

Objectifs : au terme de la leçon, je dois être capable de

- Donner la fonction d'une pompe;
- identifier les différents types de pompes à travers leurs schémas;
- Expliquer le fonctionnement de chaque type de pompe;
- Déterminer la cylindrée et le débit d'une pompe.

Prérequis : notions de surfaces, volumes, puissances et rendements

1- FONCTION

Une pompe transforme l'énergie mécanique qu'elle reçoit en énergie hydraulique en fournissant un débit.

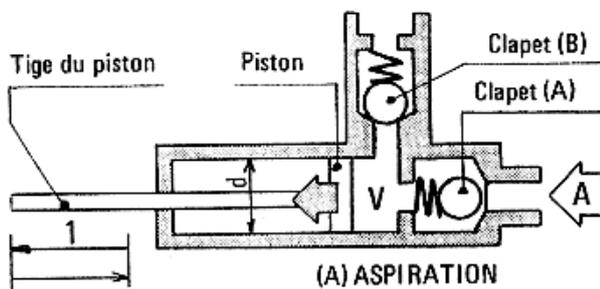
Cette transformation se fait en deux temps :

- L'aspiration (alimentation);
- Le refoulement.

2- DIFFERENTS TYPES DE POMPES

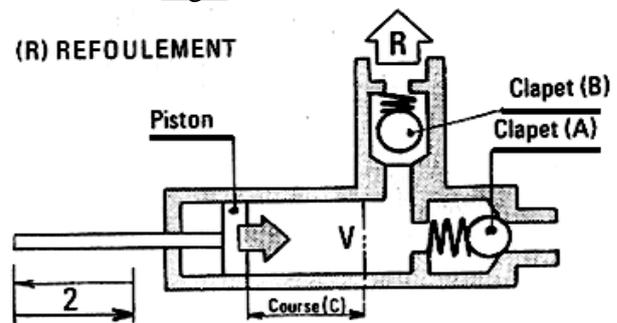
2-1- Pompe à piston :

Fig.1 : Phase Aspiration



Le piston se déplace dans le sens (1), Le volume (v) augmente, il se produit une dépression; le clapet (A) s'ouvre; le clapet (B) se ferme.

Fig.2 : Phase Refoulement



Le piston se déplace dans le sens (2). Le volume (v) diminue. Le fluide est comprimé; le clapet (A) se ferme; le clapet (B) s'ouvre.

Nota : le mouvement de translation alternatif du piston est obtenu grâce à un système de transformation de mouvement (non représenté)

Expression du débit (Q_v):

C'est le volume du liquide que la pompe peut fournir pour une fréquence de N tours par seconde.

$$Q_v = C_{yl} \times N$$

$$\text{avec } C_{yl} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \times c$$

$$\rightarrow Q_v = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \times c \times \frac{N}{60}$$

Autres expressions :

$$\text{Débit moyen } Q_{vmoy} = S \cdot V_{moy} = S \frac{\Delta C}{\Delta t}$$

$$\text{Débit instantané } Q_{vinst} = S \cdot V_{inst} = S \frac{dc}{dt}$$

Q_v : débit volume en m^3/s

C_{yl} : cylindrée de la pompe en m^3

d : diamètre du piston en m

N : fréquence de rotation en tr/min

c : course du piston en m

V : vitesse linéaire du piston en m/s

S : section du piston en m^2

Remarque : La cylindrée correspond au volume de fluide théorique débitée pour un cycle.

2-2 - Pompes à pistons en ligne :

L'écoulement du fluide est régularisé

En cours de rotation, un arbre à cames enfonce successivement plusieurs pistons qui reviennent ensuite à leur position initiale au moyen de ressorts.

L'effet de pompage est obtenu grâce à des clapets d'aspiration et de refoulement placés sur chaque cylindre.

