

**OFPPT**

**ROYAUME DU MAROC**

**مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل**

**Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail**

**DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION**

**VERSION EXPERIMENTALE**

**RESUME THEORIQUE  
&  
GUIDE DE TRAVAUX PRATIQUES**

**MODULE N 13°: COMPRESSEURS A PISTON**

**SECTEUR : FROID ET GENIE THERMIQUE**

**SPECIALITE : TECHNICIEN EN FROID COMMERCIAL  
ET CLIMATISATION**

**NIVEAU : TECHNICIEN**

**JUIN 2003**

## COMPRESSEURS A PISTON

### REMERCIEMENT

La DRIF remercie les personnes qui ont participé ou permis l'élaboration de ce module

#### Pour la supervision :

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

#### Pour l'élaboration :

**Khalil OUADGHIRI**                      **I.S.G.T.F**                      **DRGC**

#### Pour la validation :

- **MR Abdelilah FATENE** : Formateur à l'ISGTF
- **MR Ahmed BOUAFIA** : Formateur à l'ISGTF
- **MR Hachemi SAFIH** : Formateur à l'ISGTF
- **MR Abdelilah MALLAK** : Formateur à l'ISGTF
- **Mr M. BARZI** : Formateur à l'ISTA 1 Marrakech
- **Mr H . BEZZAZ** : Formateur à l'ISTA 1 Marrakech

**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. Saïd SLAOUI**

# COMPRESSEURS A PISTON

## SOMMAIRE

	<b>Page</b>
<i>Présentation du module</i>	<b>5</b>
<i>Résumé de théorie</i>	<b>6</b>
<b>I. Compresseur a pistons</b>	<b>7</b>
<b>II. Caractéristiques géométriques d'un compresseur.</b>	<b>10</b>
<b>III. Caractéristiques mécaniques du compresseur</b>	<b>11</b>
<b>IV. Caractéristiques thermiques</b>	<b>13</b>
<b>V. Caractéristiques qualitatives :</b>	<b>14</b>
<b>VI. CONSTITUTION</b>	<b>16</b>
<b>VII. Variation de puissance des compresseurs</b>	<b>20</b>
<b>VIII. Compresseurs hermétiques.</b>	<b>22</b>
<b>IX. Le compresseur multi-étagé</b>	<b>29</b>
<b>X. Le compresseur</b>	<b>34</b>
<i>Guide de travaux pratique</i>	<b>42</b>
<b>I. TP1 intitulé du TP Démontage d'un compresseur à piston</b>	<b>45</b>
<b>I.1. Objectif(s) visé(s) : Démontez un compresseur à piston</b>	<b>45</b>
.	
<b>I.2. Durée du TP :</b>	<b>45</b>
<b>I.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :</b>	<b>45</b>
<b>a. Equipement</b>	<b>45</b>
<b>b. Matière d'œuvre</b>	<b>45</b>
<b>I.4. Description du TP :</b>	<b>45</b>
<b>I.5. Déroulement du TP</b>	<b>45</b>
<b>II. TP2 intitulé du TP Réparation d'un compresseur à piston</b>	<b>46</b>
<b>II.1. Objectif(s) visé(s) : Réparer un compresseur à piston</b>	<b>46</b>
<b>II.2. Durée du TP :</b>	<b>46</b>
<b>II.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :</b>	<b>46</b>
<b>a. Equipement</b>	<b>46</b>
<b>b. Matière d'œuvre</b>	<b>46</b>
<b>II.4. Description du TP :</b>	<b>46</b>
<b>II.5. Déroulement du TP</b>	<b>46</b>
<b>III. TP3 intitulé du TP Remontage d'un compresseur à piston</b>	<b>51</b>
<b>III.1. Objectif(s) visé(s) : Remonter un compresseur à piston</b>	<b>51</b>
<b>III.2. Durée du TP :</b>	<b>51</b>
<b>III.3. Matériel (Équipement et matière d'œuvre) par équipe :</b>	<b>51</b>
<b>a. Equipement</b>	<b>51</b>
<b>b. Matière d'œuvre</b>	<b>51</b>
<b>III.4. Description du TP :</b>	<b>51</b>
<b>III.5. Déroulement du TP</b>	<b>51</b>

## **COMPRESSEURS A PISTON**

*Evaluation de fin de module*

**52**

*Liste bibliographique*

**53**

*Annexes*

# COMPRESSEURS A PISTON

**MODULE : COMPRESSEURS A PISTON**

**Durée : 72 H**

**25% : théorique**

**70.5% : pratique**

**4.5% : Evaluation du module**

## OBJECTIF OPERATIONNEL DE PREMIER NIVEAU DE COMPORTEMENT

### PRECISIONS SUR LE COMPORTEMENT ATTENDU

#### CRITERES PARTICULIERS DE PERFORMANCE

**A. Identifier les sortes de compresseurs  
mécanique volumétrique .**

*\*Justesse de la description suivants*

- *nature de compresseur .*
- *pièces mécaniques du compresseur .*
- *sortes de compresseur volumétrique*
- *description approprié des principaux utilisations  
des divers types de compresseurs .*

**B. Analyser l'état de fonctionnement d'un  
compresseur à piston .**

- *Enumération exacte des points de vérification .*
- *Description juste de la nature des vérification à  
effectuer .*
- *Logique de la séquence de vérification .*
- *Maîtrise des techniques de vérification .*

**C. Formuler le diagnostique et trouver l'anomalie .**

- *Justesse du diagnostique .*
- *Méthodologie de recherche d'anomalie .*
- *Correctif approprié*

**D. apporter le correctif du système .**

- *maîtrise des techniques de dépose et de pose de  
l'appareil défectueux.*
- *Respect de l'intégrité physique de l'appareil et de  
ces composants .*
- *Respect des normes du fabricant*

**E. Remonter le compresseur à piston .**

- *Respect des procédure de montage.*
- *Ordre logique des opérations .*

## **COMPRESSEURS A PISTON**

- *Qualité de montage .*
- *Étanchéité du compresseur .*
- *Niveau d'huile approprié d'huile .*

### ***F. Rédiger un rapport de service .***

- *Clarté et concision du rapport .*
- *Rapport complet des travaux .*
- *Description des travaux effectués*

*Champs d'application de la compétence .*

*-Domaine du froid industriel .*

## **PRESENTATION DU MODULE**

*Ce module N° 13 intitulé « Compresseurs à piston » se situe parmi les modules qualifiants de la formation : Technicien en Froid Commercial et Climatisation. Il permet au formateur de préparer convenablement les apprentissages nécessaires pour atteindre les objectifs visés .*

*Le volume horaire théorique est de 18heures*

*Le volume horaire pratique est de 54heures*

**Module N° 13: COMPRESSEURS A PISTON**

**RESUME THEORIQUE**

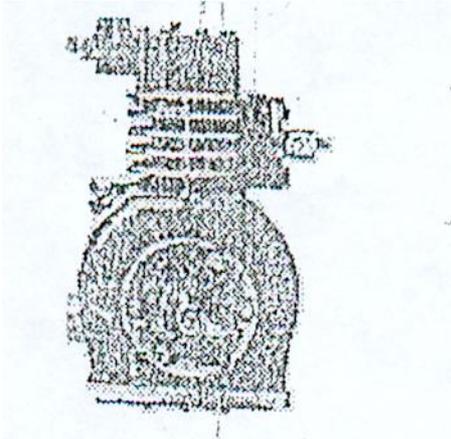
# COMPRESSEURS A PISTON

## I. COMPRESSEUR A PISTONS

Ces compresseur sont de loin les plus utilisée dans l' industrie du froid .  
Ils peuvent être classer en trois catégories :

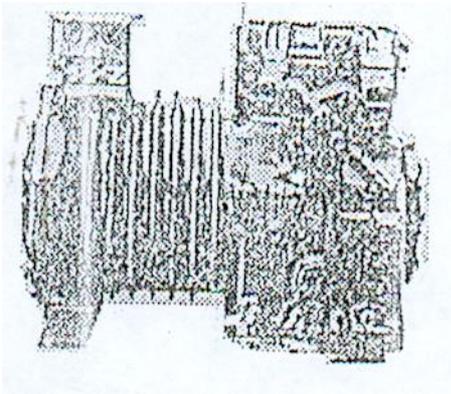
- compresseurs OUVERTS.
- compresseurs SEMI-HERMITIQUES.
- compresseurs HERMITIQUES .

### Compresseur ouvert

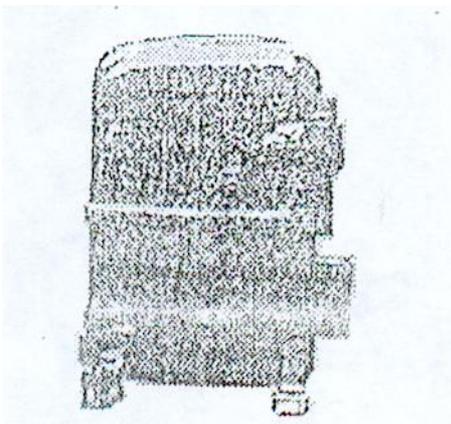


- Le moteur électrique est à l' extérieur et indépendant du circuit frigorifique .
- L'entraînement se fait par courroie ou direct (moteur en bout d' arbre).

### Compresseur semi- hermétique



- Le moteur est à l' intérieur et son arbre est commun à celui du compresseur.
- Ce type de compresseur (appelé aussi hermétique accessible) est démontable.



### Compresseur hermétique

- Le moteur et le compresseur sont enfermés Dans une enveloppe métallique étanche .
- l'entraînement est direct par arbre commun il n'est pas démontable .

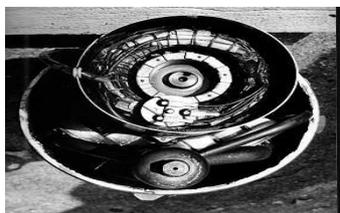
## COMPRESSEURS A PISTON



*C'est un compresseur Maneurop MT 64 qui était monté sur une vitrine crémèrie, à la couleur de la chemise on peut voir que le moteur a chauffé sérieusement,*

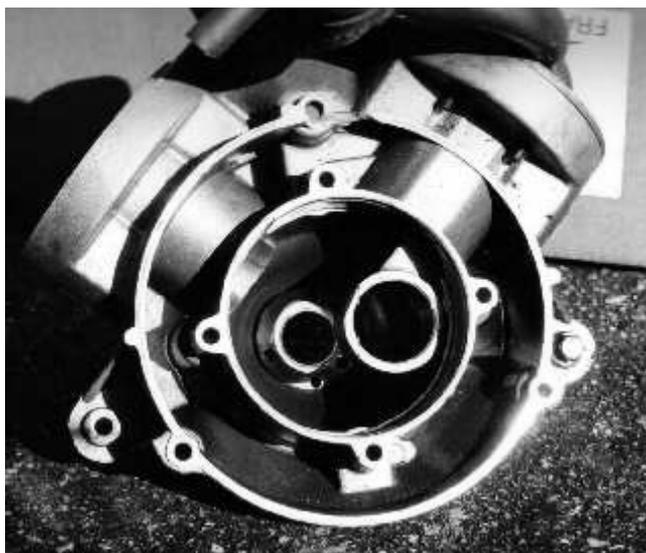
*Le cylindre a droite du moteur c'est le silencieux de refoulement avec au sommet de celui ci le clapet de décharge qui s'ouvre si le différentiel HP/BP devient trop important.*

*En bas , sur l'enveloppe à gauche, le bornier de raccordement électrique, au centre le voyant d'huile, et à droite le logement de la résistance de carter*



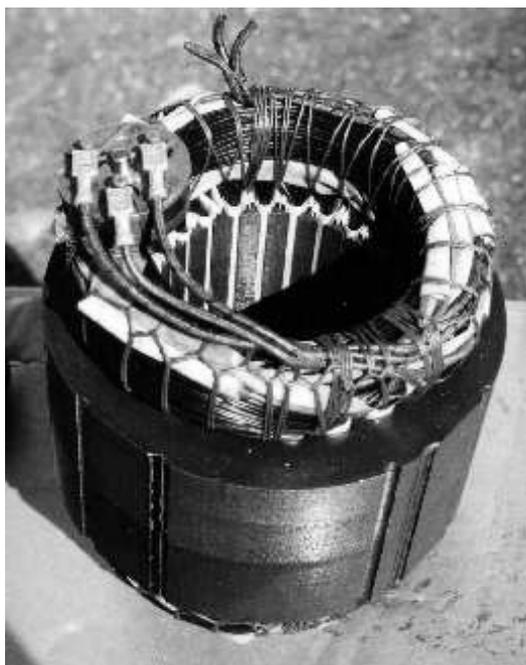
*Vue de dessus : on voit parfaitement les bobinages électriques et le klixon interne qui ouvre le point étoile du moteur en cas de surchauffe ou de surintensité.*

*On voit aussi le rotor, et le clapet de surpression, au fond on distingue les deux cylindres en V*



*Une fois le moteur électrique enlevé, le carter, les 2 cylindres, une bielle ( la 2eme a été enlevée)*

## COMPRESSEURS A PISTON



*Le stator, ce compresseur a un moteur qui tourne à 2800 tours minute.*

*En haut de la photo, les trois fils d'alimentation, et le protecteur thermique qui coupe le moteur au environ de 105 °C*

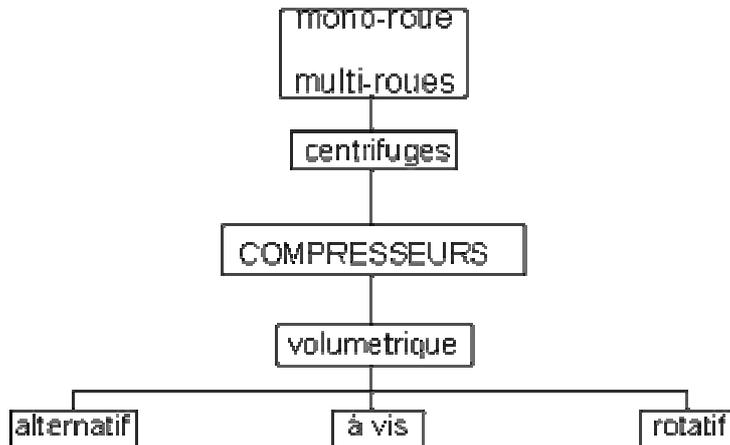


# COMPRESSEURS A PISTON

## Rôle:

le compresseur aspire les vapeurs surchauffées, froides et basses pression produites dans l'évaporateur et les comprimes à une pression plus élevée afin de rendre ces vapeurs facilement condensables.

