

ONEP
DAE

STATIONS DE POMPAGE ET
DE RELEVAGE DES EAUX
USEES

COURS DE FORMATION

Par : Mr. BENZAOUZ
(Mai 2007)

CHAPITRE I :

**GENERALITES ET
TERMINOLOGIE**

CHAPITRE I : **GENERALITES ET TERMINOLOGIE**

SOMMAIRE

- I-1- Rôle des stations de pompage
- I-2- Différence entre un poste de refoulement et un poste de relèvement
- I-3- Caractéristiques des effluents en assainissement
- I-4- Composition des stations de pompage
- I-5- Les types de stations de pompage
- I-6- Les types de pompes
- I-7- Les types et formes des bâches
- I-8- Les autres équipements :
 - I-8-1- Dégrileur
 - I-8-2- Robinetterie (ventouse, clapet, vanne, ...)
 - I-8-3- Débitmètre électromagnétique
 - I-8-4- Raccords (coudes, tés, ...)
 - I-8-5- Réservoir anti-bélier
 - I-8-6- Equipements de contrôle et de régulation
 - I-8-7- Trappes de visites
 - I-8-8- Echelle de descente
 - I-8-9- Equipements électriques (poste de transformation , armoire électrique)

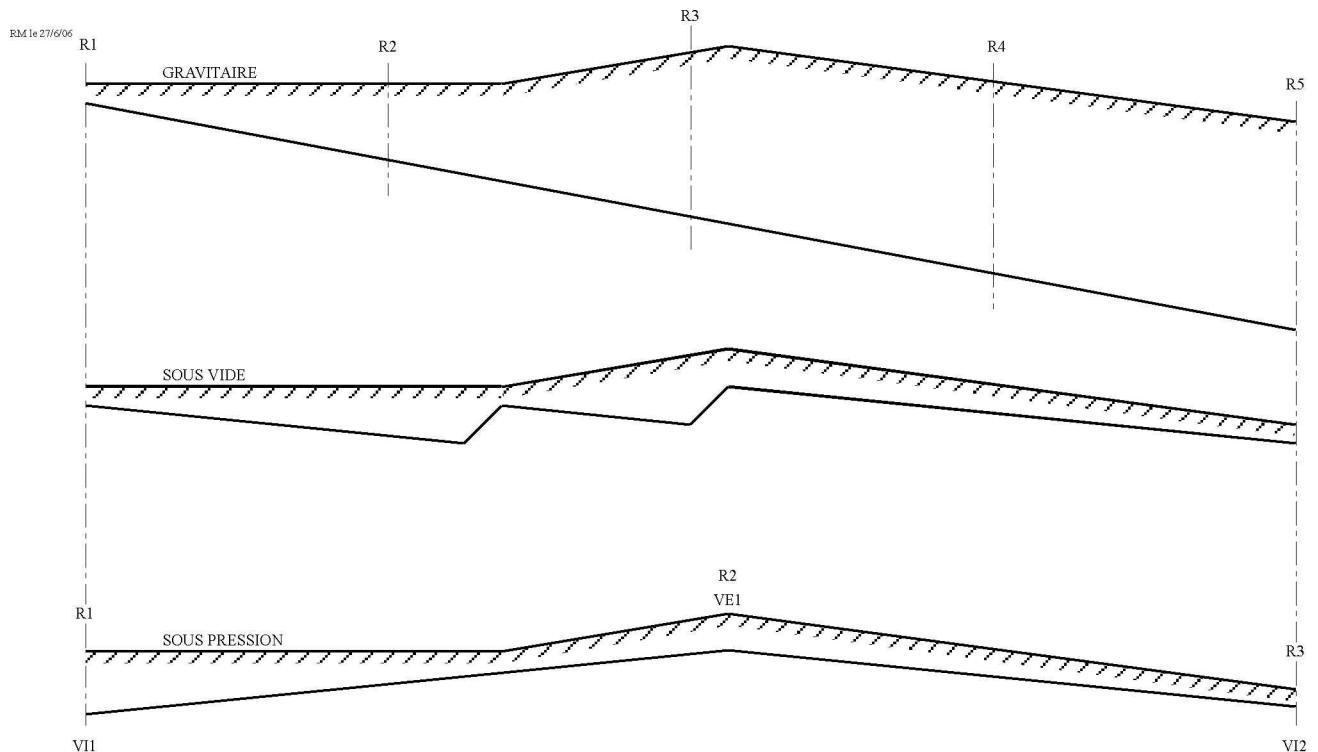
I-1- Rôle des stations de pompage en assainissement :

En général, dans un réseau d'assainissement on essaie de faire véhiculer les eaux usées gravitairement, si éventuellement la topographie et la nature du terrain le permettent.

Parfois cette solution devient difficile à cause de certaines contraintes topographiques et géotechniques (exemples : terrains accidentés ou trop plats, terrains très rocheux, etc...).

Donc pour éviter de caler le réseau à des profondeurs excessives, on fait recours à des stations de pompage (refoulement ou relèvement, selon la cas).

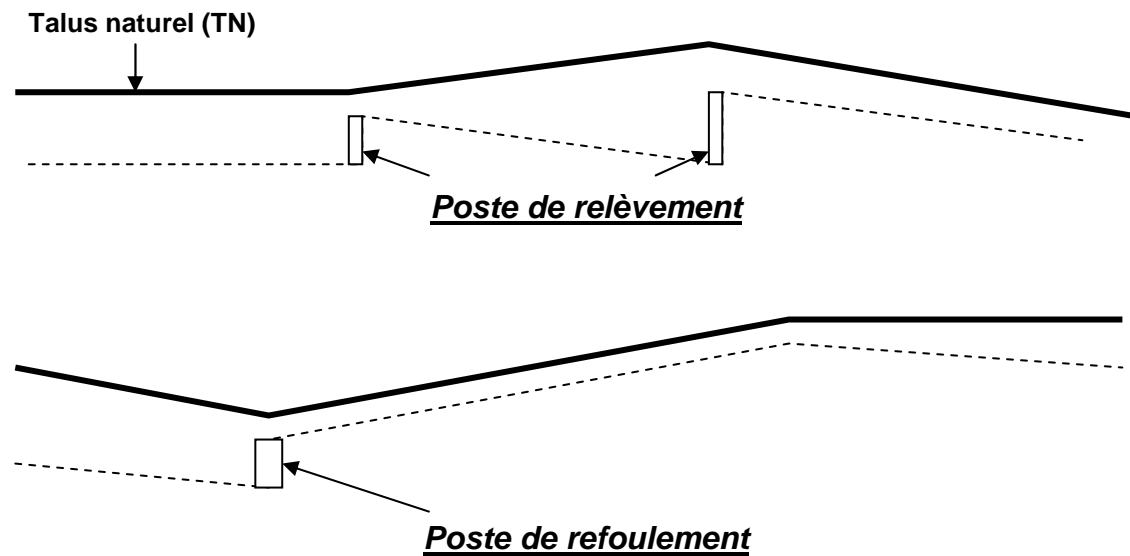
Les stations de pompage permettent d'élever le niveau des eaux usées d'un point à un autre en vue de leur déversement dans des ouvrages tels que regards de visite ou autres ouvrages spéciaux.



I-2- Différence entre un poste de refoulement et un poste de relèvement :

Un poste de refoulement est un poste qui consiste à relever l'eau et la refouler jusqu'à une certaine distance pour être déversée dans un ouvrage. La distance de refoulement peut être importante et peut atteindre quelques kilomètres.

Tandis qu'un poste de relèvement (ou relevage) est un poste qui consiste à relever l'eau jusqu'à un certain point pour être déversée gravitairement après.



I-3- Caractéristiques des effluents en assainissement :

Les eaux usées sont des eaux qui contiennent des déchets liquides et des débris solides plus ou moins importants, tels que :

- Matières organiques (matières fécales,...) ;
- Boues chargées de sables, de peinture, d'huile, de graisses, de copeaux métalliques ;
- Déchets divers de volumes plus ou moins variés, tels que : pierres, bouteilles, papiers.

Ces liquides peuvent être très également :

- Très visqueuses (à cause de graisses, huiles ou d'autres produits provenant d'industrie),
- Abrasifs (à cause de sable, produits d'usinage, ...),
- Corrosifs ou agressifs (à cause de PH élevé).

Donc les pompes doivent être bien choisies pour résister à ce genre d'effluents.

I-4- Composition des stations de pompage :

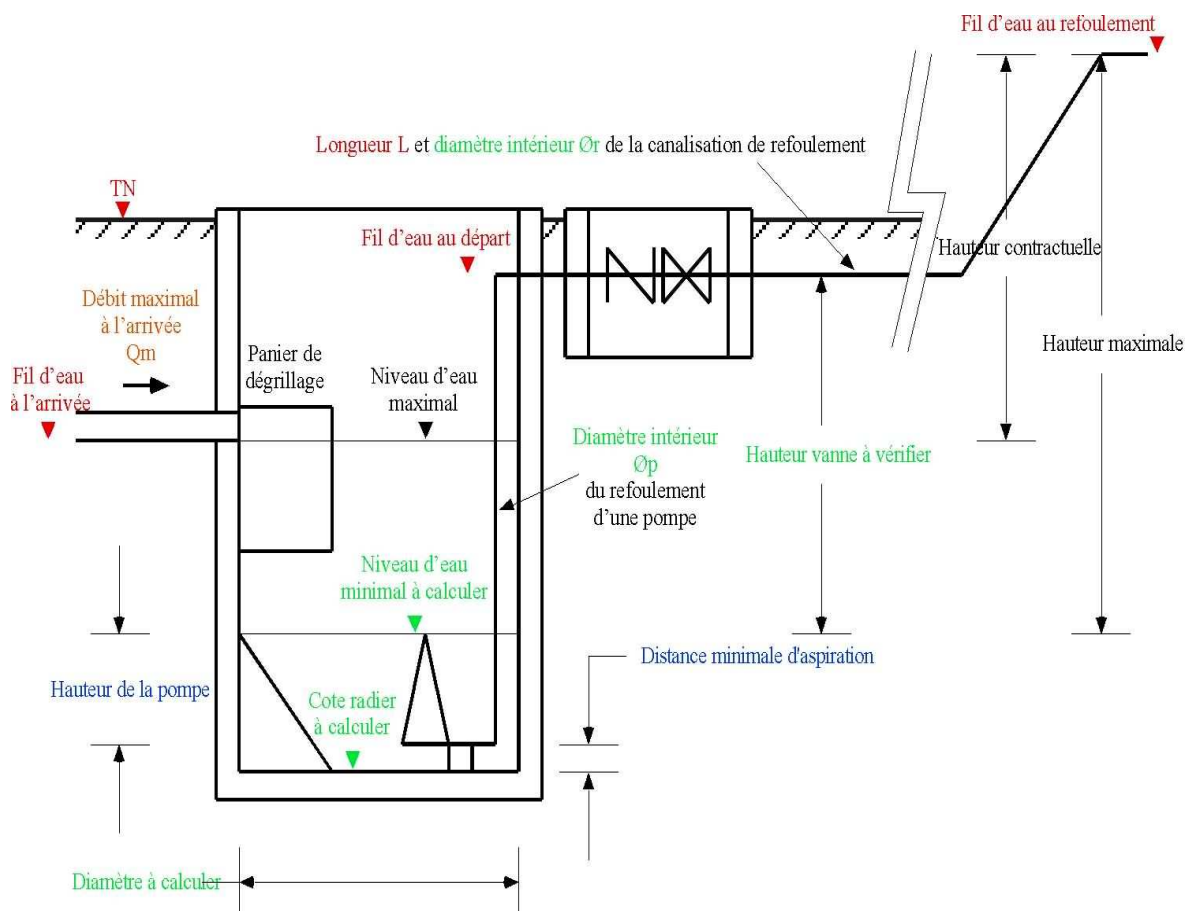
Généralement une station de pompage des eaux usées se compose de :

Partie Génie civil :

- Un puisard (ou bêche), coulé sur place ou préfabriqué,
- Chambre des vannes
- Ouvrage abritant le dégrilleur
- Ouvrages annexes et aménagements divers (regards, locaux techniques, clôture, aire de manœuvre, espace vert, ...)

Partie Equipement :

- Système de dégrillage (manuel ou automatique)
- Une ou plusieurs pompes
- Les conduites d'aspiration
- Des appareils de robinetterie (vannes d'isolement, clapets anti-retour,...)
- Des appareils pour la mesure débits (débitmètre électromagnétique)
- Un dispositif de fonctionnement automatique (automate programmable, poires de niveau, etc...)
- Un dispositif d'homogénéisation, mélangeur, vanne de brassage ou compresseur de débouillage)
- Appareils de protection éventuelle contre les coups de bélier (ballon anti-bélier)
- Pièces spéciales et accessoires de raccordement (coudes, tés, manchettes de traversées, cônes de réduction, joints de montage,...)
- Système de levage, d'accès et d'entretien (portique avec palan, échelles de descente, ...)
- Trappes de visite (grilles caillebotis, tôles striées, ...)
- Equipement électrique (alimentation électrique, poste transformateur éventuel, armoire électrique et de commande, éclairage, etc...)
- Etc...



Exemple de schéma d'une station de pompage

I-5- Les types de stations de pompage :

Deux types de stations peuvent être citées :

- Station à cale sèche
- Station immergée

I-5-1- Station à cale sèche :

Dans une station à cale sèche, la chambre des pompes et la bêche humide (ou puisard) sont séparées.

Le choix de ce type de station doit résulter d'une étude d'ordre fonctionnel, à savoir :

- L'accessibilité,
- L'entretien des groupes de pompage (pompe et moteur)

Les pompes peuvent être à axe horizontal ou vertical.

I-5-2- Station immergée :

Dans une station immergée, la bêche (ou puisard) et la chambre des pompes sont confondues, c'est-à-dire les pompes sont placées directement dans la bêche.

Le choix de ce type de station doit résulter d'une étude d'ordre économique, à savoir :

- Coût de génie civil
- Coût des de l'ensemble des équipements
- Frais d'exploitation (entretien, énergie électrique, ...)

Les pompes peuvent être à axe horizontal ou vertical.

Les avantages et les inconvénients de chaque type d'installation sont récapitulés dans le tableau ci-après :

STATIONS A CALE SECHE

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none">- Exploitation plus facile en raison d'un accès plus aisé au matériel- Equipement électrique logé à l'abri et ainsi soustrait à tout risque de déprédation et plus grande sécurité du personnel d'intervention- Plus grandes facilités d'intervention sur le matériel (pompe et moteur) dans des conditions d'ambiance et de salubrité acceptables- Consommation d'énergie électrique plus faible en raison d'un rendement global plus élevé- Offre plus de latitude et de souplesse pour traiter les problèmes d'installation à caractéristiques hydrauliques importantes.- Possibilité volant antibélier	<ul style="list-style-type: none">- Génie civil plus important et donc plus coûteux- Etanchéité de la fosse absolument requise- Installation obligatoire d'un groupe auxiliaire pour le relèvement des eaux d'infiltration, de suintement ou d'inondation- Ventilation nécessaire de la fosse- Equipement hydraulique plus coûteux (tuyauterie d'aspiration nécessaire, vanne, etc...)- Précaution particulières à prendre en vue d'assurer l'étanchéité permanente à la traversée des parois par les canalisations- Cette technologie perd de plus en plus d'intérêt compte tenu des performances actuelles des groupes submersibles.

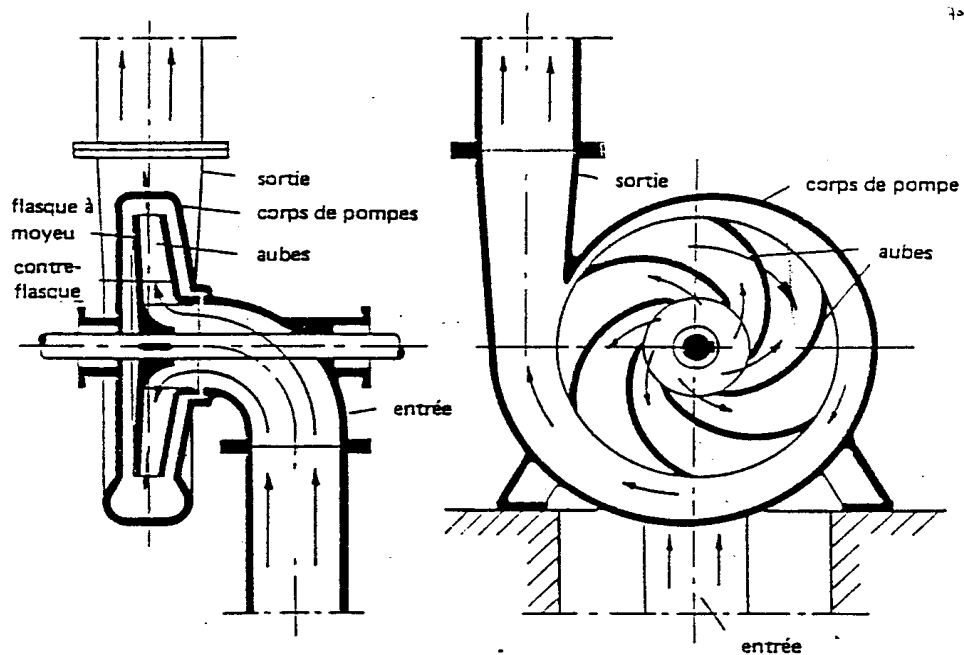
STATIONS IMMERGEES

AVANTAGES	INCONVENIENTS
<ul style="list-style-type: none">- Simplification de la conception et de la réalisation des travaux de génie civil, ce qui se traduit par un moindre coût des investissements- Possibilité de suppression de superstructures- Equipement hydraulique simplifié (en effet, pas de tuyauterie d'aspiration)- Incitation à l'utilisation de matériel de haute qualité- Rapport d'interchangeabilité et de mise en oeuvre (surtout pour les petits groupes submersibles)- Réduction très sensible du bruit au niveau du ou des groupes électropompe(s) installé(s)- Relèvement simple et rapide permettant la visite et le nettoyage des orifices de la pompe et de la roue- Sauf conditions tout à fait exceptionnelles (grande hauteur de refoulement) cette technologie est la mieux adaptée	<p>Cette recherche du moindre coût des investissements peut conduire à des insuffisances au niveau de la réalisation et de l'installation ce qui peut se traduire par :</p> <ul style="list-style-type: none">- des instabilités et défauts d'étanchéité,- standardisation de fosses trop petites ne tenant pas compte des conditions réelles d'exploitation- Consommation d'énergie électrique relativement importante du fait d'un rendement global du groupe généralement moins bon- Conditions de travail, en cas d'intervention, assez complexes et surtout désagréables, d'où conditions de sécurité et d'hygiène plus difficiles à respecter- Nécessité de prévoir un moyen de relevage approprié- Systèmes de ventilation pratiquement indispensable en cas d'intervention dans la fosse- Installation en plein vent de l'armoire des appareillages de commande, de contrôle et de projection (risques de déprédation, insécurité du personnel en cas de dépannage, d'intervention), etc...- Conséquences généralement plus graves et plus coûteuses, en cas d'incidents et de réparations nécessaires, tout particulièrement au niveau des moteurs

I-6- Les types de pompes :

I-6-1- Principe :

Les pompes pour eaux usées sont des pompes roto-dynamiques, c'est-à-dire utilisant un mouvement de rotation pour communiquer l'énergie au fluide pompé. Ces pompes utilisant donc des roues tournant à grande vitesse (1.500 à 3.000 tours/mn) dans une volute ou corps de pompe.



**Schéma de fonctionnement d'une pompe pour eaux usées
(à noter que la courbure des aubes sont relativement au sens de rotation)**



Exemple de Photo d'une pompe (type immergée)

I-6-2- Groupes de surface :

L'ensemble électro-pompe est installé au sol, généralement en position horizontale. Du fait des faibles capacités d'aspiration des pompes hydrauliques, les pompes sont installées en charge, c'est-à-dire en dessous du niveau du liquide pompé. Il y a donc nécessité de créer un local de pompage au même niveau que la bache de stockage.

Avantages :

- facilité d'accès : maintenance-remplacement,
- moteur standard.

Inconvénients :

- génie civil plus important et plus cher,
- coût de l'ensemble moteur/pompe > groupe monobloc immergé

Utilisation :

- reprise de boue sur décanteur ou clarificateur,
- recirculation,
- gros postes de refoulement.

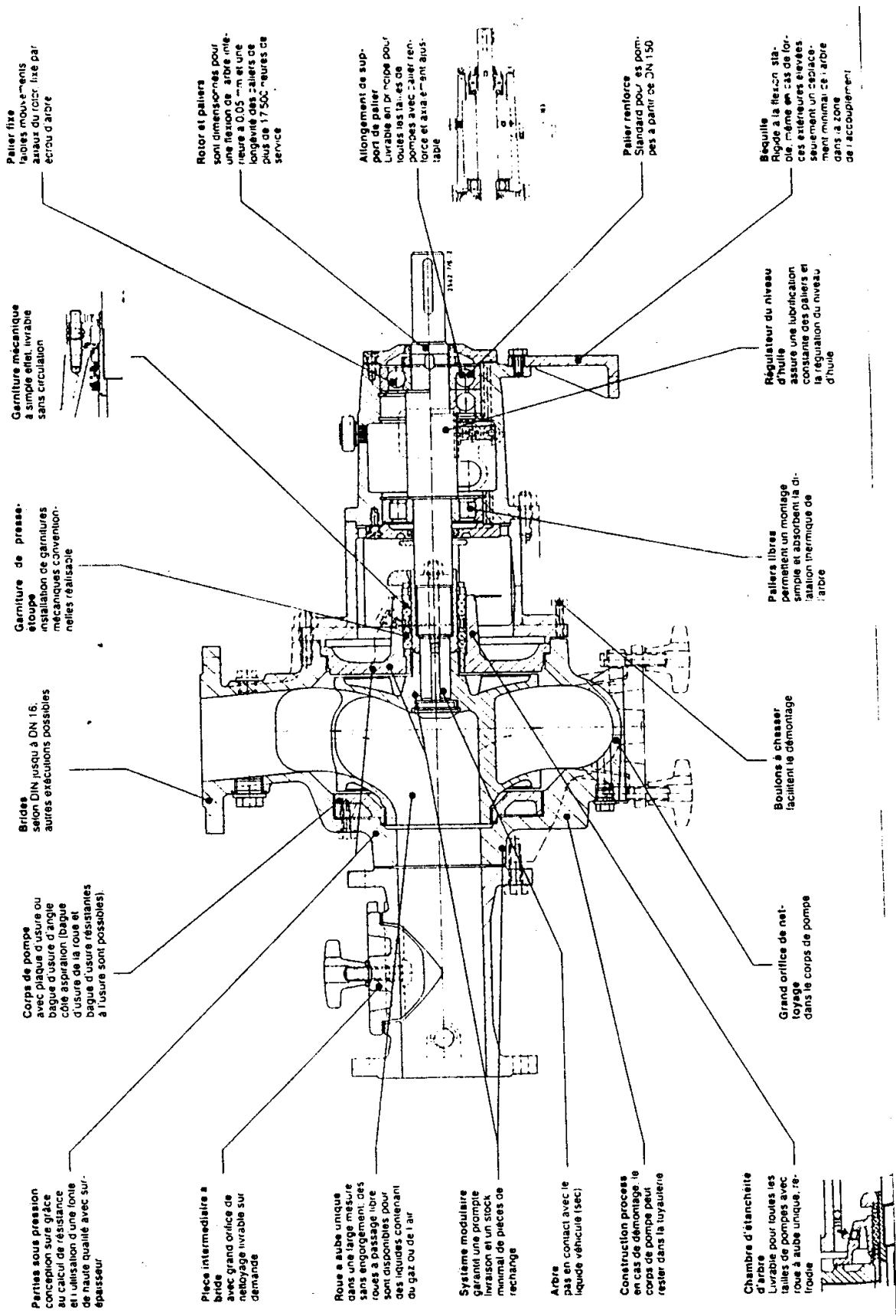


Schéma d'un groupe de surface

I-6-3- Pompes verticales :

La pompe, entraînée par un arbre long depuis la surface, est immergée dans le liquide pompé; elle peut dans certains cas être installée en fosse sèche. Le moteur, en partie supérieure, est à l'abri des risques d'inondation.

