TRANSMISSION DE PUISSANCE PNEUMATIQUE ET HYDRAULIQUE

LES POMPES

1. *Fonction*

Les pompes oléo hydrauliques sont des générateurs de puissance,elles transforment l'énergie qui les alimente en energie hydrostatique.L'orifice d'aspiration est raccordé à un résevoir approrié d'où elles puissent le fluide.En pratique, il s'agit souvent d'augmenter la pression du fluide.

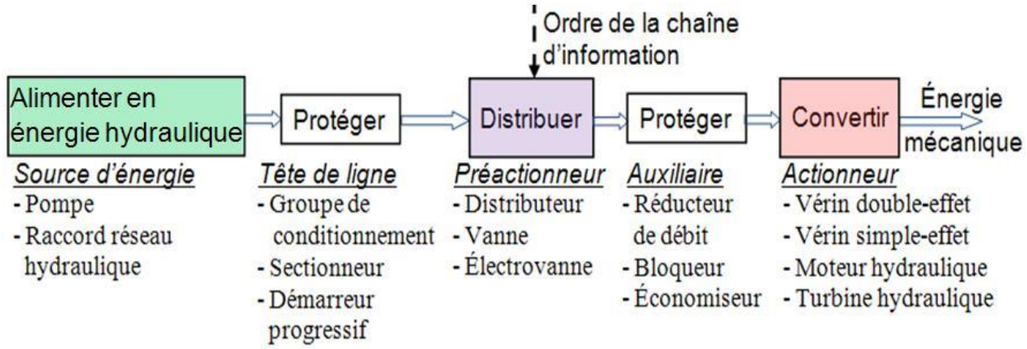


Figure 1 : Circuit hydraulique

2. *Différentes types de pompes*

Il existe deux types : les pompes volumétriques et les pompes centrifuges

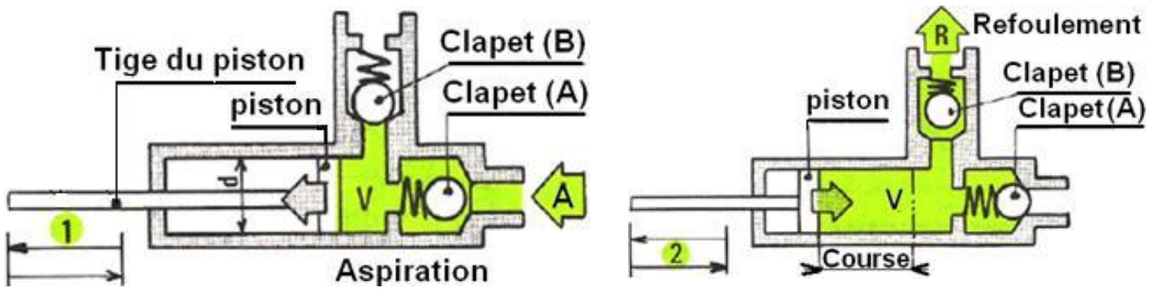
Les pompes volumétriques	
Pompes alternatives	Pompes rotatives
• Pompes à piston ; • Pompes à pistons en ligne • Pompes à membrane.	• Pompes à engrenages ; • Pompes à palettes ; • Pompes à vis ; Pompes à pistons (axiaux ou radiaux)

2.1. *Les pompes volumétriques alternatives*

Caractéristique : l'écoulement du fluide est discontinu (un temps sur deux).

2.1.1. *Pompe à piston :*

Les pistons sont animés d'un mouvement rectiligne alternatif ; ce mouvement est communiqué par un système de transformation de mouvement (bielle-manivelle ; excentrique ; came ;…).



Le piston se déplace dans le sens (1), Le volume (v) augmente, il se produit une dépression ; le clapet (A) s'ouvre ; le clapet (B) se ferme.	Le piston se déplace dans le sens (2). Le volume (v) diminue. Le fluide est comprimé ; le clapet (A) se ferme ; le clapet (B) s'ouvre.

Expression du débit (Q_v) :

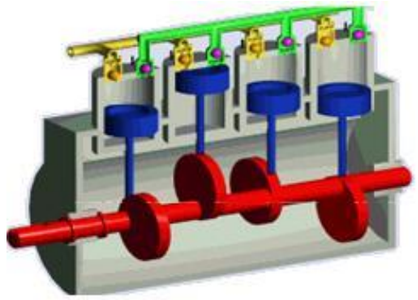
C'est le volume du liquide que la pompe peut fournir pour une fréquence de N tours par seconde.

