

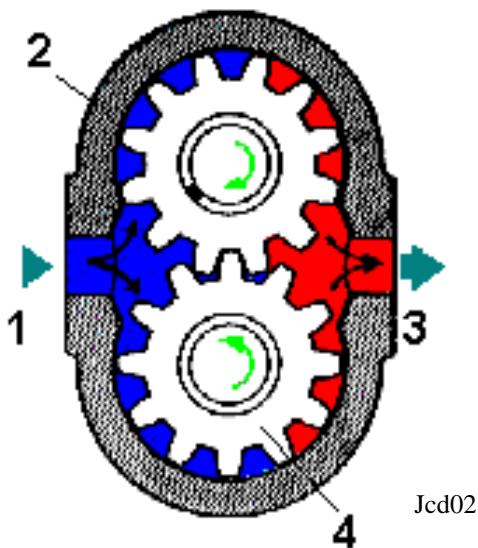
Les pompes hydrauliques

A- LES POMPES A ENGRENAGES A DENTURE EXTERIEURE

Ce type de pompe est le plus répandu. La conception simple, le prix de revient faible, l'entretien facile en font des pompes très utilisées en pompe de transfert ou d'alimentation, pouvant fournir au plus quelques dizaines de bars de pression. Le problème majeur de ces pompes étant du à leur équilibrage.

En hydraulique ces pompes ont un rattrapage de jeu axial à compensation hydrostatique qui va les équilibrer parfaitement, en limitant les poussées axiales destructrices. Il n'est donc pas rare de trouver sur nos matériels des pompes à engrenages fournissant des pressions de 100,140,200 bars. Enfin la possibilité de les faire tourner à vitesse élevée leur confère une puissance massique très correcte avec des rendements de 85 / 90 %.

A- DESCRIPTION THEORIQUE GENERALE



Un boîtier en fonte ou en alliage d'aluminium contient généralement deux pignons à denture extérieure. Deux orifices latéraux, l'orifice d'alimentation généralement un peu plus grand que celui du refoulement, pour réduire les pertes en charges, l'autre de refoulement strictement à l'opposé.

A l'intérieur du carter deux (mais parfois trois) pignons à denture droite. Un des pignons est menant soit par clavetage ou usiné directement sur son arbre. Le pignon mené peut être libre sur son axe bagué ou avec roulement.

Deux couvercles enserrant latéralement les pignons et assurent l'étanchéité

1- orifice d'admission ou alimentation
2- le boîtier

3 - orifice de refoulement
4 - pignon à denture extérieure droite (denture rectifiée)

B- FONCTIONNEMENT

Les deux pignons tournent en sens inverse l'un de l'autre, le pignon menant tourne le plus souvent en sens anti-horaire. L'huile est « aspirée » par l'orifice d'admission, elle remplit les espaces compris entre les dents et le boîtier. L'huile débouche dans la chambre de refoulement, sa pression est d'autant plus élevée que la pompe sollicitée. La pression a tendance à se répercuter sur toute la périphérie des pignons, ce qui va échauffer l'huile, diminuer le rendement, mais surtout créer des pressions internes inverses sur les axes.

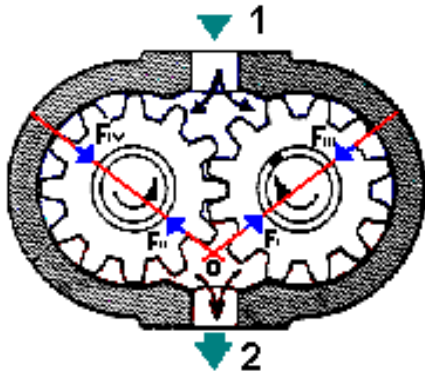
Afin de limiter ces phénomènes dangereux pour la survie de la pompe, les jeux étant de l'ordre du dixième de millimètre, différents canaux très fins sont creusés dans les couvercles par exemple pour équilibrer les éléments sur eux-mêmes.

LES JEUX sont de deux ordres :

- jeux entre le diamètre extérieur des pignons (sommets des dents) et le carter lui-même.
- jeux compris entre les faces latérales des pignons et les couvercles latéraux.

Ces jeux vont engendrer des fuites internes susceptibles de provoquer des pertes de débit, donc de diminuer le rendement des pompes.

C- JEUX ENTRE LE SOMMET DES DENTS ET LES LOGEMENTS DU CARTER



La pression unitaire qui s'exerce au niveau du refoulement (point O), se traduit par la somme de deux résultantes de poussée axiale F_1 F_2 , dont les lignes d'action passent par les centres des axes des deux pignons.

Ces forces qui peuvent être très élevées, poussent les dents des pignons contre le carter, ceci explique les rayures circulaires que l'on retrouve dans beaucoup de pompes endommagées non équilibrées ou mal équilibrées.

Les forces radiales

Jcd02

D- EQUILIBRAGE RADIAL

1 – Dans le carter

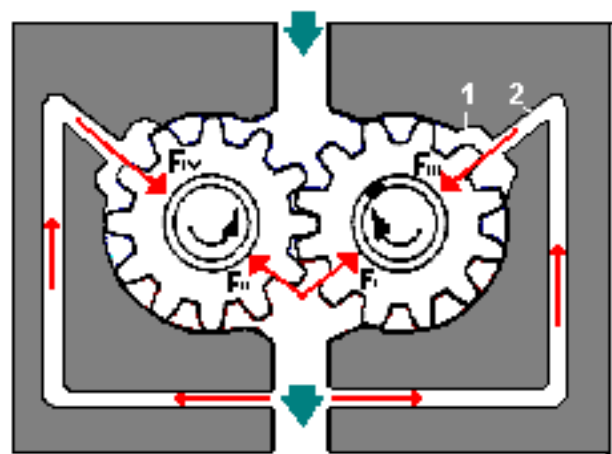
Pour pallier l'inconvénient ci-dessus, on peut faire appel à une contre pression F_3 F_4 s'exerçant juste à l'opposé des forces F_1 F_2 .

La chambre de refoulement est en communication grâce à des forages internes (2) avec deux chambres d'équilibrage (1) pratiquée dans le corps de la pompe.

Les efforts de poussée F_1 F_2 , sont neutralisés par les efforts équivalents mais opposés F_3 F_4 .

On constate une disparition de l'usure du carter interne ainsi que l'ovalisation des paliers et déformation des arbres d'entraînement.

Le mauvais entretien ou une mauvaise utilisation restant alors les problèmes majeurs rencontrés.



SYSTEME D'EQUILIBRAGE DES REACTIONS RADIALES

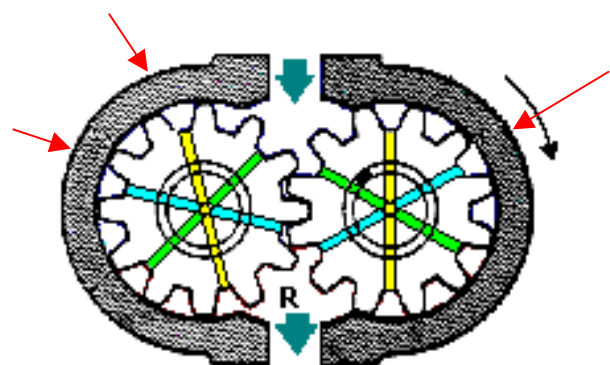
d'après ETAljcd

2 – Dans les pignons

ce sont des pompes dites « à pignons déchargés ». L'équilibrage est obtenu grâce à des perçages radiaux pratiqués de part en part entre deux dents, dans les pignons. Ces perçages ne communiquent pas entre eux, celui plus couramment retenu est pratiqué toutes les deux dents pour nuire le moins possible à l'étanchéité entre l'admission et le refoulement.

La pression R de la chambre de refoulement va s'exercer à l'opposé des canaux et donc jouer un peu le même rôle que dans l'exemple précédent. Ce dispositif reste peu utilisé, car l'équilibrage varie malgré tout pendant la rotation, mais il réduit beaucoup les efforts radiaux sur les paliers.

Ces pompes restent utilisables à des pressions modestes, car les perçages peuvent aussi provoquer des phénomènes pulsatoires. On est donc obligé d'effectuer des forages avec des chambres d'équilibrage semblables à l'exemple 1

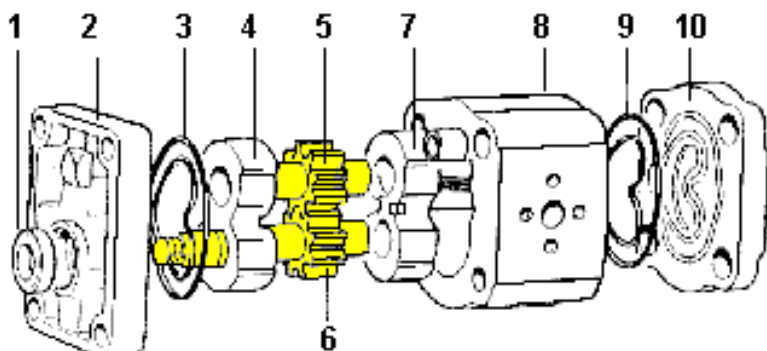


EQUILIBRAGE RADIAL PAR PERCAGE RADIAUX DES PIGNONS

d'après ETAljcd

E- POMPES A RATTRAPAGE DE JEU AUTOMATIQUE

EXEMPLE D'UNE POMPE PLESSEY



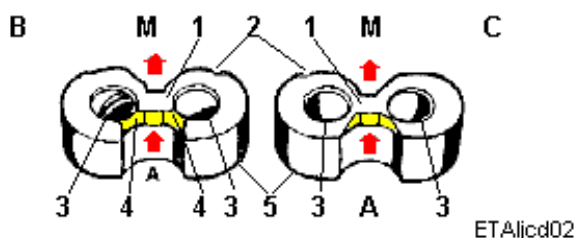
- 1- bague d'étanchéité avant
- 2- couvercle avant
- 3- joints toriques
- 4- jumelle avant
- 5- pignon à denture extérieure mené
- 6- pignon à arbre menant
- 7- jumelle arrière
- 8- corps de pompe
- 9- joint toriques arrière
- 10- couvercle arrière

ET.A\jcd02

Dans les pompes classiques le jeu latéral des pignons est supérieur au jeu entre / dents / corps de pompe. Ce jeu est de l'ordre de un à trois dixièmes de millimètre. Comme ces pompes sont destinées à être utilisées en basse pression, les pertes volumétriques sont faibles. Par contre en utilisation sous pression moyenne ou forte, ces pertes, non seulement réduiraient le rendement mais feraient élever la température de l'huile par laminage.

C'est dans ce but que les fabricants ont dû améliorer l'étanchéité latérale avec un système notamment appelé « à compensation hydrostatique et rattrapage de jeu automatique ». Ce sont les pompes les plus répandues sur nos matériels de type agricoles nécessitant des pompes à débits variables. Ces pompes équipées de jumelles doubles permettent un rendement optimal, même dans des conditions d'utilisations importantes, si elles sont correctement entretenues. Ceci est donc du au rattrapage de jeu automatique entre les engrenages et les plans d'appui des jumelles doubles soumises elles aussi à la pression de refoulement

COMPARAISON DES JUMELLES 1 (VUE COTE INTERNE)



C – jumelle avec lubrification coté aspiration

A – aspiration de la pompe

B – jumelle avec lubrification coté refoulement

M – refoulement de la pompe

2 – fraises de passage de l'huile de lubrification

3 – rainures de graissage des axes

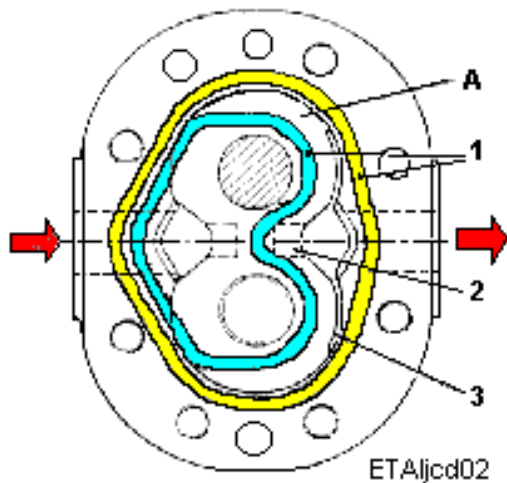
4 – passage de l'huile de lubrification

5 – faces d'appui sur les couvercles avant et arrière

ET.A\jcd02

Les jumelles présentent à la partie extérieure un passage (2) que l'huile sous pression traverse pour agir sur les faces plane adjacentes aux couvercles (A sur la fig. ci-dessous) délimités par les joints d'étanchéité (1 sur la fig. ci-dessous). L'étanchéité sur l'arbre radial est obtenue à l'aide d'un ou plusieurs joints. La pression s'exerçant sur l'extérieur des jumelles assure (quel que soit la demande en pression) un rendement volumétrique très stable. Les couvercles doivent par contre être serrés aux couples préconisés et les jumelles parfaitement ajustées dans le corps de pompe.

