

---

## SOMMAIRE

### INTRODUCTION

L'hydraulique est vue de par sa définition comme la science qui traite des problèmes posés par l'emploi des fluides en mouvement ou au repos. Jusqu'à la Révolution Industrielle, le bois et la force animale fournissaient l'essentiel de l'énergie utilisée par l'homme. Mais, utilisée depuis longtemps pour entraîner des machines, l'énergie hydraulique fournissait la plus grande partie de l'énergie mécanique. Aujourd'hui, l'énergie hydraulique représente 6 à 7 % de l'énergie consommée mondialement, mais près de 20 % de l'électricité. L'hydraulique industrielle, constitue de nos jours un domaine très vaste. Incontournable dans l'industrie, elle permet avec la pneumatique d'opérationnaliser les Systèmes Automatisés de Production (SAP) et ainsi accroître les productions industrielles tant en qualité qu'en quantité. Ainsi ses avantages ont permis d'avoir son domaine d'application très étendu (Aéronautique, Automobiles, Gros engins roulants, ...)

L'hydraulique industrielle, voici un domaine de la technologie qui est très étendu qu'il ne donne l'impression. Rien qu'un seul composant peut faire l'objet d'un mémoire entier si l'on voulait tout détailler au sous composant près.

Le bon fonctionnement d'un circuit hydraulique n'est pas le fruit du hasard. Si le circuit exécute bien le travail auquel il est destiné, c'est que l'étude des composantes du système et leur sélection ont été faites selon des critères très rigoureux.

Ainsi, notre analyse portera sur l'organe de la partie opérative des systèmes hydrauliques à savoir *l'actionneur hydraulique*.

Dans notre exposé, nous allons parcourir les différents actionneurs hydrauliques en définissant leur rôle, leurs fonctions et leurs principales caractéristiques.

## **I) DEFINITION DE L'ACTIONNEUR HYDRAULIQUE**

Dans un circuit, l'actionneur hydraulique constitue l'outil indispensable pour convertir l'énergie hydraulique en énergie mécanique grâce à un fluide sous pression.

Cette conversion se fait:

- par des mouvements rotatifs (**moteurs**);
- par des mouvements de translation linéaire (**vérins à simple ou à double effet**).

## **II) FONCTIONNEMENT DES ACTIONNEURS HYDRAULIQUES**

### **1) L'ACTIONNEUR LINEAIRE**

L'actionneur linéaire hydraulique aussi appelé vérin hydraulique, est un consommateur hydraulique. Il appartient au groupe des cylindres. C'est l'élément de travail le plus important en hydraulique. Dans celui-ci, l'énergie provenant du liquide hydraulique, qui est fourni par un accumulateur hydraulique ou une pompe hydraulique, est convertie en une force à effet linéaire et facilement commandable. Il y a d'innombrables formes de vérins hydrauliques dont les diamètres de pistons et de tiges sont aujourd'hui normalisés.

**La force mécanique développée** par les vérins est **directement proportionnelle à la valeur de la pression et de la surface** sur laquelle s'appuie cette section. Cette section est appelée section *effective*. On la définit comme **section sur laquelle s'applique une pression** dans le même sens que celui du déplacement du piston et perpendiculairement à la face de celui-ci.

On ne décrira ici que les vérins à tige simple, le raisonnement pour les vérins à double tige est analogue.

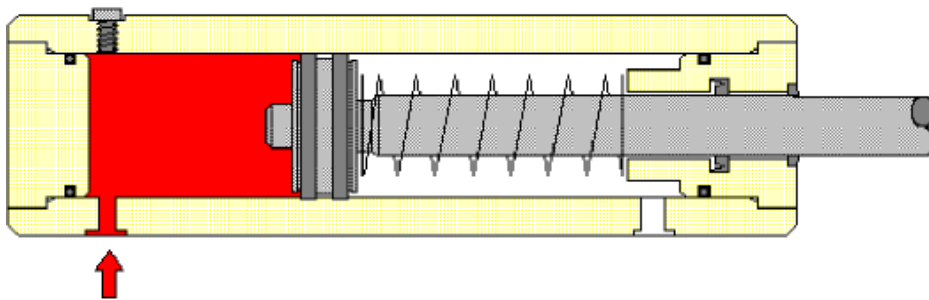
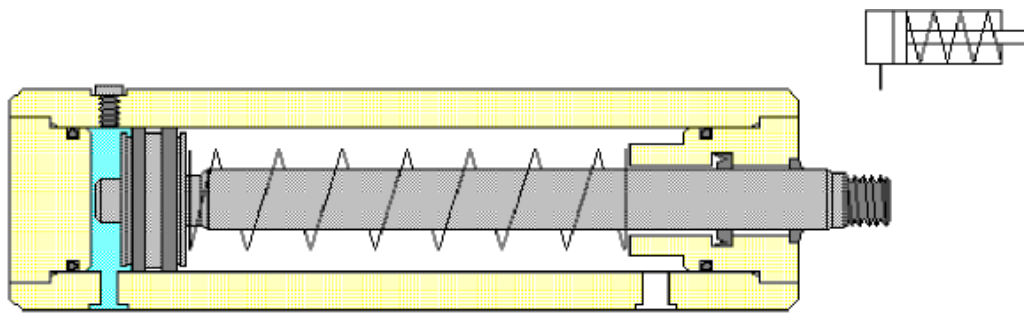
Les actionneurs linéaires sont classés selon leur mode d'action :

- vérins à **simple effet**;

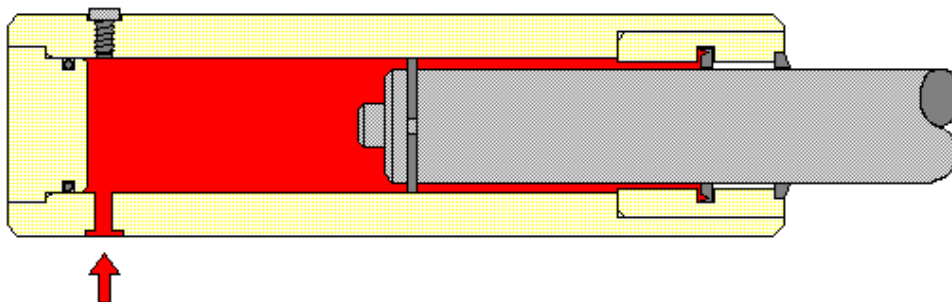
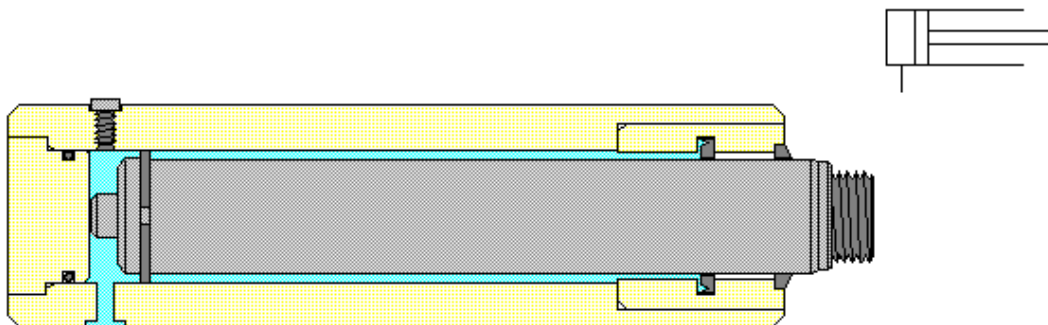
- vérins à **double effet**.

### A) LE VERIN A SIMPLE EFFET (VSE)

Le vérin à simple effet ne peut appliquer la force que dans un sens et le retour se fait grâce à un ressort.



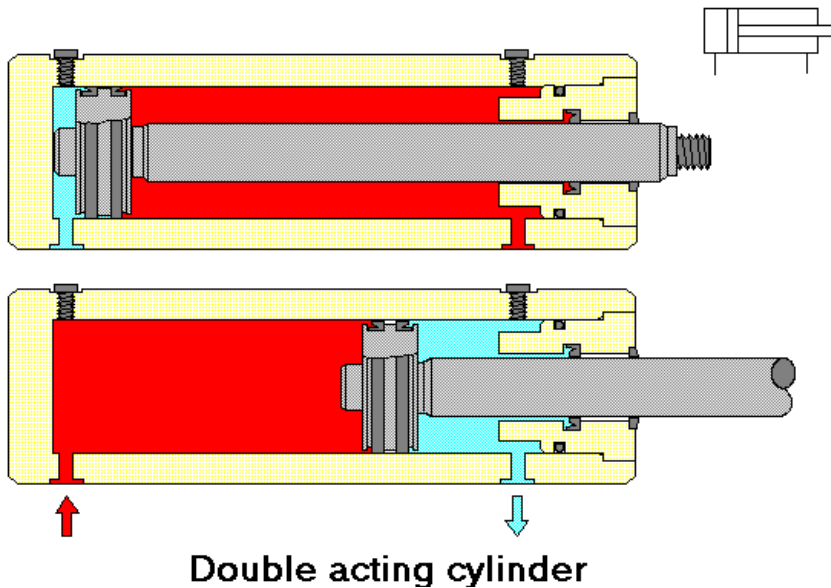
Single acting cylinder



Plunger cylinder

## **B) LE VERIN A DOUBLE EFFET**

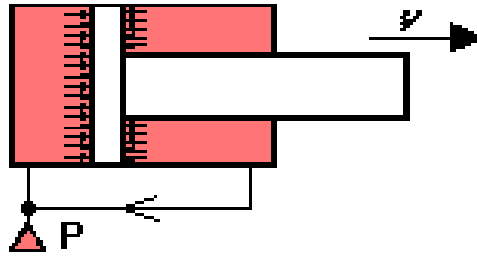
Le vérin à double effet a deux aires effectives : une pour exécuter la sortie de la tige du vérin et l'autre pour exécuter sa rentrée. Ce principe apporte un élément nouveau dans les constituantes du vérin : Le piston.



