

CHAPITRE I : RAPPELS SUR LES POMPES

I-1-Définition :

C'est une machine hydraulique qui transforme l'énergie mécanique de rotation en énergie hydraulique transmise au fluide (liquide et plus particulièrement l'eau) pour enclancher son mouvement par augmentation de sa pression ;

C'est une machine utilisée pour créer le mouvement d'un liquide ou son déplacement d'un point A au point B (sachant que le point B est plus élevé par rapport au point A) ;

Elle est construite pour répondre à des conditions précises de fonctionnement : élever un débit Q à une hauteur H .

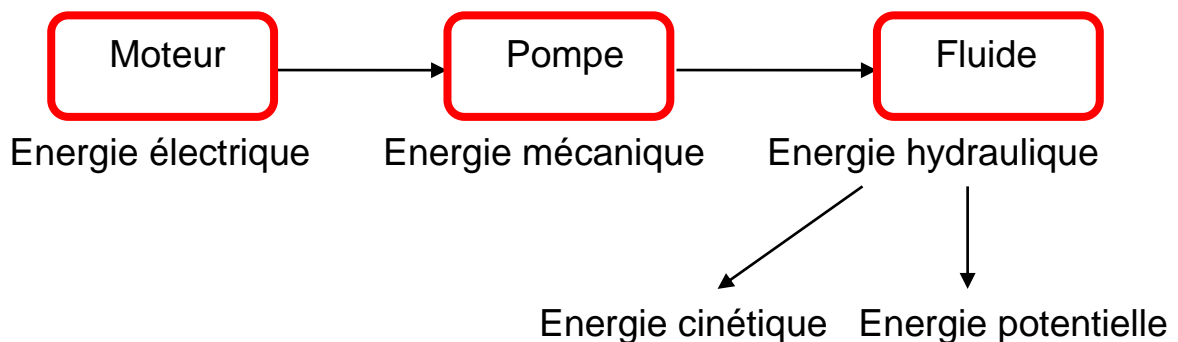


Figure 04 : La relation moteur-pompe-fluide.

I-2- Classification des pompes :

Les machines hydrauliques peuvent être classées en deux grandes catégories ; les pompes volumétriques et les turbomachines selon le schéma suivant :

