  et  $M_2$  un capillaire  $C_1$  de dimension voisine de celui que l'on veut étalonner et qui servira de capillaire de repérage. Le tube capillaire que l'on désire remplacer,  $C_2$  est monté à la sortie du manomètre  $M_2$ . Après avoir réglé le manodétendeur on note les pressions indiquées, soit par exemple :

**Manomètre  $M_1$  : 14 bars**

**Manomètre  $M_2$  : 6,5 bars**

Ces deux pressions constitueront les pressions de référence. Remplaçant alors le capillaire  $C_2$  (capillaire

de référence) par le capillaire  $C_3$  à étalonner et qui a été sciemment réalisé plus long que le capillaire  $C_2$  on règle de nouveau le manodétendeur de façon à obtenir au manomètre  $M_1$  la pression initiale de 14 bars. La pression lue au manomètre  $M_2$  est alors supérieure à 6,5 bars. Le capillaire à étalonner est plus résistant que le capillaire de référence.

En diminuant progressivement sa longueur on pourra obtenir de nouveau au manomètre  $M_2$  la pression initiale de 6,5 bars. Les deux capillaires  $C_2$  et  $C_3$  présentant la même perte de charge. Il est alors possible de remplacer sur l'installation le capillaire  $C_2$  par le capillaire  $C_3$ .

Si l'on ne dispose pas pour fabriquer le capillaire de remplacement de tube de caractéristiques identiques à celui d'origine, la longueur approximative du nouveau capillaire peut être calculée, pour  $R_{12}$  en appliquant la formule :

$$L_1 = L_0 (d_1 / d_0)^{4,6}$$

Avec :

$L_1$ : longueur du nouveau capillaire de diamètre  $d_1$  mm ;

$L_0$ : longueur du capillaire de diamètre  $d_0$  mm

Schéma frigorifique

Détendeur tube capillaire

#### -Détendeur manuel

-permet de régler manuellement l'alimentation des évaporateurs en F.F ;

-il peut être utilisé pour tous les fluides ;

-cet appareil n'assurant que la détente est souvent associée à un robinet magnétique monté en aval.

#### Remarque

Dans le cas de fonctionnement avec plusieurs évaporateurs noyés montés en parallèles ces organes d'étranglement permettant d'équilibrer et de régler le débit de F.F au niveau de chaque évaporateur.

### **-Schéma frigorifique**

Détendeur manuel

### **-Détendeur automatique à pression constante**

Il assure l'admission automatique du F.F à l'évaporateur en fonction des besoins de celui-ci, besoins dépendant uniquement des apports calorifiques extérieurs de l'évaporateur.

### **Principe de fonctionnement**

Détendeur automatique à pression constante

Forces agissant pour la fermeture  
 $f_2$  et  $f'_2$  qui ont comme résultante  $F_2$

Forces agissant pour l'ouverture  
 $f_1$  et  $f'_1$  qui ont comme résultante  $F_1$

Détendeur ouvert si  $F_1$  est supérieur de  $F_2$

Détendeur fermé si  $F_1$  est inférieur de  $F_2$

Les détendeurs pressostatiques assurent l'alimentation automatique de l'évaporateur à une pression constante indépendamment de la charge calorifique de l'évaporateur.

## 11.3 Caractéristiques du détendeur.type thermostatique

Les détendeurs thermostatiques

Rôle :

Son rôle est d'assurer l'admission automatique du fluide frigorigène à l'évaporateur afin d'obtenir un remplissage optimal de celui-ci en fonction des apports calorifiques externe.

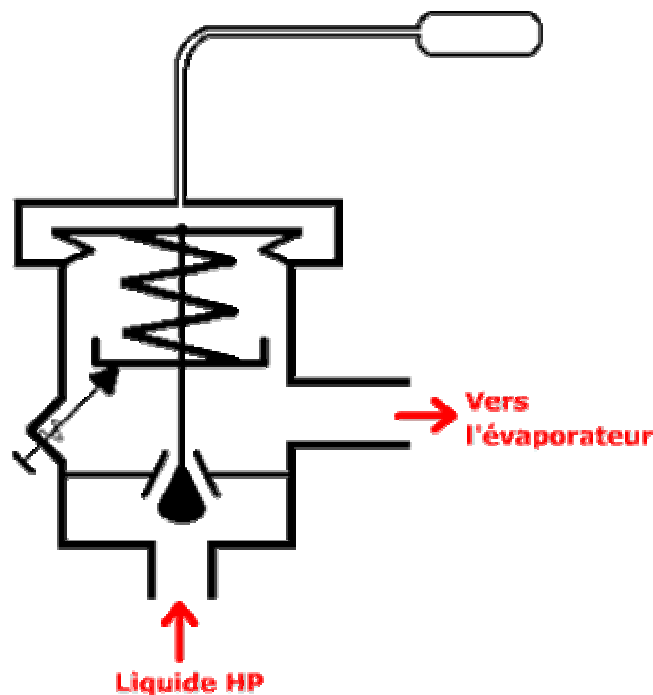
**-Le détendeur thermostatique à égalisation de pression interne :**

Cas d'utilisation :

On utilisera les détendeurs thermostatiques à égalisation de pression interne pour les installations de faible puissance:

- perte de charge dans l'évaporateur négligeable
- évaporateur à une seule nappe

Principe de fonctionnement :



Comme la pression est directement liée à la température, le détendeur réglera en fonction de la surchauffe à la sortie de l'évaporateur.

**Forces de fermeture:**

$f_2$ : force de poussée du ressort (réglable par vis)

$f'_2$ : force exercée par la pression d'évaporation sur la membrane

$$F_2 = f_2 + f'_2$$

**Forces d'ouverture:**

$F_1$ : action de la pression du fluide du bulbe sur la membrane

$$F_1 = P_b \times S$$

si  $F_1 > F_2$  ouverture du détendeur

si  $F_1 = F_2$  équilibre

si  $F1 < F2$  fermeture du détendeur

**Remarque:**

En régime permanent  $F2$  est constante et égale à  $F1$ : le détendeur est en équilibre

**L'insuffisance du détendeur thermostatique à égalisation interne**

Supposons 2 évaporateurs alimentés par 2 détendeurs thermostatiques. Le premier évaporateur (1) ne représente aucune PDC (perte de charge) le deuxième (2) ° présente PDC ( $J=0,5 \text{ bars}^\circ$ ).

La  $\square_0 = -10^\circ\text{C}$ , la surchauffe  $= 7^\circ\text{C}$ .

Pour ce qui a PDC il doit s'ouvrir si la surchauffe  $= 15^\circ\text{C}$  et non  $7^\circ\text{C}$  comme l'évaporateur 1. Ceci a pour effet de diminuer la surface d'échange de l'évaporateur, parce que le dernière goutte de liquide de F.F s'est déplacé.

Afin de remédier à ce problème pour les évaporateurs représentant des PDC non négligeable ne peut être obtenu qu'avec un détendeur thermostatique à égalisation de pression externe.

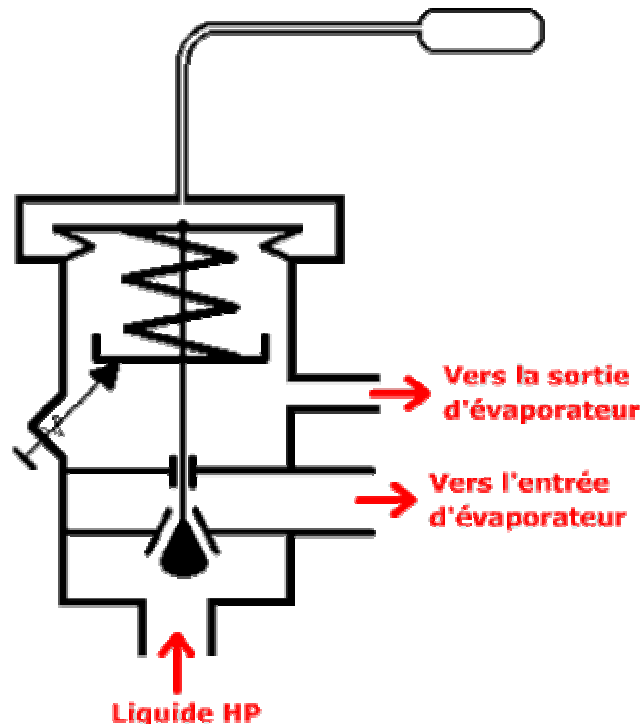
-Détendeur thermostatique à égalisation de pression externe :

Cas d'utilisation :

On utilisera les détendeurs thermostatiques à égalisation de pression externe pour les installations de forte puissance:

- perte de charge non négligeable de l'évaporateur
- évaporateur à plusieurs nappes

Principe de fonctionnement :



La pression en sortie d'évaporateur est inférieure à la pression d'évaporation. Le détendeur permet de tenir compte de la perte de charge de l'évaporateur.

**Force de fermeture:**

$f_2$ : force de poussée du ressort

$f'_2$ : force exercée par la pression de sortie d'évaporateur sur la membrane

$$F_2 = f'_2 + f_2$$

**Force d'ouverture:**

$F_1$ : force exercée par la pression du bulbe sur la membrane

si  $F_1 > F_2$  le détendeur s'ouvre

si  $F_2 > F_1$  le détendeur se ferme

si  $F_1 = F_2$  équilibre

### REMARQUE

La seule modification avec détendeur thermostatique à égalisation interne réside dans l'addition de la prise de pression (sortie évaporateur) avec des forces permettant la fermeture du pointeau.

Soit un détendeur présentant une perte de charge de 0,5 bars, la température d'évaporation =  $-10^{\circ}\text{C}$

La surchauffe est  $7^{\circ}\text{C}$ , le F.F est R134a.

Avec un détendeur th. On a vu que la surchauffe a augmentée jusque  $15^{\circ}\text{C}$ . La remède est de réduire cette surchauffe pour ce même évaporateur, mais en utilisant un détendeur à égalisation de pression. On constate que cette fois –ci la surchauffe sera  $9^{\circ}\text{C}$ , et non  $15^{\circ}\text{C}$ . Une légère modification de la tension du ressort de réglage permettra de retrouver les conditions initiales d'alimentation de l'évaporateur.

## 12. DÉCRIRE LES MÉTHODES DE MONTAGE ET DE RÉGLAGE D'UN DÉTENDEUR.

### 12.1 Technique de montage appropriée.

-Montage du détendeur thermostatique :

#### Montage du bulbe :

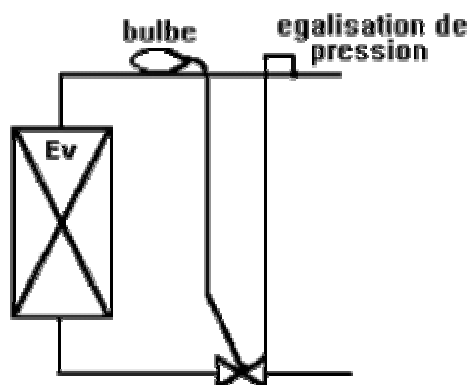
Le bulbe doit toujours être monté immédiatement en aval de l'évaporateur sur la partie horizontale de la conduite; pour l'installer, il faut tenir compte de la conduite d'aspiration dans une position comprise entre 4 et 8 heures.

En effet, le signal du bulbe peut se trouver gêné par le retour de l'huile venant de l'évaporateur.

Le bulbe se monte à contre courant. Ne jamais le monter trop près d'un piège à liquide.

#### Montage de l'égalisation de pression : (picage)

L'égalisation de pression doit toujours être montée en aval du bulbe.



Détendeur avec limiteur de pression MOP (Maximum Operating Pressure) :

Il est généralement utilisé lorsque le compresseur risque une surcharge à la mise en route de l'installation. Il est souvent utilisé pour les chambres froides à très basses températures. Cette charge s'obtient en réduisant la masse de fluide dans les



bulbes.

En dessous du point MOP, le détendeur MOP régule comme un détendeur traditionnel. Au dessus de la pression MOP, la surchauffe n'est plus contrôlée, le détendeur MOP se ferme. Il reste fermé jusqu'à ce que la pression d'évaporation redescende sous la pression MOP. Une fois cette condition satisfaite, il régulera à nouveau comme un détendeur traditionnel.

Réglage :

**Matériel nécessaire :**

En plus d'un manomètre usuel, il faut disposer d'un thermomètre de préférence électronique dont on fixera la sonde au niveau du bulbe du détendeur.

## 12.2 Méthode de réglage recommandée.

**-Réglage :**

Si le détendeur a été correctement sélectionné, son réglage d'usine maintient une surchauffe de 5°C. (la sélection dans les tables Danfoss a donné  $Q_{\text{nominal}} \text{ détendeur} = F_0$ ). Si on a sous dimensionné dans les valeurs acceptables par Danfoss ( $Q_{\text{nominal}} \text{ détendeur} < F_0 < Q_{\text{max}} \text{ détendeur} = Q_{\text{nominal}} \times 1.2$ ), il faudra légèrement ouvrir le détendeur.

Pour que le réglage soit stable, la température du local à refroidir doit être proche de la température de coupure du thermostat.

La technique consiste à mettre d'abord le détendeur à la limite du pompage, en conséquence:

- si la surchauffe est stable, ouvrir le détendeur jusqu'à l'obtention du pompage
- s'il pompe, le fermer.

## 12.3 Ajustage du détendeur

Ne jamais manoeuvrer le détendeur de plus d'un demi tour à la fois. La limite du pompage peut se jouer au quart voir au 1/8 de tour près. Attendre au moins 15 minutes entre chaque modification du réglage.

Lorsque l'installation sera à la limite du pompage, il suffit de refermer le détendeur légèrement jusqu'à l'élimination du pompage.

Le détendeur sera ainsi réglé à la plus petite surchauffe qu'il est possible d'obtenir sur l'installation tout en assurant le remplissage optimum de l'évaporateur et cela sans aucun pompage. Durant le réglage, la HP doit être la plus stable possible car la capacité du détendeur en dépend.

**-Problème de réglage**

Impossibilité d'obtenir le pompage, le détendeur est sous dimensionné même ouvert à fond.