Avantages :

- facilité d'accès moteur,
- installation simple : ensemble lié à plaque support (installation noyée)

Inconvénients :

- alignement (ligne d'arbre en fosse sèche),
- maintenance hydraulique difficile,
- coût/solution groupe submersible.

Utilisation :

- souvent en reprise de sables-installation noyée,
- gros postes de refoulement-installation fosse sèche.

Installation noyée avec paliers lisses et conduite de refoulement au-dessus du plan de pose

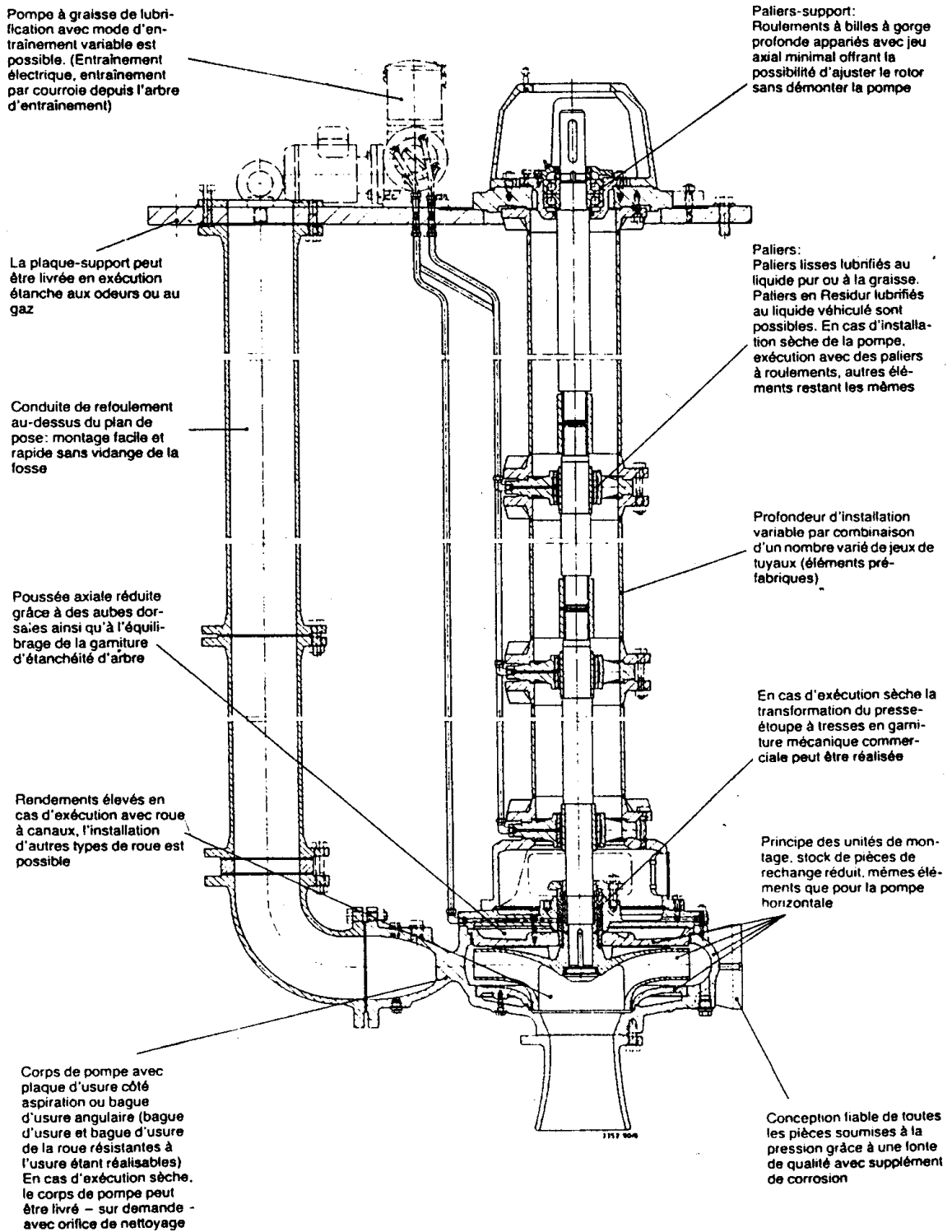
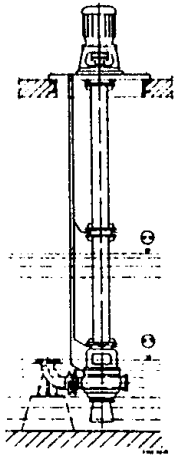
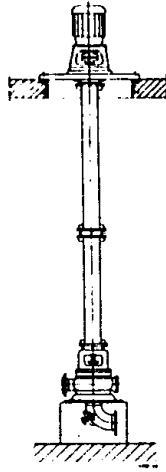


Schéma d'une pompe verticale

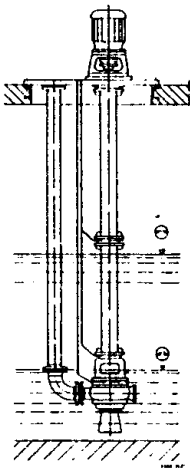
Modes d'installation:



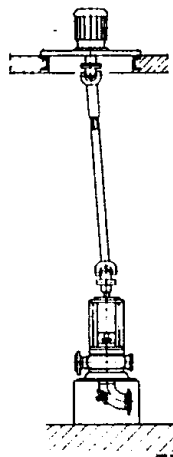
Installation noyée



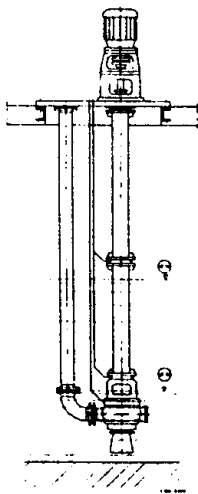
Installation sèche



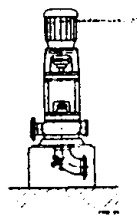
Installation noyée avec conduite de refoulement au-dessus du plan de pose



Exécution avec arbre à cardans

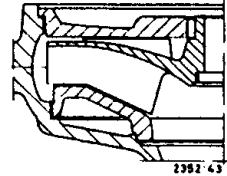


Installation noyée avec palier de support au-dessus du plan de pose

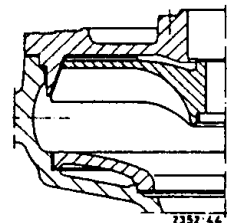


Installation en sous-sol

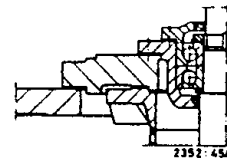
Variantes de construction:



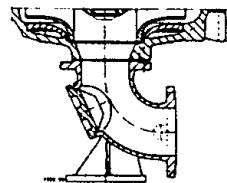
Exécution avec roue ouverte



Exécution avec roue à passage libre



Exécution étanche aux odeurs



Exécution sèche avec coude à pied



Support de palier avec logement axialement ajustable au V 03ax, V 04ax et V 06x en cas d'exécution en sous-sol et d'exécution avec arbre à cardans

Schéma d'Installation de pompes verticales

-15-

I-6-4- Groupes submersibles :

La pompe est constituée d'un ensemble monobloc moteur-partie hydraulique. La roue est directement montée sur l'arbre moteur. La constitution, quel que soit le fabricant, est toujours la suivante (de bas en haut) :

- partie hydraulique : corps de pompe et roue,
- chambre à huile enfermant le dispositif d'étanchéité,
- moteur asynchrone sec monté dans une cloche fermée.

Avantages :

- installation aisée
- génie civil simplifié,
- coût attractif (petites puissances).

Inconvénients :

- maintenance du groupe moins aisée (garnitures mécaniques).

Utilisation :

- postes de refoulement sur réseau,
- relevage en entrée de station,
- recirculation, extraction de boues sur petites usines,
- reprises de surnageants, filtrants, ...

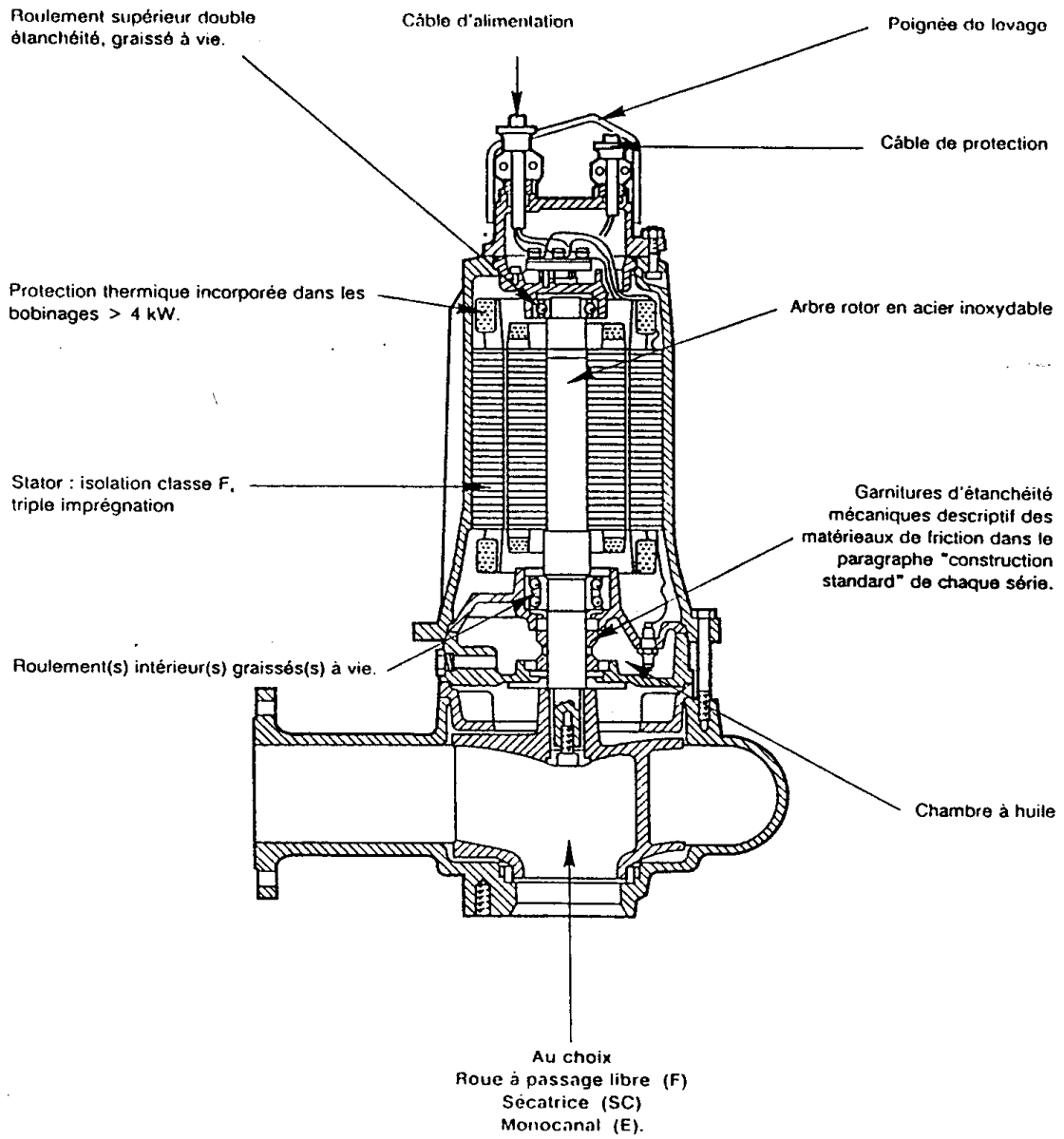


Schéma d'un groupe submersible

I-6-5- catégories des pompes :

Généralement les pompes véhiculant des liquides se divisent en deux catégories principales :

- **Les pompes centrifuges** : le mouvement du liquide résulte de l'accroissement d'énergie qui lui est communiqué par la force centrifuge.
- **Les pompes volumétriques** : l'écoulement résulte de la variation d'une capacité occupée par le liquide.

I-6-6- Les pompes centrifuges :

a/ Principe de fonctionnement :

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.

b/ Amorçage :

Les pompes centrifuges 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.

c/ Caractéristiques :

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 éléments.

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

$$Q_{VN'} = Q_{VN} \times (N' / N)$$

$$H_{tN'} = H_{tN} \times (N' / N)^2$$

$$P_{N'} = P_N \times (N' / N)^3$$

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 .

d/ 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.

Contrairement à la plupart des pompes volumétriques, les pompes centrifuges admettent les suspensions chargées de solides.

e/ Fonctionnement avec la canalisation de refoulement bouchée :

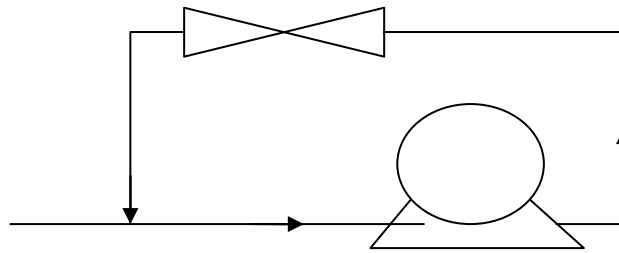
Ce type de fonctionnement consécutif à une erreur est sans danger s'il ne se prolonge pas trop. Le risque à la longue est l'échauffement de la pompe, car le liquide n'évacue plus la chaleur. A ce moment la pompe peut se détériorer et ce d'autant plus qu'elle comporte des parties en plastique.

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.

f/ Réglage du débit :

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



Réglage en "canard"

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.

I-6-7- Les pompes volumétriques :

a/ Principe de fonctionnement et généralités :

Une pompe volumétrique se compose d'un corps de pompe parfaitement clos à 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.

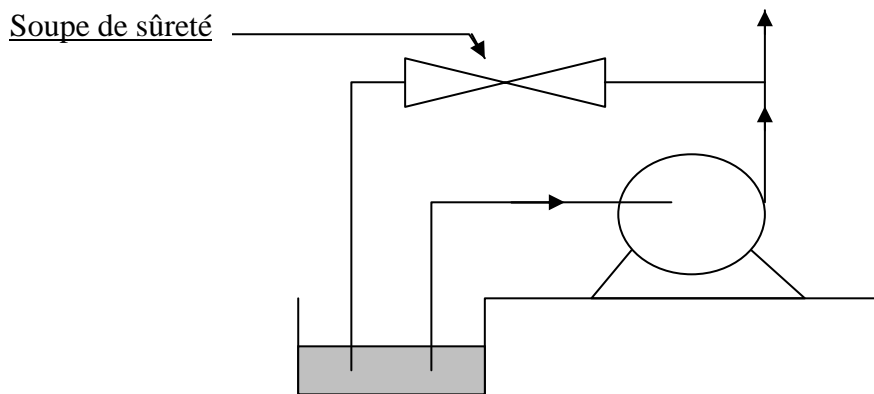
Les pompes volumétriques sont généralement auto-amorçantes. Dès leur mise en route elles provoquent une diminution de pression en amont qui permet l'aspiration du liquide. Il est nécessaire néanmoins d'examiner la notice du fabricant.

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.



soupape de sûreté

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.

b/ Pompes volumétriques rotatives

b1/ Pompes à 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.

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.

b2/ Pompes à engrenages extérieurs

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 des pressions au refoulement de l'ordre de 5 à 30 bars. Les débits peuvent atteindre 300 m³/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.

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 solides ayant pour effet d'accélérer l'usure mécanique des pignons et de diminuer l'étanchéité entre le corps de pompe et les dents.

b3/ Pompes à rotor hélicoïdal excentré

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

-22-

Inconvénients :

- pas de marche à sec de la pompe
- maintenance assez difficile et coûteuse
- encombrement important

b4/ Pompes péristaltiques

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 15 bars. 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

c/ Pompes volumétriques alternatives

c1/ Pompes à piston

Fonctionnement : son principe est d'utiliser les variations de volume occasionnés 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 antibéliers.

c2/ 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 de réglage de la course du piston et de sa fréquence.

Elles ont des débits relativement faibles (de quelques Litres par heure à quelques m3/h) et peuvent mettre en oeuvre 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-6-8- Formes des roues :

Le choix correct de la forme de roue est décisif pour un fonctionnement fiable et économique d'installations de relevage d'eaux résiduaires en fonction de la nature du liquide véhiculé, de son degré de pollution, de la taille et du volume des constituants et de leur fluidité.

Les formes de roues qui sont généralement utilisées sont les suivantes :
(Voir Fig. 8 et 9)

Roue ouverte ROUE - O	Pour liquides contaminés, contenant des solides (granulométrie maxi 7mm) exempts de fibres ou de matières formant des tresses.
Roue ouverte avec système dilacérateur ROUE - S	Pour liquides chargés, matières fécales, eaux usées domestiques, contenant des solides et des fibres longues.
Roue Sécatrice ROUE - SC	Utilisable pour des fluides pouvant contenir des éléments solides avec des matières fibreuses et ne dégazant pas
Roue à passage libre ROUE - F	Pour liquides contenant des éléments solides plus ou moins volumineux, du gaz et de l'air - Eaux résiduaires brûles - Boues brutes et digérées

**Roue à
une aube**

Pour eaux résiduaires contenant des
éléments solides et à fibres longues

- Boues brutes
- Boues de circulation et de chauffage
- Boues de retour
- Boues excédentaires

ROUE - E

**Roue fermée
à canaux**

Pour liquides chargés et contenant des
éléments solides et boueux, ne dégazant pas
et exempts de matières fibreuses
susceptibles de former des tresses.

- Alimentation de lits bactériens
- Boues activées
- Boues excédentaires

ROUE - K

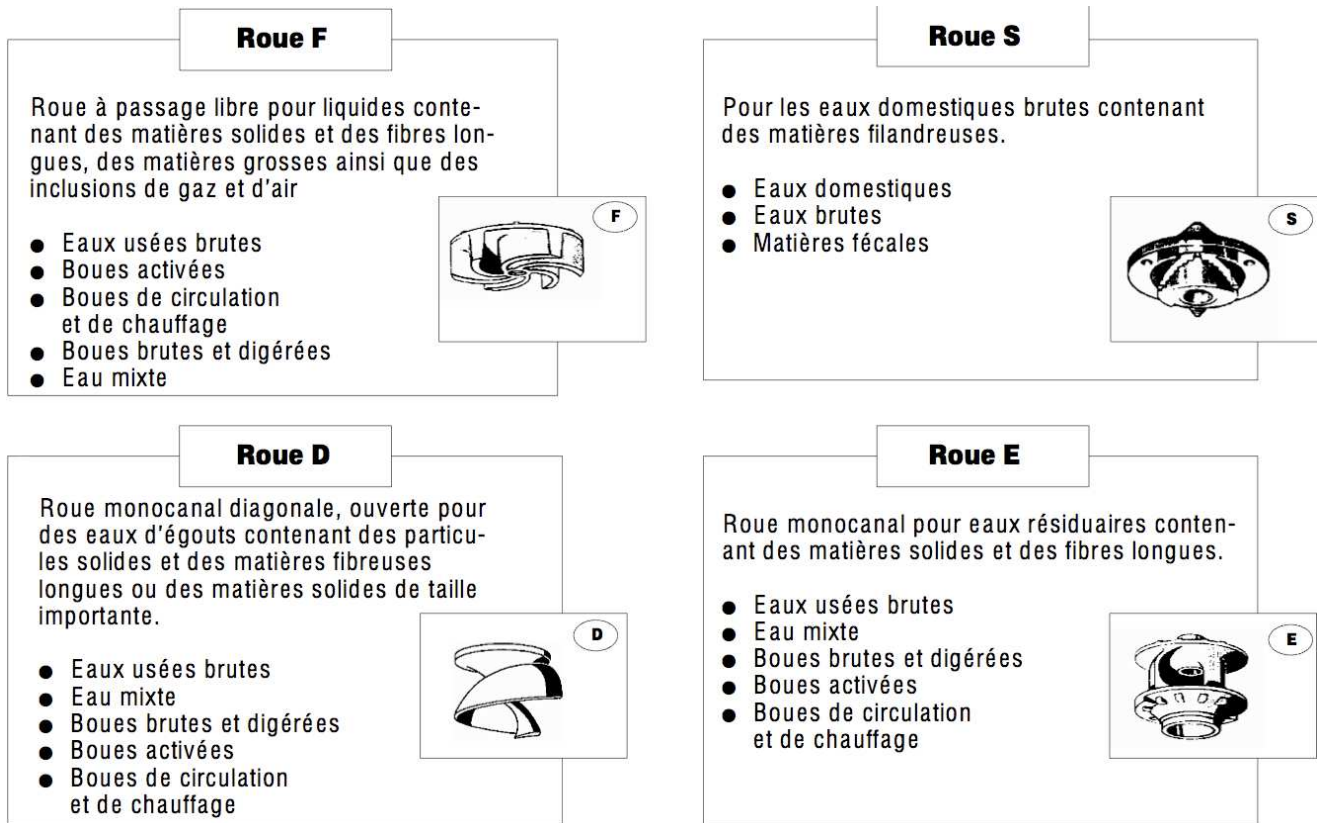
- Choix des roues :

Cela dépend du choix des pompes et cas rencontrés, à savoir :

- groupe de surface ou en fosse sèche,
- pompe verticale,
- groupe submersible.