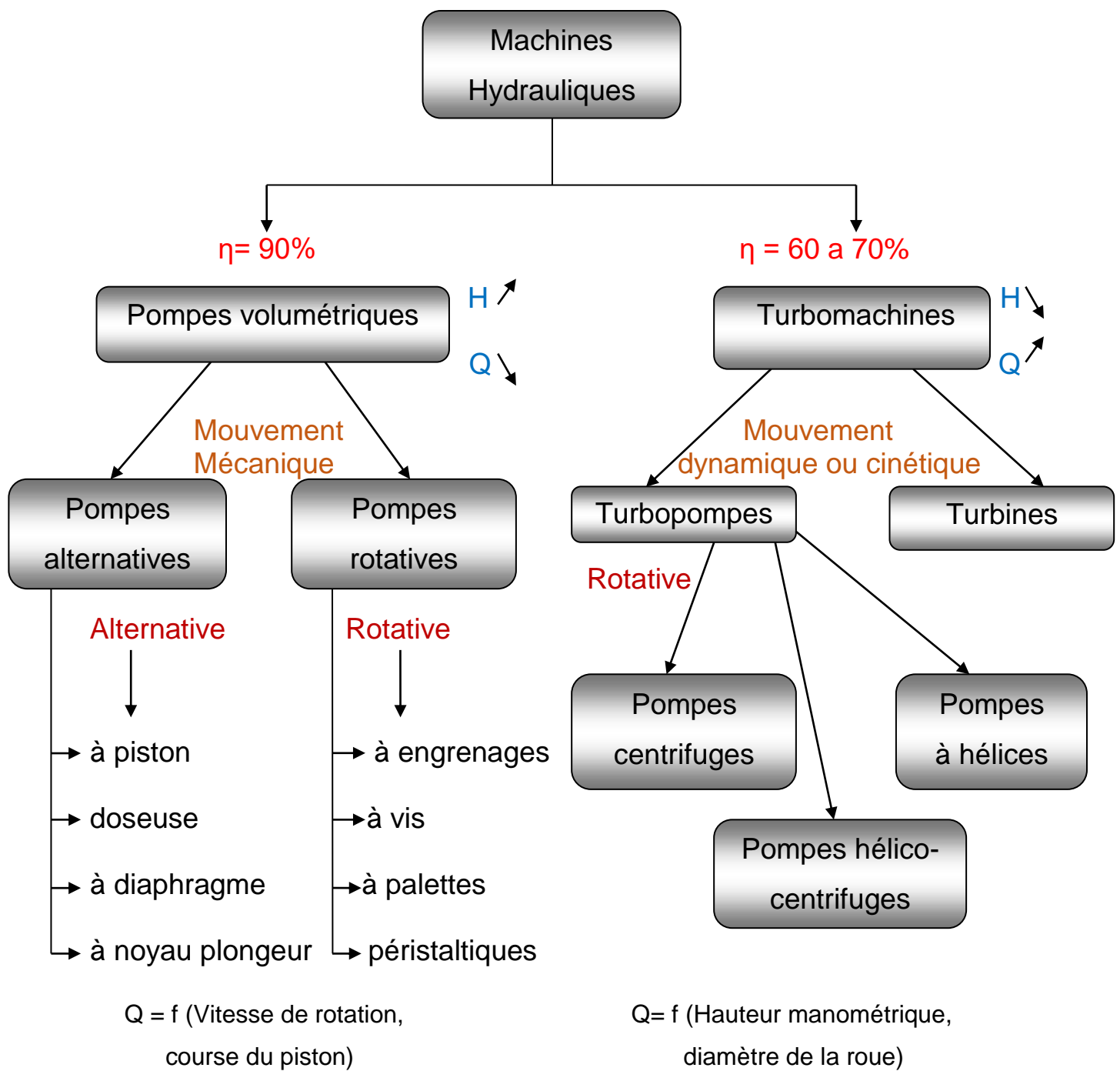


Figure 05 : Classification générale.

I-2-1- Les pompes volumétriques :

A) Principe et caractéristiques générales :

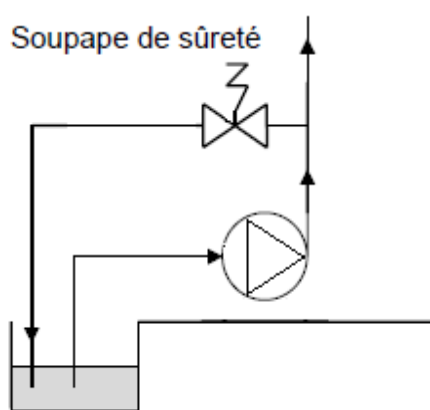
Une pompe volumétrique se compose d'un corps de pompe parfaitement clos à l'intérieur duquel se déplace un élément mobile rigoureusement ajusté. Leur fonctionnement repose sur le principe suivant :

- 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 qui permet le déplacement du liquide entre l'orifice d'aspiration et l'orifice de refoulement.

Ces 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.

Elles 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 06 : dispositif de sécurité.

B) Types de pompes volumétriques :

Les pompes volumétriques alternatives : la pièce mobile est animée d'un mouvement alternatif.

a/ Pompes à piston :

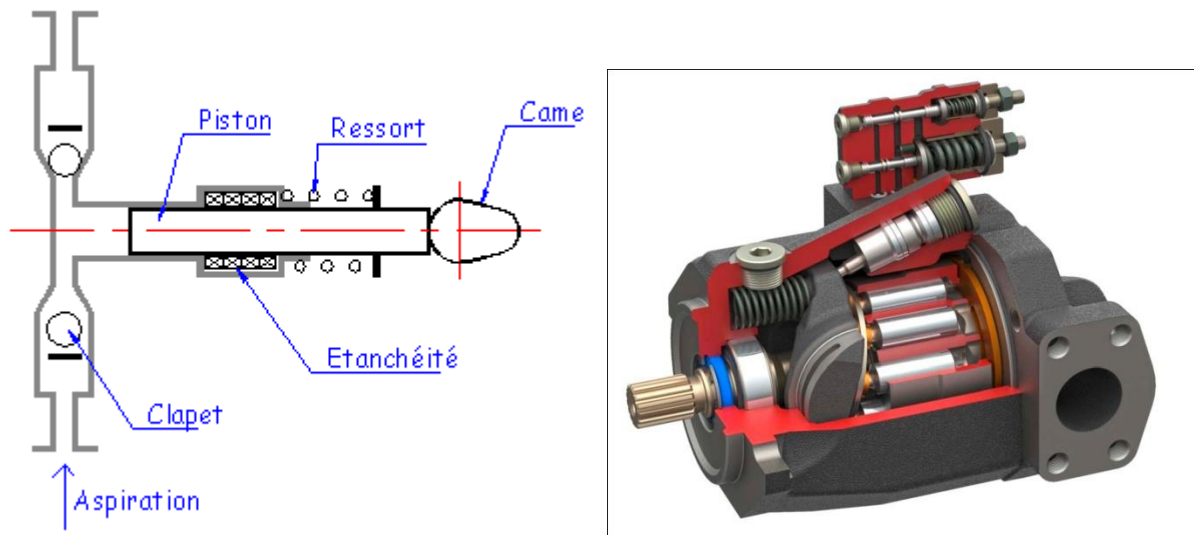


Figure 07 : Pompe à piston.

