

UNIVERSITE ZIANE ACHOUR DE DJELFA  
FACULTE DES SCIENCES ET DE LA TECHNOLOGIE  
DEPARTEMENT DE GENIE CIVIL ET HYDRAULIQUE



# Cours

## Pompe et Station de Pompage

3<sup>eme</sup> année hydraulique



**Dr. Rachid ZEGAIT**

# Pompe et Station de Pompage

- *Compositions et classification des pompes*
- *L'équation fondamentale des machines hydrauliques*
- *Construction des courbes caractéristiques d'une pompe*
- *équipements hydrauliques en amont et en aval*

# Programme

**Objectifs de l'enseignement:**

Permettre à l'étudiant d'acquérir les notions de base nécessaires au dimensionnement d'une station de pompage des eaux dans les systèmes hydrauliques.

**Connaissances préalables recommandées:**

Mécanique des fluides, Hydraulique générale.

**Contenu de la matière:****Chapitre 1. Pompes (8 Semaines)**

Equation fondamentale des machines hydrauliques; Ecoulement à l'intérieur de la roue; triangle des vitesses; la similitude des machines hydrauliques; Types de pompes et turbines; Courbes caractéristiques; Cavitation.

**Chapitre 2. Stations de pompage (7 Semaines)**

Installation en charge; installation en aspiration.

**Mode d'évaluation:**

Contrôle continu: 40%; Examen: 60%

**Références bibliographiques:**

1. "Les stations de pompage d'eau: Collection IEP, industrie, production, environnement", Technique et documentation - 11 rue Lavoisier - Paris.
2. "Les installations des pompes: AFEE, Association Françaises pour l'Etude des eaux" 21 rue de Madrid - Paris.
3. "Les pompes. Manuel de sélection, application à la vitesse variable". (Coll. Technique, réf. MD1 POMPES). Auteur(s) Manon Jean - 01-2002 - 260p. 21x29.6 Broché.

## Chapitre 1

### Compositions et classification des pompes

#### 1. La pompe

La pompe est une machine hydraulique constituée d'un ensemble d'organes électromécaniques aspirant l'eau au niveau d'un point pour le refouler vers un autre à travers la transformation des énergies (électrique, mécanique) en énergie hydraulique

#### 2. Conditions de choix technique d'une pompe

Dans le choix technico-économique d'une pompe au sein d'un projet on doit tenir compte des aspects suivants :

- Il faut que l'eau arrive jusqu'à l'utilisateur en débit et pression demandés.
- Assurer un bon rapport qualité/prix.
- Il faut que la qualité du matériel choisi procure une durée de vie aussi longue que possible de différents organes.

#### 3. Classification d'après le principe de fonctionnement

Il existe deux grandes catégories de pompes :

- les turbopompes,

Dans les **turbopompes** une roue, munie d'aubes ou d'ailettes, animée d'un mouvement de rotation, fournit au fluide de l'énergie cinétique dont une partie est transformée en pression, par réduction de vitesse dans un organe appelé récupérateur.

- Les pompes volumétriques.

Dans les **pompes volumétriques**, l'énergie est fournie par les variations successives d'un volume raccordé alternativement à l'orifice d'aspiration et à l'orifice de refoulement (grand encombrement).

#### 4. Les pompes centrifuges

Ce sont les pompes les plus utilisées en pratique, utilisée pour des hauteurs d'élévation importantes, dont les performances de la pompe sont obtenues à l'aide de la rotation de la roue dans le corps, qui fait passer le liquide de l'orifice d'aspiration (entrée) à l'orifice de sortie, passant d'une pression d'aspiration faible à une pression de refoulement plus élevée.

#### 5- Composition, géométrie des pompes centrifuges

Les principales composantes des pompes sont le moteur, palier, le corps (enveloppe) et la roue

