

## 4- LES POMPES VOLUMETRIQUES

### 4-1- Généralités

Les pompes sont classées en deux catégories basées sur leur principe de fonctionnement lié au mode de transmission de l'énergie au fluide.

- **Les pompes roto dynamiques ou turbopompes** dans lesquelles l'accroissement de l'énergie du fluide est réalisé grâce à une pièce en rotation appelée roue, rotor ou hélice. La roue (ou turbine) fournit au fluide de l'énergie cinétique qui est ensuite transformée en pression dans une volute.

- **Les pompes volumétriques** dont le débit ne dépend que de la vitesse de rotation mais est indépendant de la pression au refoulement (**Figure 1**).

Le transfert du fluide est obtenu par le déplacement d'une capacité élémentaire caractéristique des organes mobiles de la pompe.

Le mode de génération de cette capacité conduit ainsi à deux catégories de pompes volumétriques : les pompes volumétriques alternatives et les pompes volumétriques rotatives.

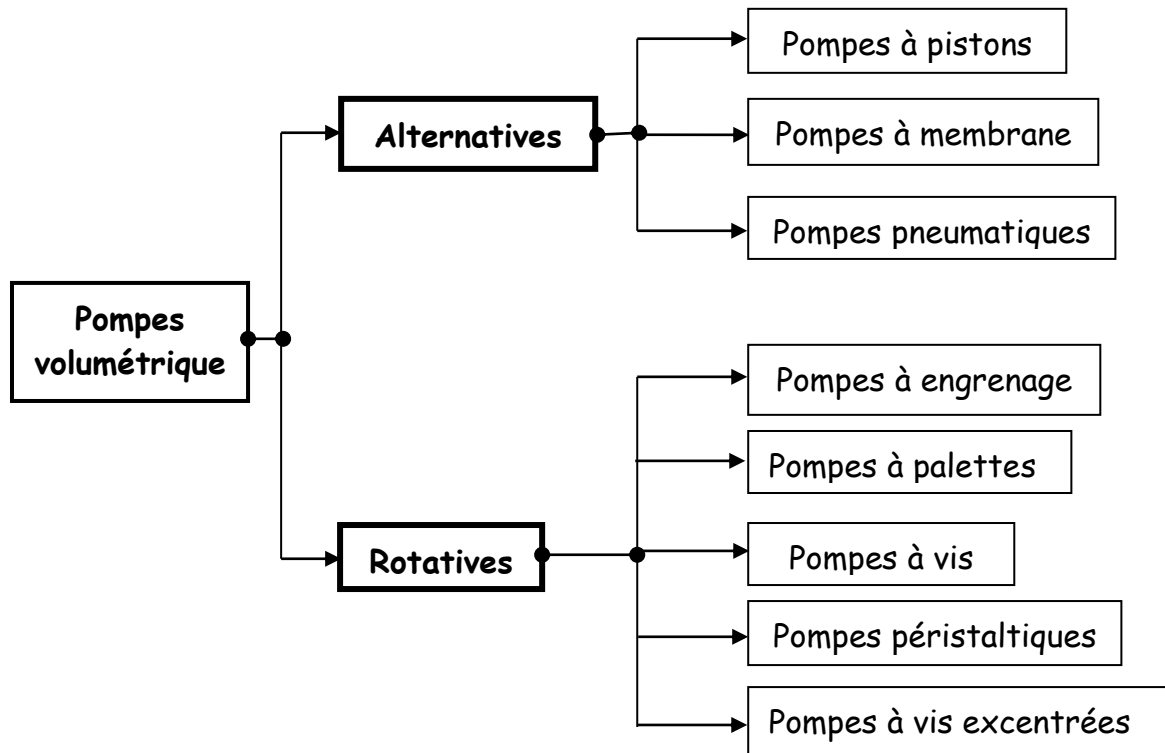
Les pompes volumétriques sont généralement plus chères que les pompes roto dynamiques mais il existe des emplois pour lesquels leur utilisation s'impose :

- Liquides très visqueux (génie pétrolier, basses températures...),
- Dosages instantanés précis (médical),
- Liquides « susceptibles » (produits alimentaires, cosmétiques...),
- Très faibles débits et hautes pressions (Karcher, découpage...).

On distingue généralement :

- Les pompes rotatives, constituées par une pièce mobile animée d'un mouvement de rotation autour d'un axe ;
- Les pompes alternatives où la pièce mobile est animée d'un mouvement alternatif.

