



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des Sciences et de la Technologie
Département de Génie Mécanique

MÉMOIRE DE MASTER

Domaine : Sciences et Techniques

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Énergétique

Réf. : Entrez la référence du document

Présenté et soutenu par :
Boubakeur Mohamed Chihab Eddine

Le : lundi 27 juin 2022

Étude d'une pompe hydraulique volumétrique à engrenages extérieurs à dentures droites d'une boîte de vitesses robotisée DSG (DQ200)

Jury :

Mr	S . Gherbaai	MCA	Université de Biskra	Président
Mr	A . Benarfaoui	MCB	Université de Biskra	Encadreur
Mr	M . zellouf	MCA	Université de Biskra	Examineur

Année universitaire : 2021 - 2022

Dédicace

Avec des sentiments purement pleins d'amour et de gratitude je dédie ce
modeste travail :

À mes parents, pour leurs prières, sacrifices, patiences, tout au long de ma vie.

À mon frère et mes sœurs.

À tous mes camarades de la promotion 2021-2022 Master Génie mécanique
énergétique.

À tous ceux que j'ai omis de citer...

CHIHAB

Remerciements

Mes remerciements vont à dieu le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donné durant toutes ces années d'étude.

Je remercie infiniment monsieur ARFAOUI BEN ARFAOUI, pour l'honneur qu'il est fait en acceptant d'être l'encadreur du projet et pour sa consécration, sa présence, ses conseils et encouragements durant tout le temps alloué à mon projet dans le propos de bien mener ce travail avec tous le satisfecit souhaité.

Je souhaiterais remercier tous ceux qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire du près et du loin notamment le groupe de l'école du "FORMADIESEL" .

Nos respects aux membres de jury, qui me feront l'honneur d'accepter de jurer ce modeste travail d'apporter leurs réflexions leurs critiques scientifiques.

Sommaire

Dédicace	II
Remerciements	III
Sommaire	IV
Liste des figures	VI
Liste des Tableaux	X
Introduction générale	1

Chapitre I : Recherche bibliographique sur les boîtes vitesses

I .1 Des autres restrictions pour la conception de véhicules.....	3
I .1.1 La pollution véhicule et normes antipollution EURO.....	3
I .1.2 Le carburant et les énergies alternatives.....	5
I .1.3 Les constructeurs automobiles et l'agrément de conduite.....	5
I .1.4 Les objectifs techniques souhaités.....	6
I .2 Le groupe motopropulseur	7
I .2.1 Généralités sur la boîte de vitesses.....	10
I .2.2 La boîte de vitesses robotisée.....	17
I .2.2.1 Étude structurelle.....	23
I.2.2.2 Etude descriptif de la boîte DSG DQ200.....	32
I .3 Conclusion.....	41

Chapitre II : Recherche sur les pompes hydrauliques volumétriques à engrenages extérieurs à dentures droites

II .1 Généralités sur les pompes.....	44
II .1.1 Classification des pompes.....	44
II .1.1.1 Les turbomachines.....	45
II .1.1.2 Les pompes volumétriques.....	47

II .2 Technologie de la pompe à huile de la boîte de vitesses robotisée DSG (DQ200).....	53
---	----

Chapitre III : Etude de la pompe à engrenages extérieurs à dentures droite

III .1 Description théorique générale.....	57
III .2 Fonctionnement.....	57
III .3 Caractéristiques de fonctionnement des pompes hydrauliques volumétriques.....	64
III.4 La conception de la pompe à engrenages extérieure à dentures droites.	68

Chapitre IV : Calcul de la puissance d'entraînement de la pompe hydraulique

IV .1 Introduction.....	78
IV.2 Calcul des caractéristiques du fonctionnement de la pompe hydraulique volumétrique à engrenages extérieurs à dentures droites.....	78
Conclusion générale	93
Bibliographie	95
Résumé	96

Liste des Figures

Figure I -1 Tendances d'amélioration du groupe motopropulseur.....	7
Figure I -2 Espace moteur, espace récepteur et espace d'utilisation.....	8
Figure I-3 Fonction globale de l'adaptateur (la boîte de vitesses).....	9
Figure I -4 Le couple.....	10
Figure I -5 Diagramme de la force de traction et de la vitesse.....	11
Figure I -6 Puissance disponible.....	12
Figure I -7 La boîte de vitesses manuelle.....	13
Figure I -8 La boîte de vitesses automatique.....	14
Figure I-9 Exemple d'une modèle de la boîte de vitesses robotisée.....	15
Figure I -10 La boîte de vitesses séquentielle.....	16
Figure I -11 La boîte de vitesses CVT.....	17
Figure I -12 La boîte de vitesses robotisée à simple embrayage.....	18
Figure I -13 La boîte de vitesses robotisée à double embrayage.....	20
Figure I -14 La boîte DSG à double embrayage DQ200 et sa conception intérieur.....	23
Figure I -15 Levier sélecteur et les palettes de commande de Tiptronic.....	25
Figure I -16 Conception du levier sélecteur.....	26
Figure I -17 Schéma de principe.....	27
Figure I -18 La conception de la boîte de vitesses DSG-0AM.....	28
Figure I -19 Les arbres primaires.....	28
Figure I -20 Arbre primaire 1.....	29
Figure I -21 Arbre primaire 2.....	29
Figure I -22 Arbre secondaire 1.....	30
Figure I -23 Arbre secondaire 2.....	30

Figure I -24 Arbre secondaire 3.....	31
Figure I -25 Le différentiel.....	31
Figure I -26 Disposition des capteurs.....	37
Figure I -27 Les composants de l'unité de commande électrohydraulique.....	38
Figure I -28 Circuit d'huile de base.....	39
Figure I -29 La pompe hydraulique.....	40
Figure I -30 Le moteur de pompe hydraulique V401.....	41
Figure II -1 Classification des pompes [7].....	45
Figure II -2 Schéma d'une pompe centrifuge [8].....	47
Figure II -3 Pompe à piston [7].....	48
Figure II -4 Pompe doseuse [7].....	49
Figure II -5 Pompe à palettes.....	50
Figure II -6 Pompe à engrenages à dentures extérieures.....	51
Figure II -7 Pompe à engrenages à dentures intérieures.....	51
Figure II -8 Pompe à vis.....	52
Figure II -9 Pompe péristaltique.....	52
Figure II -10 La pompe volumétrique à engrenages extérieurs à dentures droites.....	53
Figure II-11 Diagramme de la pompe à engrenages extérieurs	54
Figure III - 1 La pompe à engrenages extérieurs à dentures droite.....	57
Figure III - 2 Jumelle.....	59
Figure III - 3 Terminologies techniques des engrenages.....	60
Figure III - 4 Forces exercées entre les roues.....	61
Figure III - 5 Entraxe.....	62
Figure III - 6 Le corps de la pompe.....	63

Figure III - 7 Les forces dans la pompe.....	64
Figure III - 8 Cylindrée de pompe (volumes en rouge).....	65
Figure III - 9 Puissance d'une pompe.....	66
Figure III - 10 Le pied à coulisse a tolérance 1/50 éme de mm.....	69
Figure III - 11 Le corps.....	70
Figure III - 12 Le flasque avant.....	71
Figure III - 13 Le flasque arrière.....	71
Figure III- 14 La jumelle côté flasque.....	72
Figure III - 15 La jumelle côté pignon.....	72
Figure III - 16 La vis.....	73
Figure III - 17 Le pignon menant.....	74
Figure III - 18 Le pignon mené.....	74
Figure III - 19 Les pignons et les jumelles.....	75
Figure III - 20 Les pignons et les jumelles et le corps.....	75
Figure III - 21 L'assemblage de la pompe à engrenages extérieur à dentures droites.....	76
Figure III - 22 Vue éclatée de la pompe.....	80
Figure IV.1 Les valeurs réel pour N= 450 tr/min.....	81
Figure IV.2 Les valeurs réel pour N= 700 tr/min.....	82
Figure IV.3 Les valeurs réel pour N= 1000 tr/min.....	83
Figure IV.4 Les valeurs réel pour N= 1500 tr/min.....	84
Figure IV.5 Les valeurs réel pour N= 2000 tr/min.....	85
Figure IV.6 Les valeurs réel pour N= 2200 tr/min.....	86
Figure IV.7 Les valeurs réel pour N= 2600 tr/min.....	87
Figure IV.8 Les valeurs réel pour N= 2800 tr/min.....	88
Figure IV.9 Les valeurs réel pour N= 3200 tr/min.....	89

Figure IV.10 La variation du débit volumétrique en fonction de la vitesse de rotation.....	90
Figure IV.11 La variation de la puissance mécanique en fonction de la vitesse de rotation.....	90
Figure IV.12 La variation de la puissance hydraulique en fonction de la vitesse de rotation.....	90

Liste des tableaux

Tableau (I -1) récapitulatif des normes anti-pollution (Moteur Diesel).....	4
Tableau (I -2) les solution technologiques de dépollution	5
Tableau (I -3) Caractéristique de la boîte DSG-0AM.....	24
Tableau (I -4) Le synchronisation.....	32
Tableau (II -1) Caractéristiques techniques de la pompe à huile pour la boîte de vitesses robotisée DSG (DQ200).....	55

Nomenclature

DSG : Direct Shift Gearbox

VAG: Volkswagen Group

CO : Carbon monoxide

HC : Hydrocarbon

NO_x : Oxyde d'azote

GMP : groupe motopropulseur

FWD : Front-wheel drive

RWD : Rear-wheel drive

4WD : Four-wheel drive

AWD : All Wheel Drive

C : Le couple (N.m)

C_s : le couple de sortie (N.m)

C_e : le couple d'entrée (N.m)

F : La force (N)

r : Le rayon (m)

R : rapport des vitesses

N_s : Vitesse de rotation de la roue menée (tr/min)

N_e : Vitesse de rotation de la roue menante (tr/min)

N : La position neutre

R : La marche arrière

P : La position parking

D : La marche avant

S : Mode sportif

BVM : La boîte de vitesses mécanique ou manuelle

BVA : La boîte de vitesses automatique

BVR : boîte de vitesses robotisée

BVS : La boîte de vitesses séquentielle

CVT : Continuously Variable Transmission (transmission à variation continue).

K1 : l'embrayage 1

K2 : l'embrayage 2

CAN : Le bus CAN (Control Area Network)

Z : Nombre de dents

m : module

α : angle de pression

a : entraxe (m)

RDM : La résistance des matériaux

Fr_p : La force radiale

Fr : L'effort radial

d : le diamètre primitif de denture (m)

da : diamètre de tête (m)

df : diamètre de pied (m)

h : hauteur de dent (m)

b : Largeur de dent engrenage (m)

Qv moy – thé : Débit volumétrique moyen théorique (L/min)

N : Vitesse de rotation (tr/min) ou (m³/s)

N_{min} : vitesse de rotation minimale (tr/min)

P : Pression en (Pa) ou le (bar)

P_{min} : Pression minimale en (Pa) ou le (bar)

P_{max} : Pression maximale en (Pa) ou le (bar)

Pe : Pression de l'entrée (Pa) ou le (bar)

Ps : Pression de sortie (Pa) ou le (bar)

P : Puissance (W)

P_{méc} : La puissance mécanique (W)

P_{hyd} : La puissance hydraulique ou fluidique (W)

Δ: Pression différentielle de la pompe (Pa)

η_{vol} : Le rendement volumétrique

η_{méc} : Le rendement mécanique

η_g : Le rendement global ou total

C_{yl} : Cylindrée en (m³ /tr)

C : Couple en (N.m)

CAO : La conception assistée par ordinateur

VCDS : (abréviation de "VAG-COM Diagnostic System" et anciennement connu sous le nom de VAG-COM) est un progiciel basé sur Microsoft Windows, développé et produit par Ross-Tech, LLC depuis mai 2000 est principalement utilisé pour les diagnostics et les réglages des véhicules à moteur du groupe Volkswagen , y compris les voitures de tourisme Volkswagen , Audi , Bentley (limitée), Lamborghini (limitée), SEAT et Škoda automobiles, ainsi que les véhicules utilitaires Volkswagen . certaines tâches fondamentales, telles que le diagnostic des problèmes, le calage de l'allumage diesel, la transmission , la modification des options de commodité telles que le déverrouillage automatique des portes, codage d'une unité de commande électronique (ECU) de remplacement ou d'une clé du véhicule, et surveillance de nombreux capteurs du véhicule pour diagnostiquer les problèmes.

Introduction

générale

Introduction général

Les consommateurs exigent de plus en plus la qualité des produits et le service à la suite de son utilisation. Notamment dans les transports, ils posent des défis importants à l'industrie et aux créateurs nouveaux produits de consommation. ainsi, aujourd'hui, un bon produit ou service n'est plus la personne qui exerce avec succès ses fonctions au moindre coût doit réussir son intégration concevoir sa participation à l'environnement, par exemple suite à son utilisation.

L'industrie automobile n'est pas indifférente à ces nouvelles exigences de plus en plus « d'achats intelligents » et devenues grâce à Internet et nouvelle technologie de communication.

- Limitation de la pollution.
- Limitation de la consommation du carburant.
- Développement de l'amusant de conduite.

Dans le domaine des véhicules à deux branches de recherche les plus importantes : une l'un est pour améliorer le fonctionnement du moteur, l'autre est pour optimisation des fonctions de la boîte de vitesses.

Le travail présenté dans ce mémoire concerne la contribution au prototypage virtuel du groupe motopropulseur des automobiles.

Il s'agit en particulier d'étudier une pompe à engrenages à dentures extérieures qui constitue la source de pression des systèmes de pilotage électrohydrauliques des boîtes de vitesses robotisées .

L'étude s'applique à l'exemple d'une pompe de boîte de vitesse DSG (DQ 200) à double embrayage à sept rapports qui est le groupe V.A.G a équipé nombreuses de modèles de voitures .

Notre mémoire se compose de quatre chapitres don't **le premier** sera consacré de l'introduction pour identifier les éléments les plus importants de groupe motopropulseur et boîte de vitesses en particulier et ses différents types , **le deuxième chapitre** sera consacré à l'étude technologique de la pompe à engrenages extérieures à dentures droite pour la boîte de vitesses robotisée DSG (DQ200), **la troisième chapitre** se focalise sur l'étude de la pompe à engrenages extérieures à dentures droite, dans **le quatrième chapitre** et le dernier chapitre comporte les calculs de la puissance d'entraînement de la pompe hydraulique

Le mémoire ce termine par une conclusion générale et des références bibliographiques.

Chapitre I :
Recherche bibliographique
sur les boîtes de vitesses

Ce chapitre présente les différentes solutions proposées pour les moteurs et les boîtes de vitesses, dans un premier temps, les paramètres de mesure de la pollution, de la consommation et de l'agrément de conduite sont expliqués. Ensuite, présentez l'interface entre la transmission et les composants du groupe motopropulseur.

Puis un schéma montre les solutions du moteur et de la boîte de vitesses, avec une explication générale de chaque solution. Enfin, nous présentons la boîte de vitesses robotisée (BVR), car la pompe hydraulique cible de cet ouvrage est située dans son circuit de commande hydraulique [1] .

I.1 Des autres restrictions pour la conception de véhicules

Les véhicule d'aujourd'hui ont été développées de plusieurs façons.

À propos à l'avenir, tant les fabricants que les fournisseurs auront besoin de, dans l'industrie automobile, réajustez la conception des véhicules pour assurer le succès.

Nouvelles restrictions sur la pollution, la consommation et le plaisir de conduire une fois la nouvelle norme établie, elle devient très importante.

I.1 .1 La pollution véhicule et normes antipollution EURO

La limitation et le réduire au maximum de la pollution est le point le plus réglementé et le plus important des trois.

Surtout en Europe, où la conscience écologique est de plus en plus répandue, autant dans la population que parmi les industriels.

En Amérique, aux Etats Unis, l'environnement prend aussi de l'importance, mais plus lentement.

Le législateur a de règlement celles jugées les plus importantes, à savoir :

- 1- CO
- 2- HC
- 3- NO_x
- 4- PM (particules de suie)

Aujourd'hui, la législation anti-pollution s'applique à tous les types de véhicules.

Les normes européennes posent des limites pour les émissions de gaz d'échappement pour tous les véhicules vendus dans les états membres de l'UE.

Ces normes sont définies dans une série de directives comportant des exigences de plus en plus rigoureuses.

Les étapes sont connues sous le nom de :

★ EURO 1 1992

★ EURO 2 1995

★ EURO 3 1999

★ EURO 4 2005

★ EURO 5 2009

★ EURO 6 2014

Il se passe généralement 4/5 ans entre 2 normes [2] .

Les aspects réglementaires :

Tableau (1-1) récapitulatif des normes anti-pollution

(Moteur Diesel) [2]

	Entrée en vigueur	CO (g/km)	HC + Nox (g/km)	Nox (g/km)	PM (g/km)
Euro I	1992	2.72	0.970	/	0.140
Euro II (IDI)	1996	1,000	0.700	/	0.800
Euro II (DI)	1996	1,000	0.900	/	0.100
Euro III	2000	0.640	0.560	0.500	0.500
Euro IV	2005	0.500	0.300	0.250	0.250
Euro V	2009	0.500	0.230	0.180	0.050
Euro VI	2014	0.500	0.170	0.080	0.005

Remarque : les exigences sont différentes pour les voitures et pour les VPL.

Evolution face aux normes Euro :

Tableau (1-2) les solution technologiques de dépollution [2]

Normes Euro	Nox (g/kwh)	Particules (g/kwh)	Technique d'injection et accessoires
Euro I (92/93)	8,0	0.36	Technique conventionnelles
Euro II (95/96)	7,0	0.15	Pression d'injection augmentée , EDC (début EGR)
Euro III (2000/01)	5,0	0.10	EDC , haute pression d'injection , common rail , injecteur-pompe , EGR
Euro IV (05/06)	3,5	0.02	EDC , haute pression d'injection , filtres à particules , EGR , post traitement NOx , norme EOBD
Euro V (08/09)	2,0	0.02	EDC , haute pression d'injection , multi-injection , injecteurs piezo , filtres à particules , post traitement des NOx de haute efficacité
Euro VI (2014)	0,080	0,005	EDC , Common rail évolué , CP4 multi-injection , injecteurs piezo , FAP , Post traitement des NOx de haute efficacité

I.1.2 Le carburant et énergies alternatives

Tout le monde sait qu'un jour le carburant sera épuisé.

Avec le développement en cours dans le monde pour le remplacer par des énergies alternatives, l'intérêt des développeurs et des ingénieurs pour réduire la consommation des véhicules équipés de moteurs à combustion interne est toujours en développement et l'intérêt de ce développement est d'exploiter ces études et recherches sur des moteurs à énergies alternatives également, ce qui a conduit à la conception de carrosseries plus légères et à l'installation de moteurs et de bidons Des engrenages plus performants, l'utilisation de nouveaux matériaux plus résistants et plus légers, et bien d'autres innovations améliorent la consommation de carburant. Cependant, exploiter de manière optimale l'énergie disponible dans les carburants reste impossible, car il existe encore des facteurs influençant cette exploitation [2].

I.1 .3 Les constructeurs automobiles et l'agrément de conduite

L'agrément de conduite regroupe les performances objectives et mesurables d'un véhicule donné avec d'autres éléments plus subjectifs tels que :

- La sonorité.
- La linéarité.
- L'élasticité.
- La docilité du moteur, en trafic urbain notamment.

C'est pourquoi les constructeurs automobiles s'efforcent de rapprocher le plus possible le comportement de la voiture des attentes de chaque type de consommateur spécifique, grâce à des études de marché, nous identifions donc les consommateurs qui sont prêts à accepter une plus grande consommation afin d'obtenir une réponse plus sportive de la voiture. Il y en a d'autres qui préfèrent une conduite douce et confortable, la climatisation, un lecteur CD et des vitres électriques, pour qui la réponse nerveuse de la voiture n'est pas très excitante.

Donc, maîtriser le plaisir de conduire est l'ultime essentiel pour l'industrie automobile [1].

I.1 .4 Les objectifs techniques désirée

Les objectifs techniques désirée sont : émission de la pollution, la consommation de carburant et du agrément de conduite. Pour atteindre ces objectifs, de nombreuses inventions ont été réalisées. En ce qui concerne du groupe motopropulseur, il y a deux tendance principes :

- 1- L'augmentation de l'efficacité du moteur
- 2- L'augmentation de l'efficacité de la boîte de vitesses

Le moteur et la boîte de vitesses sont les éléments les plus importants et les plus complexes du groupe motopropulseur (GMP) ainsi que de la voiture elle-même [1].

Les idées orientées vers l'amélioration de son fonctionnement sont nombreuses comme on peut l'observer sur la Figure 1-1



Figure 1-1 Tendances d'amélioration du groupe motopropulseur

Le GMP, qui est une source importante de recherche pour atteindre les objectifs de baisse pollution, de consommation minimale et d'agrément de conduite, accueille l'élément dont l'étude nous a été confiée.

En effet, il s'agit de la pompe volumétrique à engrenage extérieur de la boîte de vitesses robotisée à double embrayage DQ 200 pour le groupe V.A.G .

I.2 Le groupe motopropulseur

Le groupe motopropulseur (souvent abrégé GMP) est la partie d'un véhicule qui génère et distribue la puissance nécessaire pour convertir l'énergie motrice en énergie cinétique. Selon le modèle (conventionnel, hybride, électrique), un groupe motopropulseur se compose de différents composants, en particulier l'unité d'entraînement (moteur à combustion, moteur électrique ou combinaison des deux). Le groupe motopropulseur est de plus en plus électrifié

en raison de la demande de réduction de CO₂, de l'augmentation du rendement et d'une réduction générale des émissions néfastes pour le climat.

Sur certains éventualité , il parvenu pourquoi l'énergie en sortie du moteur soit immédiatement convenable sans les besoins pour l'élément pour locomotion pourtant de généralissime c'est n'est rien le éventualité Les voitures ne font rien portion pour l'exception le accouple et la vélocité pointu sont éloigné d'être adaptés au accouple et de la vélocité pointu attendus aux roues motrices.

Le moteur est une source de hauteVélocité et faiblard accouple cependant pourquoi les roues requièrent une vélocité réduite pourtant seul accouple essentiel.

La Figure 1-3 montre les courbes de besoins des roues et sortie du moteur ainsi que l'espace des valeurs de chaque coté.

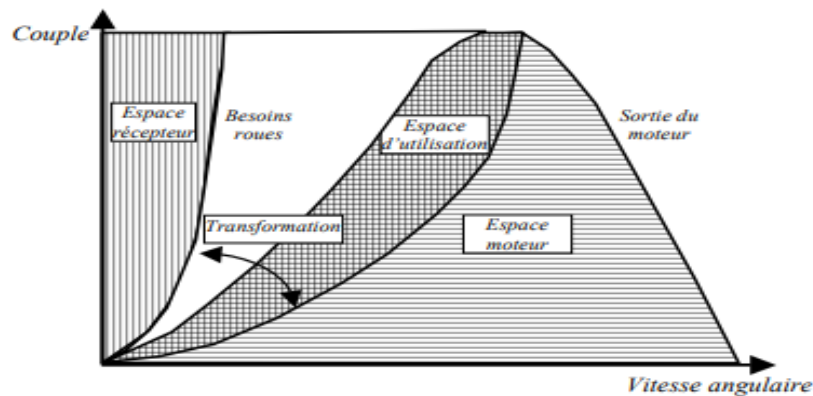


Figure 1-2 Espace moteur, espace récepteur et espace d'utilisation [1]

Il est apparent que l'espace récepteur n'est pas convenable avec l'espace moteur, il faut donc une adaptation de l'espace récepteur pour trouver un espace d'utilisation commun [1].

L'adaptateur est une transmission ou boîte de vitesses voir Figure 1-3

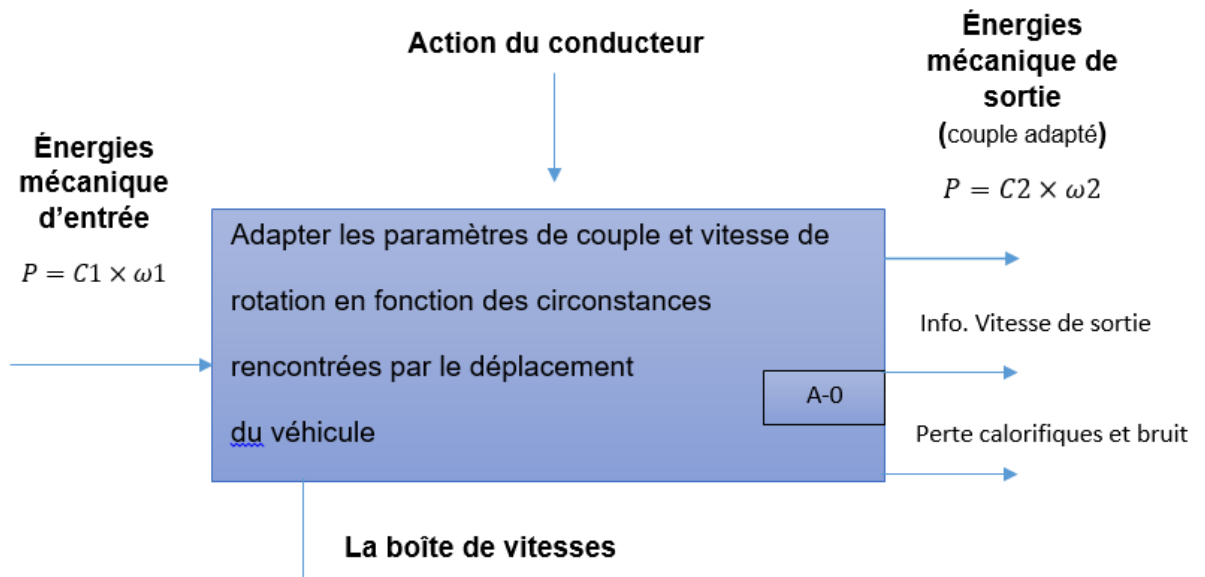


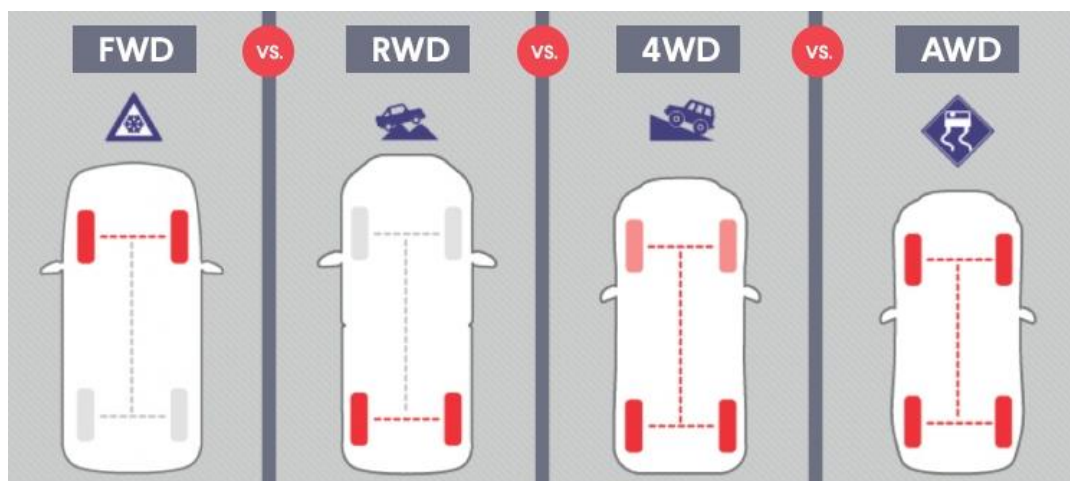
Figure 1-3 Fonction globale de l'adaptateur (la boîte de vitesses)

Les composants typiques d'un groupe motopropulseur conventionnel (basé sur un moteur à combustion interne) comprennent :

- Le moteur avec le volant d'inertie
- L'embrayage / convertisseur de couple (selon le type de la boîte de vitesses)
- La transmission (la boîte de vitesses)
- Le différentielle
- Arbres de transmission
- Les roues, les chaînes ou similaires.

- Les différentes transmissions :

Il existe quatre configurations de transmission courantes : la traction avant (**FWD**) , la propulsion arrière (**RWD**), la transmission à quatre roues motrices (**4WD**) et la transmission intégrales (**AWD**) .



I. 2 .1 Généralités sur la boîte de vitesses :

La boîte de vitesses est un organe indispensable dans le véhicule et est un système mécanique ou hydraulique qui permet de faire avancer ou reculer le véhicule en permettant de convertir les forces induites par le moteur en fonction de besoins qui varient selon les conditions de fonctionnement vers roues par le biais d'un arbre de transmission. Les rapports de la boîte ont tous une démultiplication différente afin que la transmission puisse tourner plus vite, moins vite, ou à vitesse égale que celle du moteur [3].

- **Pourquoi convertir les forces ?**

Remémorons-nous à ce sujet quelques règles fondamentales de la mécanique régissant les véhicules automobiles.

C'est le moteur qui fournit la puissance requise pour entraîner un véhicule automobile et les organes annexes indispensables (direction assistée, compresseur de climatiseur p. ex.).

La puissance P constitue le produit mathématique du couple M multiplié par le régime n, divisée par le facteur 9550.

Le facteur 9550 résulte de la conversion de tous les paramètres mathématiques dès lors que les valeurs chiffrées de n en tr/mn et M en Nm entrent dans l'équation. P est obtenu en kW. L'unité de mesure est le kW. La puissance augmente avec le régime et le couple [3].

Que signifie la notion de couple?

Le couple décrit la transmission des forces par l'intermédiaire d'un arbre ou d'une roue.

Il est désigné par le symbole C et formé par la force F, qui agit sur la circonférence de la pièce rotative, multipliée par son rayon r. Le régime est désigné par la vitesse angulaire ω en tr/s. L'unité de mesure du couple est Nm = Newton-mètre.

Ce sont, dans le cas d'une boîte de vitesses, les pignons possédant un bras de levier "r" bien précis (voir la Figure 1-4)

$$C = F \cdot r$$

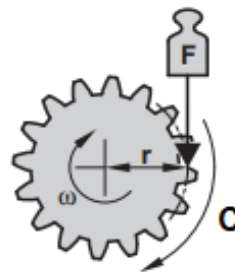


Figure 1-4 Le couple [3]

Les moteurs thermiques ne peuvent toutefois fonctionner entre le régime de ralenti (env. 600 à 800 tr/mn pour une voiture) et le régime maximum (qui varie selon le type de moteur, en moyenne 6000 à 7000 tr/mn).

Le couple maximum est quant à lui obtenu que sur une plage étroite de régimes.

Il augmente en direction du maximum et retombe au niveau du régime nominal.

Un convertisseur est donc indispensable dans un véhicule automobile afin d'adapter cette plage limitée de régimes à celle, très large, de la traction qu'il utilise. Celui-ci est constitué par la boîte de vitesses.

Il faudrait, théoriquement, pour adapter la traction nécessaire selon les situations, avoir une boîte de vitesses comportant un nombre infini d'étages.

Ce qui n'est pas réalisable. La raison pour laquelle on tente de se rapprocher de la courbe idéale d'une ligne force de traction via plusieurs étages constants = démultiplications enclenchables. (voir la Figure 1-5) [3].

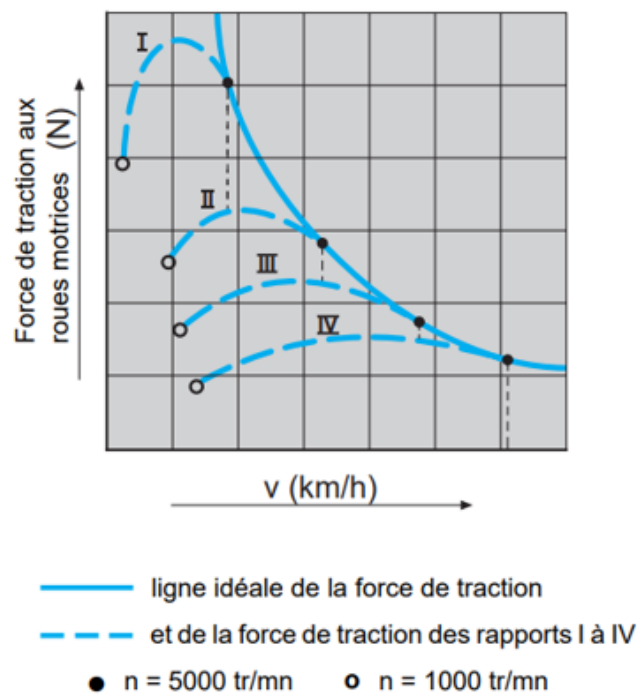


Figure 1-5 Diagramme de la force de traction et de la vitesse [3]

Dans le cas le plus simple, il ne faut qu'un réducteur d'un rapport R qui multiplie la vitesse de l'arbre des roues pour la rendre compatible avec celle du moteur et inversement diminue le couple à délivrer pour le moteur.

L'expression 1-1 montre le calcul de ce rapport dans le cas d'un transformateur parfait [3].

$$1-1 \quad R = \frac{Ns}{Ne} = \frac{Cs}{Ce}$$

Ns : Vit. de rotation de la roue menée
Ne : Vit. de rotation de la roue menante
Cs : le couple de sortie
Ce : le couple d'entrée

En fonctionnement, un véhicule rencontre des résistances à l'avancement:

Lors des démarrages, la mise en mouvement d'un véhicule nécessite une force très importante, bien supérieure à celle nécessaire à entretenir son mouvement (inertie) , lorsque le véhicule est en mouvement, il faut vaincre :

- La résistance au roulement des pneumatiques - les résistances mécaniques de la transmission - la résistance de l'air - la résistance de pente - le poids du véhicule , et les conditions de roulage variant continuellement, le couple résistant.