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 $80 \text{ m}^3/\text{h}$. 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 antibéliers.

b/ Pompes doseuses :

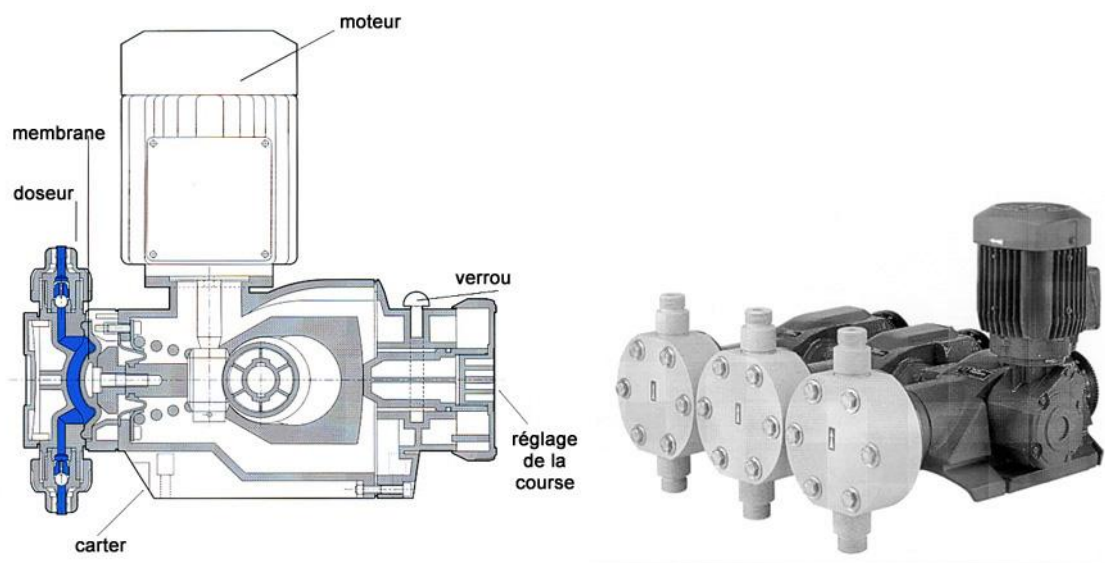


Figure 08 : Pompe doseuse à membrane sèche.

Fonctionnement :

Ces pompes fonctionnent essentiellement par le déplacement d'un piston ou d'une 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.

Caractéristiques et utilisation :

Elles ont des débits relativement faibles (de quelques L/h 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.

Les pompes volumétriques rotatives : la pièce mobile est 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.

a/ Pompes à palettes libres :

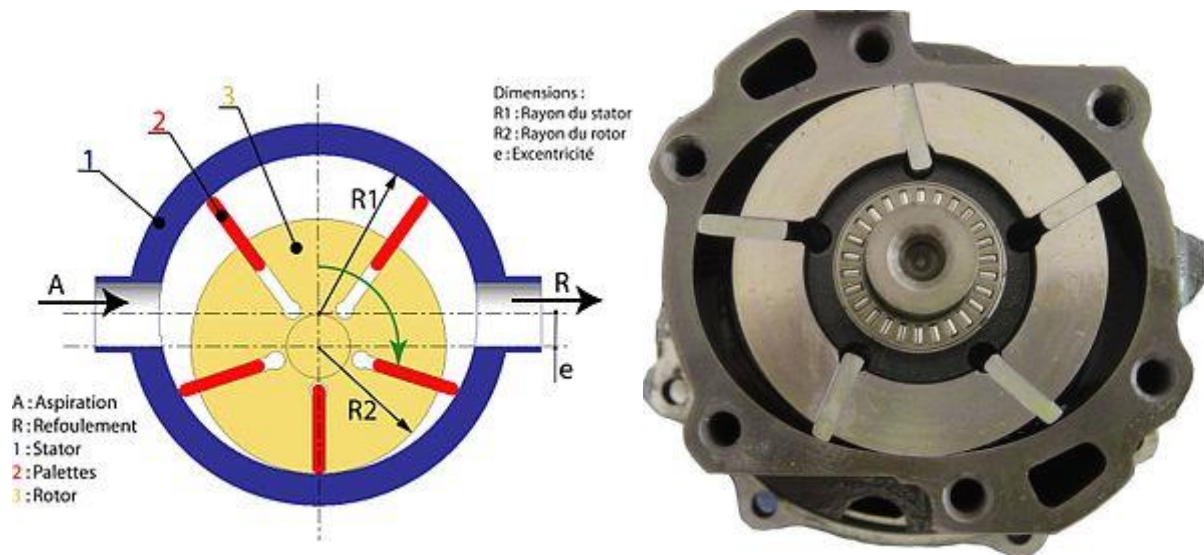


Figure 09 : Pompe à palettes.

