

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

جامعة ابو بكر بلقايد تلمسان
UNIVERSITE ABOU BAKR BELKAID – TLEMCEM -

كلية التكنولوجيا
Faculté de Technologie

قسم الري
Département d'Hydraulique

POLYCOPIÉ

POMPES ET STATIONS DE POMPAGE (Cours)



Dr TERKI HASSAINE TAHA EL AMINE

Dr BENADDA LOTFI

Avant-propos

La réalisation d'un ouvrage est le fruit de plusieurs années de recherche durant lesquelles on apprend, on évolue et on croise de nouvelles connaissances. Ce polycopié s'adresse à tous les étudiants de la troisième année Hydraulique. Il est à la base des cours que j'ai enseignés depuis l'année universitaire 2017/2018 pour la 3^{ième} année de la licence en Hydraulique. C'est un support pédagogique qui permet à l'étudiant d'acquérir les notions de base nécessaires au dimensionnement d'une station de pompage des eaux dans les systèmes hydrauliques. L'aspect de conception et l'aspect technologique ne seront pas abordés. Nous considérons ici que le fluide est incompressible dans ces systèmes hydrauliques. Ce polycopié a été divisé en chapitre couvrant des domaines bien établis de théorie et d'étude. Chaque chapitre débute par la formulation de définitions, de principes et de théorèmes accompagnés d'exemples et de descriptions. Suit une série des exercices résolus.

SOMMAIRE

I.	Pompes	01
I.1.	Définition	01
I.2.	Les différents types de pompes et leurs caractéristiques	01
I.2.1.	Les turbopompes	01
I.2.1.1.	Principe de fonctionnement	02
I.2.1.2.	Amorçage	02
I.2.1.3.	Caractéristiques	02
I.2.1.4.	Utilisation	03
I.2.1.5.	Fonctionnement avec la canalisation de refoulement bouchée	03
I.2.1.6.	Réglage du débit	03
I.2.2.	Les pompes volumétriques	04
I.2.2.1.	Principe de fonctionnement et généralités	04
I.2.2.2.	Pompes volumétriques rotatives	05
	A / pompes a palettes libres	05
	B / pompes a engrenages extérieurs	06
	C / Pompes à rotor hélicoïdal excentré	06
	D / pompes péristaltiques	07
I.2.2.3.	Pompes volumétriques alternatives	07
	A/ pompes à piston	07
	B / pompes doseuses	08
I.2.3	Autres pompes	08
I.2.3.1.	Vis d'Archimède	08
I.2.3.2.	Pompage par émulsion ou air-lift	09
I.3.	Éléments de base pour le calcul et le choix des pompes	11
I.3.1.	La hauteur manométrique totale d'élévation HMT	11
I.3.2.	Hauteur maximale d'aspiration (pompes centrifuges)	12
I.3.3.	Vitesse de rotation	13
I.3.4.	Vitesse spécifique n_s	14
I.3.5.	Courbes caractéristiques d'une pompe	14
I.3.5.1.	Courbe débit-hauteur $h=f(q)$	15
I.3.5.2.	Courbe de rendement. Rendement optimum $\eta(q)$	15
I.3.5.3.	Courbe de puissance. Puissance absorbée par une pompe $p(q)$	16
I.3.6.	Point de fonctionnement d'une pompe	16
I.4.	Choix d'un type de pompe	17
I.4.1.	En fonction des caractéristiques hydrauliques	17
I.4.2.	En fonction des conditions particulières d'utilisation	17
I.4.3.	Recherche du régime optimal	18
I.5.	Couplage de pompes	20
I.5.1.	Couplage en série	20
I.5.2.	Couplage en parallèle	20
I.6.	Type et mode de réglage des pompes	21
I.6.1.	Rognage	21
I.6.2.	Réglage qualitatif	22
I.6.3.	Réglage quantitatif (vannage)	23

I .7.	Adaptation des pompages aux débits et pressions variables	23
II.	Stations de pompages	24
II.1.	Exigences principales soumises à la station de pompage	24
II.2.	Choix de l'emplacement de la station de pompage	24
II.3.	Equipements hydraulique de la station de pompages	24
II.3.1	équipement en amont de la pompe	24
II.3.2	équipement en aval de la pompe	25
II.3.3.	Les équipements auxiliaires hydro-énergétiques	27
II.3.4.	Les équipements auxiliaires	28
II.3.4.1.	Circuit de vide	28
II.3.4.2.	System anti-incendie	28
II.3.4.3.	Dispositif de levage	28
II.3.4.4.	Système de drainage et d'assèchement	28
II.3.4.5.	Réservoir anti-bélier	28
II.4.	Dimensionnement de la station de pompages	29
II.4.1.	bâtiment de la station de pompage	29
II.4.1.1.	Introduction	29
II.4.2.	Type de bâtiment	30
II.4.3.	Particularité de la construction du bâtiment de la station de pompage	30
II.4.3.1.	Partie souterraine du bâtiment	30
II.4.3.2.	Plateforme de montage	30
II.4.3.3.	Dimensionnement du bâtiment	30
II.4.3.4.	Travée du bâtiment	30
II.4.3.5.	Hauteur du bâtiment	31
II.4.3.6.	Longueur de la salle des machines	31
II.4.3.7.	Dimension des locaux de service	31
II.4.4.	Réservoir de régulation	31
II.4.4.1.	Introduction	31
II.4.4.2.	Dimensionnement du réservoir	32
II.4.5.	Calcul du débit de pompage	32
II.4.6.	Choix des pompes	32
II.4.7.	Choix du nombre de pompe	33
II.4.8.	Choix du moteur électrique	33
II.4.9.	Calage de la pompe	34
II.4.10.	Canalisation d'aspiration et de refoulement	35
II.4.10.1.	Détermination du nombre de canalisation d'aspiration	35
II.4.10.2.	Diamètre de conduites d'aspiration	35
II.4.10.3.	Canalisation de refoulement	35
II.4.11.	Optimisation du diamètre économique	36
II.4.11. 1.	Nombre de collecteurs	36
II.4.11.2.	Calcul du diamètre économique	36
II.4.12.	Calcul du rendement de la station de pompage	37
II.4.13.	Choix de type de collecteur	37
II.5.	Conclusion	38
	Fiche Technique	39

Recherches des pannes	41
Références bibliographiques	45

I. POMPES

I.1. DEFINITION

Les pompes sont des machines hydrauliques qui fournissent de l'énergie au fluide, cette énergie permet au fluide de couler dans une conduite pour le déplacer au niveau le plus élevé.

I.2. LES DIFFERENTS TYPES DE POMPES ET LEURS CARACTERISTIQUES

Il existe deux grandes catégories de pompes :

Les Turbopompes et les pompes volumétriques.

- 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.
- 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).

I.2.1. LES TURBOPOMPES

Le mouvement du liquide dans les turbopompes résulte de l'accroissement d'énergie qui lui est communiqué par la force centrifuge.

Ce sont les plus employées. On distingue :

- Les pompes centrifuges (à basse et haute pression),
- Les pompes hélices,
- Les pompes hélico-centrifuges.

Cette classification est basée sur la forme de la trajectoire à l'intérieur du rotor de la pompe (roues radiales, semi-radiales, axiales).

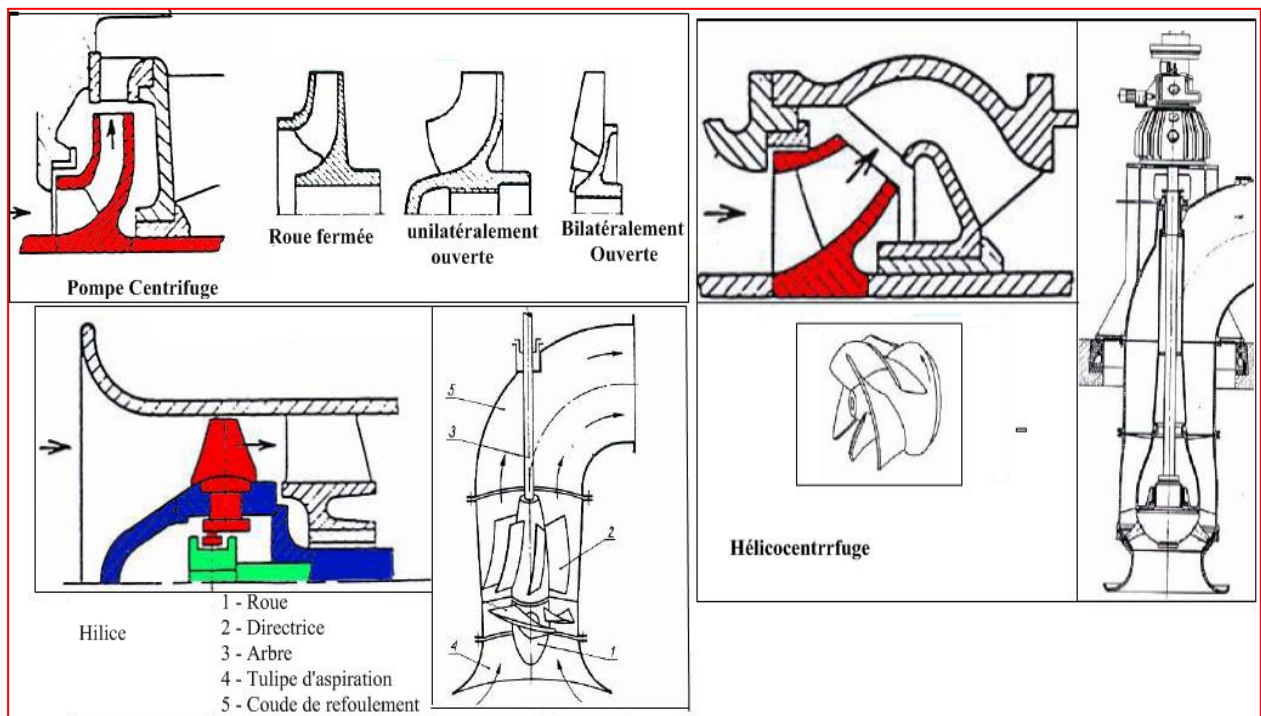


Figure I.1. Classification des Turbopompes

I.2.1.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

Le principe de fonctionnement se base sur une interaction de force entre les aubes de la roue et le courant d'eau qu'il contourne.

Pour :

- Une pompe centrifuge radiale est définie par un refoulement perpendiculaire à l'axe de la pompe. Ce dernier est parallèle avec le sens de l'aspiration.
- Une pompe hélico-centrifuges avec une roue semi axiale, le refoulement se fait parallèlement à l'axe de la pompe et à l'aspiration.
- Une pompe à hélices comportant une roue axiale, le refoulement se fait parallèlement à l'axe de la pompe et à l'aspiration.

Une pompe centrifuge est constituée par :

- Une roue à aubes tournant autour de son axe
- Un distributeur dans l'axe de la roue
- Un collecteur de section croissante, en forme de spirale appelée volute.

Le liquide arrive dans l'axe de l'appareil par le distributeur et la force centrifuge le projette vers l'extérieur de la turbine. Il acquiert une grande énergie cinétique qui se transforme en énergie de pression dans le collecteur où la section est croissante.

L'utilisation d'un diffuseur (roue à aubes fixe) à la périphérie de la roue mobile permet une diminution de la perte d'énergie.

I.2.1.2. AMORÇAGE

Les Turbopompes ne peuvent s'amorcer seules. L'air contenu nécessite d'être préalablement chassé. On peut utiliser un réservoir annexe placé en charge sur la pompe pour réaliser cet amorçage par gravité. Pour éviter de désamorcer la pompe à chaque redémarrage il peut être intéressant d'utiliser un clapet anti-retour au pied de la canalisation d'aspiration.

I.2.1.3. CARACTERISTIQUES

Les hauteurs manométriques totales fournies ne peuvent dépasser quelques dizaines de mètres. Pour dépasser ces valeurs on utilise des pompes centrifuges multicellulaires où plusieurs roues sont montées en série sur le même arbre. Le refoulement d'une des pompes communique avec l'aspiration de la pompe suivante. Il est également possible de coupler en série plusieurs de ces pompes.

Le rendement est de l'ordre de 60 à 70 %: il est inférieur à celui des pompes volumétriques.

Les pompes centrifuges vérifient des lois (lois de similitude) qui à partir d'une courbe caractéristique établie pour une vitesse de rotation N de la roue de la pompe permettent d'obtenir la caractéristique pour une vitesse de rotation N' quelconque.

Si on connaît pour une vitesse N , le débit Q_{VN} , la hauteur manométrique totale H_{tN} et la puissance absorbée P_N , on sait qu'il existe deux courbes caractéristiques (H_t en fonction de Q_v et P en fonction de Q_v) pour la vitesse N' tels que les points définis par les coordonnées $(Q_{VN'}, H_{tN'})$ et $(Q_{VN'}, P_{N'})$ en soient respectivement.

Les lois de similitude permettent de déterminer $Q_{VN'}$, $H_{tN'}$ et $P_{N'}$:

$$Q_{VN'} = Q_{VN} \times \left(\frac{N'}{N} \right)$$
$$H_{tN'} = H_{tN} \times \left(\frac{N'}{N} \right)^2$$

$$P_{N'} = P_N \times \left(\frac{N'}{N}\right)^3$$

On peut ainsi reconstruire point par point les caractéristiques pour la vitesse de rotation N' en prenant des points différents des caractéristiques établies pour la vitesse N .

I.2.1.4.UTILISATION

Ce sont les pompes les plus utilisées dans le domaine industriel à cause de la large gamme d'utilisation qu'elles peuvent couvrir, de leur simplicité et de leur faible coût.

Néanmoins, il existe des applications pour lesquelles elles ne conviennent pas :

- utilisation de liquides visqueux : la pompe centrifuge nécessaire serait énorme par rapport aux débits possibles.
- utilisation de liquides "susceptibles" c'est-à-dire ne supportant pas la très forte agitation dans la pompe (liquides alimentaires tels que le vin, le lait et la bière).
- utilisation comme pompe doseuse : la nécessité de réaliser des dosages précis instantanés risque d'entraîner la pompe en dehors de ses caractéristiques optimales.

Ces types d'application nécessitent l'utilisation de pompes volumétriques.

Par contre contrairement à la plupart des pompes volumétriques, les pompes centrifuges admettent les suspensions chargées de solides.

I.2.1.5. FONCTIONNEMENT AVEC LA CANALISATION DE REFOULEMENT BOUCHEE

Ce type de fonctionnement consécutif à une erreur est sans danger s'il ne se prolonge pas trop. Le risque à la longue est l'échauffement de la pompe, car le liquide n'évacue plus la chaleur. A ce moment la pompe peut se détériorer et d'autant plus qu'elle comporte des parties en plastique.

Remarque : pour une pompe centrifuge fonctionnant avec un moteur électrique, on comprend qu'il est préférable de démarrer la pompe centrifuge avec la vanne de refoulement fermée. En effet pour un débit nul la puissance consommée est alors la plus faible ce qui constitue un avantage pour un moteur électrique car l'intensité électrique le traversant est alors la plus faible. Les contraintes mécaniques sont également les plus faibles dans ce cas. Bien entendu il faut assez rapidement ouvrir cette vanne sous peine d'entraîner un échauffement de la pompe.

I.2.1.6.REGLAGE DU DEBIT

Trois moyens sont possibles :

- variation de la vitesse de rotation de la pompe par un dispositif électronique
- vanne de réglage située sur la canalisation de refoulement de la pompe pour éviter le risque de cavitation : suivant son degré d'ouverture, la perte de charge du réseau va augmenter ou diminuer ce qui va entraîner la variation du point de fonctionnement
- réglage en "canard" avec renvoi à l'aspiration d'une partie du débit

Le réglage du débit est important pour des besoins dus au procédé mais aussi pour se placer dans des plages de fonctionnement où le rendement est meilleur.

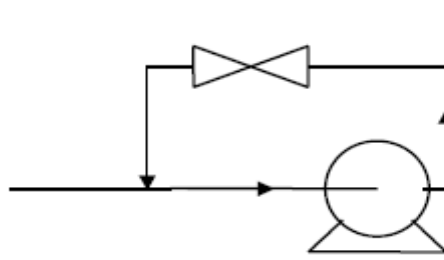


Figure I.2. Schémas d'installation d'une Turbopompe

I.2.2. LES POMPES VOLUMÉTRIQUES

L'écoulement dans les pompes volumétriques résulte de la variation d'une capacité occupée par le liquide.

Elles sont surtout destinées au pompage des fluides visqueux.

Elles élèvent de faibles débits à des pressions élevées.

On distingue :

- Les pompes rotatives,
- Les pompes à rotor excentré, à rotor oscillant, à palettes, à engrenages,
- Les pompes à piston (alternatives).

I.2.2.1. PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT ET GENERALITES

Une pompe volumétrique se compose d'un corps de pompe parfaitement clos l'intérieur duquel se déplace un élément mobile rigoureusement ajusté. Leur fonctionnement repose sur le principe suivant:

- exécution d'un mouvement cyclique
- pendant un cycle, un volume déterminé de liquide pénètre dans un compartiment avant d'être refoulé à la fin.

Ce mouvement permet le déplacement du liquide entre l'orifice d'aspiration et l'orifice de refoulement.