- dû à la base du détendeur (cartouche d'orifice trop petite)
- manque de charge
- vaporisation partielle dans la conduite liquide

impossibilité d'éliminer le pompage, le détendeur est surdimensionné même fermé à fond

- dû à la base du détendeur (cartouche d'orifice trop grand)
- évaporateur trop petit

**Conclusion**

Le réglage du détendeur peut-être long, ne jamais le modifier sans raison. En outre, il conviendra de repérer le réglage initial.

*Pour ouvrir le détendeur sans toucher au réglage il suffit de chauffer son bulbe en le prenant dans la main.*

## 13 DÉCRIRE LES TECHNIQUES DE RÉGLAGE D'UN DÉTENDEUR

### 13.1 Notion de surchauffe

-Surchauffe anormale :

**Surchauffe importante > 8°C**

*La dernière molécule de gaz s'évapore trop tôt. C'est le cas d'un manque de charge.*

**Surchauffe trop faible < 5°C**

*Ce régime de fonctionnement est particulièrement dangereux car le compresseur prend des "coups de liquide" et risque d'être sérieusement endommagé. Cela peut être le cas d'un mauvais réglage du détendeur. La pratique montre qu'après une modification de réglage thermostatique, il faut parfois plus de 20 minutes pour que l'installation se stabilise à nouveau.*

### 13.2 Réduction de la surchauffe pour l'évaporateur, ayant une perte de charge non négligeable

**Influence de la surchauffe sur la puissance frigorifique :**

*Plus il y a du liquide dans l'évaporateur, plus la puissance frigorifique sera importante, attendu qu'il n'y a pas de liquide dans la zone de surchauffe. Cela revient à dire que la surchauffe doit être la plus faible possible sans toutefois risquer de coups de liquide au compresseur. Régler sa surchauffe entre 5°C et 8°C est un bon compromis entre bonne puissance frigorifique et risque minimum de coup de liquide.*

*Le détendeur est fermé, il ne laisse passer que peu de liquide, d'où la puissance frigorifique est faible. Le  $\Delta T$  sur l'air est faible. La BP est faible. On assiste à un givrage à la sortie du détendeur.*

**Surchauffe trop faible**

*Le détendeur est grand ouvert, il laisse passer du liquide. La puissance frigorifique est bonne, le  $\Delta T$  sur l'air est bon mais le compresseur risque les coups de liquide.*

**Influence de la température de l'air :**

*Plus la température de chambre froide baisse et plus il faut une longueur importante de tube pour maintenir la surchauffe, on a donc moins de liquide dans l'évaporateur et le détendeur s'est fermé. La BP a chuté et la puissance frigorifique aussi. Le  $\Delta T$  total de l'évaporateur reste constant ainsi que %HR.*

**Pompage du détendeur :**

*Le détendeur est réglé initialement pour assurer une surchauffe de 7°C.*

*-On ouvre le détendeur d'un tour, il se met à pomper. La surchauffe varie de 2 à 14°C.*

*-On ouvre le détendeur d'un tour, la surchauffe varie maintenant de 0°C à 12°C, en posant la main sur la conduite d'aspiration on sent distinctement les coups de liquide périodiques au compresseur.*

*En fait, à chaque tour de vis, on a augmenté la puissance du détendeur. Quand le détendeur pompe, c'est l'indice que sa capacité est plus importante que la puissance*

frigorifique de l'évaporateur.

### 13.3 Vérification du remplissage de l'évaporateur.

#### Utilisation d'un distributeur de liquide :

On utilise un distributeur de liquide lorsque l'évaporateur comprend plusieurs nappes. Cela implique également l'utilisation d'un détendeur thermostatique à égalisation de pression externe. La tête du distributeur devra être montée verticalement. Les capillaires du distributeur doivent être de diamètre et de longueur semblable. Au montage des capillaires, il faut éviter les poches de liquide. Pour obtenir une répartition satisfaisante du liquide, les chutes de pressions dans les différents capillaires et serpentins de l'évaporateur doivent être égaux.

#### Sélection d'un détendeur

Pour sélectionner un détendeur thermostatique, il faut connaître :

- la puissance frigorifique ;
- le fluide frigorigène ;
- la température d'évaporation ;
- la perte de charge dans le détendeur ;
- le nombre de section de l'évaporateur.

Exemple de dimensionnement et de commande

-F.F R 22

-raccord désiré du détendeur ; à braser

-capacité de l'évaporateur  $Q_0=9KW$

-température d'évaporation  $\varphi_0=-10^\circ C$  ( $p_0=2,2$  bars)

température de condensation  $\varphi_{cond}=35^\circ C$  ( $p_{cond}=9$  bars)

évaporateur a six sections Dimension et longueur de la conduite de liquide  $d=1/2''$ ,  $l=25m$  ;

L'évaporateur étant placé à un niveau supérieur de 6m à celui de la bouteille

accumulatrice,  $h=6m$

On recherche un détendeur approprié et un distributeur de liquide.

#### **Détermination de chute de pression**

La pression d'évaporateur  $p$  est déduite de la pression de condensation  $p_{cond}$ . Les valeurs de  $p_0$  et

$p_{cond}$  sont déterminées à partir des valeurs des températures  $\varphi_0$  et  $\varphi_{cond}$

$\Delta p = p_{cond} - p_0 = 9 - 2,2 = 6,8$  bars

Pour obtenir la chute de pression réelle au niveau du détendeur il faut déduire :

-la chute de pression  $p_1$  dans la conduite liquide, selon la publication Danfoss

$p_1 = 25 \times 0,0034 = 0,1$  bar

-la chute de pression  $p_2 = 0,2$  bar -dans le déshydrateur, le voyant, la vanne d'arrêt et les coudes

-la chute de pression  $p_3 = 0,8$  bar -dans la conduite de liquide disposée verticalement ( $h=6m$ ) ;

Fluide frigo rigè ne	Chute de pression statique $p_3$ bars à la différence de niveau $h$ entre l'évaporateur et la bouteille accumulatrice				
	6m	12m	18m	24m	30m
R12	0,8	1,5	3,1	3,1	3,9

R22	0,7	1,4	2,3	2,8	3,5
R500	0,7	1,3	2,0	2,7	3,5
R502	0,7	1,5	2,2	2,9	3,7

-la chute de pression  $p_4$  dans le distributeur de liquide :  $p_4=0,5$  bars

-la chute de pression  $p_5$  dans le tube de distributeur:  $p_5=0,5$  bars

La chute de pression totale à travers le détendeur :

$$\Delta p = (p_{cond} - p_0) - (p_1 + p_2 + p_3 + p_4 + p_5) = 6,8 - (0,1 + 0,2 + 0,8 + 0,5 + 0,5) = 4,7 \text{ bars}$$

### Egalisation de pression interne ou externe?

Puisque l'évaporateur est divisé en sections, on utilise un distributeur de liquide, donc on utilise le détendeur à égalisation de pression externe. Si à charge normale, la chute de pression  $\Delta p$  dans l'évaporateur est supérieure aux valeurs du tableau ci-après, il faut également utiliser un détendeur à égalisation de pression externe. On choisit donc un détendeur thermostatique du type TEF E signifie égalisation de pression externe, et F -R22.

Température d'évapo- ration $\square_0$ °C	R12	R22	R502
	$\Delta$  $p$ $b$ $a$ $r$	$\Delta$  $p$ $b$ $a$ $r$	$\Delta$  $p$ $b$ $a$ $r$
+10	0,20	0,25	0,30
0	0,15	0,20	0,25
-10	0,10	0,15	0,20
-20	0,07	0,10	0,15
-30	0,05	0,07	0,10
-40	0,03	0,05	0,07
-50		0,03	0,05
-60		0,02	0,04

### Détermination de la capacité Q

D'après le tableau de Danfoss, pour  $\square_0$  °C et  $\Delta p$  :

$$Q = 8 + 4,7 - 4/6 - 4(9,3 - 8,5) = 8,8 \text{ KW}$$

En général la capacité maximal du détendeur est d'environ 20% supérieure de la capacité indiquée dans le tableau. On choisit que c'est le type TEF 5-3 qui convient. Les capacités d'après le tableau sont basées sur un sous refroidissement d'environ 4°C en amont du détendeur.

### **Commande**

Dans le tableau 5, on relève le numéro du TEF 5-3, plage N, à braser, passage

direct, soit : 68B6231. On constate que la dimension de sortie est de  $5/8''$ . Votre commande est donc la suivante : TEF 5-3, n°de code 68B6231

### Détermination du distributeur de liquide

Nombre de tubes de distribution = nombre de sections d'évaporateur. Le tableau 6 montre qu'un tube de  $1/4$  est de 1m de longueur peut véhiculer 2,2KW à la température d'évaporation de -10°C la capacité de chaque tube de distribution particulier est :

8,8KW :6=1,5KW. On cherche maintenant un évaporateur de liquide ayant le même raccord que la sortie du détendeur, savoir 5/8" à braser. Dans le tableau 7, on relève le numéro de code du distributeur : 69G2010.

Votre commande sera donc suivante : 69G2010, 6 trous.

#### 14 DÉCRIRE LES SYMPTÔMES DES PANNES.

##### 14.1 Manque de puissance.

\*S'assurer que le détendeur thermostatique de l'installation est correctement dimensionné. Contrôler si l'indication concernant le fluide frigorigène et la gamme de température correspondent aux conditions prévues pour l'installation.

##### 14.2 Faible échange à l'évaporateur

\*Cela peut signifier que l'évaporateur est en partie sous-alimenté en liquide. Il faut alors chercher

un réglage de la surchauffe tel que l'évaporateur reçoive suffisamment de liquide pour que la quantité totale de liquide évaporée corresponde à la charge de l'évaporateur.

##### 14.3 Surchauffe trop importante.

\*Diminuer la surchauffe du circuit de l'évaporateur en tournant par étapes la tige de réglage vers la gauche jusque le thermomètre indique que le circuit commence à présenter des à-coups. A partir de ce réglage, effectuer environ un tour vers la droite (sens des aiguilles d'une montre). pour les type T/TE 2, effectuer ¼ de tour seulement. Vous avez alors le réglage correct du détendeur pour l'évaporateur considéré. Avec ce réglage, le circuit frigorifique ne présente pas d'à-coups, et la surface de l'évaporateur est pleinement utilisée.

##### 14.4 Manque de circulation de fluide frigorigène à travers le détendeur

Examiner si le détendeur thermostatique est obstrué par la glace ou des impuretés.

## 15. DÉCRIRE LA MÉTHODOLOGIE DE DÉPANNAGE.

<b>15.1 Synthèse de principaux dysfonctionnements</b>	<b>15.2 Recherche des causes des pannes.</b>	<b>15.3 Remède des pannes.</b>
*Marche non satisfaisante de l'installation frigorifique	<p>*La température dans la chambre froide est trop élevée par rapport à celle désirée ou varie trop.</p> <p>*Le givrage de l'évaporateur ne s'effectue pas régulièrement sur toute la surface de celui-ci.</p> <p>*Le compresseur subit des coups de liquide.</p>	*Erreurs de dimensionnement des organes automatiques (détendeur), ou d'un montage défectueux.
<b>*La capacité du détendeur est trop faible</b>	<p>*Manque de sous refroidissement du fluide frigorigène liquide.</p> <p>*Chute de pression dans le détendeur plus faible que celle pour laquelle le détendeur est prévu.</p> <p>*Emplacement erroné du bulbe (endroit trop froid).</p> <p>*Fort perte de charge dans l'évaporateur.</p> <p>*Détendeur obstrué par de la glace ou des impuretés.</p>	<p>*Prévoir surdimensionnement de condenseur.</p> <p>* Erreurs de dimensionnement de détendeur.</p> <p>* Erreurs de montage de détendeur</p>

OBJECTIF N°5

DUREE 17 heures

OBJECTIF POURSUIVI

**Maîtriser les accessoires et les régulateurs (thermostats et pressostats) frigorifiques**

Qu'est ce que le stagiaire doit connaître avant de commencer ?

- 16. Décrire l'utilité et le fonctionnement des accessoires frigorifiques
- 17. Décrire le rôle et le fonctionnement des différents régulateurs frigorifiques
- 18. Décrire la technique de réglage des régulateurs frigorifiques.

*Eléments de contenu*

16.1 Accessoires frigorifiques.

16.1.1 Rôle.

16.1.2 Fonctionnement.

16.1.3 Utilité.

17.1 Régulateurs

17.1.1 Rôle.

17.1.2 Fonctionnement.

18.1 Technique de réglage :

-pour le thermostat, pressostats.

**LIEU DE L'ACTIVITÉ:** Salle de cours

**DIRECTIVES PARTICULIÈRES**





## 16.1 Accessoires frigorifiques.

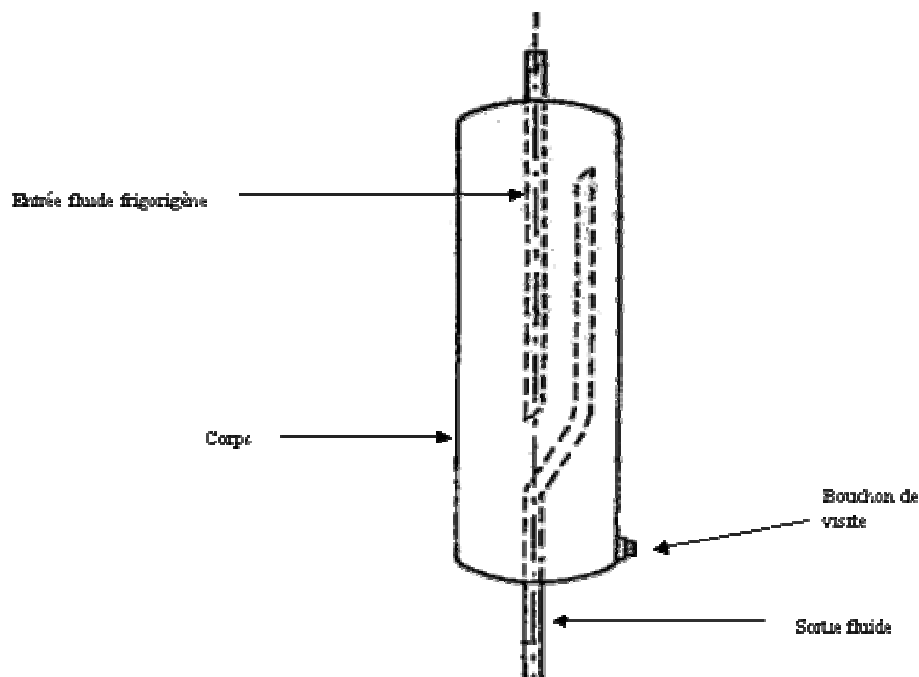
### 16.1.1 Rôle.

