



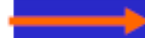
# Machines Hydrauliques

# Introduction

## Machines Hydrauliques

Deux catégories

**Energie Mécanique**



**Pompe**

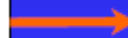


**Energie Hydraulique**

**Energie Hydraulique**



**Turbine**



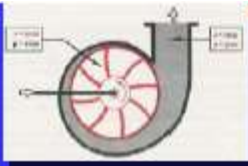
**Energie Mécanique**

# Importance des Machines hydrauliques

- Application quotidienne dans plusieurs secteurs d'activités :

## 6 domaines principaux d'application

- *Production d'énergie électrique*
- *Extraction et traitement des hydrocarbures*
- *Traitement et distribution d'eau*
  - *Les transports*
  - *L'industrie*
  - *L'habitat*



# Les pompes

**Il existe deux catégories principales de fonctionnement:**

## **A - Déplacement positif ou volumétrique : alternatives ou rotatives**

Les pompes volumétriques déplacent à chaque cycle une quantité constante de liquide. Hautes pressions, débits moins importants que les pompes centrifuges. Machines hydrostatiques, transfert positif, ne travaillent pas contre un système fermé.

***Débit = f (vitesse de rotation, course du piston)***

*Très nombreuses et variées*

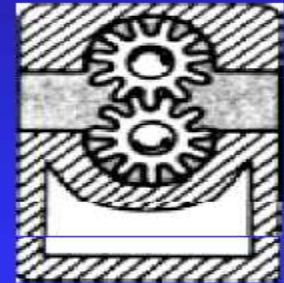
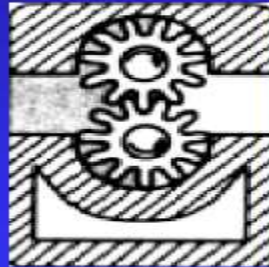
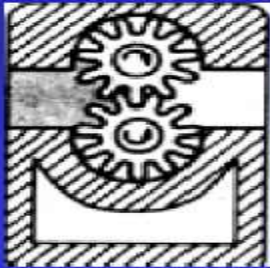




Éléments communs : corps de pompe contenant ensemble tournant (deux rotors) et déterminant le « volume pompant ».

## A-1 Pompes à engrenages

### Engrenages Extérieurs



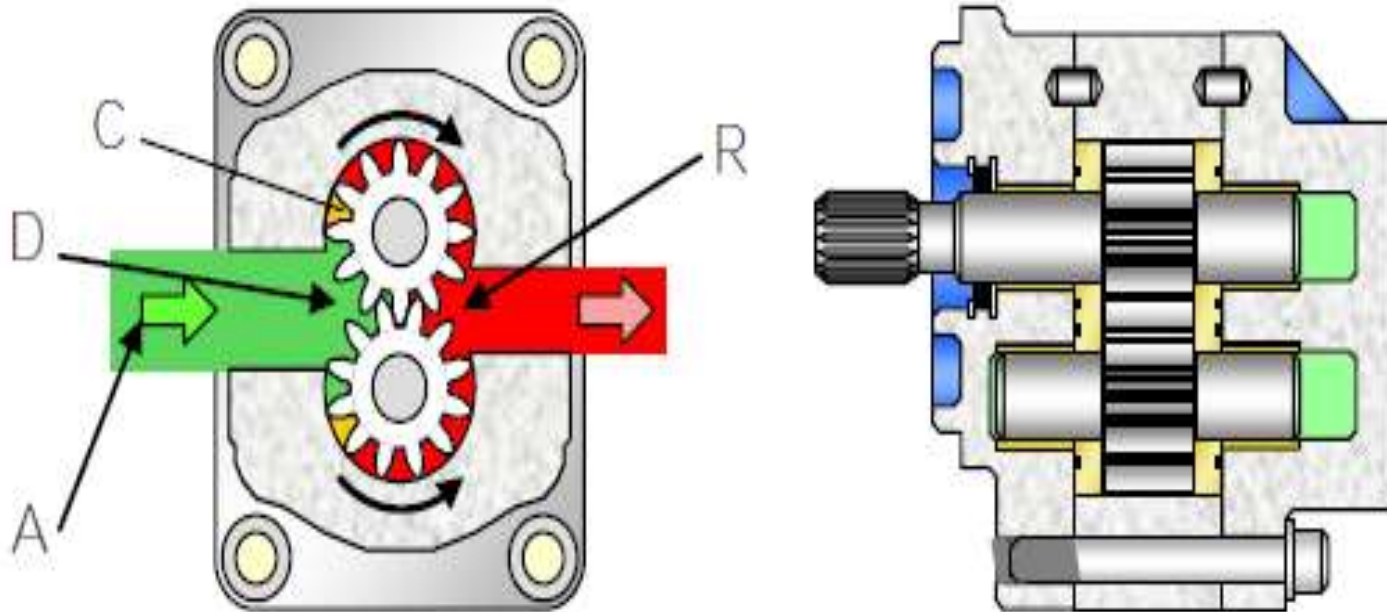
*Deux roues : 1 menant, 1 menée Cavités pompantes = entre dents*

Les pompes à engrenage à denture extérieure sont constituées d'un carter et de deux pignons à denture droite. L'un des pignons, appelé pignon menant est moteur, il est solidaire de l'arbre d'entraînement. L'autre pignon mené est entraîné en rotation par engrènement des dents.