On distingue généralement :

- **Les Pompes Volumétriques Rotatives** : Ces pompes sont constituées par une pièce mobile animée d'un mouvement de rotation autour d'un axe, qui tourne dans le corps de pompe et crée le mouvement du liquide pompé par déplacement d'un volume depuis l'aspiration jusqu'au refoulement.
- **Les Pompes Volumétriques Alternatives** : la pièce mobile est animée d'un mouvement alternatif.

Les pompes volumétriques sont généralement auto-amorçantes. Dès leur mise en route elles provoquent une diminution de pression en amont qui permet l'aspiration du liquide. Il est nécessaire néanmoins d'examiner la notice du fabricant.

Les pompes volumétriques permettent d'obtenir des hauteurs manométriques totales beaucoup plus élevées que les pompes centrifuges. La pression au refoulement est ainsi plus importante. Le débit est par contre généralement plus faible mais il ne dépend pratiquement pas des caractéristiques du réseau. Le rendement est souvent voisin de 90 %.

Si la canalisation de refoulement est bouchée, Il faut arrêter immédiatement une pompe volumétrique dans cette situation pour éviter les risques d'une augmentation de pression très importante dans la pompe qui pourrait entraîner de graves détériorations.

S'il y a possibilité de fermetures de vannes placées sur le circuit de refoulement, il faut prévoir un dispositif de sécurité à la sortie de la pompe : une dérivation équipée d'une soupape de sûreté et reliée au réservoir d'aspiration constitue une bonne solution.

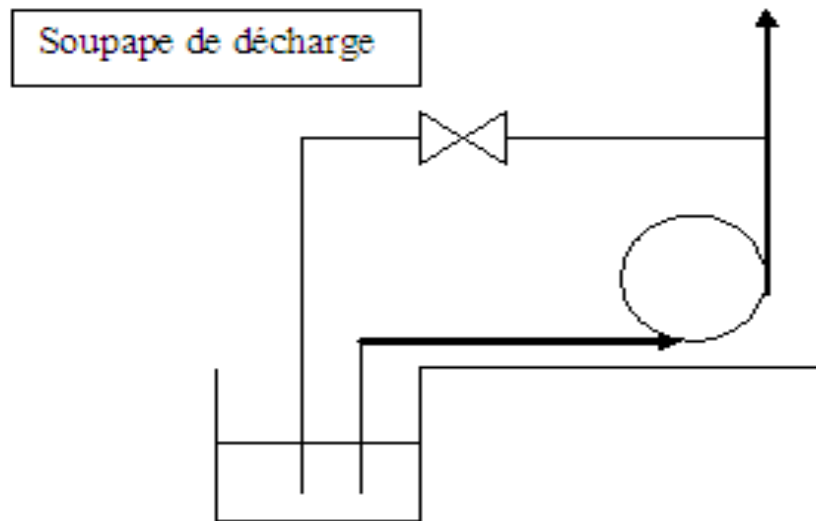


Figure I.3. Schémas d'installation d'une pompe volumétrique

Le réglage du débit s'effectue en agissant sur la vitesse de rotation du rotor pour les pompes rotatives et sur la fréquence ou la course du piston pour les pompes alternatives.

L'utilisation d'une vanne de réglage sur le circuit de refoulement est bien entendu à proscrire.

I.2.2.2.POMPES VOLUMETRIQUES ROTATIVES

A/ POMPES A PALETTES LIBRES

Fonctionnement : un corps cylindrique fixe communique avec les orifices d'aspiration et de refoulement. A l'intérieur se trouve un cylindre plein, le rotor, tangent intérieurement au corps de la pompe et dont l'axe est excentré par rapport à celui du corps. Le rotor est muni de 2 à 8 fentes diamétralement opposées deux à deux, dans lesquelles glissent des palettes que des ressorts appuient sur la paroi interne du stator. Le mouvement du rotor fait varier de façon continue les différentes capacités comprises entre les cylindres et les palettes en créant ainsi une aspiration du liquide d'un côté et un refoulement de l'autre.

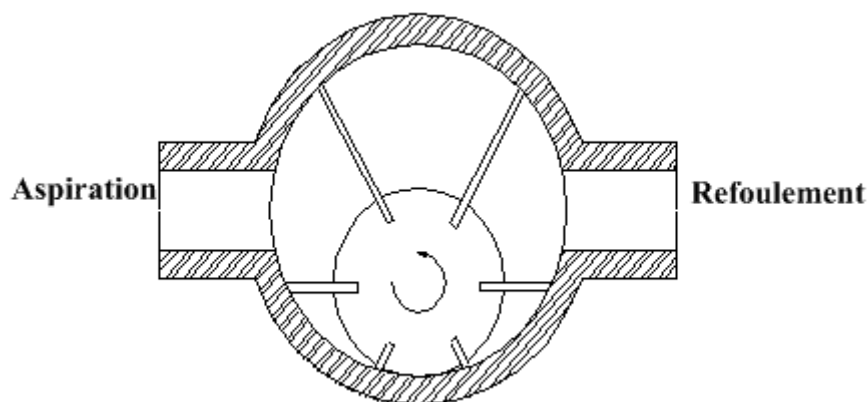


Figure I.4. Pompe à Palette

Caractéristiques et utilisation : ce sont des pompes caractérisées par des débits allant jusqu'à 100 m³/h et des pressions au refoulement de 4 à 8 bars. Elles conviennent aux liquides peu visqueux.

- **Avantages** : pas de brassage, ni d'émulsification du liquide pompé débit régulier marche réversible de la pompe
- **Inconvénients** : usure du corps par frottement des palettes difficile pompage des produits visqueux.

B/ POMPES A ENGRENAGES EXTERIEURS

Fonctionnement : Elle est constituée par deux engrenages tournant à l'intérieur du corps de pompe. Le principe consiste à aspirer le liquide dans l'espace compris entre deux dents consécutives et à le faire passer vers la section de refoulement.

Caractéristiques et utilisation : ce sont des pompes qui peuvent atteindre dépressions au refoulement de l'ordre de 5 à 30 bars. Les débits peuvent atteindre 300m³/h. La hauteur manométrique maximale est de 50 à 200 m CE. Elles n'admettent pas le passage de particules solides sous peine de destruction. Elles sont utilisées pour les produits autolubrifiants et alimentaires.

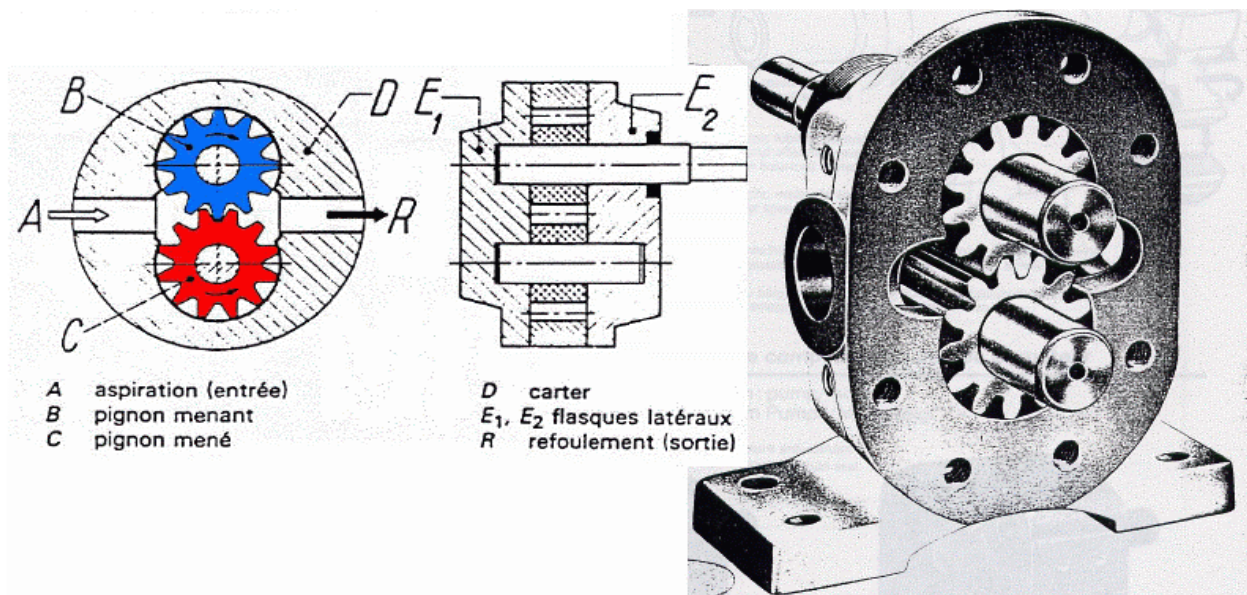


Figure I.5. Pompe à pompe à engrenages

- **Avantages** : débit régulier pas de clapets nécessaires marche de la pompe réversible
- **Inconvénients** : nombreuses pièces d'usure pas de particules solides dans cette pompe, ni de produits abrasifs ; la présence de traces de solide ayant pour effet d'accélérer l'usure mécanique des pignons et de diminuer l'étanchéité entre le corps de pompe et les dents.

C/ POMPES A ROTOR HELICOÏDAL EXCENTRE

Fonctionnement : elles sont composées de deux engrenages hélicoïdaux : le rotor tourne à l'intérieur du stator. Le mouvement tournant excentré du rotor permet de véhiculer le produit pompé.

Caractéristiques et utilisation : Ces pompes peuvent atteindre des pressions au refoulement de 20 à 60 bars. Le débit est de 500 m³/h. Elles sont utilisées notamment pour les produits pétroliers et les produits alimentaires. Son utilisation pour alimenter les filtres presses est fréquente.

- **Avantages** : passage de particules solides, de produits abrasifs et de boues débit régulier marche de la pompe réversible
- **Inconvénients** : pas de marche à sec de la pompe maintenance assez difficile et coûteuse encombrement important.

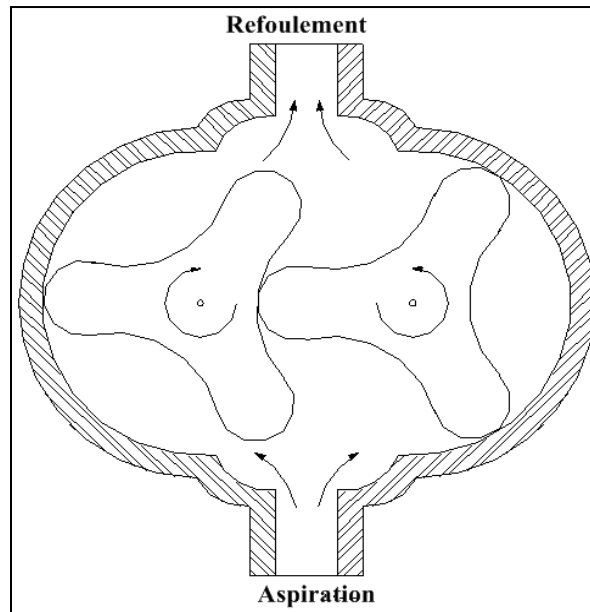


Figure I.6. Pompe à rotor hélicoïdal excentré

D/ POMPES PERISTALTIQUES

Fonctionnement : l'effet de pompage est obtenu par la compression d'un tube en élastomère par des galets fixés sur le rotor. Les galets, en se déplaçant, entraînent le liquide jusqu'au refoulement.

Caractéristiques et utilisation : elles permettent de pomper des liquides très abrasifs et chargés à un débit pouvant aller à 50 m³/h. La pression au refoulement est de 15bars. La hauteur manométrique maximale est de 160 m CE. Elles s'utilisent pour les produits chimiques et alimentaires.

Avantages : utilisation comme pompe doseuse possible

Inconvénients : débit limité refoulement très saccadé température d'utilisation assez faible

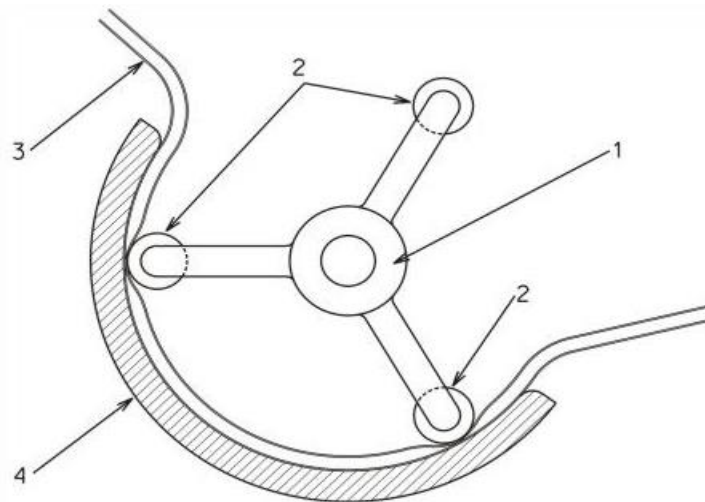


Diagramme d'une pompe péristaltique 1. Rotor 2. Galets 3. Tube flexible 4. Corps circulaire

Figure I.7. Pompe péristaltique

I.2.2.3.POMPES VOLUMETRIQUES ALTERNATIVES

A/ POMPES A PISTON

Fonctionnement : son principe est d'utiliser les variations de volume occasionné par le déplacement d'un piston dans un cylindre. Ces déplacements alternativement dans un sens ou dans l'autre produisent des phases d'aspiration et de refoulement.

Quand le piston se déplace dans un sens le liquide est comprimé : il y a fermeture du clapet d'admission et ouverture du clapet de refoulement. Le fonctionnement est inverse lors de l'aspiration du liquide dans la pompe. Une membrane est parfois liée au piston.

Caractéristiques et utilisation : elles ne conviennent que pour des débits moyens de l'ordre de 80 m³/h. L'intérêt des membranes est l'utilisation avec des produits chimiques corrosifs, abrasifs ou acides. La pression au refoulement peut aller jusqu'à 25 bars.

Avantages : fonctionnement à sec sans dommage

Bon rendement (> 90%)

Inconvénients : débit limité

viscosités assez faibles pompage de particules solides impossible : la pompe ne fonctionne bien que si l'étanchéité est parfaite entre le cylindre et le piston.

Il existe des pulsations importantes au refoulement : on peut remédier à ceci en utilisant des dispositifs de pots anti béliers.

B/ POMPES DOSEUSES

Elles sont essentiellement à piston et (ou) à membrane. L'introduction d'un débit bien déterminé de liquides est rendu possible grâce à un dispositif précis déréglage de la course du piston et de sa fréquence. Elles ont des débits relativement faibles (de quelques Litres/h à quelques m³/h) et peuvent mettre en œuvre des pressions au refoulement allant jusqu'à 300 bars.

Elles sont auto-amorçantes mais n'acceptent que des viscosités faibles.

Les principales applications sont :

- le dosage fin de produits chimiques
- l'injection de carburant pour les véhicules automobiles

I.2.3 AUTRES POMPES

Les élévateurs à hélice ou vis d'Archimède.

Le pompage par émulsion ou air lift.

I.2.3.1. VIS D'ARCHIMEDE

Elle refoule de très forts débits à une faible hauteur géométrique.

Les eaux peuvent être très chargées, comme par ex. pour une STEP.

Pour déterminer le rendement global d'une station de relevage des eaux, on se base sur la hauteur géométrique d'élévation (différence de niveau entre l'entrée et la sortie).

$$\text{Pour une conduite ouverte : } P = \frac{Q \times H_{\text{géo}}}{75 \times \eta_g} \quad (\text{CV})$$

$$\text{Pour une conduite fermée : } P = \frac{Q \times H_{\text{mano}}}{75 \times \eta_m} \quad (\text{CV})$$

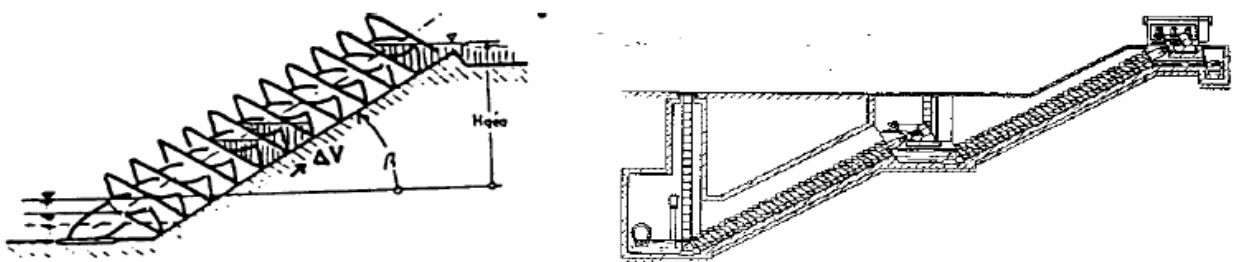


Figure I.8. Pompe Vis d'Archimède

I.2.3.2. POMPAGE PAR EMULSION OU AIR-LIFT

Utilisé dans les forages, en particulier quand l'eau transporte des particules solides abrasives. On insuffle de l'air dans la colonne de refoulement. L'air et l'eau forment une émulsion qui grâce à son poids spécifique moins élevé, monte.