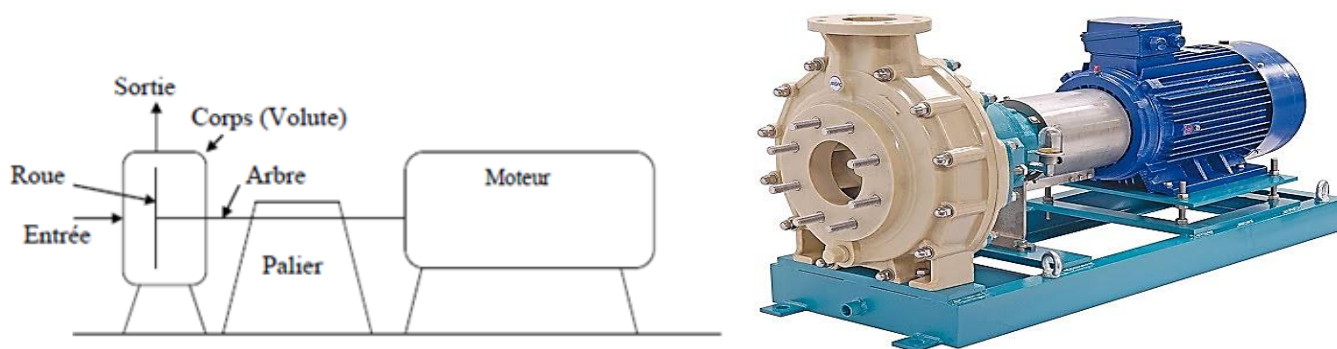


Fig1 : Composant mécanique d'une pompe

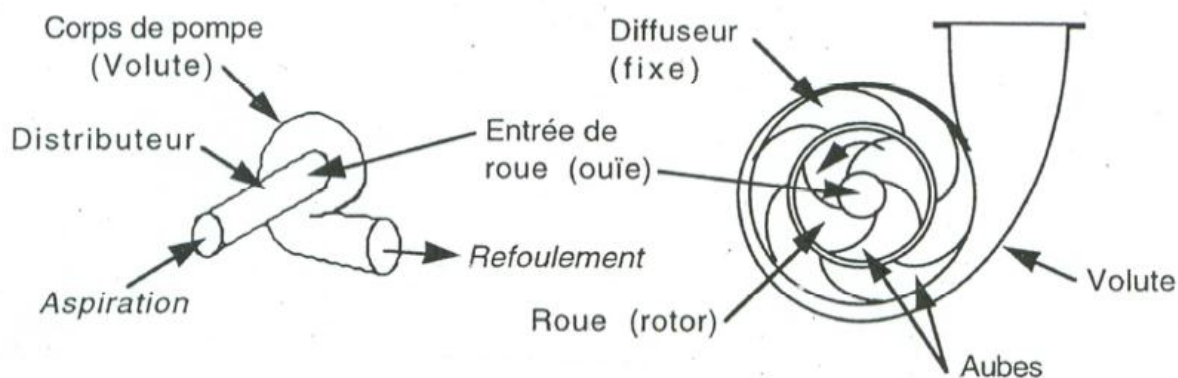


Figure : Schéma d'une pompe centrifuge

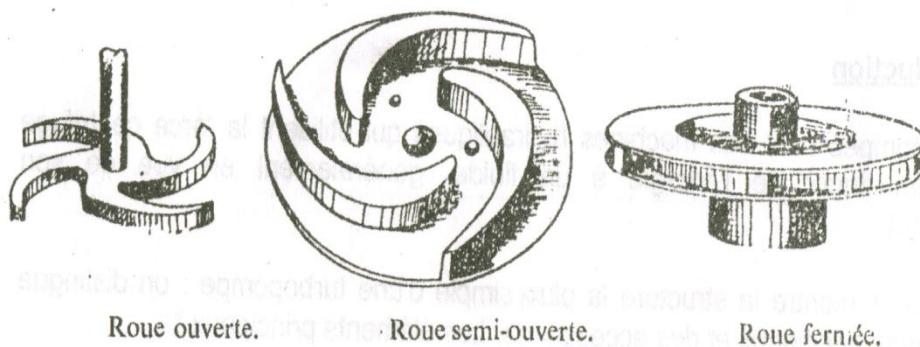
### La roue

C'est l'organe principal dans les pompes centrifuges. On l'appelle encore turbine, impulseur, rotor, cellule, mobile ou rouet. Elle communique au liquide à pomper une partie de l'énergie transmise à l'arbre dont elle est solidaire par le moteur d'entraînement



## 6. Classifications des pompes centrifuges

### a. Selon le type de la roue



## b. Selon le nombre des roues



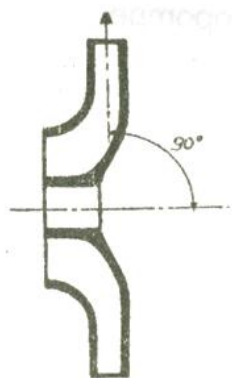
monocellulaire : une seule roue



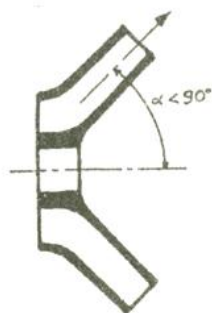
multicellulaire : plusieurs roues

## c. Sens d'écoulement intérieur

- Axiale (à hélice - مروحة) ( $\theta = 0^\circ$ ): l'écoulement est quasi axial à l'entrée et à la sortie, destiné pour les faibles hauteurs d'élévation
- centrifuge radiale ( $\theta = 90^\circ$ ): l'eau entrée axialement par le centre et sort radialement par la périphérie, destiné pour les grandes hauteurs d'élévation
- semi-axiale (hélico centrifuge) ( $\theta \leq 90^\circ$ ): l'eau arrive axialement et sort dans une direction intermédiaire entre la direction axiale et radiale, ces pompes destinées aux hauteurs moyennes d'aspiration.