L'utilisation d'un type de pompes ou d'un autre dépend des conditions d'écoulement du fluide. De manière générale, si on veut augmenter la pression d'un fluide, on utilisera plutôt les pompes volumétriques, tandis que si on veut augmenter le débit, on utilisera plutôt les pompes centrifuges.



**Figure 1** : classification des pompes volumétriques.

#### 4-2- Principe des pompes volumétriques

Dans les **pompes volumétriques**, l'énergie est fournie par les variations successives d'un volume raccordé alternativement à l'orifice d'aspiration et à l'orifice de refoulement. Elles sont surtout utilisées au pompage des fluides visqueux.

**Par définition :**

- Le débit est la quantité de fluide recueillie au refoulement par unité de temps. Il s'exprime en  $m^3/h$ ,  $l/min$  ou  $l/h$ . Il se calcule en fonction de la cylindrée pour les pompes volumétriques ;

- La cylindrée est le volume de fluide aspiré et refoulé pour un cycle. Dans le cas des pompes rotatives, la cylindrée s'exprime généralement en  $cm^3/tour$ .

On distingue de nombreuses technologies correspondant à ces caractéristiques, notamment :

- Les pompes à piston ;
- Les pompes à membrane ;
- Les pompes à engrenage ;
- Les pompes à palettes ;
- Les pompes pneumatiques ;
- Les pompes péristaltiques (rotatives) ;
- Les pompes à mobiles tournant (pompes à lobes, à vis, pompe Moineau).

#### 4-3- Les pompes à piston

Un piston plongeur est soumis à un mouvement alternatif faisant varier le volume de la chambre de pompage.

Deux clapets à billes permettent l'aspiration du liquide (piston rappelé par le ressort) ou son refoulement (piston poussé par l'excentrique).

Un système d'étanchéité (garniture) est nécessaire au niveau de l'arbre de commande, sauf piston de type soufflet.

La pompe alternative est composée d'un piston se déplaçant dans un cylindre et de clapets permettant l'entrée et la sortie du fluide dans la pompe. Le mouvement alternatif du piston est obtenu par un système de came (excentrique) ou un système bielle-manivelle, permettant de transformer un mouvement de rotation (moteur d'entraînement) en un mouvement de translation du piston (**figure 2**).

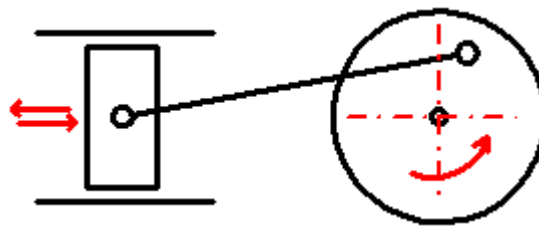


Figure 2 : système bielle manivelle.

Lorsque le piston se déplace vers la droite (**figure 3**), il se crée une dépression dans le cylindre, le clapet (la bille dans notre cas) va monter sous la pression du fluide à l'aspiration et permettre le remplissage du cylindre. Lorsque le piston repart vers la gauche, le fluide du cylindre est mis en pression, le clapet d'aspiration est alors plaqué sur son siège interdisant le retour du fluide vers l'aspiration. Le clapet de refoulement va se soulever sous l'effet de la pression et permettre l'évacuation du fluide vers la conduite de refoulement.

La pompe représentée est une pompe dite simple effet.