Note : une pompe « tandem » ce sont deux pompes accouplées, « duo » ce sont 2 paires d'engrenages dans le même carter.



COUPE DE LA POMPE PLESSEY

A est donc la zone délimitée par les joints toriques sur lesquels s'appuie la pression de refoulement.
 1 – joint sur les logements prévus dans le couvercle.
 2 – fraisure effectuée sur le coté des jumelles en regard des pignons menant et mené.
 3 – fraisure du bord de la jumelle de rattrapage de remplissage au démarrage

F- POMPES DE CONCEPTION PARTICULIERE

1 – **POMPE H P I** (Hydroperfect International) voir document du Microtracteur HONDA

EN RESUME cette pompe a beaucoup de similitude avec la pompe plessey, mais en plus les couvercles extérieurs sont nantis de 3 joints toriques, ce qui va créer trois zones d'application de la pression sur les extérieurs des jumelles.

SECTEUR A en liaison avec l'aspiration donc basse pression

SECTEUR B en relation avec le refoulement, donc avec la haute pression et en fonction des besoins du circuit

SECTEUR C zone de pression active moyenne puisqu'en relation avec le refoulement à mi-course des dentures extérieures par des fraisages pratiqués aux extrémités des jumelles.

Ce système procure une pression de compensation constante quelle que soit la pression demandée, il est à noter que les forces d'écartement issues des entre-dents s'opposent dans un même plan aux forces de compensation axiales. Les poussées très régulières évitent tout coincement des arbres. Ces pompes peuvent atteindre des pressions continues de 220 à 250 bars.

Les trous d'arbres sont généralement bagués, les bagues emmanchées dans les jumelles ont des saignées de lubrification hélicoïdales.

2 – **POMPE BOSCH** (voir documents page 6)

comme on peut le voir sur le schéma éclaté de cette pompe, la pression de refoulement s'exerce à la fois en radial et en axial :

- en compensation axiale, la pression agit sur la surface intérieure de la plaque de réaction (délimitée par le joint torique 6), elle joue sur les deux jumelles.
- En compensation radiale, ce sont des forages internes aux jumelles qui vont alimenter des vérins de réaction situés sous les jumelles qui vont pousser jumelles et arbres (en s'appuyant sur le corps de pompe) vers le refoulement.

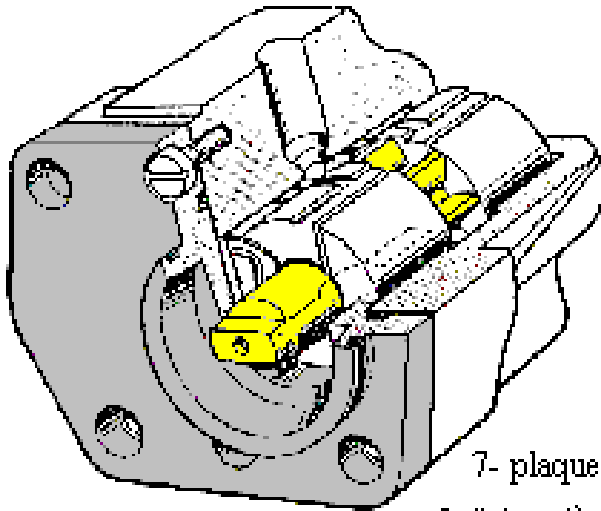
Les jumelles comportent également des charnières et des fentes de compensation qui sous la pression permettront de limiter le jeu des arbres au niveau des paliers.

Ces pompes parfaitement équilibrées permettent des pressions jusqu'à 250 bars sous 6000 tr / mn.

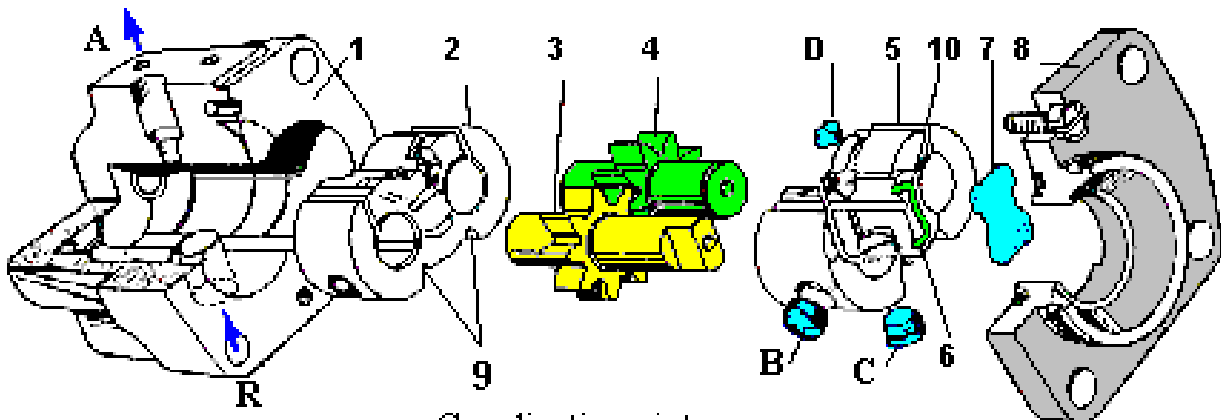
Bosch est un spécialiste des pompes « DUO » donc 4 engrenages dans le même boîtier avec un léger décalage entre les deux trains d'engrenages pour un fonctionnement plus régulier.

LES POMPES A ENGRENAGES

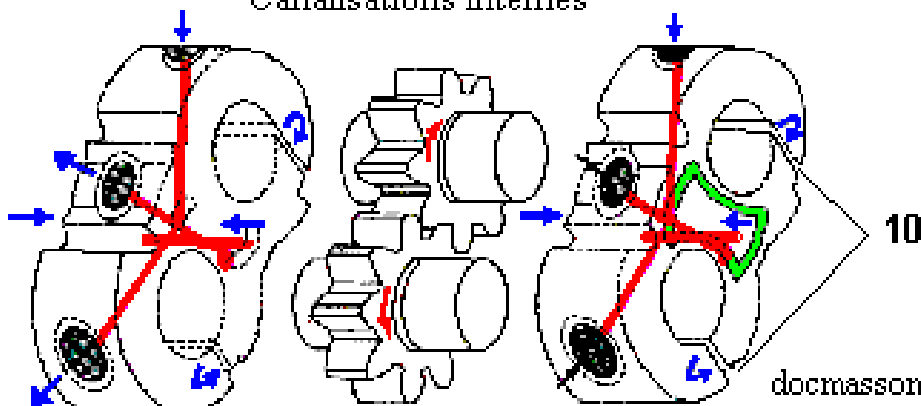
LES POMPES BOSCH A DENTURE EXTERIEURE ET COMPENSATION HYDROSTATIQUE



- A - orifice d'alimentation
- R - orifice de refoulement
- 1 - carter de pompe
- 2 - jumelle arriere 3 - pignon menant
- 4 - pignon mené 5 - jumelle avant
- D - tampon d'étanchéité (1 par jumelle)
- B - tampon de compensation (2/jumelle)
- C - tampon de poussée (jumelle contre carter, coté pression : un par jumelle)
- 6 - joint torique délimitant la zone d'équilibrage axial (compensation hydros.)
- 7- plaque de réaction 8- couvercle et joint étanchéité
- 9- "charnières"
- 10- fentes de compensation



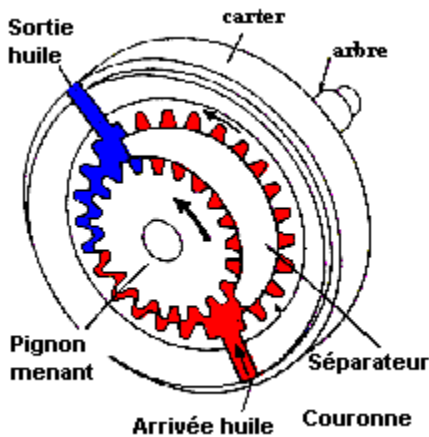
Canalisations internes



Les tampons de compensation se comportent comme des petits vérins commandés par des forages à l'intérieur des jumelles ils rattrapent en permanence les jeux radiaux.

Les jeux axiaux sont compensés par la pression agissant sur la surface délimitée par le joint torique

B -LES POMPES A ENGRENAGES A DENTURE INTERIEURE

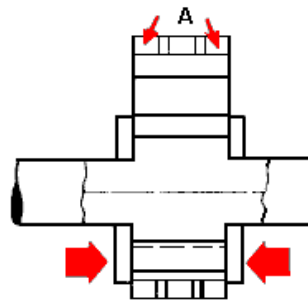
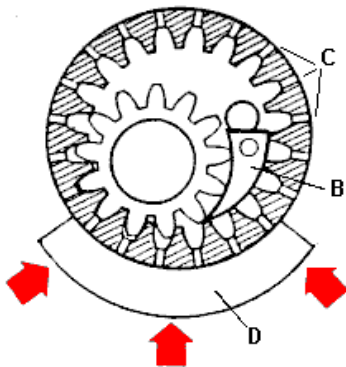


A – POMPE A DENTURE DROITE NON COMPENSEE

Ce type de pompe comprend deux pignons a denture droite.

- Un pignon à denture intérieure ou couronne
- Un pignon à denture extérieure, plus petit, ce dernier étant menant et s'engrénant à l'intérieur de la couronne.
- Le trou est occupé par un séparateur ou croissant. Ce séparateur maintient les pignons écartés et assure l'étanchéité entre les chambres d'admission et de refoulement.
- Les deux pignons tournent dans le même sens, c'est la différence essentielle avec les pompes à denture extérieures.
- L'huile est transportée prisonnière entre les dents du pignon et celles du séparateur. Ce type de pompe peut créer un vide

Ce type de pompe peut être réversible en déplaçant le séparateur coté opposé, ces pompes peuvent générer des débits important à vitesses élevées, mais par contre les pressions ne dépassent pas 50 bars



d'après ETAljcd02

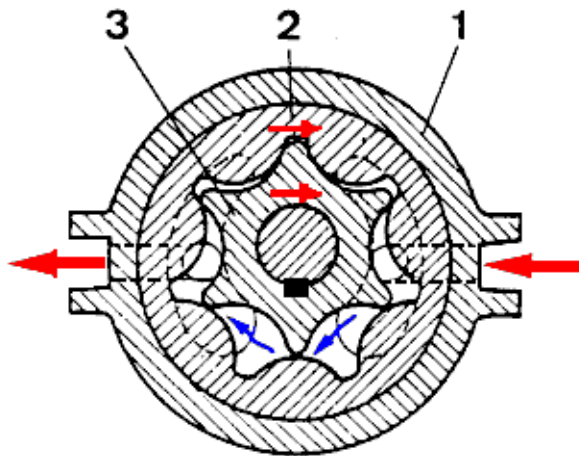
B – POMPE A DENTURE INTERIEURE COMPENSEE

Exemple de la pompe VOITH (RFA) , (ci-contre) cette pompe est compensée axialement et radialement, elle permet d'atteindre des pressions en continu de l'ordre de 250 bars.

- Au fond de chaque creux de dent de la couronne, sont percés deux trous C qui débouchent sur le pourtour. Seul un demi croissant B assure l'étanchéité.

Des plaquettes circulaires D reçoivent la pression de refoulement et réalisent la compensation axiale du jeu de fonctionnement.