## Classification:



## II. Caractéristiques géométriques d'un compresseur.

Elles sont fonctions des dimensions du compresseur, ce sont:

- la cylindrée  $C$
- le volume balayé horaire  $V_b$

**II.1 La cylindrée** C'est le volume des cylindres, entre le point mort bas et le point mort haut des pistons

$$C = \frac{\pi \cdot A^2 \cdot l \cdot N}{4}$$

$C$ : Cylindrée

$A$ : Alésage

$l$ : Course

$N$ : Nombre de cylindres

## II.2 Volume balayé horaire

Il représente le volume balayé par les pistons pendant 1 heure:

$$V_b = C \times n \times 60$$

$n$  = vitesse de rotation du compresseur en tr/mn

$V_b$  = volume balayé en  $m^3/h$

## III. Caractéristiques mécaniques du compresseur

Elles sont fonctions du diagramme de fonctionnement du compresseur encore appelé diagramme indiqué

### III.1 Fonctionnement du compresseur:

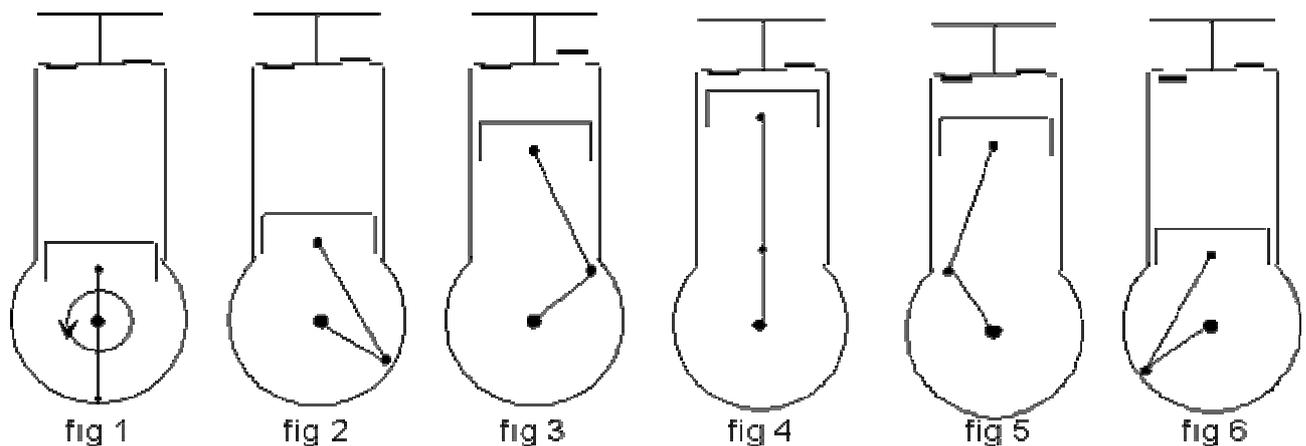


fig. 1: Le piston est au point mort bas (PMB), le clapet d'aspiration vient de se fermer, le cylindre est rempli de vapeur basses pression qu'il vient d'aspirer.

fig. 2: Le piston remonte diminuant ainsi le volume occupé par les vapeurs, c'est la phase de compression, la pression dans le cylindre va en augmentant, le clapet de refoulement reste fermé tant que la pression dans le cylindre est inférieure à la haute pression. c'est la course inefficace au refoulement.

fig. 3: La pression est devenue légèrement supérieure à la H.P., le clapet de refoulement s'est ouvert, le piston continuant sa remontée, évacue les vapeurs ainsi comprimées.

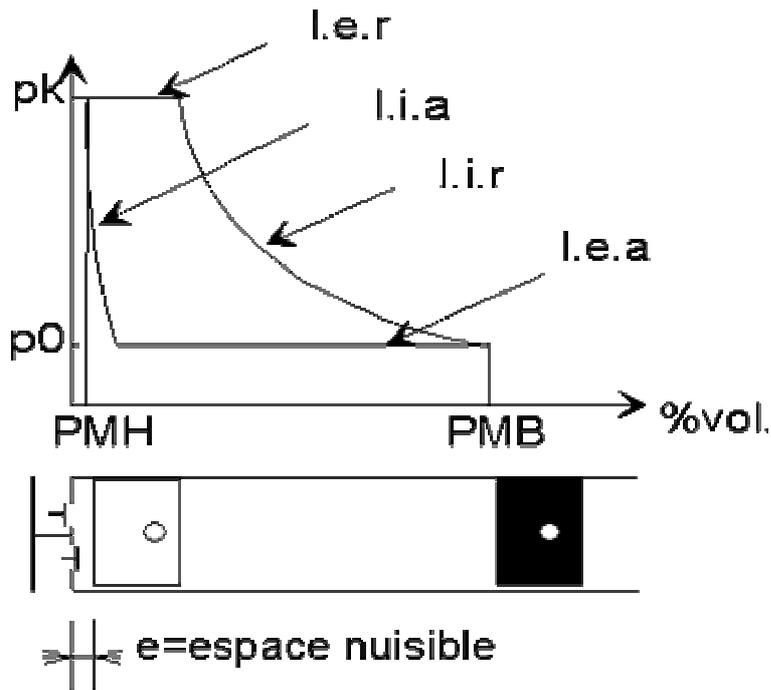
fig. 4: Le piston se trouve au point mort haut (PMH), l'espace entre le piston et le fond de cylindre s'appelle espace nuisible ou espace mort. Le clapet de refoulement s'est refermé, l'espace nuisible est rempli de vapeurs H.P.

## COMPRESSEURS A PISTON

fig. 5: Le piston redescend, mais il n'y a pas encore d'aspiration car les vapeurs contenues dans l'espace

nuisible sont encore à une pression supérieure à la B.P. C'est la course inefficace à l'aspiration.

fig. 6: Les vapeurs contenues dans le cylindre sont détendues à une pression inférieure à la B.P., le clapet d'aspiration s'est ouvert laissant ainsi passer les vapeurs B.P. dans le cylindre. C'est la course efficace à l'aspiration.



### III.2 Diagramme indiqué:

*l.e.a:* course efficace à l'aspiration

*l.i.a:* course inefficace à l'aspiration

*l.e.r:* course efficace au refoulement

*l.i.r:* course inefficace au refoulement

### III.3 Puissance effective ( $P_e$ ):

C'est la puissance à fournir sur l'arbre du compresseur, elle supérieure à la puissance indiquée car il y a des frottements dans les pièces en mouvement: le rapport  $P_i/P_e$  nous donne la valeur du rendement mécanique du compresseur.

$$h_m = P_i / P_e$$

*P<sub>e</sub>: puissance effective en W*

*η<sub>m</sub> rendement mécanique du compresseur*

IV. Caractéristiques thermiques :

#### IV.1 Puissance frigorifique brute (f<sub>0</sub>):

*C'est la puissance frigorifique que le compresseur est capable de développer dans des conditions de fonctionnement données telles que:*

*-nature du fluide*

*-pressions de fonctionnement*

*-températures de fonctionnement (surchauffe et sous-refroidissement)*

*-etc...*

*f<sub>0</sub> s'exprime en Watt ou fg/h*

$$1 \text{ fg/h} = 1,163 \text{ W}$$

#### IV.2 Puissance frigorifique massique (q<sub>0m</sub>)

*C'est la puissance frigorifique brute divisée par le débit massique.*

$$q_{0m} = \Phi_0 / q_m$$

*q<sub>0m</sub>: Production frigo. massique en W/kg*

#### V. Caractéristiques qualitatives:

*Coefficient de performance : e*

*C'est le rapport de la recette (froid produit) à la dépense (travail fourni). la valeur de ce rapport est toujours supérieure à 1.*

## COMPRESSEURS A PISTON

$$e = \Phi_0 / W$$

*e* : coefficient de performance

*W* : Puissance fournie en Watts

La puissance fournie théorique au compresseur est  $P_{th} = qm (H_{2th} - H_1)$ , on a donc

$$e_{th} = \Phi_0 / P_{th}$$

Le coefficient réel d'efficacité frigorifique est donné par la formule:

$$e_{réel} = \Phi_0 / P_{th} (\eta_i \cdot \eta_m \cdot \eta_t \cdot \eta_e)$$

$\eta_i$ : rendement indiqué

$\eta_v$ : rendement volumétrique

$\eta_m$ : rendement mécanique du compresseur

$\eta_m$ : rendement de transmission (groupe ouvert)

$\eta_e$ : rendement électrique du moteur d'entraînement

### V.1 Taux de compression :

C'est le rapport de la haute pression sur la basse pression exprimées en valeurs absolues

$$\tau = p_k / p_0$$

### V.2 Rendement volumétrique du compresseur $v$

## **COMPRESSEURS A PISTON**

*La présence d'un espace nuisible dans le compresseur provoque un retard à l'aspiration (détente des vapeurs H.P. contenues dans le cylindre après compression), le rapport du volume réellement aspiré par rapport au volume que le compresseur pourrait aspirer si il n'y avait pas d'espace nuisible est appelé rendement volumétrique.*

*On utilisera une formule empirique (valable pour les compresseurs à pistons uniquement) pour calculer le rendement volumétrique:*

$$\eta_v = 1 - (0,05 \cdot t)$$

*t: taux de compression*

### **V.3 Rendement indiqué : $\eta_i$**

*Ce rendement caractérise la compression réelle du fluide par rapport à la compression théorique. On prendra*

$$\eta_i = \eta_v$$

### **V.4 Rendement mécanique $\eta_m$**

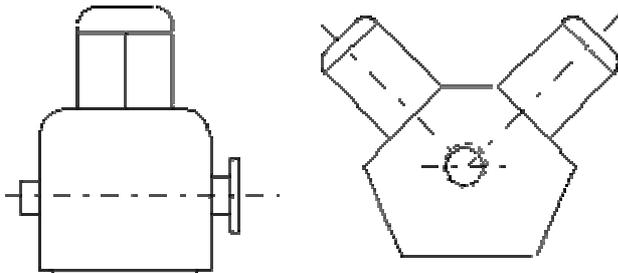
*C'est le rapport de la puissance indiquée à la puissance effective fournie sur l'arbre du compresseur.*

$$\eta_m = P_i / P_e$$

## VI. CONSTITUTION

### VI.1 Corps du compresseur

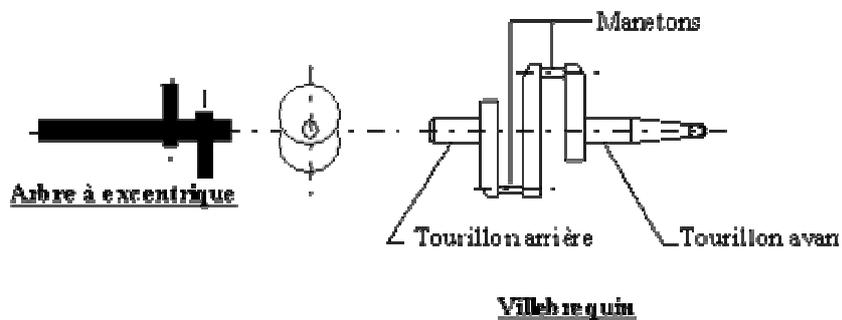
Les têtes de cylindre sont généralement pourvus d'ailettes de refroidissement



### VI.2 Transformation du mouvement rotatif en mouvement alternatif

Deux variantes sont utilisées pour les compresseurs frigorifiques:

-Système arbre excentriques bielles pistons

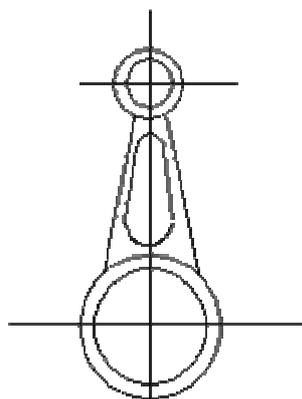


-Système arbre vilebrequin bielles pistons.

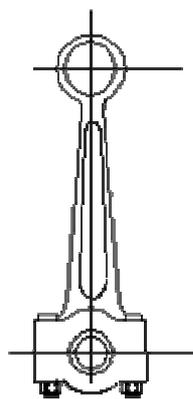


Arbre pour excentriques démontables

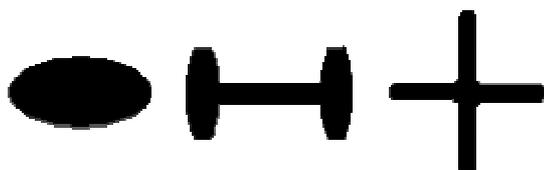
## COMPRESSEURS A PISTON



Bielle à tête fermée  
(pour excentrique)



Bielle à tête ouvrante  
(pour vilebrequin)



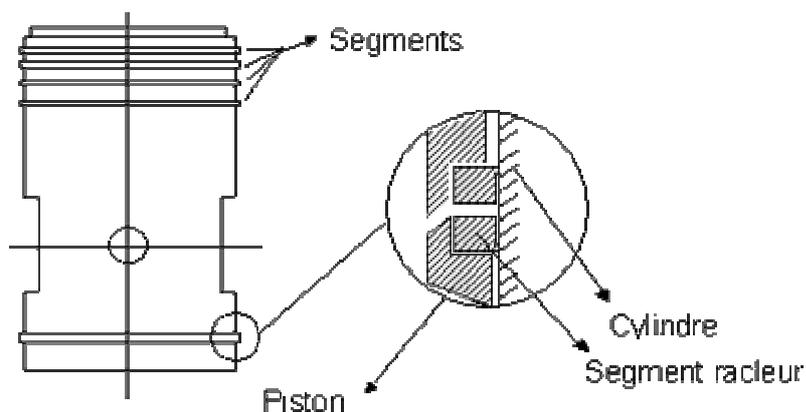
Sections de corps de bielle

### VI.3 Pistons et segments

*Les pistons doivent être ajustés dans les cylindres avec le minimum de jeu pour éviter les pertes par fuite entre pistons et cylindres.*

*Les segments doivent être libres dans leur gorges*

*Les segments racleurs d'huile permettent le retour de l'huile. La section des segments racleurs d'huile est telle que les angles vifs raclent l'huile sur le cylindre, celle ci retourne au carter au travers des orifices percés dans le piston et le segment*



### VI.4 Paliers

## COMPRESSEURS A PISTON

Les paliers sont réalisés en bronze ou en métal antifriction,. Une butée à bille ou en acier nitruré et rectifié assure un blocage de l'arbre en translation.

### VI.5 Clapets

Les clapets doivent être parfaitement étanches quand ils reposent sur leur siège. On distingue deux sortes de clapets:

- Les clapets à lame flexible
- Les clapets annulaires

#### VI.5.1 Clapets à lame flexible

Les clapets sont librement commandés par le fluide il n'y pas de mécanisme permettant de les ouvrir ou les fermer. Ils sont très minces et indéformables, on trouve sur les clapets de refoulements une butée qui limite sa levée.

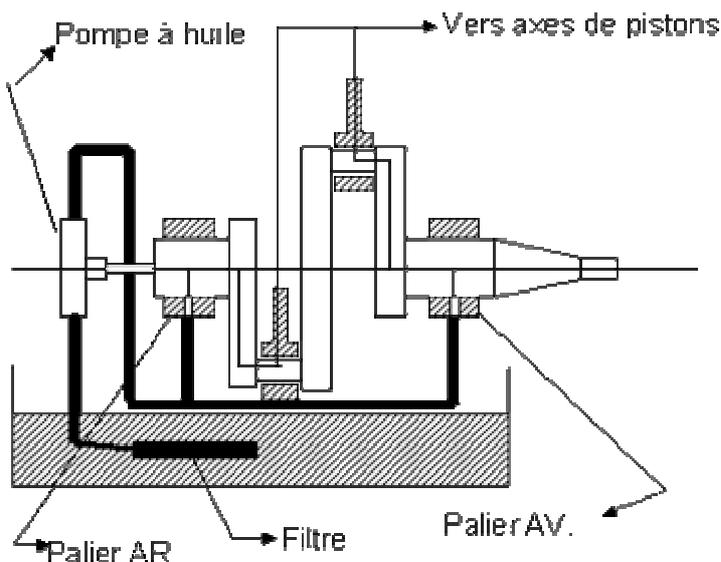
#### VI.5.2 Clapets annulaires

Ils sont placés sur le pourtour du cylindre, ils ont l'avantage d'offrir une grande section de passage malgré une faible levée.