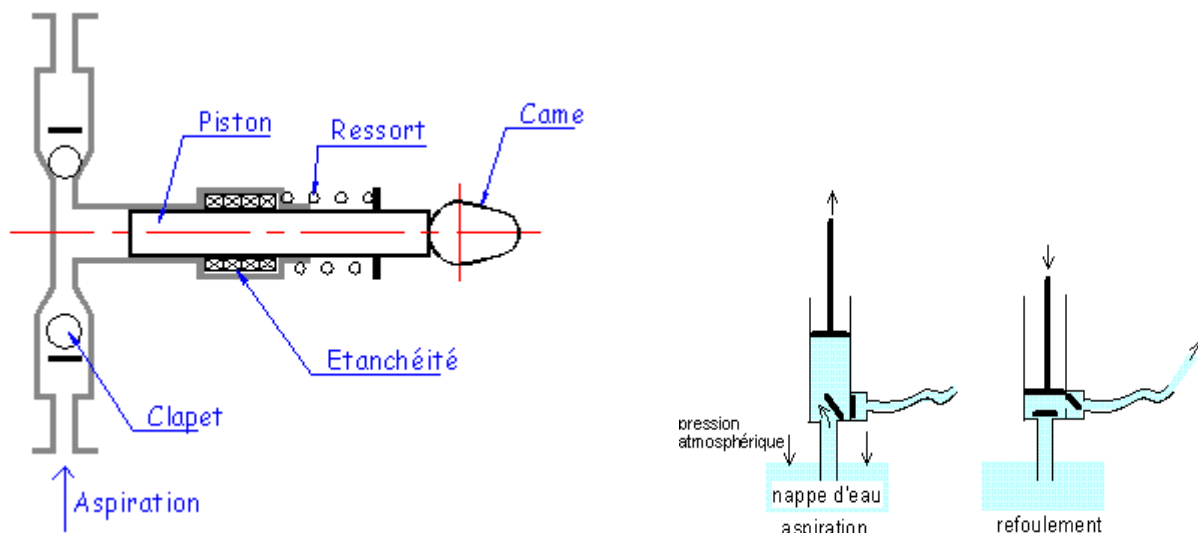
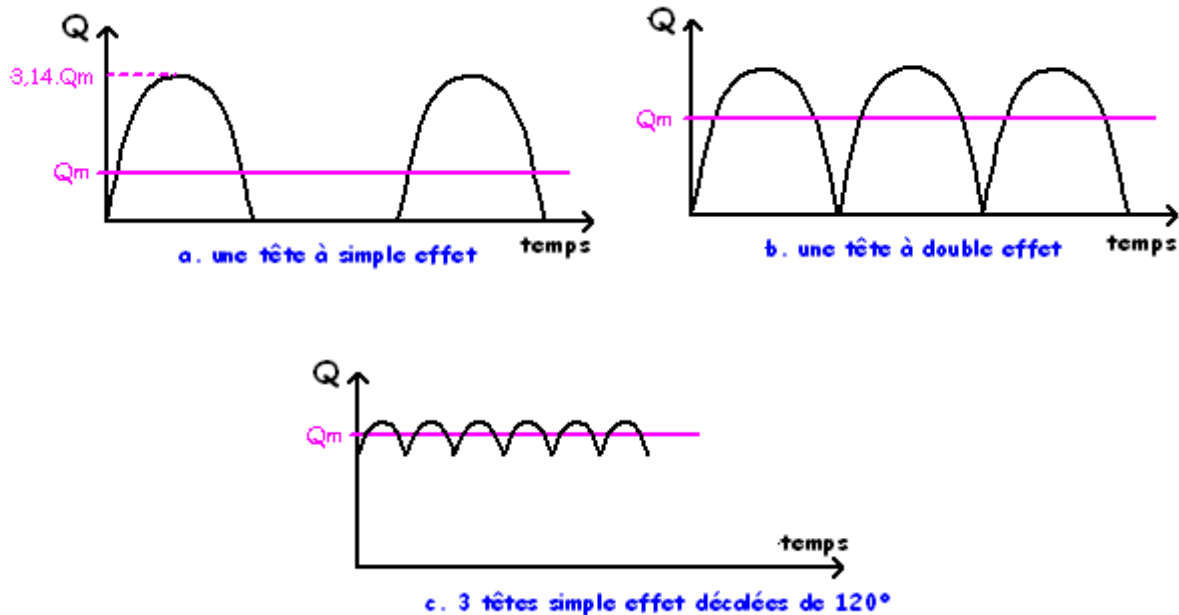


Figure 3 : pompe à piston.

Compte-tenu de ce fonctionnement, la pompe ne refoule du liquide que pendant la moitié d'un cycle et, en conséquence, le débit du fluide n'est pas constant dans le temps mais pulsé. Si le débit moyen horaire est  $Q_m$ , alors le débit maximum instantané vaut  $3,14.Q_m$  (**figure 4a**).



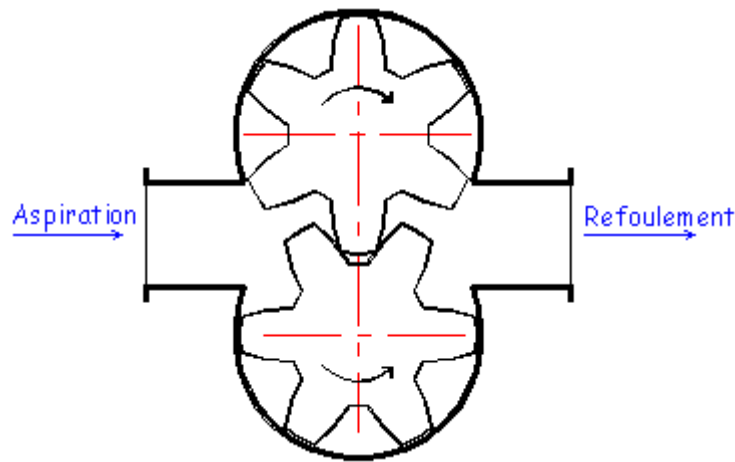
**Figure 4** : schéma des débits des pompes alternatives.