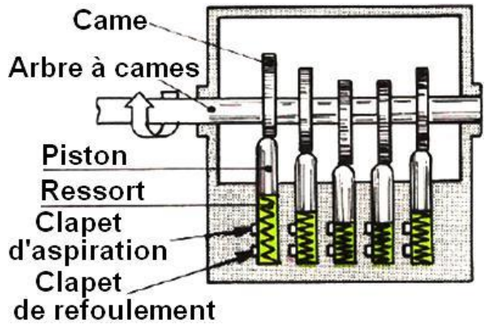
$\boldsymbol{Q_v = C_{yl} \times N}$ $avec\ \ \boldsymbol{C_{yl} = \frac{\pi . d^2}{4} \times c}$ $\rightarrow\ \boldsymbol{Q_v = \frac{\pi . d^2}{4} \times c \times \frac{N}{60}}$	Autres expressions : Débit moyen $\boldsymbol{Q_{vmoy} = S.V_{moy} = S\frac{\Delta C}{\Delta t}}$ Débit instantané $\boldsymbol{Q_{v\ inst} = S.V_{inst} = S\frac{dC}{dt}}$	*Q_v : débit volume en m^3/s* *C_{yl} : cylindrée de la pompe en m^3* *d : diamètre du piston en m* *N : fréquence de rotation en tr/min* *c : course du piston en m* *V : vitesse linéaire du piston en m/s* *S : section du piston en m^2*

Remarque : La cylindrée correspond au volume de fluide théorique débitée pour un cycle.

2.1.2. *Les pompes à piston en ligne*

L'écoulement du fluide est régularisé. En cours de rotation, un arbre à cames enfonce successivement plusieurs pistons qui reviennent ensuite à leur position initiale au moyen de ressorts. L'effet de pompage est obtenu grâce à des clapets d'aspiration et de refoulement placés sur chaque cylindre.

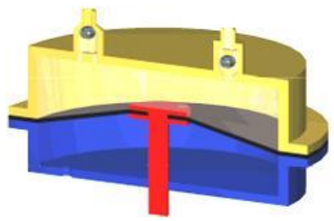


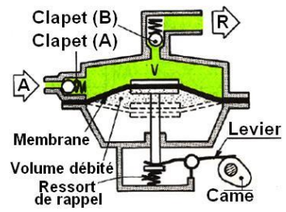


$\boldsymbol{Q_v = C_{yl} \times N\ avec\ \ C_{yl} = \frac{\pi . d^2}{4} \times c}$ $\boldsymbol{pour\ 1\ piston\ \rightarrow\ Q_v = \frac{\pi . d^2}{4} \times c \times N}$ $\boldsymbol{pour\ n\ pistons\ \rightarrow\ Q_v = \frac{\pi . d^2}{4} \times c \times N \times n}$	*Q_v : débit volumétrique en m^3/s* *C_{yl} : cylindrée de la pompe en m^3* *d : diamètre du piston en m* *N : fréquence de rotation en tr/s* *c : course du piston en m* *n : nombre de pistons*

2.1.3. *Pompes à membrane :*

Caractéristique : débit faible, mais régulier. La variation du volume est obtenue par déformation d'une membrane élastique.(Exemple : pompe à essence)





2.2. Pompes rotatives

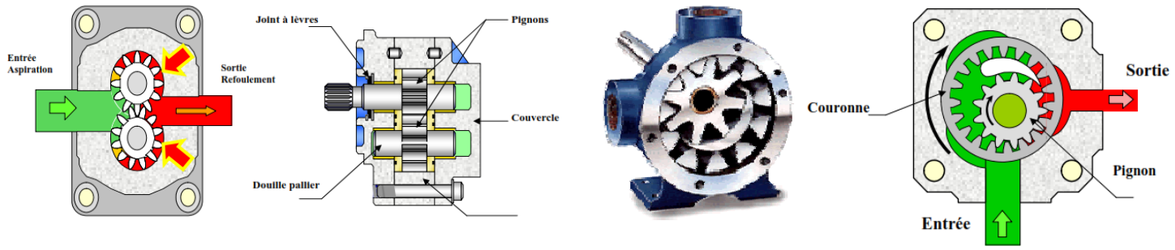
La variation du volume est obtenue par la rotation d'un rotor dans le corps de pompe, le mouvement est circulaire continu.

Caractéristique : l'écoulement du fluide est continu.

2.2.1. Les pompes à engrenages

Deux roues s'engrènent à l'intérieur d'un stator. L'une des roues est engrenée par un moteur. Le fluide transporté dans les creux des dents, est transféré de l'admission à la pression Padm au refoulement à la pression Pref (avec Padm < Pref).