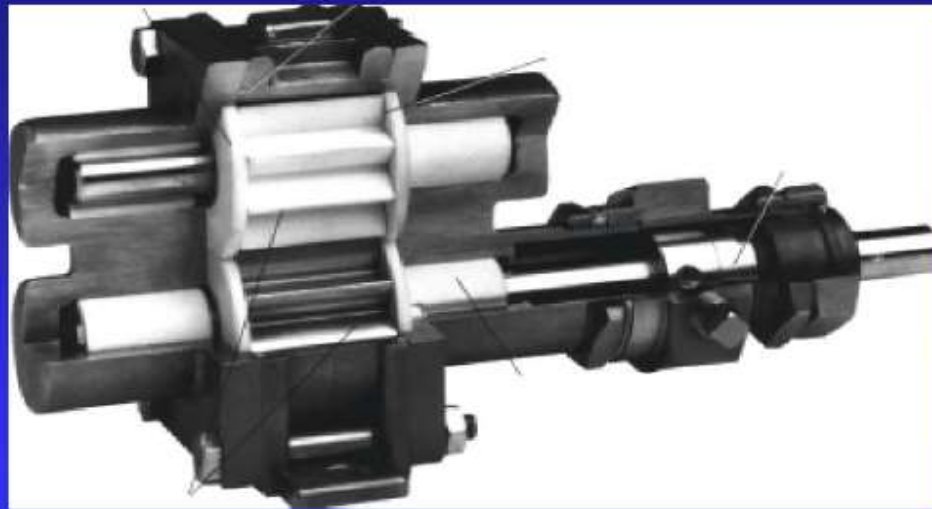
L'aspiration dans ces pompes est provoquée par le vide créé au niveau du désaccouplement des dents en D.

L'huile en provenance du réservoir arrive en A (côté aspiration) remplit les creux de dents des pignons au niveau de la partie supérieure en C. Ainsi emprisonnée, l'huile est transportée par les pignons vers la droite et vers la gauche en suivant le contour intérieur du carter. A la fin du cycle de transport, l'huile est refoulée en R à cause du rapprochement des dents.

L'engrènement des dents en E assure l'étanchéité entre l'aspiration et le refoulement.



Nombreuses applications dans les transmissions et vérins, utilisées pour des produits visqueux (résines, mélasses, colles).



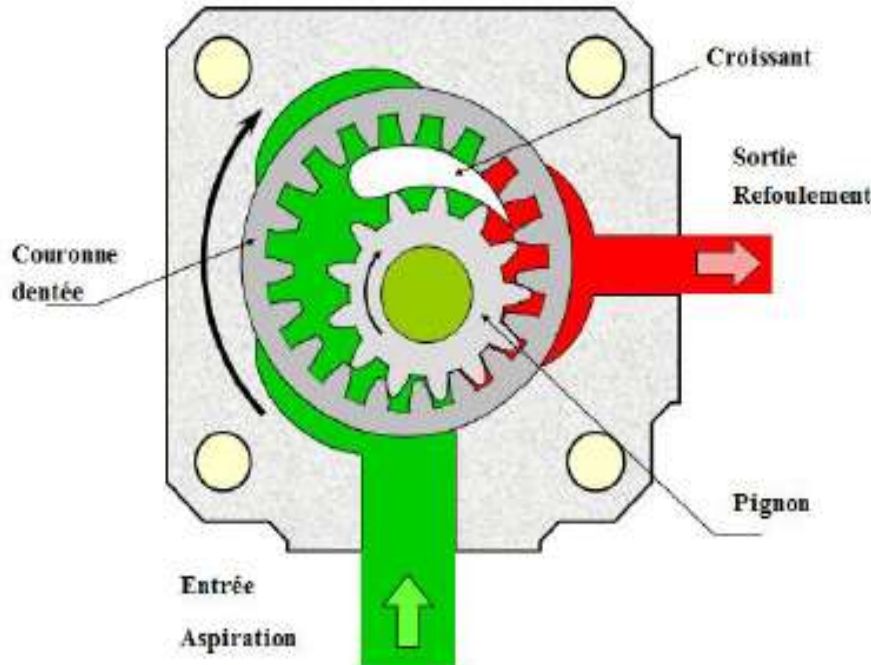
- **Avantages** : Débit régulier, Marche de la pompe réversible, Faible encombrement, Prix peu élevé.
- **Inconvénients** : Nombreuses pièces d'usure, Pas de particules solides dans cette pompe, ni de produits abrasifs, Bruyante.
- **Caractéristiques** : Cylindrée 250 cm<sup>3</sup>/tour maxi, Pression de service 200 bars maxi, Vitesse de rotation de 800 à 3500 tr/min, Rendement relativement faible de 0.7 à 0.8.

## Les pompes à engrenage à denture intérieure

Les pompes à engrenage à denture intérieure sont constituées d'un carter, d'une roue, d'une couronne et d'un croissant (qui va séparer entre l'entrée et la sortie).

