



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abou-bekr Belkaid Tlemcen

Faculté de Technologie

Département de Génie Mécanique



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER
Sciences et technologies

Option : Maintenance Industrielle

Thème

Etude du circuit hydraulique d'un bulldozer
D8N

Présenté par :

TOUAHRI Mohammed Yassine

Devant le jury:

M BENACHOUR Mustapha	Président	M C A	U A B Tlemcen
M MAMI Elias Fouad	Examineur	M A A	U A B Tlemcen
M KARA ALI Djamel	Examineur	M C B	U A B Tlemcen
M SAOULI Habib	Encadreur	Dir Ress Mat	S.T.A.A.R
M SEBAA Fethi	Co-Encadreur	M C A	U A B Tlemcen

Année universitaire: 2014 – 2015

Remerciements

Avant toute chose, je remercie Dieu, le tout puissant, pour m'avoir donné la force et la patience.

J'exprime d'abord mes profonds remerciements et ma vive connaissance à M. SAOULI H., pour avoir encadré et dirigé ce travail avec une grande rigueur scientifique, sa disponibilité, ses conseils et la confiance qu'il m'accordé m'ont permet de réaliser ce travail.

Je tiens à exprimer également toute ma gratitude à M. SEBAA F., pour sa disponibilité et ses conseils précieux et ses soutiens.

J'adresse mes sincères remerciements à M. BENACHOUR M., Maître d'avoir accepté de présider le jury.

J'exprime mes vifs remerciements à M .MAMI E.F., et M. KARA ALI D. pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'examiner ce mémoire.

Je remercie la société S.T.A.R.R d'avoir accepté de mener ce projet de fin d'études et d'avoir retenu ma candidature.

Je remercie vivement M. AISSOUF A.R et les équipes de chantier qui m'ont très bien accueilli, qui m'ont appris les techniques de leur métier et avec lesquelles j'ai pu travaillé dans des conditions favorables.

Mes sentiments de reconnaissances et mes remerciements vont également à l'encontre de toute personne ayant participé de près ou de loin, directement ou indirectement à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce travail

A ma très chère mère Dalila

Tu es l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Puisse Dieu, le tout puissant, te préserver et t'accorder santé, longue vie et bonheur. Je ne peux exprimer à travers ses lignes tous mes sentiments d'amour et de tendresse envers toi.

A Mon père, Mohammed seghir

Qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

A toute ma famille

Avec toute mon estime, affection et respect, je vous souhaite santé, bonheur et prospérité.

A tous mes Amis

Veillez accepter l'expression de mon amour, ma gratitude pour votre amitié, compréhension et encouragements. Je vous souhaite beaucoup de réussite, de bonheur et prospérité.

A tous ceux ou celles qui me sont chers et que j'ai omis involontairement de citer.

A tous mes enseignants.

A tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Résumé

Afin d'approfondir nos connaissances relatives au fonctionnement du circuit hydraulique de transmission d'un tracteur à chaîne D8N Caterpillar ; nous nous sommes rapproché de la société STARR où Nous avons pu étudier finement le fonctionnement de ce traceur.

Pour cela nous nous sommes intéressés tout d'abord aux matériels des travaux publics de terrassement et de revêtement puis au fonctionnement de chaque organe dans le circuit de transmission d'un tracteur à chaîne D8N ; nous avons été amené à faire un test au niveau des vérins puis à prendre les pressions au niveau de chaque organe du circuit ensuite à comparer les valeurs pratiques obtenues avec celles données par le constructeur, et c'est à partir de ces résultats que nous pouvons suggérer des solutions pour l'amélioration du fonctionnement du circuit hydraulique de transmission.

Summary

In order to look further into our knowledge relating to the functioning of the hydraulic system of transmission of a chain tractor Caterpillar D8N; we approached the STARR company or it has been finely study the functioning of this tracer.

For this, we first of all interested in the material public earthworks and then coating the functioning of every organ in the transmission system of a tractor D8N chain; we were led to a test in the cylinders and then to take the pressure in each organ of the circuit then compare the practical values obtained with those given by the manufacturer, and it is from these results we can suggest solutions for improving the operation of the hydraulic transmission circuit.

ملخص

من أجل تعميق معلوماتنا في أداء الدارة الهيدروليكية لنقل الحركة بجرار بسلسلة من نوع N8D كاتربيلر قمنا بدراسة دقيقة لطريقة عمل هذا الجرار في شركة STAAR .

يتضمن عملنا لمحة عامة عن معدات أشغال العامة للحفر ونقل التراب كما يتم توضيح كيفية تشغيل معدات التوجيه الهيدروليكي والدوران لجرار بسلسلة من نوع N8D كاتربيلر . ووظيفة كل عضو في سلسلة الدارة الهيدروليكية.

من اجل ذلك قمنا بإجراء اختبار تطبيقي في النظام الهيدروليكي وتعيين مقارنة بين القيم التي تم الحصول عليها مع تلك القيم النظرية التي يقدمها الصان. ومن النتائج المتحصل عليها يمكننا ان نقترح عدة حلول لتحسين عمل اداء الدارة الهيدروليكية لنقل الحركة.

LISTE DES FIGURES

Chapitre I

Figure I.1 : Bull sur chaînes	1
Figure I.2: Bull sur pneus	1
Figure I.3 : Chargeur à pneus	2
Figure I.4 : Chargeur sur chenilles	2
Figure I.5 : Dècapeuse poussé par un bull	3
Figure 1.6 : Niveleuse (la lame avant)	3
Figure 1.7 : Pelle équipée en rétro	4
Figure I.8 : pelle équipée en butte	4
Figure 1.9 : Tombereaux rigides	5
Figure 1.10 : Tombereaux articulé	5
Figure I.11 : Compacteur sur pneumatiques	6
Figure I.12 : Compacteur vibrant à double cylindre	6
Figure I.13 : Compacteur vibrant monocylindre	7
Figure I.14 : Compacteur vibrant à pieds dameurs	7
Figure I.15 : Fraiseuse	8
Figure I.16 : Malaxeur	8
Figure I.17 : Finisseur	9

Chapitre II

Figure II.1 : Poste de conduite	10
Figure II.2 : Tableau de bord	10
Figure II.3 : Siège de conducteur	11
Figure II.4 : Commande d'équipement	11
Figure II.5 : Levier de commande	12
Figure II.6 : Commande des freins et de décélération	12

Figure II.7 : Moteur 3406E	13
Figure II.8 : Circuit de refroidissement AMOCS	13
Figure II.9 : Dimension de tracteur D8N	14
Figure II.10 : Lame de tracteur D8N	15
Figure II.11 : Différents types des lames	15
Figure II.12 : Ripper mono-dent	17
Figure II.13 : Ripper multi-dents	17
Figure II.14 : Train de roulement	18

Chapitre III

Figure III.1: Fonctionnement d'une pompe a palette	20
Figure III.2: Fonctionnement d'une pompe à pistons radiaux	21
Figure III.3 : A : Pompe est en position neutre.	22
B: Pompe est en cylindrée maximale	
Figure III.4 : Fonctionnement d'un moteur à engrenages.	23
Figure III.5 : Fonctionnement d'un moteur à pistons radiaux.	23
Figure III.6 : Capet de retenue non piloté	24
Figure III.7 : Clapet de retenue piloté	25
Figure III.8: Distributeur à clapet commande électrique	26
Figure III.9 : Distributeur à clapet commande manuel	26
Figure III.10 : Distributeurs à tiroir	27
Figure III.11 : Distributeur piloté	28
Figure III.12: Fonctionnement d'un accumulateur oléopneumatique.	28
Figure III.13 : Fonctionnement du vérin hydraulique simple effet.	29
Figure III.14 : Fonctionnement du vérin hydraulique double effet.	30

Chapitre IV

Figure IV.1 : Schéma de la chaîne cinématique d'un bulldozer D8N	36
Figure IV.2 : Transmission d'un bulldozer D8N	37
Figure IV.3 : Boîte à vitesse Power shift	38
Figure IV.4: Boîte à vitesse (position neutre)	39
Figure IV.5: Embrayages	40
Figure III.6 : Section d'embrayage	41
Figure IV.7 : Composants de convertisseur de couple	42
Figure IV.8: Schéma technique du circuit hydraulique de transmission	43
Figure IV.9 : Pompe de transmission	45
Figure IV.10 : Filtre à huile	46
Figure IV.11 : Reniflard	47
Figure IV.12 : Refroidisseur d'huile	47
Figure IV.13: Valve de décharge de sortie	48
Figure IV.14: Valve prioritaire	49
Figure IV.15: Sélecteur et régulateur de pression	50
Figure IV.16 : Sélecteur et régulateur de pression (transmission au neutre)	52
Figure IV.17 : Sélecteur et régulateur de pression (première vitesse avant)	53
Figure IV.18 : Distributeur (mauvaise sélection d'engagement)	54
Figure IV.19 : Distributeur de frein de parking à pied	54

Chapitre V

Figure V.1 : Emplacement des composants	56
Figure V.2 : Schéma du circuit hydraulique de direction et d'équipement	57
Figure V.3 : Schéma graphique du circuit hydraulique de direction et d'équipement	59
Figure V.4 : Réservoir hydraulique	61
Figure V.5: Pompe de direction et d'équipement	62
Figure V.6: Tiroir de régulation	63

Figure V.7: Tiroir de coupure	64
Figure V.8: Regulation "loadssensing"	65
Figure V.9: Pompe et bloc de regulation (Pression d'attente)	66
Figure V.10:Pompe et bloc de régulation (Augmentation du débit)	67
Figure V.11:Pompe et bloc de régulation (Diminution du débit)	68
Figure V.12:Pompe et blog de régulation (Blocage haute pression)	69
Figure V.13: Bloc des distributeurs	70
Figure V.14:By-pass du refroidisseur	70
Figure V.15:By-pass du refroidisseur	71
Figure V.16 : Limiteur de pression	73
Figure V.17 : Collecteur d'entrée de distributeur	74
Figure V.18: Distributeur du ripper ou rentrée de la dent	75
Figure V.19 : Distributeur de tilt (position tenue)	76
Figure V.20: Inclinaison de tilt a droit	77
Figure V.21 : Distributeur de levage de lame (position montée)	78
Figure V.22: Vérin du levage et d'inclinaison d'équipement	79
Figure V.23 : Direction différentielle	80
Figure V.24 : Composants de la direction différentielle	81
Figure V.25: Moteur de direction	82
Figure V.26: Distributeur de direction	82
Figure V.27:Distributeur de la direction dans le virage à gauche	84
Figure V .28 : Anti survitesse	85
Figure v.29 : Anti survitesse dans le virage à gauche	86
Figure V.30: Mouvement simultané levage de la lame et virage à gauche	87

Chapitre VI

Figure VI.1 : Prise de pression (A, B, C, D, E)	93
Figure VI.2: Prise de pression G	93
Figure VI.3: Prise de pression E	93

Figure VI.4 : Valve de priorité	94
Figure VI.5 : Soupape de décharge	94
Figure VI.6 : Distributeur de boîte à vitesse	95
Figure VI.7: Côté gauche du distributeur de levage de la lame	98
Figure VI.8: Côté gauche de distributeur de levage de la lame	107

LISTEDESTABLEAUX

Chapitre II

Tableau II.1. : Choix de la lame	16
----------------------------------	----

Chapitre III

Tableau III .1 : Pompes	31
Tableau III .2 : Conduite, raccordement organe de blocage	31
Tableau III .3 : Moteurs	32
Tableau III .4 : Distributeurs (mode de commande)	32
Tableau III .5 : Sources d'énergie	32
Tableau III .6 : Pompes-moteurs	33
Tableau III .7 : Vérins	33

Chapitre IV

Tableau IV.1 : Combinaison des embrayages engagés pour chaque vitesse	38
---	----

Chapitre VI

Tableau VI.1 : Contenance des réservoirs du D8N	90
Tableau VI.2 : Pression théorique de transmission	92
Tableau VI.3: Cales de changement de pression	94
Tableau VI.4 : Temps de cycle du vérin d'inclinaison de la lame (tilt)	95
Tableau VI.5 : Temps de cycle du vérin de levage de la lame	96
Tableau VI.6 : Temps de cycle du vérin de levage et d'inclinaison de ripper	96
Tableau VI.7 :Essais de glissement des vérins de levage de la lame	96
Tableau VI.8: Essai de glissement du vérin d'inclinaison (TILT)	97
Tableau VI.9 : Essai de glissement des vérins de levage du ripper	97
Tableau VI.10 : Essai de glissement du vérin d'inclinaison de dent du ripper	98
Tableau VI.11 : Valeur de pression de valve des limiteurs de pression	98
Tableau VI.12 : Pression de P3 à l'entrée de convertisseur	100
Tableau VI.13: Pression initiale P1 à la position neutre	100
Tableau VI.14: Pression P1 en vitesse AV ou AR	101

Tableau VI.15 : Pression P2 en vitesse avant ou arrière	101
Tableau VI.16 : Pression de la pompe de marche	102
Tableau VI.17 : Pression de soupape de décharge du convertisseur en 3ème vitesse	102
Tableau VI.18: Pression de valve de priorité	102
Tableau VI.19 : Pression de lubrification de la transmission	103
Tableau VI.20 : Pression de lubrification de la pompe de transmission	103
Tableau VI.21 : Temps de cycle du vérin de levage de lame	104
Tableau VI.22: Temps de cycle du vérin d'inclinaison de la lame	105
Tableau VI.23: Temps de cycle des vérins du ripper	105
Tableau VI.24 : Valeur de pression d'attente théorique et pratique de la pompe	106
Tableau VI.25 : Valeur de pression théorique et pratique des limiteurs de pression théorique et pratique de la pompe	106
Tableau VI.26 : Tarage des limiteurs de pression	108

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS	
RESUME ABSTRACT	
LISTE DES FIGURES	
LISTE DES TABLEAUX	
INTRODUCTION GENERALE	

Chapitre I : Matériels de travaux publics

Introduction.....	1
I.1. Matériels de travaux publics.....	1
I.1.1. Bull.....	1
I.1.2. Chargeur	1
I.1. 3. Décapeuse (scraper).....	3
I.1.4. Niveleuse.....	3
I.1.5. Pelle hydraulique.....	4
I.1.6. Camion à benne	5
I.1.7. Compacteur.....	6
I.1.8. Fraiseuses.....	8
I.1.10.Malaxeur.....	8
I.1.11.Finisseur.....	9
Conclusion.....	9

Chapitre II: Présentation du tracteur D8N

Introduction.....	10
II.1.Poste de conduite.....	10
II.2.Tableau de bord.....	10
II.3.Siège.....	11

II.4.Levier de commande d'équipements.....	11
II.5.Levier de commande.....	12
II.6.Commande des freins et de décélération.....	12
II.7.Moteur.....	13
II.8.Circuit de refroidissement modulaire AMOCS.....	13
II.9.Poids et dimension de la niveleuse.....	14
II.10.Outils de travail.....	14
II.10.1.Choix de lame.....	14
II.10.2.Choix du ripper.....	17
II.11.Train de roulement.....	18
Conclusion.....	18

Chapitre III: Circuit hydraulique (généralités)

Introduction.....	19
III.1. Circuit hydraulique.....	19
III.2.Caractéristiques du circuit hydraulique.....	19
III.2.1.Pression.....	19
III.2.2.Débit.....	19
III.2.3.Débit de vitesse.....	19
III.2.4.Puissance hydraulique.....	20
III.2.5.Rendement.....	20
III.3. Organes du circuit hydraulique.....	20
III.3.1. Pompes.....	20
III.3.1.1. Pompes à engrenages.....	20
III.3.1.2. Pompes à palettes.....	20
III.3.1.3. Pompes à pistons radiaux.....	21
III.3.1.4. Pompes volumétriques.....	21
III.3.2. Moteurs hydrauliques.....	22
III.3.2.1. Moteurs à engrenages.....	22
III.3.2.2. Moteur à pistons radiaux.....	23
III.3.2.3. Moteurs volumétriques.....	24
III.3.3.Clapet.....	24
III.3.3.1 Clapet de retenue non piloté.....	24
III.3.3.1 Clapet de retenue piloté.....	24

III.3.4. Distributeurs.....	25
III.3.4.1. Distributeur à clapet.....	26
III.3.4.2. Distributeur à tiroir.....	27
III.3.4.3. Distributeur piloté.....	27
III.3.5. Accumulateurs.....	28
III.3.6. Vérins.....	29
III.3.6.1.Vérin simple effet.....	29
III.3.6.2.Vérin double effet.....	30
III.4.Type du circuit hydraulique.....	30
III.5.Symboles Usuels de l’hydraulique.....	31
III.6.Les avantages des systèmes hydrauliques.....	34
III.7. Les inconvénients des systèmes hydrauliques.....	34
Conclusion.....	34

Chapitre IV : Circuit hydraulique de transmission

Introduction.....	35
IV .1 Etude de circuit hydraulique de transmission.....	35
IV .1 .1. Chaîne cinématique.....	35
IV .1 .2. Transmission (power train).....	36
IV .1 .2.1 Boite à vitesse (Power shift).....	37
IV .1.2. 2. Embrayage.....	40
IV .1 .3. Convertisseur de couple.....	41
IV .1 .4.Technique de circuit hydraulique de transmission.....	43
IV .1 .5. Les principaux organes du circuit.....	45
IV .1 .5 .1. Pompe de transmission.....	45
IV .1 .6 . Filtre.....	46
IV .1 .6 .1.Filtres reniflard.....	46
IV .1 .7. Refroidisseur d'huile.....	47
IV .1 8. Valve de décharge de sortie.....	48
IV .8.1. Valve de priorité.....	49
IV .9. Sélecteur et régulateur de pression (distributeur).....	50

IV .9.1 Rôle des Composants du Sélecteur et régulateur de pression.....	51
IV .9.2. Operations de sélecteur et régulateur de pression.....	51
IV.9.2.1 Moteur en marche (transmission au neutre).....	51
IV .9.2.2 Moteur en marche (1 ^{er} vitesse avant).....	52
IV .9.2.3.Distributeur de frein à pied.....	54
Conclusion.....	55

Chapitre V : Circuit hydraulique d'équipements et de direction

Introduction.....	56
V.1.Circuit hydraulique d'équipements et de direction.....	56
v .2.Les principaux organes du circuit hydraulique d'équipements.....	60
V.2.1 Réservoir et filtre.....	61
v .2.2.la pompe d'équipement et de direction.....	62
V.2.3. Bloc de régulation.....	81
v .2.3.1.Tiroir de régulation.....	81
v .2.3.2.Tiroir de coupure.....	82
v.2.4. pompe et bloc de regulation.....	82
v .2.4.1. Fonctionnement.....	83
v .2.4.1.1.Pression d'attente.....	83
v .2.4.1.2. Augmentation du débit.....	84
v .2.4.1.3. Diminution de débit.....	86
V.2.4.1.4. Blocage haute pression	87
V .2.5.Bloc des distributeurs.....	88
V .2.5.1.Composition du distributeur.....	88
V .2.5.1.1.By-pass du refroidisseur.....	88
V .2.5.1.2. La soupape de décharge.....	89
V .2.5.1.3. Limiteur de pression.....	90
V .2.5.1.4. Valves de control (les distributeurs)	91
V .2.5.1.5. Collecteur d'entrée	92
V .2.5.2.Principe de fonctionnement des distributeurs.....	92
V .2.5.2.1. Distributeur du ripper	92

V .2.5.2.2. Distributeur de tilt.....	93
V .2.5.2.3. Distributeur de levage de lame.....	95
V .2.5.2.4. Valve d'abaissement rapide.....	96
V .2.6 .Vérin du levage et d'inclinaison d'équipement	97
V .3.Composants de la direction et leurs principes de fonctionnements	98
V .3.1.Direction différentielle	98
V .3.2.Moteur de direction	99
V .3.3. Distributeur de direction	100
V .3.4.Valve prioritaire.....	103
V .3.5.Anti survitesse.....	103
V .3.5.1 Anti survitesse dans le virage à gauche.....	104
V .3.6 .Mouvement simultané levage de la lame et virage à gauche.....	105
Conclusion.....	106

Chapitre VI

Introduction.....	
VI.1.Partie théorique.....	108
VI.1.1.1.Viscosité de l'huile.....	108
VI.1.1.2.Choix d'huile.....	108
VI.1.2.Quelques tests et contrôle de pression au niveau de circuit hydraulique de Transmission.....	108 109
VI.1.2.1. Première étape avant le diagnostique.....	109
VI.1.2.2.Contrôle visuelle	109
VI.1.2.3.Pression de pompe de transmission	109
VI.1.2.4.Pression initial d'embrayage de vitesse.....	109
VI.1.2.5.Pression finale d'embrayage de vitesse.....	110
VI.1.2.6.Pression de direction embrayage.....	110
	110

VI.1.2.7.Pression d'huile de lubrification.....	111
VI.1.3.Quelques tests et contrôle au niveau de circuit hydraulique d'équipement et de direction.....	111
VI.1.3.1. Contrôle des équipements	111
VI.1.3.1.1. Temps des cycles des vérins	112
VI.1.3.1.2. Essais de glissement des vérins.....	113
VI.1.3.1.3. Contrôle de la valeur des limiteurs de pression.....	115
VI.1.3.1.4. Circuit de levage de lame	116
VI.1.3.1.5. Circuit de levage du ripper et d'inclinaison de la dent de ripper	116
VI.1.3.1.6. Circuit de tilt	116
VI.1.3.1.7. Moteur de la direction	116
VI.1.3.1.7. 1.Valeur théorique donnée par le constructeur.....	
VI.1.3.1.7.2. Réglage de la décharge principale et décharge secondaire du moteur de direction	117
VI.1.3.1.8. Contrôle du diamètre de braquage	119
VI.2.Partie pratique.....	119
VI.2.1.Relevé des pressions du circuit de transmission.....	119
VI.2.1.2.Pression de la pompe de transmission	120
VI.2.1.3.Pression de lubrification.....	120
VI.2.1.4.Pression initiale des embrayages	121
VI.2.1.5.Pression finale des embrayages.....	122
VI.2.1.6.Pression de direction	122
VI.2.2.Relevé des pressions du circuit d'équipement et de direction.....	122
VI.2.2.1.Temps des cycles des vérins.....	123
VI.2.2.2.Temps de cycle du vérin de levage de la lame.....	123
VI.2.2.3.Temps de cycle du vérin d'inclinaison de la lame.....	124
VI.2.2.4.Temps de cycle des vérins du ripper.....	124
VI.2.2.5.Pression d'attente de la pompe.....	125
VI.2.2.6.Valve des limiteurs de pression.....	127
Conclusion.....	

Introduction générale

Les engins tiennent une place essentielle dans les travaux publics. L'accumulation progressive des progrès technologiques, tant pour leur puissance et leur précision que pour leur sécurité et leur confort de leurs opérateurs, a rendu possible des réalisations sans cesse plus spectaculaires dans tous les domaines (terrestre, maritime...) et sous tous les climats. Pour cela un engagement au service de la qualité dans les constructions des travaux public qui est à la fois efficace et rentable ne peuvent être couronnés de succès que si l'on évite l'utilisation excessive et non réglementée de ces machines.

A titre d'exploitation au domaine des travaux public, on trouve le bulldozer engin d'excavation et de refoulement .Pour cela mon projet de fin de cursus porte sur l'étude du circuit hydraulique de transmission et d'équipements d'un tracteur à chaine D8N Caterpillar Ce qui nous a permis d'identifier les organes composant ces circuits, connaître leur comportements, détailler la maintenance et relever des données pratiques (pression, vitesses,..) et les comparer avec les données du constructeur.

Par conséquent, le sujet est articulé en six chapitres : Le premier chapitre est consacré aux généralités sur le matériel de travaux publics; le deuxième chapitre sur une présentation de tracteur à chaine D8N Caterpillar avec des schémas explicatifs, le troisième chapitre on s'est intéresse à une étude général sur l'hydraulique, le quatrième et le cinquième chapitre sont consacrés aux circuits hydrauliques de transmission, d'équipement et de direction. Enfin, le dernier chapitre est consacré aux tests pratiques, afin d'analyser et comparer les valeurs obtenues avec celles données par le constructeur.

En outre, le mémoire comporte aussi une introduction, une conclusion générale et des références bibliographiques.

Introduction

Les engins et matériel sont des éléments clés des travaux publics : conçus en fonction des besoins des entrepreneurs, ils ont à leur tour contribué à modeler le visage des chantiers, donnant naissance à une industrie puissante et innovante.

I.1. Matériel de travaux publics

Les engins de terrassements sont des machines produites et vendues à travers le monde mais utilisés différemment selon les continents, en tenant compte de la nature du terrain et des conditions climatiques. Ils peuvent être classés en plusieurs catégories :

I.1.1. Bull [1]

Le bull est un engin d'excavation et de refoulement qui se compose d'un tracteur sur chenilles ou sur deux essieux à pneus avec châssis rigide ou articulé, muni à l'avant d'une lame. Pour des sols meubles, le bull charge sa lame puis pousse le matériau jusqu'à la zone de dépôt (ex: décapage de terre végétale). Pour des sols compacts, il devra tout d'abord ameublir le sol à l'aide de son ripper avant de charger sa lame et pousser les matériaux.



Figure I.1 : Bull sur chaines [2]

Figure I.2: Bull sur pneus [2]

I.1.2. Chargeur

Le chargeur est un engin sur pneus ou sur chenilles, équipée d'un godet ou benne, relevable au moyen de deux bras latéraux articulés, automoteur, qui exécute les opérations suivantes :

- excave le matériau ou reprend au cordon ou au tas un matériau déjà excavé ;
- l'élève à l'aide de son godet ;
- le déverse sur camions-bennes.

On distingue deux types de chargeurs

➤ **Chargeur sur pneus**

Le chargeur sur pneus ne peut être utilisé qu'au chargement de matériaux meubles (terre végétale, granulats) sur des plates-formes entretenues et ne cédant pas sous son poids.



Figure I.3 : Chargeur à pneus[2]

➤ **Chargeur sur chenilles**

De part sa meilleure adhérence que le chargeur sur pneus, il pourra être affecté à l'excavation de matériaux meubles voire faiblement compacts et il pourra évoluer sur des plates-formes de capacité portante plus faible.



Figure I.4 : Chargeur sur chenilles [2]

I.1.3. Décapeuse (scraper) [1]

La décapeuse est composée d'une benne effectuant à la fois le chargement et le transport des matériaux. Le chargement s'effectue par le fond de la benne qui s'abaisse hydrauliquement et arase le sol. Lorsque la benne est pleine, elle se relève et un obturateur la referme. Le déchargement s'effectue soit par vidage par la fond soit par poussage des matériaux vers l'avant à l'aide d'une lame placée à l'arrière de la benne après avoir relevé l'obturateur. Malgré leur puissance élevée, ces machines nécessitent l'aide d'un autre engin pour le chargement. Cette aide est apportée par un bull qui pousse la décapeuse.



Figure 1.5 : Décapeuse poussée par un bull [2]

I.1.4. Niveleuse

La niveleuse est un engin de finition. Sa lame, placée entre les essieux avant et arrière est orientable dans toutes les directions.

Le guidage de la lame peut être assisté par un guidage GPS. La niveleuse peut également, grâce à son déport de lame et à la marche en crabe être affectée au réglage des talus. Elle peut être dotée de deux équipements supplémentaires : Le scarificateur (petit ripper).



Figure 1.6 : Niveleuse [2]

I.1.5. Pelle hydraulique

La pelle hydraulique est un engin de terrassement qui travaille en station, c'est-à-dire que son châssis porteur sert uniquement aux déplacements sans participer au cycle de travail. Elle est portée soit sur chenilles, pneus ou rail après l'équipement de travail – les excavateurs peuvent être :

➤ Pelle équipée en rétro

L'équipement rétro est l'équipement traditionnel des pelles utilisées en terrassement routier. Dans cette configuration, la plate-forme de travail de la pelle est surélevée par rapport à la plate-forme déchargement des camions ou tombereaux. Elle est située à peu près au niveau de la benne de l'engin de transport dans le but de diminuer la durée du cycle de chargement. La dénivelée entre les deux plates-formes est de l'ordre de 2 à 4 mètres, selon la taille de la machine.



Figure 1.7 : Pelle équipée en rétro [2]

➤ Pelle équipée en butte

L'équipement butte est réservé presque exclusivement aux pelles travaillant en carrières où la hauteur des fronts de taille est supérieure à 4 mètres et empêche donc l'utilisation de l'équipement rétro. Le godet peut être à vidange frontale ou à vidange par le fond (tri des matériaux).



Figure I.8 : Pelle équipée en butte [2]

I.1.6. Camion à benne

Le camion à benne basculante est utilisé généralement pour le transport de matériaux en vrac tel que sable, du gravier. Un camion à benne basculante est ordinairement équipé d'un vérin hydraulique qui soulève la benne à la demande, que le camion soit immobile ou en déplacement. On distingue:

➤ **Tombereaux rigides**

Ces véhicules sont des véhicules par définition tout terrain qui peuvent circuler sur des pistes provisoires non entretenues. Leur rendement sera bien sûr meilleurs s'ils circulent sur des pistes à sol dur et entretenues.



Figure 1.9 : Tombereaux rigides [2]

➤ **Tombereaux articulés**

Sur chantier, ces véhicules ne peuvent circuler que sur des pistes dures et parfaitement entretenues. On aura tout intérêt à utiliser comme piste de chantier les déblais et remblais déjà réalisés, d'où une certaine cohérence à entretenir au niveau de l'organisation du chantier et du mouvement des terres.



Figure 1.10 : Tombereaux articulés [2]

I.1.7. Compacteur [12]

Les compacteurs sont destinés à augmenter la densité en place des sols pour réduire la perméabilité des sols, améliorer leur stabilité en remblais, éviter une trop grande déformation des sols et assurer une meilleure longévité des surfaces de roulement[4] .

Types de compacteurs :

➤ **Compacteur statique**

Avec roulement sur pneumatiques pour compactage des enduits de surface, couches minces granuleuses, enduits, finition de mélanges bitumineux.



Figure I.11 : Compacteur sur pneumatiques [12]

➤ **Compacteurs vibrants**

- Avec rouleaux tandem vibrants pour compactage de surface des couches granuleuses et compactage de base des couches bitumineuses.



Figure I.12 : Compacteur vibrant à double cylindre [12]

- Avec rouleaux vibrants monocylindre pour compactage de couches granuleuses épaisses, compactage de matériaux cohérents et compactage des remblais.



Figure I.13 : Compacteur vibrant monocylindre [12]

- Avec rouleaux et pneus pour compactages vibrants à pieds dameurs et compactage de remblais de sols cohésifs, graviers et roches.



Figure I.14 : Compacteur vibrant à pieds dameurs [12]

I.1.8. Fraiseuses

Elles servent à raboter la chaussée avant travaux. Les matériaux sont rabotés par un rotor équipé de dents et les matériaux évacués par l'intermédiaire d'un tapis roulant permettant de charger des camions



Figure I.15 : Fraiseuse [2]

I.1.9. Malaxeur [1]

Le malaxeur à arbre horizontal permettra d'obtenir une homogénéité satisfaisante en une seule passe, alors qu'avec une charrue (à disques ou à socs) il faudra 2 à 4 passes pour obtenir un résultat correct.



Figure I.16 : Malaxeur [original]

I.1.10.Finisseur

Les finisseurs sont des engins mobiles qui permettent la mise en œuvre des bétons bitumineux. Ils sont composés d'une trémie de réception du Matériau, d'un convoyeur qui achemine le matériau au niveau de la table lisseuse qui assure en partie le compactage du béton bitumineux.

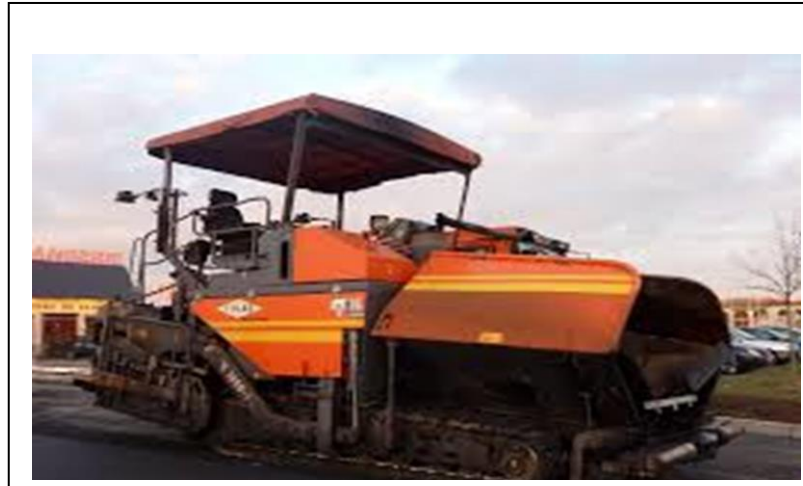


Figure I.17 : Finisseur [2]

Conclusion

Tous ces engins de travaux publics ne peuvent fonctionner sans l'utilisation d'huile, parce qu'elles contiennent des systèmes de transmission, de direction et de contrôle d'équipement hydrauliques.

Nous avons choisi un bulldozer D8N Caterpillar comme exemple pour étudier le circuit hydraulique.

Introduction

Le tracteur D8N est un bulldozer à chenilles conçu et fabriqué par la firme américaine Caterpillar. Il a été utilisé à partir des années 1980 jusqu'à nos jours. Il permet de faire le ripage et le réglage des terres.

On a présenté dans ce chapitre les organes visibles avec différentes options.

II.1. Poste de conduite

Les moyens de conduite de tracteur sont très faciles, ils sont basés sur des leviers et des pédales se trouvant dans une cabine ROPS sur montage isolant pour atténuer le bruit et les vibrations avec un confort pendant le travail.

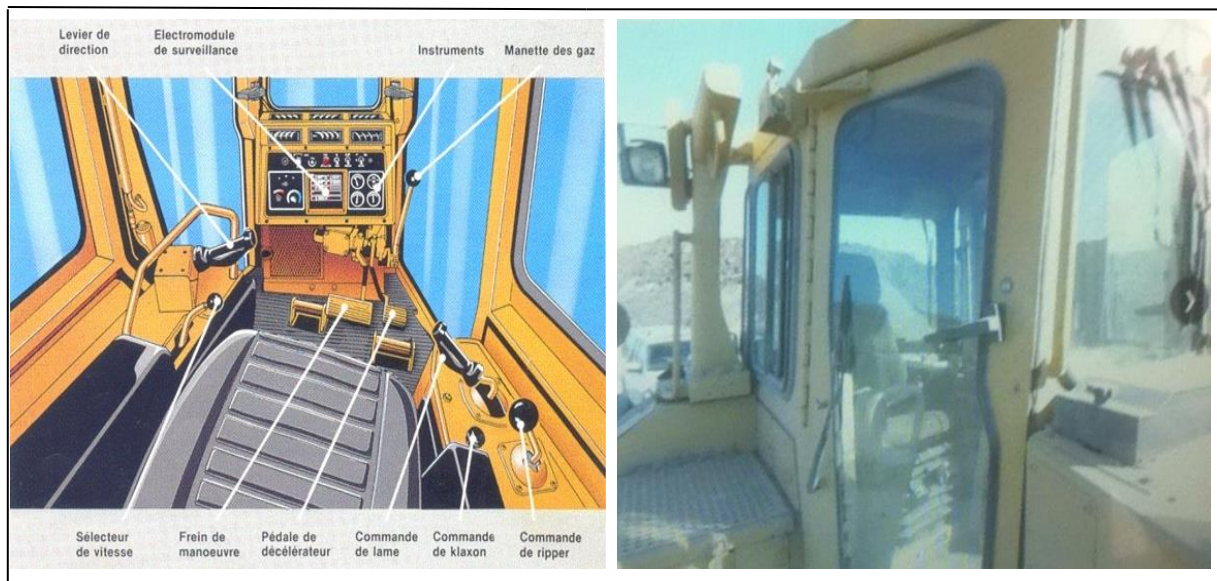


Figure II.1 : Poste de conduite

II.2. Tableau de bord

Tableau de bord avec une instrumentation classique



Figure II.2 : Tableau de bord

II.3.Siège

Un siège à suspension entièrement réglable qui fournit un maximum de confort à l'opérateur.



Figure II.3 : Siège de conducteur

II.4.Levier de commande d'équipements

- commande de ripper ;
- commande de lame.