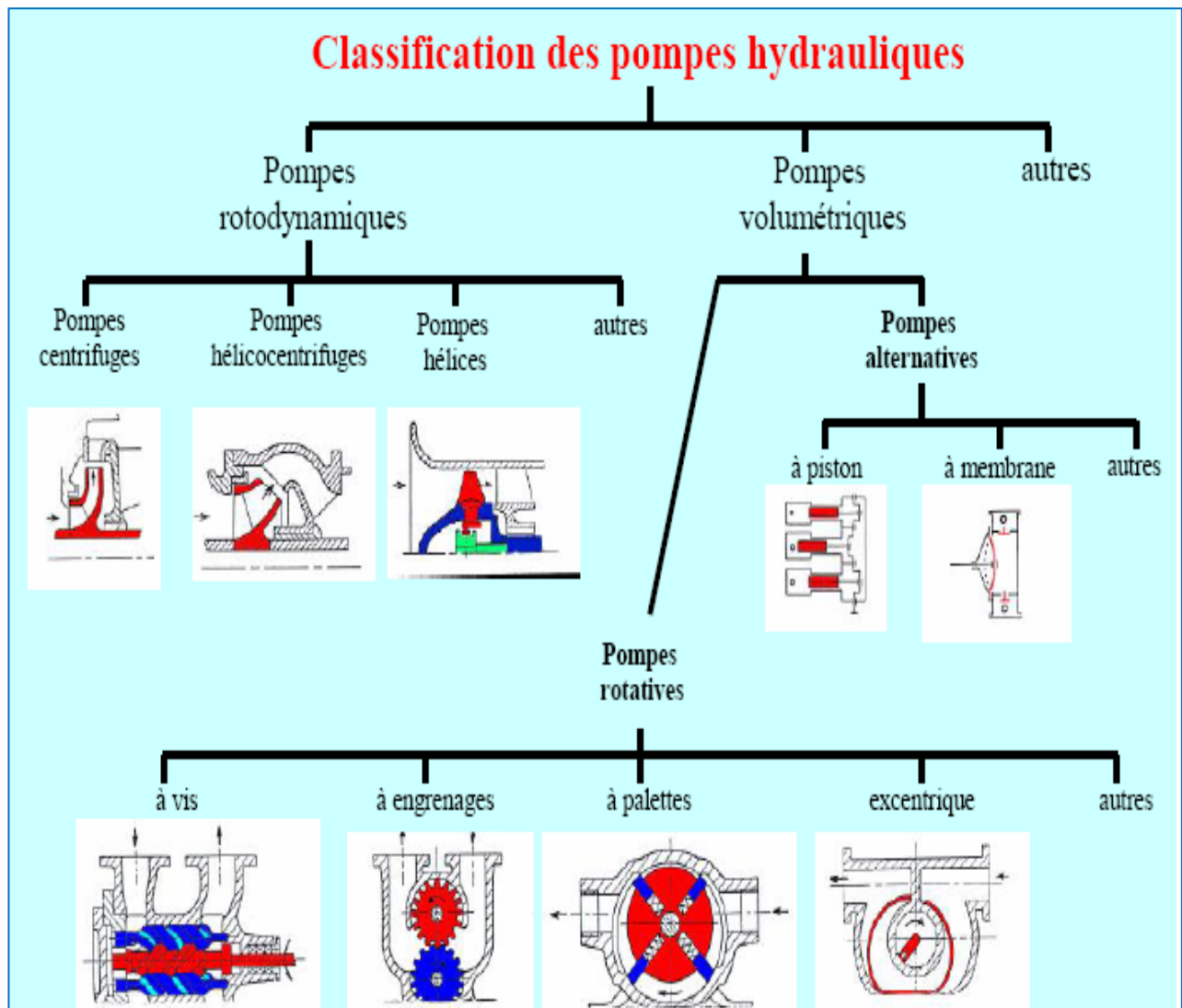


Figure I.9. Schémas de Classification des pompes

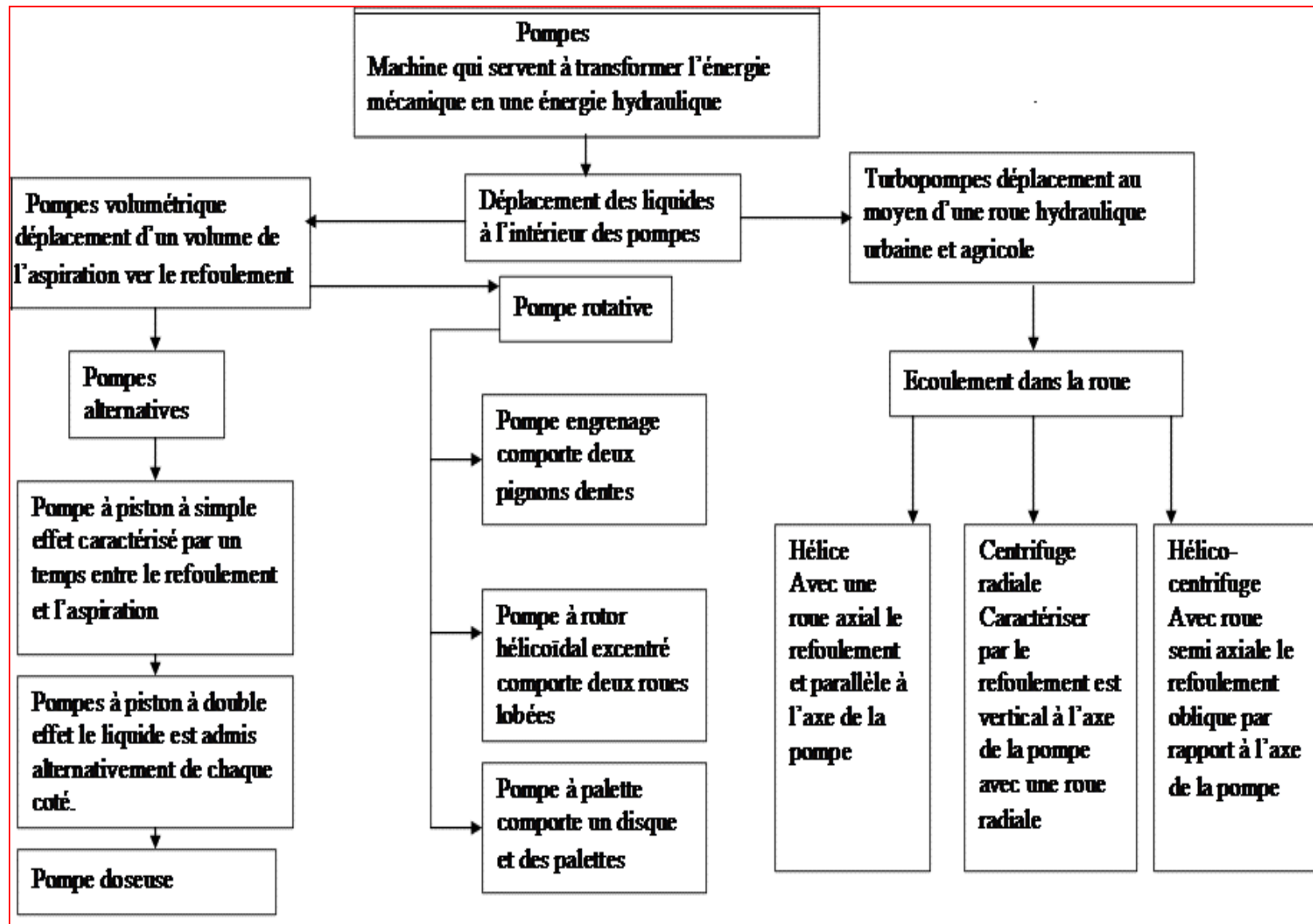


Figure I.10. Schémas explicatifs de type de pompes

I.3. Eléments de base pour le calcul et le choix des pompes

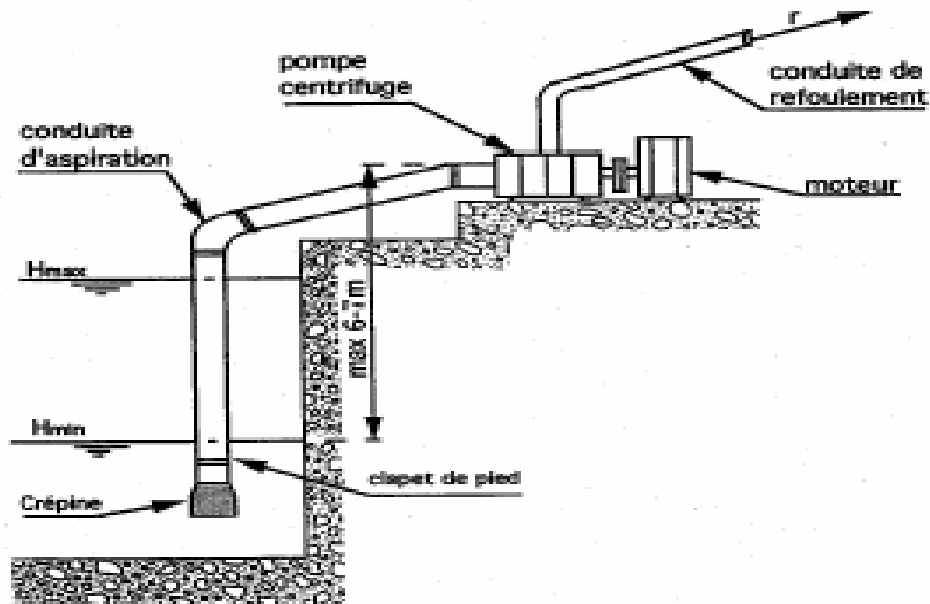


Figure I.11. Schéma d'installation Aspiration – Refoulement

I.3.1.LA HAUTEUR MANOMETRIQUE TOTALE D'ELEVATION HMT

La HMT d'une pompe est la différence de pression en mètre colonne de liquide (mCL) entre les orifices d'aspiration et de refoulement, (hauteur géométrique d'élévation totale) y compris la pression nécessaire pour vaincre les pertes de charge dans les conduites d'aspiration et de refoulement (ΔH_{asp} , ΔH_{ref}).

$$HMT = H_G + \Delta H_{asp} + \Delta H_{ref}$$

Si les niveaux à l'aspiration et au refoulement sont à des pressions différentes :

$$HMT = H_G + \Delta H_{asp} + \Delta H_{ref} + \left(\frac{P_2 - P_1}{\gamma} \right)$$

Avec P_1 , P_2 : (Pascal ou N/m^2) et γ en (N/m^3)

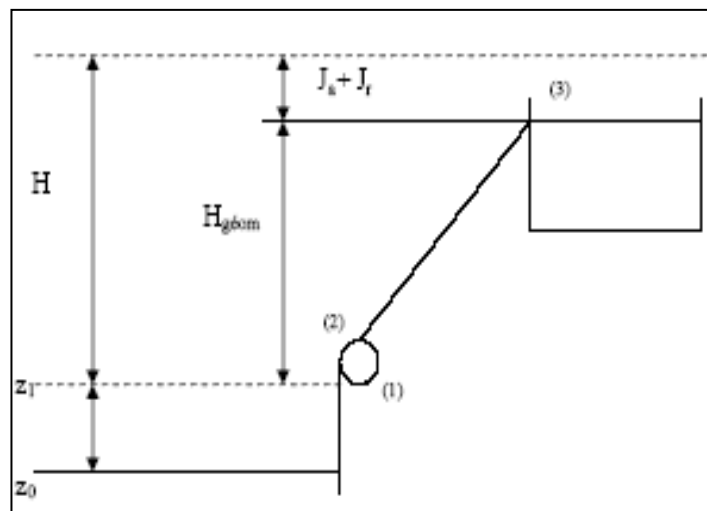


Figure I.12. Profil piézométrique

Appliquons Bernoulli en différents plans

$$\text{Plan 0} - 1 \quad z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} = z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + j_a$$

$$\text{Plan 1} - 2 \quad z_1 + \frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + H = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + j_r \quad j_r \text{ entre (1) et (2)}$$

$$H + z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} - j_a = z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + j_r$$

$$H = (z_2 - z_0) + \left(\frac{p_2 - p_0}{\gamma} \right) + \left(\frac{v_2^2 - v_0^2}{2g} \right) + j_r + j_a$$

A l'aspiration de l'eau immobile et $V_0 = 0$

$$H = z_2 - z_0 + \left(\frac{p_2 - p_0}{\gamma} \right) + \frac{v_2^2}{2g} + j_a + j_r$$

$$\text{Plan 2} - 3 \quad z_2 + \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} = z_3 + \frac{p_3}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} + j_R \quad \text{avec } j_R \text{ entre (2) et (3)}$$

$$H + z_0 + \frac{p_0}{\gamma} + \frac{v_0^2}{2g} - j_a - j_r = z_3 + \frac{p_3}{\gamma} + \frac{v_3^2}{2g} + j_R$$

$$H = (z_3 - z_0) + \left(\frac{p_3 - p_0}{\gamma} \right) + \left(\frac{v_3^2 - v_0^2}{2g} \right) + j_a + j_r + j_R$$

$$\left. \begin{array}{l} p_3 = p_0 \text{ pression atmosphérique} \\ v_0 = 0 \text{ et } \frac{v_3^2}{2g} \text{ est négligeable} \end{array} \right\} \text{ donc } H = (z_3 - z_0) + j_a + j_r + j_R$$

$j_a = J_A$ = perte à l'aspiration

$j_r + j_R = J_R$ = perte au refoulement

$z_3 - z_0 = H_{\text{géom}}$ = hauteur géométrique

Remarque : il est utile de connaître le maximum de pertes de charge singulières sur les conduites d'aspiration et de refoulement.

I.3.2. HAUTEUR MAXIMALE D'ASPIRATION (POMPES CENTRIFUGES)

Théoriquement, l'on sait qu'en faisant le vide dans un tube, il est impossible de faire monter l'eau à une hauteur supérieure à la pression atmosphérique.

Lorsque $H = 0.0012$ [msm] $h = 10.33$ m

Pour une altitude A $h = 10.33 - 0.0012 A$ m

En réalité, cette hauteur est nettement moins élevée ; perte de hauteur due aux pertes de charge et à la mise en vitesse du liquide.

Il faut d'autre part que la pression absolue à l'ouïe d'aspiration se maintienne largement au-dessus de la tension de vapeur du liquide pour éviter le désamorçement de la pompe et les problèmes de cavitation (formation dans le liquide de bulles de vapeur, lesquelles, entrant dans la turbine à un endroit de plus haute pression,

s'entrechoquent violemment en créant de très hautes pressions spécifiques d'où risque de destruction de la pompe).

Les possibilités d'aspiration sont définies par le NPSH (Net Positive Suction Head)

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 considérée.

NPSH disponible > NPSH requis de quelques décimètres

Le calcul du NPSH disponible, c'est-à-dire de la pression absolue $\frac{P_1}{\gamma}$ à l'entrée de la pompe se fera en utilisant la formule de Bernoulli appliquée entre la surface du plan d'eau à pomper (z_0, p_0) et l'entrée de la pompe (z_1, p_1).

$$z_0 + \frac{P_0}{\gamma} = \left(z_1 + \frac{P_1}{\gamma} \right) + \underbrace{\frac{v_1^2}{2g}}_{\text{négligeable}} + J_a$$

NPSH disponible = 10 - (H_a + j_a)

H_a = hauteur géométrique d'aspiration

Pour les pompes centrifuges H_a doit être < 7 m

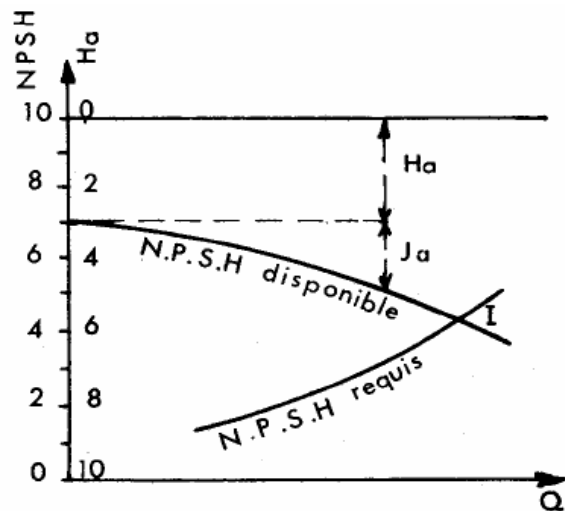


Figure I.13. Point de fonctionnement à l'aspiration.

Le point de fonctionnement de la pompe devra être maintenu à gauche de la verticale passant par I (intersection) de façon que le **NPSH disp. > NPSH requis**. Au-delà, de petites bulles d'air se forment à l'intérieur de la pompe en quantité toujours plus croissante entraînant une baisse très rapide du rendement et du débit pompé. L'implosion et les chocs de ces petites bulles entre elles provoqueront une importante érosion de la roue et des organes voisins de la pompe. On parle alors du phénomène de cavitation.