Les plaquettes circulaires sont elles même forées de sections circulaires qui reçoivent également la pression. Ces sections agissent alors comme des petits vérins qui poussent la plaquette sur la couronne et rendent le croissant plus étanche.



d'après ETAljcd02

C – POMPE A DENTURE INTERIEURE, TYPE ROTOR (on dit aussi trochoïde)

C'est une variante de la précédente, elle est constituée par :

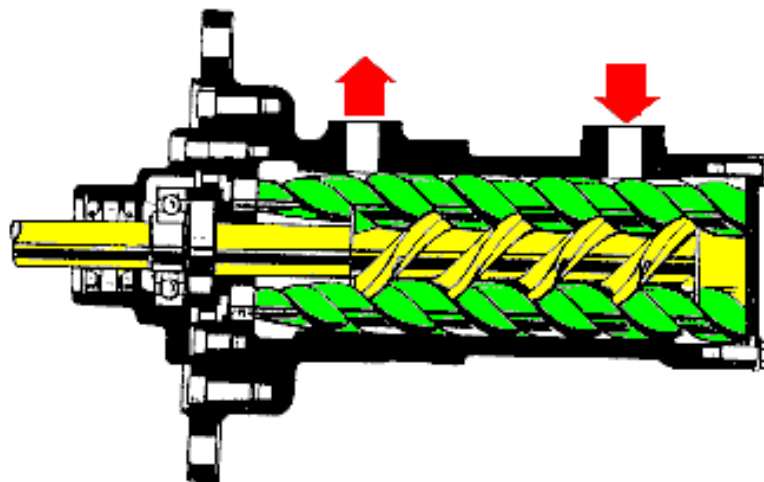
- un pignon à denture intérieur 2, portant l'appellation de stator, qui tourne dans l'alésage du carter 1, les dents sont en forme de cames.
- Un pignon central à denture extérieure 3 appelé rotor ou roue, solidaire de l'arbre d'entraînement. Ce rotor comporte également des dents en forme de cames, il compte systématiquement une dent de moins que le stator.
- Ces pompes sont très utilisées pour la lubrification des moteurs, où la pression demandée est faible.

LES POMPES « GEROTOR » ont toujours une seule dent en prise, ce qui permet de créer l'étanchéité interne par le frottement du sommet des dents sur les sommets des cames du stator

La cavité remplie va se vider dans le « haricot » de refoulement

Ce type de pompe existe aussi avec un stator fixe, ce dernier est alors animé d'un mouvement de rotation et d'une translation . Ces pompes peuvent tourner très vite (5 à 6000 tr/mn) Dans quelques cas, ce système permet d'atteindre des pressions de 150 bars.

C- LES POMPES A VIS



d'après ETAljcd02

Dans un carter une vis à double filet engrène avec deux autres vis. La vis centrale est menante, elle absorbe dans son mouvement toute la puissance de l'entraînement.

Les vis satellites possèdent un pas inverse à celui de la vis centrale, l'espace entre les filets va se remplir d'huile, cette huile est transportée par la rotation de l'alimentation au refoulement.

En raison du flux linéaire, ces pompes ont un débit régulier et un excellent rendement global, elles sont silencieuses, elles peuvent générer des débits important (1000 l/mn) mais sous une pression modeste ne dépassant pas 120 bars.

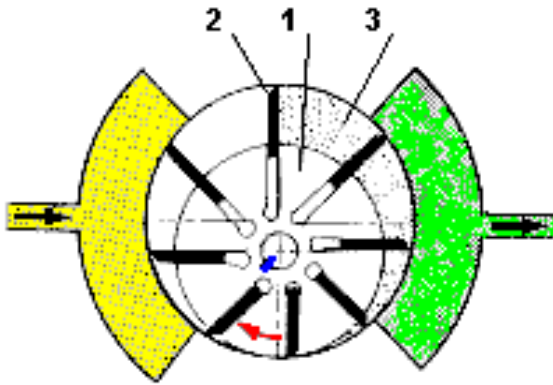
D- LES POMPES A PALETTES

Il existe des pompes à palettes non équilibrées et des pompes à palettes équilibrées

Les premières ne peuvent bénéficier que d'une alimentation et d'un refoulement, tandis que les équilibrées autorise la mise en place d'une double alimentation et d'un double refoulement à chaque tour.

Par contre les premières peuvent avoir un débit constant ou variable, alors que les secondes sont à débit constant.

A - PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT



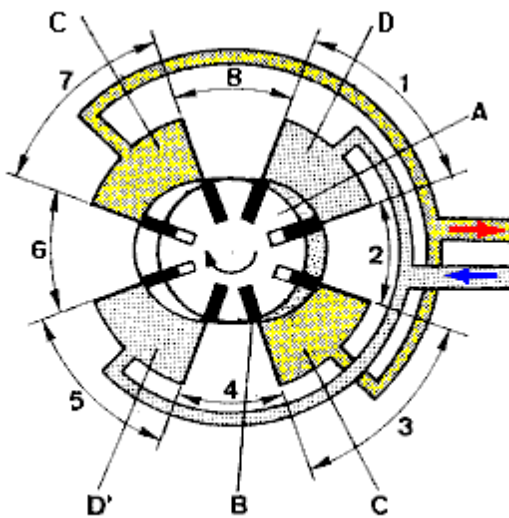
d'après ETAljcd02

La pompe à palettes simplifiée ci-contre est non équilibrée. Elle est constituée par un rotor menant 1, qui porte des rainures radiales équidistantes, chaque rainures maintient une palette 2. L'espace libre entre le rotor et le stator 3, est alors divisé en alvéoles. Le rotor étant décentré, le volume des alvéoles va évoluer au cours de la rotation, d'abord minimum il devient maximum pour arriver devant la lumière de refoulement où le processus s'inverse en créant la pression

Ce type de pompe présente un axe soumis aux pressions de refoulement

Les palettes sont poussées contre l'anneau intérieur du stator par un ressort ou plus simplement elles

B – PRINCIPE D'UNE POMPE A PALETTE EQUILIBREE



d'après ETAljcd02

Ci-contre, la « composition » est la même si ce n'est que le rotor porte ici 8 fentes radiales dans lesquelles coulisent les palettes B. L'anneau ou stator est doté d'une piste intérieure à profil elliptique à double came, les palettes étant en appui partout. L'anneau est donc divisé en 8 parties ou profils qui sont ou « concentriques » ou de « came ».

Ex : 1,3,5,7, sont des profils de came.

2,4,6,8, sont des profils d'anneaux concentriques à l'axe du rotor.

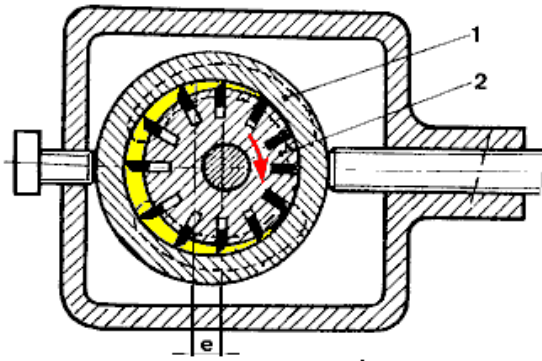
La pompe possède deux chambres d'admission D D' et deux chambres de refoulement C C'. Ces chambres sont diamétralement opposées et réalisées sur le profil de came, le profil d'appui va croissant au niveau des chambres d'admission et décroissant pour le refoulement. La circulation se fait en trois phases, ex. secteur 1 admission croissante, secteur 2 transfert, secteur 3 refoulement.

Les chambres sont en liaison par des forages internes, ce qui explique le parfait équilibre radial.

Enfin les palettes ne se déplacent que lorsqu'elles passent sur les profils de came (limitation de l'usure).

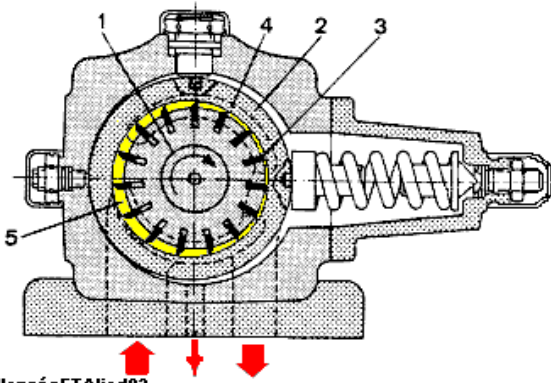
o

POMPES A PALETTES A DEBIT VARIABLE



d'après ETAljcd02

Utilisées en installation fixes, on peut faire varier le débit par déplacement du stator par rapport au rotor. Le schéma ci-contre très simplifié, montre une pompe à «annulation de débit». La cote « e » montre l'excentrage maximum du stator.



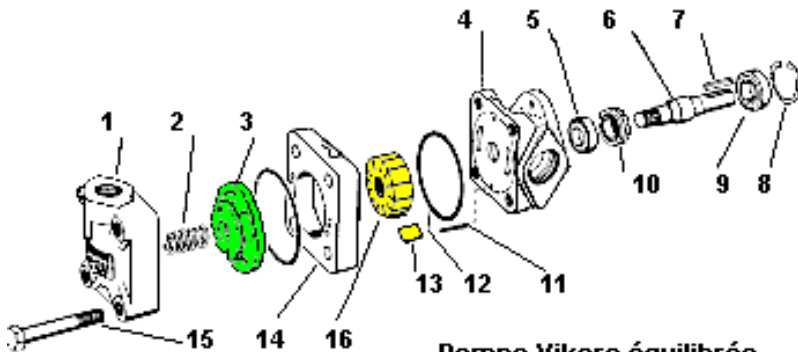
d'après ETAljcd02

EXEMPLE D'UNE POMPE A PALETTES A DEBIT VARIABLE : une pompe REXROTH
C'est la force centrifuge qui maintien les palettes en contact avec la piste de l'anneau.

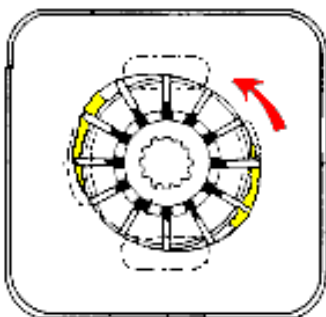
Au repos, l'anneau est poussé par un ressort tarrable sur une butée à vis qui définit l'excentration maximale.

La pression obtenue ne dépasse pas 100 bars.

QUELQUES EXEMPLES DE POMPES A PALETTES



Pompe Vikers équilibrée radialement et axialement



- 1-couvercle - 2-ressort
- 3-plaque de poussée - 4-corps de pompe - 5-roulement -
- 6-arbre - 7-clavette - 8-circlips -
- 9-roulement - 10-joint à lèvres -
- 11-goupille - 12-joint torique -
- 13-palette - 14-anneau du stator - 15-vis de fixation - 16 rotor

d'après ETAljcd02

Vickers est un important fabricant de pompes et composants hydraulique des ETATS Unis.

Ci-contre une pompe Vickers à 12 palettes, simple débit, à deux alimentations et deux refoulements.

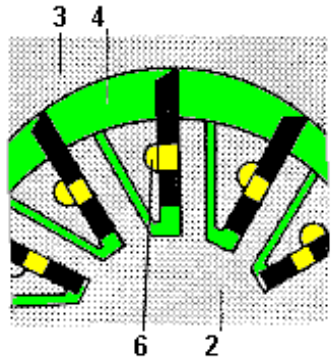
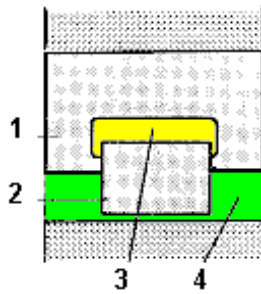
Ce type de pompe de forme extérieure carrée, possède un système de plaque de poussée, qui vient presser l'anneau et le rotor grâce à un ressort.

Ceci assure une étanchéité importante au démarrage et procure à la pompe un fort pouvoir de « suction ».

Ensuite la pression de refoulement vient compléter la poussée.

L'ensemble anneau / rotor / palettes (on dit « cartouche ») sont interchangeables. Pour éviter une erreur de positionnement une goupille permet de réaligner les pièces dans le bon ordre. Les palettes sont poussées contre l'anneau par une pression interne, ce qui leur évite de « rebondir » sur l'anneau. Cette pompe possède 4 « symétries » du fait de sa forme carrée, elle est très facile d'adaptation dans les engins.

