

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche scientifique



**Mémoire de Fin d'Etudes  
En vue de l'obtention du diplôme:**

**MASTER**

**Filière : AUTOMATIQUE**

**Option : -Automatique et informatique industrielle**

***Thème***

**Etude et Conception d'une station de pompage eau  
potable**

**Présenté par : - BELBAGRA HITHEM**

**- BENJEDDI BELKACEM**

**Devant le jury :**

**Président : DR REFFAS ABD ERRAHIM**

**Examineur 1 : DR.MAGHLAOUI ISSAM**

**Rapporteur : DR.BENNIA ABD ERAZAK**

**Année Universitaire 2021/2022**

## *Dédicaces*

*C'est avec une grande émotion que*

*Je dédie ce modeste travail de fin d'étude*

*Aux êtres les plus chers :*

*Mon père et ma mère qui ont fait de moi*

*Ce que je suis aujourd'hui, et qui ont veillé sur moi*

*Et ont guidé mes pas durant toute ma vie*

*Avec leurs aides, leurs grands émotions et*

*Leurs sacrifices*

*A mon cher frère et mes chères sœurs*

*A tout ma famille*

*A mon binôme belkacem*

*A tout mes amis*

*Et a tous ceux qui me sont chers.*

**HITHEM**

## *Dédicaces*

*C'est avec une grande émotion que*

*Je dédie ce modeste travail de fin d'étude*

*Aux êtres les plus chers :*

*Mon père et ma mère qui ont fait de moi*

*Ce que je suis aujourd'hui, et qui ont veillé sur moi*

*Et ont guidé mes pas durant toute ma vie*

*Avec leurs aides, leurs grands émotions et*

*Leurs sacrifices*

*A mon cher frère et mes chères sœurs*

*A tout ma famille*

*A mon binôme haithem*

*A tout mes amis*

*Et a tous ceux qui me sont chers.*

***BELKACEM***

## *Remerciement*

*Avant de commencer ce mémoire, nous tenons à remercier et glorifier ALLAH le tout puissant et miséricordieux, de nous avoir donné le courage et la volonté de mener à terme ce présent travail.*

*Nous exprimons notre sincère remerciement à tous les personnes qui nous ont aidé de près ou de loin afin de réaliser ce travail.*

*Ces remerciement sont adresse chaleureusement aussi à notre encadreur*

*Dr. ZAOUI Fares qui on bien dirigé dans la réalisation de ce projet*

*Grande merci à tous*

الهدف من العمل الحالي هو تصميم محطة ضخ المياه الصالحة للشرب لتعزيز امدادات المياه لما له اهمية في مجال الصحة العامة سواء اكان استخدامها لاغراض الشرب ام الاستخدام المنزلي. ينقسم العمل المنجز الى قسمين : دراسة محطة ضخ المياه ثم تصميمها.

## **RESUME**

L'objectif des travaux en cours est de concevoir une station de pompage d'eau potable pour améliorer l'approvisionnement en eau en raison de son importance dans le domaine de la santé publique, qu'elle soit utilisée à des fins de boisson ou à usage domestique. Les travaux réalisés se divisent en deux parties : l'étude de la station de pompage d'eau et sa conception.

## **ABSTRACT**

The objective of the current work is to design a potable water pumping station to enhance the water supply because of its importance in the field of public health, whether it is used for drinking purposes or for domestic use. The completed work is divided into two parts: the study of the water pumping station and its design.

**Liste des matières**  
**Introduction Générale**

Introduction	2
<b>Chapitre 1 traitement des eaux</b>	
1 Introduction	4
2 Traitement de clarification	4
2.1 La coagulation-floculation	4
2.2 La décantation	5
2.2.1 Principe	5
2.2.2 Types de décanteur	6
2.2.2.1 Décanteur simple	6
2.2.2.2 Décanteur amélioré _ Décanteur lamelles	8
2.3 La filtration	9
3 Traitement complémentaire	10
3.1 Désinfection	10
3.2 Les modes de désinfection	10
4 Conclusion	10
<b>Chapitre 2 Type de démarrage moteur</b>	
1 Introduction	12
2 Type de démarrage moteur	12
2.1 Démarrage direct	12
2.1.1 Démarrage Manuel	12
2.1.2 Démarrage automatique	13
2.1.3 Les avantages et les inconvénients	14
2.2 Démarrage étoile-triangle	15
2.2.1 Couplage du moteur asynchrone: étoile ou triangle	15
2.2.2 Schéma de commande et puissance	15
2.2.3 Les avantages et les inconvénients	16
2.3 Démarrage par variateur de vitesse :	16
2.3.1 Les avantages et les inconvénients	17
2.4 Démarrage par démarreur progressif	17

3 Les équipements	18
3.1 Les actionneurs	18
3.1.1 Moteurs triphasés asynchrone	18
3.1.2 Vannes manuelles	19
3.1.3 Pompe	20
3.2 Les capteurs	20
3.2.1 Capteur de niveau	21
3.2.2 Les poires	21
3.2.3 Débitmètres électromagnétiques	22
3.3 Les équipements de protection	23
3.3.1 Les disjoncteurs	23
3.3.2 Les contacteurs	24
3.3.3 Les Relai thermique	25
3.3.4 Les sectionneurs	26
3.3.5 Les fusible	27
3.3.6 Lampes de signalisation ou voyants	28
3.4 Les auxiliaires de commande	28
3.4.1 Les commutateurs à cames	28
3.4.2 Les Boutons poussoirs	28
<b>Chapitre 3 Conception station de pompage</b>	
1 Introduction	30
2 Les différents types de postes de livraison	30
2.1 Les postes d'extérieur	30
2.2 Les postes d'intérieur	30
3 Structure d'un poste HTA/BT	30
4 Postes avec cellules fonctionnelles	31
4.1 Différents types de cellules	32
4.2 Association des cellules HTA	32
5 Les différents types de cellules	33
5.1 Cellule d'arrivée	33
5.2 Cellule de protection HT	33

5.3	Cellule de protection BT	34
5.4	Cellule de comptage	35
6	Dimensionnement d'une pompe	35
7	Définition de la hauteur de refoulement	36
8	Les pertes de charges	37
8.1	Les pertes de charges linéaires	37
8.2	Les pertes singulières	38
9	La puissance hydraulique	42
10	La puissance mécanique	42
11	Les rendements	43
11.1	Rendement mécanique et hydraulique d'une pompe hydraulique	43
11.2	Rendement volumétrique d'une pompe hydraulique	43
11.3	Rendement mécanique d'une pompe hydraulique	44
11.4	Le rendement du frottement	44
11.5	Le rendement hydraulique	44
11.6	Rendement total d'une pompe hydraulique	44
12	Point de fonctionnement	45
13	L'hauteur d'aspiration nette positive (NPSH)	45
14	Choix d'une pompe	47
15	Dimensionnement de moteurs électrique pour une pompe	48
16	Schéma électrique	48
16.1	Schéma de puissance	48
16.2	Schéma de commande	49
17	Conclusion	49

## **Conclusion générale**

Conclusion générale	51
---------------------	----



## Liste des figures et tableau

Figure 1 type d'une station de pompage.....	4
Figure 2 Processus de coagulation.....	5
Figure 3 : Principe de d'écantation des particules.....	6
Figure 4: Principe du décanteur horizontal (Loi de Hazen).....	7
Figure 5 : Décanteur longitudinal à pont racleur.....	7
Figure 6 : Exemple simplifié de décanteurs dits statiques.....	8
Figure 7: Schéma d'un décanteur lamellaire.....	8
Figure.8: Schéma du système d'une filtration à sable.....	9
Figure 9 commande par interrupteur sectionneur à commande rotative.....	12
Figure 10 commande par disjoncteur magnéto_thermique.....	13
Figure 11 Démarreurs automatiques.....	14
Figure 12 Variateur de vitesse.....	16
Figure 13 démarreur progressif.....	18
Figure 14 illustration d'un moteur asynchrone.....	19
Figure 15 illustration d'une vanne manuelle.....	20
Figure 16 pompe centrifuge.....	20
Figure 17 sonde de niveau piézorésistif.....	21
Figure 18 Débitmètres électromagnétiques.....	23
Figure 19 Voyants.....	28
Figure 20 Commutateurs à cames.....	28
Figure 21 Structure générale d'un poste HTA/BT.....	31
Figure 22 Poste d'intérieur HT/BT (station de pompage Zada).....	31
Figure 23 Exemples de cellules HTA.....	32
Figure 24 exemple d'association de cellules.....	32
Figure 25 courbe de pompe en fonctionne de hr et débit.....	37
Figure 26 courbe des puissances en fonction des débits.....	42
Figure 27 La puissance mécanique et hydraulique d'une pompe hydraulique.....	43
Figure 28 illustration des pertes volumétriques.....	43

### Les tableaux

Tableau 1 Les pertes de charges linéaires.....	38
Tableau 2 les valeurs de coefficient K.....	39
Tableau 3 les pertes de charges singulière.....	39

# **Introduction Générale**

### Introduction

L'eau signifie la vie, de sorte que les sources d'eau sont plus importantes que les sources

D'énergie, la plupart de l'eau se trouve dans les rivières, les puits, les mers ou les zones de

Collecte d'eau, les réservoirs, les stations de pompages d'eaux. Les humains ont besoin d'efforts manuels ou mécaniques de levage de l'eau. Les humains ont essayé d'inventer des machines qui aident à soulever l'eau; actuellement, les pompes sont utilisées pour soulever et déplacer les fluides d'un endroit à un autre qui a abouti à la création des stations de pompages.

Une station de pompage est un ouvrage qui permet de déplacer un liquide, généralement de l'eau, d'un point bas vers un point haut via un réseau de canalisations. Ce type d'équipement est indispensable quand il est impossible d'alimenter un bassin en eau par simple gravité.

Une station de pompage se compose : d'une réserve d'eau à surface libre, d'une bêche (stockage intermédiaire entre l'arrivée d'eau et les pompes), de pompes, d'un réseau de canalisations, de divers équipements hydrauliques : clapets anti-retours, chaudrons anti-béliers, de divers équipements électriques (tableau de contrôle...) et mécaniques, d'un système de dégrillage, de vannes d'isolement et parfois un déversoir d'orage.

## **CHAPITRE 1**

### **TRAITEMENT DES EAUX**

## Chapitre 1 Traitement des eaux

### 1 Introduction

Les eaux naturelles sont constituées d'eaux souterraines (infiltrations, nappes), d'eaux de surface (barrages, lacs, rivières) et d'eau de mer. La plupart du temps, l'eau recueillie dans le milieu naturel n'est pas directement consommable. Elle est responsable du sable, des limons, des débris de matériaux organiques ou inorganiques et des substances colorées dissoutes. Pour rendre l'eau potable, une série de traitements sont utilisés, qui peuvent varier en fonction de la source et de la qualité de l'eau : premièrement, les substances présentes dans l'eau sont éliminées en une série d'étapes, jusqu'à des micro-organismes tels que les virus et les bactéries. Ces procédures peuvent être résumées dans. [1]

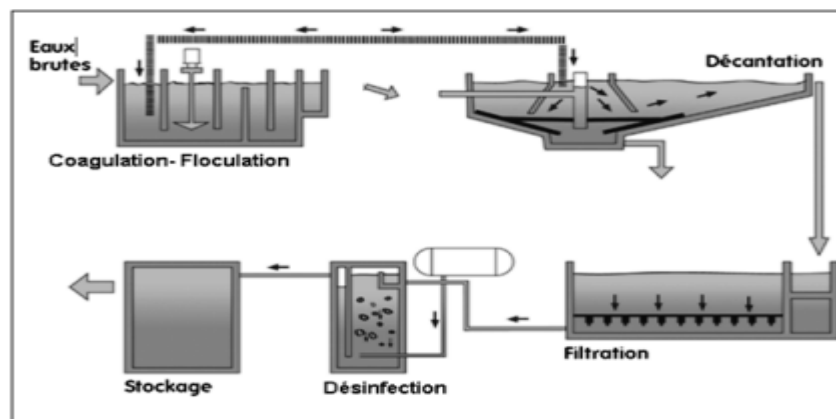


Figure 1 type d'une station de pompage

### 2 Traitement de clarification

#### 2.1 La coagulation-floculation

Ce procédé permet ensuite de rendre l'eau limpide en la débarrassant des matières en suspension qu'elle contient dites particules colloïdales (de diamètre compris entre 0,1 et 10  $\mu\text{m}$ ). Elle s'effectue en deux temps : on injecte d'abord dans l'eau des réactifs chimiques (sel d'aluminium par exemple) qui provoquent la coagulation des particules. Ces produits chimiques s'appellent des coagulants. La charge positive du coagulant neutralise la charge négative des particules dissoutes et suspendues dans l'eau. Ces particules s'agglomèrent les unes aux autres et forment des "flocons" : c'est la floculation. Ces "flocons" plus lourds que l'eau, se déposent au fond d'un bassin de décantation et sont évacués régulièrement sous forme de boues.