## **2) LES VERINS PARTICULIERS**

### **A) LE VERIN DIFFERENTIEL**

Un vérin différentiel possède une tige seulement sur un côté de la surface du piston. Il possède ainsi 2 surfaces d'action de différentes grandeurs. D'une part la surface sur le côté du piston qui agit entièrement et d'autre part la surface du côté de la tige. Ici, seulement la surface de la couronne agit. Le rapport entre la surface du piston et de la couronne est appelé Phi. Ainsi le vérin différentiel sort et rentre, en cas normal avec 2 vitesses différentes.

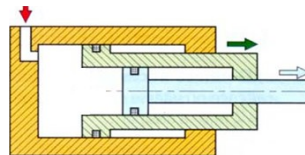


Ce montage consiste à mettre sous pression les deux chambres simultanément. La chambre côté tige rejetera donc son huile dans l'autre chambre, ce débit s'ajoutant à celui d'alimentation. La vitesse de la tige sera donc plus importante que dans le montage normal.

Il y a toute une gamme de vérins pour lesquels les sections de tige sont la moitié des sections de pistons (en surface), ce qui permet d'obtenir une vitesse de sortie de tige identique à celle de rentrée grâce à ce montage en différentiel.

### **B) LE VERIN A TIGE TELESCOPIQUE**

Les vérins à tige télescopique sont composés de plusieurs cylindres montés les uns dans les autres. Est plus souvent construit à simple effet qu'à double effet. L'avantage des vérins à tige télescopique est qu'ils peuvent produire une course longue avec un encombrement relativement réduit.

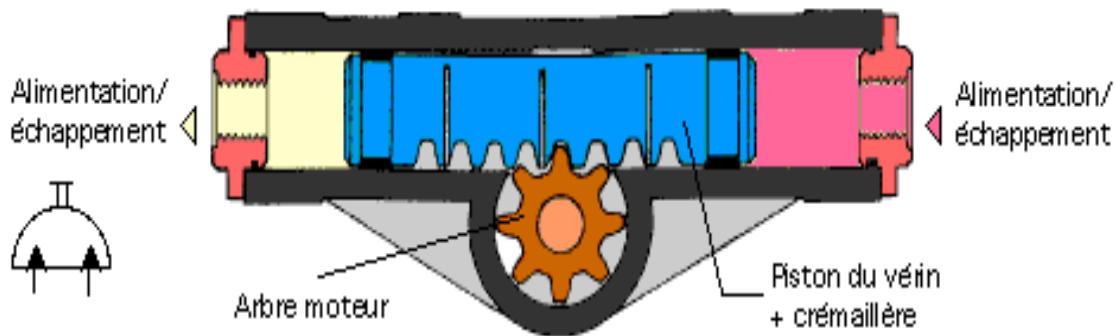


Lorsque la commande est actionnée, le piston le plus gros sort en premier. Lorsqu'il est arrivé en fin de course celui immédiatement plus petit sort le deuxième. Puis, c'est le tour du troisième et ainsi de suite.

Quand on commande la rentrée, la petite section rentre en premier, puis la section immédiatement plus grande rentre à son tour et ainsi de suite.

### **C) L'ACTIONNEUR ROTATIF**

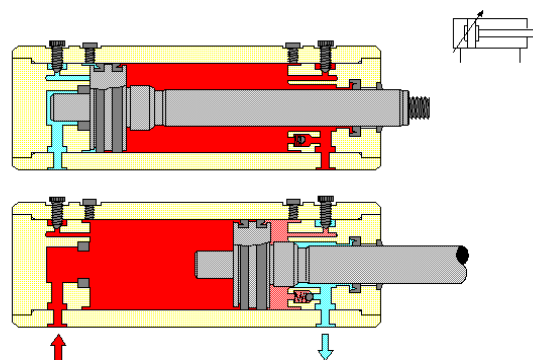
L'actionneur rotatif ou moteur hydraulique a la même fonction que l'actionneur linéaire. Il transforme l'énergie hydraulique en énergie mécanique et est dépendant de la pression du circuit et du débit qui y circule. L'actionneur rotatif transforme son énergie hydraulique en couple (force de rotation) ou en en travail exprimé en NM ou plus fréquemment en daNM.



#### D) AMORTISSEMENT EN FIN DE COURSE

Les vérins avec amortissement servent à ralentir les vitesses en fin de course et empêchent le piston de cogner contre le fond du vérin.

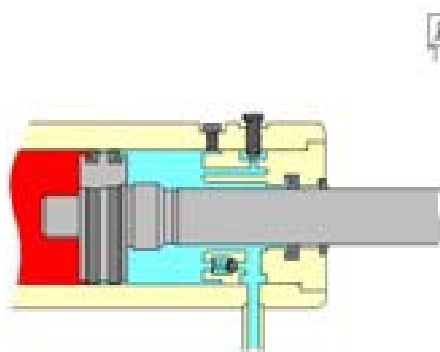
L'amortissement d'un vérin marchant à une vitesse  $v < 6\text{m/min}$  n'est pas nécessaire. A partir de  $6\text{m/min} < v < 20\text{m/min}$ , il faut prévoir un amortissement par soupape d'étranglement ou soupape de freinage. A  $v > 20\text{m/min}$ , des mesures d'amortissement ou de freinage particulières s'imposent.



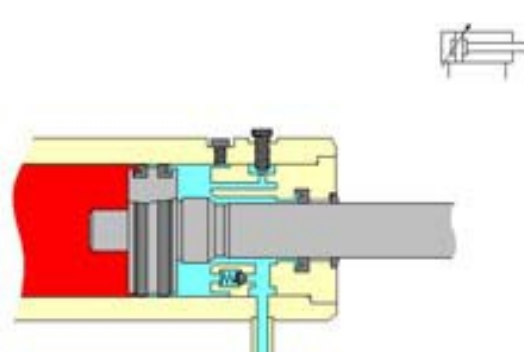
Double acting cylinder with end position cushioning

A la sortie du piston à sa position extrême avant, la section de passage disponible au fluide s'échappant de la chambre du piston est

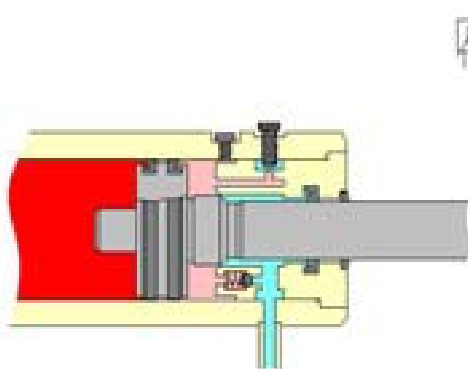
obturée par l'élément d'amortissement à partir d'un certain point jusqu'à fermeture complète de la section. Le fluide contenu dans la chambre du piston s'écoule alors par une soupape d'étranglement. Pour l'amortissement de fin de course il faut toujours un limiteur de pression.



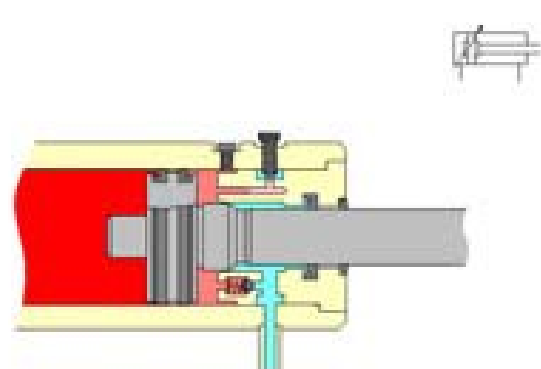
Amortissement en fin de course



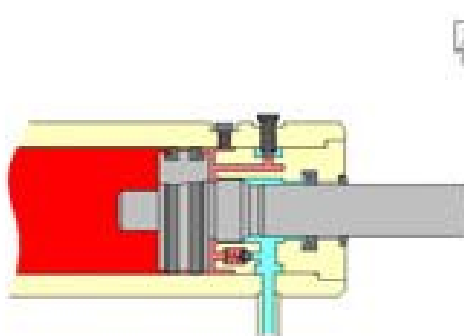
Amortissement en fin de course



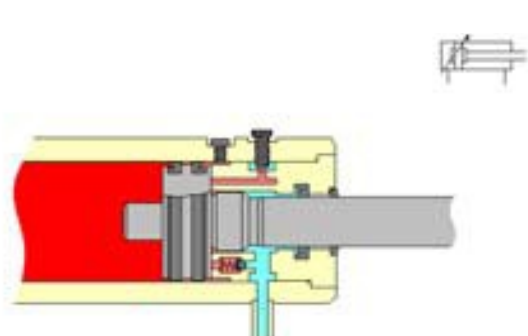
Amortissement en fin de course



Amortissement en fin de course



Amortissement en fin de course



Amortissement en fin de course

### 3) LES DIFFERENTS VERINS ET LEURS SYMBOLISATIONS

En fait nous ne citerons que quelques uns (les plus courants).