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 :

- Il n'y a pas de brassage, ni d'émulsification du liquide pompé et le débit est régulier.
- La marche de la pompe est réversible.

Inconvénients :

- Usure du corps par frottement des palettes.
- Le pompage des produits visqueux est difficile.

b/ Pompes à engrenages :

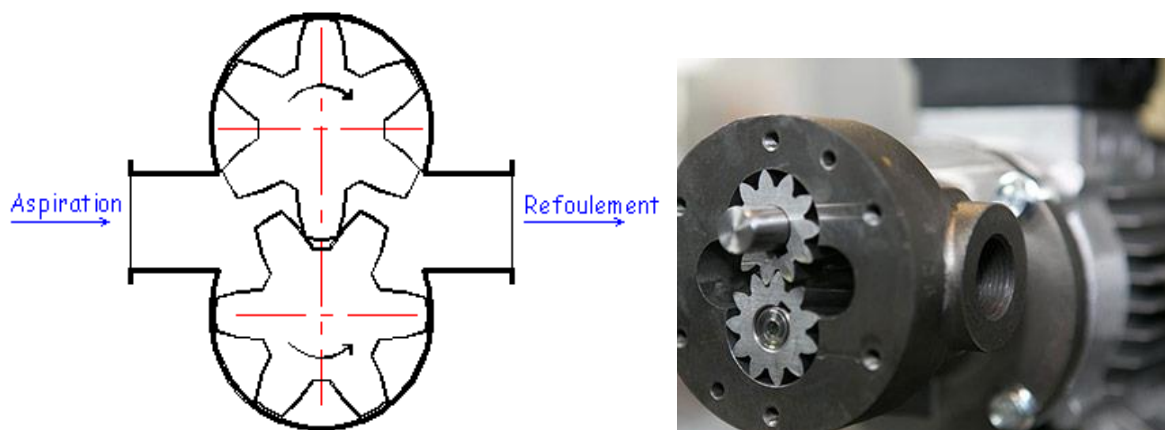


Figure 10 : Pompe à engrenage externe.

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 mCE. 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 ;
- Les clapets ne sont pas nécessaires ;
- La marche de la pompe est réversible.

Inconvénients :

- Nous y rencontrons de nombreuses pièces d'usure.
- Cette pompe ne peut pas véhiculer des fluides avec des particules solides ou des 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 à vis (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.

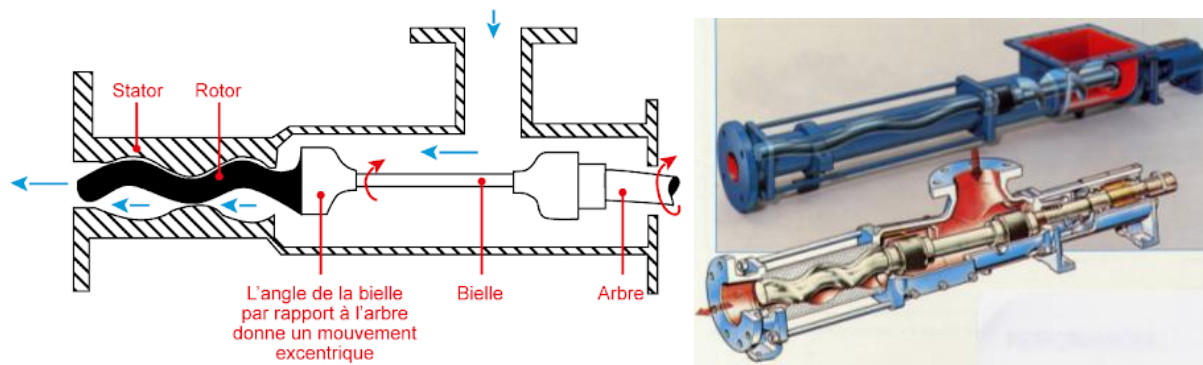


Figure 11 : Pompes à rotor hélicoïdal excentré.