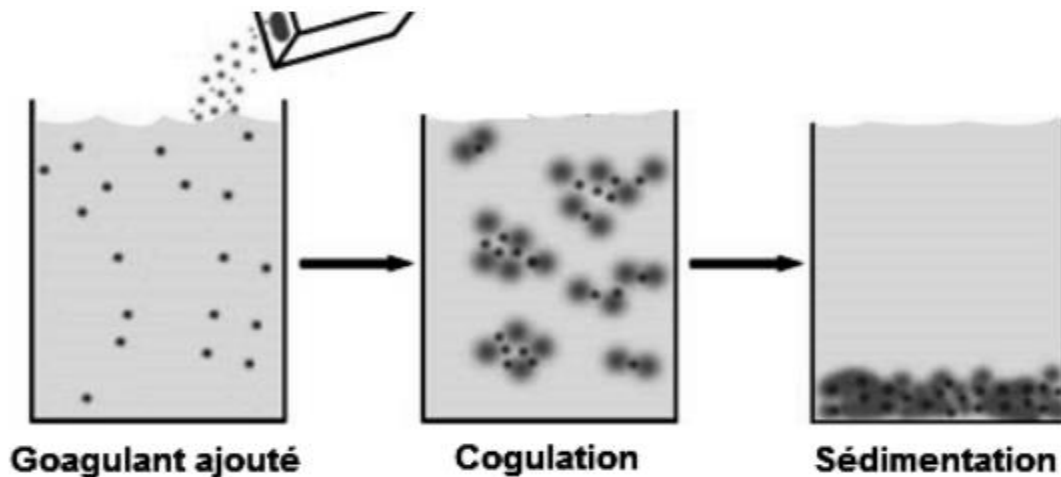


Figure 2 Processus de coagulation

Les produits les plus utilisés pour la purification des eaux sont les sels d'aluminium et de fer qui libèrent des ions  $Al^{3+}$  et  $Fe^{3+}$ . Ces ions neutralisent la force de répulsion entre les particules colloïdales et favorisent ainsi la coagulation. Lorsqu'on additionne à l'eau les sels d'aluminium ou de fer, ces derniers réagissent avec l'alcalinité de l'eau et produisent des hydroxydes,  $Al(OH)_3$ , ou  $Fe(OH)_3$ , insolubles et formant un précipité. [1]

## 2.2 La décantation

### 2.2.1 Principe

La décantation est la méthode de séparation gravitaire la plus fréquente des MES (Matière en suspension) et colloïdes (rassembles sous forme de floc après l'étape de coagulation/floculation). Il s'agit d'un procédé de séparation solide/liquide basé sur la pesanteur (Figure 3). Cette séparation est induite par réduction de la vitesse horizontale qui doit être inférieure à la vitesse verticale (de chute, de décantation ou ascensionnelle) afin de favoriser la sédimentation des particules dans un piège. Ces particules s'accumulent au fond du bassin, d'où on les extrait périodiquement. L'eau récoltée en surface est dite clarifiée. Les facteurs clés de la sédimentation sont la différence de masse volumique entre le solide et le liquide, la taille des particules et la viscosité du fluide. [1]

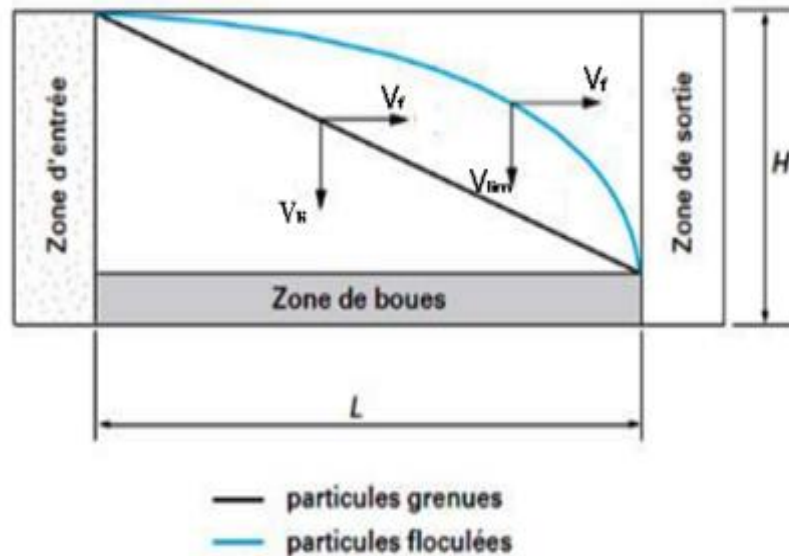


Figure 3: Principe de d'écantation des particules

## 2.2.2 Types de décanteur

### 2.2.2.1 Décanteur simple

Les décanteurs classiques sont caractérisés par la surface de décantation égale la surface de base. Le décanteur le plus simple est constitué d'une cuve parallélépipédique munie d'une zone d'entrée et de deux zones de sortie (une pour la sur-verse et l'autre pour les boues). IL exist deux types de decanteur simple:

- **Décanteurs à flux horizontaux**

Dans ces bassins, la condition pour qu'une particule soit retenue et qu'elle ait le temps d'atteindre le fond avant le débordement ou la sortie de l'ouvrage. Un décanteur horizontal est caractérisé par :

Le débit traversier  $Q$ ,

Sa surface  $S$ ,

Sa hauteur entre le plan d'eau libre et le radier  $h$ .

Le temps de rétention dans l'ouvrage sera  $t = S \times h / Q$ .

Une particule en suspension arrivant en surface à l'entrée du décanteur décante avec une vitesse constante  $V_0$ .

La décantation est terminée lorsque la particule s'est déposée sur le radier, la durée de chute est égale à  $h / V$ .

La possibilité pour les particules d'atteindre le fond de l'ouvrage est évidemment envisageable seulement si  $t > h / V$ , ou encore  $V_0 > Q / S$ .

Le terme  $Q / S$  est appelée vitesse de Hazen, il s'exprime souvent en mètre cube heure par mètre carré ( $m^3/h/m^2$ ) ou mètre par heure ( $m/h$ ),

Nota - termes équivalents rencontrés : vitesse de décantation, vitesse superficielle, vitesse de surverse. [2]

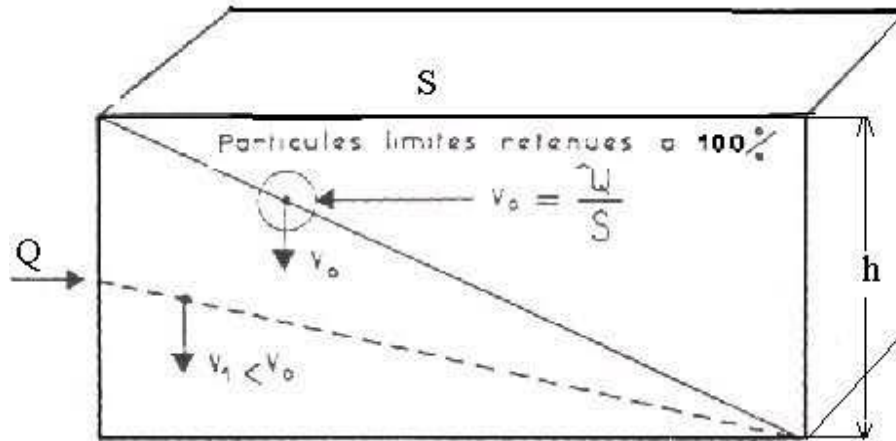
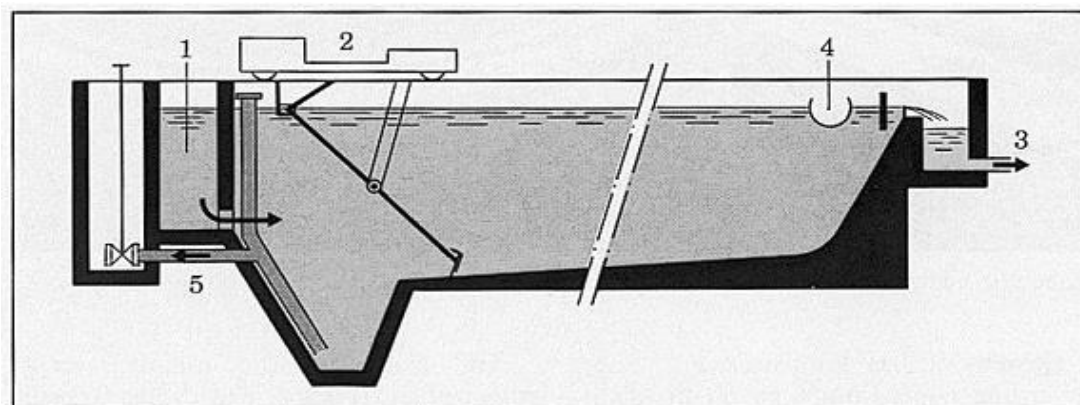


Figure 4: Principe du décanteur horizontal (Loi de Hazen)



- |                           |                            |
|---------------------------|----------------------------|
| 1 - Arrivée d'eau brute.  | 4 - Reprise des flottants. |
| 2 - Pont racleur.         | 5 - Évacuation des boues.  |
| 3 - Sortie d'eau décantée |                            |

Figure 5 : Décanteur longitudinal à pont racleur

- **Les Décanteurs à flux verticaux**

Dans ce type d'ouvrage l'eau suit un trajet vertical. La vitesse de chute des particules est contrariée par une force résultante de la composition de la force de frottement et de la vitesse ascensionnelle de l'eau.

Tous les décanteurs verticaux font appel au *voile de boue* du fait de cet équilibre des vitesses et ce, quelle que soit la technique utilisée avec ou sans floculation ou recirculation des boues. Le rôle du voile de boue est essentiel il joue également le rôle de filtre pour les flocons de faible dimensions. En son sein se produit le phénomène de coalescence.



Ce sont des ouvrages de forme conique ou pyramidale pour permettre un contrôle plus aisé du voile de boues. On rencontre les ouvrages suivants : [2]

- décanteurs dits statiques,
- décanteurs à circulation de boues,
- décanteur à lit de boues.

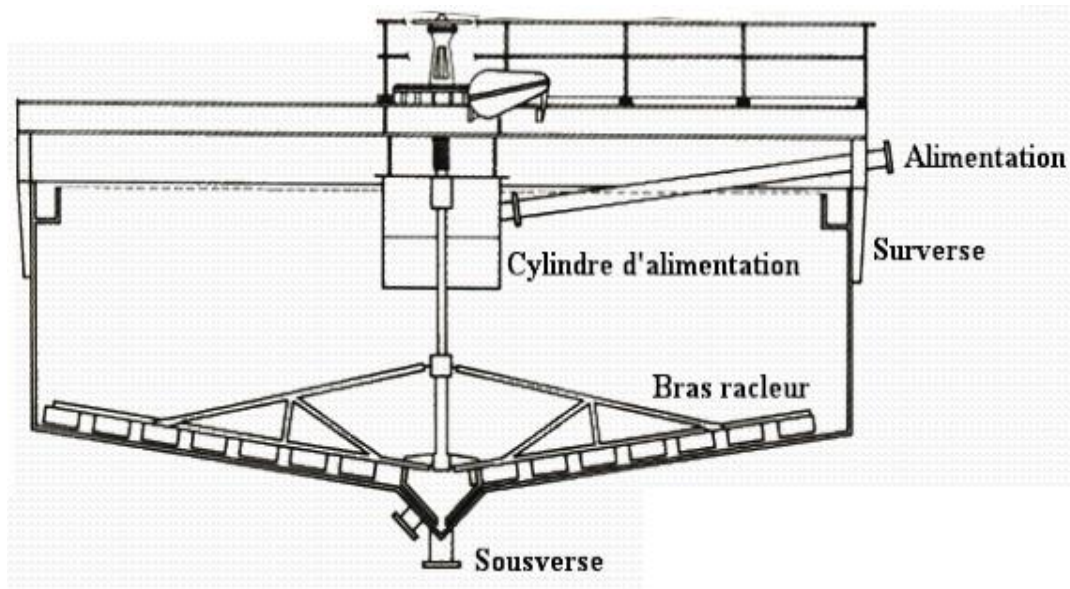


Figure 6 : Exemple simplifié de décanteurs dits statiques

### 2.2.2.2 Décanteur amélioré \_ Décanteur lamelles

Les décanteurs dits lamellaires comportent souvent une série de lamelles qui permet de multiplier la surface de décantation utile tout en réduisant la surface au sol par rapport à un bassin de décantation classique à flux horizontal.

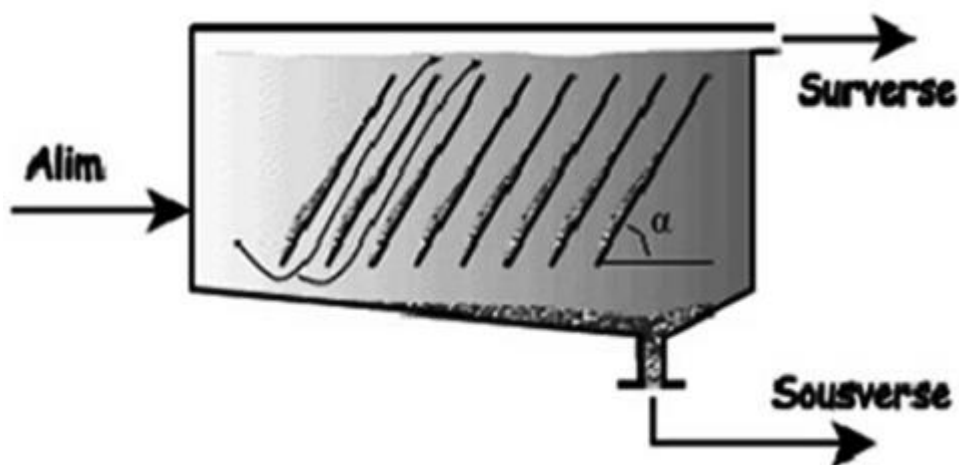


Figure 7: Schéma d'un décanteur lamellaire

### 2.3 La filtration

La filtration est un procédé physique destiné à clarifier un liquide qui contient des MES (matière en suspension) en le faisant passer à travers un milieu poreux. La filtration permet d'obtenir une bonne élimination des bactéries, de la couleur, de la turbidité et, indirectement, de certains goûts et odeurs.

#### Filtration sur sable

Cette étape achève de clarifier l'eau en éliminant les derniers flocons. Elle consiste à faire passer l'eau à travers une épaisse couche de sable fin (**80cm à 1,50m**) disposée sur un plancher poreux. Ce filtre est nettoyé régulièrement par l'envoi d'eau et d'air à contre-courant (de bas en haut) pour permettre aux flocons de se détacher des grains de sable et éviter ainsi les risques de colmatage.