Figure II.4 : Commande d'équipement

II.5. Levier de commande

Le levier de commande (4) combine entre la fonction de direction de machine G-D, les changements de sens de marche AV-AR, et le choix de vitesse dans une commande simple.

- 1. Sélecteur de vitesse
- 2. Poignée de torsion sélecteur de sens de marche
- 3. Commutateur de frein à main et un verrouillage.
- 4. Commande de direction (gauche droit)

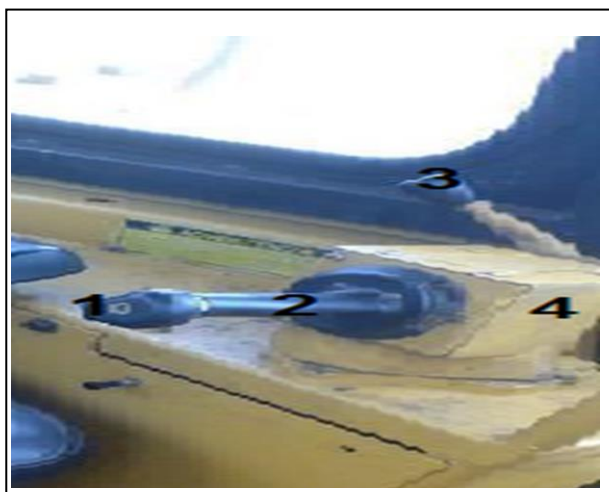


Figure II.5 : Levier de commande

II.6. Commande des freins et de décélération.

- 1. Pédale de freinage ;
- 2. Pédale de décélération.



Figure II.6 : Commande des freins et de décélération

II.7.Moteur

Le Moteur diesel 3406 E à six cylindres en ligne avec une injection directe combinée au convertisseur et à la boîte power shift éprouvée, assure un fonctionnement sans problème pendant de longues années.

- **Puissance brute** : 252 kW.
- **Puissance au volant** : 212.5 kW.



Figure II.7 : Moteur 3406 E

II.8.Circuit de refroidissement modulaire AMOCS

Le circuit AMOCS fait appel à un système exclusif à double passage procurant une surface de refroidissement plus grande, d'où une capacité nettement supérieure aux systèmes classiques.

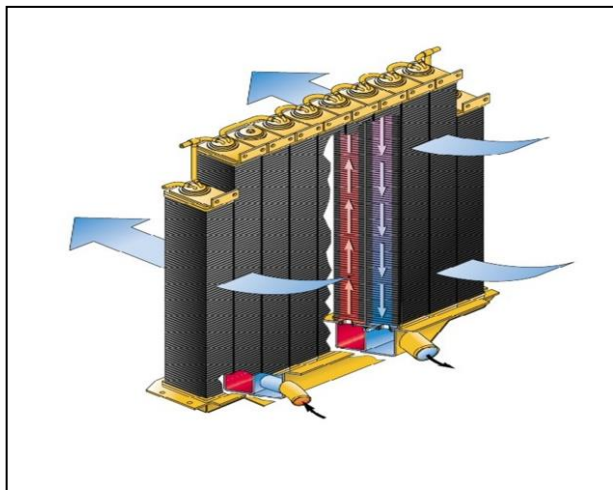


Figure II.8 : Circuit de refroidissement AMOCS

II.9.Poids et dimensions du bull

Poids en ordre de marche : 37920.0kg

Poids en ordre d'expédition : 28365

- **Dimensions**

Toutes les dimensions sont approximatives

- Hauteur en sol jusqu'à cabine 3505mm
- Largeur : 2642mm
- La longueur : 4632 mm

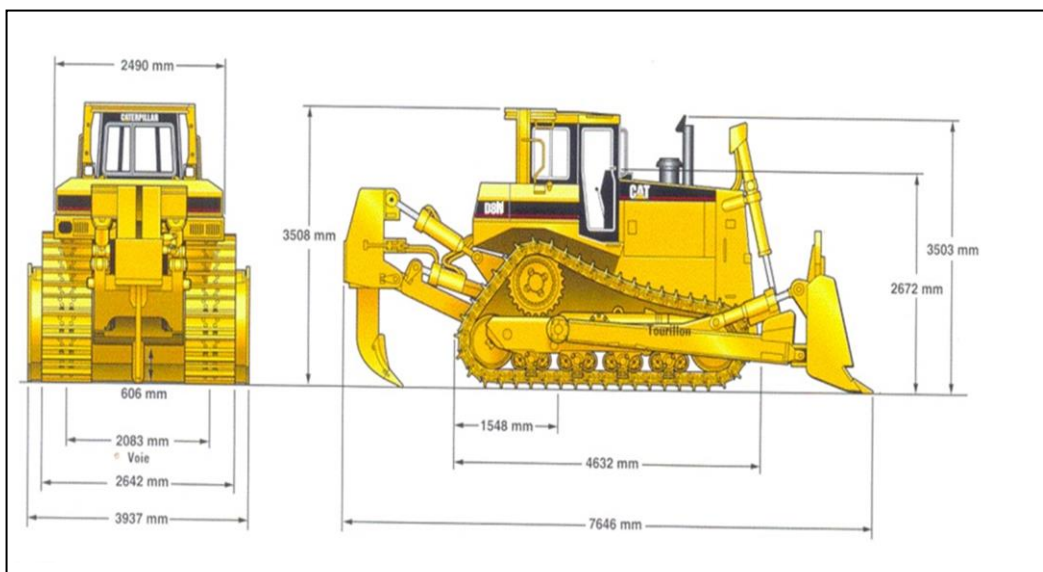


Figure II.9 : Dimensions de tracteur D8N

II.10.Outils de travail

Le bulldozer D8N à deux outils de travail, un en avant de la machine, c'est la lame, et le deuxième à l'arrière de la machine, c'est le ripper ce qui permet d'équiper la machine en fonction des spécificités

II.10.1.Choix de lame

Les bulls contiennent des lames démontables qui se montent à l'avant des tracteurs et qui permettent le broutage de divers matériaux sur de faibles distances (moins de 200 mm). Par extension, on appelle bulldozer ou buteur l'ensemble lame + tracteur.



Figure II.10 : Lame de tracteur D8N

Une lame bulldozer équipée (vérins, bras, ...) pèse de 900 à 1500 kg. Il existe plusieurs types de lame suivant le travail à effectuer.

Lame universelle (U). Idéale pour refouler de gros volumes sur de longues distances. Elle convient pour les matériaux relativement légers ou faciles à refouler.

Lame S - lame droite - facile à manœuvrer fournit une excellente force de pénétration.

Lame semi-universelle (SU). La lame SU est destinée aux travaux durs dans des matériaux fortement compactés, là où la pénétration prime sur la capacité de la lame.

Lame P ou lame orientable (+ ou - 25°).

Lame C spécialisée dans le poussage des scrapers.

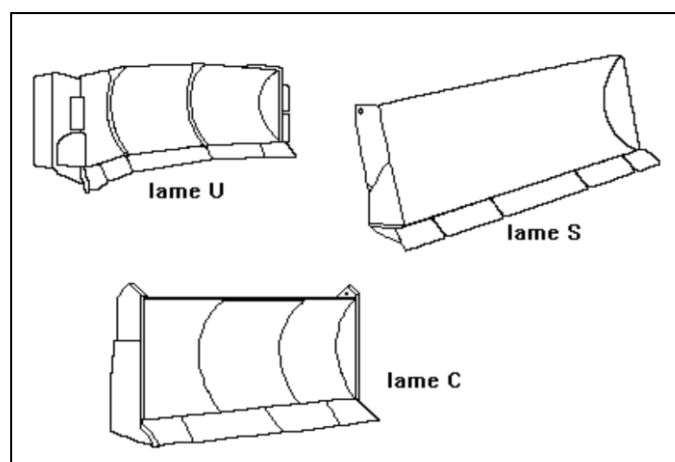


Figure II.11 : Différents types des lames

Il faut se reporter aux recommandations des constructeurs pour choisir la lame à adapter au tracteur pour le type de travail à réaliser.

Il faut prendre en compte:

- Le type de matériau à déplacer (taille, forme, compacité, humidité, ...).
- Les possibilités du tracteur.

Tableau II.1. : Choix de la lame

Types de travaux	lame			
	S	U	P	C
Mise en tas, matériau léger	B	E	B	-
Matériau normal	E	B	P	P
Matériau dur	B	P	-	-
Excavation	B	E	P	-
Epannage	E	E	E	-
Remblayage de tranchées	B	E	E	-
Matériaux rocheux	B	P	-	-
Prépa aire de travail	B	B	B	-
Constructif de routes	B	B	B	-
Dessouchage	B	B	P	-
Dérochement	B	P	P	-
Poussage de scraper	B	P	-	E
Débroussaillage	E	P	B	-

- Aptitude au travail: E = excellente; B = bonne; P = passable.

II.10.2.Choix du ripper

Les rippers sont montés plus près de l'arrière de la machine pour avoir une force de pénétration remarquable elles servent à décompacter les terrains et de préparer les sols. Ils peuvent être mono-dent ou multi-dents.

- **Ripper mono-dent**

Angle d'attaque des dents peut être modifié hydrauliquement par vérins, ce qui facilite la pénétration et permet de mieux soulever et briser la roche.



Figure II.12 : Ripper mono-dent

1. Deux vérins d'inclinaison du ripper
2. Deux vérins de levage du ripper
3. ripper

- **Ripper multi-dents**

Avec deux ou trois dents pour tenir compte des conditions de travail sur les terrains très durs et compacts.



Figure II.13 : Ripper multi-dents

II.11. Train de roulement

Les tracteur D8N à barbotins surélevés et train de roulement sur bougies ont été conçus pour mieux équilibrer la machine et offrent le degré le plus haut en matière d'adhérence, de longévité et de douceur de marche.

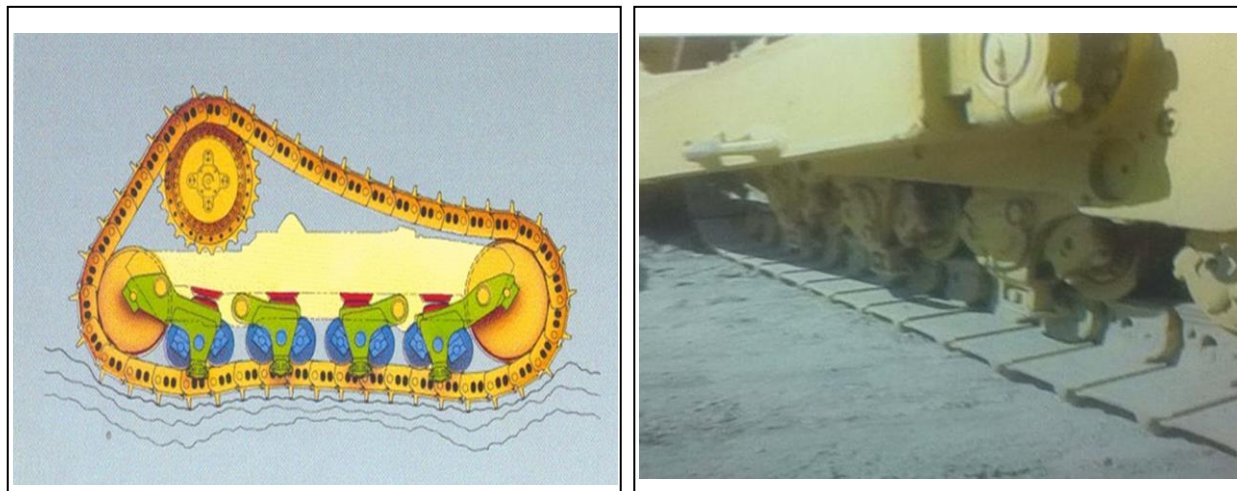


Figure II.14 : Train de roulement

Conclusion

Le bulldozer est irremplaçable au milieu de travaux de terrassement. Il contient tous les éléments qui aident à faire tout ses services d'une manière facile et souple

Introduction

L'hydraulique est vue de par sa définition comme la science qui traite des problèmes posés par l'emploi des fluides en mouvement ou au repos jusqu'à la révolution industrielle, le bois et la force animale fournissaient l'essentiel de l'énergie utilisée par l'homme. Mais, utilisée depuis longtemps pour entraîner des machines, l'énergie hydraulique fournissait la plus grande partie de l'énergie mécanique. Aujourd'hui, l'énergie hydraulique représente 6 à 7 % de l'énergie consommée mondialement, mais près de 20 % de l'électricité. L'hydraulique industrielle, constitue de nos jours un domaine très vaste. Ainsi ses avantages ont permis d'avoir son domaine d'application très étendu (aéronautique, automobiles, gros engins roulants, ...)

III.1. Circuit hydraulique

L'hydraulique permet l'animation d'outils, via des organes tels que des vérins, des moteurs hydrauliques, grâce à la transmission de couple et de forces. Il offre une grande souplesse d'utilisation avec des variations de vitesses infinies.

III.2. Caractéristiques du circuit hydraulique [3]

III.2.1. Pression

La pression (notée P) est le rapport d'une force sur une surface :

$$p(\text{Pa}) = F(\text{N}) / S (\text{m}^2)$$

Elle détermine la force du circuit hydraulique. Elle sera déterminée par le tarage du limiteur de pression.

III.2.2. Débit

Le débit d'un circuit hydraulique (noté Q) dépend de la cylindrée et de la vitesse de rotation de la pompe :

$$Q (\text{l/min}) = \text{cyl} (\text{cm}^3/\text{tr}) \times \omega (\text{tr/min}) /$$

III.2.3. Débit de vitesse

Ce critère détermine la vitesse d'action des mouvements, par exemple la sortie d'un vérin.

De façon générale, le débit (qv) est défini comme étant un certain volume de matière qui se déplace dans un certain volume de matière qui se déplace dans un temps déterminé. Le débit (qv) de fluide dépend directement de la vitesse (v) linéaire de ce fluide et de l'aire (A) de la section de la conduite où :

Le débit qui circule dans la conduite est égal au produit de V par A, d'où la formule Générale :

$$Qv = V (\text{m/s}) \times A (\text{m}^2)$$

III.2.4. Puissance hydraulique [3]

La puissance hydraulique (notée P) est calculée à partir de la relation entre le débit et la pression :

$$P \text{ (kW)} = p \text{ (Pa)} \times Q \text{ (m}^3\text{/s)} /$$

III.2.5. Rendement

Le rendement du circuit hydraulique est le rapport de la puissance de sortie sur la puissance d'entrée.

$$R = P_s / P_e$$

III.3. Organes du circuit hydraulique [3]

III.3.1. Pompes

Les pompes sont les éléments de base du circuit hydraulique. Ce sont elles qui vont fournir le débit et la pression et donc la puissance hydraulique.

III.3.1.1. Pompes à engrenages

Le fonctionnement de ces pompes est basé sur la rotation de deux pignons. A l'endroit où ils se séparent, une dépression se crée. Le fluide est ainsi aspiré. Inversement, lorsque les engrenages des pignons se resserrent, le volume se réduit et l'huile entre les dents est mise sous pression : c'est l'action de refoulement.

De par leur conception, les pompes à engrenages sont à cylindrée fixe, déterminée par le pas entre les dents du pignon.

III.3.1.2. Pompes à palettes

Ce sont des pompes à cylindrée fixe : le rotor central porte les palettes qui coulissent sur celui-ci. Etant excentrique au stator, l'espace entre les palettes augmente au niveau de l'orifice d'admission. Cette augmentation de volume crée une « dépression » qui va aspirer le fluide. Ensuite, ce dernier est transporté entre les palettes. Cet espacement va déterminer la cylindrée de la pompe à palettes. Passé la moitié, le volume entre les palettes va tendre à diminuer, ce qui va créer une surpression et comprimer le fluide. La phase de refoulement va avoir lieu au niveau de l'orifice de sortie.

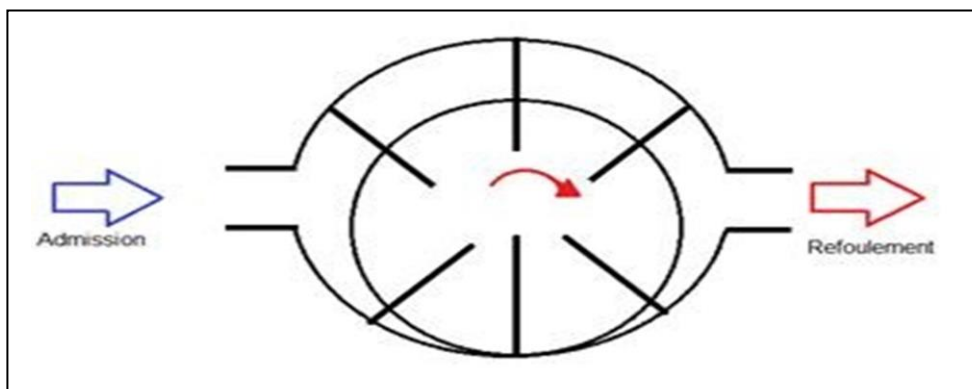


Figure III.1: Fonctionnement d'une pompe à palette [3]

III.3.1.3. Pompes à pistons radiaux

Ces pompes reposent sur la rotation d'un excentrique, qui applique un mouvement de translation verticale à un piston. Quand l'excentrique descend, le piston est poussé par le ressort et aspire l'huile : c'est la phase d'admission. Quand l'excentrique reprend sa position initiale, le ressort est comprimé et le piston remonte pour refouler l'huile.

L'explication de fonctionnement sera présentée par la figure au-dessous

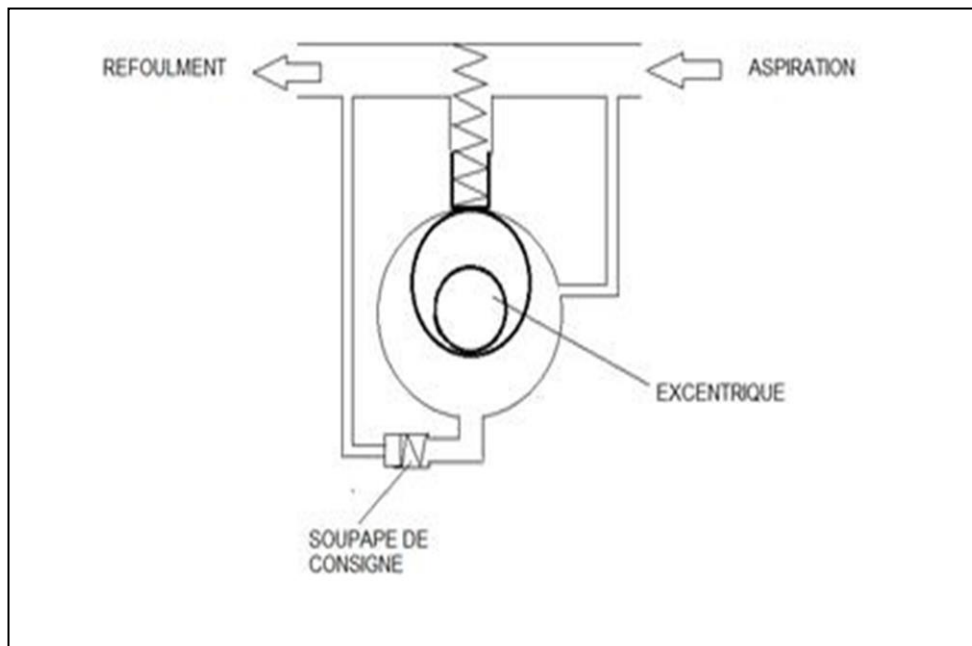


Figure III.2: Fonctionnement d'une pompe à pistons radiaux [3]

La particularité des pompes à pistons radiaux est l'orifice de sortie, sur lequel une soupape de consigne est montée. En fonction de la pression de sortie, cette soupape s'ouvre plus ou moins et permet de limiter ou non le mouvement de l'excentrique et par là même la course du piston.

Grâce à cette soupape, la pompe est autorégulée en débit. Si la pression de refoulement est inférieure à la pression de tarage du ressort, le mouvement de l'excentrique est maximal et la cylindrée aussi. Si la pression de refoulement augmente, la soupape s'ouvre. L'huile remplit l'espace sous l'excentrique et limite ainsi la course du piston, puis la cylindrée et donc le débit de la pompe.

III.3.1.4. Pompes volumétriques

Aussi appelées pompes à pistons axiaux à plateau inclinable. Ce type de pompe est le modèle le plus utilisé pour les tracteurs de forte puissance étant équipés d'un système « Load Sensing » c'est un système de détection de charge, qui repose sur un distributeur commandé par la pression du circuit, monté entre la pompe et les distributeurs, et proposant un débit supérieur à 110 l/min. Ces pompes permettent de faire varier le débit en ajustant leur

cylindrée. Du coup, elles sont aussi utilisées pour les transmissions hydrostatiques et à variation continue.

Le fonctionnement des pompes volumétriques repose sur la rotation du plateau sur lui-même et l'inclinaison de celui-ci. En fonction de l'inclinaison, on va régler la course du piston et donc le débit fourni. Le barillet est fixe. Quand le piston descend, il aspire l'huile et au fur et à mesure qu'il remonte, il comprime le fluide jusqu'à le refouler lorsqu'il arrive en course haute.

L'explication de fonctionnement sera présentée par la figure au-dessous

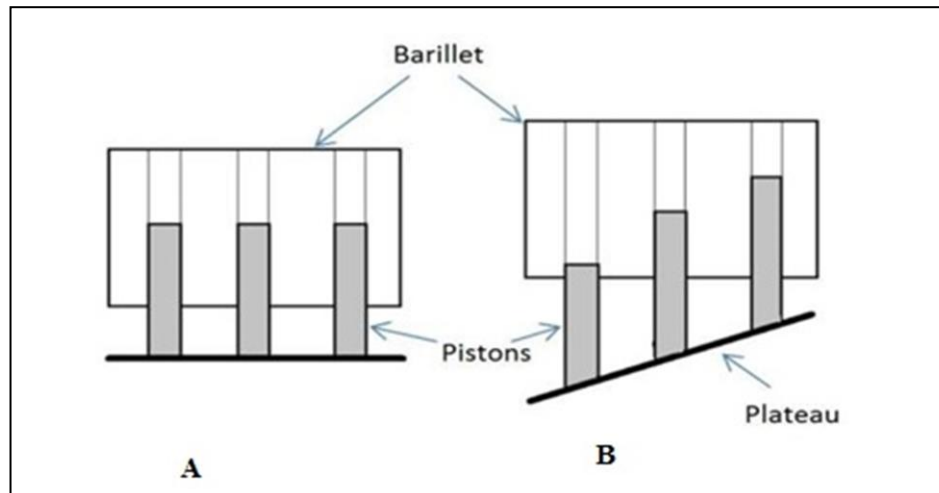


Figure III.3 : A : Pompe est en position neutre.
B : Pompe est en cylindrée maximale [3]

A gauche du schéma, la course des pistons étant nulle, le débit de la pompe l'est aussi : la pompe est au neutre. Par contre à droite du schéma, la course des pistons est maximale, donc la cylindrée et le débit aussi.

III.3.2 Moteurs hydrauliques

A l'inverse des pompes, les moteurs transforment l'énergie reçue par le fluide en énergie mécanique. Ce sont des récepteurs. D'un point de vue technique, les moteurs sont proches des pompes puisque certaines d'entre elles peuvent être transformées en moteur.

On distingue deux catégories de moteurs hydrauliques : ceux à cylindrée fixe et ceux à cylindrée variable.

III.3.2.1. Moteurs à engrenages

Le rotor transmet le mouvement. Quand l'huile est admise par l'orifice, le volume augmente. Quand elle est refoulée, le volume diminue. Ces phases de compression/détente mettent en mouvement le rotor du moteur à engrenages.

La figure suivante présente le fonctionnement d'un moteur à engrenages.

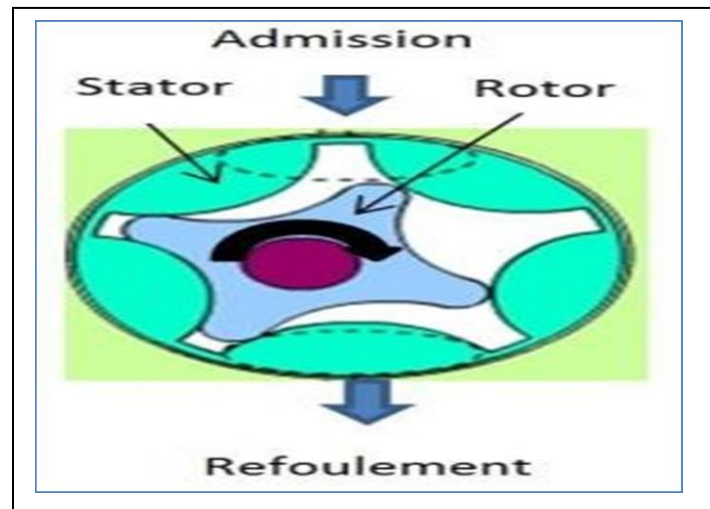


Figure III.4 : Fonctionnement d'un moteur à engrenages [3]

III.3.2.2. Moteur à pistons radiaux

Les pistons, diamétralement opposés par le centre, sont alimentés deux par deux. Placés sur le front d'attaque de la couronne ; ils poussent dans le même sens pendant que deux autres sont sur le front d'attaque opposé. Ce qui permet de renverser le sens d'avancement en inversant l'alimentation des pistons. Ceux-ci effectuent un mouvement de translation. Les pistons sont alimentés lorsque leur sommet arrive au début d'un « creux » de la couronne. La « bosse » suivante repousse le piston et l'huile qu'il y a derrière.

Les moteurs à pistons radiaux permettent de transmettre un couple important, d'où leur utilisation sur les engins de travaux publics.

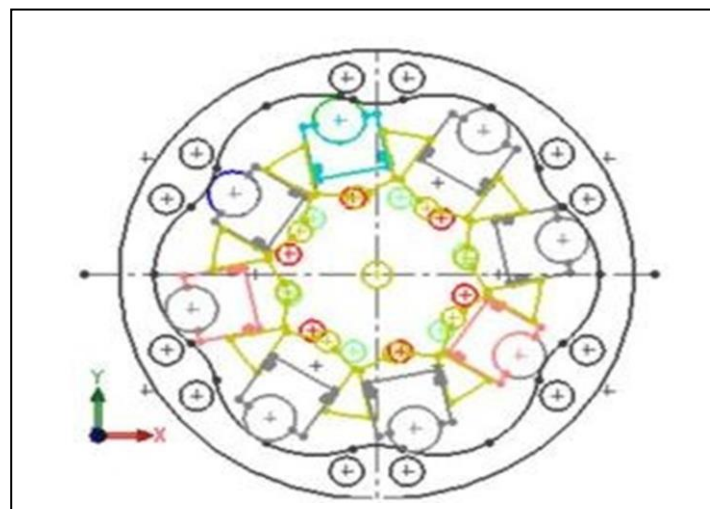


Figure III.5 : Fonctionnement d'un moteur à pistons radiaux [3]

III.3.2.3. Moteurs volumétriques

Ils fonctionnent comme les pompes volumétriques. Toutefois, dans les moteurs volumétriques, l'huile arrive et pousse les pistons successivement, ce qui met l'ensemble (pistons/plateau) en rotation et crée le mouvement mécanique. Un système de régulation limite l'inclinaison du plateau lorsque les pistons poussent sur ce dernier. Ceci évite que la cylindrée devienne maximale : aucune variation de cylindrée et donc de débit ne serait alors possible.

III.3.3. Clapet [4]

On distingue deux types de clapets de retenue :

- Les clapets de retenue non pilotés.
- Les clapets de retenue pilotés.

III.3.3.1 Clapet de retenue non piloté

Les clapets de retenue simples à ressort faible sont utilisés surtout comme dérivation et comme isolateur de circuit hydraulique.

Leur conception est très simple et leur prix faible. Ils existent sous forme de blocs s'adaptant aux différents autres appareils ou autonomes pour s'installer directement sur une conduite.

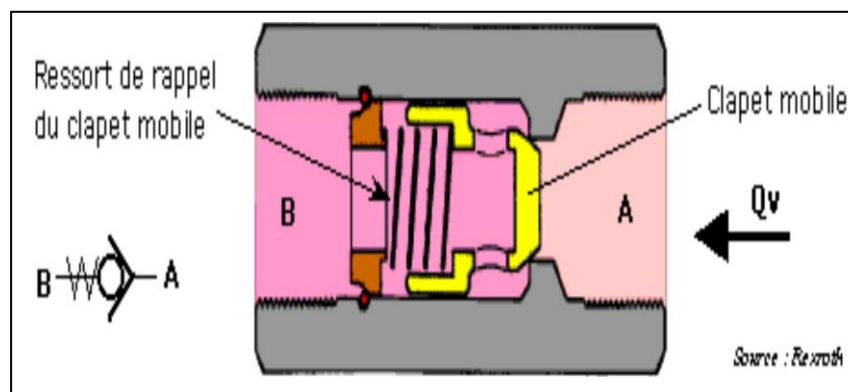


Figure III.6 : Clapet de retenue non piloté [4]

Il existe des modèles de clapets à rappel ressort, dont la pré charge du ressort est déterminée pour créer une perte de charge imposée. On les appelle "clapets tarés».

III.3.3.1 Clapet de retenue piloté

Les clapets de retenue pilotés jouent le même rôle que des clapets non pilotés. Cependant, les clapets pilotés peuvent être maintenus ouverts même dans le sens bloqué du clapet.

Fonction: assurer la fonction d'un clapet anti-retour, avec un déverrouillage de cette fonction pour laisser le libre passage dans les deux sens.

Ils sont utilisés pour le maintien en position des différents actionneurs, lorsque les distributeurs ne peuvent le faire (centres ouverts, fuites entre tiroir et corps ...).

Il faut installer ces appareils le plus près possible des actionneurs entraînant les récepteurs (vérins par exemple).

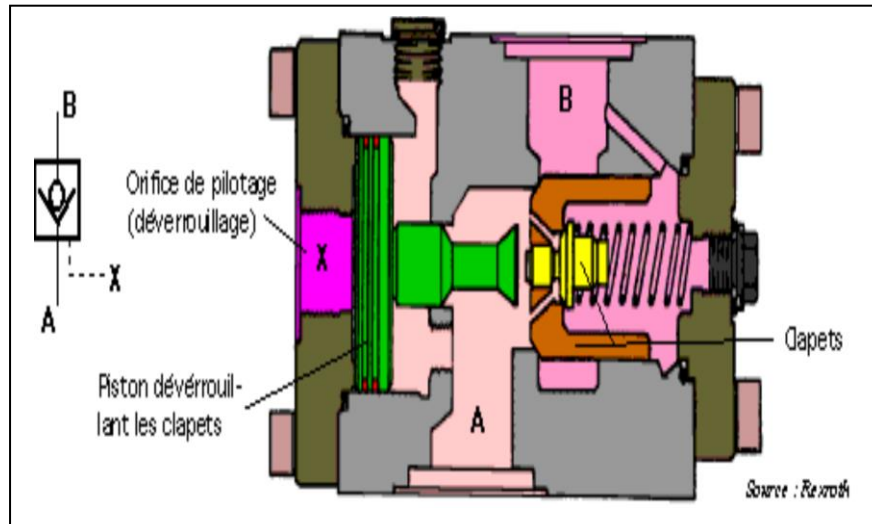


Figure III.7 : Clapet de retenue piloté [4]

Clapet piloté : Un piston poussé par la pression de pilotage (déverrouillage) en X soulève les clapets permettant le passage de B vers A. Il y a dans cet exemple deux clapets pour assurer la progressivité de l'ouverture et diminuer la pression minimale de pilotage en X.

Lorsqu'il est nécessaire d'assurer ces fonctions sur deux voies simultanément, on peut utiliser alors un clapet piloté déverrouillé double. Cet appareil est très compact et peut être installé directement sur l'actionneur qu'il verrouille (vérin par exemple). Il existe pour cet appareil un symbole simplifié.

III.3.4. Distributeurs [4]

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

Il en existe 3 principaux.

- A tiroir,
- A robinet,
- A clapet.

III.3.4.1. Distributeur à clapet

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

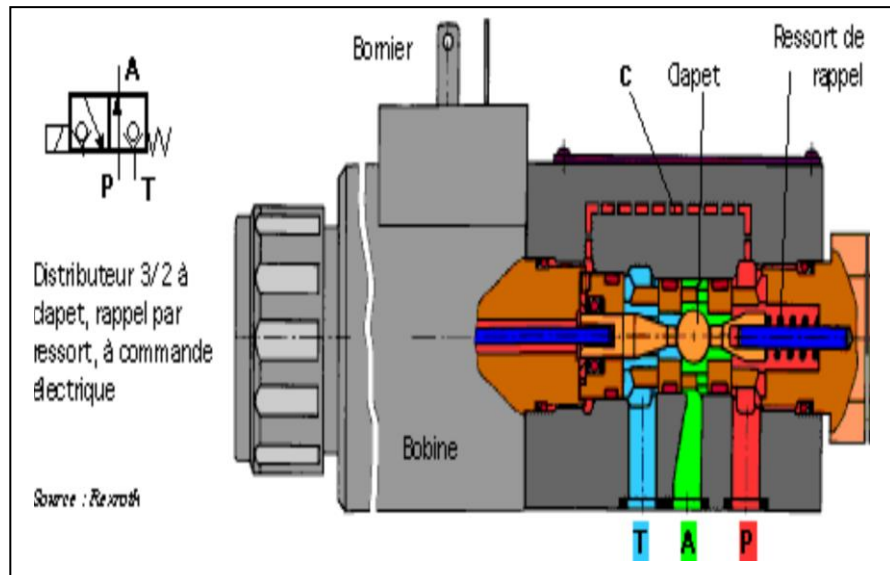


Figure III.8: Distributeur à clapet commande électrique [4]

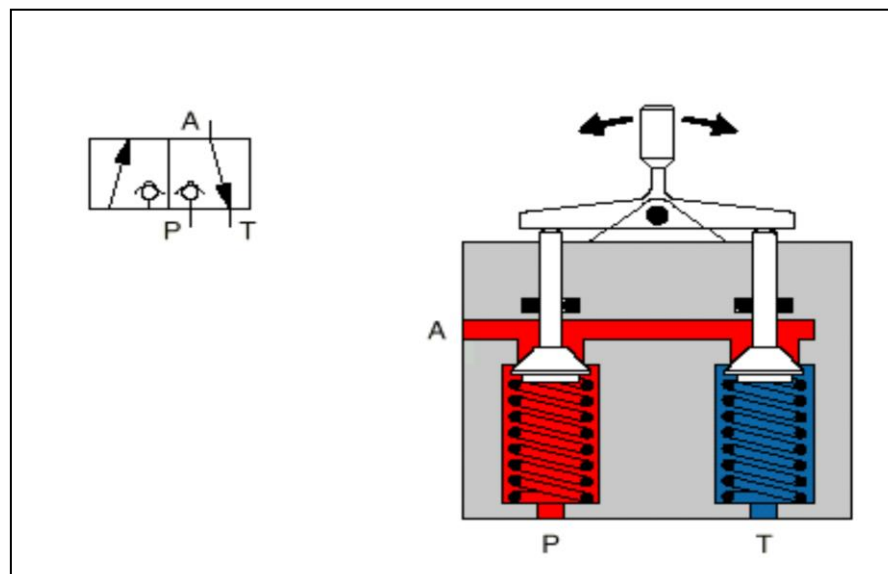


Figure III.9 : Distributeur à clapet commande manuel [4]

III.3.4.2. Distributeur à tiroir

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

La majorité des distributeurs sont de type à tiroir rectiligne.