On évaluera le risque de cavitation par la relation suivante :

$$S = n \cdot \left(\frac{Q^{1/2}}{N} \cdot P \cdot S \cdot H_{Dispon}^{3/4} \right) \quad \text{où } S_{\text{optimum}} \cong 140 \quad \text{et } S < 160.$$

I.3.3 VITESSE DE ROTATION - POMPES CENTRIFUGES

Si la vitesse de rotation d'une pompe centrifuge passe de n_1 à n_2 tours/min., le débit Q, la hauteur manométrique HMT et la puissance absorbée P varient dans les rapports suivants :

$$Q_2 = \frac{n_2}{n_1} \cdot Q_1 \quad P_2 = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^3 \cdot P_1 \quad H_2 = \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \cdot H_1$$

La vitesse d'un moteur électrique est donnée par la relation générale :

$$n = \frac{f}{p} \cdot 60 \quad [\text{t/min}]$$

avec : f = fréquence (50 Hertz) et p = nombre de pair de pôle.

Le tableau suivant donne, en %, la variation des débits, des hauteurs et de la puissance en fonction de la variation de n (aussi en %) :

n	0	5	10	15	20	25
Q	0	5	10	15	20	25
H	0	10	21	32	44	56
P	0	16	33	52	73	95

Tableau I.1. Variation de Q, H, P en fonction de n

I.3.4 VITESSE SPECIFIQUE n_s

C'est la vitesse à laquelle tournerait une pompe étalon et calculée pour élever un débit de 1 m³/s à une hauteur de 1.0 m.

Elle intervient pour le choix d'un type de pompe. La vitesse spécifique n_s d'une pompe vaut :

$$n_s = n \cdot \left(\frac{Q^{1/2}}{H^{3/4}} \right)$$

n : vitesse de rotation en t/min

Q : débit m³/s

H : hauteur manométrique totale d'élévation en m

On désigne souvent n_s comme la vitesse de rotation de la pompe.

Quelques valeurs indicatives sont rassemblées dans le tableau ci-dessous :

Pompe à haute pression	$n_s < 90$
Pompe basse pression	$90 < n_s < 300$
Pompe à roue Francis	$300 < n_s < 400$
Pompe hélicoïdales	$400 < n_s < 600$
Pompe à hélices	$600 < n_s < 1300$

Tableau I.2. Vitesses de rotation de différentes pompes

I.3.5. COURBES CARACTERISTIQUES D'UNE POMPE

Les courbes principales qui caractérisent une pompe (mis à part la NPSH) sont au nombre de trois.

Elles sont établies par le constructeur :

Courbe débit-hauteur,

Courbe de rendement,
Courbe de puissance.

I.3.5.1. COURBE DEBIT-HAUTEUR $H=f(Q)$

Elle présente les variations de la hauteur manométrique totale d'élévation susceptible d'être fournie par la pompe en fonction du débit Q .

Ce sont sensiblement des paraboles

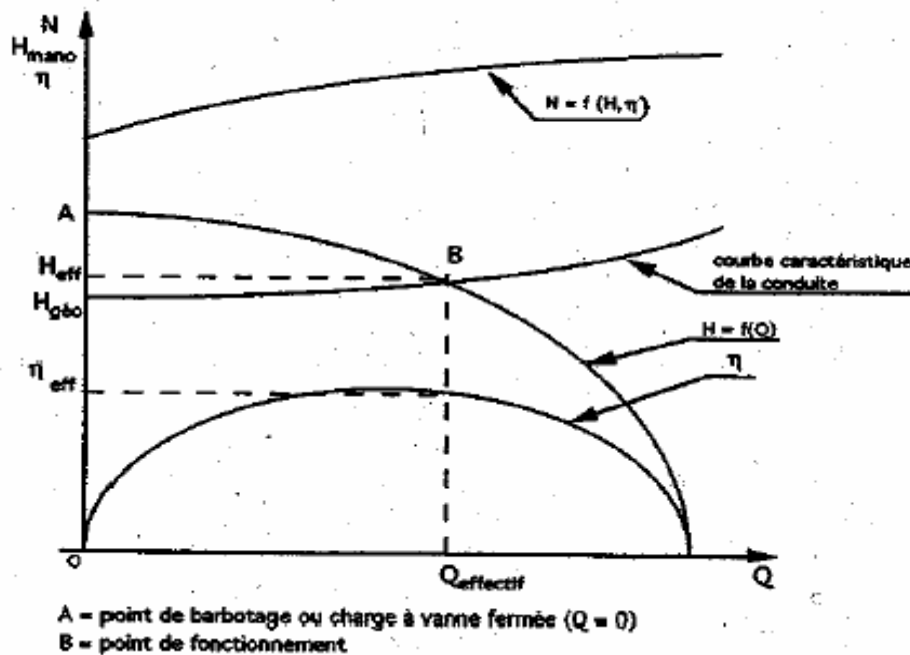


Figure I.14. Courbe Débit – Hauteur, Rendement et Puissance

I.3.5.2. COURBE DE RENDEMENT. RENDEMENT OPTIMUM $\eta(Q)$

Elle présente pour chaque type de pompe un maximum au voisinage duquel il faudra utiliser la pompe. Le rendement tient compte des pertes d'énergie dans les pompes : Pertes hydrauliques, volumétriques et mécaniques.

A titre d'exemple, voyons quelques valeurs de rendement considérés comme bons pour les pompes centrifuges :

Caract.	Basse pression $H = 5 \text{ m}$		Haute pression $H = 20 \text{ m}$			Grands débits		
$Q \text{ (1/s)}$	3	25	2	25	100	150	1000	25000
η	0.56	0.78	0.53	0.81	0.84	0.86	0.90	0.91

Tableau I.3. Valeurs de rendement pour différents débits et hauteurs d'élévation

I.3.5.3. COURBE DE PUISSANCE. PUISSANCE ABSORBÉE PAR UNE POMPE P(Q)

Cette courbe, fonction du débit, est parabolique. Pour les pompes centrifuges, la concavité de la parabole est tournée vers le bas.

Elle diffère pour les pompes à hélices ou hélico-centrifuges.

La puissance est égale au travail effectué pendant l'unité de temps pour élever le débit correspondant à une hauteur égale à la hauteur manométrique totale d'élévation.

$$P = \frac{1}{\eta} \cdot \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

avec : P [Wh] : puissance totale consommée

ρ [kg/m³] : masse volumique

Q [m³/s] : débit

H [mce] : hauteur manométrique

η : rendement total de l'installation avec) ; ; (: m t h f η_h, η_t, η_m

η_h , rendement hydraulique de la pompe

η_t , rendement de la transmission'

η_m : rendement du moteur

I.3.6. POINT DE FONCTIONNEMENT D'UNE POMPE

Problème :

Pour le résoudre, il nous faut le débit et la hauteur manométrique engendrée par une pompe donnée, débitant dans un réseau ou une conduite.

La perte de charge totale d'une conduite, en fonction du débit du liquide, sera reportée sur un graphique. On obtient ainsi la courbe caractéristique de la conduite. La perte de charge est proportionnelle au carré du débit et la courbe est une parabole.

$$H_c = H_g + \Delta H$$

$$\Delta H = \frac{8 \times \lambda \times l \times Q^2}{g \times \pi^2 \times D^5} = \frac{0.08271 \times \lambda \times l \times Q^2}{D^5}$$

On peut également représenter la hauteur géométrique d'élévation en fonction du débit, ce qui permet de déterminer d'une façon simple, pour chaque débit, la somme de $H_{\text{géom}}$ et J.

A la figure I.15, ces courbes sont représentées, de même que la courbe caractéristique QH d'une pompe.

En S, la hauteur manométrique de la pompe sera égale à la somme de la hauteur géométrique totale et de la perte de charge totale dans les conduites.

Ce point d'intersection S est le point de fonctionnement de la pompe.

Remarques

Pour une nouvelle pompe il faut déterminer un nouveau point de fonctionnement.

Pour que S soit rationnellement déterminé, il doit se situer au droit du rendement maximal de la pompe.

I.4. CHOIX D'UN TYPE DE POMPE

I.4.1. EN FONCTION DES CARACTERISTIQUES HYDRAULIQUES

(Débit, Hauteur Manométrique d'élévation)

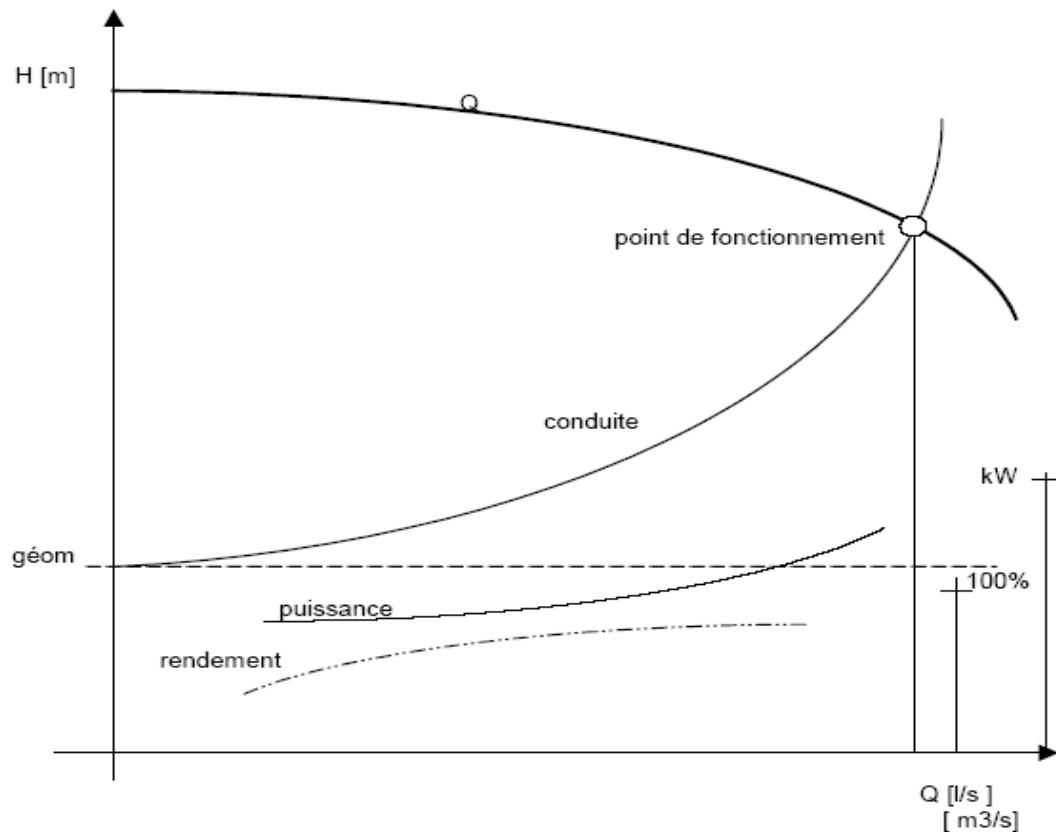


Figure I.15. Courbe caractérisation des Pompes

I.4.2. EN FONCTION DES CONDITIONS PARTICULIERES D'UTILISATION

Pompe à piston et pompe centrifuge avec hydro-éjecteur

Usage : Pomper l'eau dans les puits profonds avec un faible débit.

Exemple : Pompe à bras ou à pied au Sahel.

Pompe des jardins.

Pompes centrifuges monocellulaires et multicellulaires

La hauteur de refoulement d'une pompe varie avec sa vitesse de rotation.

Pour les pompes monocellulaires :

- 1450 T/min h élévation environ 60 m
- 2900 T/min h élévation environ 100 m

Pour obtenir des hauteurs d'élévation supérieures il faudra utiliser des pompes multicellulaires (= plusieurs pompes mono en série).

D'une manière générale :

$H < 60$ m pompe monocellulaire

$60 < H < 90$ m possibilité entre une pompe monocellulaire (moteur électrique) à vitesse élevée (2900 t/min) et une pompe multicellulaire à vitesse faible (1450 t/min) – étude économique nécessaire

$H > 90$ m pompe multicellulaire

Pompes à axe horizontal ou pompes à axe vertical

Pompe horizontale pour $H_{asp} < 6 - 7$ m ou alimentation en charge.

Pompe à axe vertical pour les puits et les forages.

Pompes à ligne d'axe - groupe immergé

Pompes à ligne d'axe : le moteur est installé au niveau du sol.

Groupe immergé : directement dans le forage ou le puits.

Lorsque qu'une pompe multicellulaire n'est pas nécessaire, on choisira, d'une manière générale, les types de pompe suivants :

$H < 15$ m et $Q > 100$ l/s : pompes hélices ou hélico-centrifuges

$H > 15$ m et Q tous : pompe centrifuge

Remarque :

L'optimum économique en matière de durée journalière de pompage correspond au moins à 20 h.

Il est prudent de prévoir un groupe supplémentaire dans une station pour des raisons de sécurité.

Exemple :

- 1 ou 2 pompes électriques,
- 1 pompe à moteur diesel en cas de panne de courant.

I.4.3. RECHERCHE DU REGIME OPTIMAL

En pratique, il y a lieu de rechercher le type de pompe donnant le meilleur rendement économique, en faisant varier la vitesse de la pompe.

Cette vitesse est liée à celle du moteur électrique d'entraînement qui est de 3000, 1500, 1000 ou 750 tours/min. Les constructeurs réalisent toute une série de groupes plus ou moins voisins et ne donnent pour chacun d'eux que la portion du plan du diagramme (H, Q) où le rendement est acceptable.

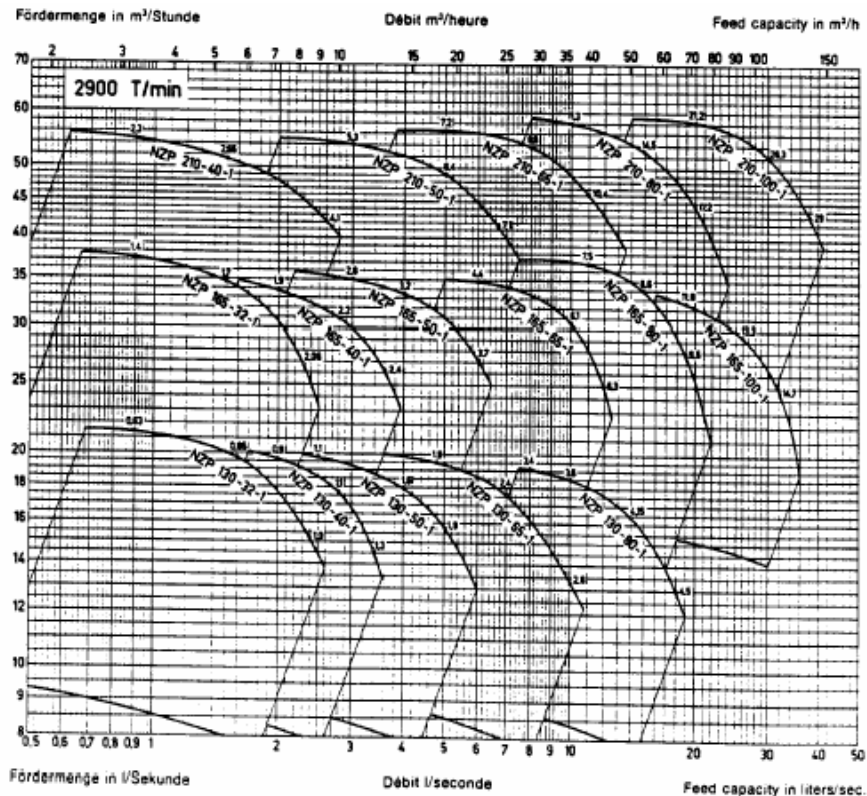


Figure I.16. Courbe caractéristique de constructeur

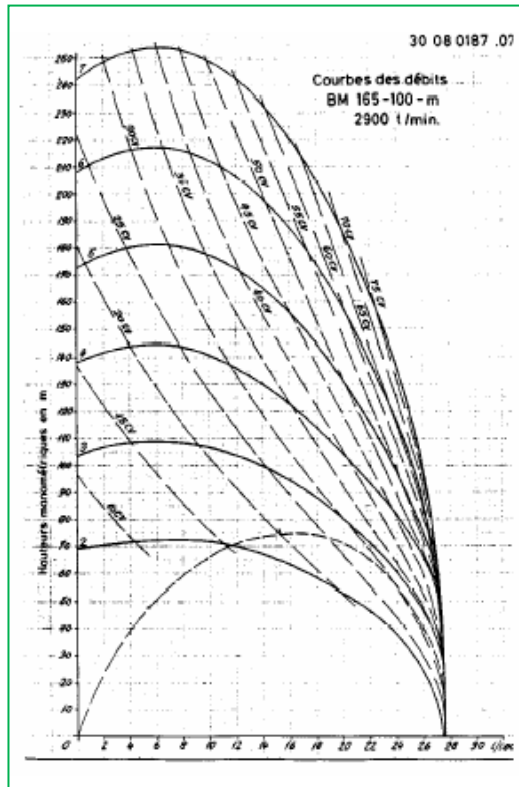


Figure I.17. Courbe des débits

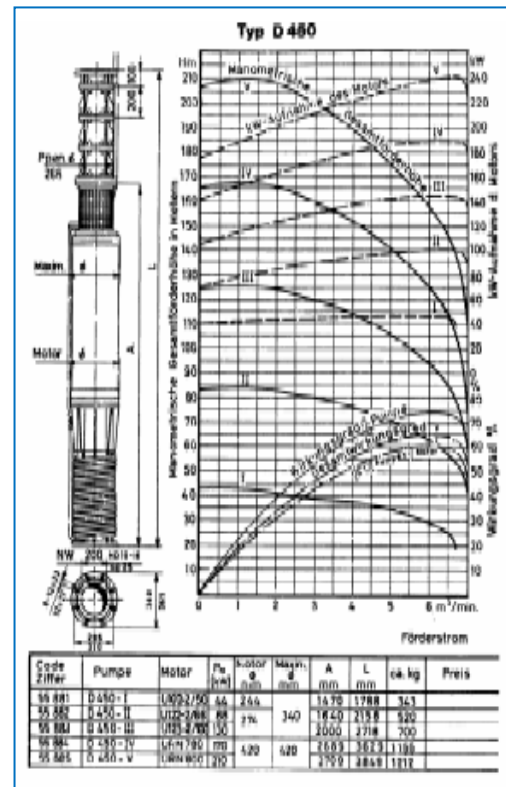


Figure I.18. Pompe Immergée

I.5. COUPLAGE DE POMPES

Il peut s'effectuer en série ou en parallèle.