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 :

- Le passage de particules solides, de produits abrasifs et de boues est tout à fait possible.
- Le débit est régulier.
- La marche de la pompe est réversible.

Inconvénients :

- Ce type de pompe ne supporte pas de fonctionner à sec.
- La maintenance est assez difficile et coûteuses et l'encombrement important.

d/ 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.

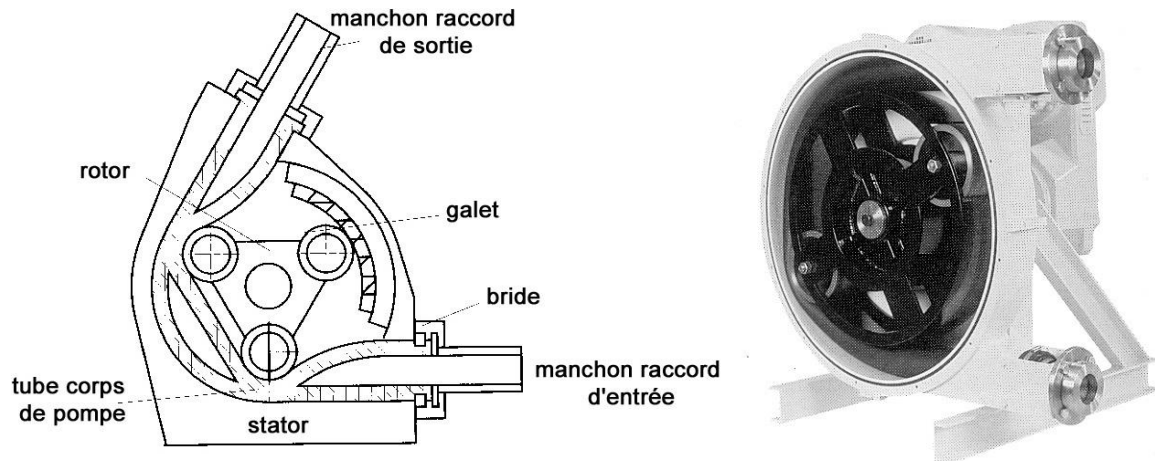


Figure 12 : Pompes péristaltiques.

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 mCE. Elles sont utilisées pour les produits chimiques et alimentaires.

Avantages :

- Possibilité de l'utiliser comme pompe doseuse.

Inconvénients :

- Le débit de ce type de pompe est limité ;
- Le refoulement est très saccadé (discontinu) ;
- La température d'utilisation est assez faible.

I-2-2- Les turbomachines : Les turbomachines sont représentées essentiellement par les turbopompes ainsi que les turbines hydrauliques (qu'on abordera dans le dernier chapitre).

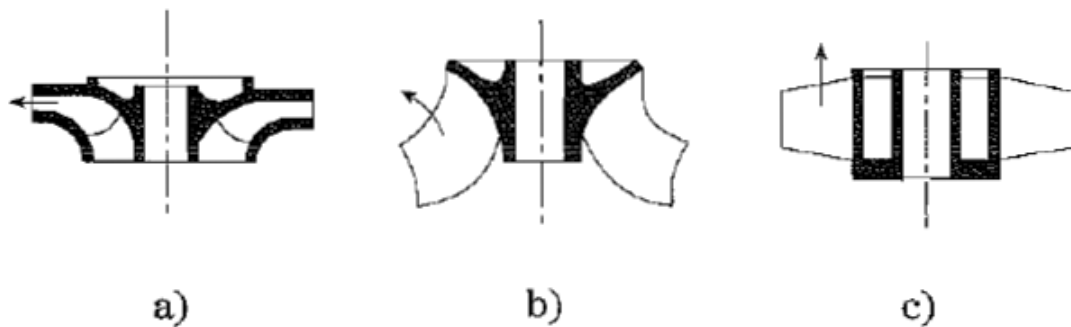
Turbopompes :

Les pompes hydrodynamique sont de construction très simple : en version de base, elles sont essentiellement constituées d'une pièce en rotation, le rotor appelé aussi roue ou hélice qui tourne dans un carter

appelé corps de pompe, une certaine vitesse est ainsi communiquée au fluide. Parmi les types de turbopompes on cite ; les pompes centrifuges, les pompes hélico-centrifuges et les pompes à hélices ; la différence entre ces pompes porte essentiellement sur la direction de la vitesse donnée au fluide.