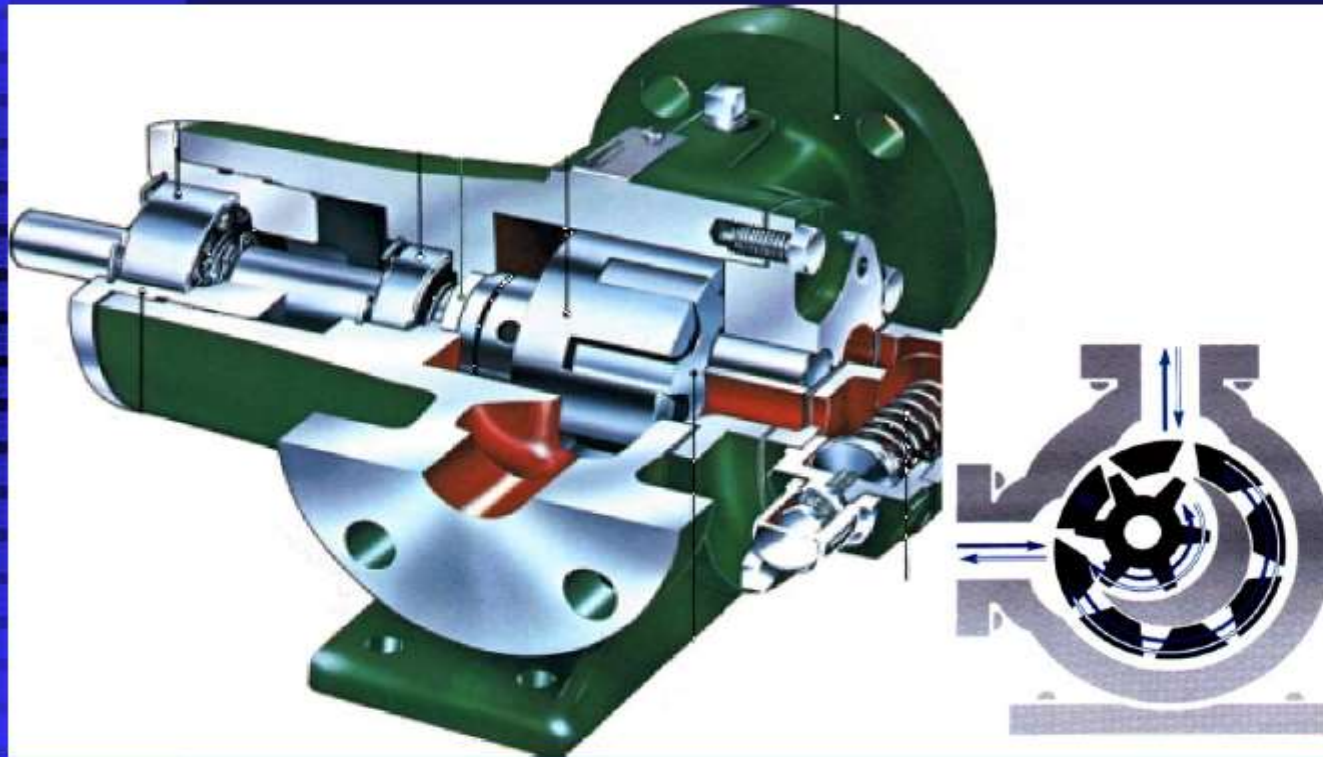
Les nombres de dents de la couronne est toujours supérieure de 1 au nombre de dents de la roue. C'est cette différence du nombre de dents qui permet d'obtenir des chambres d'aspiration et des chambres de refoulement.

L'axe de la roue est excentré par rapport à celui de la couronne. La roue est motrice, elle entraîne la couronne en rotation par engrènement des dents.





# Engrenages Internes



Le pignon interne entraîne le pignon « fou » interne qui tourne plus vite. Mêmes applications que les pompes à engrenages extérieurs.

## Problèmes

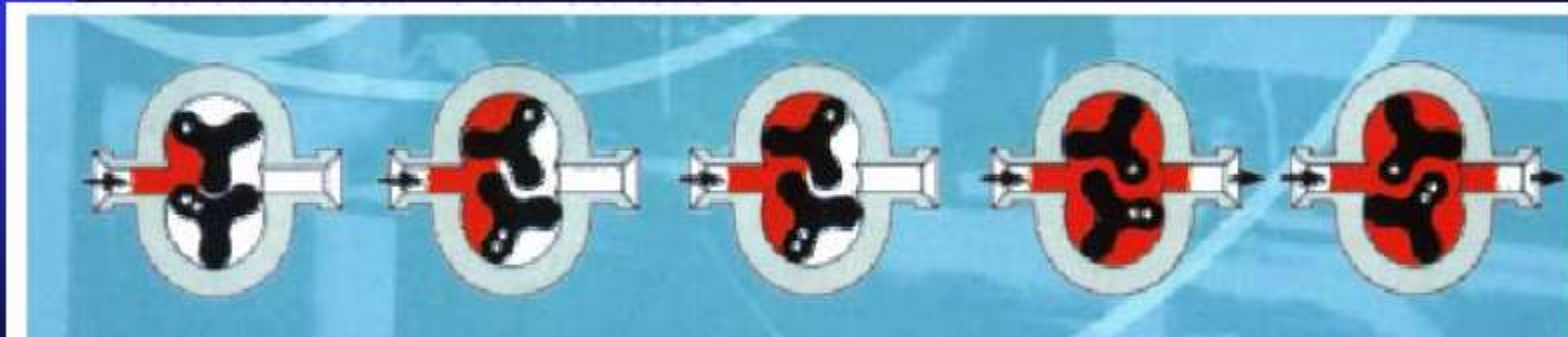
- Fluide peu visqueux
- Matériaux inox
- Particules, abrasifs
- Risque de grippage

**Avantages :** Débit régulier, Marche de la pompe réversible, Faible encombrement, Prix peu élevé, Non bruyante.

**Inconvénients :** Nombreuses pièces d'usure, Pas de particules solides dans cette pompe, ni de produits abrasifs.

**Caractéristiques :** Cyclindrée 250 cm<sup>3</sup>/tour maxi, Pression de service 250 bars maxi, Vitesse de rotation de 300 à 3000 tr/min, Rendement acceptable 0.9.