A chaque instant, le couple disponible aux roues motrices doit être supérieur au couple résistant.

Ainsi, la différence entre la puissance du moteur maximale P_{m1} et la puissance consommée P_{c1} pour un coefficient R_i donné, à une vitesse N_1 fixe, est appelée puissance disponible et correspond au potentiel d'accélération possible (voir la Figure 1-6) [1] .

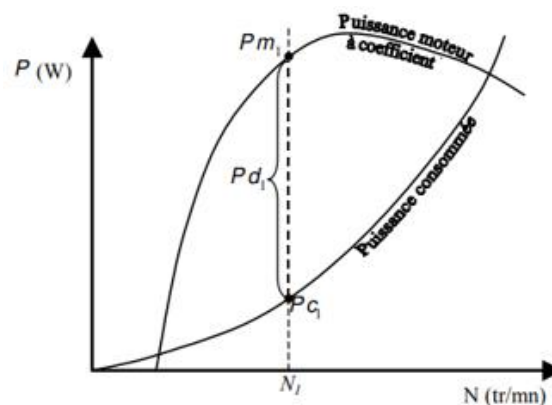
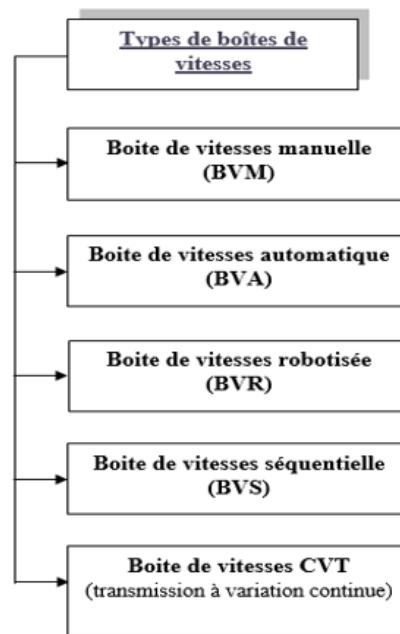


Figure 1-6 Puissance disponible [1]

- Depuis les débuts de l'automobile, différents systèmes de boîtes de vitesses ont été conçus et utilisés ,

Il est conçu pour accroître l'adaptabilité, augmenter le rendement , réduire les émissions et répondre aux besoins du marché . Nous évoquerons ici les plus courant sur les voitures :



- La boîte de vitesses mécanique ou manuelle (**BVM**) est un type de transmission fait d'un mouvement entre un arbre moteur et un arbre récepteur, elle nécessite l'intervention à travers une pédale d'embrayage et un levier pour changer les vitesses, elle comporte un certain nombre de rapports, le plus souvent entre 5 et 6 (à l'exception notable de Porsche qui propose une boîte de vitesses manuelle à 7 rapports) et un rapport pour la marche arrière ,si le conducteur a besoin d'adopter une conduite sportive , il pourra allonger chaque vitesses jusqu'à seuil limite régime (environ 5000 tr/min) , aussi le conducteur peut conduire d'une manière souple et calme en effectuant les changements de raapport à faible régime (environ 1800 tr/min). Elle correspond à l'ensemble des pièces implantées entre l'embrayage et le pont [4].

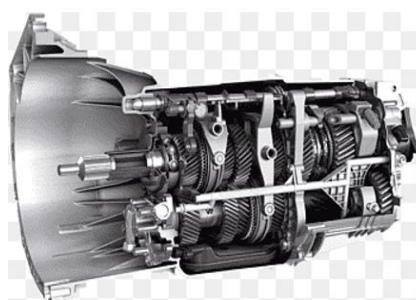


Figure 1-7 La boîte de vitesses manuelle [4]

- La boîte de vitesses automatique (**BVA**) est un type de transmission, qui effectue de manière autonome la sélection des vitesses sans la nécessité d'une intervention humaine, les véhicule équipés de boîtes automatiques ne disposent pas de pédale d'embrayage et les changements des vitesses sont automatiques, Ces boites peuvent monter jusqu'à 9 rapports de vitesses.

L'embrayage est assuré par un système hydraulique à huile (convertisseur) et la boîte est constituée de trains épicycloïdaux contrairement à une manuelle (trains parallèles), les boîtes automatiques disposent d'une position neutre (N), d'une marche arrière (R), d'une position parking (P) et d'une marche avant (D), selon le type de boîte, d'autres modes supplémentaires selon les modèles sont possibles :

- **Position 1 ou L** : seul la 1^{er} vitesse est utilisée. Ce mode peut servir à tracter un véhicule ou pendant le trafic par exemple.
- **Position 2** : seules les 2 premières vitesses sont utilisées.
- **Position 3** : seules les 3 premières vitesses sont utilisées. Idéal pour la conduite en agglomération.
- **S ou Sport** : pour une conduite sportive.
- **W pour winter (hiver)** : la voiture démarre en 2^{ème} vitesse pour éviter le patinage des roues.
- **Etc...**

Les modèles plus connues sont :

Tiptronic; Septronic; 7G-Tronic; 9G-Tronic.....Etc [4] .

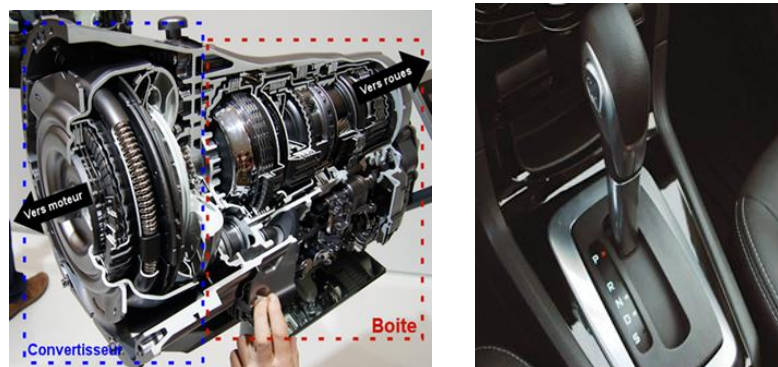


Figure 1-8 La boîte de vitesses automatique [4]

La boîte de vitesses robotisée (**BVR**) est de conception proche (si ce n'est identique dans beaucoup de cas) d'une boîte de vitesses manuelle assistée par un système automatisé électronique qui débrayent et passent les vitesses à la place du conducteur.

Un premier élément électronique assure la fonction de débrayage et d'embrayage, et un second gère le passage des vitesses.

Les boîtes robotisées actuelles disposent dans la grande majorité des cas d'un levier similaire à celui des boîtes automatiques, à savoir R (marche arrière), N (neutre) et D (marche

avant). Parfois, on peut aussi trouver une commande séquentielle (+/-), donc le conducteur a le choix entre le mode auto ou mode séquentielle, elle nécessite une action du conducteur sur le levier de vitesse ou sur des palettes situées derrière le volant.

Il existe deux modèles de la boîte BVR :

- La boîte de vitesses robotisée (BVR) à simple embrayage.
- La boîte robotisée (« BVR ») à double embrayage (multidisque).



Figure 1-9 Exemple d'une modèle de la boîte de vitesses robotisée [4]

- Une boîte de vitesses séquentielle (**BVS**) reste, dans les grandes lignes, similaire à une boîte de vitesses manuelle. En règle générale, ce type de boîte n'a pas de synchroniseurs et ce sont les pignons fous qui se déplacent sous l'action de la fourchette. Pour ce faire, les pignons sont normalement à denture droite. Dans le cas où les dentures sont hélicoïdales, un manchon coulissant assure le crabotage [4].

Ce type de boîte est surtout utilisé en compétition (rallye, rallycross,...) et sur les motos. Une boîte séquentielle ne comporte pas de levier de vitesses avec une grille en H. Il ne reste qu'un sélecteur qui est déplacé dans un sens ou l'autre pour monter ou descendre les rapports. Lorsque le sélecteur est actionné, il entraîne la rotation d'un tambour rainuré qui va déplacer la fourchette de sélection des rapports (Les boîtes les plus récentes disposent de 7 rapports et certains peuvent monter jusqu'à 10). Cette fourchette va déplacer le pignon de l'un ou l'autre engrenage pour engager un crapot.

Ce type de boîte permet le passage de vitesse à la volée, sans nécessiter d'utiliser l'embrayage (à l'exception du premier rapport), lorsqu'on monte les vitesses [4].

s'affranchissant des traditionnels passages de rapports. Autrement dit, les accélérations ou décélérations sont plus fluides que jamais parce que la boîte est constituée de deux variateurs reliés par une courroie ou une chaîne mais pas d'engrenages/pignons, donc un seul rapport très long (car il modifie sa démultiplication constamment).

On la trouve très rarement sur les véhicules légers (elle n'est adaptée qu'aux toutes petites citadines peu puissantes), cependant elle est très répandue sur les deux roues, les quads, etc [4] .

- Une boîte de vitesses **CVT** (Continuously Variable Transmission) est le nom donné au système de transmission à variation continue.



Figure 1-10 La boîte de vitesses séquentielle [4]

boîte de vitesses automatique où tout est effectué sans l'intervention du conducteur mais en s'affranchissant des traditionnels passages de rapports. Autrement dit, les accélérations ou décélérations sont plus fluides que jamais parce que boîte est constituée de deux variateurs reliés par une courroie ou une chaîne mais pas d'engrenages/pignons, donc un seul rapport très long (car il modifie sa démultiplication constamment).

Le système peut bénéficier d'un convertisseur hydraulique pour le démarrage (il n'y en a pas sur les versions d'Honda par exemple). La boîte est constituée de deux variateurs reliés par une courroie ou une chaîne mais pas d'engrenages/pignons, donc un seul rapport très long (car il modifie sa démultiplication constamment). On ne peut donc pas vraiment parler de boîte automatique même si c'est comme cela qu'elle est communément appelée [4] .

On la trouve très rarement sur les véhicules légers (elle n'est adaptée qu'aux toutes petites citadines peu puissantes), cependant elle est très répandue sur les deux roues, les quads, etc.

Certains modèles proposent tout de même un mode séquentiel, autorisant le conducteur à passer lui-même les rapports à l'aide d'un levier.

Quelques exemples : Xtronic chez Nissan, Autronic Mercedes, CVT chez le, Multitronic chez Audi...

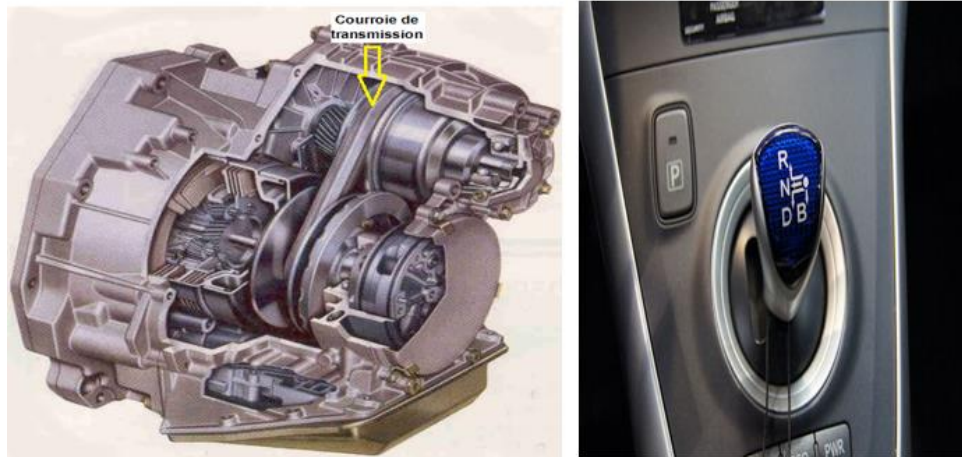


Figure 1-11 La boîte de vitesses CVT [4]

I.2.2 La boîte de vitesses robotisée :

- Comme nous l'avons mentionné précédemment , La boîte de vitesses robotisée ou comme on peut aussi l'appeler par le terme boîte manuelle pilotée est de conception proche d'une boîte de vitesses manuelle assistée par un système automatisé électronique qui débrayent et passent les vitesses à la place du conducteur , et comme nous l'avons également mentionné , il a deux types, qui sont :

- **La boîte de vitesses robotisée (BVR) à simple embrayage.**
- **La boîte robotisée (« BVR ») à double embrayage (multidisque).**

Alors, quelle sont les différences entre eux et quels sont les avantages et les inconvénients de chaque type ?

- La boîte de vitesses robotisée (BVR) à simple embrayage :

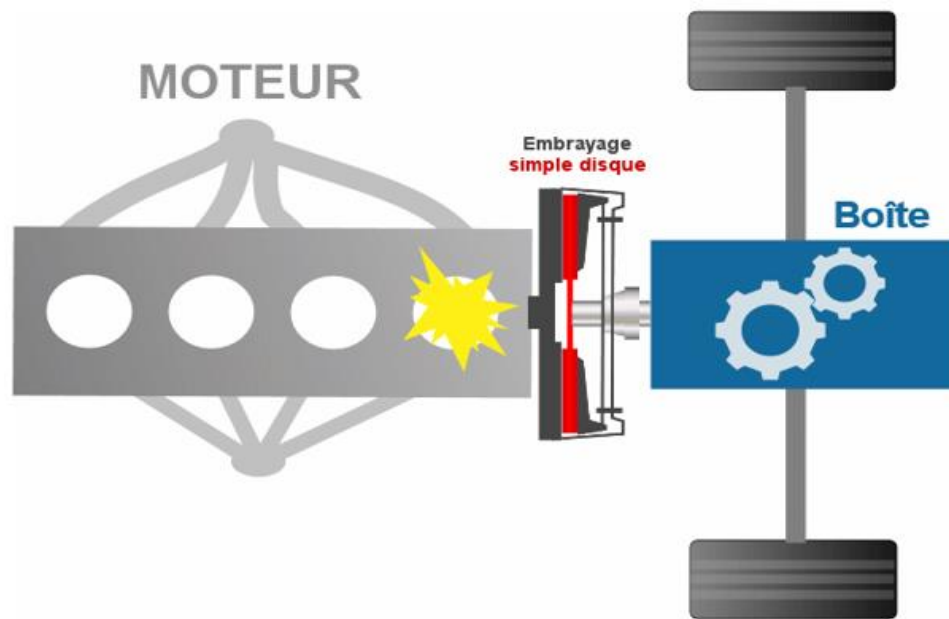


Figure 1-12 La boîte de vitesses robotisée à simple embrayage [4]

L'embrayage est assuré par un système classique à disque de friction (idem mécanique) et la boîte se compose de trains parallèles (idem que sur mécanique). Si la disposition indiquée représente un moteur placé longitudinalement, on retrouve généralement ce type d'installation sur les voitures à moteur transversal (il suffit de mettre moteur+boîte parallèlement aux trains roulants) .

Il s'agit là très simplement d'une boîte de vitesses classique sur laquelle on a adapté un dispositif qui embraye, débraye et passe les vitesses à votre place. Ce « robot » (il y en a deux en réalité, un pour les vitesses et l'autre pour l'embrayage) est le plus souvent constitué d'actionneurs électro-hydrauliques.

Le tout est piloté par une électronique de plus en plus sophistiquée, prenant en compte une multitude de paramètres.

Deux modes de fonctionnement sont proposés :

- **Automatique** : c'est le calculateur qui choisit le rapport de transmission le plus adapté à la situation, selon des lois auto-adaptatives. Plusieurs modes de fonctionnement (ville, sport...) peuvent être disponibles.
- **Séquentiel** : vous passez les vitesses vous-même, grâce à un levier d'aspect classique ou à des palettes au volant. Cependant vous n'avez pas à gérer l'embrayage.

A noter que vous pouvez passer de l'un à l'autre mode comme bon vous semble, en temps réel.

❖ **Avantages :**

- Mode auto ou séquentiel au choix.
- Boîte auto qui distille les meilleures sensations de sportivités, meilleures qu'avec une double embrayage (je parle bien évidemment des boîtes robotisées de bonne qualité). Si je devais choisir une voiture sportive de prestige, j'opterais plutôt pour une robotisée à simple embrayage malgré que ce soit un poil moins efficace.
- Plus léger qu'une double embrayage.
- Consommation quasiment inchangée par rapport à une boîte manuelle (voire même parfois légèrement plus faible puisque le robot ne fait pas d'erreur au niveau de la manière d'utiliser et faire patiner l'embrayage).
- Parfois moins coûteuse qu'une BVA classique car il s'agit en fait d'une simple boîte manuelle couplé à un robot (ex : BMP et ETG de PSA).

❖ **Inconvénients :**

- Grande diversité de conceptions : il y en a de bonnes (sportives type SMG) ou de vraies catastrophes : ETG, ASG, Easy-R etc. En gros elles sont très bonnes sur les voitures de prestiges mais constituent l'offre la plus basse de gamme sur les autos grand public.
- Passage des vitesses lent et/ou avec des à-coups plus ou moins perceptibles selon les modèles (agrément pas toujours au top).
- Contrairement à une boîte auto traditionnelle à convertisseur il y a un embrayage qui s'use et qu'il faut remplacer comme sur une manuelle (sauf sur les multidisques humides qui tiennent la durée de vie de l'auto).
- Fiabilité plus perfectible.
- Quelques exemples :
- BMP / ETG chez Peugeot-Citroën , Quick Shift chez Renault, ASG chez Volkswagen , SMG chez BMW ainsi que de nombreuses boîtes équipant les supercar ...

- La boîte robotisée (« BVR ») à double embrayage (multidisque) :

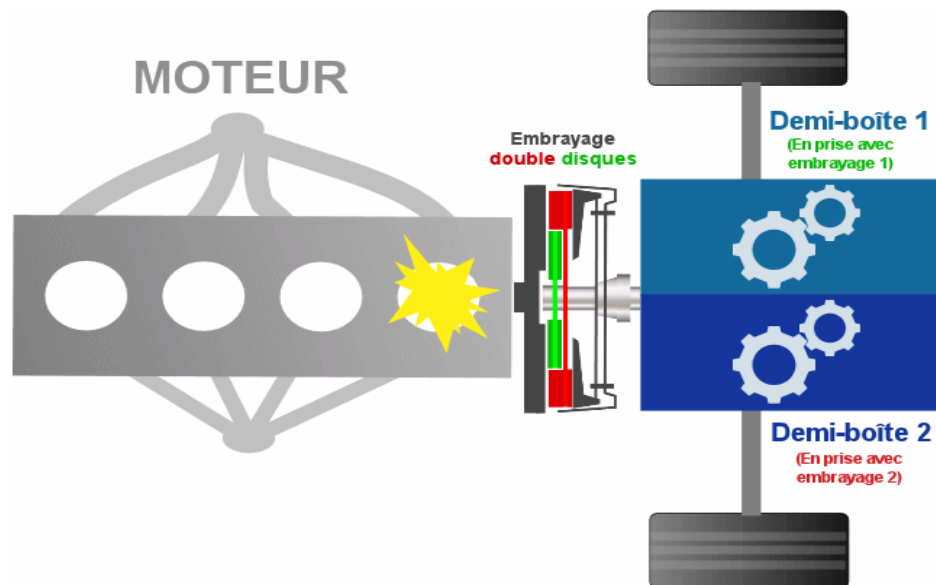


Figure 1-13 La boîte de vitesses robotisée à double embrayage [4]

Le système se compose d'un embrayage à deux disques, chacun relié à une demi-boîte à trains parallèles. Idem que pour le schéma précédent, ce type de montage est majoritairement présent sur des autos à moteur transversal et non longitudinal comme on peut le voir ici.

Bien qu'on retrouve un mode auto et un mode séquentiel, comme sur une BVR à simple embrayage, la BVR à double embrayage est de conception fort différente.

Elle est en fait un assemblage de deux demi-boîtes de vitesses. Chacune dispose de son propre embrayage[4].

Ainsi, lorsqu'un rapport est engagé, le rapport suivant est lui pré-engagé, ce qui autorise un changement de vitesse extrêmement rapide (moins de 10 millisecondes) car nous n'avons à attendre que le tour de passe passe entre les embrayages (l'un se décolle et l'autre prend sa place contre le volant moteur : très rapide donc. Il n'y a pas à attendre qu'un rapport se passe dans la boîte).

En outre, la transmission du couple est continue, ce qui évite tout à-coup.

En somme, la BVR à double embrayage cumule les avantages de la BVA et de la BVR à simple embrayage, sans leurs inconvénients.

Ce type de transmission rencontre à l'heure actuelle un franc succès sur les petites mécaniques, les grosses privilégiant encore la boîte à convertisseur dont l'onctuosité et la robustesse restent inégalées[4].

❖ **Avantages :**

- Confort de conduite grâce aux passages sans rupture de charge et donc assez lisses.
- Mode auto ou séquentiel au choix.
- Gain de consommation.
- Passages de rapports ultra rapides qui favorise l'efficacité en conduite sportive. C'est d'ailleurs la technologie la plus rapide en ce qui concernent les boîtes automatiques, bien que les BVA à convertisseurs soient quasi équivalentes maintenant (l'effet obtenu par les deux embrayages peut aussi être obtenu par les embrayages internes de la BVA).
- Pas d'usure d'embrayage avec les multidisques à bain d'huile [4] .

❖ **Inconvénients :**

- -Il peut y avoir des à-coups en première lorsque l'on part de l'arrêt : la gestion de l'embrayage par le mécatronique peut ne pas toujours être parfaite.
- -Plus coûteuse à l'achat qu'une BVA et qu'une BVR.
- -Poids élevé du système.
- -Si le passage entre deux rapports est rapide, cela peut l'être un moins lorsque l'on veut rétrograder de 2 rapports d'un coup et vice versa (en montant).
- -Usure des embrayages sur les versions sèches (embrayages)
- Fiabilité moins favorisée que sur les BVA, ici on bouge des fourchettes et un embrayage de manière électro-hydraulique. Bien plus usine à gaz que la seule activation d'embrayages multidisques dans les boîtes à convertisseur.
- Quelques exemples : DSC chez Peugeot, EDC chez Renault, 7G-DCT chez Mercedes, DSG/S-Tronic chez Volkswagen et Audi... [4] .
- Notre étude s'articule autour de la pompe à huile située dans la mécatronique de la boîte de vitesses robotisée à double embrayage modèle DQ200 et afin de mieux comprendre la fonction de cette pompe, une description fonctionnelle de la BVR sera présentée en premier temps.

La DQ200 (code interne VAG 0AM) est une boîte de vitesses robotisée à double embrayage , qui est apparue à partir de 2008 afin d'équiper les plus petits moteurs essence turbocompressés (1.2-1.4-1.8 TSI) et diesel (1.6 TDI) du groupe V.A.G.

Cette version de boîte DSG (Direct shift gear) est à destination des véhicules de petites cylindrées traction avant. En dépit d'un nombre de rapports supérieurs, elle ne pèse que 70kg en ayant recours à un système de lubrification par carter sec et deux embrayages simple disque.

A sa sortie, la DQ200 est la boîte qui a connu le plus de problèmes de fiabilité.

V.A.G a donc effectué de nombreux rappels dans tous les pays, et les soucis ont été très largement corrigés.

Néanmoins, sa capacité de couple d'origine de seulement 250 Nm pose problème car elle n'est pas assez importante pour certains modèles qu'elle équipe, notamment les moteurs diesel dont le couple maxi approche ou dépasse cette valeur dans le cas de véhicules modifiés.

Avec la nouvelle boîte de vitesses DSG à double embrayage 0AM, Volkswagen présente deux premières mondiales :

- la première boîte de vitesses à 7 rapports pour un montage transversal à l'avant et 1 rapport pour marche arrière.
- la première boîte DSG à double embrayage dotée d'un double embrayage à sec.

En tant que caractéristique de conception, le double embrayage à sec a des répercussions fondamentales sur l'ensemble du concept de boîte de vitesses.

Le nouveau concept de boîte a permis d'améliorer encore nettement les performances. L'augmentation des performances contribue nettement à la réduction de la consommation de carburant et des émissions polluantes.

La boîte DSG à double embrayage à 7 rapports 0AM représente une nouvelle étape dans la stratégie de boîte de vitesses du groupe Volkswagen et marque ainsi une nouvelle avancée technologique de Volkswagen [5].

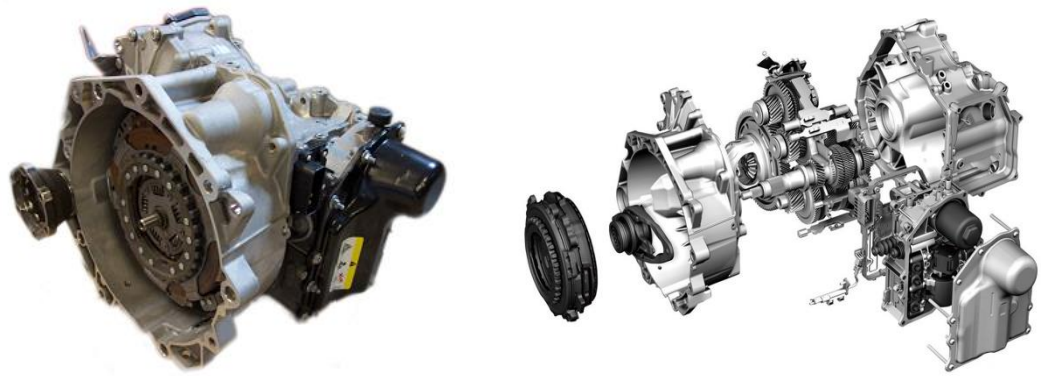


Figure 1-14 La boîte DSG à double embrayage DQ200 et sa conception intérieure [5]

I . 2 . 2 . 1 Etude structurelle :

1) Caractéristique de la boîte DSG-0AM

La boîte DSG à double embrayage à 7 rapports 0AM représente une nouvelle étape dans la stratégie de boîte de vitesses du groupe Volkswagen et marque ainsi une nouvelle avancée technologique de Volkswagen[6].

❖ Caractéristique de conception :

Conception modulaire de la boîte de vitesses : l'embrayage, la mécatronique et la boîte de vitesses constituent chacun une unité :

- Double embrayages (K1 et K2) à sec.
- Réserve d'huile séparée pour le module mécatronique et la boîte mécanique avec remplissages à vie.
- 7 rapports sur 4 arbres.
- Pompe à huile activée en fonction des besoins pour débiter une pression .
- Aucun échangeur de chaleur huile/eau.

- ❖ Caractéristiques techniques : [6]

Tableau (1-3) : Caractéristique de la boîte DSG-0AM [6]

Désignation	0AM
Poids	environ 70 kg, embrayage compris
Couple	250 Nm
Rapports	7 rapports de marche avant, 1 rapport de marche arrière
Extension de la plage des rapports	8,1
Mode de fonctionnement	Mode automatique et mode Tiptronic
Volume d'huile - boîte de vitesses	1,7 l - G 052 171
Volume d'huile - module mécatronique	1,0 l huile pour centrale hydraulique/huile de direction assistée G 004 000

2) Actionnement

Le levier sélecteur est actionné de la même manière que sur les véhicules équipés d'une boîte automatique.

La boîte DSG à double embrayage offre également la possibilité de passer les vitesses en mode Tiptronic [6].

Tout comme sur les véhicules équipés d'une boîte automatique, le levier sélecteur dispose d'une fonction de verrouillage du levier sélecteur et d'une fonction de blocage du retrait de la clé de contact. La fonction de verrouillage est inchangée. Sa conception est nouvelle[6].

Les positions du levier sélecteur sont les suivantes :

P – Parking :

Pour déplacer le levier sélecteur depuis cette position, le contact d'allumage doit être mis et la pédale de frein doit être actionnée. La touche de déverrouillage sur le levier sélecteur doit en outre être enfoncée.

R - Marche arrière

Pour engager ce rapport, la touche de déverrouillage doit être enfoncée.

N - Position neutre

Dans cette position, la boîte de vitesses se trouve au point mort.

Si le levier sélecteur reste dans cette position pendant un certain temps, la pédale de frein doit à nouveau être actionnée pour pouvoir quitter cette position.

D - Position pour conduite en marche avant (programme normal)

Dans cette position de marche (Drive = conduite), les rapports de marche avant sont enclenchés automatiquement.

S – Sport

La sélection automatique du rapport de marche s'effectue selon une courbe caractéristique « sportive » qui est enregistrée dans le calculateur.

+ et –

Pour les fonctions Tiptronic, elles nécessitent une action du conducteur sur levier de vitesse ou sur des palettes situées derrière le volant .



Figure 1-15 Levier sélecteur et les palettes de commande de Tiptronic [6]

❖ Conception du levier sélecteur

- **Levier sélecteur E313**

Des capteurs Hall dans le logement du levier sélecteur saisissent la position du levier sélecteur et la transmettent à la mécanique par le biais du bus CAN.

- **Électroaimant de blocage de levier sélecteur N110** Grâce à l'électroaimant, le levier sélecteur est bloqué dans les positions « P » et « N ».

L'électroaimant est piloté par le calculateur de capteurs du levier sélecteur J587.

- **Contacteur de blocage du levier sélecteur en position « P » F319**

Lorsque le levier sélecteur se trouve en position « P », le contacteur envoie le signal - Levier sélecteur en position « P » - au calculateur d'électronique de colonne de direction J527. Le calculateur a besoin de ce signal pour commander le blocage du retrait de la clé de contact [6].

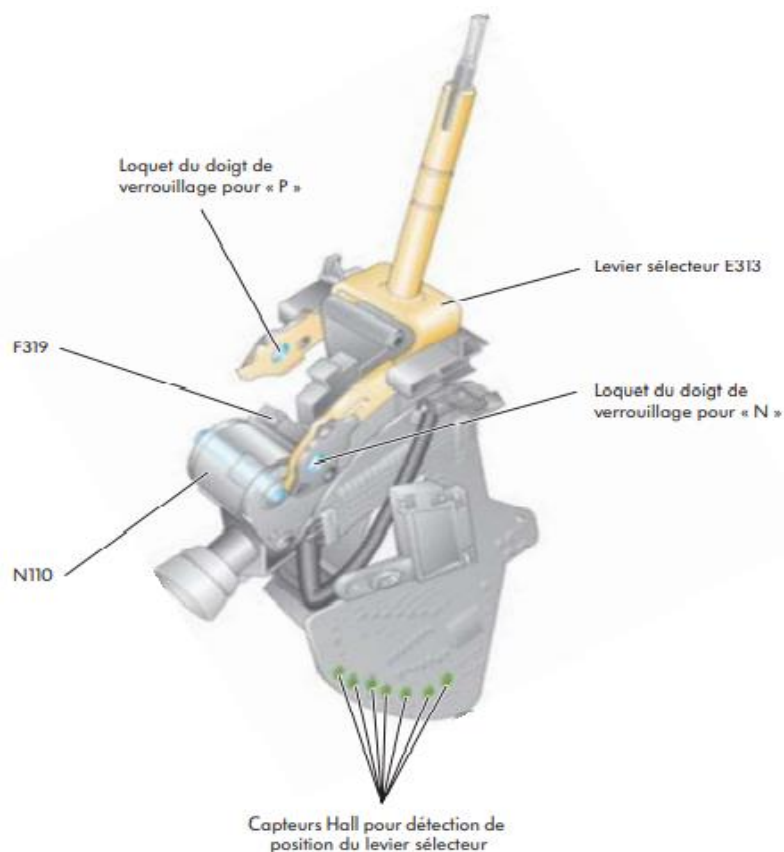


Figure 1-16 Conception du levier sélecteur [6]

3) Principe de base

Le principe de la boîte DSG à double embrayage consiste en deux sous-boîtes indépendantes l'une de l'autre.

Sur le plan du fonctionnement, chaque sous-boîte est conçue de la même manière qu'une boîte de vitesses mécanique, un embrayage est affecté à chacune des sous-boîtes.

Les deux embrayages sont des embrayages à sec, ils sont régulés, ouverts et fermés par la mécatronique en fonction du rapport devant être engagé.

Les rapports 1, 3, 5 et 7 sont enclenchés par le biais de l'embrayage K1 et par conséquent via la sous-boîte 1 et l'arbre secondaire 1.

Les rapports 2, 4, 6 et la marche arrière sont enclenchés par le biais de l'embrayage K2 et par conséquent via la sous-boîte 2 et les arbres secondaires 2 et 3.

Par principe, une sous-boîte assure systématiquement une liaison cinématique. Le rapport suivant peut déjà être enclenché dans l'autre sous-boîte parce que l'embrayage est encore ouvert pour ce rapport.

Une unité de commande et de synchronisation conventionnelle d'une boîte de vitesses mécanique est affectée à chaque rapport [6].