Les turbopompes sont classées selon :

- a) La nature du fluide (compressible, non compressible).
- b) La fonction de la machine (pompe, turbine).
- c) Le trajet du fluide par rapport à l'axe ; elle repose sur la direction du courant liquide.



a) Roue radiale, b) Roue hélico-centrifuge, c) Roue axiale

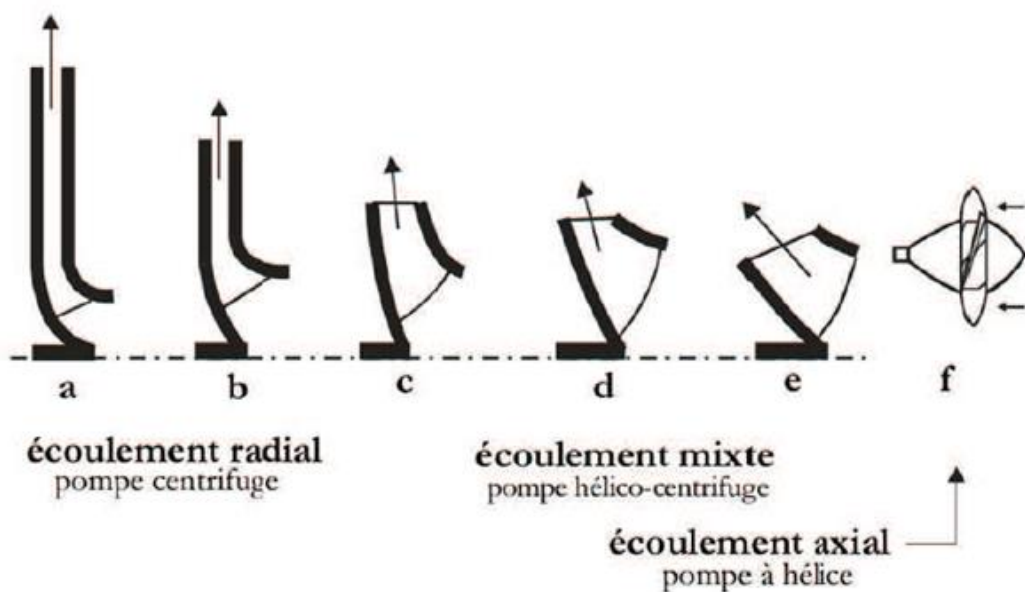


Figure 13 : trajet de l'écoulement.

- On dit que l'écoulement est radiale la ou la composante de la vitesse est radiale (machine radiale) chaque ligne du courant se trouve perpendiculaire a l'axe de la roue (pompe radiale).
- Si l'écoulement est parallele à l'axe on dit que la pompe est axiale.
- Pour le cas des pompes mixtes on a le cas (axial + radial).

d) Le nombre de roue :

- Pompes monocellulaires (un seul étage, une roue, monobloc) qui sont utilisées pour des pressions moyennes (15 a 80m) a un débit Q considerable, l'écoulement dans ces pompes se fait radialement, leur vitesse spécifique $N_s = (20 - 100) \text{ tr/min}$ ou $Q \nearrow$ et $H \searrow$

- Pompes multicellulaires (multiroues, multi-étage,...) c'est l'ensemble des roues en série contenu dans un seul corps, l'eau qui sort du diffuseur de la 1^{ere} roue est ramené par un canal de rotor a oeilard de la roue suivante, ces pompes sont utilisées pour élever a de grandes hauteurs a chaque fois qu'on augmente le nombre de roues ($H \nearrow$ $Q \searrow$).

Soit r nombre de roue, si la multicellulaire élève d'une hauteur H avec un nombre de roue r et un débit Q alors la hauteur revenante a chaque roue est H/r et chaque roue débite un débit Q.

Les pompes centrifuges :

Dans les pompes centrifuges une roue munie d'aubes ou ailettes animé d'un mouvement qui fournit au fluide de l'énergie cinétique dont une partie est transformée en énergie de pression. Pratiquement le fonctionnement se fait comme suit :

- Avec la pompe pleine d'eau et sous l'effet de la rotation l'eau qui arrive dans la région axiale (l'ouie) par le distributeur est projetée par force centrifuge vers l'exterieur de la roue en créant une dépression ce qui

provoque un appel des tranches suivantes et par suite un écoulement continu du liquide dans le diffuseur (roue a aube fixe qui permet une diminution de la perte d'énergie) et la conduite de refoulement.