Sur ces différentes configurations, on greffera, suivant les performances attendues, différents types de roues :

- roue monocanal ou à une aube,
- roue vortex ou à passage libre,
- roues à canaux ouvertes ou fermées,
- roues sécatrices et dilacératrices,
- roues hélicoïdales (Hydrostal).



Schémas de : Roue F (vortex), roue S (dilacératrice), roue D (prérotation), roue E (monocanal)

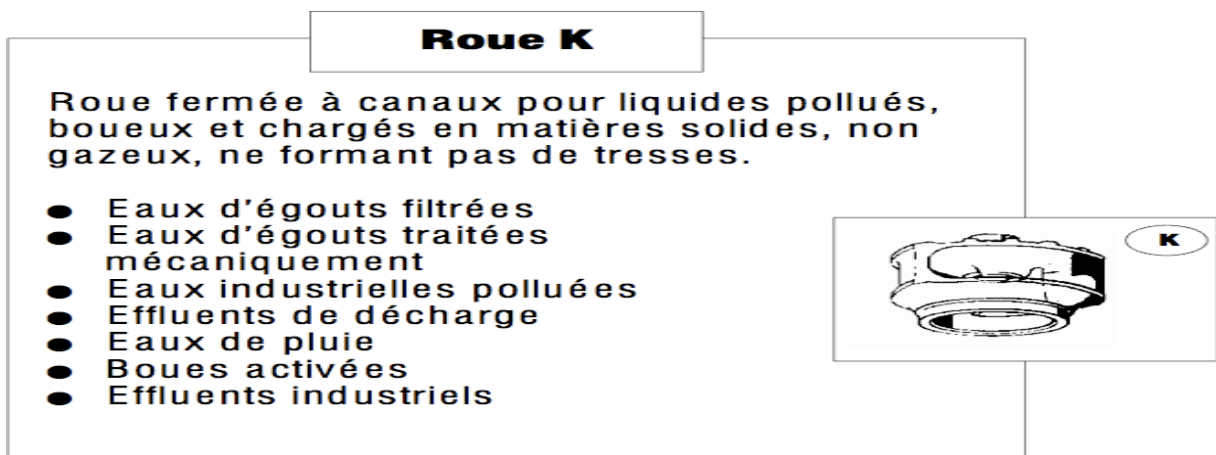


Schéma de : Roue K (multicanal)

I-7- Types et formes de bâches (ou puisard) :

I-7-1- Généralités :

L'implantation, la forme et la conception d'une station de pompage dépendent en grande partie des facteurs suivants :

- La nature, la composition et la qualité du liquide à pomper,
- L'emplacement du site et les conditions du sol,
- Les exigences écologiques et les réglementations locales,
- Les pratiques et les besoins locaux,
- Les considérations d'ordre économique.

I-7-2- Principe de conception d'une bâche :

Pour définir correctement une bâche, il faut tenir compte des points suivants :

- Le flux doit être dirigé de manière appropriée vers les aspirations des pompes de façon à éviter les tourbillons et les pertes hydrauliques.
- Afin d'éliminer les tourbillons de surface entraînant l'air dans la bâche, les parois doivent être disposées de façon à éviter les zones de stagnation. Il est souvent souhaitable d'avoir une cloison à proximité de l'aspiration des pompes pour réduire toute tendance aux tourbillons localisés et à la formation de vortex qui peuvent causer des remous locaux à poches d'air ou de cavitation. Pour éviter les remous de surface, la profondeur d'eau doit être supérieure à une certaine valeur minimum.
- Bien qu'il faille éviter les turbulences excessives ou les tourbillons importants, une certaine turbulence est utile dans la prévention et le développement des vortex persistants.
- Les sédiments qui pourraient provoquer un encrassement ne doivent pas pouvoir s'accumuler dans la bâche. Les régions de stagnation ou de très basse vitesse doivent être évitées. Un sol en pente et des angles arrondis ou des socles sont souvent utilisés pour éviter la sédimentation.

- Les boues et corps flottants peuvent demeurer dans toute zone relativement calme de la surface de l'eau et seront enlevés par pompage. Le niveau d'eau doit être abaissé autant que possible à intervalles réguliers de manière à augmenter les vitesses de déplacement et la turbulence, à condition que l'air ne soit pas entraîné dans la pompe. Cela contribuera aussi à éviter toute tendance à l'accumulation de sédiments en fond de bêche.
- Dans certains cas, des cloisons de séparation peuvent être requises entre les pompes. En règle générale, ces cloisons devront être proches des pompes des deux côtés.

I-7-3- Types de baches et dispositions constructives :

I-7-3-1- Bâche standard (exemple type : FLYGT) :

FLYGT a développé, soumis et testé sur maquette un type de bêche standard qui satisfait aux exigences définies ci-dessus. Il possède les caractéristiques principales suivantes :

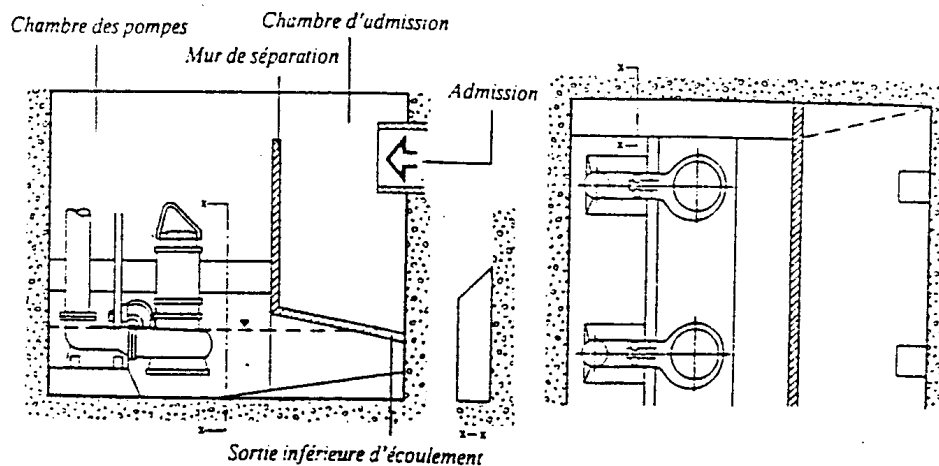


Schéma d'une bêche de pompage

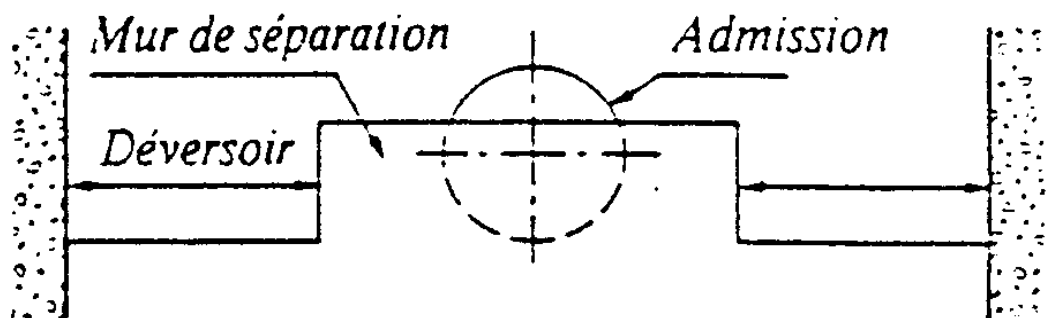
- Le débit alimentant la pompe est aussi régulier et uniforme que possible et exempt de turbulence,
- Il n'y a pas d'entraînement d'air grâce à l'élimination de tous les tourbillons de surface, à part les plus petits,
- L'air n'est pas libéré de l'eau sous l'aspiration de la pompe par suite du déplacement des tourbillons immergés,

- Tout air entraîné à l'entree de la bache ou près de celle-ci a la possibilité de remonter à la surface.

Pour minimiser l'entraînement d'air primaire, le flux arrivant de la conduite d'amenée vient heurter un mur de séparation formant chambre d'admission puis s'écoule le long de celui-ci. La chambre a des sorties inférieures qui limitent le débit de telle sorte qu'elle soit toujours partiellement remplie d'eau. La recirculation à l'intérieur de cette chambre donne alors à l'air le temps de s'échapper. Le fond de la chambre de pompage est construit en pente pour permettre à l'air encore contenu dans le flux arrivant de s'évacuer vers la surface.

Le fond de la chambre d'admission est positionné de telle sorte que la sortie inférieure soit toujours en-dessous du niveau d'eau minimum de la chambre de pompage afin d'éviter un entraînement d'air secondaire. Les sorties sont dans l'alignement des pompes.

La paroi face à la tuyauterie d'amenée doit être suffisamment haute pour que la force flux ne le fasse pas passer par dessus. Bien que le courant dans la chambre d'admission soit très turbulent, il est possible que divers matériaux s'y accumulent

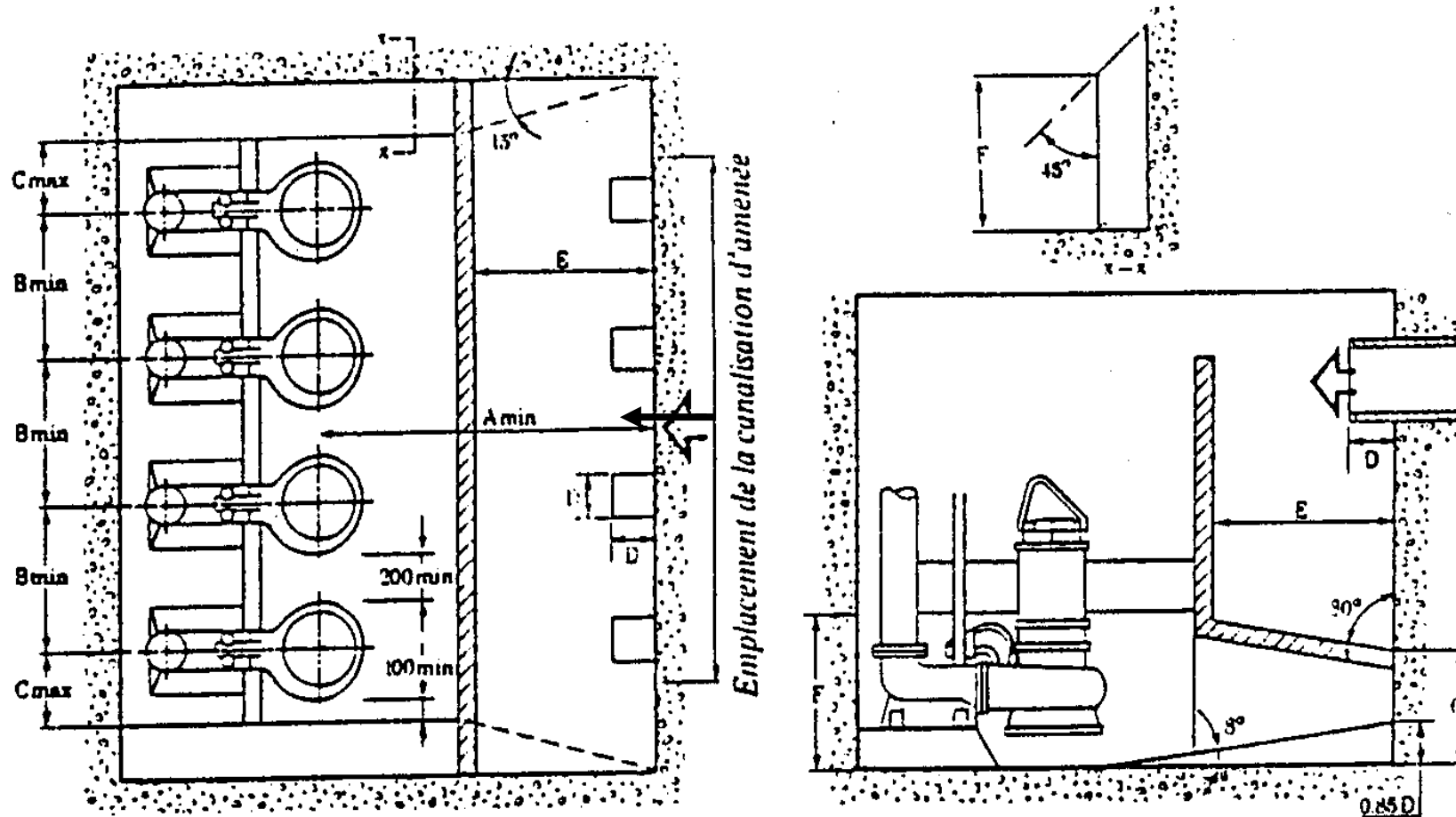


Mur de séparation avec déversoirs

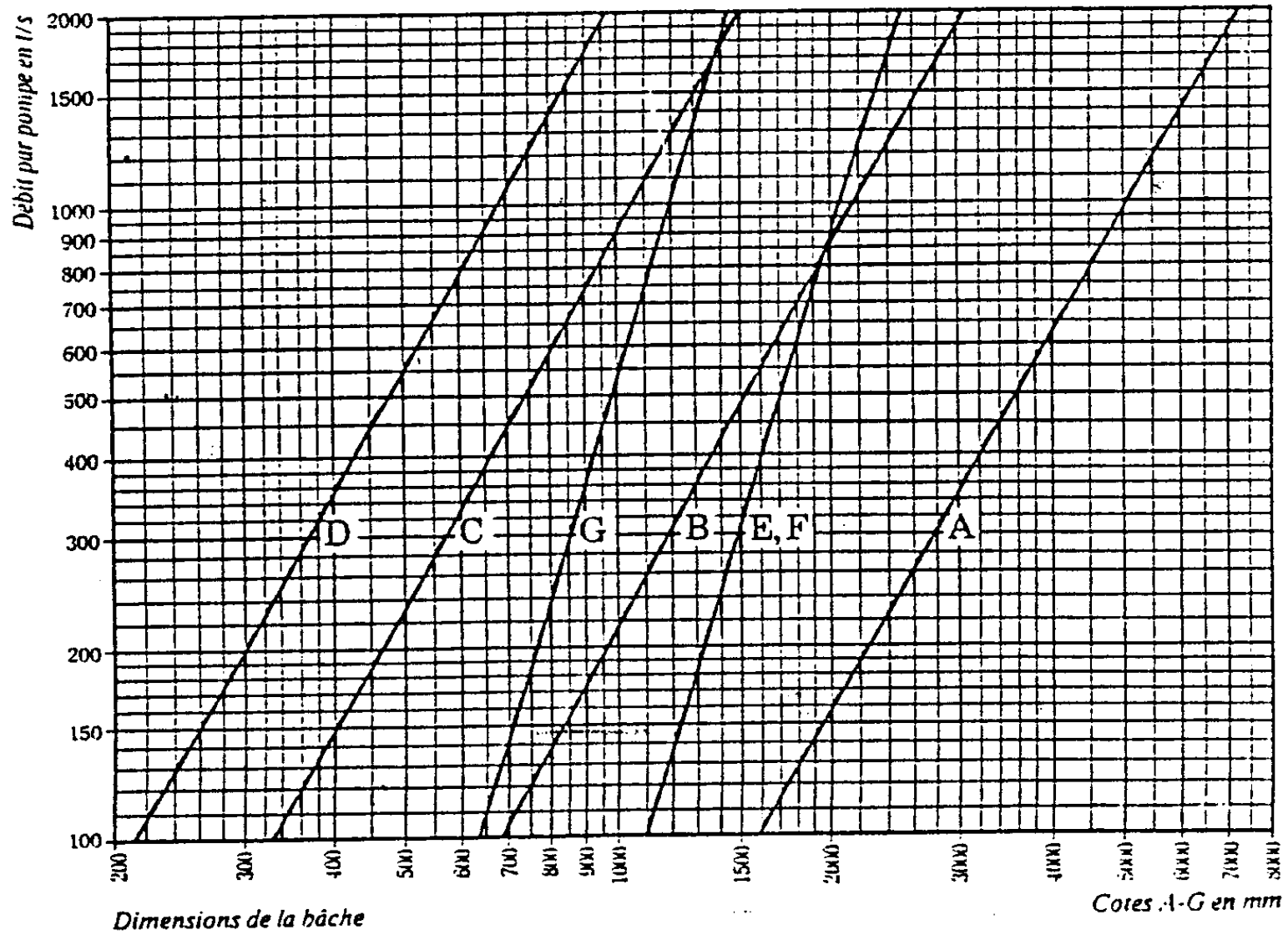
et l'on peut faire usage de déversoirs ou d'espaces latéraux pour éviter toute accumulation. Pour réduire les zones de stagnation dans lesquelles pourraient se former des tourbillons entraînant de l'air, les pompes situées aux extrémités extérieures de la chambre de pompage doivent être aussi près que possible des parois latérales. On peut remplir cette condition au moyen d'une paroi latérale

I-7-3-2- Autres types de bâches :

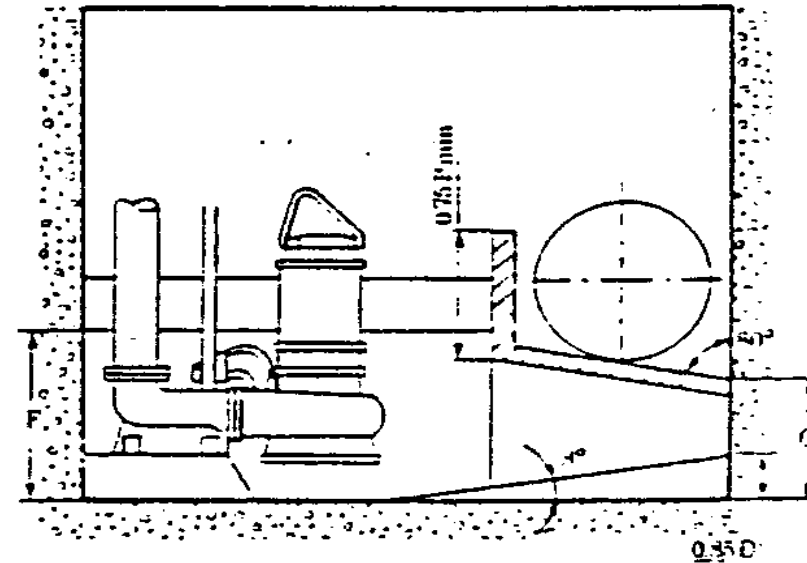
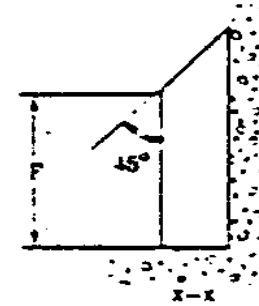
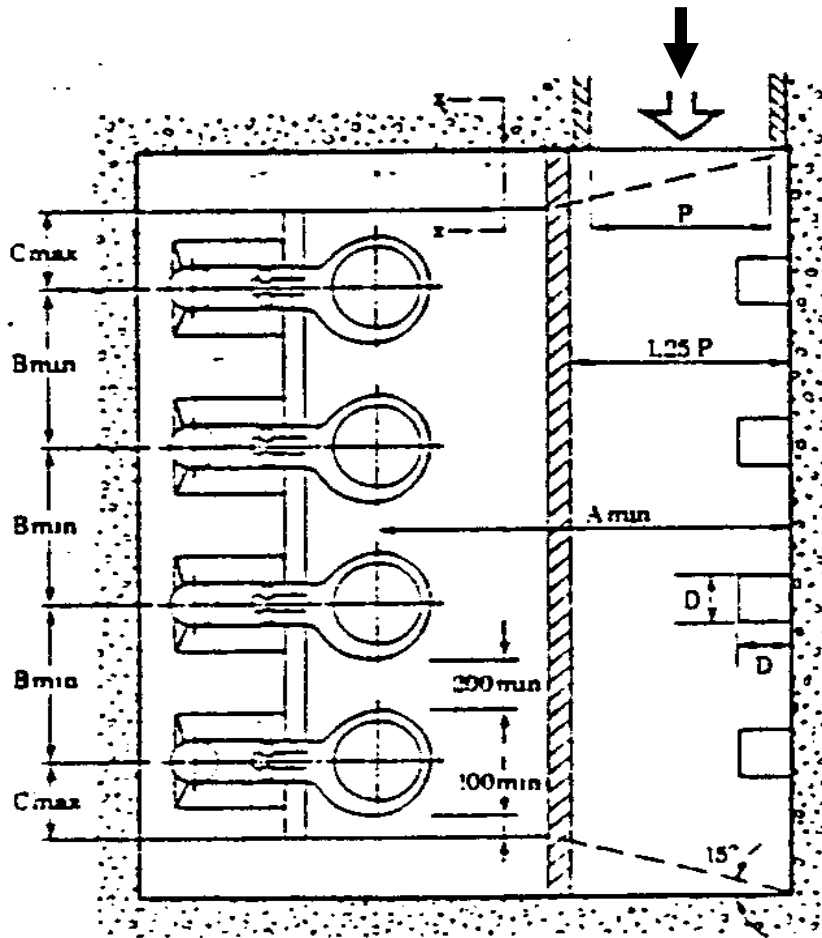
a- Bâche à entrée frontale :



Bâche à entrée frontale (voir aussi abaque, à la page suivante)