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

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

➤ Forme des tiroirs en fonction des schémas

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

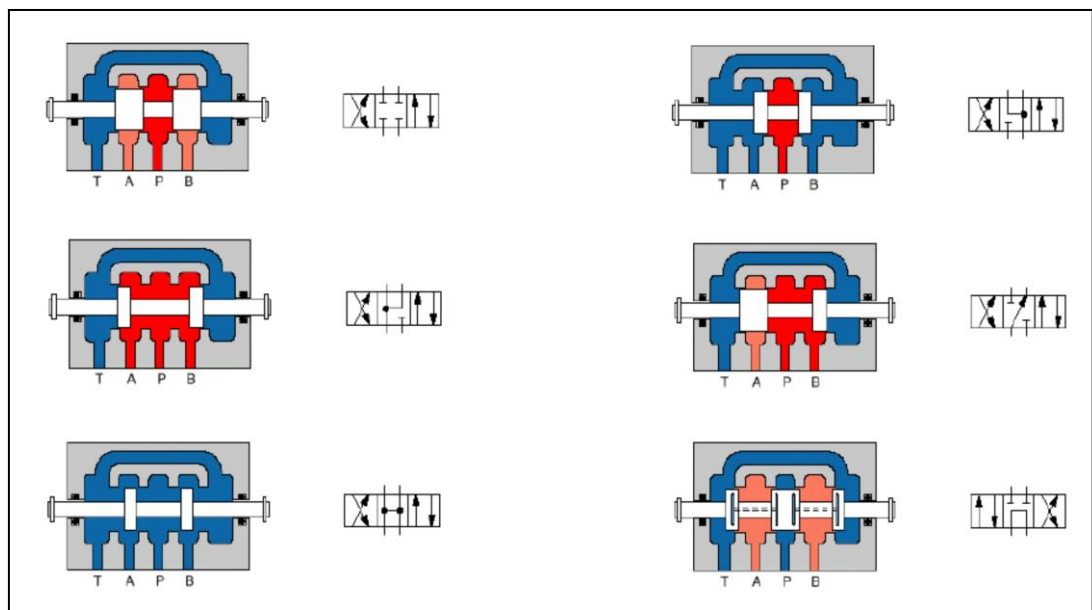


Figure III.10 : Distributeurs à tiroir [4]

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

III.3.4.3. Distributeur piloté

Lorsque les débits à faire passer sont importants, les distributeurs à commande directe ne suffisent plus. On utilise alors un distributeur à commande directe (dit distributeur pilote) qui commande (pilote) hydrauliquement un distributeur piloté de forte taille. On peut représenter ces distributeurs de façon complète ou simplifiée. Des limiteurs de débits installés sur les conduites de pilotage permettent de ralentir la vitesse de commande de façon à donner une certaine progressivité à l'action.

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

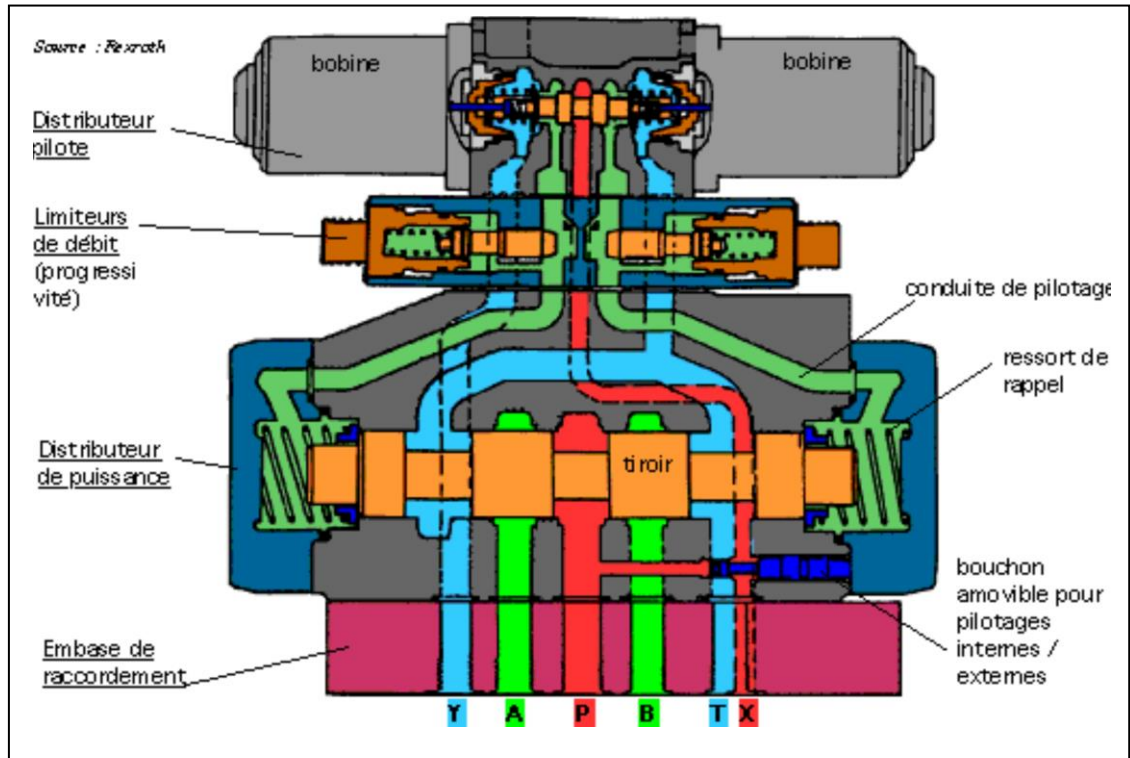


Figure III.11 : Distributeur piloté [4]

III.3.5. Accumulateurs [3]

Les accumulateurs oléopneumatiques contiennent deux fluides : une huile et un gaz (azote, gaz inerte). Il s'agit d'un élément de sécurité du circuit, protégeant le circuit lui-même et l'opérateur. La figure suivante présente le Fonctionnement d'un accumulateur oléopneumatique.

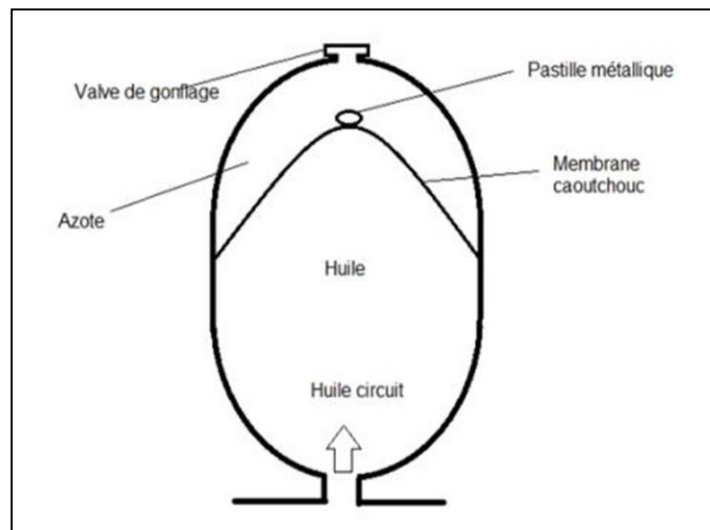


Figure III.12: Fonctionnement d'un accumulateur oléopneumatique [3]

On gonfle la partie pneumatique avec l'azote, la pression du gaz sera la pression de déclenchement de l'accumulateur.

Dès que la pression du circuit devient supérieure à celle du gonflage de l'azote, l'huile rentre dans la chambre. Puis quand la pression du circuit diminue, la pression du gaz étant plus forte, l'huile est refoulée dans le circuit.

Ce système permet d'éviter les surpressions et les à-coups dans le circuit. Il est par exemple utilisé pour les systèmes de suspension ou de sécurité non-stop hydraulique.

III.3.6. Vérins [3]

On distingue deux grandes catégories de vérins hydrauliques : ceux à simple effet et ceux à double effet. Les vérins sont utilisés pour transformer l'énergie hydraulique en énergie mécanique et plus précisément en un mouvement de translation. La section active du vérin est une donnée primordiale, car elle influe sur la force de celui-ci ($\text{Force} = \text{Pression} \times \text{Surface}$). Plus cette surface est importante, plus la force du récepteur augmente. La pression de la pompe impacte également les performances du vérin. De même pour sa vitesse de sortie ($\text{Vitesse} = \text{Débit} / \text{Surface}$). Là encore, le débit fourni par la pompe a une influence. Plus la surface du vérin est faible, plus la vitesse est importante, ce qui s'explique par le volume à remplir.

III.3.6.1. Vérin simple effet

Le vérin n'est commandé hydrauliquement que dans un seul sens, celui de sortie. On le schématise comme suit :

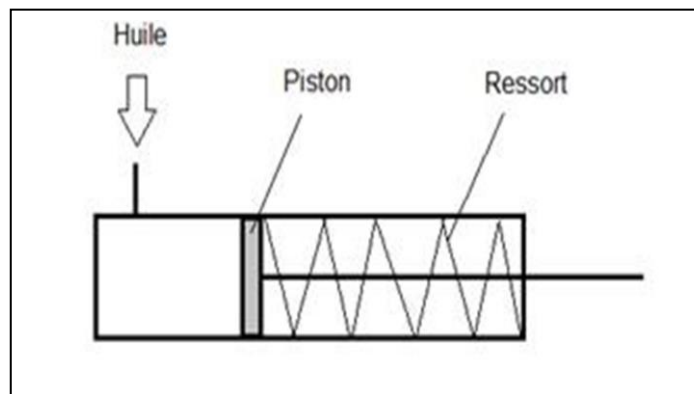


Figure III.13 : Fonctionnement du vérin hydraulique simple effet [3]

On commande la sortie du vérin simple effet en introduisant de l'huile sous pression. L'entrée du vérin se fait lorsqu'on commande le retour de l'huile au réservoir. La pression chute dans la chambre et le ressort ou le simple poids de la charge repousse le piston.

III.3.6.2. Vérin double effet

Les mouvements d'entrée et de sortie sont commandés hydrauliquement. On le schématise comme suit :

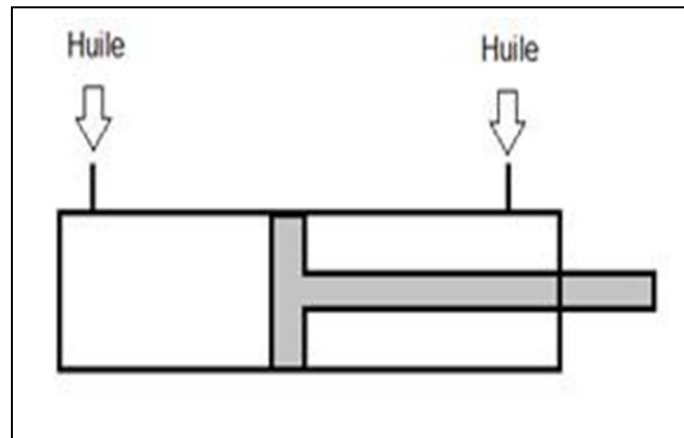


Figure III.14 : Fonctionnement du vérin hydraulique double effet [3]

La section active de sortie du vérin est la surface totale du piston (1). Lors de l'entrée, c'est la section du piston qui entoure la tige (2), puisque l'huile ne peut pas agir sur la section de la tige. Ainsi lorsqu'on remplit une chambre, l'autre se vide. Du coup, les vitesses de sortie et d'entrée sont différentes. Certains vérins double effet possèdent une tige de chaque côté pour disposer de la même section. C'est le cas par exemple du vérin de direction.

III.4. Type du circuit hydraulique

Le circuit hydraulique est le chemin d'huile qui prend son débit au réservoir jusqu'au récepteur hydraulique comme le moteur et le vérin hydraulique. La pompe donne un certain débit qui passe par des organes de sécurité afin d'éviter les catastrophes causées par les surpressions.

On a deux types de circuit hydraulique quand on parle des engins :

- **Circuit hydraulique de transmission**

Ce circuit est responsable du déplacement de l'engin, il se compose d'une pompe, d'un distributeur (bloc de commande) et d'une boîte de vitesses hydraulique.

- **Circuit hydraulique d'équipement**

Ce circuit est le responsable du mouvement de la lame, et de la direction des roues, les principaux organes sont : pompes, distributeur, vérin et moteur hydraulique.

III.5.Symboles Usuels de l'hydraulique [4]

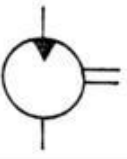
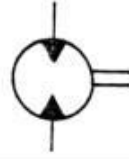
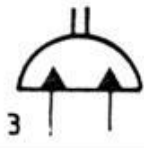
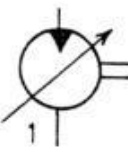
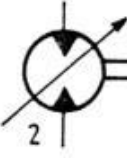
➤ Tableau III .1 : Pompes

SYMBOLE	SIGNIFICATION
	Pompe hydraulique à cylindrée fixe 1 - à un sens de flux 2 - à deux sens de flux
	Pompe hydraulique à cylindrée variable 1 - à un sens de flux 2 - à deux sens de flux

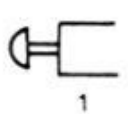
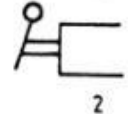
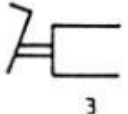
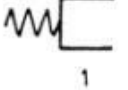
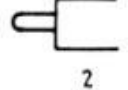
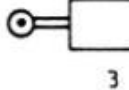
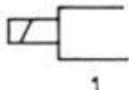
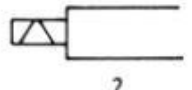
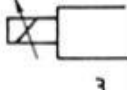
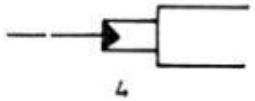
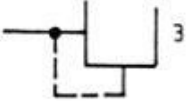
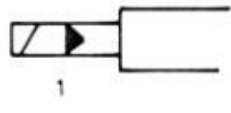
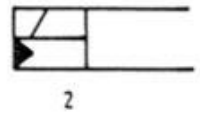
➤ Tableau III .2 : Conduite, raccordement organe de blocage

SYMBOLE	SIGNIFICATION
	Conduite de travail, de retour, d'alimentation Conduite de pilotage Conduite de récupération, de fuite, de purge
	Croisement de conduites
	Raccordement de conduites
	Conduite flexible
	Prise : a - bouchée b - avec conduite branchée
	Réservoir : 1 - réservoir à l'air libre 2 - réservoir à l'air libre avec conduite débouchant au-dessous du niveau du fluide 3 - réservoir à l'air libre en charge
	Raccord rapide sans clapet de non-retour : désaccouplés / accouplés
	Raccord rapide avec clapet de non-retour : désaccouplés / accouplés

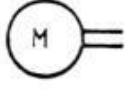
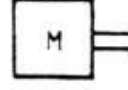


➤ **Tableau III .3 : Moteurs**

SYMBOLE			SIGNIFICATION
1 	2 	3 	Moteur hydraulique à cylindrée fixe 1 - à un sens de flux 2 - à deux sens de flux 3 - oscillant
1 	2 		Moteur hydraulique à cylindrée variable 1 - à un sens de flux 2 - à deux sens de flux

➤ **Tableau III .4 : Distributeurs (mode de commande)**

SYMBOLE	SIGNIFICATION
1  2  3 	Commande musculaire : 1 - par bouton poussoir 2 - par levier 3 - par pédale
1  2  3 	Commande mécanique : 1 - par ressort 2 - par poussoir ou palpeur 3 - par galet
1  2  3 	Commande électromagnétique : 1 - à un enroulement 2 - à deux enroulements agissant en sens contraire 3 - à action variable
4  3 	Commande hydraulique (pression) : 3 - voie de commande à l'intérieur de l'appareil 4 - indirecte par distributeur pilote
1  2 	Commande combinée : 1 - dépendantes 2 - indépendantes (l'une ou l'autre)

➤ **Tableau III .5 : Sources d'énergie**

SYMBOLE	SIGNIFICATION
1  2  3  4 	1 - moteur électrique 2 - moteur thermique 3 - accumulateur 4 - source de pression (simplifiée)

➤ **Tableau III .6 : Pompes-moteurs**

SYMBOLE			SIGNIFICATION
			Appareil à 2 fonctions (Pompe-Moteur) hydraulique à cylindrée fixe 1 - avec inversion du sens de flux 2 - sans inversion du sens de flux 3 - à deux sens de flux
			Appareil à 2 fonctions (Pompe-Moteur) hydraulique à cylindrée variable 1 - avec inversion du sens de flux 2 - sans inversion du sens de flux 3 - à deux sens de flux

➤ **Tableau III .7 : Vérins**

SYMBOLE		SIGNIFICATION
		Vérin à simple effet : 1, 2 - à rappel par force non-défini 3 - à rappel par ressort
		Vérin à double effet : 1 - à simple tige 3 - à double tige
		Vérin différentiel
		Vérin avec amortisseur : 1 - amortisseur fixe agissant dans un seul sens 2 - amortisseur fixe agissant dans les deux sens 3 - amortisseur réglable agissant dans un seul sens 4 - amortisseur réglable agissant dans les deux sens

III.6. Avantages des systèmes hydrauliques [4]

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

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

III.7. Inconvénients des systèmes hydrauliques [4]

Les systèmes hydrauliques engendrent aussi des inconvénients :

- Risques d'accident dûs à la présence de pressions élevées (50 à 700bars)
- Fuites entraînant une diminution du rendement
- Pertes de charge dues à la circulation du fluide dans les tuyauteries
- Risques d'incendie, l'huile est particulièrement inflammable
- Technologie coûteuse (composants chers, maintenance préventive régulière).

Conclusion

Ce chapitre est une étude des généralités concernant les systèmes et les organes hydrauliques afin de nous faciliter l'étude du prochain chapitre, de part j'ai pris conscience de l'importance des paramètres mécaniques et hydrauliques dans le fonctionnement de tout circuit.

Introduction

Une transmission hydraulique est une transmission qui utilise un fluide (l'huile) sous pression pour transmettre la puissance du moteur thermique aux roues du véhicule pour la déplacer. L'énergie mécanique du moteur est convertie en énergie hydraulique par une pompe, un moteur hydraulique relié à la pompe, reconvertit cette énergie en énergie mécanique pour entraîner les roues motrices. La transmission hydraulique remplit à la fois les fonctions d'embrayage et la boîte de vitesses avec un convertisseur de couple. La transmission finale se trouve, de ce fait, simplifiée car les organes de la transmission hydraulique qui peuvent procurer une infinité de vitesse d'avancement ainsi que des gammes variées de couple et de marches arrière.

IV .1 Etude de circuit hydraulique de transmission

C'est le circuit qui a le rôle de déplacement du bulldozer, il se compose de plusieurs organes très importants : un réservoir, un filtre, une pompe hydraulique, un distributeur, et une boîte à vitesse hydraulique avec un convertisseur de couple, chacun a un rôle différents de l'autre. La description, le rôle, la composition de ces organes du circuit hydraulique de transmission vont suivre.

IV .1 .1. Chaîne cinématique

Le mouvement se transmet comme suit : le moteur donne le mouvement à la boîte à vitesses, ce dernier fait tourner le différentiel par l'intermédiaire d'un arbre de transmission, de différentiel à la réduction finale et en fin aux moyeux des roues dentées.

La chaîne cinématique comprend :

- Le moteur Diesel avec six cylindres en ligne et une injection directe système de carburant.
- Le convertisseur de couple qui connecte le moteur à la transmission. Il augmente ou diminue le couple du moteur en fonction de la charge à laquelle le tracteur est en marche.
- Une boîte à vitesses (power shift) commande la vitesse et le sens de marche.
- Le couple conique Connecte la boîte vitesse à la transmission finale
- Double différentiel
- Planétaire d'équilibrage
- Les commandes finales (les réducteurs, les freins, les barbotins)

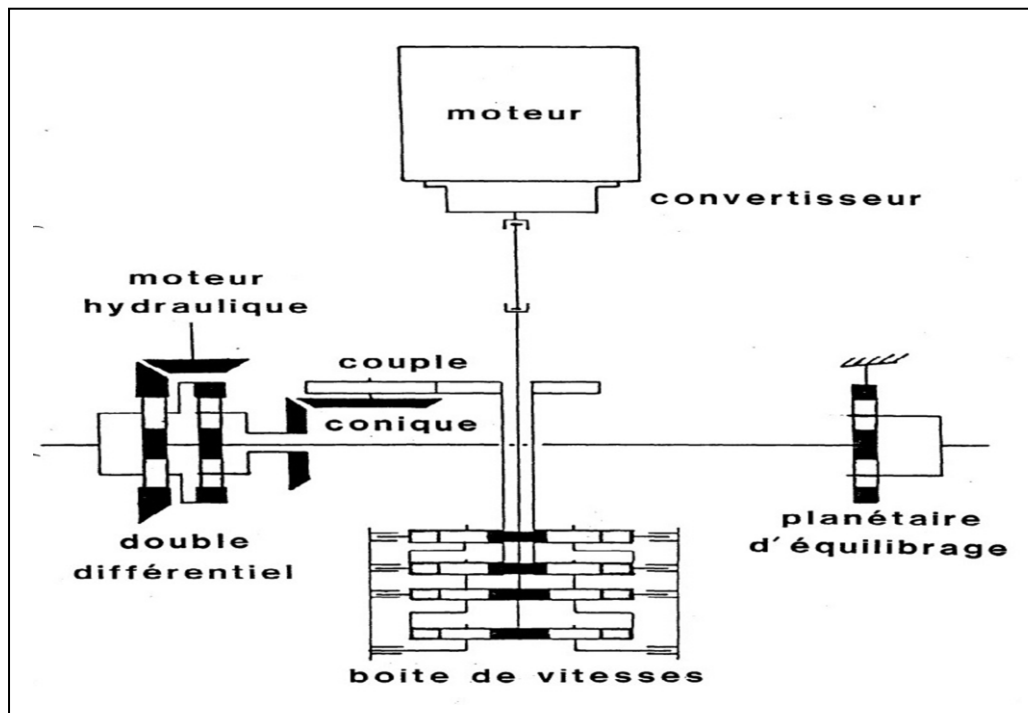


Figure IV.1 : Schéma de la chaîne cinématique d'un bulldozer D8N [6]

IV .1 .2. Transmission (power train) [11]

La transmission est fixée au boîtier à l'arrière de l'engin. La puissance du convertisseur de couple est transmise vers un arbre d'entrée par un arbre d'entraînement. Le courant de la transmission circule, à travers l'arbre de sortie pour les engrenages de transfert et puis vers la transmission finale.

La commande finale gauche, son frein et ses deux planétaires peuvent être démontés en un seul bloc comme la commande finale, son frein et ses deux planétaires peuvent être aussi démontés en un seul bloc. La boîte à vitesses et le couple conique se déposent par l'arrière.

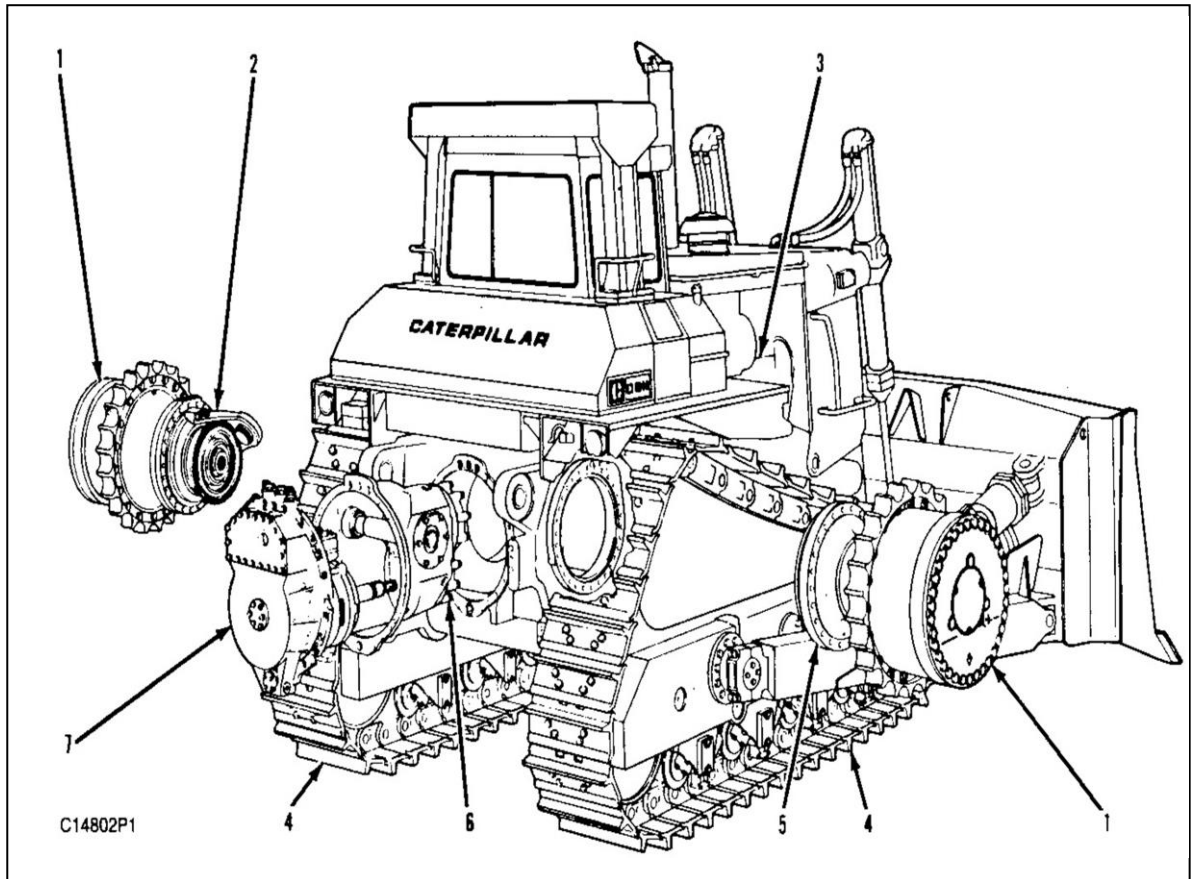


Figure IV.2 : Transmission d'un bulldozer D8N [6]

➤ Composantes

- | | |
|---|---|
| 1. Commande finale ; | 5. Planétaire et groupe de frein ; |
| 2. Différentielle et groupe de frein ; | 6. Engrenage conique de transfert ; |
| 3. Moteur avec un convertisseur de couple ; | 7. Transmission (planétaire power shift). |
| 4. Rails ; | |

IV .1 .2.1 Boite à vitesse (Power shift)

C'est une boîte à vitesse hydraulique qui dispose de cinq embrayages à commande hydraulique qui donnent trois vitesses avant et trois vitesses arrière. La transmission power shift à trains planétaires robuste, utilise un grand diamètre, haute capacité, embrayages à bain d'huile pour un passage en douceur, Les vitesses sont sélectionnées manuellement.

Ce genre de boîte se caractérise par sa souplesse et la rapidité de passage des vitesses.

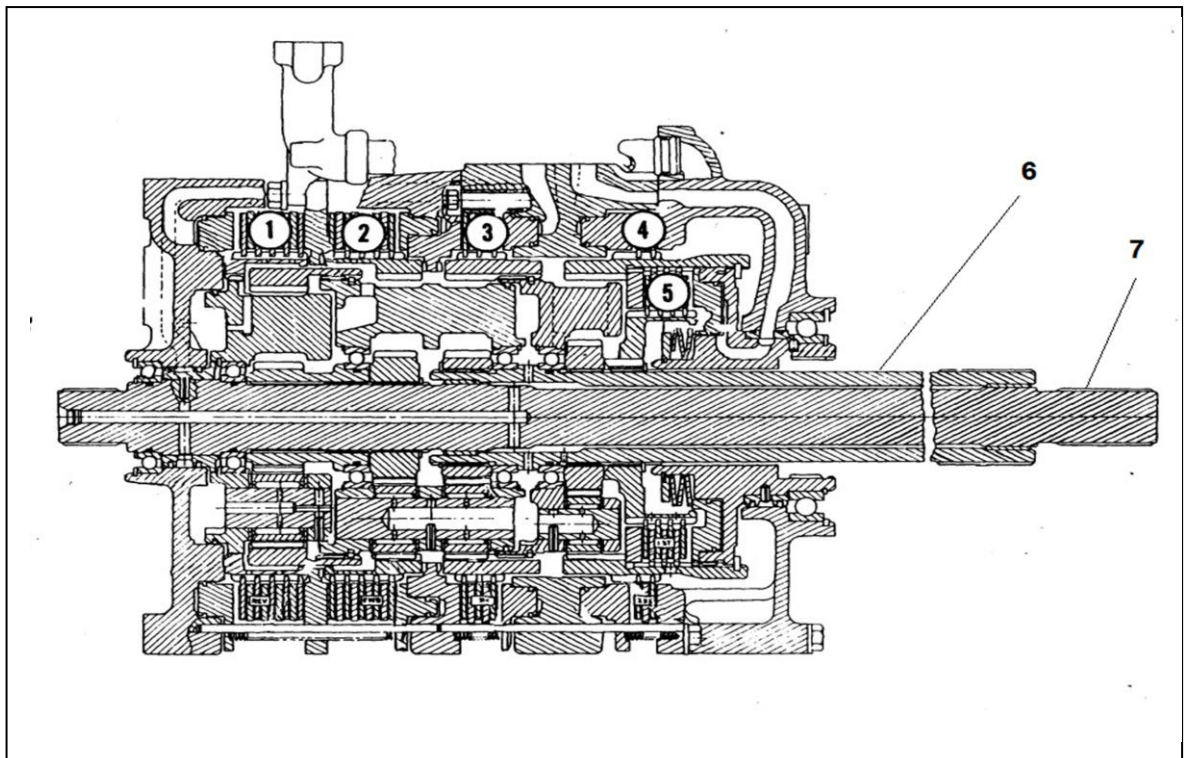


Figure IV.3 : Boite à vitesse Power shift [6]

➤ **Désignation**

- | | |
|----------------------------------|--|
| 1. Embrayage de marche arrière ; | 5. Embrayage de 1 ^{ère} vitesse ; |
| 2. Embrayage de marche avant ; | 6. Arbre de sortie ; |
| 3. Embrayage de 3eme vitesse ; | 7. Arbre d'entrée. |
| 4. Embrayage de 2eme vitesse ; | |

L'embrayage de 1ere vitesse est monté sur un joint tournant

Le tableau au-dessous qui donne la combinaison des embrayages engagés pour chaque vitesse avant et arrière.

Tableau IV.1 : Combinaison des embrayages engagés pour chaque vitesse [6]

Vitesse de transmission	Embrayage engagé dans la transmission
Première vitesse de marche avant	2 et 5
Deuxième vitesse de marche avant	2 et 4
Troisième vitesse de marche avant	2 et 3
Vitesse neutre	3
Première vitesse de marche arrière	1 et 5
Deuxième vitesse de marche arrière	1 et 4
Troisième vitesse de marche arrière	1 et 3

➤ **Principe de fonctionnement de la boîte à vitesse**

-Position neutre

Lorsque la transmission est au point mort, l'embrayage n° 3 est engagé, la couronne d'embrayage n°3 (7) est jugée stationnaire par l'embrayage.

L'arbre d'entrée (17) tourne engrenage planétaire pour embrayage n° 1 et n° 2. Puisque ni l'embrayage n° 1 ni l'embrayage n° 2 ne sont engagés, il n'y a pas le flux d'énergie à l'arbre de sortie (25).

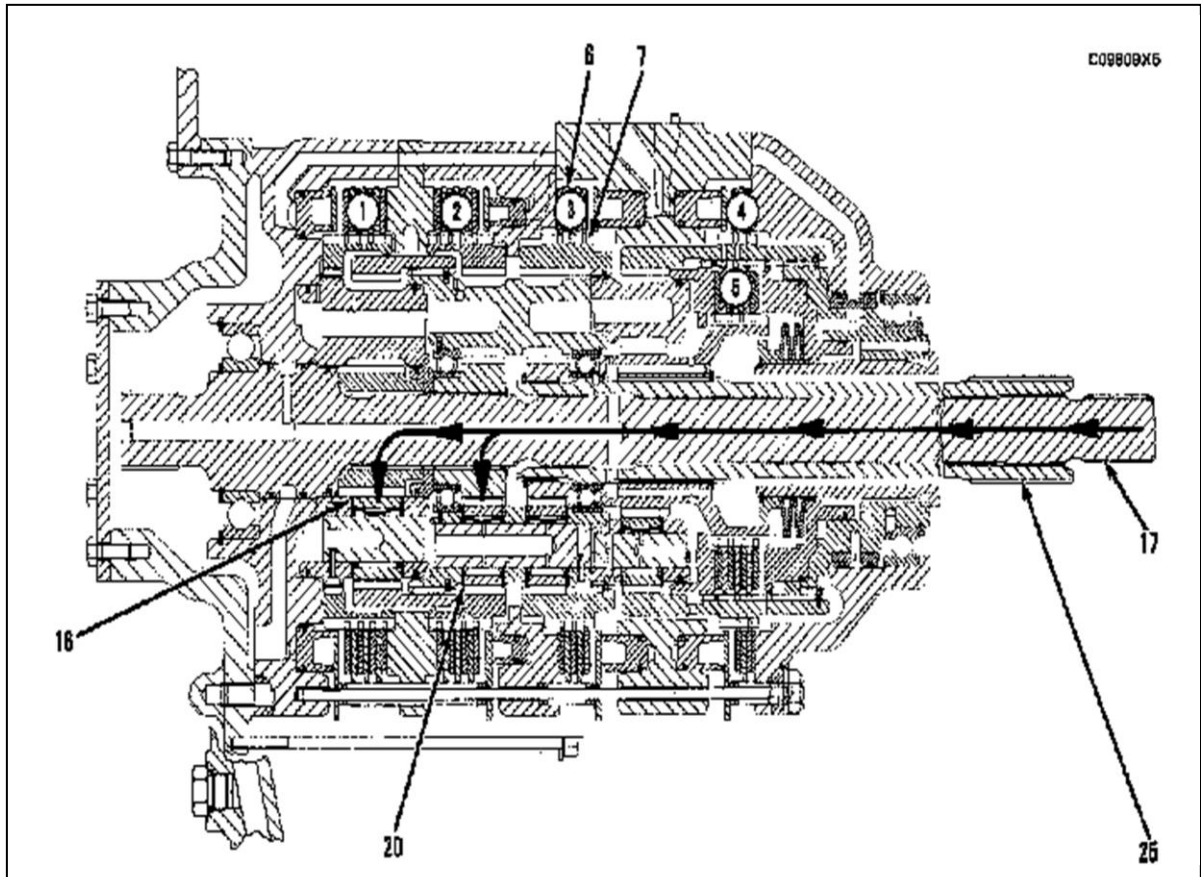


Figure IV.4: Boîte à vitesse (position neutre) [11]

➤ **Désignation**

Puissance de débit au point mort (embrayage n° 3 Engagé) ;

7. Couronne pour embrayage n° 3 ;

16. Engrenage planétaire pour embrayage n°1 ;

17. Arbre d'entrée ;

20. Engrenage planétaire pour embrayage n°2 ;

25. Arbre de sortie.

IV .1.2. 2. Embrayage

Ces embrayages sont à disques multiples, travaillant dans l'huile, et commandés par pression d'huile. L'engagement des embrayages fait passer le mouvement dans la boîte de vitesse. Chaque embrayage se compose d'un piston, disques, train planétaire couronne et des ressorts pour le retour de piston.

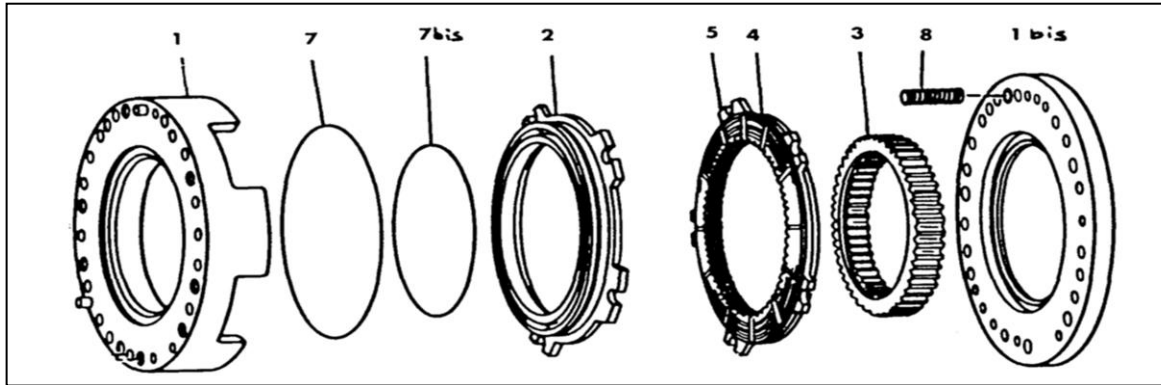


Figure IV.5: Embrayages [10]

➤ Description

- La couronne (3) porte une denture externe sur laquelle sont enfilés, au montage, les disques (4) recouverts de bronze fritté, à denture intérieure.
- Ces disques (4) sont donc solidaires, en permanence, de la couronne (3), et tournent avec elle.
- Les disques (5), en acier, sont intercalés entre les précédents, mais ils n'ont aucun contact avec la couronne. Ils portent des "oreilles" qui les rendent solidaires d'une broche(6) enfoncée, de part et d'autre, dans les parties fixes du carter d'embrayage, (1) et (1bis).
- Ces disques (5) ne peuvent donc pas tourner.
- Les disques (5) et (4) peuvent se déplacer dans le sens axial.
- Un piston annulaire (2), pouvant coulisser dans une gorge ménagée dans le carter fixe (1), sert à comprimer des ressorts (8) et à bloquer la pile de disques (4, 5) contre le carter (1bis). Il est actionné par de l'huile, introduite dans la cavité circulaire (9), et montante en pression.
- L'étanchéité de la gorge dans le carter du piston (2) est assurée par des joints type segments de piston (7 et 7 bis).
- Le piston annulaire est lui-même traversé par la broche (6) et ne peut pas tourner.
- Les disques (4 et 5) sont aspergés d'huile en permanence, pour assurer un bon graissage et un refroidissement continu.