#### Désignation

Vérin simple effet (tige rentrée à l'état repos)

Vérin simple effet (tige sortie à l'état repos)

Vérin double effet non amorti

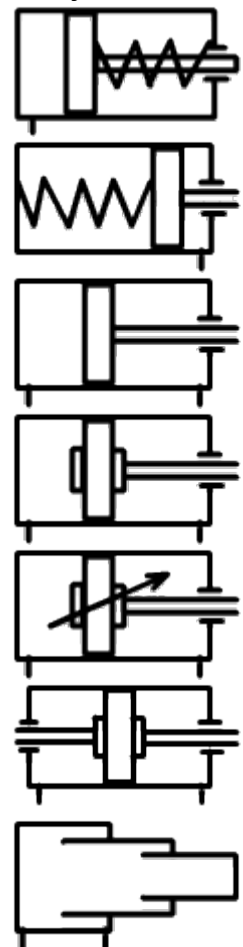
Vérin double effet amortissement avant et arrière

Vérin double effet amortissement avant et arrière réglable

Vérin double effet à double tige

Vérin télescopique double effet (c'est ce type de vérin qui est utilisé dans les camions bennes, les engins de travaux publics)

#### Symbole



#### Domaine d'application

Le domaine d'application des vérins est très vaste, des machines-outils aux engins des travaux publics, des presses hydrauliques aux monte-charges, de l'aéronautique à la construction navale, presque tous les systèmes nécessitant de gros efforts font intervenir les vérins par le système hydraulique



#### 4) CARACTERISTIQUES DES ACTIONNEURS HYDRAULIQUES

Le point de départ pour le choix d'un vérin est le travail qui lui est demandé :

- **la force F**
- **la pression p** du fluide qui dépend de l'effort à développer.
- **sa course** qui dépend de la longueur du déplacement à assurer
- **son diamètre**

$$F = p \cdot A$$

Cette expression permet de définir le diamètre du piston. A cette occasion, il convient de considérer le rendement hydromécanique  $\eta_{hm}$ . Ce rendement est fonction de la rugosité du tube de vérin, de la tige de piston et du système d'étanchéité. Il se situe entre 0.85 et 0.95 le diamètre du piston  $d$  est obtenu à partir de l'expression :

$$d = \sqrt[4]{\frac{4F}{p \cdot \eta_{hm} \cdot \pi}}$$

Dans cette formule on n'a pas pris en considération les fuites volumétriques ( $\eta_v = 1$ ).

- Le diamètre intérieur du cylindre =  $d_K$
- La surface du piston =  $A_K$
- Le diamètre de la tige =  $d_{ST}$
- La surface annulaire du piston =  $A_{KR} = A_K - A_{ST}$
- Le rapport de surfaces  $\phi = A_K / A_{KR}$

##### Expression de la force

Dans un système hydraulique, la force (F) développée par les actionneurs s'exprime en newtons dans le système international(SI).

Système international :

$$F = P \cdot A$$

A = mètre carré ( $m^2$ )

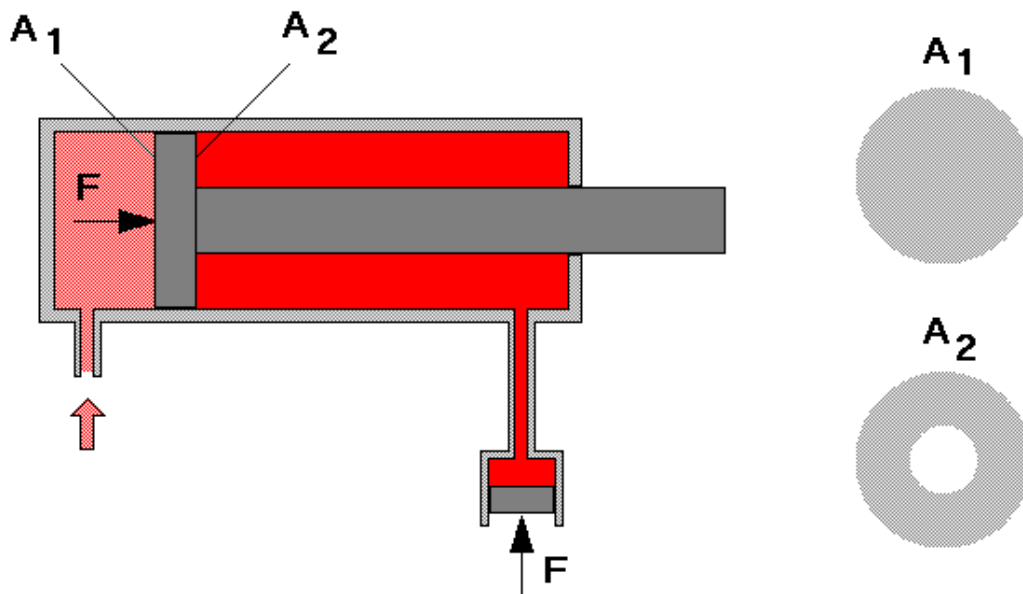
F = newton (N)

$P = \text{pascal (Pa)}$

La force est directement proportionnelle à la pression et à l'aire de la section sur laquelle la pression est appliquée.

Donc, la force développée par un piston est égale au produit de la pression par l'aire du piston.

La figure ci-dessous met en lumière l'évaluation de la force d'un vérin linéaire.



Force de sortie

$$F(+) = p * A_1$$

$$F(+) = 0.7854 * d_1^2 * p$$

Dans le même ordre d'idées, la force de rentrée de la tige est égale à:

$$F(-) = p * A_2$$

$$F(-) = 0.7854 * (d_1^2 - d_2^2) * p$$

Ces formules permettent, par exemple, de trouver la force développée par un vérin linéaire.

Exemple :

Prenons le cas d'un vérin hydraulique aux caractéristiques mécaniques suivantes:

- diamètre d'alésage : 80 mm.
- diamètre de la tige : 40 mm.

Le travail est exécuté avec une pression de 3 MPA. Quelle force en newtons peut développer ce vérin en rétroaction, c'est à dire en rentrant ?

La formule à utiliser sera :

$$F(-) = p * A_2$$

$$F(-) = p * 0.7854 * (d_1^2 - d_2^2)$$

La pression en pascals (pa) sera :

$$P = 3 * 10^6 \text{ pa}$$

L'aire de la couronne en mètres carrés ( $m^2$ ) sera :

$$A = 0.7854 (0.080^2 - 0.040^2) \text{ m}^2$$

$$A = 0.7854 (0.0064 - 0.0016) \text{ m}^2$$

$$A = 0.7854 (0.0048) \text{ m}^2$$

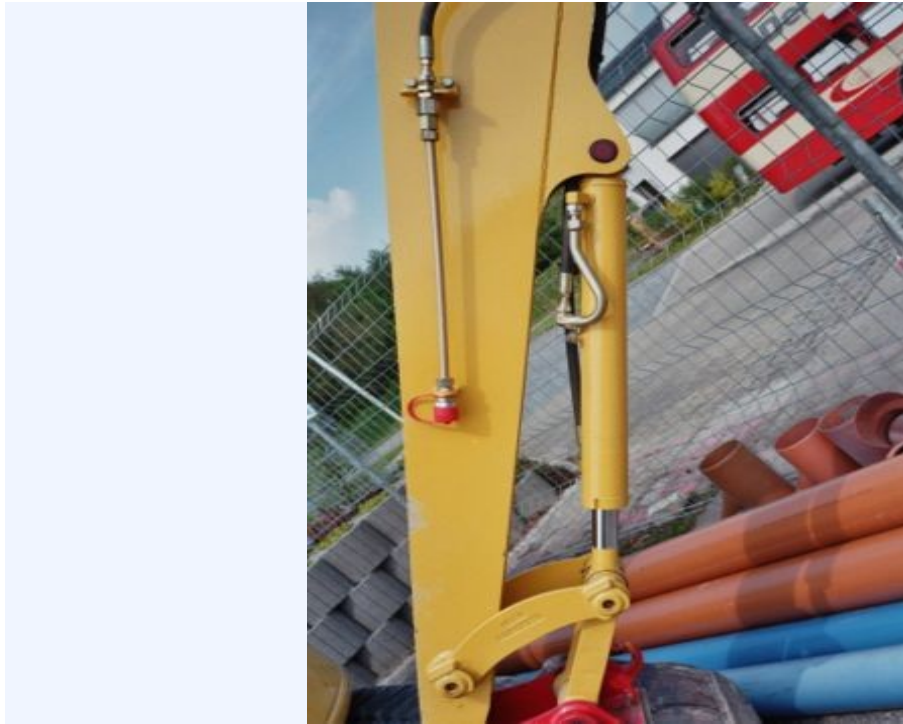
$$A = 0.003769 \text{ m}^2$$

$$A = 3769 * 10^{-6} \text{ m}^2$$

F(-) sera donc égale à :

$$F(-) = 3 * 10^6 \text{ pa} * 3769 * 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$F(-) = 11307 \text{ newtons}$$

**Piqueur****Ordres de grandeurs des pressions**

- Basse pression : jusqu'à 70 bars
- Moyenne pression : 70 à 400 bars (210 bars est la plus utilisé)
- Haute pression : 400 à 1000 bars
- Très hautes pression : >1000 bars
- Hyperpression : aux alentours de 10.000 bars

**III) LES MOTEURS HYDRAULIQUES**

Un moteur hydraulique est un [moteur](#) qui transforme l'énergie hydraulique fournit par un fluide sous pression en énergie mécanique. Il en résulte un mouvement rotatif de l'arbre de sortie.

Il existe **3** grandes familles de moteurs :

Le Moteur rapide, le Moteur semi-rapide et le Moteur lent

**▪ Moteur rapide**

Le moteur hydraulique rapide a un caractère réversible (cette catégorie de moteur hydraulique peut aussi faire office de pompe). Ils sont très

performants On peut citer entre autre les moteurs à Engrenages, à Palettes à Pistons axiaux...

L'inconvénient c'est qu'ils sont chers et font beaucoup de bruit.

#### ▪ **Moteur semi-rapide**

Le moteur hydraulique semi-rapide est moins onéreux que le type de moteur hydraulique rapide. Bien choisie, cette catégorie de moteur hydraulique s'avère toutefois être très performante.

- A engrenage interne
- Ils sont relativement bon marché, pour de bonnes performances.
- La pression dépasse rarement 210 bars.
- Drainage externe ou interne, le joint d'étanchéité de l'arbre résiste en général à plus de 50 bars, plus il y a de pression sur le drain, moins le joint va durer dans le temps.

#### ▪ **Moteur lent**

Et, enfin, le moteur hydraulique lent. Ce dernier type de moteur hydraulique présente la caractéristique d'être très silencieux. Ceci est dû à la vitesse relativement faible à laquelle ce moteur hydraulique fonctionne. Le moteur lent permet de ne pas monter de réducteur et peut être logé dans une roue d'engin par exemple, il est aussi largement monté pour l'entraînement des vissees d'extrusion des presses à injections plastique.