I.5.1. COUPLAGE EN SERIE

Cas des pompes centrifuges multicellulaires.

Le refoulement de la première pompe débouche dans l'aspiration de la seconde. Le même débit traverse les deux pompes et les hauteurs d'élévation produites par chaque groupe s'ajoutent.

Rendement global
$$\eta_g = \frac{\sum H_i}{\sum_{i=1} \frac{H_i}{\eta_i}}$$

Remarque :

Dans tous les cas, la hauteur résultant du couplage est inférieure à la somme des hauteurs créées pour chaque pompe fonctionnant seule sur la même canalisation.

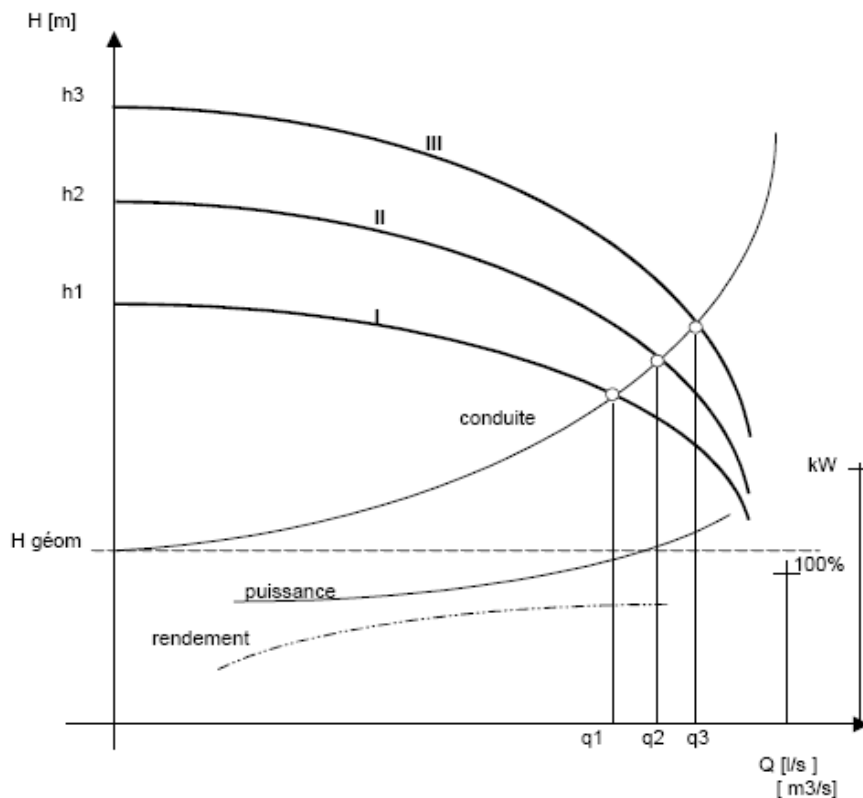


Figure I.19. Pompes en série

I.5.2. COUPLAGE EN PARALLELE

Chaque conduite de refoulement aboutit à un collecteur général commun.

- Le débit de collecteur commun sera composé de la somme des débits de chaque pompe.
- La caractéristique de l'ensemble des groupes sera obtenue en sommant pour une même ordonnée H les débits abscisses de chaque groupe.

Remarque : la somme des débits partiels < Q_{Tot.} Théorique

Rendement globale
$$\eta_g = \frac{\sum Q_i}{\sum_{i=1} \frac{Q_i}{\eta_i}}$$

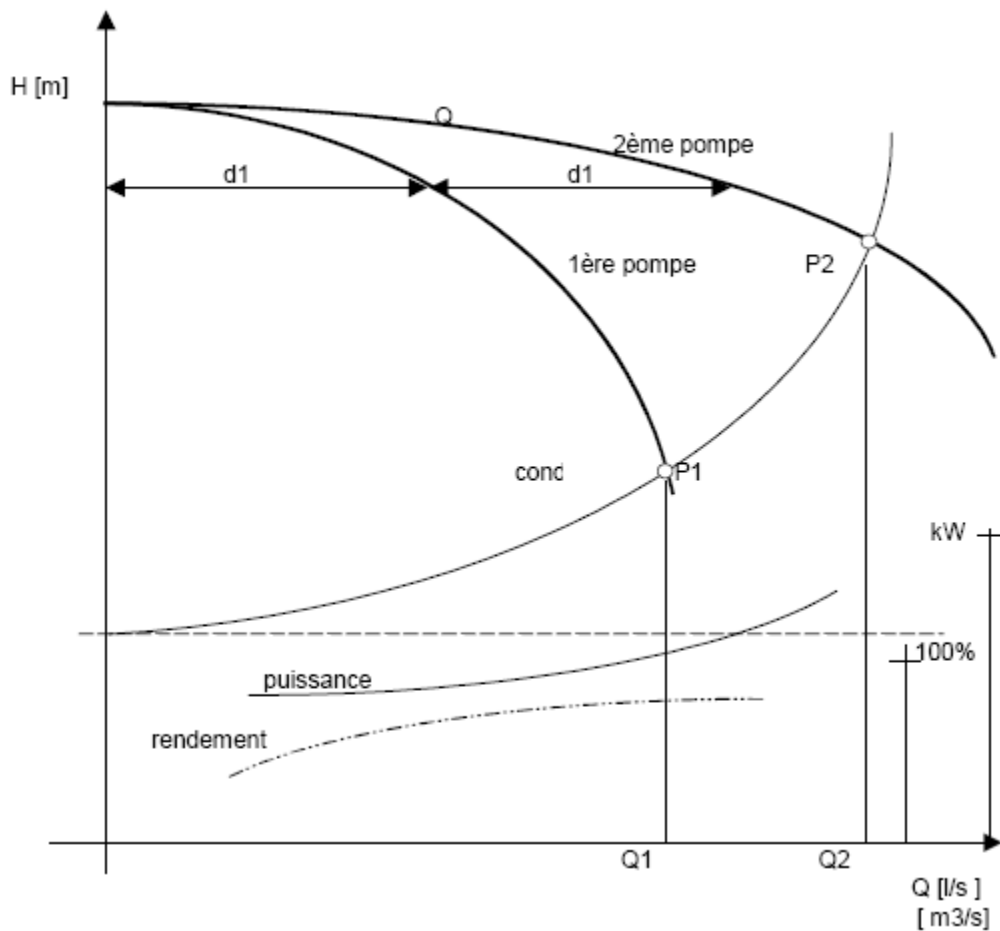


Figure I.20. Pompes en parallèles

La courbe I est la courbe QH commune à chaque pompe. La courbe 2 est obtenue en doublant à chaque fois pour une même hauteur, les abscisses de la première courbe.

I.6. TYPE ET MODE DE REGLAGE DES POMPES

Puisque le débit demandé est inférieur à celui correspond au point de fonctionnement, on fait appel aux modes de réglages qui sont :

I.6.1. ROGNAGE

C'est la diminution du diamètre extérieur de la roue, en gardant la même vitesse de rotation, et la même distance entre les deux flasques, on utilise ce type de réglage dans le cas ou :

$$q < Q_p.$$

q : débit appelé par la pompe ;

Q_p : débit du point de fonctionnement (intersection de la courbe de la pompe et la courbe du réseau ou conduite) ;

Pour calculer le nouveau diamètre on utilise les lois de similitude :

$$\frac{Q}{q} = \lambda^2 \left\{ \begin{array}{l} \dots\dots\dots (1) \rightarrow \\ \dots\dots\dots (2) \rightarrow \end{array} \right.$$

de (1) et (2) on aura : $H = \frac{h}{q}.Q$

C'est une d'une droite de la forme :

En outre

$$H = a.Q$$

$$\frac{Q}{q} = \left[\frac{D}{d} \right]^2 \Rightarrow d = D \cdot \sqrt{\frac{q}{Q}}$$

q : débit appelé par la pompe (m³/s) ;

Q_p : débit du point de fonctionnement (m³/s) ;

D : diamètre de la roue à rogner (mm);

d : diamètre de la roue après rognage (mm) ;

Avec $\left\{ \begin{array}{l} \left[\frac{D}{d} \right]^2 = \frac{1}{m^2} ; \\ R \% = (1-m).100 \end{array} \right.$

m : coefficient de rognage

R%<15, c'est bon ; sinon il faut opter pour une autre solution.

I.6.2.REGLAGE QUALITATIF

C'est la variation de la vitesse de rotation, consiste à diminuer le nombre de tours de la pompe, ce type de réglage est utilisé pour les deux cas (pour q<Q_p et q>Q_p) et pour calculer la nouvelle vitesse de rotation on utilise les lois de similitude pour :

$$\frac{Q}{q} = \lambda \left\{ \begin{array}{l} \dots\dots\dots (1) \rightarrow \\ \dots\dots\dots (2) \rightarrow \end{array} \right.$$

De (1) et (2) on aura : $H = \frac{h}{q^2}.Q^2$

La courbe de proportionnalité :

En outre

$$H = A.Q^2$$

$$\left[\frac{H}{h} \right] = \left[\frac{N}{n} \right]^2 \Rightarrow n = N \cdot \sqrt{\frac{h}{H}}$$

N : vitesses de rotation initiale de la pompe (tr/min) ;

n : vitesse de rotation après réglage (tr/min) ;

I.6.3. REGLAGE QUANTITATIF (VANNAGE)

Le vannage, est la fermeture progressive de la vanne, donc l'ajout des pertes de charge singulières supplémentaires qui vont augmenter la courbe caractéristique du réseau, ce type de réglage est utilisé pour le cas où $q > Q_p$.

Le rendement de l'installation va chuter, et on peut calculer le nouveau rendement comme suite :

$$\eta_{\text{inst}} = \frac{P_u}{P_{\text{eff}}} \quad (\%)$$

Avec

H_{inst} : rendement de l'installation après vannage (%) ;

P_u : puissance utile = $\varpi \cdot Q_d \cdot H_d$ (kw) ;

Avec

ϖ : poids volumique de l'eau (kg/m^3) ;

Q_d : débit demandé (m^3/s) ;

H_d : hauteur d'élévation demandée (m) ;

P_{eff} : puissance effective (kw)

$$P_{\text{eff}} = \frac{\varpi \cdot Q_m \cdot (H_d - h_v)}{\eta_m}$$

h_v : Différence entre la hauteur d'élévation après vannage et l'HMT.

$h_v = H - h$ (m) ; Donc on aura

$$\eta_{\text{inst}} (\text{après vannage}) = \eta_{\text{inst}} \frac{h}{h + h_v}$$

I.7. ADAPTATION DES POMPAGES AUX DEBITS ET PRESSIONS VARIABLES

Il faut adapter les pompes aux conditions hydrauliques variables pour que son rendement reste toujours meilleur. Il faut protéger la station de pompage en particulier contre les variations brusques et importantes de pression qui peuvent détériorer le dispositif de pompage. Si la pompe travaille dans des conditions constantes, la station est parfaitement adoptée aux besoins.

Dans le cas contraire une adaptation de la station de pompage est nécessaire. Il faut réaliser par exemple :

L'arrêt de pompage lorsque le niveau d'aspiration s'abaisse anormalement

L'arrêt de pompage lorsque le réservoir situé à l'aval est plein (adaptation du pompage aux variations du débit ou la vitesse)

Le reprise du pompage dès que les conditions d'aspiration redeviennent normales ou surtout que le niveau dans le réservoir s'abaisse au-dessous d'un certain niveau.

II. STATIONS DE POMPAGES

Cette partie permet de faire le dimensionnement et le choix des équipements de la station de pompage, que ce soit les pompes, les moteurs, les équipements auxiliaires.

II.1. EXIGENCES PRINCIPALES SOUMISES A LA STATION DE POMPAGE

Tous projet de station de pompage doit tenir compte des recommandations suivantes :

- Diminution possible du coût de génie civil.
- Organisation de l'exécution des travaux en phases.
- Détermination du nombre de stations après des calculs technico- économique.
- Utilisation des matériaux de conception rente.
- Normalisation des solutions techniques.
- Utilisation des projets-types.
- Il faut éviter les zones inondables.

II.2. CHOIX DE L'EMPLACEMENT DE LA STATION DE POMPAGE

- ✓ L'emplacement de la station et les ouvrages doit assurer les conditions de fonctionnement les plus adéquates avec le minimum possible de surface occupée.
- ✓ Assurant l'accès des voitures, des engins, des pompiers, à tout le bâtiment et à tout ouvrage.
- ✓ les conditions d'exploitation de la station tiennent compte de la fluctuation du niveau d'eau dans la retenue.
- ✓ elle dépend du relief d'accès de l'alimentation en énergie électrique ; des conditions géologiques.

II.3. EQUIPEMENTS HYDRAULIQUE DE LA STATION DE POMPAGES

II.3.1 ÉQUIPEMENT EN AMONT DE LA POMPE

L'aspiration de notre pompe de la station se fait dans une bache d'aspiration au l'eau à élever et stockée dans une bache.

Grilles : ces dispositif ne sont utilisés que pour les eaux brutes afin d'éviter l'entrée des corps solides dans la pompe.

Crépine : elle évite l'entrée accidentelle des corps solides dans la pompe, elle est constituée par un cylindre perfore qui refuge le passage à des objets nettement plus petits que la grille

Conduite d'aspiration sur la conduite d'aspiration, on évitera toute formation de poches d'air, d'où les parties horizontale comporteront une léger pente 2% montant en direction de la pompe, ceci permet l'évacuation permanente des bulles d'air, toute contre pente est à proscrire.

Clapet d'aspiration (clapet à crépine) : Le clapet anti-retour à l'arrêt de la pompe un retour d'eau, ce clapet permet de maintenir la colonne d'eau dans la conduite d'aspiration et le corps de la pompe évitant ainsi de recommencer trop souvent l'amorçage.

Joints : la conduites d'aspiration est en dépression, alors une attention particulière sera donnée aux joints afin de supprimer toutes possibilités d'entrée l'air, dans ce cas on préférera les souder aux joints à emboîtement et aux joints à manchon filetés, pour un raccordement sur les appareils ; clapet, vanne, pompe, on utilisera les joints à brides.

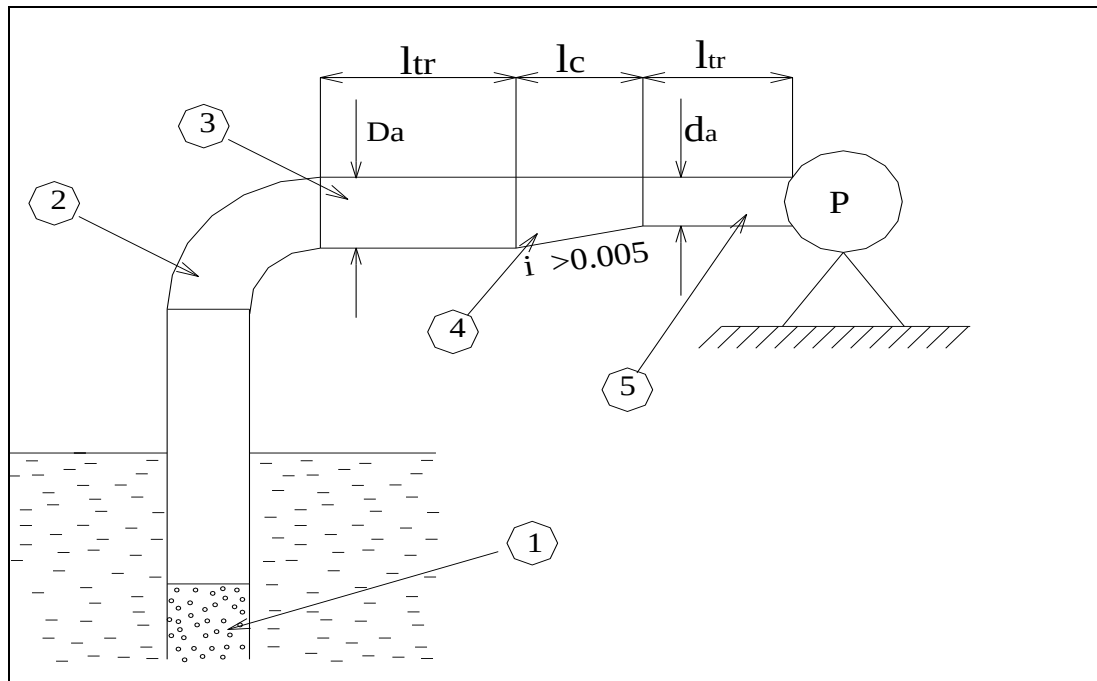
Coudes : les coudes seront le moins nombreux, et à grande courbure. On évitera de monter un coude juste en amont de la bride d'aspiration.