Le sable déposé dans le lit filtrant est relativement fin, c'est-à-dire, ses gammes de taille effective comprise entre **0,15 et 0,30 millimètres**. La perte de charge sur le filtre indique la nécessité d'un rétro lavage : plus le filtre est bouché, plus la perte de charge est importante. En général, la perte de charge ne peut pas être supérieure à 1 mètre.[1]

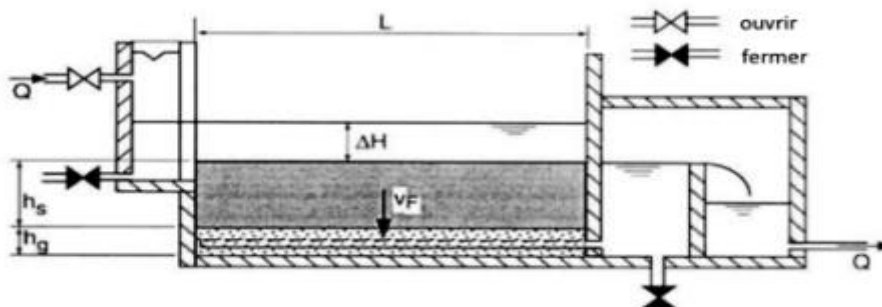


Figure.8: Schéma du système d'une filtration à sable



### 3 Traitement complémentaire :

#### 3.1 Désinfection

La désinfection est un traitement qui permet d'éliminer les microorganismes susceptibles de transmettre des maladies. On peut procéder à la désinfection en ajoutant à l'eau une certaine quantité d'un produit chimique doté de propriétés germicides. Les produits chimiques les plus utilisés sont : le chlore, le dioxyde de chlore, l'ozone, le brome, l'iode et le permanganate de potassium. On peut également désinfecter l'eau grâce des moyens physiques: ébullition, ultrasons, ultraviolets ou rayons gamma.

#### 3.2 Les modes de désinfection :

Il existe diverses méthodes de désinfection : les plus répandues sont la chloration, l'ozonation, et la stérilisation aux rayons ultra-violets.

- **La stérilisation par le chlore ou chloration** : Est le procédé le plus utilisé. On injecte dans l'eau, de l'eau de javel ou du chlore gazeux suivant un dosage précis. Le bioxyde de chlore est parfois utilisé à la place du chlore. Il permet d'obtenir une eau de meilleure qualité gustative.
- **La stérilisation par l'ozone ou ozonation** : est un procédé plus coûteux. Des bulles d'air ozonées (**20g d'ozone par m<sup>3</sup> d'air**) sont mises au contact de l'eau dans laquelle l'ozone se dissout. Une dissolution **de 1 à 4mg** de ce gaz dans un litre d'eau garantit la destruction de tous les éléments pathogènes. Il ne donne aucune saveur particulière à l'eau et supprime les couleurs.

### 4 Conclusion

Dans ce chapitre on a expliqué les étapes de traitement des eaux

## CHAPITRE 2

### Type démarrage moteur

## Chapitre 2 Type de démarrage moteur

### 1 Introduction

Dans ce chapitre nous allons faire une description simple et précise de type du démarrage et les éléments qui constituent la station de pompage, les caractéristiques, le principe du fonctionnement des actionneurs et les capteurs de cette station sont décrits succinctement.

### 2 Type de démarrage moteur

#### 2.1 Démarrage direct

Le démarrage direct constitue la méthode la plus fréquemment utilisée en industrie pour le démarrage des moteurs triphasés.

La popularité de cette technique s'explique par sa simplicité et son coût d'installation relativement bas comparativement à d'autres méthodes.

Il existe deux catégories de démarreurs à pleine tension :

##### 2.1.1 Démarrage Manuel

Les démarreurs manuels sont en fait des interrupteurs **sectionneurs** ou des **disjoncteurs** magnétothermiques.

Ils se composent d'un boîtier contenant un, deux ou trois contacts de puissance, selon que l'alimentation est monophasée ou triphasée.

Le boîtier renferme également un **relais de protection thermique**, ayant pour rôle de protéger le moteur contre les surintensités de courant, pouvant être causées par une surcharge du moteur, et contre les courts-circuits par des fusibles ou un relais de protection magnétique ou électronique

- **Démarreur Sectionneur**

Ce type à commande rotative. D'apparence semblable à

celle d'un interrupteur unipolaire résidentiel, le démarreur

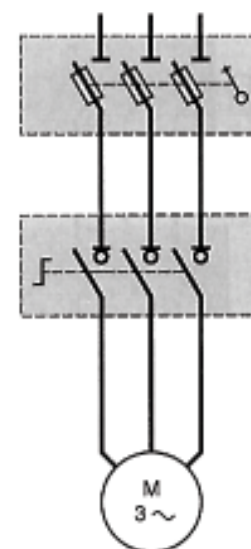


Figure 9 commande par interrupteur sectionneur à commande rotative

doit être accompagné d'un relais thermique pour protéger le moteur. Il peut être encastré dans un mur ou encore installé en surface.

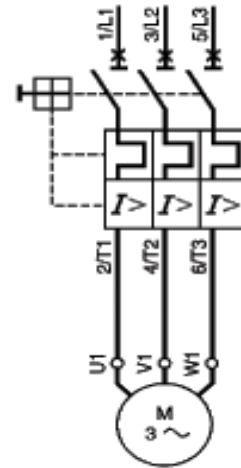
On utilise ce démarreur pour commander des moteurs monophasés ou triphasés de petite puissance. Il convient parfaitement à la commande des moteurs de puissance fractionnaire actionnant des ventilateurs, des pompes, de petites machines-outils

- **Démarreur à disjoncteur magnétothermique :**

On peut servir à commander des moteurs d'une puissance allant de 0,37 kW jusqu'à 110 kW pour une tension maximale de 690 V. On le rencontre sur des machines-outils, des pompes, des ventilateurs, etc.

Il possède trois contacts de puissance, ce qui le destine à la commande des moteurs triphasés.

Un relais thermique et magnétique protège aussi le moteur.



**Figure 10** commande par disjoncteur magnéto\_thermique

### 2.1.2 Démarrage automatique :

Les démarreurs automatiques sont les démarreurs de moteurs à pleine tension les plus fréquemment employés en industrie.

On les utilise lorsque l'on désire commander un moteur à distance à l'aide d'un poste de commande à boutons-poussoirs ou quand la puissance du moteur excède la capacité maximale des démarreurs manuels.

Le démarreur automatique se divise essentiellement en trois parties :

- **un contacteur** possédant un électro-aimant, trois contacts de puissance et un contact auxiliaire.
- **un relais de protection thermique** à trois pôles servant à protéger le moteur contre les surcharges. A ce moment, la chaleur est transmise au relais par l'entremise de trois éléments chauffants branchés en série avec le moteur.

- un disjoncteur peut compléter l'équipement pour assurer la protection contre les courts-circuits.

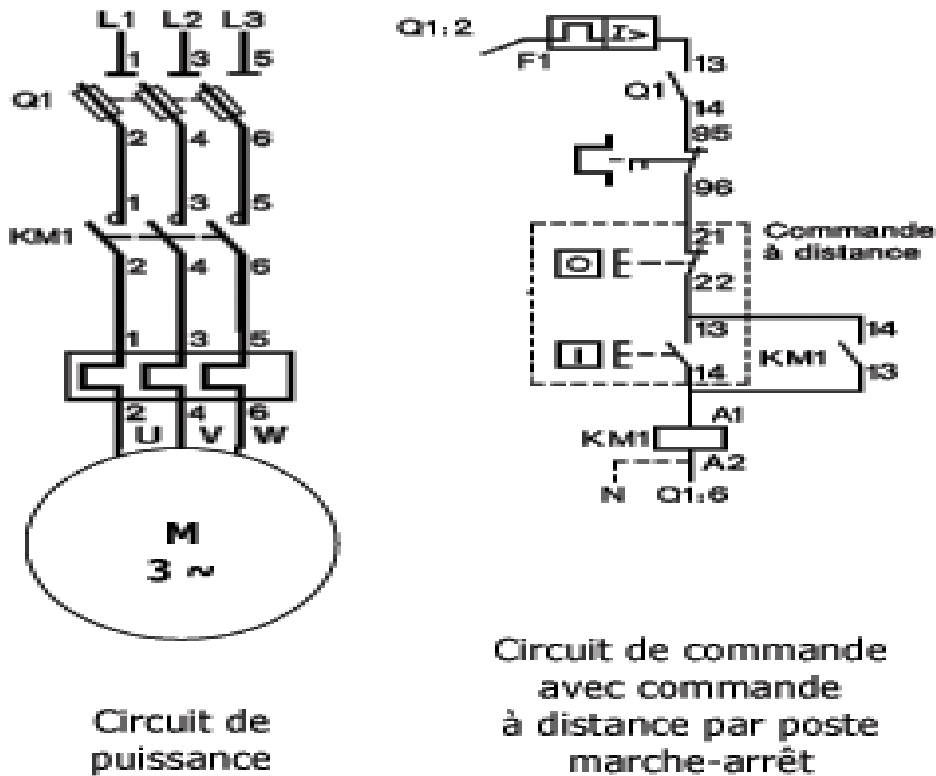


Figure 11 Démarreurs automatiques

### 2.1.3 Les avantages et les inconvénients

#### Avantages

- Appel du courant important (5 à 8 fois le courant nominal)
- Démarrage brutal

#### Inconvénient

- Couple importante
- Temps de démarrage court
- Simplicité de l'appareillage

## 2.2 Démarrage étoile-triangle :

Il consiste à réduire par la tension aux borne du moteur grâce a une connexion étoile lors de la phase de démarrage : le courant de ligne est alors deviser par 3, comme le couple moteur : le démarrage est plus doux, le courant d'appel plus faible.

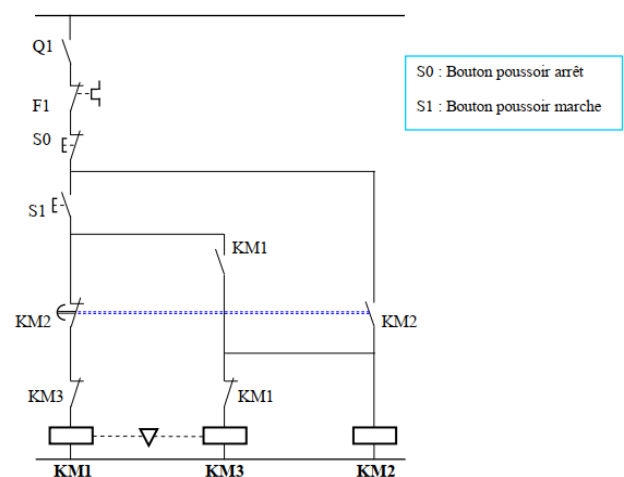
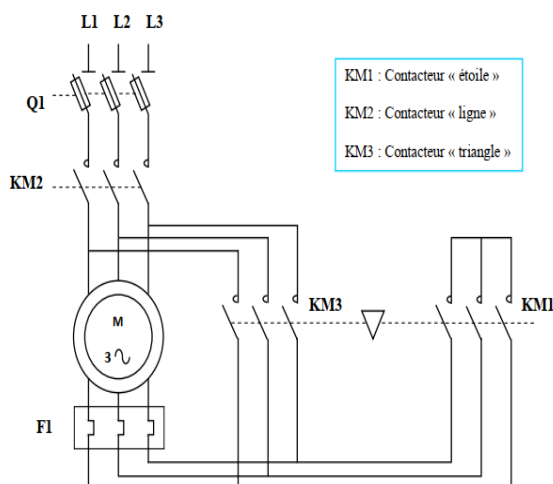
Il faut cependant s'assurer que le couple de démarrage (=couple d'accélération à  $\Omega=0$ ) est suffisant pour le démarrer le moteur .en outre il faut commuter en triangle lorsque la vitesse se stabilise pour éviter l'échauffement du moteur proportionnel a  $T_{moteur} \times (\Omega_s - \Omega)$

### 2.2.1 Couplage du moteur **asynchrone**: étoile ou triangle

Le couplage d'un moteur asynchrone peut être triangle, étoile, ou impossible selon la tension réseau et la tension nominale du moteur. Couplage du moteur asynchrone: étoile ou triangle.

Moteur \ Réseau	127V / 230V	230V / 400V	400V / 690V
127V / 230V	Etoile	Triangle	Aucun
230V / 400V	Aucun	Etoile	Triangle
400V / 690V	Aucun	Aucun	Etoile

### 2.2.2 Schéma de commande et puissance





### 2.2.3 Les avantages et les inconvénients

#### Avantages

- Appel de courant en étoile réduit au tiers de sa valeur en direct
- Faible complication d'appareillage

#### Inconvénient

- Couple réduit au tiers de sa valeur en direct
- Coupure entre les positions étoile et triangle d'où apparition de phénomènes transitoires

### 2.3 Démarrage par variateur de vitesse :

Les variateurs de vitesse permettent le démarrage et l'arrêt progressif du moteur mais aussi le contrôle de la vitesse de celui-ci. En effet, la vitesse d'un moteur asynchrone est proportionnelle à la fréquence et inversement proportionnelle au nombre de pôles ( $N_s = 120f/p$ ).

Les variateurs de vitesse fonctionnent comme suit : la tension alternative triphasée est d'abord convertie en tension continue par un redresseur. La tension en sortie du redresseur est ensuite filtrée pour éliminer les composants alternatifs du courant continu. La tension continue est à nouveau convertie en courant alternatif par la technologie PWM. L'onduleur PWM souvent constitué de transistor IGBT contrôle la largeur de l'impulsion et, par conséquent, la tension de sortie qui varie avec la fréquence. Ainsi, le rapport  $V/f$  de la sortie de l'onduleur est maintenu constant.