➤ Principe de fonctionnement d'embrayage

• Engagemment de l'embrayage

Lorsque le conducteur décide d'utiliser ce train planétaire – correspondant à la vitesse choisie – le déplacement du levier de vitesses dirige de l'huile vers la cavité (9). Dès que la cavité est pleine, l'huile monte en pression, et pousse le piston (2).

Celui-ci comprime les ressorts (8) et bloque l'ensemble des disques (4 et 5) contre le carter (1 bis). Comme les disques (5) sont dans l'impossibilité de tourner, les disques (4) se trouvent donc immobilisés, et du même coup, immobilisent la couronne (3).

Ceci a pour résultat la 'mise au travail' de ce train planétaire.

• Dégagement de l'embrayage

Lorsque l'on cesse l'envoi d'huile vers cet embrayage, la cavité (9) est "mise à la décharge". Les ressorts (8) repoussent l'huile de la cavité (9) et le piston (2) libère les disques

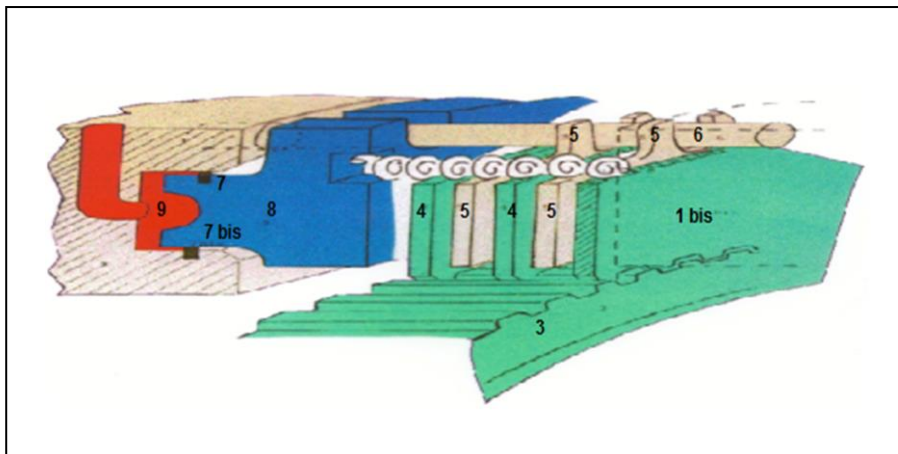


Figure III.6 : Section d'embrayage [10]

IV .1 .3. Convertisseur de couple

Le convertisseur de couple relie le moteur à la transmission planétaire par l'arbre d'entraînement principal. Cette connexion entre le moteur et la transmission est une liaison hydraulique. Il n'y a pas de lien mécanique direct entre le moteur et la transmission. Le convertisseur de couple utilise de l'huile à envoyer à partir du couple moteur à la transmission. Lorsque la machine travaille contre une charge, le convertisseur de couple peut multiplier le couple du moteur et envoyer un couple plus élevé pour la transmission.

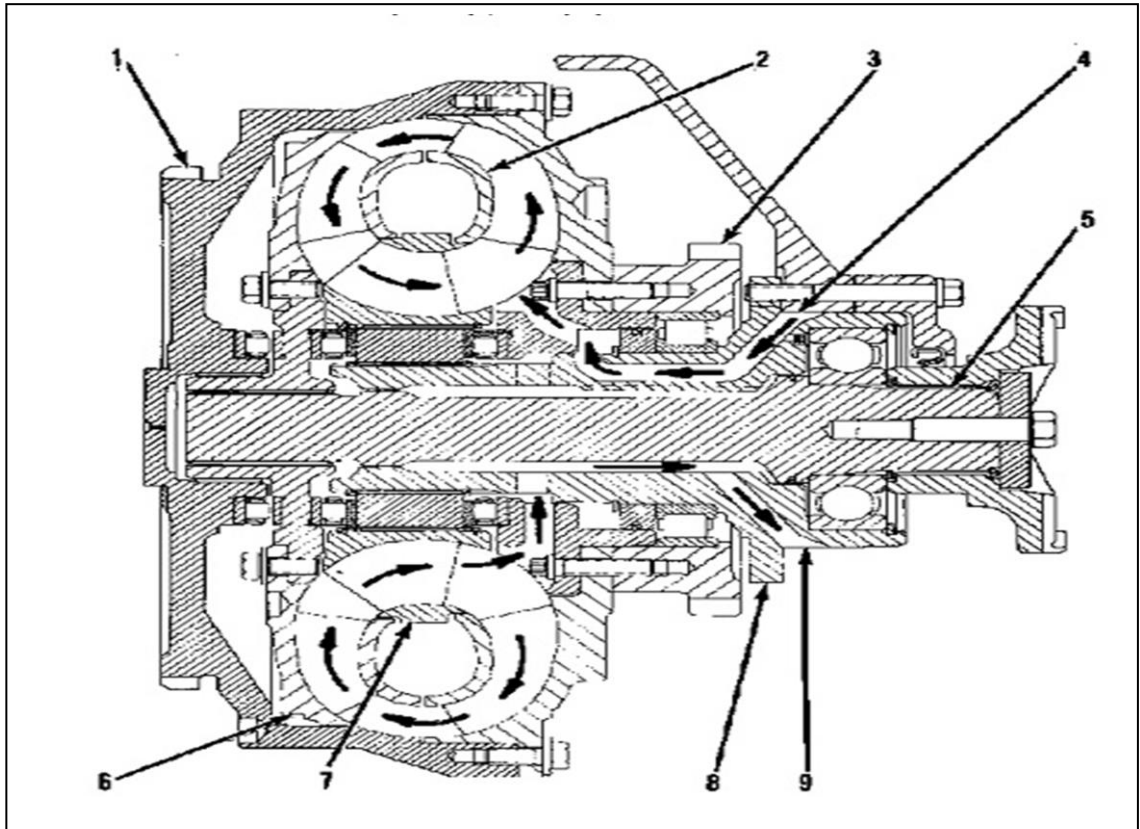


Figure IV.7 : Composants de convertisseur de couple [11]

- | | |
|---|-----------------------|
| 1. Boîtier ; | 6. Turbine ; |
| 2. Roue à aubes (pompe) ; | 7. Stator ; |
| 3. Engrenage d'entraînement de la pompe ; | 8. Support ; |
| 4. Orifice d'entrée ; | 9. Orifice de sortie. |
| 5. Arbre de sortie ; | |

➤ Principe de fonctionnement

Huile pour le fonctionnement du convertisseur est fourni par la pompe de marche. La pompe à huile est entraînée par engrenage (3).

L'huile de la transmission des contrôles hydrauliques entre dans le convertisseur de couple vers le passage d'entrée (4). L'huile est dirigée au port d'admission par un passage dans le boîtier de convertisseur. Du port d'admission (4), l'huile passe par un passage dans le centre à la roue à aubes.

La roue à aubes (2) qui tourne avec le boîtier rotatif (1) au régime du moteur fait l'huile aller vers l'extérieur de la roue à aubes, autour de l'intérieur du boîtier (1) et contre les lames de turbine (6). L'huile qui frappe les lames de la turbine entraîne la turbine (6) et l'arbre de sortie (5) de tourner. Cela envoie le couple à l'arbre d'entrée de la transmission, par l'arbre

d'entraînement principal. À ce moment, le couple donné à la turbine par la force de l'huile à partir de la roue à aubes (2) ne peut être supérieur au couple de sortie du moteur à la roue.

Une fois que l'huile frappe les lames de la turbine, elle va vers l'intérieur de la turbine (6). Comme l'huile passe dans la turbine, il se déplace dans une direction opposée au sens de rotation de la roue

Le stator (7) amène l'huile à changer de la direction et revient dans la roue à aubes (2) dans le sens de rotation. L'huile de passage de sortie (9) va au refroidisseur d'huile et ensuite vers le système de lubrification de la transmission.

IV .1 .4. Technique de circuit hydraulique de transmission [6]

Ce schéma représente la circulation d'huile entre les organes de circuit de transmission.

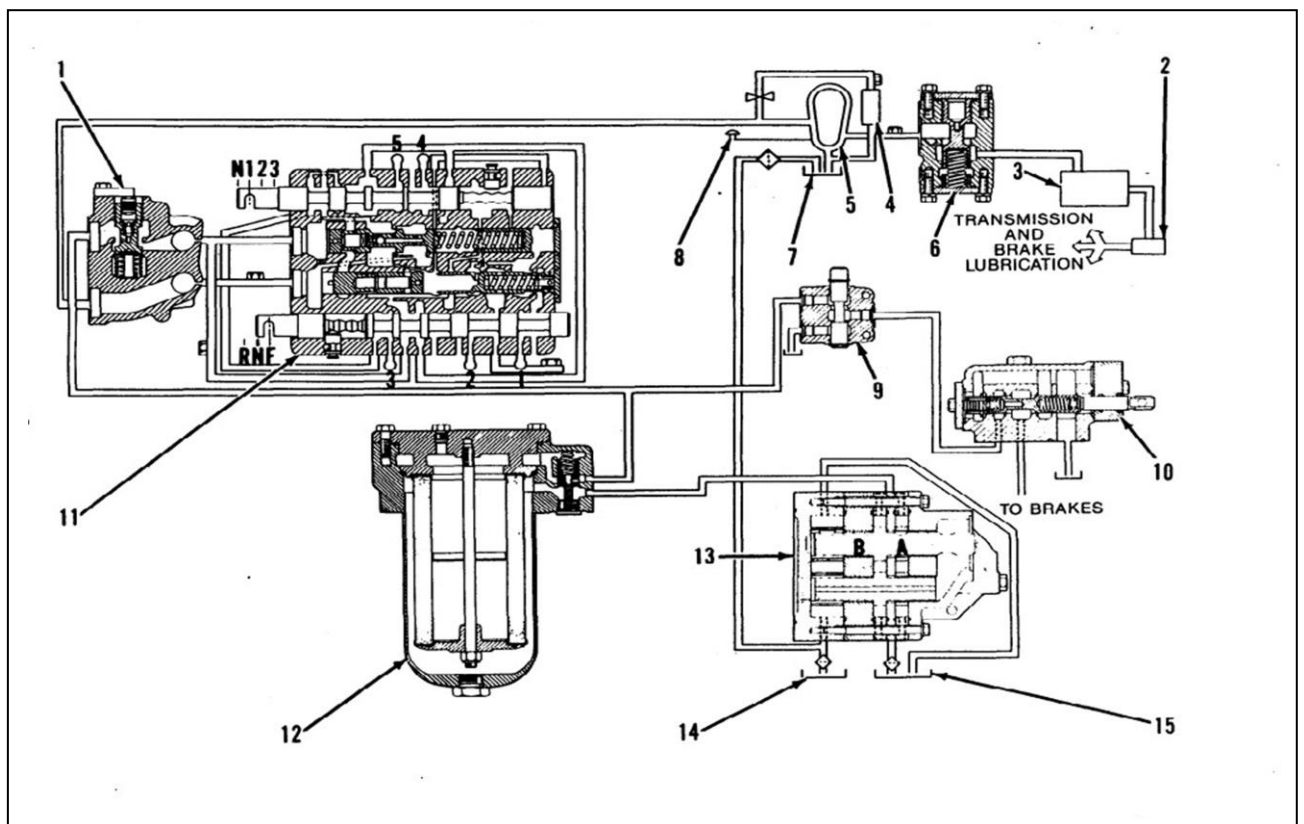


Figure IV.8: Schéma technique du circuit hydraulique de transmission [6]

- | | |
|--------------------------------|---|
| 1. Valve de priorité ; | 4. Entraînement de la pompe ; |
| 2. Plaque de distribution ; | 5. Convertisseur de couple ; |
| 3. Refroidisseur ; | 6. Soupape de décharge sortie convertisseur |
| 7. Carter du convertisseur ; | 11. Bloc distributeur ; |
| 8. Reniflard ; | 12. Filtre de transmission ; |
| 9. Valve de frein de parking ; | 13. Pompe de la boîte ; |
| 10. Valve de frein à pied ; | 14. Carter de transmission. |
| 15. Carter arrière ; | |

➤ Principes de fonctionnement du circuit de transmission

Le système hydraulique de transmission dispose d'une pompe (13) à deux sections avec trois corps: une section A comprend deux corps pour alimenter le système de freinage et la transmission et une section B pour le balayage d'huile de convertisseur de couple.

Lorsque le moteur est en marche l'entraînement de la pompe se met directement, la section A de la pompe de transmission aspire l'huile du carter arrière vers le filtre à huile de transmission (12) qui permet d'empêcher le passage des particules, et après l'huile filtrée est envoyée au système de freinage qui se compose de deux commandes (frein parking et frein a pied), et également à la valve prioritaire(5).

La valve prioritaire fait en sorte que l'huile soit d'abord disponible pour la soupape de frein(10) afin d'assurer les freins de stationnements, ensuite pour l'opération de transmission. Quand ce dernier fonctionnement est accompli, la valve prioritaire s'ouvre pour que l'huile est envoyée directement au bloc de distributeur (7).

Le distributeur commande la pression et le débit d'huile aux embrayages de transmissions pour engager, la vanne de rapport à l'intérieur de distributeur commande la pression d'huile a l'entrée de convertisseur de couple (5), lorsque le débit d'huile à l'intérieur de convertisseur est aux maximum, l'entraînement de la pompe et la section B de balayage d'huile de convertisseur de couple aspire l'huile de carter de convertisseur de couple (7) pour qu'il soit refoulé au carter d'huile principale (15).

En cas d'augmentation de température dans le convertisseur, la soupape de décharge (6) s'ouvre et transfère l'huile au refroidisseur d'huile (3).

Après avoir traversé le refroidisseur, l'huile avec une température inférieure évacuée par la plaque de distribution (2) est dirigée vers la transmission planétaire et la lubrification les freins.

La capacité du circuit d'huile de transmission est d'environ 130 L.

IV .1 .5. Principaux organes du circuit

Comme la plupart du circuit, le circuit hydraulique de transmission se compose de plusieurs organes très importants, chacun a un rôle différent de l'autre comme suit :

IV .1 .5 .1. Pompe de transmission

La pompe à huile de la transmission est une pompe à engrenages à deux sections A et B avec trois corps. La section A contient deux corps serrant pour l'alimentation du circuit de la boîte, les pignons décalés d'un corps par rapport à l'autre afin d'éviter les trop fortes pulsations d'huile dans le circuit. Ces deux corps débitent 150l/min à 1800 tour/min et à une pression de 31Bar. La section B contient un Corps. pour reprise du convertisseur et de la boîte, son débit est de 98L/Min à 900Tr/min, à une pression de 1.4Bar.

- **Principe de fonctionnement**

La pompe est entraînée par l'arbre d'entrée (3) et L'arbre d'entrée est couplé par le moteur à travers une série d'engrenages et est fixée directement sur le châssis arrière. Pendant le fonctionnement, l'huile entre dans chaque section de la pompe à travers les passages d'entrée. L'huile remplit l'espace entre les dents d'engrenage. Lorsque les roues dentées tournent, l'huile est envoyée à travers les passages de sortie.

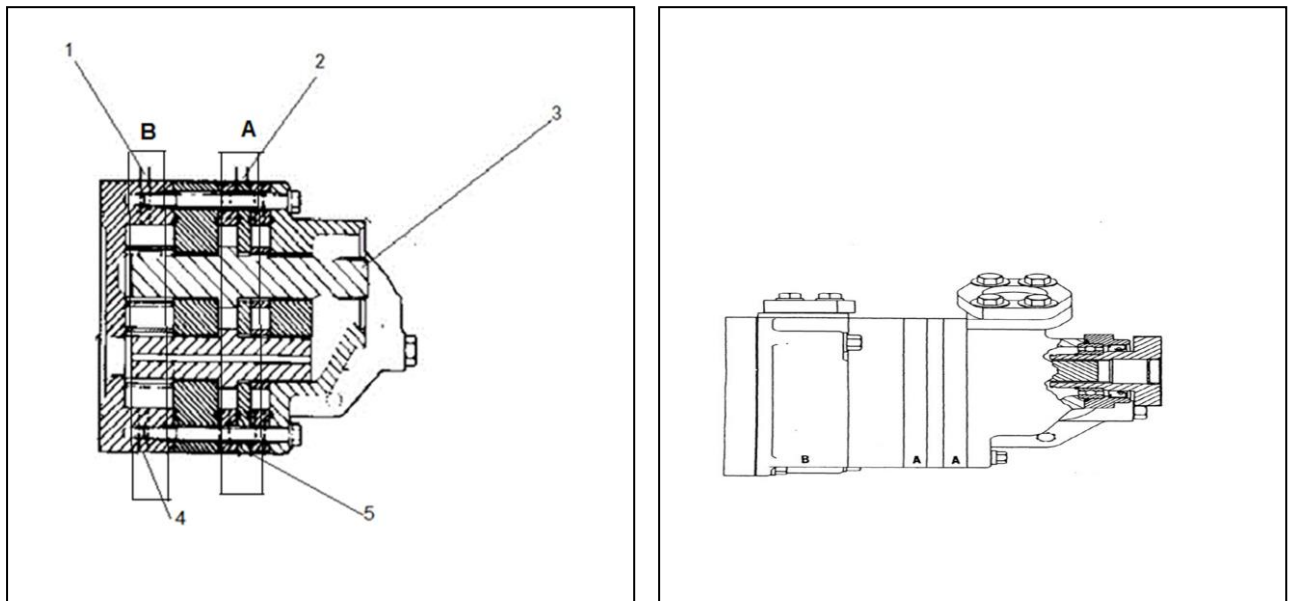


Figure IV.9 : Pompe de transmission [6]

- **Désignation**

- | | |
|----------------------------------|---------------------------------|
| 1. Section B passage de sortie ; | 3. Arbre d'entrée ; |
| 2. Section A passage de sortie ; | 4. Section B passage d'entrée ; |
| 5. Section A passage d'entrée ; | |

IV .1 .6 . Filtre

C'est un élément indispensable, il retient les particules solides et évite les grippages, les rayures et donc participe à l'augmentation de la MTBF. Il sert à filtrer l'huile pour protéger les organes du circuit. L'huile passe par l'entrée (4) et sort par la sortie (3).Lorsqu'il y a un colmatage du filtre le by passe (1) s'ouvre pour que l'huile passe directement, les organes ne s'usent pas et pour avoir un temps avant l'intervention.

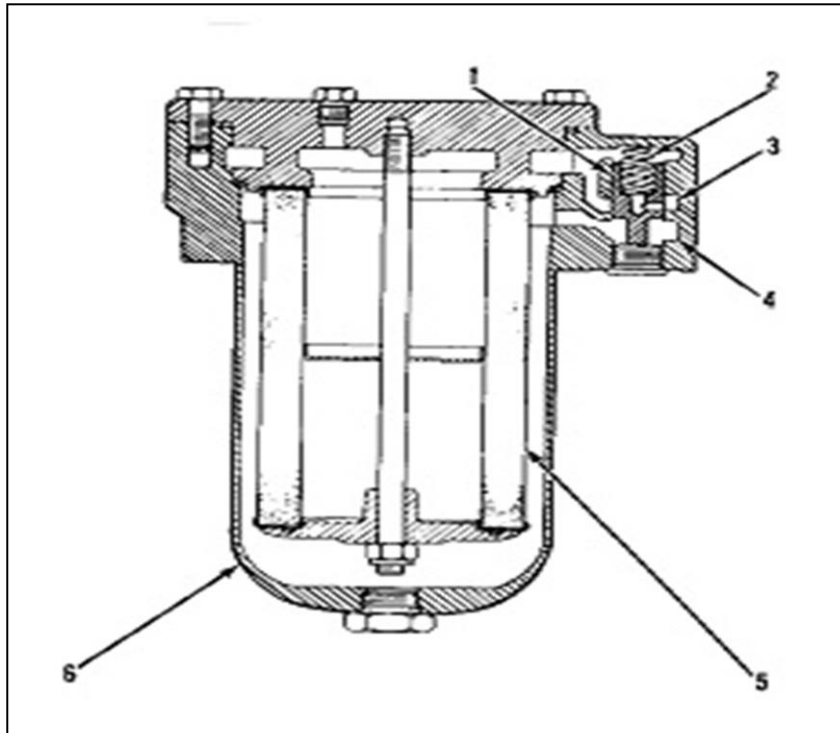


Figure IV.10 : Filtre à huile [6]

- **Désignation**

- | | |
|------------------------|------------------------------|
| 1. By-pass de filtre ; | 4. Entrée d'huile ; |
| 2. Ressort ; | 5. Cartouche de filtration ; |
| 3. Sortie d'huile ; | 6. Corps. |

IV .1 .6 .1.Filtres reniflard [9]

Le filtre reniflard permet le flux d'air propre pour l'aération à l'intérieur du convertisseur de couple dans laquelle la mise à la pression atmosphérique est requise. Ils garantissent l'absence de formation de vide ou de pression en relation avec les changements de température ou les fluctuations de volume.

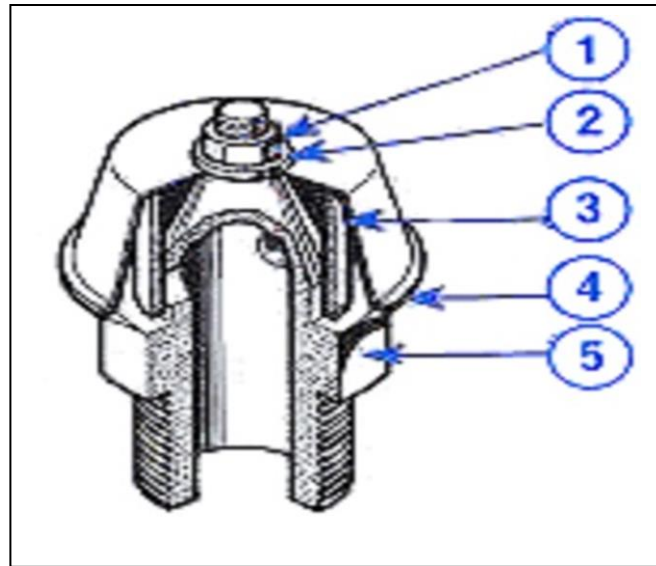


Figure IV.11 : Reniflard [9]

- **Désignation**

- | | | |
|-----------------------|----------------------------|-----------------------|
| 1. Écrou de serrage ; | 2. Rondelle d'étanchéité ; | 3. Élément filtrant ; |
| 4. Couvercle ; | 5. Corps. | |

IV .1 .7. Refroidisseur d'huile

Le refroidisseur d'huile de transmission est monté sur le côté à droite de l'engin, c'est un refroidisseur de type à eau, il utilise un liquide de refroidissement qui s'écoule à travers des tubes à l'intérieur du refroidisseur pour évacuer la chaleur d'huile à haute température qui provient du convertisseur de couple et s'écoule vers les tubes de refroidisseur d'huile. Une partie de la chaleur est retirée, après avoir quitté le refroidisseur et s'écoule vers la lubrification de transmission.

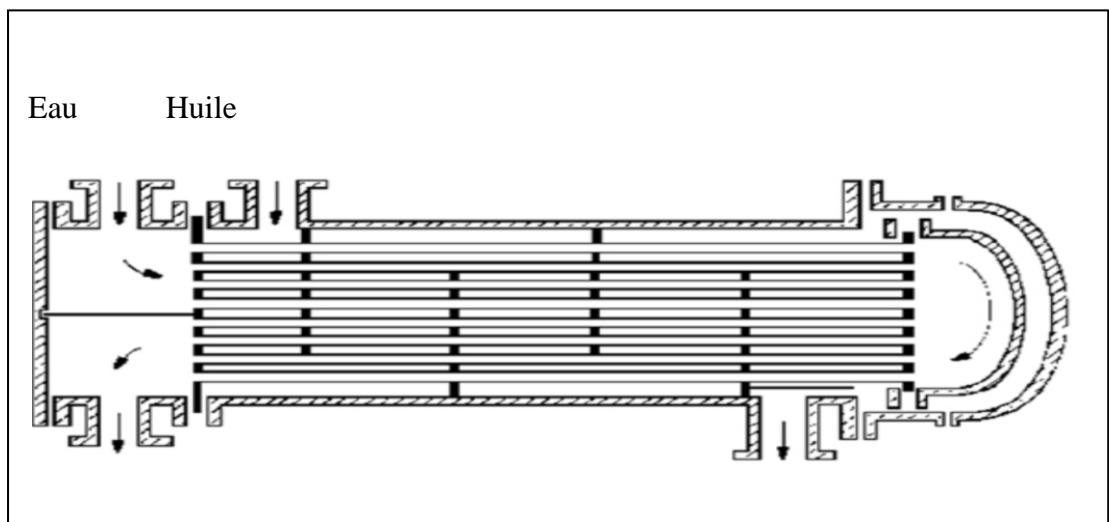


Figure IV.12 : Refroidisseur d'huile [14]

IV .1 8. Valve de décharge de sortie

La valve de décharge de sortie du convertisseur de couple est fixée sur le boîtier du convertisseur de couple son rôle est de maintenir la pression de sortie du convertisseur de couple, elle est prête à ouvrir avec une pression de 3.8 Bar.

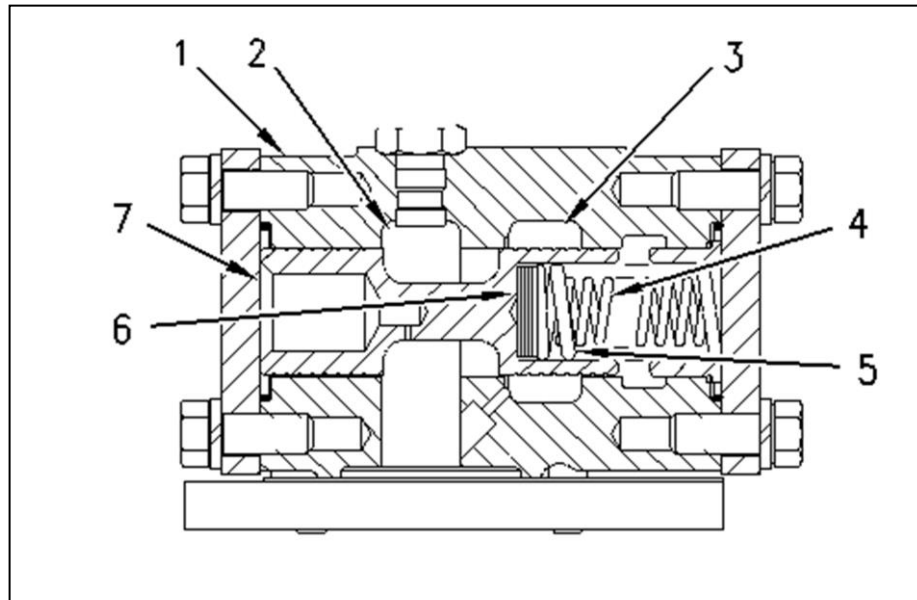


Figure IV.13: Valve de décharge de sortie [6]

- **Désignation**

1. Corps de vanne ; 2. Passage d'entrée ; 3. Passage de sortie ;
4. Ressort ; 5. Ressort ; 6. Cales ; 7. Bobine de valve.

- **Principe de fonctionnement**

L'huile s'écoule dans le corps de soupape (1) à travers le passage d'entrée (2). L'huile se déplace la bobine de valve (7) contre la force du ressort (4) et (5). Lorsque la pression de l'huile devient supérieure à la force des ressorts, le déplacement de bobine de valve (7) permet à l'huile de s'écouler à travers le passage de sortie (3) et donc vers le refroidisseur d'huile de transmission.

IV .8.1. Valve de priorité

La soupape de priorité permet d'assurer l'alimentation de circuit de frein avant que l'on puisse engager une vitesse.

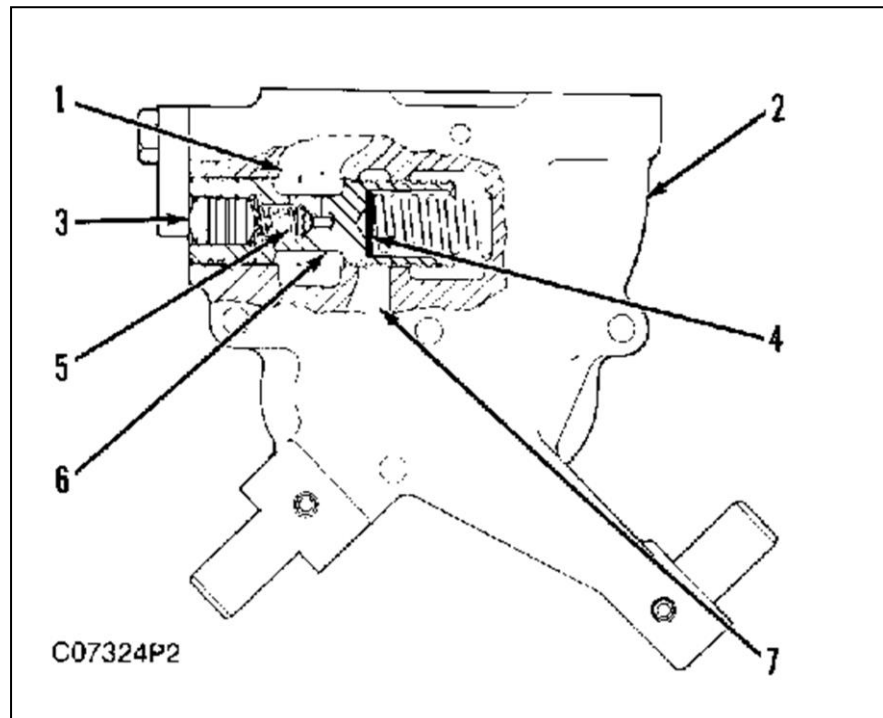


Figure IV.14: Valve prioritaire [6]

- **Désignation**

- | | |
|-----------------------|-------------------------|
| 1. Entré de passage ; | 5. Clapet ; |
| 2. Corps ; | 6. Ensemble de bobine ; |
| 3. Limace ; | 7. Sortie de passage. |
| 4. Cales ; | |

- **Principes de fonctionnement**

L'huile qui vient de la section A de la pompe de boîte entre dans le passage d'entrée (1) et passe à travers un trou dans l'assemblage de bobine (6) dans la chambre entre limace (3) et le clapet (5). Lorsque la pression d'huile dans la chambre devient supérieure au réglage de la valve de priorité, l'assemblage de bobine (6) se déplace vers la droite et permet l'écoulement d'huile sous pression au passage de sortie (7). De passage de sortie (7), l'huile sous pression s'écoule directement vers le sélecteur et régulateur de pression (distributeur), elle est prête à ouvrir les contrôles de transmission à une pression environ 29 Bar.

IV .9. Sélecteur et régulateur de pression (distributeur)

C'est l'organe le plus important en circuit hydraulique de transmission qui a le rôle de l'alimentation des embrayages de vitesse et de sens de marche ainsi que la modulation et la séquence en plus qu'il garde la sécurité du convertisseur de couple.

Les contrôles de transmission hydraulique sont installés sur le planétaire de transmission, ainsi que le tiroir de vitesse ; (1) et le tiroir de sens de marche (8) sont reliés par une liaison à levier de sélection de transmission.

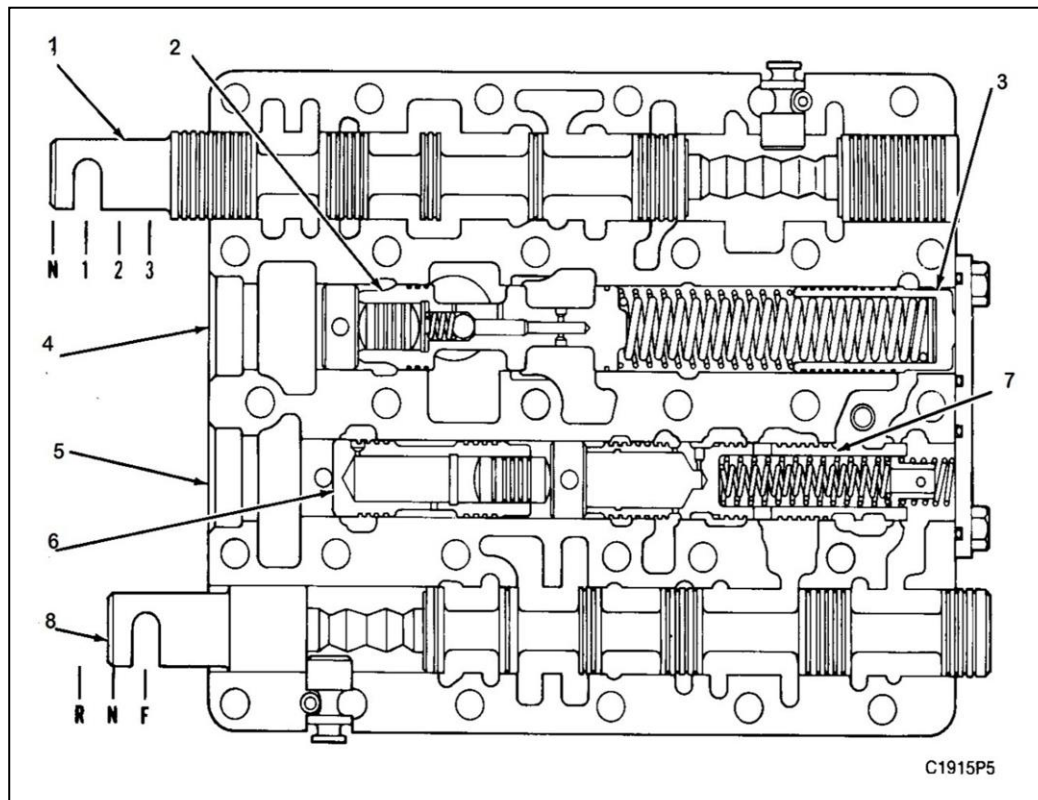


Figure IV.15: Sélecteur et régulateur de pression [6]

- | | |
|--|-------------------------------|
| 1. Tiroir de vitesse ; | 6. Soupape de rapport ; |
| 2. Soupape de décharge modulatrice ; | 7. Différentielle ; |
| 3. Piston de charge ; | 8. Tiroir des sens de marche. |
| 4. Passage d'entrée d'huile de la pompe ; | |
| 5. Passage de sortie d'huile à convertisseur de couple ; | |

IV .9.1 Rôle des Composants du Sélecteur et régulateur de pression

- **Rôle de tiroir de vitesse**

Le tiroir de vitesse (1) a le rôle de diriger l'huile aux embrayages de vitesse (n°3, n°4 et n°5).

- **Rôle de tiroir des sens de marche**

Le tiroir des sens de marche (8) a le rôle de diriger l'huile aux embrayages de direction (n°1 et n°2).

- **Rôle de la soupape de décharge modulatrice**

La soupape modulatrice (2) a le rôle de contrôler la pression maximale dans le système.

- **Rôle de la soupape de rapport**

La soupape de rapport (7) pour le convertisseur de couple contrôle la pression maximale dans le convertisseur. Son but principal est d'éviter d'endommager les composants du convertisseur de couple lorsque le moteur est démarré avec l'huile froide.

- **Rôle de la différentielle**

La différentielle (7) maintient un différentiel de pression entre les embrayages de vitesse et les embrayages de direction.