### VI.6 Dispositifs de lubrification

On distingue deux sortes de dispositifs de lubrification:

- Par barbotage
- Par pompe à huile sous pression.



Lubrification par pompe à huile

## VI.7 Etanchéité

Il existe deux sortes d'étanchéité sur un compresseur:

-L'étanchéité statique

-L'étanchéité dynamique

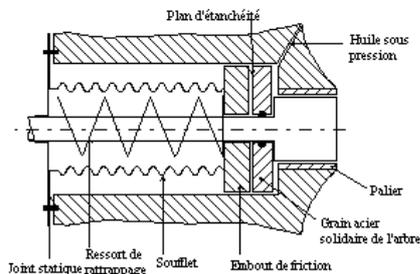
### VI.7.1 Etanchéité statique

Ce sont les joints, ils assurent l'étanchéité entre les parties statiques du compresseur., les matières utilisées doivent résister aux huiles et aux fluides utilisées dans les installations frigorifiques. L'épaisseur du joint est d'une importance primordiale surtout entre les cylindres et la boîte à clapets car c'est lui qui définit l'espace nuisible.

### VI.7.2 Etanchéité dynamique

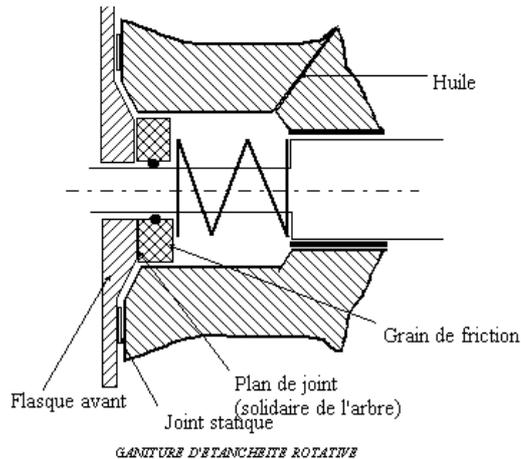
L'étanchéité dynamique sur un compresseur ouvert doit être réalisé à la sortie de l'arbre, en effet l'arbre est en rotation et il ne doit pas y avoir de fuites de fluide frigorigène, pour cela on a recourt à des garnitures d'étanchéité. Il en existe de deux types:

- La garniture d'étanchéité à soufflet.



GARNITURE D'ETANCHEITE A SOUFFLET

- La garniture d'étanchéité rotative à bague.



## VI.8 Dispositifs d'entraînement

Plusieurs cas de figure peuvent se présenter, selon le type de compresseur:

-Cas des compresseurs hermétiques et semi hermétiques:

L'arbre du moteur et le vilebrequin sont communs, il n'y a donc pas de dispositif d'entraînement.

-Cas des compresseurs ouverts:

Le moteur d'entraînement peut être situé en ligne avec le compresseur, et est accouplé par un manchon élastique, ce qui nécessite une parfaite mise en ligne des deux machines. Dans ce cas la vitesse du compresseur est celle du moteur électrique. ce dispositif est appelé dispositif direct.

Le moteur d'entraînement et le compresseur sont placés parallèlement l'un à l'autre, alors on aura recours à un dispositif indirect, constitué d'une poulie motrice, d'une poulie réceptrice et d'un dispositif de liaison. Le dispositif à courroies est le plus couramment utilisés.

## VII. Variation de puissance des compresseurs

### Rôle

C'est de permettre d'ajuster la puissance

frigorigène d'un compresseur aux besoins fluctuants de l'installation. Si le compresseur est surpuissant par rapport aux besoins alors:

- Les cycles sont courts (démarrages fréquents).
- La pression d'évaporation est très basse.

### **VII.1 Fractionnement de la puissance frigorifique**

*Au lieu d'installer un compresseur délivrant la totalité de la puissance frigorifique, on installe plusieurs compresseurs qui totaliseront ensemble la puissance totale.*

### **VII.2 Variation de la vitesse de rotation**

#### **VII.2.1 Procédés mécaniques:**

*-Changement de poulie du compresseur, ce système n'est valable que sur les équipements saisonniers.*

$$N1D1 = N2D2$$

*N1 : fréquence de rotation du compresseur*

*D1 diamètre du volant compresseur*

*N2 : fréquence de rotation du moteur d'entraînement*

*D2 : diamètre de la poulie moteur*

#### **VII.2.2 Procédés électriques:**

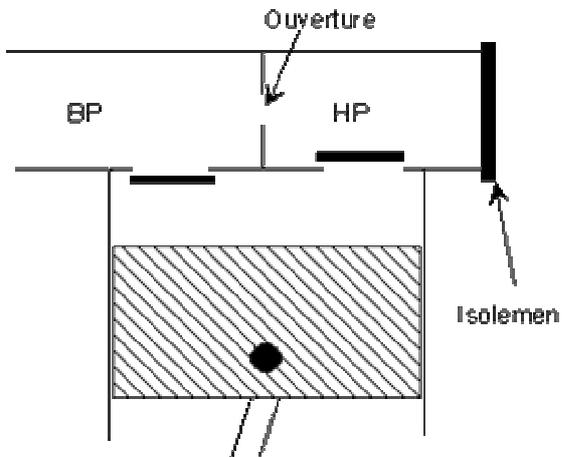
*-Moteur électrique 2 vitesses, ce procédé à l'inconvénient de n'offrir que deux puissances frigorifiques.*

*-Variateurs de vitesse électronique, ce procédé permet de faire varier la puissance de l'installation de 10 à 100% , car les variateurs de vitesses font varier la vitesse à couple constant.*

### **VII.3 Décompression des cylindre.**

*Principe: On maintient ouvert le clapet d'aspiration lors de la remontée du piston de ce fait les gaz retournent dans le collecteur d'aspiration. Ce procédé n'est utilisé que sur les compresseurs multi-cylindres et ne concerne au maximum qu'un tiers des cylindres car il faut continuer à produire des gaz H.P. lors de la réduction de puissance.*

## VII.4 By passage des gaz entre H.P. et B.P.

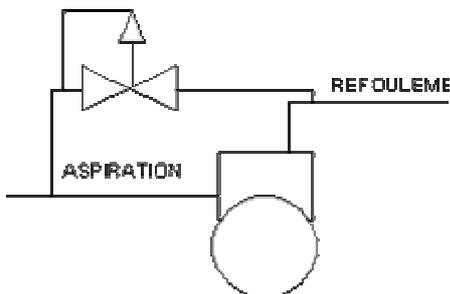


### VII.4.1 -Au niveau de la culasse:

*Principe: On met en communication la chambre de refoulement avec la chambre d'aspiration. 1/4 des cylindres doivent rester en fonctionnement normal. Au démarrage d'une installation équipée de ce système on met les cylindres concerné "Hors service" pour avoir un couple de démarrage plus faible.*

### VII.4.2 -Au niveau du circuit fluide:

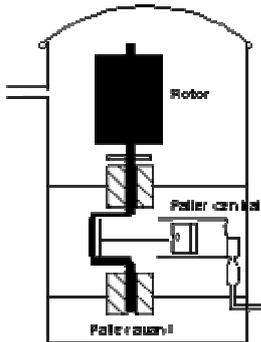
*Principe: On monte au niveau du circuit une tuyauterie de by pass entre le refoulement et l'aspiration du compresseur. Sur ce tube est installé une vanne de by-pass appelée régulateur de capacité.*



## VIII. Compresseurs hermétiques.

### VIII.1 Constitution.

Le moteur électrique et le compresseur sont enfermés dans une cloche métallique soudée, de ce fait aucune réparation n'est possible sur les compresseurs hermétiques. L'arbre moteur et l'arbre du compresseur sont communs, la tuyauterie interne de refoulement est équipée d'un silencieux, l'ensemble moteur-compresseur est monté sur des suspensions.



Compte tenu des conditions de fonctionnement très étendues et des applications très variées, les constructeurs ont réparti les compresseurs hermétiques en trois catégories:

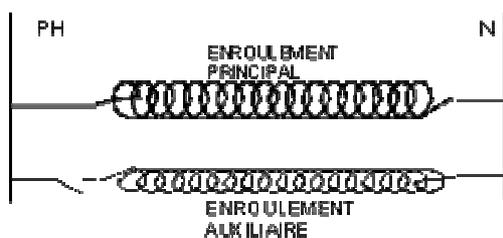
- Compresseurs Haute Pression
- Compresseur Basse Pression
- Compresseurs de conditionnement d'air (généralement au R22)

De ce fait tous les compresseurs n'auront pas le même type de démarrage, le couple au démarrage dépendra de l'application..

### VIII.2 Démarrage des compresseurs monophasés.

Les moteurs électriques équipant les compresseurs sont des moteurs asynchrones monophasés à rotor à cage en court circuit. Ces moteurs ne peuvent démarrer seul; ils nécessitent un dispositif spécial de démarrage.

## COMPRESSEURS A PISTON



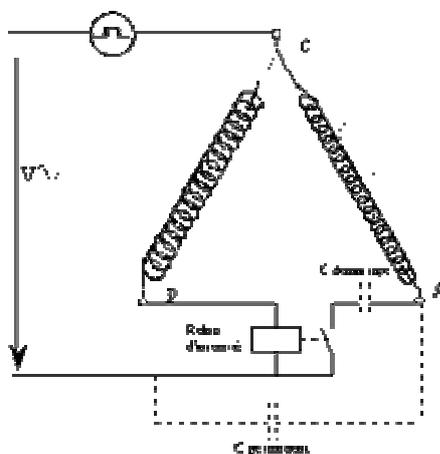
### VIII.3 Démarrage par phase auxiliaire

*Principe: On incorpore un enroulement auxiliaire qui crée un déphasage et provoque ainsi un champ tournant qui permet le démarrage du moteur.*

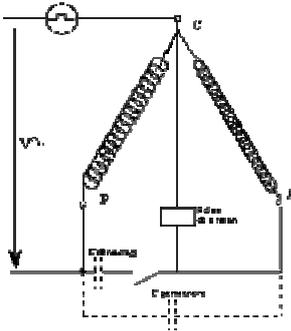
*Après la phase de démarrage il faut mettre hors service l'enroulement auxiliaire. On peut utiliser un relais d'intensité ou un relais de tension.*

#### VIII.3.1 Dispositif à relais d'intensité.

*Des condensateurs de démarrage et permanent peuvent être insérés pour améliorer le couple de démarrage et diminuer l'intensité absorbée.*



## VIII.3.2 Dispositif à relais de tension.



## VIII.4 Repérage des enroulements

Les enroulements auxiliaire et permanent sont déjà reliés entre eux dans la carcasse du compresseur:

De la carcasse du compresseur sortent trois bornes de connexion du moteur; 1 2 3.:



Pour effectuer le repérage de ces trois bornes il faut mesurer à l'aide d'un ohmmètre la résistance entre chaque point. La résistance la plus faible correspond à l'enroulement permanent, la résistance intermédiaire correspond à l'auxiliaire et la résistance la plus élevée doit être la somme des deux autres.

exemple:

$$R \text{ entre } 1 \text{ et } 2 = 8 \text{ ohms}$$

$$R \text{ entre } 2 \text{ et } 3 = 12 \text{ ohms}$$

$$R \text{ entre } 1 \text{ et } 3 = 20 \text{ ohms}$$

Conclusion la borne 2 est la borne commune C, la borne 1 est la borne de l'enroulement permanent P, le point 3 est celui de l'enroulement auxiliaire.

Remarque: il faut débrancher les fils électriques connectés sur les bornes pour effectuer les mesures de résistances. Il est recommandé aussi d'effectuer une mesure de résistance avec le calibre le plus élevé de l'ohmmètre entre une des

## **COMPRESSEURS A PISTON**

borne et la masse, la résistance doit être infinie dans le cas contraire on peut affirmer qu'un des enroulements est en contact avec la carcasse du compresseur (compresseur grillé).

### **Fonctionnement**

Lorsque le volant tourne, entraîné lui-même par une machine électrique ou thermique, le piston est animé d'un mouvement alternatif sinusoïdal.

Lorsqu'il descend, la pression dans le cylindre diminue. Dès qu'elle est inférieure à celle en amont du clapet d'aspiration, celui-ci s'ouvre, laissant l'air entrer à l'intérieur (aspiration).

Lorsqu'il monte, la pression dans le cylindre augmente. Dès qu'elle dépasse la pression au-dessus du clapet de refoulement, celui-ci s'ouvre et laisse échapper l'air vers la sortie (échappement).

Ici, les clapets sont actionnés par des différences de pression et non par un arbre à cames comme dans les moteurs de voiture. La présence de ressorts, même faibles, diminue le rendement, car ils augmentent les différences de pression nécessaires à leur ouverture.

### **a. Cycles de compression**

Les cycles de compression représentés dans la figure 6 montrent l'évolution de la pression en fonction des déplacements du piston.

### **b. Le cycle idéal**

Compression (Voir figure 6) : le piston amorce son mouvement vers les clapets. L'air contenu dans le cylindre est comprimé, sa pression et sa température augmentent. Cette phase correspond à l'arc de courbe AB.