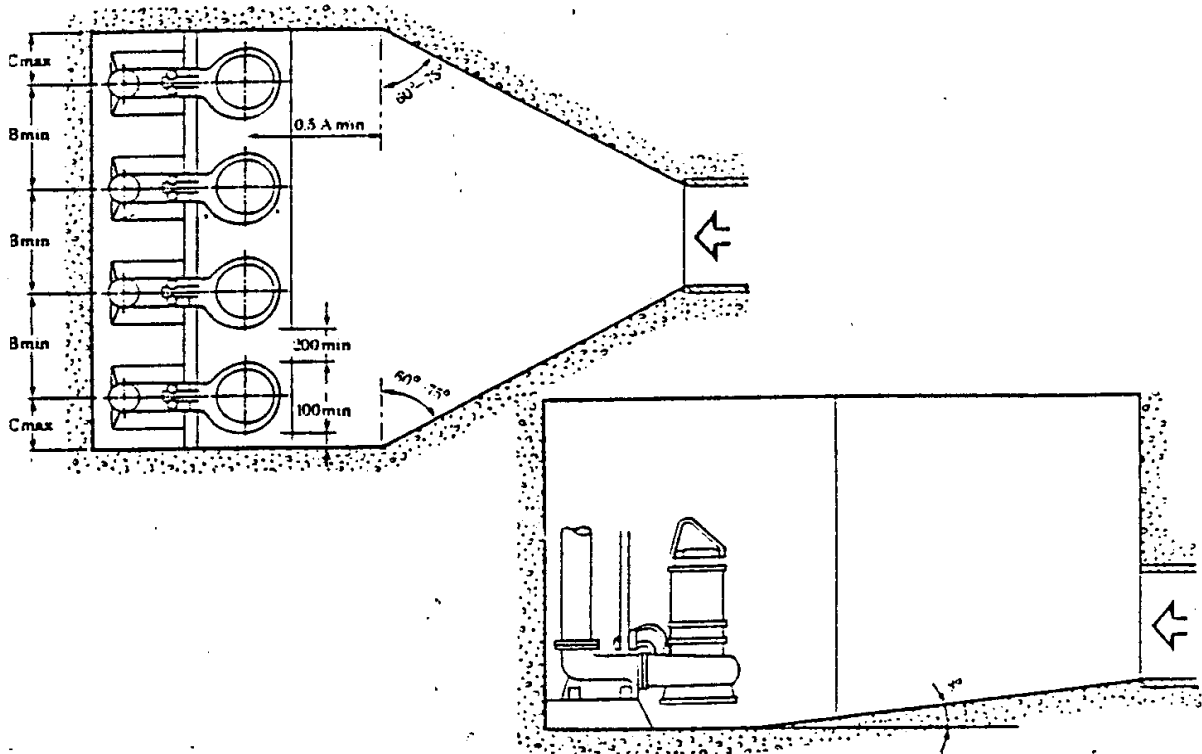
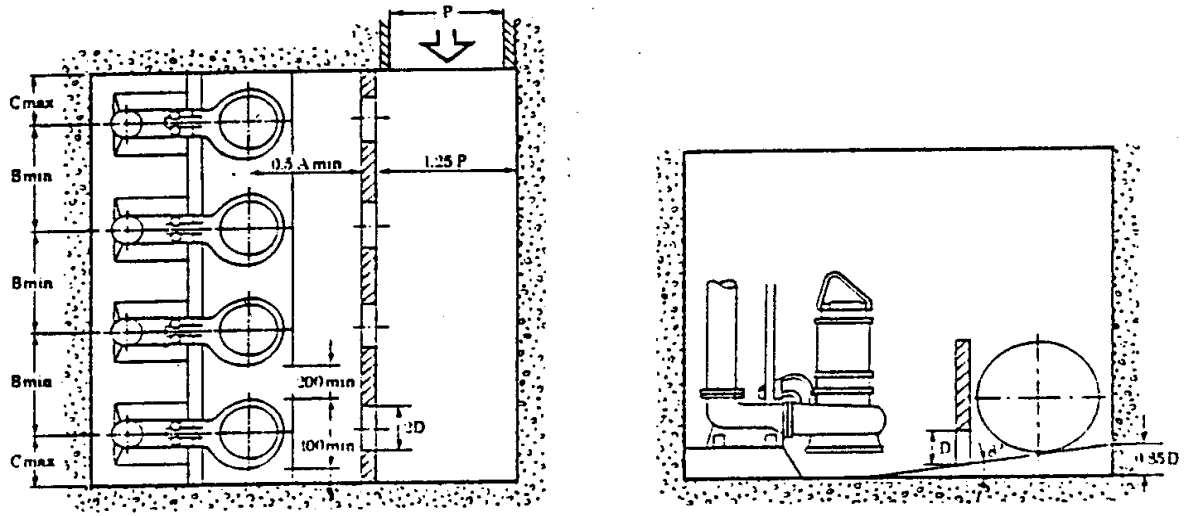


b- Bâche à entrée latérale :



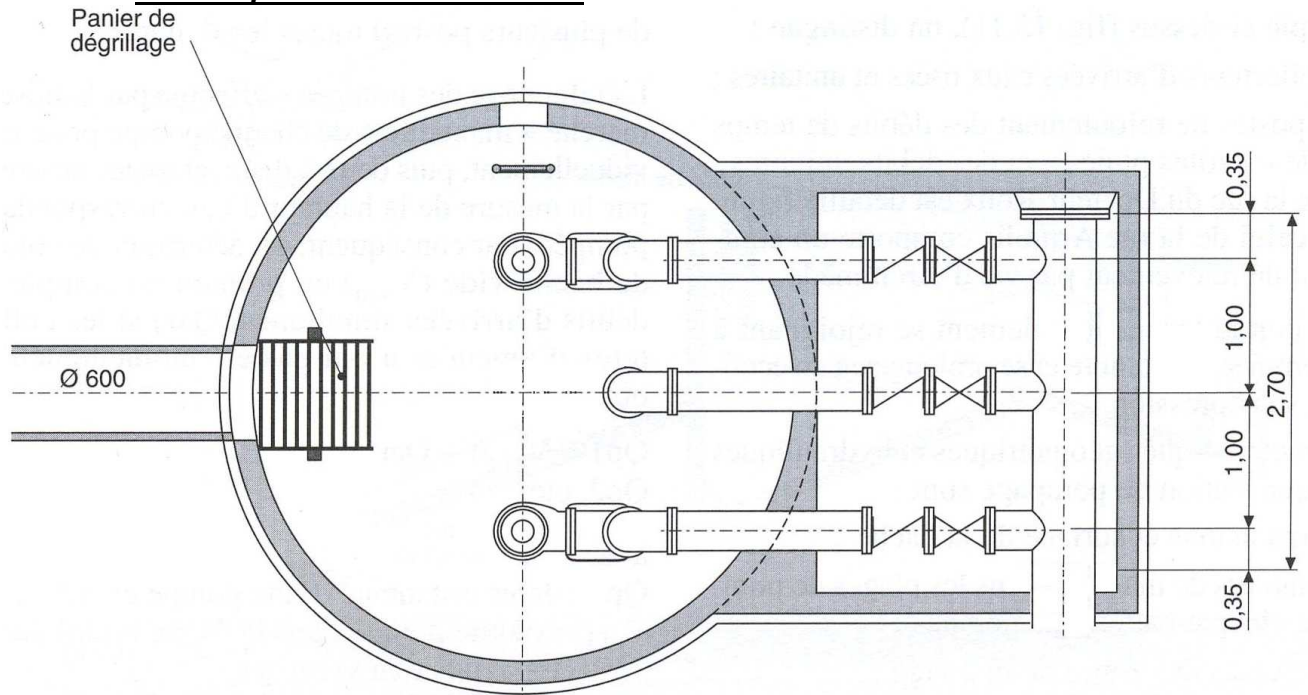
Bâche à entrée latérale

c- Bâche à entrée frontale à faible hauteur :

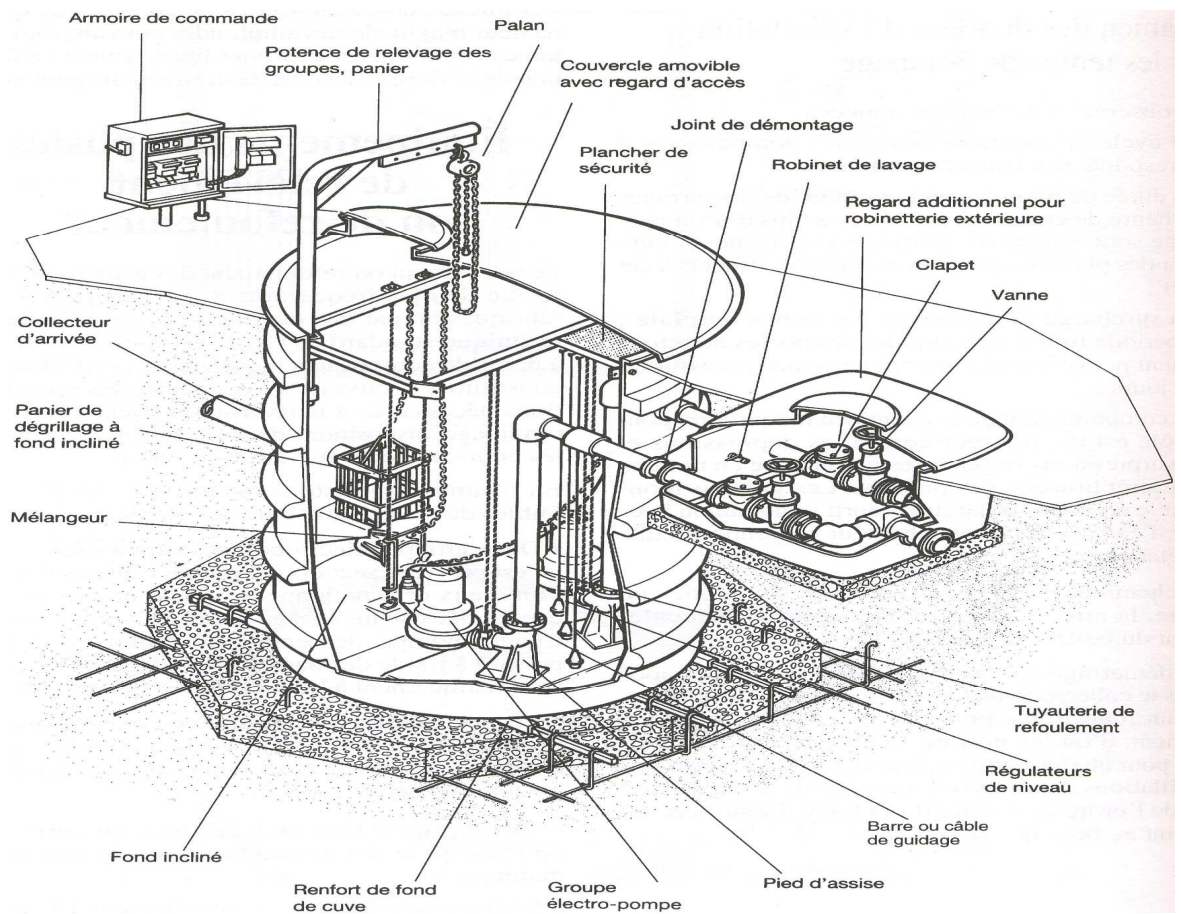


Bâche à entrée frontale à faible hauteur

d- Exemple de bache circulaire :



Type de bache circulaire



Type de bache circulaire préfabriquée

I-8- Les autres équipements et accessoires de la station:

I-8-1- Dégrilleur :

a- Rôle du dégrilleur :

Le dégrilleur a pour but d'éliminer les déchets solides véhiculés par les eaux usées (chiffons, bouteilles, plastiques, papiers, pierres, déchets divers, ...) et de protéger les ouvrages et équipements de la station contre l'introduction de ces déchets.

Le système de dégrillage peut être manuel ou automatique.

La maille ou ouverture du dégrilleur sera déterminée en fonction du passage libre de la pompe.

Plus la maille est petite plus il y a de contraintes d'exploitation

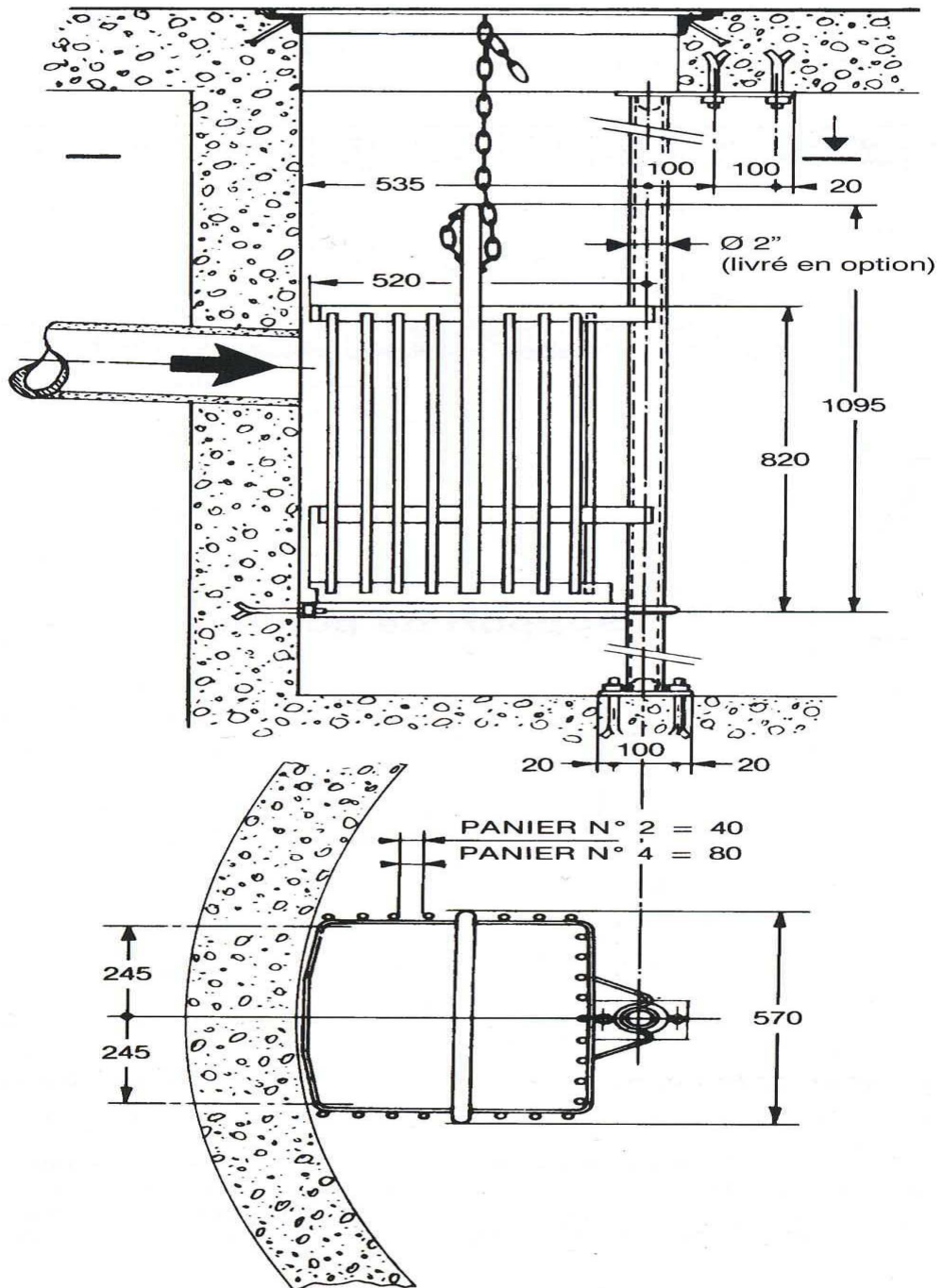
b- Panier dégrilleur :



Panier dégrilleur

Généralement pour les stations de pompage des eaux usées, on adopte un panier dégrilleur ayant les caractéristiques suivantes :

- Matériau I : inox
- Forme et Diamètre des barreaux : circulaires de DN 20 à 25 mm
- Ouverture de la maille (espacement entre barreaux) : de l'ordre de 30 à 40 mm
- Système de levage : manuel ou électrique

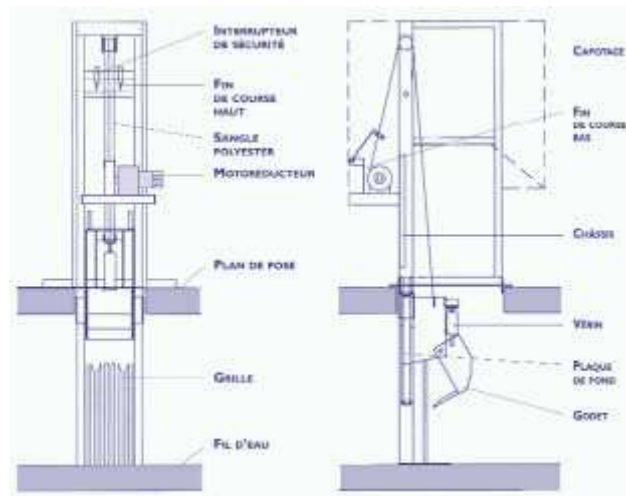


Exemple d'installation du panier dégrilleur

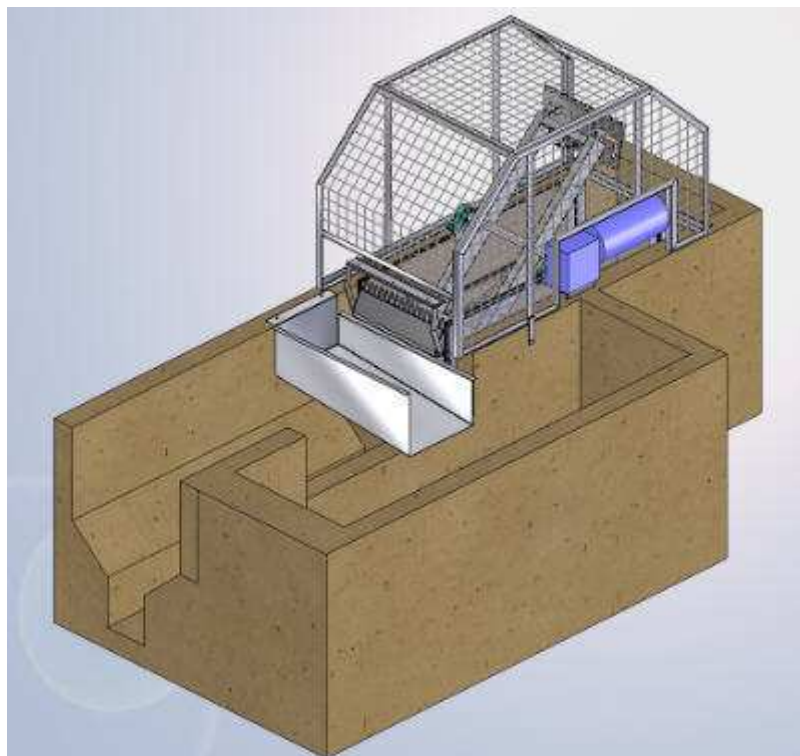


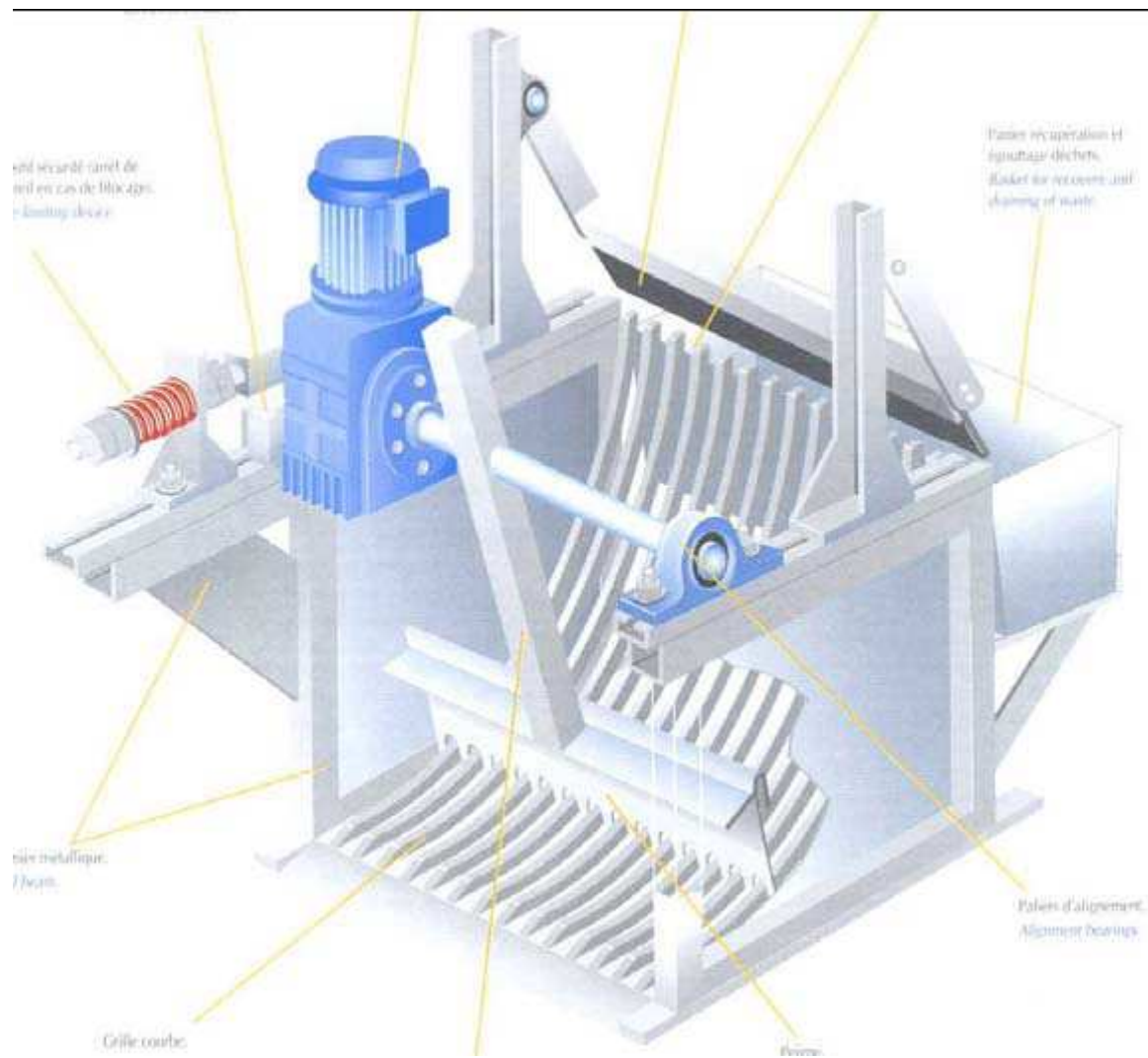
Exemple de photo d'un panier dégrilleur

c- Dégrilleur automatique :



Exemple de dégrilleur automatique vertical (grille à barreaux libres verticaux)





Exemple de dégrilleur automatique (grille courbe)

I-8-2- Robinetterie :

a- Ventouse triple fonction :

C'est un dispositif de protection (anti-vide) des conduites et équipements (pompes),
Le rôle d'une ventouse à triples fonctions est le suivant :

- Sortie de l'air à grand débit lors de la mise en eau,
- Dégazage automatique de l'air en service sous pression,
- Entrée d'air à grand débit pour la vidange

Les ventouses sont à poser généralement aux points hauts, pour faire évacuer l'air.