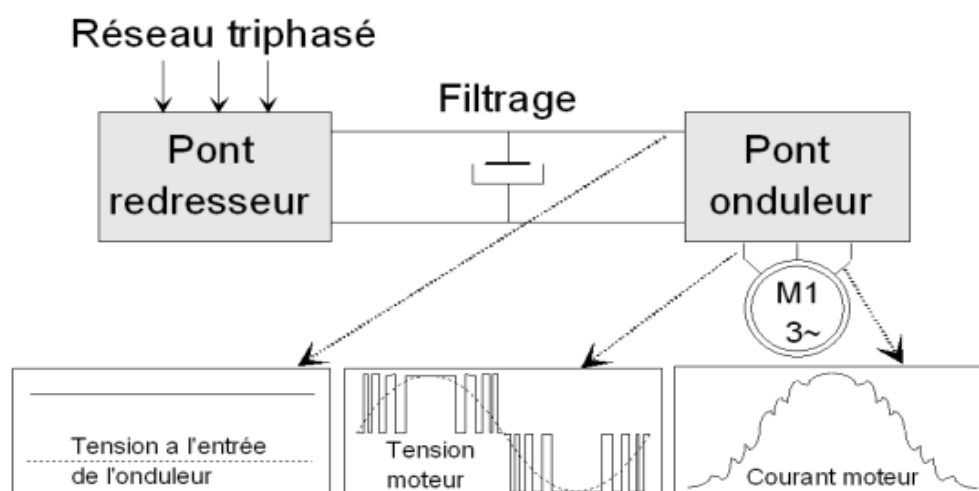


Figure 12 Variateur de vitesse

### 2.3.1 Les avantages et les inconvénients

#### Avantages

- Démarrage progressif de moteur réduisant les chutes de tension dans le réseau et limitant les courants de démarrage.
- Précision accrue de la régulation de vitesse.
- Economie d'énergie : diminution de la consommation d'électricité.

#### Inconvénient

- Perturbation de réseau (les harmoniques) : les IGBT forment une charge non linéaire qui engendre des courants harmoniques, sources de distorsion de l'onde (chute ou perturbation de la tension) dans le réseau électrique.
- Câblage plus complexe.
- Le cout élevé.

## 2.4 Démarrage par démarreur progresif

Le démarrage progressif permet la montée en vitesse de rotation progressive des moteurs asynchrone évitant ainsi les <à-coups> de charge. Il peut permettre aussi, selon le matériel choisi, le ralentissement des moteurs ainsi qu'un fonctionnement dans les deux sens de rotation.

Le symbole fonctionnel d'un démarreur progressif électronique à commande manuelle, Un sens de rotation pour moteur asynchrone triphasé est le suivant :

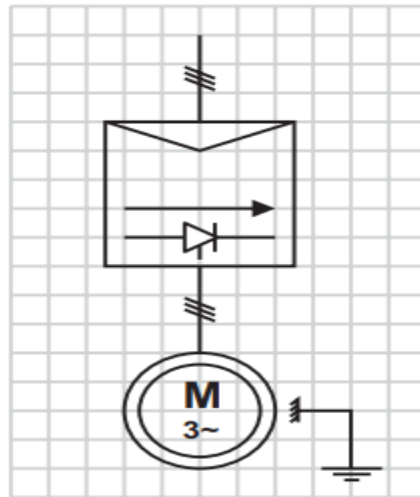


Figure 13 démarreur progressif

### 3 Les équipements

#### 3.1 Les actionneurs

Dans un système automatique, un actionneur est un organe de la partie opérative qui a un ordre de la partie commande via le pré-actionneur, convertit l'énergie qui lui est fournie sous une forme utile pour les tâches programmées du système automatisé.

##### 3.1.1 Moteurs triphasés asynchrone

Les moteurs asynchrones triphasés sont les plus utilisés pour transformer l'énergie électrique en énergie mécanique grâce à des phénomènes électromagnétiques. C'est une machine robuste avec une vitesse de rotation presque constante sur une large plage de puissance.

Le moteur asynchrone triphasé comprend deux parties principales : un inducteur fixe nommé stator et un induit mobile nommé rotor.

- **Le stator :**

Le stator comporte une carcasse en acier qui contient trois enroulements électriques. Le passage du courant dans les enroulements crée un champ magnétique. Les enroulements du stator sont prévus pour être couplés, soit en étoile, soit en triangle.

- **Le rotor :**

C'est la partie mobile du moteur, il est à l'intérieur du stator et constitué d'un disque en aluminium ou en cuivre. Le champ tournant, issu des bobines du stator, induit dans le disque des courants. L'interaction de ces courants et du champ magnétique tournant.

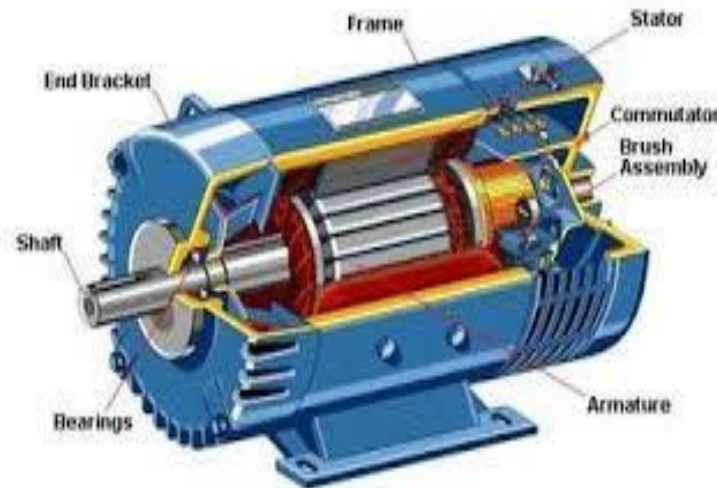


Figure 14 illustration d'un moteur asynchrone

### Vitesse d'un moteur asynchrone

La vitesse du champ tournant du stator n'est pas influencée par les variations de la tension, mais elle est proportionnelle à la fréquence et au nombre de paires de pôles constituant le stator.

$$N_s = \frac{60 f}{p}$$

Avec :

**N<sub>s</sub>**: la vitesse de synchronisme, en tours /minutes (tr/min)

**p**: le nombre de pair de pôles

**f** : fréquence du réseau en Hertz (HZ)

### 3.1.2 Vannes manuelles

Une Vanne manuelle est par définition non thermostatique celle-ci fonctionne donc comme un simple robinet. Vous pouvez ainsi gérer l'ouverture ou l'arrêt complet de l'arrivée des fluides [2].



Figure 15 illustration d'une vanne manuelle

### 3.1.3 Pompe

Une pompe est un dispositif permettant d'aspirer et de refouler un liquide. La plus ancienne pompe connue est la pompe à godets inventée en Chine à l'1er siècle apr. J.-C. Les pompes modernes ont été développées à partir du XVIIIe siècle. Les pompes diesel et électriques, utilisées de nos jours, peuvent avoir des débits de pompage très élevés, en basse pression pour la circulation de l'eau et en haute pression (plus de 400 bars) pour l'oléo hydraulique. Les pompes souvent utilisées pour les stations de pompage et d'épuration sont des pompes centrifuges c'est-à-dire une machine rotative qui pompe un liquide en le forçant au travers d'une roue à aubes ou d'une hélice.



Figure 16 pompe centrifuge

## 3.2 Les capteurs

Un capteur est un organe de prélèvement d'informations qui élabore, à partir d'une grandeur physique, une autre grandeur de nature différente (très souvent électrique). Cette grandeur représentative de la grandeur prélevée est utilisable à des fins de mesure ou de commande. Les capteurs peuvent être des capteurs TOR, Analogique ou Numériques.

### 3.2.1 Capteur de niveau

Un capteur de niveau est un dispositif électronique qui permet de mesurer la hauteur du matériau, en général du liquide, dans un réservoir ou un autre récipient.

Une partie intégrante du contrôle de procédé dans de nombreuses industries, les capteurs de niveau se divisent en deux types principaux. Le capteur de niveau de mesure de point est utilisé pour marquer une seule hauteur de liquide discrète - une condition de niveau prédéfinie.

**Les sondes de niveau piézorésistif :** Cette sonde hydrostatique permet de mesurer, surveiller le niveau d'un liquide de liquide (stable ou en mouvement), pour les puits et les forages en eaux profondes. La force piézométrique appliquée sur la membrane sonde se converti en un signal électrique qui va être traité par l'automate.

Leurs vastes domaines d'application permettent leur utilisation : en réservoirs, postes d'assainissement, barrages, cuves, forage, tours d'eau, canalisation ...



Figure 17 sonde de niveau piézorésistif


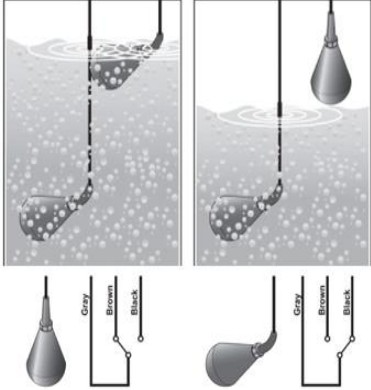
### 3.2.2 Les poires

Une poire de niveau (ou interrupteur à flotteur) est un dispositif suspendu au-dessus d'un plan d'eau (ou d'un autre liquide) au moyen d'un câble électrique souple constitué de deux fils isolés qui permet de détecter si le niveau de l'eau atteint ou non une certaine cote d'alerte.

Lorsque le niveau de l'eau augmente jusqu'à immerger le dispositif, sa capacité de flotter et sa forme de poire l'oblige à se retourner mettant ainsi deux fils en contact électrique. Les poires nécessaires sont au nombre de quatre:

- Trois poires de niveau (niveau bas, niveau haut et niveau très haute) dans le château

- Une poire de niveau (niveau bas) dans le réservoir

	
<p>poire de niveau</p>	<p>principe de fonctionnement de la poire</p>

### 3.2.3 Débitmètres électromagnétiques

Les débitmètres électromagnétiques sont composés d'un transmetteur et d'un capteur qui, associés, mesurent le débit. Le capteur du débitmètre magnétique est placé en ligne et mesure une tension induite générée par le fluide lors de son passage dans une conduite. Le transmetteur enregistre la tension générée par le capteur, la convertit en mesure de débit et transmet cette mesure à un système de régulation.

Les débitmètres électromagnétiques sont souvent choisis parce qu'ils offrent une conception sans obstruction, économique pour les produits chimiques agressifs et les boues, et extrêmement précise pour la mesure de débit volumique. La gamme de matériaux de revêtement, les options d'électrode et les diamètres de ligne permettent une adaptation à un grand nombre d'applications de procédé.

En outre, les débitmètres électromagnétiques peuvent mesurer les liquides dans les deux sens d'écoulement. Ils sont efficaces à la fois pour les très petits et très grands débits volumiques, et ils ne craignent pas les variations des grandeurs mesurées [6].



Figure 18 Débitmètres électromagnétiques

### 3.3 Les équipements de protection

#### 3.3.1 Les disjoncteurs

##### a. Définition

Un disjoncteur est un appareillage modulaire qui assure la protection électrique d'un circuit. Pour cela, il coupe le courant en cas de court-circuit ou de surcharge électrique sur l'installation. Il s'installe sur un rail DIN du tableau électrique. Ses principales caractéristiques sont l'intensité (le calibre), le pouvoir de coupure, la courbe, la tension et le type de borne de connexion [7].

<p>Image</p>	<p>Symbole dans le circuit de commande</p>	<p>Symbole dans le circuit de puissance</p>



### b. Fonction

Un disjoncteur fonctionne de la même manière qu'un interrupteur, mais il se déclenche automatiquement. Tous les circuits électriques et tous les appareils sont reliés obligatoirement à un disjoncteur du tableau électrique qui les protège des courts-circuits. Un court-circuit se produit quand deux conducteurs de polarité différente se touchent, générant ainsi une surintensité excessive. Quand tout se passe bien, le courant passe par le disjoncteur sans être interrompu. Si un court-circuit se produit, une bobine détecte la surintensité et crée un champ magnétique qui ouvre les contacts du disjoncteur.

Le disjoncteur protège aussi contre les surcharges. Chaque circuit est prévu pour supporter une intensité déterminée. En cas de dépassement, les conducteurs s'échauffent et le risque d'incendie augmente. Dans le disjoncteur, le courant en surcharge traverse un dispositif thermique qui se déforme progressivement et finit par provoquer l'ouverture du circuit [8].

- Disjoncteur magnétique : assure la protection contre les courts-circuits.
- Disjoncteur thermique : assure la protection contre les surcharges.
- Disjoncteur magnétothermique : la protection contre les courts-circuits ainsi que les surcharges.
- Disjoncteur magnétothermique différentiel : assure la protection contre les courts-circuits, les surcharges et la protection des personnes contre les contacts indirects.

## 3.3.2 Les contacteurs

### a. Définition


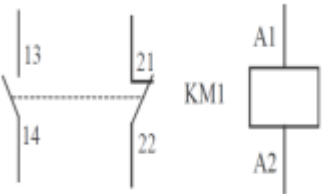
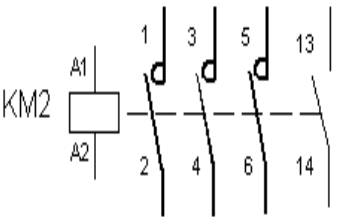
Le contacteur est un composant électromagnétique. Il fonctionne comme un interrupteur à l'intérieur d'un circuit en établissant ou en interrompant le passage du courant. Ce n'est pas un composant indispensable dans une installation électrique mais les bénéfices résultant de son emploi sont importants. Découvrez ici son rôle et son fonctionnement dans le cadre de notre guide pour comprendre les éléments de l'installation électrique [9].

### b. Fonctionnement

La bobine du contacteur peut être alimentée aussi bien par un courant alternatif que par un courant continu (de 24 à 400 V). La bobine est alimentée en général pendant les heures creuses. Elle génère un champ magnétique et la partie mobile de son armature est attirée contre la partie rigide. En fonction du modèle, les contacts se ferment ou s'ouvrent alors. Si la bobine

n'est pas alimentée, ce qui est généralement le cas pendant les heures pleines, le ressort de rappel divise les deux portions de l'armature et garde les contacts de puissance ouverts ou fermés. Ce mécanisme permet à un fournisseur d'électricité de contrôler la mise en service des appareils électriques de son client si celui-ci a souscrit au préalable à un abonnement jour/nuit.