La régularité du débit peut être obtenue par une pompe double effet (les deux faces du piston travaillent) ou à deux têtes (**figure 4b**) ou par une pompe multi-têtes (**figure 4c**).

Pour éviter les pulsations, la conduite de refoulement peut être équipée d'une capacité contre les pulsations encore appelée anti-bélier.

#### 4-4- Les pompes à engrenage

La **figure 5** illustre ce type de pompe. Deux pignons sont placés dans un carter et tournent en sens inverse, l'un des pignons (arbre primaire) entraînant l'autre. Le liquide aspiré est véhiculé par la périphérie des pignons : le volume élémentaire est compris entre deux dents consécutives d'un pignon et le carter. Le retour de produit du refoulement vers l'aspiration est empêché par l'engrènement.

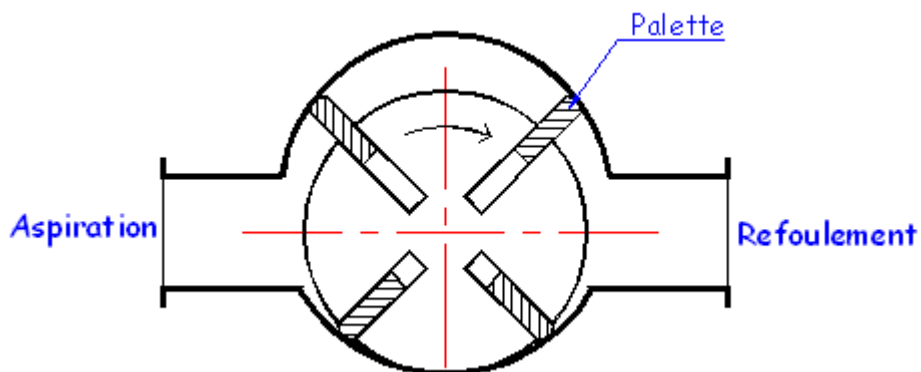


**Figure 5 : pompe à engrenage.**

#### **4-5- Les pompes à palettes**

Ces pompes sont constituées (**figure 6**) de :

- Un corps cylindrique ;
- Un rotor cylindrique excentré dans lequel ont été aménagées des rainures ;
- Palettes venant coulisser dans ces rainures.



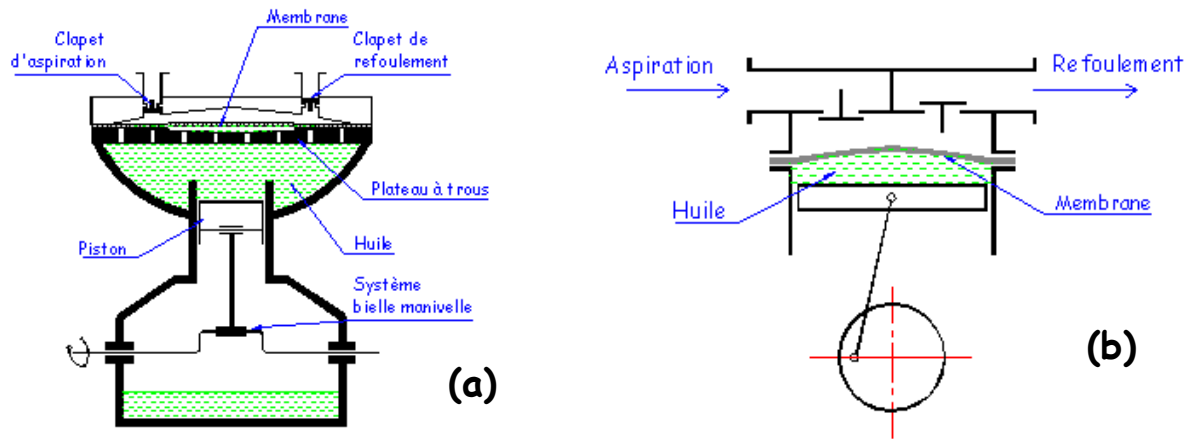
**Figure 6 : pompe à palettes.**

Les palettes sont plaquées sur la périphérie du corps soit par le biais de la force centrifuge, soit par la présence de ressorts.