### 16.1.2 Fonctionnement.

### 16.1.3 Utilité.

## La bouteille ACL

### Schéma de principe :



### Rôle :

Le rôle de la bouteille anti - coup de liquide est de protéger le compresseur contre l'aspiration accidentel de fluide frigorigère liquide.

Il sépare la phase liquide de la phase vapeur du fluide frigorigère.

- **Causes d'accumulation de liquide à l'évaporateur**

En marche normale

Le détendeur est trop ouvert ou mal réglé

Mauvaise conception de l'évaporateur à la mise en service de l'installation il y a une présence trop importante de liquide dans l'évaporateur (pendant l'arrêt) provoquée par :

Fuite au niveau du détendeur (il n'est pas étanche )

Fuite de l'électrovanne

- **Inconvénients d'un coup de liquide**

Casse du compresseur

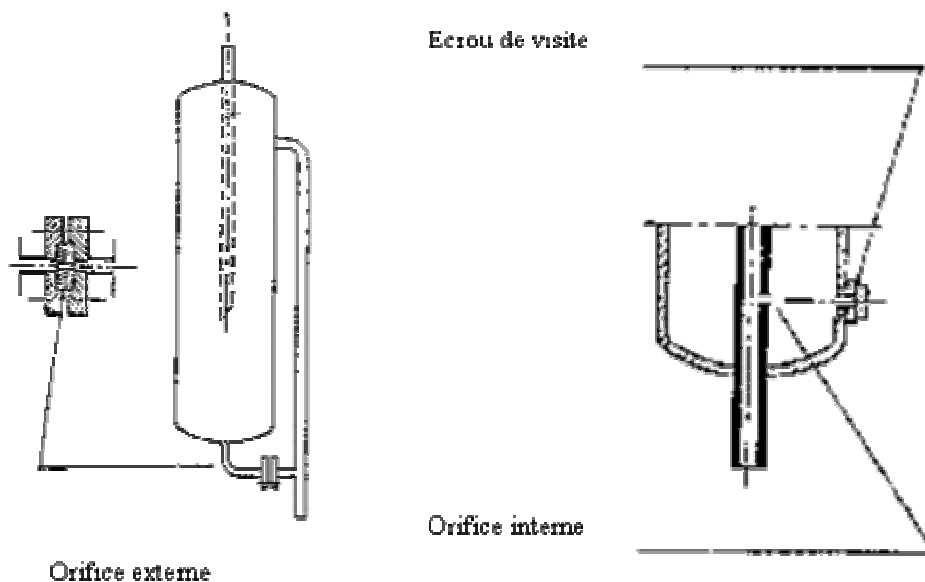
Bris des clapets

Déformation des clapets

### Séparation et ré-évaporation :

Séparation par : Réduction brusque de la vitesse par augmentation de la section  
Ré évaporation par : Passage dans un orifice calibré qui assure la vaporisation du  
fluide et le retour de l'huile

### Réalisation de l'orifice de retour d'huile :

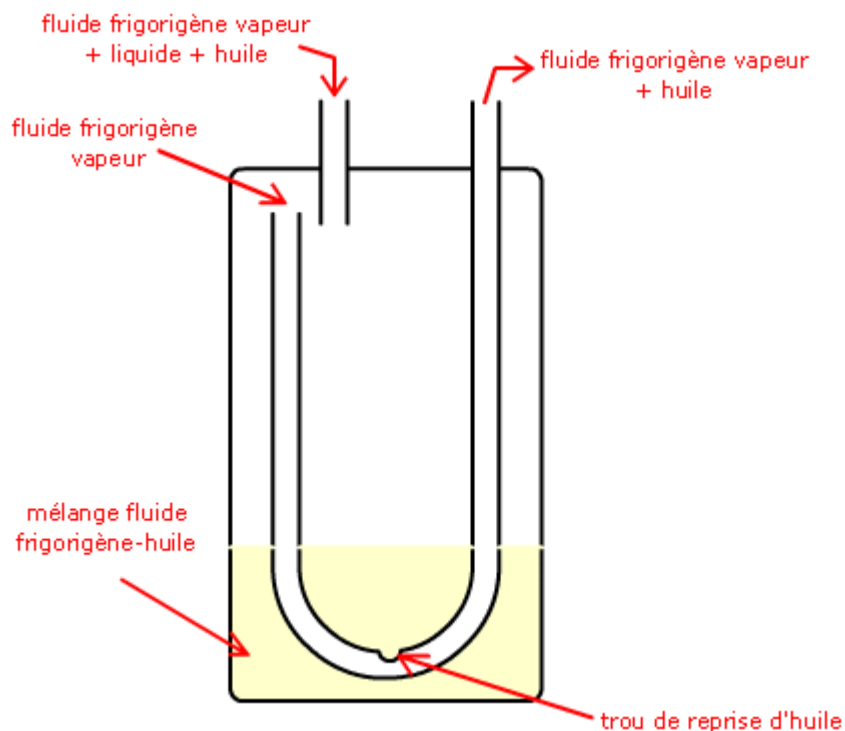


### Le système à canne d'aspiration :

La bouteille possède une canne d'aspiration qui est percée à son extrémité basse. Le trou réalisé est appelé "orifice de retour d'huile". En passant par cet orifice, le fluide frigorigène est détendu et se transforme en vapeur, l'huile quant à elle reste liquide et peut donc revenir vers l'aspiration du compresseur. Le fluide frigorigène liquide qui tombe dans le fond de la bouteille par l'entrée va être vaporisé par apport de chaleur de l'extérieur.



photo CARLY



On peut améliorer la réexportation du fluide frigorigène en entourant la bouteille d'une ceinture chauffante auto-régulante ou en faisant passer la ligne liquide par le fond de la bouteille ACL. Cette deuxième méthode présente l'avantage d'augmenter le sous refroidissement et donc de diminuer les risques de pré détente. On augmente un peu aussi les performances de l'installation frigorifique en augmentant légèrement la puissance frigorifique.



photo CARLY  
bouteille ACL avec passage de ligne liquide

Ce cours a été réalisé avec la participation de M. Aniskoff

## Le voyant de liquide

### Rôle :

Il sert à indiquer :

- l'état du fluide frigorigène dans la conduite liquide de l'installation
- la teneur en humidité du fluide frigorigène
- le passage dans la conduite de retour allant du séparateur d'huile au compresseur

### Construction :



photo CARLY

Il est en laiton matricé à chaud. L'indicateur d'humidité comporte un sel chimique dont la teinte change en fonction de la teneur en humidité du fluide frigorigène en circulation.

La couleur verte apparaît lorsque la quantité d'eau contenue dans le fluide est inférieure à la quantité d'eau maximale admissible.

La couleur jaune nous garantit avec certitude des effets nuisibles provenant de l'humidité. Le voyant de liquide se monte entre le détendeur et le déshydrateur.

Lorsque la couleur jaune apparaît, il faut remplacer le déshydrateur.

Un manque de fluide ou de sous refroidissement se signale par des bulles dans le liquide en circulation.

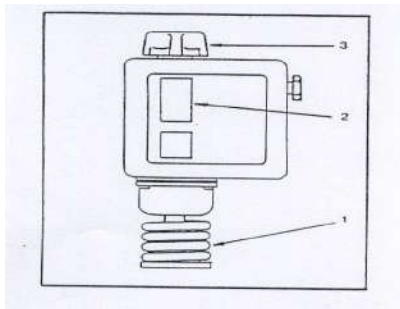
## 17.1 Régulateurs

### 17.1.1 Rôle.

### 17.1.2 Fonctionnement

## THERMOSTAT

### 1. Généralités



*En fonction de l'utilisation dans une installation frigorifique, la température du milieu à réfrigérer doit être maintenue à un certain niveau.*

*Dès que la température mini est atteinte, un automate arrête l'installation et la remet en marche dès qu'elle passe à une température maxi.*

*Ceci se fait à l'aide d'un thermostat.*

## **2. Description**

*Un thermostat est un interrupteur électrique commandé par la température, En fonction de la température, il ouvre ou ferme un circuit.*

*La zone où il réagit est modifiable par réglage,*

*Le thermostat est composé :*

- d'un support (boîtier)
- d'un interrupteur électrique avec ses bornes
- d'un élément sensible à la température
- d'un système mécanique de transmission.

## **3. Eléments sensibles**

*La dilatation d'un liquide, gaz métaux ...*

*Des métaux à tiges parallèles, excentriques et à bilames*

*Tension vapeur (train thermostatique) : on trouve à l'intérieur d'un gaz, plusieurs gaz ou mélange liquide vapeur.*

*Sonde PTC : résistance variant avec la température*

## **4. Interrupteur électrique**

*La variation de température est progressive.*

*Les contacts vont se rapprocher progressivement.*

*Une fois les contacts très près l'un de l'autre, il y aura une destruction des contacts,*

*Il est donc nécessaire d'avoir un enclenchement franc et brusque.*

*Ceci est obtenu soit avec un aimant permanent, ou un ensemble mécanique (bielles ressorts).*

## **5. Différentiel**

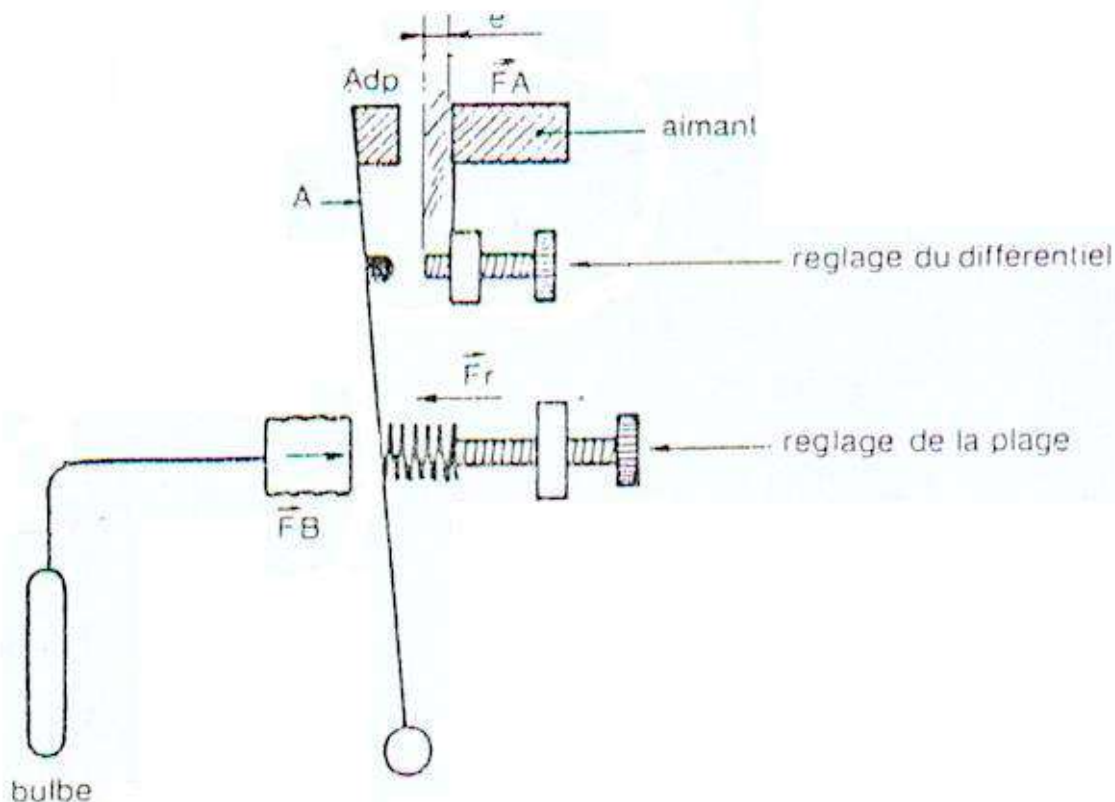
*La température de coupure et d'enclenchement ne peut pas être identique.*

*Si l'écart est trop faible, le groupe (moteur et compresseur) aurait des arrêts et démarrages très fréquents. Donc usure mécanique très rapide.*

*Le différentiel est l'écart de température entre la température de coupure et la température d'enclenchement.*

*L'écart de température mini habituelle est de 0,5 °c*

## 6. Fonctionnement



- 1) La température au bulbe augmente- la pression dans le soufflet augmente l'armature (A) se déplace- la force (FB) augmente- la partie (Adp) en acier doux arrive dans la zone d'influence de l'aimant (FA) s'ajoute à (FB) - l'armature est brusquement attirée - fermeture du circuit électrique.
- 2) La température au bulbe diminue - FB + FA toujours supérieur à Fr - la température au bulbe diminue toujours - FB + FA devient inférieur à Fr - l'armature s'écarte de l'aimant- FA diminue du fait que l'entrefer Fr devient brusquement supérieur à FA + FB - ouverture brusque du circuit.

## 7. Réglage du différentiel

En faisant varier la valeur de l'entrefer (e) FA varie - FA + FB varie - Fr reste constant - le différentiel varie- la force attractive de l'aimant est inversement proportionnelle à la valeur de l'entrefer (e).

Exemple : (e) augmente – FA diminue – Fr reste constant – par une faible diminution de FB – FA + FB devient inférieur à Fr – ouverture du circuit.