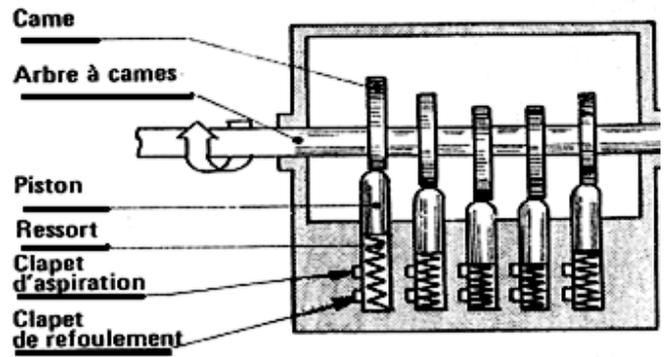


Fig.3 : principe pompes à pistons en ligne

Expression du débit :

$$Q_v = C_{yl} \times N \text{ avec } C_{yl} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \times c$$

$$\text{pour 1 piston} \rightarrow Q_v = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \times c \times N$$

$$\text{pour } n \text{ pistons} \rightarrow Q_v = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \times c \times N \times n$$

Q_v : débit volumétrique en m^3/s
 C_{yl} : cylindrée de la pompe en m^3
 d : diamètre du piston en m
 N : fréquence de rotation en tr/s
 c : course du piston en m
 n : nombre de pistons

2-3- Pompe à membrane :

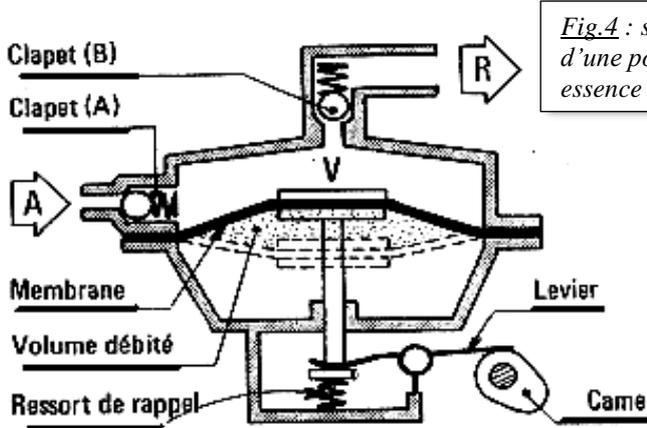


Fig.4 : schéma d'une pompe à essence

Caractéristique : débit faible mais régulier.

La variation du volume (v) est obtenue par déformation d'une membrane élastique.

2-4- Pompe à engrenage :

Cette pompe est constituée de deux roues dentées en prise. Les roues sont placées dans un carter C qui les enveloppe avec précision sur leur périphérie (étanchéité directe). Durant le fonctionnement, les deux roues tournant en sens inverses, interceptent l'huile entre deux dents et le carter puis l'entraînent vers la chambre de refoulement R. Dans la chambre d'aspiration A, se crée une dépression obligeant l'huile du réservoir à entrer dans la pompe.

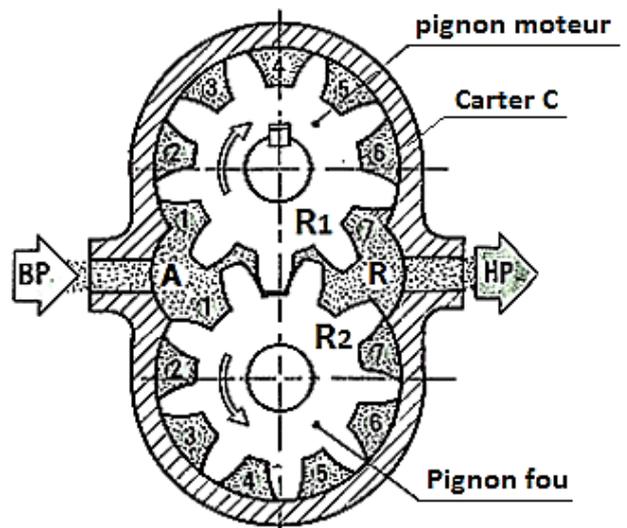


Fig.5 : principe pompe à engrenage

Expression du débit :

$$Q_v = C_{yl} \times N \text{ avec } C_{yl} = 2 \cdot Z \cdot V$$

$$\rightarrow Q_v = 2 \cdot Z \cdot V \cdot N$$

V : volume compris entre le carter et deux dents voisines en m^3

Z : nombre de dents pour une roue dentée

2 : car il y'a deux roues dentées

Caractéristique : l'écoulement du fluide est continu.