- Il permet un couple élevé.
- Très silencieux du à la faible vitesse.
- La rotation lente, permet une bonne fiabilité mécanique.
- Moins sensible à la pollution que les moteurs rapide.

#### **Inconvénients du moteur lent**

La pression est plutôt basse en général inférieure à 300 bars.

Pour les vitesses très lentes, il faut monter un réducteur, dès lors on utilise un moteur rapide moins cher.

### **Moteur lent pour engins roulant**

La basse vitesse donne une faible inertie des pièces mobiles permettant des inversions ou accélérations rapides.

Moteur à deux cylindrées, certaines marques le permettent et ainsi avoir une vitesse rapide et lente, (soit travail soit route) très pratique pour un engin de chantier. Le principe est l'adaptation d'un excentrique piloté, hydraulique et coulissant à l'intérieur de l'arbre.

L'arbre peut supporter des charges radiales importantes, telles que le poids de l'engin sur les moyeux de roue, les joints d'arbre sont efficaces et peuvent travailler même immergé, dans l'eau ou la boue.

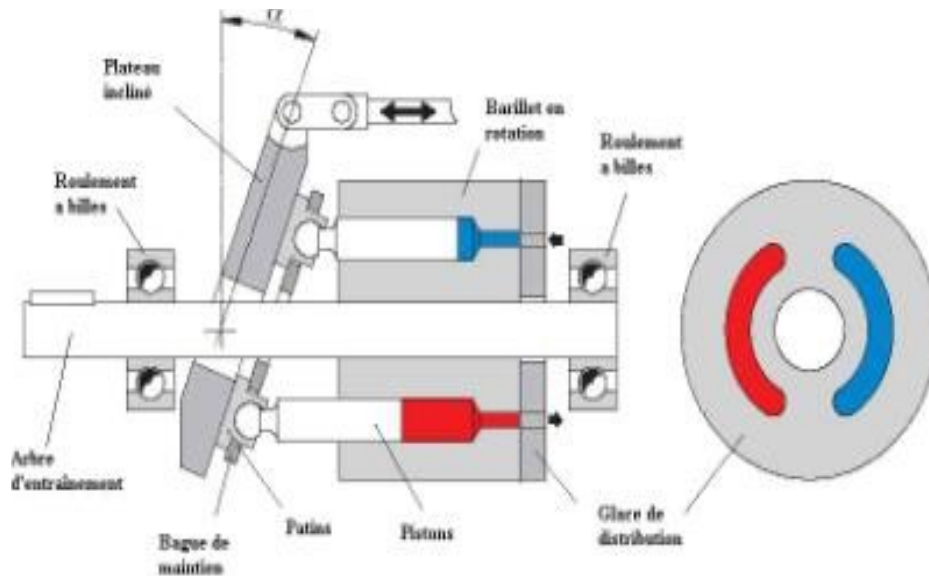
Pour les moyeux de roue d'engin, c'est la carcasse qui tourne et l'axe qui est fixe.

- 
- Freinage souvent incorporé au moteur, piloté par le circuit hydrostatique.

Parallèlement à cette catégorisation de moteur hydraulique, on notera que chaque type de moteur hydraulique intègre en son sein une kyrielle de moteur hydraulique.

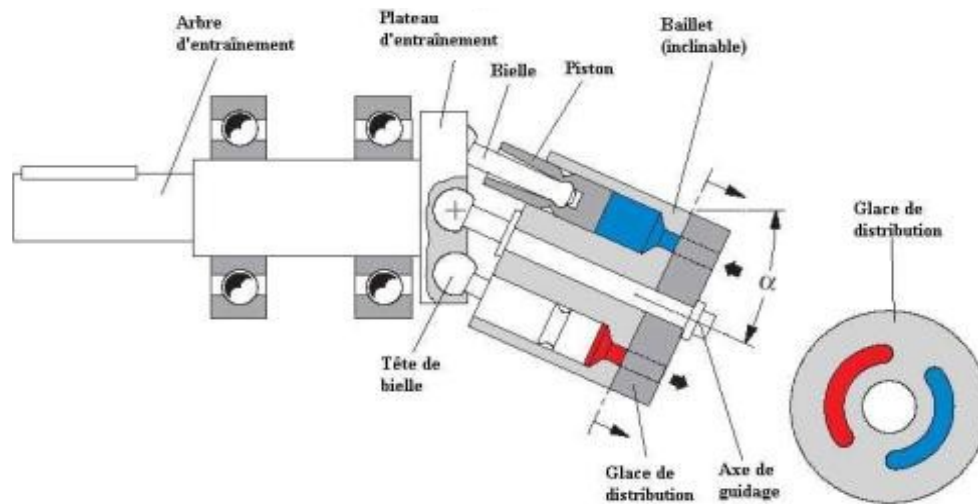
## **1) LES POMPES ET MOTEURS A PISTONS AXIAUX**

On entend par ce terme: «unité dont les pistons sont disposés parallèlement à l'axe». Ces unités sont adaptées, de par leur technologie, à des vitesses relativement élevées. Elles peuvent être à cylindrée fixe ou variable. La gamme de pressions pouvant aller jusqu'à 450 bars. La course des pistons est provoquée par l'inclinaison d'un plateau par rapport au barillet contenant les pistons. Si l'inclinaison est variable, alors la cylindrée est variable. Le nombre de pistons détermine la stabilité du débit aux orifices : en effet chaque piston est soit à l'aspiration, soit au refoulement, le débit présente donc des irrégularités d'autant plus grandes que le nombre de pistons est faible ou que celui-ci est pair.



### Pompe à pistons axiaux à axe droit, plateau incliné

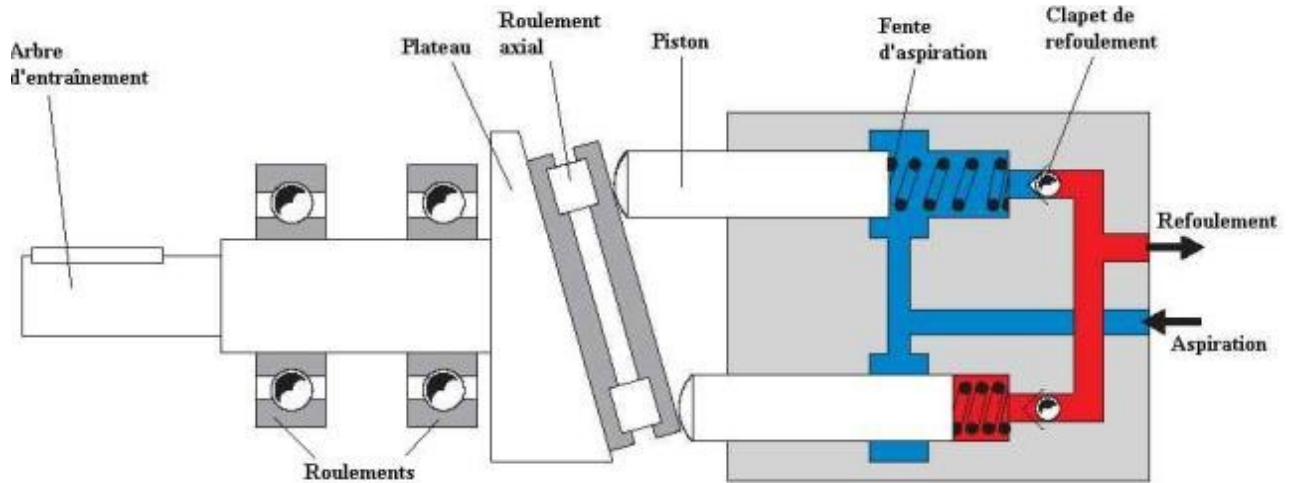
Certaines unités, dites "à axe brisé", sont classées dans les unités à pistons axiaux à cause de leur technologie et de leurs caractéristiques similaires. Ces unités ont une cylindrée fixe, fonction de l'angle arbre/barillet.



### Pompe à axe brisé, barillet inclinable

Dans ce principe (pompe à axe brisé, barillet inclinable), le barillet est entraîné par les pistons qui reçoivent eux-mêmes leur mouvement par le plateau d'entraînement. Le barillet est guidé soit par un axe central soit logé dans un roulement à aiguilles. Il peut être incliné par rapport à l'axe

d'entraînement. La cylindrée de la pompe varie en fonction de l'angle d'inclinaison du barillet. Ce principe de construction permet de réaliser des pompes à débit « réversibles ».



### **Pompe à plateau oscillant (pistons axiaux à clapets)**

Dans ce principe (pompe à plateau oscillant), l'arbre d'entraînement fait osciller le plateau d'entraînement, qui transmet un mouvement alternatif aux pistons immobilisés en rotation. Les pistons sont appliqués par des ressorts de rappel sur le plateau.

Un palier axial avec un roulement encaisse les forces développées par le couple piston-plateau d'entraînement. Le redressement du sens des débits des différents pistons est réalisé, soit par une distribution à clapets, soit par des fentes sur les pistons. L'angle du plateau oscillant n'est pas modifiable, de ce fait, la cylindrée d'une telle pompe est constante. De par ce procédé très simple, le débit peut être varié de façon continue.