## Classification des thermostats

### 1. Thermostats d'éléments

Contrôlent la température de l'évaporateur

Ils sont souvent à bulbe (train thermostatique) parfois à sonde PTC.

*Utilisation : fabrique de glace  
armoie ménagère  
dégivrage d'évaporateur*

## **2. Thermostat d'ambiance**

*Contrôle la température d'une ambiance  
Il est à bilames à train thermostatique ou à sonde PTC.*

## **3. Montage**

*Fixer sur une paroi ou sur un plateau de réglage à l'abri des chocs (manutention), de l'humidité (condensation), des poussières, des vibrations (fermetures de portes).*

*L'élément sensible doit être soumis à l'action efficace du milieu à contrôler.*

## **4. Thermostat d'ambiance**

*Placer l'élément sensible de telle sorte qu'il ne soit pas influencé par les ouvertures de portes, par l'air soufflé sortant de l'évaporateur, il ne doit pas être dans une zone neutre ou isolé de l'air ambiant par le stockage, il doit être influencé par la température moyenne de la chambre.*

*Il est judicieux de le placer dans la reprise d'air revenant à l'évaporateur.*

*Pour le thermostat à train thermostatique, en chambre froide, le bulbe doit être isolé du mur, le boîtier doit être à une température de 1 à 2°C supérieure à la température du bulbe, le capillaire ne doit être en contact ni avec la température ambiante ni traverser une pièce plus froide que celle à contrôler.*

## **5. Thermostat d'élément**

*Le bulbe doit avoir un contact thermique franc.*

*Placer le bulbe à 1/3 de la longueur de l'évaporateur ou à la sortie. Eviter qu'il soit influencé par la température de l'air ambiant.*

## **6. Thermostat pour liquide**

*Introduire le bulbe dans le liquide, il doit contrôler la température moyenne du liquide. Il ne doit pas être en contact avec l'évaporateur. Dans le cas où le bulbe est placé dans une poche, assurer un bon contact thermique entre la poche et le bulbe; avec une pâte à base de cuivre ou de l'huile.*

### **18.1 Technique de réglage :**

*-pour le thermostat*

#### **Réglage**

*Déterminer sur quoi agit le différentiel (coupure ou enclenchement). Attendre que l'installation soit à température.*



Régler le point fixe.  
Régler le différentiel.  
Faire un cycle de contrôle.

### Choix d'un thermostat

Le choix d'un thermostat dépend : gammes de températures d'utilisation  
médium à contrôler {liquide ou ambiance)

Nature chimique du médium, ex : chambre à fromage, (dégagement d'ammoniac) attaque les  
métaux cuivreux.

Types de thermostats : à train thermostatique, à bilame ou électronique.

### THERMOSTATS ELECTRO-MECANIKES

CODE	TYPE	PLAGE °C	DIFFERENTIEL	BULBE mm
1151233	016 6950	-40/-35 à - 7	1,7 à 12	Bobiné
1151238	016 6951	-22/-18 à + 13	1,7 à 12	Bobiné
1151243	016 6954	-10/- 5 à + 25	1,7 à 12	Bobiné
1151248	016 6980	-22/-18 à + 13	1,7 à 12	140 Ø 14,5
1151253	016 6902	-10/- 5 à + 25	1,5 fixe	
1151254	016 6930	-40/-34 à + 32	4 à 25	152 Ø 9,5

## PRESSOSTAT

### Définition

Le pressostat est un organe de régulation destiné à ouvrir ou fermer un circuit électrique commandé par une variation de pression.

### Classification

- Pressostat B.P. : (basse pression}
- Pressostat H.P. : (haute pression)
- Pressostat combiné H.B.P : (haute et basse tension}
- Pressostat différentiel : (huile)

### Pressostat B.P

Il est raccordé au circuit basse pression, souvent à la vanne aspiration du compresseur.

Il doit être installé à un niveau supérieur à celui du compresseur, afin que l'huile ne puisse pas se stocker dans le soufflet ou le tube de raccordement. (Voir croquis ci-après)

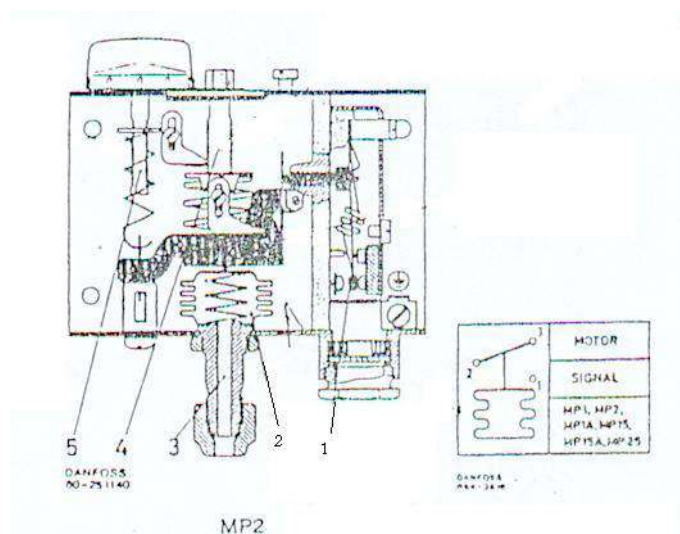
### Utilisation

Le pressostat B.P. peut être utilisé en sécurité ou en régulation.

### En sécurité

Le pressostat B.P. est chargé d'arrêter le compresseur si la pression d'aspiration descend en dessous de la normale.

C'est le cas d'un manque de charge en fluide frigorigène, d'un détendeur bloqué en position fermée, d'un évaporateur pris dans la glace, ...



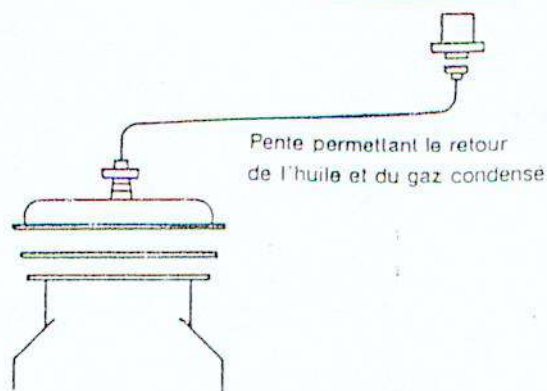
### Pressostat basse pression

La pressostat basse pression, type MP 2 est doté d'un système de contact inverseur unipolaire (1), lequel déclenche entre les bornes 2 et 3 à une pression décroissante le dans l'élément du soufflet (2), c'est à dire à une pression d'aspiration décroissante, la tubulure de raccordement (3) devant être reliée côté aspiration du compresseur.

En tournant la tige de réglage (4) vers la droite, l'appareil est réglé pour déclencher entre les bornes 2 et 3 à une pression plus élevée : on tournant la tige (5) vers la droite, l'appareil est réglé pour réenclencher (enclencher entre les bornes 2 et 3) avec un différentiel inférieur, (Pression d'enclenchement = pression de déclenchement différentiel).

Le pressostat B.P. évite au compresseur d'aspirer des gaz à une pression inférieure à la pression atmosphérique, et ainsi l'entrée d'air dans le circuit en cas de défaut d'étanchéité.

Aussi, le départ d'huile du compresseur est d'autant plus important que la B.P. est faible, un fonctionnement trop prolongé dans ces conditions pourrait lui causer des dommages sérieux.



Les moteurs des compresseurs hermétiques sont refroidis par les gaz venant de l'évaporateur.

Si la B.P. est trop basse, le débit des gaz diminue et le refroidissement est mal assuré.

Le pressostat B.P. doit arrêter le compresseur si l'on arrive à la limite d'utilisation du compresseur indiquée par le fabricant (voir courbes ci-contre).

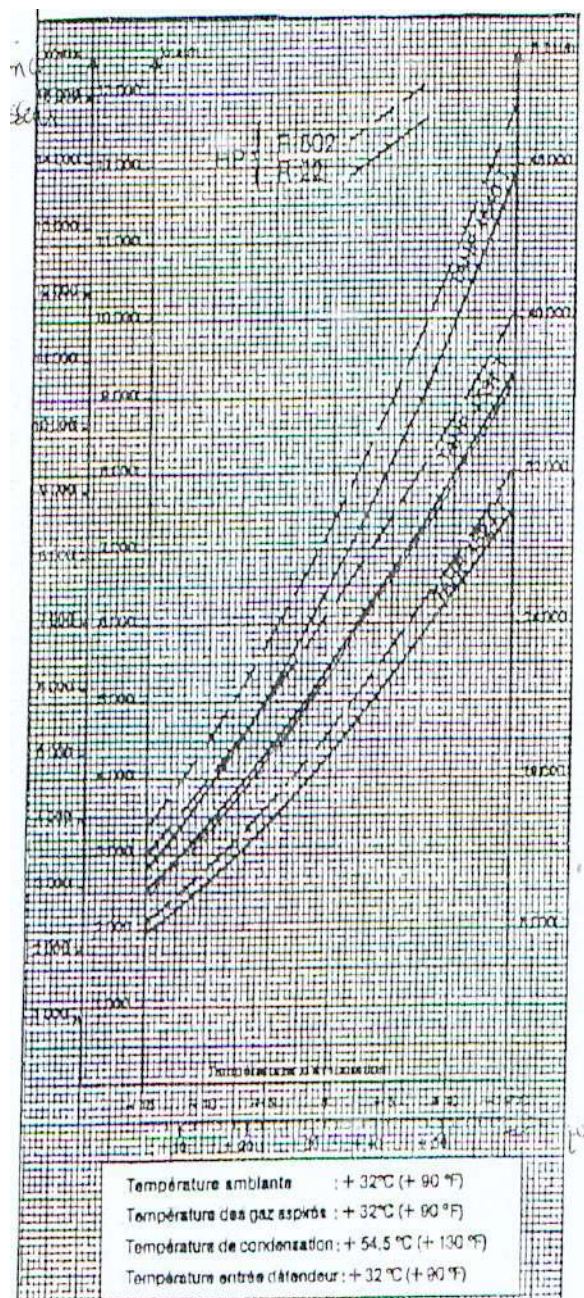
Exemple:

Les compresseurs «Unité hermétique" ci-contre, sont limités à une température d'évaporation de  $-15^{\circ}\text{C}$  ce qui correspond à  $1,95$  Bar pour le R 22 et  $2,49$  Bar pour le R 502.

Le pressostat de sécurité B.P. doit couper si la pression d'aspiration descend en dessous de ces valeurs.

En règle générale, le pressostat B.P. est réglé pour couper à une pression correspondant de  $5$  à  $10^{\circ}\text{C}$  en dessous de la température normale d'évaporation, tout en évitant la coupure en dessous de la pression atmosphérique.

Le pressostat B.P. de sécurité peut être à réarmement automatique, mais le plus souvent il est à réarmement manuel.



### Pressostat B.P. en régulation

Le pressostat B.P est aussi utilise pour réguler la température d'une chambre froide, pour contrôler la mise en service ou la fin du dégivrage, pour réguler la puissance de certains compresseur ...

Tout ceci sera vu en détail ultérieurement.



**Pressostat Haute Pression**

Le pressostat H.P. est raccordé au circuit haute pression, souvent à la vanne de refoulement du compresseur.

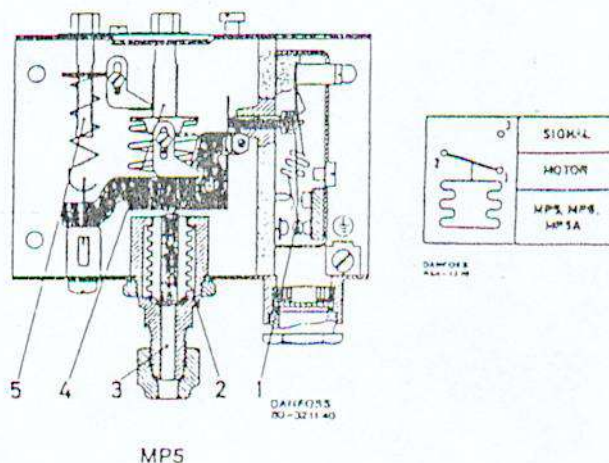
Les conseils d'installation sont les mêmes que pour le pressostat B.P. Le pressostat H.P. peut être utilisé en sécurité ou en régulation.

**Pressostat H.P. en sécurité**

Dans cette utilisation le pressostat H.P. arrête le compresseur si la pression de refoulement devient excessive.

Les causes principales de H.P. trop élevée sont : excès de charge en fluide frigorigène, présence d'incondensables dans le circuit, débit d'air ou d'eau insuffisant au condenseur, condenseur à eau entartré ...

Quelle que soit la cause, une H.P trop élevée se traduit toujours par une consommation en énergie excessive et Une production frigorifique réduite. Donc, échauffement anormal du compresseur et du moteur, sans parler de la carbonisation de l'huile et du risque de décomposition du fluide dû à une température de refoulement excessive. et dans les cas extrêmes, détérioration du compresseur et rupture du circuit H.P.

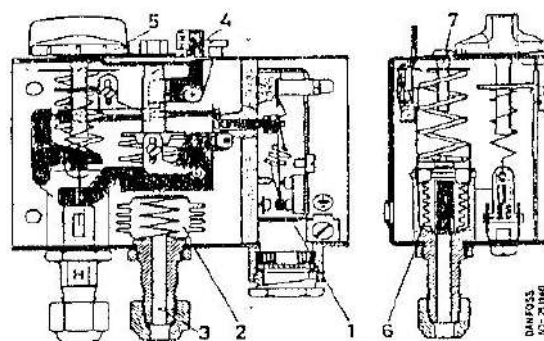
**Pressostat haute pression**

Le pressostat haute pression type MP 5 est pourvu d'un système de contact inverseur unipolaire (1) qui ouvrira le circuit entre les bornes 1 et 2 à une pression croissante dans l'élément du soufflet haute pression (2), c'est à dire à une pression de condensation Croissante, La tuyauterie de raccordement (3) doit être reliée d'une façon incommutable au refoulement du compresseur de sorte que installation s'arrête si, par inadvertance, la vanne d'arrêt coté refoulement a été fermée lors de la mise en route, En tournant la tige de réglage. (4) vers la droite, l'appareil est réglé pour ouvrir le circuit entre les bornes 1 et 2 pour une pression plus élevée; en tournant la tige de réglage (5) vers la droite. l'appareil est réglé pour réenclencher (fermer le circuit entre 1 et 2} pour une différence plus faible, (Pression de coupure = pression d'enclenchement + différentiel).