Convergent d'aspiration : la conduite d'aspiration est raccordée à la pompe par un convergent ce qui permet d'avoir accélération progressive de l'écoulement, favorisant la bonne répartition des vitesses, dans le but d'éviter toute formation de poche d'air, on place horizontalement la génératrice supérieure de notre convergent.

Tubulure d'aspiration : pour le raccordement entre la pompe et la conduite d'aspiration, le diamètre de cette tubulure est inférieur à celle de la conduite d'aspiration tel que $D_a = 1.2d_a$ (3)

La ventouse

Elle a pour but d'évacuer l'air que contient la conduite



1- Clapet de pied crépine 2- Coude 3- Tronçon : pour stabiliser les vains liquides 4- Convergeant 5- Tronçon

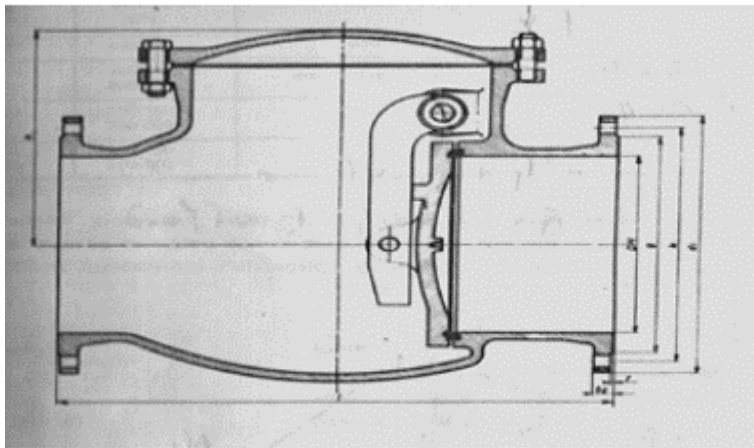
Figure II.1. Équipement en amont de la pompe

II.3.2 EQUIPEMENT EN AVANT DE LA POMPE

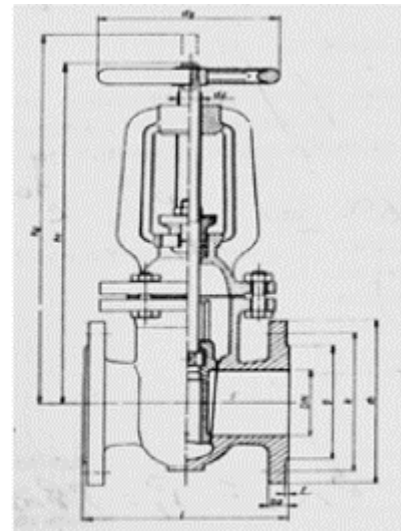
Divergent : à la sortie de la pompe, il est évident que la vitesse de l'eau est très grande dans les conduites de refoulement, il est nécessaire de ralentir cette vitesse pour la maintenir dans une plage admissible

Clapet de refoulement : à la sortie de la pompe, il pourra être placé un clapet dont le rôle sera d'empêcher l'inversion du débit d'eau lors de l'arrêt de la pompe, les clapets les plus utilisées sont les clapets à battant, ils sont installés sur la conduites horizontales.

Vanne de refoulement : la vanne de refoulement est placée à la sortie de la pompe et le clapet anti-retour, peut avoir plusieurs rôles. La vanne permettra tout d'abord d'isoler la pompe lors des entretiens et des démontages, la vanne peut intervenir également lors de la mise en marche et de l'arrêt de la pompe dans le cas de pompes centrifuges (notre cas), la manœuvre progressive de la vanne de refoulement permettra par ailleurs ; lors du démarrage et de l'arrêt de groupe, de limiter les coups de bélier due aux variations brusques de la vitesse de l'eau dans la conduite de refoulement.



Clapet anti-retour



Robinet vanne

Figure II.2. Clapet et vanne

Joint de démontage : les joints de démontage ont pour but de faciliter le montage et le démontage des pièces, de robinetterie, pour le montage, il y a lieu de prendre en considération qu'un déplacement du guidage lors du service n'est pas possible à cause du serrage des écrous de fixation.

Conduit de refoulement : elle sert à véhiculer l'eau entre la pompe et le collecteur de refoulement,

Tubulure de refoulement : c'est une bouche pour l'évacuation de l'eau vers la conduite de refoulement, pour l'emplacement de conduite de refoulement, le diamètre est déterminé d'après le catalogue

Conduite de vidange : elle existe le long de conduite de refoulement, elle sert à évacuer les eaux qui restent dans le collecteur de refoulement en cas de l'arrêt de la pompe, le diamètre de cette conduite est donné par la formule suivante : $d_v = 0,25.D_r \dots (3)$

Collecteur de refoulement : il sert à véhiculer l'eau vers les points de refoulement, le diamètre de collecteur est déterminé après des études technico-économique

Le By-pass : un by-pass est placé entre l'aspiration et le refoulement de la pompe, il est muni d'un clapet fermé lorsque la pompe fonctionne normalement, au moment d'un arrêt brusque de la pompe, la dépression dans la conduite provoque l'ouverture du clapet et se trouve aussi limitée à la pression H_a existant à l'aspiration. Le clapet interdit par contre le retour d'eau.

Soupape de décharge : cet équipement est destiné à limiter la surpression

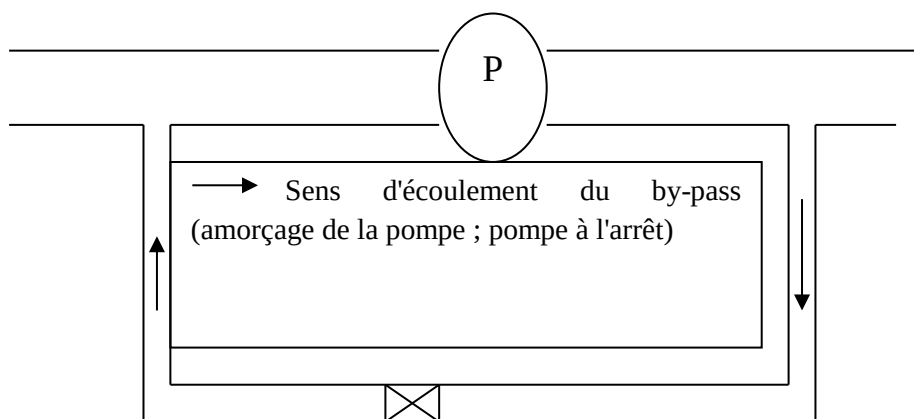


Figure II.3. Schéma d'un By-pass

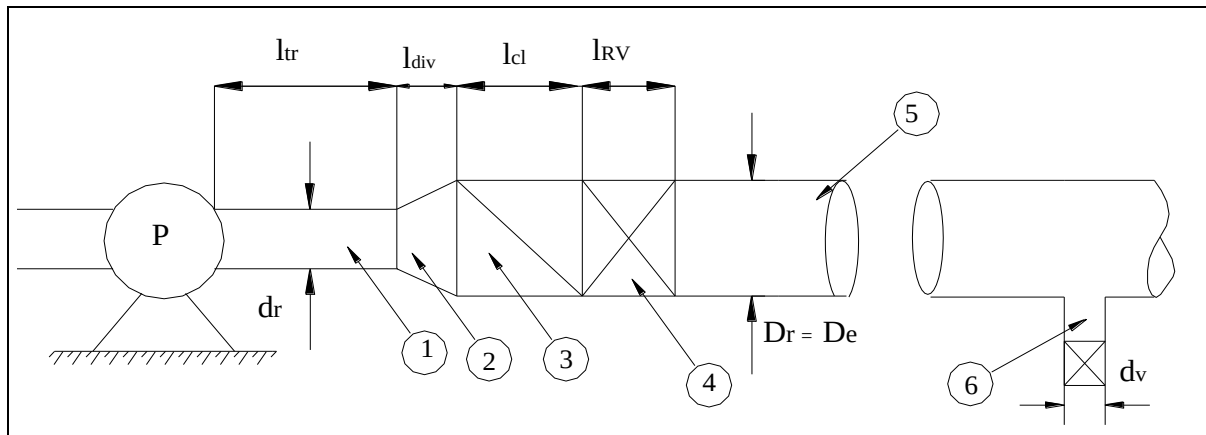


Figure II.4. Équipements en aval de la pompe

- 1- Tronçon
- 2- Divergeant
- 3- Clapet anti-retour
- 4- Robinet vanne de réglage
- 5- Conduite de refoulement en charge
- 6- Conduite de vidange ou de prélèvement

II.3.3. LES EQUIPEMENTS AUXILIAIRES HYDRO-ENERGETIQUE

En trouver souvent dans les stations de pompage des équipements électriques en haute tension et basse tension.

Matériel haute tension :

Transfos de puissance différents

Matériel basse tension

Disjoncteurs
 Contacteurs
 Relais auxiliaire
 Relais temporise
 Gestion d'énergie
 Relais de surveillance
 Totalisateur électromécanique
 Parafoudre
 Mesure de niveau
 Commutateur
 Batterie power fit
 Condensateurs
 Transfos
 Bloc de sécurité
 Auxiliaires de commande et de signalisation
 Convertisseur de signal
 Alimentation sitop

II.3.4. LES EQUIPEMENTS AUXILIAIRES

II.3.4.1. CIRCUIT DE VIDE

Dans le cas d'un refoulement en dépression les pompes centrifuges doivent être amorcées avant leurs mises en marche pour les installations, on fait appeler à pompes à vide, injectrices, réservoir d'amorçage, conduite d'aspiration dont la perte est négligeable.

Pour les stations équipées de plusieurs pompes fonctionnent en parallèle on peut utiliser l'auto amorçage

Le débit d'air à extraire de la canalisation d'aspiration par une pompe à vide sera déterminé par

$$Q = \frac{H_a \cdot W \cdot K}{T(H_a + h_a)} \quad (\text{m}^3/\text{min})$$

Ou : H_a pression atmosphérique 10,3 m

W : volume d'air à extraire renfermé dans la canalisation et la pompe elle-même (m^3)

K : coefficient de réserve (1,05 – 1,1)

T : temps de dégazage (7 – 10) min

h_a : hauteur géométrique d'aspiration

$W = S \cdot L$ ou : S sections de la conduite d'aspiration

L : longueur de la conduite d'aspiration

II.3.4.2. SYSTEM ANTI-INCENDIE

Les moyens destinés à lutter contre l'incendie qui pourrait survenir dans un bâtiment dépendent de sa superficie et son importance généralement sont les extincteurs, les sacs à sable, les pompes d'incendie.

Les pompes d'incendie de préférence sont deux dont une de secours ; la commande se fait manuellement et doit être installée en charge s'il est possible afin que la mise en marche soit facile et rapide.

La charge de la pompe d'incendie est déterminée en fonction de la hauteur du bâtiment

$$H_{\text{Pinc}} = H + H_b + h_p$$

Ou : H : la hauteur du bâtiment.

H_b : pression au niveau de la bouche d'incendie.

h_p : pertes de charge (1-2) m.

II.3.4.3. DISPOSITIF DE LEVAGE

Les dispositifs de levage doivent être prévus dans le bâtiment afin de permettre de surélever et de transporter les groupes de pompage tel que pompes, vannes, moteurs, ... etc. sur la plateforme de démontage, le choix du dispositif se fait en fonction des pièces lourdes à déplacer et des dimensions du bâtiment.

II.3.4.4. SYSTEME DE DRAINAGE ET D'ASSECHEMENT

L'évacuation d'une eau dans les stations de pompage peut se faire en utilisant les pompes auto-amorçantes ou celles immergées, des fois on peut faire appel aux pompes portatives.

Le système d'équipement comprend : puisard, conduite de rejet et de refoulement, pompes, robinetteries, appareillage de contrôle.

Pour les stations qui auront le système séparé, ou la chambre d'aspiration aura lieu la vidange des conduites d'amenée seront asséchées par les pompes d'assèchement.

Pour l'évacuation des eaux de surface, on prévoit une légère pente qui sert à ramener l'eau vers une rigole ensuite vers l'oued.

II.3.4.5. RESERVOIR ANTI-BELIER

Le réservoir d'air anti-bélier a plusieurs appellations : Douche à air, ballon d'air, réservoir d'air ; le réservoir d'air est placé à l'approximatif de la pompe lors de l'arrêt de la pompe le débit dans la conduite diminue brusquement il est remplacé partiellement par celui d'un ballon d'air et pendant la surpression le ballon d'air se remplira d'eau et diminuera cette surpression.

Le réservoir anti-bélier est placé suivant un dispositif qui facilite la sortie de l'eau vers la conduite lors de la dépression et qui favorise les pertes de charges lors de la surpression.

Figure II.5. Réservoir d'Air



Plusieurs chercheurs (COMBES et BOROT, PUECH et MENIER, GAULET, VIBERT...) ont établi des abaques qui permettent une approche conservant le dimensionnement du réservoir d'air.

II.4. DIMENSIONNEMENT DE LA STATION DE POMPAGE

II.4.1. BATIMENT DE LA STATION DE POMPAGE

II.4.1.1. INTRODUCTION

Toutes les stations de pompage peuvent être divisées en deux groupes :

- Station de pompage flottante.
- Station de pompage stationnaire.

Le bâtiment de la station de pompage se construira pour abriter l'ensemble des installations suivantes :

- équipement hydraulique, hydromécaniques principaux et auxiliaires.
- appareillage électrique.
- locaux de personnel, etc.

II.4.2. TYPE DE BATIMENT

Le type de bâtiment choisi devra en premier lieu satisfaire aux facteurs suivants :

- Modes de raccordement des bâtiments à la prise d'eau
- But de la station de pompage (AEP, Irrigation)
- Type des pompes et des moteurs (à axe horizontal, vertical)
- Condition de la nature (climat, relief, géologie, hydrogéologie...)
- Matériau de construction du bâtiment.

Paramètres	Type de bâtiments de la station			
	Bloc	Bâche sèche	Bâche mouillée	surface
$Q_{\max}$ (m ³ /s)	> 2	< 2	< 6	< 1,5
Type de pompe	Axiale verticale	Centrifuge	Axiale, centrifuge, verticale	Centrifuge
H_{adm} (m)	Négatif	N'importe	négatif	positif
Variation des plans d'eau	N'importe	N'importe	N'importe	< H_{adm}

Tableau II.1. Type du bâtiment de la station

II.4.3. PARTICULARITE DE LA CONSTRUCTION DU BATIMENT DE LA STATION DE POMPAGE**II.4.3.1. PARTIE SOUTERRAINE DU BATIMENT**

On tiendra compte des recommandations ci –après

- Le volume de cette partie doit être le plus faible que possible
- Elle est projetée en béton arme monolithe ou préfabriqué, même construit de brique ; ou de dalles préfabriquées

Il est interdit d'accroître l'encroûtement de cette partie afin de placer la partie surélevée dont la surface serait plus grande

- La stabilité de la station doit être assurée par des moyens dont le coût est relativement faible par exemple l'utilisation de la fondation inclinée. Le remplissage de sol lui-même de l'intérieur du bâtiment il n'est jamais souhaitable de faire appel au surdimensionnement de la partie souterraine.

II.4.3.2. PLATE FORME DE MONTAGE

Elle servira à la réparation des groupes ou au décernement de ceux des camions. Elle fera disposée au fond de la salle des machines ou se trouve l'accès de la station la plateforme de montage tant aux bâtiments de surface qu'à ceux de type bâche sera disposée au niveau de surface de sol.

II.4.3. 3.DIMENSIONNEMENT DU BATIMENT

Pour le dimensionnement du bâtiment on opte pour une forme géométrique rectangulaire afin que le calcul des dimensions des différents dispositifs sera plus simple à déterminer.

II.4.3.4. TRAVEE DU BATIMENT

La travée du bâtiment pourra être trouvée en faisant la somme des longueurs des équipements suivants :

Vanne, clapet anti-retour, convergent, divergent, pompe

$$L = 2S + l_1 + l_2 + l_3 + l_4 + l_5 + l_6 + l_7 + l_8 + l_9$$

Ou S : distance du raccordement des murs porteurs à l'axe longitudinal du bâtiment $S \geq 100$ mm,.

l_1 : longueur du convergent ;

l_2 : longueur du raccord à bride d'aspiration (joint de démontage) ;

$l_3 + l_4$: longueur de la tubulure d'aspiration et de refoulement ;

l_6 : longueur du clapet de refoulement ;

l_7 : longueur du joint de démontage de refoulement ;

l_8 : longueur de la vanne de refoulement ;

l_9 : distance minimale entre la bride et le mur.