Centrifuge



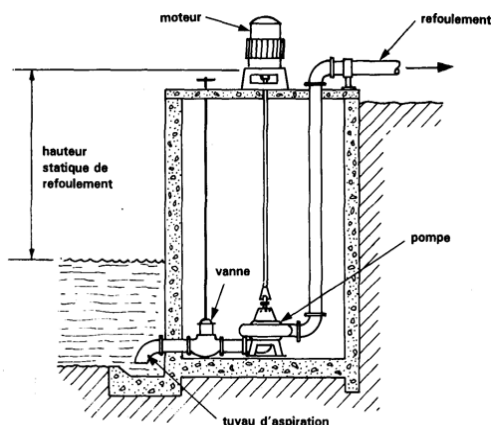
Hélico-centrifuge



Hélice.

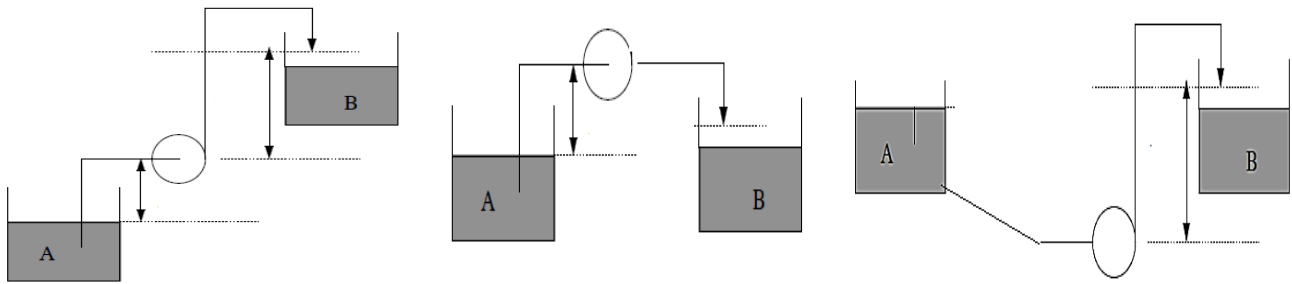
## d. Position de l'axe de transmission

- Horizontale
- Vertical
- Oblique



**d. Type d'installation**

- En aspiration
- Forcé
- Siphon

**e. Selon le moteur**

- De surface (sec)
- Immergée

## Chapitre 2

### L'équation fondamentale des machines hydrauliques

#### 2.0. Rappels sur l'hydrodynamique des fluides

- L'équation d'Euler de mouvement des fluides repose sur ;
  - Force de viscosité
  - Force de pression
  - Force de pesanteur

$$\rho \frac{\Delta v}{\Delta t} = -\overrightarrow{\text{grad} P} + \rho g \quad \text{avec} \quad \overrightarrow{\text{grad} P} = \frac{\partial P}{\partial x} + \frac{\partial P}{\partial y} + \frac{\partial P}{\partial z}$$