Constitution d'une pompe centrifuge :

La pièce essentielle est la roue portant des aubes (profils courbés) l'écoulement du fluide sur ces aubes provoque l'échange d'énergie entre la veine liquide et l'arbre de la machine, elle est constituée des organes suivants :

A) Organe mobile (roue) :

Il est en mouvement continu (rotation) muni d'aubes fixes à des disques tournant à l'intérieur du corps de pompe, on distingue 3 sortes de roues :

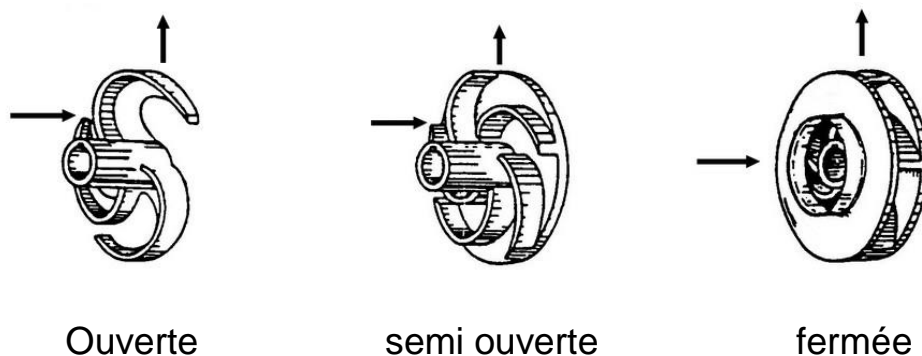
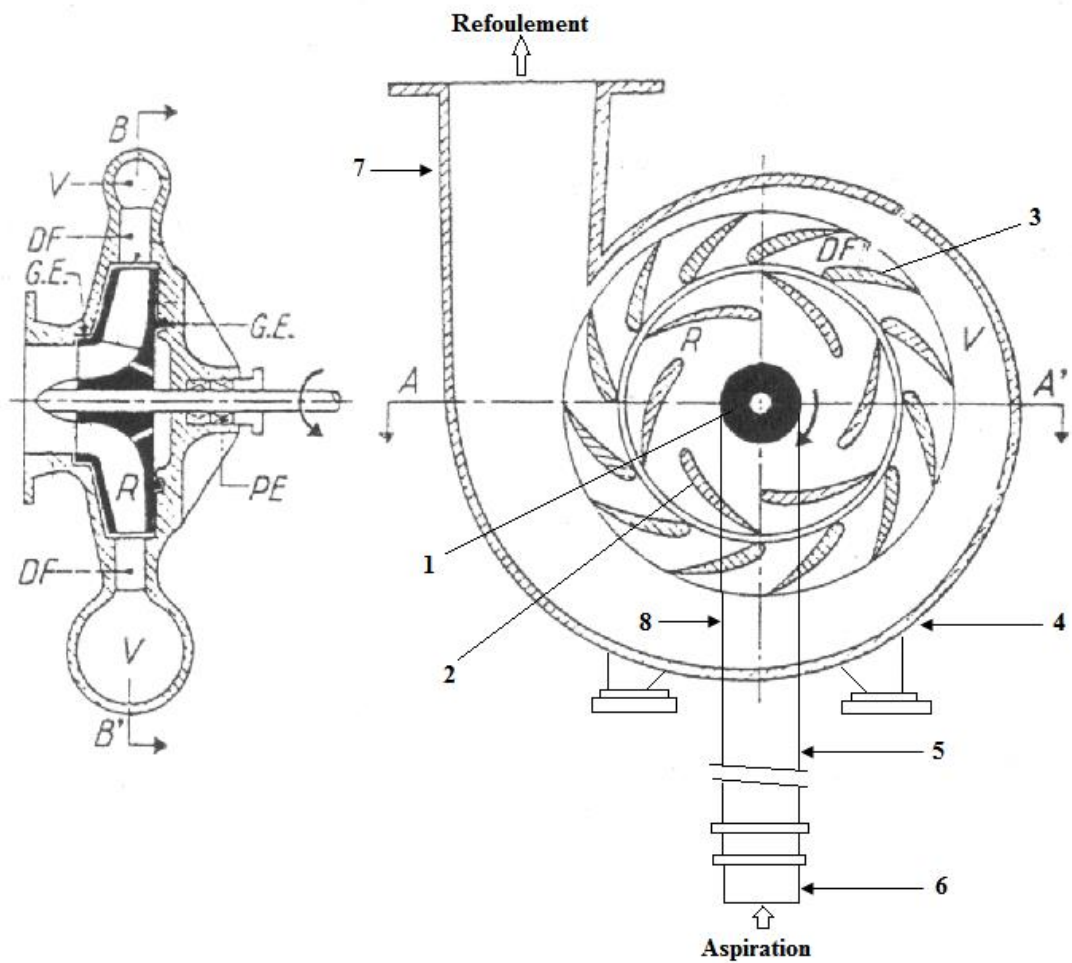


Figure 14 : Les types de roues (rotors).