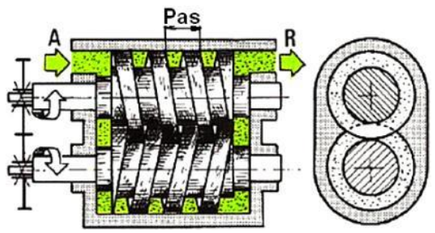
Les engrenages peuvent être intérieurs ou extérieurs.

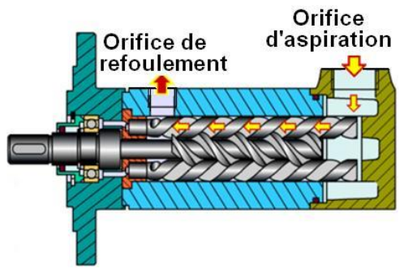


Expression du débit :	*V : volume compris entre le carter et deux dents voisines en m^3*
$Q_v = C_{yl} \times N$ *avec* $C_{yl} = 2.Z.V$ $\rightarrow Q_v = 2.Z.V.N$	*Z : nombre de dents pour une roue dentée* *2 : car il y'a deux roues dentées*

2.2.2. Pompe à vis

Le liquide enfermé dans le creux des filets est véhiculé parallèlement aux axes des vis. A chaque tour des vis, le déplacement est de un pas. Le fonctionnement est analogue à celui d'une vis d'Archimède.





❖ **Expression du débit**

D : diamètre maximal de la vis en m

d : diamètre minimal de la vis en m

p : pas de vis en m

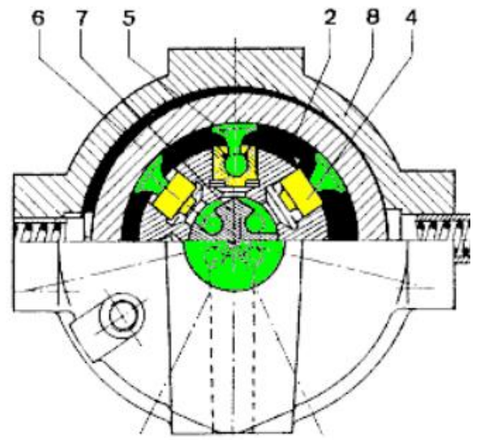
$$Q_v = C_{yl} \times N \text{ avec } C_{yl} = \left[\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \times \frac{p}{2}\right]$$

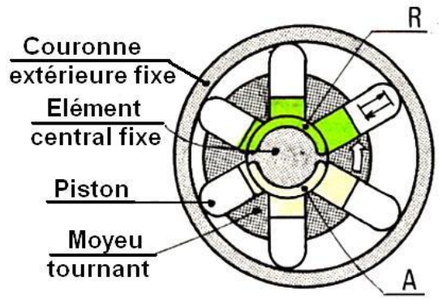
$$\rightarrow Q_v = \left[\frac{\pi}{4}(D^2 - d^2) \times \frac{p}{2}\right] \times N$$

2.2.3. Pompes à pistons radiaux

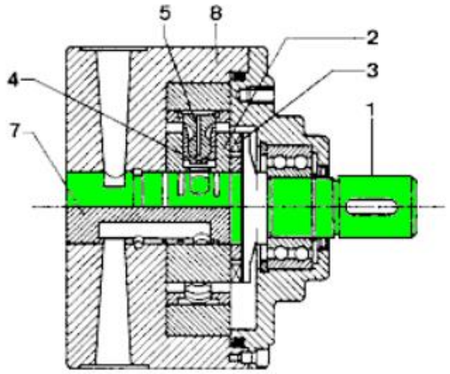
La force centrifuge applique les pistons contre la couronne extérieure fixe excentrée par rapport au moyeu et à l'élément central fixe. En tournant, le moyeu imprime aux pistons un mouvement de va et vient.

L'entraînement est réalisé par l'arbre menant (1) qui anime le rotor (2) par deux tenons (3) diamétralement opposés (limitation des vibrations et désalignement).
Les pistons (4) sont équipés de patins hydrostatiques (5) qui glissent sur la couronne excentrée (6), le boisseau fixe (7) supportant le bloc cylindre tournant assure également la distribution de l'huile à l'admission et au refoulement par les canaux centraux qui débouchent dans le carter principal.