Photo de ventouse triple fonction

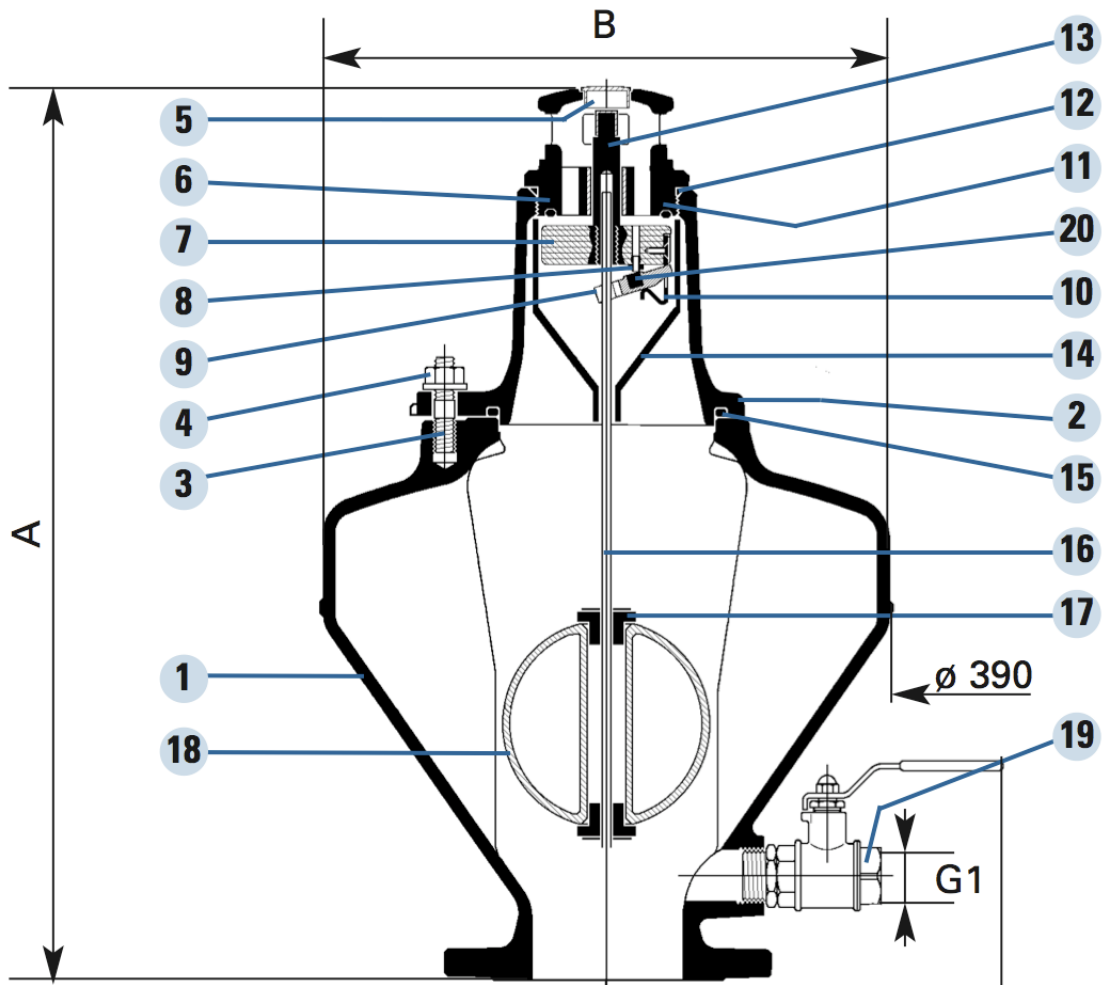
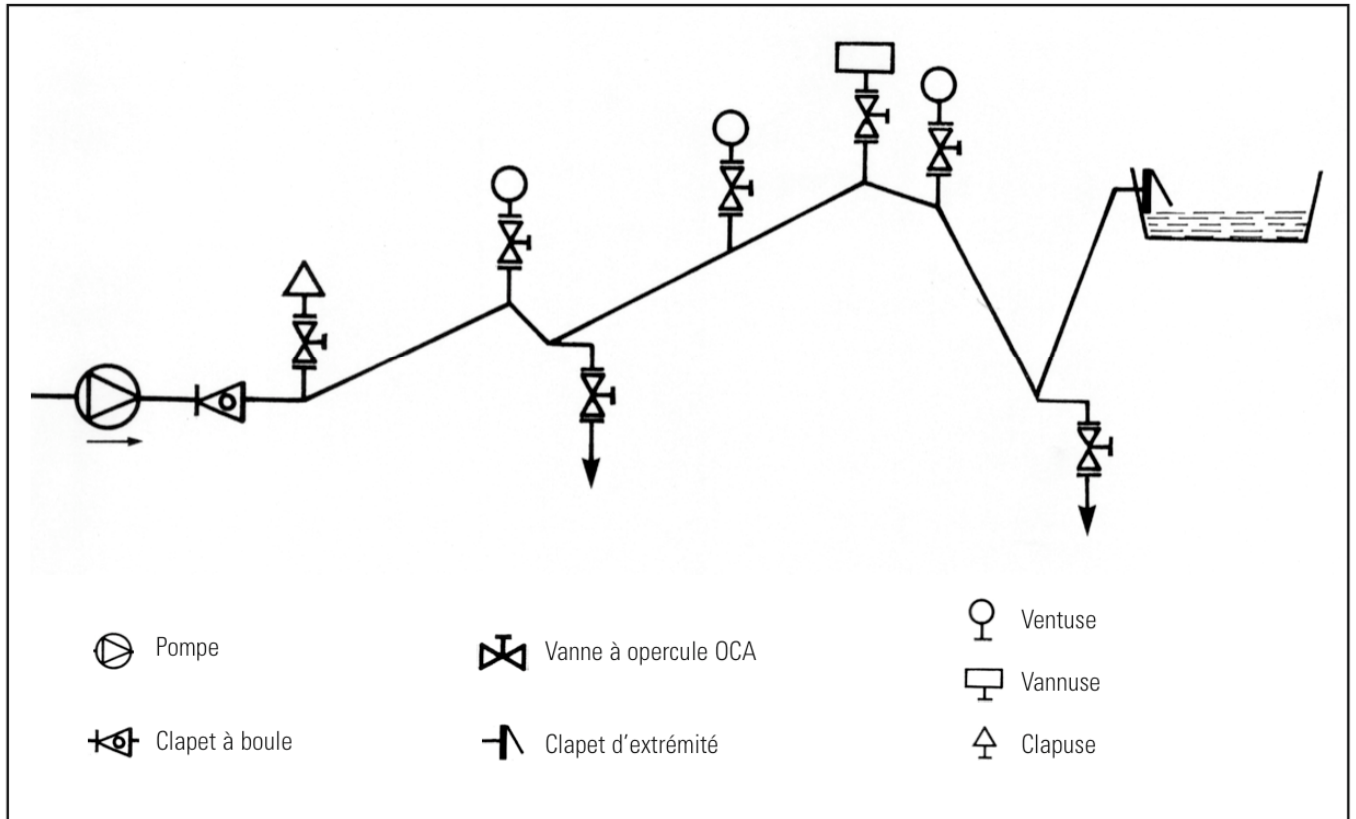


Schéma de ventouse triple fonction

Emplacement des appareils Entrée/Sortie d'air sur un réseau d'assainissement



b- Clapet anti-retour :

C'est dispositif de protection qui empêche le retour d'eau vers le sens contraire d'écoulement.



Photo d'un clapet à boule

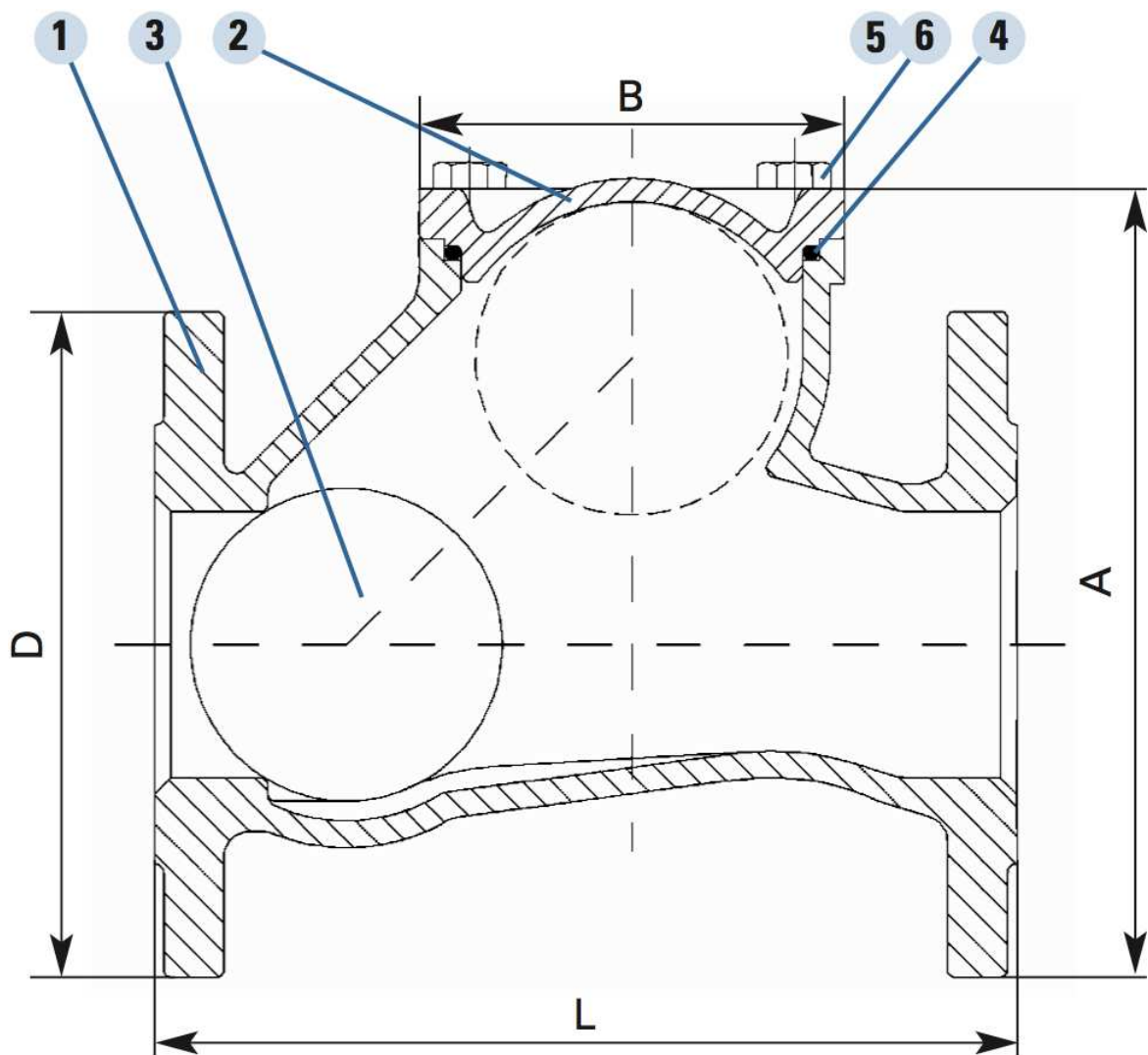


Schéma d'un clapet à boule

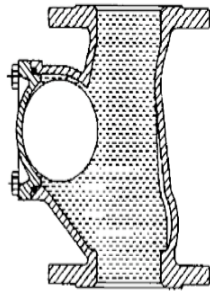


Fig. 1

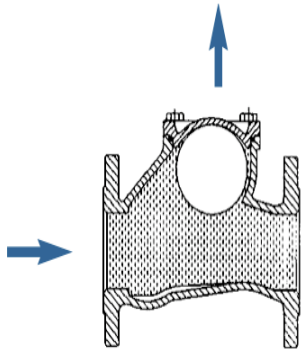


Fig. 2

Montage

Version standard

- Utilisation sur poste de refoulement.

Montage vertical avec siège vers le bas (Fig. 1)

ou montage horizontal avec logement de la boule vers le haut (Fig. 2).

La flèche indique le sens d'écoulement du fluide, pompes en fonctionnement (même sens que la flèche sur le clapet).



Schéma de montage d'un clapet anti-retour



Schéma de montage d'un clapet anti-retour

c- Vanne de sectionnement :

Permet l'arrêt d'eau en cas d'intervention ou d'entretien.

c1- Robinet vanne :



Photo d'une vanne à opercule

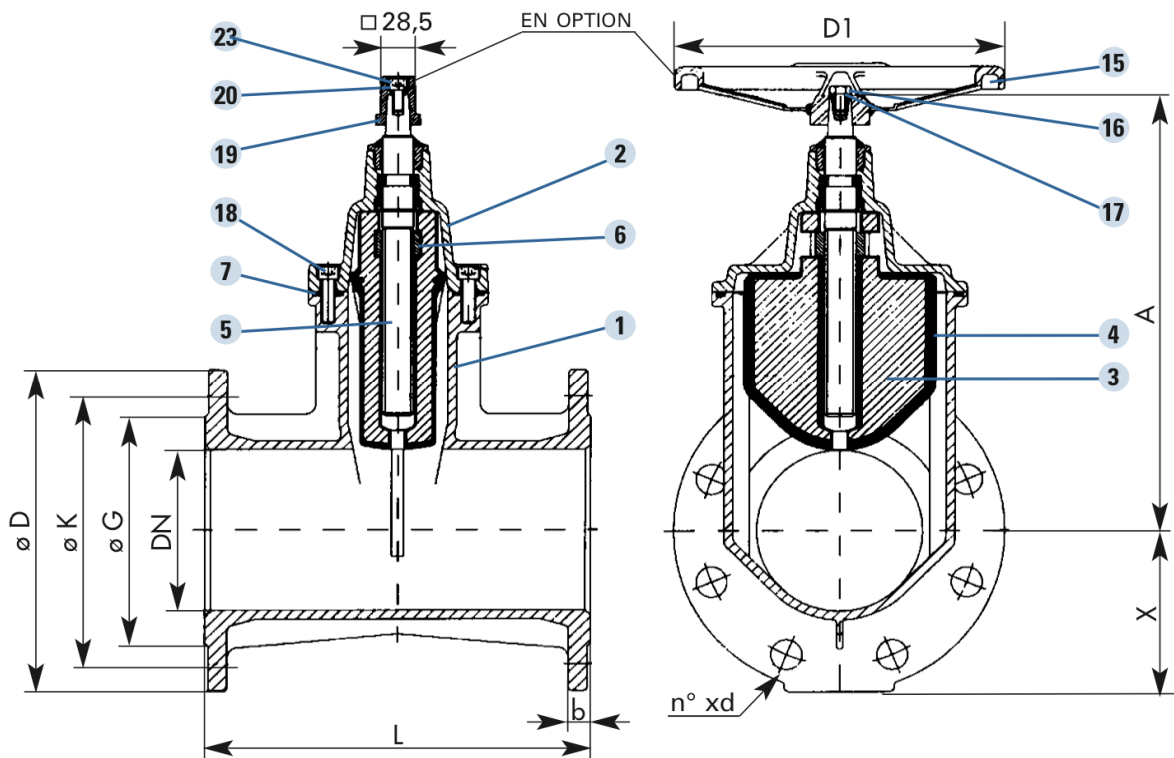
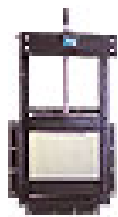


Schéma d'une vanne à opercule

c1- Vanne murale :



vanne murale à orifice circulaire



Vanne à ouverture rectangulaire

Exemples de photos de vannes murales

I-8-3- Meure de débit (débitmètre électromagnétique) :

Il sert à mesurer le débit qui sort de la station (débit de refoulement).



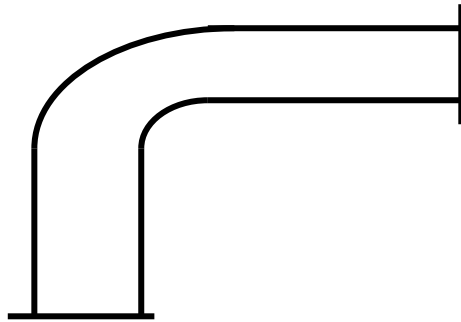
Photo d'un débitmètre électromagnétique



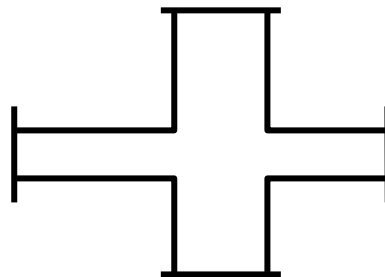
Photo d'un débitmètre électromagnétique

1-8-4- Raccords :

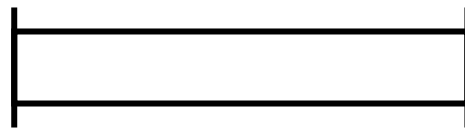
a- Coudes :



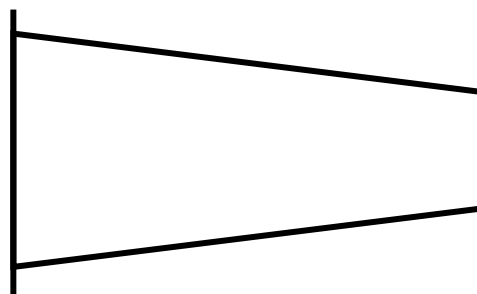
b- Tés :



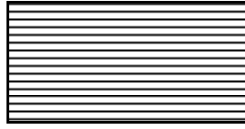
c- Manchons :



d- Cônes de réduction :



e- Joint de démontage :



f- Brides :



Anneau bride en acier

g- Joint :



Joint

I-8-5- Equipements de protection (Réservoir anti-bélier) :

Le ballon anti-bélier est chargé de protéger la conduite contre les régimes transitoires. Ce sont les variations de pressions générées par la disjonction simultanée de toutes les pompes qui sera plus particulièrement étudiée. Au moment de l'arrêt des pompes, l'air contenu dans le ballon se détend et pousse l'eau stockée dans la partie inférieure vers la conduite. On limite ainsi à des valeurs acceptables pour la canalisation les dépressions et surpressions qui résultent de cette transition.



Photo d'un réservoir anti-bélier

I-8-6- Equipements de contrôle et de régulation :

Les fonctions de contrôle et de régulation seront assurées au moyen d'un automate programmable piloté par les divers instruments décrits ci-dessous :

- Détecteurs de niveau à poires pour la mesure en continu du niveau et la commande normale de la station de pompage et des groupes de pompage,
- Détecteurs de niveau à poires pour le niveau très bas de sécurité, provoquant l'arrêt des groupes de pompage quand le niveau très bas est atteint dans la bêche d'aspiration, ainsi qu'une alarme sonore et visuelle,
- Détecteurs de niveau à poires pour le niveau très haut de sécurité, provoquant le démarrage des groupes de pompage quand le niveau du trop plein est atteint dans la bêche d'aspiration, ainsi qu'une alarme sonore et visuelle signalant le débordement de la bêche d'aspiration,

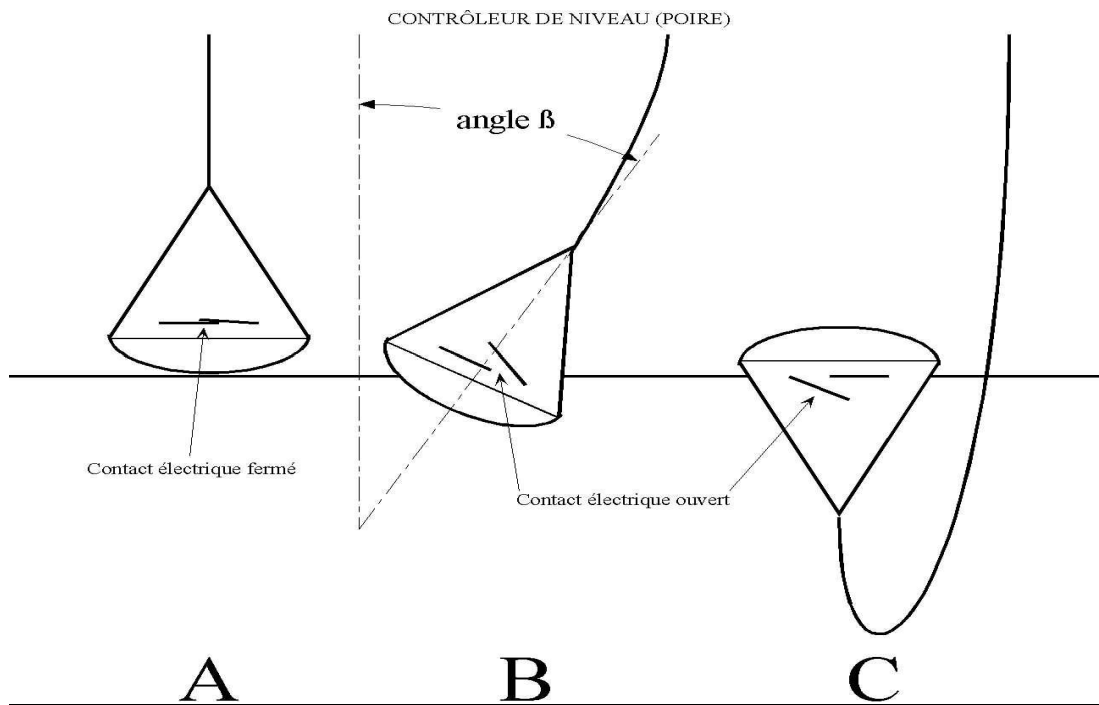


Schéma d'un système de régulation - type à poires



Photo d'un système de régulation - type à poires



Photo : exemples d'automates programmables

-55-

I-8-7- Trappes de visite :

Ce sont des trappes qui servent comme couverture pour les bâches, chambres des vannes, etc...

Elles sont prévues pour la sécurité et protection des personnes (ouvriers, exploitants, ...) Contre les accidents de travail (chute dans les ouvrages, etc...)

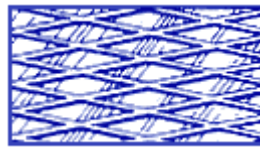
a- Tôles striées :

Sont en acier galvanisé à chaud.

Elles sont dimensionnées pour supporter les charges d'exploitation (poids des personnes qui circulent au niveau des ouvrages).

Elles doivent être aussi confectionnées et divisées en éléments faciles à manipuler par un agent d'exploitation lors des opérations d'intervention et d'entretien.

TÔLES STRIÉES



Épaisseur en mm	3/5	4/6	5/7	6/8	7/9	8/10	10/12
Dimensions en mm	Poids de la feuille en kg						
1000 X 2000	57	78	94	110	125	142	174
1250 X 2500	89	122	147	172	195	221	272
1500 X 3000	128	176	212	248	281	318	392

b- Grilles caillebotis :

Sont en acier galvanisé à chaud.

Elles sont dimensionnées pour supporter les charges d'exploitation (poids des personnes qui circulent au niveau des ouvrages).

Elles doivent être aussi confectionnées et divisées en éléments faciles à manipuler par un agent d'exploitation lors des opérations d'intervention et d'entretien.



I-8-8- Echelles de descente :

Sont généralement en acier inox (pour résister à la corrosion).

I-8-9- Equipements électriques :

a- Alimentation en énergie électrique

Raccordement électrique de la station de pompage à partir du réseau de la ville.