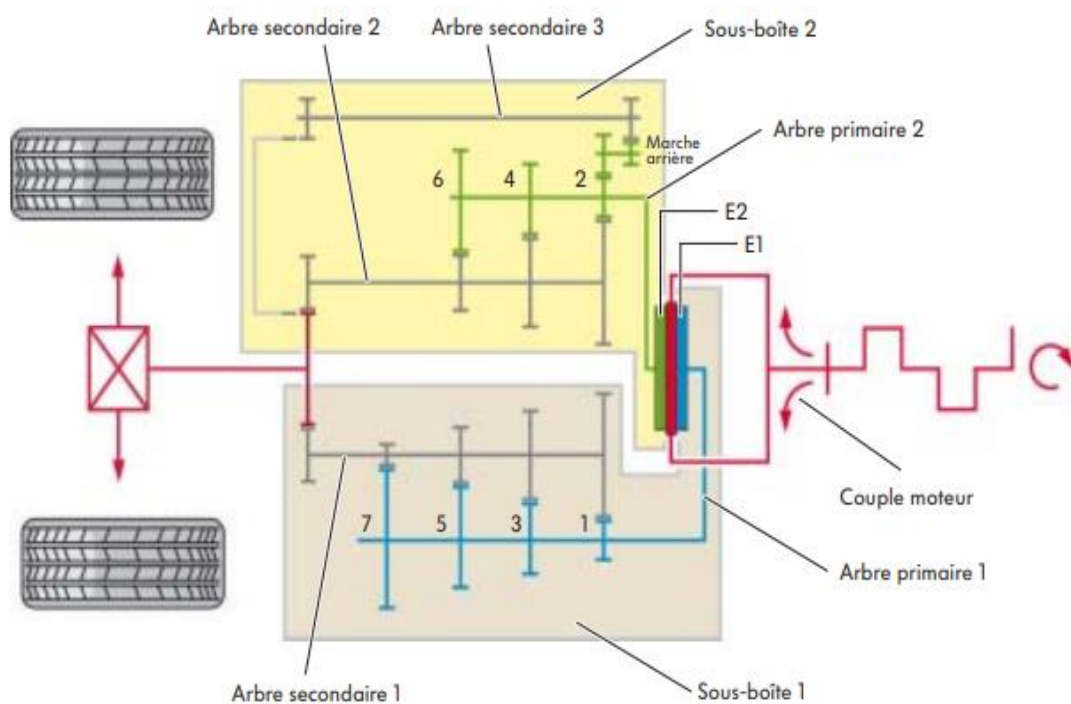


Figure 1-17 Schéma de principe [6]

4) Les arbres de transmission :

La boîte de vitesses DSG-0AM à sept rapports contenant cinq arbres comme indiqué sur la figure ci-dessous.

- ✓ 2 Arbres primaires.
- ✓ 3 Arbres secondaires.
- ✓ Un différentiel.

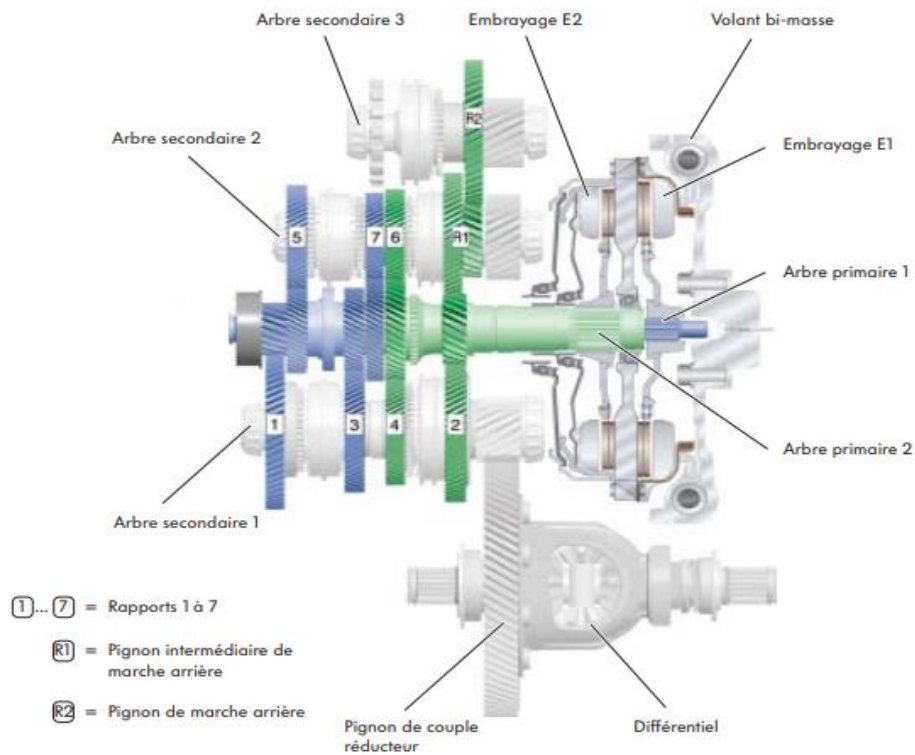


Figure 1-18 La conception de la boîte de vitesses DSG-0AM [6]

a) Arbres primaires :

Les arbres primaires sont logés dans le carter de boîte. Chaque arbre primaire est relié à un embrayage par le biais de cannelures, ils transmettent le couple du moteur aux arbres secondaires en fonction du rapport engagé.

L'arbre primaire 2 est un arbre creux, et l'arbre primaire 1 tourne à travers l'arbre primaire creux 2, sur chaque arbre se trouve un roulement à billes qui assure la fixation des arbres primaires dans le carter de boîte [6].

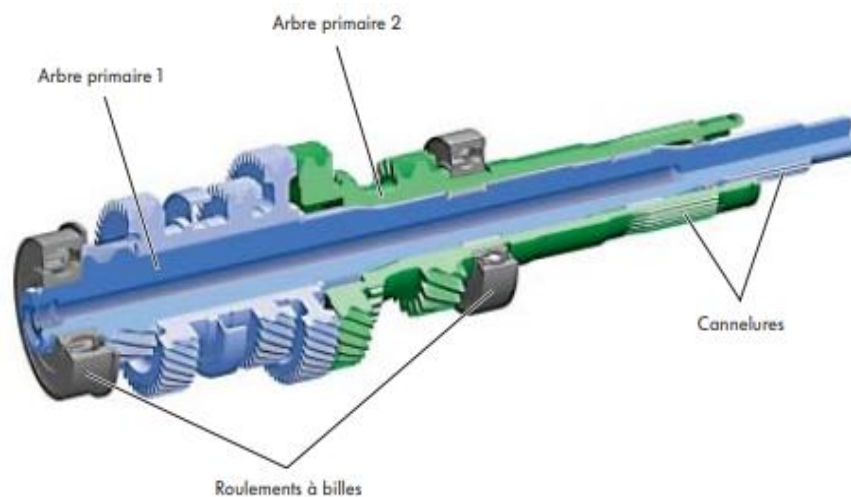


Figure 1-19 Les arbres primaires [6]

❖ Arbre primaire 1 :

L'arbre primaire 1 est relié à l'embrayage K1 par le biais de cannelures.

Les rapports 1, 3, 5 et 7 sont enclenchés par l'intermédiaire de cet arbre.

Pour déterminer le régime d'entrée de boîte de vitesses, un capteur G632 qui est lié à la couronne d'impulsions transmet la vitesse précise du volant moteur afin que la boîte mécatronique puisse définir le moment du changement du rapport [6].

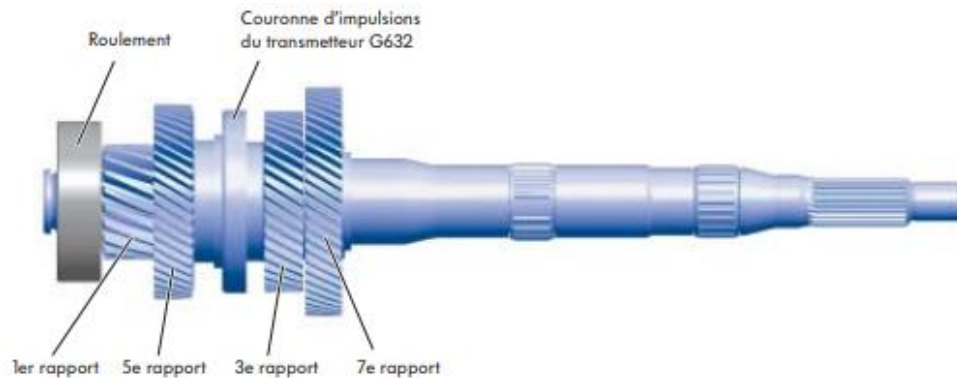


Figure 1-20 Arbre primaire 1 [6]

❖ Arbre primaire 2 :

L'arbre primaire 2 est conçu en tant qu'arbre creux. Il est relié à l'embrayage K2 par le biais de cannelures.

Les rapports 2, 4, 6 et la marche arrière sont enclenchés par l'intermédiaire de l'arbre primaire 2.

Afin de détecter le régime d'entrée de boîte de vitesses, le pignon du transmetteur 2 de régime d'entrée de boîte de vitesses G612 se situe sur cet arbre [6].

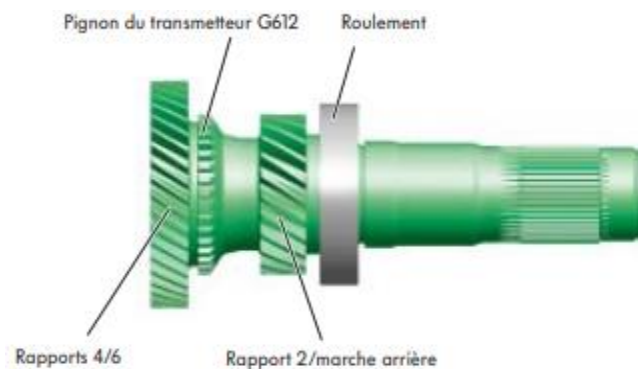


Figure 1-21 Arbre primaire 2 [6]

b) Arbres secondaires :

Les 3 arbres secondaires sont situés dans le carter de boîte. En fonction du rapport engagé, le couple du moteur est transmis des arbres primaires aux arbres secondaires.

Sur chaque arbre secondaire se trouve un pignon secondaire, par l'intermédiaire duquel le couple est transmis au pignon du couple réducteur du différentiel.

❖ Arbre secondaire 1 :

Les trois engrenages de mutation de vitesse synchronisés des rapports de boîte 1 ; 2 et 3 aussi les deux engrenages du rapport 4 se situent sur cette arbre [6].

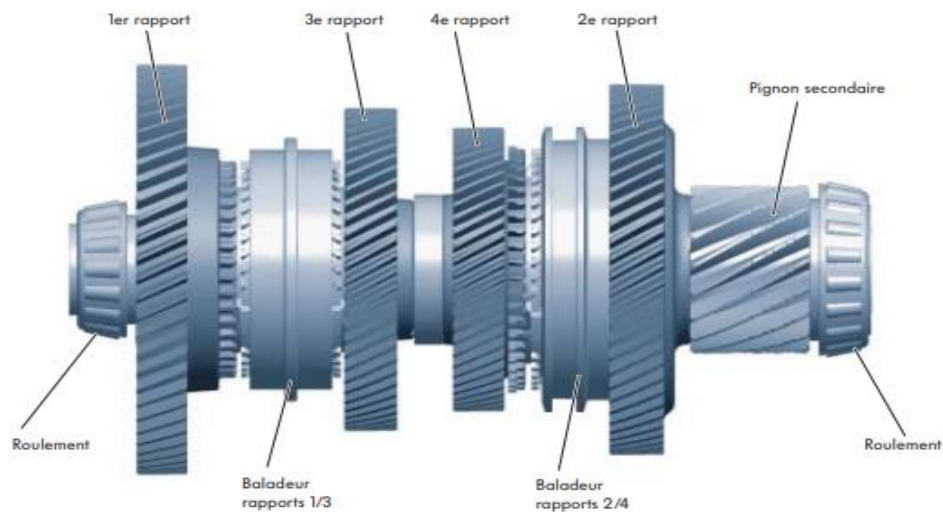


Figure 1-22 Arbre secondaire 1 [6]

❖ Arbre secondaire 2 :

Sur cette arbre secondaire 2 il existe un engrenage de changement de vitesse synchronisé des rapports 5 ; 6 et 7 ainsi que les pignons des rapports R1 et R2 de la marche arrière [6].

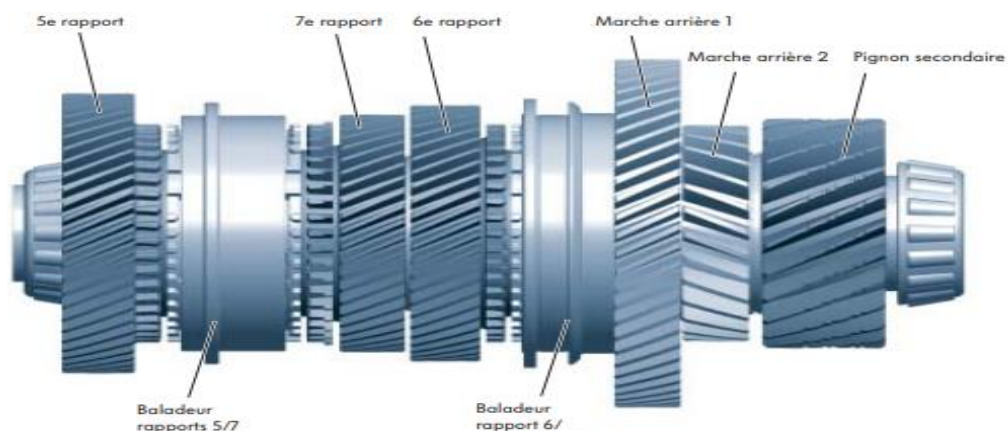


Figure 1-23 Arbre secondaire 2 [6]

❖ Arbre secondaire 3 :

L'arbre secondaire 3 possède un engrenage de changement de vitesse qui est synchronisé avec le rapport de la marche arrière R et aussi d'un pignon du verrou de parking [6].

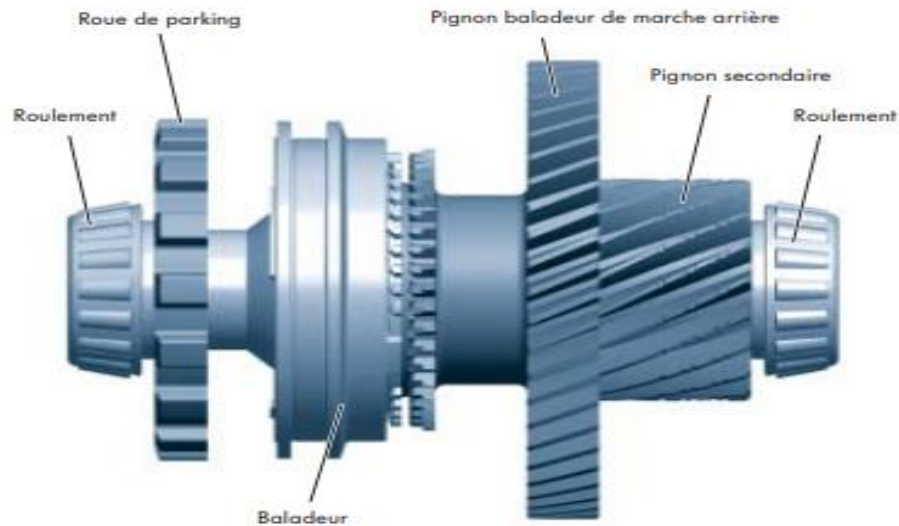


Figure 1-24 Arbre secondaire 3 [6]

❖ Différentiel :

Le différentiel transmet le couple aux roues du véhicule par l'intermédiaire des demi-arbres de roues [6].

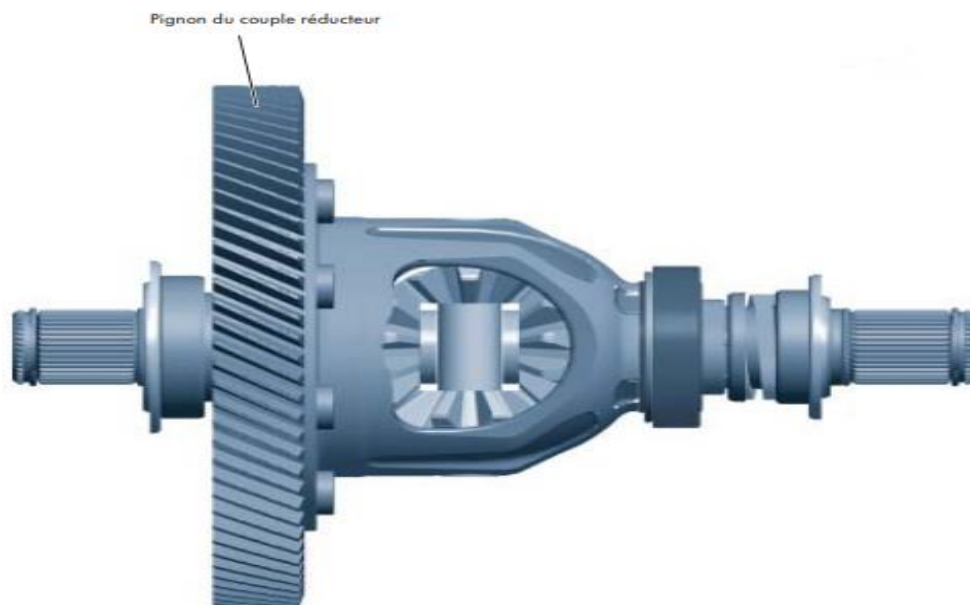


Figure 1-25 Le différentiel [6]

1.2.2.2 Etude descriptif de la boîte DSG DQ200 :

1) Synchronisation des rapports :

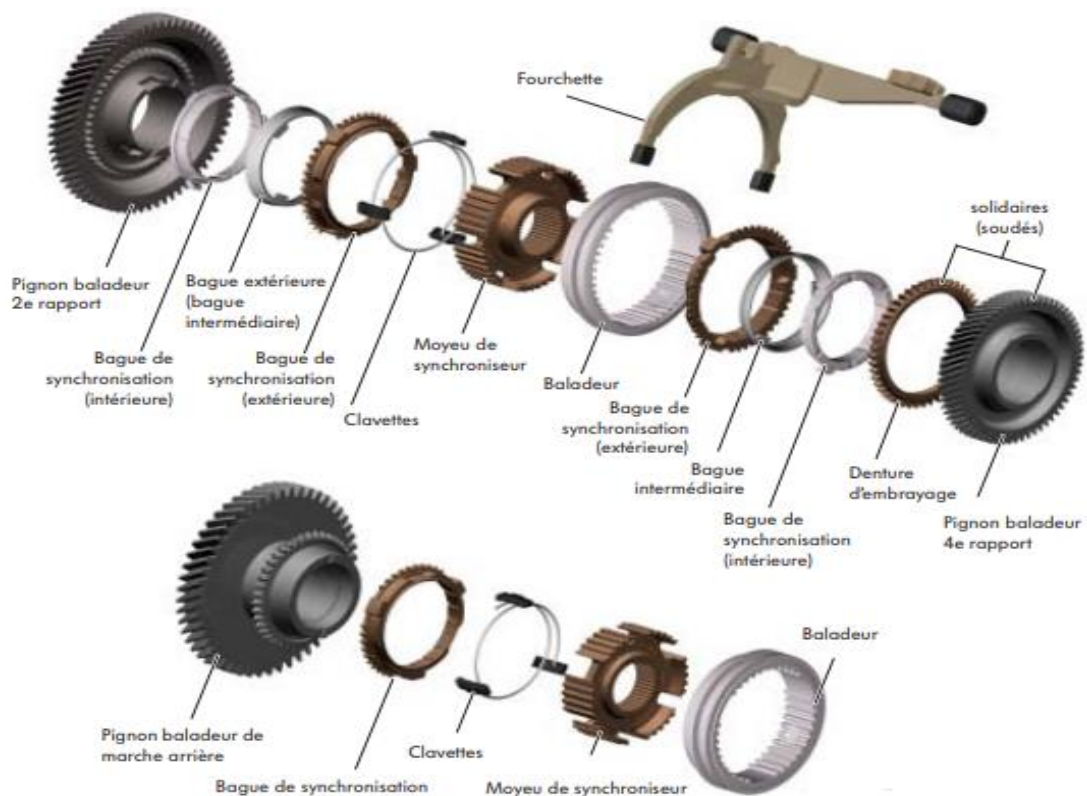
Afin d'assurer la synchronisation des distincts régimes au moment du passage des rapports, et pour tous les rapports de la boîte, un synchronisation avec verrouillage par de clavettes est utilisé pour le dit fonctionnement [6].

Pour assurer les différents degrés de sollicitation qui sont appliqué pour le passage des différents rapports, ces derniers sont équipés d'un synchronisateur à simple, double ou triple cône [6].

Tableau (1-4) : Le synchronisation [6]

Rapport	Synchroniseur	Matériau de la bague de synchronisation
1er à 3 ^e	à triple cône	Laiton avec revêtement molybdène
4 ^e	à double cône	Laiton avec revêtement molybdène
5e à 7 ^e	à simple cône	Laiton avec revêtement molybdène
Marche arrière	à simple cône	Laiton avec revêtement molybdène

L'illustration représente la conception du synchroniseur pour les rapports 2, 4 et la marche arrière.

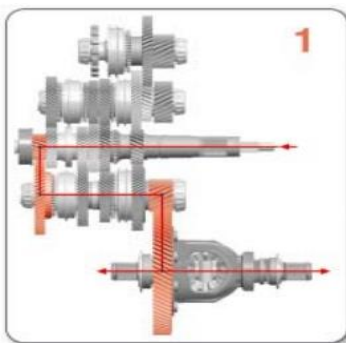


2) Cheminement de la force dans les rapports : [6]

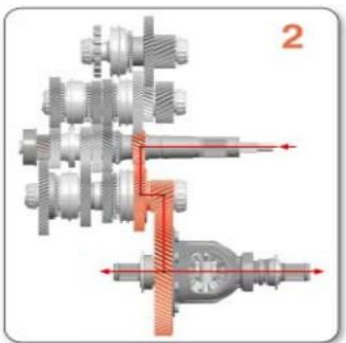
Le couple est transmis dans la boîte de vitesses par le biais de l'embrayage K1 ou K2.

Chaque embrayage entraîne un arbre primaire. L'arbre primaire 1 est entraîné par l'embrayage K1 et l'arbre primaire 2 par l'embrayage K2. La transmission de la force sur le différentiel s'effectue par :

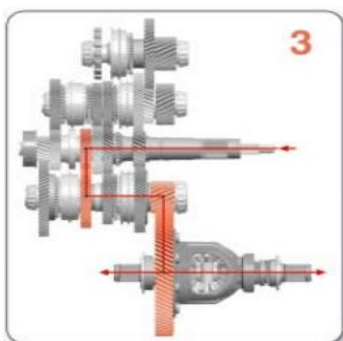
- l'arbre secondaire 1 pour les rapports 1, 2, 3 et 4.
- l'arbre secondaire 2 pour les rapports 5, 6 et 7.
- l'arbre secondaire 3 pour la marche arrière et le frein de parking.

**1er rapport**

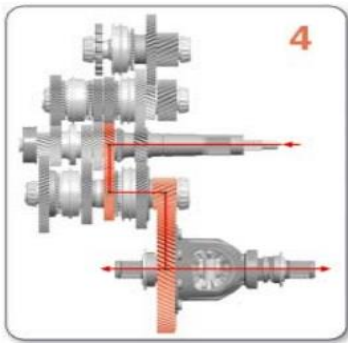
Embrayage K1 Arbre primaire 1 Arbre secondaire 1 Différentiel

**2e rapport**

Embrayage K2 Arbre primaire 2 Arbre secondaire 1 Différentiel

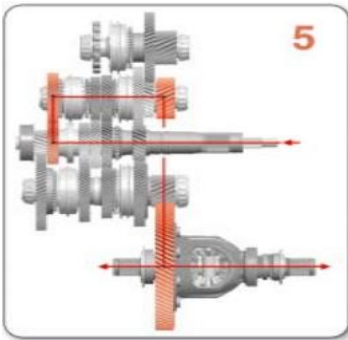
**3e rapport**

Embrayage K1 Arbre primaire 1 Arbre secondaire 1 Différentiel



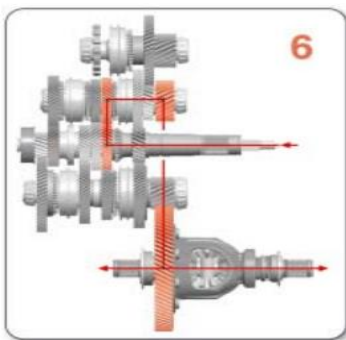
4e rapport

Embrayage E2 Arbre primaire 2
Arbre secondaire 1 Différentiel



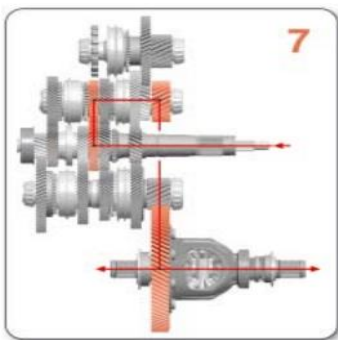
5e rapport

Embrayage K1 Arbre primaire 1
Arbre secondaire 2 Différentiel



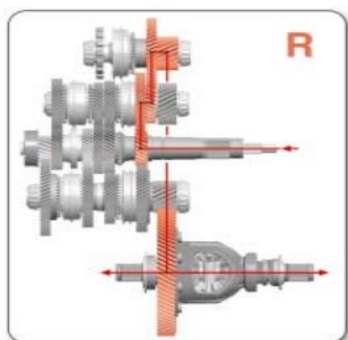
6e rapport

Embrayage K2 Arbre primaire 2
Arbre secondaire 2 Différentiel



7e rapport

Embrayage K1 Arbre primaire 1
Arbre secondaire 2 Différentiel



Marche arrière

Embrayage K2 Arbre primaire 2
Arbre secondaire 3 Différentiel
Le changement de sens de rotation pour la marche arrière s'effectue par le biais de l'arbre secondaire 3.

3) Changement de rapport : [6]

La commande des fourchettes qui actionnent les baladeurs situés sur les arbres de transmission, s'accomplit de manière hydraulique.

Pour le passage des rapports, le calculateur électronique de la pièce mécatronique pilote l'électrovanne correspondante du positionneur hydraulique de l'arbre de commande des vitesses. Le passage des rapports se fait par le calculateur électronique de l'unité mécatronique qui pilote l'électrovanne respectif du positionneur hydraulique de l'arbre de commande des vitesses. Ci-après, comme exemple, une explication détaillée du principe de passage en 1^{er} vitesse:

La position neutre du piston du positionneur hydraulique est soutenue en position neutre travers la pression d'huile conduite à l'électrovanne du positionneur hydraulique "N433" et la vanne de négation "N436".

Afin d'engager le premier rapport de vitesse, la vanne de positionneur multiplie la pression au sein de la chambre gauche du piston, ceci bouscule le piston du positionneur hydraulique vers la droite, cela est amélioré à travers l'activation de l'électrovanne "N433" et la désactivation de l'électrovanne "N436".

L'engagement du troisième rapport se fait par enchaînement des actes suivants : tout d'abord il faut que la carte de commande remet le positionneur hydraulique en position neutre, pour la suite la vanne de positionneur augmente la pression dans la chambre droite du piston cela repousse le piston du positionneur hydraulique vers la gauche, cela est provoqué par l'activation de l'électrovanne "N436" et la désactivation de l'électrovanne "N436" et la désactivation de l'électrovanne "N433".

4) Mécatronique de boîte DSG DQ200 : [6]

La mécatronique est logée à l'intérieur de la boîte de vitesses, immergée dans son propre circuit d'huile.

Elle se compose du calculateur électronique et d'une unité de pilotage électrohydraulique.

La mécatronique est l'unité de pilotage centrale de la boîte.

C'est vers elle que sont dirigés tous les signaux des capteurs et tous les signaux des autres calculateurs électroniques et c'est à partir de cette unité que toutes les actions seront amorcées et surveillées.

Les avantages de cette unité compacte sont : [6]

À l'exception d'un capteur, tous les capteurs et actionneurs sont logés dans la mécanique.

- L'huile hydraulique est spécialement adaptée aux besoins de la mécanique.
- La commande de l'hydraulique est plus précise.
- Les effets de l'usure peuvent être compensés par la commande adaptative de la pression.
- Grâce au circuit d'huile séparé, aucune particule d'abrasion provenant de la boîte mécanique ne parvient dans la mécanique.
- L'électronique protège plus facilement contre une erreur du conducteur.
- Les défauts survenus sont conservés dans les mémoires à cet effet pour les besoins de l'entretien et des contrôles.
- Bon comportement à basses températures étant donné qu'aucun compromis sur le plan des propriétés de viscosité ne doit être fait par rapport aux exigences de la boîte de vitesses.



Le calculateur électronique de mécanique adapte les positions des embrayages, les positions des positionneurs hydrauliques lorsqu'un rapport est engagé ainsi que la pression principale.

11 capteurs sont intégrés dans le calculateur électronique, seul le transmetteur de régime d'entrée de boîte de vitesses G182 est situé à l'extérieur du calculateur.

Le calculateur électronique commande et régule hydrauliquement huit électrovannes pour le passage des 7 rapports et l'actionnement de l'embrayage [6].

Le calculateur électronique apprend (adapte) les positions des embrayages, les positions des positionneurs hydrauliques lorsqu'un rapport est engagé et tient compte des données apprises lors du fonctionnement de ces composants [6].

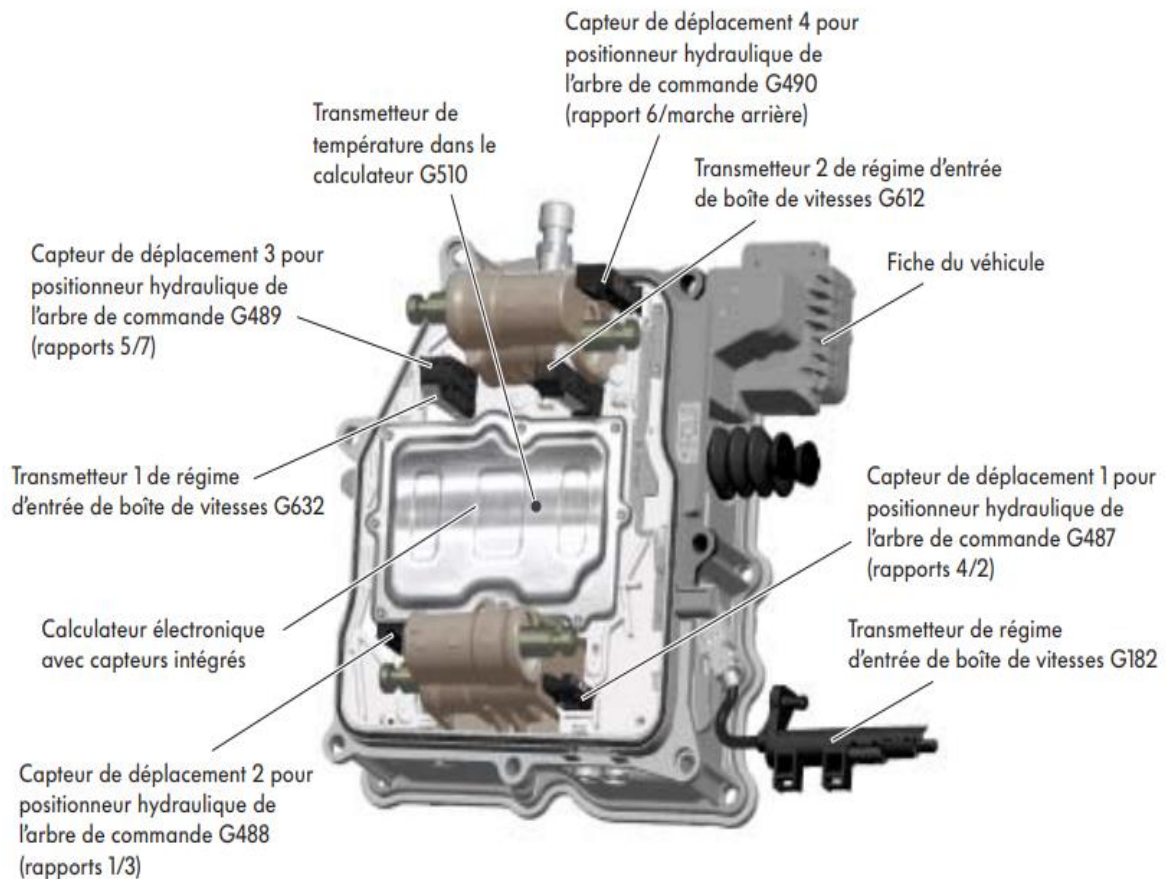


Figure 1-26 Disposition des capteurs [6]

5) L'unité de commande électrohydraulique : [6]

L'unité de commande électrohydraulique est intégrée dans le module mécatronique constitue la centrale de commande pour la pression d'huile.

La pression de l'huile y est régulée et répartie dans les organes de sélection en conformité des signaux de la commande électronique de la boîte de vitesses.

En règle générale, cet appareil est constitué de plusieurs boîtiers d'électrovannes.

Un boîtier reprend à lui tout seule la totalité des vannes qui s'y trouvent (vannes de sélection, électrovannes de régulation, vannes de régulation de pression).

Les canalisations d'huile conformes au schéma hydraulique s'y trouvent également.

Les canalisations d'huile sont disposées à l'intérieur d'un boîtier d'électrovannes de manière à ne pas se croiser.

Les intersections requises sont réalisées en perçant des trous dans un bloc intermédiaire.

Des voies de passage de l'huile peuvent ainsi être réalisées dans divers boîtiers superposés.

Les vannes (électrovannes) activées électriquement par l'appareil de commande électronique sont branchées à l'extérieur de leur boîtier, d'où un accès très facile pour les contrôles et un remplacement sans aucune complication.

En plus des connexions électriques avec l'appareil de commande électronique, l'appareil hydraulique de sélection est relié mécaniquement au sélecteur via un tiroir manuel.

L'appareil hydraulique de sélection est généralement monté sous la boîte de vitesses [6].