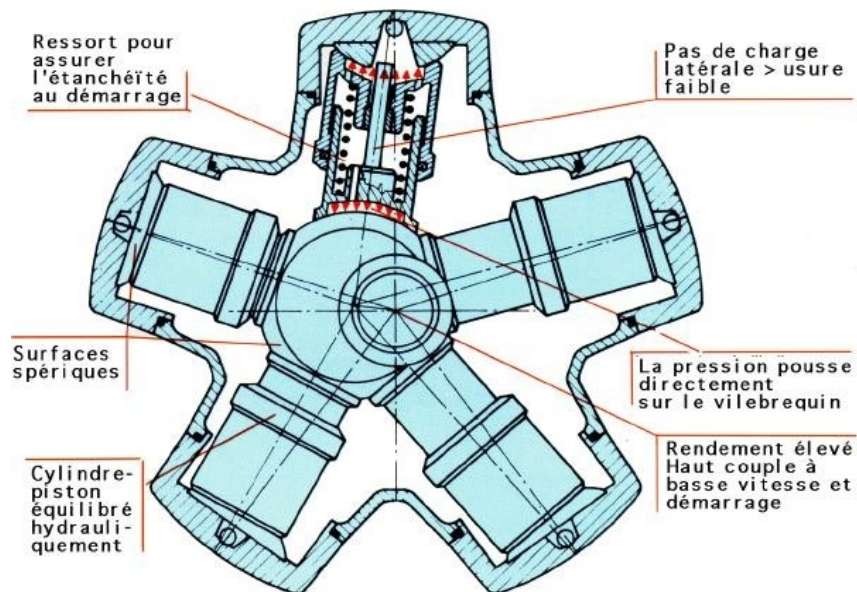
## **2) LES POMPES ET MOTEURS A PISTONS RADIAUX**

On entend par ce terme : «unité dont les pistons sont disposés radialement à l'axe», les pistons sont donc perpendiculaires à l'axe. Ces unités sont adaptées, de par leur technologie, à des vitesses relativement faibles et à des couples très élevés (pour les moteurs). La course des pistons est provoquée par un excentrique ou "vilebrequin". Leur cylindrée est par conséquent généralement fixe. Il existe des moteurs "multi-



cyindrées" (à 2 ou 3 cyindrées), permettant plusieurs gammes de vitesses. Le calcul de la cyindrée est le même que pour les unités à pistons axiaux.

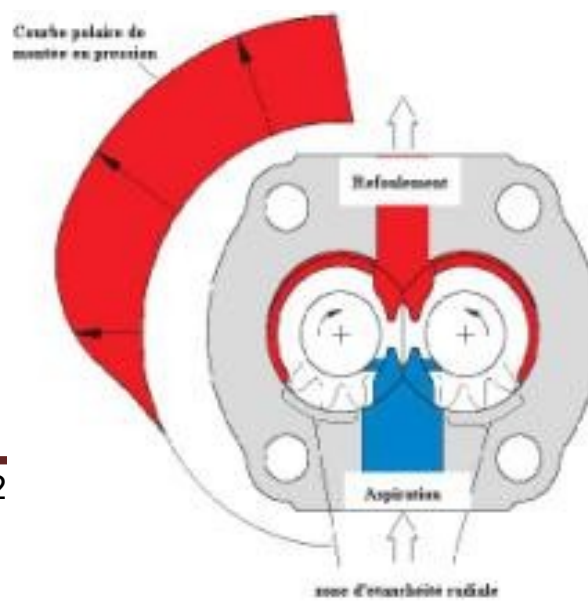
Le nombre de pistons détermine la stabilité du débit aux orifices de la même façon que pour les unités à pistons axiaux.



### Moteur hydraulique à pistons radiaux

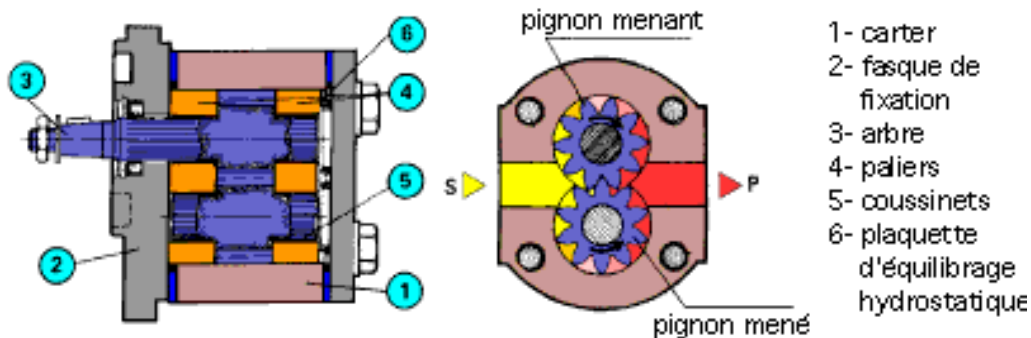
### 3) LES POMPES ET MOTEURS A ENGRENAGES

Les pompes et moteurs à engrenage sont constituées de 2 pignons engrenant dans un boîtier, lorsque les dents se quittent, le volume inter dents augmente ; c'est l'aspiration. L'huile transite ensuite entre les dents par la périphérie de l'engrenage. Lorsque les dents engrènent, le volume inter dents diminue ; c'est le refoulement.

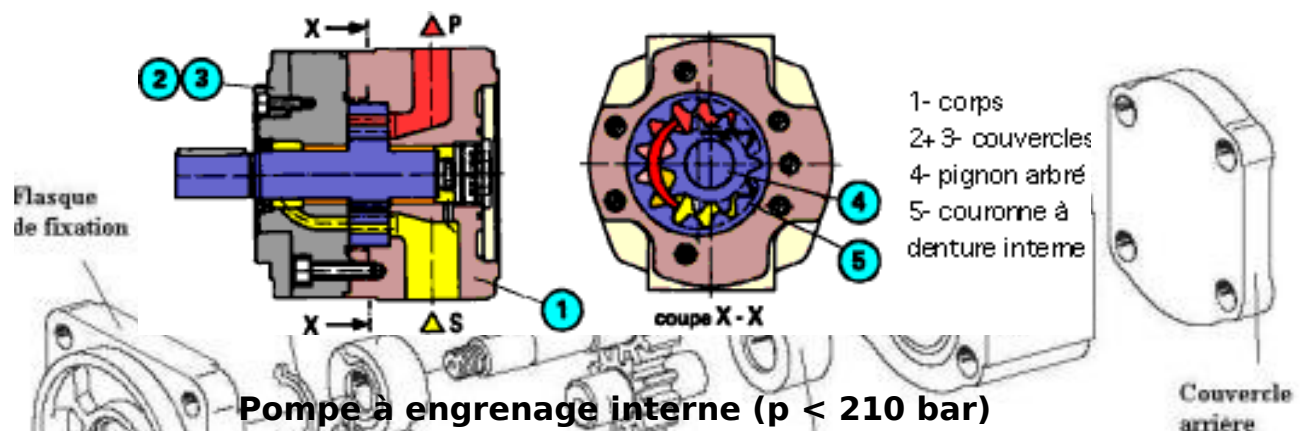


### Principe de la pompe à engrenage

L'engrenage peut être à denture externe ou interne. Ces unités sont adaptées à des vitesses ( $\leq 2000$  tr/min) et pressions moyennes (engrenage externe  $\gg 250$  bar, engrenage interne  $\gg 250-300$  bar). Elles sont à cylindrée fixe. Leur prix est modique, et elles sont assez bruyantes. Les pompes à engrenages peuvent être accouplées les unes à la suite des autres (jusqu'à 4) sur le même arbre, et entraînées par le même moteur. Les équilibrages hydrostatiques sur les paliers sont poussés, car les étanchéités internes se font sur des distances faibles (dents). Les jeux doivent être nuls, sans effort pièces / pièces. En conséquence elles ne supportent souvent qu'un seul sens de rotation, à moins de démonter et d'inverser certaines pièces.



### Pompe à engrenage externe (p < 250 bar)



### Pompe à engrenage interne (p < 210 bar)

Les deux figures ci-dessous représentent le synoptique et la photographie d'une pompe à engrenage externe :

**Schéma d'une pompe à engrenage externe**

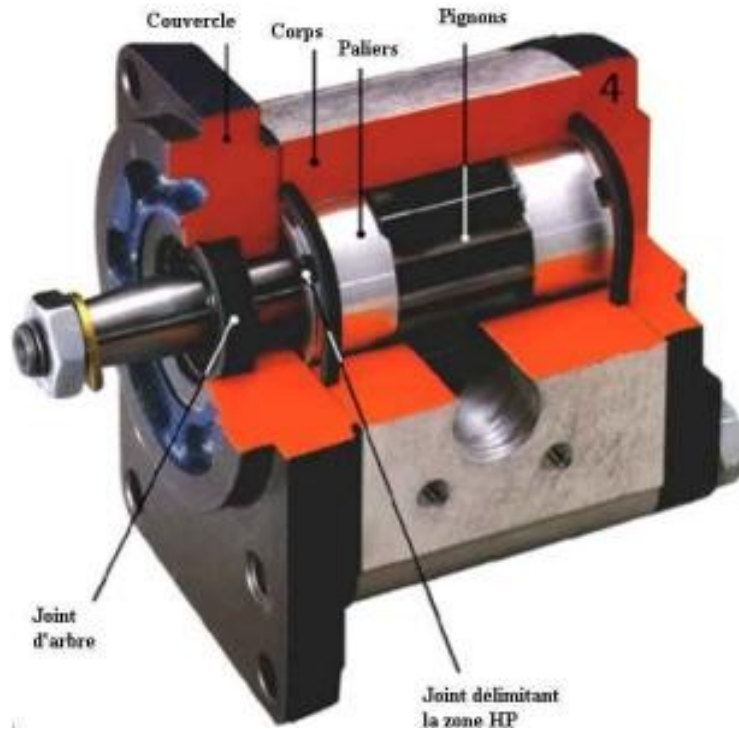
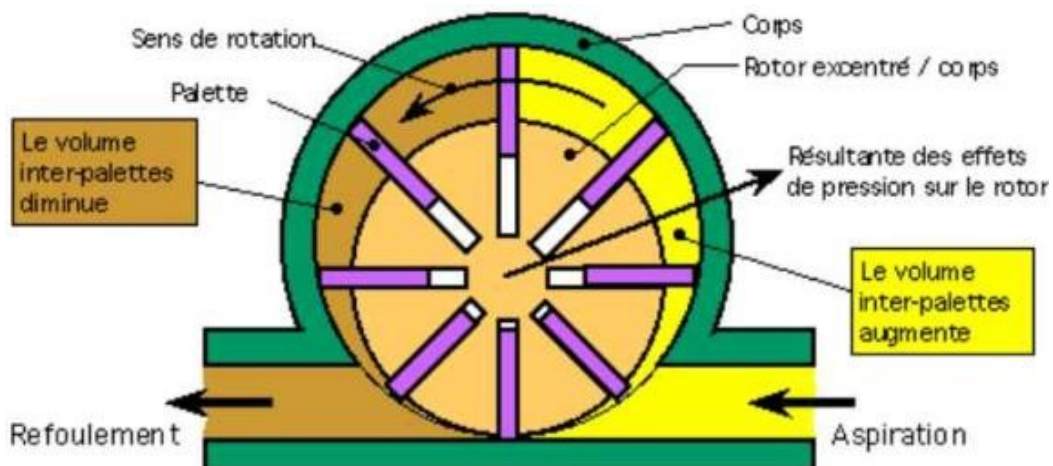