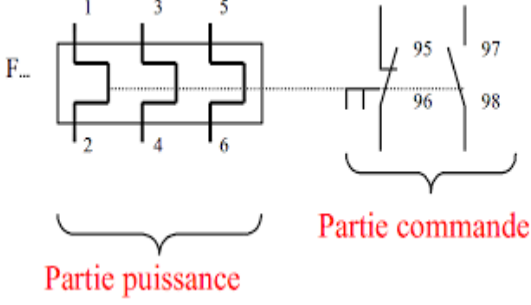
On choisira un contacteur en fonction de la tension de commande de la bobine du contacteur, de la tension d'alimentation du récepteur, du nombre de contacts de puissances (1, 2, 3 ou 4), de la puissance consommée par le récepteur et du pouvoir de coupure de courant maximal que le contacteur peut supporter[9].

		
<p>Image</p>	<p>Symbole dans le circuit de commande</p>	<p>Symbole dans le circuit de puissance</p>

### 3.3.3 Les Relai thermique

Le relai thermique assure la protection du moteur contre les surcharges électriques. Cet appareil s'échauffe légèrement par le courant du moteur (effet joules sur 3 bilames). Au delà d'une valeur prééglée, un contact interne s'ouvre et coupe la bobine du contacteur tripolaire.

Les relais thermique sont toujours équipés d'un contact d'ouverture et d'un contact de fermeture, l'actionnement de ces contacts est effectué par l'intermédiaire d'un mécanisme de que les éléments de commande de la bobine de contacteur, donc de déclencher celui-ci et le contact de fermeture et utilisé pour la commande d'élément de signalisation [10].


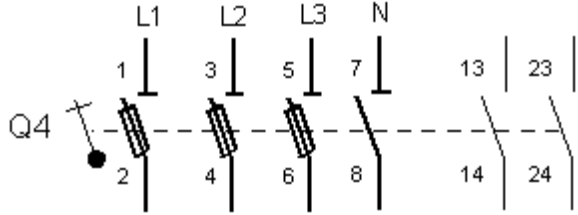
	
<p>Image</p>	<p>Symbole</p>

### 3.3.4 Les sectionneurs

Le sectionneur est un appareil électromécanique permettant de séparer (un disjoncteur isole mais ne sépare pas), de façon mécanique, un circuit électrique et son alimentation, tout en assurant physiquement une distance de sectionnement satisfaisante électriquement. L'objectif peut être d'assurer la sécurité des personnes travaillant sur la partie isolée du réseau électrique ou bien d'éliminer une partie du réseau en dysfonctionnement pour pouvoir en utiliser les autres parties.


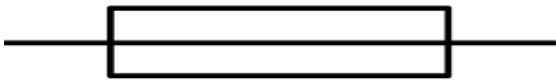
Le sectionneur, à la différence du disjoncteur ou de l'interrupteur, n'a pas de pouvoir de coupure, ni de fermeture. Il est impératif d'arrêter l'équipement aval pour éviter une ouverture en charge. Dans le cas contraire de graves brûlures pourraient être provoquées, liées à un arc électrique provoqué par l'ouverture.

Le sectionneur assure le sectionnement (séparation du réseau) au départ des équipements. Dans la plupart des cas il comporte des fusibles de protection, ainsi qu'un ou deux contacts de pré coupure [11].

	
<p>Image</p>	<p>Symbole</p>

### 3.3.5 Les fusible

Un fusible est un dispositif de sécurité qui protège contre les courts-circuits et les surcharges. Le fusible se présente sous la forme d'un cylindre, en verre ou en céramique, dont le cœur est traversé par un filament. Ce filament fond (d'où le nom fusible, qui signifie « qui peut fondre ») lorsqu'il est soumis à une trop forte chaleur engendrée par une surintensité. Cela a pour effet de couper le circuit et de protéger les équipements contre d'éventuelles dégradations ou risques d'incendies [12].

	
<p>Image</p>	<p>Symbole</p>

### 3.3.6 Lampes de signalisation ou voyants

Ils servent à donner une information sur l'état du système



Figure 19 Voyants

## 3.4 Les auxiliaires de commande

### 3.4.1 Les commutateurs à cames

Les interrupteurs à came sont des appareils électriques qui sont nécessaires pour commuter dans des circuits électriques à la fois alternatifs et à courant continu. Ils ont trouvé une application pour commuter les circuits de commande de puissance des équipements, ainsi que dans le circuit de commande opérationnel d'autres appareils électriques. Les appareils peuvent être utilisés dans des circuits bas tension et dans des circuits avec tension jusqu'à 500 V - pour courant alternatif (fréquence 50-60 Hz) et jusqu'à 220 V CC [13].



Figure 20 Commutateurs à cames

### 3.4.2 Les Boutons poussoirs

Dispositif de commande d'un appareil électrique destiné à être actionné manuellement et possédant un ressort de rappel.

## CHAPITRE 3

### Conception station de pompage

## **Chapitre 3 Conception station de pompage**

### **1 Introduction**

Dans ce chapitre on va faire l'étude est la création d'un modèle typique d'une station de pompage eau potable et l'alimentation de ce station

### **2 Les différents types de postes de livraison**

On peut classer les postes HTA/BT en deux catégories.

#### **2.1 Les postes d'extérieur**

- Poste sur poteau : puissances 25 – 50 – 100 KVA
- Postes préfabriqués :
  - En bas de poteau : de 100 à 250 KVA.
  - Poste compact : de 160 à 1 250 KVA.
- Poste maçonné traditionnel : de 160 à 1 250 KVA.

#### **2.2 Les postes d'intérieur**

- Postes ouverts maçonnés ou préfabriqués.
- Postes en cellules préfabriquées métalliques.

Les puissances sont comprises entre 100 et 1 250 KVA. Le comptage BT doit être remplacé par un comptage HT dès que l'installation dépasse 2 000 A, ou s'il existe plusieurs transformateurs.

### **3 Structure d'un poste HTA/BT**

Le poste de livraison comporte essentiellement de l'appareillage et un ou plusieurs transformateurs afin d'assurer les fonctions suivantes (fig. 1) :

- dérivation du courant sur le réseau ;
- protection du transformateur côté HT ;
- transformation HTA/BT.
- protection du transformateur côté BT.
- comptage d'énergie.

Toutes les masses métalliques du poste sont reliées à la terre. Pour l'intervention dans le poste, les arrivées doivent être sectionnées et les câbles reliés entre eux mis à la terre.

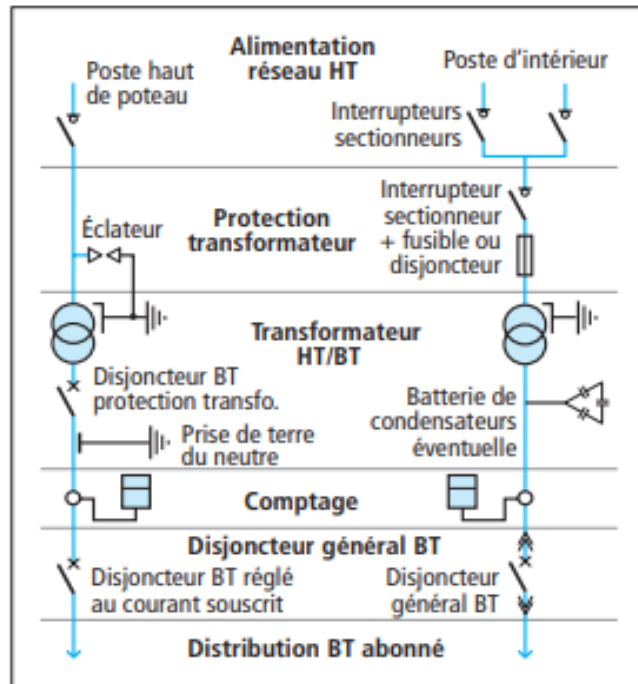


Figure 21 Structure générale d'un poste HTA/BT

#### 4 Postes avec cellules fonctionnelles

Les postes avec cellules préfabriquées métalliques sont réalisés avec des cellules remplissant chacune une fonction. Il est utilisé dans toutes les stations de pompage



Figure 22 Poste d'intérieur HT/BT (station de pompage Zada)



### 4.1 Différents types de cellules

Il existe une multitude de cellules différentes :

- cellule d'arrivée ;
- cellule de protection HT;
- cellule de protection BT (fusible + interrupteur ou disjoncteur) (fig. 3)

Fonctions Raccordement au réseau			Fonction protection		Comptage
Arrivée ou départ par interrupteur (IM)	Avec interrupteur et TC (IMC)	Arrivée en double dérivation (DDM)	Avec interrupteur et fusibles (QM)	Disjoncteur et sectionneur (DM1)	Transformateur de tension (CM)

Figure 23 Exemples de cellules HTA

### 4.2 Association des cellules HTA

Les appareils hauts tension sont répartis en cellules individuelles qui permettent par association de réaliser de multiples schémas. Ce système modulaire permet la construction de postes de répartition HT et de livraison avec une très grande souplesse (fig. 4).

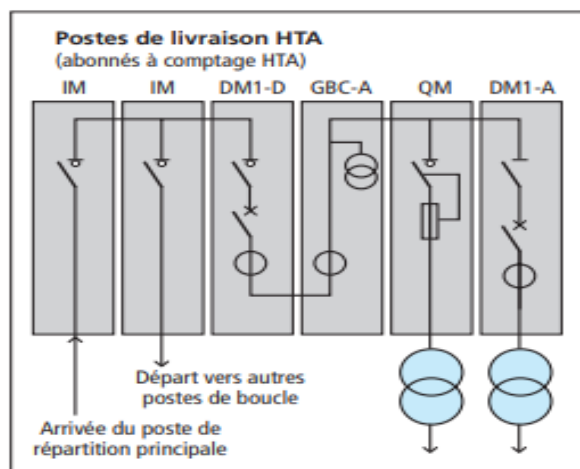


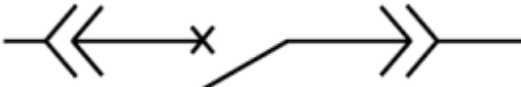
Figure 24 exemple d'association de cellules

## 5 Les différents types de cellules

Les cellules sont conçues de façon à être juxtaposées et interconnectées facilement entre elles.

Les appareillages peuvent être fixes ou débloables.

Dans ce cas, les bornes débloables amont et aval de l'appareil sont représentées par le symbole :

Exemple : Disjoncteur débrochable 

### 5.1 Cellule d'arrivée

- **Fonction**

Une cellule d'arrivée assure l'alimentation ou la séparation entre le poste de distribution et le réseau HTA.

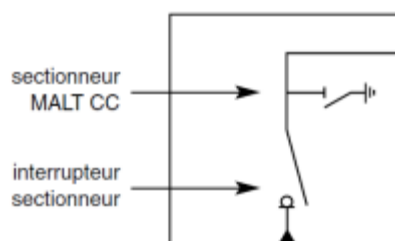
- **Composition**

Une cellule d'arrivée comporte :

- un interrupteur sectionneur,
- un sectionneur de mise à la terre et en court-circuit du circuit.

En fonction du schéma du réseau, le poste de livraison peut être équipé de plusieurs cellules d'arrivée.

- **Représentations graphiques**



### 5.2 Cellule de protection HT

- **Fonction :**

Une cellule de protection HT assure la protection de la ligne haute tension alimentant le transformateur.

Deux types de protection existent :

- protection par disjoncteur,
- protection par fusibles (autorisée si le courant en ligne côté HTA n'excède pas 45A).

- **Composition**

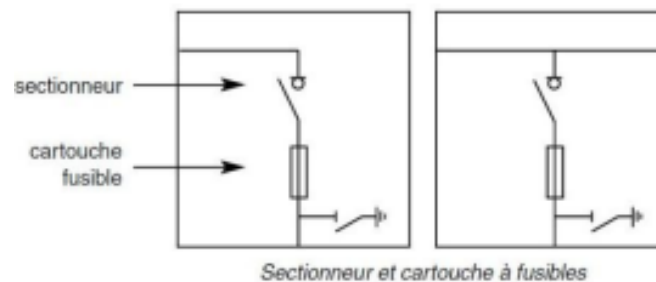
Une cellule de protection HT comporte :

- un organe de sectionnement,
- un dispositif de protection contre les surcharges.

On rencontre deux types d'associations :

- sectionneur – interrupteur et cartouche fusible HT,
- sectionneur et disjoncteur HT.

- **Représentations graphiques**



### 5.3 Cellule de protection BT

- **fonction**

Une cellule de protection BT protège le transformateur des surcharges ou des court circuit pouvant se produire en aval du disjoncteur général BT.

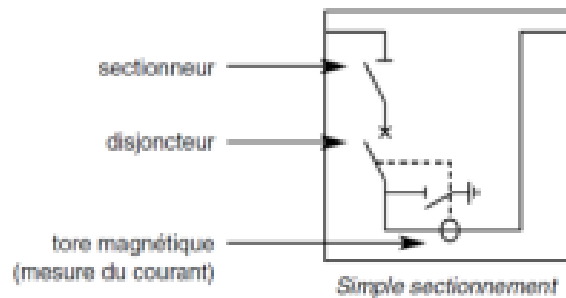
Elle assure également l'isolement du circuit placé en aval lorsqu'elle est verrouillée en position ouverte.

- **Composition**

Une cellule de protection BT comporte :

- un sectionneur simple ou double coupure par phase,
- un disjoncteur associé à un tore magnétique pour détecter l'intensité du courant.