A : L'orifice d'aspiration ;
R : L'orifice de refoulement



Course des pistons
C=2e
$Cylindrée = Sp \times C \times Nbpiston$

Sp: $section\ d'un\ piston$

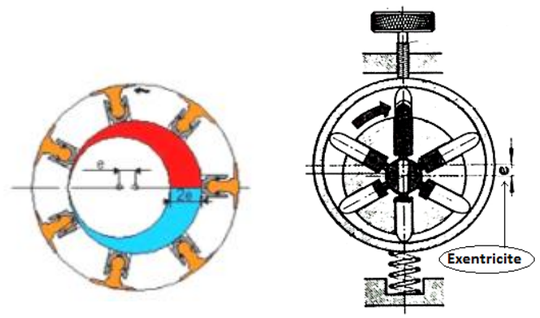
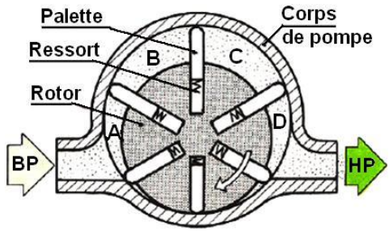
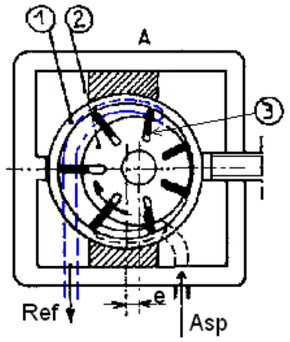


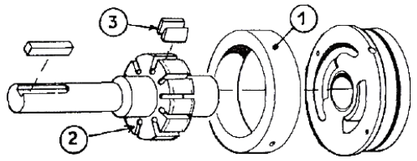
Figure a : l'excentricité e Figure b : réglage de l'excentricité

2.2.4. Pompes à palettes

La rotation du rotor détermine la variation du volume compris entre deux palettes, le rotor et le corps ; d'où l'aspiration d'un côté et refoulement de l'autre. On peut faire varier la cylindrée en modifiant l'excentration ''*e*''.





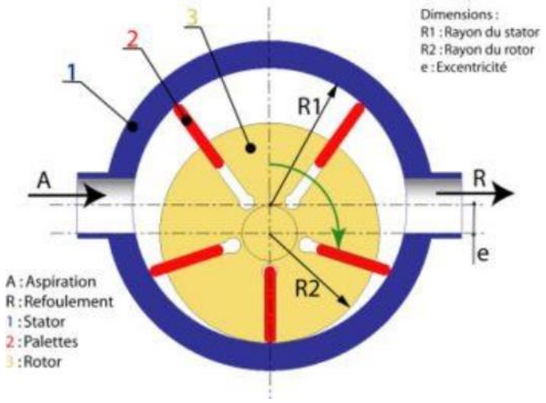


❖ **Expression de la cylindrée**

Pour une pompe à **n** palettes disposées régulièrement, c'est-à-dire décalées d'un angle de $\left(\frac{2\pi}{n}\right)$

$C_{yl} = 2e.n.b.R_1.sin\left(\frac{\pi}{n}\right)$

b longueur des palettes en centimètre ;
e excentricité en centimètre ;
R_1 rayon du stator en centimètre.

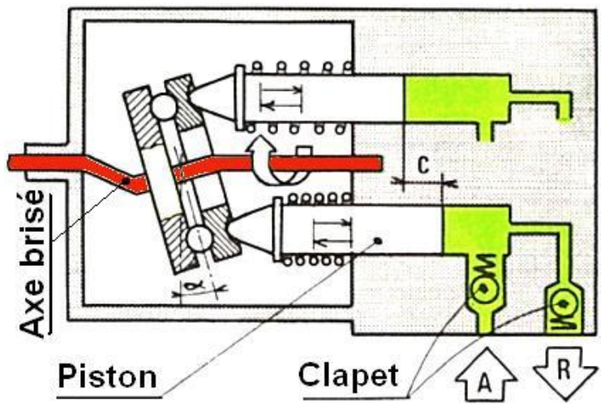


2.2.5. Pompe axiale à piston (à barillet)

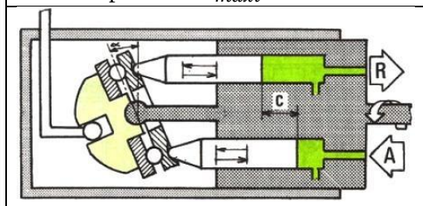
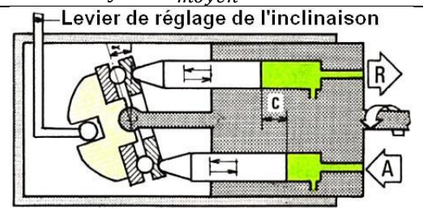
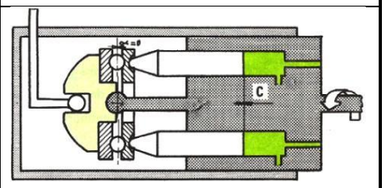
❖ **Cylindrée constante** : Angle ∝ constant

Le mouvement de va-et-vient des pistons est obtenu par la rotation d'un plateau à axe brisé.