La position excentrée du rotor génère des volumes variables entre le corps et deux palettes consécutives. Dans leur cycle de rotation, des palettes vont se présenter devant l'orifice d'aspiration en offrant un volume croissant : le fluide va être aspiré, puis emprisonné et véhiculé vers l'orifice de refoulement où le volume va décroître : le fluide sera refoulé.

#### 4-6- Les pompes à membrane

C'est la déformation élastique d'une membrane (**figure 7a**) qui assure l'aspiration et la compression du fluide. Les pompes ou les compresseurs à membrane sont utilisés pour des fluides (liquide ou gaz) dangereux, nocifs et corrosifs.



**Figure 7** : principe des pompes et des compresseurs à membrane.

Un piston comprime une huile auxiliaire (fluide incompressible). Cette huile déforme une membrane qui comprime à son tour le fluide pompé (**figure 7b**).

Le système à membrane permet d'éliminer le problème de l'étanchéité, offrant ainsi un avantage sur le système à piston et garniture.

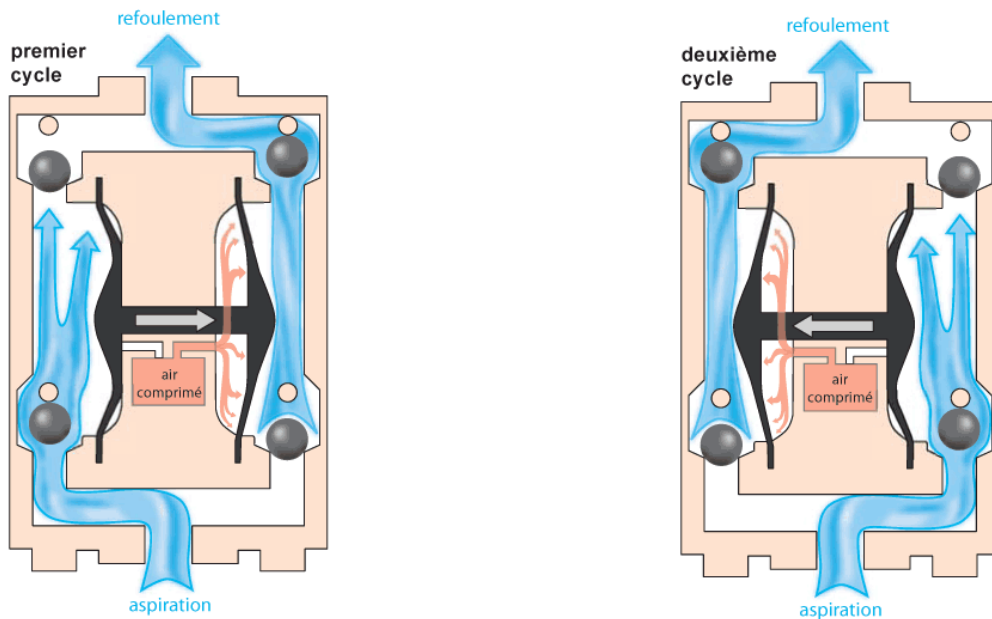
On distingue le système à simple membrane et le système à double membrane et fluide intermédiaire.

#### 4-7- Les pompes pneumatiques

Les pompes pneumatiques (**figure 8**) fonctionnent avec de l'air comprimé (fluide moteur), ce qui présente un avantage indéniable en zone explosive.

Une vanne distributrice d'air comprimé alterne l'admission d'air d'un compartiment moteur à l'autre, chacun d'eux étant séparé du compartiment procédé par une membrane. C'est donc une pompe à membrane alternative. La présence de deux compartiments permet d'assurer un débit plus régulier que les pompes à membrane unique. Ces pompes sont naturellement auto-amorçantes.

Ces pompes sont très utilisées comme pompes à tout faire (transferts, vidange de bacs, fosses, opérations discontinues, injection de produits de traitement, travaux zones de chargement, etc.).