2-5- Pompe à vis :

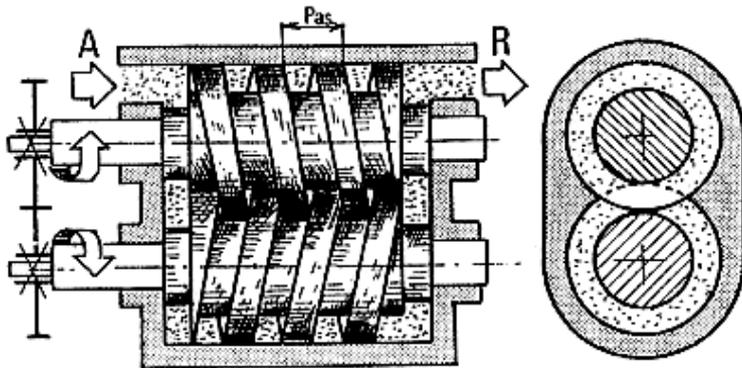


Fig.6 : principe pompes à vis

Expression du débit :

$$Q_v = C_{yl} \times N \text{ avec } C_{yl} = \left[\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \times \frac{p}{2} \right] \times 2$$

$$\rightarrow Q_v = \left[\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \times \frac{p}{2} \right] \times N \times n$$

D : diamètre maximal de la vis en m

d : diamètre minimal de la vis en m

p : pas de vis en m

n : nombre de vis

Le liquide enfermé dans le creux des filets est véhiculé parallèlement aux axes des vis de la chambre d'aspiration A vers la chambre de refoulement R.

A chaque tour des vis, le déplacement est d'un pas. Le fonctionnement est analogue à celui d'une vis d'Archimède.

2-6- Pompes centrifuges :

La rotation de la roue entraîne la rotation du liquide ; celui-ci est alors expulsé vers l'extérieur sous l'action de la force d'inertie centrifuge. Il se crée une dépression au centre de la roue qui provoque une aspiration du fluide.

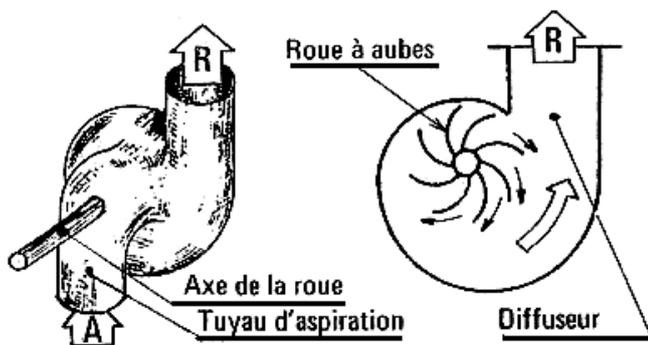


Fig.7 : principe pompe centrifuge

Exemples d'application:

- Pompe à eau de voiture.
- Pompe de vidange dans une machine à laver.

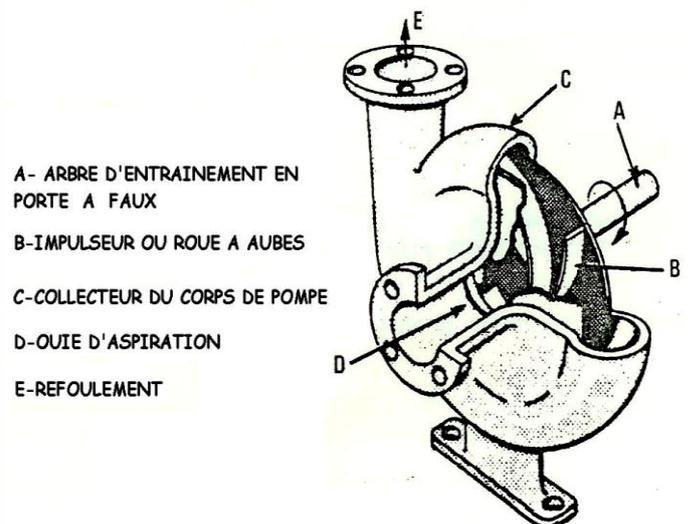


Fig.8 : vue écorchée d'une pompe centrifuge

2-7- Pompes à palettes :

Dans le corps de la pompe constituant un stator cylindrique, tourne un rotor excentré.

Position 1. Aspiration

La rotation présente devant l'aspiration un volume qui augmente progressivement et se remplit de liquide.

Position 2 Transfert

Le volume v emprisonné est transféré vers le refoulement.

Position 3 Refoulement

Le volume v se présente devant l'orifice de refoulement ainsi la rotation, le réduisant progressivement, refoule le liquide emprisonné.