Dans chaque cylindre des clapets communiquent, soit avec l'orifice d'aspiration, soit avec l'orifice de refoulement.

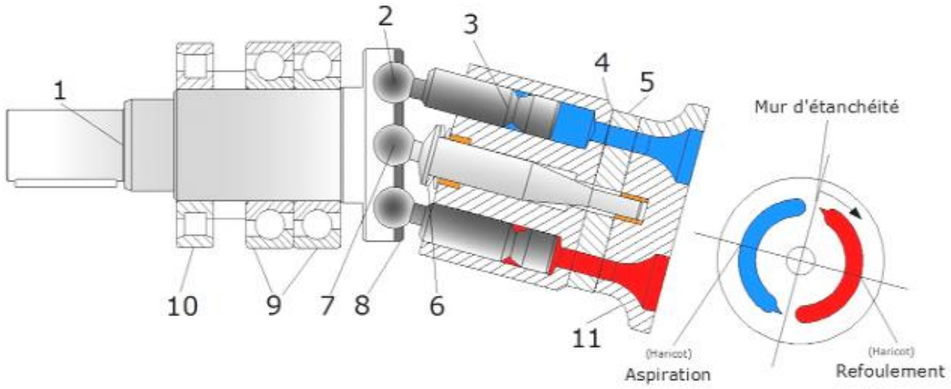


❖ **Cylindrée variable** : Angle ∝ est variable

Débit important : $\propto_{maxi}$	Débit moyen : $\propto_{moyen}$	Débit nul : $\alpha = 0$
		

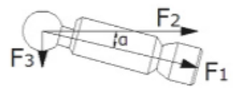
Expression de la cylindrée	**Expression Débit volumique**
La cylindrée par tour est le volume qu'elle refoule à chaque tour : $$V_{Cy} = C.S.n_P.n_{Cy}$$ ***C*** : Course du piston ; ***S*** : Section du cylindre ; ***np***: Nombre de pistons ; ***ncy***: Nombre de cycle effectué par le piston par tour ;	Le débit volumique est le volume qu'elle refoule par unité de temps : $$Qv = V_{Cy}.\ N / 60$$ N : la fréquence de rotation (tr / min)

❖ **Exemple de pompe à piston bielle**

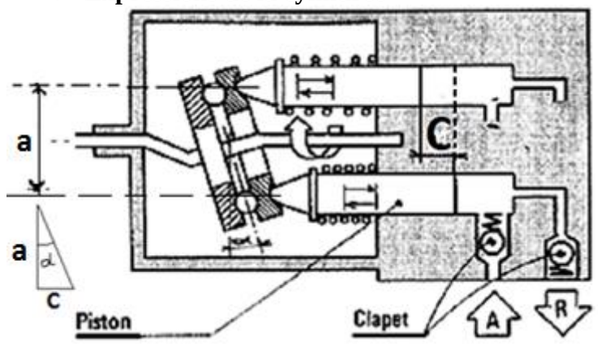


1. Arbre d'entraînement.
2. Tête de piston sphérique.
3. Piston.
4. Barillet.
5. Glace de distribution.
6. Ressort de tension de glace.
7. Axe de guidage du barillet.
8. Plaque de retenue.
9. Roulement à contact oblique.
10. Roulement à rouleau.
11. Culasse arrière.

L'arbre d'entré **1** est guidé en rotation par un jeu de 3 roulements dont deux roulements à contact oblique **9** reçoivent principalement les efforts axiaux **« F2 »** et engendrée par la pression de refoulement et un à rouleau **10** pour supporter les efforts radiaux lié au couple d'entrainement **« F3 »**
Les têtes de bielles sphérique **2** sont logées à l'intérieur de sept demi calotte sphérique équidistantes, recouverte d'une plaque de retenue **8** qui assure la liaison des sept pistons avec l'axe d'entrainement.
La face arrière du barillet **4** guidée en rotation par l'axe **7** est maintenue en contact sur la glace de distribution **5** et la culasse **11** par l'action des rondelles Belleville **6** lorsque la pompe débite à pression nulle.



❖ **Expressions de la cylindrée**



$Q_v = C_{yl} \times N$ $C = a.\tan\alpha$ $Q_v = \frac{\pi d^2}{4}.(a.\tan\alpha).n.N$	*n : nombre de pistons* *α : angle d'inclinaison du plateau* *a : entraxe des pistons* *d : diamètre d'un piston*

2.3. Pompes centrifuges

La rotation de la roue-entraîne la rotation du fluide ; celui-ci est alors expulsé vers l'extérieur sous l'action de la force d'inertie centrifuge. Il se crée une dépression au centre de la roue qui provoque une aspiration du fluide.
Exemples : - Pompe de vidange dans une machine à laver. Pompe à eau de voiture.