II.4.3.5. HAUTEUR DU BATIMENT

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5$$

h_1 : distance entre la plancher et la partie inférieure d'un élément à porter plus une réserve de (500 à 700) mm

h_2 : hauteur d'un élément à déplacer ;

$h_3 + h_4$: hauteur du seuil électrique suspendu 1800 mm avec la hauteur du double T

h_5 : distance entre la génératrice supérieure du double T et la porte sur laquelle repose les dalles de recouvrement du toit.

II.4.3.6. LONGUEUR DE LA SALLE DES MACHINES

$$B = b_1 + n(b_2 + b_3 + b_4) + b_5 + (n-1).b_6$$

D'où b_1 : longueur de la plateforme de démontage déterminé en partant de l'emplacement à réparer en partant de la possibilité d'axer de l'engin à l'intérieur.

$$B_1 = b_7 + b_8 + b_9$$

b_2 et b_3 : longueur de la pompe ;

b_4 : longueur du moteur ;

n : nombre de groupes ;

b_5 : distance admissible entre un groupe et le mur ;

b_6 : distance entre deux groupes ;

b_7 : distance minimale entre un groupe et la moyen de transport ;

$b_7 = 500$ à 700 mm ;

b_8 : distance entre le mur et l'extrémité de la zone desservie par le pont roulant ;

b_9 : demi largeur du chariot du pont roulant ;

b_{10} : distance entre le bord du camion et le centre de la mise en place d'un équipement ;

II.4.3.7. DIMENSION DES LOCAUX DE SERVICE

Elles sont déterminées selon l'importance de la station.

II.4.4. RESERVOIR DE REGULATION

II.4.4.1. INTRODUCTION

Comme nous le savons un réservoir est un lieu aménagé pour y contenir un fluide ; c'est-à-dire un ouvrage hydrotechnique de stockage qui présente en générale deux fonctions principales :

- assurer la sécurité de la distribution en cas d'arrêt de la pompe
- assurer une régularisation entre le débit d'apport (d'entrée) et le débit de consommation (sortie)

Notre station débitant sur un réservoir a surface libre là il s'agit de démarrer et d'arrêter les pompes suivant les niveaux disposés dans ce réservoir.

Le niveau haut commande le déclenchement, le niveau bas l'enclenchement qui est échelonnés de manière à déterminer automatiquement pour chaque débit appelée le nombre de groupe de base (fonctionnement continu)

II.4.4.2.DIMENSIONNEMENT DU RESERVOIR

Le volume total du réservoir dit réservoir de régulation est composé de :

Volume de sécurité.

Volume de régulation.

$$V_t = V_{reg} + V_{sec}$$

V_{reg} : Le volume de régulation à prévoir entre les niveaux associés sera calculé de façon à limiter le nombre de démarrage des groupes à une fréquence compatible avec le type de matériel choisi

V_{sec} : volume de sécurité est correspondre à deux heures de pointe destinée à limiter les dégâts en cas de panne de la station de pompage.

II.4.5.CALCUL DU DEBIT DE POMPAGE

Pour déterminer la pompe voulue, on doit se référer en principe au hydro module mensuel de la demande. Donc, on envisage une autre procédure, en tout cas, le nombre de pompes dans la station doit être le plus faible possible afin que les dimensions du bâtiment de la station soient plus réduites et plus raisonnables à construire.

Calcul du débit force :

Le débit forcé est calculé comme suit

$$Q_f = Q_{equi} + \frac{W}{T}$$

Q_f : Débit force

Q_{equi} : Débit d'équipement

W : volume maximal annuel

T : le temps

Calcul du débit d'équipement

Le débit d'équipement est donné par la relation suivante :

$$Q_{EQUI} = a \cdot \frac{\sum Q_i \cdot T_i}{\sum T_i} \quad a = [1,04 \div 1,08]$$

Pour la vérification on doit calculer le rapport

$$X = \frac{Q_F}{Q_{eq}}$$

Tel que $X \in (1,1 \div 1,2)$

II.4.6. CHOIX DES POMPES

Les pompes doivent satisfaire les conditions suivantes :

Assurer le débit calculé et la hauteur manométrique calculée

Le rendement est meilleur η_{max}

Un poids faible, une anti-corrosion, non encombrement.

Assurer une capacité d'aspiration forte.

Une vitesse de rotation importante.

Anti- cavitation.

Exploitation simple.

Répandre à la construction économique du bâtiment

II.4.7. CHOIX DU NOMBRE DE POMPE

La station de pompage doit être équipée d'un nombre suffisant de pompes assurant le débit forcé

$$N = n p + 1$$

N : nombre de pompes installées

p : nombre de pompe choisis

Le nombre de pompes nécessaire, déterminé de la façon suivante :

On varié le type de catégorie de la station de pompage jusqu'à obtenir le nombre qui assure le débit forcé exacte

Le chiffre 1 veut dire qu'on a une pompe de secours installée. Ce nombre varie suivant le nombre de pompes, pour un nombre inférieur à 4 comme dans notre cas le nombre de pompes de secoure est égale à 1.

II.4.8. CHOIX DU MOTEUR ELECTRIQUE

En faisant choisi le moteur d'après le catalogue, en tiendra compte des paramètres suivants :

- ✓ La puissance de la pompe (sur l'arbre du moteur)
- ✓ Disposition de l'arbre de transmission
- ✓ Vitesse de rotation de la pompe
- ✓ Tension d'alimentation du moteur
- ✓ Type du moteur
- ✓ Risque provenant du moteur et les équipements.
- ✓ La puissance absorbe par la pompe
- ✓ La puissance absorbe par la pompe est déterminé par :

$$P = \frac{1000.Q_C.H_C.K}{102.\eta_P.\eta_{Tr}}$$

Cette puissance que doit développer le moteur d'entraînement doit être en principe égale à celle absorbée par la pompe.

La puissance à vitesse constante, varie avec le débit et la hauteur calculée et avec l'état d'usure de la machine

Q_C : Débit calculé en (m³/s)

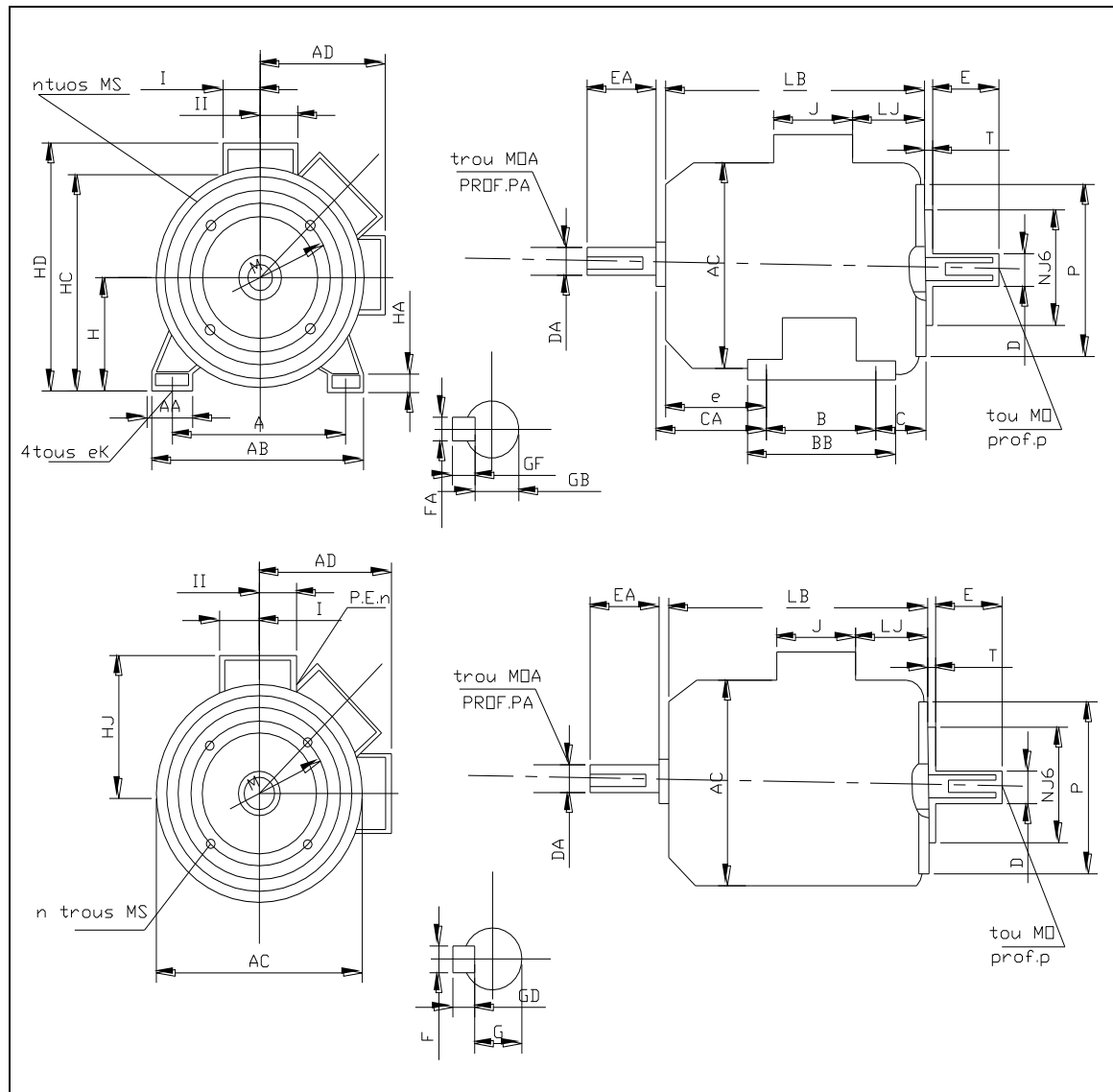
H_C : hauteur manométrique total (m)

η_P : Rendement de la pompe

η_{tr} : Rendement de transmission.

K_r : coefficient ou réserve dépend de la puissance

Si $P > 200 \text{ KW}$ $K_r = (1 \div 1.05)$



A	AB	B	BB	C	X	AA	K	HA
610	760	500	800	254	44	125	28	32

e	H	QC	HD	LB	LJ	J	I	II	CA
750	355	798	.	1490	.	.	.	.	743

Figure II.6. Dimensions du moteur

II.4.9. CALAGE DE LA POMPE

Pour que la pompe ne cavité pas, elle doit être place à une hauteur d'aspiration admissible dans notre cas l'aspiration est en dépression

$$(NPSH)_d = \left(\frac{p_{at}}{\gamma} - \frac{p_v}{\gamma} \right) \left(ha + \sum hp_{asp} + \frac{v^2}{2g} \right)$$

II.4.10. CANALISATION D'ASPIRATION ET DE REFOULEMENT**II.4.10.1. DETERMINATION DU NOMBRE DE CANALISATION D'ASPIRATION**

Avant la projection des conduites d'aspiration il faut tenir compte des critères suivants :

- le nombre de conduites d'aspiration doit être égale à celui du nombre de pompes, quand le nombre de pompes excède 5, dans ce cas, et afin de diminuer les dimensions de la canalisation d'aval et en même temps le prix de revient de la station de pompage ; on projette un collecteur d'aspiration, alors le nombre de conduites d'aspiration est égale à celui des pompes.
- La longueur de la conduite d'aspiration doit être la plus courte que possible et inférieur ou égale à 50 m. pour des raisons économique.
- Pour les canalisations en acier, les plus utilisées, tous les joints de conduites se trouvant à l'extérieur de la station doivent être soudés et ceux à l'intérieur aussi soudés aux brides.

II.4.10.2. DIAMETRE DE CONDUITES D'ASPIRATION

Le diamètre de la conduite d'aspiration dépend des vitesses admissibles de l'eau :

$$V_a = (0,7 \div 1,0) \text{ m} \Rightarrow D_a \leq 250 \text{ mm}$$

$$V_a = (1,0 \div 1,5) \text{ m} \Rightarrow 150 \leq D_a \leq 800 \text{ mm}$$

$$V_a = (1,5 \div 2,5) \text{ m} \Rightarrow D_a \geq 800 \text{ mm}$$

Le choix de matériaux de la conduite d'aspiration est l'acier du fait qu'il supporte une pression plus élevée, et leur disponibilité sur le marché.

Comme le diamètre de la canalisation est supérieur à celui de l'orifice d'entrée dans la pompe, on est obligé de placer un convergent, sa longueur est déterminée

Par la relation ci-après :

$$L_c = (3,5 \div 4)(D_a - d_a) \text{ mm}$$

D_a : diamètre de la conduite d'aspiration.

d_a : diamètre de la tubulure d'aspiration

Les conduites en acier peuvent être soit enterrées, soit aériennes, si l'on construit au dessus de niveau du sol (aériennes), on est obligé de garder la différence entre celle-ci et la génératrice inférieure de la conduite dans les normes suivantes :

$$H = 0,3 \text{ m} \text{ si } D_a \leq 0,5 \text{ m}$$

$$H = 1 \text{ m} \text{ si } D_a \leq 1 \text{ m}$$

II.4.10.3. CANALISATION DE REFOULEMENT

Elles servent à véhiculer l'eau à partir de la station jusqu'au collecteur de refoulement.

Comme le diamètre à la sortie de la pompe est inférieur à celui de la conduite de refoulement, donc, on prévoit un diverge de longueur : l_d

$$l_d = (3 \div 5)(D_r - d_r)$$

D_r : diamètre de la conduite de refoulement.

d_r : diamètre de la tubulure de refoulement.

Les vitesses de circulation de l'eau dans la conduite de refoulement dépendent du diamètre à adopter :

$$V_a = (1 \div 1,5) \text{ m/s} \Rightarrow \Phi \geq 250 \text{ mm}$$

$$V_a = (1,5 \div 2) \text{ m/s} \Rightarrow 300 \leq \Phi \leq 800 \text{ mm}$$

$$V_a = (2.0 \div 3.0) \text{ m/s} \Rightarrow \Phi \geq 800 \text{ mm}$$

II.4.11. OPTIMISATION DU DIAMETRE ECONOMIQUE

Les conduites en charges sont destinées à transporter l'eau à partir de la station de pompage jusqu'au lieu d'utilisation de celle-ci. le prix de conduites dépassent souvent celui de la station de pompage, c'est pourquoi les éléments de la construction des conduites de refoulement doivent être déterminés à l'aide des calculs technico-économiques.

II.4.11. 1. NOMBRE DE COLLECTEURS

Le nombre de collecteurs est déterminés en fonction de deux facteurs

- La longueur du tracé.
- Le nombre de pompes.

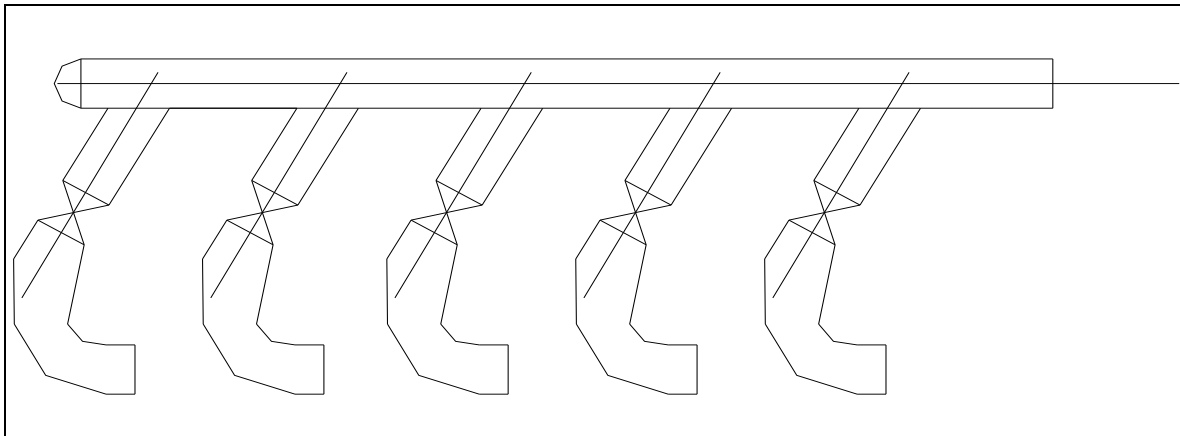


Figure II.6. Schéma du raccordement

II.4.11.2. CALCUL DU DIAMETRE ECONOMIQUE

Le calcul du diamètre économique du tracé d'adduction basé une étude technico-économique puisque la conduite de refoulement et la station de pompage sont liées.

En effet, plus le diamètre du collecteur est petit pour un même débit à relever, plus le moteur d'entraînement devra être puissant, donc plus l'énergie dépensée sera importante.

Ce calcul se fait à une optimisation entre :

- Les frais d'amortissement de la conduite, qui croissent avec le diamètre.
- Et les frais d'exploitation de la station de pompage qui décroît quand le diamètre augmente, par suite de diminution des pertes de charges.

Les paramètres essentiels qui interviennent dans la détermination de ce diamètre économique sont :

- Le débit du collecteur de refoulement, leur nombre et leur matériau.
- Les pertes de charges du mètre linéaire de la conduite de refoulement.
- Graphique de la demande en eau.
- Schéma de raccordement des pompes au collecteur en charge.
- Prix de mètre linéaire de la conduite posée.
- Type d'énergie et son prix.
- Rendement de la station de pompage.