## A-2 Pompes à lobes



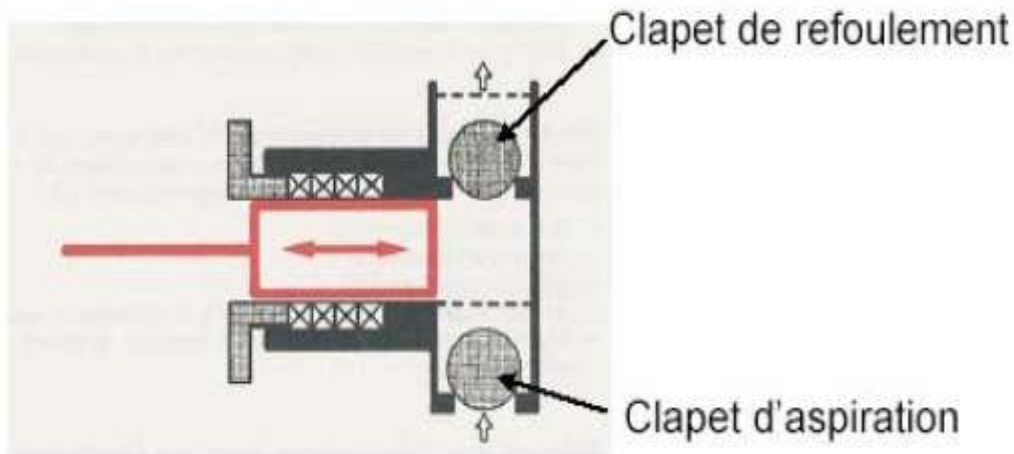
1. **Fonctionnement : Deux rotors tournent sans se toucher**

2. **Particularités :**

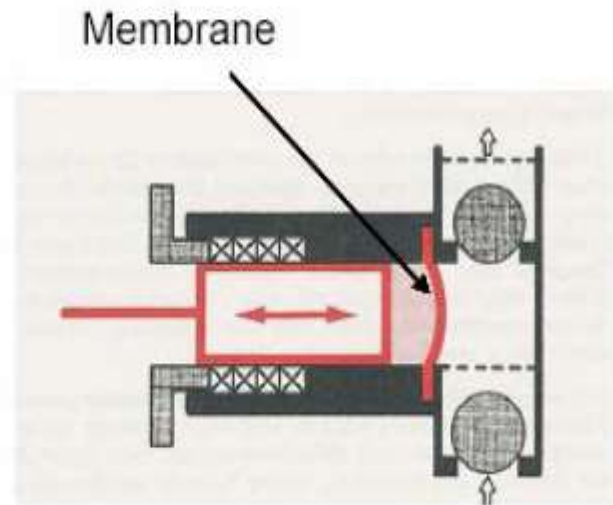
- **Bonne tenue à l'abrasion**
- **Inefficace pour des fluides peu visqueux**
- **Utilisations : Chimie, alimentaire**

## A-3 Pompes volumétriques alternatives

Pompe à piston



Pompe à membrane



Débit discontinu → Présence fréquente de « Coup de Bélier » dû aux variations de pression

Liquides purs, peu corrosifs, non dangereux

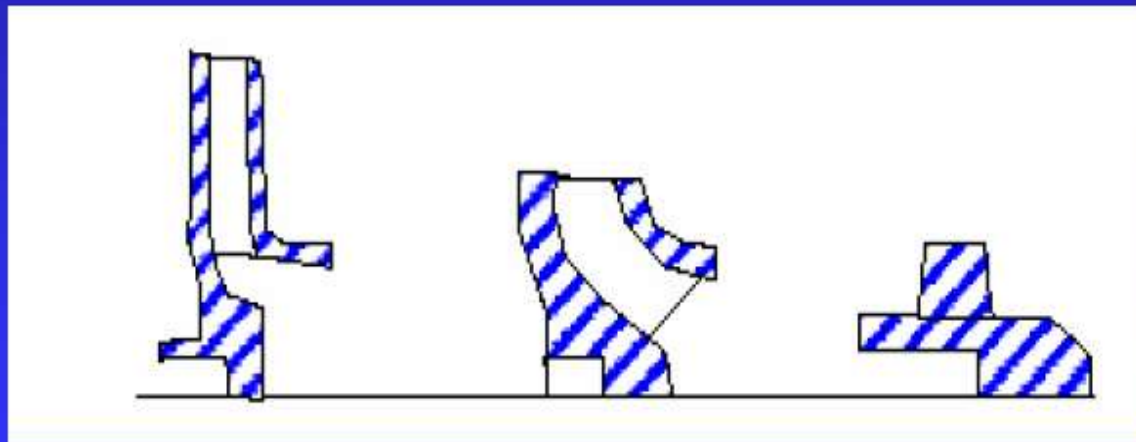
Sensible aux particules



## B- Dynamiques ou cinétiques : centrifuges, hélico-centrifuges, hélices

*Une roue à ailettes ou aubes véhicule le liquide sous l'effet de la force centrifuge. Hauts débits, pressions moins importantes que volumétriques.*