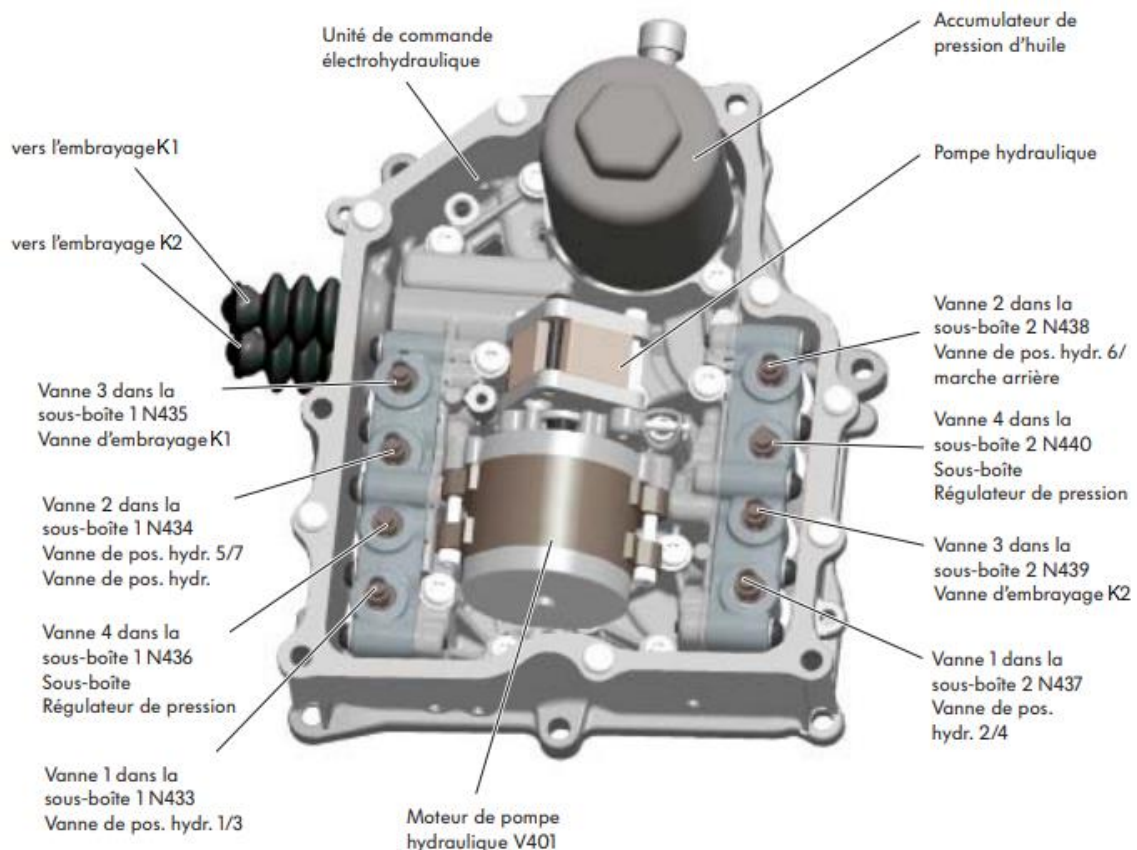


Figure1-27 Les composants de l'unité de commande électrohydraulique [6]

Circuit d'huile : [6]

Le manœuvre de la boîte de vitesses DSG à double embrayage est assuré par deux circuits d'huile indépendants et deux circuits d'huile distincts :

- Un pour la boîte de vitesses mécanique.
- Un pour le module mécatronique.

Chacun de ces circuits est doté d'un circuit d'huile désigné et adapté à ses besoins Le volume d'huile dans la mécatronique est de 1,1 litres, alimenté séparément du circuit d'huile

de la boîte de vitesses mécanique, son volume d'huile est égal à 1,7 litres, sachant que la boîte de vitesses mécanique de l'alimentation en huile a été complétée le identique à la transmission manuelle normale (barbotage, bain d'huile).

La figure ci-après montre le circuit d'huile de la mutation des rapports des vitesses dans l'unité mécatronique [6].

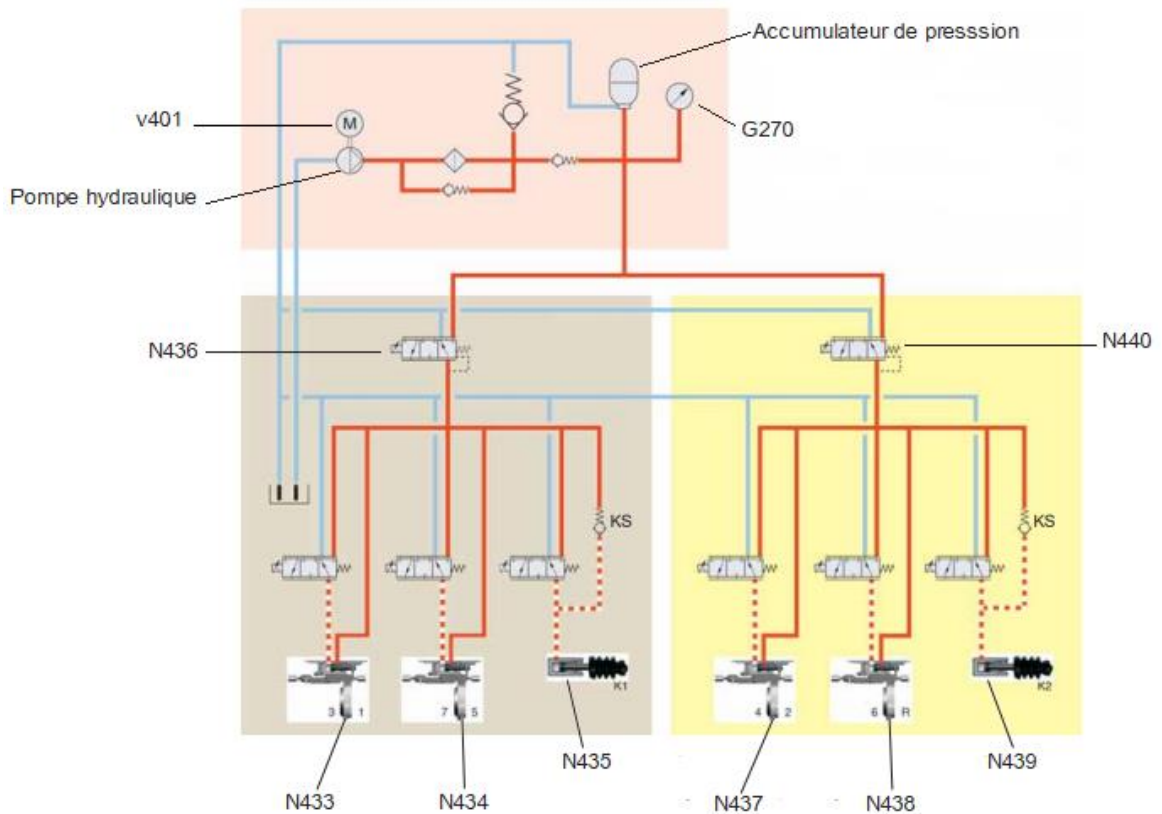


Figure 1-28 Circuit d'huile de base [6]

- Description :

N433 Vanne 1 dans la sous-boîte 1

N434 Vanne 2 dans la sous-boîte 1

N435 Vanne 3 dans la sous-boîte 1

N436 Vanne 4 dans la sous-boîte 1

G270 Capteur de pression

N437 Vanne 1 dans la sous-boîte 2

N438 Vanne 2 dans la sous-boîte 2

N439 Vanne 3 dans la sous-boîte 2

N440 Vanne 4 dans la sous-boîte 2

V401 Moteur de pompe hydraulique

— Pression de travail

— Flux de retour

----- Pression de travail régulée

KS Soupape de sécurité de l'embrayage

6) La pompe hydraulique : [6]

L'unité de la pompe hydraulique se trouve dans le module du mécatronique, elle est composée de la pompe hydraulique et d'un moteur électrique.

Le moteur de la pompe hydraulique est un moteur à courant continu sans balais.

Il est activé par l'unité de commande électronique du mécatronique en fonction du besoin en pression, la pompe hydraulique est entraînée par un embrayage de commutation.

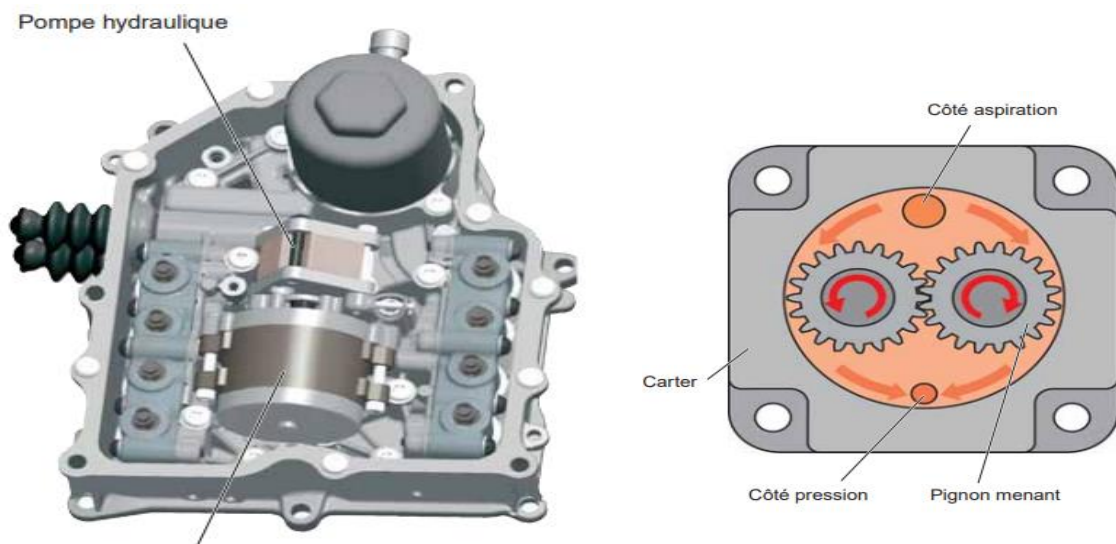


Figure 1-29 La pompe hydraulique [6]

La pompe d'huile est entraînée par un moteur qui est intégré à l'unité de commande électrohydraulique du mécatronique.

Le moteur V401 est activé par l'unité de commande électronique du mécatronique en fonction des besoins.

Le moteur à courant continu est semblable aux autres petits moteurs ce moteur est sans balai et qui a une conception inversé, a autant un stator avec six (6) paires d'électroaimants et un rotor avec six 6" paires d'aimants permanents [6].

Comparaient aux autres petits moteurs à eurent continu traditionnelles qui contiennent un stator compensé d'aimants permanents et d'un rotor composé d'électroaimant [6].

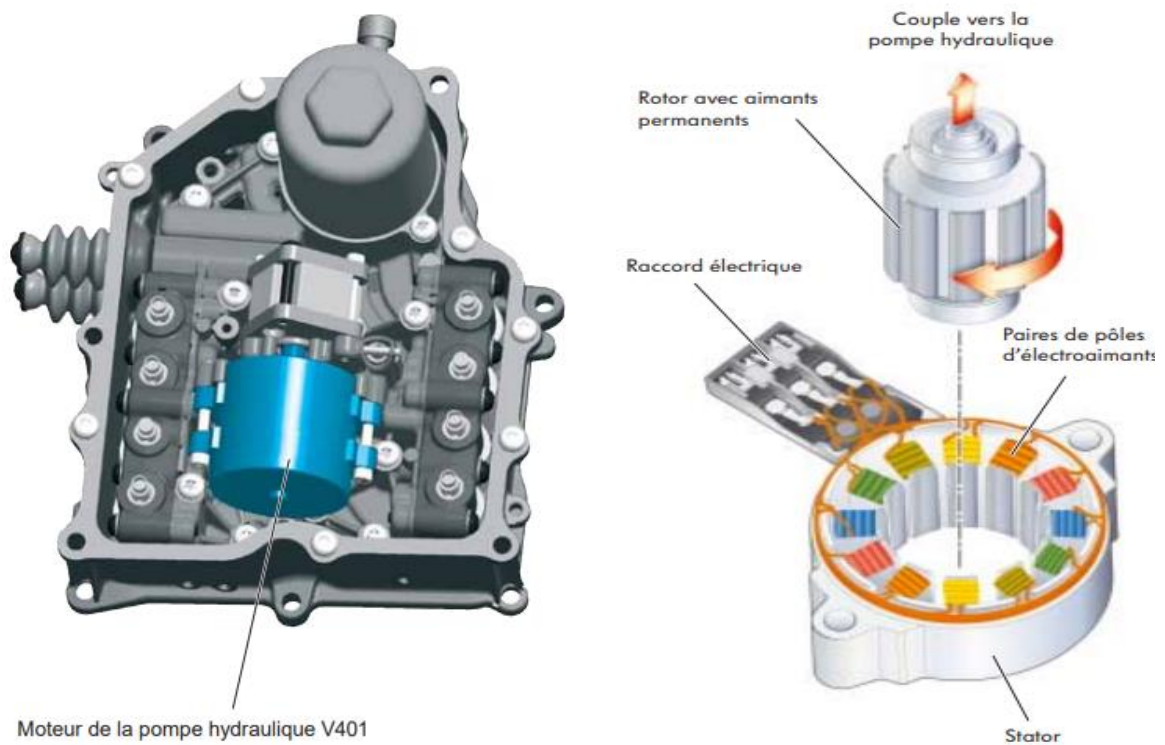


Figure 1-30 Le moteur de pompe hydraulique V401 [6]

I. 3 Conclusion

Le travail présenté dans ce chapitre nous a donné explication de la situation actuelle du groupe motopropulseur (GMP) de la voiture. Une approche qui part du général vers le particulier a été utilisée pour arriver à l'élément d'étude dans cette thèse, c'est à dire la pompe hydraulique volumétrique à engrenage extérieur de la boîte de vitesses robotisée à double embrayages à 7 rapports.

Cette approche a commencée par expliquer les trois grands soucis de la conception automobile actuelle : la diminution de la pollution, la réduction de la consommation et l'amélioration de l'agrément de conduite. Nous avons remarqué que la recherche du point

Optimal d'équilibre de ces trois objectifs est devenue le principal générateur d'idées et de nouvelles technologies. Ces efforts ont été regroupés en deux tendances : augmenter l'efficacité du moteur ou augmenter l'efficacité de la boîte de vitesses. Ceci a été l'origine du diagramme technologique de la Figure 1-2.

Ensuite, une étude fonctionnelle du GMP nous a permis de mettre en évidence la nécessité d'un transformateur de mouvement qui convertit l'énergie fournie par le moteur en énergie de translation de la voiture. Cet élément est en effet la transmission.

Après, une classification générale des transmissions a permis d'introduire le variateur continu et la boîte de vitesses. Parmi les types de cette dernière, se trouve la boîte de vitesses robotisée à double embrayages (BVR). L'étude est alors centrée sur cet élément.

Postérieurement, une description détaillée de la BVR a été présentée.

La BVR est envisagée comme une réponse aux objectifs de protection de composants, d'amélioration du rendement et de déplacement de la voiture, les solutions technologiques tirées de cette analyse font objet de la suite du chapitre.

De cette façon, le principe de fonctionnement et les éléments principaux de la boîte de vitesses DSG DQ200 sont clairs ont été

Introduits et expliqués, finalement, la pompe hydraulique volumétrique à engrenage extérieur, qui fait partie de la commande hydraulique, a été présentée. Cette dernière est retenue pour approfondir l'explication et arriver ainsi à notre sujet d'étude.

Chapitre II :

Recherche sur les pompes
hydrauliques volumétriques à
engrenages extérieurs à
dentures droites

Comme discuté dans l'introduction, la conduite du véhicule équipé de boîte de vitesses robotisée se fait par la sélection d'un rapport de conversion de l'énergie du moteur. Cette sélection est opérée au moyen d'un circuit électrohydraulique, alimenté en puissance par une pompe hydraulique volumétrique à engrenage extérieur [1].

Les deux objectifs principaux pour cette section concernent :

1. la présentation de différents types des pompes .
2. la présentation de la technologie de la pompe à huile pour boîte de vitesses robotisée DSG (DQ200) .

II . 1 Généralités sur les pompes

Une pompe est une machine hydraulique qui aspire et refoule un liquide (l'eau, l'huile, l'essence, les liquides alimentaires, etc....) d'un point à un endroit voulu .

La pompe est destinée à élever la charge du liquide pompé.

La charge ou l'énergie est la somme de trois catégories d'énergie:

- Energie cinétique.
- Energie potentielle.
- Energie de pression.

C'est donc un appareil génère une différence de pression entre l'entrée et la sortie de la machine.

L'énergie requise pour faire fonctionner une pompe dépend :

- Des propriétés du fluide : la masse volumique, la viscosité dynamique,
- Des caractéristiques de l'écoulement : la pression, la vitesse, le débit volume, la hauteur.
- Des caractéristiques de l'installation : la longueur des conduites, le diamètre et la rugosité absolue [1] .

II.1.1 Classification des pompes

Devant la grande diversité de situations possibles, les machines hydrauliques peuvent être classés en deux grandes catégories ; les pompes volumétriques et les turbomachines .

- les pompes volumétriques dont l'écoulement résulte d'une variation de volume de l'espace occupé par le liquide.

- les turbomachines où l'échange d'énergie entre un fluide en écoulement et un rotor animé d'un mouvement de rotation généralement uniforme autour de son axe (partie tournante).

L'utilisation d'un type de pompes ou d'un autre dépend des conditions d'écoulement du fluide [7]

De manière générale, si on veut augmenter la pression d'un fluide on utilisera plutôt les pompes volumétriques, tandis que si on veut augmenter le débit on utilisera plutôt les turbomachines.

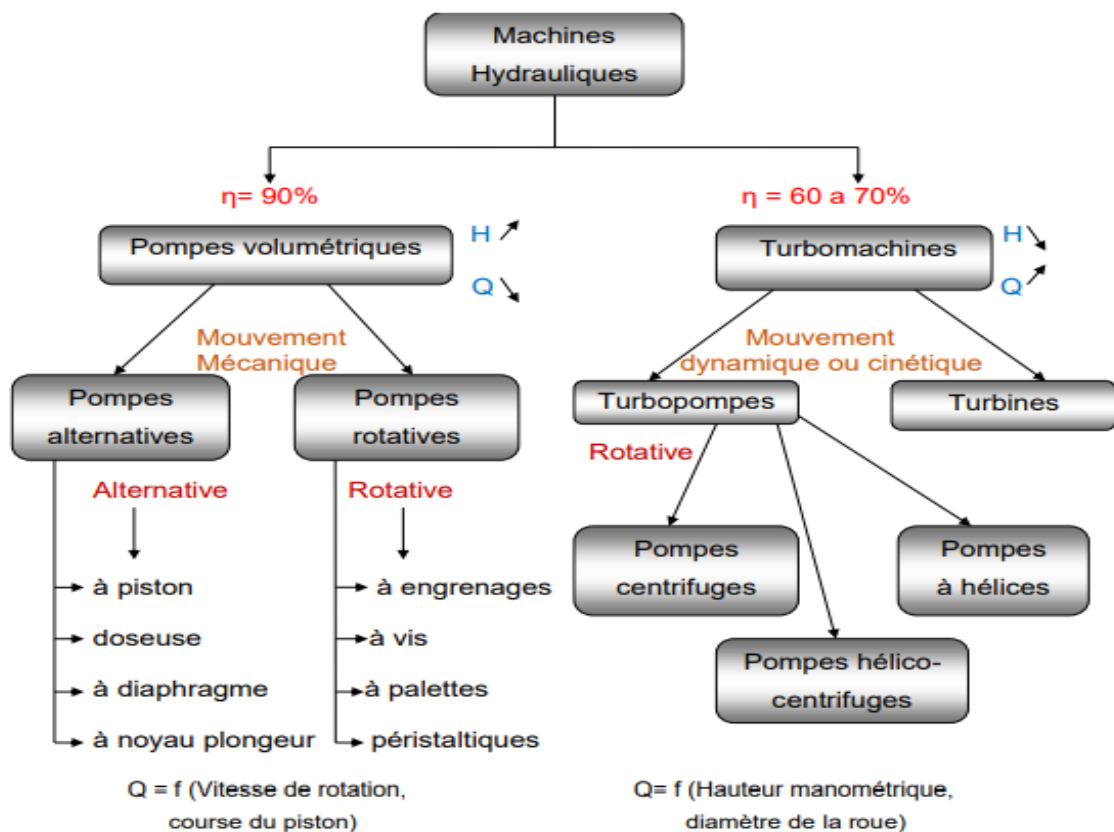


Figure II-1 Classification des pompes [7]

II.1.1.1 Les turbomachines

Les turbomachines sont représentées essentiellement par les turbopompes ainsi que les turbines hydrauliques [8].

Turbopompes :

Les pompes hydrodynamique sont de construction très simple , en version de base, elles sont essentiellement constituées d'une partie tournante et d'une autre partie fixe, le rotor appelé aussi roue ou hélice qui tourne dans un carter appelé corps de pompe,une certaine vitesse est ainsi communiquée au fluide.

Parmi les types de turbopompes on cite : les pompes centrifuges, les pompes hélico-centrifuges et les pompes a hélices ; la différence entre ces pompes porte essentiellement sur la direction de la vitesse donnée au fluide [8].

Les turbopompes sont classées selon : [8]

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

Les pompes centrifuges : [8]

Une pompe centrifuge est un système ouvert, en quelque sorte un trou ou encore un conduit, dans lequel est mis en place un champ de forces centrifuges.

Elle n'est pas basée sur le transport du fluide dans un godet ou sur la variation dans le temps d'un volume d'emprisonnement, le fluide n'est plus poussé par une paroi matérielle, mais mis en mouvement et équilibré par un champ de forces. Cela est une notion très simple, elle est basée sur d'autres principes.

Elle est constitué des organes suivants : [8]

- Organe mobile (roue).
- Organe fixe (diffuseur) .

Leur utilisation est infiniment diversifiée,et nous citerons parmi eux les grands domaines d'utilisations comme suit :

- Hydro-électricité (barrage).
- Agriculture (irrigation des surfaces cultivées).

- Alimentation urbaine (réseau d'alimentation d'eau urbaine).
- Château d'eau.
- Industrie hydrocarbure (production du pétrole).
- Transport des hydrocarbures liquides.
- Industrie de traitement des hydrocarbures.

Les pompes peuvent se classer selon les critères suivants : [8]

- Nombre de roues .
- Importance de la pression engendrée.
- Disposition de l'axe.
- Forme de la roue.
- Moyens d'entraînement.
- Force motrice utilisée .
- Destination .
- Matériaux de construction.

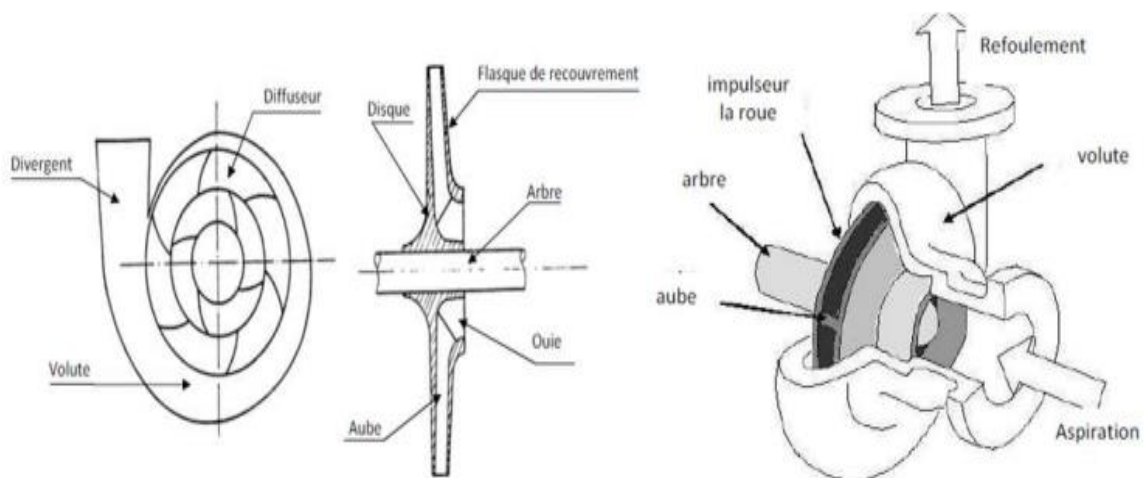


Figure II-2 Schéma d'une pompe centrifuge [8]

II.1.1.2 Les pompes volumétriques

Elles transportent le fluide grâce à un changement de volume à l'intérieure d'une ou plusieurs cavité.

Dans son principe général, une pompe volumétrique se compose d'un corps de pompe parfaitement clos à l'intérieur dans laquelle se déplace un élément mobile rigoureusement ajusté, leur fonctionnement repose sur le principe suivant : [8]

- L'exécution d'un mouvement cyclique.
- Pendant un cycle, un volume déterminé de liquide pénètre dans un compartiment avant d'être refoulé à la fin.

Ce mouvement permet le déplacement du liquide entre l'orifice d'aspiration et celui de refoulement. On distingue généralement :

- les pompes volumétriques alternatives .
- les pompes volumétriques rotatives .

A. Les pompes volumétriques alternatives : [9]

Une pompe volumétrique alternative se compose aussi d'un corps de pompe parfaitement clos, à l'intérieur duquel se déplace un élément mobile rigoureusement ajusté ; mais la pièce mobile est animée d'un mouvement alternatif.

Elles conviennent particulièrement bien pour des pressions élevées, et des débits faibles, généralement inférieurs à 100 m³/h, mais pouvant atteindre 200 m³/h [8].

a) Pompes à piston :

son principe est d'utiliser les variations de volume occasionnées par le déplacement d'un piston dans un cylindre.

Ces déplacements, alternativement dans un sens ou dans l'autre, produisent des phases (premier temps : aspiration, deuxième temps : refoulement).

Quand le piston se déplace dans un sens le liquide est comprimé : il y a fermeture du clapet d'admission et ouverture du clapet de refoulement. Le fonctionnement est inverse lors de l'aspiration du liquide dans la pompe [8]

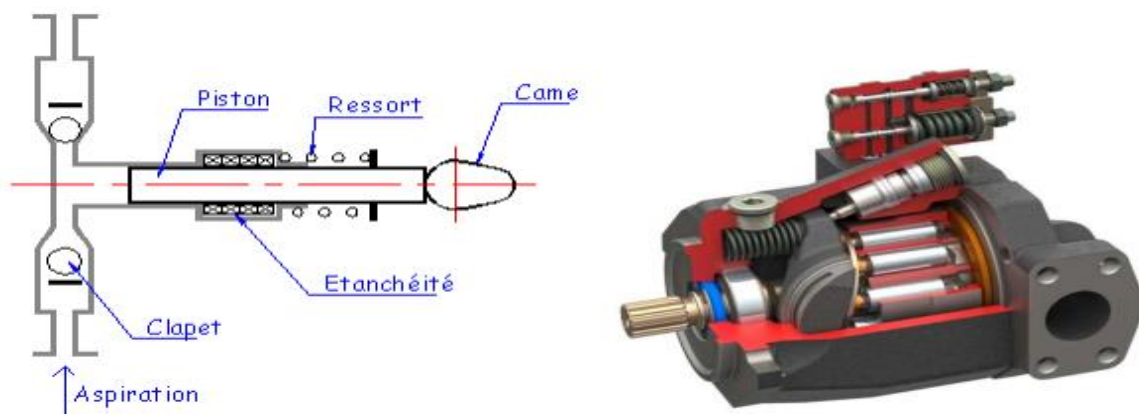


Figure II-3 Pompe à piston [7]

Elles ne conviennent que pour des débits moyens de l'ordre de 80 m³/h.

L'intérêt des membranes est l'utilisation avec des produits chimiques corrosifs, abrasifs ou acides. La pression au refoulement peut aller jusqu'à 25 bars.

b) Pompes doseuses :

La pompe doseuse est une pompe volumétrique à membrane oscillante. La pompe doseuse délivre, à chaque cycle, un volume très précis, associée à un système mécanique et électronique de pointe, la pompe permet un dosage précis, constant et offre une excellente répétabilité, peuvent mettre en oeuvre des pressions au refoulement allant jusqu'à 300 bars, la gamme des pompes doseuses est très large et permet de répondre à un très large champ d'applications, aussi bien dans le domaine du traitement des eaux que dans l'industrie [7]

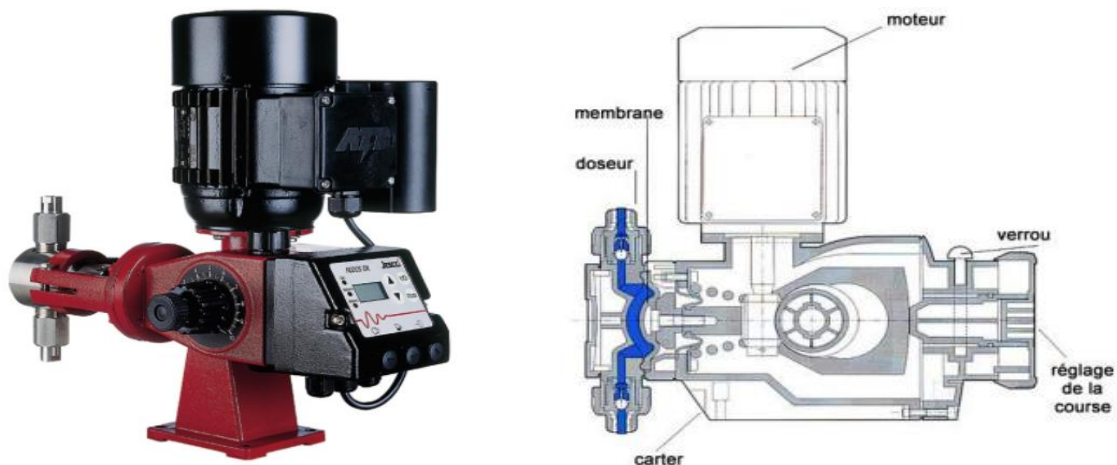


Figure II-4 Pompe doseuse [7]

B. Les pompes volumétriques alternatives : [9]

Ces pompes sont constituées par une pièce mobile animée d'un mouvement de rotation circulaire autour d'un axe, qui tourne dans une enveloppe (le corps) et crée le mouvement du fluide pompé par déplacement d'un volume depuis l'aspiration jusqu'au refoulement.

Les principaux types de pompes sont les suivants : à palettes, à engrenages, à vis, péristaltique.

a) Pompes à palettes :

La pompe à palettes est une pompe rotative dont le rotor est muni de plusieurs lames (les palettes) qui coulisseraient radialement et assurent le transfert du fluide pompé, la pompe à palettes est une pompe de transfert volumétrique, elle est constituée par un corps en fonte à l'intérieur duquel se trouvent un stator (fixe) et un rotor en acier qui tourne tangentiellément au stator, solidaires du rotor, les palettes peuvent coulisser et sont maintenues en contact avec les parois du stator par un jeu de ressorts et la force centrifuge, les pompes à palettes sont généralement du type équilibré, soit 2 aspirations et 2 refoulements par corps et peuvent monter à plus de 300 bars, c'est aussi une des solutions retenues pour les compresseurs de climatisation des véhicules automobiles ou des avertisseurs sonores à trompe, on les utilise aussi comme pompe à vide dans de nombreux domaines, dont le médical [9].

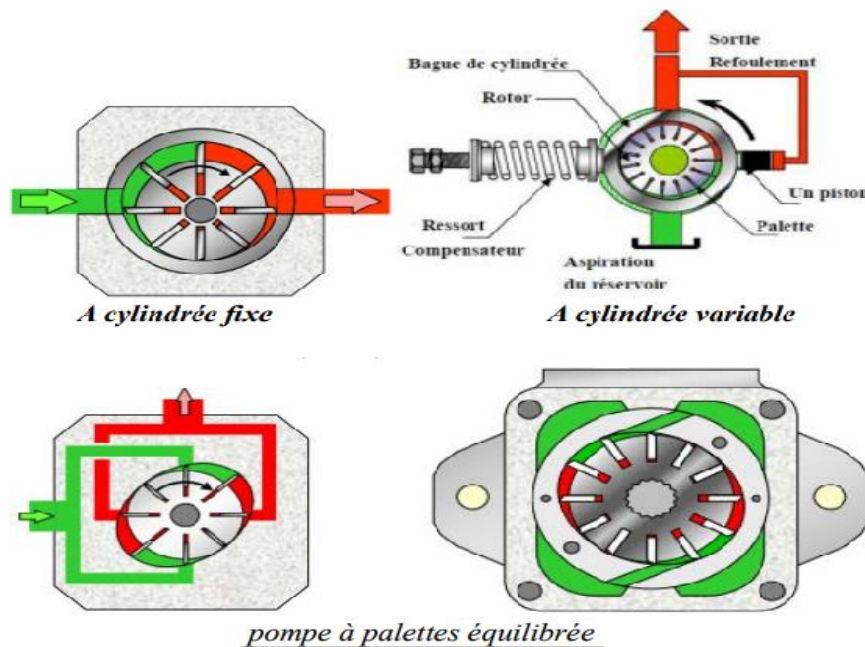


Figure II-5 Pompe à palettes [9]

b) Pompes à engrenages :

C'est la pompe standard, elle a une cylindrée fixe, elle est constituée par deux engrenages tournant à l'intérieur du corps de pompe.