- Représentations graphiques

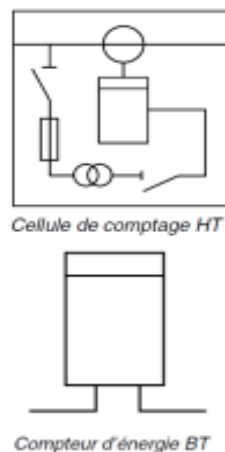


## 5.4 Cellule de comptage

- Fonction

Une cellule de comptage permet de comptabiliser l'énergie consommée afin que celle-ci soit facturée par le fournisseur d'énergie. Le comptage de l'énergie peut s'effectuer côté HTA ou côté BT. Le comptage s'effectuera côté HT si le poste de livraison est équipé de plusieurs transformateurs en parallèle ou si la puissance apparente  $S$  est supérieure à 630kVA.

- Représentation graphique



## 6 Dimensionnement d'une pompe

Pour bien dimensionner une pompe à eau électrique, les deux paramètres à prendre en compte sont **le débit et la HMT** (Hauteur Manométrique Totale).

- **Le débit volumétrique ( $Q_v$ )** va correspondre au volume d'eau que vous allez traiter avec votre pompe à eau (en  $m^3/s$ ).

$$Q_v = v * S$$

$v$  : la vitesse en m/s on considère une installation :

- Domestique  $\leq 1$  m/s
- Industrie  $\leq 2$  m/s
- Eaux usée  $\leq 5$  m/s

$S$  : section de la conduite

- **La Hauteur Manométrique Total (la pression)** : est la différence de la pression entre le refoulement et l'aspiration de la pompe.

$$HMT = h_a + h_r + J_a + J_r + P_u$$

$h_a$  = hauteur aspiration

$J_a$  = Pertes de charge aspiration due au frottement du liquide dans la tuyauterie et les accessoires.

$h_r$  = hauteur refoulement

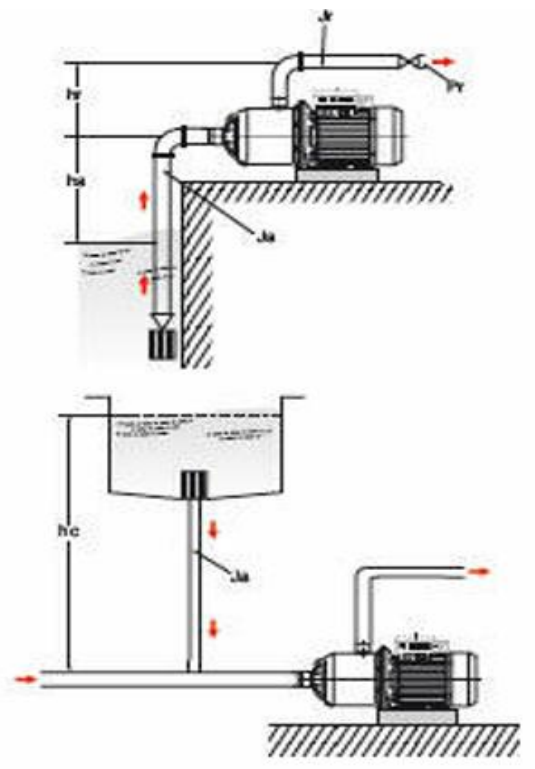
$J_r$  = Pertes de charge refoulement

$P_u$  = Pression résiduelle  $P = \frac{F}{S}$

$F$  : la force

$S$  : la surface

1 bars = 10 mètres colonnes d'eau (m ce)



## 7 Définition de la hauteur de refoulement

La hauteur de refoulement  $H$  d'une pompe est le travail mécanique utilisable transféré par la pompe au fluide véhiculé, rapporté au poids du fluide sous l'accélération locale due à la pesanteur.

$$h_r = \frac{F}{g}$$

$E$  = énergie mécanique utilisable [N • m]

$G$  = force gravitationnelle [N]

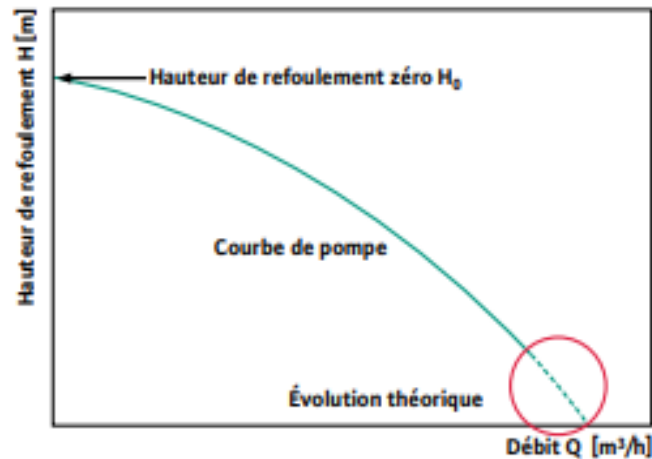


Figure 25 courbe de pompe en fonction de hr et débit

## 8 Les pertes de charges

### 8.1 Les pertes de charges linéaires :

Sont dus surtout aux frottements du liquide sur les parois de la conduite, donc il dépend sur la rugosité de conduite.

$$Jl = \lambda \frac{v^2}{2g\phi} \Rightarrow \lambda = 0,3164Re^{-0,25}$$

$\lambda$  : le coefficient de frottement ou coefficient de friction de la conduite

$v$  : la vitesse d'écoulement en m/s

$\phi$  = diamètre de la conduite

**le nombre de Reynolds (Re)** est l'unité utilisée pour évaluer l'écoulement et la formule pour calculer **le nombre de Re** est la suivante :

$$Re = \frac{\rho v \phi}{\eta}$$

$\rho$  = la masse volumique

$\eta$  = viscosité dynamique en m<sup>2</sup>/s.

On calcule que l'écoulement dans une conduite passe de laminaire à critique et de critique à turbulent selon le résultat de l'équation du nombre de **Re**.

*Re (0 et 2 000) = régime laminaire.*

*Re (2 000 et 2 500) = régime critique (transition).*

*Re (2 500 et plus) = régime turbulent.*

Tableau 1 Les pertes de charges linéaires

**TABLEAU DE PERTES DE CHARGE :**

CALCUL DE PERTES DE CHARGE DANS LES TUYAUX - (en m de CE pour 100 mètres de tuyauterie)																
DEBIT : (m <sup>3</sup> /h)	DEBIT : (l/min)	DEBIT : (l/s)	Tuyau 15	Tuyau 20	Tuyau 25	Tuyau 32	Tuyau 40	Tuyau 50	Tuyau 65	Tuyau 80	Tuyau 100	Tuyau 125	Tuyau 150			
			1/2" Ø15/21	3/4" Ø20/27	1" Ø26/34	1 1/4" Ø33/42	1 1/2" Ø40/49	2" Ø50/60	2 1/2" Ø66/76	3" Ø80/90	4" Ø102/114	5" Ø127/140	6" Ø152/165			
			PE 20	PE 25	PE 32	PE 40	PE 50	PE 63	PE 75	PE 90	PE 110	-	-			
0.5	8.33	0.14	9	2	0.7	0.2										
0.7	11.66	0.19	16	3	1.5	0.4										
1	16.66	0.28	33	8	2.8	1.0	0.25									
1.5	25	0.42		12	6.2	2.0	0.50	0.16								
2	33.33	0.55		20	10	3.3	0.9	0.3								
3	50	0.83			23	7.5	1.9	0.7	0.2	0.1						
4	66.66	1.10			40	12	3	1	0.3	0.2						
5	83.33	1.40				20	4.6	1.6	0.4	0.2						
6	100	1.70				28	6.5	2.5	0.7	0.3						
7	116.66	1.90					8	3	1	0.4						
8	133.33	2.20					11	4.5	1.2	0.5	0.1					
9	150	2.50					14	5	1.5	0.6	0.2					
10	166.66	2.80					17	6	1.8	0.7	0.2					
12	200	3.30						7.6	2.5	0.9	0.3					
15	250	4.20						12	3.2	1.2	0.4					
20	333.33	5.50							5.2	2.2	0.6	0.2	0.1			
30	500	8.30								12	4.7	1.3	0.45	0.18		
40	666.66	11.10									8	2.3	0.7	0.3		
50	833.33	13.90										12	3.5	1.1	0.45	
60	1000	16.70											5.0	1.6	0.6	
75	1250	21.00												9.0	2.5	1.0
90	1500	25.00													3.4	1.4
105	1750	29.00													4.6	1.8
150	2500	41.70														3.8

Pertes de charge dans les coudes et vannes: ajouter 2 m de longueur fictive supplémentaire pour chaque pièce.  
 Pertes de charge dans les clapets et clapet-crépines: ajouter 10 m de longueur fictive supplémentaire pour chaque pièce.

**8.2 Les pertes singulières :**

Sont dues surtout aux différents coudes ou différentes vannes ou bien les clapets. Les pertes de charge singulières se calculent de la manière suivante :  $JC_{total} = \sum JC_{unitaires}$  avec

$$JC_{unitaires} = K \frac{v^2}{2g}$$

Les différentes singularités que l'on peut retrouver à l'aval des pompes avec leur valeur de **K** sont reportées dans le tableau ci-après :

Tableau 2 les valeurs de coefficient K

Descriptif :	K :	Nombre :
pied d'assise	0,3	1
coude à 90 °	0,27	1
vanne opercule	0,12	1
connection T	0,5	1
clapet	2	1
sortie	1	1
<b>Total :</b>	<b>K =</b>	<b>4,19</b>
<b>Pertes de charge singulières JC (m) =</b>		<b>0,21</b>

Tableau 3 les pertes de charges singulière

Vitesse de l'eau m/sec	Courbes à angle vif $\alpha$					$\alpha = 90^\circ$ courbes à angle arrondi					Vannes standard	Clapets de pied	Clapets de non retour
	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 40^\circ$	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 80^\circ$	$\alpha = 90^\circ$	$\frac{d}{R} = 0,4$	$\frac{d}{R} = 0,6$	$\frac{d}{R} = 0,8$	$\frac{d}{R} = 0,1$	$\frac{d}{R} = 1,5$			
0,4	0,43	0,52	0,71	1,0	1,2	0,11	0,13	0,16	0,23	0,43	0,23	32	31
0,5	0,67	0,81	1,1	1,6	1,9	0,18	0,21	0,26	0,37	0,67	0,37	33	32
0,6	0,97	1,2	1,6	2,3	2,8	0,25	0,29	0,36	0,52	0,97	0,52	34	32
0,7	1,35	1,65	2,2	3,2	3,9	0,34	0,40	0,48	0,70	1,35	0,70	35	32
0,8	1,7	2,1	2,8	4,0	4,8	0,45	0,53	0,64	0,93	1,7	0,95	36	33
0,9	2,2	2,7	3,6	5,2	6,2	0,57	0,67	0,82	1,18	2,2	1,20	37	34
1,0	2,7	3,3	4,5	6,4	7,6	0,7	0,82	1,0	1,45	2,7	1,45	38	35
1,5	6,0	7,3	10	14	17	1,6	1,9	2,3	3,2	6	3,3	47	40
2,0	11	14	18	26	31	2,8	3,3	4,0	5,8	11	5,8	61	48
2,5	17	21	28	40	48	4,4	5,2	6,3	9,1	17	9,1	78	58
3,0	25	30	41	60	70	6,3	7,4	9	13	25	13	100	71
3,5	33	40	55	78	93	8,5	10	12	18	33	18	123	85
4,0	43	52	70	100	120	11	13	16	23	42	23	150	100
4,5	55	67	90	130	160	14	21	26	37	55	37	190	120
5,0	67	82	110	160	190	18	29	36	52	67	52	220	140

**Exemple :**

On a un system hydraulique

Caractéristiques de système :

$V=3000 \text{ m}^3$  en 24h

$Q=3000/24=125\text{m}^3/\text{h}=351/\text{s}$

$h_r= 280 \text{ m}$

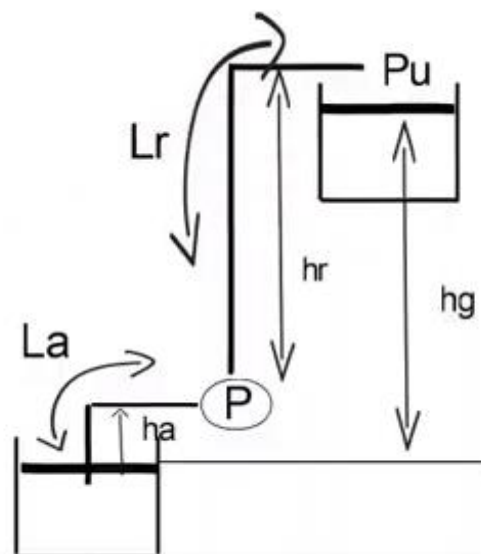
$h_a=3\text{m}$

$L_r$  (longueur de refoulement)= 3500 m

$L_a$ (longueur d'aspiration)= 20 m

$\varnothing_{asp}=150 \text{ mm}$

$\varnothing_{ref}=200 \text{ mm}$





$$\rho = 1000 \text{ kg/m}^3$$

Un coude arrondi (d/R)=40°

Deux coude arrondi (d/R)=90°

Crépine

**On calcule la hauteur manométrique totale :**  $HMT = h_a + h_r + P_c$

Les pertes de charge  $P_c$  :  $P_c = J_L + J_S$

- Les pertes linéaires :

$$J_L = \lambda \frac{v^2}{2g\phi} \Rightarrow \lambda = 0,3164 Re^{-0,25}$$

$$Re = \frac{\rho v \phi}{\eta}$$

La vitesse aspiration :  $v_{asp} = \frac{Q}{S_{asp}} = 2 \text{ m/s}$

La vitesse refoulement :  $v_{ref} = \frac{Q}{S_{ref}} = 1,2 \text{ m/s}$

**Telle que :**  $S_{ref}$  : est la section de conduite de refoulement ( $\pi \times r^2$ ).

$S_{asp}$  : est la section de conduite d'aspiration ( $\pi \times r^2$ ).