**Débit = f (hauteur manométrique, diamètre de la roue)**

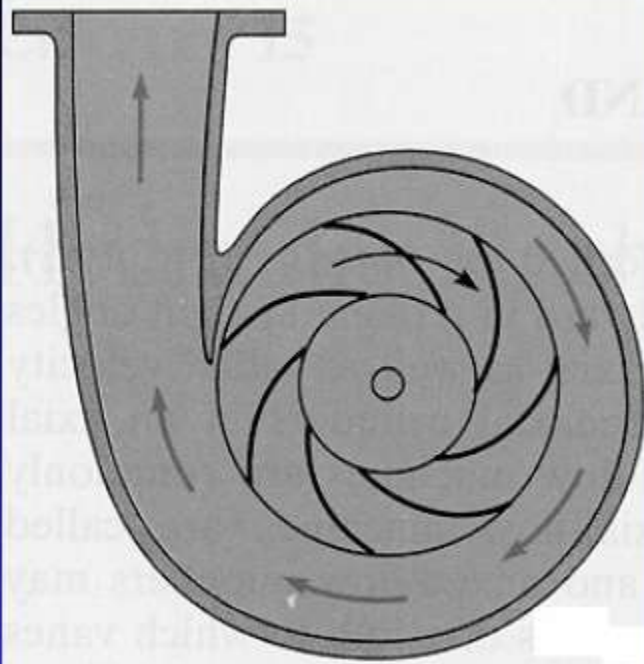


Centrifuge

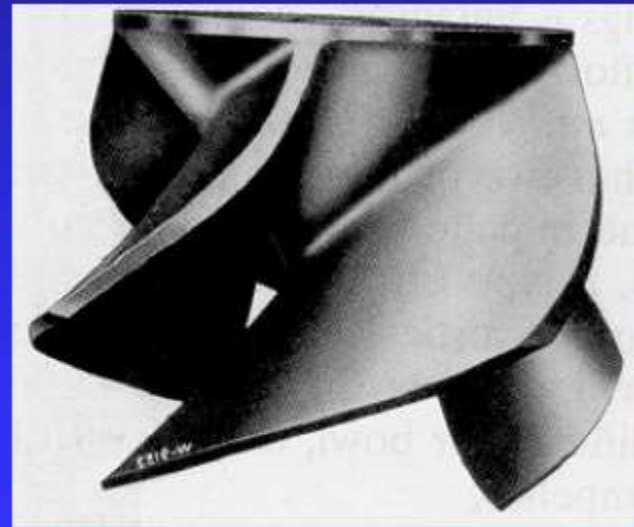
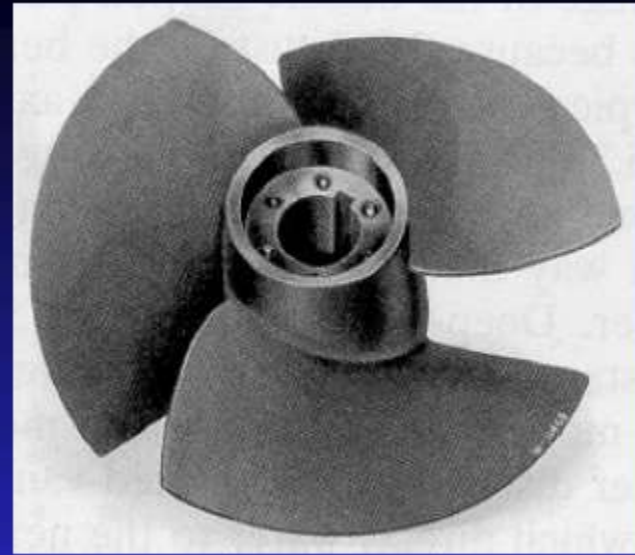
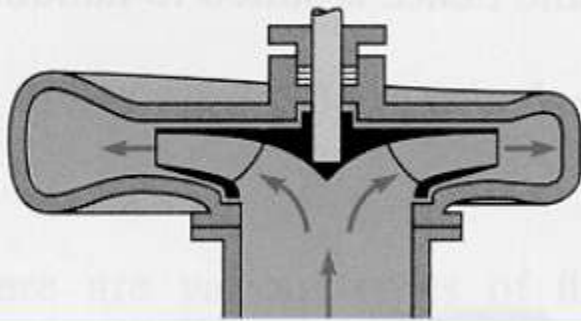
Hélico-centrifuge

Hélice





Volute casing



## D- Ventilateurs – Compresseurs

### Ventilateurs

Déplacement de gaz, aspirant et refoulant le flux à une faible pression.  
La différence de pression se situe entre 1 et 1.3 bars.



**Radiaux**



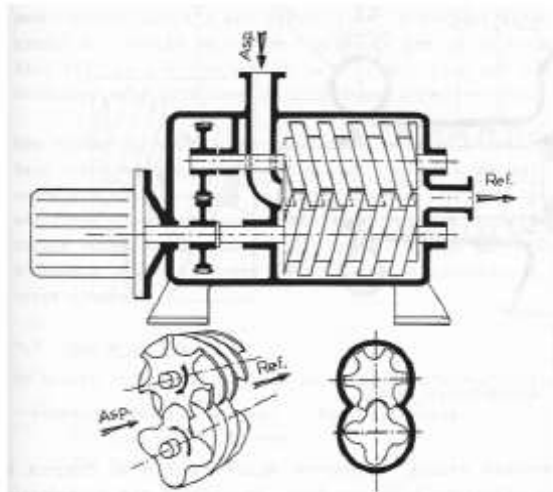
**Axiaux**

### Compresseurs

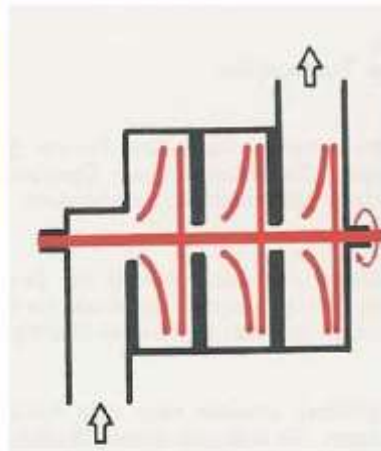
Réduisent considérablement le volume de gaz qu'ils déplacent.  
La pression de refoulement peut atteindre 5000 bars et une puissance de 100 MW.

# Les compresseurs

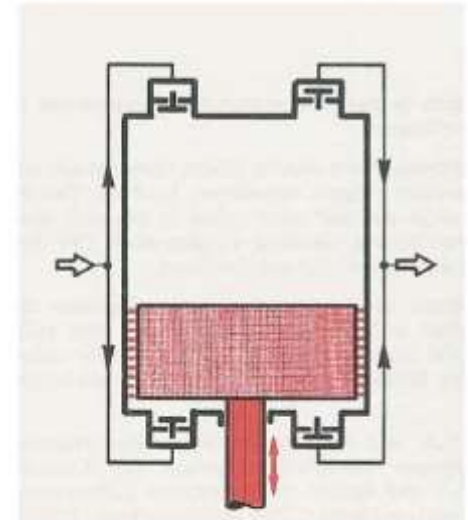
Il existe de nombreux types de compresseurs.