Le principe consiste à emprisonner le liquide dans l'espace compris entre deux dents consécutives et à le faire passer vers la section de refoulement, et fonctionne entre 10 et 170 bars.

Il en existe deux types, à dentures extérieures et à dentures intérieures, les pompes à engrenages peuvent avoir une denture droite, hélicoïdale, ou encore à chevrons. Cette

dernière solution présente l'avantage de rendre le mouvement plus uniforme, comme indiqué ci-dessous [9].

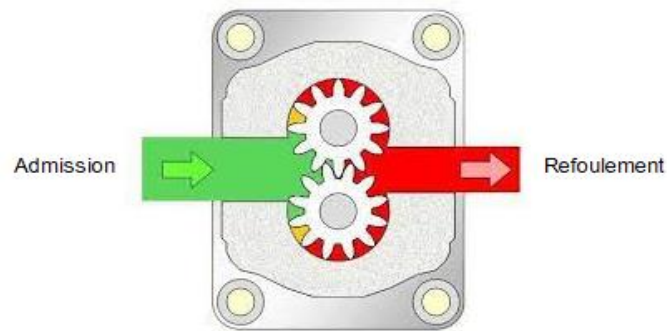


Figure II-6 Pompe à engrenages à dentures extérieures [9]

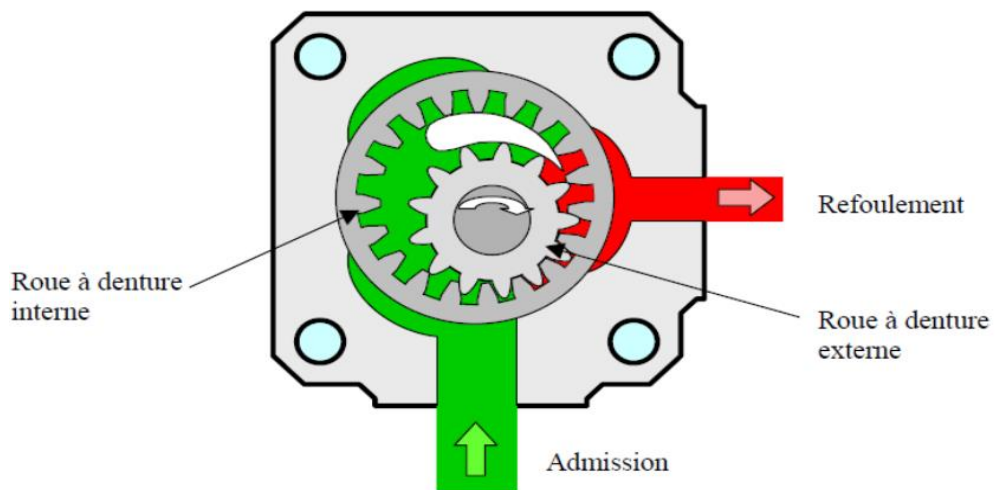


Figure II-7 Pompe à engrenages à dentures intérieures [9]

c) Pompes à vis (rotor hélicoïdal) excentré :

Elles sont formées de deux ou trois vis suivant les modèles, dans le cas d'une pompe à trois vis, la vis centrale seule est motrice, les deux autres sont entraînées par la première, dans le cas d'une pompe à deux vis, celles-ci sont souvent toutes deux entraînées par un jeu de pignons extérieurs, ces pompes peuvent tourner vite (3 000 tr/min), elles sont silencieuses et permettent d'atteindre des pressions assez élevées (100 bar), par contre, elles n'admettent pas de particules solides .

Elles sont utilisées notamment pour les produits pétroliers et les produits alimentaires ,son utilisation pour alimenter les filtres-presses est fréquente [9].

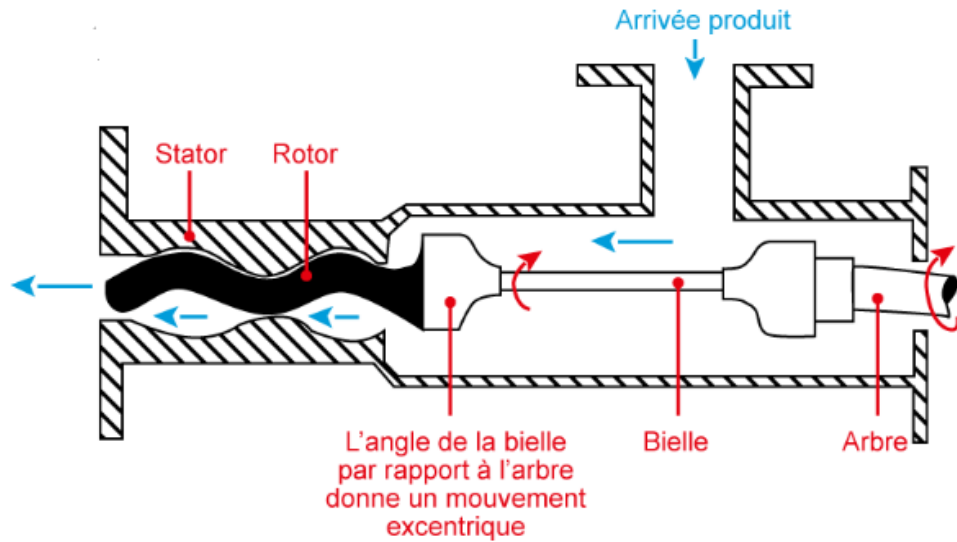


Figure II-8 Pompe à vis [9]

d) Pompes péristaltiques :

Les pompes péristaltique fonctionnent grâce à l'écrasement d'un tube souple par des galets. La rotation de ces galets conduit le fluide, emprisonné dans le tube entre deux galets, de l'aspiration vers le refoulement.

Elles permettent de pomper des liquides très abrasifs et chargés à un débit pouvant aller à 50 m³/h. La pression au refoulement est de 15 bars.

La hauteur manométrique maximale est de 160 mCE, elles sont utilisées pour les produits chimiques et alimentaires [10].

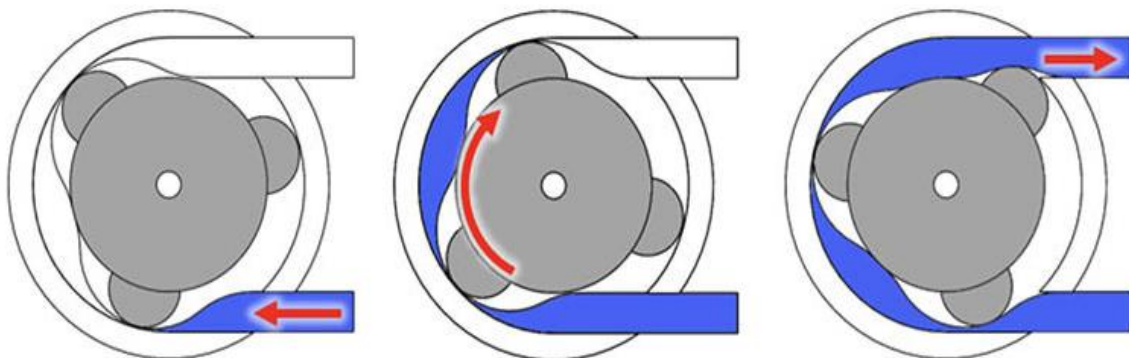


Figure II-9 Pompe péristaltique [10]

II.2 Technologie de la pompe à huile de la boîte de vitesses robotisée DSG (DQ200)

Le composant hydraulique principal de la BVR DSG (DQ200) est une pompe volumétrique à engrenages extérieurs à dentures droites se trouvant dans le module du mécatronique comme nous l'avons mentionné plus tôt et comme celle de la Figure I-9 [6].

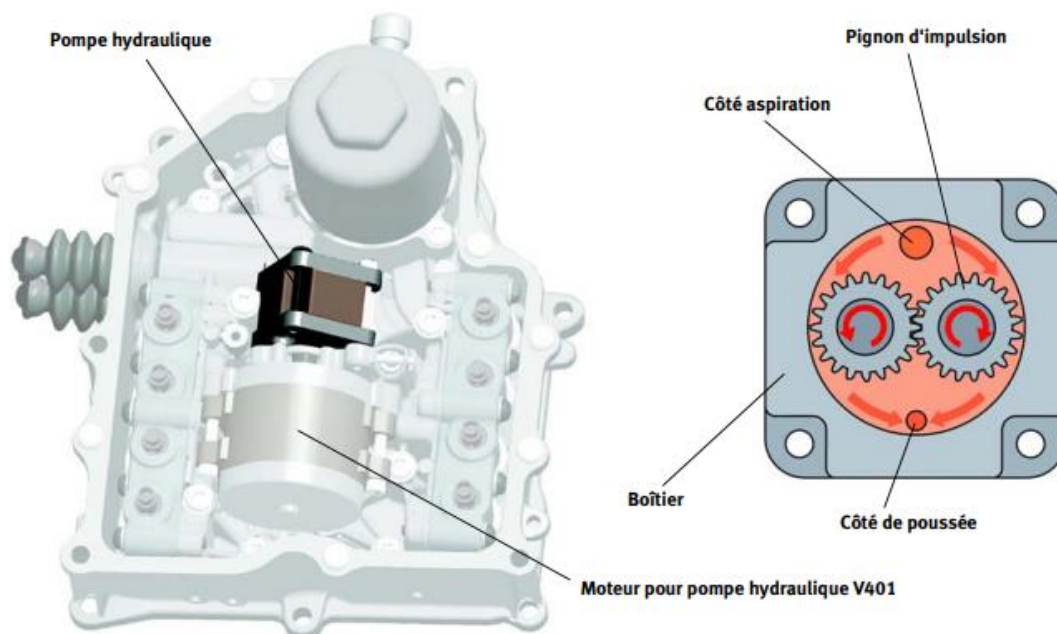


Figure II-10 La pompe volumétrique à engrenages extérieurs à dentures droites [6]

La pompe hydraulique à déplacement positif font passer le fluide de l'entrée vers une chambre qui augmente en volume jusqu'à une valeur maximale, puis diminue pour expulser le fluide sous pression à la sortie. Ce sont des machines performantes et très utilisées pour l'asservissement. Le cycle d'une pompe à engrenages peut être décomposé en trois actions distinctes : [6]

- Le désengrenage des engrenages augmente le volume à l'entrée de la pompe. Le volume expansé crée un vide, permettant à la pression externe de pousser le fluide dans la pompe.
- Lorsque les engrenages tournent, le fluide est emprisonné entre les dents des engrenages et la paroi de la cavité du carter. Cela transfère le fluide du côté de l'entrée de la pompe vers le côté de la sortie.
- Les jeux étroits et la vitesse de rotation minimisent les fuites internes de fluide vers l'arrière, le fluide supplémentaire délivré du côté de la sortie, ainsi que le volume décroissant créé par l'emboîtement des engrenages, évacuent le fluide par la sortie.

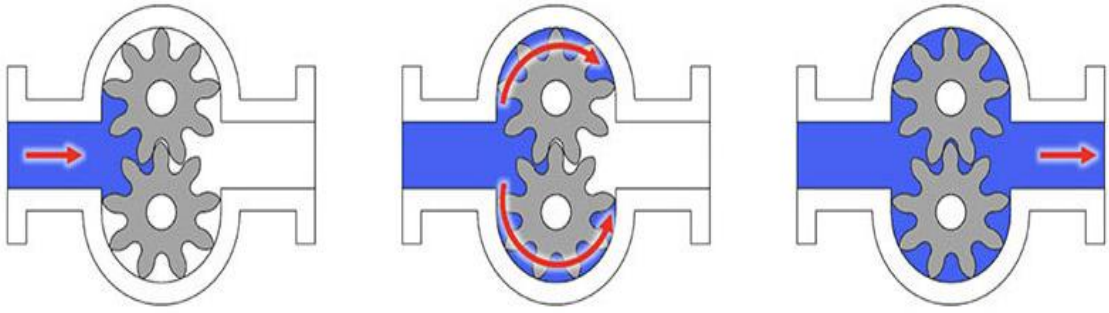


Figure II-11 Diagramme de la pompe à engrenages extérieurs [10]

Elle aspire l'huile hydraulique, la comprime à une valeur de 7 MPa (70 bars) environ et l'envoie ensuite dans le circuit d'huile du mécatronique.

L'huile hydraulique est acheminée entre les parois du carter de pompe et les interdentés entre le côté aspiration et le côté pression.

Si la pression de l'huile hydraulique atteint une valeur de 6 - 7 MPa environ sur la base du signal du transmetteur de pression hydraulique pour boîte de vitesses G270 (Capteur de pression), il s'ensuit une coupure du moteur de la pompe hydraulique. Si la pression descend à environ 4 MPa, le moteur fonctionne de nouveau [6]. L'usage d'une pompe à engrenage est alors efficace pour réaliser une source hydraulique à pression constante, de capacité suffisante, et c'est grâce aux : [6]

- La commande électronique du mécatronique .
- Le moteur de la pompe hydraulique V401.

- **Tableau (II-1) :** Caractéristiques techniques de la pompe à huile pour la boîte de vitesses robotisée DSG (DQ200) [6]

Désignation	Pompe hydraulique de boîte de vitesses DSG 7 0AM325579D
Poids	0.3kg
Volume d'huile - module mécatronique (le volume délivrée par la pompe)	1,0 l huile pour centrale hydraulique
Pression max. par la pompe admissible dans le mécatronique	60,00 – 70,00 bar
Pression min. par la pompe admissible dans le mécatronique	40,00 bar
Vitesse d'entraînement minimal	450 tr/min

ChapitrIII :

Etude de la pompe à
engrenages extérieurs à
dentures droite

III.1 Description théorique général

Un corps en alliage d'aluminium contient deux pignons à denture extérieure.

Deux orifices latéraux, l'orifice d'alimentation un peu plus grand que celui du refoulement, pour réduire les pertes en charges, l'autre de refoulement strictement à l'opposé.

À l'intérieur du carter deux pignons à denture droite, un pignons est menant et lié par un moteur de la pompe hydraulique V401 usiné directement sur son arbre et le pignon mené usiné sur son arbre . Deux flasques ensèrent les pignons et assurent l'étanchéité, et des joints pour délimiter la pression qui s'exerce sur les surfaces.[11].

La section d'appui faisant directement face à la section d'équilibrage, la déformation du flasque est une compression pure qui n'engendre pas de défaut de planéité. Ainsi, l'usure latérale des flasques par les pignons est très faible malgré les jeux assurant un bon rendement volumétrique [11] .

Ce pompe est simple et robuste mais assez sensible à la pollution.

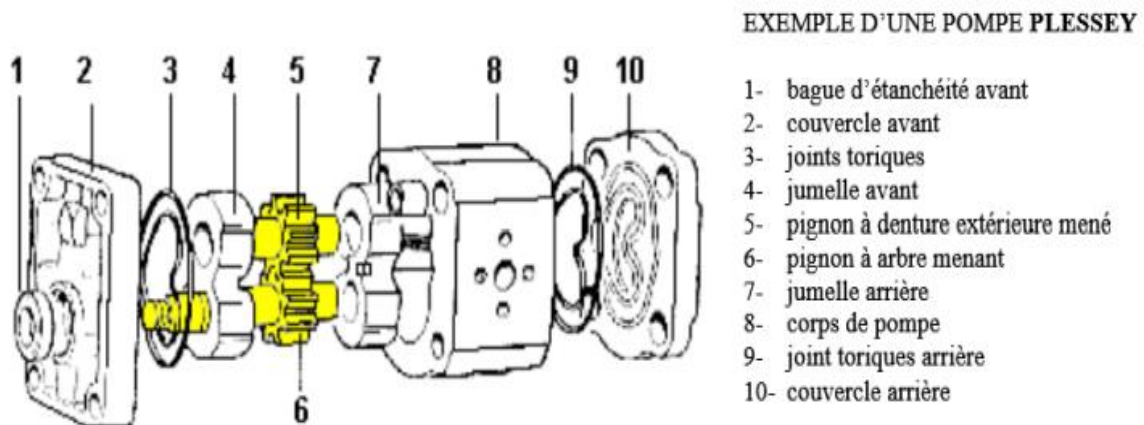


Figure III.- 1 La pompe à engrenages extérieurs à dentures droite [11]

III..2 Fonctionnement

Les deux pignons tournent en sens inverse l'un de l'autre, le pignon menant tourne en sens anti-horaire donc ça augmente le volume cela fait une aspiration .

L'huile est « aspirée » par l'orifice d'admission, elle remplit les espaces compris entre les dents et le corp.

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 [11]

Les jeux sont de deux ordres : [11]

- Jeux entre le diamètre extérieur des pignons (sommet des dents) et le carter lui-même.
- Jeux compris entre les faces latérales des pignons et les flasques .

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 du 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 industriel , agricoles, véhicule ,..... ex, 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 côtés des jumelles :

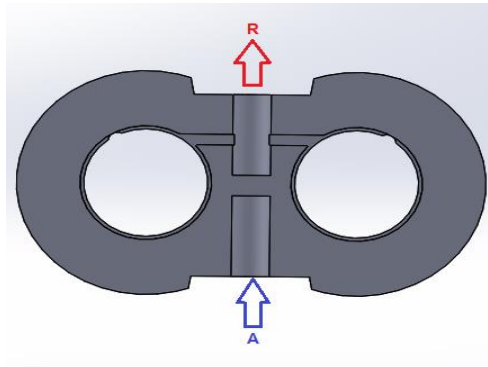


Figure III.- 2 Jumelle

A : aspiration de la pompe

R : refoulement de la pompe

B : jumelle côté arbre

C : jumelle côté du flasque

1 : fraiseures de passage de l'huile de lubrification

2 : rainures de graissage des axes

3 et 4 : canaux d'huile pour les rainures de graissage

Les jumelles présentent à la partie extérieure un passage (1) que l'huile sous pression traverse pour agir sur les faces plane adjacentes aux flasques délimités par les joints d'étanchéité (C sur la figII- 2) .

L'étanchéité sur l'arbre radial est obtenue à l'aide d'un joint ,la pression s'exerçant sur l'extérieur des jumelles assure un rendement volumétrique très stable.

Les couvercles serrés aux couples préconisés et les jumelles parfaitement dans le corps de pompe.

Note : les deux jumelles de la pompe ont la même conception et le même rôle.

- Engrenages :

Les dents d'un engrenage ont un profil particulier qui leur permettent de rouler l'une sur l'autre (et surtout pas de glisser). Dans la pompe étudiée on utilise deux engrenages à denture

droits à profil d'une développante d'un cercle défini par un angle de pression en mécanique, ce type de profil n'est pas trop sensible à de petites erreurs d'entraxe.

Les deux roues ne s'engrènent que si elles ont le même module « m », le module est homogène, en terme d'unité, à des millimètres [12] . Pour les engrenages, on fait appel aux paramètres suivants : [12]

Nombre de dents z , module m , angle de pression α , et entraxe a .

La démarche comporte une optimisation de la denture pour diminuer les fuites dans la zone d'engrènement .

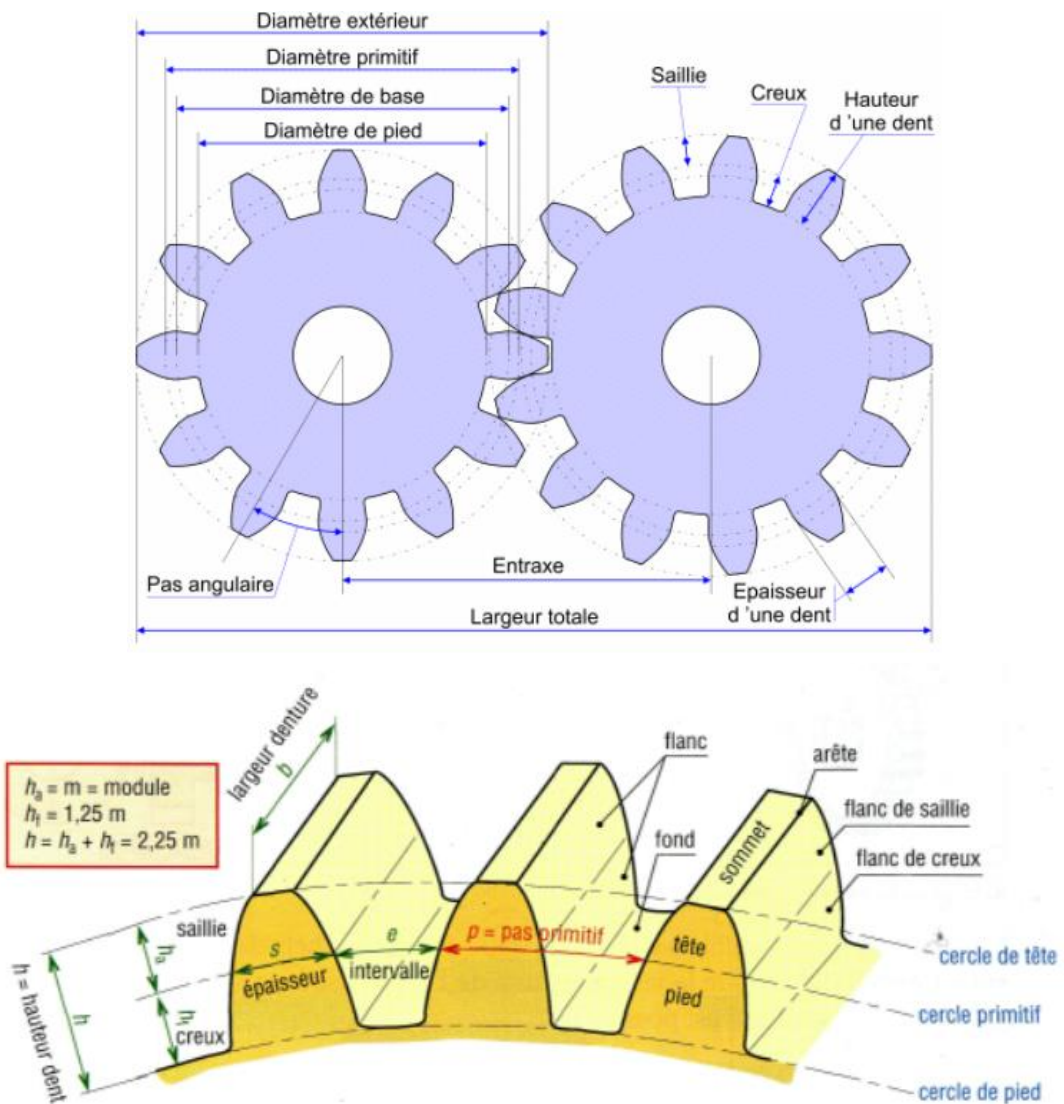


Figure III.- 3 Terminologies techniques des engrenages [12]

Le module d'une denture est la valeur qui permet de définir les caractéristiques d'une roue dentée . C'est le rapport entre le diamètre primitif de la roue et le nombre de ses dents . Le module est une grandeur normalisée .

Remarque : L'épaisseur de la dent et sa résistance dépendent du choix du module . Ce choix ne doit pas être improvisé mais doit se faire après un calcul de RDM .

- **Angle de pression α :** [12]

Nous connaissons la pression à laquelle la pompe fonctionne, et en fixant un angle de pression normalisé , nous pouvons obtenir les efforts exercés sur les roues quand elles engrenent. Il y a deux types de forces qu'on peut trouver dans la partie mécanique d'une pompe a engrenages, une à cause de la pression exercée sur les paliers et l'autre dû à l'engrènement des dents des engrenages .

La force radiale (f_{rp}) : est obtenue de la répartition azimutale de pression sur le palier.

Pour le calculer, nous utilisons la formule simplifiée : [12]

Force radiale = pression de refoulement * surface projetée de chaque roue.

L'effort radial (f_r) : est l'effort dû à l'engrènement.

Au le moment du contact entre les deux roues, il se produit une réaction qui a la direction de la ligne d'engrènement. [12].

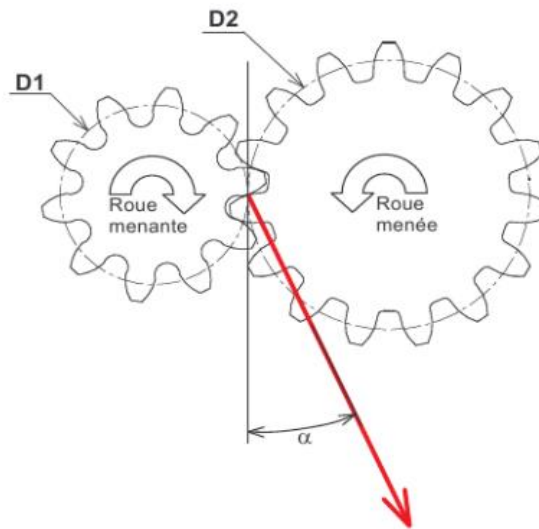


Figure III.- 4 Forces exercées entre les roues [12]

Par conséquent, l'effort radial, avec un angle de pression normalisé $\alpha = 20^\circ$.

- **Entraxe de l'engrenage:**

est la distance entre le centre de chaque roue , il peut être obtenu à partir des propriétés (le module et le nombre de dents). [11]

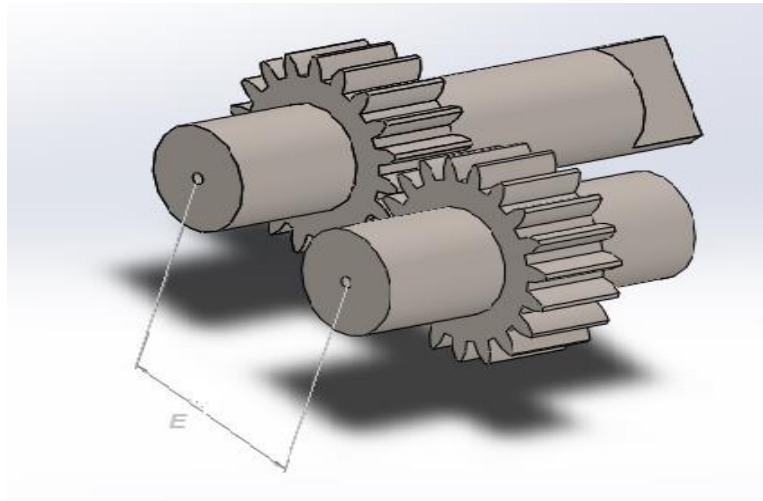


Figure III.- 5 Entraxe

- En reconnaissant les caractéristiques d'engrenage, nous pouvons obtenir le reste des caractéristiques (le diamètre primitif de denture d , diamètre de tête d_a , diamètre de pied d_f , hauteur de dent h), et nous pouvons obtenir le plus important, qui est **la cylindrée de la pompe** [11].

- **Le corps de pompe :**

Ce pompe, du fait de la rotation, doivent avoir un trop léger jeu entre les pignons et le corps de pompe. Ce jeu est essentiel au bon fonctionnement, mais un accroissement trop important entraîne des frottements et une diminution du rendement mécanique, la pression augmente au refoulement, lorsqu'il y a résistance à l'écoulement, cette pression s'exerce alors sur les pignons et les arbres, le corps et toutes les surfaces en contact. On améliore le fonctionnement par une lubrification assurée par un rainurage des paliers de façon à éviter le grippage. [11]

En fonctionnement, la pression de refoulement s'exerce sur un anneau derrière le flasque, créant ainsi une force proportionnelle à la pression de refoulement et qui applique le flasque sur le pignon : c'est la compensation hydrostatique.

Elle permet donc de réduire les fuites internes et de travailler à des pressions plus élevées.

Le corps de pompe est réalisé par l'alésage pour prendre la forme d'engrenages en plus des conduits d'aspiration et de refoulement , le corps de la pompe est en alliage d'aluminium , pour de nombreuses raisons, dont la plus importante est: [11]

- Masse volumique faible.
- Résistance à la corrosion.
- Caractéristiques mécaniques intéressantes.
- Durcissement important par traitement thermique.
- Bas point de fusion (658 °C).
- Inoxydable.

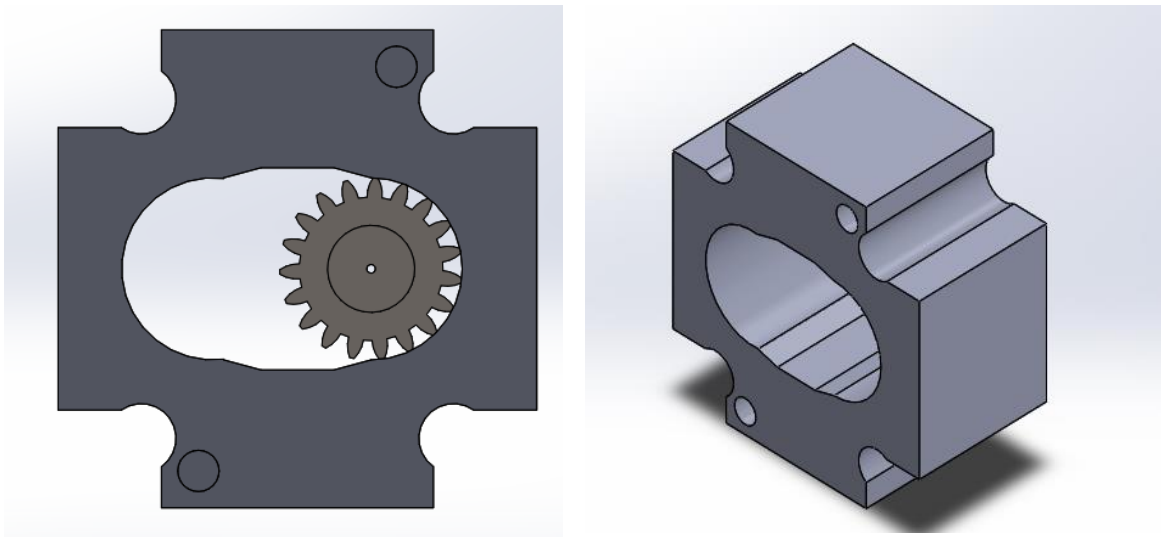


Figure III.- 6 Le corps de la pompe

- **Principe de l'équilibrage axial :**

Les jumelles (3 et 4) sont mobiles, avec le minimum de jeu, dans le corps de pompe (7).

Le côté refoulement de la pompe est relié aux surfaces arrières de chaque jumelle. En service la pression agit sur ces surfaces et crée des forces F_2 maintenant les jumelles contre les joues des pignons (1 et 2), équilibrant les forces F_1 .

Suivant les différents principes de construction, les surfaces mises en jeu côtés F_1 et F_2 sont judicieusement déterminées et permettent aux forces exercées en F_2 d'être supérieures à celles exercées en F_1 .

Il en résulte un jeu minimal entre flasques et joues des pignons qui réduit la fuite tout en laissant un film d'huile nécessaire à la lubrification [11]

Il s'ensuit une augmentation du rendement volumétrique.

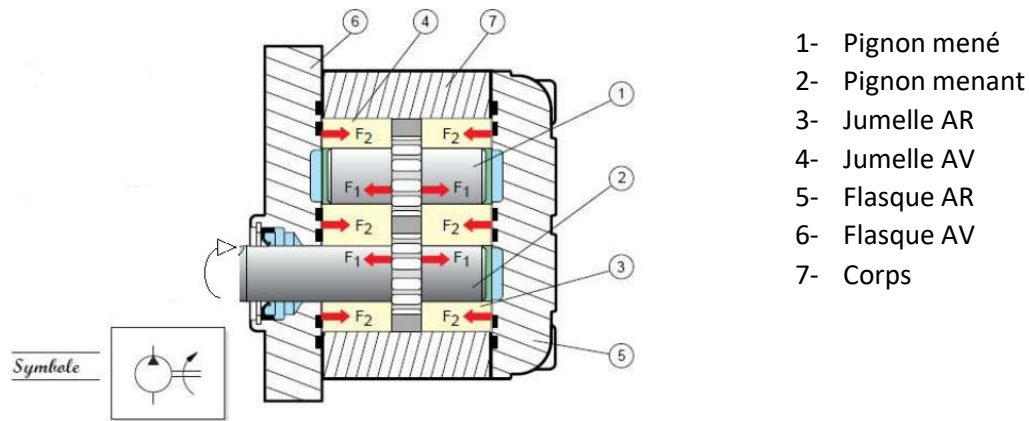


Figure III.- 7 Les forces dans la pompe [12]

II.3 Caractéristiques de fonctionnements des pompes hydrauliques volumétriques:

Comme on a mentionné ultérieurement, il existe plusieurs types de pompe hydraulique volumétrique.

Ces pompes diffèrent les unes des autres par leur dimension ainsi que par la quantité de leurs pièces et la pression et le débit augmentée.

Malgré ces distinctions, elles remplissent toujours essentiellement le même principe, celui de faire délivrer une quantité plus ou moins grande de fluide, les caractéristiques de fonctionnement sont donc les mêmes. [12]

a) Cylindrée :

C'est le volume du fluide (huile) sortant (refoulé) ou rentrant (aspiré) correspondant à une révolution de l'arbre principal, en l'absence des fuites internes, la cylindrée est exprimé en [m^3/tr], [l/tr] ou [cm^3/tr]. [9]

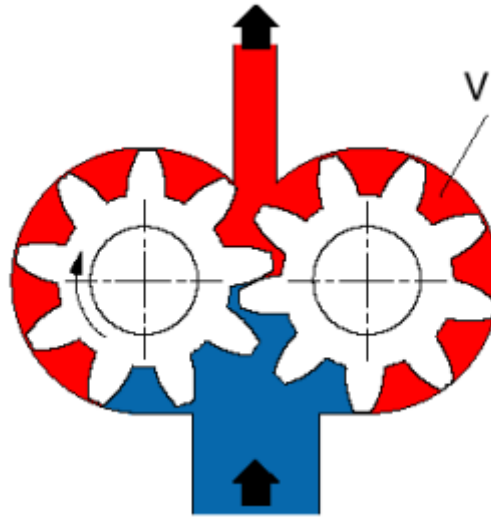


Figure III.- 8 Cylindrée de pompe (volumes en rouge) [12]

b) Débit moyen théorique ($Qv\ moy - the$) :

C'est le volume du fluide, évacué en moyenne par unité de temps, en négligeant les fuites internes et la compressibilité du fluide.