Photo d'une pompe à engrenage externe

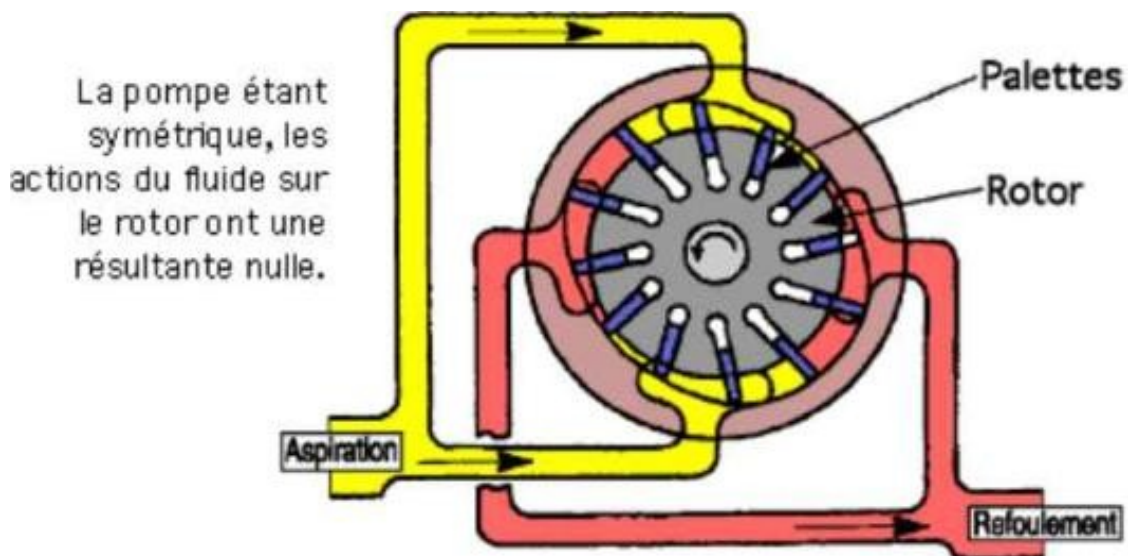
#### 4) LES POMPES ET MOTEURS A PALETTES

Un rotor tourne dans un anneau excentré. Le volume compris entre ces deux éléments est fractionné par des palettes coulissant dans le rotor. Sur un demi-tour le volume inter palettes augmente ; c'est l'aspiration. Sur l'autre demi-tour, le volume inter palettes diminue, c'est le refoulement.



### Principe d'une pompe à palettes

Le modèle de pompe à palettes ci-dessus présente l'inconvénient d'une action de pression sur le rotor importante. Pour remédier à cela, les constructeurs rendent la pompe symétrique pour équilibrer les effets de pression sur le rotor. Les paliers de celui-ci ne supportent alors aucune action importante (voir figure ci-après).



### Principe d'une pompe à palette

Il existe des pompes à palettes à cylindrée variable, la variation de cylindrée s'obtient en faisant varier l'excentration entre le rotor et le corps (stator).

## 5) LES CARACTERISTIQUES DU MOTEUR HYDRAULIQUE

Un moteur hydraulique est déterminé par le travail qui lui est demandé c'est à dire:

- le ***couple***  $C$
- la ***vitesse de rotation***  $w$
- la ***cylindrée*** qui est  $V$

### EXPRESSION DE LA FORCE

Un couple est un système de force parallèle et de sens contraire appliqué à un même corps solide.

$$C = F*d$$

F= en Newton

d= en mètre

Le moment du couple est égal au produit de F par la distance qui sépare les droites d'action.

- **Puissance exercé par un couple**

Dans un système hydraulique la puissance est le produit du couple par la vitesse angulaire

$$P=C*w$$

- **Rendement**

Les frottements internes amènent une perte d'énergie et une baisse du rendement.

$$\eta = F - fr \quad (\text{avec } fr = \text{force de frottement})$$

#### IV) LES DISTRIBUTEURS HYDRAULIQUES

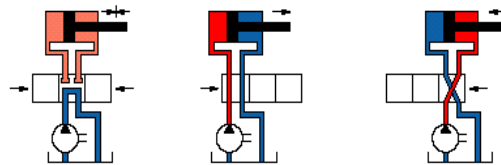
Les distributeurs sont au circuit hydraulique se que les feux de circulation sont au trafic routier. En fait, ces appareils hydrauliques sont conçus pour diriger le fluide aux endroits désirés. En même temps, ils servent de conduite de retour du fluide hydraulique au réservoir. Un distributeur permet aussi de commander le démarrage ou l'arrêt d'un actionneur hydraulique.

Pour désigner les distributeurs, on tient compte des orifices utilisés comme conduite de circulation principale du circuit et du nombre de positions de commutation. Les orifices de pilotage et de drainage ne sont pas considérés comme tels.

## 1) REALISATION MECANIQUE D'UN DISTRIBUTEUR

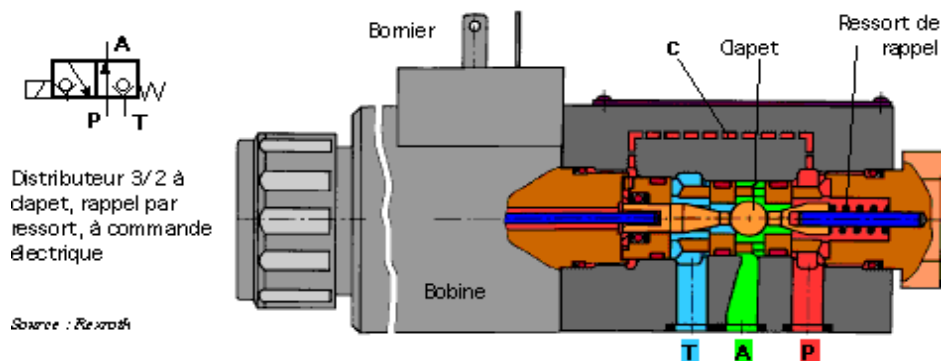
Il existe deux types de distributeurs se différenciant selon leur mode de fabrication. Ce sont les constructions à clapet et les constructions à tiroir.

La construction à clapet est déterminée par le facteur de fuites internes du distributeur. En principe, elle n'a pas de fuites internes, tandis que la construction à tiroir se doit d'avoir des fuites entre le tiroir et le corps afin de permettre le glissement du tiroir en commutation.



### A) LE DISTRIBUTEUR A CLAPET

Destinés aux faibles débits, ils ne présentent pas de débit de fuites lorsque le passage est fermé (contrairement à la technologie à tiroir). Leur coût est supérieur aux distributeurs à tiroirs.



La conduite "c" ci-dessus permet l'équilibrage du clapet obturateur, et donc une utilisation jusqu'à 350 bars.



## **B) LE DISTRIBUTEUR A TIROIR**

Le distributeur à tiroir sert à diriger le fluide hydraulique dans les parties d'un circuit dans lesquelles on a besoin de la pression engendrée par la circulation du fluide. On distingue deux types de distributeurs à tiroir : ceux à tiroir coulissant et ceux à tiroir rotatif.

La majorité des distributeurs sont de type à tiroir rectiligne.

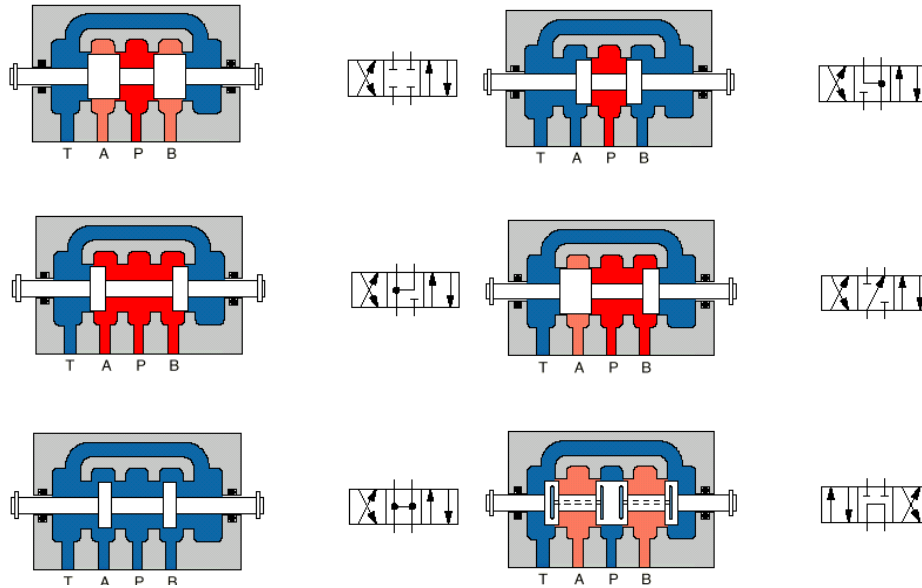
Leur construction est relativement simple et leur capacité de débit importante.

La commande du tiroir peut de manière mécanique, manuelle, électrique, hydraulique, pneumatique.