Compresseur à vis  
 $P_{\text{étage}} \sim 3 \text{ bars}$   
 $p_{\text{max}} \sim 20 \text{ bars}$   
 $\text{Débit}_{\text{max}} \sim 20'000 \text{ m}^3/\text{h}$



Turbo-compresseur centrifuge  
 $P_{\text{étage}} \sim 3 \text{ bars}$   
 $p_{\text{ma}} \sim 100 \text{ bars}$   
 $\text{Débit}_{\text{max}} \sim 200'000 \text{ m}^3/\text{h}$



Compresseur à piston  
 $P_{\text{étage}} \sim 3 \text{ bars}$   
 $p_{\text{ma}} \sim 5000 \text{ bars}$   
 $\text{Débit}_{\text{max}} \sim 80'000 \text{ m}^3/\text{h}$



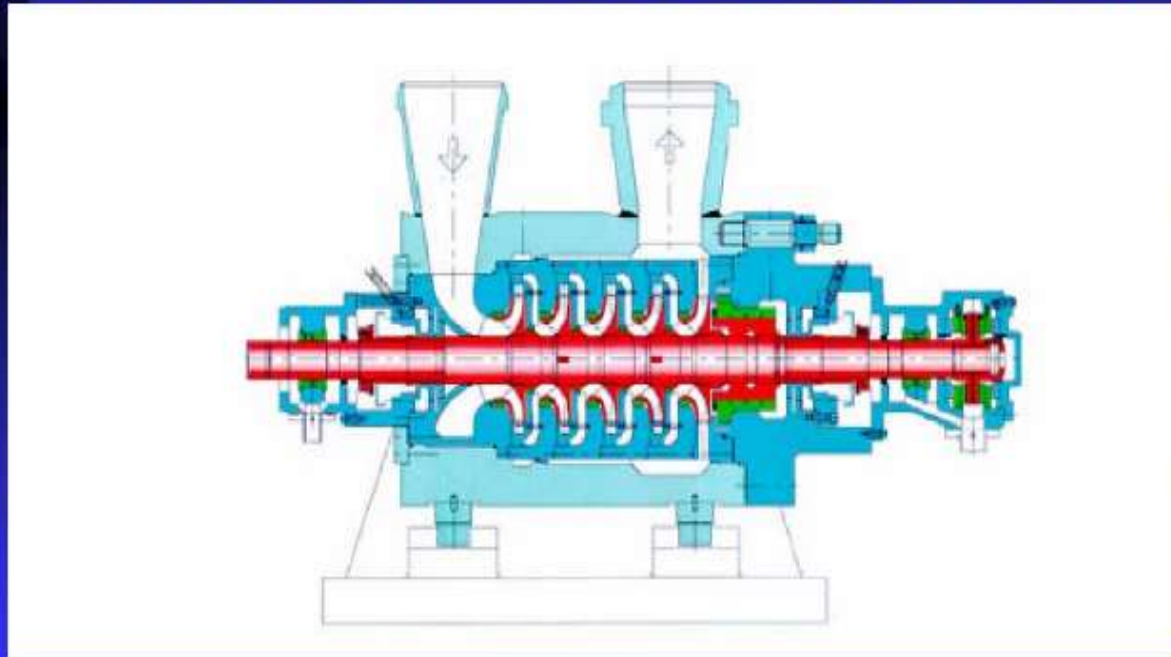




La roue est montée sur un arbre porté par des paliers et entraînée par un moteur (électrique, hydraulique, pneumatique, etc.)

Le corps de pompe comprend : une tubulure d'aspiration et une tubulure de refoulement.

Roue à deux ouïes : entrée du fluide de deux côtés



*Pompe multicellulaire à corps entier et un bloc intérieur à quatre étages déplaçable, pour l'alimentation de chaudière (Sulzer)*

## Caractéristiques des pompes

### 1. Débit $Q$

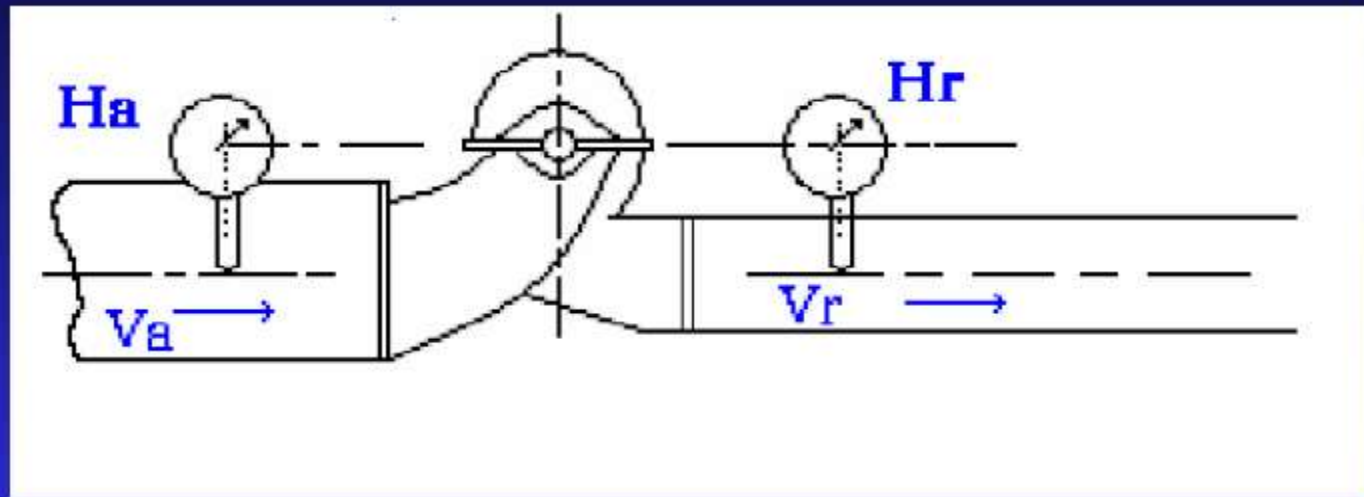
$Q$  = Volume de liquide pompé par unité de temps (l/s, m<sup>3</sup>/s, m<sup>3</sup>/h)