Dans le système métrique, le débit volumique est exprimé en litres par minute (L/min).

Le débit d'une pompe hydraulique dépend de deux importants facteurs : la cylindrée de la pompe et la vitesse de révolution de la pompe [9].

c) Vitesse de révolution (N)

Le second facteur qui influence le débit d'une pompe hydraulique est la vitesse de révolution de celle-ci. Une pompe est toujours accouplée à moteur par l'entremise de son arbre d'accouplement. Lorsque la pompe hydraulique est entraînée par un moteur électrique [9].

d) Pression (p):

Il est faux de croire qu'en plus de fournir un débit, une pompe hydraulique fournit une pression. Le rôle d'une pompe hydraulique est uniquement de créer un débit.

La pression dans un circuit hydraulique est due à la résistance à l'écoulement que rencontre le fluide.

Les unités de mesure utilisées pour exprimer la pression sont le Pascal (Pa) ou le (bar). [9]

e) Puissance (P) :

Afin d'accomplir sa tâche qui est de mettre en mouvement un fluide, une pompe hydraulique est toujours accouplée mécaniquement à une source motrice.

Le rôle de la source motrice est de fournir une puissance mécanique en rotation à l'arbre de la pompe afin de mettre en mouvement les pièces internes de cette dernière.

Une pompe hydraulique a donc comme caractéristique de transformer l'énergie mécanique qu'elle reçoit de sa source motrice en énergie hydraulique, comme indiqué ci-dessous. [13]

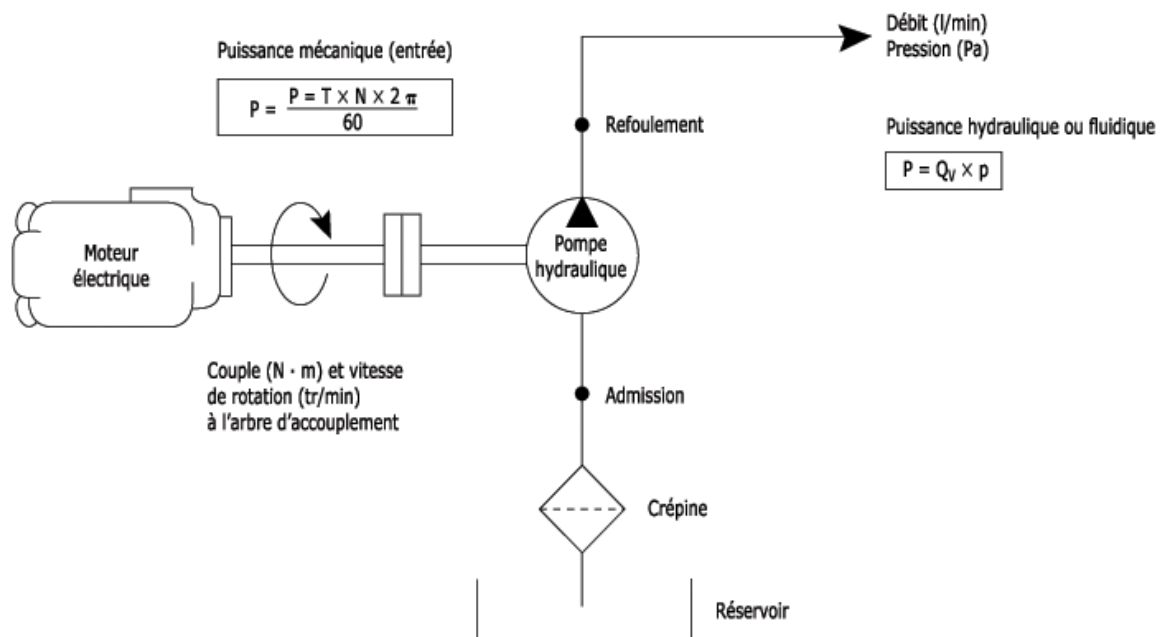


Figure III.- 9 Puissance d'une pompe [13]

La puissance mécanique d'un mouvement de rotation est donnée par l'équation suivante : [1]

$$P_{méc} = Q_v \text{ moy} - the \times \Delta P$$

Où :

$P_{méc}$: Puissance (W)

ΔP : Pression (Pa)

$Q_v \text{ moy} - the$: Débit de la pompe en (m³/s)

La puissance hydraulique ou fluidique par la pompe (hypothèse fluide incompressible). Elle dépend directement du débit et de la pression existant du côté du refoulement de la pompe, est donnée par : [1]

$$P_{hyd} = \frac{Qv \times p}{60000}$$

Où :

P_{hyd} : Puissance hydraulique en (Watts).

Qv : Débit de la pompe en litres par minute (l/min).

p : Pression côté refoulement en pascals (Pa).

f) Le rendement : [9]

- **Le rendement volumétrique (η vol) :**

Les pompes hydrauliques volumétriques possèdent des pièces mobiles internes. Pour que ces pièces puissent se déplacer, il faut nécessairement leur assurer un jeu minimal. A cause de ce jeu, il se produit en fonctionnement, des fuites d'huile entre les interstices des pièces mobiles. Ces fuites, appelées fuites volumétriques ou fuites internes, augmentent en fonction de la pression du circuit. A cause des fuites volumétriques, le débit réel fourni par une pompe hydraulique est inférieur au débit théorique. Certaines pompes ont des fuites volumétriques plus importantes que d'autres.

Il permet de comparer différentes pompes volumétriques. Il est à noter que le rendement volumétrique ne peut jamais être supérieur à la valeur numérique "1". En effet, un rendement volumétrique de 1 équivaut, en pourcentage, à un rendement de 100 %. Dans des conditions normales le rendement volumétrique est compris entre 60 % et 95 %.

- **Le rendement mécanique (η méc) :**

Lorsqu'une pompe hydraulique volumétrique fonctionne, les pièces mobiles internes se déplacent par rapport à des pièces fixes.

Le jeu qui existe entre ces pièces est rempli d'huile, ce qui assure une lubrification des pièces en mouvement, l'huile comprise dans ces interstices est soumise à des forces de cisaillement sous l'effet du déplacement des pièces.

L'huile, de par sa viscosité, s'oppose à ces forces de cisaillement. On dit alors qu'il y a "frottement visqueux".

Les pièces mobiles internes sont également soumises à des forces engendrées par la pression du fluide, ce qui génère un frottement dynamique.

Le couple réel fourni à une pompe volumétrique doit donc être suffisamment élevé pour entraîner la pompe et pour vaincre les forces de frottement ou de friction.

Le rendement mécanique représente le pourcentage du couple qui est réellement transmis à la pompe. Un rendement mécanique de 90 % indique que 90 % du couple sont transmis à la pompe et que les 10 % restants sont utilisés pour vaincre les forces de frottement.

Le rendement mécanique est donné par l'expression suivante :

$$\eta_{\text{méc}} = \frac{Cyl \times \Delta P}{2\pi \times C} \text{ ou } \eta_{\text{méc}} = \frac{(P_s - P_e)}{(P_s \cdot th - P_e)} < 1$$

Avec :

Cyl : Cylindrée en [m³ /tr]

ΔP : Pression différentielle de la pompe en [Pa]

C : Couple en [N.m]

- **Le rendement total :**

Le rendement total d'une pompe hydraulique tient compte à la fois des pertes volumétriques et des pertes mécaniques , l'équation physique du rendement total est la suivante :

$$\eta_g = \eta_{\text{vol}} \times \eta_m$$

III.4 La conception de la pompe à engrenages extérieure à dentures droites :

Pour concevoir la pompe à l'huile de boîte de vitesses robotisée (DQ200), nous avons mesuré les pièces internes de la pompe avec un pied à coulisse à vernier de tolérance 1/50 ème de mm près .

- **Le pied à coulisse :** c'est une règle rigide graduée en millimètres et portant un bec fixe. Sur cette règle glisse un coulisseau muni d'un vernier et d'un bec mobile.

Le coulisseau possède à sa partie supérieure une vis de pression qui permet l'immobilisation sur la règle et un lardon qui permet le réglage du jeu, il existe plusieurs types selon la tolérance , le pied à coulisse utilisé pour la mesure des côtés a tolère 1/50 ème de mm [14].

- Le pied à coulisse avec tolérance 1/50 éme de millimètre :

Sur le vernier au 1/50 éme , ce sont 49 mm partagés en 50 parties et valant chacune 0,98 mm [14].

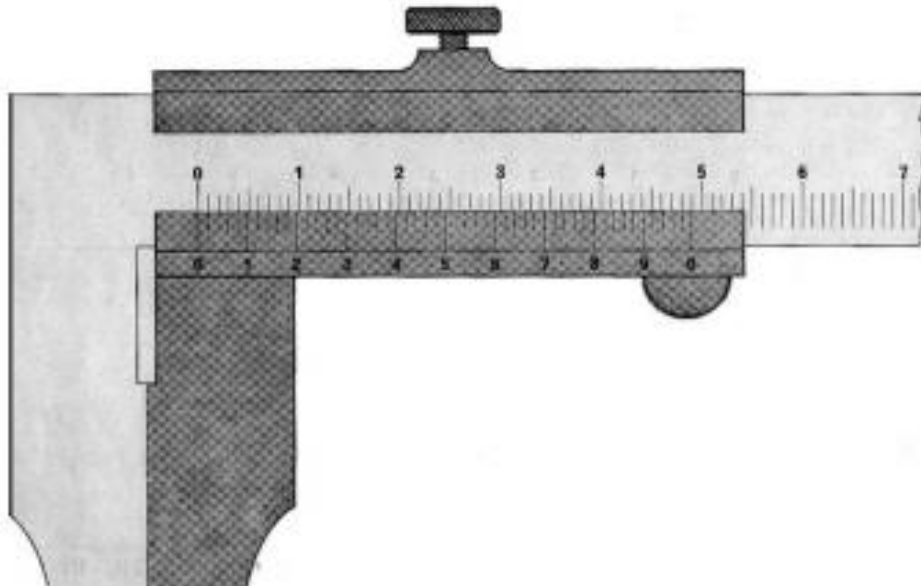
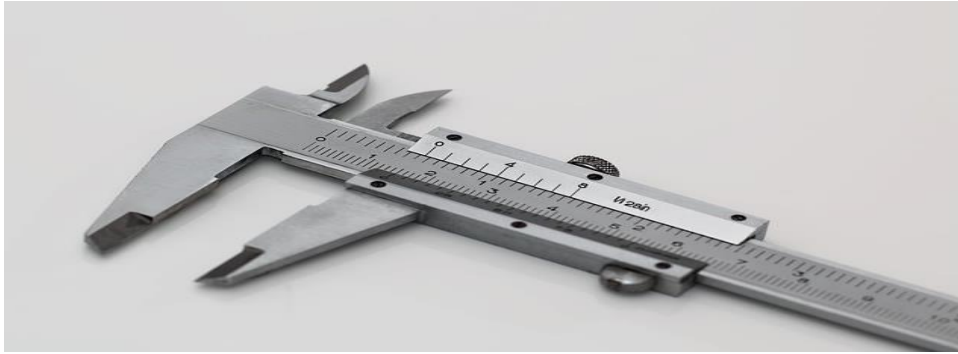


Figure III-10 Le pied à coulisse a tolére 1/50 éme de mm [14]

Nous avons conçu la pompe à engrenages exterieur à dentures droites à l'aide du programme CAO (SOLIDWORKS) .

1) Le corps :

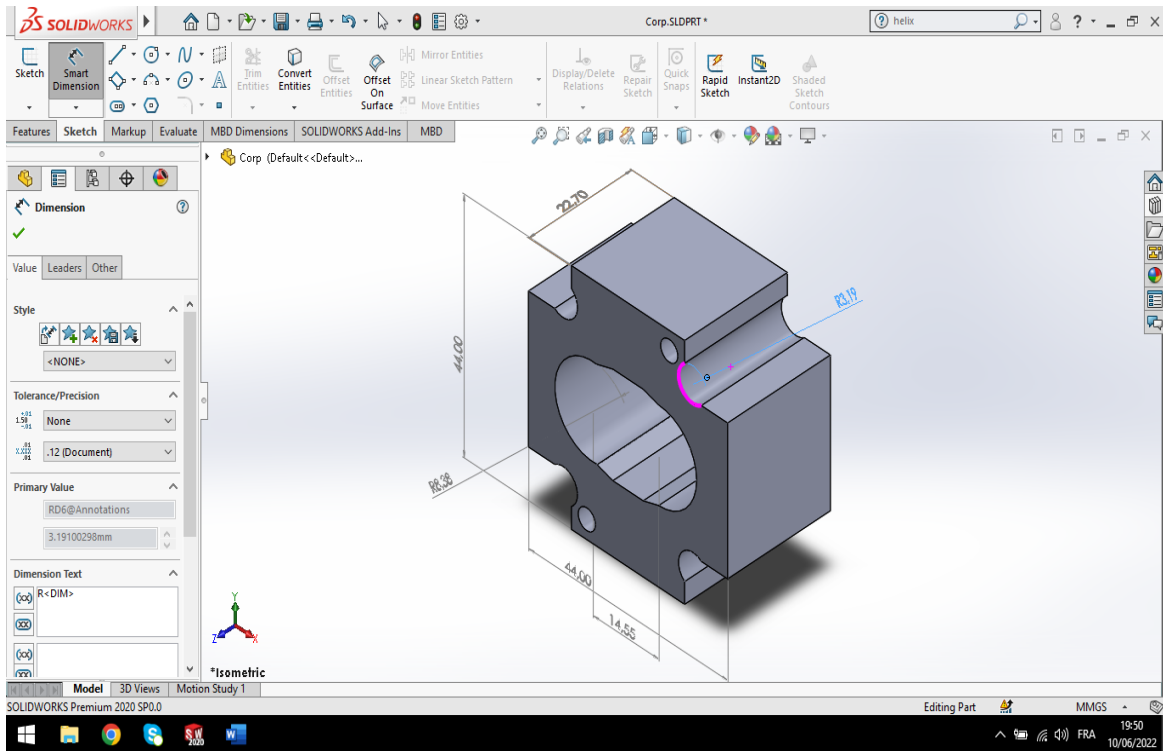


Figure III-11 Le corps

2) Le flasque avant :

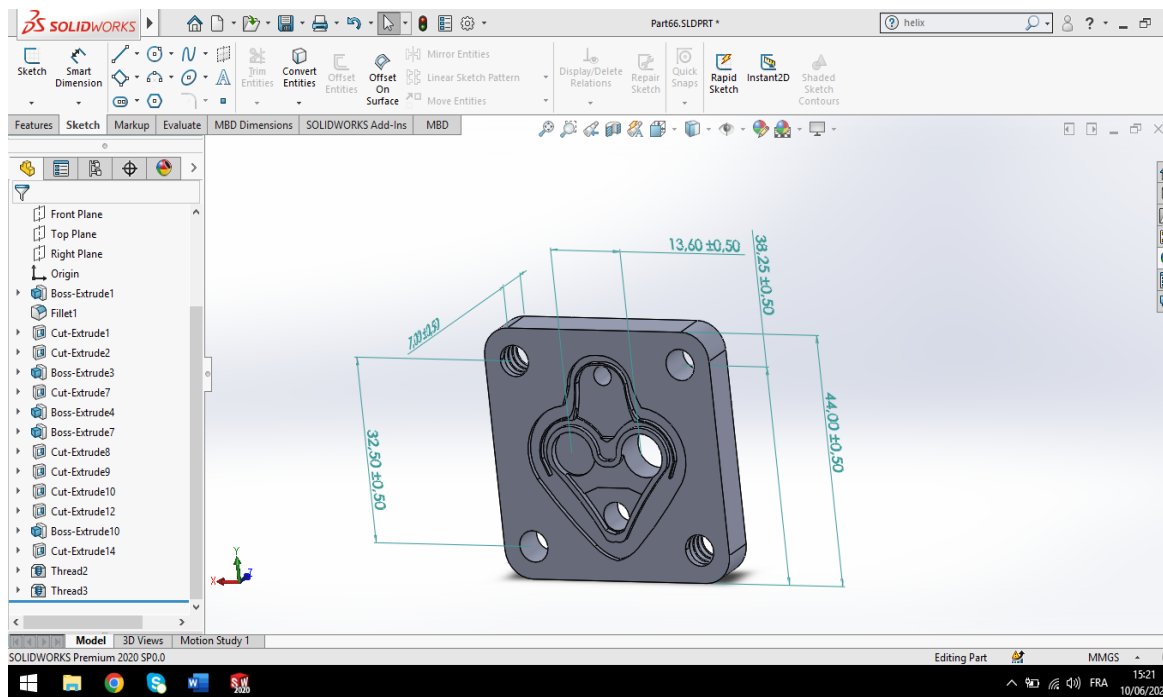


Figure III-12 Le flasque avant

3) Le flasque arrière :

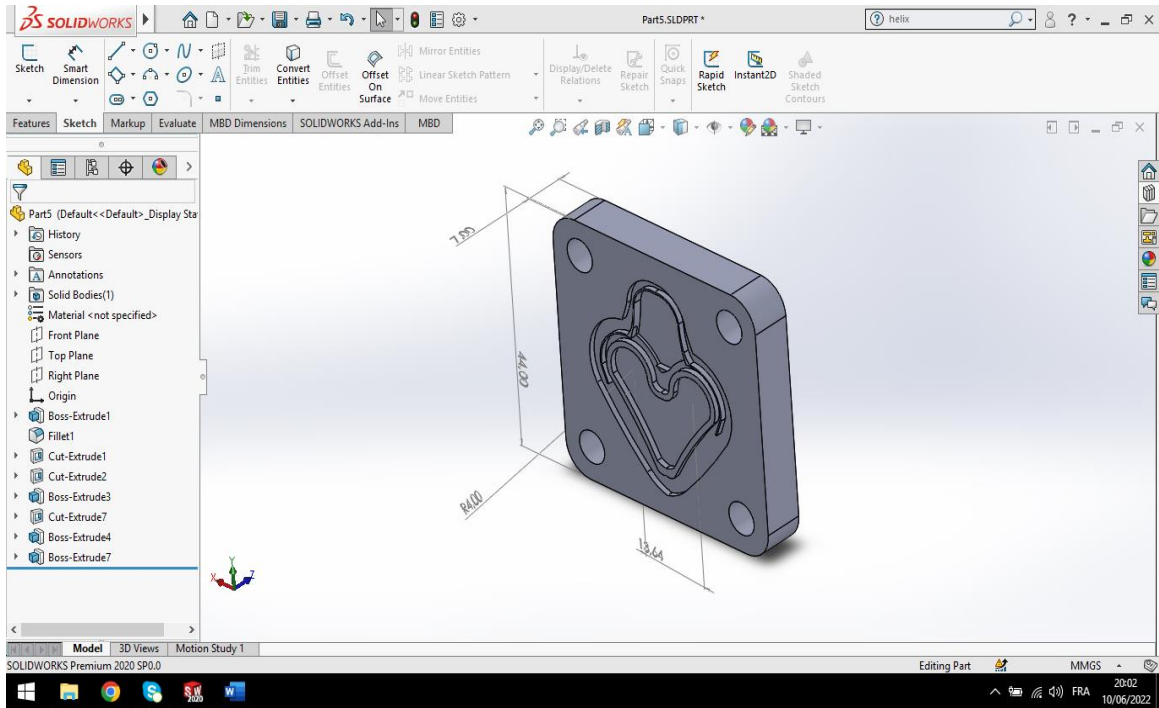


Figure III-13 Le flasque arrière

4) La jumelle :

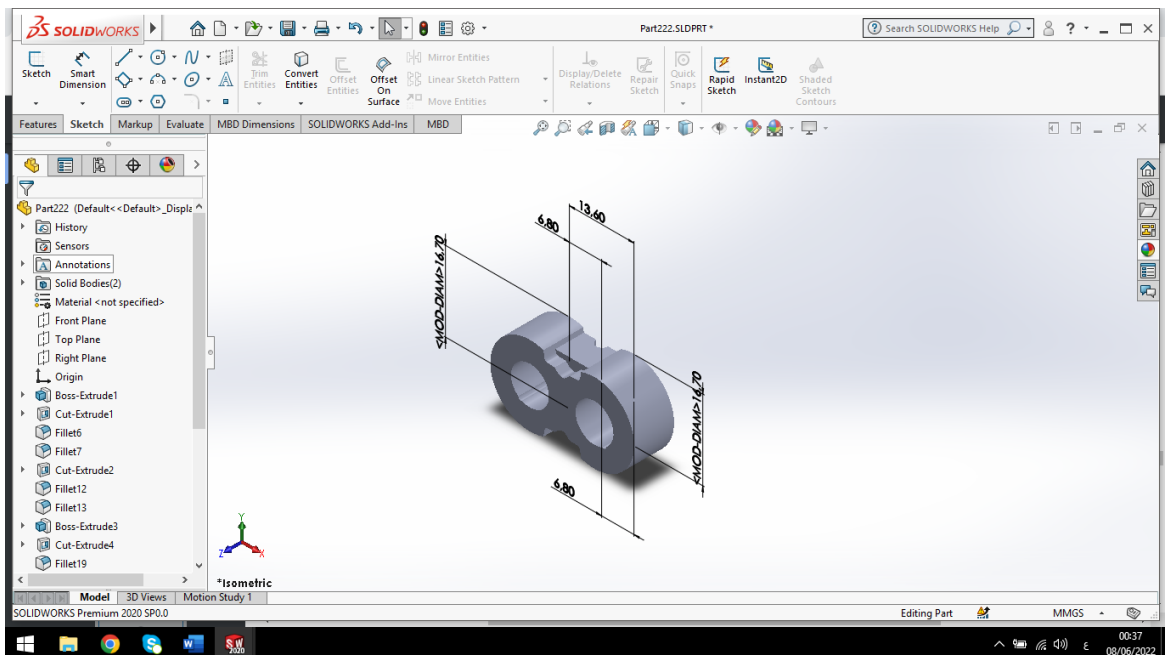


Figure III-14 la jumelle côté flasque

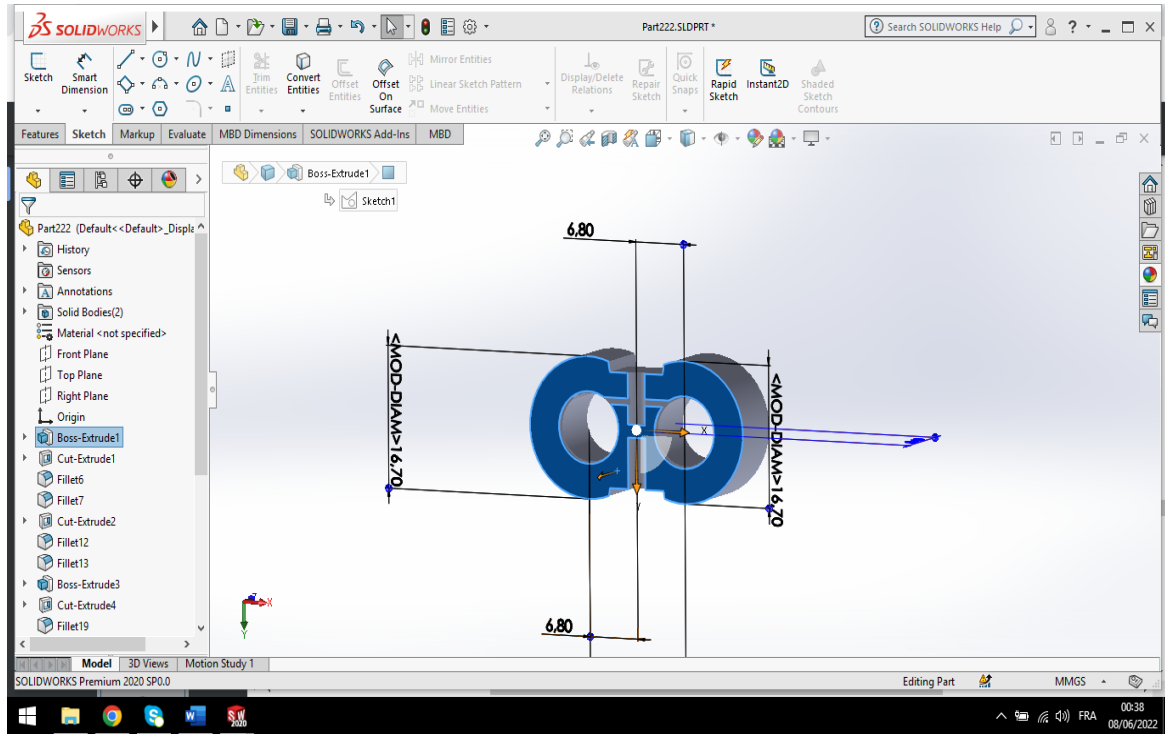


Figure III-15 La jumelle côté pignon

5) La vis :

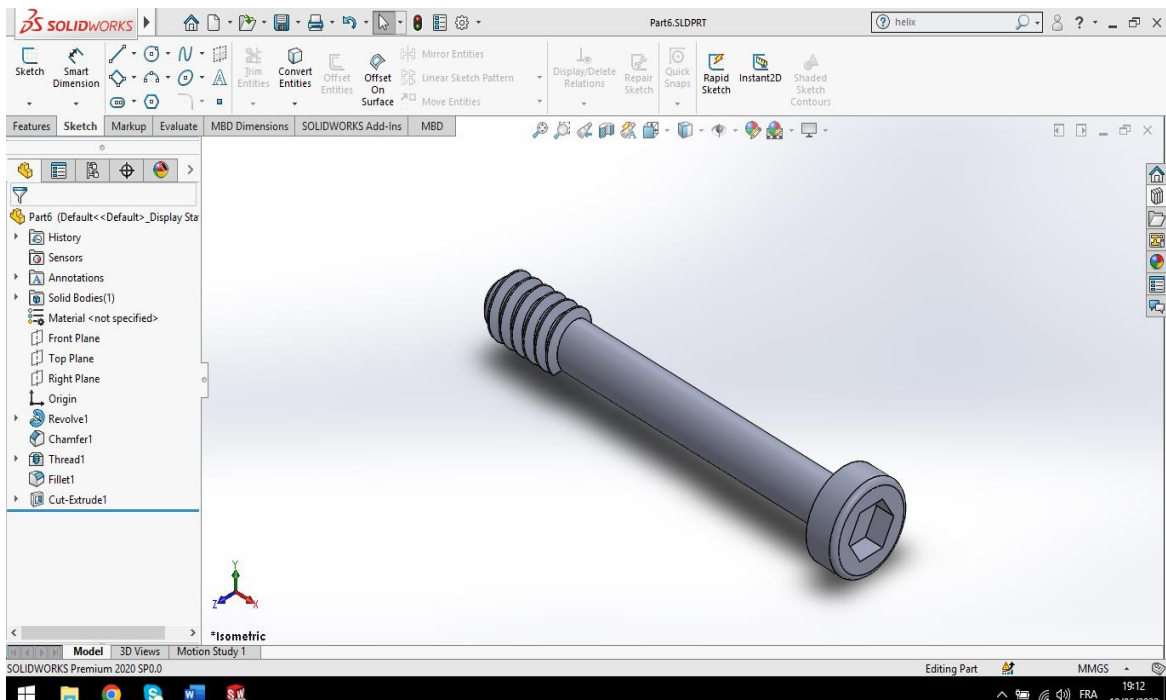


Figure III-16 La vis

6) Dimensionnement l'engrenages :

- Les cotes mesurées :

$Z= 19$ dents , $d_a= 16$ mm

- Les cotes calculées :

Le module (m) :

$$da = d + 2m = m \times Z + 2m = m(Z + 2)$$

D'où :

$$\text{On adopte } m = \frac{da}{(Z+2)} = \frac{16}{(19+2)} = 0,76 \text{ mm} \quad m = 0,7 \text{ mm}$$

Le diamètre primitif (d) :

$$d = m \times Z = 0,7 \times 19 = 13,3 \text{ mm}$$

Le diamètre de pied (df) :

$$df = d - 2,5 \times m = 13,3 - 2,5 \times 0,7 = 11,55 \text{ mm}$$

7) Le pignon menant :

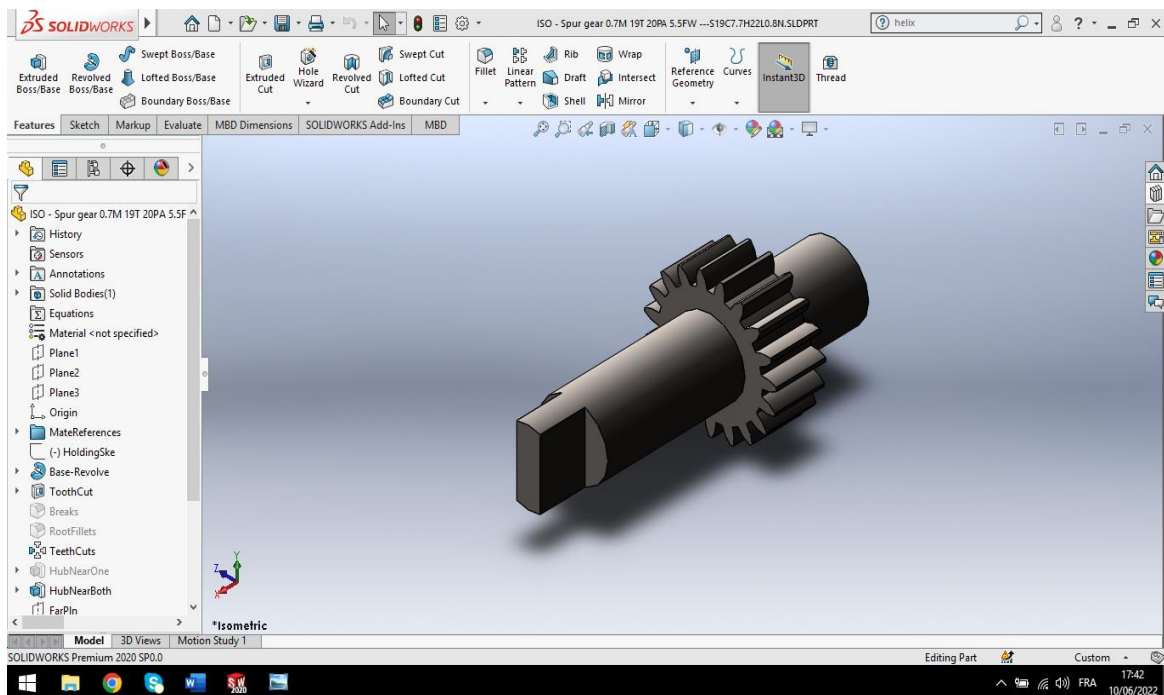


Figure III-17 Le pignon menant

8) Le pignon mené :

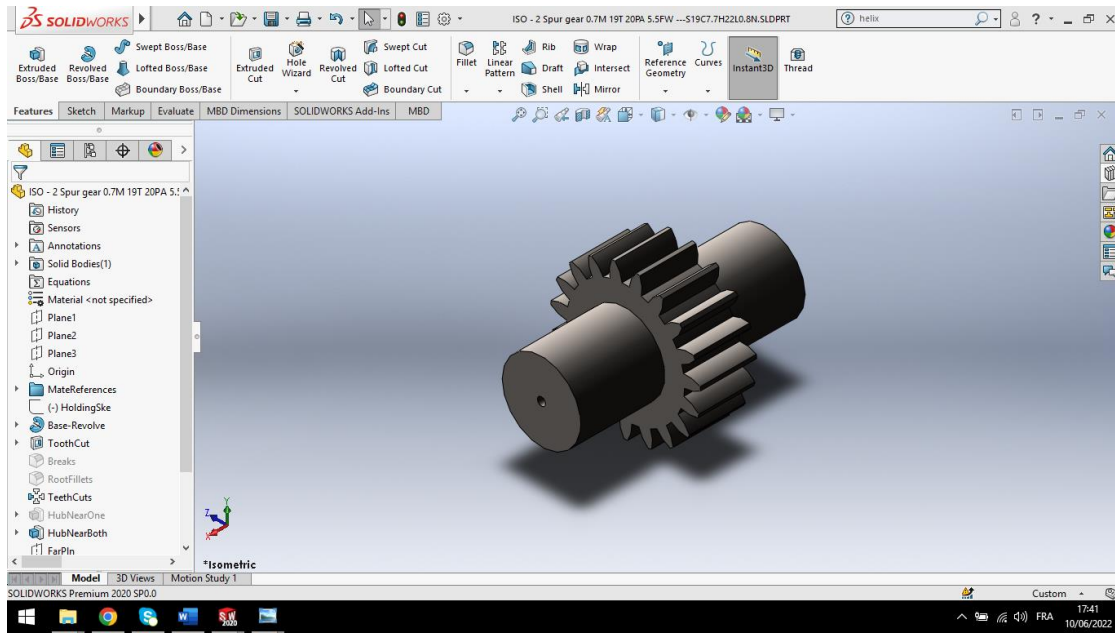


Figure III-18 Le pignon mené

- L'assemblage :