### **c. Refoulement**

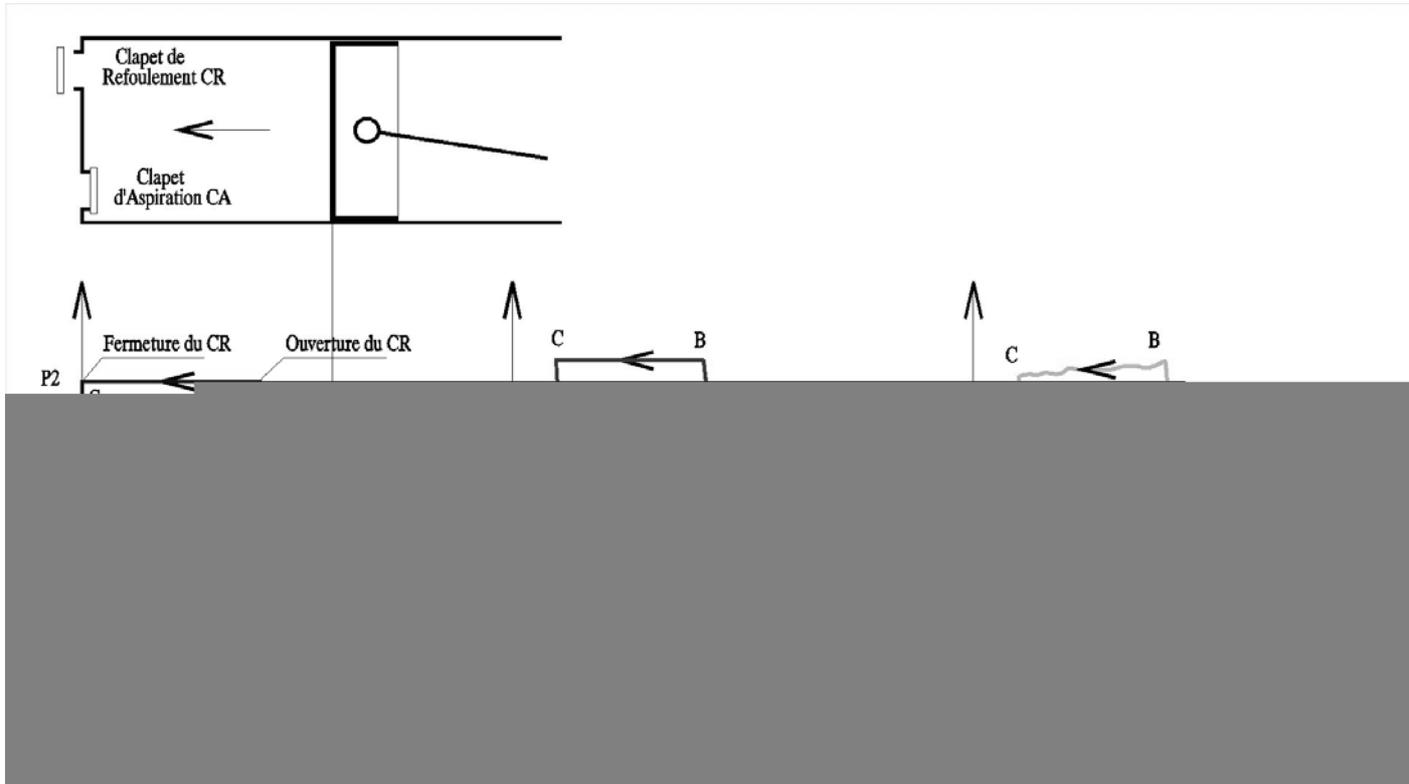
Au moment où la pression dans le cylindre atteint la pression  $P_2$ , le clapet de refoulement s'ouvre et l'air est évacué vers l'utilisation sous la pression  $P_2$ , jusqu'au moment où le piston atteint la fin de sa course. Cette phase est représentée par la droite BC. Nous supposons qu'en fin de course le piston vient exactement toucher le bas de la culasse et donc qu'il n'y a plus d'air dans le cylindre.

### **d. Aspiration**

Le piston amorce son retour en s'éloignant des clapets. Comme, en théorie, il n'y a pas d'air résiduel dans le cylindre, on a simultanément et instantanément : fermeture du clapet de refoulement, chute de la pression de  $P_2$  à  $P_1$  et ouverture du clapet d'aspiration.

## COMPRESSEURS A PISTON

Cette phase est représentée par la droite CD. Ceci fait, de D en A, c'est-à-dire pendant la totalité de la course du piston, l'air pénètre dans le cylindre. Arrivé en A, le piston amorce son mouvement de retour, le clapet d'aspiration se ferme et un nouveau cycle commence.



**Figure 6 Cycles de compression**

### e. Cycle théorique

*En fait : les clapets présentent une certaine résistance à l'ouverture, due aux ressorts de rappels dont ils sont munis. Leur ouverture ne s'effectue donc que lorsque la pression aval est légèrement inférieure à la pression amont.*

*Pour la même raison, la fermeture se fait avec une légère avance. Il s'ensuit que la phase d'aspiration "DA" s'effectue, pour une pression dans le cylindre légèrement inférieure à la pression atmosphérique  $P_1$  et que la phase de refoulement BC s'effectue pour une pression dans le cylindre légèrement supérieure à  $P_2$ .*

*Par ailleurs, le passage de l'air à travers les clapets crée une légère perte de charge dont l'effet s'ajoute au précédent.*

*De plus, contrairement à l'hypothèse précédente, il existe toujours un volume résiduel appelé "espace mort" entre le piston et la culasse (la distance étant de 0,5 à 1mm). Pour que le clapet d'aspiration s'ouvre, il faut que le piston redescende suffisamment de façon que la pression à l'intérieur du cylindre tombe en dessous de la pression en amont.*

### f. Le cycle réel

## COMPRESSEURS A PISTON

Enfin l'inertie des clapets et l'inertie du gaz en mouvement provoquent des phénomènes complexes qui font que les pressions ne peuvent varier brutalement et, que parfois, elles oscillent avant de se stabiliser. Ceci a pour effet de déformer la courbe du cycle théorique.

### **g. Taux de compression**

La pression maximum que peut fournir un compresseur est égale au produit de la pression de l'air prélevé par le taux de compression qui s'écrit "  $\gamma$  ", en lettre grecque. Le taux de compression est, en théorie, le rapport entre le volume maximum et minimum qui se trouve au-dessus du piston pendant son mouvement alternatif, voir figure 7.

Lorsqu'on comprime de l'air, il s'échauffe, donc il se dilate, ce qui provoque une augmentation supplémentaire de pression. Cette augmentation de pression n'est pas utilisable, car, de toute façon après un certain temps, l'air revient à la température ambiante.

Le taux de compression que l'on peut obtenir avec un seul étage est inférieur à 10. En effet, pour des raisons mécaniques, il est limité par le volume mort minimum que l'on peut réaliser, par les fuites aux pistons, aux clapets et par l'élévation de température que peuvent supporter les matériaux utilisés.

D'autre part, on n'utilise pas souvent un étage de compression à la pression maximum qu'il peut fournir. On ne peut donc pas, avec un seul étage, atteindre les hautes pressions de 200 à 300 bar dont on a besoin.

### **h. Débit engendré**

C'est le produit de la cylindrée du premier étage du compresseur par la vitesse de rotation.

### **i. Rendement volumique**

C'est le rapport : volume aspiré / volume engendré. Ce rendement varie avec la pression qui règne, en aval de l'étage et dans l'espace mort, lorsque le piston est au point mort haut. Cette pression empêche le clapet d'aspiration de s'ouvrir immédiatement, dès que le piston commence à redescendre.

Appelons :

- **$\gamma$**  : le rendement volumique en % ( $\gamma$  se prononce gamma en lettre grecque) ;
- **$P_{am}$**  : la pression en amont en bars ;
- **$P_{av}$**  : la pression en aval en bars ;
- **$V_a$**  : le volume aspiré en litres par tour ;
- **$V_e$**  : le volume engendré en litres par tour ;
- **$V_m$**  : le volume mort en litres.

## COMPRESSEURS A PISTON

Avant de pouvoir aspirer une nouvelle quantité d'air, le piston doit redescendre de telle façon que le volume au-dessus du piston devienne :  $V_m \times P_{av} / P_{am}$ . Le volume total étant  $V_e + V_m$ , le volume aspiré sera donc

$$V_a = (V_e + V_m) - (V_m \times P_{av} / P_{am}).$$

On en déduit le rendement volumique :  $g = V_a / V_e$

$$g = 1 - \frac{V_m}{V_e} \left( \frac{P_{av}}{P_{am}} - 1 \right)$$

Pour  $V_e = 100 \text{ cm}^3$  ;  $V_m = 5 \text{ cm}^3$  ;  $P_{av} = 8 \text{ bar}$  ;  $P_{am} = 1$  : on a un rendement de **65%**.

Pour  $V_e = 100 \text{ cm}^3$  ;  $V_m = 10 \text{ cm}^3$  ;  $P_{av} = 11 \text{ bar}$  ;  $P_{am} = 1$  : on a un rendement qui tombe à **zéro**. Onze bar est donc la pression maximum que peut délivrer un tel étage.

On remarque aussi que quand la pression de sortie de l'étage augmente, son rendement volumique diminue.

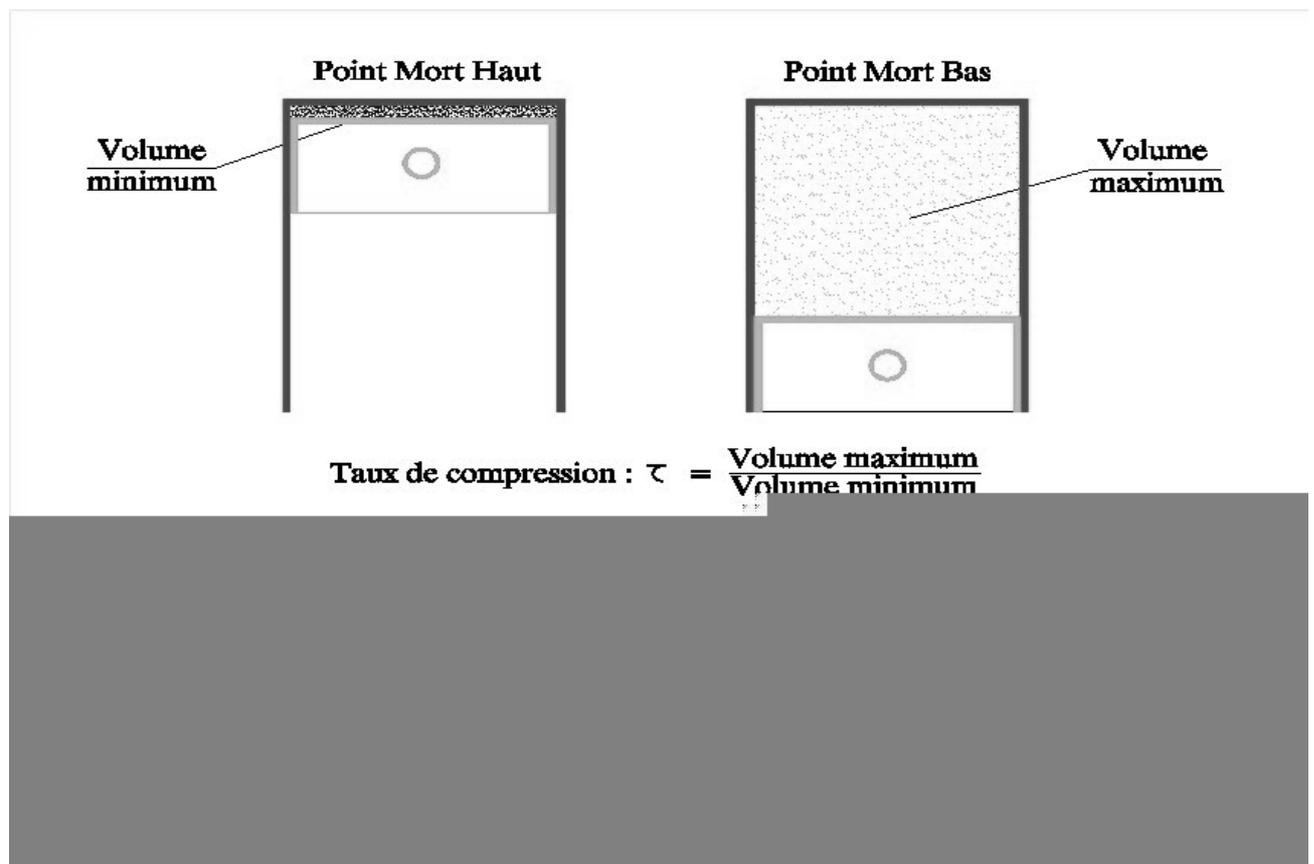


Figure 7 Pressions inter-étages

### IX. Le compresseur multi-étagé

#### IX.1 Taux de compression

**Le faible taux de compression possible avec un compresseur à un étage conduit à disposer plusieurs étages en série.**

Si on appelle  $t_1$ ,  $t_2$ ,  $t_3$ ... le taux respectif de chaque cylindre, le taux résultant sera :

$$r = r_1 \times r_2 \times r_3$$

et, la pression de sortie maximum sera :

$$P_{\text{sortie}} = P_{\text{entrée}} \times r$$

On réalise ainsi couramment des compresseurs de 3 ou 4 étages, en utilisant des taux de compression de 4 à 6 par étage. Ceci permet d'obtenir des pressions utiles de 200 à 360 bar (voir figures 7 et 8).

On voit aussi l'importance de ne pas avoir de filtre d'entrée colmaté. Cela réduit la pression à l'entrée du compresseur ce qui réduit proportionnellement la pression à la sortie. Il en est de même en altitude ou la pression atmosphérique est plus faible. Il faut alors que la réserve de pression soit suffisante pour atteindre la pression souhaitée.

On remarque que la course des différents pistons est la même. Pour équilibrer les efforts sur le moteur, les manetons sont décalés de 30 à 90°. On peut envisager de décaler les cylindres eux-mêmes et tenter de les mettre dans un même plan. On obtient ainsi des compresseurs en V, en W ou en étoile beaucoup plus compacts et faciles à ventiler.

Il y a plusieurs avantages à utiliser des compresseurs multi-étagés :

1. Le rendement volumétrique est supérieur.
2. La puissance absorbée est plus faible.
3. Les températures en sortie de chaque étage sont moins élevées.

Il est cependant rare de dépasser 5 étages car, cela augmente considérablement la complexité mécanique et diminue le rendement en raison des pertes de charges qui ne manquent pas de se produire dans les différentes parties du compresseur.

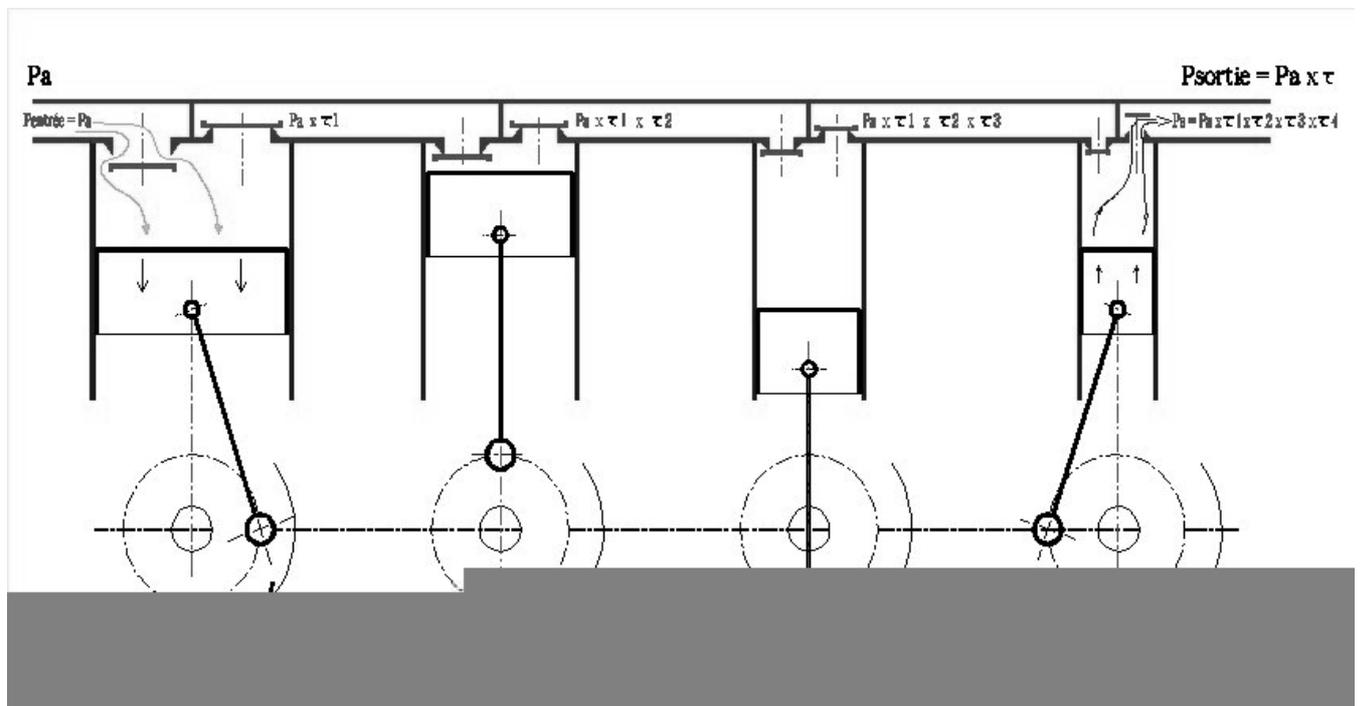
## IX.2 Débits

### **Débit engendré**

*Il est le même que pour le compresseur mono-étagé. Cependant comme nous le verrons, dans certains cas, il y a parfois lieu de tenir compte de la présence de 2 pistons pour un seul étage.*

### **Débit de remplissage**

*C'est le débit calculé à partir du temps mis à remplir une capacité de volume connu, à une pression définie. La différence avec le débit engendré vient essentiellement des pertes par les fuites qui ne manquent pas de se produire entre le piston et le cylindre et les purges, indispensables, que nous étudierons plus loin.*



**Figure 8 Compresseur multi-étagé**

*Le résultat doit, en toute rigueur, être affecté de corrections en fonction de la température et de la pression, voir figure 3. Un compresseur qui, par exemple, absorbe  $45 \text{ m}^3$  d'air peut n'en restituer que 30.*

*A la pression atmosphérique et à  $20^\circ\text{C}$  le débit de remplissage s'exprime en  $\text{m}^3/\text{heure}$  ou en litre/minute. C'est l'une des caractéristiques principales d'un compresseur*

*A la pression atmosphérique, mais à  $0^\circ\text{C}$ , la quantité d'air délivrée est exprimée en Normaux  $\text{m}^3$ . Dans ce cas  $\text{m}^3$  devra être précédé de la lettre N ( $\text{Nm}^3$ ).*

## IX.3 Production de chaleur

## COMPRESSEURS A PISTON

Comme nous l'avons vu au chapitre précédent, la compression de l'air s'accompagne toujours d'une forte élévation de température.