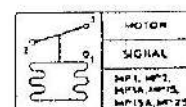
Les pressostats H. P. sont à réarmement automatique ou manuel.

Ils doivent couper pour une pression correspondante à 5°C au-dessus de la température de condensation normale.

Pour les condenseurs à air, il faut tenir compte de la température maximum de l'air à l'entrée du condenseur, en règle générale la coupure se fait 20°C au-dessus de la température maxi d'entrée d'air.



MP15



### 18.1 Technique de réglage :

-pour pressostats  
Exemples de réglage

Condenseur à air installé dans la région de Toulouse et refroidi par l'air extérieur :  
température maxi de l'air = 32°C  
Coupure du pressostat H.P. = 52°C  
soit 20,8 Bar pour le R 502  
19 Bar pour le R 22  
11,8 Bar pour le R 12

### Pressostat H.P. en régulation

Une des principales utilisations dans ce domaine consiste à commander les ventilateurs du condenseur afin de réguler la pression de condensation.

Pressostat combiné haute et basse pression

Ce type d'appareil est la combinaison dans un même boîtier d'un pressostat H.P. et B.P agissant sur le même contact.

Ils sont principalement utilisés en sécurité H.B.P.

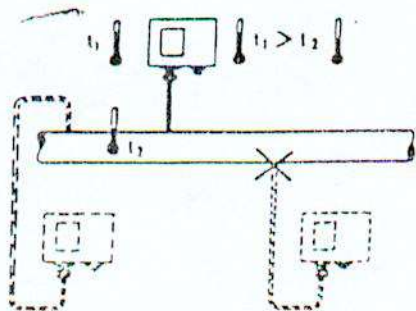
Ils peuvent être aussi à réarmement manuel ou automatique.

### Pressostat combine haute et basse pression

Le pressostat combiné haute et basse pression. type MP 15, est doté d'un système de contact unipolaire (1) qui déclenche entre les bornes 2 et 3 à pression décroissante dans l'élément de soufflet basse pression (2), c'est-à-dire à pression d'aspiration décroissante, la tubulure de raccordement (3) devant être reliée côté aspiration du compresseur,

En tournant la tige de réglage (4) vers la droite, l'appareil est réglé pour déclencher entre les bornes 2 et 3 à une pression plus élevée; en tournant la tige (5) vers la droite, l'appareil est réglé pour réenclencher (enclencher entre les bornes 2 et 3) avec un différentiel inférieur, (Pression d'enclenchement = pression de déclenchement + différentiel),

L'élément de soufflet haute pression (6) est raccordé côté refoulement du compresseur, Cet élément de soufflet est relié mécaniquement au système de contact (1) qui déclenche entre les bornes 2 et 3 à pression de condensation croissante. En tournant la tige de réglage (7) vers la droite, l'appareil est réglé pour déclencher entre les bornes 2 et 3 à une pression de condensation plus élevée, Le différentiel est règle de façon fixe. (Pression de déclenchement = pression d'enclenchement différentiel)



- Le pressostat doit s'installer dans une température ambiante supérieure à celle du fluide circulant dans la tuyauterie.

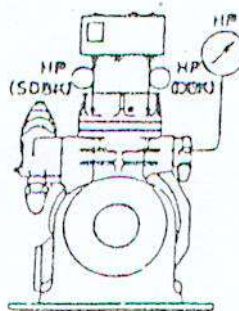
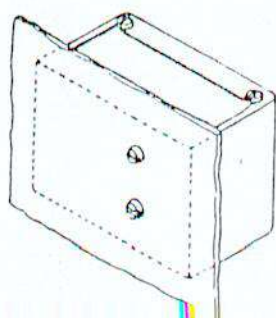
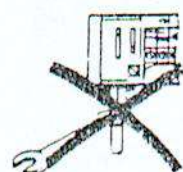
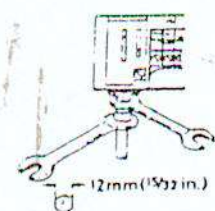
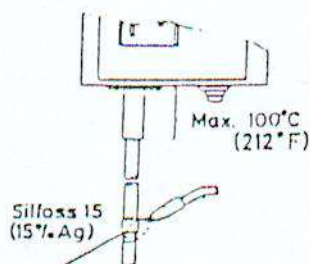
- Afin d'éviter que de l'huile ne vienne remplir le soufflet du pressostat et l'empêcher de fonctionner correctement, on le raccorde à la partie supérieure. Pour la même raison, on cherchera à installer le pressostat plus haut que la tuyauterie.

- Il faut utiliser de la brasure à l'argent (mini. 15 %) et protéger le pressostat pendant l'opération.

- Il faut toujours utiliser deux clés pour le serrage les raccords.

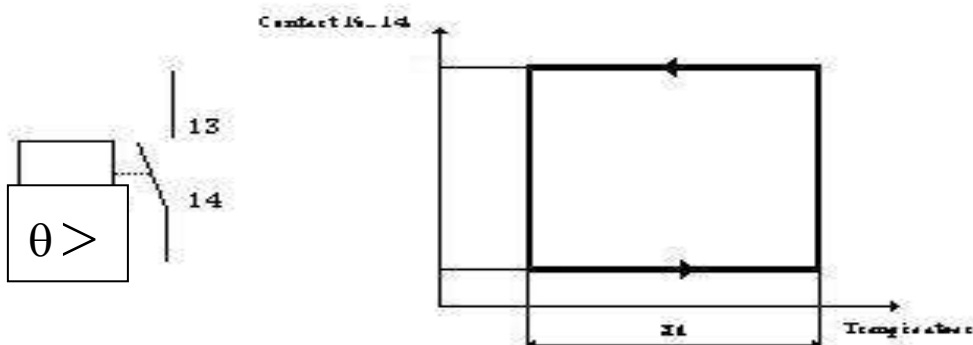
- Le pressostat doit être solidement fixé.

- Le pressostat de sécurité doit être raccordé sur les prises manométriques prévues sur la culasse du compresseur.



## APPAREILLAGE

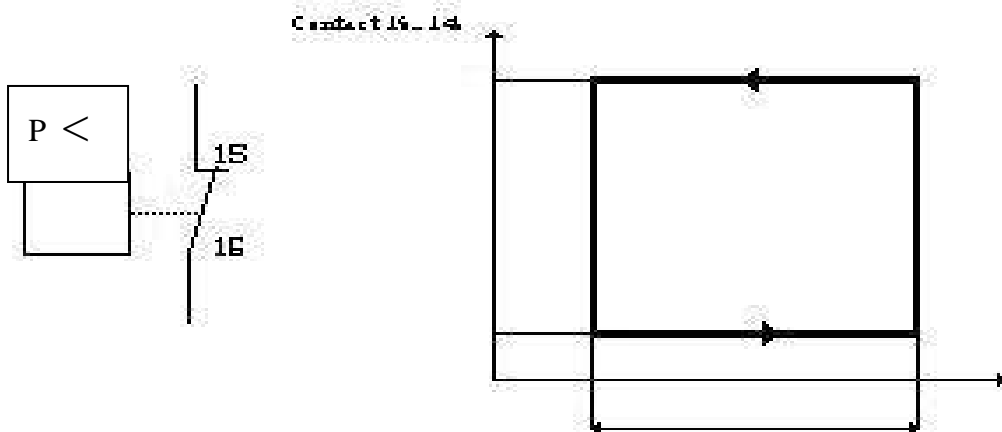
### 1- THERMOSTAT DE REGULATION



Le contact 13-14 se ferme (position 1) par; augmentation de la température dans la chambre froide lorsqu'elle atteint une valeur choisie par avance et affichée sur le thermostat; cette valeur  $X_c$  est appelée POINT DE CONSIGNE.

Le contact 13-14 s'ouvre (position 0) par diminution de la température dans la chambre froide lorsqu'elle atteint une valeur choisie par avance; on appelle DIFFERENTIEL  $X_d$  la différence de température entre le point de consigne et la température qui entraîne l'ouverture du contact 13-14. On affiche, sur le thermostat, le point de consigne et on règle le différentiel.

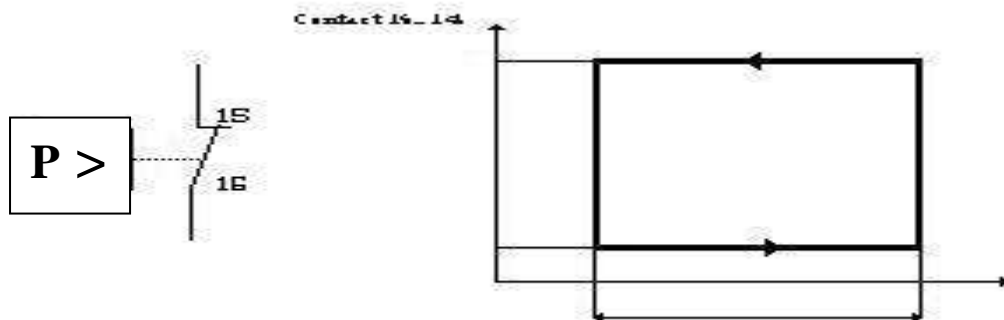
### 2 - PRESSOSTAT DE SECURITE BP.



Le contact 15-16 est fermé en fonctionnement normal ; si la pression baisse au dessous d'une valeur fixée à l'avance le contact 15-16 s'ouvre (position 0) , il se ferme (position 1) à nouveau lorsque la pression aura atteint une valeur fixée à l'avance .

Sur le pressostat est affichée la pression correspondant à la fermeture du contact 15-16, c'est le point de consigne ainsi que la différence de pression, entre la fermeture du contact et l'ouverture, appelée différentiel.



**3 - PRESSOSTAT DE SECURITE HP**

Le contact 15-16 est fermé en fonctionnement normal; Si la pression augmente au dessus d'une valeur fixée à l'avance le contact 15-16 s'ouvre (position 0), il se ferme (position 1) à nouveau lorsqu'elle aura atteint une valeur fixée à l'avance.

**4 - VALEURS DE REGLAGE.**

	<b>Thermostat</b>	<b>Pressostat BP</b>	<b>Pressostat HP</b>
<b>Xc</b>			
<b>Xd</b>			

**ROLE**

C'est de régler la température d'une surface ou ambiance froide avec un différentiel entre l'enclenchement et la coupure bien déterminés. Ils peuvent être à l'arrêt ou à départ constant.

**DESCRIPTION GENERALE**

Le thermostat comporte obligatoirement : (fig. 1)

- un organe de détection 6 fig. 1
- un organe de commande électrique 3 fig., 1
- un dispositif de liaison mécanique 8 et 9 fig., 1

**FONCTIONS**

1 – Régulation d'une surface froide

On utilise le thermostat d'évaporateur avec bulbe et capillaire.

**Montage** : Sur les évaporateurs ménagers, fabriques de glace et congélateur, on place le bulbe du thermostat: à la fin du 2<sup>ème</sup> tiers de l'évaporateur, (en contact intime avec celui-ci),

**Différentiel**; Il est réglé à l'usine et il est généralement de 10°C.

2. Régulation d'une ambiance froide

a) d'une ambiance gazeuse :

On utilise le thermostat d'ambiance, Il y en a deux sortes :

- le thermostat d'ambiance à bilame : (2 métaux différents: un métal à fort coefficient de dilatation, un métal invariable).

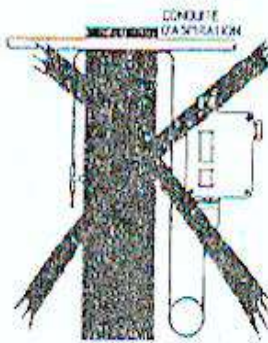
**Montage** : Dans les enceintes réfrigérées à ambiance non corrosive (à proscrire dans les chambres à conservation de fromages ) à une hauteur environ de 1,50 m à 2 m. Dans la

*reprise d'air: chaud qui va à l'évaporateur, à l'abri des ouvertures portes.*

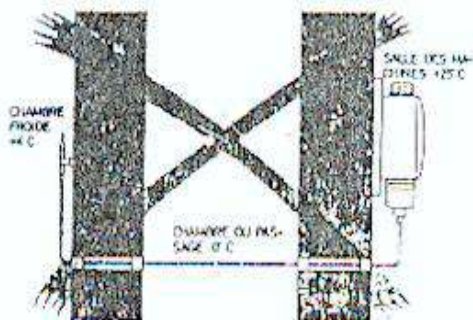
Tout particulièrement pour les thermostats  
à charge en vapeur:  
Le bulbe doit toujours rester plus froid que  
le boîtier du thermostat et que le capillaire.



Donc, ne pas placer le boîtier du thermostat dans un local dont la température peut devenir inférieure à celle de la chambre froide.



Le capillaire ne doit pas traverser une paroi dans le même lorryeau que la conduite d'aspiration.



Le capillaire ne doit pas traverser des locaux intermédiaires dont la température peut devenir inférieure à celle de la chambre froide.