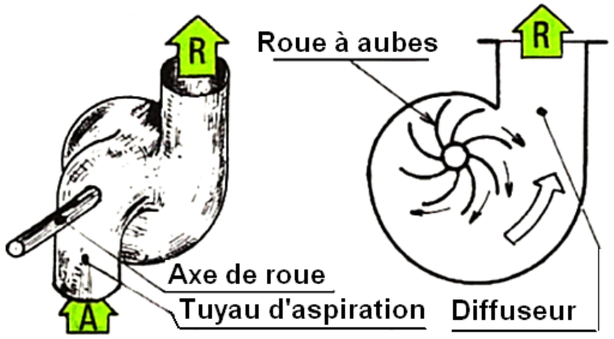


Figure c : Pompe à eau de voiture.

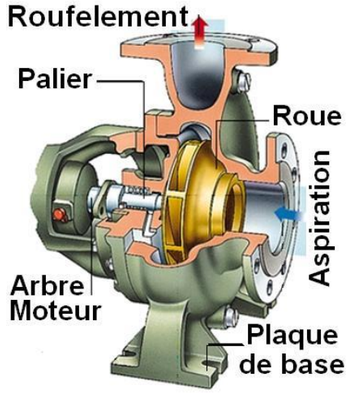


Figure d : Pompe de vidange dans une machine à laver

3. PUISSANCE ET RENDEMENT

La puissance hydraulique à la sortie d'une pompe est :

$$P_{Hyd} = Q_v.\Delta p$$

avec Q_v : débit, en m^3/s et $\Delta p = P_S - P_e$, la différence de pression entre l'entrée (P_e) et la sortie de la pompe (Ps) en Pascal (Pa).

La puissance donnée à la pompe par un moteur tournant à la vitesse ω et transmettant un couple C, s'écrit :

$$P_a = C.\omega$$

C : moment du couple appliqué à l'arbre d'entraînement de la pompe (N.m),

ω: La vitesse angulaire de l'arbre d'entraînement de la pompe (rad/s),

P_a : La puissance absorbée par la pompe (W).

- Ces deux relations permettent d'exprimer le rendement global d'une pompe : $\eta_p = \frac{P_{Hyd}}{P_a} = \frac{\Delta p.Q_v}{C.\omega}$
- Le rendement volumétrique est le rapport du débit réel au débit théorique, (qui permettra de quantifier les fuites) $\eta_v = \frac{Q_{reel}}{Q_{th}} = \frac{Q_{reel}}{C_{yl}.N}$
- Le rendement mécanique ; rapport du couple théorique c au couple réel (qui permettra de connaître les pertes mécaniques dues aux frottements).

Le produit de ces deux rendements est évidemment le rendement global : $\eta_p = \eta_v.\eta_{meca}$

APPLICATIONS :

1. PRÉSENTATION :

Le dessin d'ensemble de la page suivante représente une pompe hydraulique, installée sur certains véhicules, permettant de fournir une puissance hydraulique capable de faire fonctionner les différents accessoires hydrauliques de l'installation (vérins ; moteurs hydrauliques ...)

2. FONCTIONNEMENT :

La prise du mouvement est obtenue par la roue dentée **41** (sortie de la boite des vitesses du véhicule) ; L'air sous pression issu d'un compresseur alternatif (à un seul cylindre), par l'intermédiaire d'une conduite raccordée au bouchon **22**, exerce un effort axial sur l'arbre piston **24** ce qui provoque son déplacement jusqu'à ce que son bout droite bute sur le détecteur **35** qui fournit le signal d'information nécessaire à maintenir la pression sur le piston **24** et à mettre la roue dentée **41** en mouvement. A cet instant, la roue intermédiaire entre en prise d'une part avec la roue dentée **41** et d'autre part avec le pignon **18** callé sur l'arbre **14**, le mouvement de rotation de l'arbre **14** est transformé en mouvement de translation alternatif des pistons **6,** par l'intermédiaire de la came plateau taillée sur l'arbre **14**, ce qui détermine l'admission et le refoulement. La *Figure a*, donne un schéma simplifié de cette pompe servant aux calculs demandés.

3.ETUDE DE LA POMPE

La pompe représentée par le dessin d'ensemble est schématisée par la ***Figure a*** :

3.1- Exprimer la course "C" du piston 6 en fonction de r et α avec :
α: Angle d'inclinaison de la came plateau par rapport à la verticale ;
r: Rayon de la circonférence de contact entre les pistons 6 et la came plateau.

3.2- Exprimer le volume "V_p" d'huile déplacé par un piston pendant un tour de l'arbre14 en fonction de C et d_p, avec d_p: diamètre du piston 6.