Les compresseurs à 3 étages ont des taux de compression plus élevés que ceux qui en ont 4. Chaque étage chauffe donc davantage. Le compresseur étant une machine mécanique, les différents frottements provoquent aussi des échauffements.

Il existe des craies dont la couleur change avec la température et qui peuvent être utilisée pour surveiller le fonctionnement d'un compresseur (craies "Thermo-chrome" au chlorure de cobalt qui sont bleues et virent au noir au-dessus de 200° C).

### IX.4 Production de particules métalliques

Les frottements, métal contre métal, libèrent des particules métalliques.

### IX.5 Production d'huile

L'utilisation d'un lubrifiant permet de réduire les frottements donc la production de particules métalliques et de participer au refroidissement des différentes pièces.

Mais, l'addition d'huile dans le circuit d'air du compresseur implique que l'on en retrouve à la sortie, sous différentes formes : vapeur, aérosol ou liquide. Or l'huile, quelle qu'elle soit, est toxique. De plus, une certaine partie, en brûlant forme des dépôts de calamine sur les clapets et les parties les plus chaudes des boîtes à clapets. L'huile est ainsi le principal polluant dans un compresseur.

### IX.6 Production d'eau

La compression de l'air, surtout suivie d'un refroidissement, provoque la condensation de la vapeur d'eau qui y est contenue.

Il est bon de rappeler les inconvénients de la présence d'eau dans l'air comprimé :

- L'eau produite étant incompressible, risque de provoquer des dégâts mécaniques dans le compresseur, (ce n'est pas une pompe hydraulique).
- Détérioration par corrosion des tuyauteries et des volumes de stockage.
- Détérioration des bouteilles par oxydation. L'eau augmente, par catalyse, l'oxydation de l'acier en modifiant les règles électrochimiques de surface. De plus, bien que distillée, elle est légèrement acide ; elle contient des impuretés ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}_2$ ) qui ont une action d'acidification de l'eau par création des acides correspondants ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{NO}_3\dots$ ) Elle a ainsi un effet oxydant néfaste, si elle se retrouve dans les bouteilles de plongée.
- Pertes de charge supplémentaires.
- Risque de gel et d'obstruction des tuyaux, par temps froid.
- Gel par combinaison détente/froid, dans les détendeurs de plongée.

La quantité d'eau qui s'élimine par condensation dépend de l'humidité relative de l'air prélevé. Celle-ci peut aller de 40 à 100%. Elle dépend aussi du taux de compression et du refroidissement. La quantité d'eau produite est inversement proportionnelle à la température en Kelvin.

## IX.7 Les condensats

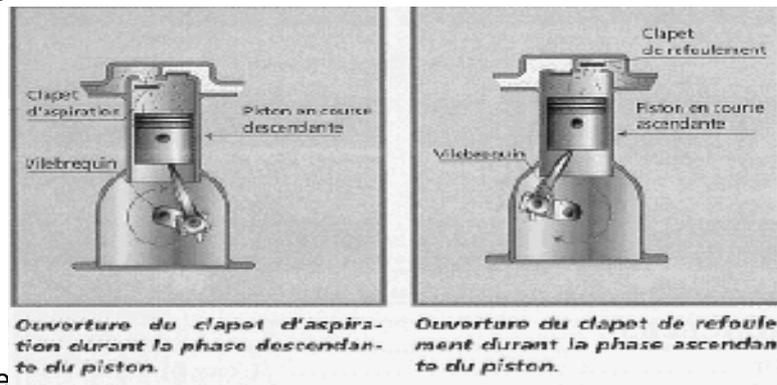
L'eau, l'huile, les poussières forment une émulsion de couleur laiteuse qu'on appelle condensats. On les retrouve après les différents étages et il est nécessaire de les éliminer. Nous allons étudier cela au chapitre suivant.

### Les compresseurs :

Le compresseur et le coeur de l'installation, il aspire le fluide frigorigène pour ensuite le refouler et ainsi le véhiculer dans toute l'installation.

#### 1:compresseur a piston

C'est le vilebrequin qui

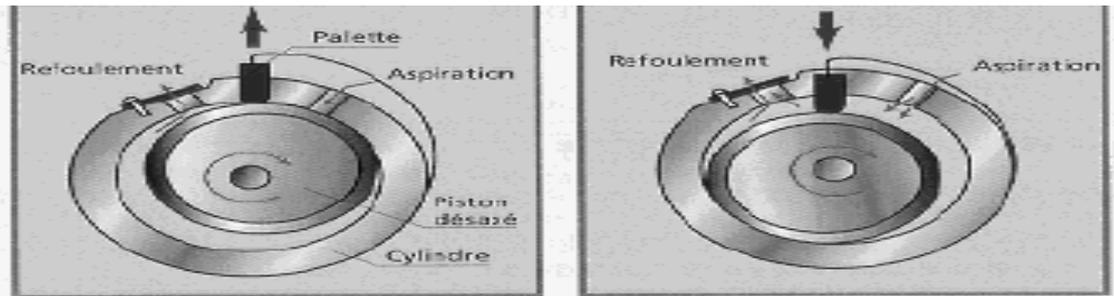


actionne par rotation le piston, la descente du piston force l'ouverture du clapet aspiration, le gaz entre, puis dans un second temps il est refoulé quand le piston remonte ouvrant le clapet de refoulement

Ce type de compresseur, peut être à un ou plusieurs cylindres, solide mais d'un niveau sonore pas toujours optimal à cause du type de transmission.

#### 2:compresseur rotatif

## COMPRESSEURS A PISTON



La chambre de compression est créée entre le piston et le cylindre. Le diamètre du piston est inférieur à celui de l'intérieur du cylindre. L'axe excentré du piston lui permet de "rouler" contre l'intérieur du cylindre.

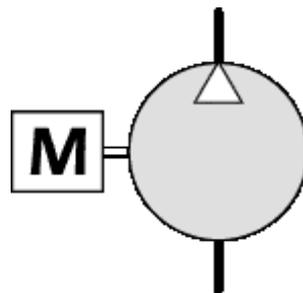
C'est un piston cylindrique, qui crée la compression, il est décentré sur son axe, la rotation de celui-ci crée les deux chambres, aspiration et refoulement, une palette les sépare.

Cette technologie de compresseur de plus en plus employée dans les petites puissances, est d'une grande souplesse de fonctionnement.

X. Le compresseur

### X.1 Fonction globale

Assurer un débit de gaz frigorigère sous haute pression.



Symbole

### X.2 Organisation structurelle

Les compresseurs couramment utilisés sur les véhicules sont du type axial alternatif à 5 ou 7 pistons. Le moteur du véhicule assure l'entraînement par poulie et courroie. Un embrayage électromagnétique permet de désaccoupler l'arbre du compresseur.

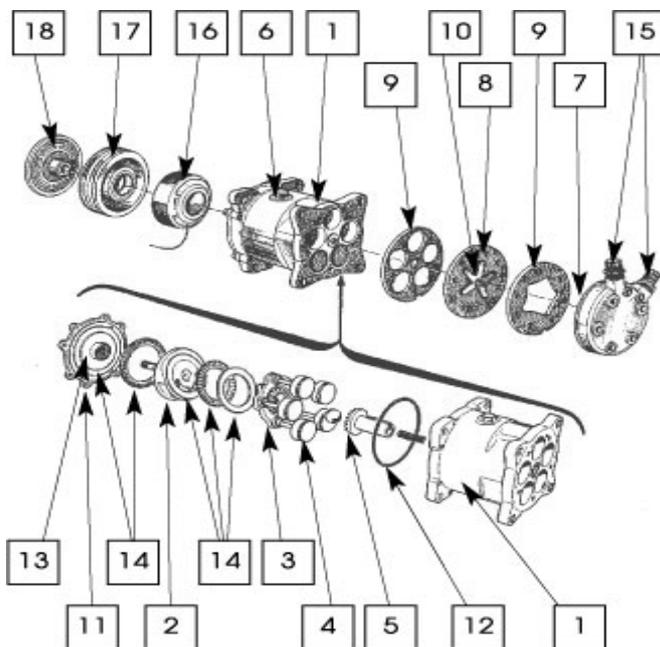
## COMPRESSEURS A PISTON

### X.3 Principe de fonctionnement

Après l'alimentation du bobinage d'embrayage en énergie électrique, le plateau de commande (1) est entraîné par le rotor à cames (2). Durant cette rotation, les bielles fixées sur le plateau de commande au moyen de rotules serties, transmettent aux pistons (4) la translation engendrée par l'inclinaison du rotor à cames. Un mouvement axial alternatif de chaque piston est ainsi obtenu. L'engrenage (5) assure le maintien en rotation du plateau de commande et assure la fonction rotation.

Un ensemble de clapets à lames (10), situé dans la culasse (7), assure le déroulement du cycle aspiration/refoulement du fluide frigorigène dans chacun des cylindres.

Le mécanisme du compresseur est lubrifié par une huile spéciale, d'un volume prescrit par le constructeur, introduit avant la mise en service du système.

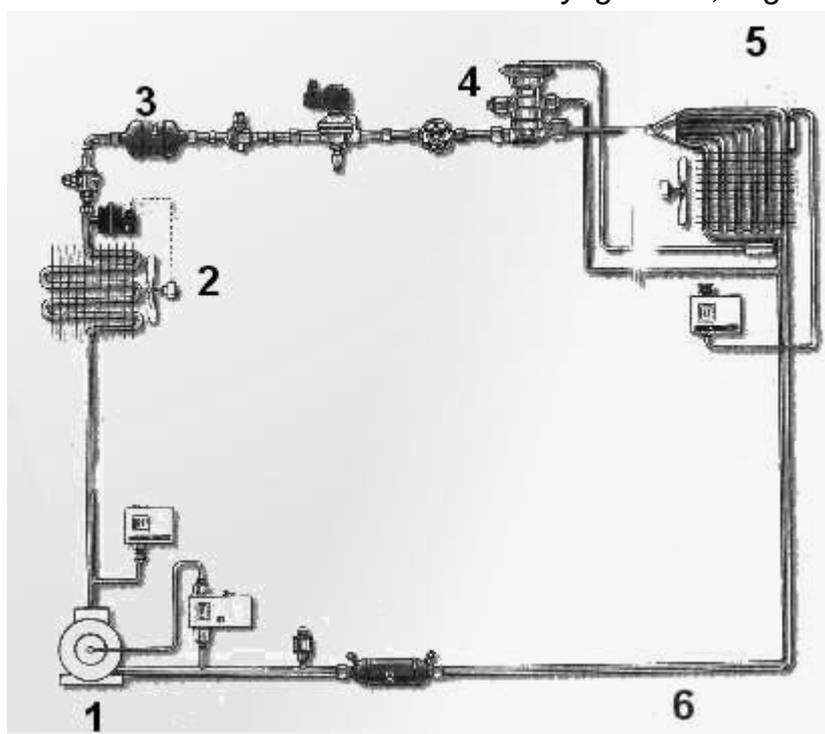


- 1 --> corps de compresseur ;
- 2 --> rotor à cames équilibrées ;
- 3 --> plateau de commande des bielles et pistons ;
- 4 --> pistons avec segments ;
- 5 --> engrenage guide ;
- 6 --> bouchons de remplissage et de contrôle du niveau d'huile ;
- 7 --> culasse en alliage léger ;
- 8 --> siège de clapets d'admission et de refoulement ;
- 9 --> joint de culasse ;
- 10 --> clapets d'admission et de refoulement ;
- 11 --> couvercle porte palier d'arbre ;
- 12 --> joint torique d'étanchéité ;
- 13 --> bague d'étanchéité frontale ;
- 14 --> chemins de roulement ;
- 15 --> raccords d'entrée et de sortie du fluide ;
- 16 --> bobinage de l'embrayage ;
- 17 --> poulie d'entraînement ;
- 18 --> plateau de liaison.