- **Loi de conservation de mouvement**

- La conservation de la quantité de mouvement en régime permanent s'écrit selon

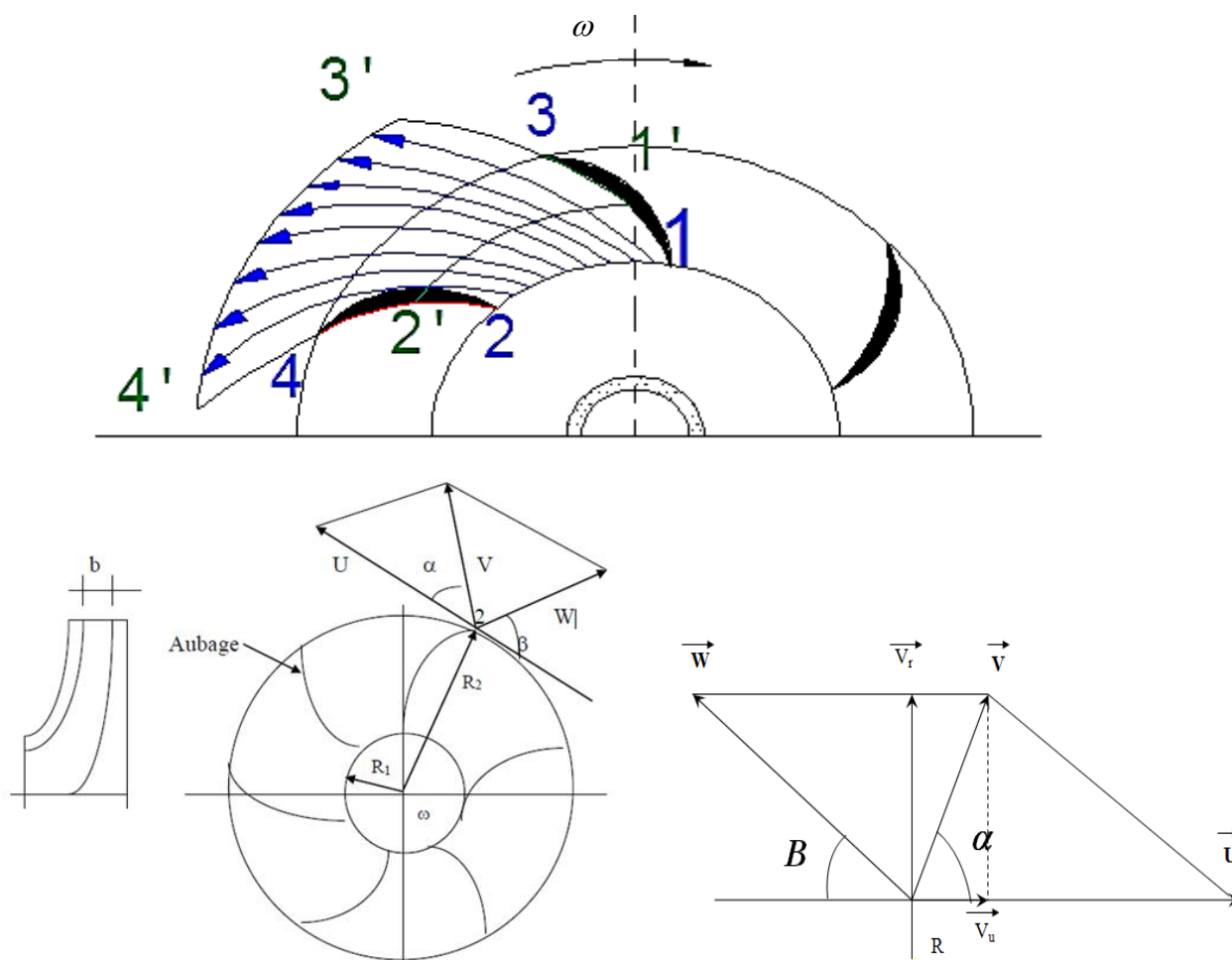
$$\frac{d(MV)}{dt} = \sum \vec{F}_{ext}$$

- $\sum \vec{F}_{ext}$  Étant la somme des forces extérieures qui s'exercent sur la particule fluide.

#### 2.1. L'écoulement à l'intérieur de la roue

La théorie d'EULER, explique le transfert d'énergie entre la roue et le fluide. Les données de base de la théorie d'EULER sont :

- les diamètres d'entrée et de sortie de la roue D1 et D2 ;
- la largeur de la roue à la sortie b ;
- les angles d'entrée et de sortie des aubages ;





## 2.2. Triangle des vitesses :

Nous définissons, au préalable, les notions suivantes:

- $\omega$  : vitesse angulaire de la roue  $\left(\frac{2.\pi.N}{60}\right) rad / s$  ;  $N$  : nombre des tours (tr/minute) ;
- $\vec{U}$  : vitesse d'entraînement de la roue (m/s) ;  $U = \omega . R$ ;
- $\vec{W}$  : vitesse relative de liquide à l'aubage (m/s) (**tangent à l'aubage**)
- $\vec{V}$  : vitesse absolue (m/s) ;
- $\alpha$  : Angle d'attaque (angle entre  $\vec{V}$  et  $\vec{U}$ ) ;
- $\beta$  : Angle d'entrée (angle entre  $\vec{U}$  et  $\vec{W}$ ) ; l'inclinaison des aubes ne dépende pas au régime de fonctionnement de la pompe.
- $R$  : Rayon de la roue (m) ;

## 2.3. Hauteur théorique (l'équation fondamentale d'Euler)

Par l'application de loi de conservation de quantité de mouvement à travers l'équation de puissance et équation des moments.