3.3- Exprimer la vitesse de rotation de la pompe "$N_p = N_{14}$" en fonction de Z_{41}, N_{41}: Z_{41} et Z_{18} : nombre de dents des roues 41et 18.N_{41}: vitesse de rotation de la roue 41.

3.4- Donner l'expression du débit volumique "q_v" de la pompe si le nombre de pistons de cette pompe est ''n_p''

3.5- Si Z_{41} = 70 dents; Z_{18} = 35 dents; N_{41} = 750 tr/mn r = 30 mm; d_p = 22 mm; n_p = 5 pistons et α = 30°, ***calculer*** la valeur du débit volumique de la pompe "q_v" (m^3/s)

4- Cette pompe doit actionner le vérin de basculement de la benne (Voir La ***Figure b***).

4.1- Dans un tableau ***donner*** le nom et la fonction des éléments de l'installation hydraulique de la ***Figure b*** : 1 ; 2 ; 3 ; 4 ; 5 ; 6 ; 7 ; 8 ; 9 ; 10 ; 11 ; 12 et 13.

Si cette pompe fournit un débit q_v = 1,65 ℓ/ s :

4.2- Calculer la vitesse "v_p" de déplacement de la tige du piston. On donne : D_p = 120 mm. (D_p: diamètre du piston).

4.3- On fixe la vitesse de déplacement de la tige du piston v_p = 0.15 m/s ; si le vérin développe un effort F = 10^5 N, ***calculer*** :

4.3.1- La puissance mécanique "$\mathcal{P}_v$" fournit par le vérin.

4.3.2- La pression ''P_1'' de l'huile sur le piston du vérin.
On donne le rendement du vérin : η_v = 80%, en (bars).

4.4- Si on limite la vitesse d'écoulement de l'huile dans la conduite reliant la pompe au vérin à v_{cmax} = 6 m/s : ***Calculer*** le diamètre de la conduite "d_c" en (mm).