## COMPRESSEURS A PISTON

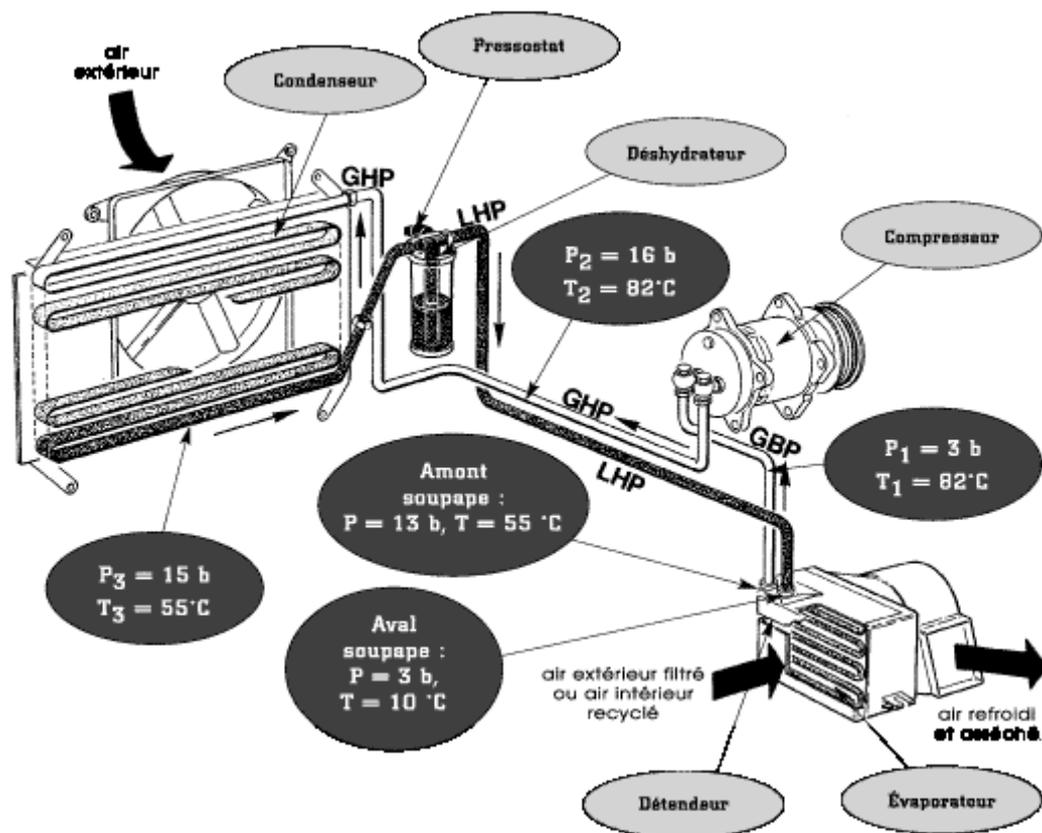
### Exemple de caractéristiques d'un compresseur Sanden SD 506

Nombre de cylindres	5
Course des pistons	35 mm
Alésage	22,6 mm
Régime rotation	6000 tr/mn
Volume d'huile	207 ± 30 cm <sup>3</sup>
Poid avec embrayage	5,5 kg



### Partie fluïdique

## COMPRESSEURS A PISTON



GHP --> Gaz Haute Pression  
LHP --> Liquide Haute Pression  
GBP --> Gaz Haute Pression

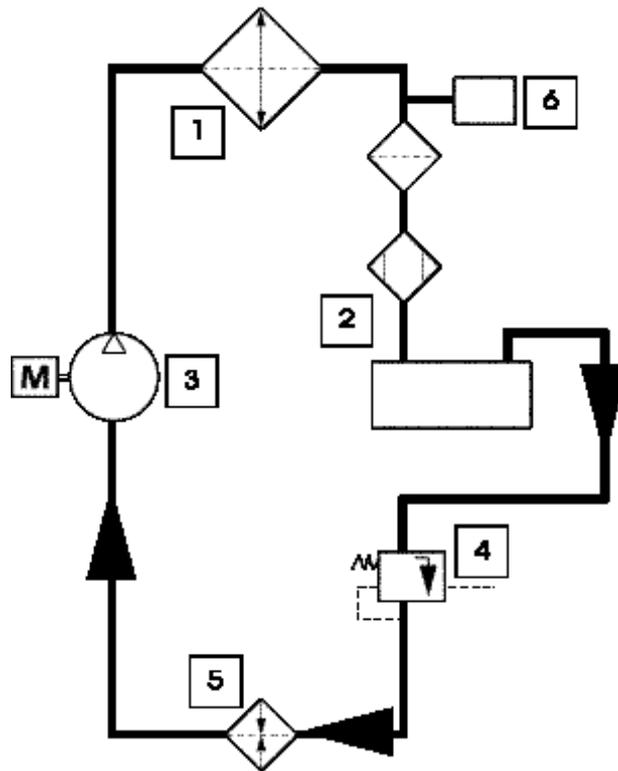
Les valeurs de pression et de températures, relevées sur véhicule, sont indiquées à titre d'exemple pour la bonne compréhension de fonctionnement du système lors du changement d'état du fluide frigorigène.

### X.4 Entretien périodique du système

Chaque année, un contrôle de la charge du fluide s'impose, ainsi que l'échange du filtre de l'habitacle.

Tous les deux ans, une visite générale sera effectuée (état des flexibles, courroies, ...) avec l'échange du filtre déshydrateur.

## COMPRESSEURS A PISTON



*Schéma symbolisé de la partie fluide*

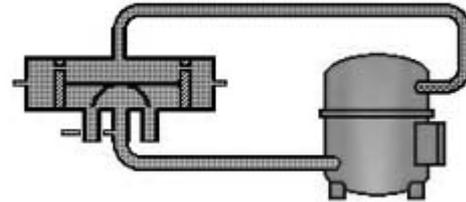
- 1 --> condenseur ;
- 2 --> déshydrateur ;
- 3 --> compresseur ;
- 4 --> détendeur ;
- 5 --> évaporateur ;
- 6 --> pressostat.

## Les risques de pannes :

La panne la plus délicate pouvant arriver à une V4V est vraisemblablement le blocage du tiroir en position intermédiaire.

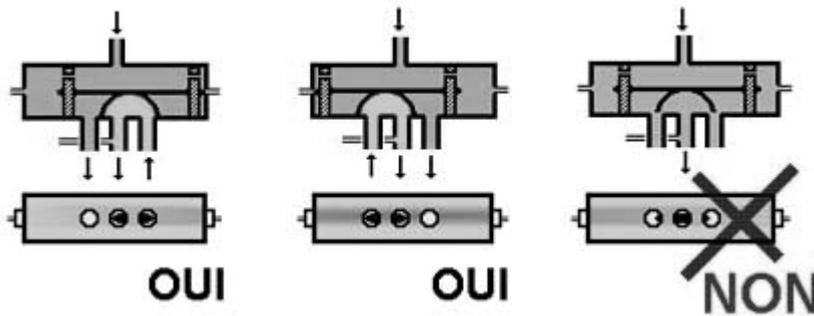
A ce moment, les 4 voies sont en communication ce qui provoque un court circuit plus ou moins franc entre la HP et la BP, selon la position du tiroir au moment du blocage. Cela donne alors tous les symptômes d'un compresseur trop petit : Puissance frigorifique réduite, HP faible et BP élevée (voir : Panne du compresseur trop petit, page 139).

Tiroir bloqué en position intermédiaire ...



= court circuit entre HP et BP

Ce blocage peut être provoqué accidentellement à cause même de la conception de la vanne. En effet, le tiroir pouvant circuler librement à l'intérieur de la vanne, il peut bouger et se trouver en position intermédiaire au lieu d'être en butée franche, à la suite de chocs ou de vibrations (par exemple pendant le transport).



Si la V4V n'est pas encore installée, et donc qu'il a la chance de l'avoir entre les mains, le monteur devra impérativement **TOUJOURS** vérifier la position du tiroir en

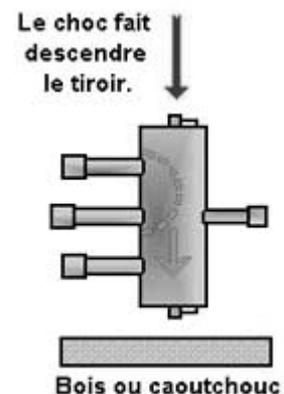
observant l'intérieur de la vanne par les 3 orifices inférieurs.

Il pourra ainsi très simplement s'assurer de la position exacte du tiroir **car une fois la vanne brasée, il sera trop tard pour regarder à l'intérieur !**

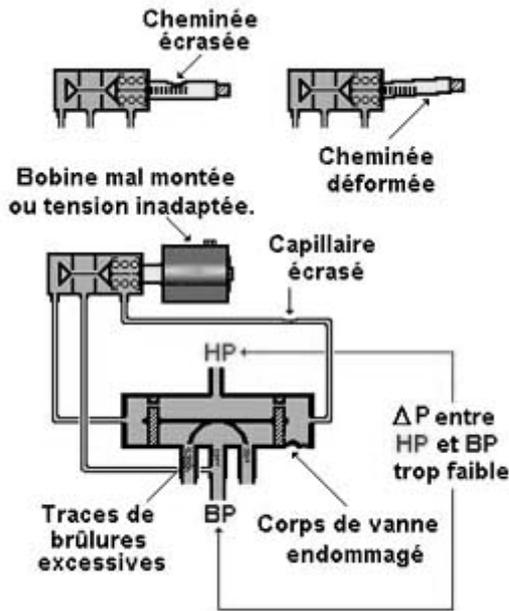
Si le tiroir est mal positionné (exemple de droite, ci-dessus), il sera possible de l'amener dans la position désirée en tapant l'extrémité de la vanne contre une planche ou un morceau de caoutchouc.

Ne frappez jamais la vanne contre une masse métallique, vous risqueriez d'en écraser l'extrémité et de la détériorer très sérieusement.

Cette technique très simple permet par exemple de positionner le tiroir d'une V4V neuve en position refroidissement (refoulement dirigé sur la batterie extérieure) avant de l'installer en remplacement de la V4V défectueuse d'un climatiseur réversible (si on est en plein été).



## COMPRESSEURS A PISTON



De nombreuses autres causes peuvent être à l'origine d'un blocage du tiroir en position intermédiaire.

Par exemple, le corps de la vanne peut avoir été endommagé à la suite d'un choc et ne plus être parfaitement cylindrique, ce qui empêche la libre circulation du tiroir.

Un capillaire (ou plusieurs) peut être écrasé ou déformé, ce qui réduit son diamètre et ne permet plus une chute de pression suffisante pour actionner correctement le tiroir (rappelons une nouvelle fois que le diamètre des capillaires est supérieur au diamètre du petit orifice percé sur chaque piston)

Des traces de brûlures excessives sur le corps de la vanne et un mauvais aspect des

brasures constituent une bonne indication sur la compétence du monteur qui tenait le chalumeau lors du brasage. En effet, il est impératif de protéger le corps de vanne avec des chiffons mouillés ou de la tresse d'amiante mouillée pendant le brasage car les pistons et le tiroir sont entourés d'un joint d'étanchéité en nylon qui permet aussi de favoriser le coulisement de l'ensemble à l'intérieur de la vanne. Au moment du brasage, si la température du nylon dépasse environ 100°C, il perd ses caractéristiques et le joint est irrémédiablement endommagé, ce qui entraîne de fortes probabilités de bloquer le tiroir à la première tentative d'inversion de cycle !

Rappelons que c'est la différence de pression entre la HP et la BP qui permet le déplacement rapide du tiroir lors de l'inversion de cycle. Il est donc impossible de manoeuvrer le tiroir si ce DP est trop faible (on estime généralement ce DP minimum à environ 1 bar). Ainsi, si on manoeuvre l'électrovanne pilote alors que le DP est insuffisant (par exemple si le compresseur vient juste de démarrer), le tiroir ne peut pas se déplacer franchement et il risque de se bloquer en position intermédiaire.

Un blocage du tiroir peut aussi provenir d'un dysfonctionnement de l'électrovanne pilote, par exemple une tension trop faible ou un montage mécanique incorrect de la bobine. Notez qu'une cheminée écrasée (à la suite d'un choc) ou déformée (lors d'un démontage ou d'une chute) ne permet plus à la masselotte de coulisser normalement, ce qui peut également entraîner un blocage de la vanne.

Il n'est pas inutile de rappeler qu'un circuit frigorifique doit être absolument impeccable. En effet, si les copeaux de cuivre, les particules de brasure ou de décapant ne sont pas les bienvenus dans un circuit frigorifique classique, ils risquent **en plus** de coincer le tiroir ou d'obstruer un orifice ou un capillaire sur la V4V. Pensez y et prenez un maximum de précaution lorsque vous serez amené à intervenir sur un tel circuit.

Enfin, signalons qu'il est fortement recommandé de monter la V4V horizontalement afin d'éviter que le tiroir ne redescende, même légèrement, sous l'action de son

## COMPRESSEURS A PISTON

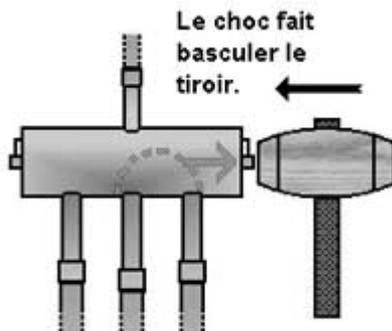
propre poids, ce qui pourrait créer une fuite permanente sur le pointeau de piston supérieur lorsque le tiroir serait en position haute.

Maintenant, une délicate question se pose : Que faut-il faire si le tiroir est coincé ?

Avant d'impliquer le fonctionnement de la V4V, le dépanneur devra d'abord s'assurer qu'il ne s'agit pas d'un problème frigorifique. Par exemple, un manque de charge en fluide frigorigène, en provoquant une diminution de la HP et de la BP, peut rendre le DP insuffisant pour permettre le déplacement franc et complet du tiroir.

Si l'aspect extérieur de la V4V (traces de choc ou d'échauffement) semble correct et que qu'on a la certitude qu'il ne s'agit pas non plus d'une panne électrique (on incrimine bien trop souvent la V4V, alors qu'il n'y a qu'un simple problème d'origine électrique), le dépanneur devra se poser la question suivante :

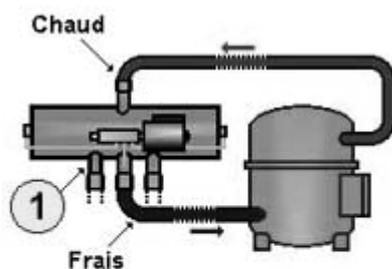
**Vu le régime de fonctionnement actuel (chauffage ou refroidissement) et la conception de cette installation (vanne pilote au repos = chauffage ou refroidissement), vers quelle batterie (intérieure ou extérieure) le compresseur devrait-il refouler en ce moment et quelle devrait être la position du tiroir ?**



Quand il a déduit avec certitude la position normale du tiroir (à droite ou à gauche), le dépanneur pourra achever son déplacement en frappant (légèrement mais sèchement) du côté désiré à l'aide d'un maillet en bois (si vous n'avez pas de maillet n'utilisez jamais un marteau ou une massette sans intercaler une planchette en bois, sinon vous risquez d'endommager sérieusement la vanne).

Dans l'exemple ci-contre, le coup de maillet **à droite** provoque le déplacement du tiroir **à droite** (malheureusement, les constructeurs ne laissent pas toujours suffisamment de place autour de la V4V !).

En dépannage, le diagnostic peut très souvent être renforcé par un simple toucher de la V4V.



Les 3 capillaires devraient être à la même température que le corps de la vanne.

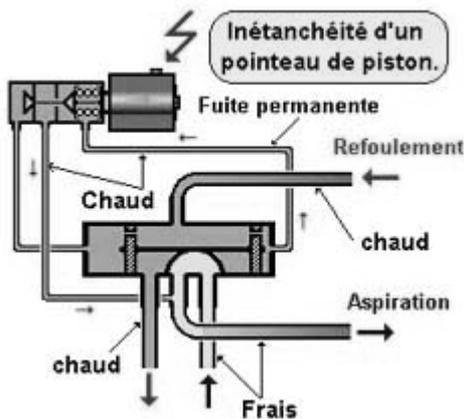
En effet, le tube de refoulement du compresseur doit être très chaud (**attention aux brûlures**, sa température peut frôler les 100°C dans certaines conditions de fonctionnement). Le tube d'aspiration est normalement plutôt frais.