Ce raccordement peut être sur le réseau moyenne (MT) tension ou basse tension (BT), suivant bilan de puissance de la station ainsi qu'aux instructions et règlements de l'organisme distributeur d'électricité.

b- Poste de transformation électrique (en cas d'alimentation en moyenne tension)

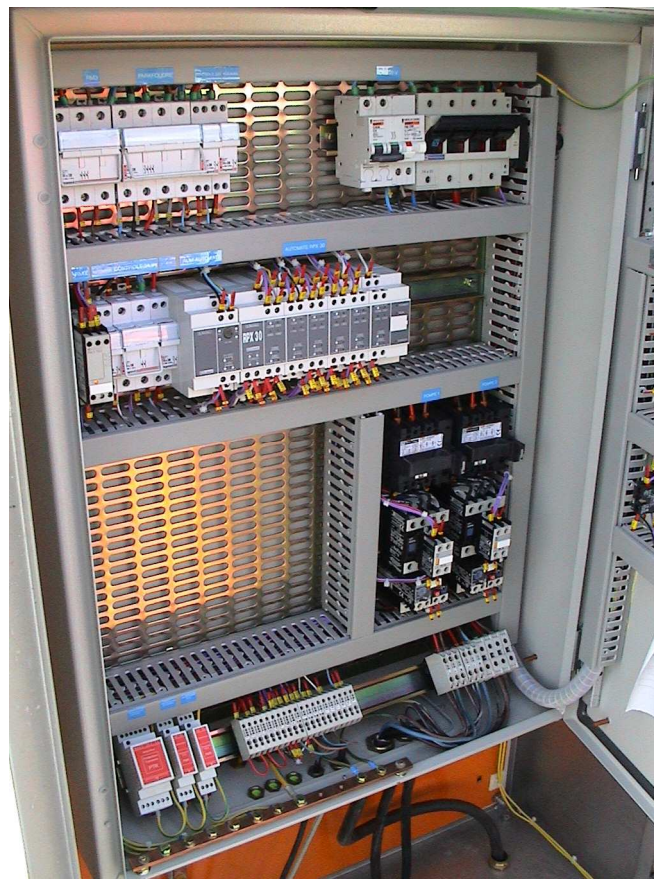


Exemple de photo d'un poste transformateur sur poteau



Exemple de photo d'un poste transformateur sous cabine

c- Armoire électrique et de commande :



Exemple de photo d'un armoire électrique et de commande :

CHAPITRE II :

**PRINCIPES DE CONCEPTION
ET DE DIMENSIONNEMENT**

CHAPITRE II : **PRINCIPES DE CONCEPTION ET DE DIMENSIONNEMENT**

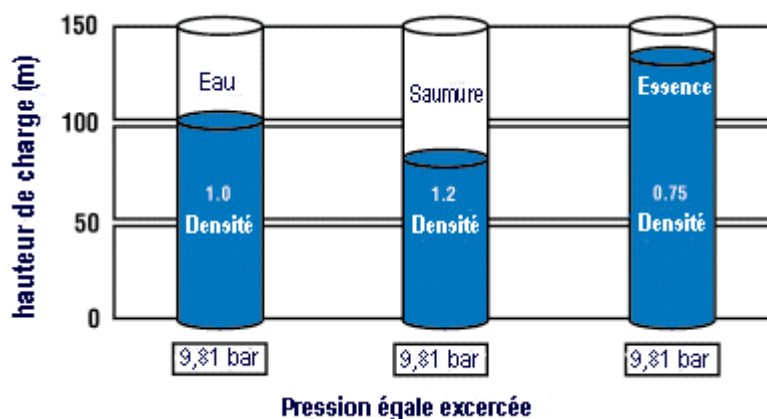
SOMMAIRE

- II-1- Densité du fluide**
- II-2- Charge hydraulique**
- II-3- Hauteur manométrique (HMT)**
- II-4- Pertes de charges**
- II-5- Puissance d'un groupe de pompage**
- II-6- Rendement d'un groupe de pompage**
- II-7- Notion de N.P.S.H**
- II-8- Notion de cavitation**
- II-9- Calcul moteur de pompe**
- II-10- Motorisation**
- II-11- Courbes caractéristiques d'une pompe**
- II-12- Choix et dimensionnement de la pompe**
- II-13- Dimensionnement de la bêche**
- II-14- Choix et dimensionnement des autres équipements**
 - II-14-1- Dégrilleur**
 - II-14-2- Ventouse triple fonctions**
 - II-14-3- Clapet anti-retour**
 - II-14-4- Vanne de sectionnement**
 - II-14-5- Armoire électrique**
 - II-14-6- Contrôle de niveau**
 - II-14-7- Mesure de débit**
 - II-14-8- Mesure de pression**
 - II-14-9- Mesure de H2S**
 - II-14-10- Trappes de visite**
 - II-14-11- Equipement de véhicule de maintenance**
 - II-14-12- Besoins d'informations**
 - II-14-13- Moyens de transmission**

II- 1- Densité du fluide

La densité est un facteur important à considérer lors du dimensionnement d'une pompe. La densité d'un liquide peut affecter la pression de sortie d'une pompe. Sur une hauteur verticale identique, un liquide plus lourd que l'eau exige une plus grande force pour véhiculer le fluide.

Le graphique ci-dessous compare en hauteur de liquide pour une pression identique les hauteurs de liquides ayant des densités différentes. Une colonne d'eau de 100 m (densité de 1 ou 1000kg/m³) exerce une pression de 9,81 bar, alors qu'une colonne de 83 m de saumure (liquide plus lourd) et une colonne 133 m d'essence (liquide plus léger) sont nécessaires pour exercer la même pression.



II- 2- Charge hydraulique (Hh) :

$$Hh \text{ (en Pa)} = (9,81 * Z * \rho)$$

- ρ = masse volumique du liquide en kg/m³.
- 9.81 = Intensité moyenne de la pesanteur.
- Z = Hauteur géométrique (d'aspiration ou de refoulement ou les deux) en mètre d'eau, mCE.

II- 3- Hauteur manométrique totale (HMT) :

Pour véhiculer un liquide d'un endroit à un autre, la pompe doit fournir une certaine pression appelée hauteur manométrique totale, cela dépend des conditions d'aspiration et de refoulement.

Considérons l'installation sur le schéma ci-dessous.

Pour que l'eau arrive au réservoir, il faut que la pompe fournisse une pression suffisante pour relever l'eau à une hauteur égale à l'élévation entre le puits et la réserve :

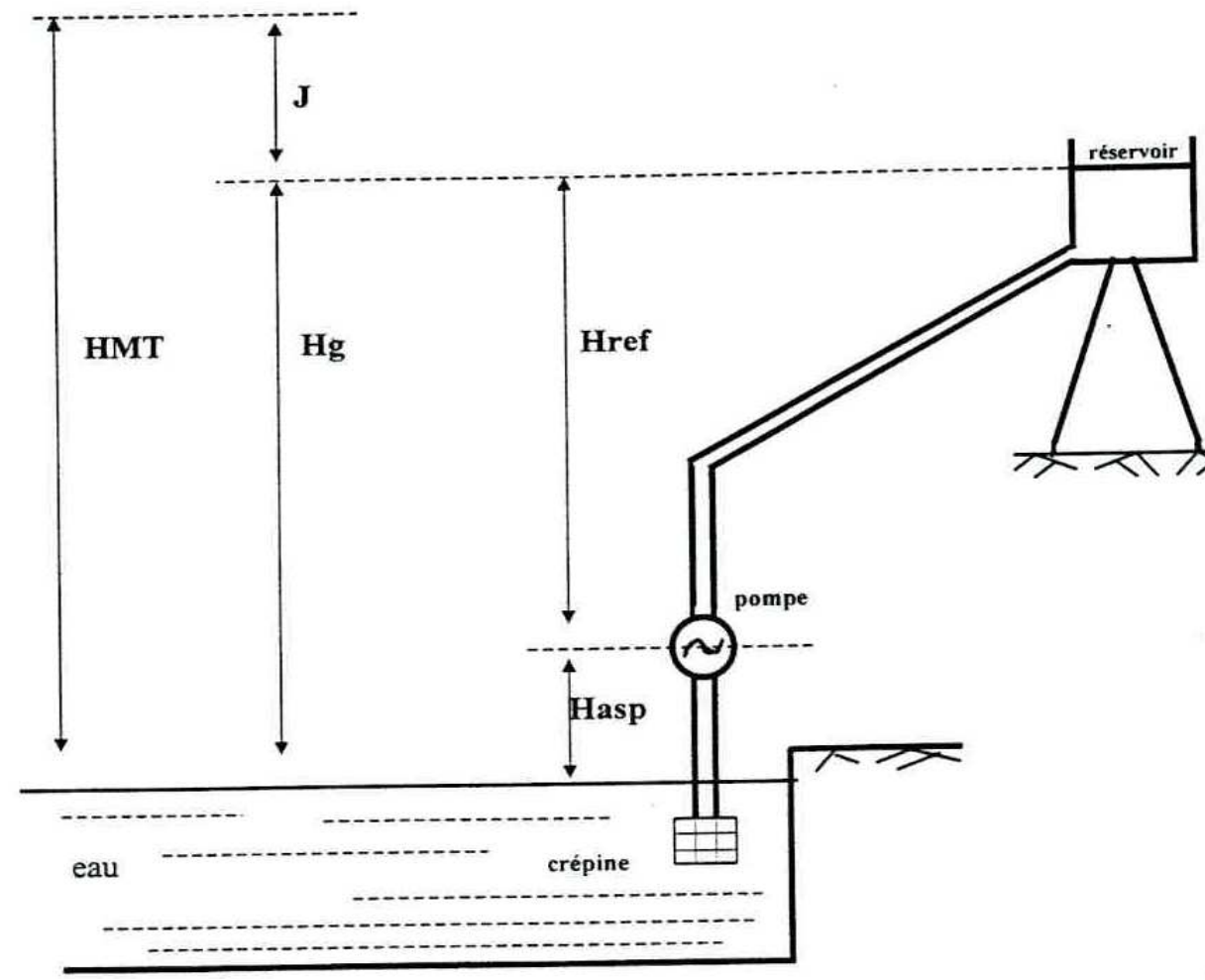
Cette élévation est égale à H_g : **Hauteur géométrique totale**

or l'écoulement de l'eau dans ce circuit hydraulique s'accompagne d'une perte de charge totale J_{totale} qui doit être compensé par la pompe.

Donc la pompe doit fournir une hauteur totale égale à la somme de la hauteur géométrique entre le réservoir et le puits et les pertes de charges dans les canalisations : c'est la **hauteur manométrique totale** qu'on note généralement **HMT**.

$$\text{HMT} = H_g + J_{\text{totale}}$$

L'unité de la HMT est le mètre



II-4- Pertes de charges :

II-4-1- Pertes de charges linéaires :

Elles sont causées par les frottements des particules d'eau entre elles et les frottements contre les parois de la canalisations. Ces pertes se produisent le long des conduites et dépendent de :

*** Nature de la canalisation :**

Cela concerne essentiellement l'état de surface des parois internes des conduites. Ainsi une conduite ancienne crée plus de pertes qu'une conduite nouvellement posée. A titre d'exemple : Les conduites en PVC et polyéthylène ont des parois internes plus lisses que les conduites en Béton.

*** Diamètre de la canalisation :**

Les pertes de charges linéaires dans une conduite de faible diamètre sont plus importantes que celles dans une conduite de diamètre plus grand.

*** Débit de l'eau dans la canalisation :**

Une augmentation du débit d'eau dans les conduites a pour effet d'augmenter les pertes de charge linéaires. Elles varient comme le carré du débit d'écoulement.

*** Longueur de la canalisation :**

les pertes de charges varient linéairement avec la longueur de la canalisation. Sur une conduite de longueur importante, les pertes seront plus grandes.

II-4-2- Pertes de charges singulières :

Ces pertes se produisent localement, à l'endroit des accessoires installés sur la canalisation. Ces accessoires constituent un obstacle à l'écoulement.

Exemple d'accessoires :

Vanne, Coude, Compteurs, Te....

II-4-3- Pertes de charges totales :

La perte de charge totale créée dans une canalisation est égale à la somme des pertes de charges linéaires et singulières et s'exprime en mètre.

$$\mathbf{J_{totale} = J_{linéaire} + J_{singulière}}$$

3.5 - PERTES DE CHARGE UNITAIRE :

La perte de charge unitaire est égale à la perte de charge totale par unité de longueur de conduite. Elle s'exprime en m/m ou m/Km et a pour expression :

$$\mathbf{j = \frac{J_{totale}}{L}}$$

avec :

- j** : pertes de charge unitaire en m/m
 - J_{totale}** : pertes de charges totales en m
 - L** : longueur de la canalisation en m.
-

II-5- Puissance d'un groupe de pompage :

Un groupe de pompage est constitué d'un moteur électrique qui fait tourner une pompe.

Le rôle de ce groupe est de transformer la puissance électrique en une puissance hydraulique qui permet à l'eau d'atteindre des niveaux élevés.

Elle a pour expression :

$$P_{\text{HYDRAULIQUE}} = \rho g Q H$$

avec :

$P_{\text{HYDRAULIQUE}}$: Puissance hydraulique de la pompe en Watt : W
 ρ : masse volumique de l'eau = 1000 Kg/m³
 Q : débit pompé en m³/s
 H : HMT en m

II- 6- Rendement d'un groupe de pompage :

Le rendement d'un groupe permet de mettre en évidence la partie de l'énergie perdue lors du fonctionnement du groupe. Il s'exprime par :

$$\eta = \frac{P_{\text{HYDRAULIQUE}}}{P_{\text{ELECTRIQUE}}}$$

η : Rendement global du groupe
 $P_{\text{HYDRAULIQUE}}$: Puissance hydraulique
 $P_{\text{ELECTRIQUE}}$: Puissance électrique

II-7- Notion de N.P.S.H (Net Positive Head) ou hauteur de charge nette absolue)

Une pompe possède une capacité maximum d'aspiration qui est la valeur du vide qu'elle peut produire. Cette caractéristique varie suivant le type et la conception technique de la pompe.

Théoriquement, la hauteur maximale d'aspiration, dans une cavité où règne le vide absolu, est égale à la pression atmosphérique, c'est à dire à 1013 mbar au niveau de la mer (10,33 m d'eau). Elle diminue progressivement quand l'altitude augmente.

En réalité cette hauteur est limitée, non seulement par les pertes de charge dans la conduite d'aspiration mais également par les propriétés physiques à chaque type de liquide.

- Qu'est-ce le N.P.S.H.?

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.

- Pression atmosphérique (Patm) :

Dans un même lieu cette pression atmosphérique de 1013 mbar au niveau de la mer peut varier selon les conditions météorologiques. Il n'est pas rare d'entendre d'une dépression de 960 mbar, ce qui représente une variation de 53 mbar par rapport à la pression atmosphérique normale.

La pression atmosphérique pratique d'aspiration généralement adoptée est une variation en moins de 25 à 30 mbar, pour se placer dans des conditions normales défavorables, soit de 985 mbar.

- Pression de vapeur saturante (Pv)

C'est la pression de vapeur maximale que l'air peut supporter à une température donnée. C'est le cas de l'air en contact de l'eau. La pression de vapeur saturante augmente avec la température.

A une température donnée, un liquide à une pression d'ébullition bien donnée correspond sa tension de vapeur. Si la pression en un point de ce liquide devient inférieure à la tension de vapeur, il entre en ébullition.

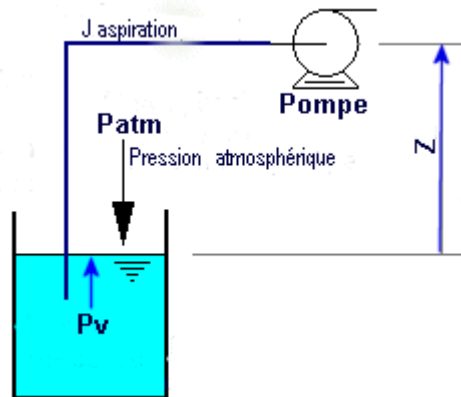
Ces valeurs sont données sur ce site dans la **table d'eau à la pression atmosphérique**.

Pour un mélange de liquides, on prend comme valeur la tension de la vapeur de la fraction la plus volatile, donc la tension de vapeur la plus élevée.

Dans une enceinte fermée, il se vaporise jusqu'à ce que la pression se rétablisse. A l'air libre, au contraire, il se vaporise complètement.

Pour le pompage d'eau à 20°C, la tension de vapeur est de 2337 Pa (0,24 mCE). Pour une eau chaude, elle peut être de plusieurs mètres (101325 Pa ou 10,33 mCE à 100°C)

Calcul du NPSH disponible pour une pompe aspirante dans une nappe d'eau à l'air libre :



$$\text{NPSH (en Pa)} = P_{atm} - P_v - J_{asp} - H_h$$

Pour convertir le NPSH exprimé Pa, en :

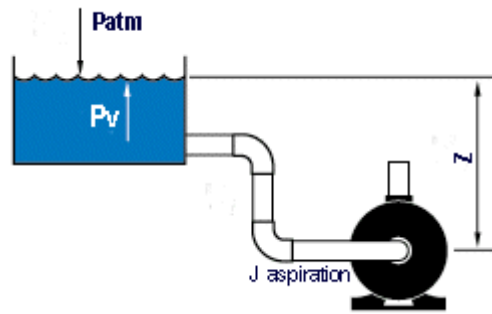
1. NPSH en mètre de colonne d'eau = $(P_{atm} - P_v - J_{asp} - H_h) / 9810$
2. NPSH en mètre de liquide = $((P_{atm} - P_v - J_{asp} - H_h) / \rho) / 9,81$

- P_{atm} = Pression atmosphérique (dépend de l'altitude) en Pa
- P_v = Pression absolue (Pa) de vaporisation du fluide, voir [table eau](#)
- J_{asp} = Pertes de charge de la conduite d'aspiration en Pa
- H_h = Charge hydraulique du fluide

$$H_h \text{ (en Pa)} = (9,81 * Z * \rho)$$

- ρ = masse volumique du liquide en kg/m³.
- 9.81 = Intensité moyenne de la pesanteur.
- Z = Hauteur géométrique (d'aspiration ou de refoulement ou les deux) en mètre d'eau, mCE.

- Calcul du NPSH disponible pour une pompe en charge :



$$\text{NPSH (en Pa)} = P_{atm} - P_v - J_{asp} + H_h$$

- NPSH en mètre de colonne d'eau = $(P_{atm} - P_v - J_{asp} + H_h) / 9810$
- NPSH en mètre de liquide = $((P_{atm} - P_v - J_{asp} + H_h) / \rho) / 9,81$

- NPSH requis

C'est la hauteur minimum de liquide (supposé à sa température d'ébullition), nécessaire au-dessus de l'aspiration, pour empêcher la cavitation.

Il dépend:

- du type de pompe
- du point de fonctionnement

Il est donné par le fabricant de la pompe sous la forme d'une courbe donnant le NPSH requis (en mètre de liquide) en fonction du débit.

Exprimé ainsi (en mètres de liquide), le NPSH est indépendant de la nature du liquide pompé.

Il est toujours positif et généralement de quelques mètres (2 à 5 mètres)

Quelques pompes spéciales, dites à faible NPSH autorisent des valeurs inférieures à 1 mètre.

Il est indispensable que le NPSH disponible dans le système hydraulique soit plus élevé que le NPSH requis par la pompe. Généralement on prend une marge de sécurité supplémentaire de 0,5 m.

II-8- Notion de cavitation (voir aussi plus loin : pages 77 à 79):

Est un terme employé pour décrire le phénomène qui se produit dans une pompe quand le NPSH est insuffisamment disponible. La pression du liquide est réduite à une valeur égale ou inférieure à sa pression de vapeur là où les petites bulles ou poches de vapeur commençant à se former.

Le bruit d'accompagnement est le moyen le plus facile pour identifier la cavitation. La vibration et les dommages mécaniques tels que la défaillance de roulement peuvent également se produire en raison du fonctionnement dans la cavitation.

Le seul moyen d'empêcher les effets indésirables de la cavitation c'est de s'assurer que le NPSH disponible dans le système est plus élevé que le NPSH requis par la pompe.

Le circuit de refoulement n'intervient pas dans les problèmes de cavitation.

Il ne faut jamais placer de vanne de réglage ou de vanne d'isolement sur la conduite d'aspiration.

II-9- Calcul moteur de pompe

L'énergie absorbée par la pompe se décompose-en :

- Energie mécanique fournie au fluide (Circuit fermé)

C'est la puissance hydraulique communiquée au liquide lors de son passage à travers la pompe.

Cette puissance mécanique est donnée par la formule suivante :

$$P = Q \cdot H_m \cdot 9810$$

Avec :

- P = Puissance transmise au fluide par la pompe en Watt.
- Q = débit en m³/s.
- H_m = Energie volumique ou perte de charge du réseau hydraulique exprimé en m.

- Energie mécanique en charge hydrostatique (fluide sur circuit ouvert)

$$P = Q \cdot \rho \cdot H \cdot 9.81$$

Avec :

- P = Puissance transmise au fluide par la pompe en Watt.
- Q = débit en m³/s.
- ρ = masse volumique du liquide en kg/m³.
- H = hauteur de charge en mètre.
- 9.81 = Intensité moyenne de la pesanteur.

- Energie dégradée exprimée par le rendement de la pompe (Puissance à l'arbre de la pompe)

C'est la puissance mesurée sur l'arbre de la pompe.

L'énergie mécanique nécessaire à une pompe est toujours supérieure à l'énergie transmise au fluide, suite aux différents frottements des organes de rotation.

$$P_{mec} = \frac{P_f}{R_v \cdot R_t}$$

Avec :

- P_{mec} = Puissance mécanique nécessaire à la pompe.
- P_f = Puissance transmise au fluide.
- R_v = rendement mécanique du ventilateur.
- R_t = rendement de la transmission.

Dans les pompes centrifuges, l'essentiel de l'énergie dégradée chauffe le liquide pompé.

Dans les pompes alternatives, l'essentiel de l'énergie dégradée l'est dans les transmissions mécaniques et n'est pas communiquée au liquide.

Les rendements généralement admis sont :

- Pompes à piston = 0,6 à 0,7
- Pompes centrifuges = 0,4 à 0,8

II-10- Motorisation :

Lors du choix du moteur, c'est la puissance absorbée par la pompe qui détermine la puissance délivrée par le moteur et donc aussi la puissance absorbée au réseau. Il faut donc prendre garde à ce que le moteur ait une puissance suffisante pour satisfaire toutes les situations de fonctionnement de l'installation.