PALETTE DOUBLE
vue de face
 1-grande palette - 2-petite
 palette - 3-zone d'application
 de la pression - 4-zone où
 s'exerce la pression entre
 deux palettes



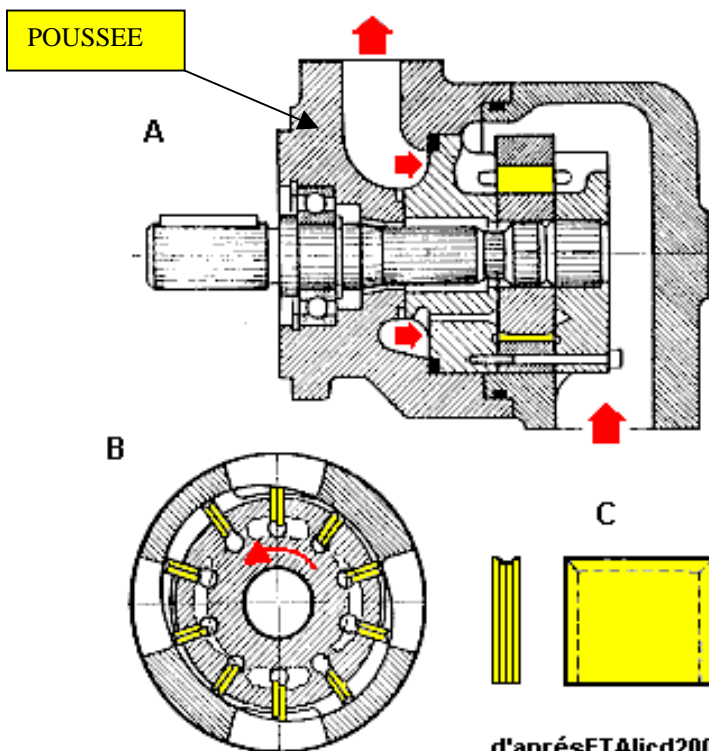
PALETTE DOUBLE
vue de profil
 2-rotor - 3-anneau - 4-zone
 où s'exerce la pression
 dans l'alvéole - 6-zone où
 s'exerce la pression de
 refoulement

d'aprèsETAljcd02

(ci-contre) est en fait constituée de deux palettes logées l'une dans l'autre. A l'intérieur de la grande, un espace est aménagé pour recevoir continuellement la pression de fonctionnement.

La force d'appui dans ce petit espace est suffisante pour appliquer correctement la palette sur l'anneau. Le rotor est percé d'orifices qui admettent la pression régnant dans les chambres d'admission et de refoulement. Donc dans la zone de refoulement, les palettes reçoivent la pression de deux endroits différents et sont particulièrement appliquées sur l'anneau. Ces pompes peuvent fournir 200 bars à 2500 tr/mn.

POMPES A PALETTES DOUBLES, SYSTEME REXROTH



d'aprèsETAljcd2002

Ce type de pompe peut fournir 180 bars et 200 l/mn en continu à 1800 tr/mn

Il existe encore bien d'autre type de pompes à palettes, dont une avec un système où la palette possède un chanfrein en contact avec l'anneau, mais elle est poussée à la fois par un ressort et la pression, un trou au sommet communique la pression au sommet de la palette.

Autre pompe Vickers, équilibrée à double débit. Ce sont deux pompes l'une dans l'autre, où les débits peuvent être utilisés ensemble ou séparément.

Autre originalité, cette pompe est munie de palettes double, qui permettent de réduire la poussée sur l'anneau dans la zone basse pression. Ceci permet de réduire l'usure et améliorer le rendement mécanique de la pompe (moins de frottements). L'ensemble de la palette

C'est une pompe à palettes équilibrée, l'originalité réside dans la conception des palettes. Il y a deux palettes par rainurages du rotor (C). Elles sont chanfreinées tant sur la partie supérieure en contact avec l'anneau, que latéralement (schéma ci-contre), les faces biseautées sont montées l'une contre l'autre. La pression qui règne sous les palettes passe par les chanfreins latéraux jusqu'au chanfrein de bout. Ainsi la poussée des palettes est contrôlée et les palettes suivent parfaitement la piste de l'anneau, assurant une parfaite étanchéité (B).

E- LES POMPES A PISTONS

Il existe des pompes à piston s radiaux, des pompes à pistons axiaux, des pompes à pistons multicylindres (en V ou en ligne)

De conception globale plus complexes, mais plus onéreuses que les pompes précédentes, elles peuvent être à débit constant ou variable. Elles sont beaucoup employées en matériels agricoles.

POMPES A PISTONS RADIAUX

A – les pompes à bloc cylindre tournant

Ces pompes permettent la variation du débit et même son inversion, elles peuvent devenir moteur.

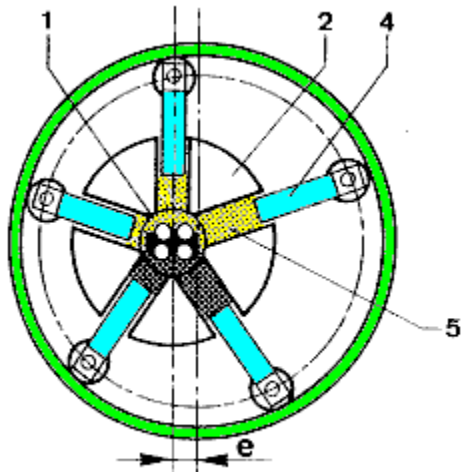
Le boisseau fixe (1) porte les alésages d'admission et de refoulement, un bloc cylindre (2) tourne autour du boisseau ce bloc cylindre ou rotor est désaxé par rapport à la couronne extérieure (3), ce qui déterminera la course des pistons (4) dans les alésages (5). Chaque piston est équipé d'un patin qui vient en appui sur l'intérieur de la couronne grâce à la force centrifuge. La cote (e) représente le desaxage, lequel permet un mouvement de pompage du piston dans son alésage.

En phase d'écartement les pistons aspirent l'huile en phase de rapprochement ils repoussent l'huile. La variation de la cote « e » par rapport au centre et le sens de rotation vont donner les variations citées au début.

Le débit variable est obtenu par le réglage de la couronne extérieure.

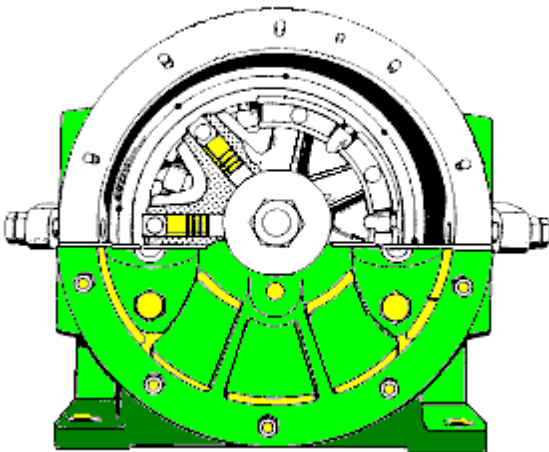
Ces pompes permettent des pressions élevées de 200 à 400 bars

Ci-contre, ce schéma nous montre grâce à une demie coupe, l'organisation interne de ce type de pompe.

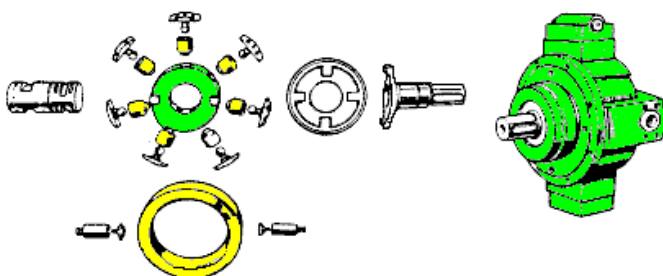


d'après ETAljcd2002

d'après ETAljcd02 Pompe type Hele Shaw

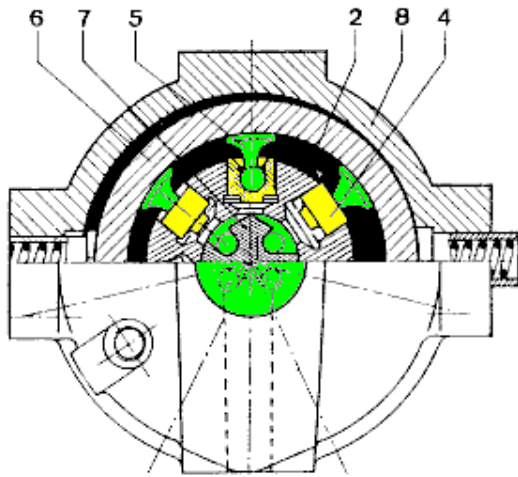


Vue éclatée d'une pompe Bosch à piston radiaux et bloc cylindre tournant



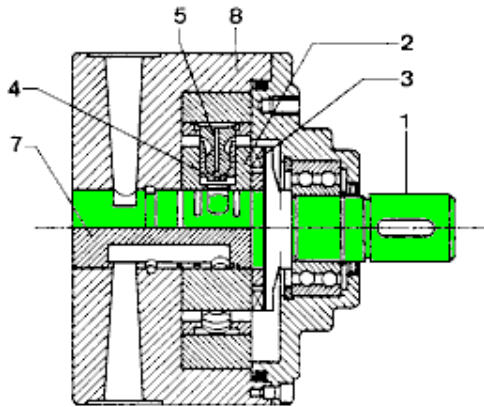
d'après ETAljcd02

Présenté en cylindrée de 16 à 80 cm³ par tour, ces pompes peuvent fournir de 280 à 350 bars à 3500 tr/mn avec un niveau sonore assez bas de 65 à 80 dB(A)



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



d'après ETAljcd02 pompe BOSCH à bloc cylindre tournant

Ci-contre pompe Danfoss à piston radiaux et bloc cylindre tournant. DANFOSS est un grand constructeur de composants hydrauliques (direction assistée ORBITROL).

1- rotor 2 – glace distributrice 5 – vérin

8 – arbre menant 9 – pallier lisse 10 –

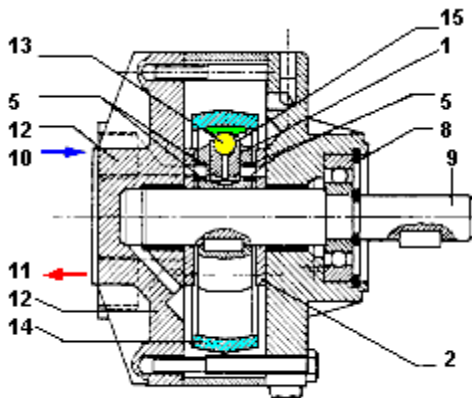
lumière d'admission 11 – lumière de

refoulement 12 – carter 13 – patin 14 – piste

de l'anneau statorique 15 - piston

La différence par rapport à la pompe Bosch réside dans le mode d'alimentation et de refoulement.

Au lieu d'intervenir par le boisseau central (sur le rotor) la distribution se fait par des glaces planes qui sont munies de lumières. L'étanchéité est obtenue par des petits vérins (5) qui plaquent les glaces contre le rotor (au démarrage il y a même des ressorts d'assistance).



Pompe DANFOSS d'après ETAljcd02

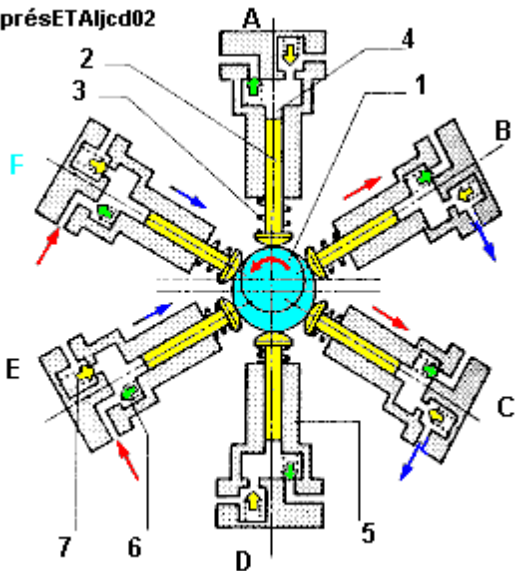
L'huile aspirée par 10 va alimenter les petits vérins 5 et arriver dans les chambres des pistons, dans le demi-tour suivant l'excentrage du rotor pousse les pistons, la pression monte et sera refoulée par 11.

B – Les pompes à pistons radiaux et cylindres fixes

Beaucoup utilisées chez JOHN DEERE, SAME par exemple.