- **Rôle de piston de charge**

Contrôler le taux d'augmentation de la pression dans les embrayages

IV .9.2. Operations de sélecteur et régulateur de pression[6]

IV.9.2.1 Moteur en marche (transmission au neutre)

Lorsque le moteur est démarré et le levier de commande de transmission est en position neutre, le tiroir de vitesse (1) et des sens de marche (8) est dans la position représentée sur le schéma au-dessous, La pompe tire l'huile depuis le réservoir de transmission, Le débit d'huile arrive sur la valve de décharge principale qui s'ouvrira pour alimenter le convertisseur de couple.

Une autre partie du débit va alimenter l'embrayage n°3 au travers d'une restriction qui a pour rôle d'assurer l'alimentation du convertisseur de couple et le graissage avant un engagement des embrayages.

Quand l'huile arrive sur le tiroir de sens de marche il est dirigée vers quatre direction :

1. Vers l'embrayage n°3.
2. Dans la valve de sécurité à l'entrée de convertisseur de couple, si cette pression est trop forte dans le convertisseur de couple le tiroir se déplace à droite pour ouvrir le passage de vidange
3. Vers le différentiel pour la déplacer légèrement à droite jusqu'au moment où la partie arrière de la différentielle découvre un passage de vidange limitant ainsi son déplacement à droite.
4. Vers l'alimentation du piston de charge pour effectuer la modulation.

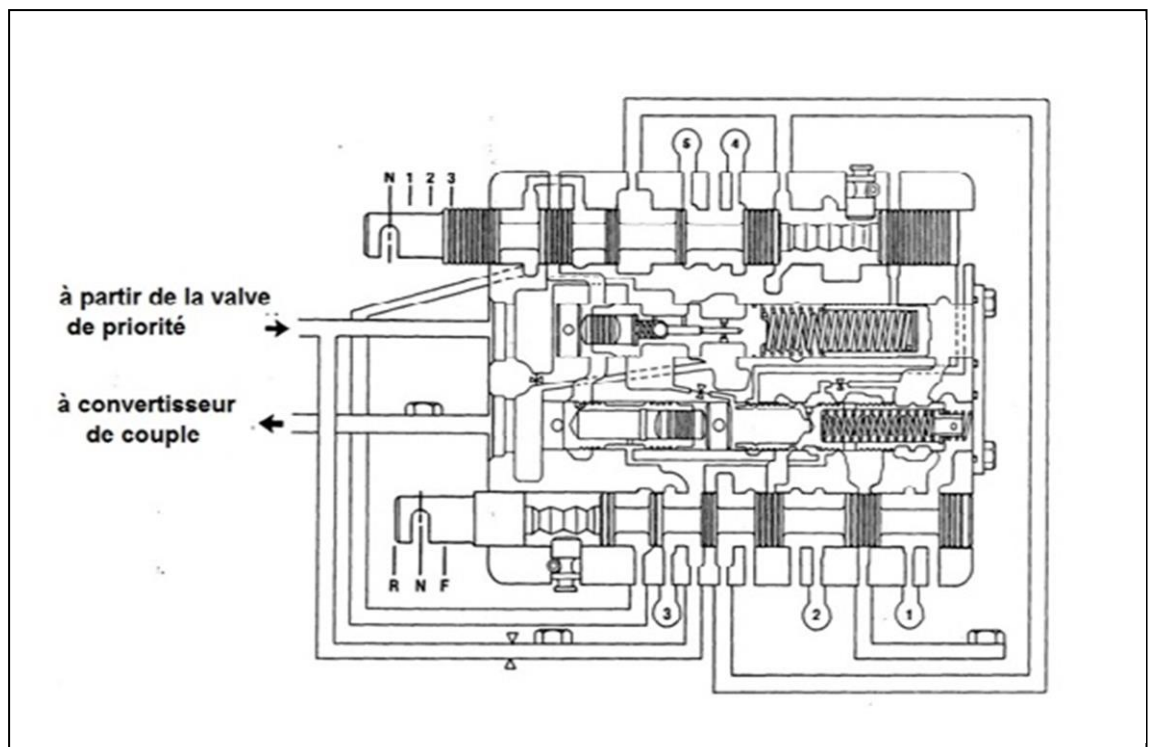


Figure IV.16 : Sélecteur et régulateur de pression (transmission au neutre) [6]

IV .9.2.2 Moteur en marche (1^{er} vitesse avant)

Lorsque le levier de commande de transmission est reporté à la première vitesse avant, le tiroir de vitesse et le tiroir de sens de marche se déplacent vers les positions indiquées sur le schéma au-dessous.

L'embrayage n°5 des vitesses est alimenté.

Le mouvement de tiroir de vitesse bloque la vidange de la chambre gauche de la différentielle.

Le débit peut donc remplir cette chambre, déplacer la valve et alimenter l'embrayage de sens de marche (à une pression inférieure de 380Kpa à la pression de la pompe).

NB : Lors d'un changement de vitesses, la différentielle aura le rôle de piston libre pour vidanger la chambre de piston de charge.

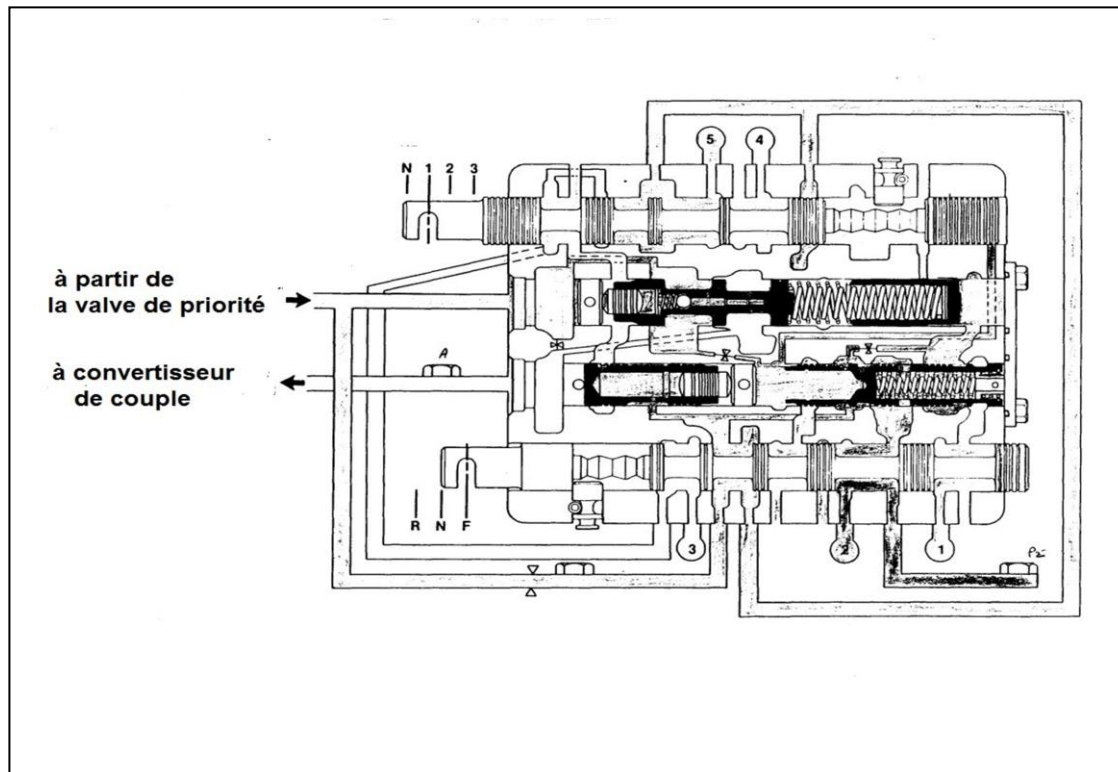


Figure IV.17 : Sélecteur et régulateur de pression (première vitesse avant) [6]

- **En cas de mauvaise sélection d'engagement** [6]

En bon fonctionnement, le conducteur doit engager d'abord les vitesses et en suite le sens de marche.

Dans le cas ou une mauvaise sélection d'engagement, c'est le contraire, l'huile chemine comme dans l'explication précédente mais la différence est sur le positionnement de la différentielle.

La chambre gauche de la différentielle est à la vidange du fait du positionnement du tiroir de vitesse.

L'embrayage n°2 est à la vidange par la chambre des ressorts et par le tiroir de sens de marche.

NB : pour engager une vitesse il faudra remettre le tiroir de sens de marche au neutre

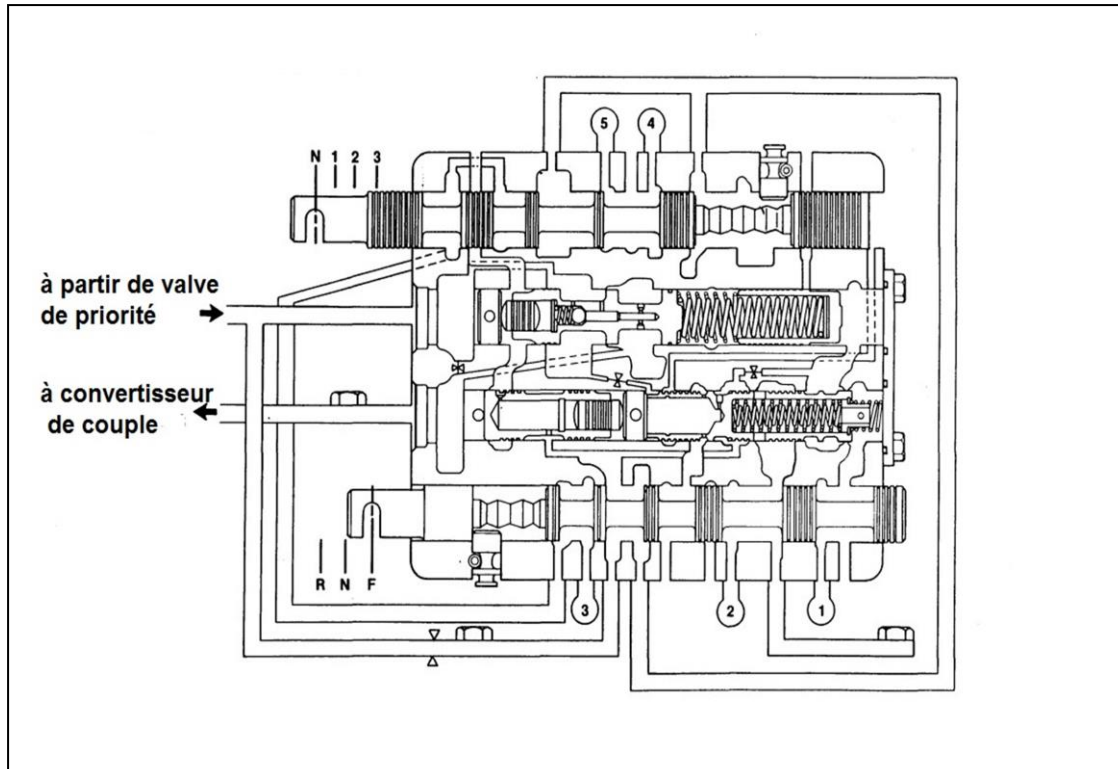


Figure IV.18 : Distributeur (mauvaise sélection d'engagement) [6]

IV .9.2.3. Distributeur de frein à pied [6]

Le distributeur de frein à pied est monté sur le dessus de bâti arrière

Il compose de trois organes essentiels :

- Tiroir avec piston de charge « popet-valve »
- Piston
- ressort

Et un passage d'entrée huile de la pompe et l'autre passage pour pomper le frein manuellement.

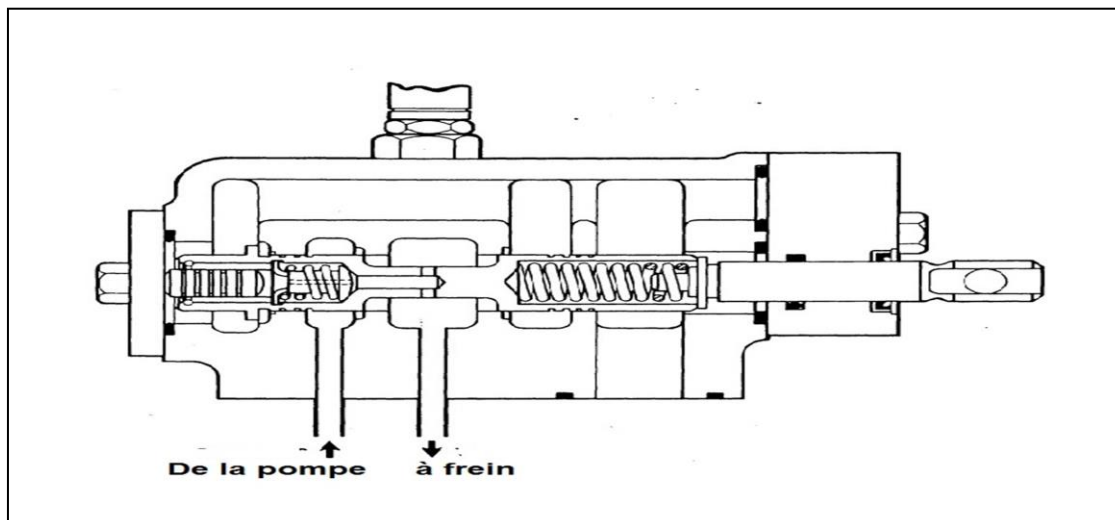


Figure IV.19 : Distributeur de frein de parking a pied [6]

- **Fonctionnement**

Quand les freins sont relâchés et le moteur est en arrêt la position de tiroir est à gauche permettant le passage d'huile de la pompe vers le frein.

A la mise en route, le débit remplit les freins, la pression augmente, elle est ressentie sur le piston de réaction, le tiroir se déplace à droite contre le ressort jusqu'à un équilibre.

Si on appuie sur la pédale on modifie la force du ressort qui sera plus faible, le tiroir pourra se déplacer à droite pour permettre la vidange des freins.

Quand le tiroir est déplacé aux $\frac{3}{4}$ de sa course la pression dans les freins est nulle.

Conclusion

Le circuit hydraulique de transmission constitue un élément très important dans la conception d'un bulldozer son bon fonctionnement nécessite une main d'œuvre compétente et qualifiée.

Introduction

Le système hydraulique des engins est très compliqué, et c'est remarquable à la difficulté de trouver les pannes. Pour cela il faut étudier les circuits et connaître les comportements des organes lors de leur fonctionnement.

Dans ce chapitre, on va étudier les circuits hydrauliques, d'équipement et de direction d'un bulldozer D8N.

V.1.Circuit hydraulique d'équipements et de direction

Le circuit hydraulique d'équipement et de direction commence par un réservoir qui contient l'huile. Cette huile est aspirée par une pompe hydraulique axiale à débit variable, selon le besoin des récepteurs. Par exemple lorsque l'huile ne suffit pas au besoin de récepteur, ce dernier envoie un signal hydraulique au bloc de régulation de la pompe qui pousse la pompe à augmenter le débit.

Le détail du circuit sera revu plus loin et le positionnement des organes sera présenté au-dessous.

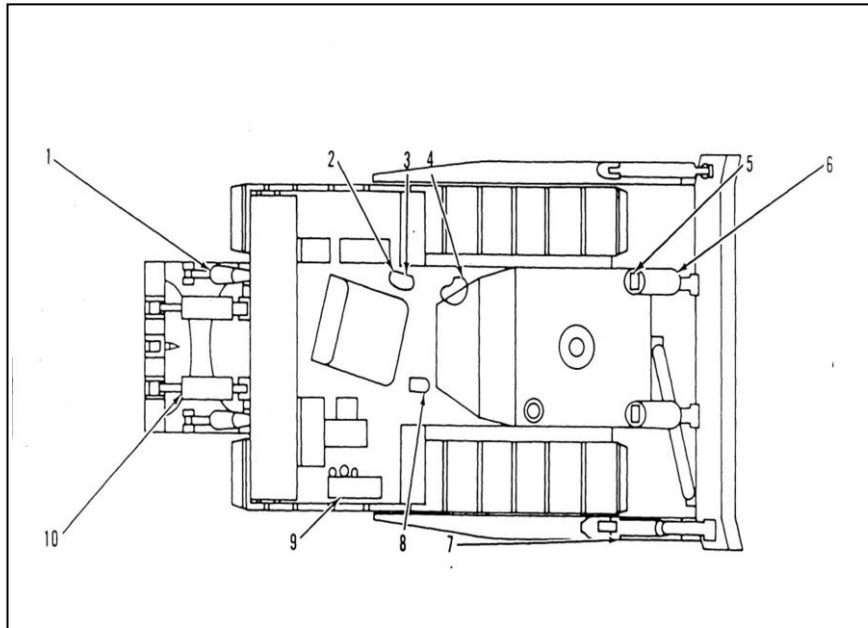


Figure V.1 : Emplacement des composants [7].

➤ Description des composants

1. Vérin de levage de ripper;
2. Moteur de direction;
3. Valve anti-survitesse;
4. Pompe hydraulique;
5. Valve de descente rapide;
6. Vérin de levage de lame;
7. Vérin de tilt;
8. Distributeur de direction et d'équipement;
9. Réservoir hydraulique et filtres;
10. Vérin d'inclinaison de dent de ripper.

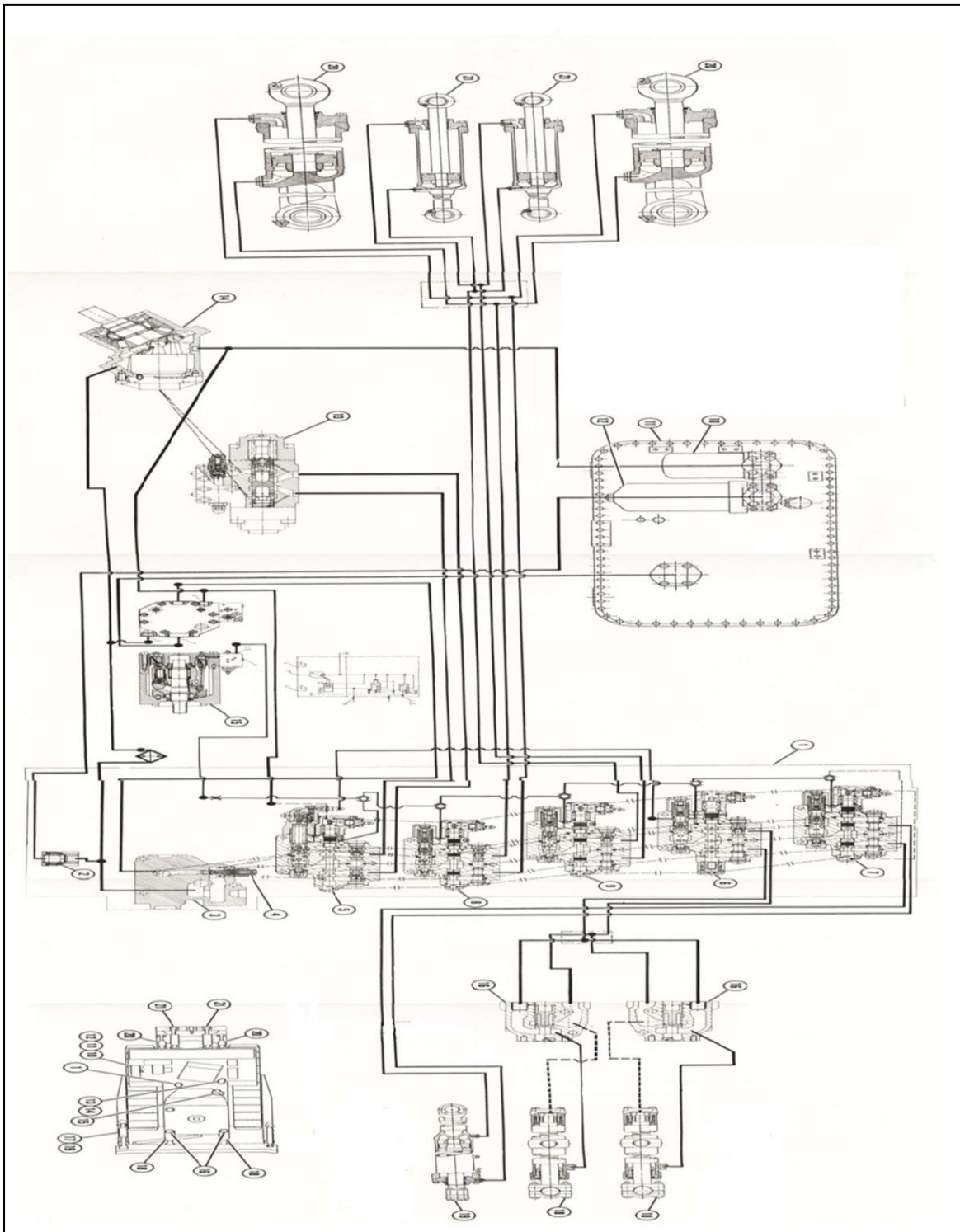


Figure V.2 : schéma du circuit hydraulique de direction et d'équipement.

➤ **Description des composants de circuit hydraulique (FigureV.2)**

1. bloc des distributeurs ;
2. Limiteur de pression ;
3. Collecteur d'entrée ;
4. Soupape de décharge ;
5. Distributeur de la direction ;
6. Distributeur du levage de lame ;
7. Distributeur d'inclinaison de lame (tilt) ;
8. Distributeur du levage de ripper ;
9. Distributeur d'inclinaison de ripper ;
10. Filtre du retour de moteur de direction et la pompe ;
11. Réservoir ;
12. Filtre du retour de limiteur de pression ;
13. Anti survitesse ;
14. Moteur de la direction ;
15. Pompe de circuit de direction et d'équipement ;
16. Valve d'abaissement rapide ;
17. Vérin d'inclinaison de lame ;
18. Vérin de levage de lame ;
19. Vérin de levage de ripper ;
20. Vérin d'inclinaison de ripper.

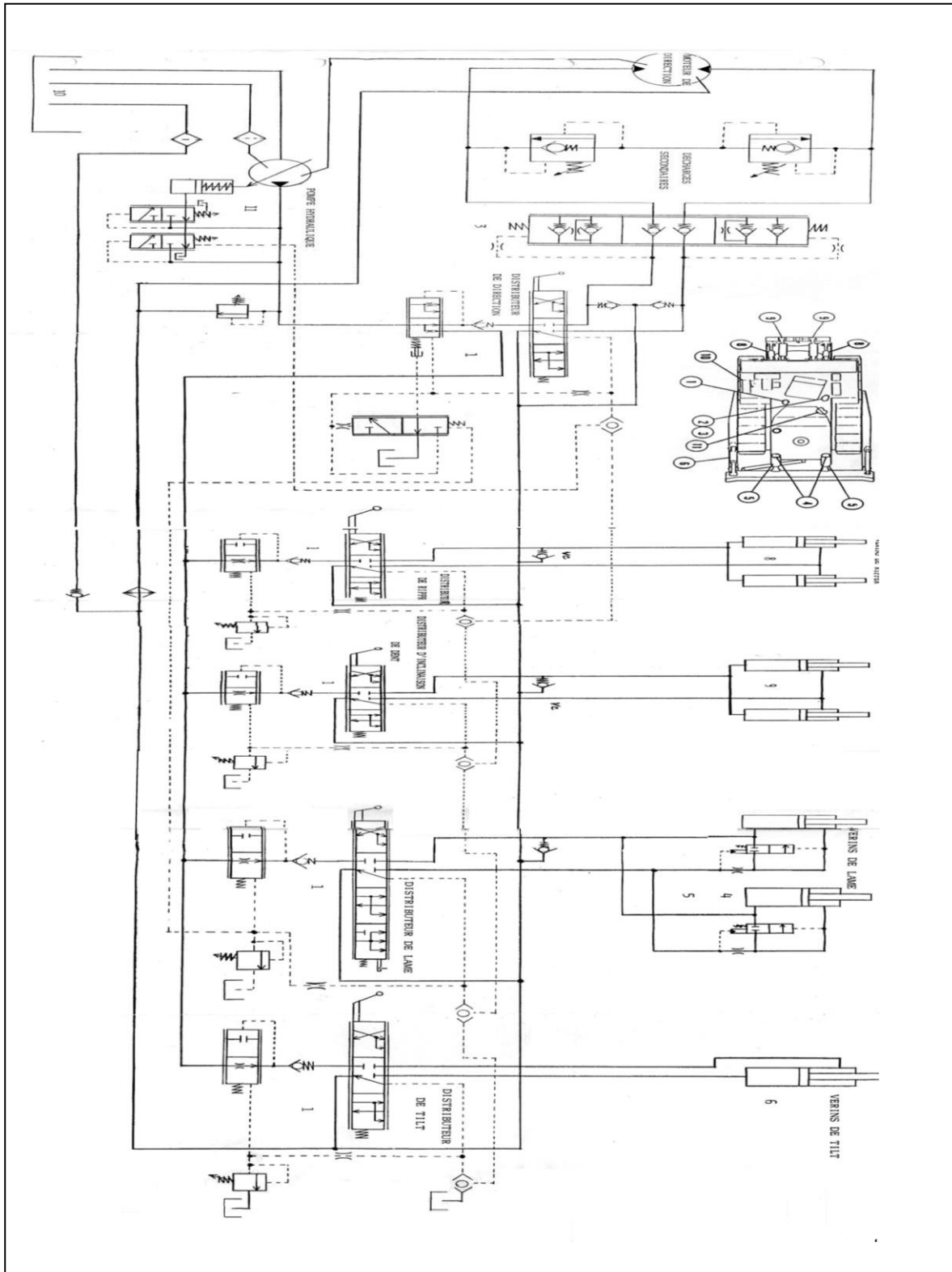


Figure V.3 : Schéma graphique du circuit hydraulique de direction et d'équipement.

➤ **Description des composants**

- | | |
|-------------------------------------|--|
| 1. Bloc des distributeurs ; | 6. Vérin d'inclinaison de lame (tilt); |
| 2. Anti survitesse ; | 7. Vérin de levage de ripper; |
| 3. Anti survitesse ; | 8. Vérin d'inclinaison de ripper; |
| 4-5. Vérin de levage de lame; | 9. Pompe hydraulique; |
| ➤ Principe de fonctionnement | 10. Réservoir. |

la pompe (15) est entraînée par le moteur ,lorsque le moteur est en marche la pompe aspire l'huile du réservoir(11), la ligne de retour de la pompe et le moteur de direction passent par le filtre (10) avant l'entrée du réservoir, l'huile de refoulement passe par le collecteur d'entrée (3), dans ce collecteur est installée la soupape de décharge principale (4) pour Protéger la pompe et les autres composantes, et l'huile vers le distributeur de direction (5), ce distributeur de direction alimente les autres distributeurs d'équipement (6,7,8,9).

L'huile que reçoit le distributeur de direction passe par l'Anti survitesse (13) avant l'entrée du moteur de direction(14). Les deux distributeurs (6,7) utilisés pour alimenter les vérins (16, 17, 18,19) de levage et d'inclinaison de la lame, et contient une valve d'abaissement rapide (16) pour la baisse de la lame rapidement après le distributeur (6) pour levage et abaissement de la lame, et les deux distributeurs (8,9) utilisés pour alimenter les vérins (20, 21) de levage et inclinaison du ripper, le retour d'huile vers le collecteur d'entrée passe par le refroidisseur pour diminuer la température.

Huile de refroidisseur utilisé pour lubrification du carter de la pompe et le moteur de la direction, dans ce passage de retour avant le refroidisseur placer un limiteur de pression (2) vers le réservoir qui contrôle la pression de circuit.

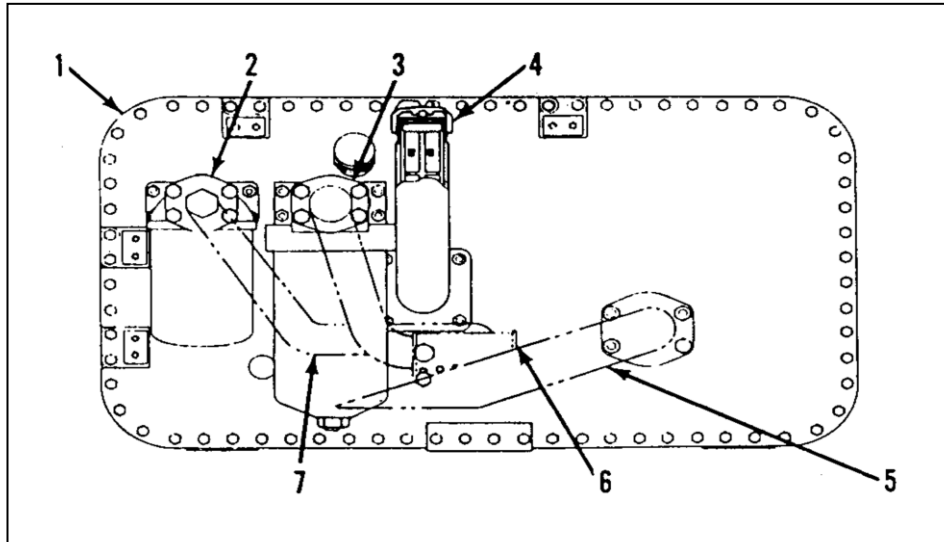
V.2 Principaux organes du circuit hydraulique d'équipements

L'organe essentiel avant de passer au circuit hydraulique est le moteur thermique, car c'est le responsable de la marche de pompe.

V.2.1 Réservoir et filtre

Le réservoir hydraulique sert à stocker le fluide, une grande capacité est nécessaire pour assurer le refroidissement et sa désaération. En outre il doit permettre la vidange et la visualisation du niveau. il se compose de deux filtres un petit filtre (2) et un grand filtre (3), les deux filtres sont montés pour assurer le filtrage d'huile utilisée et ils doivent être montés sur le circuit de retour d'huile récupéré pour ne pas boucher le passage des organes du

circuit et augmenter la durée de vie des organes. le petit filtre (2) pour le retour d'huile au réservoir de la partie de refroidissement et le graissage du moteur hydraulique et le grand filtre (3) pour le retour de majeure Partie au réservoir.



FigureV.4 : Réservoir hydraulique [7].

➤ **Description**

- | | |
|-----------------------------|------------------------------|
| 1. Réservoir; | 5. Aspiration de la pompe ; |
| 2. Petit filtre; | 6. Flexible du grand filtre; |
| 3. Grand filtre; | 7. Flexible du petit filtre. |
| 4. Gorge du niveau d'huile; | |

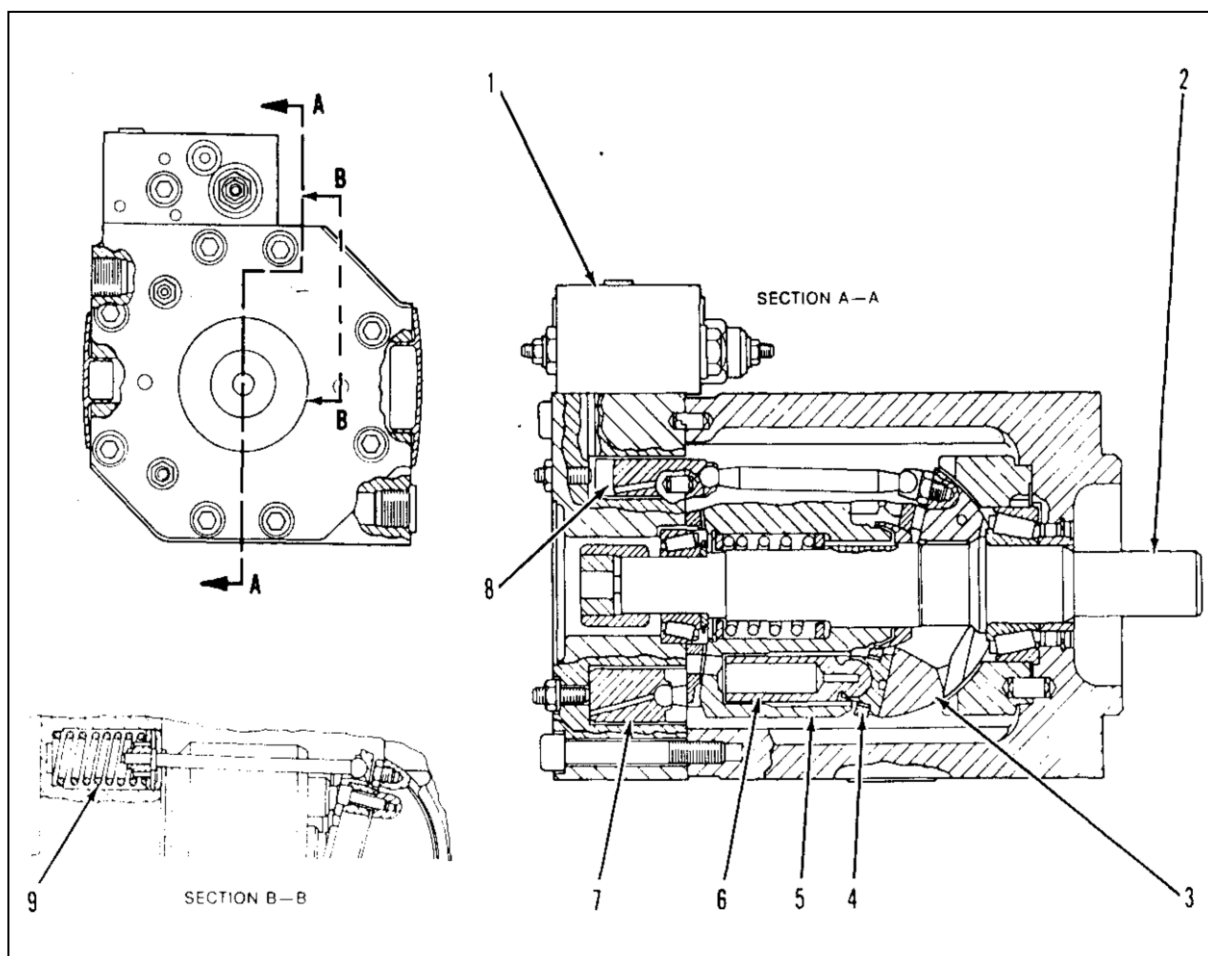
➤ **Caractéristique**

- Chaque support de filtre d'un by-pass ;
- La capacité du réservoir hydraulique est de 87 litres ;
- Vidange réservoir hydraulique : bouchon plus clapet anti-retour.

v .2.2.Pompe d'équipement et de direction

C'est une pompe à pistons axiaux à débit variable, elle transforme l'énergie mécanique en énergie hydraulique. Elle a 12 pistons et est montée à l'arrière gauche du moteur.

Les schémas suivants illustrent la pompe et ses deux sections avec différente vue :



➤ **Composants de la pompe d'équipement et de direction**

- | | |
|---------------------------------------|---------------------------------|
| 1. Bloc de regulation ; | 7. Grand piston d'inclinaison ; |
| 2. Arbre d'entraînement du barillet ; | 8. Petit piston d'inclinaison ; |
| 3. Plateau d'inclinaison ; | 9. Ressort d'inclinaison ; |
| 4. Plaque de retenue des pistons ; | 10. Butte mini ; |
| 5. Barillet ; | 11. Butée maxi . |
| 6. Pistons; | |

➤ **Fonctionnement de la pompe**

La pompe à débit variable dispose d'un plateau d'inclinaison (3) sur lequel sont fixés les pistons de la pompe (6). La position du plateau varie selon la sollicitation sur le circuit hydraulique. Ce plateau est lui-même piloté par un grand piston (7) et un petit piston (8).

V.2.3. Bloc de régulation

➤ Rôle

Adapter en permanence le débit de la pompe et la pression de circuit de la charge appliquée. Assurer alimentation ou vidange de chambre gros piston d'inclinaison de plateau travaillant en opposition avec petite piston plus ressort.

➤ Éléments

- Tiroir de régulation ;
- Tiroir de coupure.

V.2.3.1. Tiroir de régulation

➤ Rôle

Maintenir une différence de pression d'environ 21 bars entre pression pompe et pression signal.

