

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE  
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE DE MOHAMED SEDDIK BEN YAHIA DE JIJEL

محمد الصديق بن يحيى

Faculté des Sciences et de la Technologie  
Département Génie Mécanique

# TP Turbomachines1

(Niveau :L3 Energétique)

Par  
**S.DJIMLI**

Année Universitaire 2020/2021

## **TP Turbomachines 1**

### **Etude d'une pompe centrifuge multicellulaire Horizontale**



**Ces pompes sont utilisées pour pomper de l'eau claire ou très légèrement chargée, pour l'arrosage ou l'alimentation domestique, industrielle ou agricole.**

Les pompes multicellulaires sont des pompes centrifuges utilisées pour la surpression, leurs turbines multiples permettent d'atteindre des pressions importantes. Leur rendement est bon, mais elles ne sont pas auto-amorçantes et même un peu délicates à amorcer si l'installation et la mise en route ne sont pas faites très soigneusement.

Selon la place disponible et la disposition des canalisations, vous avez le choix entre des pompes horizontales ou verticales, et entre des sorties en ligne ou disposées verticalement. Elles servent à puiser de l'eau douce dans des sources, des puits, des forages, des réserves, des

systèmes de récupération d'eau de pluie ou des rivières ou de remonter la pression trop faible d'un réseau d'eau de ville.

## **1 Éléments constitutifs**

### **1.1 Composants hydrauliques**

Dans une pompe centrifuge multicellulaire telle que celle représentée par la figure 1, on rencontre trois types d'étages :

- l'**étage courant**, qui se reproduit, identique à lui-même, de l'étage deux jusqu'à l'étage ( $n - 1$ ) ;
- l'**étage d'entrée**, qui diffère du précédent par ses conditions d'aspiration ;
- l'**étage de sortie**, qui alimente une volute de forme souvent simplifiée, ou très simplifiée.

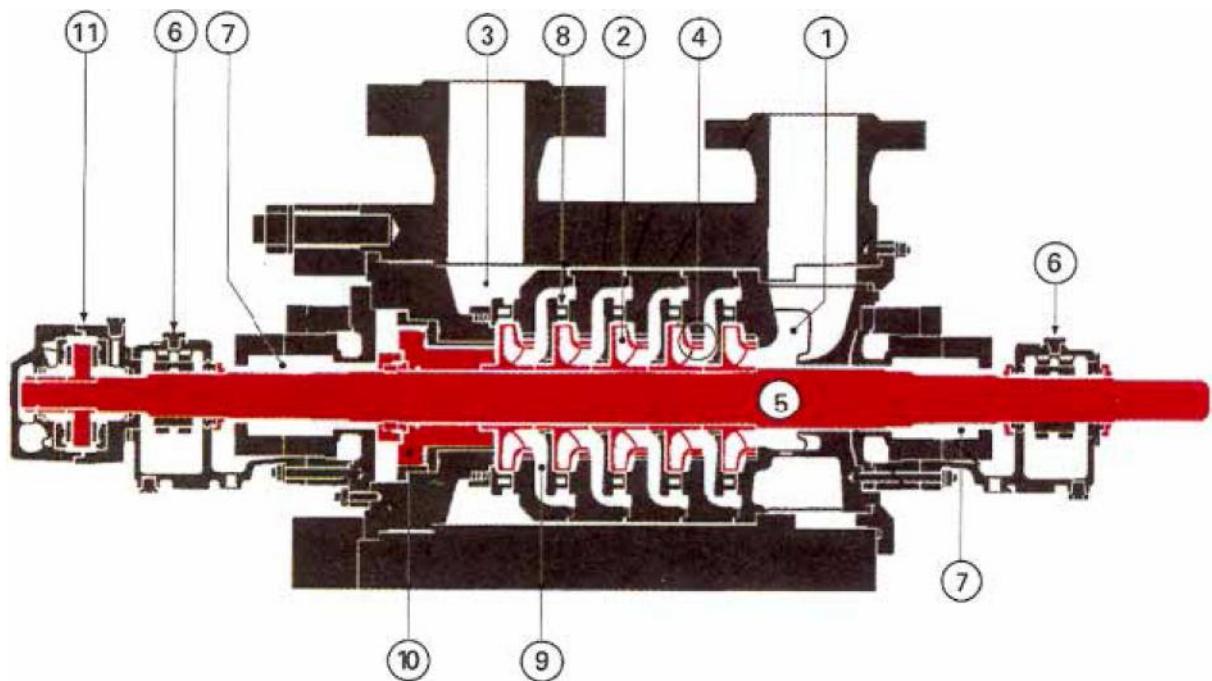


Figure 1 – Pompe centrifuge multicellulaire

### **1.1.1 Étage courant**

Les éléments constitutifs sont au nombre de quatre.