L'arbre central est du type excentrique (1) sur lequel vient prendre appui une série de pistons (2) placés radialement. Des ressorts de rappel (3) maintiennent les patins en contact avec l'excentrique

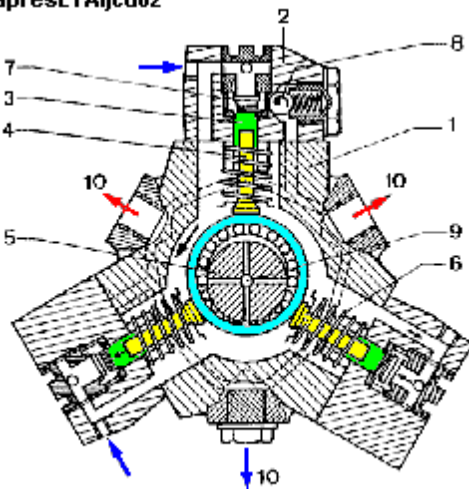
d'après ETAljcd02



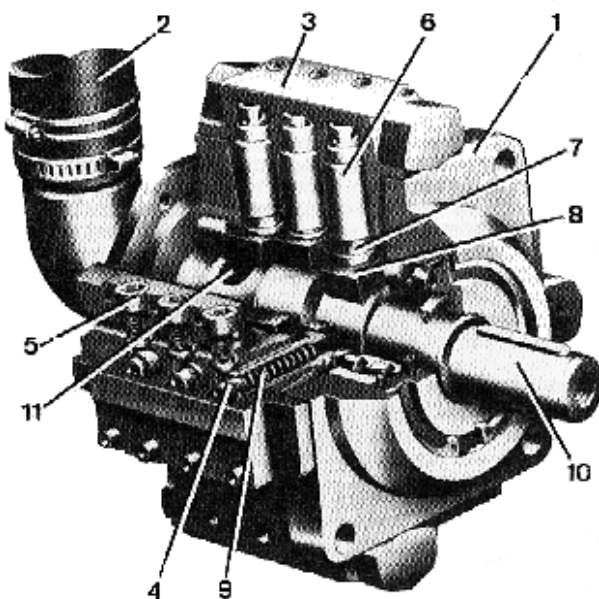
Principe pompe à pistons radiaux intérieur

Autres exemples

d'après ETAljcd02



Pompe radiale REXROTH à cylindres fixes



Pompe à pistons POCLAIN d'après ETAl02

Chaque piston coulisse dans un alésage (4) foré dans un corps de cylindre (5) équipé d'un clapet d'admission (6) et un clapet de refoulement (7). Ici le nombre de piston et pair, ce n'est pas le cas le plus courant.

Le corps B est en début de refoulement : clapet d'admission maintenu sur son siège par la pression et clapet de refoulement soulevé par cette dernière. Le cylindre E est en phase d'admission, le piston rappelé vers son centre par le ressort (3). Chaque piston aspire et refoule sur un demi-tour, ce qui veut dire qu'un corps ne débite que la moitié du temps.

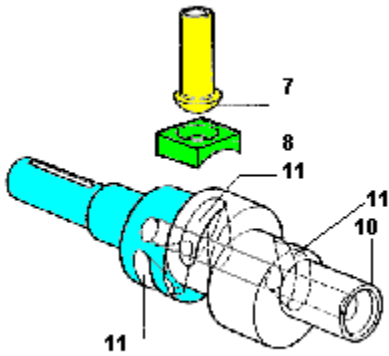
Le débit unitaire et instantané ayant une forme sinusoïdale pour éviter les accoups. Il resta tout de même pulsatoire, donc on multiplie le nombre de corps en service avec un décalage entre eux.

En petite cylindrée ce type de pompe REXROTH peut fournir des pressions de 600 à 700 bars !

Cette pompe est constituée d'un carter (1) sur lequel sont fixés les éléments de pompage (2). Un corps percé d'un alésage (3) dans lequel coulisse un piston (4) prenant appui permanent sur l'excentrique (5) grâce au ressort (6) un clapet d'alimentation (7) , un clapet de refoulement (8) , l'aspiration se fait par le croisillon (9) de l'arbre 5.

Les sorties (10) peuvent être rendues indépendantes.

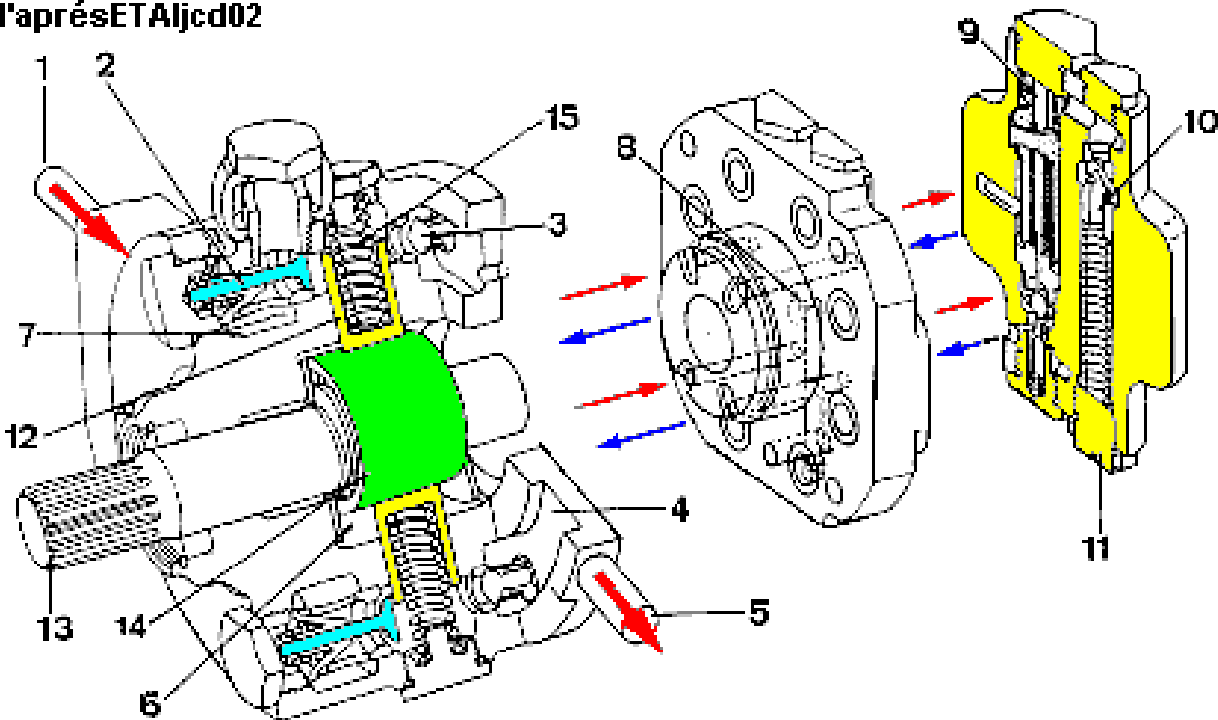
Cette pompe POCLAIN s'apparente à une pompe radiale du fait de la disposition des pistons. Le carter principal (1) équipé de sa tubulure d'admission (2) peut recevoir jusqu'à 6 « boîtes à clapets » (3) (elles contiennent les clapets de refoulement) mais aussi trois pistons (4) équipés de trois clapets de refoulement (5). Les pistons (6) coulissent dans des fourreaux en bronze, ils sont creux et donc permettent le passage de l'huile. Les têtes sphériques (7) sont ajustées dans des cuvettes en bronze ménagées dans les patins (8). Le patin est foré en son centre de sorte à laisser passer l'huile et permettre un équilibre hydrostatique.



Pompe à piston POCLAIN d'après ETAI02

L'arbre d'entraînement (10) comporte trois excentriques pour la commande des rois pistons en ligne de chaque boîte à clapets. Le forage de l'arbre est lui-même en relation avec une lumière (11) chargée d'assurer le remplissage des pistons. Comme toutes les pompes alimentées par le centre, la centrifugation de l'huile favorise l'alimentation et la possibilité de tourner très vite. On peut 300 cm³ par tour pour les plus grosses pompes avec des pressions de 350 à 450 bars.

d'aprèsETAIjcd02



Pompe à pistons radiaux avec dispositif de contrôle de course John Deere

Cette pompe peut comporter de 4 à 8 pistons. Les pistons (12) radiaux sont logés dans des alésages forés dans le carter fixe. L'arbre (13) est muni d'un excentrique (14) qui appui sur les pistons, eux même plaqué par des ressorts (15). L'admission et le refoulement s'effectue dans des forages annulaires de chaque coté du carter. Ces chambres sont en relation avec les soupapes d'admission (2) et de refoulement (3). Grâce à sa partie (coloriée en jaune) (9,10,11) cette pompe peut avoir une variation du débit. La soupape (10) laisse entrer de l'huile sous les pistons ce qui peut les maintenir éloignés de l'excentrique jusqu'à neutralisation du débit si on veut par l'effet de la soupape (9). Des que la pompe est sollicitée, la pression chute en 9, les cycles peuvent recommencer. La vis (11) est la vis de tarage du système qui règle la pression dans la chambre (6) du boîtier.

LES POMPES A PISTONS EN LIGNE

Ce sont de grosses unités peu utilisées hors du milieu industriel . Elles peuvent fournir 1000bars de pression, elles sont extrêmement bien usinées.

LES POMPES A PISTONS AXIAUX

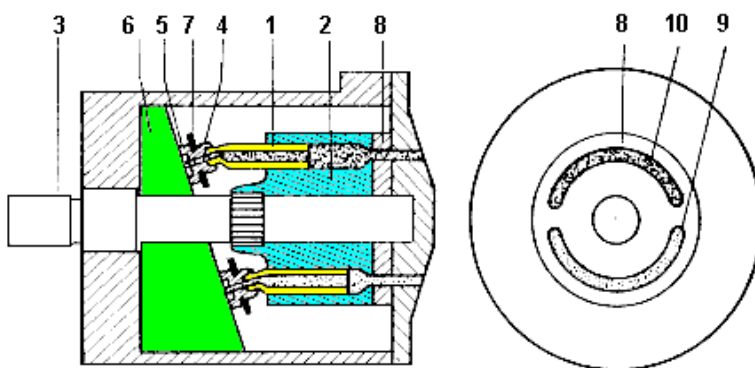
On trouve dans cette catégorie l'essentiel des pompes à débit variable qui équipent les transmissions hydrostatiques. Il existe : les pompes à barillet fixe, les pompes à barillet tournant cette catégorie se divise en pompes à pistons en ligne et pompes à axe coudé.

A – LES POMPES AXIALES A BARILLET FIXE

Ces pompes de par leur conception sont à débit constant et en principe irréversibles. Elles sont compactes, simple de construction et fiables. Elles peuvent fournir facilement 300 à 400 bars en continu.

On trouve par exemple les pompes Leduc (L..U) dans certaines l'alimentation-aspiration se fait par le sillon d'une glace et le refoulement par un clapet.

B – LES POMPES A BARILLET ROTATIF A AXE DROIT



Principe pompe à barillet rotatif à axe droit

d'aprèsETAIjcd02

ELLES PEUVENT ETRE A DEBIT CONSTANT OU VARIABLE

1 – piston 2 – barillet 3 – arbre menant 4 – embout sphérique 5 – patin 6 – plateau fixe incliné 7 – plaque d'appui 8 – glace de distribution 9 – admission 10 – refoulement

Les pistons sont en nombre impair, ils sont solidaires dans leur rotation de l'arbre d'entraînement. Les pistons se terminent par un

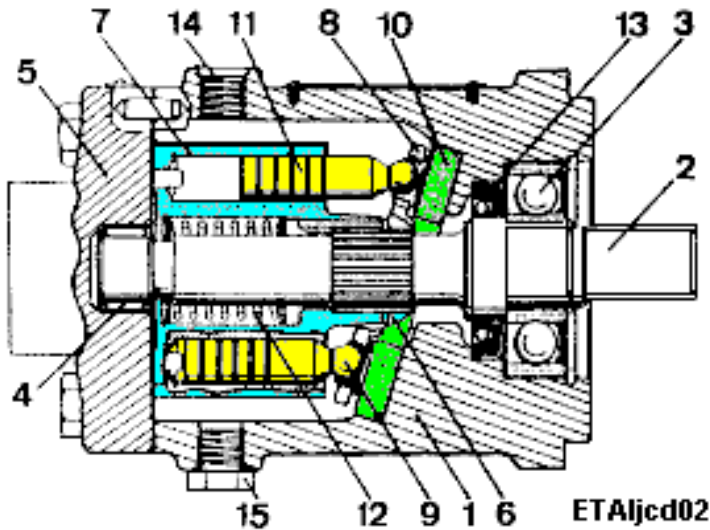
embout sphérique muni d'un patin, ce dernier est maintenu sur le plateau incliné par une plaque d'appui. La face arrière du barillet est en appui sur la glace de distribution équipée de 2 lumières concentriques (en forme de haricot), une sert d'admission, l'autre de refoulement sur un demi-tour. La rotation de l'arbre provoque sur un demi-tour le recul du piston dans son alésage du barillet, cette admission se fera donc par la lumière circumférentielle (9). A chaque tour l'un après l'autre les pistons vont donc passer d'un point mort haut à un point mort bas (refoulement par la lumière 10). Chaque piston a donc une cylindrée unitaire, la cylindrée totale sera fonction du nombre de pistons et de l'inclinaison du plateau. Les rotules (4) et patins (5) sont percés de sorte qu'il existe un équilibrage hydraulique et une lubrification interne excellent, supprimant même les roulements d'appui. L'inclinaison est limitée à 18°, pour limiter l'excentrage des pistons dans le barillet. Ces pompes autorisent des pressions de 250 à 300 bars et des débits de quelques litres à 250 l/mn sous 1000 tr/mn. Elles peuvent tourner plus vite que les pompes à pistons radiaux.