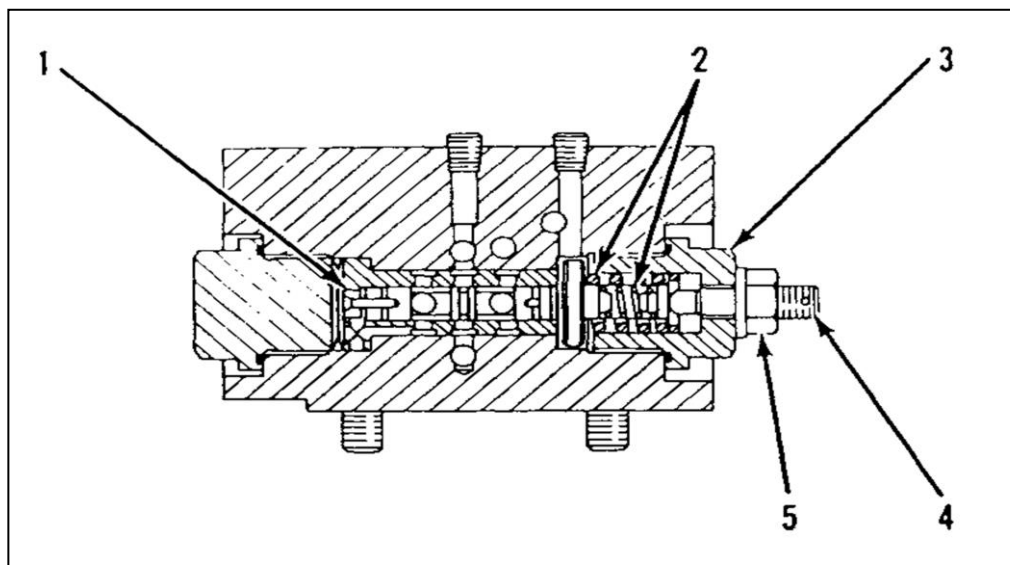


Figure V.6: Tiroir de régulation [7].

➤ Composants de tiroir de régulation

1. Tiroir ;
2. Ressort ;
3. Ecrou ;
4. Vis de tarage ;
5. Contre-écrou.

v.2.3.2. Tiroir de coupure

➤ **Rôle**

Assurer la protection du système, et faire chuter le débit de la pompe dès que la pression de travail atteint 380 bars.

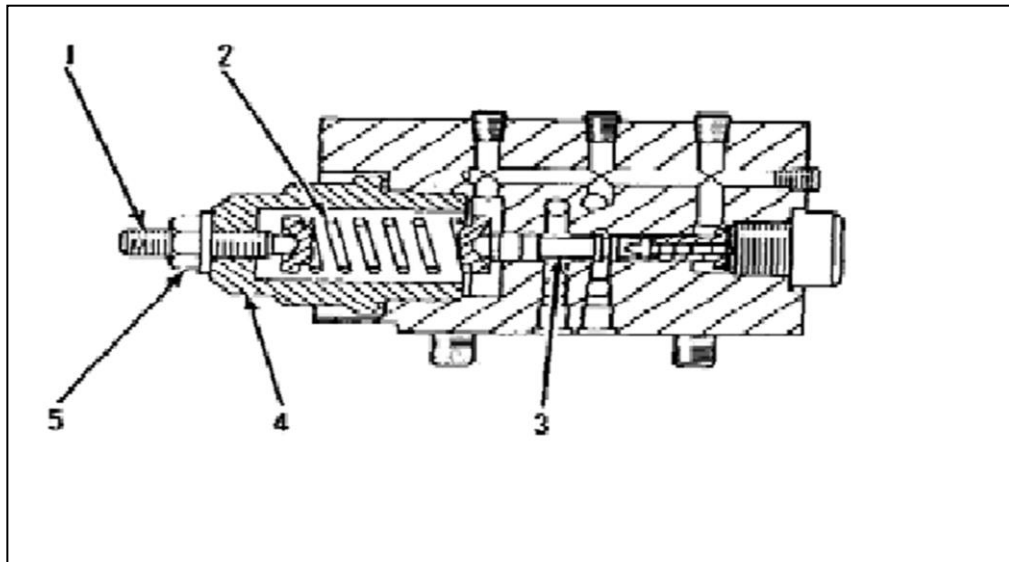


Figure V.7: Tiroir de coupure[7].

➤ **Composants de Tiroir de régulation**

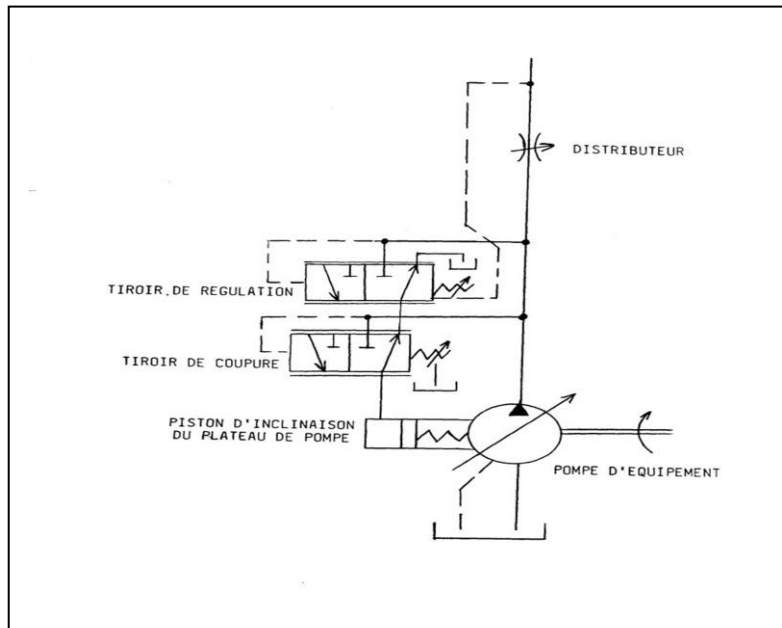
- | | |
|---------------------------|------------------|
| 1. Vis de tarage Tiroir ; | 4. Ecrou ; |
| 2. Ressort ; | 5. Contre-écrou. |
| 3. Tiroir ; | |

v.2.4. Pompe et bloc de régulation

Le débit de la pompe est en fonction de la position du distributeur. Pour une position donnée du distributeur la régulation "load sensing" c'est un système de détection de charge qui maintient une vitesse d'exécution du mouvement toujours identique quel que soit la charge sur les vérins, il repose sur un distributeur commandé par la pression du circuit, monté entre la pompe et les distributeurs, en contrôlant le débit de la pompe (évidemment dans certaines limites).

On obtient ce résultat en maintenant une différence de pression constante entre l'entrée et la sortie du distributeur. La pression qui est appliquée sur les vérins se fait ressentir, par la ligne signal de charge, dans la chambre du tiroir dérégulation de débit du côté du ressort.

On le schématise comme suit :



FigureV.8: Regulation "loads sensing"[7].

v .2.4.1.principe de Fonctionnement

a. Pression d'attente

La pression d'attente évolue suivant l'importance des fuites internes de la pompe et de celles du circuit de refoulement.

L'huile arrive au distributeur, l'augmentation de la pression dans la chambre gauche du tiroir de régulation(1), cette dernière se déplace à droite contre le ressort (6)(21 bar), et la pression de la pompe traverse dans le tiroir de coupure (2) et alimente le grand piston (7) pour diminuer l'angle de plateau d'inclinaison (9)dès que : Petit ressort plus ressort de rappel sont égaux à la pression du grand piston, on obtient une position d'équilibre, c'est la position d'attente (19,5 bar).

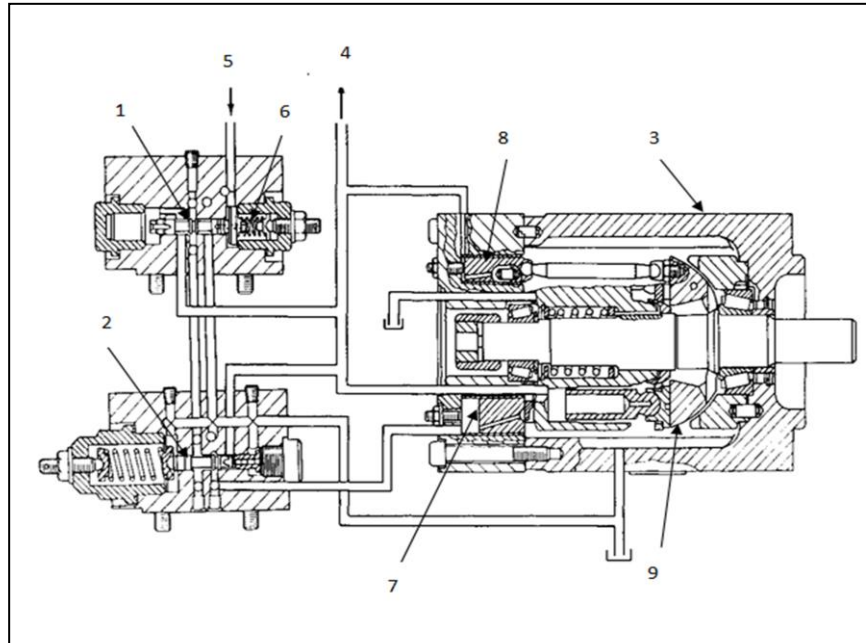


Figure V.9: Pompe et bloc de regulation (Pression d'attente)[7].

➤ **Désignations :**

- | | |
|---------------------------|--------------------------------------|
| 1. Tiroir de régulation ; | 6. Ressort du tiroir de régulation ; |
| 2. Tiroir de coupure ; | 7. Grand piston d'inclinaison ; |
| 3. Pompe hydraulique ; | 8. Petite piston d'inclinaison ; |
| 4. Pression de la pompe ; | 9. Plateau d'inclinaison . |
| 5. Pression de signal ; | |

b. Augmentation du débit

La pression de signal (5) (verin) comprime le ressort (6) du tiroir de régulation (1) pour le déplacer vers la gauche afin de faire la vidange de la chambre qui contient le grand piston (7) du plateau, la pression de petit piston (8) de plateau met la pompe en position débit maximal, pour cela il faut que la pression de la pompe soit égale à la pression de signal plus 21 bar le Tiroir de régulation (1) se déplace légèrement à droite, et l'huile se dirige vers le grand piston (7) de plateau de la pompe position d'équilibre.

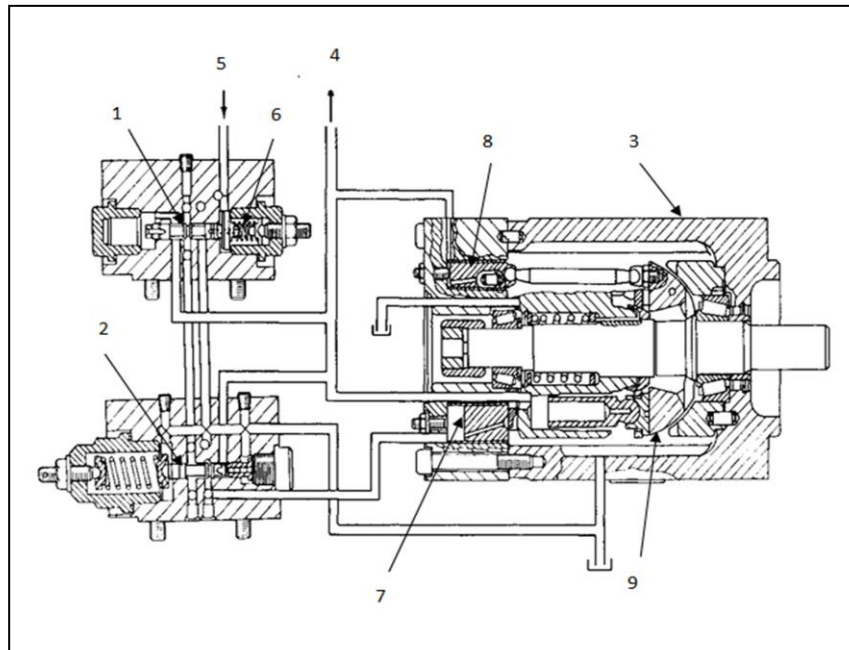


Figure V.10: Pompe et bloc de régulation (Augmentation du débit) [7].

➤ **Désignation :**

- | | |
|---------------------------|--------------------------------------|
| 1. Tiroir de régulation ; | 6. Ressort du tiroir de régulation ; |
| 2. Tiroir de coupure ; | 7. Grand piston d'inclinaison ; |
| 3. Pompe hydraulique ; | 8. Petite piston d'inclinaison . |
| 4. pression de la pompe ; | |
| 5. pression de signal ; | |

c. Diminution de débit

Le conducteur réduit la commande d'équipement, qui provoque une chute de pression de signal (5), est par conséquent la pression de la pompe à gauche du tiroir de régulation (1) devient supérieure à la pression de signal plus ressorts, cette action fait un déplacement du tiroir de régulation (1) vers la droite, et alimente la chambre de grand piston (7) d'inclinaison du plateau (9) de la pompe, et faire la diminution de débit, jusqu'à l'obtention d'une position d'équilibre.

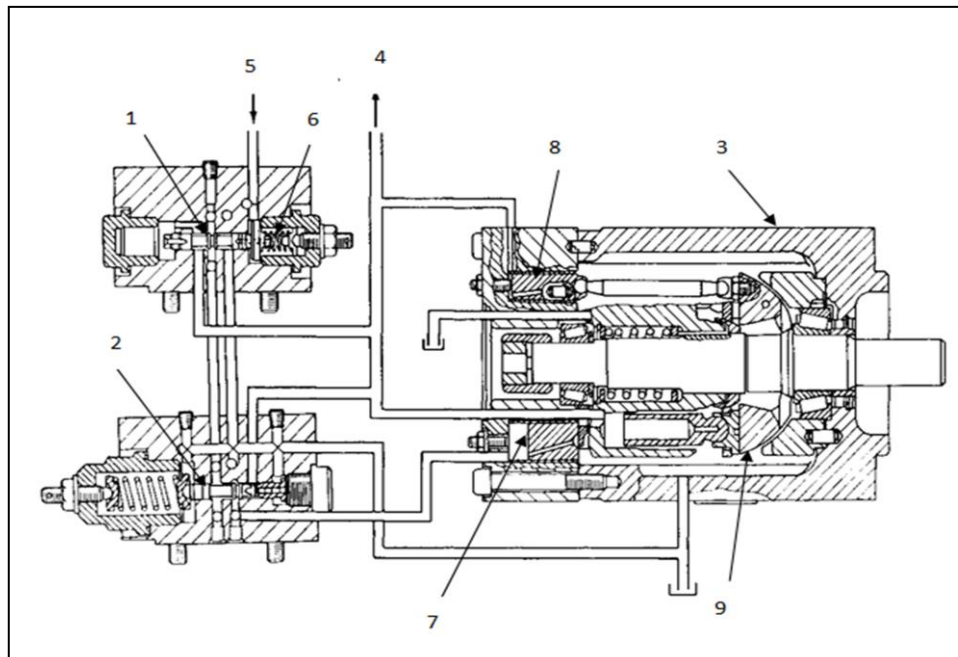


Figure V.11: Pompe et bloc de régulation (Diminution du débit) [7].

➤ Désignation :

- | | |
|---------------------------|--------------------------------------|
| 1. Tiroir de régulation ; | 6. Ressort du tiroir de régulation ; |
| 2. Tiroir de coupure ; | 7. Grand piston d'inclinaison ; |
| 3. Pompe hydraulique ; | 8. Petite piston d'inclinaison ; |
| 4. Pression de la pompe ; | 9. Plateau d'inclinaison . |
| 5. Pression de signale ; | |

d. Blocage haute pression

La pression de signal est égale à la pression de la pompe. Le tiroir de régulation (1) bloqué à gauche lorsque la pression est égale 380 bar, et le tiroir de coupure (2) se déplace sur la gauche, et fait l'alimentation du grand piston (7) d'inclinaison du plateau (9), elle maintient le plateau en position permettant de compenser, si la pression chute, sans faire l'augmentation de débit jusqu'à l'équilibre.

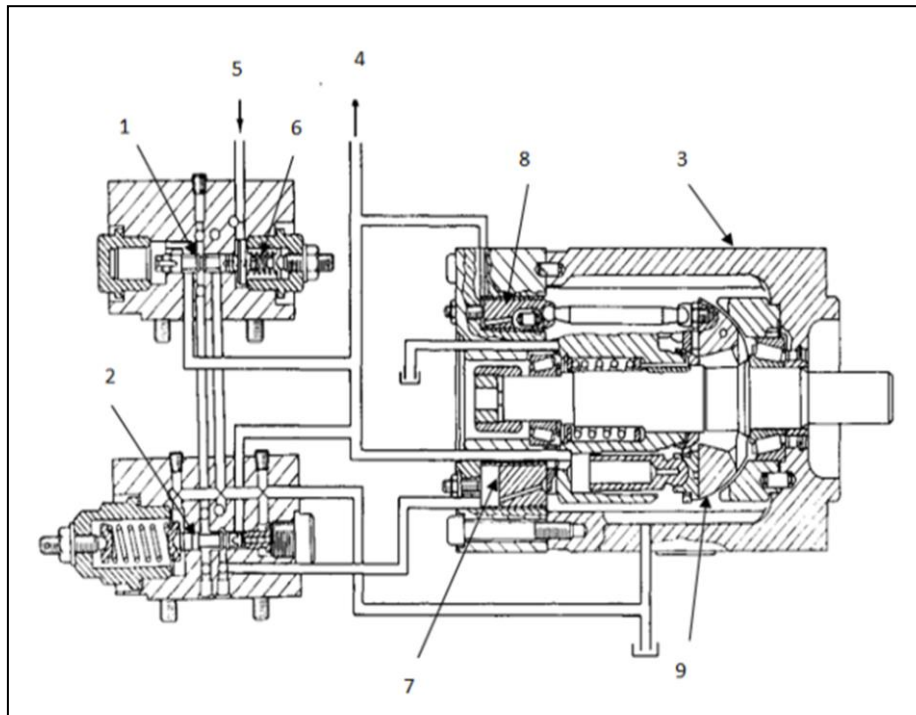


Figure V.12: Pompe et bloc de régulation (Blocage haute pression) [7].

➤ Désignation

- | | |
|---------------------------|--------------------------------------|
| 1. Tiroir de régulation ; | 6. Ressort du tiroir de régulation ; |
| 2. Tiroir de coupure ; | 7. Grand piston d'inclinaison ; |
| 3. Pompe hydraulique ; | 8. Petite piston d'inclinaison ; |
| 4. Pression de la pompe ; | 9. Plateau d'inclinaison . |
| 5. Pression de signal; | |

v .2.5.Bloc des distributeurs

C'est l'organe le plus important en circuit hydraulique qui a le rôle de diriger la circulation d'huile de façon à contrôler le sens de mouvement ou l'arrêt d'un récepteur (vérins ou au moteur hydraulique).

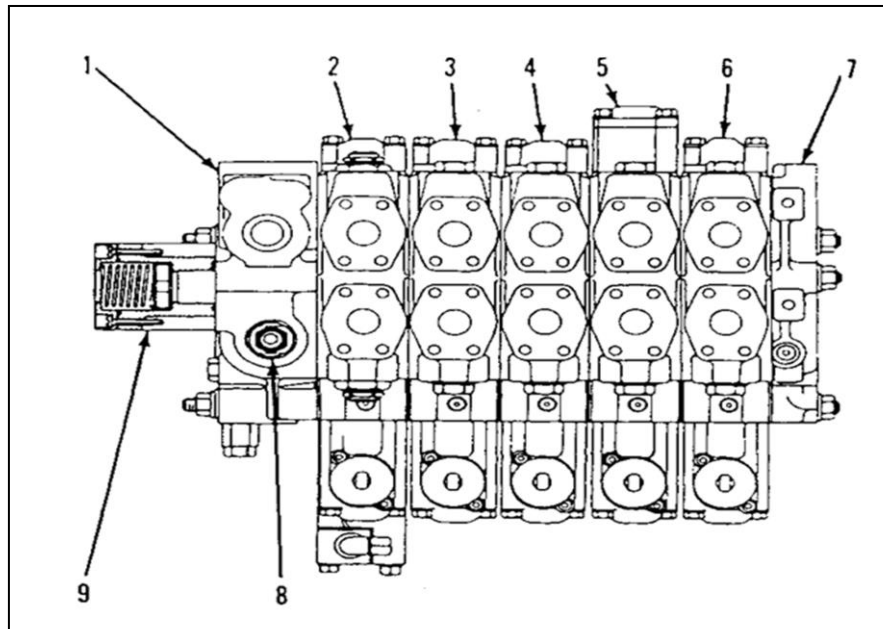


Figure v.13: Bloc des distributeurs [7].

➤ Désignation :

- | | |
|--|--|
| 1. Collecteur d'entrée ; | 6. Distributeurs d'inclinaison de lame ; |
| 2. Distributeurs de direction ; | 7. Couvercle ; |
| 3. Distributeurs de levage ripper ; | 8. Décharge principale ; |
| 4. Distributeurs d'inclinaison de dent de ripper ; | 9. By-pass du refroidisseur |
| 5. Distributeurs de levage de lame ; | |

v .2.5.1.Composition du distributeur

a. By-pass du refroidisseur

Tarage du ressort à 2,7 bars.

➤ Rôle

Faire la décharge vers le réservoir d'huile en cas où la pression augmente.

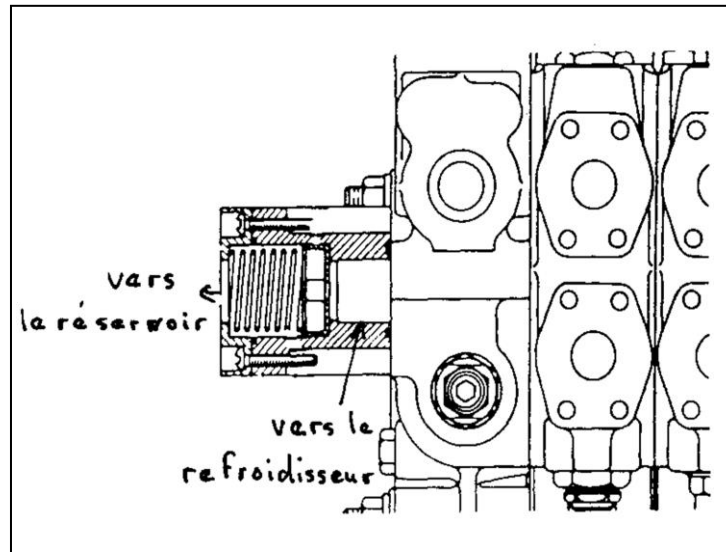


Figure V.14:By-pass du refroidisseur [7].

b. Soupape de décharge

➤ Rôle

Protéger la pompe et autres composants des pointes de pressions éventuelles.

➤ Caractéristique

- La soupape tarée à 410 bars.
- Décharge à clapet pilote
- Pression nettement supérieure à toute la pression du travail

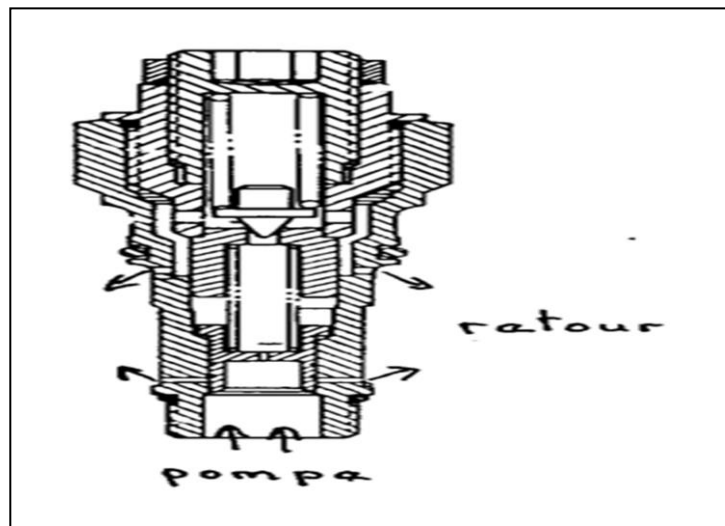


Figure V.15:By-pass du refroidisseur [7].

c. Limiteur de pression

➤ Rôle

Le limiteur de pression sert à limiter la pression à une valeur maximum fixée dans le circuit. Quand la pression maximale est atteinte, le limiteur de pression s'active et retourne le fluide en trop vers le réservoir.

➤ Principe de fonctionnement

Le limiteur est muni d'un clapet taré maintenu par un ressort.

Si le ressort est taré à 5 bar par exemple et la pression exercée sur lui est de 4 bar rien ne se passe, la pression dans le circuit sera de 4 bar.

Si par contre la pression monte au-delà des 5 bars, à ce moment le clapet est poussé et laisse passer le fluide dans le circuit dit basse pression (retour au réservoir) ce qui entraîne une chute de pression dans le circuit principal.

Il est nécessaire et obligatoire de monter un limiteur de pression dans tout circuit hydraulique sinon en cas de surpression le circuit subira des dégâts et entraînera des accidents graves.

La figure suivante illustre le fonctionnement d'un limiteur de pression :

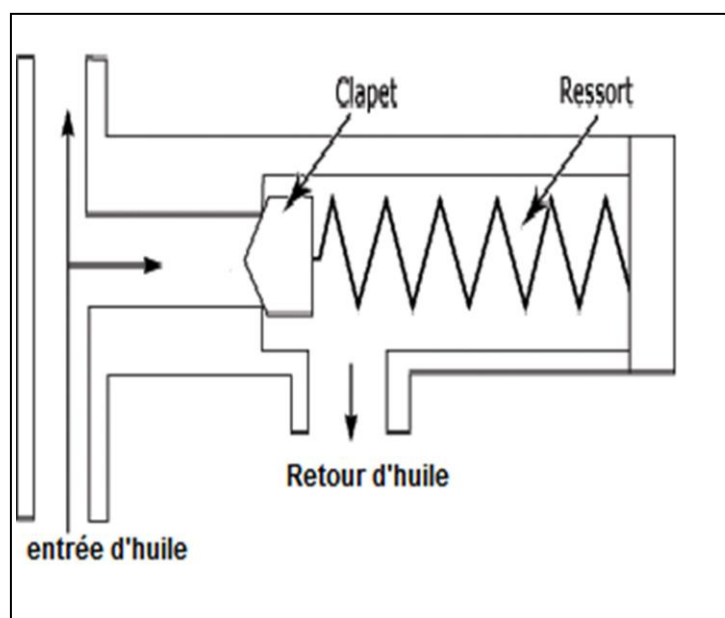


Figure V.16 : Limiteur de pression [7].

d. Valves de contrôle (distributeurs)

Les valves de contrôle sont assemblées dans une pile de valve c'est le bloc des distributeurs. La pile de valve de contrôle inclut bien neuf sections. Les sections peuvent être différentes en raison de l'équipement facultatif sur la machine. Les 5 distributeurs assemblés pèsent 112 Kg.

➤ **Valve de commande de direction**

Rôle : elle sert à contrôler la direction de la machine.

➤ **Valve de commande de levage de dent de ripper:**

Rôle: La vanne de commande de levage ripper contrôle la sensibilisation et l'abaissement du ripper

➤ **Valve de contrôle d'inclinaison de dent de ripper**

Rôle: La valve de commande de ripper pointe modifie l'angle du ripper à la verticale vers la machine.

➤ **Valve de contrôle de levage de lame**

Rôle: La valve de commande de levée de lame commande la montée et la descente de la lame de bulldozer.

➤ **Valve de contrôle d'inclinaison de lame**

Rôle: La valve de contrôle d'inclinaison commande l'inclinaison de la lame de bulldozer vers la droite et vers la gauche.

e. Collecteur d'entrée

➤ **Rôle**

Alimenter les distributeurs, et faire le retour d'huile en provenance des équipements ou retours des fuites.

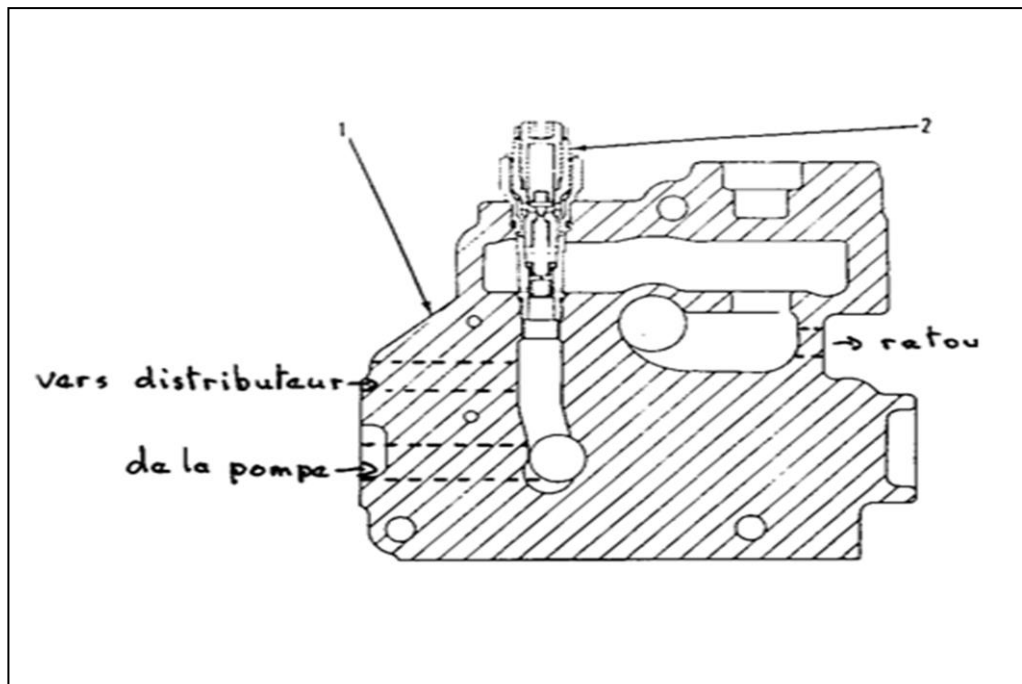


Figure V.17 : Collecteur d'entrée de distributeur [7].

➤ **Désignation**

1. Collecteur d'entrée ;
2. Soupape de décharge.

v .2.5.2.Principe de fonctionnement des distributeurs

a- Distributeur du ripper (Descente de ripper ou rentrée de la dent)

L'huile entre dans le passage (4), et s'arrête au niveau du tiroir (1), Lorsque le conducteur agit sur la commande manuel de tiroir (1), le débit d'huile vers les vérins (5) et la valve de débit (2) se déplace à droite, pour faire l'augmentation de la pression de signal et la pression de la pompe, maintient le débit à la demande par mouvement droit ou gauche du tiroir de la valve de débit(2), dès l'ouverture de clapet décharge ($22,75 \pm 8,60$ bars), ce qui fait une chute de pression dans la chambre, et la réduction de débit vers les vérins jusqu'à stabilisation de pression ,et le retour(6)d'huile des vérins vers le refroidisseur.

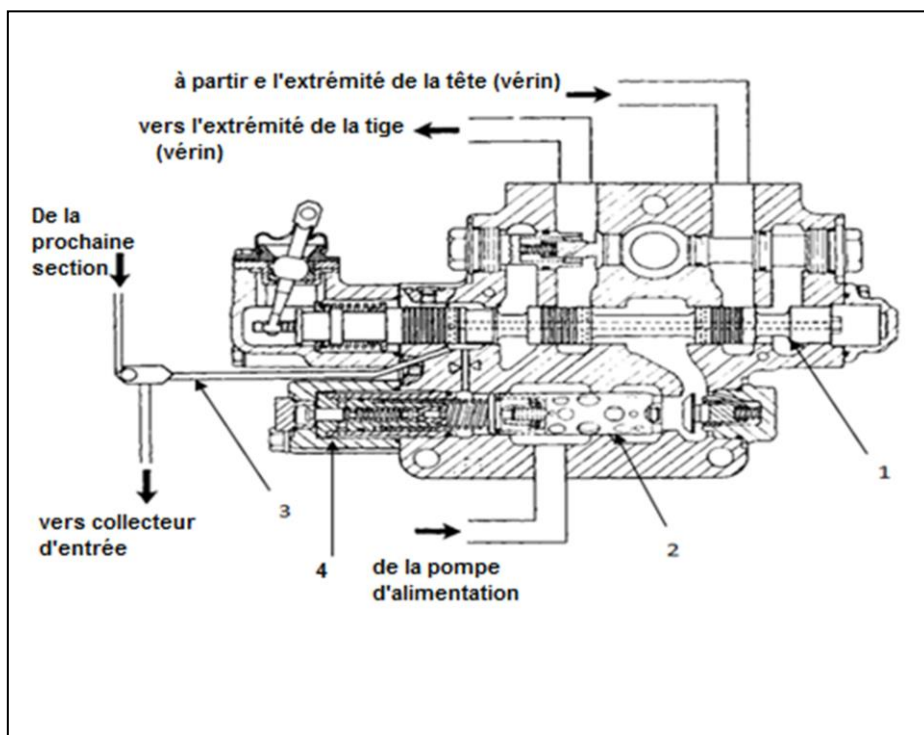


Figure V.18:Distributeur du ripper ou rentrée de la dent. [7]

➤ Désignation

1. Tiroir de distributeur ;
2. Valve de débit ;
3. Ligne de signal ;
4. ressort.

b- Distributeur de tilt

➤ Position tenue

Même principe que distributeur ripper ou inclinaison de dent que y 'a deux points à noter

- La ligne signal à gauche du clapet navette est à la vidange ;
- Tous les distributeurs étant au neutre pour que la ligne signal fasse la vidange par ce passage.

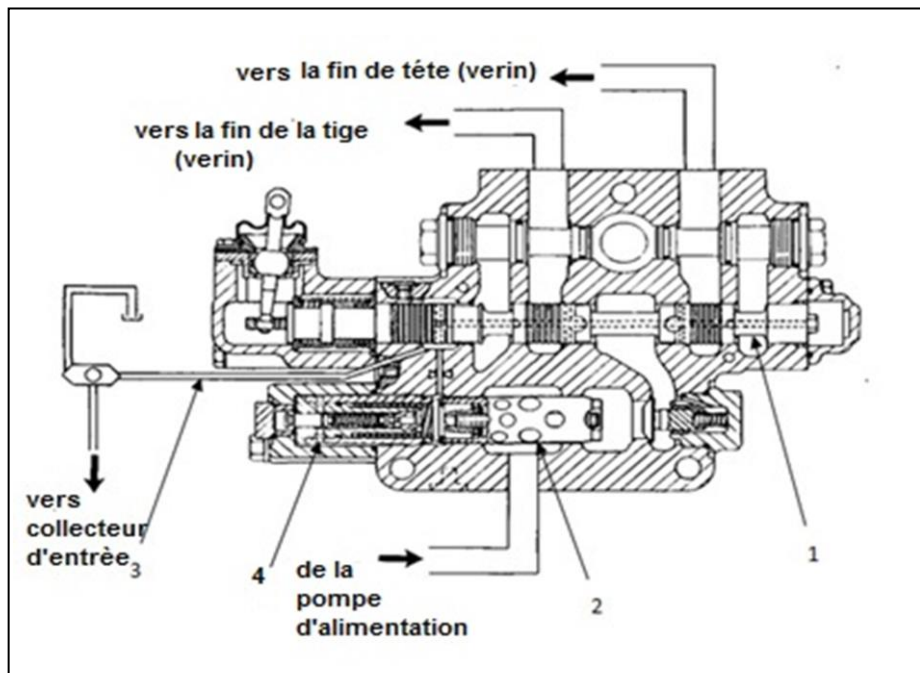


Figure V.19 : Distributeur de tilt (position tenue) [7] .

➤ Désignation

- | | |
|-----------------------------|---------------------------|
| 1: Tiroir de distributeur ; | 5 : Retour d'huile ; |
| 2: Valve de débit ; | 6 : Huile vers le vérin ; |
| 3 : Ligne de signal ; | 7 : Ressort. |
| 4: Entrée d'huile ; | |

➤ **Inclinaison de tilt à droit**

Le fonctionnement similaire au distributeur du ripper ou inclinaison de dent, Sauf que Le distributeur de tilt n'a pas de compensation. Le limiteur de pression est taré à $172,25 \pm 6,9$ bars.