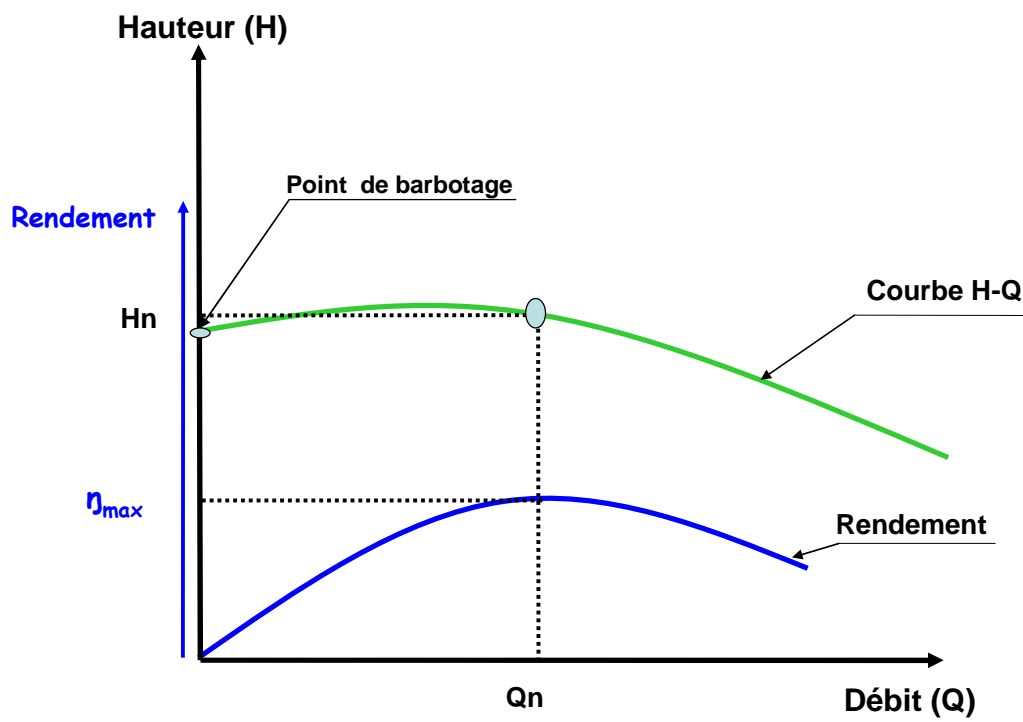
Prenons le cas d'une pompe ayant une puissance absorbée de 8.5 kW. Le moteur fournira ces 8.5 kW, indépendamment du fait qu'il soit conçu pour 7 kW ou 10 kW. Un moteur de 7 kW, devant fonctionner à 40°C, serait donc toujours surchargé de 21.5 %.

La conséquence directe d'une surcharge du moteur est une augmentation de la température du bobinage. Lorsqu'elle dépasse la température limite prévue selon la classe d'isolation choisie correspondant à une durée de vie acceptable (30 000 h), la durée de vie de l'isolation diminue. Un dépassement de la température limite de 8-10°C, diminue la durée de vie de l'isolation d'environ la moitié. Des dépassements de 20°C signifie un raccourcissement de 75 %.

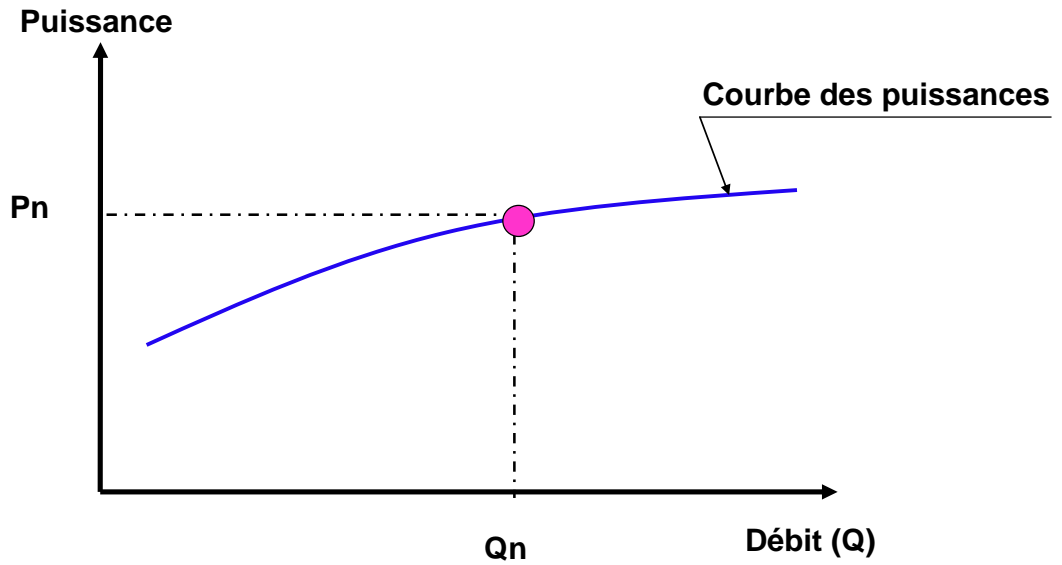
Les moteurs de construction standard sont prévus pour une utilisation à température ambiante maximale de 40°C (et une altitude maximale du site de 1 000 m). Tout écart nécessite une correction des puissances nominales.

II-11- Courbe caractéristique d'une pompe :

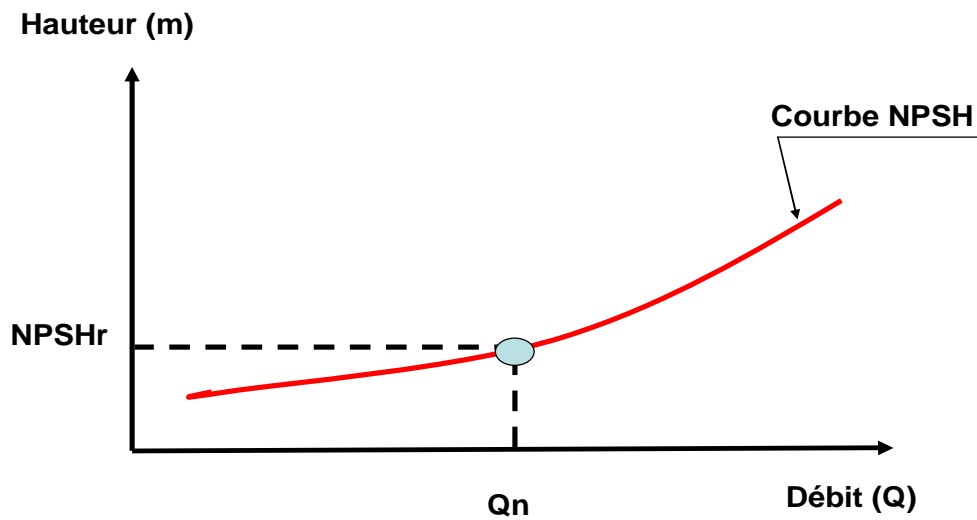
Courbes caractéristiques



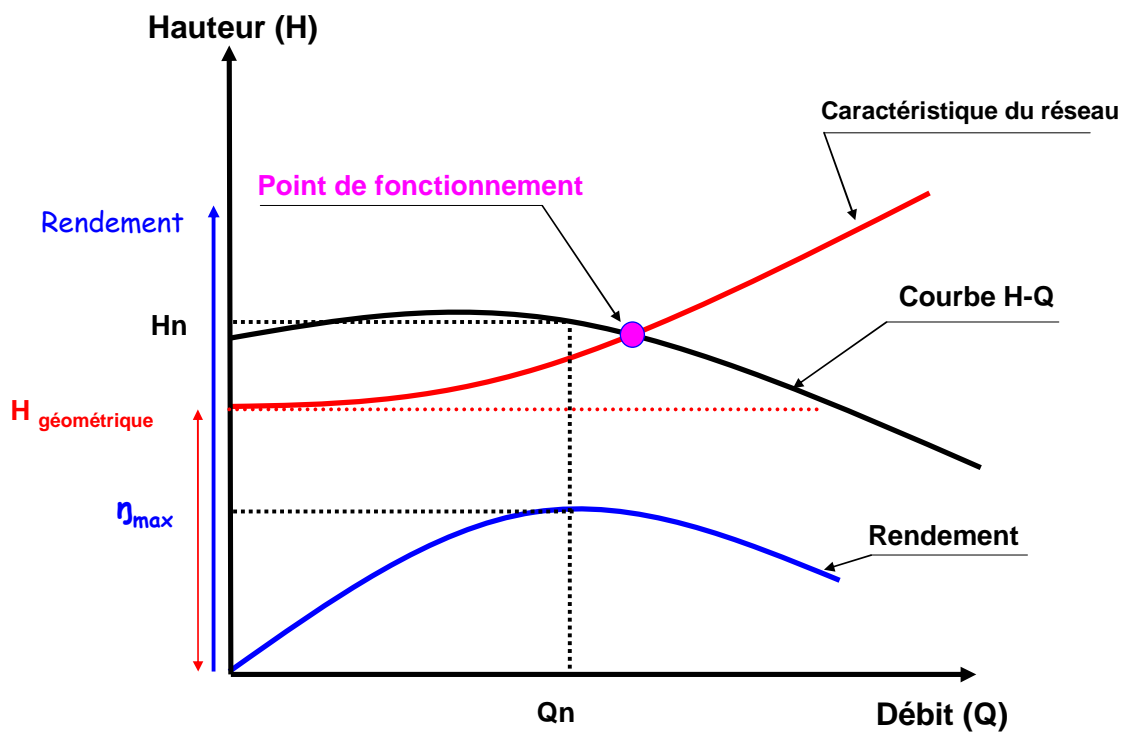
Courbes caractéristiques



Courbes caractéristiques



Point de fonctionnement





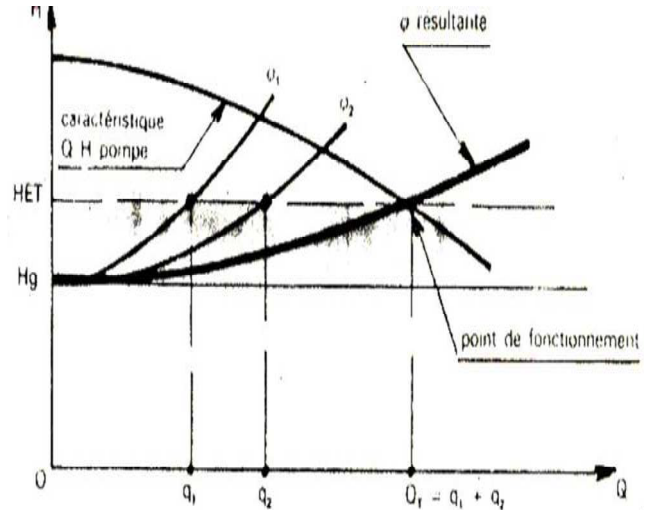
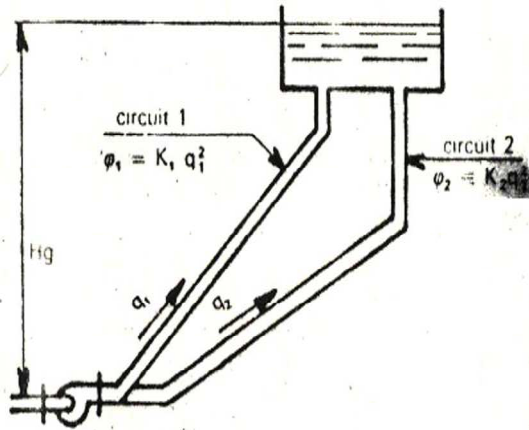
Information Technique

KX4483-G136

<p>Caractéristiques spécifiques</p> <p>Débit 0 m³/h Hauteur 0 m Rendement hydraulique % Puissance nécessaire NPSH Fluide Eau, propre Température 20 °C Pompe type Pompe seule No. of pumps 1</p>		<p>Norme de test ISO 9906</p>																				
<p>Pump data</p> <p>Type KX4483-G136 Fabricant HOMA Series K(X) Roue Roue multicanal Taille de roue 415 mm Taille de roue 100 mm Refoulement DN200</p>																						
<p>Caractéristique moteur</p> <p>Voltage nominal 400 V ST/DR Fréquence 50 Hz Puissance absorbée (P2) (output) 33.2 kW Rated speed 960 tr/min Nombre de pôles 6 Rendement 90 % Rated current 67.5 A Degré de protection IP 68</p>																						
<p>Matériaux</p> <p>Carcasse moteur Fonte grise GG25 Volute Fonte grise GG25 Roue Fonte grise GG25 Pièce d'usure de la volute Bronze Arbre moteur Acier inoxydable 1.4104 Boulons Acier inoxydable Elastomère Caoutchouc nitrile Enveloppe moteur Acier inoxydable Garniture mécanique SiC/SiC Garniture mécanique côté moteur SiC/SiC Roulement supérieur Roulement à bille Roulement inférieur Roulement à bille angulaire à deux rangées</p>		<p>Installation en fosse humide avec barres de guidage DN200 Moteur G</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">Tableau Dimension (mm)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>B</td> <td>878</td> </tr> <tr> <td>b1</td> <td>560</td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>660</td> </tr> <tr> <td>c1</td> <td>291</td> </tr> <tr> <td>D</td> <td>1552</td> </tr> <tr> <td>DN1</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>DN2</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>DN5</td> <td>200</td> </tr> <tr> <td>E</td> <td>160</td> </tr> </tbody> </table>	Tableau Dimension (mm)		B	878	b1	560	C	660	c1	291	D	1552	DN1	200	DN2	200	DN5	200	E	160
Tableau Dimension (mm)																						
B	878																					
b1	560																					
C	660																					
c1	291																					
D	1552																					
DN1	200																					
DN2	200																					
DN5	200																					
E	160																					
Project	Project no.:	Créé par	Page 1	Date: 27.05.2005																		

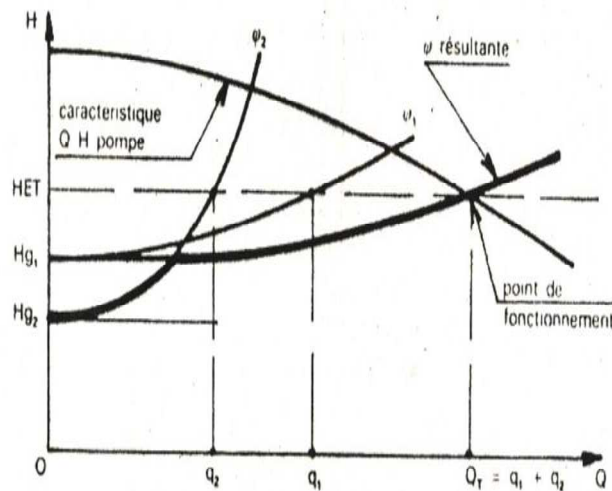
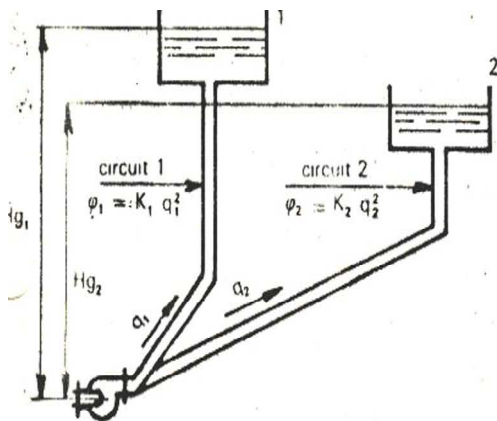
Point de fonctionnement

Situations diverses



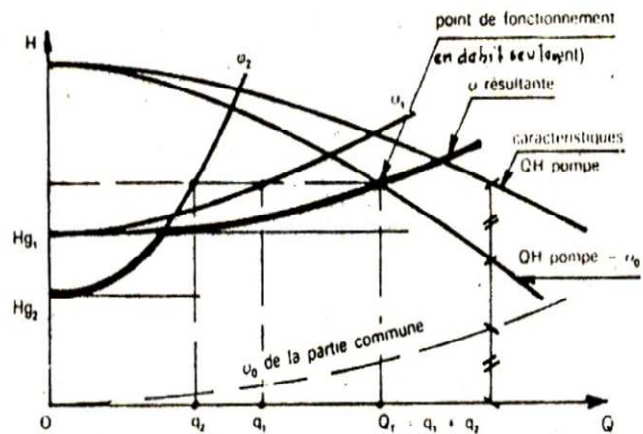
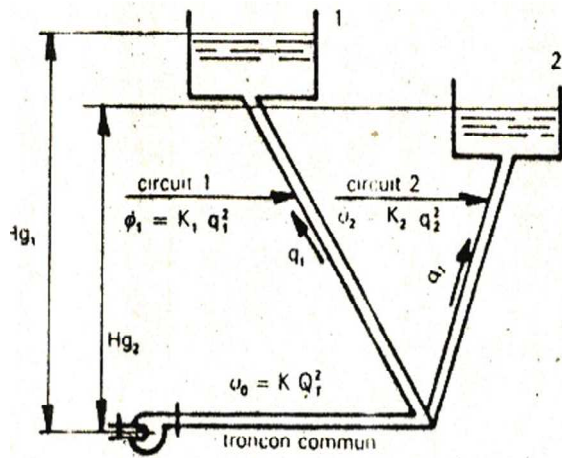
Point de fonctionnement

Situations diverses

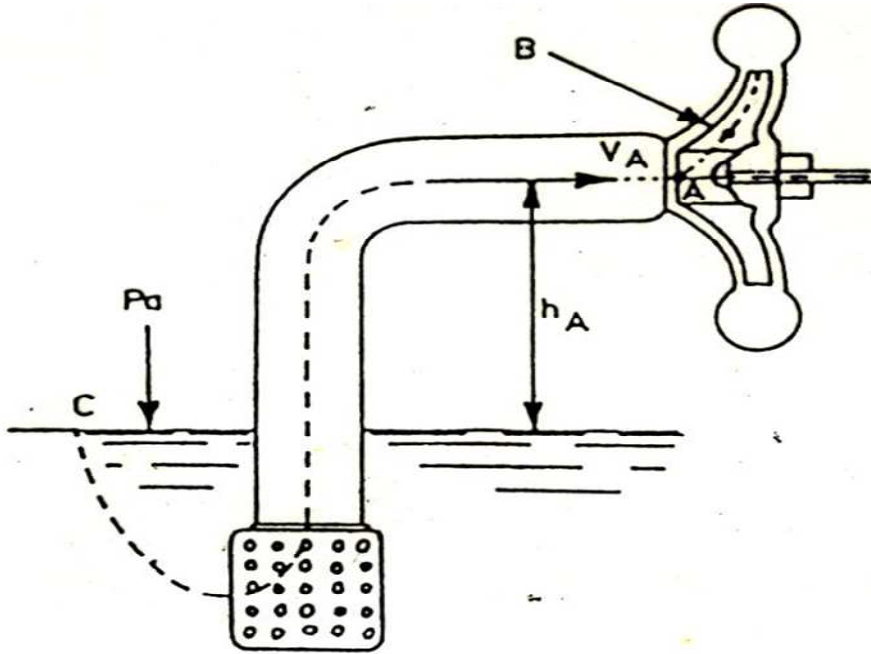


Point de fonctionnement

Situations diverses



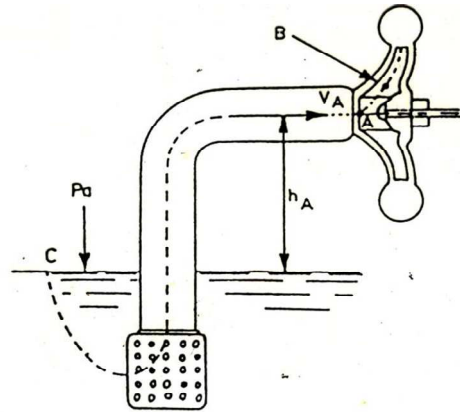
La cavitation des pompes



La cavitation des pompes

Diminution de pression:

- ✓ Augmentation de la hauteur géométrique
- ✓ Augmentation des pertes de charge
- ✓ Diminution de la PA
- ✓ Augmentation de la température de l'eau
- ✓ Augmentation du débit de pompage
- ✓ Augmentation de la vitesse de la roue



La cavitation des pompes

Conséquence :

- ❖ Chute des caractéristiques : baisse des performances
 - ❖ Usures des organes (roue) : durée de vie réduite
 - ❖ Mécaniques : vibrations
-
- ✓ La cavitation est reconnue à son bruit semblable à un broyage.
 - ✓ L'aspect des surfaces érodées par cavitation est spongieux

II-12- Choix et dimensionnement de la pompe :

▪ Point de fonctionnement :

Sur la base du débit maximal QEm, on calcule :

- Diamètre de refoulement de la pompe ($V < 2,5$ m/s).
- Diamètre de la canalisation ($0,6 < V < 1,0$ à $2,0$ m/s).
- Perte de charge au refoulement ΔH .
- La hauteur manométrique totale : $HMT = HG + \Delta H$
- Point de fonctionnement (QEm et HMT).

Rappel :

Formule de Colebrook

Celle-ci s'écrit :

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \log_{10} \left[\frac{k}{3,71 \cdot D} + \frac{2,51}{Re} \frac{1}{\sqrt{\lambda}} \right]$$

et donne la valeur de λ à porter dans la formule fondamentale de Darcy

$$J = \frac{\lambda V^2}{2 g D}$$

Tables de pertes de charge dans les conduites d'eau

Les formules empiriques de pertes de charge utilisées jusque vers 1950 comportaient une marge de sécurité prudente; la formule de Colebrook, qui leur a succédé, a donné une base scientifique nouvelle à l'étude des pertes de charge et permis une précision plus grande dans leur calcul. En même temps, il est devenu possible d'unifier et de réduire les marges de sécurité grâce à l'emploi généralisé des revêtements centrifugés modernes, qui présentent de hautes qualités hydrauliques et les conservent dans le temps. Ainsi, le maître de l'œuvre est en mesure d'apprécier de façon plus efficace l'influence de la qualité des eaux.

C'est donc à l'aide de la formule de Colebrook, complétée par celle de Darcy, que les valeurs contenues dans les tables des pages ci-après ont été calculées.

Elles correspondent à une viscosité cinématique de $1,301 \times 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$ — très sensiblement celle de l'eau à 10°C — et aux deux coefficients de rugosité équivalente :

$$k = 3 \times 10^{-5} \text{ m} = 0,03 \text{ mm};$$

$$k = 10 \times 10^{-5} \text{ m} = 0,1 \text{ mm}.$$

Le coefficient $k = 0,03 \text{ mm}$ correspond à la valeur moyenne des pertes de charge « tuyau seul » mesurées en 1960 par les laboratoires SOGRÉAH, à Grenoble, sur des tuyaux en fonte revêtus de mortier de ciment centrifugé; ces pertes de charge présentent une marge de sécurité voisine de 7 % par rapport à l'idéalement lisse. Elles ont servi de base à l'accord auquel ont abouti, le 19 mars 1964, les travaux de la Commission technique Pertes de charge de la Chambre syndicale nationale de l'Hygiène publique et qui conclut à l'équivalence hydraulique entre les divers matériaux : acier endoplasté, amiante-ciment, béton centrifugé, fontes pourvues de revêtements centrifugés modernes, PVC rigide.*

Le coefficient $k = 0,1 \text{ mm}$ est celui que les services techniques de PONT-A-MOUSSON S.A. conseillent d'adopter pour les conduites en service et utilisent eux-mêmes pour ces conduites. Il comporte une marge de sécurité moyenne de l'ordre de 20 % par rapport aux pertes de charge correspondant à l'idéalement lisse, et de 13 % par rapport à celles qui correspondent au coefficient $k = 0,03 \text{ mm}$; il convient, dans les conditions normales, pour les conduites posées suivant les règles de l'art et transportant des eaux suffisamment filtrées et traitées pour ne pas créer de problèmes de dépôts ni de sédimentations.