On peut résumer leurs avantages :

- efficacité du système d'étanchéité par glace qui permet d'atteindre de hautes pressions.
- Disposition axiale des pistons, qui permet de limiter l'encombrement, très adapté aux transmissions des engins mobiles.
- Vitesse de rotation élevée car pas de clapets
- Faible inertie des pièces en mouvement, on peut changer rapidement de régime
- Réversibilité possible du débit
- Grande variabilité de débit
- Bonne puissance massique car régime élevé sous un faible encombrement.

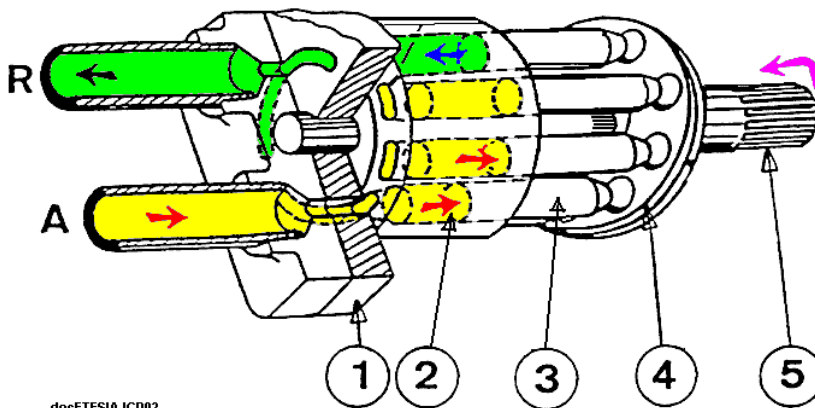
QUELQUES EXEMPLES DE POMPES A PISTONS AXIAUX

La pompe VIKERS à Débit constant composée d'un carter de fonderie, d'un ensemble tournant composé de l'arbre d'entraînement (2) supporté par un roulement à bille (3) un roulement à



Pompe Vikers à axe droit et cylindrée constante

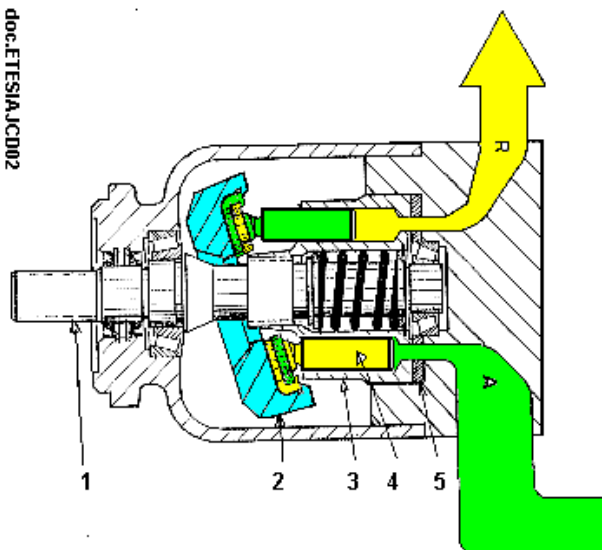
rouleaux (4) encastré dans le bloc de distribution (5). encastré dans le bloc de distribution (5). L'arbre supporte et entraîne une rondelle sphérique (6) solidaire des cannelures de l'arbre 2. Une plaque support pivotante (8) des sabots de pistons (9) s'appuie sur la plaque inclinée (10). Cette plaque détermine donc la course des pistons (11) dans le barillet (7). Le bloc de distribution est du type à glace, un ressort (12) à l'intérieur du bloc cylindre ou barillet assure l'étanchéité. L'orifice 14 sert de drain et doit être positionné au-dessus. L'étanchéité arrière est assurée par un joint à lèvres (13)



La pompe VIKERS en écorché

- 1- bloc distribution
- 2- cylindrée aspirée dans le barillet
- 3- pistons à l'aspiration
- 4- plateau incliné sur lequel glisse la rondelle d'entraînement des pistons
- 5- arbre d'entraînement
- A- ASPIRATION
- R- REFOULEMENT

C - POMPE A PISTONS AXIAUX ET DEBIT VARIABLE



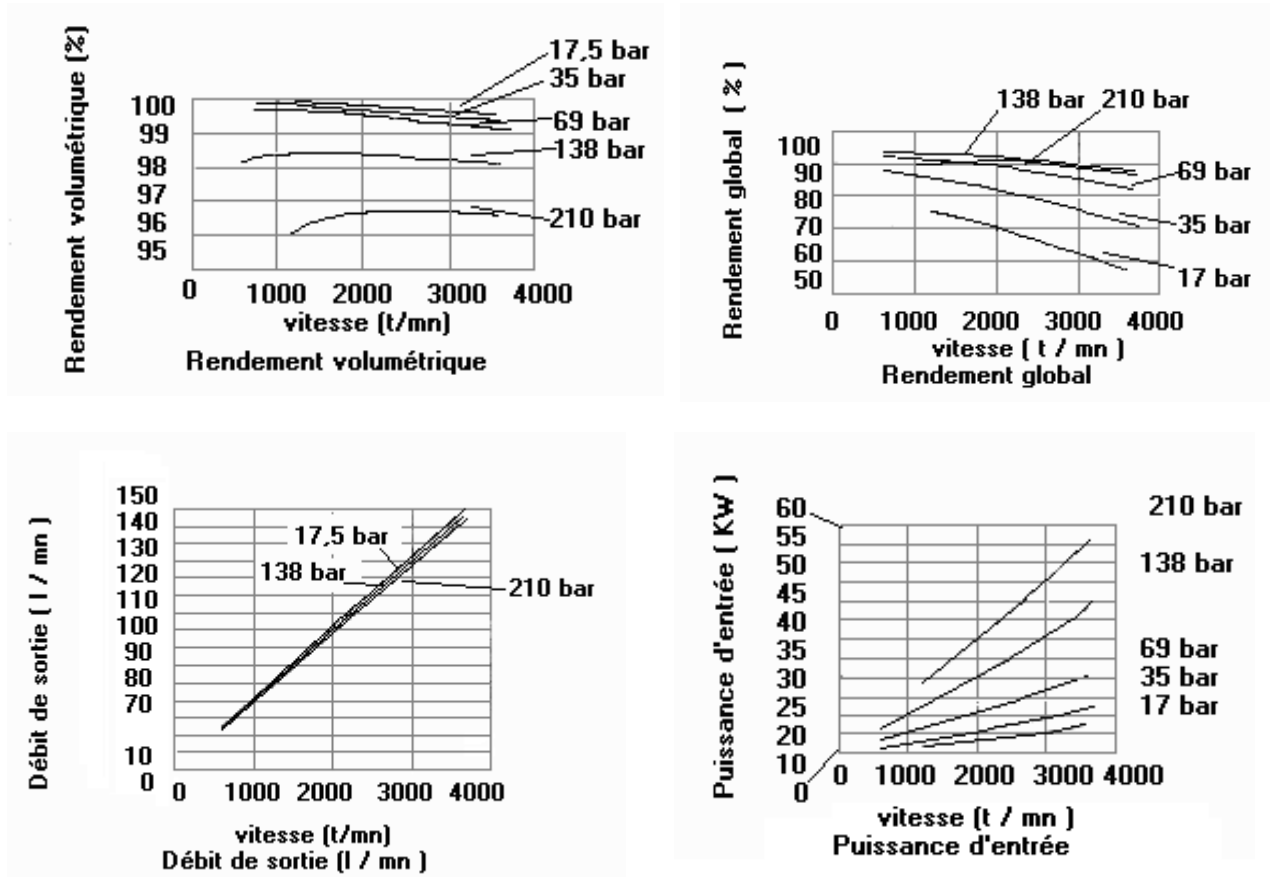
Pompe VIKERS, à cylindrée variable et axe droit dont la course des pistons est commandée par un plateau à inclinaison variable (2). Le corps peut être en aluminium et la tête de distribution (5) en fonte. Le carter fixe, sert de fixation aux pièces mobiles, il est rempli d'huile pour la lubrification et le refroidissement.

Le bloc cylindre (3) est solidaire en rotation de l'arbre (1) d'entraînement, Il reçoit 9 pistons (4) dont la tête est munie d'une rotule équipée d'un patin.

Le plateau inclinable (2) ne tourne pas avec l'arbre, on peut l'orienter pour modifier, annuler, inverser la course des pistons. Il est commandé manuellement ou hydrauliquement.

La tête de distribution (5) est fixe, elle est surmontée d'une glace de distribution en bronze dotée d'orifices correspondant aux phases d'aspiration et de refoulement.

OBSERVATION ET ETUDE DE COURBES DE CETTE POMPE

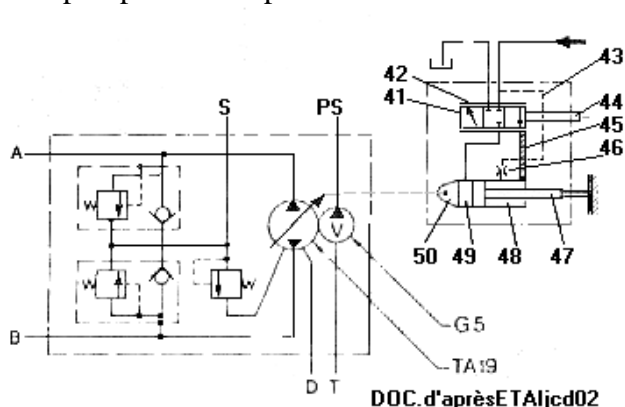


Ci dessus, les courbes caractéristiques de cette pompe VIKERS série 19 à pistons axiaux dont la course est commandée par un plateau à inclinaison variable. Cette pompe fonctionne avec une pompe de gavage (bien qu'elle soit en circuit fermé), il faut compenser d'inévitables fuites, mais aussi gaver la pompe pour éviter les phénomènes de cavitation. Dans certains cas, la commande mécanique d'inclinaison du plateau est remplacée ou accompagnée d'une commande hydraulique.

La liaison mécanique est en général simple, mais elle doit être réglée avec précision pour éviter les départs intempestifs ou les arrêts approximatifs. Les jeux de tringlerie peuvent aussi parfois beaucoup augmenter et créer des problèmes comme sur les transmissions hydrostatiques.

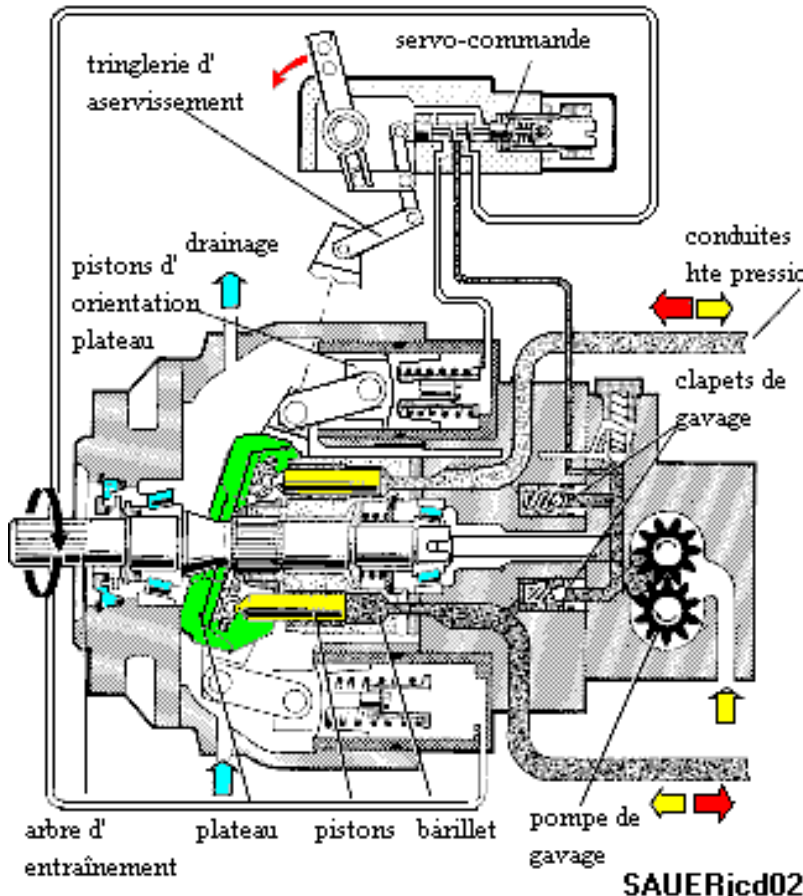
Les liaisons hydrauliques sont bien utiles sur les grosses pompes et sur des engins où la pompe ne doit entrer en action qu'à partir d'un débit élevé (courant en matériels agricoles). Ce dernier système permet les départs progressifs même sous forte charge et appui brutal du chauffeur !