### **Forme des tiroirs en fonction des schémas :**

La réalisation de toutes les variations des schémas est obtenue par des adaptations des arêtes de distribution placées sur le tiroir, le corps de valve restant le même sans modification.

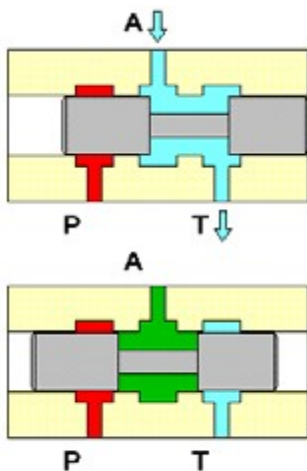




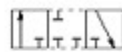
### Type de recouvrement du tiroir

Le comportement d'un distributeur est défini par le recouvrement du tiroir. Il y a trois types de recouvrement : positif, négatif et nul.

#### Recouvrement positif



Recouvrement de commutation positif



Lors du passage d'une position à un autre, tous les orifices sont obturés pendant un court instant. La pression ne peut pas s'effondrer. Coups de bélier dus aux points de pression ; commutation brutale.

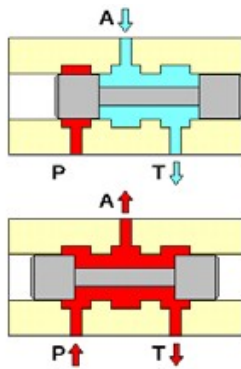
Lors du passage d'une position à un autre, tous les orifices sont

en communication pendant un court instant.

Chute de pression passagère

#### Recouvrement négatif

Lors du passage d'une position à un autre, tous les orifices sont obturés



Recouvrement de commutation négatif



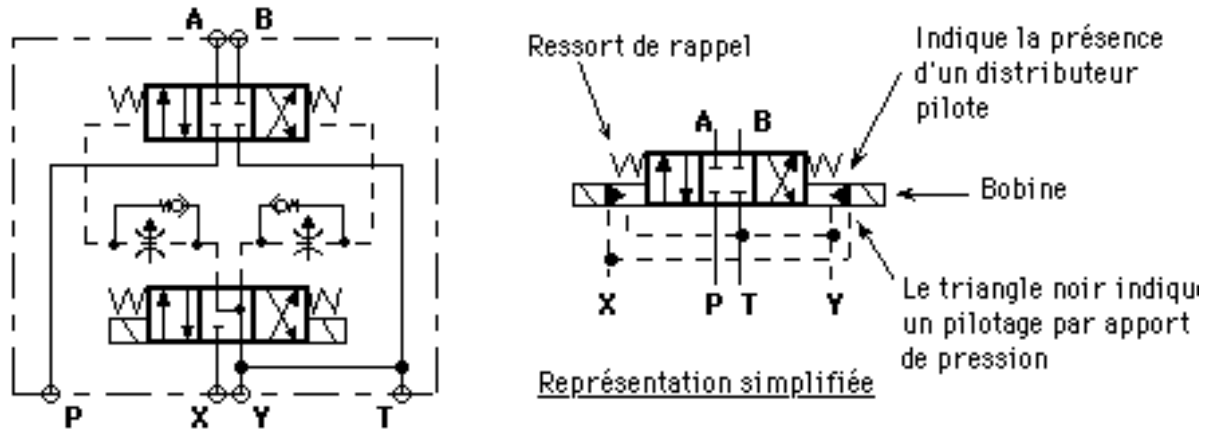
pendant un court instant. La pression ne peut pas s'effondrer. Coups de bélier dus aux points de pression ; commutation brutale.

## 2) LES DISTRIBUTEURS PILOTES

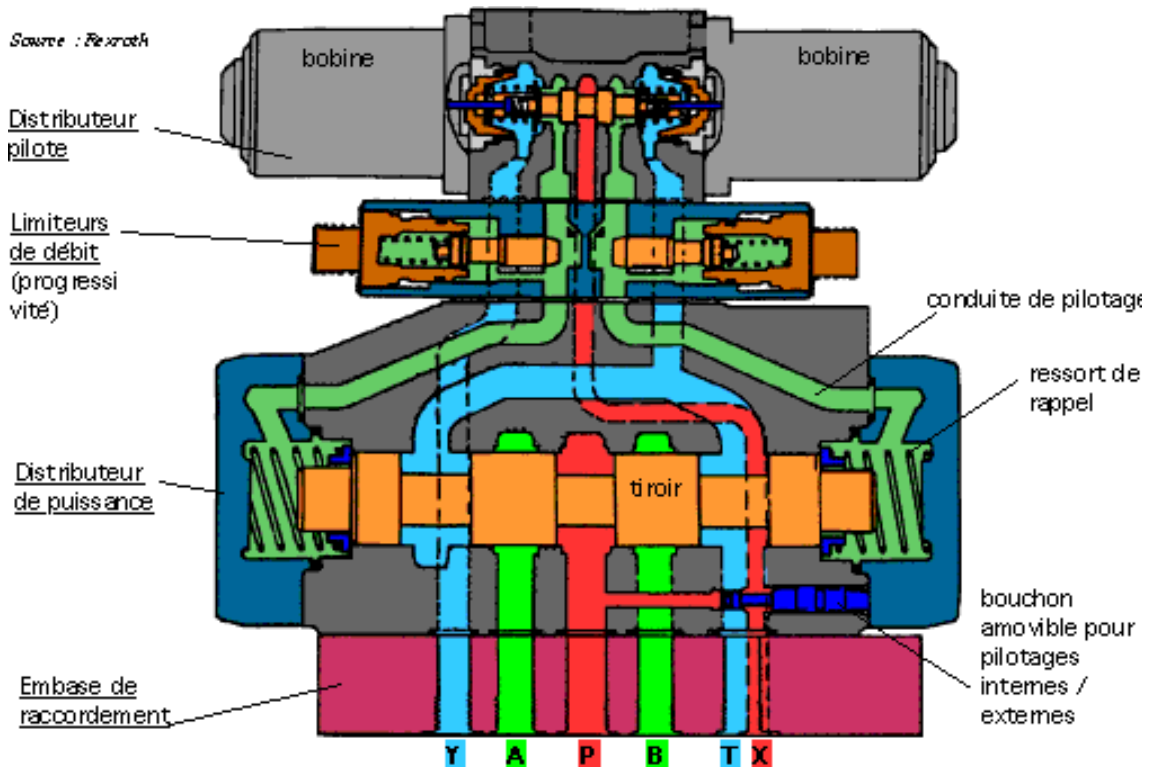
Lorsque les débits à faire passer sont importants, les distributeurs à commande directe ne suffisent plus. On utilise alors un distributeur à commande directe (dit distributeur pilote) qui commande (pilote) hydrauliquement un distributeur piloté de forte taille.

On peut représenter ces distributeurs de façon complète ou simplifiée. Des limiteurs de débits installés sur les conduites de pilotage permettent de ralentir la vitesse de commande de façon à donner une certaine progressivité à l'action.

On fera tout particulièrement attention, dans les circuits ayant ce type de distributeur, à ce que le distributeur pilote ait toujours un minimum de pression à sa disposition. Par exemple, un centre ouvert mettant tout le circuit à la bêche ( $p \approx 0$ ) empêchera tout fonctionnement. On sera donc souvent amené à réaliser un circuit séparé pour ces distributeurs, dit circuit de "servitude" ou de pilotage. Dans les circuits fermés, on pourra utiliser le circuit de gavage comme pression de servitude.

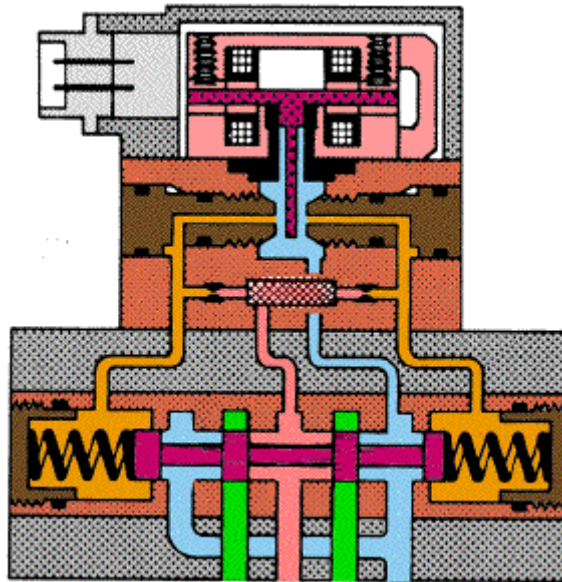


A gauche: représentation complète. La représentation simplifiée, à droite, ne fait pas apparaître les deux limiteurs de débits destinés à la progressivité de la commande. Le rectangle avec le triangle noir symbolise toujours un organe pilote. Si le triangle est dirigé vers le symbole du distributeur de puissance, alors celui-ci est piloté par apport de pression, dans le cas contraire le pilotage se fait par chute de pression. Alimentation de pilotage X se représente du gros côté du triangle, le retour de pilotage Y du côté de la pointe. La représentation des raccordements de pilotage interne est facultative (Y sur l'exemple ci-dessus) et peut être omise : voir plan coupe correspondant ci-après.



### 3) LES SERVO-VALVES

Ce sont des distributeurs à commande proportionnelle dont l'hystérésis est nulle. De plus, ces composants permettent des fréquences de commande beaucoup plus importantes que pour les distributeurs à commande proportionnelle.



Ces appareils à la conception délicate nécessitent une filtration poussée, leur prix de revient (installés) est élevé. Ils sont maintenant réservés à des emplois très particuliers (pour les applications courantes, ils sont remplacés de plus en plus par des distributeurs à commande proportionnelle à tiroir).