### 2. Hauteur d'élévation totale ou Hauteur Manométrique Totale

H.M.T. notée  $H$  (m)



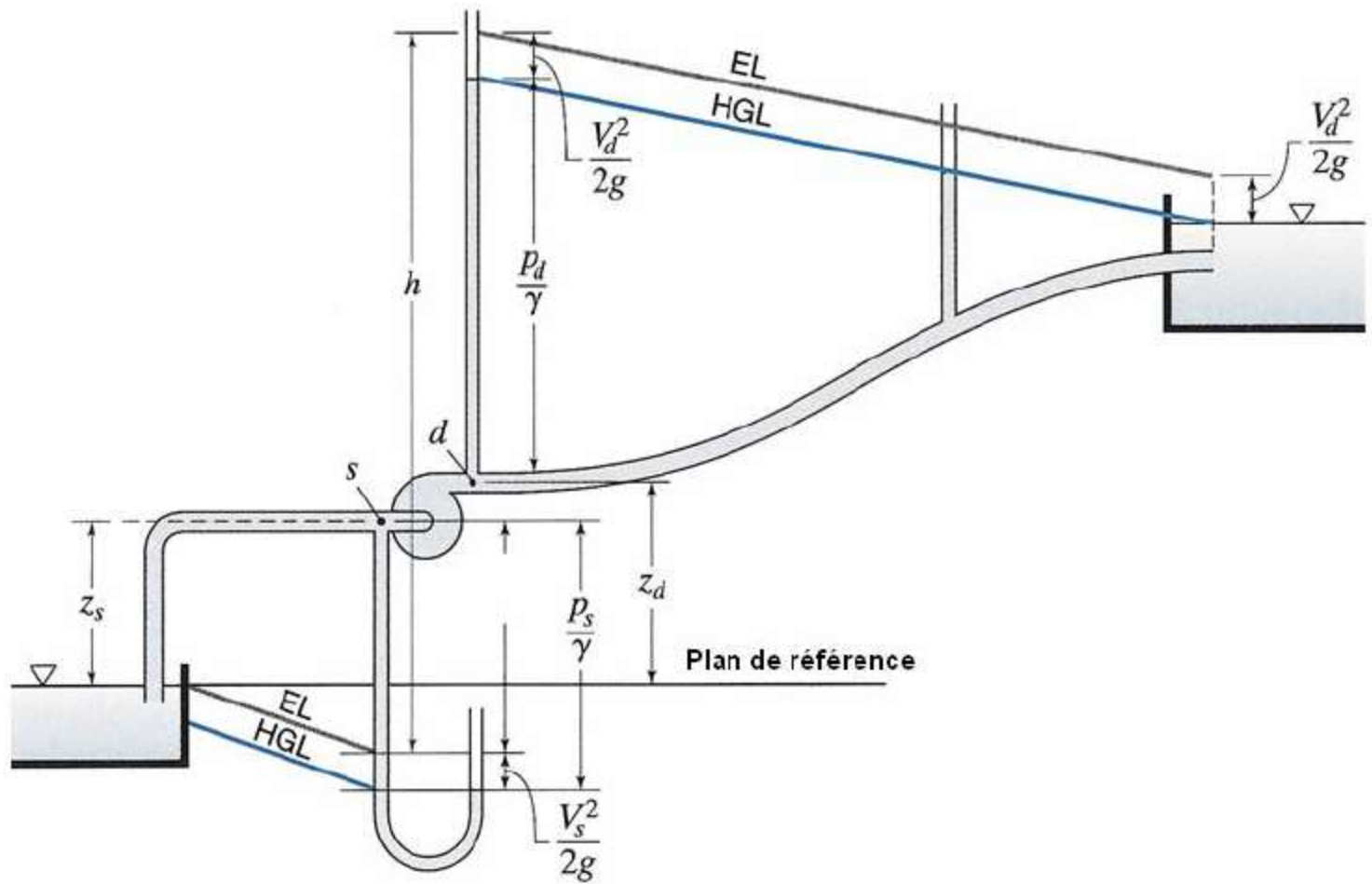
## Cas d'une pompe horizontale



*$H_a$  : Altitude de la ligne piézométrique à l'aspiration de la pompe (bride)*

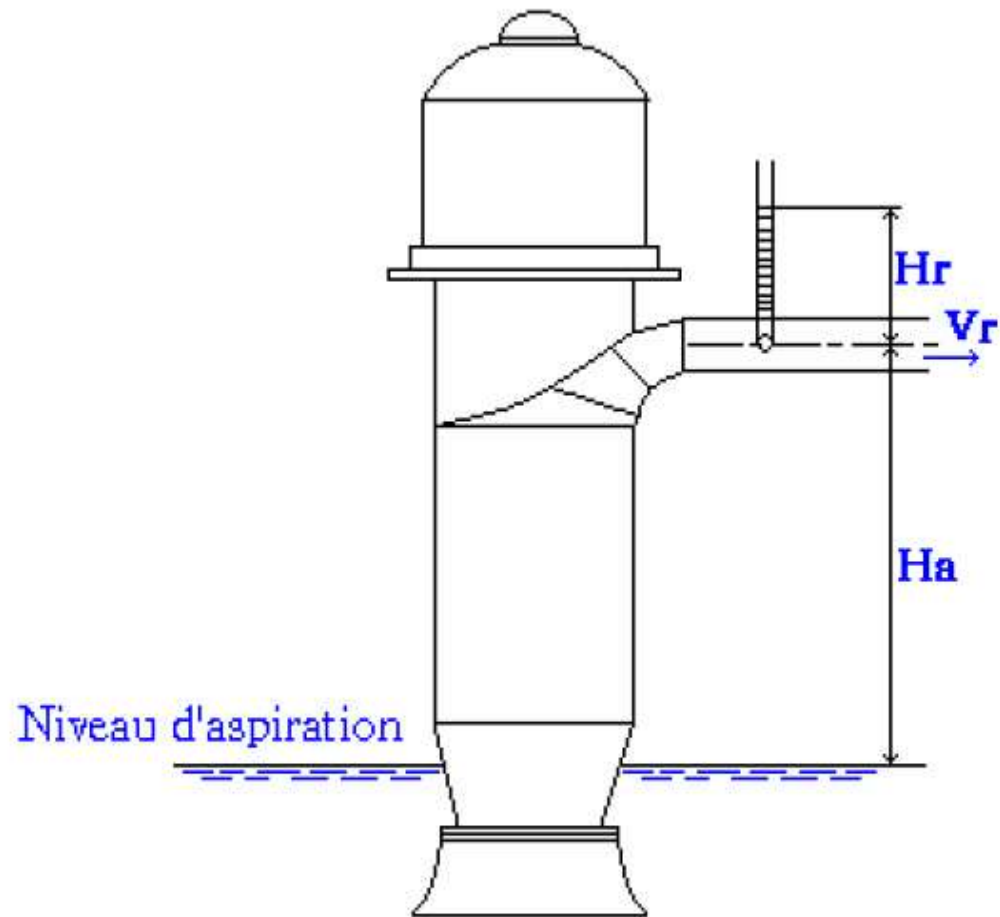
*$H_r$  : Altitude de la ligne piézométrique au refoulement de la pompe (bride)*

$$H = H_r - H_a + \frac{V_r^2}{2.g} - \frac{V_a^2}{2.g}$$





## Cas d'une pompe verticale



$$H = H_r + H_a + \frac{V_r^2}{2g}$$

### 3. Rendement de la pompe : $\eta$

$$\eta = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\text{Puissance sur l'arbre}}$$