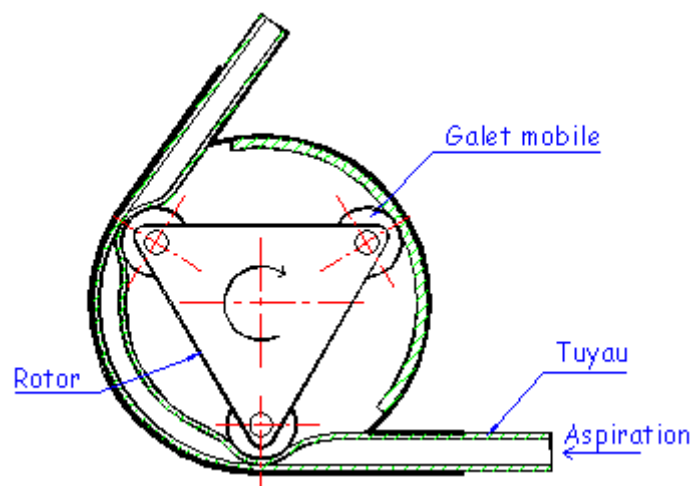


**Figure 8 : principe pompe pneumatique.**

#### **4-8- Les pompes péristaltiques**

Le principe utilisé est l'écrasement d'un tube souple par un rotor excentré, des rouleaux ou des galets en rotation. Le volume de liquide incompressible est ainsi déplacé de l'aspiration vers le refoulement, à un débit qui dépend du diamètre du tube souple (ou du nombre de tubes) et de la vitesse de rotation du rotor.

Ces pompes (**figure 9**) sont constituées d'un plateau tournant (rotor) sur lequel sont montés trois galets libres en rotation. Un tuyau souple (dans lequel circule le fluide à pomper) est placé dans le corps de la pompe. Lors de leur entraînement, les galets viennent écraser le tuyau souple. Le fluide est alors aspiré dans le tuyau puis, coincé entre deux galets, il est entraîné vers le refoulement.



**Figure 9 : pompe péristaltique.**

Ce sont des pompes volumétriques qui sont adaptés à des très petits débits (alimentation d'appareils de laboratoire) comme à des débits importants, en fonction de l'exécution. La

pression de refoulement peut être relativement importante en fonction des tuyaux utilisés, jusqu'à environ 10 bars. Le tuyau souple est une pièce d'usure qu'il convient de remplacer périodiquement.

Ces pompes sont souvent utilisées en laboratoire et dans les appareils de prélèvements automatiques.

#### 4-9- Les pompes à lobes ou du type ROOTS

Les pompes à palettes ne satisfont pas toutes les applications potentielles, en particulier dans le domaine de la grande industrie chimique, où les volumes à pomper sont parfois très importants, mais où les pressions souhaitées sont relativement médiocres. En outre le dispositif à palettes se prête mal à l'évacuation de gaz explosifs ou facilement inflammables en raison du risque d'étincelle dû au frottement de la palette sur le stator. Dans ce cas on utilisera le dispositif ROOTS.

Le principe de fonctionnement donné sur la figure suivante est similaire à celui des pompes et des compresseurs à lobes ROOTS.

La pompe comme le compresseur à lobes, comprend deux rotors symétriques en forme de «8» s'imbriquant l'un dans l'autre (**figure 10**). Les rotors de la pompe à lobes tournent en sens inverse l'un par rapport à l'autre, à l'intérieur du stator.

Le mouvement de rotation des rotors est synchronisé par des pignons extérieurs. Il n'y a aucun contact entre les rotors entre eux et entre les rotors et le carter.

La rotation des rotors crée alternativement des chambres de grand et de petit volume de telle façon que le fluide aspiré dans la grande chambre est comprimé dans la petite.

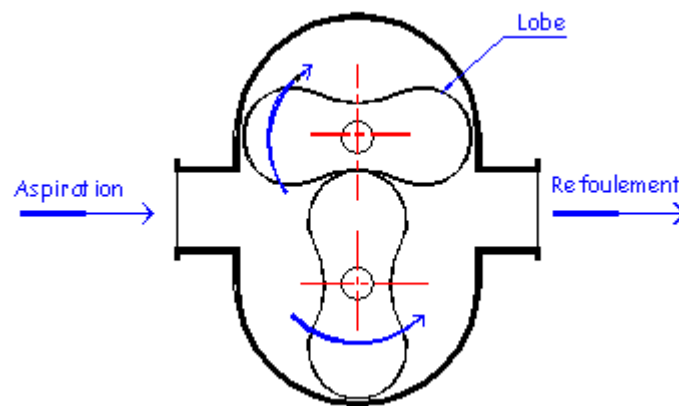


Figure 10 : pompe à lobes.