Le tube 1 devrait donc être à la même température que le refoulement (si le tiroir est à droite) ou à la même température que l'aspiration (si le tiroir est à gauche). Le raisonnement est bien sûr identique pour le tube inférieur droit.

## COMPRESSEURS A PISTON

Nous avons vu qu'une petite quantité de gaz HP (donc très chaud) circule dans 2 des capillaires un bref moment lors de l'inversion de cycle (le capillaire du côté où se déplace le tiroir et celui relié à la voie commune de la vanne pilote). Ensuite cette circulation est interrompue par le pointeau de piston quand le tiroir arrive en butée et il ne doit plus y avoir aucun passage de gaz HP dans les capillaires. C'est pourquoi la température normale de ces capillaires (qu'on peut palper du bout des doigts) ainsi que celle du corps de la vanne pilote devrait être sensiblement identique à la température du corps de la vanne principale.

Si le toucher donne des résultats différents, il ne reste plus qu'à les interpréter...



Lors d'une visite d'entretien, le frigoriste trouve la BP un peu élevée et la HP un peu faible. Le tube inférieur gauche étant très chaud, il conclut que le tiroir est à droite. Au toucher, il constate que le capillaire droit et celui reliant la voie commune à l'aspiration sont anormalement chauds.

Il peut aussitôt conclure qu'une fuite permanente se produit entre la HP et la BP et donc que le pointeau de piston droit n'est pas étanche.

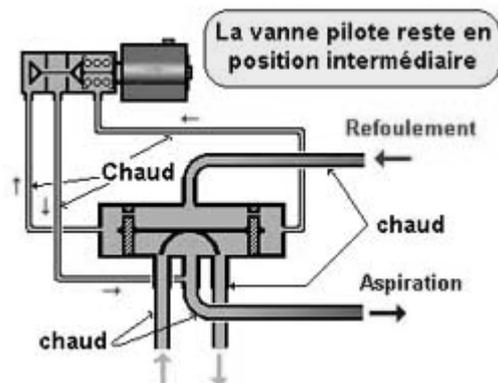
Il décide d'augmenter la HP (par exemple en bouchant avec un carton une partie du condenseur) de sorte à augmenter la pression différentielle. Il peut ainsi tenter d'achever la course du tiroir en butée droite. Ensuite, il provoque une inversion de cycle pour vérifier si tout est correct, puis il remet la V4V dans sa position initiale (**augmenter la HP** si la pression différentielle est un peu faible **et faire manoeuvrer la V4V sont généralement 2 excellents réflexes**).

Il peut ensuite tirer les conséquences de ses essais (dans tous les cas, si le débit de fuite persiste de manière excessive, il faudra prévoir de remplacer la vanne).

Dans l'exemple ci-contre, la HP est très faible et la BP est anormalement élevée. Comme les 4 tubes de la V4V sont plutôt chauds, le dépanneur conclut que le tiroir est coincé en position intermédiaire.

Un toucher des capillaires permet au dépanneur de constater qu'ils sont tous les 3 anormalement chauds, ce qui permet aussitôt de conclure que l'origine de la panne provient de la vanne pilote dont les 2 orifices restent ouverts en même temps.

Le dépanneur procède donc à un contrôle complet de la vanne pilote (montage mécanique de la bobine, raccordements électriques, tension d'alimentation, intensité



## COMPRESSEURS A PISTON

absorbée, aspect de la cheminée...) et il essaye de manoeuvrer plusieurs fois cette vanne pilote pour tenter de "décoller" une éventuelle impureté (si le défaut persiste, il faudra changer la vanne).

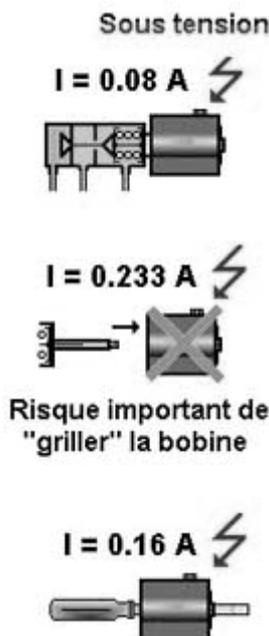
A propos de la bobine de la vanne pilote (et de toutes les bobines d'électrovanne en général), certains dépanneurs débutants hésitent à se prononcer quand il s'agit de savoir si elle fonctionne ou pas. En effet, ce n'est pas parce qu'il y a de la tension à ses bornes que la bobine est excitée : le fil peut être coupé.

Certains posent une lame de tournevis sur l'écrou de serrage de la bobine pour apprécier la qualité de l'aimant (mais ce n'est pas toujours évident), d'autres démontent la bobine, la font coulisser sur la cheminée en guettant le bruit caractéristique du noyau qui se déplace. D'autres encore démontent la bobine et passent un tournevis à l'intérieur pour voir s'il se fait "aspirer".

### Profitions en pour faire une petite mise au point...

Prenons comme exemple une classique bobine d'électrovanne dont la tension d'alimentation nominale est de 220V.

Les constructeurs acceptent en général une surtension continue de 10% (soit environ 240V) sans risque d'échauffement excessif pour la bobine et garantissent un fonctionnement correct avec une sous-tension continue de 15% (soit 190V). Ces limites d'utilisation se comprennent facilement : Si la tension d'alimentation est trop forte, la bobine chauffe exagérément et elle risque de griller. A l'inverse, une tension trop faible ne permettrait plus de magnétiser suffisamment le noyau pour attirer la masselotte (Voir : Problèmes électriques divers, page 377).



Si notre bobine prévue pour 220V a une puissance nominale de 10W, on pourrait facilement penser qu'elle absorbe une intensité  $I = P / U$  soit  $I = 10 / 220 = 0,045 \text{ A}$  (soit 45 mA).

En réalité, la bobine absorbe environ 0,08 A (soit 80 mA) car en courant alternatif  $P = U \times I \times \cos\phi$  et le  $\cos\phi$  d'une bobine d'électrovanne est généralement très voisin de 0,5.

La bobine étant sous tension, si on la retire de la cheminée l'intensité absorbée monte à 0,233 A (**soit presque 3 fois plus que la normale**). Comme l'échauffement dépend du carré de l'intensité, c'est dire que la bobine s'échauffe 9 fois plus que la normale et qu'elle a alors de fortes chances de griller rapidement !

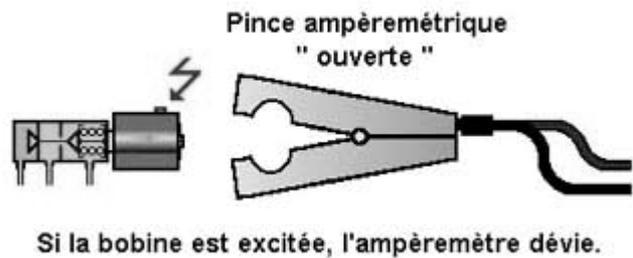
Si on introduit alors un tournevis dans la bobine alimentée, il se fait "aspirer" par le champ magnétique et l'intensité absorbée diminue légèrement (dans l'exemple la bobine absorbe encore 0,16 A, soit 2 fois plus que la normale).

**Tirez-en la conclusion qu'il ne faut jamais démonter une bobine sous tension car elle risque de griller très rapidement.**

## COMPRESSEURS A PISTON

Sans démonter la bobine, un bon moyen de savoir si elle est alimentée normalement consiste à en approcher une pince ampèremétrique que l'on tient bien " ouverte " et qui sert alors de détecteur de champ magnétique.

Dans l'affirmative, la pince ampèremétrique est influencée par le champ magnétique de la bobine et l'ampèremètre indique une intensité assez élevée (dont la valeur ne signifie absolument rien) mais cela permet rapidement de savoir à coup sûr si l'électro-aimant fonctionne correctement sur le plan électrique.



Notez que cette dernière technique de la pince ampèremétrique " ouverte " est valable sur tous les types de bobines alimentées en courant alternatif (électrovanne, transformateurs, moteurs...) dès l'instant où la bobine testée ne se trouve pas à proximité immédiate d'une autre source de rayonnement magnétique.

**COMPRESSEURS A PISTON**

**Module : COMPRESSEURS A PISTON  
GUIDE DES TRAVAUX PRATIQUES**

## COMPRESSEURS A PISTON

<b>FACTEUR</b>	<b>EVPORATEUR</b>
<i>Caractéristiques de construction</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* bonne conductivité du matériau</li> <li>* épaisseur minimale des parois</li> <li>* surface d'échange entendue</li> </ul>
<i>Médium de refroidissement</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*densité élevée</li> <li>*rapport chaleur sensible/chaleur latente supérieur égale à 1</li> <li>*écart de température moyenne le plus grand possible</li> </ul>
<i>Réfrigérant</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>*chaleur latente élevée</li> <li>*vitesse de département aussi grand que possible</li> </ul>
<i>Isolation thermique</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>* présence réduite au minimum</li> </ul>

### **Matériau de construction**

Les évaporateur destinés à contenir des réfrigérants chlorofluorés en cuivre et aluminium , règle générale

Les tube sont fait en cuivre alors que les ailettes sont en aluminium .Ce pendant , il arrive que l'on trouve des application spéciales des évaporateurs entièrement faits en cuivre , c'est le cas d'un évaporateur placé dans une atmosphère acide qui attaquent l'aluminium

Bien qu'ils soient plus coûteux les évaporateur sont entièrement

Dans les installations domestiques on trouve fréquemment des évaporateur dont les tubes et les ailettes sont fabriqués en aluminium



## COMPRESSEURS A PISTON

**II. TP 2 : intitulé du TP**      Réparation d'un compresseur à piston

**II.1. Objectif(s) visé(s) :** Réparer un compresseur à piston .

- 
- 

**II.2. Durée du TP:**

20heures .....

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

**a) Equipement :**

- Palmer
- Pied à coulisse

**b) Matière d'œuvre :**

- Chiffons
- Bac de récupération d'huile

**II.4. Description du TP :**

- contrôle des segments , contrôle d'usine des cylindres .
- contrôle de l'usine du maneton ou du tourillon de vilebrequin à l'aide d'un palmer.
- Contrôle l'équilibre du vilebrequin sur 2 règle bien horizontales.
- Contrôle de la hauteur d'affleurement des pistons .

**II.5. Déroulement du TP**

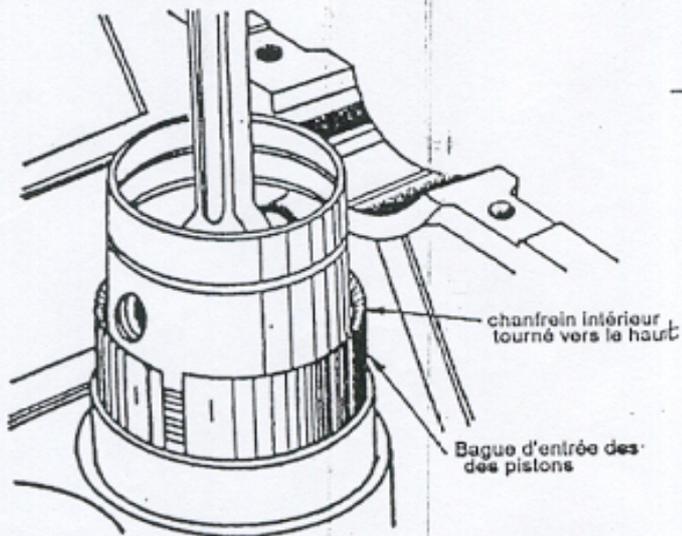
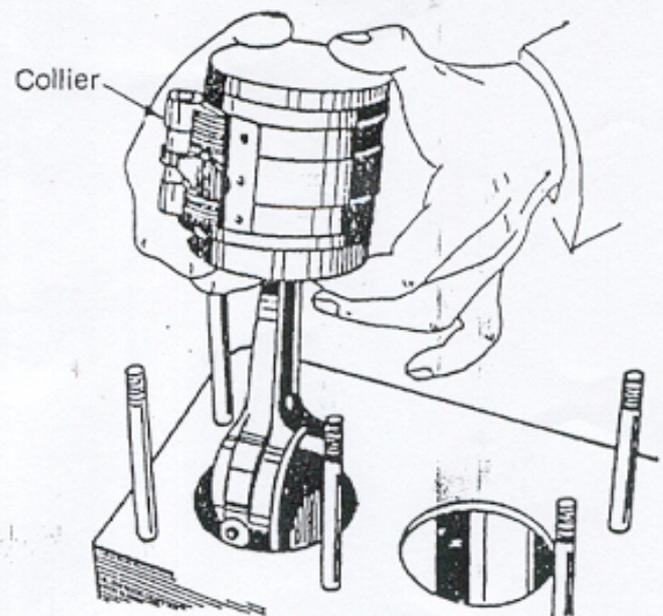
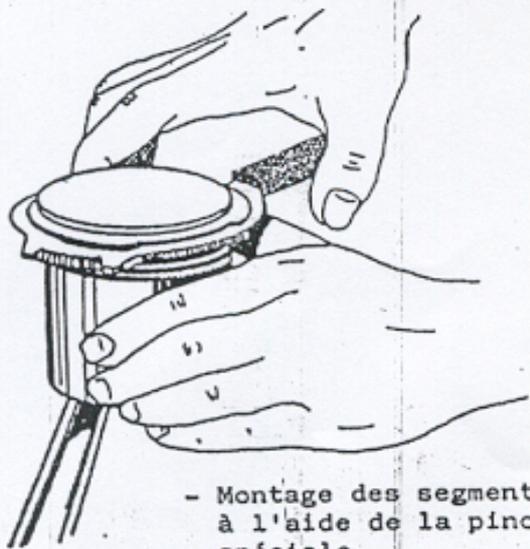
Effectuer le contrôle visuels , (L'état des surfaces) .

Effectuer les contrôles précis .

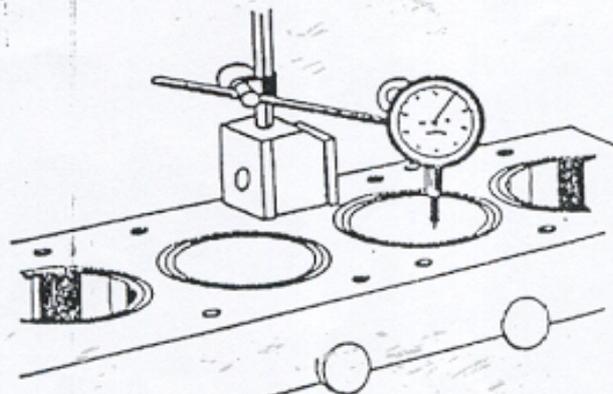
- L'ovalisation .
- La conicité .

.....  
.....