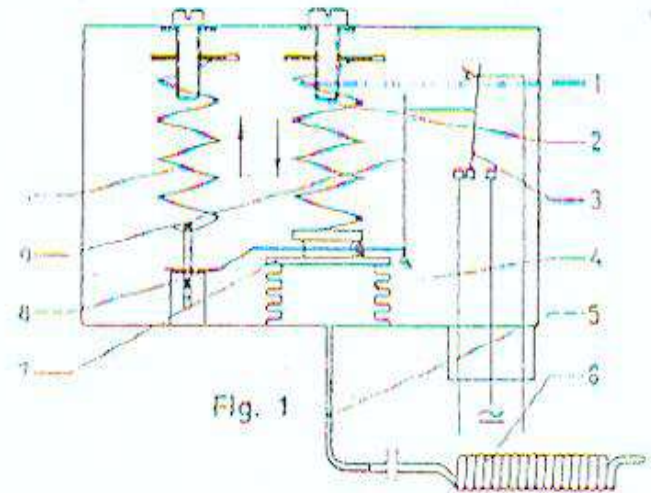


Fig. 1

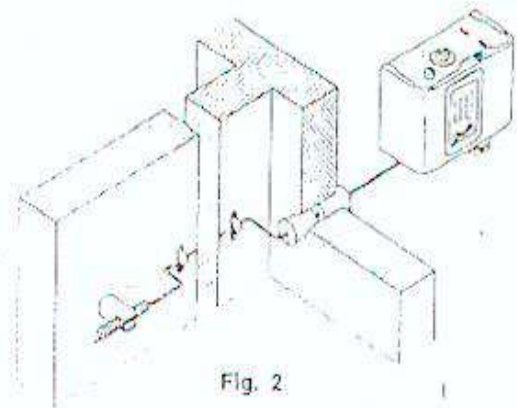


Fig. 2

***Module N°11: Etude technologique des équipements frigorifiques  
GUIDE DES TRAVAUX PRATIQUES***

## **I. TP 1 Intitulé du TP**

### **Identification des différents types des compresseurs mécaniques volumétriques**

#### **I.1.1 Objectif visé**

#### **Distinguer les différents types des compresseurs mécaniques volumétriques**

#### **I.1.2 Durée du TP 1h 30min**

#### **I.1.3 Matériel (équipement et matériel d'œuvre par groupe) :**

##### **a) Equipement**

*-Installation frigorifique commercial.*

##### **b) Matière d'œuvre :**

#### **I.1.4 Description du TP**

*Les stagiaires doivent distinguer les différents types des compresseurs mécaniques volumétriques*

**LIEU DE L'ACTIVITÉ:** *Atelier en froid*

### **DIRECTIVES PARTICULIÈRES**

## **I TP 2 Intitulé du TP**

### **Identification des caractéristiques physiques pour un compresseur volumétrique**

#### **I.2.1 Objectif visé**

*Calculer les caractéristiques physiques pour chaque type de compresseur volumétrique*

#### **I.2.2 Durée du TP 1 h 30min**

#### **I.2.3 Matériel (équipement et matériel d'œuvre par groupe) :**

##### **a) Equipement**

- Compresseur type ouvert
- Compresseur type semi hermétique.

##### **b) Matière d'œuvre :**

#### **I.2.4 Description du TP**

*Les stagiaires doivent calculé les caractéristiques géométriques après avoir prendre les mesures nécessaires des compresseurs mécaniques volumétriques*

#### **I. 2.5 Déroulement du TP**

- Chaque stagiaire doit démonter le compresseur donné ;
- Chaque stagiaire doit mesurer l'alésage et cours de piston ;
- Chaque stagiaire doit remonter le compresseur donné.

**LIEU DE L'ACTIVITÉ:** *Atelier en froid*

### **DIRECTIVES PARTICULIÈRES**

### **I TP 3 Intitulé du TP**

#### **Entretien d'un compresseur frigorifique**

##### *I.3.1 Objectif visé*

*Contrôler l'état des constituants du compresseur frigorifique.*

##### *I.3.2 Durée du TP 1 h 30min*

##### *I.3.3 Matériel (équipement et matériel d'œuvre par groupe) :*

###### **a) Equipement**

*-Compresseur type ouvert*

*-Compresseur type semi hermétique.*

###### **b) Matière d'œuvre :**

##### *I.3.4 Description du TP*

*Les stagiaires doivent :*

*-Vidanger l'huile contenue dans le carter, la mettre de côté dans un récipient.*

*-Démonter le compresseur (éventuellement, les parties accessibles).*

*-Identifier tous les constituants du compresseur, les inscrire sur la fiche de contrôle et indiquer leur état.*

*-Procéder au remontage du compresseur frigorifique et remettre l'huile dans son carter.*

*-Vérifier manuellement la rotation de l'arbre du compresseur (si quelque chose vous semble anormale, ouvrir de nouveau le compresseur, chercher la cause et remédier la panne).*

##### *I.3.5 Déroulement du TP*

*-Expliquer aux stagiaires chaque opération.*

*-Orienter, aider dans l'objectif de faire l'entretien du compresseur frigorifique.*

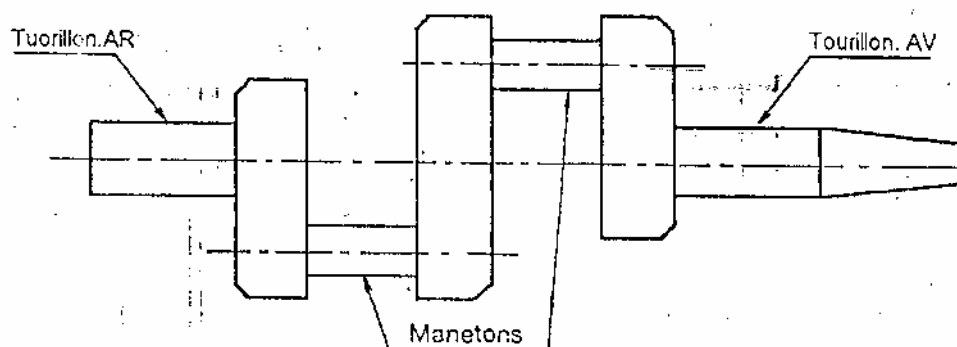
*-S'assurer que tous les stagiaires ont compris la démarche de l'entretien.*

**LIEU DE L'ACTIVITÉ:** *Atelier en froid*

#### **DIRECTIVES PARTICULIÈRES**

## 2.1.2.5 Composants d'un Compresseur à piston

### 2.1 Vilebrequin



- L'arbre vilebrequin est en acier forgé ou en fonte.
- Il comporte des parties rectifiées, manetons et tourillons qui subissent un traitement de surface.
- Les manetons sont les parties excentrées de l'arbre où l'on monte les têtes de bielle. Des masses d'équilibrage sont portées à l'opposée des manetons.
- Les tourillons sont les parties de l'axe du vilebrequin qui se posent sur les paliers.

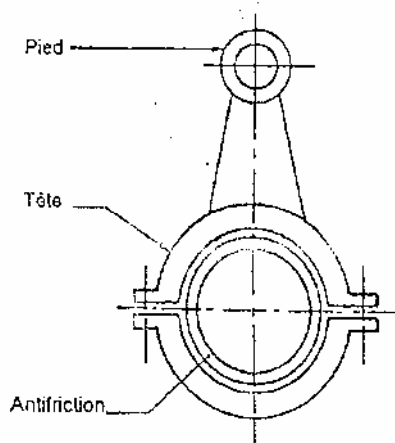
### 2.1.3 Bielles

Les bielles ( F 6, Rep. 27F) font partie de l'équipage mobile et assurent la liaison entre arbre et pistons.

Elles sont réalisées en fonte-bronze, en acier matricé, en acier forgé, ou bien en alliage léger coulé sous pression. Les bielles devront être légères et résistantes.

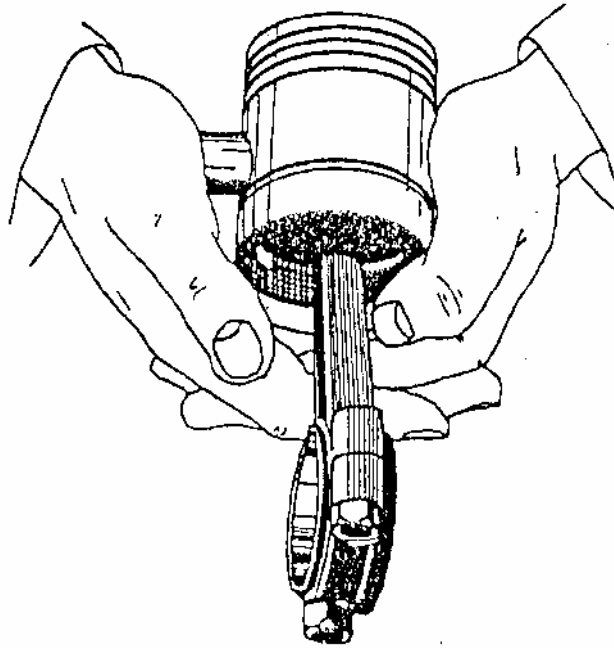
Les bielles travaillent au flambage (compression des pièces longues) et pour améliorer leur résistance à cette contrainte leur section est cruciforme elliptique ou en H.

Sur la bielle, on distingue trois parties : la tête le corps et le pied de bielle.

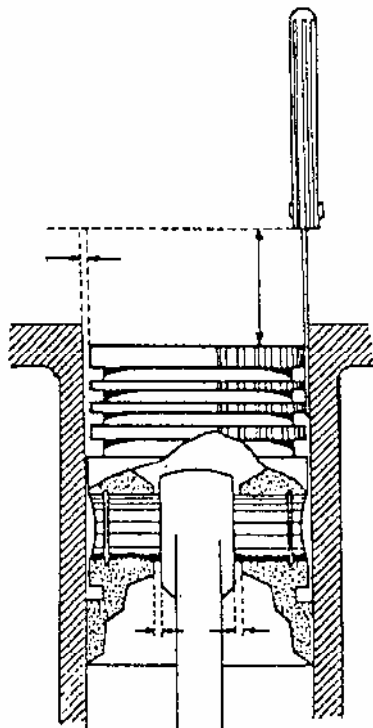
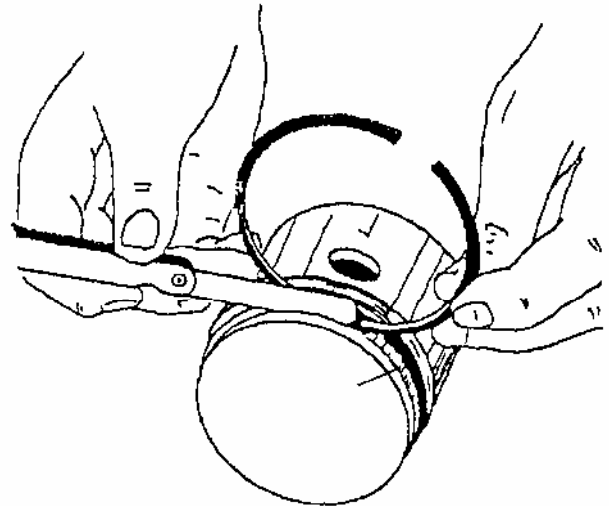


- La tête de bielle est la partie qui s'adapte sur l'excentrique ou le tourillon, elle peut être fermée ou "ouvrante".
- La tête ouvrante est démontable en deux parties et s'ajuste sur un maneton du vilebrequin. Chaque demi-partie reçoit un coussin et en métal antifriction.
- le pied de bielle, toujours "fermé", reçoit l'axe de piston (F6, rep. 27C) qui peut être bagué d'une douille en bronze.

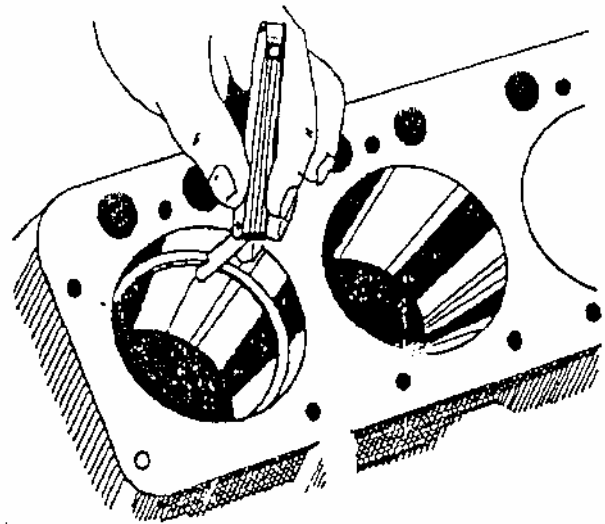




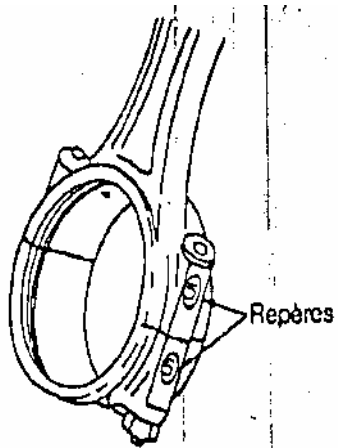
- Mise en place de l'axe pour l'assemblage de l'ensemble "bielle-piston"
- Contrôle du jeu des segments dans les gorges
- Contrôle du jeu à la coupe du segment



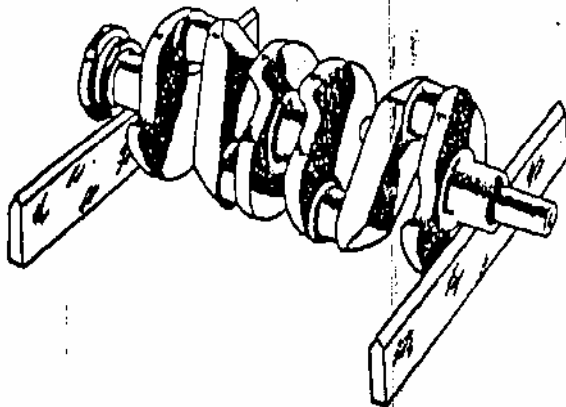
- vérification du dégauchissage et du centrage des bielles entre les bossages