#### 4-10- Les pompes à vis

Elles sont en général constituées de 2 vis à filets à pas contraires souvent entraînées par un jeu de pignons extérieurs. Les paliers peuvent être intérieurs (lubrifiés par le produit lui-même) ou extérieurs (**figure 11**). Les 2 vis forment avec le corps des volumes se déplaçant axialement vers l'orifice de refoulement. Le produit est déplacé de façon continue et sans pulsation.



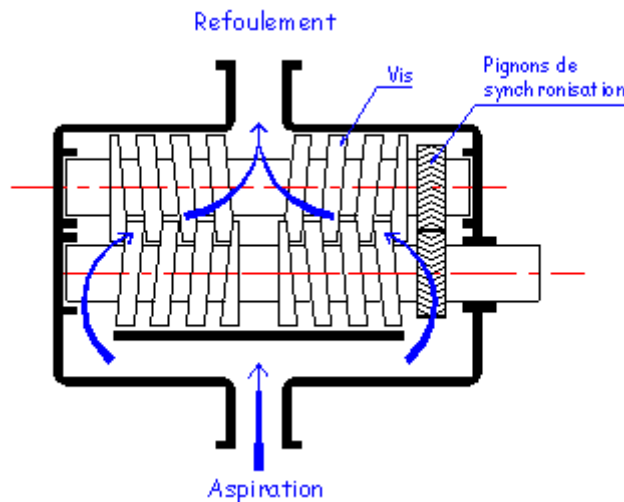


Figure 11 : pompe à vis.

#### 4-11- Les pompes Moineau

Une pompe Moineau appelée aussi pompe à vis (**figure 12**), du nom de son inventeur, est constituée d'un rotor hélicoïdal tournant à l'intérieur d'un stator hélicoïdal. Le rotor est en général en acier inoxydable et sa forme est usinée avec une grande précision. Le stator est moulé dans un élastomère résilient. La géométrie et les dimensions de ces pièces sont telles que, lorsque le rotor est inséré dans le stator, une double chaîne de cavités étanches (alvéoles) est constituée. Lorsque le rotor tourne à l'intérieur du stator, les alvéoles progressent le long de l'axe de la pompe sans changer de forme ni de volume, ce qui transfère le produit depuis l'entrée de la pompe vers son refoulement.

Cela en fait une pompe volumétrique rotative à débit régulier.

La pompe est composée (**figure 12a**) de :

- Une vis interne à pas simple en métal ;
- Un stator à pas double en élastomère.

Ces 2 éléments créent des volumes fermés qui vont se déplacer axialement de l'aspiration vers le refoulement lors de la rotation de la vis.

L'illustration du déplacement du fluide pompé dans une pompe moineau est donnée sur la **figure 12b**

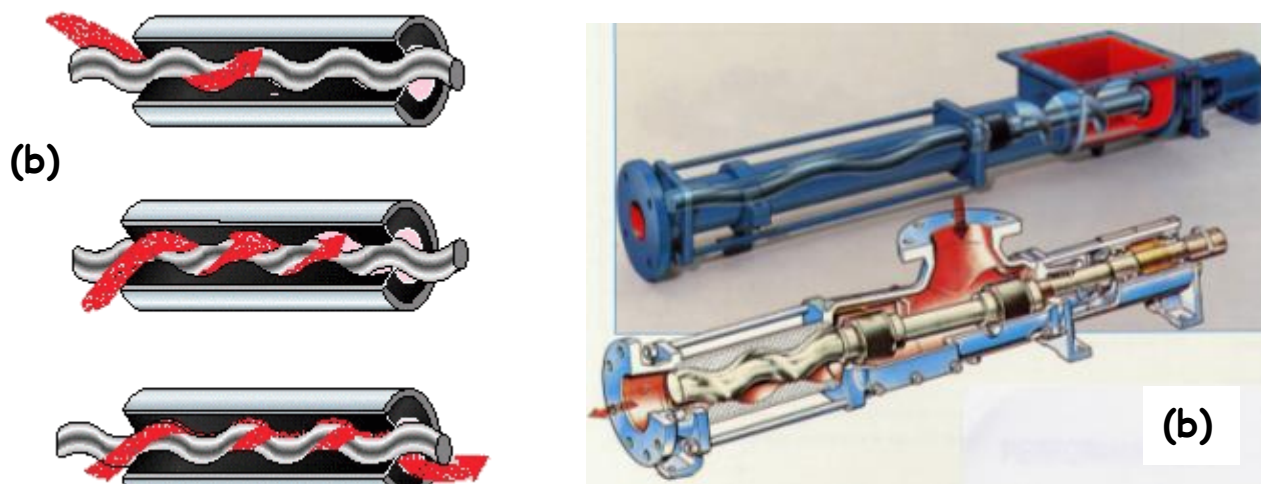


Figure 12 : pompe à vis excentrée (d'après doc Steiblé).