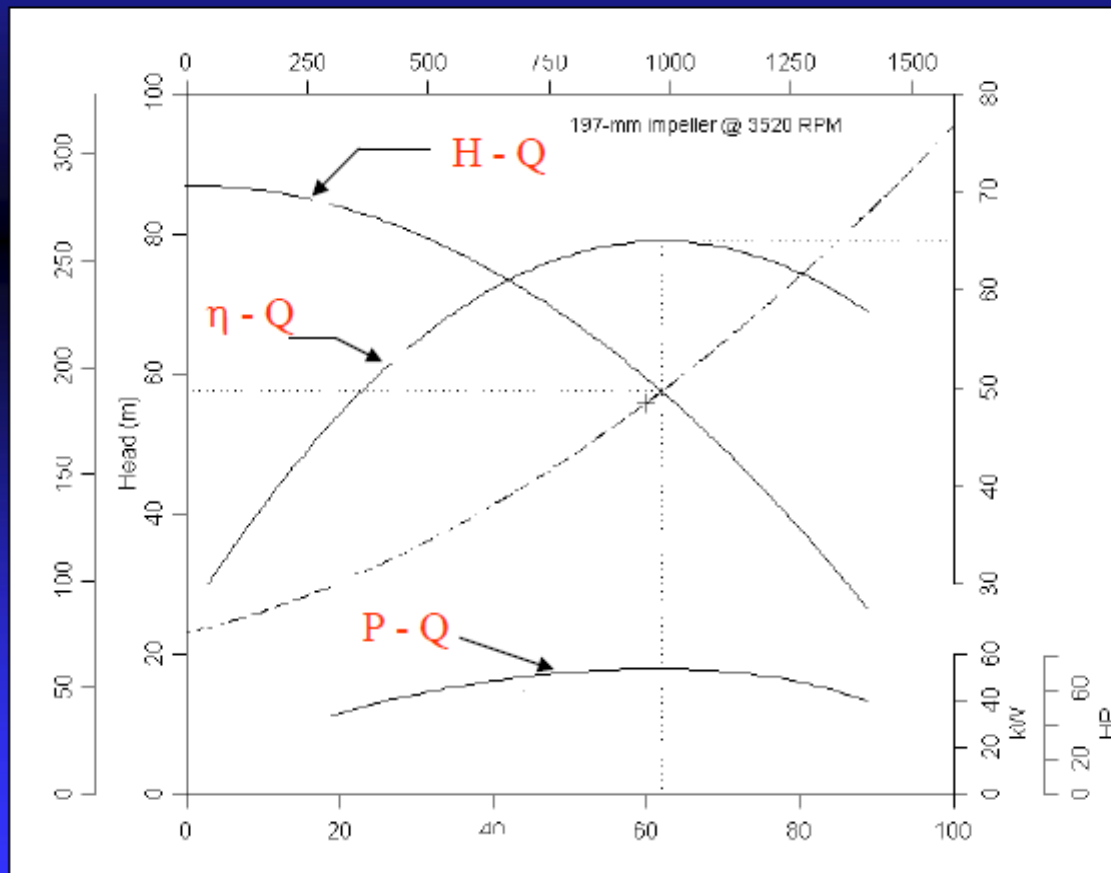
$\eta$  est un rendement global

D'autres rendements peuvent être pris en considération

## 4. Caractéristiques de fonctionnement

La variation de la hauteur  $H$  en fonction du débit à vitesse constante  $n$  (tr/mn) est appelée courbe « **caractéristique** »  $H-Q$  de la pompe.

Autres courbes caractéristiques :  $\eta - Q$ ,  $P - Q$



La courbe  $H-Q$  varie  
avec la vitesse de rotation  
de la pompe de telle  
sorte que les courbes  
de fonctionnement  
conservent leurs  
Caractéristiques  
principales

(lois de similitudes)

# Courbes caractéristiques avec variation de la vitesse