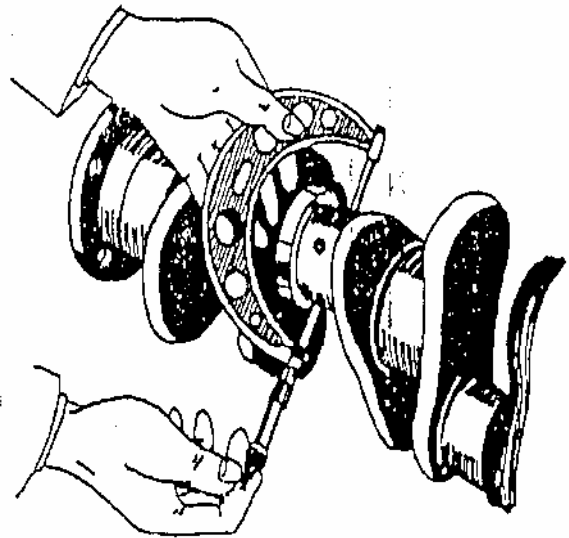
- Contrôle du jeu à la coupe du segment



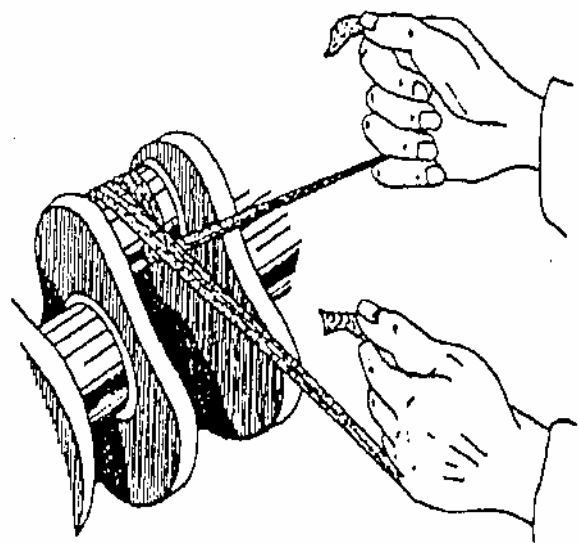
- Repères sur chapeau et corps de bielle



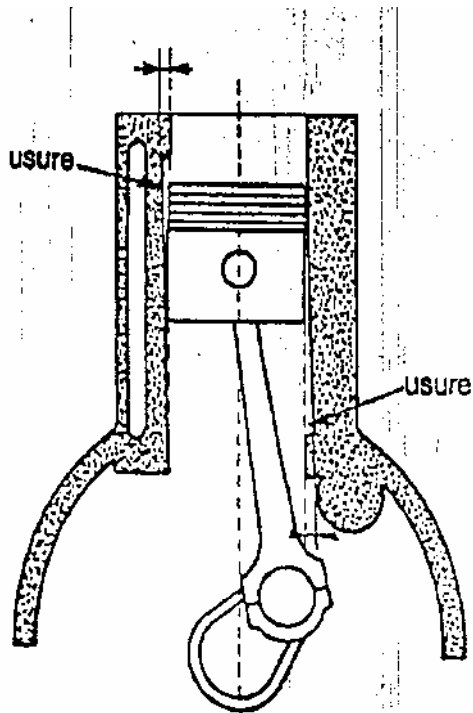
Le vilebrequin pose sur 2 règles bien horizontales  
reste en équilibre indifférent



- Contrôle de l'usure d'un maneton ou d'un  
tourillon de vilebrequin à l'aide d'un "palmer"

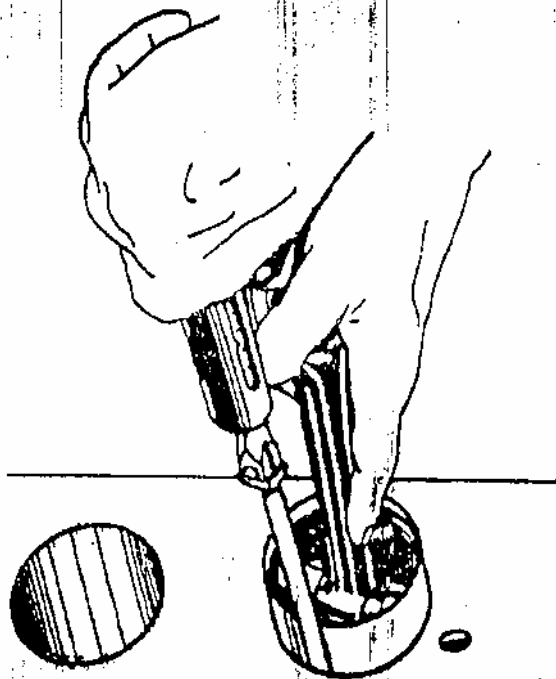
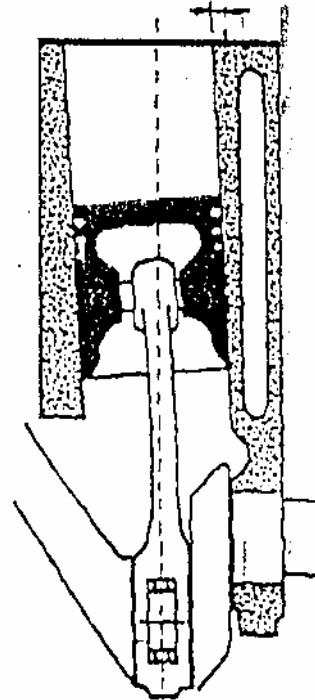


Méthode d'utilisation de la toile émeri pour  
ponçage d'un maneton ou d'un tourillon

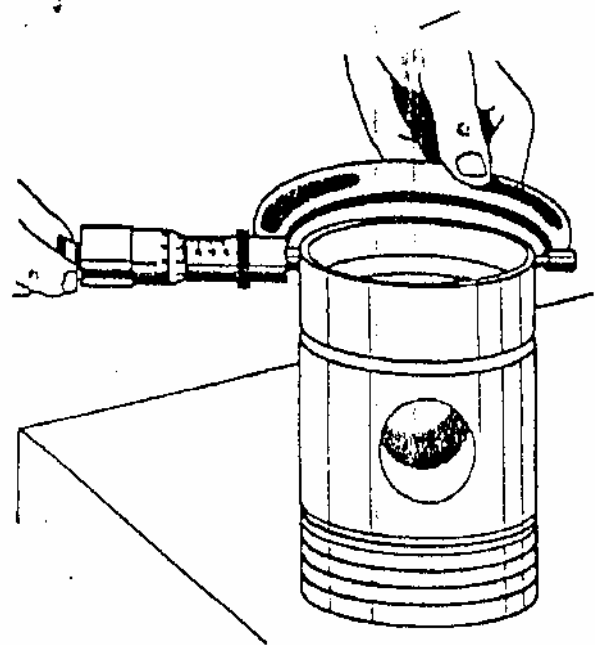


Usure irrégulière se produisant dans le sens de réaction de la bielle

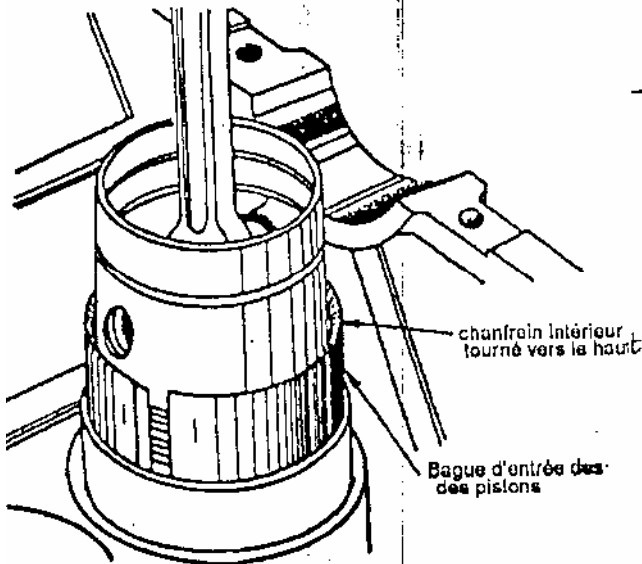
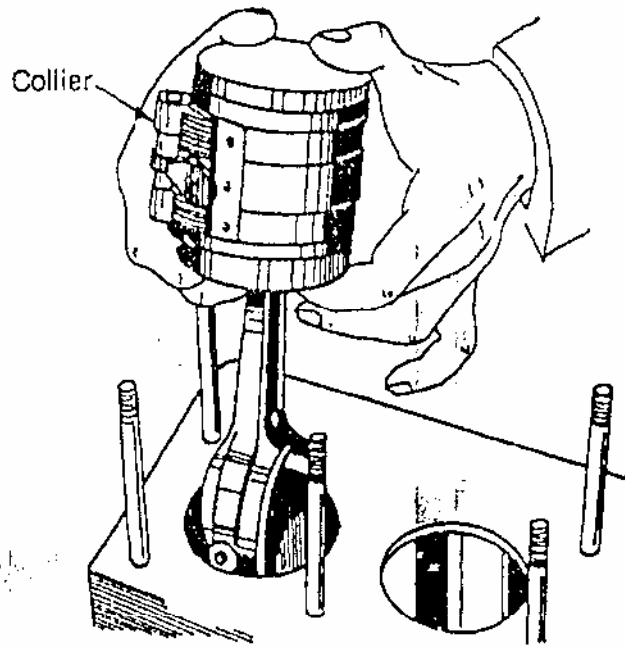
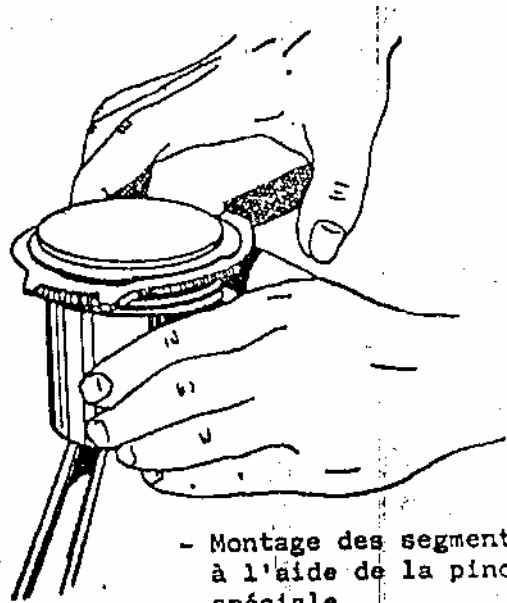
- Mauvaise perpendicularité très dangereuse



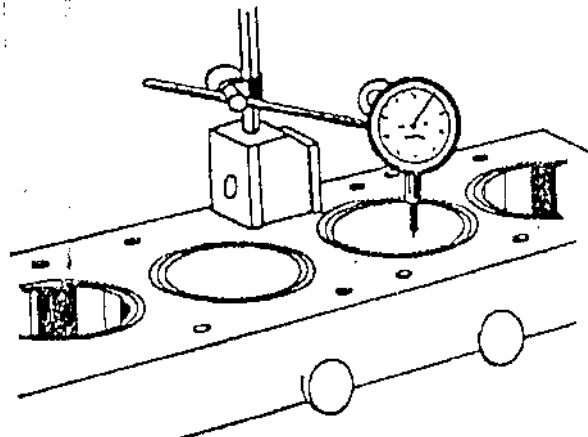
Mesure du jeu entre piston et cylindre avec une cale de clinquant



Mesure du diamètre d'un piston



- Introduction de l'embellage par le carter à l'aide de la bague à segments



## **II. TP 1 Intitulé du TP**

### **Identification des différents types des régulateurs**

#### *II.1.1 Objectif visé*

**Identifier les différents types des régulateurs (de démarrage, de capacité et vanne à eau).**

#### *II.1.2 Durée du TP h 30 min*

#### *II.1.3 Matériel (équipement et matériel d'œuvre par groupe) :*

##### **a) Equipement**

*-Installation frigorifique commercial.*

##### **b) Matière d'œuvre :**

#### *II.1.4 Description du TP*

*Les stagiaires doivent identifier les différents types des régulateurs.*

#### *II.1.5 Déroulement du TP*

*-Chaque stagiaire doit identifier les différents types des régulateurs*

*-Chaque stagiaire doit expliquer le rôle des régulateurs.*

**LIEU DE L'ACTIVITÉ:** *Atelier en froid*

### **DIRECTIVES PARTICULIÈRES**

## **II.TP 2 Intitulé du TP**

*Réglage d'une vanne à pression constante sur une installation*

### **II.2.1 Objectif visé**

*Régler une vanne à pression constante sur une installation*

### **II.2.2 Durée du TP 1 h 30min**

### **II.2.3 Matériel (équipement et matériel d'œuvre par groupe) :**

#### **a) Equipement**

*-Installation frigorifique commerciale.*

#### **b) Matière d'œuvre :**

### **II.2.4 Description du TP**

*Informers les stagiaires sur le réglage de la vanne à pression constante.*

### **II.2.5 Déroulement du TP**

*Expliquer aux stagiaires les opérations à suivre pour le réglage de la vanne à pression constante :*

*-monter le manomètre sur le robinet raccord réservé à cet effet"*

*-ouvrir la vanne en grand"*

*-régler ensuite le détendeur thermostatique de l'évaporateur,*

*-fermer en suite la vanne à pression constante, jusqu'à obtention de la pression désirée dans l'évaporateur.*

*\*Parfois, on est amené à fermer légèrement le détendeur thermostatique. Bien que la pression dans l'évaporateur réponde assez rapidement au réglage de la vanne à pression constante, il faut s'assurer de la stabilité du réglage pour considérer celui-ci comme définitif.*

*\*On peut alors être certain que la pression dans l'évaporateur ne descendra pas au-dessous du point fixé, tandis que le compresseur continuera à tourner pour le poste à la plus basse température, par le pressostat basse pression.*

**LIEU DE L'ACTIVITÉ:** *Atelier en froid*

## **DIRECTIVES PARTICULIÈRES**

## **II.TP 3 Intitulé du TP**

*Démontage d'une vanne à eau.*

### **II.3.1 Objectif visé**

*Démonter une vanne à eau.*

### **II.3.2 Durée du TP 1 h 30 min**

**II.3.3 Matériel (équipement et matériel d'œuvre par groupe) :**

#### **a) Equipement**

*-Installation frigorifique commerciale.*

#### **b) Matière d'œuvre :**

### **II.3.4 Description du TP**

*Informez les stagiaires sur le démontage de la vanne à eau.*

### **II.3.5 Déroulement du TP**

*Expliquez aux stagiaires les opérations à suivre pour le démontage de la vanne à eau:*

**LIEU DE L'ACTIVITÉ:** *Atelier en froid*

## **DIRECTIVES PARTICULIÈRES**

### III. TP 1 Intitulé du TP

#### Sélectionnement d'un évaporateur

##### III.1.1 Objectif visé

Choisir et sélectionner un évaporateur

##### III.1.2 Durée du TP heure

##### III.1.3 Matériel (équipement et matériel d'œuvre par groupe) :

#### a) Equipement

- catalogues des évaporateurs des différents types

-  
-  
-

#### b) Matière d'œuvre :

-

##### III.1.4 Description du TP

Informez les stagiaires sur les sélections correctes d'évaporateur, sur les données nécessaires pour la sélection et en fin exécuter une sélection

##### III.1.5 Déroulement du TP

- Donner aux stagiaires les données suivantes  $\Phi_0$  ;  $t_0$  ;  $t_{11}$

- Donner aux stagiaires les catalogues nécessaires

- Proposer aux stagiaires de faire la sélection

- Orienter, aider dans l'objectif de faire une sélection appropriée

- S'assurer que tous les stagiaires ont compris la démarche de la sélection et le choix d'un évaporateur

#### SELECTION Catalogue FRIGA-BOHN

La sélection se fait suivant la méthode proposée par chaque constructeur de l'évaporateur

Les données nécessaires :  $\Delta t_1$ , puissance frigorifique  $\Phi_0$ , température  $t_0$

Calcul du  $\Delta t_1$

$$\Delta t_1 = t_{11} - t_0$$

#### Sélection du modèle

Suivant le diagramme de sélection on choisit le modèle en fonction de  $\Delta t_1$  et  $\Phi_0$

#### Calcul de la puissance $\Phi_0$

La puissance au R22, se lit directement sur les courbes de sélection. Pour obtenir la puissance pour R134a ou R404a il faut multiplier la puissance au R22 avec un coefficient « r ». Ce coefficient est fonction du modèle.