#### 4-12- Les pompes liquivac

Les pompes liquivac (**figure 13**) sont des pompes particulières munies d'une grosse vis sans fin créant un anneau liquide (type pompe à vide à anneau liquide), et selon les modèles d'une roue de type centrifuge (**figure 14**). Elles combinent les avantages d'une pompe centrifuge et d'une pompe à vide.

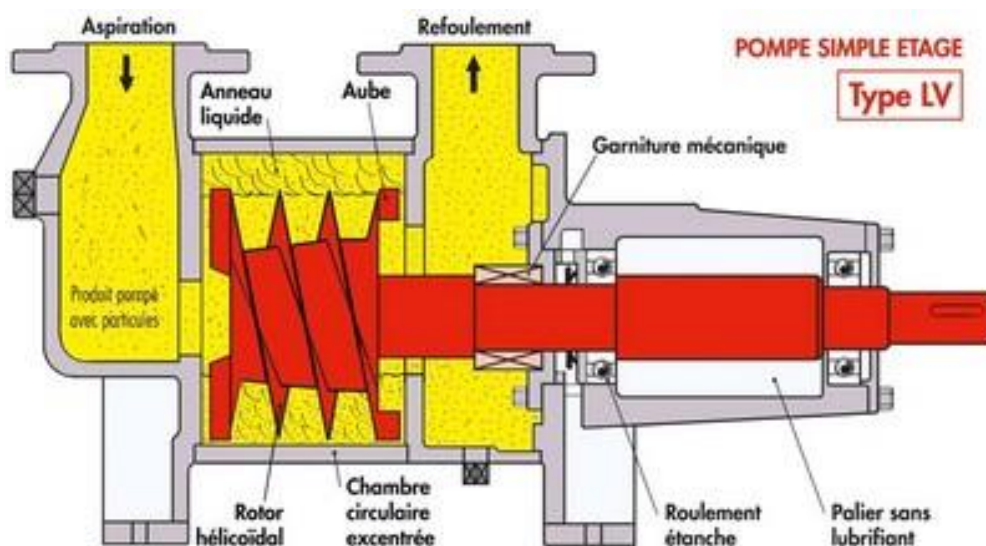
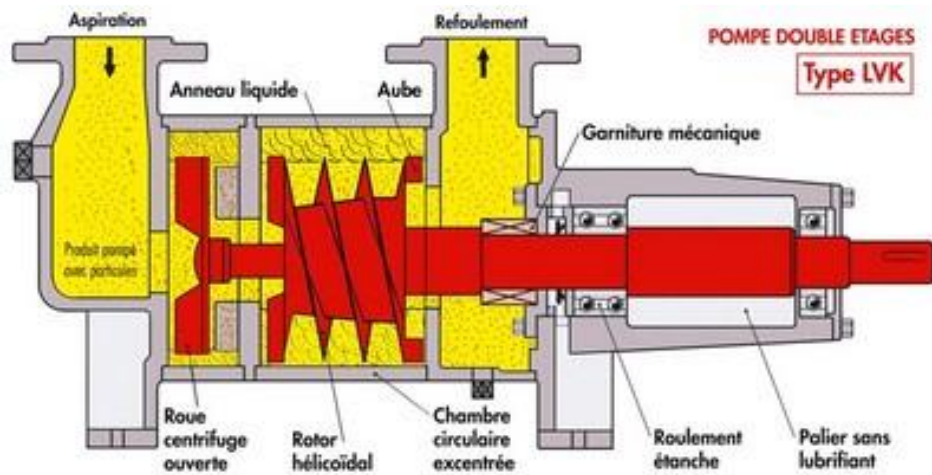


Figure 13 : pompe liquivac simple étage.



**Figure 14** : pompe liquivac double étage avec roue centrifuge.

Elles sont capables de pomper des gaz en continu ou pendant la phase d'amorçage, de pomper des mélanges gaz - liquide, des produits moussants, et même des mélanges poudres - liquides. Elles sont auto-amorçantes jusqu'à 8 mCL, ce qui les rend aptes à des services où les pompes centrifuges ne sont pas adaptées.

On les utilise parfois comme pompes d'amorçage de grosses pompes centrifuges.