- L'impulseur (repère (2), figure 1) apporte au fluide la totalité de l'énergie nécessaire au processus de pompage ; il est, de ce fait, l'élément primordial de l'étage. Cet impulseur diffère un peu de celui de la pompe monocellulaire, car il est traversé par un arbre dont les dimensions sont loin d'être négligeables. Les dimensions de l'œillard sont donc augmentées. Le diamètre d'entrée dans les aubes de la roue est plus grand. Les aubes sont souvent plus courtes et peuvent différer en nombre d'une unité.
- Le diffuseur (repère (8), figure 1) est, dans le mode de réalisation représenté, pratiquement identique au diffuseur d'une pompe monocellulaires, mais il peut dans d'autres modes de réalisation en différer sensiblement.
- Le canal de retour (repère (9), figure 9) n'existe pas sur les pompes monocellulaires. Sa fonction est double :
  - d'une part, ramener vers le centre l'écoulement sortant du diffuseur, à destination de l'étage suivant ;
  - d'autre part, supprimer la composante tangentielle qui subsiste à la sortie du diffuseur.

Cette dernière fonction est importante, en effet, qu'une composante tangentielle, dans le sens de la rotation, à l'entrée de l'étage suivant, amènerait une perte de hauteur inacceptable sur cet étage.

La figure 2 présente le canal de retour, dans son environnement normal et pour un mode de réalisation relativement usuel.

On trouve l'impulseur d'amont  $I_{am}$  de rang  $r$ , le diffuseur D, le canal de retour CR et finalement l'impulseur d'aval  $I_{av}$  de rang  $(r + 1)$ . Les aubes  $A_u$  du canal de retour sont représentées dans la partie droite de la figure. Le nombre d'aubes du canal de retour est souvent un nombre premier. Il ne doit, en tous cas, jamais être un multiple du nombre d'aubes de l'impulseur.

Des dispositifs d'étanchéité internes (repère (4), figure 1) sont semblables à ceux des pompes monocellulaires et sont destinés à limiter les débits de fuite internes vers l'aspiration de l'impulseur.

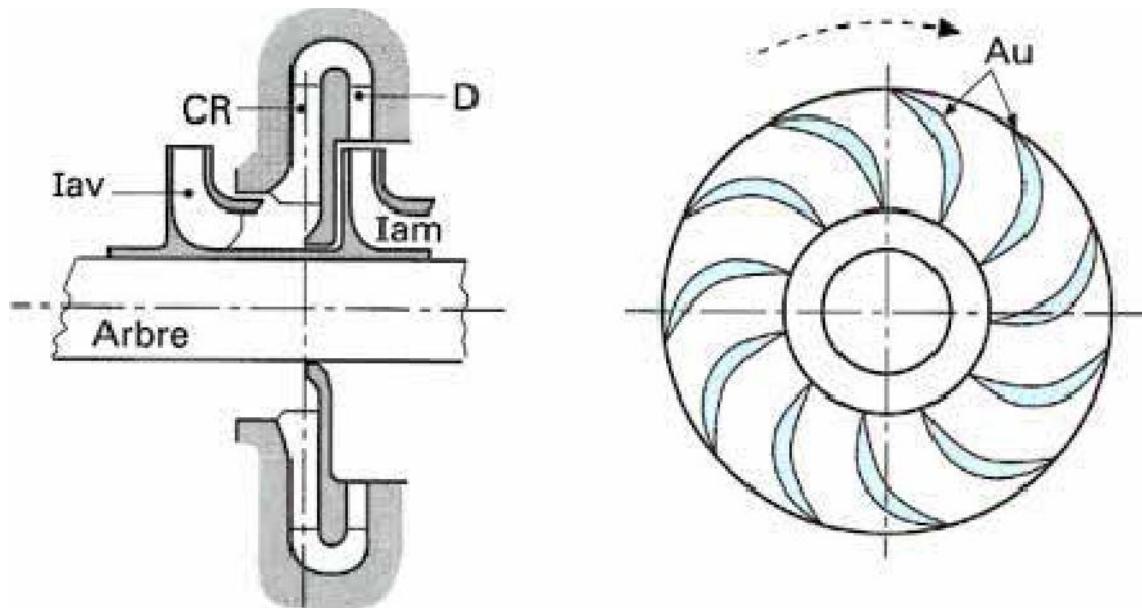
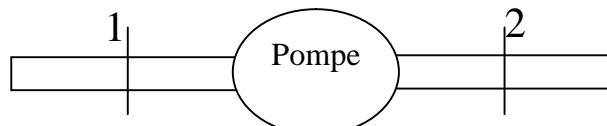