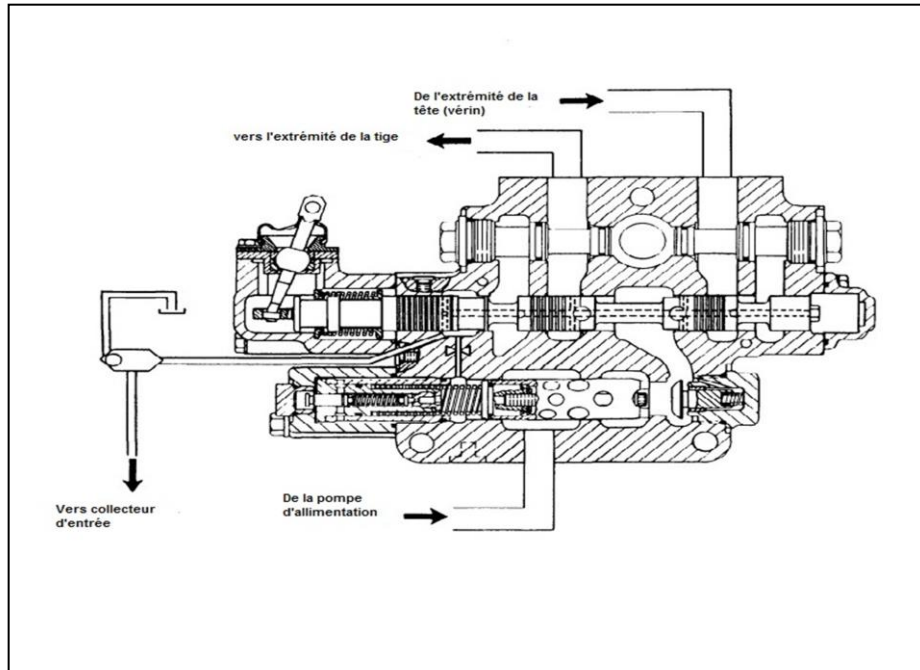


Figure V.20: Inclinaison de tilt à droit [7].

c- **Distributeur de levage de lame**

➤ **position montée**

Fonctionnement identique à distributeur sauf s'il y'a trois points à repérer :

- La pression signal ressentie par canalisation externe sur piston de charge, cette pression signal commande le petit tiroir du distributeur de direction ;
- limiteur de pression taré à $242 \pm 0,86$ bar ;
- Position flottante : aucun signal vers bloc de régulation ce qui fait une diminution débit pompe qui entraine une baisse de pression

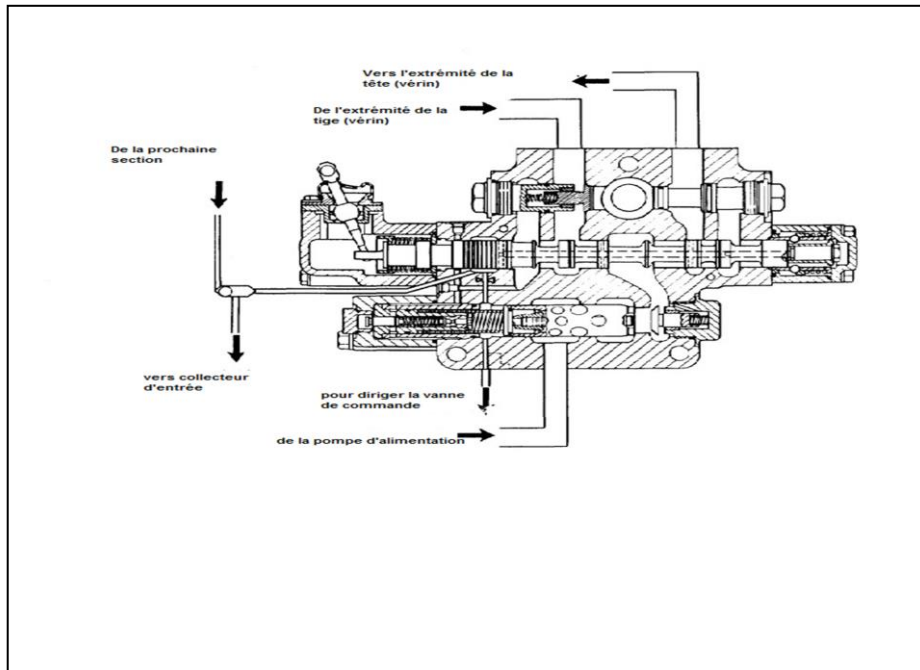


Figure V.21 : Distributeur de levage de lame (position montée) [7].

d- Valve d'abaissement rapide

La valve de baisse rapide est installée à la partie supérieure des vérins de levage et d'inclinaison de la lame.

➤ Rôle

Les vannes permettent à la lame de bulldozer de baisser rapidement par terre.

➤ Principe de fonctionnement

Quand l'opérateur baisse la lame rapidement, la pression d'huile dans les extrémités de tête des vérins de levage baisse. Le circuit hydraulique de la pompe vers les extrémités de tête des vérins de levage ne peut pas fournir un débit d'huile suffisant pour maintenir la pression. La vanne détourne l'huile de l'extrémité de tige des vérins de levage à la tête des vérins de levage.

La vanne de descente rapide minimise le temps de pause. Les permis de valve complets font en bas pression dans un temps minimal après que la lame frappe le sol.

v .2.6 .Vérin du levage et d'inclinaison d'équipement

Presque tous les vérins hydrauliques de bulldozer sont à double effet.

Le son de vérin à double effet à deux aires effectives : passage (19) pour exécuter la sortie de la tige du vérin et le passage (18) pour exécuter sa rentrée. L'ensemble tige piston peut se déplacer dans les deux sens sous l'action du fluide sous pression.

L'effort en poussant (tige sortante) est légèrement plus grand que l'effort en tirant (entrée de tige) car la pression n'agit pas sur la partie de surface du piston occupée par la tige.

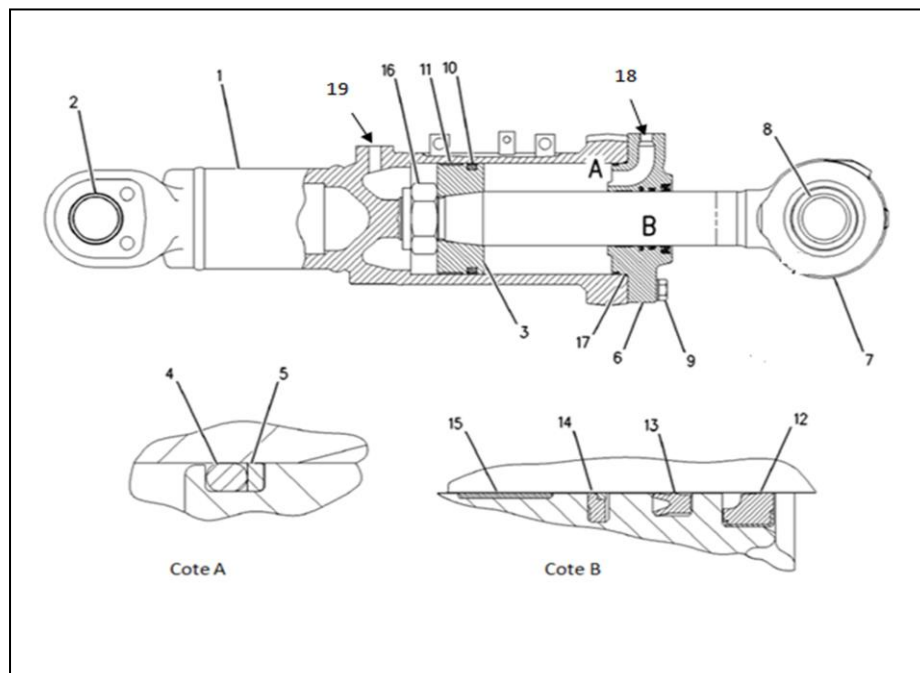


Figure V.22:Vérin du levage et d'inclinaison d'équipement [7].

➤ **Description des composants :**

- | | |
|---------------------------|--|
| 1 : Vérin ; | 11 : Joint torique ; |
| 2 : Roulement- MANCHON ; | 12 : Joint torique ; |
| 3 : Piston ; | 13 : Joint torique ; |
| 4 : Joint-O-Ring ; | 14 : JointAS-TAMPON ; |
| 5 : Bague; | 15 : Joint torique ; |
| 6 : Chef ; | 16 : Ecrou(2-3/4-12-THD) ; |
| 7 : Anneau de retenue ; | 17 : Joint ; |
| 8 : Roulement sphérique ; | 18 : Passage d'huile pour exécuter la sortie |
| 9 : Vis (M20X2.5X80-MM) ; | 19. Passage de sortie |
| 10 : JointAS ; | |

v .3. Composants de la direction et leurs principes de fonctionnements

v .3.1.Direction différentielle

Recours à l'hydraulique qui remplace le système à friction, procurant davantage de puissance lors du braquage.

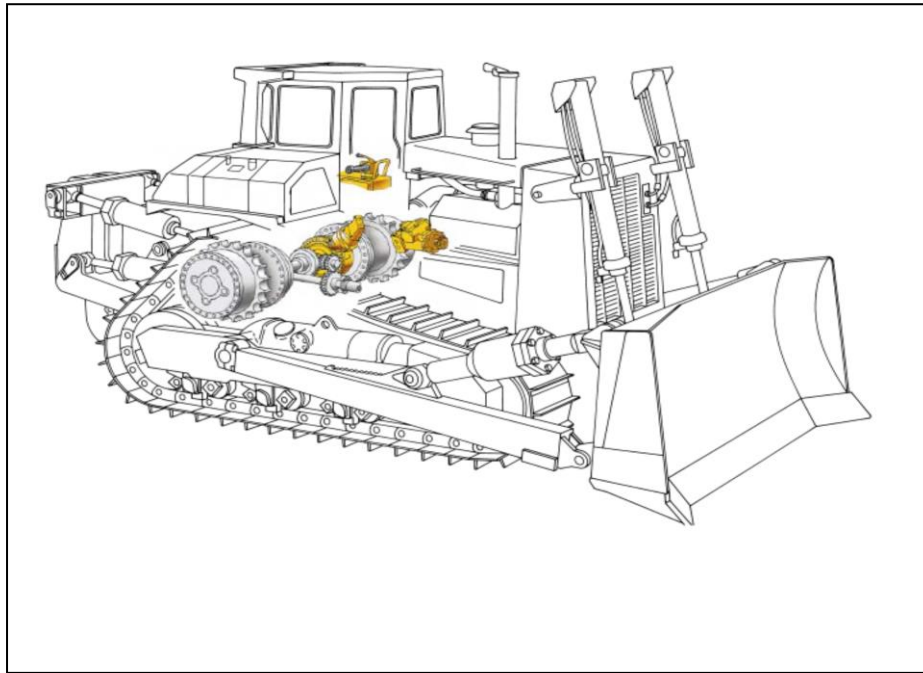


Figure V.23 : Direction différentielle [13].

➤ **Fonctionnement de la direction différentielle**

Pendant un virage, il y a combinaison de mouvement entre les trains planétaires de transmission (2) et de direction (5).

La mise en rotation du moteur hydraulique fait tourner la couronne du train planétaire de direction (5). Suivant le sens de rotation du moteur hydraulique de direction, la vitesse de rotation de l'arbre de transmission vers le réducteur gauche (6) est accélérée ou réduite.

Cette modification influence la vitesse de rotation de l'arbre de liaison (3).

La vitesse perdue sur une réduction finale est récupérée par l'autre.

La vitesse moyenne du bulldozer reste toujours la même.

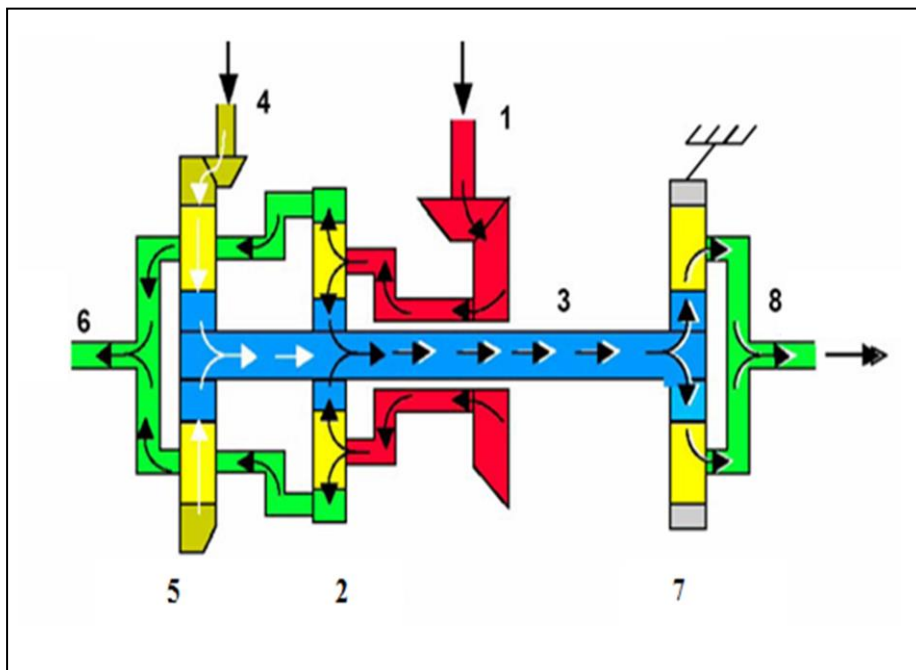


Figure V.24 : Composants de la direction différentielle[13].

➤ **Description des composants de la direction différentielle**

1. Pignon conique sortie boîte de vitesse;
2. Train planétaire de transmission ;
3. Arbre de liaison ;
4. Pignon conique de direction ;
5. Train planétaire de direction ;
6. Arbre de transmission vers réducteur gauche ;
7. Train planétaire d'équilibrage ;

v .3.2.Moteur de direction

➤ **Rôle**

Utilisé pour faire la rotation de la machine pendant un virage à gauche ou à droite.

➤ **Caractéristique du moteur de la direction**

- Sept pistons ;
- Est incliné à 40°
- sa puissance est de 230 chevaux à 2520 tr /min ;
- sa vitesse maximale est de 2520 tr/min ;

- entraîne le barbotin à une vitesse de 3.2 Km/h

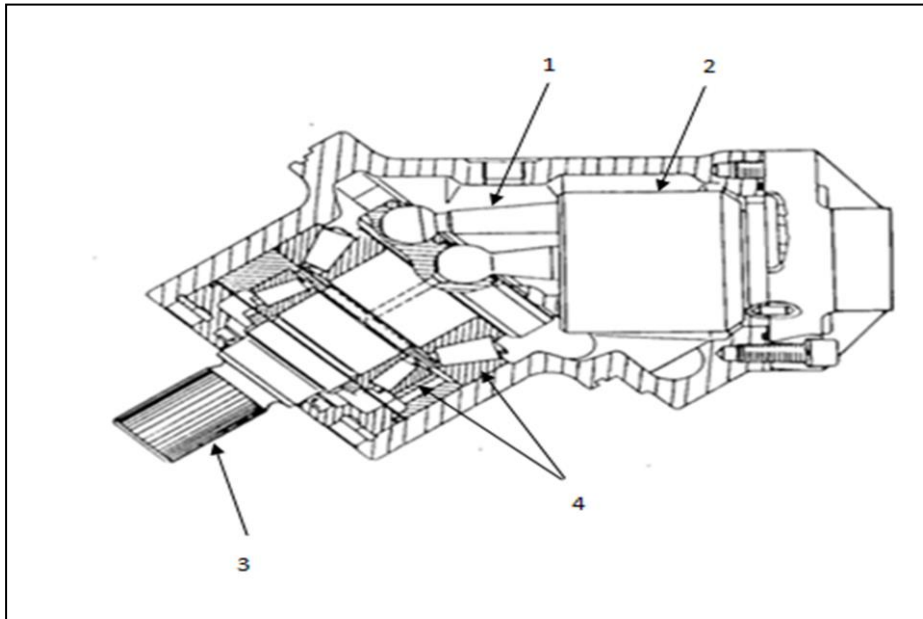


Figure V.25: Moteur de direction[7].

➤ Désignation

- | | |
|-----------------------------|--------------------------|
| 1. Pistons (9 :quantité) ; | 2. Barillet ; |
| 3. Raccordement mécanique ; | 4. Arbre d'entraînement. |

v .3.3.Distributeur de direction

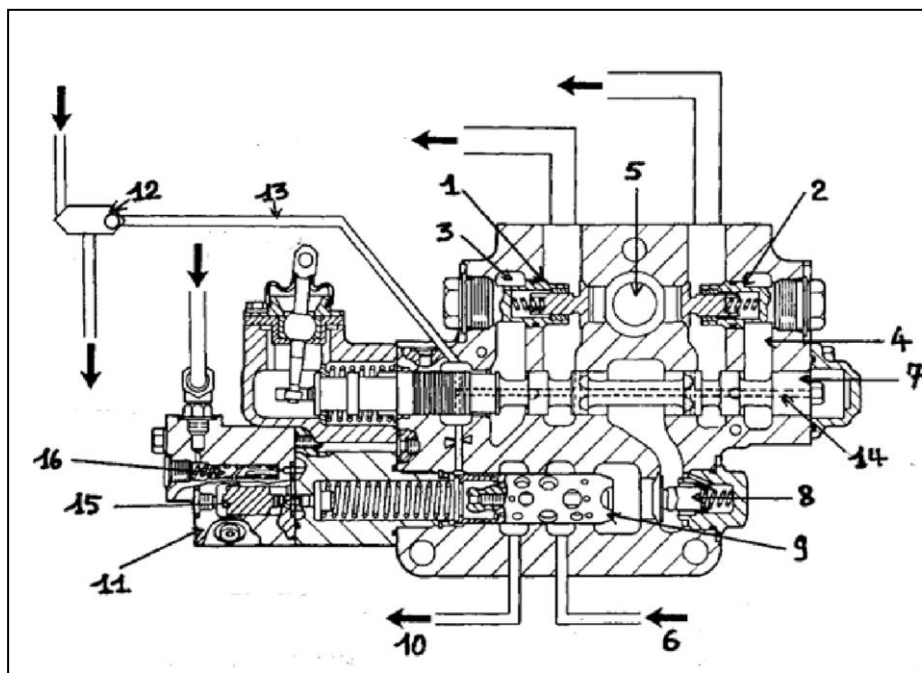


Figure V.26:Distributeur de direction [7].

➤ **Composants du distributeur de la direction**

- | | |
|--|--|
| 1 et 2. Compensations ; | 11. Bloc de charge ; |
| 3-4 et 5. Retour au réservoir ; | 12. Clapet navette ; |
| 6. Entrée d'huile de la pompe ; | 13. Ligne signal plus chambre signal ; |
| 7. Tiroir de distributeur ; | 14. Perçage interne ; |
| 8. Clapet anti-retour ; | 15. Piston ; |
| 9. Valve prioritaire ; | 16. Tiroir plus ressort. |
| 10. Vers l'alimentation des autres distributeurs ; | |

➤ **Fonction de distributeur de la direction dans le virage à gauche**

L'huile de la pompe entrée dans le passage (6), est arrêtée au niveau du tiroir (7), Lorsque le conducteur agit sur la commande manuel de tiroir (7) vers la gauche, qui faire une pression de signal (13) de la direction vers le tiroir de régulation, pour faire l'augmentation de débit, il faut que la pression de la pompe soit égale à la pression du signal plus 21 bars.

Donc la pression de signal à gauche de piston de charge(15), renforce l'action du ressort (18), pour déplacement de la valve prioritaire (9) vers la droite, et augmente le débit vers le moteur de direction, si la pression de la direction augmente ou diminue le bloc de régulation, elle permet une augmentation ou une diminution du débit en fonction de la pression de signal.

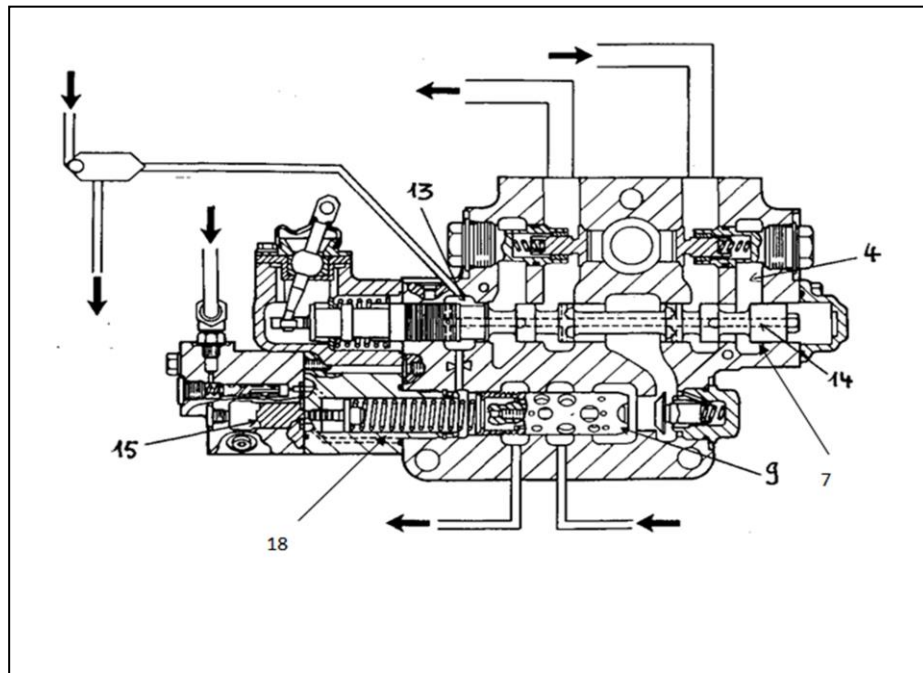


Figure V.27: Distributeur de la direction dans le virage à gauche [7].

➤ Désignation

- | | |
|---------------------------------|------------------------|
| 4. Retour au réservoir ; | 14. Perçage interne ; |
| 6. Entrée d'huile de la pompe ; | 9. Valve prioritaire ; |
| 7. Tiroir de distributeur ; | 18 .Ressort . |
| 15. Piston de charge ; | |

v .3.4.Valve prioritaire

La valve prioritaire (9) s'assure que le distributeur de direction reçoit l'huile avant de fournir les autres distributeurs d'équipement. Cette valve alimente prioritairement des fonctions importantes telles que le circuit de la direction

La valve prioritaire fonctionne seulement à la basse pression pendant certains états.

v .3.5.Anti survitesse

Tiroir (5) centré par deux ressorts (6), le verrouillage hydraulique de moteur de direction (4) en cas d'effort important sur planétaire de direction deux clapets de décharge sont égaux à 415 bars(7). Si le moteur de direction tourne trop vite, sans faire une chute de la pression dans la ligne d'alimentation (2) du tiroir anti-survitesse et se déplace à droite

pour le blocage de retour d'huile (1), si la pression dépasse 415 bars ouverture soupape de décharge

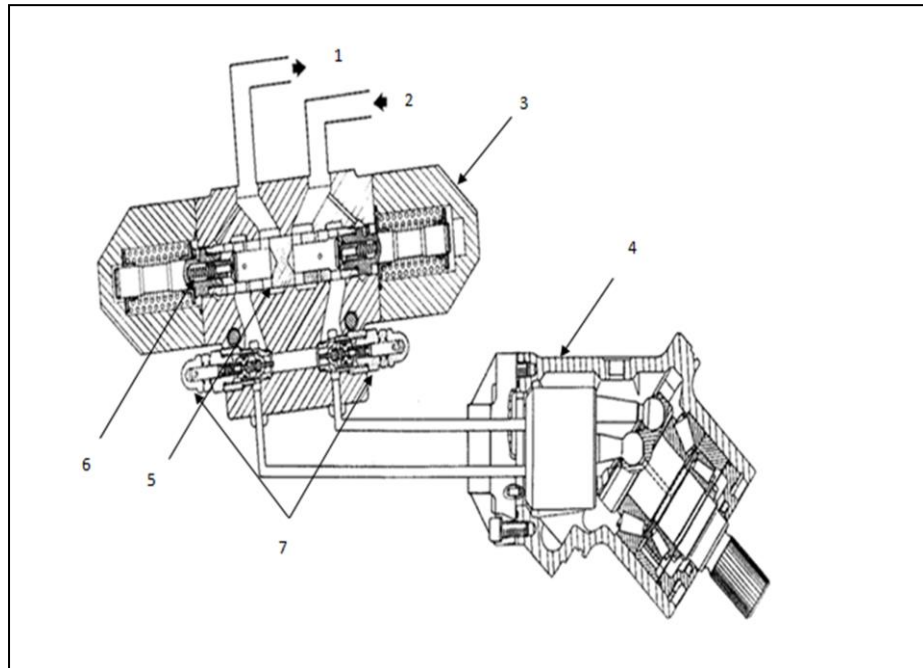


Figure V .28 : Anti survitesse [7]..

➤ **Désignation**

- | | |
|---------------------------|---|
| 1 .Ligne de retour ; | 5.Tiroir ; |
| 2. Ligne d'alimentation ; | 6.Ressort ; |
| 3. Anti survitesse ; | 7. Deux décharges secondaires pour virage à droite 4. |
| Moteur de direction ; | et à gauche. |

v .3.5.1 Anti survitesse dans le virage à gauche

L'arrivée d'huile pousse le clapet anti-retour du tiroir de distributeur, et se dirige vers le moteur hydraulique, ce qui mène au remplissage de la chambre de ressort (6) à droite du tiroir (5). Le retour d'huile du moteur hydraulique doit être bloqué par le tiroir survitesse (5), pour qu'il y ait augmentation de la pression du circuit hydraulique. Lorsqu'elle atteint 7 bars, le tiroir anti survitesse se déplace vers la gauche, et l'huile de retour vers le réservoir. Un déplacement de tiroir (5) de 2 mm met la chambre du ressort gauche à la vidange.

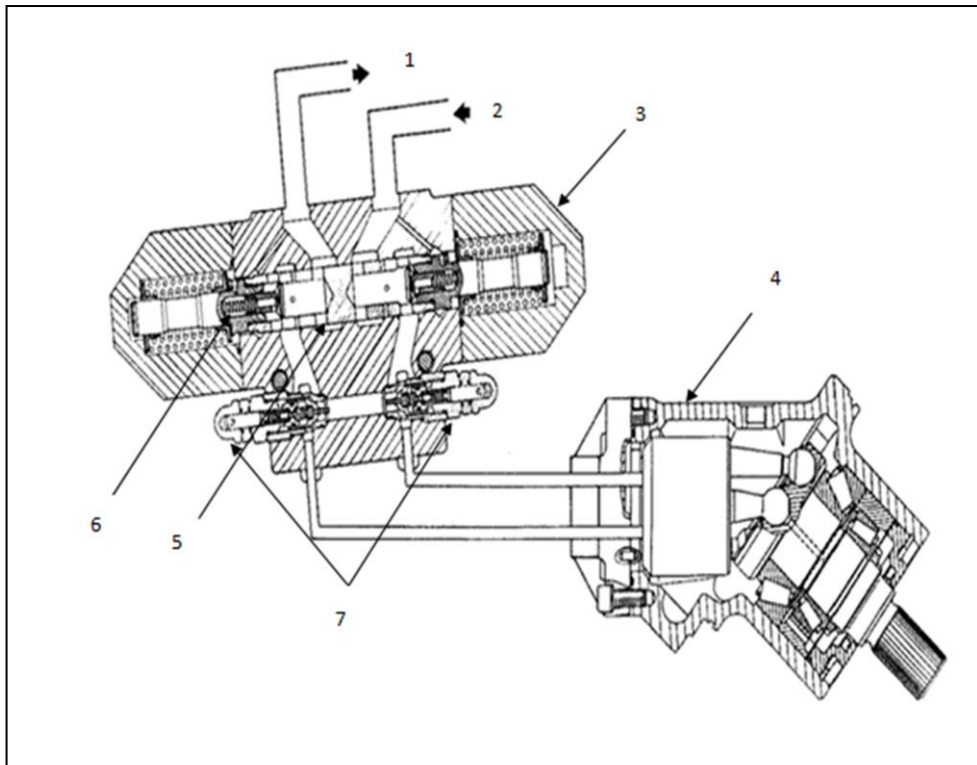


Figure V.29 : anti survitesse dans le virage à gauche[7].

➤ **Désignation**

- 1 : Ligne de retour
- 2 : Ligne d'alimentation
- 3 : Anti survitesse
- 4 : Moteur de direction
- 5 : Tiroir
- 6 : Ressort
- 7 : Décharges secondaires pour virage à droite et à gauche

V .3.6 .Mouvement simultané levage de la lame et virage à gauche

Lorsque le conducteur agit sur la commande du levage de la lame, la pression signal de levage dépasse la pression signal de la direction, le clapet navette se déplace vers la droite, et le petit tiroir se déplace vers la droite, la chambre piston de charge est mise à la vidange. Mais quand la force du ressort de la valve de débit est inférieure à la pression de la pompe, cela crée le déplacement de la valve de débit vers la gauche (15) et crée aussi une augmentation de débit vers les vérins du levage de la lame.

Le circuit de direction recevra toujours 40 % du débit de la pompe par rapport au circuit d'équipement.

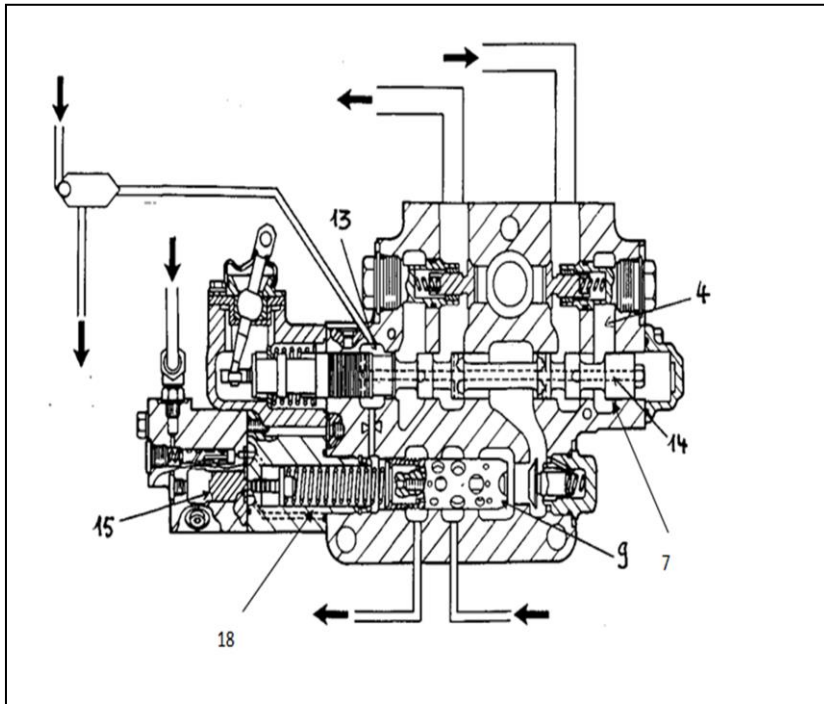


Figure V.30: Mouvement simultané levage de la lame et virage à gauche [7].

➤ **Désignation**

- 4 : Retour au réservoir ;
- 6 : Entrée d'huile de la pompe ;
- 7 : Tiroir de distributeur ;
- 9 : Valve prioritaire ;
- 14 : Perçage interne ;
- 15 : piston de charge ;
- 18 : Ressort.

Conclusion

Le fonctionnement du circuit hydraulique de direction et d'équipement constitue une grande partie, son rôle est très important, dans ce chapitre on a pu regrouper presque toutes les informations relatives aux circuits, ce qui nous aide beaucoup à connaître les comportements des organes et à suivre quelques pannes des circuits.

Introduction

Pendant le cycle d'exploitation les engins de travaux publics peuvent se produire des défaillances soudaines et engendrer des dégâts et des endommagements aux niveaux du circuit hydraulique, pour cela il faut faire des tests et analyser les différents organes de circuit hydraulique pour diminuer le risque.

Dans ce chapitre on s'intéressera dans la partie théorique à l'huile utilisée et les conditions de réglages données par le fabricant pour les préventions avant de passer à la partie pratique pour les prises des pressions et les comparer avec celle du fabricant et faire des analyses sur les causes probables et leur comparaison.

VI.1.Partie théorique

VI.1.1.Huile [8]

L'huile est composée de substances de base à hauteur de 60 à 85%. Elles peuvent être d'origine minérale (raffinage du pétrole brut) ou d'origine synthétique (elles sont produites par synthèse chimique). Les huiles de semi-synthèse sont le mélange de bases minérales avec une base de synthèse.

Les additifs de performances ont pour rôle de renforcer certaines propriétés fondamentales ou de compenser certaines faiblesses des huiles de base. Les additifs apportent des propriétés comme la protection contre l'usure et la tenue à l'extrême pression, la détergence, la dispersion des polluants, la protection contre la corrosion, la tenue à l'oxydation, etc.

VI.1.1.1.Viscosité de l'huile [8]

La viscosité est une mesure de résistance à l'écoulement d'un fluide. La viscosité d'une huile s'exprime par 2 grades. Un grade à froid et un grade à chaud.

Par exemple 10W40, le grade à froid se situe devant la lettre W et égale à 10. Le grade à chaud se situe après la lettre W et égale à 40. W est la première lettre du mot anglais "Winter"(hiver).

Le 1er grade traduit la viscosité dynamique à froid : la capacité à amorcer la pompe à huile :

0W : env. -30°C

5W : env. -25°C

10W : env. -20°C

15W : env. -15°C

Le 2ème grade traduit la viscosité cinématique à chaud (100°C et 150°C sous cisaillement):20,30,40,50,60.

- Plus le nombre est élevé, plus épais sera le film d'huile à chaud. Il favorise la protection et l'étanchéité.
- Plus le nombre est bas, meilleure sera la réduction de frottement à chaud. Il favorise les économies de carburant.

a- L'onctuosité

L'onctuosité est la facilité pour un lubrifiant de bien adhérer aux surfaces métalliques.

b- Point d'inflammation

C'est la température à laquelle l'huile émet des vapeurs. Ces vapeurs risquent de s'enflammer. La température d'inflammation est environs 200° C à 250°C.

c- Point de congélation

C'est la température où l'huile ne s'écoule plus. Elle doit être la plus basse possible. Pour les régions tempérées, cette température est de l'ordre de -25°C à -20°C.

VI.1.1.2.Choix d'huile

Il faut bien choisir l'huile qui s'adapte au milieu extérieur. Si le milieu est froid il faut bien choisir une huile qui à le grade à froid plus bas. Pour le tracteur D8N le constructeur a requis d'utiliser la 15w40 pour le circuit hydraulique de transmission et la 10w pour le circuit hydraulique d'équipement dans des milieux à température modéré. [8]

VI.1.1.3.Contenances du réservoir du D8N [8]

Tableau VI.1: contenance des réservoirs du D8N

Carter ou réservoir	Litres
Huile hydraulique d'équipement	87 L
Huile de transmission	129L

VI.1.2.Quelques tests et contrôle de pression au niveau de circuit hydraulique de Transmission

VI.1.2.1.Première étape avant le diagnostic

Suivre scrupuleusement la procédure suivante :

1. Arrêter la machine sur un sol propre, plat et horizontal à l'abri de tout mouvement de machine ou de personnel. Poser les équipements au sol.
2. Une seule personne doit se trouver sur la machine les autres intervenants doivent être visibles par l'opérateur.
3. Serrer le frein de parking. La pignon de commande de direction est bloquée, moteur tournant, frein de parking desserré, le tracteur tourne si l'opérateur agit sur la poignée de direction.

4. Arrêter le moteur.
5. Faire chuter la pression dans le circuit hydraulique en agissant sur les commandes dans tous les sens.
6. Dévisser doucement le bouchon de remplissage du réservoir hydraulique afin de dépressuriser.
7. S'assurer de l'absence de toute pression résiduelle avant de démonter des raccords.
8. Resserrer le bouchon de remplissage du réservoir hydraulique.
9. La pression du circuit ayant chuté, il est maintenant possible d'intervenir sur le circuit hydraulique.

VI.1.2.2 Test et réglage du circuit hydraulique

Il faut bien vérifier les paramètres de pression de la pompe. Les paramètres qui sont trop bas entraînent une diminution dans l'opération de l'outil, les paramètres qui sont trop élevés peuvent provoquer une diminution de la durée de vie des tuyaux et des composants et aussi peuvent provoquer une surchauffe de moteur. Enfin, les paramètres qui sont trop élevés peuvent entraîner un mauvais fonctionnement du moteur.