Ces pompes Vikers possèdent des commandes de variation de débit particulières.



(45) liaison mécanique rigide.

Commande avec servo-vérin. C'est un vérin (50) qui est fixé directement sur le levier de commande de la pompe alors que sa tige (47) est reliée à un point fixe. Le distributeur est fixé sur le cylindre du vérin qui entraîne son fourreau (42). Une liaison constante (43) assure la pression dans la chambre (48). Dans cette position la chambre (49) est isolée, le système est stable. Si le tiroir est poussé vers la droite, la chambre (49) se vide, provoquant le mouvement du cylindre (50), donc du fourreau (42). La progressivité de la variation de la vitesse et de l'inversion de marche est assurée par un étranglement (46) qui freine le passage de l'huile, évitant les à-coups

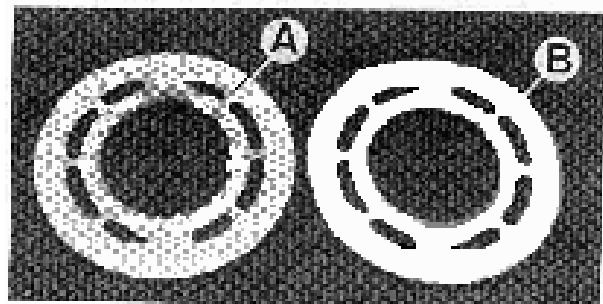


SAUERicd02

Cette pompe SPV 20 à 27, est du type à glaces fixes et pistons axiaux parallèles dans un bloc tournant. On observe :

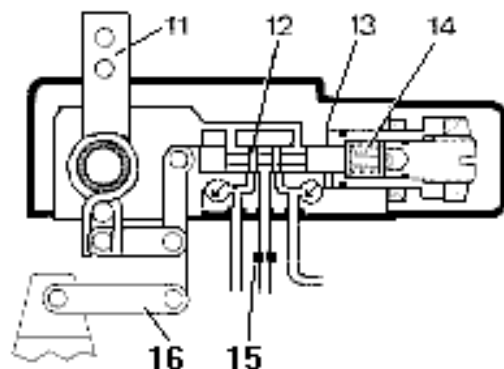
- 1 - le bloc cylindre tournant ou barillet, contient 9 pistons, chacun portant une rotule à patin sertie, les patins s'appuient sur le plateau inclinable.
- 2 - Le plateau inclinable, monté sur roulements, peut osciller de 18°, la commande du plateau est effectuée par deux servo-pistons à simple effet. Ils sont alimentés par un distributeur à tiroir avec rétroactions mécanique, qui permettent des commandes plus précises et douces (servo commande).
- 3 - Le distributeur à glaces à lumières qui permettent de mettre en liaisons les pistons : avec le refoulement durant la course de pénétration dans le barillet, et avec l'aspiration durant la course de retrait de son alésage.
- 4 - La pompe de gavage est entraînée par l'arbre principal, elle comporte des clapets régulateurs de pression (15 bar)
- 5 - Le servo commande, il fournit le couple suffisant à l'inclinaison du plateau, qui peut parfois être important.

Ci contre, les glaces fixes en acier, les becs des haricots de A sont dirigés vers la gauche, la pompe tourne à droite.
 Les becs des haricots de B sont tournés vers la droite, la pompe tourne à gauche.
 Les prolongements pointus des haricots (ou lumières) permettent par la décompression progressive, de réduire le bruit de fonctionnement.



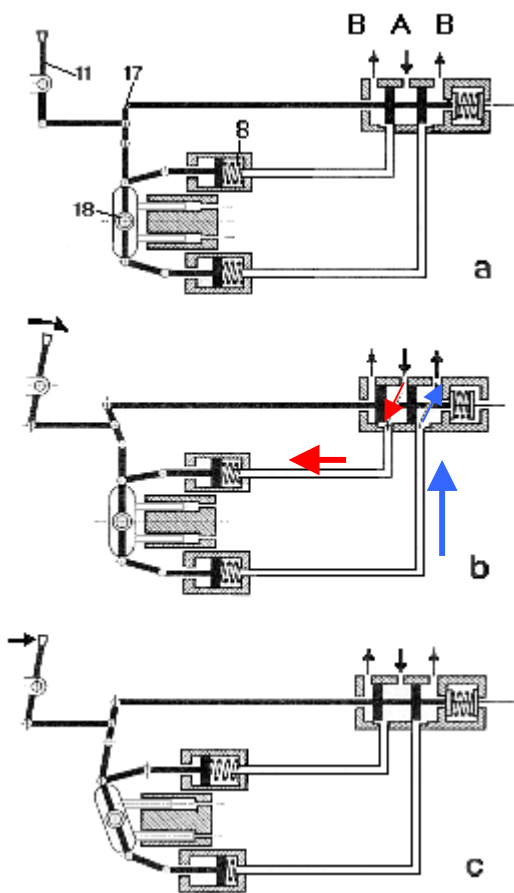
Principe de fonctionnement de la servo-commande

Le couple d'inclinaison du plateau peut devenir rapidement très élevé (vitesse rotation, pression, freinage de l'inertie du véhicule), il est donc nécessaire d'utiliser un ensemble d'inclinaison comme ci dessus. Il est composé de deux servo-pistons et d'une servo-commande. Les servo-pistons sont logés dans le carter de pompe, ils sont alimentés par le servo-commande qui est un distributeur à 4 orifices - 3 positions et centre ouvert. Il est alimenté par un gicleur (15)Le ressort (14) d'extrémité du tiroir (12) travaille en double compression alternée. La position neutre centrale est définie mécaniquement par le ressort.



doc.ETAIjcd01 servo-commande

L'arrivée de l'huile dans un servo-piston fait basculer le plateau et provoque la compression du ressort du servo-piston opposé.



Schématique de fonctionnement de la servo-commande (schémas page précédente)

Le contrôle de mise en position s'effectue en manœuvrant un levier de commande (11). Le tiroir quitte sa position neutre et permet l'admission d'huile dans un des servo-pistons, alors que le second est mis en communication avec le réservoir au travers du distributeur. Le plateau s'incline, dans un deuxième temps, l'action du servo-piston grâce à la bielle (16) ramène le tiroir de distribution en position centrale. A ce moment il y a recherche d'équilibre du tiroir entre la position neutre et celle d'alimentation, de sorte à compenser les fuites et maintenir une pression statique dans le piston repoussé. Donc à toute inclinaison du levier correspond une inclinaison du plateau : c'est une commande proportionnelle. Si on relâche le levier, il revient en position centrale, entraînant le tiroir en sens inverse. Les alimentations seront inversées, et le plateau revient au neutre.

Les butées mécaniques des servo-pistons garantissent l'inclinaison nulle du plateau.

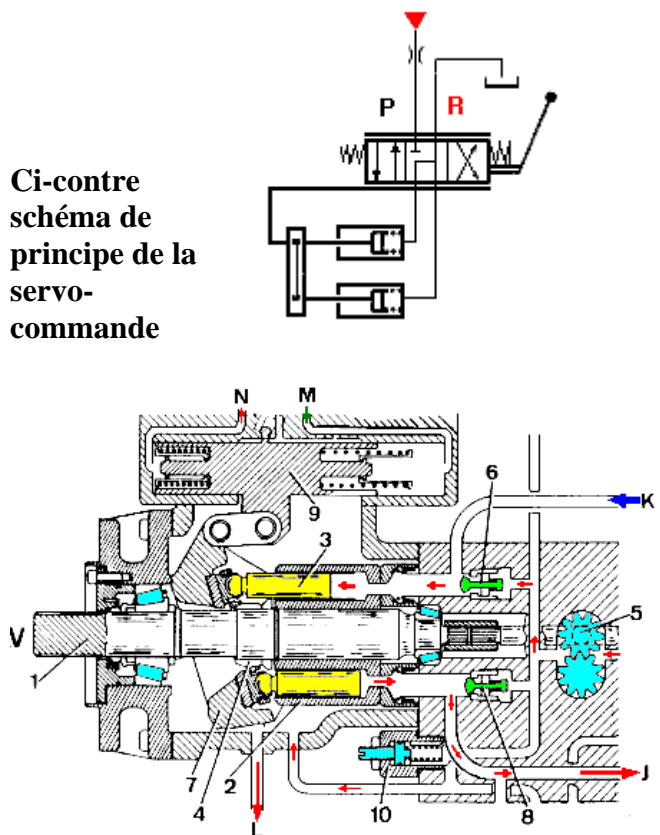
Ci-dessus, Synoptique de fonctionnement de la servo-commande

- A : alimentation B : retour
 8 – servo-piston 11 – manette de commande
 17 – joint semi-fixe
 18 – axe du plateau de commande
 a) position neutre
 b) affichage de la commande
 c) mise en position hydrauliquement du plateau

Ci-contre coupe d'une pompe Poclairn

Le plateau est manœuvré par un vérin à double effet

- 1 – arbre d'entraînement 2 – barillet
 3 – piston 4 – rotule et grille de rappel
 5 – pompe de gavage à engrenage
 6 – clapet anti-retour ouvert 7 – plateau de commande
 8 – clapet anti-retour fermé 9 – vérin double
 10 – clapet de décharge
 J – canalisation d'alimentation de la roue hydraulique(moteur)
 L – retour au réservoir
 M et N – canalisation de commande du vérin d'inclinaison du plateau (commande mécanique,



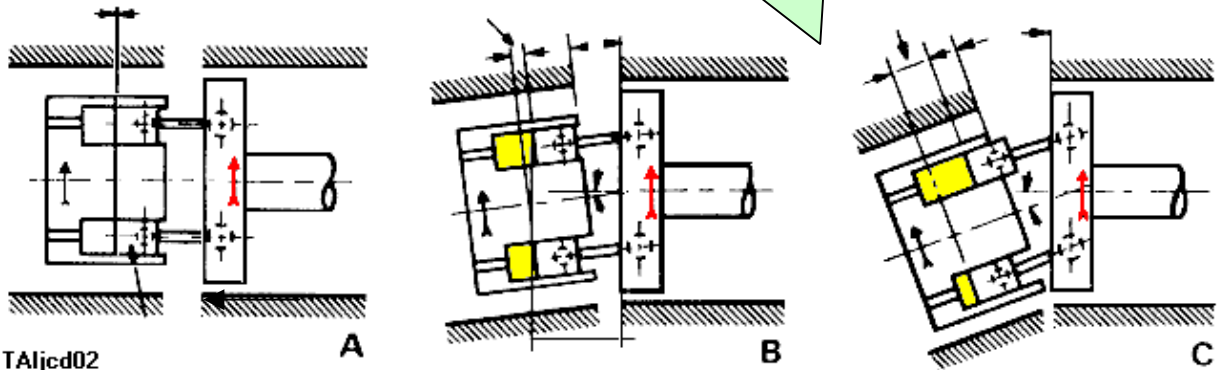
doc.ETAlijcd02

hydraulique ou tachymétrique)

POMPES A PISTONS AXIAUX A AXE COUDE

A - POMPES A CYLINDREE CONSTANTE PRINCIPE

Inclinaison impressionnante jusqu'à 26°



doc.ETAljcd02

L'idée est venue de l'Américain Janney au siècle précédent, elles sont très répandues, mais moins dans le « monde agricole ». Elles peuvent passer de la cylindrée constante à variable tout en étant réversibles et utilisables comme moteur. Cette conception permet d'atteindre des variations angulaires du barillet allant à plus de 30° DANS LES DEUX SENS ! (rappel les pompes à pistons axiaux et plateau inclinable vont jusqu'à 18°

Ci-dessus A : pas d'angle d'inclinaison donc course des pistons nulle = débit nul

B et C : l'angle d'inclinaison augmente, la course croît proportionnellement. C'est l'augmentation de la distance par inclinaison qui augmente la course et par conséquent la cylindrée de la pompe.