B) Organe fixe (diffuseur) :

Il est constitué d'un distributeur qui sert à conduire l'eau vers le cône divergent avec une vitesse et une direction convenable, cette organe est appelé diffuseur qui peut être lisse ou avec des ailettes.



- | | | |
|---------------------------|----------------|-----------------------------|
| 1- Axe de rotation | 6- Crepine | V- Volute (colimaçon) |
| 2- Aube de la roue | 7- Divergent | P.E- Presse-étoupe |
| 3- Aube fixe du diffuseur | 8- Convergent | G.E- Garniture d'étanchéité |
| 4- Corps de pompe | R- Roue mobile | |
| 5- Conduite d'aspiration | DF- Diffuseur | |

Figure 15 : Coupes d'une pompe centrifuge monocellulaire.

Cette pièce dirige les filets liquides vers la volute qui se termine par un cône divergent qui contribue à ralentir la vitesse du liquide et de la récupérer sous forme d'énergie cinétique correspondante.

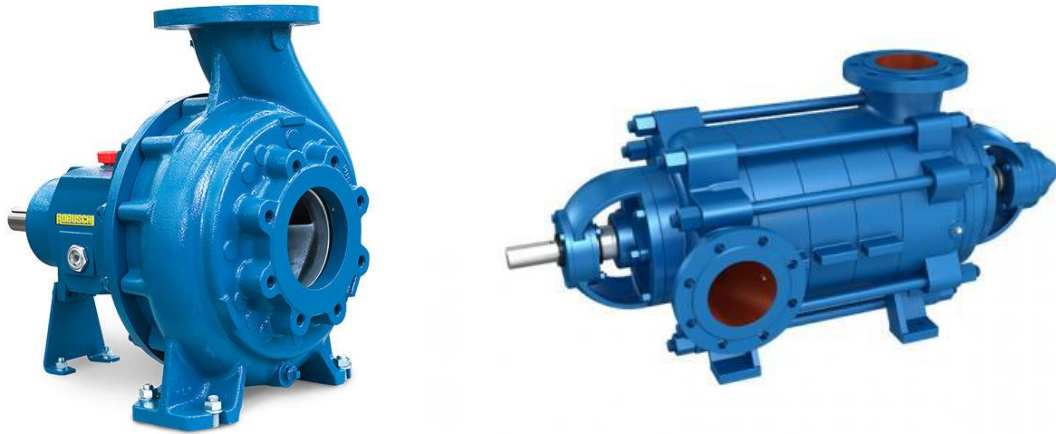


Figure 16 : Pompe centrifuge à axe horizontal (monocellulaire et Multicellulaire).

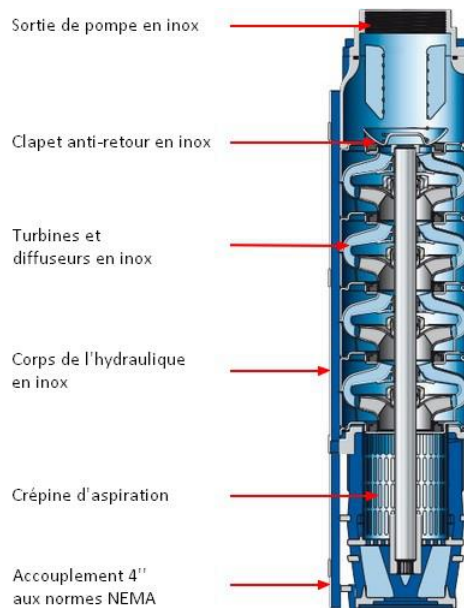


Figure 17 : Pompe centrifuge à axe vertical (pompe immergée).

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.

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.

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.

Fonctionnement avec la canalisation de refoulement bouchée :

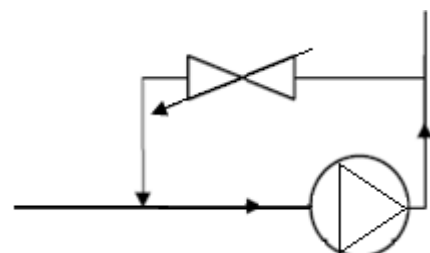
Ce type de fonctionnement consécutif à une erreur est sans danger s'il ne se prolonge pas trop. Le risque à la longue est l'échauffement de la pompe, car le liquide n'évacue plus la chaleur. A ce moment la pompe peut se détériorer et ce d'autant plus qu'elle comporte des parties en plastique.

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.

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.

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.