Figure 2 – Canal de retour : description et situation dans son environnement normal

## 2. Partie Théorique

### 2.1 Hauteur utile (manométrique):

Soit une pompe qui fonctionne entre deux points 1 et 2:



Nous avons la relation du travail de la pompe:

$$W_{12} = \frac{P_2 - P_1}{\dots} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) + \frac{\Delta P'_{12}}{\{}$$

en divisant cette relation par  $g$ , chacun de termes représente des [m] de hauteur de fluide, on obtient:

$$\frac{W_{12}}{g} = \frac{P_2 - P_1}{\dots g} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + (z_2 - z_1) + \frac{\Delta P'_{12}}{\{g\}}$$

$\frac{W_{12}}{g}$  : représente le travail spécifique à l'unité de masse (travail spécifique interne)

on pose :  $\frac{\Delta P_{12}'}{g} = h_{12}'$  sont les pertes se produisant dans l'organe transformateur d'énergie (pompe)

donc on peut écrire:  $H_i = \left( \frac{P_2 - P_1}{\dots g} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + (z_2 - z_1) \right) + h_{12}'$

où :  $h_{12}' = h_f' + h_h'$ , on définit la hauteur théorique par:

$$H_{th} = H_i - h_f', \text{ avec } h_f' \text{ sont les pertes par frottement}$$

et on définit la hauteur manométrique (utile):

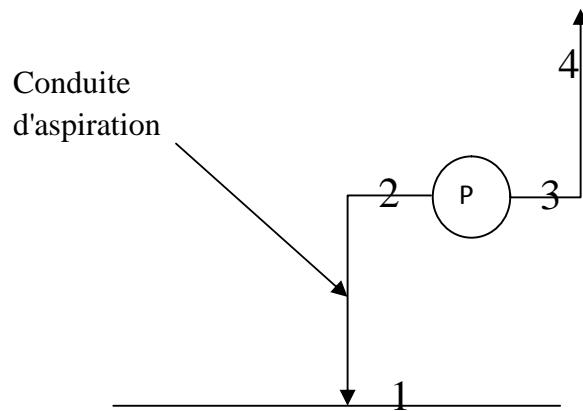
$$H_u = H_{th} - h_h', \text{ avec } h_h' \text{ sont les pertes hydrauliques}$$

$$\text{donc : } H_u = \left( \frac{P_2 - P_1}{\dots g} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + (z_2 - z_1) \right) \text{ [m]}$$

le travail utile est donné par :

$$W_{12} = g \times H_u = \frac{P_2 - P_1}{\dots} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) \quad [J / Kg]$$

Considérons maintenant l'installation suivante:



L'ensemble de la pompe et des conduites d'aspiration et de refoulement est défini comme l'installation de la pompe.

Appliquons l'équation de Bernoulli

- Entre les points 1 et 2 (conduite) pas de travail  $W_{12}=0$

$$W_{12} = 0 = \frac{P_2 - P_1}{\dots} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2} + g(z_2 - z_1) + f_a$$

avec  $f_a$  les pertes de charge dans la conduite d'aspiration.

- Entre les points 2 et 3 (pompe)

$$W_{23} = \frac{P_3 - P_2}{\dots} + \frac{u_3^2 - u_2^2}{2} + g(z_3 - z_2) + \frac{\Delta P_{23}'}{\{}$$

- Entre les points 3 et 4 (conduite) pas de travail  $W_{34}=0$

$$W_{34} = 0 = \frac{P_4 - P_3}{\dots} + \frac{u_4^2 - u_3^2}{2} + g(z_4 - z_3) + f_r$$

avec  $f_r$  les pertes de charge dans la conduite de refoulement.

- Entre les points 1 et 4 (la somme des trois équations)

$$W_{23} = \frac{P_4 - P_1}{\dots} + \frac{u_4^2 - u_1^2}{2} + g(z_3 - z_2) + \frac{\Delta P_{23}'}{\{g} + f_a + f_r$$

divisons cette relation par  $g$ :

$$\frac{W_{23}}{g} - \frac{\Delta P_{23}'}{\{g} = \frac{P_4 - P_1}{\dots g} + \frac{u_4^2 - u_1^2}{2g} + (z_3 - z_2) + \frac{f_a + f_r}{g}$$

$$H_u = \frac{P_2 - P_1}{\dots g} + \frac{u_2^2 - u_1^2}{2g} + (z_2 - z_1) + \frac{f_a + f_r}{g}$$