Le principe de fonctionnement de cette pompe est donc identique à celui de la pompe alternative à piston. Elle présente cependant l'avantage de fournir un débit régulier puisque l'aspiration et le refoulement s'effectuent d'une manière continue.

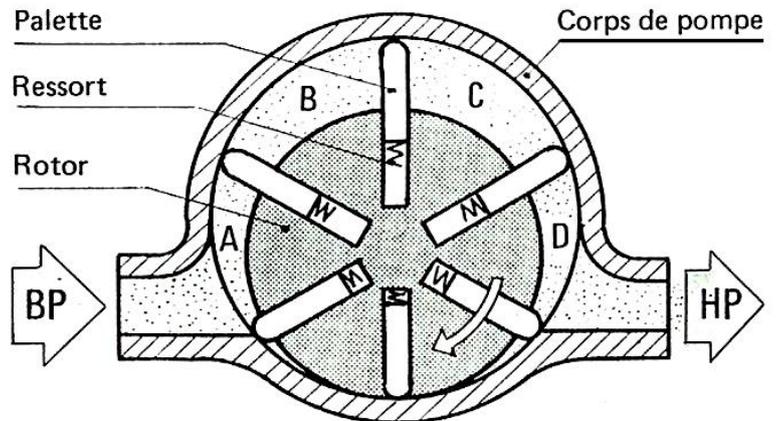


Fig.9 : pompe à palettes à cylindrée fixe

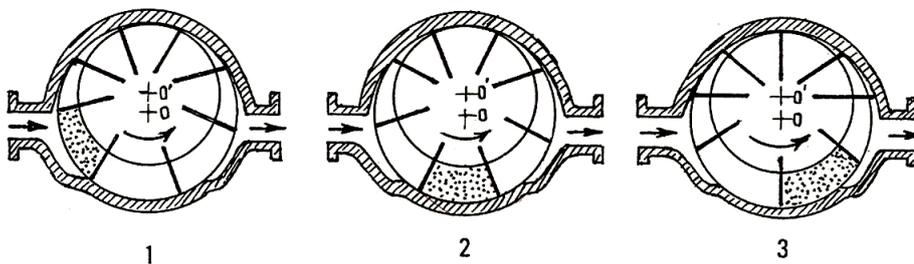


Fig.10 : principe de fonctionnement pompe à palettes

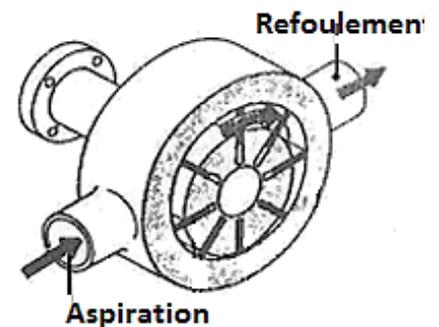


Fig.11 : vue en perspective d'une pompe à palettes

Expression du débit :

$$C_{yl\ maxi} = 2e \cdot \pi \cdot b \cdot D \cdot \frac{n}{n}$$

$$\rightarrow Q_v\ maxi = 2e \cdot \pi \cdot b \cdot D \cdot N$$

b : largeur de la palette (m)

n : nombre de palettes

e : excentricité (m)

D : diamètre stator (m)

$2e$: à cette valeur, la cylindrée est maximale

Variation du débit :

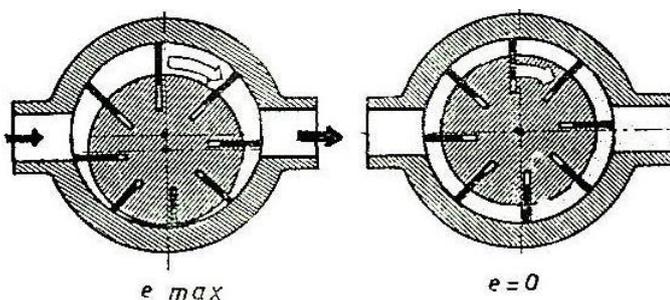


Fig.12 : pompe à palettes à cylindrée variable

Pour modifier le débit on modifie l'excentricité.

Le débit est nul si $e = 0$, donc pour le rotor et le stator coaxiaux.