**LIEU DE L'ACTIVITÉ:** Salle de cours

#### DIRECTIVES PARTICULIÈRES



### **III. TP 2 Intitulé du TP**

#### **Sélectionne ment d'un condenseur**

##### *III.2.1 Objectif visé*

*Choisir et sélectionner un condenseur*

##### *III.2.2 Durée du TP 1heure*

##### *III.2.3 Matériel (équipement et matériel d'œuvre par groupe) :*

#### **a)Equipement**

*-catalogues des évaporateurs des différents types*

-  
-  
-

#### **b) Matière d'œuvre :**

-  
-  
-

##### *III.2.4 Description du TP*

*Informen les stagiaires sur les sélections correctes d'évaporateur, sur les données nécessaires pour la sélection et en fin exécuter une sélection*

##### *III.2.5 Déroulement du TP*

*-Donner aux stagiaires les données suivantes  $\Phi_k$  ;  $P_o$  ;  $P_k$*

*- Donner aux stagiaires les catalogues nécessaires*

*-Proposer aux stagiaires de faire la sélection*

*-Orienter, aider dans l'objectif de faire une sélection appropriée*

*-S'assurer que tous les stagiaires ont compris la démarche de la sélection et le choix d'un condenseur*

#### **SELECTION Catalogue FRIGA-BOHN**

*Pour déterminer un modèle, on doit ramener les conditions de la sélection.Pour se faire,il faut :*

*-diviser la puissance souhaitée  $\Phi_k$  par 4 coefficients :*

*C1 tenant compte de l'altitude*

*C2 tenant compte de  $\Delta t$*

*C3 tenant compte de a température ambiante*

*C tenant compte du fluide frigorigène*

*-corriger le niveau sonore en fonction de la distance*

**LIEU DE L'ACTIVITÉ:** Salle de cours

#### **DIRECTIVES PARTICULIÈRES**

### **III. TP 3 Intitulé du TP**

#### **Entretien d'un évaporateur**

##### *III. 3.1 Objectif visé*

*Entretien un évaporateur*

##### *III.3.2 Durée du TP 1 heure*

##### *III.3.3 Matériel (équipement et matériel d'œuvre par groupe) :*

###### **a)Equipement**

*-Résistance souple électrique*

-

-

###### **b) Matière d'œuvre :**

*-Conducteur électrique*

-

-

##### *III.3.4 Description du TP*

*Informez les stagiaires sur l'utilité d'entretien d'un évaporateur et son efficacité sur le rendement de l'installation et exécutez l'entretien extérieur de l'évaporateur.*

##### *III.3.5 Déroulement du TP*

*-Présenter aux stagiaires un évaporateur pris en glace*

*-Introduire la résistance souple dans l'évaporateur*

*-Alimenter la résistance électrique pour apporter de la chaleur à l'évaporateur*

*-S'assurer que le givre accumulé dans l'évaporateur a totalement disparu*

**LIEU DE L'ACTIVITÉ:** *Atelier en froid*

#### **DIRECTIVES PARTICULIÈRES**

### **III. TP 4 Intitulé du TP**

#### **Entretien d'un condenseur**

##### *III.4.1 Objectif visé*

*Entretien un condenseur*

##### *III.4.2 Durée du TP 1 heure*

##### *III.4.3 Matériel (équipement et matériel d'œuvre par groupe) :*

###### **a) Equipement**

*-Compresseur à air (si possible)*

*-*  
*-*

###### **b) Matière d'œuvre :**

*-Brosse métallique (condenseur à eau)*

*-*  
*-*

##### *III.4.4 Description du TP*

*Informers les stagiaires sur l'entretien d'un condenseur et son efficacité sur le rendement de l'installation et exécuter l'entretien extérieur du condenseur*

##### *III.4.5 Déroulement du TP*

*-Présenter aux stagiaires un condenseur encrassé de la poussière*

*-Souffler avec de l'air la surface du condenseur*

*-S'assurer que la surface du condenseur est parfaitement propre*

**LIEU DE L'ACTIVITÉ:** *Atelier en froid*

#### **DIRECTIVES PARTICULIÈRES**

#### **IV. TP 1 Intitulé du TP**

##### **Réglage et mise au point un détendeur thermostatique**

###### **IV 1.1 Objectif visé**

##### **Réglage et mise au point un détendeur thermostatique**

###### *IV.1.2 Durée du TP heure*

###### *IV.1.3 Matériel (équipement et matériel d'œuvre par groupe) :*

###### **a)Équipement**

###### **-Installation frigorifique chargé en fluide frigorigène**

-Thermostat digital à contact

-Tournevis approprié

###### **b) Matière d'œuvre :**

-Attaches

-

-

###### *IV.1.4 Description du TP*

*Mettre à la disposition du stagiaire les équipements nécessaires, expliquer la démarche de cet intervention, et enfin exécuter le réglage et la mise au point du détendeur.*

###### *IV.1.5 Déroulement du TP*

*Voir fiche d'analyse*

**FICHE D'ANALYSE**

N°	Phases	Schémas	Outils	
			D'exécution	De contrôle
1	<i>Fixer le thermomètre digital -Fixer le thermomètre digital au contact du tube d'aspiration. -S assurer que la température prise corresponde à celle du bulbe de détendeur.</i>		<i>Tournevis approprié</i>	<i>Thermomètre digital</i>
2	<i>Régler et mettre au point le détendeur -Comparer la valeur de la surchauffe à celle autorisée. -Ouvrir ou fermer le détendeur s'il est nécessaire.</i>		<i>Tournevis approprié</i>	<i>Thermomètre digital</i>

**LIEU DE L'ACTIVITÉ:** *Atelier en froid*

**DIRECTIVES PARTICULIÈRES**

#### **IV. TP 2 Intitulé du TP**

##### **Dépannage d'un détendeur**

###### *IV 2.1 Objectif visé*

*Dépanner un détendeur thermostatique*

###### *IV.2.2 Durée du TP 1 heure*

###### *IV.2.3 Matériel (équipement et matériel d'œuvre par groupe) :*

###### **a)Équipement**

- Thermostat digital à contact
- Tournevis approprié

###### **b) Matière d'œuvre :**

-Attaches

-

-

###### *IV.2.4 Description du TP*

*Expliquer au stagiaire la démarche à suivre pour le dépannage du cas proposé et exécuter le dépannage du détendeur thermostatique.*

###### *IV.2.5 Déroulement du TP*

*Voir fiche d'analyse*

**FICHE D'ANALYSE**

N°	Phases	Schémas	Outils	
			D'exécution	De contrôle
1	Détecter la panne causée par le détenteur -Comparer la valeur de surchauffe à celle autorisée. -Détecter la panne		Tournevis approprié	Thermomètre digital
2	-Apporter le correctif approprié selon la nature de panne.		Tournevis approprié	Thermomètre digital

**LIEU DE L'ACTIVITÉ:** Atelier en froid

**DIRECTIVES PARTICULIÈRES**

**NB À la dernière page du module créer une évaluation théorique et pratique**

**Exemple :**

Evaluation **théorique**

- 1 Définir un détenteur
- 2 Qu'est ce qu'un détenteur thermostatique à égalisation externe ?
- 3 Expliquer à l'aide d'un schéma un détenteur alimentant un évaporateur présentant une perte de charge non négligeable.

Evaluation **pratique**

Installer et régler un détenteur thermostatique interne / externe

## **V. TP 1 Intitulé du TP**

### **Description des caractéristiques et le mode de fonctionnement des accessoires frigorifiques**

#### *V 1.1 Objectif visé*

*Décrire les caractéristiques et le mode de fonctionnement des accessoires de circuits complexes de réfrigérations*

#### *V.1.2 Durée du TP 2 heures*

#### *V.1.3 Matériel (équipement et matériel d'œuvre par groupe) :*

##### **a)Équipement**

*-Installation frigorigène commerciale complexes*

##### **b) Matière d'œuvre :**

#### *V.1.4 Description du TP*

*Décrire des caractéristiques et du mode de fonctionnement des accessoires du circuit frigorifique d'une installation commerciale complexe*

#### *V.1.5 Déroulement du TP*

*Chaque stagiaire doit décrire les caractéristiques et le mode de fonctionnement des accessoires d'un circuit frigorifique d'une installation commerciale*

**LIEU DE L'ACTIVITÉ:** *Atelier en froid*

### **DIRECTIVES PARTICULIÈRES**



## **V. TP 2 Intitulé du TP**

### **Localisation des accessoires et régulateurs sur des plans et des installations frigorifiques**

#### **V.2.1. Objectif(s) visé(s) :**

*Localiser sur des plans et des installations frigorifiques divers accessoires et régulateurs*

#### **V.2.2. Durée du TP: 2 heures**

#### **V.2.3 Matériel (équipement et matériel d'œuvre par groupe) :**

##### **a) Equipement**

*-Installation frigorifique commerciale*

##### **b) Matière d'œuvre :**

*-Plans et schémas frigorifiques d'une installation*

#### **V.2.4 Description du TP :**

*Localiser des accessoires et régulateurs sur des plans et des installations réelles commerciales.*

#### **V.2.5 Déroulement du TP**

*Chaque stagiaire doit localiser les accessoires et les régulateurs sur des plans et des installations réelles.*

**LIEU DE L'ACTIVITÉ:** *Atelier en froid*

### **DIRECTIVES PARTICULIÈRES**

### **V. TP 3 Intitulé du TP**

#### **Installation des accessoires et régulateurs sur une installation frigorifique commerciale**

V.3.1. Objectif(s) visé(s) :

*Installer des accessoires et régulateurs sur une installation frigorifique commerciale*

V.3.2. Durée du TP:4 heures

V.3.3 Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :

a) Equipement :

- Installation frigorifique commerciale
- Outillage complet du frigoriste

b) Matière d'œuvre :

- Tube de cuivre
- Accessoire frigorifique (déshydrateur, voyant...etc.)
- Régulateurs (thermostat, pressostats.)

V.3.4. Description du TP :

*Monter des accessoires frigorifiques et régulateurs sur une installation commerciale*

V.3.5 Déroulement du TP

*Chaque stagiaire doit monter les accessoires et régulateur frigorifique sur une installation commerciale suivant des critères et des précisions données.*

**LIEU DE L'ACTIVITÉ:** *Atelier en froid*

#### **DIRECTIVES PARTICULIÈRES**

## **V. TP 4 Intitulé du TP**

### **Réglage d'un pressostat basse pression**

#### *V.4.1. Objectif(s) visé(s) :*

*Régler le pressostat BP et illustrer la fermeture du contact du pressostat sur une installation frigorifique commerciale*

#### *V.4.2. Durée du TP:2 heures*

#### *V.4.3 Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :*

##### *a) Equipement :*

*-Installation frigorifique commerciale*

*-Outillage complet du frigoriste*

*-*

##### *b) Matière d'œuvre :*

*Pressostat basse pression*

#### *V.4.4. Description du TP :*

*Régler le pressostat BP et illustrer la fermeture du contact du pressostat sur une installation commerciale*

#### *V.4.5 Déroulement du TP*

*Chaque stagiaire doit régler le pressostat BP et illustrer la fermeture du contact du pressostat sur une installation commerciale suivant des critères et des précisions données.*

**LIEU DE L'ACTIVITÉ:** *Atelier en froid*

### **DIRECTIVES PARTICULIÈRES**

Evaluation de module –voir épreuve examen fin de module

Liste des références bibliographiques

<i>Ouvrage</i>	<i>Auteur</i>	<i>Edition</i>
<i>INSTALLATIONS FRIGORIFIQUES</i>	<i>RAPIN</i>	
<i>MEMOTECH GENIE ENERGETIQUE</i>	<i>P.DAL ZOTTO J.M.LARRE A.MERLET</i>	<i>CASTEILA</i>
<i>ECHANGEURS THERMIQUES</i>	<i>FRANÇOIS ROUSSILLE</i>	<i>CEMEQ</i>
<i>SITE INTERNET PAGE FRIGORISTE</i>		