## 2.2 Rendement hydraulique:

Le rendement hydraulique caractérise la perte de charge créée dans l'impulseur et qui s'exprime par l'expression suivante :

$$y_h = \frac{H_u}{H_{th}} = \frac{H_u}{H_u + h'_h}$$

$$h'_h = Kq_v^2$$

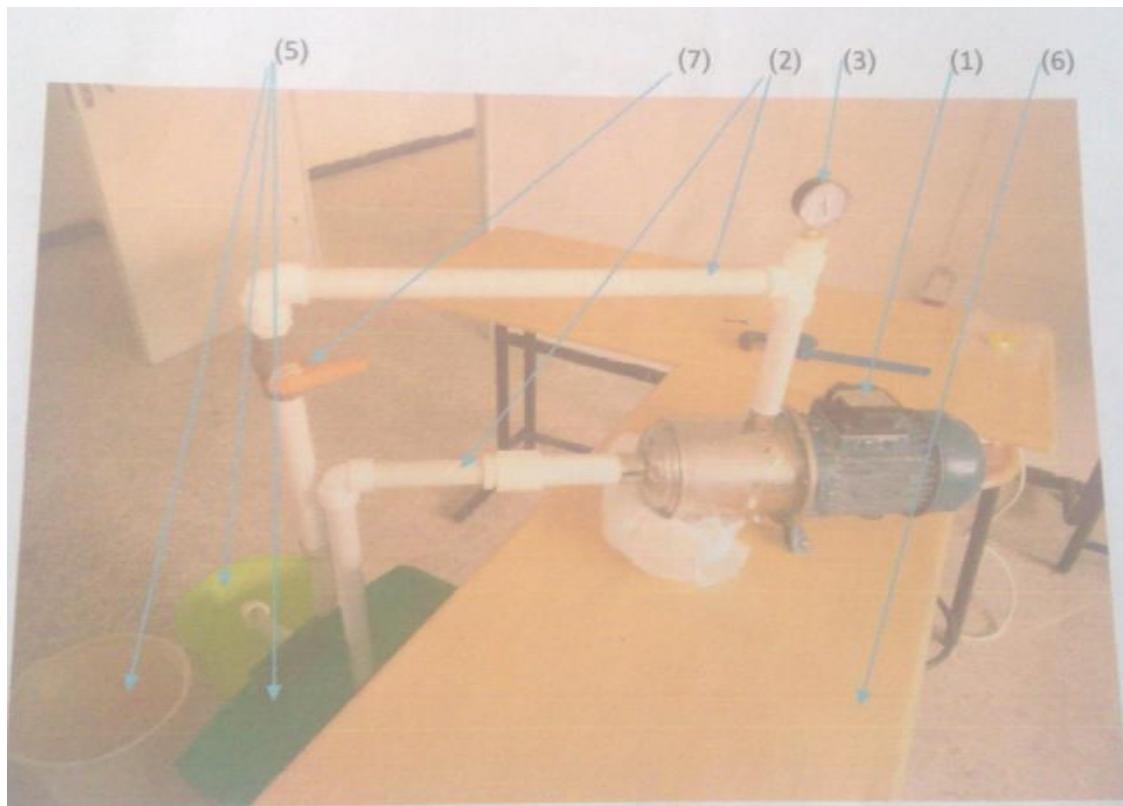
Le rendement hydraulique des pompes centrifuges varie entre 0.7 à 0.9.

### **3. Partie Pratique**

objectif de TP est l'étude d'une pompe centrifuge multicellulaire

- les éléments utilisés sont:

- une pompe centrifuge multicellulaire 6 étages
- des conduites aspiration et refoulement
- Manomètre pour mesure la pression
- une vanne



## Questions

1. Déterminer les propriétés de la pompe à partir de la plaque signalétique (Débit, Pression max, Puissance et tr/min...etc)



2. Nous allons procéder au changement de la pression par le biais d'une vanne située à la sortie de la pompe et d'enregistrer les mesures dans le tableau suivant:

P (bars)	t (S)	Qv (l/min)

- Tracer la variation de la hauteur manométrique en fonction du débit
  - Tracer la variation de la pression en fonction du débit
3. Les caractéristiques d'une pompe centrifuge sont sous la forme :

$$H (m) = a Q^2 + b \quad (a, b \text{ étant des constantes})$$

$$h = Q(cQ + d) \quad (c, d \text{ étant des constantes}) \quad (\text{avec } Q \text{ en l/s})$$

Déterminer le point de fonctionnement où le rendement est maximum :

$$N = \dots, H = \dots, Q = \dots, h = \dots$$

- 1) Expliciter les constantes a, b, c et d dans les conditions particulières de fonctionnement.
- 2) Déterminer la puissance de la pompe