II.4.12. CALCUL DU RENDEMENT DE LA STATION DE POMPAGE

Le rendement de la station de pompage est déterminé comme suit :

$$\eta_{sp} = \eta_p \times \eta_m \times \eta_{tr} \times \eta_{rés}$$

avec

η_p : rendement de la pompe choisie égale à 77%.

η_m : rendement du moteur électrique qui est égale à 95%.

η_{tr} : rendement du transmission qui est égale à 1.

$\eta_{rés}$: rendement du réseau électrique qui est égale à (97à99)%.

II.4.13. CHOIX DE TYPE DE COLLECTEUR

Le choix du type de collecteur est basé sur des critères technico-économiques à savoir :

- Le diamètre
- La pression de service
- Les conditions de pose

Et sur les critères économiques à savoir :

- Le prix.
- La fourniture.
- Le transport.

Pour la détermination des colleteurs en charge (refoulement), cela dépend essentiellement de son diamètre économique et pour cette raison qu'on serait obligés d'envisager plusieurs variantes de conduites avec différents diamètres.

Pour comparer les différentes variantes on utilise l'expression suivante :

$$K_{ri} = K_i + T_{int} \cdot C_i$$

K_{ri} : dépense de charges annuelles réduites (DA)

K_i : prix d'investissement de la pose de conduite d'un mètre linéaire posé.

T_{int} : taux d'intérêt en hydraulique (10-12.5) %

C_i : charge annuel d'exploitation et d'amortissement (DA)

$$D'où : C_i = P \times E_i + a \times K_i$$

P : prix d'un KW heure

E_i : valeur des pertes d'énergie électrique annuelle due à la perte de charge dans la conduite de refoulement pour un diamètre donné.

a : taux de l'amortissement du capital investie 3 % plus les dépenses d'entretien 1.7 % égal à 4.7 %

$$a = 3 + 1,7 = 4,7 \%$$

$$E_i = \frac{\gamma \times q_c \times h_p \times T \times t}{102 \times \eta_{sp}}$$

γ : Densité de l'eau 1000Kg/m³

q_c : débit moyen de l'installation.

h_p : Pertes de charges dans la conduite de refoulement tel que :

$$h_p = h_p^{lin} + h_p^{sin} = (1.05 \div 1.15) h_{pi}^{lin}$$

T : nombre de jour de fonctionnement de la station de pompage selon le graphique de pompage (donné) égal à 245 jours.

t : nombre d'heures de fonctionnement de la station de pompage (12 heures)

II.5. CONCLUSION

Ce travail a été effectué dans le but de donner une idée sur les pompes et les stations de pompage

La connaissance de la plage de bon fonctionnement d'une pompe nous conduit à une bonne installation qui nous permette d'avoir un meilleur rendement de la pompe, et à augmenter sa durée de vie.

Mais ce travail ne constitue en aucun cas un document de référence en matière de dimensionnement, d'autres notes de calcul peuvent être trouvées dans d'autres sources bibliographiques,

En fin, nous veillerons à apporter des améliorations continues à ce thème et l'enrichir à chaque fois de plus en plus par de nouvelles méthodes, pour aboutir à un document qui servira de base en matière de dimensionnement des stations de pompages et constituera un outil ô combien important pour notre établissement qui sera confronté de plus en plus au suivi et au contrôle des projets d'étude et réalisation.

Fiche Technique

Désignation	Unité	Quantité	Destination
<u>Prise d'eau</u> Volume "V"	m ³		destiné à
<u>Station de pompage en Aspiration</u> débit journalier "Q"	m ³ /j		Vers le
Quantité d'eau élevée par an V _{an}	m ³ /ans		Vers le bassin d'irrigation
Type de pompe Nombre de pompe np Débit d'une pompe Qp HMT Puissance absorbée P _{ab} Rendement de la pompe Rendement de la pompe Nombre de tours	U (m ³ /h) (m) KW % % Tr/min		Aspiration et refoulement de l'eau vers
Caractéristiques du réseau Longueur d'aspiration Longueur de refoulement Diamètre d'aspiration Diamètre de refoulement	ml ml mm mm		
Salle des machines : Débit (Q _p) Hauteur d'élévation (HMT) Rendement η% (NPSH) _r	m ³ /s m % m		-Endroit d'entretien et commandes, ainsi que le pompage des eaux vers le réservoir après l'aspiration du prise d'eau.
<u>Type de moteur</u> (asynchrone) Vitesse nominale (N) Rendement η% Puissance absorbée Tension Poids net	Tr/min % KW Volt Kg		-Faire tourner la roue de la pompe

Désignation	Unité	Quantité	Destination
<u>Equipements Auxiliaires</u> Pompes à vide (amorçage) Ventouses	U U		La protection
<u>Prix évalué</u> Devis estimatif			
<u>Equipement en amont et en aval</u> Clapet pied crépine Tulipe d'aspiration Coude Divergent Convergent Robinet vanne Clapet anti-retour Tronçon de conduite Manomètre Vacuomètre	U U U U U U U U U U		-Maintenir de colonne d'eau -Lieu d'aspiration -Déviation -Tranquillisé l'écoulement -Augmenté la vitesse d'entrée -Réglage et entretien -Maintenir la colonne de refoulement -Transport d'eau -Protection des pompes -Mesure des surpressions -Mesure des dépressions
Caractéristique du Réservoir (rectangulaire Cylindrique, enterré semi-enterré) Hauteur Capacité Conduite de vidange	m m ³ m		C'est le lieu de stockage des eaux et de traitement (désinfection)
Volume des travaux Terrassement ✓ Déblai ✓ Remblai Volumes du béton armé Volume du béton Enduite étanche (5mm) Peinture	m ³ m ³ m ³ m ³ m ² m ²		On détermine le volume des travaux pour connaître les matériaux nécessaires à la conception et connaître aussi le coût de tout le projet

RECHERCHES DES PANNES

Pour procéder à la recherche des pannes d'origine électrique, il faut un contrôleur universel, une lampe témoin et le schéma de câblage approprié.

L'alimentation électrique doit être coupée lors de la recherche des pannes, sauf pour les contrôles qui ne peuvent s'effectuer que sous tension

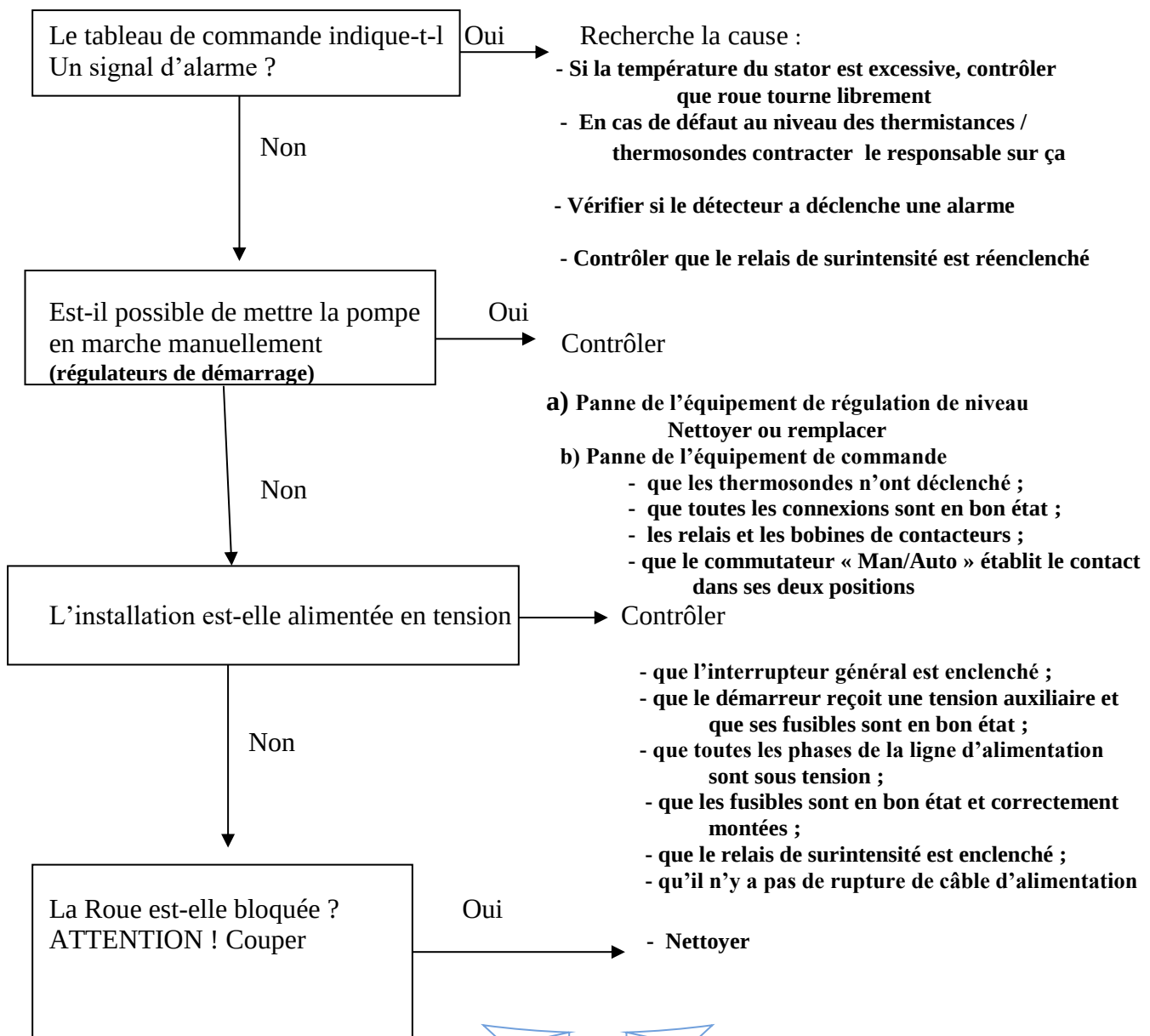
Avant de brancher la pompe, contrôler qu'il y a personne à proximité.

Pour faciliter la recherche, il est possible d'utiliser schéma ci-après, lequel part naturellement du principe que la pompe et l'installation fonctionnaient précédemment sans problème.

Les interventions sur l'équipement électrique doivent être effectuées par un électricien agréé

Respecter les réglementations locales en matière de sécurité et observer les précautions recommandées dans ce domaine.

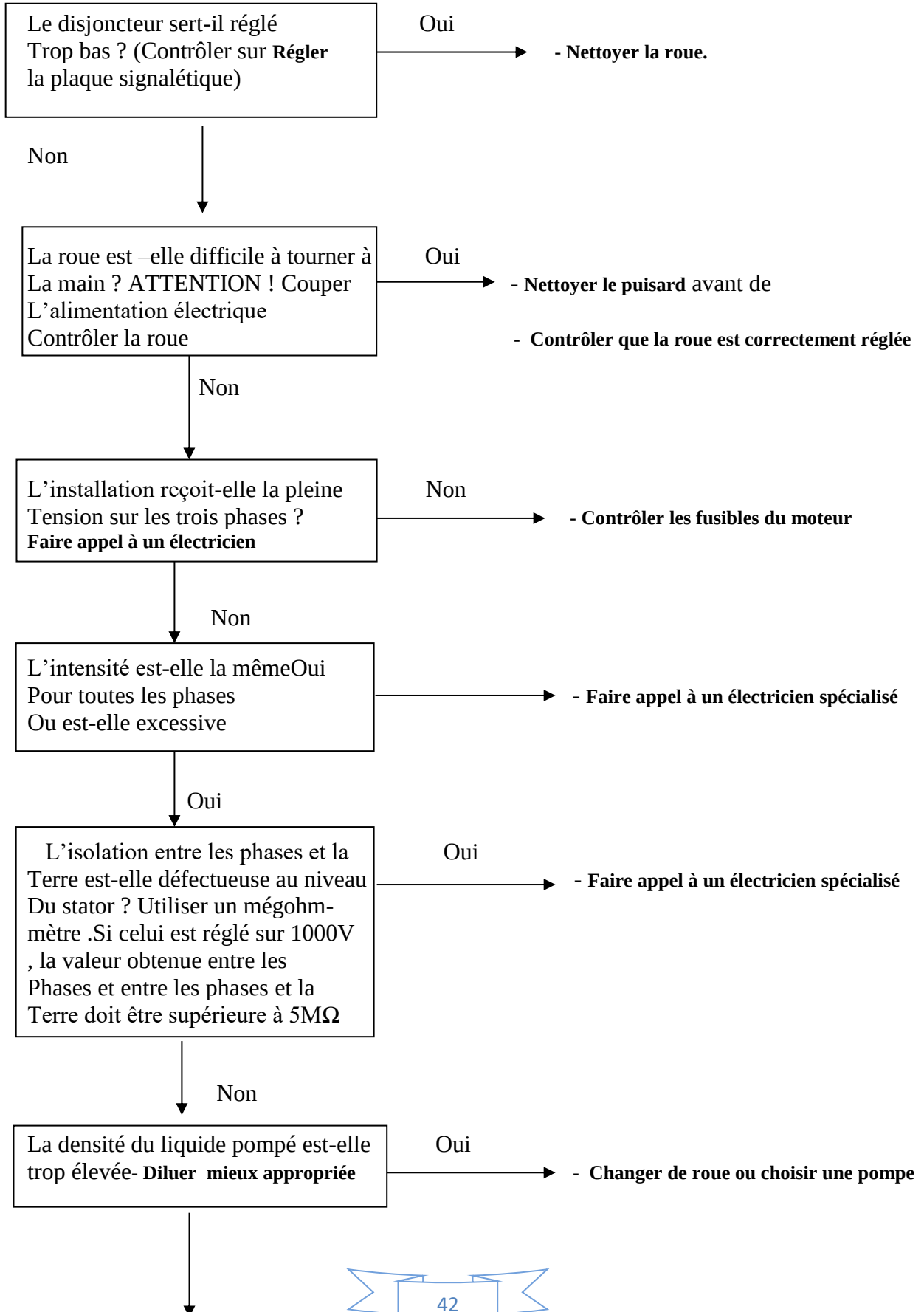
1 – LA POMPE NE DEMARRE PAS



L'alimentation électrique avant
De contrôler la roue

- Nettoyer le Puisard

2 – LA POMPE DEMARRE, MAIS LE DISJONCTEUR SE DECLENCHE



Non

Le relais de surintensité est-il défectueux ? - **Remplacer**

Oui

3. LA POMPE NE S'ARRETE PAS (LORSQU'ELLE EST EQUIPEE DE REGULATEURS DE NIVEAU)

Non

Contrôler

La pompe parvient-elle à vider le puisard jusqu'au niveau d'arrêt ? - **Qu'il n'y a pas de fuites dans les conduites et/ou au niveau du pied d'assise ;**

- Que la roue n'est pas bloquée ;

ATTENTION ! Couper l'alimentation électrique avant de contrôler la roue ;

Oui

- Le(s) clapet(s) anti retour ;

- Que les performances de la pompe sont suffisantes.

Panne de l'équipement de régulation de niveau ?

Oui

- Nettoyer les régulateurs de niveau

- Contrôler le fonctionnement des régulateur de niveau .

- Contrôler le contacteur et le circuit de commande.

Non

- Remplacer les éléments défectueux.

Le niveau d'arrêt est-il réglé trop bas ?

Oui

- Remonter le régulateur d'arrêt.

4. LA POMPE DEMARRE ET S'ARRETE CONTINUELLEMENT

La pompe démarre-t-elle par suite de la formation d'un flux en retour qui remplit à nouveau le puisard ? - **Jusqu'au niveau de démarrage ? - Le(s) clapet(s) anti retour ;**

Oui

Contrôler

- Que les niveaux de démarrage et d'arrêt

ne sont pas trop proches ;

- **Le(s) clapet(s) anti retour ;**

- **que la colonne montante n'est pas trop haute si elle ne comporte pas de clapet anti retour .**

Non

Oui Contrôler

La fonction de maintien du - Les connexions du contacteur ;

contacteurDéconnecte-t-elle ? - La tension du circuit auxiliaire par rapport à la tension nominale de la bobine ;

- Le fonctionnement du régulateur d'arrêt ;

- Que la chute de tension au moment de démarrage n'entraîne pas le déclenchement de la fonction de maintien du contacteur.

5. POMPE FONCTIONNE , MAIS SON DEBIT EST INSUFFISANT OU NUL

Contrôler :

- Le sens de rotation de la roue, voir « avant mise en marche » ;
- Que les clapets sont ouverts et en bon état ;
- Que les conduites et la roue ne sont pas bouchées ;
- Que la roue tourne librement ;
- Que la hauteur de refoulement n'a pas été modifiée
- Que la roue, la pompe, la volute ou la bride de raccordement n'est pas usée.

Si le disjoncteur déclenche, il ne faut pas essayer de le réenclencher à tout prix.

Référence bibliographique

- | | |
|--|--|
| 1 - HYDRAULIQUE URBAIN | Jean-Loup Robert Université LAVAL 2004 |
| 2 - HYDRAULIQUE URBAIN I | Prof. Jacques Bonvin HES.SO 2005 |
| 3 - LES STATION DE POMPAGES D'EAU | Quatrième Edition LAVOISIER TEC & DOC |