➤ Contrôle visuel

Contrôler les points suivants :

1. Niveau d'huile dans le réservoir.
2. Présentation d'air dans l'huile de réservoir (contrôle à effectuer immédiatement après l'arrêt de la machine) : prélever un échantillon d'huile dans un récipient translucide et s'assurer de l'absence des bulles d'air.
3. Démonter et inspecter les filtres. un aimant permet de séparer les particules de matériaux ferreux et non-ferreux (bagues, joints torique, etc. ...).
4. Contrôler l'aspect des vannes de régulation, des tuyauteries et des connections et s'assurer de l'absence de fuites.
5. Vérifier les pompes et les accouplements avec les cardons.

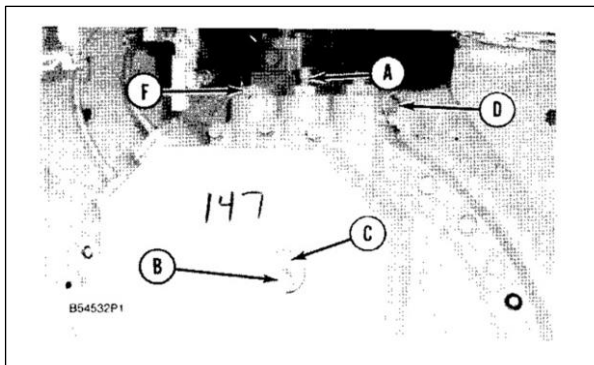
VI.1.2.3. Pression théorique de transmission [11]

Pour corriger et rattraper les pressions perdues, il faut respecter les données du constructeur pour ajuster les pressions.

Tableau VI.2 : Pression théorique de transmission (données par le constructeur) [11].

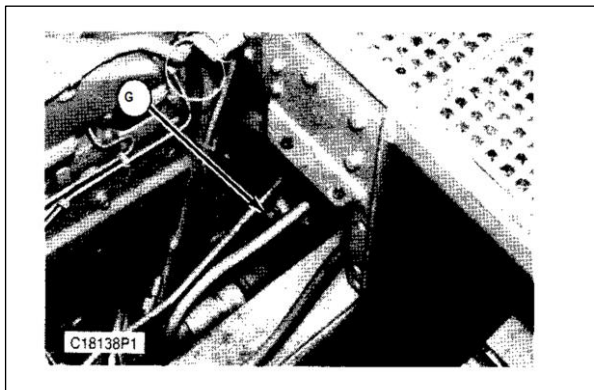
Pression	Position de prises	Régime ralenti (bar)	Régime élevé (bar)	ajustement
L'entrée de convertisseur P3	A		7.25±1.05	Aucun : avec huile froide la valeur devrait être maximum
Pression initial P1 (position neutre)	B	5.3±0.35 avec levier du sélectionneur de la transmission au neutre		Ajouter ou lever les cales 24 en piston de charge (3) dans le distributeur de boîte de vitesse
Pression P1 vitesse AV ou AR	B	Au maximum 3.45 moins que la pression au régime maximum. Levier de la sélection en marche AV ou marche AR	25±1.05 Avec le levier de vitesse de la sélection en marche AV ou marche AR	Aucun : contrôler par la valve différentielle de distributeur
Pression P2 en vitesse AV ou AR	C	(3.8±0.55) moins que la pression à prise B. levier du sélectionneur en marche AV ou en marche AR	(3.8±0.55) moins que la pression à prise B. levier du sélectionneur en marche AV ou marche AR	Pression source de la valve différentielle
La pompe de la boîte (pompe de marche)	J	27.50 minimum	33.75±1.75	aucun
Soupape de décharge du convertisseur en 3ème vitesse	E		4.2±0.7 Avec freins activés. Sélectionneur est en 3ème vitesse de marche AV	Ajouter ou enlever les cales 22 dans la soupape de décharge du convertisseur
Valve de priorité	F	29±1.35		Ajouter ou enlever les cales 23 dans la valve de priorité

VI .1.2.4. Localisation de prise de pression :



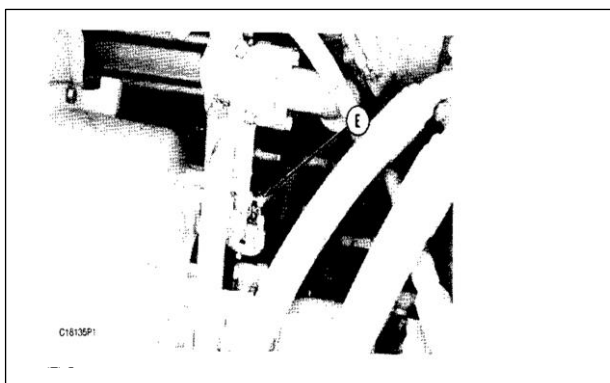
- A. Entrée de convertisseur
- B. Pression P1
- C : Pression P2
- D. Lubrification de la transmission
- F. Valve de priorité

Figure VI.1 : Prise de pression (A, B, C, D, E)



- G. Lubrification de la pompe

Figure VI.2 : Prise de pression G.



- E. Soupape de décharge de convertisseur

Figure VI.3 : Prise de pression E

VI .1.2.5. Cales de changement de pression

Tableau VI.3: Cales de changement de pression [11]

Référence de cales	Composant a utilisé	L'épaisseur	Changement de pression
5M9622 5M9623 5M9624	Valve de priorité	1.6 mm 0.9 mm 0.25 mm	5.05bar 2.93bar 0.81bar
5M9622 5M9623 5M9624	Piston de charge de convertisseur	1.6 mm 0.9 mm 0.25 mm	0.98 bar 0.57 bar 0.16 bar
5M6923	soupape de décharge sortie convertisseur	0.9 mm	0.165 bar

VI .1.2.6.Localisation des cales

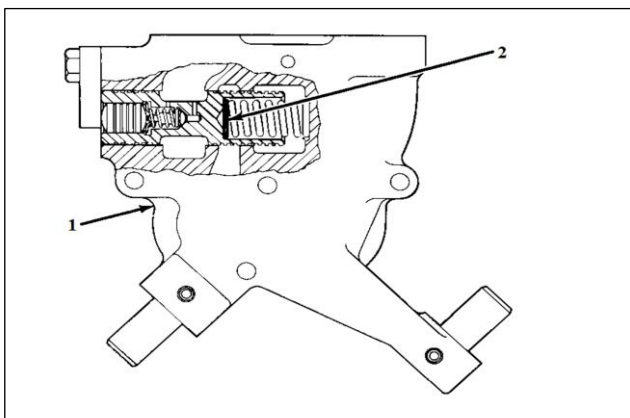


Figure VI.4 : Valve de priorité [11]

- **Valve de priorité**

1. Valve
2. Valve de priorité

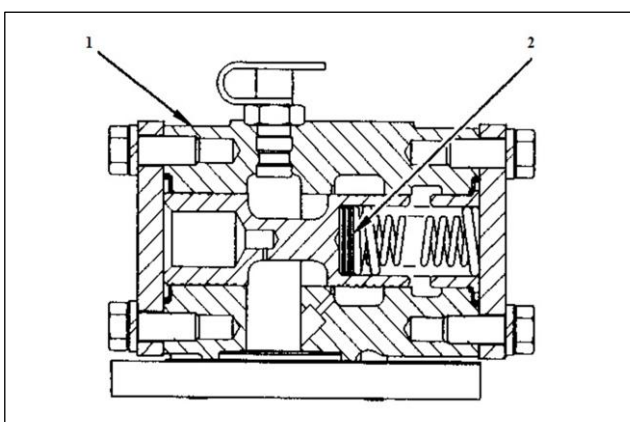
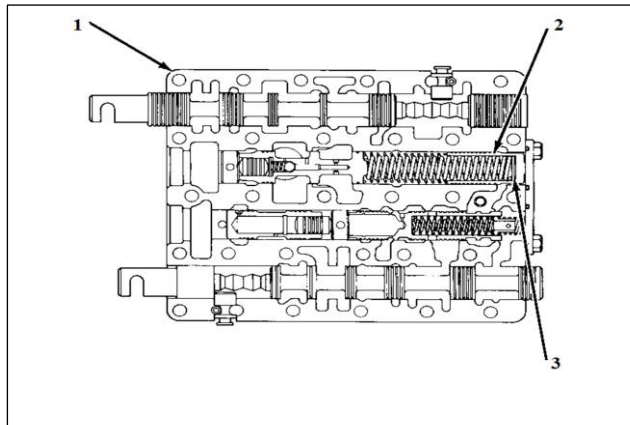


Figure VI.5 : Soupape de décharge

- **Soupape de décharge**

1. Soupape de décharge
2. Cale



- **Distributeur**

1. Distributeur
2. Piston de charge
3. Cale

Figure VI.6 : Distributeur de boîte à vitesse

VI.1.3. Quelques tests et contrôle au niveau de circuit hydraulique d'équipement et de direction

VI.1.3.1. Contrôle des équipements

Ce test de contrôle peut être utilisé pour détecter s'il y a des fuites dans le circuit, sur une valve ou la pompe défectueuse. Ces temps de cycle des vérins peuvent être utilisés pour contrôler les vérins ou la pompe.

1. Lever et baisser plusieurs fois les vérins de lame, de ripper et de tilt
2. Regarder les mouvements des vérins quand ils rentrent ou sortent, ils doivent être réguliers.
3. Vérifier le bruit de la pompe.
4. Vérifier les bruits des limiteurs de pression.

VI.1.3.2. Temps des cycles des vérins

Le temps de cycle est le temps pour que la tige d'un vérin se déplace à une distance précise donnée par le fabricant.

Tous les contrôles des cycles doivent être effectués au régime maximum.

Tableau VI.4: Temps de cycle du vérin d'inclinaison de la lame (**tilt**)[11]

Type de lame	mouvements	Spécifications
Lame 8A	Déplacement de gauche à droite	2,50 s
Lame 8S et 8U	Déplacement de droite à gauche	3,90 s
Lame 8A	Déplacement de droite à gauche	2,50 s
Lame 8S et 8U	Déplacement de gauche à droite	3,70 s

Tableau VI.5: Temps de cycle du vérin de levage de la lame [11]

Type de lame	mouvements	Spécifications
Lame 8S et 8U	- Rentrée de tige	4,10 s
	- Descente de tige	7,10 s maxi

Tableau VI.6: Temps de cycle du vérin de levage et d'inclinaison de ripper [11]

Mouvements	Spécifications
La position de la dent rentrée vers sortie	4,70 (secondes)
La position de la dent sortie vers rentrée	5,90 (secondes)
Montée complète du ripper	3,90 (secondes)
Descente complète du ripper	4,70 (secondes) maxi

La vitesse des vérins n'est pas correcte :

- 1- Si un seul temps de cycle n'est pas correct, effectuer les essais de glissement.
- 2- Si tous les temps de cycle ne sont pas corrects, contrôler le circuit de direction pour s'assurer que la ligne signal n'est pas bouchée ou que la pompe n'est pas défectueuse.

VI.1.3.3. Essais de glissement des vérins [11]

Tableau VI.7: Essais de glissement des vérins de levage de la lame

Température de l'huile (°c)	26°c à 48°c	49°c à 68°c	69°c à 88°c
Les vérins ne doivent pas bouger de plus de 38 mm	5 mm	2,7 mm	1,7 mm

- **Essai N° 1 :** Lever l'avant de la machine, mettre le distributeur au neutre, arrêter le moteur et contrôler le glissement de la tige des vérins.
- **Essai N° 2 :** Lever l'avant de la machine, arrêter le moteur et mettre le distributeur en position descente. Contrôler le glissement de la tige de vérin.
- **Essai N° 3 :** Lever la lame, arrêter le moteur, mettre le distributeur en position levage et contrôler le glissement de la tige des vérins.
- **Essai N° 4 :** Se rappeler qu'un joint torique abimé peut causer le même effet que la défaillance d'un composant principal.

Résultat des essais	Causes probables
Glissement dans les essais 1 et 2	Fuite aux valves de compensation du côté fond de vérin
Glissement dans les essais 1 et 3	Fuite entre le tiroir et le corps du distributeur
Glissement dans les essais 1-2-3 et 4	Fuite entre le piston et la chemise du vérin Fin de course de vérin abimé Fuite aux valves de descente
Glissement dans les essais 2 et 4	Fuite au clapet anti-retour au contrôleur de débit

Tableau VI.8 : Essai de glissement du vérin d'inclinaison (TILT) [11]

Température de l'huile (°c)	28° à 48°	49° à 68°	69° à 88°
Les vérins ne doivent pas bouger de plus de 11 mm	5 mm	2,7 mm	1,7 mm

- **Essai n° 1 :** Mettre la lame à plat au sol, actionner le tilt à droite, arrêter le moteur, mettre le distributeur au neutre et contrôler le glissement de la tige du vérin.
- **Essai n° 2 :** Mettre la lame à plat au sol, actionner le tilt à gauche, arrêter le moteur, mettre le distributeur au neutre et contrôler le glissement de la tige du vérin.

Résultat des essais	Causes probables
Glissement dans les essais 1 et 2	Fuite entre le piston et la chemise du vérin. Fuite entre le tiroir et le corps de distributeur.

Tableau VI.9 : Essai de glissement des vérins de levage du ripper [11]

Température de l'huile (°c)	28°c à 48°c	49°c à 68°c	69°c à 88°c
Les vérins ne doivent pas descendre de plus de 10 mm	5 mm	2,7 mm	1,7 mm

- **Essai N°1 :** Lever l'arrière de la machine avec le ripper pour mettre le distributeur au neutre, arrêter le moteur et contrôler le glissement de la tige de vérin.
- **Essai N°2 :** Lever le ripper, mettre le distributeur au neutre, arrêter le moteur et contrôler le glissement de la tige des vérins.

Résultats des essais	Causes probables
Glissement dans les essais 1 et 2	Fuite entre le piston et la chemise du vérin. Fuit entre le tiroir et le corps du distributeur
Glissement dans l'essais 1	Fuite à la valve de compensation côté fond de vérin

Tableau VI.10 : Essai de glissement du vérin d'inclinaison de dent du ripper [11]

Température de l'huile (°c)	28°c à 48°c	49°c à 68°c	69°c à 88°c
Les vérins ne doivent pas bouger de plus de 6 mm	5 mm	2,7 mm	1,7 mm

- **Essai N°1** : Incliner la dent à fond vers l'arrière (tiges rentrées), baisser à fond les vérins du ripper (tiges sorties), mettre le distributeur au neutre, arrêter le moteur et contrôler le glissement de la tige des vérins.
- **Essai N°2** : Incliner la dent à fond vers l'arrière (tiges serties), baisser à fond les vérins du ripper (tiges sorties), mettre le distributeur au neutre, arrêter le moteur et contrôler le glissement de la tige des vérins.

Résultats des essais	Causes probables
Glissement dans les essais 1 et 2	Fuite entre le piston et la chemise du vérin. Fuit entre le tiroir et le corps du distributeur
Glissement dans l'essais 1	Fuite à la valve de compensation côté fond de vérin

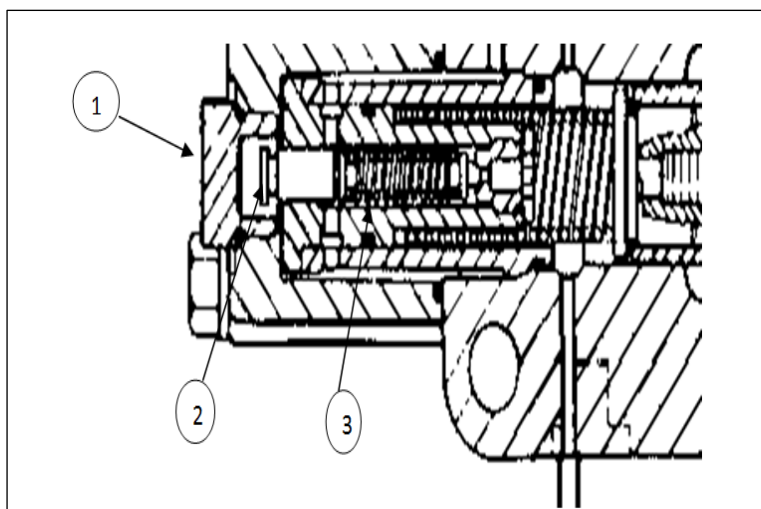
VI.1.3.4. Contrôle de la valeur des limiteurs de pression

Les limiteurs de pression sont installés dans chaque distributeur.

Tableau VI.11 : Valeur de pression de valve des limiteurs de pression[11]

Valve des limiteurs de pression				
	Lame	Tilt	Levage du ripper	Inclinaison du ripper
Bar	242±8,6	172,25±6,9	227,5±8,6	227,5±8,6

VI.1.3.5. Circuit de levage de lame



- 1 : bouchon ;
2 : vis de réglage ;
3 : limiteur de pression

Figure VI.7: Cote gauche du distributeur de levage de la lame [11]

➤ **Conditions machine et procédure**

1. Débrancher l'alimentation côté de la tige de vérin.
2. Mettre un manomètre de 0 à 500 bars.

Installer le flexible et le manomètre sur le piquage

3. Démarrer et accélérer à fond, déplacer doucement le levier en position levage, la pression doit être de $242 \pm 8,6$ bars.
4. S'il faut régler le limiteur de pression, il faut arrêter le moteur.
5. Déposer le bouchon **1** du distributeur de levage.
6. Tourner la vis de réglage dans le sens de l'aiguille d'une montre afin d'augmenter la pression, et inversement pour la diminuer. Un tour de la vis de réglage modifie la pression de 55,2 bars.

VI.1.3.6.Circuit de levage du ripper et d'inclinaison de la dent de ripper

Procéder de la même façon que pour le réglage de la pression de levage de la lame, la pression maximale dans le circuit de levage de ripper et de l'inclinaison de dent doit être de $227,5 \pm 8,6$ bars.

VI.1.3.7.Circuit de tilt

Procéder de la même manière que pour le réglage de la pression de levage de la lame, la pression maximale dans le circuit de tilt de dent doit être de $242 \pm 8,6$ bars.

VI.2.Partie pratique

VI.2.1.Relevé et comparaison entre les valeurs pratiques mesurées et les valeurs proposées par le constructeur

Pour chaque relevé de pression il faut appliquer les conditions suivantes :

- Déposition du cardan de transmission.
- La température d'huile de transmission doit être égale à 49°C
- mesurer les pressions avec un manomètre de 0 à 500 bars

VI.2.1.1.Pression P3 à l'entrée du convertisseur (prise A)

Dans le tableau ci-dessous il y a les pressions relevées et théoriques de la pression P3 et l'entrée du convertisseur

Tableau VI.12: Pression de P3 à l'entrée du convertisseur

Régime moteur	Ralenti (bar)	Elevé (bar)
Pression théorique	-	7.25±1.05
Pression relevée	-	8

➤ **Comparaison**

La valeur de pression mesurée P3 à l'entrée de convertisseur en régime élevé est de 8 bars par comparaison avec les valeurs des pressions proposées par le constructeur qui se trouvent entre 6.20 bars et 8.30 bars.

➤ **Description**

Les pressions d'huile à l'entrée du convertisseur sont dans les intervalles théoriques et donc admissibles.

VI.2.1.2.Pression initiale P1 à la position neutre (prise B)

➤ **Condition machine**

- Levier de sélecteur de vitesse doit être au point mort ;
- Le bouchon de piston de charge doit être retiré.

Tableau VI.13: Pression initiale P1 à la position neutre

Régime moteur	Ralenti (bar)	Elevé (bar)
Pression théorique	5.3±0.35	-
Pression relevée	5	-

➤ **Comparaison**

La valeur de la pression initiale P1 en position neutre est égale à 5 bars en régime ralenti et les valeurs proposées par le constructeur sont dans l'intervalle de 4.95 bars à 5.65 bars.

➤ **Description**

On remarque que la valeur de la pression mesurée est dans l'intervalle de pression donnée par le constructeur.

VI.2.1.3.Pression P1 en vitesse AV ou AR (prise B)

➤ **Condition machine**

- Levier de sélecteur de vitesse est au sens de marche avant ou arrière
- Le bouchon de piston de charge est installé.

Tableau VI.14: Pression P1 en vitesse AV ou AR

Régime moteur	Ralenti (bar)	Elevé (bar)
Pression théorique	19.7±1.05	25 ±1.05
Pression relevée	19	24

➤ **Comparaison**

- La Valeur de la pression P1 mesurée en vitesse avant ou arrière en régime ralenti est égale à 19 bars et pour un régime élevé à 24 bars.
- La valeur de P1 théorique en régime ralenti se trouve entre 18.65 bars et 20.75 bars et en régime élevé entre 23.95 bars et 26.05 bars.

➤ **Description**

Les pressions d'huile mesurée P1 sont dans les intervalles théoriques donc rien à faire.

VI.2.1.4.Pression P2 en vitesse avant ou arrière (prise C)

➤ **Condition machine**

- Levier de sélecteur de vitesse est au sens de marche avant ou arrière
- Le bouchon de piston de charge est installé

Tableau VI.15: Pression P2 en vitesse avant ou arrière

Régime moteur	Ralenti (bar)	Elevé (bar)
Pression théorique	[15.65 ; 16.75]	[19.65 ; 20.75]
Pression relevée	16.20	20

➤ **Comparaison**

La valeur de la pression P2 mesurée en vitesse avant ou arrière, en régime ralenti est égale 16.20bars et pour un régime élevé à 20 bars.

- La valeur de P2 proposé par le constructeur en régime ralentie se trouve entre 15.65 bars 26.75 bars et en régime élevé entre 19.65bars et 20.75 bars.

➤ **Description**

La valeur de la pression P2 est admissible dans les deux régimes du moteur.

VI.2.1.5.Pression de la pompe de marche (prise J)

Tableau VI.16: Pression de la pompe de marche

Régime moteur	Ralenti (bar)	Elevé (bar)
Pression théorique	27.50 minimum	33.75±1.75
Pression relevée	27	30

➤ Comparaison

La valeur de la pression mesurée de la pompe de marche au régime ralenti est égale à 27 bars et au régime élevé à 30 bars par comparaison avec les valeurs de pression donnée par le constructeur. La pression de la pompe de marche au régime ralenti minimum est égale à 27.50 bars et au régime Elevé entre 32 bars et 35.5 bars.

➤ Description

Ce décalage de pression peut être dû à une fuite interne dans la pompe de transmission, à une contamination du filtre ou à un mauvais réglage de la vis du limiteur de pression principale.

VI.2.1.6.Pression de soupape de décharge du convertisseur

➤ Condition machine

- Le sélecteur de vitesse est sélectionné à la 3eme vitesse de la marche avant
- Freins activés
- Convertisseur en état de décrochage

Tableau VI.17: Pression de soupape de décharge du convertisseur en 3eme vitesse

Régime moteur	Ralenti (bar)	Elevé (bar)
Pression théorique	-	4.20 ±0.7
Pression relevée	-	3.10

➤ Comparaison

La valeur mesurée de la pression de la soupape de décharge du convertisseur en 3eme vitesse avant est égale **2bars** par comparaison à la valeur donnée par le constructeur qui se trouve entre **3.5bars** et **4.9barson** remarque que la valeur de la pression mesuré n'est pas dans l'intervalle de la pression donnée par le constructeur.

➤ Description

Afin de rattraper les pertes de pression constatée et d'augmenter la pression pour qu'elle soit admissible on a ajouté 3 calles de types **5M9623** de pression 0.165bars.après l'ajout des 3 calles la pression mesuré devienne admissible et est égale à **3.50bars** $= (3 * (0.165) + 3.10)$.le système fonctionne normalement.

VI.2.1.7.Pression de valve de priorité

Tableau VI.18: Pression de valve de priorité

Régime moteur	Ralenti (bar)	Elevé (bar)
Pression théorique	29±1.35	-
Pression relevée	26.90	-

➤ Comparaison

La valeur de la pression de la valve de priorité en régime ralenti est égale à **26.70 bars** et la valeur donnée par le constructeur se trouve entre **27.65bars** et **30.35bars**.

➤ Description

La pression perdue est d'environ 0.75 bars. Pour rattraper les pertes de pression et Augmenter la pression nous avons ajouté 3 calles de type 5M9622de pression 0.505 bars pour que la pression touche l'intervalle proposée par le constructeur .la pression mesurée après l'ajout des calles devient 28.20ars et donc le système reprend son fonctionnement normal.

VI.2.1.8.Pression de lubrification de la transmission

Tableau VI.19:Pression de lubrification de la transmission

Régime moteur	Ralenti (bar)	Elevé (bar)
Pression théorique	0.062±0.055	1.75±0.35
Pression relevée	0.06	1.5

➤ Comparaison

La valeur mesurée de la pression d'huile de la lubrification de la transmission en régime ralenti égale à 0.06bars et en régime élevé, à 1.5 bars.

➤ Description

La valeur de la pression d'huile se trouve dans l'intervalle de pression proposée par le constructeur, donc le fonctionnement du system est normal.

VI.2.1.9.Pression de lubrification de la pompe de transmission

Tableau VI.20: Pression de lubrification de la pompe de transmission

Régime moteur	Ralenti (bar)	Elevé (bar)
Pression théorique	2.85±0.50	4.34±0.9
Pression relevée	3	4

➤ Comparaison

La valeur mesurée de la pression de lubrification de la pompe de transmission au régime ralenti est égale **3bars** et au régime élevé est égale **4bars** et la valeur de la pression donnée par le constructeur se trouve entre **et2.35 bars** et**3.35 bars** au régime élevé entre **3.44 bars** et **5.24 bars**.

➤ Description

La valeur de la pression de lubrification de la pompe de transmission se trouve dans l'intervalle proposée par le constructeur donc le système fonctionne normalement.

VI.2.2.Relevé des pressions du circuit d'équipement et de direction

Nous avons utilisé un manomètre (de 0 à 500 bars) et un chronomètre, pour mesurer les pressions d'huile du circuit hydraulique et les temps des cycles des vérins à différents niveau, afin de comparer les valeurs pratiques obtenues avec celles données par le constructeur.

VI.2.2.1.Temps des cycles des vérins

➤ Conditions et procédures

1. Outillage nécessaire : chronomètre.
2. Démarrer et accélérer à fond le moteur diesel, déplacé rapidement.
3. Le levier en position levage à fond et noter le temps de déplacement du vérin.

VI.2.2.2.Temps de cycle du vérin de levage de la lame

Dans le tableau ci-dessous il y a le temps de cycle du vérin de levage de lame pratique et théorique.

Tableau VI.21 : Temps de cycle du vérin de levage de lame

	Spécifications théorique	Spécifications relevé	différence
Temps de cycle de vérin de levage de lame avec un déplacement descente de tige	7,10 s maxi	9.62s	2.52s

➤ Comparaison

D'après le tableau précédent, on remarque qu'il y'a une différence entre les deux temps de cycle de vérin de levage de lame, le temps mesuré est supérieur par rapport au temps donnée par le fabricant.

➤ Description

La différence entre les deux temps est du probablement a

- Soit un joint torique abimé.
- Soit une fuite entre le tiroir et le corps du distributeur.
- Soit une fuite entre le piston et la chemise du corps de vérin.
- L'existence de l'air dans le circuit

VI.2.2.3.Temps de cycle du vérin d'inclinaison de la lame

Dans le tableau ci-dessous il y a le temps de cycle de vérin d'inclinaison de lame pratique et théorique.

Tableau VI.22 : Temps de cycle du vérin d'inclinaison de la lame

	Spécifications théorique	Spécifications relevé	différence
Temps de cycle de vérin d'inclinaison de lame avec un déplacement de gauche à droite	3,70 s	3.80s	0.10s

➤ **Comparaison**

D'après Le tableau précédent, on remarque qu'il y'a une différence de 0.10 second entre les deux temps de cycle de vérin d'inclinaison de lame, le temps mesuré est lent par rapport au temps donné par le fabricant.

➤ **Description**

La différence entre les deux temps est due probablement à

- Fuite interne du vérin ou il y'a un blocage ou fuites sur la ligne signal

VI.2.2.4. Temps de cycle des vérins du ripper

Dans le tableau ci-dessous il y a le temps de cycle des vérins de levage et d'inclinaison des ripper théoriques et pratique.

Tableau VI.23 : Temps de cycle des vérins du ripper

	Spécifications théorique(second)	Spécifications relevé(second)	Différence (second)
Temps de cycle de vérin de levage de ripper avec un déplacement descente complète de ripper	4,70	5.6	0.9
Temps de cycle de vérin d'inclinaison de ripper avec un déplacement dent sortie vers la dent rentrée	5,9	7.1	1.2

➤ **Comparaison**

D'après le tableau précédent, on remarque qu'il y'a une différence de 0.9 eu décente complète de ripper et 1.2 seconde à l'inclinaison de ripper avec un déplacement dent sortie vers la dent rentrée.

Le temps relevé est plus lent par rapport au temps donné par le fabricant.

➤ **Description**

La différence entre les deux temps est due probablement aux perturbations extérieures du circuit hydraulique.

VI.2.2.5. Pression d'attente de la pompe

➤ Condition et procédure

1. Outillage nécessaire : manomètre de 0 à 500 bars
2. Amener l'engin sur une surface plane, descendre tous les équipements et arrêter le moteur.
3. Brancher le manomètre.
4. Démarrer et accélérer à fond le moteur diesel, mettre tous les leviers d'équipement au neutre et noter la pression d'attente de la pompe.

Dans le tableau ci-dessous il y a la pression d'attente de la pompe d'équipement pratique et théorique

Tableau VI.24: Valeur de pression d'attente théorique et pratique de la pompe

	Pression du constructeur	Pression relevée	Différence entre les deux valeurs
Pression d'attente de la pompe	29,5 bars	22.40bars	7.1 bars

➤ Comparaison

Dans le tableau précédent, on remarque qu'il y a une différence entre les deux pressions de 7.1 bars la pression relevée est trop inférieure à celle du constructeur.

➤ Description

D'après notre diagnostic cette différence est due soit à l'usure des pistons et le barillet de la pompe, donc il faut démonter la pompe, changer les pistons et le barillet.

VI.2.2.6. Valve des limiteurs de pression

Dans le tableau ci-dessous il y a les pressions des limiteurs de pression pratique et théorique

Tableau VI.25: Valeur de pression théorique et pratique des limiteurs de pression théorique et pratique de la pompe.

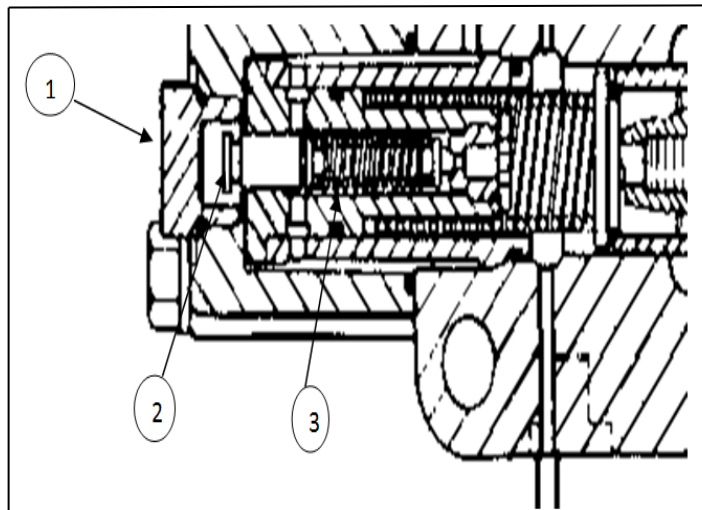
Valve des limiteurs de pression	Pressions du constructeur (bar)	Pressions relevée (bar)	Différence entre les deux pressions (bar)
Lame	242±8,6	155	87
Tilt	172,25±6,9	163	9.25
Levage de ripper	227,5±8,6	200	27.5
Inclinaison de ripper	227,5±8,6	210	17.5

➤ **Comparaison**

D'après le tableau précédent, on distingue que tous les valeurs relevées ne sont pas dans les intervalles donnés par le constructeur et donc toutes les valeurs des limiteurs de pression sont mal tarées.

➤ **Description**

Il faut régler les tarages des limiteurs de pression .Pour régler le tarage des limiteurs de pression, il faut déposer le bouchon **1** du distributeur, et tourner la vis dans le sens des aiguilles d'une montre afin d'augmenter la pression et l'inverse pour diminuer, un tour de la vis change la pression à 55,2 bars.



FigureVI.9 : Cote gauche de distributeur de levage de la lame [11]

1 : Bouchon ; 2 : vis de réglage ; 3 : Limiteur de pression.

➤ **Exemple de calcul pour rattrapage de la pression des limiteurs :**

55,2 —————> 1 tour

87 —————> X= ?

$$X = \frac{1 * 87}{55,2} = 1,57 \text{ tour}$$

➤ **Tarage des limiteurs de pression :**

Dans le tableau ci-dessous il y a les conditions et les procédures de tarage des limiteurs de pression.

Tableau VI.26 : Tarage des limiteurs de pression[11]

Limiteur de pression	le sens de tourner la vis	Quantité des tours
Lame	tourner la vis le sens des aiguilles d'une montre pour augmenter la pression	1,5 tour ou un angle de 540°
Tilt	tourner la vis le sens des aiguilles d'une montre pour augmenter la pression	0,2 tour ou un angle de 72°
Levage de ripper	tourner la vis le sens des aiguilles d'une montre pour augmenter la pression	0,7 tour ou un angle de 252°
Inclinaison de ripper	tourner la vis le sens inverse des aiguilles d'une montre pour diminuer la pression	0,25 tour ou un angle de 90°

Conclusion

Une inspection visuelle du circuit hydraulique d'équipements et de direction et ses composantes est la première étape en faisant un diagnostic d'un problème, la plupart des composants de ce circuit sont très chers, donc il faut un test de réglage et une analyse, pour améliorer le fonctionnement de ce circuit.

Conclusion

Nous avons étudié dans ce projet une machine ayant sa place irremplaçable au niveau des engins de travaux publics qui est le bulldozer D8N. On a montré son confort, sa souplesse et son efficacité.

L'étude des circuits hydrauliques de transmission, d'équipement et de direction nous a permis de comprendre le comportement de bull au niveau des circuits étudiés.

Les tests et les réglages du circuit hydraulique sont très importants pour que l'engin fonctionne normalement et pour lui assurer une durée de vie plus longue. C'est pour ça qu'on a cité presque tout les tests et les réglages, et même quelques pannes et leurs causes probables.

Dans la partie pratique on a fait une comparaison entre les pressions relevées sur machine et ceux théoriques données par le fabricant. En cas de différence on a fait des réglages conformément aux instructions du constructeur.

J'espère que cette étude puisse ouvrir la porte pour d'autres étudiants afin d'aller plus loin dans ce domaine d'hydraulique.

Bibliographie

[1] : Les engins de travaux publics (document BMA bergeratmonnoyeur international). 2008

[2] : <https://moodle1.uBORDEAUX.fr>. 2000

[3] : <http://www.terre-net.fr/.../le-circuit-hydraulique-du-tracteur-207-99889.html>. 2014

[4] : <https://fr.scribd.com/.../V-AVANTAGES-ET-INCONVENIENTS-DES-SYSTEMES-HYDRAULIQUES>. 2009

[5] : <http://www.CAT.Com> .Mars 2001

[6] : Document Caterpillar : transmission du D8N : Rédigé par : Pierre SERRE, Centre de Perfectionnement FRANCIS MONNOYEUR, Vérifié par : Serge SAINT-MARS, Approuvé par : Marc VENANT. Version 1. 1889

[7] : Document Caterpillar : circuit d'équipement et de direction du D8N : Rédigé par : Pierre SERRE, Centre de Perfectionnement FRANCIS MONNOYEUR, Vérifié par : Serge SAINT-MARS, Approuvé par : Marc VENANT. Version 1. 1989

[8] : <http://www.quelle-huile-moteur-choisir.com>. 2010

[9] : <http://www.relinco.fr/industrie/reniflards.htm> .2009

[10] : Centre de Perfectionnement FRANCIS MONNOYEUR, BMI, Doc 203. 2007

[11] : : Document Caterpillar : Rédigé par : Pierre SERRE, Centre de Perfectionnement FRANCIS MONNOYEUR, Vérifié par : Serge SAINT-MARS, Approuvé par : Marc VENANT. Version 2 1995

[12] <http://www.maxicours.com/soutien-scolaire/mecanique-des-fluides/bac-pro/130467.html>.

2014

[13] : Projet de fin d'étude : étude de circuit hydraulique de direction et d'équipement d'un tracteur à chaîne CAT D8N. Présenté par M.HACHEM Mohamed, 2012