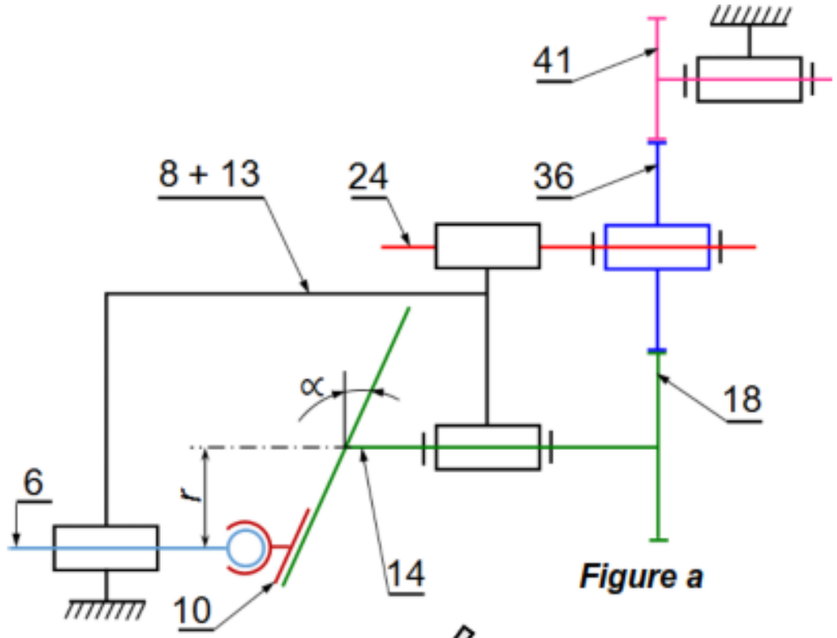


Figure a

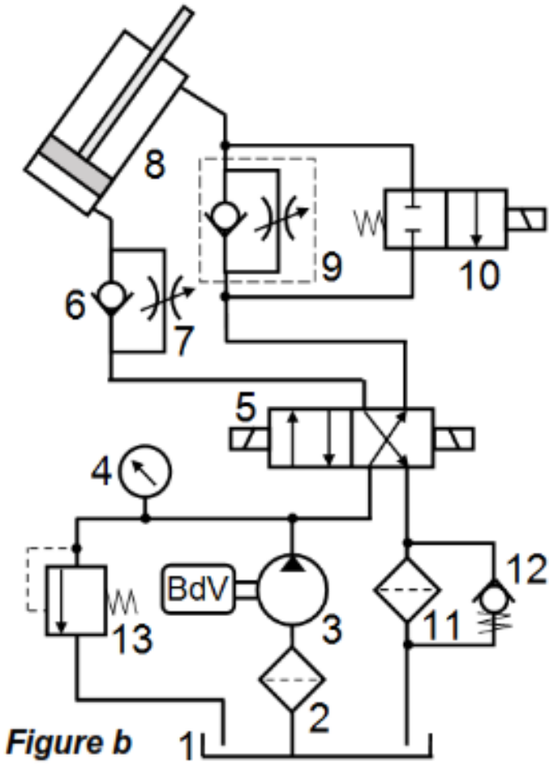
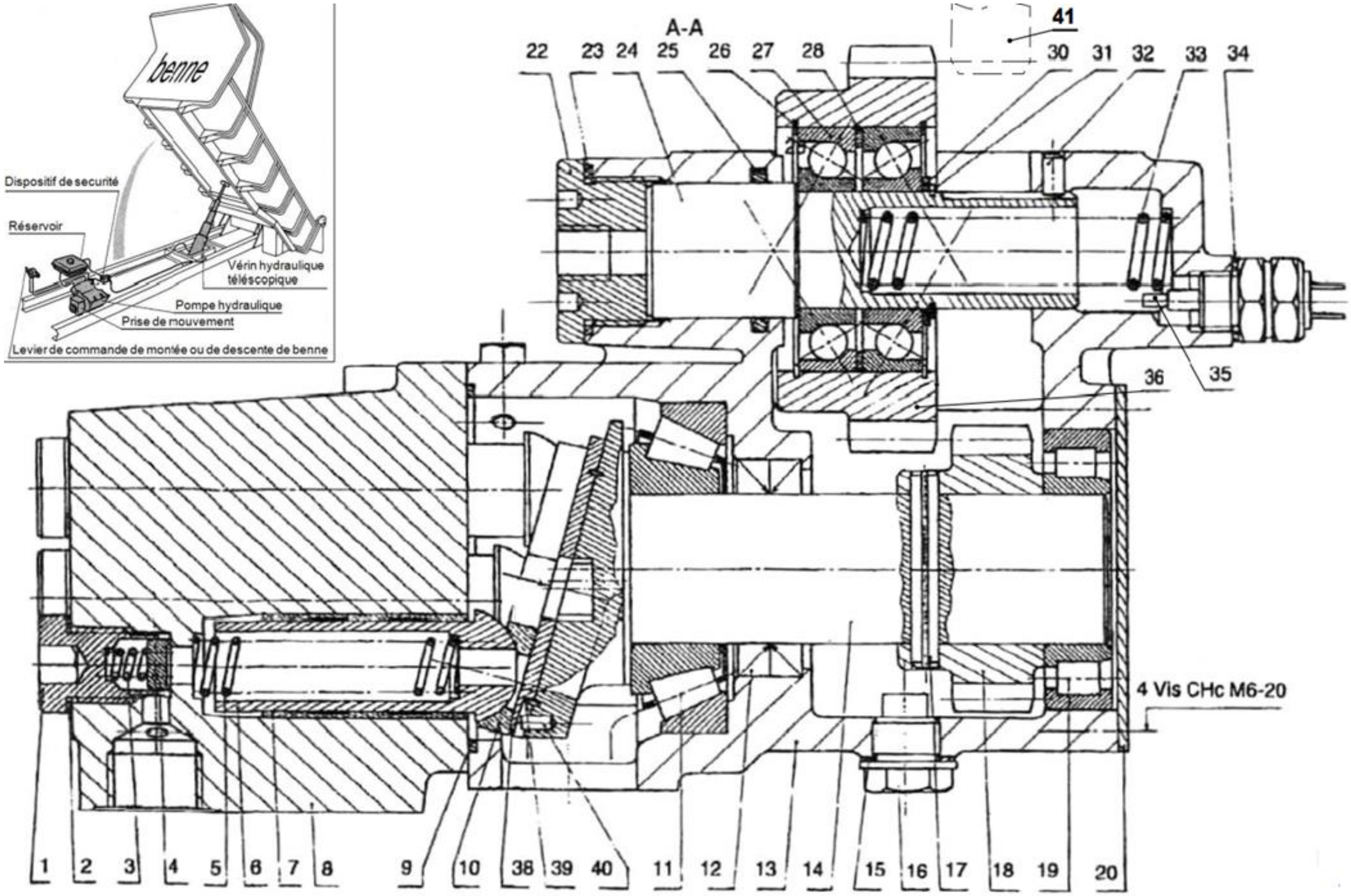


Figure b


benne
Dispositif de securité
Réservoir
Vérin hydraulique téléscopique
Pompe hydraulique
Prise de mouvement
Levier de commande de montée ou de descente de benne
A-A
41
22
23
24
25
26
27
28
30
31
32
33
34
36
35
4 Vis CHc M6-20
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
38
39
40
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20