### 4) LES COMMANDES DES DISTRIBUTEURS

general symbol with spring return  
and bleed port



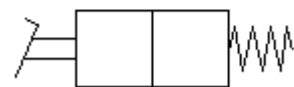
manual push button and spring return



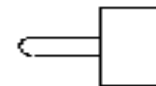
hand lever with detent setting



pedal and spring return



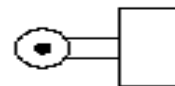
stem or push button



spring



roller stem



### V) Comparaison des énergies

| Critères   | Hydraulique   | Pneumatique                                |
|--|---|--|
| Transmetteur d'énergie                             | Huile (fluide en général)                             | Air  |
| Transport de l'énergie                             | Tubes, flexibles perçages                             | Tubes, flexibles perçages                  |
| Transformation de l'énergie mécanique et vis versa | Pompes, moteurs, vérins hydrauliques                  | Compresseurs, moteurs, vérins pneumatiques |
| Caractéristiques fondamentales                     | Pression<br>30 <math>p</math> <math>< 400</math> bars | Pression<br>Environ 6 bars                 |

|                                   |  |   |
|-----------------------------------|--|---|
| Puissance massique                | Très élevée grâce à des pressions élevées (environ 400 bars) | Elevée toutefois limitée par la pression de service maxi des pressions (6 bars) |
| Précision de position             | Très bonne grâce à la quasi incompressibilité de l'huile     | Moins bonne, à cause de la compressibilité de l'air                             |
| Facilité de réglage et régulation | Très bonne   | Très bonne  |

## V) **AVANTAGES ET INCONVENIENTS DES SYSTEMES HYDRAULIQUES**

### **1) LES AVANTAGES DES SYSTEMES HYDRAULIQUES**

Les systèmes hydrauliques offrent de nombreux avantages et permettent en particulier:

- o La transmission de forces et de couples élevés
- o Une grande souplesse d'utilisation
- o Une très bonne régulation de la vitesse des actionneurs du fait de l'incompressibilité du fluide
- o La possibilité de démarrer les installations en charge
- o Une grande durée de vie des composants, du fait de la présence de l'huile

### **2) LES INCONVENIENTS DES SYSTEMES HYDRAULIQUES**

Les systèmes hydrauliques engendrent aussi des inconvénients :

- o Risques d'accident dus à la présence de pressions élevées (50 à 700 bars)

- o Fuites entraînant une diminution du rendement
- o Pertes de charge dues à la circulation du fluide dans les tuyauteries
- o Risques d'incendie, l'huile est particulièrement inflammable
- o Technologie coûteuse (composants chers, maintenance préventive régulière).

**CAS PRATIQUE : LE VERIN HYDRAULIQUE OU « CRIC »**

- Intérêt : cela permet de soulever de grosse masse en A en exerçant une petite force en B.

- Exemple d'application : *le vérin hydraulique, le cric de voiture, etc.*
- **Formule de Pascal** : 2 points A et B sont reliés par :

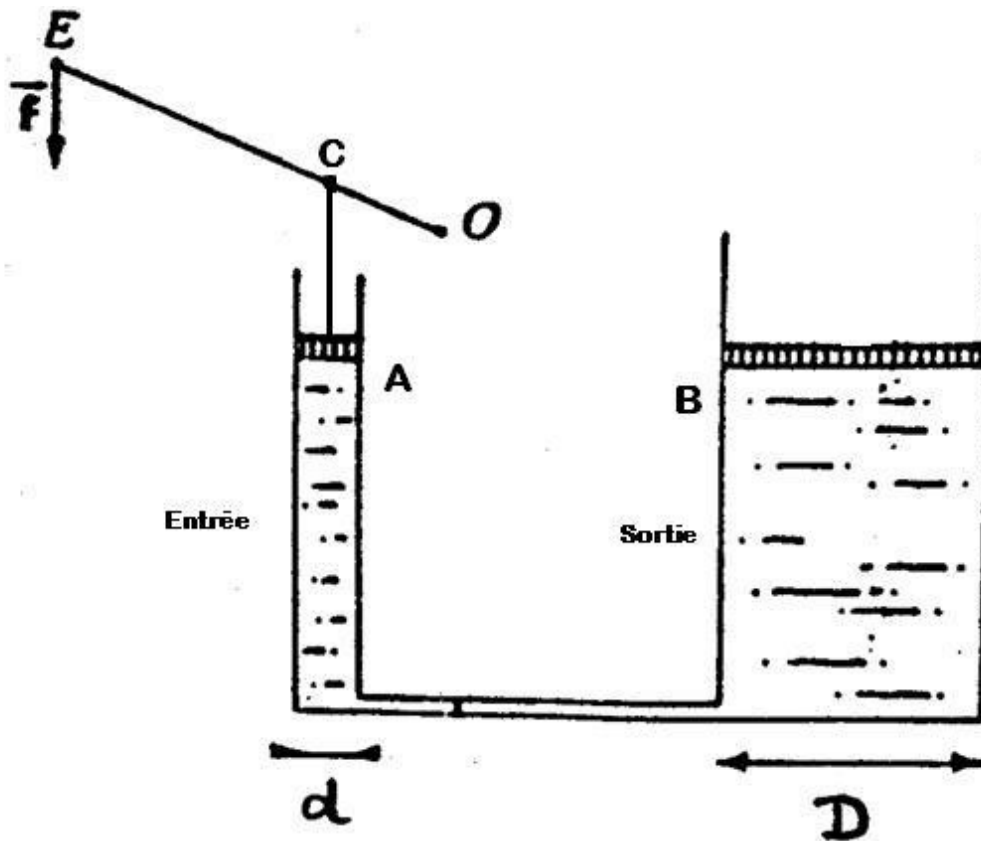
$$F_B \times S_A = F_A \times S_B$$

Un vérin hydraulique est constitué de deux cylindres verticaux, remplis d'un liquide incompressible, qui communiquent à leur partie inférieure par un tube de faible diamètre.

Le piston d'entrée de diamètre  $d = 4 \text{ cm}$  et le piston de sortie de diamètre  $D = 40 \text{ cm}$  sont posés sur les deux surfaces libres.

Le piston d'entrée peut être enfoncé par un levier, dont le rapport des bras

$$\frac{OC}{OE} \text{ est tel que } \frac{OC}{OE} = 5$$



- On exerce à l'extrémité du levier une force  $F$  d'intensité  $F = 40 \text{ N}$ .
- On appelle  $F'$  la force  $F$  qui s'exerce sur le piston en O par système de balancier.



- Question : Quelle est l'intensité  $P$  du poids  $\vec{P}$  pouvant être soulevée par le vérin ?

Réponse : Le théorème des moments permet d'écrire :  $F \times OE = F' \times OC$

On en déduit la force  $F'$  :  $F' = \frac{F \times OE}{OC} = 40 \times 5 = 200 \text{ N}$

Le théorème de Pascal permet d'écrire :

$$F_B \times S_A = F_A \times S_B \text{ soit } F_B = \frac{F_A \times S_B}{S_A}$$

Or, la surface de la section d'un cylindre est :  $S = \pi \times R^2 = \pi \times \left(\frac{D}{2}\right)^2$

où

$D$  : diamètre du cylindre

Ici, la surface en A est :  $S_A = \pi \times \left(\frac{4}{2}\right)^2$  soit  $S_A = 12,566 \text{ cm}^2$

Ici, la surface en B est :  $S_B = \pi \times \left(\frac{40}{2}\right)^2$  soit  $S_B = 1256,63 \text{ cm}^2$

La force exercée en B est donc :  $F_B = \frac{F_A \times S_B}{S_A} = \frac{200 \times 1256,63}{12,56} = 20\,010$

N

Conclusion : le piston en B pourra soulever une charge maximum de :

$$P = 20\,010 \text{ N}$$

De plus, si  $g = 10 \text{ kg/N}$  alors, la masse soulevée en B est :

$$m = \frac{P}{g} = 2001 \text{ kg}$$

## CONCLUSION

La benne d'un camion qui se soulève, la pelle d'un chargeur qui ramasse de la terre, les roues d'un avion qui sortent à l'atterrissage (et la liste n'est pas près d'être épuisée), tous ces mécanismes sont actionnés par des organes qui sont appelés des vérins (il existe aussi des actionneurs qui sont des moteurs hydrauliques). Les actionneurs constituent en fait la fin du parcours du système hydraulique. Ce sont les actionneurs qui transforment l'énergie du fluide qui quitte depuis la centrale en transitant par les distributeurs en énergie mécanique. Par comparaison "plus ou moins grossière", c'est comme l'ordinateur (que vous utilisez actuellement) qui fonctionne grâce à l'électricité qui quitte depuis la centrale électrique jusqu'à votre machine.

Notre exposé a permis de décrire le principe de fonctionnement des actionneurs hydrauliques, en définissant leur rôle, en donnant leur constitution principale.

Ainsi, au terme de notre activité de recherche, il ressort que les actionneurs hydrauliques constituent un outil indispensable pour les industries aussi bien grandes que petites en ce sens qu'ils permettent de simplifier et faciliter les applications industrielles.

Ils sont utilisés partout dans les installations industrielles qui requièrent de la force, de la flexibilité et de la fiabilité.

## BIBLIOGRAPHIE

- [www.wikipedia.com/actionneur hydraulique](http://www.wikipedia.com/actionneur_hydraulique)
- Document Guy GAUTIER ingénieur (août 2001)
- Document sur CIRCUITS HYDRAULIQUES Conception et maintenance Animé par Sami REKIK.
- Lycée Lislet Geoffroy, Cours sur l'hydraulique (2004-2005), L. ISAMBERT, 22/04/2005
- Programme hydraulique, collection BOSCH
- Cours INP-HB ELT1
- Documents sur les éléments hydrauliques
- Documents sur les actionneurs hydrauliques
- Exposé Actionneurs Hydrauliques (2A ING TECHNO, Année Académique 2008-2009)
- Annales de Physiques au BTS, Mécanique des fluides (1<sup>er</sup> Décembre 2002).
- Précis de Physique-Chimie (Première et deuxième années) par Pierre-François Thomas, Editions Bréal