Le débit est maximal pour e max, donc pour le moyeu du rotor tangent au stator. Le réglage du débit s'effectue par un système à vis (non représenté)

2-8- Pompe à pistons radiaux :

La force centrifuge applique les pistons contre la couronne extérieure fixe, excentrée par rapport au moyeu et à l'élément central fixe. En tournant, le moyeu imprime aux pistons un mouvement radial de va et vient.

Nota : le calcul du débit est analogue à celui des pompes à palettes

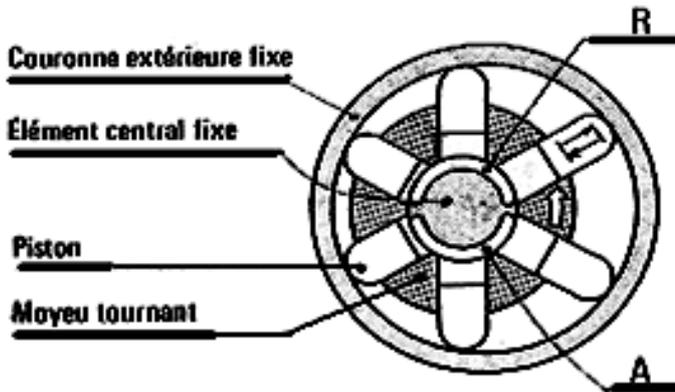


Fig.13 : pompe à pistons radiaux à cylindrée fixe

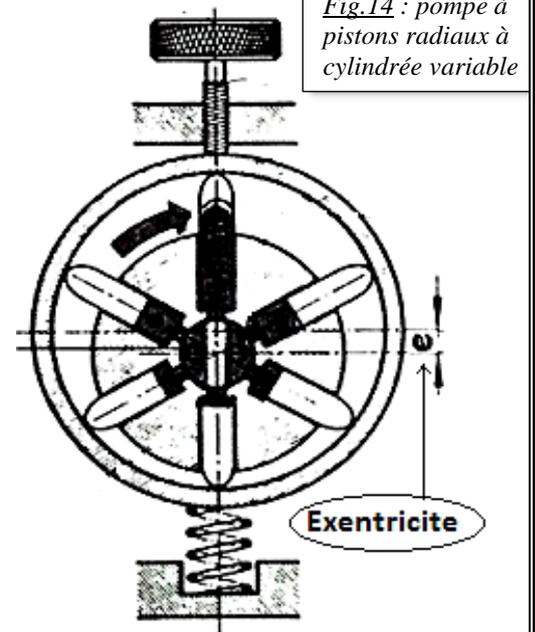


Fig.14 : pompe à pistons radiaux à cylindrée variable

2-9- Pompe à pistons axiaux :

Le mouvement de va-et-vient des pistons est obtenu par la rotation d'un plateau à axe brisé.

Dans chaque cylindre, des clapets communiquent soit avec l'orifice d'aspiration, soit avec l'orifice de refoulement.

Autrement dit, chaque cylindre se remplit quand il passe devant la lumière d'aspiration et se vide quand il passe devant la lumière de refoulement.