PERFORMANCES

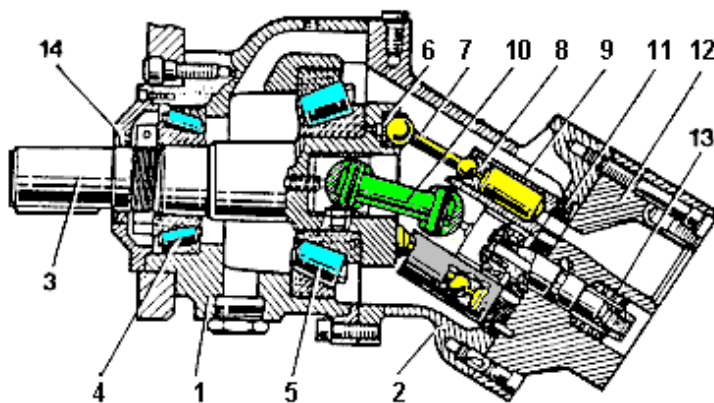
Pressions d'utilisation jusqu'à 350 bar soit 250 bar en pression de service continu

Débit de 30 à 500 l/mn

Vitesse de rotation (selon les caractéristiques dimensionnelles et de débit) 1500 tr/mn à 2800 pour les petites.

Rendement global : 90 à 92 %.

Puissance massique : 10 KW / Kg.



doc.ETAljcd02

Pompe VIKERS entraînée par

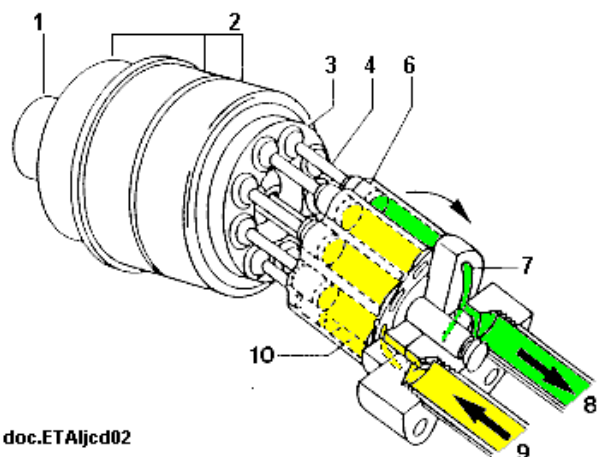
cardan, composée des carters fixe (1, 2), dont la forme correspond à la définition « axe coudé ou brisé », ces carters contiennent un groupe en rotation composé de :

L'arbre menant (3) porté par deux roulements coniques (4,5) supporte le plateau cylindrique (6). Sur ce plateau viennent s'articuler les pieds de bielles (7). Les pistons sont commandés par des têtes de bielles à sphères, ils se déplacent à l'intérieur du barillet (9).

Le barillet est animé en rotation par un joint de cardan universel (10) entraîné lui par l'arbre menant. L'étanchéité avec le bloc de distribution (12) est assurée par la glace de distribution (11), elle même poussée par le ressort (13).

Si on remplace le demi-carter arrière par un d'inclinaison différente, on change la cylindrée de la pompe.

Ce schéma montre le fonctionnement de la pompe VIKERS et notamment le rôle de la distribution par « glace ». Chaque orifice du barillet (10) débouche dans une lumière (7) qui se présente en regard de l'orifice de forme semi-circulaire appartenant à la glace de distribution. Un espace très étroit sépare les deux lumières en forme de haricot, donc une pour l'aspiration, l'autre pour le refoulement. La glace est fixe, sa position bien déterminée, la distance qui sépare deux glaces représente les points morts haut et bas des pistons. A l'aspiration chaque piston crée le vide dans son cylindre. Le liquide est poussé par la PA dans un circuit ouvert, et par la pompe de gavage dans un circuit fermé. Pendant l'autre demi-révolution, les pistons refoulent l'huile sous pression vers le circuit d'utilisation.

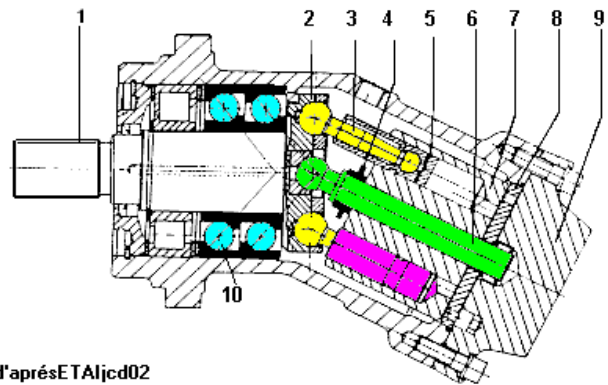


doc.ETAljcd02

2 – roulements 3 – plateau de l'arbre d'entraînement
4 – bielles de piston 6 – pistons 8 – orifice de refoulement
9 – orifice d'aspiration 10 – barillet avec les alésages des pistons

Pompe à entraînement par piston-bielle

Cette pompe REXROTH présente beaucoup de similitudes avec la pompe précédente. L'arbre d'entraînement (1) se termine en plateau circulaire (2) qui reçoit dans des calottes sphériques les pieds de bielles (3). Les pistons coulissent par leurs jupes dans les alésages du barillet (5), ce dernier est incliné par rapport à l'arbre d'entraînement. La face arrière du barillet appuie sur la glace de distribution (7) par l'action d'un ressort (4). Le barillet tourne sur un arbre (6) de guidage logé dans un pallier sphérique du plateau d'entraînement et un roulement aiguille logé dans la culasse arrière (9). Sur des très grosses pompes

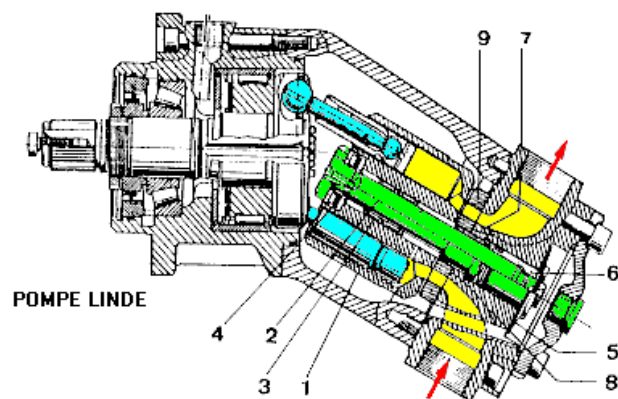


d'aprèsETAljcd02

il peut y avoir un roulement aiguilles autour du barillet pour un guidage plus fin.

Pompe LINDE à axe brisé

Autre solution, le barillet (1) est guidé par un axe ou pivot (2) muni de roulement à aiguilles (3). La tête du pivot est en appui sur le barillet par l'intermédiaire d'une butée à rouleaux (4). L'extrémité de ce pivot est filetée et reçoit une rondelle ressort (5) qui tient en place un petit vérin (6) équipé d'un joint. La face supérieure de ce vérin est en relation constante avec le refoulement par l'entremise d'un petit canal (7) foré dans la culasse (8). L'ensemble est appuyé sur la glace (9) grâce à cet artifice. Lorsque la pression de refoulement est nulle, l'étanchéité n'est assurée que par la pression de la rondelle élastique (5), une aide proportionnelle à la pression de refoulement lui sera fourni par le vérin.

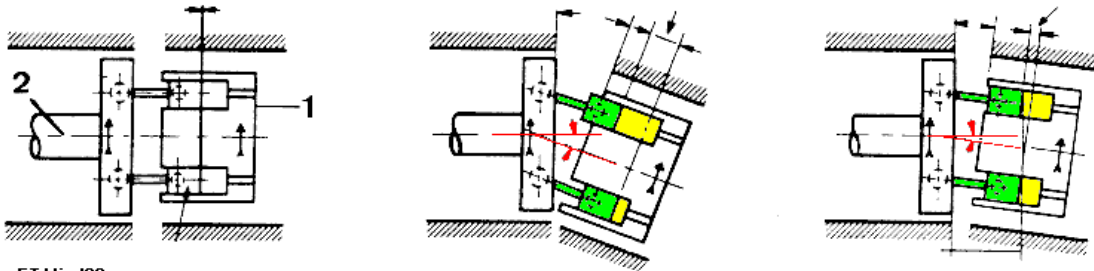


POMPE LINDE

doc.ETAljcd02

B - POMPES A PISTONS A AXE BRISE A CYLINDREE VARIABLE

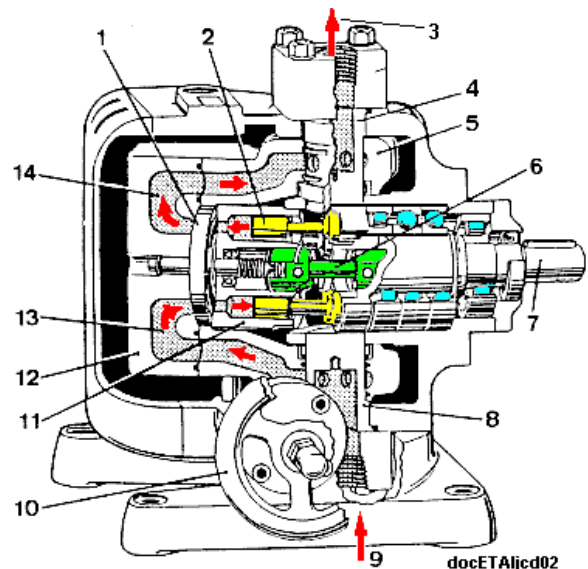
On constate que pour les pompes à axe brisé, la course des pistons, et par conséquent la cylindrée, augmente lorsque l'angle d'inclinaison du barillet (1) s'accroît par rapport à l'axe du plateau d'entraînement (2)



doc.ETAIjcd02

Comme nous l'avons vu ce type de pompe peut avoir une inclinaison dépassant les 30° pour des pompes d'utilisation industrielles. Cette pompe en écorché VIKERS (série PVA) en est un exemple. Son fonctionnement est totalement réversible

- 1- glace de distribution
- 2- piston
- 3- refoulement
- 4 – pivot de sortie
- 5 – étrier de pompe
- 6 – joint universel
- 7 – arbre d'entraînement
- 8 – pivot d'entrée
- 9 – aspiration
- 10 – volant de commande de l'angle d'inclinaison
- 11 – barillet
- 12 – carter de distribution
- 13 – circuit d'admission
- 14 – circuit de refoulement

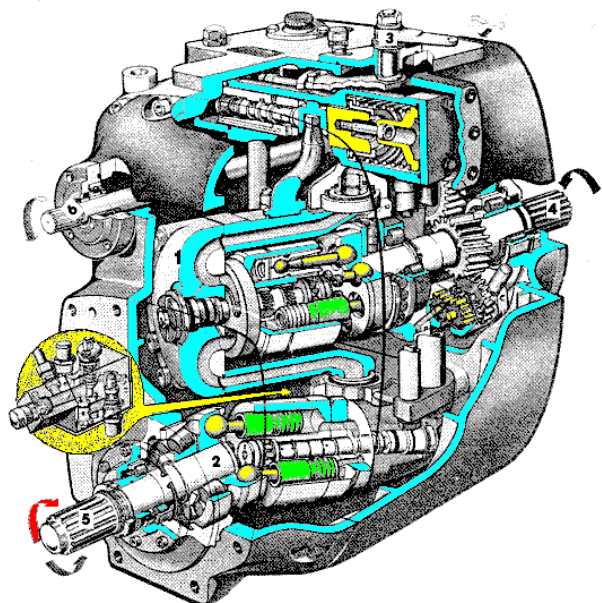


docETAIjcd02

Commandes de variation du débit

Elles peuvent être manuelles, hydraulique, électrique ou être une combinaison de ces moyens : à volant, à compensateur de pression, à commande électro-hydraulique ou hydromécanique

L'application de l'ensemble de ces notions se trouve partiellement réunies dans l'exemple de boîte hydrostatique compacte ci-contre. A vous de les identifier !



Dossier élaboré par JC Debatty sur la base de documents ETAI