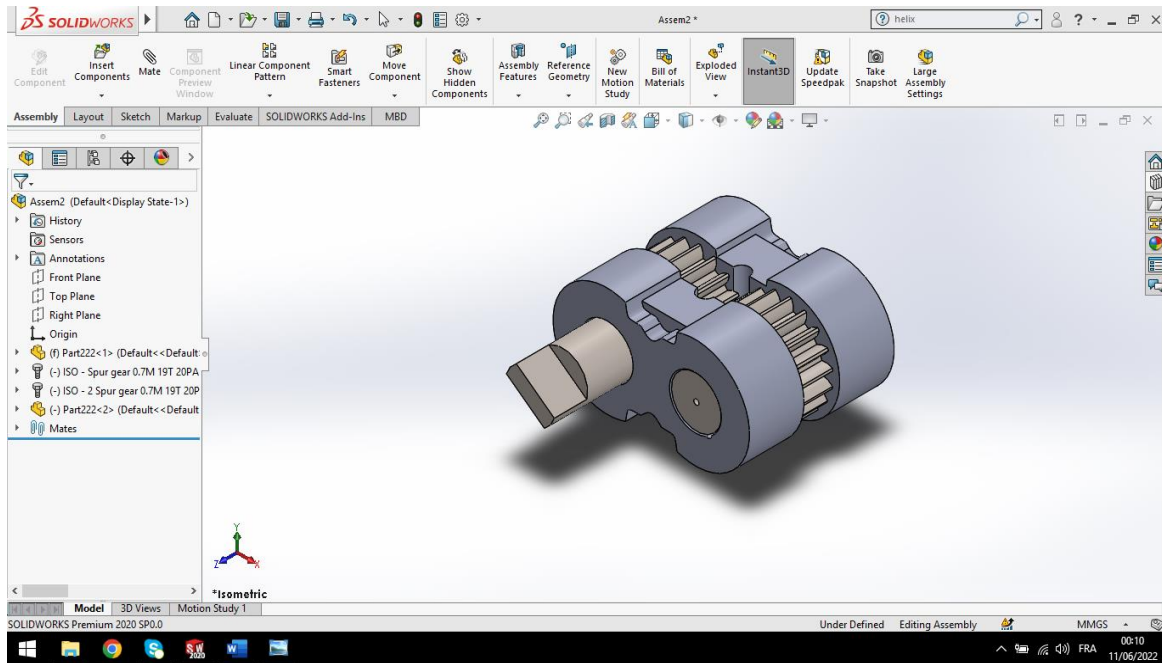


Figure III-19 Les pignons et les jumelles

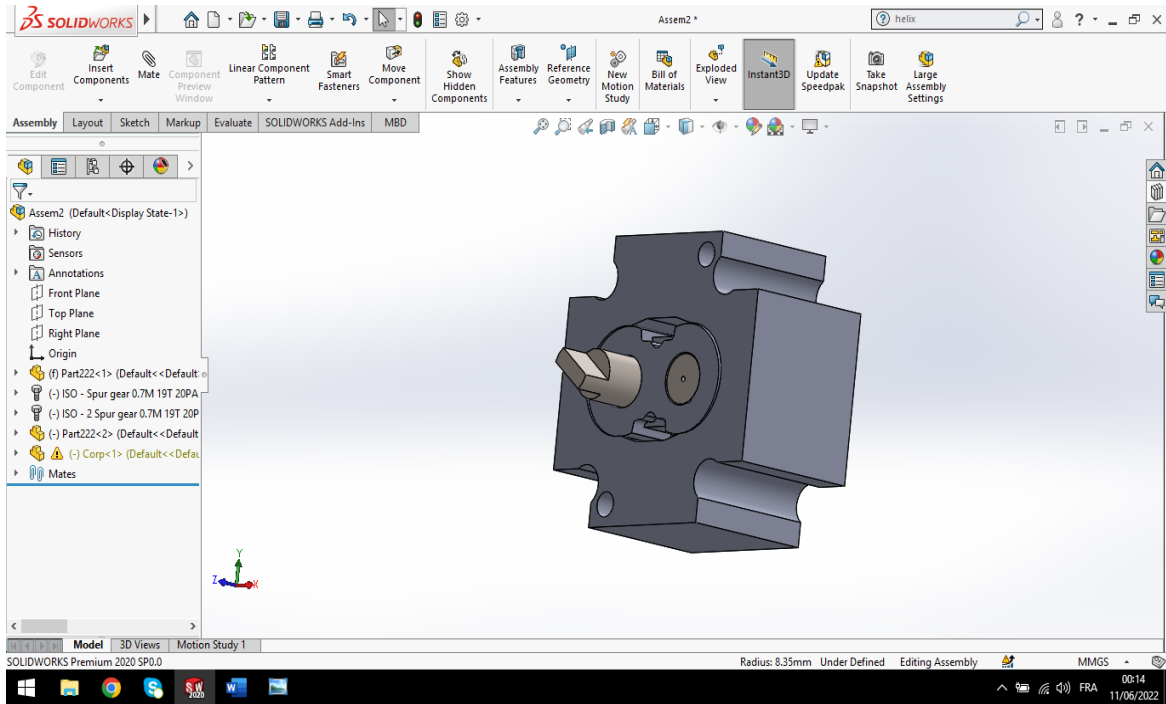


Figure III-20 Les pignons et les jumelles et le corps

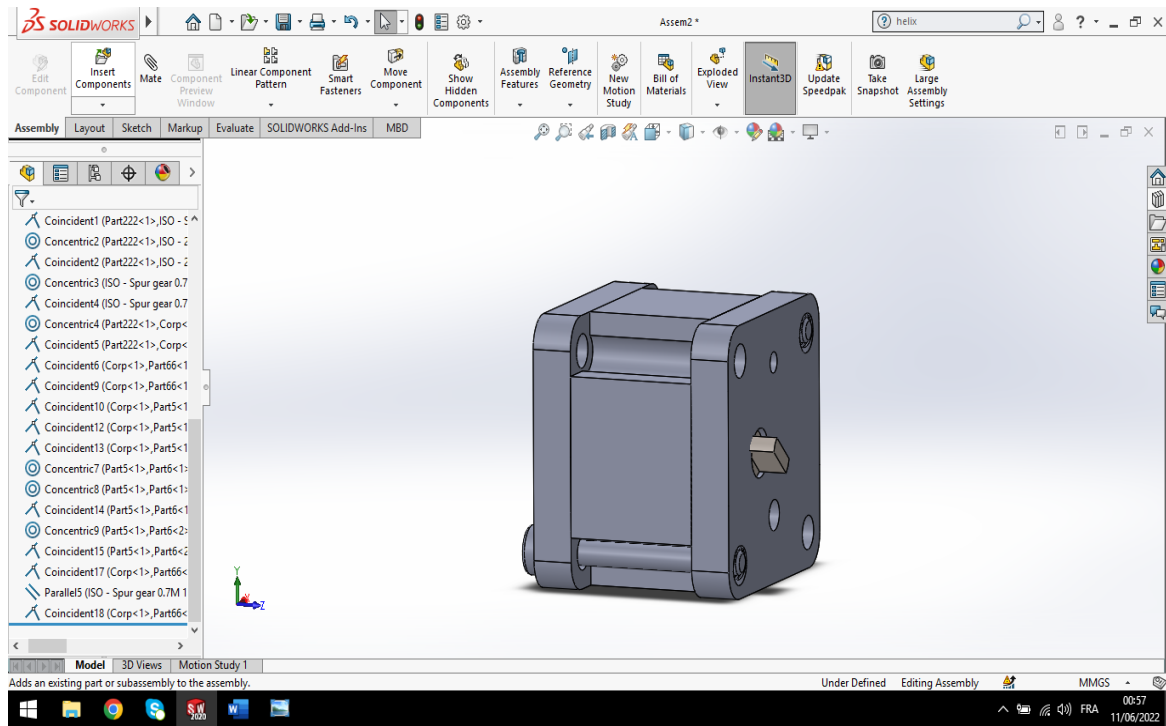


Figure III-21 L'assemblage de la pompe à engrenages exterior à dentures droites

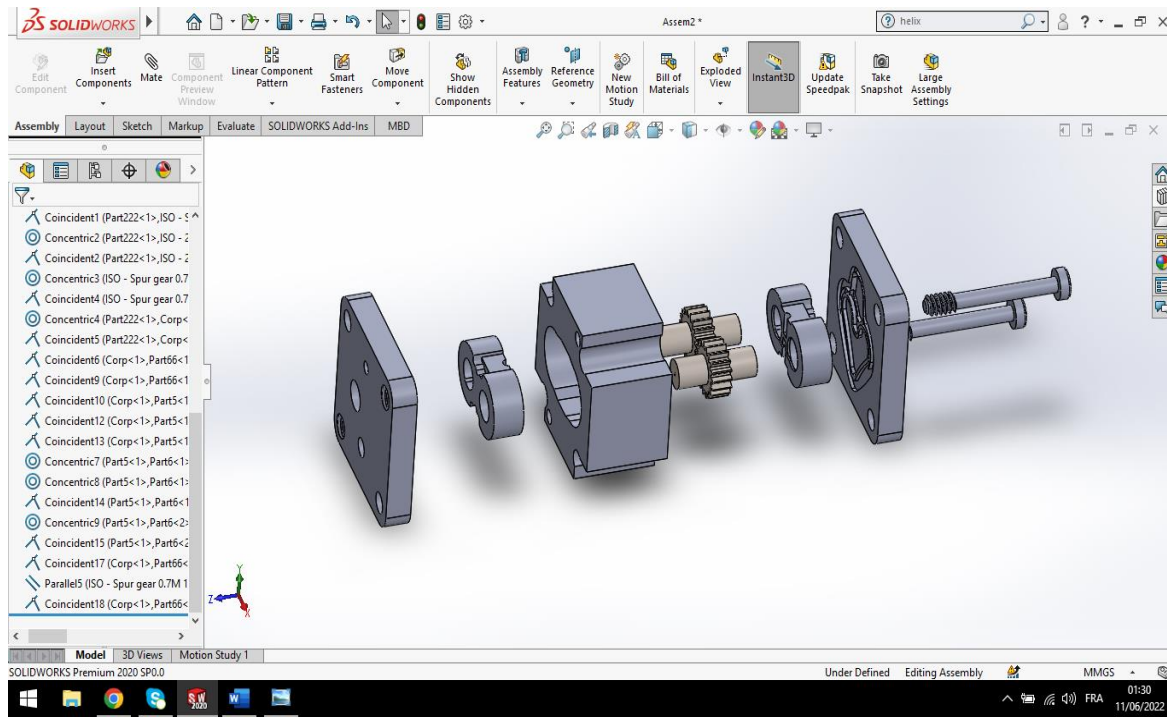


Figure III-22 Vue éclatée de la pompe

ChapitreIV :

Calcul de la puissance d'entraînement
de la pompe hydraulique

IV.1 Introduction :

- Après avoir étudié les boîtes de vitesses et leurs composants et déterminé le rôle de la pompe à huile et son impact sur l'efficacité de la boîte de vitesses, nous avons également dans notre étude identifié et étudié les types de pompes hydrauliques qui alimentent nos vies, car nous y avons consacré nos efforts. Attention à la pompe à huile utilisée dans le boîtier robotisé (DQ200), cette partie du travail est dédiée au calcul des caractéristiques de fonctionnement du boîtier de la pompe à engrenage externe et la puissance nécessaire pour assurer le fonctionnement de la pompe et génération de la haute pression à changer les rapports à l'intérieur de la boîte de vitesses, et ceci sur la base des formules théorique, afin de vérifier la valeur de rendement globale donnée par le constructeur $\eta_g = (82\% - 90\%)$.

IV.2 Calcule des caractéristiques du fonctionnement de la pompe hydraulique volumétrique à engrenages extérieur à dentures droites : [9]

Grandeur	Symbole	Expression
Cylindrée	Cyl	$Cyl = 2 \times Z \times \pi \times m^2 \times b$ Unités : $[m^3/tr]$, $[l/tr]$, $[cm^3/tr]$
Débit moyen théorique	$Qv_{moy - the}$	$Qv_{moy - the} = Cyl \times N$ Unités : $[m^3/s]$, $[l/s]$
Puissance mécanique	Pm	$Pm = Qv_{moy - the} \times \Delta P$ Pm : Puissance (W) ΔP : Pression (Pa) $Qv_{moy - the}$: Débit (m^3/s)
Puissance hydraulique	Ph	$Ph = \frac{Qv \times p}{60000}$ p : pression de refoulement (Pa) Qv : débit volumique (l/min) Ph : puissance hydraulique (W)

Rendement global	η_g	$\eta_g = \eta_{vol} \times \eta_{mec}$
------------------	----------	---

- Et tant donné qu'on a :

- $N_{min} = 450 \text{ tr/min}$
- $P_{min} = 40 \text{ Bar}$
- $P_{max} = 70 \text{ Bar}$
- $\eta_{vol} = 92 \%$
- $\eta_g = 82 \% - 90 \%$
- $Cyl = E \times h \times b \times \pi = 13.3 \times 10^{-2} \times 1.575 \times 10^{-2} \times 5.5 \times 10^{-2} \times 3.14 = 0.38 \text{ cm}^3$

L'utilisation du programme VCDS , et choix de la fonction lire les valeurs réelles Il nous a permis de connaître les valeurs de la vitesse de rotation du moteur de la pompe V401 et la pression produite en sortie de pompe , cela nous aide à calculer la puissance mécanique dans la plage de pression de service de 40 Bar à 70 Bar

$$P_e = 0.5 \text{ Bar} ; P_s = 40 \text{ Bar}$$

$$P_{mec} = Qv_{moy - the} \times \Delta P$$

Avec :

$$Qv_{moy - the} = Cyl \times N = E \times h \times b \times \pi \times N$$

$$\text{Entraxe} : E = \frac{m(Z1+Z2)}{2} = \frac{0.7 \times (19+19)}{2} = 13.3 \text{ mm}$$

$$\text{Hauteur de dent} : h = 2.25 \times m = 2.25 \times 0.7 = 1.575 \text{ mm}$$

- Pour $N = 450$ tr/min :

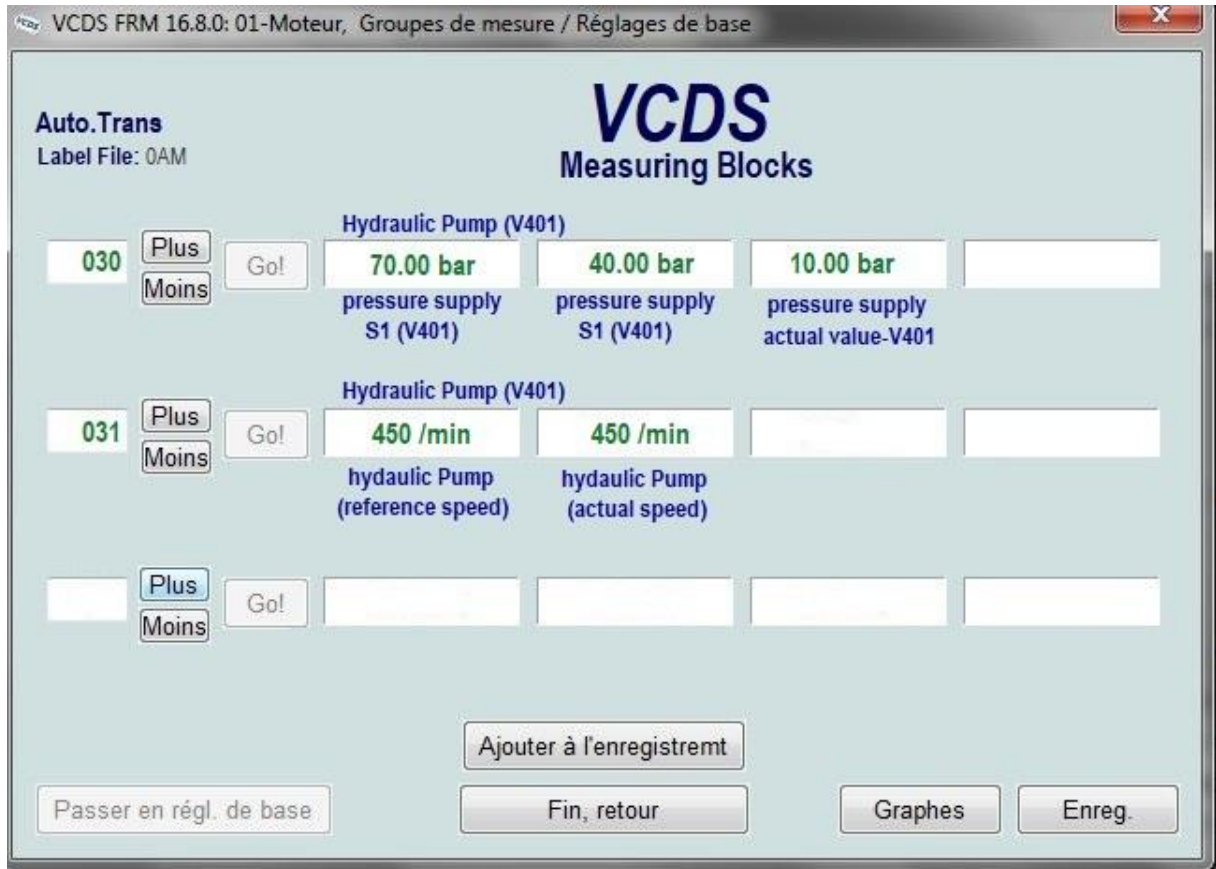


Figure IV.1 Les valeurs réel pour $N = 450$ tr/min

$$\Rightarrow Qv \text{ moy} - the = 13.3 \times 10^{-2} \times 1.575 \times 10^{-2} \times 5.5 \times 10^{-2} \times 3.14 \times 450$$

$$Qv \text{ moy} - the = 0.171 \text{ l/min}$$

$$P_{méc} = 3 \times 10^{-6} \times (10 - 0.5) \times 10^5 = 2.69$$

$$P_{méc} = 2.69 \text{ watt}$$

$$P_{hyd} = \frac{0.171 \times 10 \times 10^5}{60000} = 2.85$$

$$P_{hyd} = 2.85 \text{ watt}$$

$$\eta_g = \eta_{vol} \times \eta_{méc} \quad ; \quad \text{avec : } \eta_{méc} = \frac{Cyl \times \Delta P}{2\pi \times C}$$

$$P_m = Qv_{moy - the} \times \Delta P = C \times \omega \Rightarrow C = \frac{60 \times P_{méc}}{2 \times \pi \times N} = \frac{60 \times 2.69}{2 \times \pi \times 450} = 0.0628 \text{ N.m}$$

$$\Rightarrow \eta_{méc} = \frac{0.38 \times 10^{-6} \times (10 - 0.5) \times 10^5}{2 \times \pi \times 0.0628} = 0.94$$

$$\Rightarrow \eta_g = 0.92 \times 0.94 = 0.86$$

$$\eta_{g1} = 86\%$$

- Pour N = 700 tr/min :

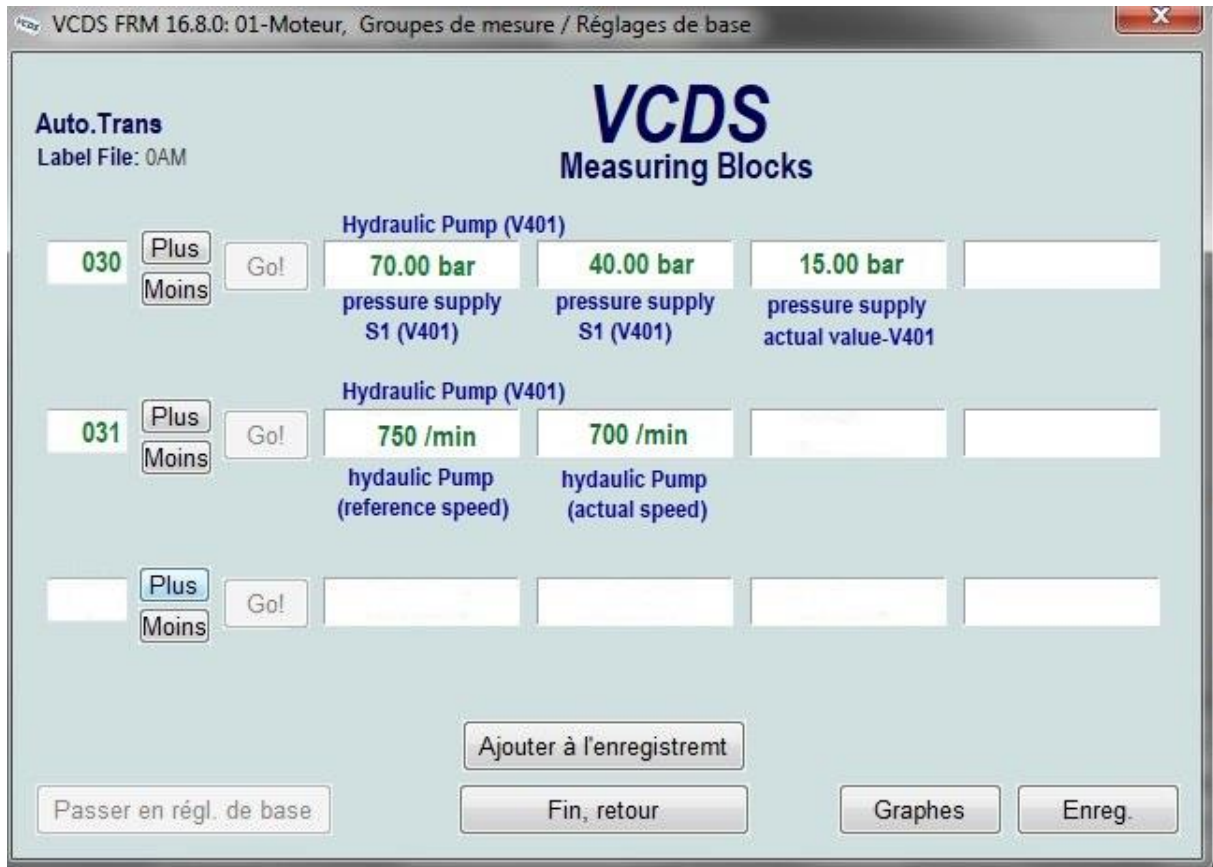


Figure IV.2 Les valeurs réel pour N= 700 tr/min

$$\Rightarrow Qv_{moy - the} = 13.3 \times 10^{-2} \times 1.575 \times 10^{-2} \times 5.5 \times 10^{-2} \times 3.14 \times 700$$

$$Qv_{moy - the} = 0.266 \text{ l/min}$$

$$P_{méc} = 4.79 \times 10^{-6} \times (15 - 0.5) \times 10^5 = 6.95$$

$$P_{méc} = 6.95 \text{ watt}$$

$$P_{hyd} = \frac{0.266 \times 15 \times 10^5}{60000} = 6.65$$

$$P_{hyd} = 6.65 \text{ watt}$$

$$\eta_g = \eta_{vol} \times \eta_{méc} \quad ; \quad \text{avec : } \eta_{méc} = \frac{C_{yl} \times \Delta P}{2\pi \times C}$$

$$P_m = Qv_{moy - the} \times \Delta P = C \times \omega \Rightarrow C = \frac{60 \times P_{méc}}{2\pi \times N} = \frac{60 \times 6.95}{2\pi \times 700} = 0.0948 \text{ N.m}$$

$$\Rightarrow \eta_{méc} = \frac{0.38 \times 10^{-6} \times (15 - 0.5) \times 10^5}{2\pi \times 0.0948} = 0.92$$

$$\Rightarrow \eta_g = 0.92 \times 0.92 = 0.86$$

$$\eta_g = 84\%$$

- Pour N = 1000 tr/min :

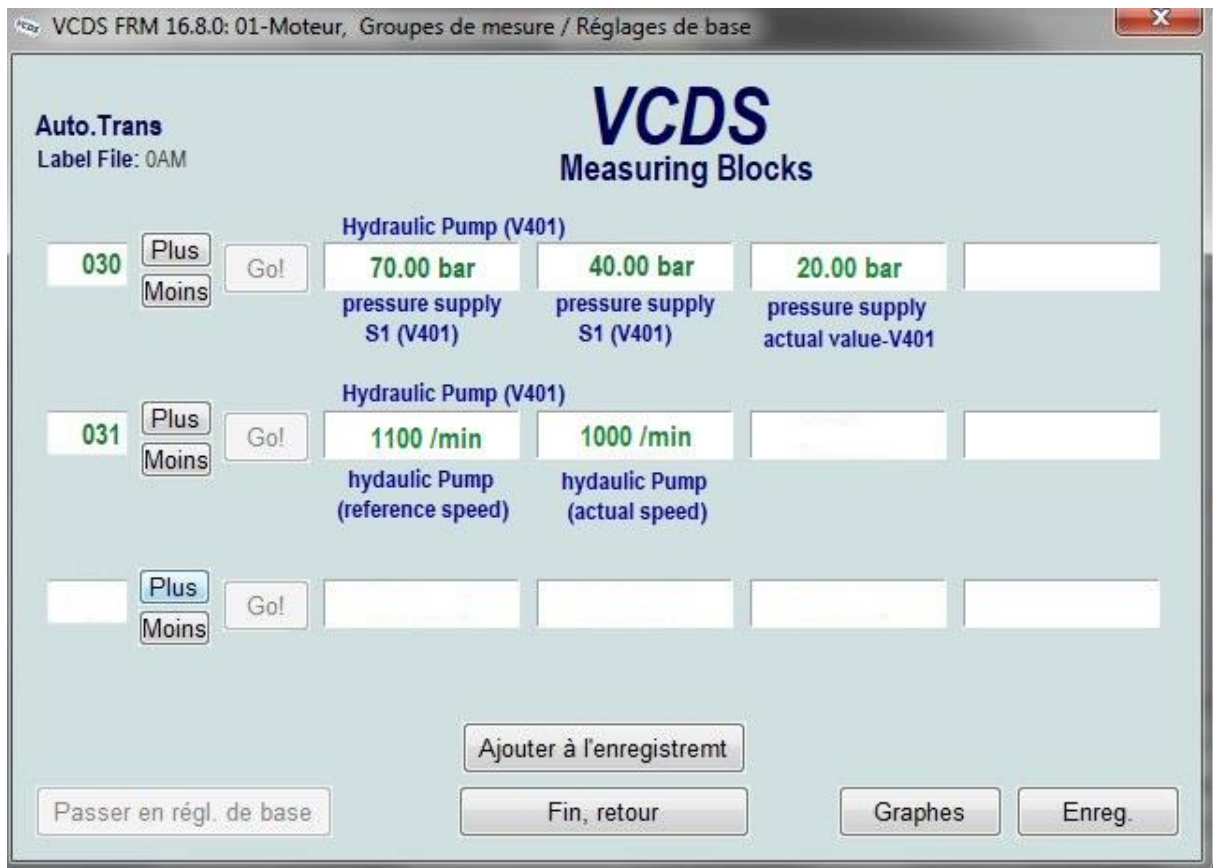


Figure IV.3 Les valeurs réel pour N= 1000 tr/min

$$\Rightarrow Qv_{moy - the} = 13.3 \times 10^{-2} \times 1.575 \times 10^{-2} \times 5.5 \times 10^{-2} \times 3.14 \times 1000$$

$$Qv_{moy - the} = 0.38 \text{ l/min}$$

$$P_{méc} = 6.33 \times 10^{-6} \times (20 - 0.5) \times 10^5 = 12.34$$

$$P_{méc} = 12.34 \text{ watt}$$

$$P_{hyd} = \frac{0.38 \times 20 \times 10^5}{60000} = 12.6$$

$$P_{hyd} = 12.6 \text{ watt}$$

$$\eta_g = \eta_{vol} \times \eta_{mec} \quad ; \quad \text{avec : } \eta_{mec} = \frac{Cyl \times \Delta P}{2\pi \times C}$$

$$P_{mec} = Qv_{moy - the} \times \Delta P = C \times \omega \Rightarrow C = \frac{60 \times P_{mec}}{2\pi \times N} = \frac{60 \times 12.34}{2\pi \times 1000} = 0.12 \text{ N.m}$$

$$\Rightarrow \eta_{mec} = \frac{0.38 \times 10^{-6} \times (20 - 0.5) \times 10^5}{2\pi \times 0.12} = 0.98$$

$$\Rightarrow \eta_g = 0.98 \times 0.92 = 0.86$$

$$\eta_g = 86\%$$

- Pour N = 1500 tr/min :

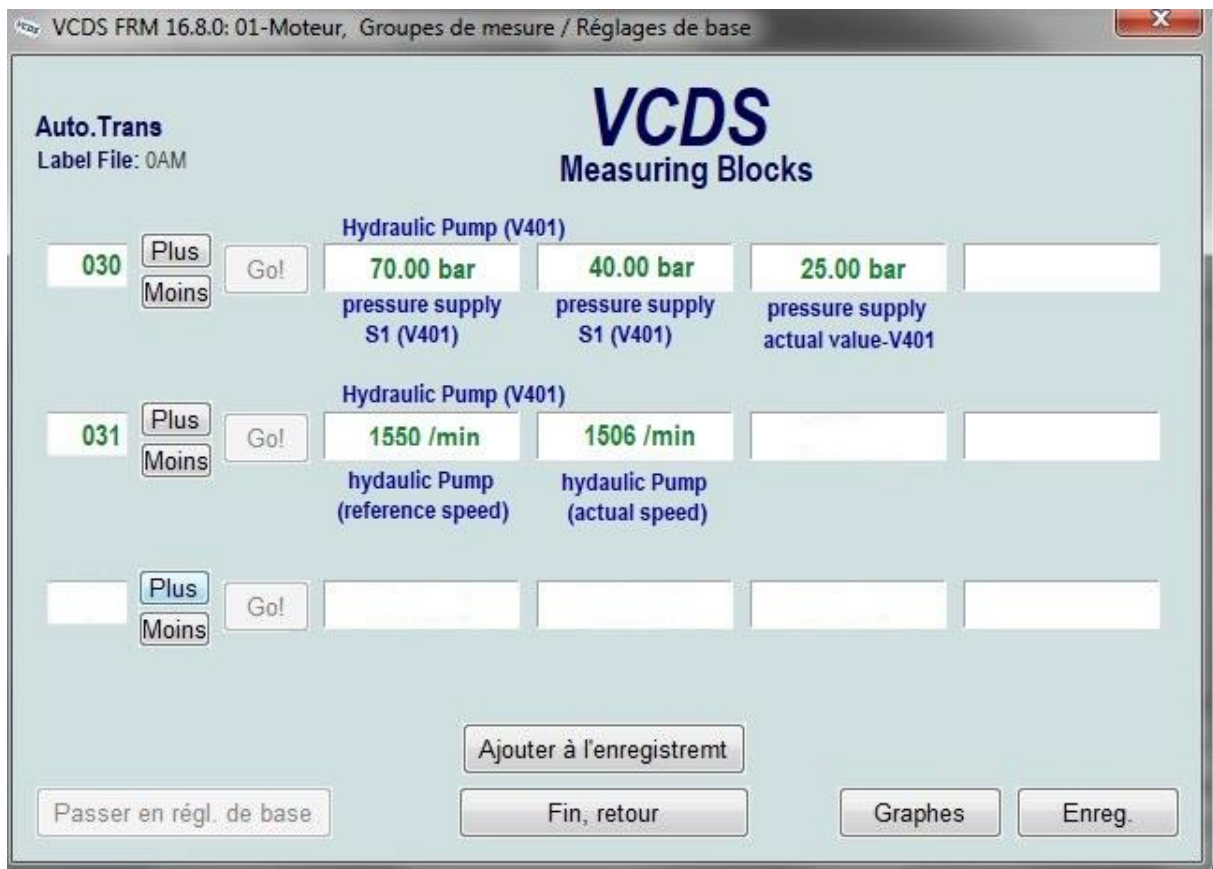


Figure IV.4 Les valeurs réel pour N= 1500 tr/min

$$\Rightarrow Qv_{moy - the} = 13.3 \times 10^{-2} \times 1.575 \times 10^{-2} \times 5.5 \times 10^{-2} \times 3.14 \times 1500$$

$$Qv_{moy - the} = 0.57 \text{ l/min}$$

$$P_{mec} = 10 \times 10^{-6} \times (25 - 0.5) \times 10^5 = 24.5$$

$$P_{méc} = 24.5 \text{ watt}$$

$$P_{hyd} = \frac{0.57 \times 25 \times 10^5}{60000} = 23.7$$

$$P_{hyd} = 23.7 \text{ watt}$$

$$\eta_g = \eta_{vol} \times \eta_{méc} \quad ; \quad \text{avec : } \eta_{méc} = \frac{Cyl \times \Delta P}{2\pi \times C}$$

$$P_{méc} = Qv_{moy} - the \times \Delta P = C \times \omega \Rightarrow C = \frac{60 \times P_{méc}}{2\pi \times N} = \frac{60 \times 24.5}{2\pi \times 1500} = 0.16 \text{ N.m}$$

$$\Rightarrow \eta_{méc} = \frac{0.38 \times 10^{-6} \times (25 - 0.5) \times 10^5}{2 \times \pi \times 0.16} = 0.93$$

$$\Rightarrow \eta_g = 0.93 \times 0.92 = 0.8556$$

$$\eta_g = 86\%$$

- Pour N = 2000 tr/min :