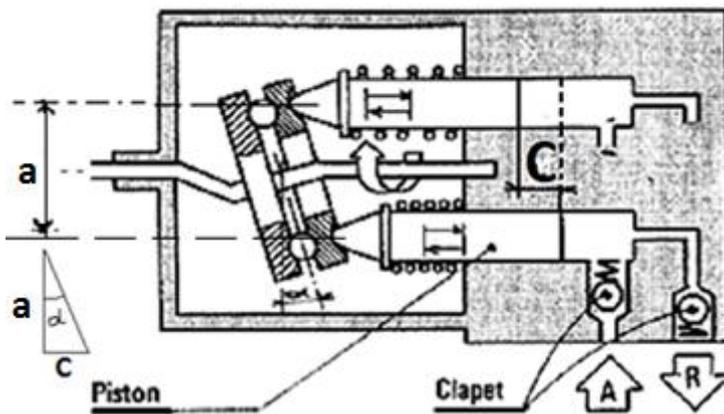


Fig.15 : pompe à pistons axiaux à cylindrée fixe

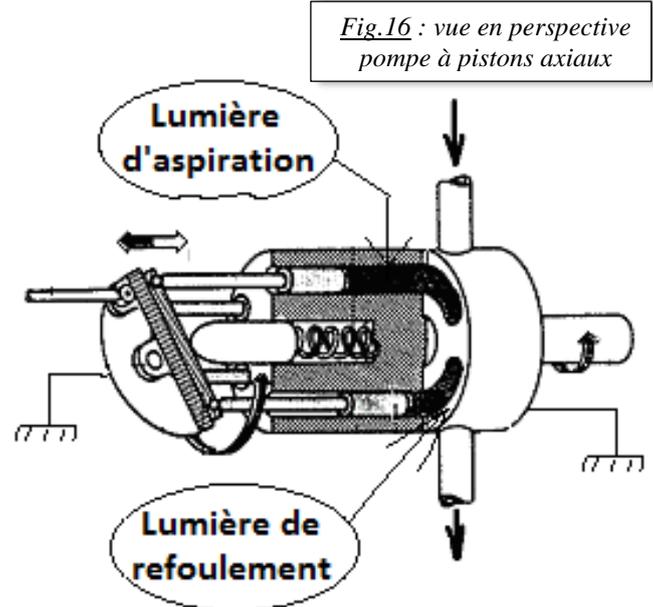


Fig.16 : vue en perspective pompe à pistons axiaux

Expression du débit :

$$Q_v = C_{yl} \times N \rightarrow Q_v = \frac{\pi d^2}{4} \cdot c \cdot n N \rightarrow Q_v = \frac{\pi d^2}{4} \cdot (a \cdot \tan \alpha) \cdot n \cdot N$$

n : nombre de pistons
 α : angle d'inclinaison du plateau
 a : entraxe des pistons
 d : diamètre d'un piston

Remarque :

Le débit volumétrique Q_v varie en fonction de l'angle d'inclinaison α .

Donc le débit maximal correspond à une position de α maxi (qui n'excède pas 30°).

Si α devient nul (plaque perpendiculaire à l'axe de la pompe) la pompe ne débite pas.

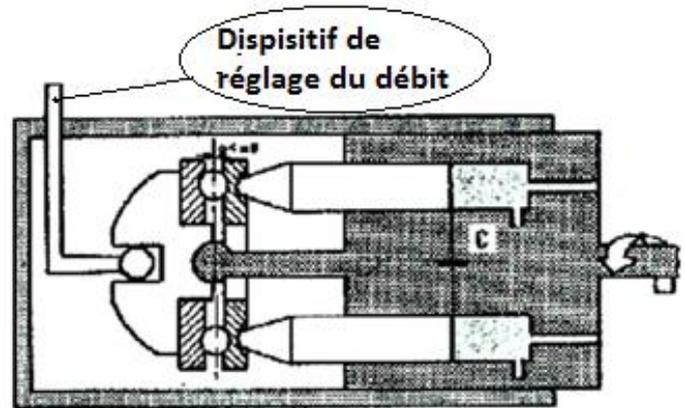


Fig.17 : pompe à pistons axiaux à cylindrée variable

3- Puissance et rendement :

La puissance hydraulique à la sortie d'une pompe est :

$P_{Hyd} = Q_v \cdot \Delta p$ avec Q_v : débit, en m^3/s et $\Delta p = P_s - P_e$, la différence de pression entre l'entrée (P_e) et la sortie de la pompe (P_s) en Pascal (Pa).

La puissance donnée à la pompe par un moteur tournant à la vitesse ω et transmettant un couple C , s'écrit:

$$P_a = C \cdot \omega$$

C : moment du couple appliqué à l'arbre d'entraînement de la pompe (N.m),

ω : La vitesse angulaire de l'arbre d'entraînement de la pompe (rad/s),

P_a : La puissance absorbée par la pompe (W).

- Ces deux relations permettent d'exprimer le rendement global d'une pompe :

$$\eta_p = \frac{P_{Hyd}}{P_a} = \frac{\Delta p \cdot Q_v}{C \cdot \omega}$$

- Le rendement volumétrique est le rapport du débit réel au débit théorique, (qui permettra de quantifier les fuites) :

$$\eta_v = \frac{Q_{reel}}{Q_{th}} = \frac{Q_{reel}}{C_{yl} \cdot N}$$

- Le rendement mécanique ; rapport du couple théorique c au couple réel (qui permettra de connaître les pertes mécaniques dues aux frottements).

$$\eta_p = \eta_v \cdot \eta_{meca}$$

Le produit de ces deux rendements est évidemment le rendement global :