A noter qu'à l'idéalement lisse correspondrait un coefficient $k = 0$.

Les tables donnent les valeurs des pertes de charge et des débits pour les diamètres les plus courants. La série de diamètres retenus correspond au cas général à tous matériaux : il s'agit de diamètres intérieurs égaux aux diamètres nominaux les plus usuels dans les canalisations sous pression, de 40 à 2 000 mm

Les tables correspondantes se trouvent aux pages ci-après. Les valeurs qu'elles contiennent ont été obtenues à l'aide d'un ordinateur et comportent toute la précision utile en la matière. L'impression a été faite à partir de photographies des documents fournis par l'ordinateur, cette reproduction directe assure l'exactitude des chiffres contenus dans leurs colonnes.

Nota : Utilisation des tables pour les fluides de viscosités diverses (se reporter au chapitre correspondant).

* Le rapport établi par cette commission comporte le passage suivant :

« La Commission technique propose, en conclusion de ses travaux, d'admettre qu'en pratique, dans la gamme des diamètres considérés, les tuyaux en PVC, amiante-ciment, fonte revêtus intérieurement par centrifugation, béton centrifugé, acier endoplastés sont hydrauliquement équivalents, c'est-à-dire qu'à diamètre égal ils permettent d'assurer le même débit pour la même perte de charge, les écarts calculés d'après les formules préconisées pour chacun de ces matériaux restant de l'ordre des erreurs « probables » des déterminations expérimentales de base. »

- **Choix du type de Pompe :**

Sur la base de la nature de l'eau on détermine le type de pompe.

- Eau fortement chargée et abrasive : roue à vortex (faible rendement hydraulique de 25 à 50 %).
- Eau avec des fibres longues : roue monocanal (50 à 75 %).
- Eau usée normale : roue multicanal (60 à 80 %).
- Point de fonctionnement (Q, H et Pm).
- Détermination de la pompe

- **Sélection de la pompe :**

- Il faut choisir :

- Le type de roue adapté à l'eau à transporter (voir plus haut).
- Le passage libre dans la roue (le panier de dégrillage sera d'une maille juste inférieure).
- Une pompe qui dispose d'un carter isolé par deux garnitures mécaniques et un contrôle d'humidité dans l'huile.
- Des contrôles d'échauffement du moteur.
- Une pompe qui est proche du point de fonctionnement défini.
- Une puissance moteur permettant le fonctionnement continu sur toute la courbe de la pompe.

- **Installation de la pompe :**

- Il faut choisir :

- Le type d'installation de la pompe (à sec ou immergée).
- Le type de refroidissement du moteur.
- L'alimentation électrique du moteur (BTA uniquement).
- Le type de démarrage du moteur.

- **Fonctionnement de la pompe :**

- Le nombre de pompes fonctionnant en parallèle (une seule normalement).
- Le type de permutation des pompes installées (à chaque démarrage normalement).
- Les aménagements éventuels de la commande pour éviter les dépôts de boues et de graisses dans la bêche de pompage.

II-13- Dimensionnement de la bête :

▪ **Volume de marnage minimal :**

Pour conserver au moteur sa température normale de fonctionnement, un volume de marnage est nécessaire.

Ce volume est fonction du :

- Nombre normal de démarrage dans l'heure donné par le constructeur (démarrage direct).
- Type de démarrage utilisé (direct, électronique, ...).
- Type de permutation des pompes.
- Nombre de pompes.
- Débit moyen de la pompe.
- Le débit de la pompe utilisé dans ce calcul est la moyenne des débits obtenus au niveau bas et au niveau haut.
- Nombre de démarrages dans l'heure usuel : $N = 6$.
- Avec un démarreur électronique N peut être doublé sans risque.
- Nombre de pompes : n
- Dans ce cas :

$$Vu = \frac{Qm}{4 \times N \times n}$$

- Le niveau maximal correspond au fil d'eau d'arrivée (pas de mise en charge de la canalisation gravitaire).
- Le volume de marnage permet de définir le niveau d'eau minimal (attention en cas de fonctionnement de deux pompes, il faut imbriquer deux marnages avec environ 0,10 m de décalage).
- Pour un refroidissement correct du moteur électrique, la pompe doit habituellement être recouverte d'eau ce qui revient à dire que la cote du radier est elle aussi définie.

II-14- Choix et dimensionnement des autres équipements :

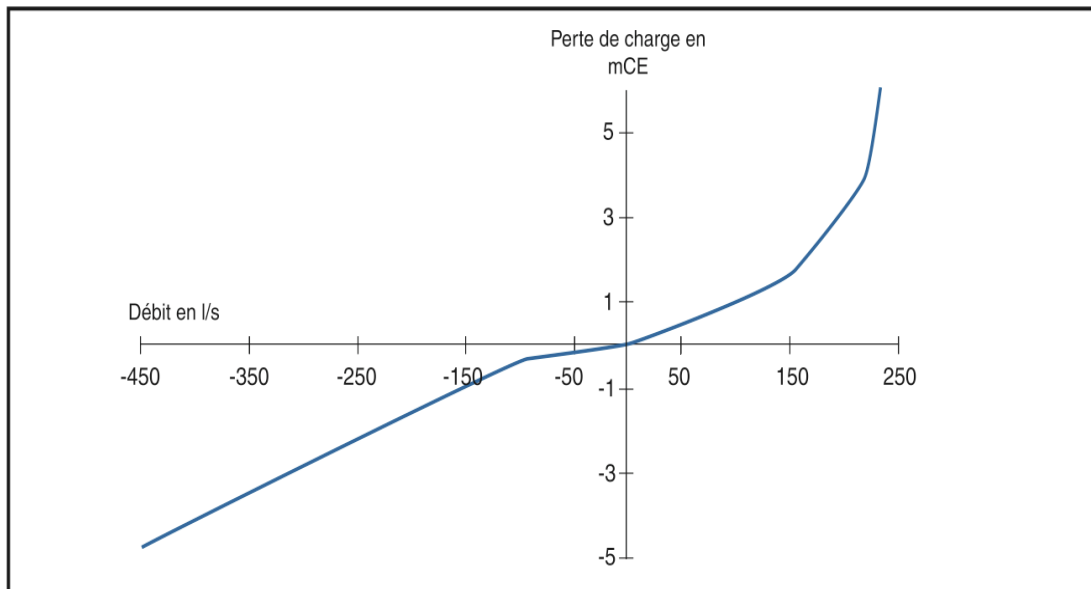
II-14-1- Dégrilleur :

- La maille du panier de dégrillage sera déterminée en fonction du passage libre de la pompe.
- Plus la maille est petite plus il y a de contraintes d'exploitation

II-14-2- Ventouse trois fonctions :

- En assainissement, les ventouses sont spéciales. On évite tout contact du liquide avec les organes sensibles.

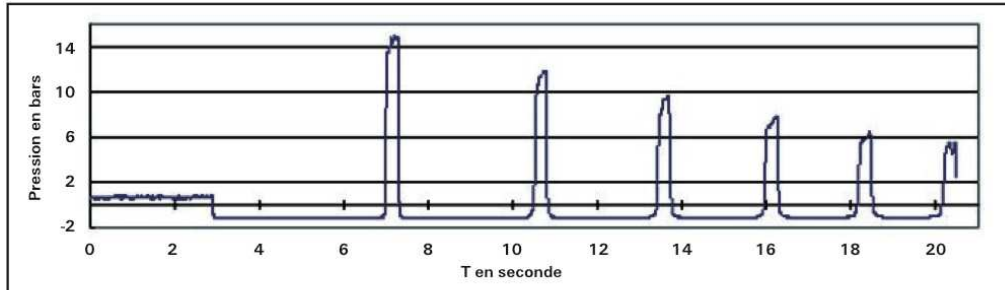
Ventouse trois fonctions (schéma BAYARD)



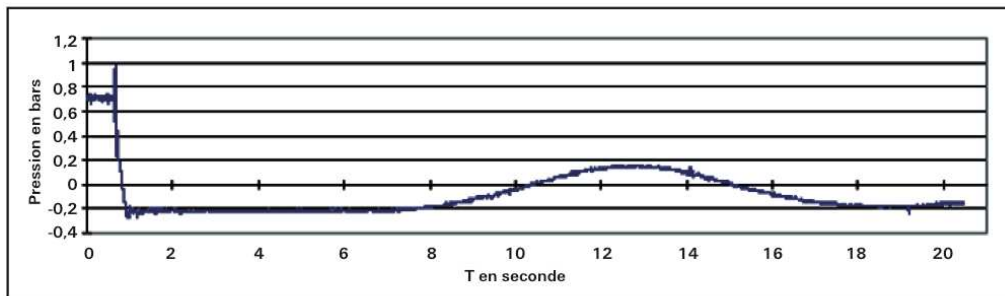
Courbe entrée/sortie d'air (large orifice)

Exemple d'application (arrêt brutal des pompes)

Réseau : Longueur : 250 m HMT : 7,3 mCE
Hauteur géométrique : 3,5 m Vitesse : 1,5 m/s
Conduite : DN 100 en acier Débit : 11,8 l/s



Conduite sans protection



Conduite protégée par une Clapuse

II-14-3- Clapet anti-retour :

▪ **Clapet à boule :**

En assainissement il faut :

- Éviter tout axe qui autorise l'accrochage des filasses
- Laisser le passage complètement libre sur toute la section.

II-14-4- Vanne de sectionnement :

▪ **Vanne à opercule :**

En assainissement il faut :

- Éviter tout axe qui autorise l'accrochage des filasses
- Laisser le passage complètement libre sur toute la section.

II-14-5- Armoire électrique :

- L'armoire sera de type double enveloppe, ce qui permettra d'assurer :
 - Une étanchéité parfaite.
 - Une protection thermique des équipements.
 - Une certaine protection vis-à-vis du vandalisme.

II-14-6- Contrôle de niveau :

- Contrôleurs de niveau à basculement (poire).
- Le mercure est interdit, contacts Reed.
- Les diverses technologies les plus précises sont les suivantes :
 - Mesure différentielle de pression hydrostatique par effet capacitif ou piézorésistif par une sonde immergée à une profondeur convenable. Précision identique à une mesure de pression différentielle soit 0,1% et 5 mm pour 5 m d'échelle.
 - Mesure de distance ultrasonique entre un émetteur situé à l'air libre et la surface de l'eau. Précision de 0,25 à 0,1 % et de 12,5 à 5 mm pour 5 m d'échelle
 - Mesure de distance ultrasonique entre un émetteur immergé à profondeur convenable et la surface de l'eau. Précision identique à celle du cas précédent.
 - Mesure de distance par radar entre un émetteur situé à l'air libre et la surface de l'eau. Précision de 0,1 % à 0,02 % soit 5 mm à 1 mm pour 5 m d'échelle.
 - Mesure de distance par radar filoguidé entre un émetteur situé à l'air libre et la surface de l'eau. Précision identique à celle du cas précédent.
 - Dans tous les cas de figure, la mesure dispose d'un tube de protection et de tranquillisation d'au moins DN 200 mm en PVC (ou autre matériau inaltérable compatible avec la technologie de mesure) qui doit être installé verticalement dans une zone calme et en dehors des sections à écoulement critique (creux de palplanche par exemple).
 - Une mesure hydrostatique nécessite un soin particulier pour la protection du capillaire de mise à l'air de la sonde immergée.
 - La protection parafoudre doit être soignée pour l'ensemble de ces équipements.

Remarque : Il est important de repérer précisément (mm nécessaire) et de manière particulièrement claire (référentiel par exemple) la cote de montage de la sonde de mesure sur l'équipement servant à la fixation (qui doit être extrêmement rigide).

II-14-7- Mesure de débit :

- La mesure de débit, si elle est demandée, sera réalisée à l'aide d'un débitmètre électromagnétique installé dans toutes les règles de l'art en sorti du pompage.
- Ce débitmètre aura cependant un diamètre intérieur au moins égal au passage libre des pompes.

II-14-8- Mesure de pression :

- Il peut être intéressant de mesurer la pression au refoulement du poste de pompage.
- Cette mesure sera réalisée par une sonde de mesure à membrane affleurante installée sur la canalisation de refoulement.

II-14-9- Mesure de H₂S :

- Il serait utile de surveiller la teneur de ce gaz toxique dans la bêche, ce qui donne une bonne indication du fonctionnement du poste.
- Cette mesure est à réaliser à l'aide d'une sonde de mesure spécifique.

II-14-10- Trappes de visite :

Pour éviter la chute dans la bêche de pompage au moment de l'ouverture des trappes, une protection anti-chute.

II-14-11- Équipement du véhicule de maintenance :

- Pompe pour lavage
- Groupe électrogène de secours
- Potence mobile.
- Palan électrique fonctionnant
- Échelle aluminium adaptée.

II-14-12- Besoins d'information :

- Le besoin qui se fait jour de plus en plus de disposer d'informations et de commandes à distance pour éviter notamment les déplacements inutiles qui sont une perte de temps, impose d'équiper de plus en plus les ouvrages (notamment ceux qui sont isolés) de moyen de transmission des informations.

II-14-13- Moyens de transmission :

- Ces moyens de transmission permettent à l'exploitant :
 - La surveillance des ouvrages (vandalisme, inondation, ...).
 - La surveillance des équipements (fonctionnement du procédé, défaillance d'un équipement, ...).
 - Les tests de fonctionnement à distance (télécommande, ...).

- La visualisation éventuelle du site (vidéosurveillance de l'ouvrage, enregistrement vidéo sur déclenchement d'une alarme, ...).
 - L'enregistrement des mesures réalisées localement pour faciliter les études futures pour les extensions de capacité du pompage, pour la définition des ouvrages d'épuration enfin pour tout ce qui a trait au schéma directeur d'assainissement.
 - Pour ce dernier point il est donc important de disposer de mesures en lieu et place des contrôles de niveau habituels, ce qui permet d'avoir des informations beaucoup plus facilement utilisables.
- Ce sont notamment les informations de :
- Débit et volume au refoulement des pompes (mesure plus facile à réaliser sur une canalisation sous pression que sur une canalisation gravitaire).
 - Niveau d'eau dans la bêche de pompage mesure qui permet la gestion du pompage de manière plus fine qu'avec les contrôleurs de niveau basculant (poire de niveau) et qui permet notamment un ajustement éventuel des consignes d'exploitation à distance.
 - Teneur de l'atmosphère du poste de pompage en H₂S, ce qui renseigne sur la septicité des effluents et permet d'envisager l'installation d'un équipement de traitement.

CHAPITRE III :

EXPLOITATION ET MAINTENANCE :

Exploitation et maintenance :

Sans tenir compte des opérations de renouvellement, les opérations de maintenance concernent :

- La serrurerie (trappes, fixation des sondes, barres de guidage, ...)
- Le panier de dégrillage
- Les pompes
- La bêche de pompage
- La métrologie (mesures, contrôles de niveau, indicateurs, ...)
- Les canalisations de refoulement
- La robinetterie (clapet, vanne, ventouse, ...)
- Les équipements électriques

- **Serrurerie :**

Dans le cas d'une installation correctement réalisée avec utilisation de l'inox 316 pour toutes les parties métalliques de la fosse humide, les opérations de maintenance sont pratiquement inexistantes

- Le revêtement en bitume des trappes en fonte est à vérifier annuellement.
- L'isolement électrique et le serrage des pièces de fixation sont à vérifier annuellement.

- **Panier de dégrillage :**

Le panier de dégrillage doit périodiquement être vidé des déchets retenus. Cette opération est d'autant plus fréquente que :

- La maille du grillage est faible
- Les eaux usées contiennent des déchets importants

Les déchets ainsi collectés doivent être mis en décharge contrôlée.

- **Pompes :**

Les points à vérifier annuellement portent sur :

- L'huile du carte de séparation. Toute pollution de cette huile entraîne le remplacement de la garniture mécanique inférieure.
- L'apparence du câble électrique et ses caractéristiques d'isolement et diélectriques. Toute fuite entraîne la vérification du moteur électrique.
- La roue. Toute usure anormale de la roue entraîne son remplacement.
- Les bagues d'usure. Toute usure anormale entraîne leur remplacement.

- **Bêche de pompage :**

La bêche de pompage doit être vidangée périodiquement des matières denses qui décantent (une à deux fois par an).

Cette opération est d'autant plus fréquente que :

- La bêche est mal conçue.
- La teneur de l'eau usée en sables est importante.

Il est possible d'améliorer le comportement d'une bache mal conçue en installant un ou plusieurs agitateurs immergés de manière à remettre en suspension les solides décantables.

- **Métrologie :**

Certaines mesures de niveau (mesures hydrostatiques) dérivent en vieillissant. Elles nécessitent une vérification de l'étalonnage tous les six mois.

La défaillance d'un contrôleur de niveau peut entraîner un fonctionnement erratique des pompes. Aussi il est recommandé de vérifier périodiquement (tous les mois ou tous les trimestres) que ces contrôleurs fonctionnent correctement.

- **Canalisation de refoulement :**

- Dans la bache de pompage les canalisations sont réalisées en acier inoxydable 316 et ne réclament pas d'entretien.
- Dans la chambre des vannes, les canalisations peuvent être en acier peint, la peinture doit dans ce cas être revue tous les ans.

- **Robinetterie**

C'est le type d'équipement souvent négligé qui en fait nécessite une visite périodique :

- Le clapet à boule doit être nettoyé périodiquement sous peine de voir chuter énormément le rendement du pompage.
- La vanne ne présente pas de problème particulier (hors engorgement éventuel.
- Les ventouses quant à elle doivent absolument être visitée, testées et réparées en cas de problème. Cet équipement est primordial et les visites doivent être aussi rapprochées que possible.

- **Les équipements électriques**

Normalement il n'y a pas de nécessité d'entretien régulier de ce type d'équipement, hormis en ce qui concerne le filtre situé à l'entrée d'air.

La maintenance consiste uniquement à réaliser les réparations lorsqu'elles s'avèrent nécessaires, c'est à dire lors d'un dysfonctionnement de l'installation. Seul le personnel habilité par l'ONEP pour ce type de maintenance à l'autorisation pour le faire.

CHAPITRE IV :
MODALITES D'EXECUTION ET
DE RECEPTION DES TRAVAUX

MODALITES D'EXECUTION

▪ **Principe de base :**

- Au titre de l'assurance qualité ISO 9000, l'entrepreneur doit être considéré comme un partenaire dans la réalisation des travaux.
- Le suivi des travaux impose autant de rigueur du côté du client que du fournisseur.
- Les réponses aux questions de l'entrepreneur doivent être aussi rapides que possible, notamment lorsqu'elles sont susceptibles d'entraîner un arrêt du chantier.

MODALITES DE RECEPTION DES TRAVAUX

▪ **Réception en atelier :**

- La réception en atelier des équipements est souvent le seul moyen de réaliser une vérification de la conformité du produit au CCTP.
- Par exemple pour une pompe, le passage au banc d'essai est souvent le seul moyen de connaître ses performances et donc le seul moyen pour valider l'équipement.
- Pour une armoire électrique, on peut y réaliser simplement des essais de rigidité diélectrique et des essais d'isolement. Par contre, le fonctionnement sera plus aisément vérifié à la mise en service et en marche industrielle.

▪ **Réception sur site :**

En dehors des installations où l'on disposera de tous les équipements de mesure (débit, niveau de bêche et pression au refoulement), il sera pratiquement impossible de vérifier la courbe de la pompe. C'est pourquoi les procès verbaux de réception en atelier sont le seul moyen de connaître la courbe de la pompe.

- En dehors de cette vérification de la capacité du pompage, la réception se bornera à vérifier les points usuels :
 - Rotation du moteur dans le sens correct.
 - Absence de fuite à la liaison avec le coude à patin (il semblerait qu'un contrôle électrique existe sur certains modèles.
 - Intensité absorbée conforme à la prévision (avec un voltage d'alimentation correct).

GARANTIES, ESSAIS, TOLERANCES, PENALITES DES GROUPES

Pour un point de fonctionnement défini par une hauteur énergétique totale H et un régime du groupe électro-pompe (vitesse de rotation), les garanties portent sur les caractéristiques suivantes :

- Le débit de la pompe : Q.
- La puissance absorbée par le groupe électro-pompe.
- Le rendement du groupe électro-pompe.

Les valeurs garanties sont celles lues sur les courbes caractéristiques et déterminées à partir de la hauteur énergétique totale H pour la zone de fonctionnement prévue.

Mesures et essais

- Mesures à effectuer :

Les grandeurs suivantes seront mesurées ou simplement lues sur les appareils prévus dans l'installation.

- hauteur manométrique d'aspiration
- hauteur manométrique de relevage
- débit de la pompe
- tension et intensité d'alimentation du groupe électro-pompe
- Cos ϕ
- énergie active et réactive.
-

Les mesures seront prises contradictoirement par les deux parties.

- Calculs à effectuer

A l'aide des grandeurs mesurées ci-dessus, les grandeurs indiquées ci-après seront calculées par application numérique des formules usuelles de l'hydraulique.

- hauteur énergétique totale H
- puissance utile de groupe électro-pompe Pu
- puissance absorbée par le groupe électro-pompe Pgr
- rendement du groupe rgr.

Les résultats des calculs sont réputés représenter les caractéristiques globales véritables de la station de relevage (moyennant les incertitudes expérimentales et des appareils de mesures).

- Tolérance - pénalités

Compte tenu des incertitudes de mesures, les tolérances et les pénalités applicables en cas de dépassement sont spécifiées dans les deux tableaux suivants :

Débit du groupe :

Ecart % du débit garanti		-10% > x2	> -5%x	<+5%< x1	<+10%
Tolérances	refus du groupe	Pénalités = 10 % du montant fourniture et pose du groupe par point supplémentaire	Bon	Pénalités = 10% du montant fourniture et pose du groupe par point d'écart supplémentaire	Refus du groupe
ou					
pénalités					

Calcul de l'écart de débit X

X : étant le débit contractuel en l/s

X' : étant le débit mesuré en l/s

$$\frac{(X' - X)100}{X} = + \text{ ou } - _ x \text{ (en \%)}$$

Rendement du groupe

Ecart % du rendement garanti		-5% > Y1 > -2 % > Δ Y	
Tolérances ou Pénalités	Refus du groupe	Pénalités = 10 % du montant fourniture et pose du groupe par point d'écart supplémentaire	Bon

Calcul de l'écart de rendement Y

Y : étant le rendement contractuel en %

Y' : étant le rendement mesuré en %

$$\frac{(Y' - Y)100}{Y} = + \text{ ou } - _ y \text{ (en \%)}$$