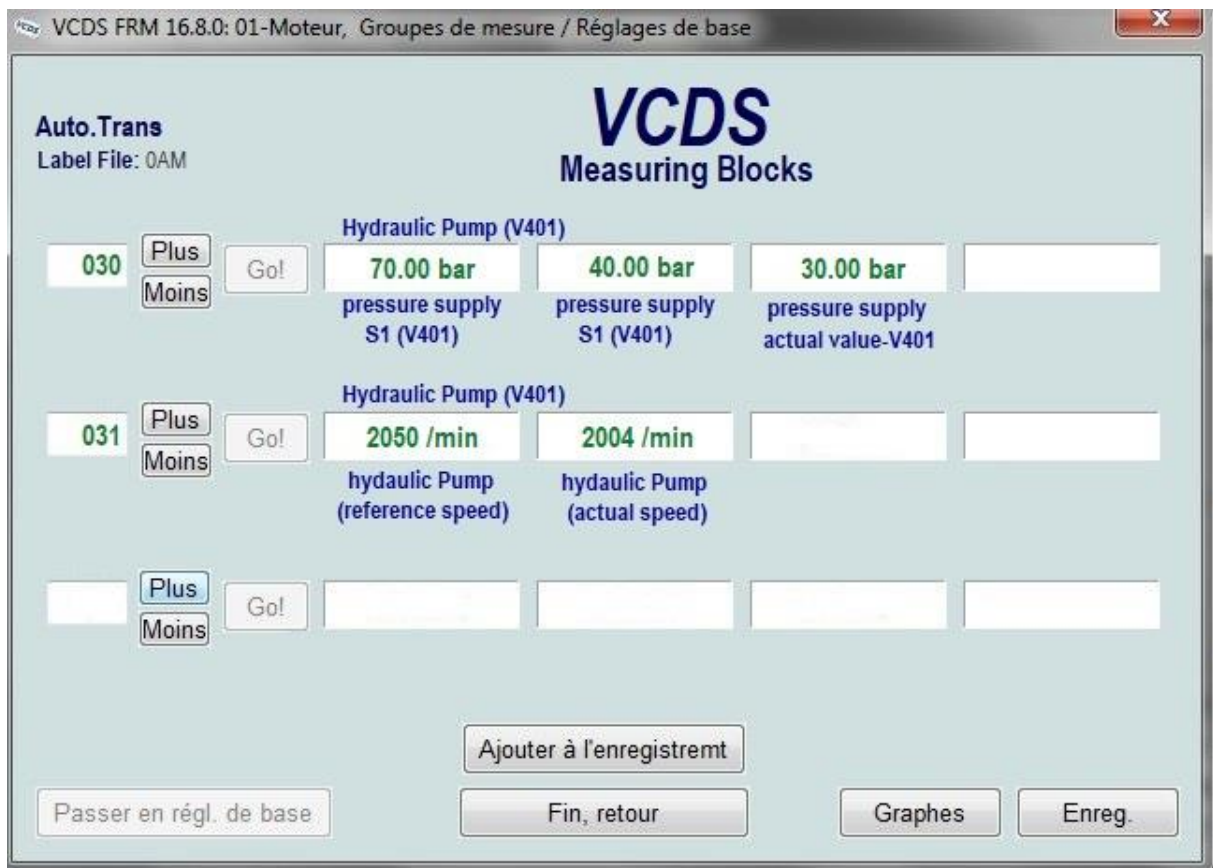


Figure IV.5 Les valeurs réel pour N= 2000 tr/min

$$\Rightarrow Qv \text{ moy} - the = 13.3 \times 10^{-2} \times 1.575 \times 10^{-2} \times 5.5 \times 10^{-2} \times 3.14 \times 2000$$

$$Qv \text{ moy} - the = 0.76 \text{ l/min}$$

$$P_{méc} = 1.266 \times 10^{-5} \times (30 - 0.5) \times 10^5 = 38.94$$

$$P_{méc} = 39 \text{ watt}$$

$$P_{hyd} = \frac{0.76 \times 30 \times 10^5}{60000} = 38$$

$$P_{hyd} = 38 \text{ watt}$$

$$\eta_g = \eta_{vol} \times \eta_{méc} \quad ; \quad \text{avec : } \eta_{méc} = \frac{Cyl \times \Delta P}{2\pi \times C}$$

$$P_{méc} = Qv \text{ moy} - the \times \Delta P = C \times \omega \Rightarrow C = \frac{60 \times P_{méc}}{2\pi \times N} = \frac{60 \times 39}{2\pi \times 2000} = 0.186 \text{ N.m}$$

$$\Rightarrow \eta_{méc} = \frac{0.38 \times 10^{-6} \times (30 - 0.5) \times 10^5}{2\pi \times 0.186} = 0.95$$

$$\Rightarrow \eta_g = 0.95 \times 0.92 = 0.87$$

$$\eta_g = 87\%$$

- Pour (N = 2200 tr/min) :

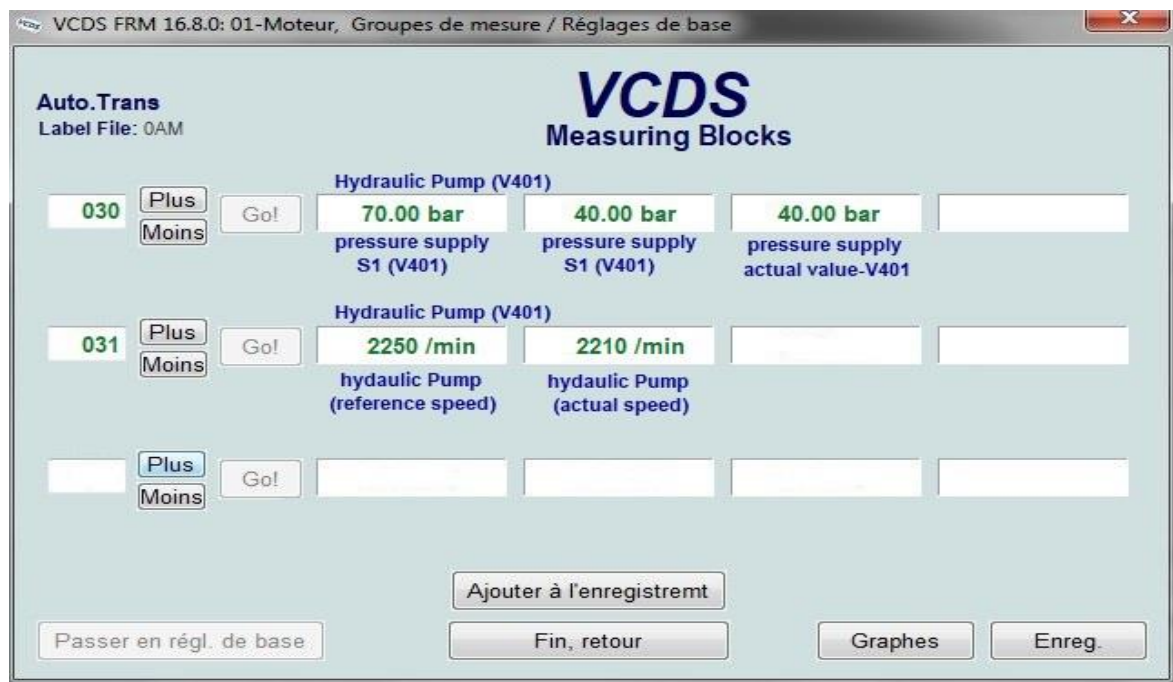


Figure IV.6 Les valeurs réel pour N= 2200 tr/min

$$\Rightarrow Qv \text{ moy} - the = 13.3 \times 10^{-2} \times 1.575 \times 10^{-2} \times 5.5 \times 10^{-2} \times 3.14 \times 2200$$

$$Qv \text{ moy} - the = 0.84 \text{ l/min}$$

$$\Rightarrow P_{méc} = 1.4 \times 10^{-5} \times (40 - 0.5) \times 10^5 = 55.3$$

$$P_{méc} = 55.3 \text{ watt}$$

$$P_{hyd} = \frac{Qv \text{ moy} - the \times P_s}{60000} = \frac{0.84 \times 40 \times 10^5}{60000} = 56$$

$$P_{hyd} = 56 \text{ watt}$$

$$\eta_g = \eta_{vol} \times \eta_{méc} \quad ; \quad \text{avec : } \eta_{méc} = \frac{Cyl \times \Delta P}{2\pi \times C}$$

$$P_{méc} = Qv \text{ moy} - the \times \Delta P = C \times \omega \Rightarrow C = \frac{60 \times P_{méc}}{2\pi \times N} = \frac{60 \times 55.3}{2\pi \times 2200} = 0.24 \text{ N.m}$$

$$\Rightarrow \eta_{méc} = \frac{0.38 \times 10^{-6} \times (40 - 0.5) \times 10^5}{2 \times \pi \times 0.24} = 0.98$$

$$\Rightarrow \eta_g = 0.98 \times 0.92 = 0.87$$

$$\eta_g = 90\%$$

- Pour (N = 2600 tr/min) :

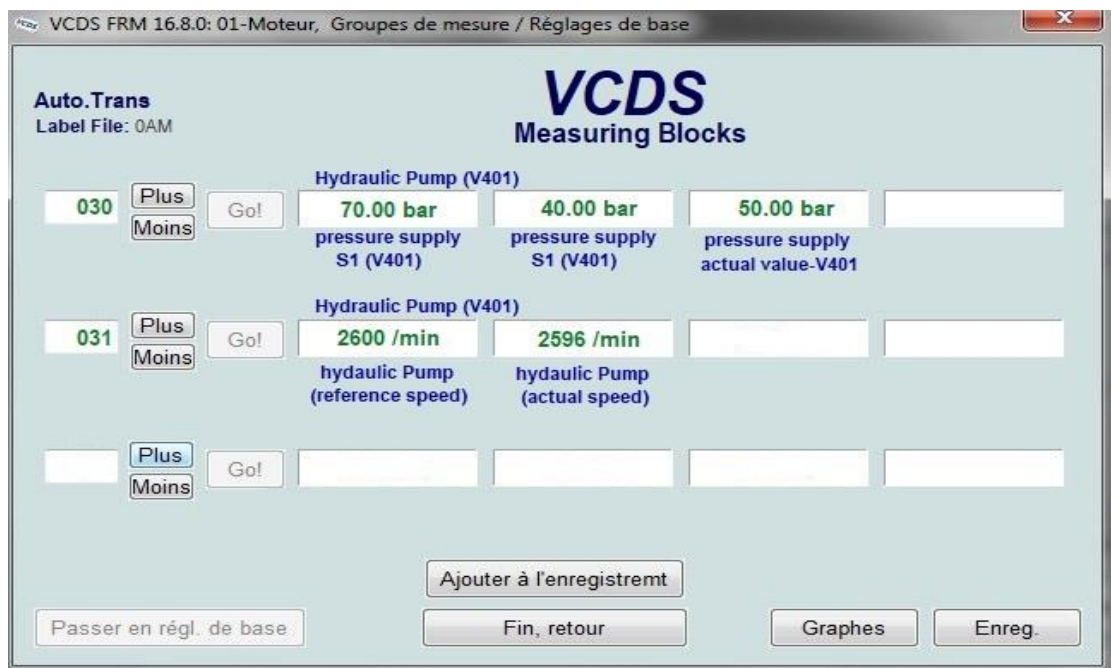


Figure IV.7 Les valeurs réel pour N= 2600 tr/min

$P_e = 0.4 \text{ Bar} ; P_s = 50 \text{ Bar}$

$Q_{v \text{ moy } - the} = 0.38 \times 10^{-3} \times 2600 = 0.988 \text{ l/min}$

$P_{méc} = 1.7 \times 10^{-5} \times (50 - 0.5) \times 10^5 = 84$

$P_{méc} = 84 \text{ watt}$

$P_{hyd} = \frac{0.98 \times 50 \times 10^5}{60000} = 81$

$P_{hyd} = 81 \text{ watt}$

$\eta_g = \eta_{vol} \times \eta_{méc} ; \text{ avec : } \eta_{méc} = \frac{Cyl \times \Delta P}{2\pi \times C}$

$P_{méc} = Q_{v \text{ moy } - the} \times \Delta P = C \times \omega \Rightarrow C = \frac{60 \times P_{méc}}{2 \times \pi \times N} = \frac{60 \times 84}{2 \times \pi \times 2600} = 0.31 \text{ N.m}$

$\Rightarrow \eta_{méc} = \frac{0.38 \times 10^{-6} \times (50 - 0.5) \times 10^5}{2 \times \pi \times 0.31} = 0.96$

$\Rightarrow \eta_g = 0.96 \times 0.92 = 0.87$

$\eta_g = 88\%$

- Pour (N = 2800 tr/min) :

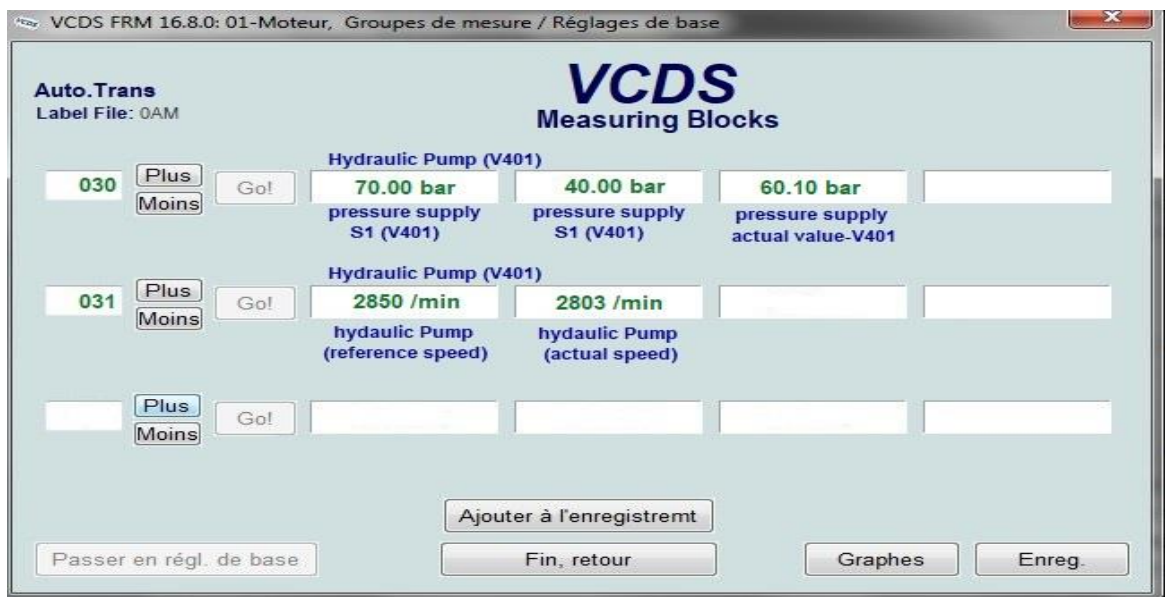


Figure IV.8 Les valeurs réel pour N= 2800 tr/min

$P_e = 0.3 \text{ Bar} ; P_s = 60 \text{ Bar}$

$Q_{v \text{ moy} - the} = 0.38 \times 10^{-3} \times 2800 = 1.064 \text{ l/min}$

$P_{méc} = 1.8 \times 10^{-5} \times (60 - 0.5) \times 10^5 = 107$

$P_{méc} = 107 \text{ watt}$

$P_{hyd} = \frac{1.064 \times 60 \times 10^5}{60000} = 106$

$P_{hyd} = 106 \text{ watt}$

$\eta_g = \eta_{vol} \times \eta_{méc} ; \text{ avec : } \eta_{méc} = \frac{Cyl \times \Delta P}{2\pi \times C}$

$P_{méd} = Q_{v \text{ moy} - the} \times \Delta P = C \times \omega \Rightarrow C = \frac{60 \times P_{méc}}{2 \times \pi \times N} = \frac{60 \times 107}{2 \times \pi \times 2800} = 0.375 \text{ N.m}$

$\Rightarrow \eta_{méc} = \frac{0.38 \times 10^{-6} \times (60 - 0.5) \times 10^5}{2 \times \pi \times 0.375} = 0.96$

$\Rightarrow \eta_g = 0.96 \times 0.92 = 0.87$

$\eta_g = 88\%$

- Pour (N = 3200 tr/min) :

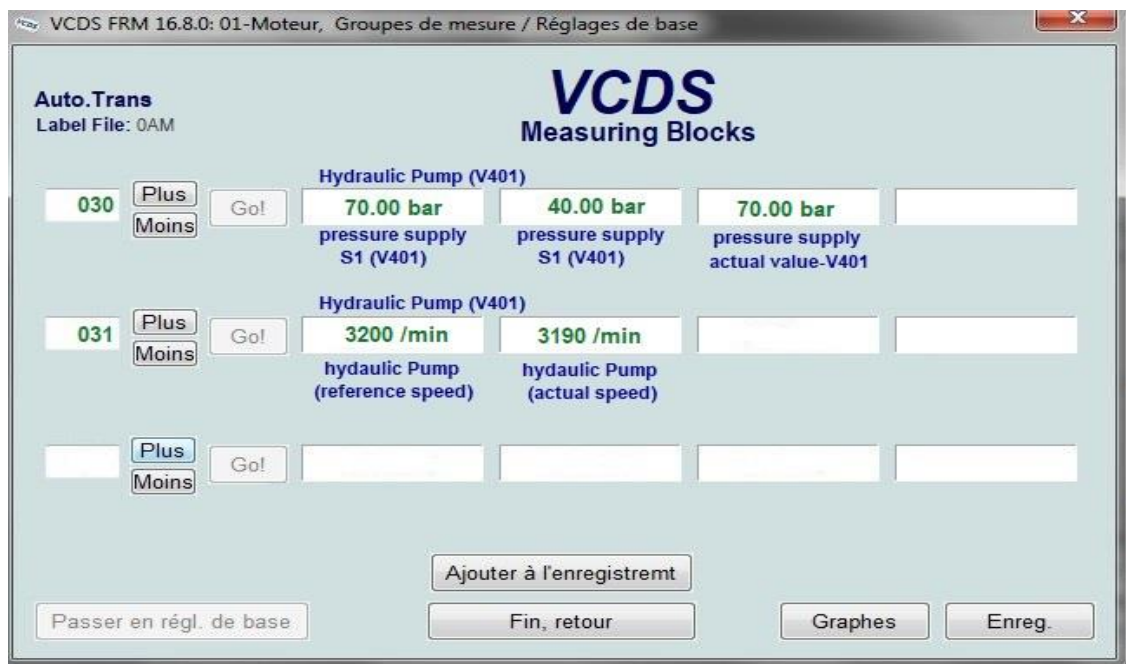


Figure IV.9 Les valeurs réel pour N= 3200 tr/min

$$P_e = 0.2 \text{ Bar} ; P_s = 70 \text{ Bar}$$

$$Q_{v \text{ moy} - the} = 0.38 \times 10^{-3} \times 3200 = 1.22 \text{ l/min}$$

$$P_{méc} = 2.033 \times 10^{-5} \times (70 - 0.5) \times 10^5 = 141$$

$$P_{méc} = 141 \text{ watt}$$

$$P_{hyd} = \frac{1.22 \times 70 \times 10^5}{60000} = 142$$

$$P_{hyd} = 142 \text{ watt}$$

$$\eta_g = \eta_{vol} \times \eta_{méc} ; \text{ avec : } \eta_{méc} = \frac{C_{yl} \times \Delta P}{2\pi \times C}$$

$$P_{méc} = Q_{v \text{ moy} - the} \times \Delta P = C \times \omega \Rightarrow C = \frac{60 \times P_{méc}}{2\pi \times N} = \frac{60 \times 141}{2\pi \times 3200} = 0.42 \text{ N.m}$$

$$\Rightarrow \eta_{méc} = \frac{0.38 \times 10^{-6} \times (70 - 0.5) \times 10^5}{2\pi \times 0.42} = 0.96$$

$$\Rightarrow \eta_g = 0.99 \times 0.92 = 0.91$$

$$\eta_g = 91.6\%$$

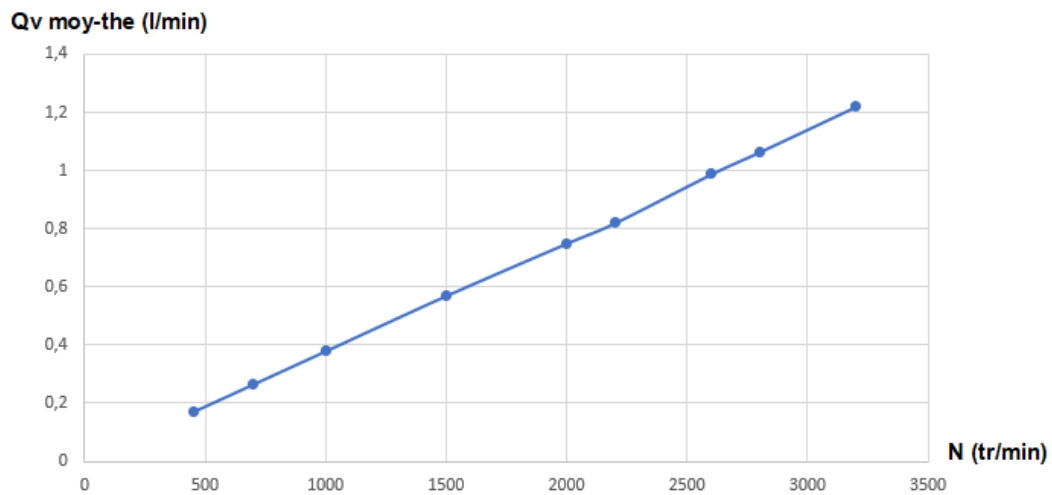


Figure IV.10 La variation du débit volumétrique en fonction de la vitesse de rotation

Commentaire :

On voit que le débit volumétrique augmente avec l'augmentation de la rotation de l'arbre de pignon menant d'entraînement par le moteur de la pompe V401. On note également que l'augmentation du débit n'est pas une augmentation significative, et cela est dû à la nature de l'huile utilisée en mécatronique, la surface des conduites d'huile en mécatronique est très petite, et n'oublions pas que le volume d'huile utilisé en mécatronique est 1,0 litre.

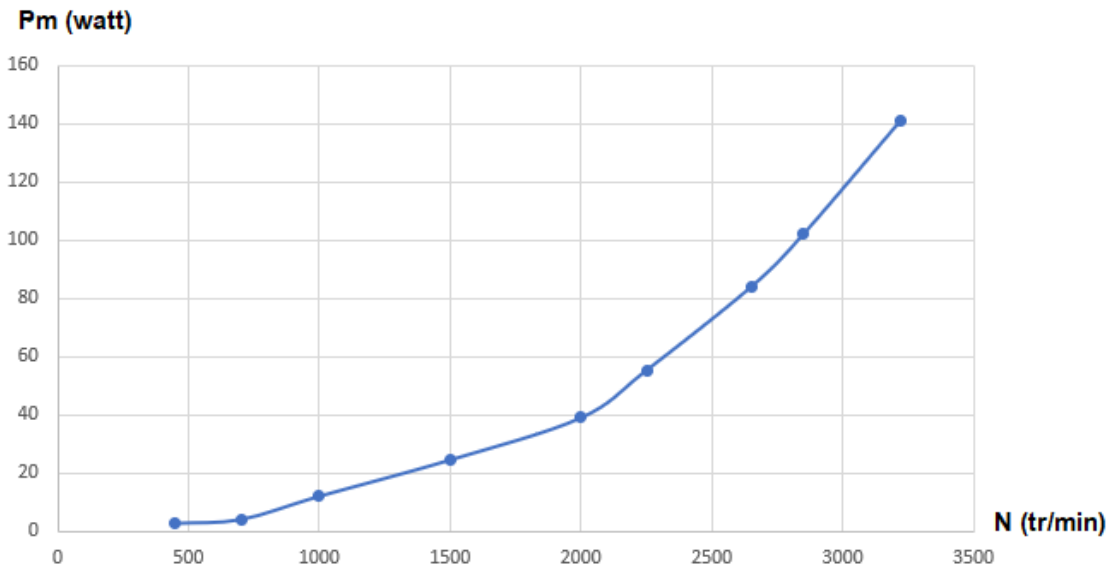


Figure IV.11 La variation de la puissance mécanique en fonction de la vitesse de rotation

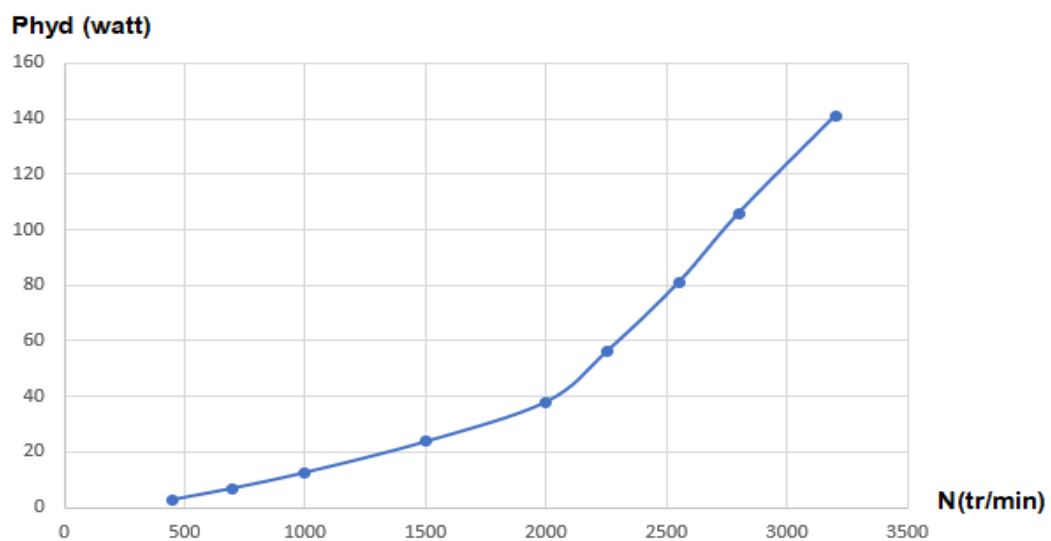


Figure IV.12 La variation de la puissance hydraulique en fonction de la vitesse de rotation

Commentaire :

Les figures **IV.12** et **IV.11** sont des courbes des puissances mécanique et hydraulique , les puissances sont très proches, et c'est ce qui rend le rendement globale élevé, et cela permet aussi de faire monter rapidement la valeur de la pression de service au niveau de la pompe pour une réponse rapide lors de la conduite dans tous les modes.

Commentaire sur la variation de pression :

Notre étude a été réalisée dans une plage de pression de service de 40 bar à 70 bar .

En effet, si la pression requise est inférieure à 40 bar, le système ne répond pas et les rapports ne changent pas pour cela doter la mécanique par un accumulateur de pression sa capacité de stockage est de 0,2 litre en cas de dysfonctionnement du moteur de la pompe V401 ou de la pompe et lorsque la pompe hydraulique est désactivée , et si la pression est supérieure à 70 bar, cela présente également un danger pour la boîte de vitesses, et pour cette raison, des électrovannes de de régulation de pression ont été utilisées dans la mécanique pour évacuation de la surpression, fonctionnement du moteur de la pompe comme nous l'avons mentionné précédemment, au cas où la pression descendrait en dessous de 40 bars, et l'ouverture des électrovannes de régulation de pression ne peuvent se faire que par le calculateur de la boîte de vitesses, qui régule la pression par l'information d'un transmetteur de pression hydraulique.

Conclusion générale

Bibliographie

Dans le premier chapitre nous avons commencé par expliquer les trois grandes préoccupations de la conception automobile actuelle : la diminution de la pollution, la réduction de la consommation et l'amélioration de l'agrément de conduite. L'accent a été mis sur la recherche du point optimal d'équilibre de ces trois objectifs qui est devenu le principal générateur d'idées et de nouvelles technologies.

Ces efforts ont été regroupés en deux tendances : augmenter l'efficacité du moteur ou augmenter l'efficacité de la transmission. Une proposition de classification des transmissions a été présentée pour aboutir à la boîte de vitesses automatique et à son système hydraulique de commande.

Notre étude s'est alors centrée sur la pompe hydraulique à engrenage extérieure à dentures droites qui constitue la source de pression des systèmes de pilotage électrohydrauliques de boîte de vitesses robotisée.

Dans le deuxième chapitre nous avons défini les points suivants :

- Les différents types des pompes
- La pompe à huile pour boîte de vitesses robotisée DSG (DQ200).

Dans troisième chapitre nous avons étudié la pompe à huile en profondeur en termes de conception, de principe de fonctionnement et de ses composants. Cette étude nous a permis de comprendre le rôle de la pompe à huile dans la boîte de vitesses moderne et nous a également permis d'identifier les aspects géométriques de la pompe et afin de la concevoir sur le programme SOLIDWORKS.

Le quatrième chapitre est consacré au calcul des caractéristiques du fonctionnement de la pompe étudiée. Nous extrayons de ce chapitre les valeurs de la puissance consommée par la pompe à huile pour produire la haute pression nécessaire au bon fonctionnement de la boîte de vitesses. Nous en avons déduit également les caractéristiques hydrauliques de la pompe. En outre dans ce chapitre nous avons pu comparé les valeurs des rendements globaux trouvés par le calcul à différentes vitesses de rotation du moteur électrique d'entraînement de la pompe (η_{g1} , η_{g2} , η_{g3} , η_{g4} , η_{g5} , η_{g6} , η_{g7} , η_{g8} , η_{g9}) à celle donnée par le constructeur. Les valeurs sont très proches avec une légère différence qui est due aux erreurs de mesure.

En conclusion générale la pompe à huile est très efficace malgré sa petite cylindrée et son débit moyen .

Bibliographie

Bibliographie

- [1] VELAZQUEZ–CARRILLO Gerardo, A. "PROTOTYPAGE VIRTUEL DE BOITES DE VITESSES AUTOMATIQUES–APPLICATION À UNE POMPE À PALETTES À CYLINDRÉE VARIABLE."
- [2] ARFAOUI, A. B. (s.d.). La dépollution de la moteur . 2022. FRMADIESEL, BISKRA-ALGERIA.
- [3] VOLKSWAGEN AG, W. (2007, Decembre). *SSP 20 Boîte de vitesses automatique.*
- [4] www.FICHES-AUTO.fr/ FICHES-AUTO.fr. (2021, Décembre 20).
- [5] docteur-bva. (2021, AOUT 10). *docteur-bva.com.*
- [6] VOLKSWAGEN AG, W. (2021, AOUT 9). *SSP 390 - La boîte DSG à double embrayage à 7 rapports 0AM.*
- [7] Ismail, K., & Khattab Redouane . (2018-2019). *Etude, Conception et simulation.* Ouargla: UNIVERSITE DE KASDI MERBAH.
- [8] univ-oeb. (s.d.). Thèse. *CHAPITRE I LES POMPES.* univ-oeb.
- [9] MELAOUHI, J. (2016, Septembre 12). Récupéré sur melaouhijamel/home.
- [10] dienerprecisionpumps.com. PUMPS, D. P. (2022, 03 14).
- [11] www.vapeuretmodelesavapeur.com. (2013, 10 22).
- [12] AICHA, Z. *Conception et fabrication d'une pompe à engrenage.* ANNABA: UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA (2016/2017).
- [13] www.maxicours.com .(2022,05 3).
- [14]] www.Scribd.com /Aek, Z. (2017, 09 04). *Métrie – utilisation du pied à coulisse.*

ملخص :

يتعلق العمل المقدم في هذه الأطروحة بمجموعة نقل الحركة في السيارات. على وجه الخصوص ، يتعلق الأمر بدراسة المضخة ذات التروس الخارجية ذات الأسنان المستقيمة ، والتي تشكل مصدر الضغط لأنظمة التحكم الكهروهيدروليكي لصناديق التروس الآلية.

طبقت الدراسة على مثال مضخة ناقل الحركة (DSG (DQ200) بسبع سرعات ، أهم النقاط تتعلق أولاً وقبل كل شيء بدراسة المضخة ذات التروس الخارجية ذات الأسنان المستقيمة وتصميم المضخة.

يتعلق الجزء الأخير من العمل بالدراسة التفصيلية لخصائص تشغيل المضخة ومقارنة قيمة المردود الإجمالي المحسوب مع قيمة المردود الإجمالي الذي قدمته الشركة المصنعة.

Résumé

Le travail présenté dans ce mémoire concerne du groupe motopropulseur des automobiles. Il s'agit en particulier d'étudier une pompe à engrenages extérieurs à dentures droite, qui constitue la source de pression des systèmes de pilotage électrohydrauliques des boîtes de vitesses robotisée .

L'étude appliquée à l'exemple d'une pompe de boîte de vitesses robotisée DSG (DQ200) à sept rapports, les points plus importantes portent en premier lieu sur l'étude de la pompe à engrenages extérieurs à dentures droite et la conception de la pompe .

La dernière partie des travaux porte sur l'étude détaillée des des caractéristiques du fonctionnement de la pompe et la comparaison de la valeur du rendement global calculé avec la valeur du rendement global donnée par le constructeur.

Abstract

The work presented in this thesis concerns the powertrain of automobiles. In particular, it is a question of studying a pump with external gears with straight teeth, which constitutes the source of pressure for the electrohydraulic control systems of robotized gearboxes.

The study applied to the example of a seven-speed DSG (DQ200) robotized gearbox pump, the most important points concern first of all the study of the pump with external gears with spur teeth and the design of the pump. The last part of the work concerns the detailed study of the operating characteristics of the pump and the comparison of the value of the overall efficiency calculated with the value of the overall efficiency given by the manufacturer.