Donc  $Re = 240000 \gg 2400$

- Les pertes de charge linéaires :

Pour un débit de 35 l/s et  $\phi = 200 \text{ mm}$

$$\frac{J_{L \text{ ds ref}} \times L_r}{100} = \frac{0,6 \times 3500}{100} = 21 \text{ m}$$

Pour un débit de 35 l/s et  $\phi = 150 \text{ mm}$

$$\frac{J_{L \text{ ds asp}} \times L_a}{100} = \frac{2,5 \times 20}{100} = 0,5 \text{ m}$$

$$J_{L \text{ total}} = 21,5 \text{ m}$$

- les pertes singulières :

$$J_S = K \frac{v^2}{2g}$$

Pour les deux coudes de 90° :

$$J_s = 2,5 \text{ cm}$$

Pour le coude de 40° :

$$J_s = 2 \times 7,6 = 15,2 \text{ cm}$$

Pour la crépine :

$$J_s = 61 \text{ cm}$$

$$J_{s \text{ total}} = 79 \text{ cm} = 0,79 \text{ m}$$

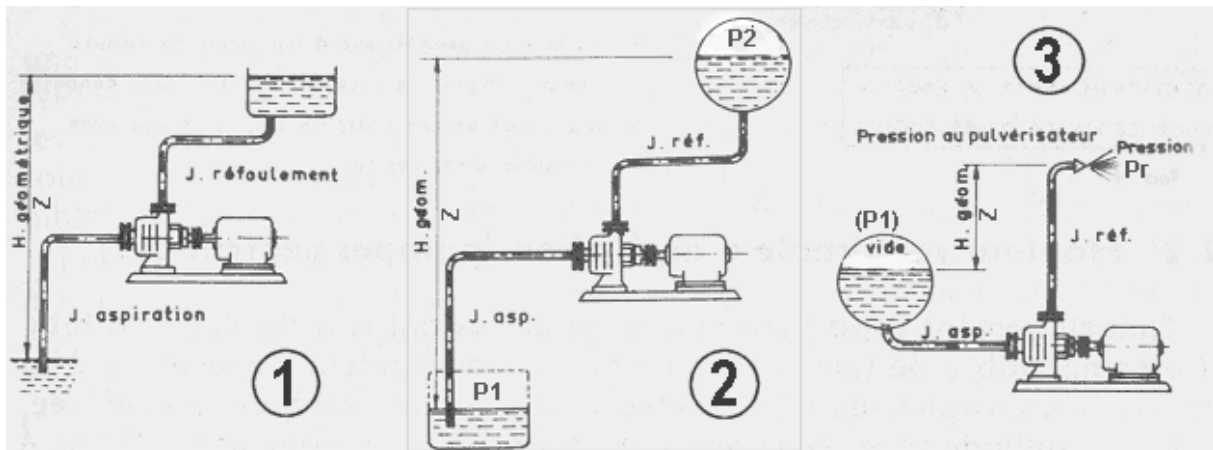
Alors

$$P_c = J_{s \text{ total}} + J_{L \text{ total}} = 22,29 \text{ m}$$

**La hauteur manométrique totale :**

$$HMT = h_a + h_r + P_c = 3 + 280 + 22,29 = 305,29 \text{ m}$$

**Déférents cas :**



1.  $HMT = h_a + h_r + J_a + J_r$
2.  $HMT = h_a + h_r + J_a + J_r + \Delta P$  (P1 soit > à la pression atmosphérique)
3.  $HMT = h_a + h_r + J_a + J_r + Pr + (P1 - Patm)$  (A condition que P1 soit < à la pression atmosphérique).

## 9 La puissance hydraulique

Du côté du refoulement de la pompe, un débit est engendré ainsi qu'une certaine pression, laquelle dépend des restrictions existantes dans le système. Il existe également une puissance du côté du refoulement de la pompe. Cette puissance est appelée puissance hydraulique ou fluïdique. Elle dépend directement du débit et de la pression existant du côté du refoulement de la pompe

$$P_{hyd} = Q_v \cdot \rho \cdot g \cdot HMT$$

$$\Delta P = \rho \cdot g \cdot HMT = P_2 - P_1$$

$\Delta P$  : la différence entre la pression de refoulement et la pression d'aspiration.

$Q_v$  : débit volumétrique.

$\rho$  : la masse volumique.

$g$  : la force gravitaire.

HMT : l'hauteur manométrique totale.

## 10 La puissance mécanique :

La puissance mécanique est la puissance consommée (absorbée) par le moteur  $P_a$ , c'est le produit entre le couple moteur  $C$  par la vitesse angulaire  $\omega$ .

$$P_a = C \cdot \omega$$

Dans le cas de moteur électrique :  $P_a = \sqrt{3} \cdot U \cdot I \cdot \cos \varphi$

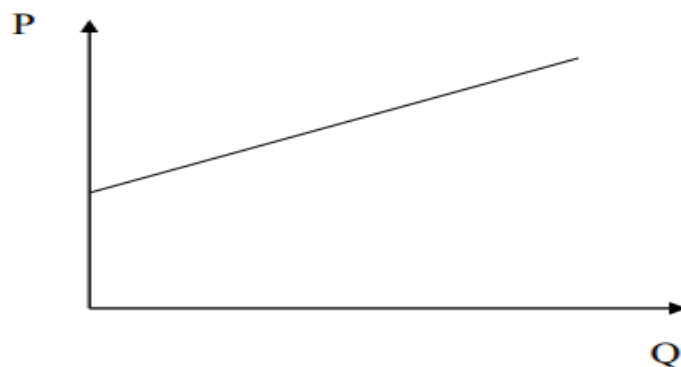


Figure 26 courbe des puissances en fonction des débits

## 11 Les rendements

### 11.1 Rendement mécanique et hydraulique d'une pompe hydraulique

Afin d'optimiser la durée de vie d'une pompe hydraulique, il est important de respecter la puissance nominale établie par le fabricant. La puissance nominale est la puissance hydraulique maximale de la pompe lorsque cette dernière est en fonctionnement continu. Elle est dictée par le constructeur.

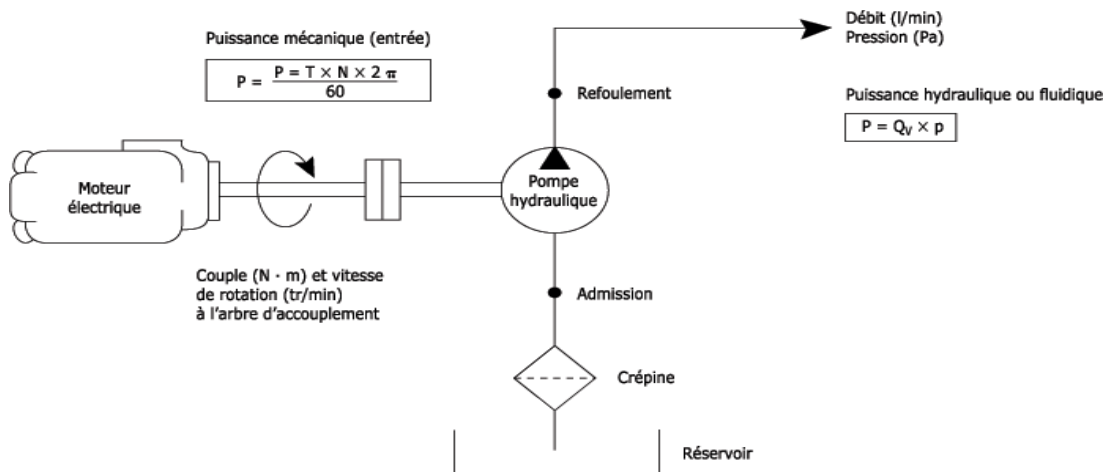


Figure 27 La puissance mécanique et hydraulique d'une pompe hydraulique

### 11.2 Rendement volumétrique d'une pompe hydraulique :

Le rendement volumétrique permet d'évaluer les fuites internes d'une pompe hydraulique. Le rendement volumétrique est le rapport entre le débit fourni par la pompe en fonctionnement et le débit théorique.

$$\eta_v = \frac{\text{débit en fonctionnement}}{\text{débit théorique}}$$

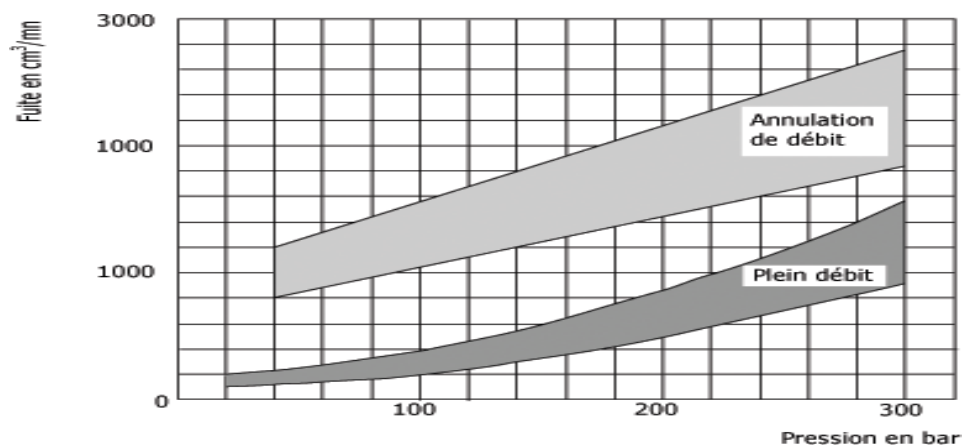


Figure 28 illustration des pertes volumétriques

### 11.3 Rendement mécanique d'une pompe hydraulique

Le rendement mécanique représente le pourcentage du couple qui est réellement transmis à la pompe. Un rendement mécanique de 90 % indique que 90 % du couple sont transmis à la pompe et que les 10 % restants sont utilisés pour vaincre les forces de frottement.

$$\eta_m = \frac{\text{puissance de sortie}}{\text{puissance absorbé}}$$

### 11.4 Le rendement du frottement

Le rendement du frottement est le rapport entre la puissance théorique de la roue et la puissance interne de la pompe  $P_i$ , car il se produit des pertes dues aux frottements du disque à l'intérieure de la pompe.

$$\eta_f = \frac{P_{th}}{P_i}$$

### 11.5 Le rendement hydraulique

Le rendement hydraulique est le rapport entre la hauteur  $H$  et la hauteur théorique  $H_{th}$  car il se produit des pertes hydrauliques dans la roue dues aux frottements et aux chocs.

$$\eta_h = \frac{HMT}{HMT_{th}}$$

### 11.6 Rendement total d'une pompe hydraulique

Le rendement total d'une pompe hydraulique est fourni par le produit des quatres rendement.

$$\eta_t = \eta_m \cdot \eta_w \cdot \eta_f \cdot \eta_h$$

Le rendement total d'une pompe hydraulique est le produit du rendement volumétrique et du rendement mécanique. Le rendement total tient compte des pertes volumétriques et des pertes dues aux frottements et à la friction[14].

## 12 Point de fonctionnement :

Le débit à une certaine tête est appelé le point de service. La courbe de performance de la pompe est plusieurs points de service. Le point de fonctionnement de la pompe est déterminé par l'intersection de la courbe du système et la courbe de la pompe

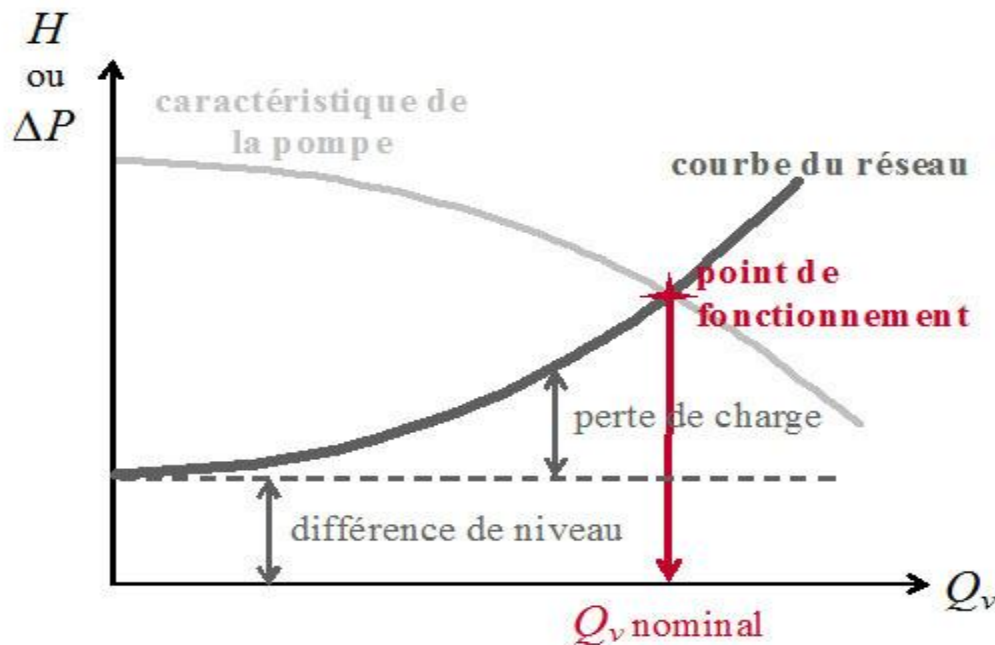


Figure 29 Point de fonctionnement des pompes

## 13 L'hauteur d'aspiration nette positive (NPSH)

NPSH est simplement une mesure permettant de quantifier la hauteur manométrique d'aspiration disponible pour éviter la vaporisation au niveau le plus bas de la pression dans la pompe.

**Cavitation :** Lorsque la pression d'un liquide descend sous la valeur de la pression de vapeur, le liquide se vaporise. Ce phénomène est très dangereux à l'intérieur d'une pompe centrifuge car il s'agit de cavitation qui endommage le corps de la pompe tout en réduisant le rendement.