Le moment des forces extérieures par rapport à l'axe de la pompe n'est autre que le couple moteur  $C$ .

$$\frac{\Delta M}{\Delta t} (V_2 . r_2 . \cos \alpha_2 - V_1 . r_1 . \cos \alpha_1) = C$$

$$\Delta M = 1000 Q \Delta t$$

$$H_t = \frac{1}{g} (V_2 U_2 \cos \alpha_2 - V_1 U_1 \cos \alpha_1)$$

Pour une pompe centrifuge radiale  $\alpha_1 = 90^\circ$  :

$$H_t = \frac{1}{g} (V_2 U_2 \cos \alpha_2)$$

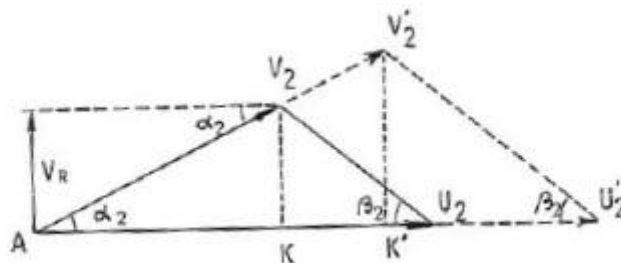
## 2.4. Débit théorique

Le débit en générale est donné par l'équation suivante :

$$Q = V . S = V_{2r} . S$$

$$S = \pi D_2 b_2 \rightarrow Q_{Th} = V_{2R} . \pi D_2 b_2$$

D'après le triangle des vitesses :



$$\operatorname{tg} \beta = \frac{V_{2R}}{U_2 - V_{2u}} ; \quad \cos \alpha = \frac{V_{2u}}{V_2} ;$$

- $V_{2R} = \operatorname{tg} \beta_2 (U_2 - V_2 \cos \alpha_2)$  ;
- $Q_{Th} = \pi D_2 b_2 \operatorname{tg} \beta_2 (U_2 - V_2 \cos \alpha_2)$

Pour une pompe centrifuge radiale  $\alpha_1 = 90^\circ$  :

$$H_t = \frac{1}{g} (V_2 U_2 \cos \alpha_2) \rightarrow Q_{th} = \pi D_2 b_2 \cdot \operatorname{tg} \beta_2 \left( U_2 - \frac{g H_{th}}{U_2} \right)$$

$$\begin{cases} \text{Pour } Q_{th} = 0 \rightarrow H_{th} = \frac{U_2^2}{g} \\ \text{Pour } H_{th} = 0 \rightarrow Q_{th} = \pi D_2 b_2 \cdot U_2 \operatorname{tg} \beta_2 \end{cases}$$

## 2.5. Puissance des pompes centrifuges :

- **Puissance hydraulique = Puissance utile = Puissance fournie par la pompe**

C'est le produit de la variation de pression entre l'aval et l'amont de la pompe par le débit volumique Q :

$$P_U = \rho g Q H_{th}$$

Tel que :

- $\rho$  : masse volumique d'eau (Kg/ m<sup>3</sup>) ;
- $H_{th}$  : la hauteur théorique (m) ;
- Q : le débit (m<sup>3</sup>/s) ;

- **Puissance absorbée = Puissance consommée par le moteur = Puissance fournie à la pompe**

La puissance consommée par le moteur  $P_c$ , c'est le produit entre le couple moteur C par la vitesse angulaire  $\omega$  .

$$P_{abs} = C \cdot \omega$$

Tel que :

- C : le couple en Nm ;
- $\omega$  : vitesse angulaire (rad/s) ;

Dans les cas des moteurs électriques  $P_c$  est le produit entre la tension T, le courant -I- et le Cos  $\Phi$  qui dépend du moteur électrique.

$$P_{abs} = \sqrt{3} T \cdot I \cdot \operatorname{Cos} \Phi$$

## 2.6. Rendement des pompes centrifuges :

Le rendement de la pompe est exprimé par la relation entre la puissance utile et la puissance absorbée qui donnée par la relation suivante :

$$\eta = \frac{P_{util}}{P_{abs}} \cdot 100 = \frac{\rho \cdot g \cdot H \cdot Q}{P_{abs}} \cdot 100$$

- $P_{abs}$  : Puissance absorbée par la pompe, c'est la puissance consommée par le moteur d'entraînement de la pompe.
- $P_{util}$  : Puissance fournie par le moteur.
- $\eta$  : Rendement de la pompe c'est le rapport entre la puissance utile et la puissance absorbée.