## COMPRESSEURS A PISTON

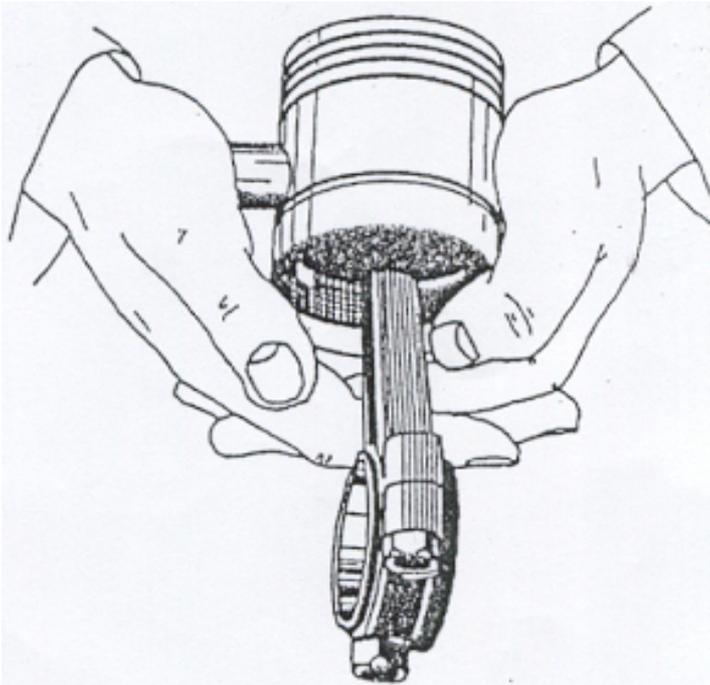


- introduction de l'embellage par le carter à l'aide de la bague à segments

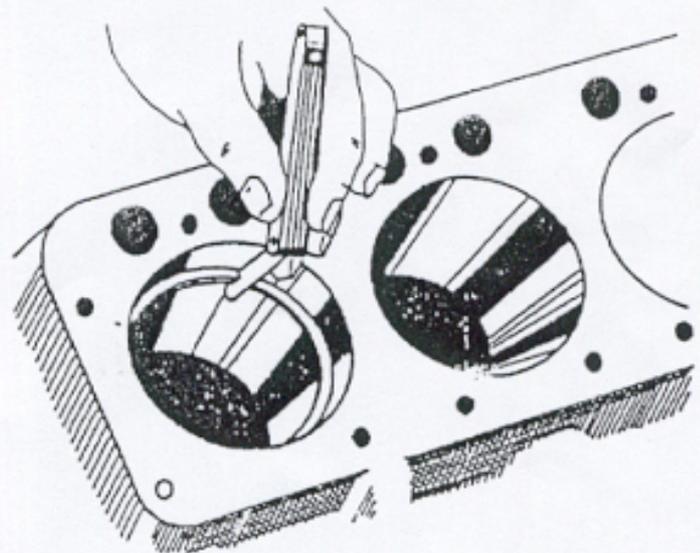
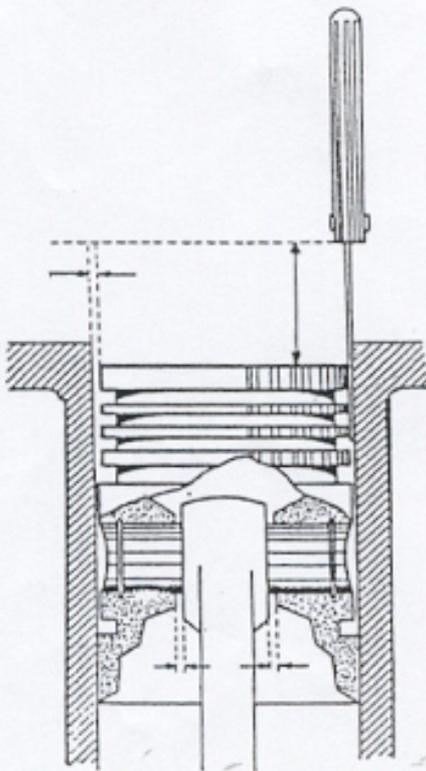
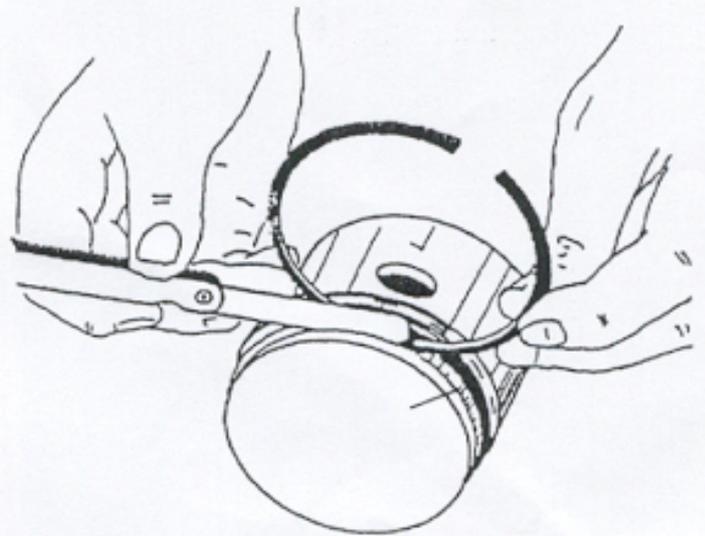


- Contrôle de la hauteur d'affleurement des pistons

## COMPRESSEURS A PISTON

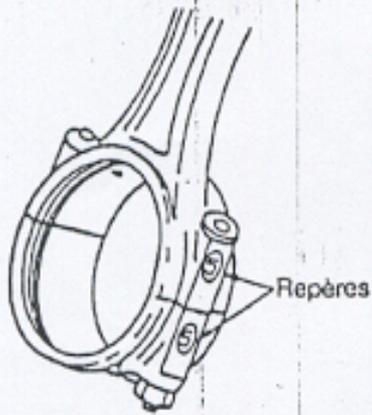


- Mise en place de l'axe pour l'assemblage de l'ensemble "bielle-piston"
- Contrôle du jeu des segments dans les gorges
- Contrôle du jeu à la coupe du segment

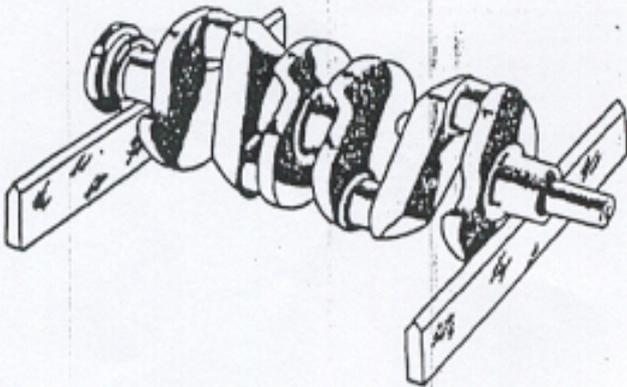


- Contrôle du jeu à la coupe du segment

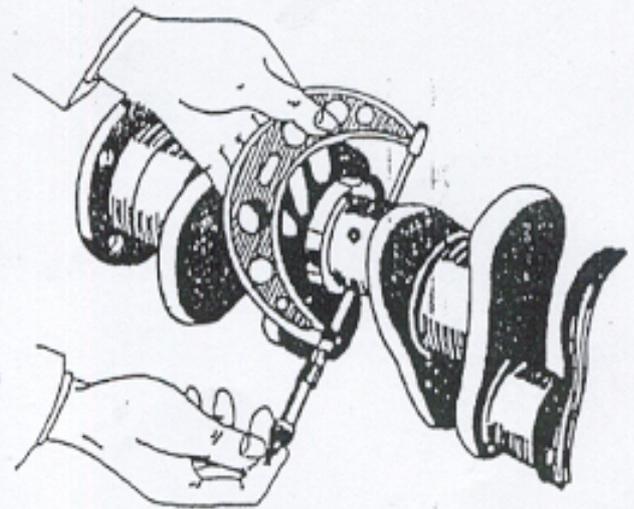
- vérification du dégauchissage et du centrage des bielles entre les bossages



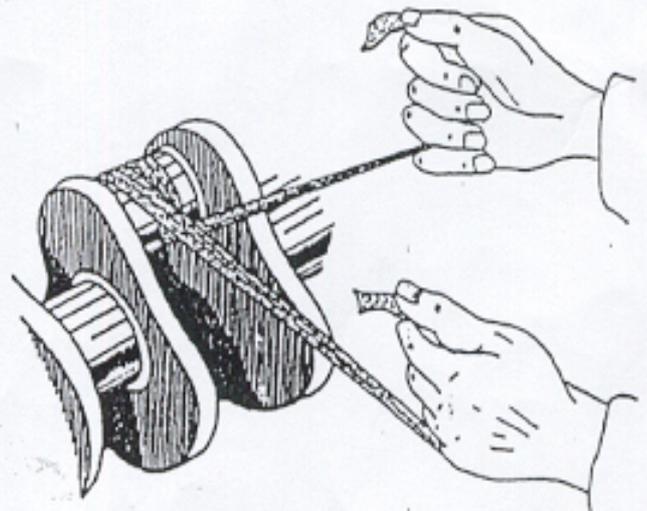
- Repères sur chapeau et corps de bielle



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



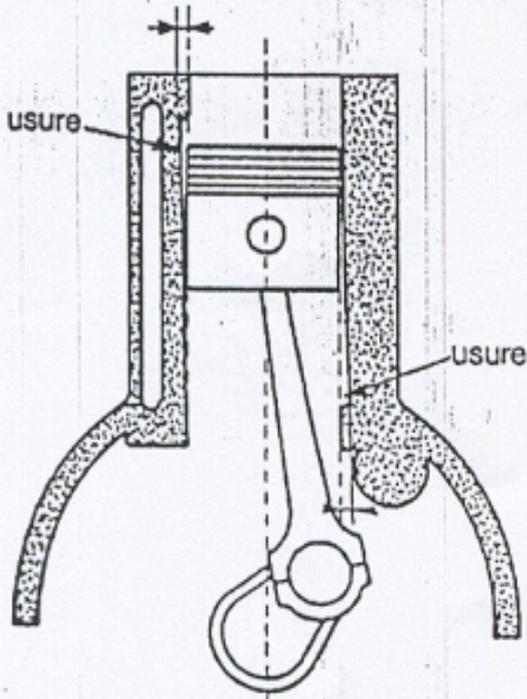
- Contrôle de l'usure d'un maneton ou d'un tourillon de vilebrequin à l'aide d'un "palmer"



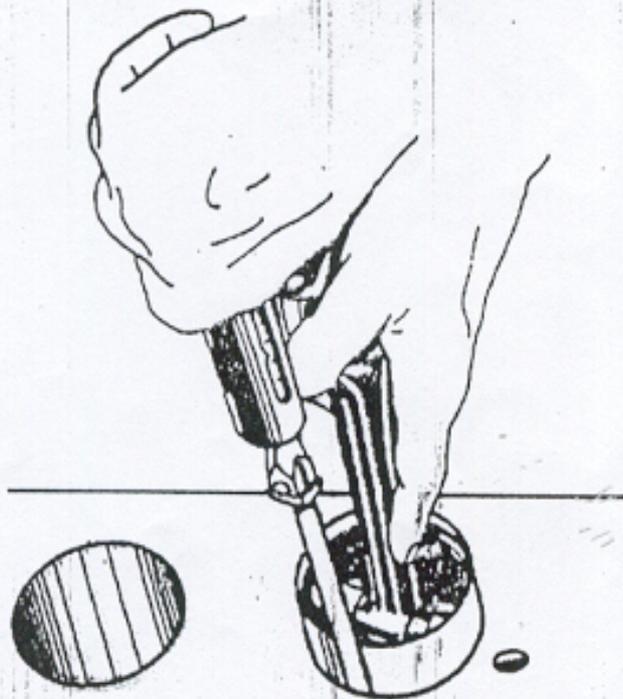
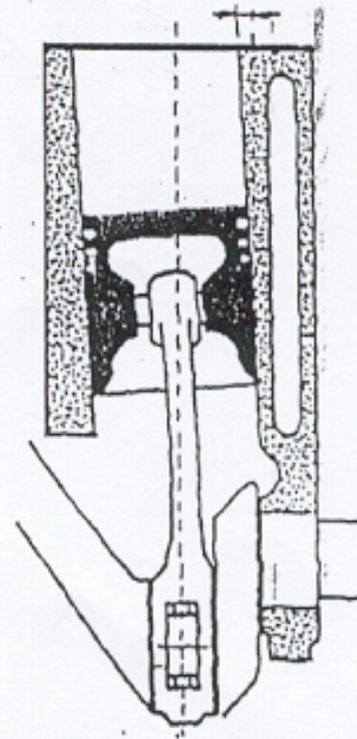
Méthode d'utilisation de la toile émeri pour ponçage d'un maneton ou d'un tourillon

## COMPRESSEURS A PISTON

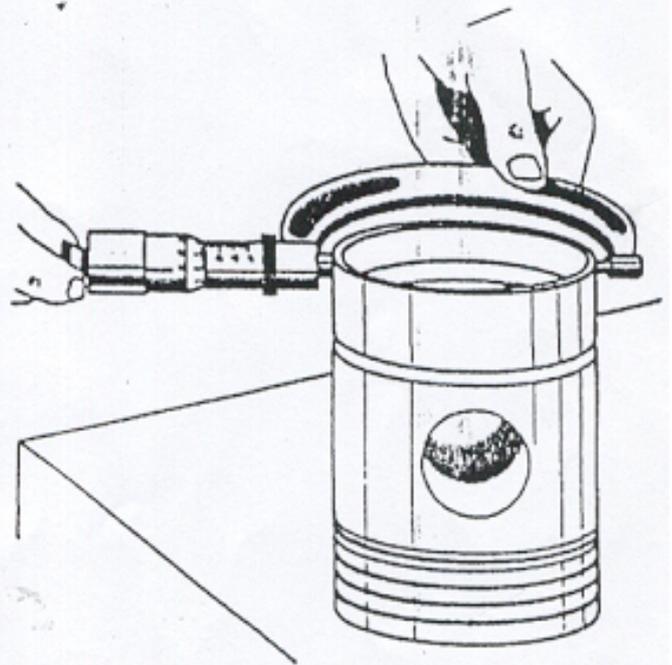
- Mauvaise perpendicularité très dangereuse



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



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



Mesure du diamètre d'un piston

## COMPRESSEURS A PISTON

### III. TP 3 : intitulé du TP

*Remontage d'un compresseur à piston*

#### III.1. Objectif(s) visé(s) :

*Remonter un compresseur à piston*

#### III.2. Durée du TP:

..... 15 heures .....

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

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

- 1 compresseur à piston
- caisse à outils
- 
- 

##### **b) Matière d'œuvre :**

- Chiffon
- Bac de récupération
- 
- 

#### III.4. Description du TP :

*Remontage par étapes , l'assemblage de l'ensemble bielle-piston .  
Remontage des segments , introduction de l'ensemble " bielle-piston " par le  
plan de joint à l'aide d'un collier  
Introduction de l'embellage par le carter à l'aide de la bague à segment ,  
remontage de culasse*

#### III.5. Déroulement du TP

*Rappeler au stagiaire le rôle des joints d'étanchéité et leur différents types  
Sensibiliser les stagiaire sur les précautions à prendre au moment de  
remontage des éléments mobiles du compresseur à piston .*

### **Evaluation de fin de module**

- *évaluation théorique*
  - *quel est le rôle du piston*
  - *quel est d'utilité des segments*
  - *comment peut on déterminer la conicité*

### **Evaluation pratique**

*Démonter et remonter un compresseur à piston après vérification du mécanisme*