- **NPSH disponible :** est la valeur de la pression absolue mesurée sur l'axe de la bride d'aspiration de la pompe.
- **NPSH requis :** chaque constructeur possède pour chaque type de pompe et pour une vitesse de rotation déterminée, une courbe donnant la valeur du NPSH requis en fonction du débit de la pompe.

**NPSH disponible > NPSH requis de quelques décimètres**

NPSH pour une pompe en charge :

$$NPSH = H_{pa} - H_{pv} - J_{asp} + H_h$$

NPSH pour une pompe en aspiration :

$$NPSH = H_{pa} - H_{pv} - J_{asp} - H_h$$

$H_{pa}$  : hauteur équivalente de la pression atmosphérique.

$$H_{pa} = \frac{P_a}{\rho_{eau} \cdot g}$$

$P_a$  : pression atmosphérique.

$g$  : l'accélération gravitaire

$\rho_{eau}$  : la masse volumique d'eau.

$H_{pv}$  : hauteur équivalente de la pression de vapeur saturante.

$$H_{pv} = \frac{P_{v\ eau}}{\rho_{eau} \cdot g}$$

$P_{v\ eau}$  : la pression de vapeur saturante de l'eau.

* Pression de vapeur saturante H2O		
°C	Pabs (bar)	Pasb (mbar)
-10	0,0026	2,6
0	0,0061	6,1
5	0,00872	8,72
10	0,0123	12,3
12	0,014	14
14	0,016	16
16	0,0182	18,2
18	0,0206	20,6
20	0,0234	23,4
22	0,0264	26,4
24	0,0298	29,8
26	0,0336	33,6
28	0,0378	37,8
30	0,0424	42,4
40	0,0738	73,8
50	0,123	123
60	0,199	199
100	1,013	1013

Figure 30 pression de vapeur saturante

$J_{asp}$  : les pertes de charges de l'aspiration.

$H_h$  : hauteur de charge hydraulique.

$$H_h = 9,81 \times Z \times \rho$$

$Z$  : hauteur géométrique d'aspiration en M CE.

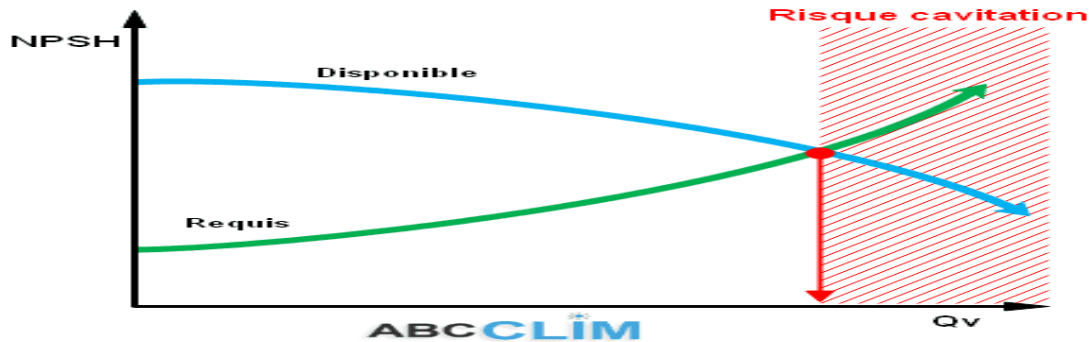


Figure 31 NPSH disponible et NPSH requis

## 14 Choix d'une pompe :

Le choix de la pompe ou d'un groupe électropompes se fait en passant par les conditions suivantes :

### Conditions hydrauliques :

La hauteur calculée et le débit que l'on désire sont portés sur la courbe caractéristique de la pompe choisie (constructeur) et doit tourner dans la zone de rendement maximale ceci conduit au frais d'exploitation moins onéreuses pour 1m<sup>3</sup> d'eau à élever ( c.-à-d. énergie électrique).

### Conditions mécaniques :

Les valeurs de la vitesse de rotation N, de la puissance absorbé et du rendement mécanique sont des critères à prendre en considération pour choisir tel ou tel moteur.

### Conditions d'installation (condition d'aspiration NPSH et d'amorçage) :

➤ L'encombrement du groupe doit intervenir pour orienter le choix sur tel ou tel pompe ;



- Connaitre les caractéristiques physico-chimiques de l'eau pour éviter par exemple la corrosion.

### 15 Dimensionnement de moteurs électrique pour une pompe :

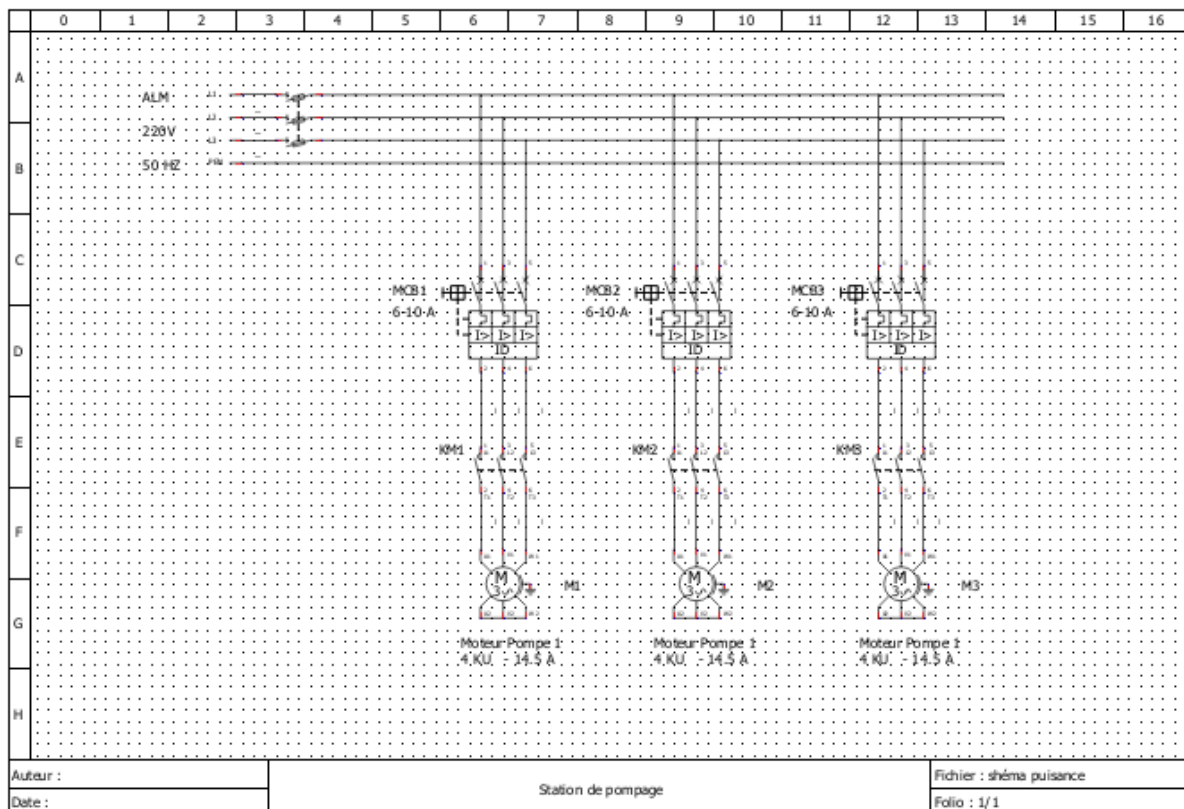
Une pompe va demander, pour un débit et une pression, une puissance hydraulique nécessaire à l'arbre de la pompe tandis que la puissance électrique sera celle soutirée par le moteur au réseau électrique pour entraîner cette pompe au point de fonctionnement.

Les pompes doivent satisfaire les conditions suivantes :

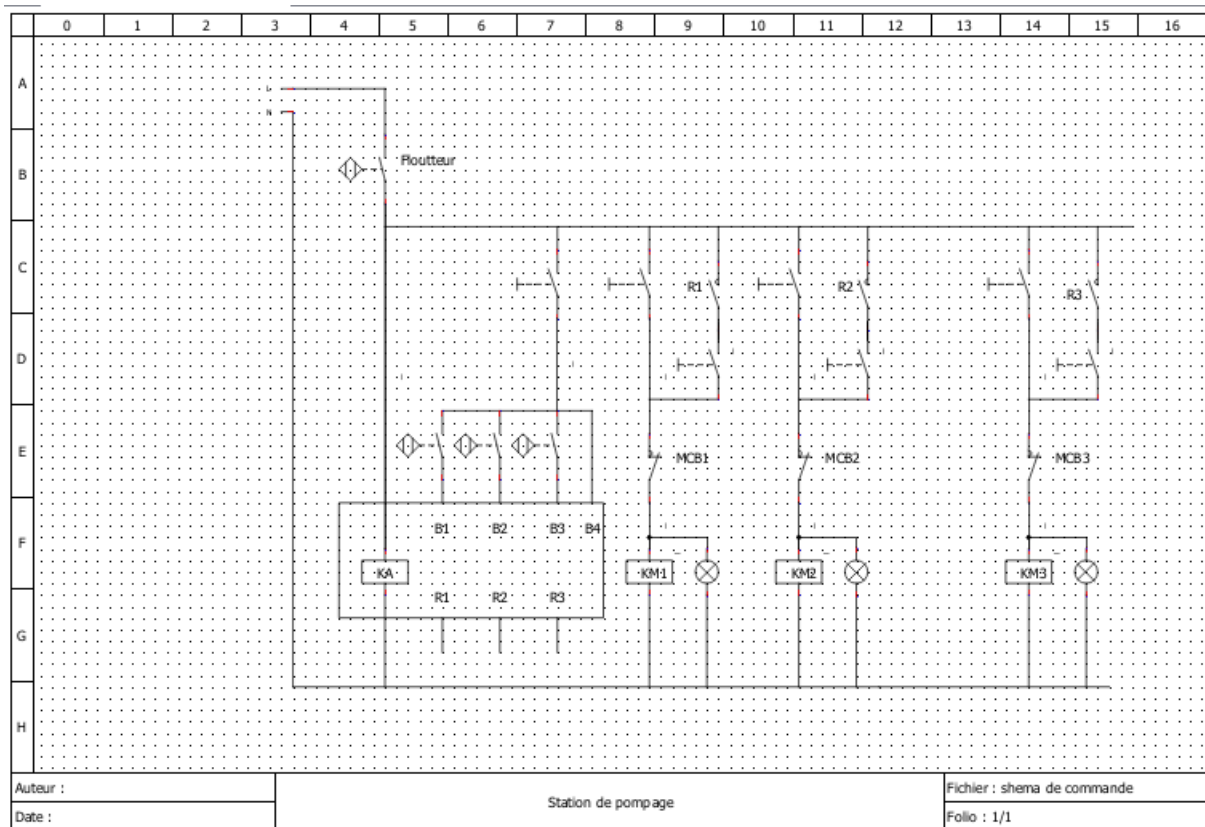
- Assurer le débit calculé et la hauteur manométrique calculée
- Le rendement est meilleur max
- Un poids faible, une anticorrosion, non encombrement..
- Assurer une capacité d'aspiration forte.
- Une vitesse de rotation importante.
- Anti- cavitation.
- Exploitation simple.
- Répondre à la construction économique du bâtiment

### 16 Schéma électrique

#### 16.1 Schéma de puissance



16.2 Schéma de commande



17 Conclusion

Dans ce chapitre on a précisé les caractéristique du pompe et les calcule pour faire la conception de la station de pompage, et définir les différents types de poste de livraison

Conclusion Générale

### Conclusion générale

Ce mémoire avait pour ambition de faire une étude et conception d'une station de pompage d'eau potable, une station de pompage d'eau potable est constituée à partir de deux systèmes : système de pompage et système de traitement des eaux, l'eau descend gravitairement du barrage et passe par plusieurs étapes (La coagulation-floculation, La filtration, Désinfection) pour avoir une eau pure et distribuable.

Le système de pompage est un ensemble d'électropompe qui a besoin d'être bien dimensionnées et caractérisées. Pour bien dimensionner sa pompe à eau électrique, les paramètres à prendre en compte sont le débit et la HMT (Hauteur Manométrique Totale), le débit ( $Q$ ), les pertes de charges (linéaire et singulière), éviter la cavitation (NPSH), le rendement de la pompe. Les dispositifs électriques ont un rôle dans la protection des circuits de puissance et la commande des pompes.

Par ailleurs, l'architecture d'un réseau de distribution électrique industriel est plus ou moins complexe suivant le niveau de tension, la puissance demandée et la sûreté d'alimentation requise. L'alimentation d'une installation électrique est effectuée avec un poste de transformation HTA/BT qui est disposé au plus près des éléments consommateurs d'énergie.

Bibliographie

- [1] cours traitement et épuration des eaux
- [2] pravarini.free.fr/decantation
- [2] xpair.com /lexique/définition/vanne
- [6] <https://www.emerson.com/fr-fr/automation/measurement-instrumentation/flow-measurement/about-magnetic>  
[Solutions d'automatisation/Instruments de mesure pour l'industrie/Mesure de débit](#)/Mesure de débit électromagnétique
- [7] <https://www.123elec.com/gamme-materiel-electrique/disjoncteurs.html>
- [8] <https://fr.eni.com/particuliers/comprendre-energie/entretien-equipements/disjoncteur-electrique-principe-role>
- [9] <https://monelectricite.pro/definition-dun-contacteur/>
- [10] Raisemche Aziz « Conception et programmation d'une armoire de commande assistée par ordinateur» MAGISTER EN ELECTROTECHNIQUE
- [11] or-ge.blogspot.com/2015/08/sectionneur.html  
GÉNIE ÉLECTRIQUE Formation &
- [12] <https://installation-electrique.ooreka.fr/comprendre/fusible>  
Les bases de l'électricité
- [13] <https://electroexp.com/fr/chtotakoe-kulachkovyj-pereklyuchatel.html>
- [14] POMPAGE DES FLUIDES-Elaboré par Dr. LADOUANI Abdelkrim