

République Islamique de Mauritanie



Honneur – Fraternité – Justice

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Institut Supérieur d'Enseignement
Technologique de Rosso



Société Nationale des Aménagements
Agricoles et des Travaux

Département de Génie Électromécanique

Département de Maintenance

Mémoire de licence professionnelle en génie électromécanique

Thème du mémoire:

Amélioration de la Maintenance des Pelles Hydrauliques

(Pelle Standard ZX330-3)

Elaboré par:

Oussama Mohamed Teyib

El Bechir Sidi Sidiya

Mohamedou Ahmed Kleib

Encadré par:

Prof. Cheikh Kaber Bouhamadi – ISET

Mr. Abou Diallo - SNAAT

Année universitaire 2023-2024

Dédicace

Nous dédions ce modeste travail:

À nos familles, qui nous ont offert par la grâce d'Allah une éducation digne. Leur amour et leur soutien inconditionnels ont fait de nous ce que nous sommes aujourd'hui.

Particulièrement à nos pères, pour leur dévouement et leur exemple de persévérance. À nos mères, femmes nobles et courageuses, qui se sont investies pour que nos avenir soient radieux. Qu'Allah les protège et les bénisse.

À nos frères et sœurs, qui nous ont soutenus et encouragés durant ces années de travail et de persévérance.

Que ce travail soit un humble témoignage de notre gratitude envers tous ceux qui ont contribué à notre réussite.

II

Remerciements

Nous tenons à travers ce mémoire à exprimer nos sincères remerciements à toute l'équipe pédagogique de l'ISSET et, plus particulièrement, aux responsables de la filière Génie Electromécanique pour nous avoir assuré une formation de qualité.

Nos sincères remerciements et nos respects vont également à nos encadrants : Prof. Cheikh Kaber Bouhamadi pour son soutien constant, ses conseils avisés et son encadrement attentif tout au long de ce projet, ainsi qu'à Mr. Abou Diallo, chef de l'atelier mécanique de la SNAAT pour son expertise précieuse et son assistance technique.

Nous souhaitons également exprimer notre profonde gratitude aux membres de la société SNAAT, notamment Mr. Ali et Mr. Wad, pour leur précieuse aide et leur coopération.

Enfin, nous adressons nos remerciements les plus chaleureux à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin, à la réussite de ce travail. Que ce soit par leur soutien moral, leurs conseils ou leur assistance technique, nous leur disons un grand merci.

Merci à tous.

Table des matières

Dédicace.....	I
Remerciements	II
Liste des figures	V
Liste des tableaux	VII
Liste des abréviations.....	VIII
Introduction générale.....	1
1. Présentation de l'entreprise.....	2
1.1. Introduction	2
1.2. Domaines d'activité	2
1.3. Engins	3
1.4. Organigramme.....	5
1.5. Service de maintenance	6
2. Les pelles hydrauliques	7
2.1. Pelle Standard	7
2.2. Pelle Hitachi ZX330-3	8
2.2.1. Les composants.....	9
3. Principe de fonctionnement du système hydraulique de la pelle ZX330-3	12
3.1. Généralité sur l'hydraulique	12
3.1.1. Le rôle du fluide.....	12
3.1.2. Composants du système hydraulique	12
3.2. Le system hydraulique de la pelle ZX330-3	14
3.2.1. Le fluide utilisé	14
3.2.2. Le circuit pilote de la pelle.....	14
3.2.3. Les circuits des actionneurs.....	18

3.3.	Conclusion	26
4.	Améliorations de la maintenance de la pelle ZX330-3	27
4.1.	Généralité sur la maintenance	27
4.1.1.	Les avantages de la maintenance	27
4.1.2.	Les cinq niveaux de la maintenance	27
4.1.3.	Les types de la maintenance	28
4.2.	L'AMDEC	28
4.2.1.	Structure de l'AMDEC	28
4.2.2.	La criticité	29
4.2.3.	Application de l'AMDEC sur la partie hydraulique de ZX330-3.....	30
4.3.	Digramme de Pareto.....	32
4.3.1.	Définition.....	32
4.3.2.	Les étapes pour établir le diagramme de Pareto	32
4.3.3.	Application de Pareto sur la partie hydraulique de la pelle ZX330-3.....	33
4.4.	Recommandations	34
	Conclusion générale	36
	Référence bibliographique	37

Liste des figures

Figure 1 : Le siège principal de la SNAAT	2
Figure 2 : L'organigramme de la SNAAT	5
Figure 3: La pelle ZX330-3.....	7
Figure 4: Les composants de la pelle ZX330-3	8
Figure 5: Moteur ISUZU	9
Figure 6: Le distributeur	9
Figure 7: La cabine de ZX330-3.....	9
Figure 8: La flèche.....	10
Figure 9: Le godet	10
Figure 10: Le bras	10
Figure 11: Les chenilles.....	10
Figure 12: Le moteur de barbotin	11
Figure 13: Le système de refroidissement.....	11
Figure 14: Symbole du réservoir.....	12
Figure 15: Symbole de pompe	13
Figure 16: Symbole du distributeur	13
Figure 17: Symbole du vérin à double effet	13
Figure 18: Symbole du moteur hydraulique.....	13
Figure 19: Symbole du filtre.....	13
Figure 20 : Pompe pilote.....	14
Figure 21: Principe de fonctionnement de pompe pilote	15
Figure 22 : Les leviers de commande	15
Figure 23 : Les électrovannes	15
Figure 24 : Les tiroirs du distributeur	16
Figure 25 : Le flexible hydraulique	16
Figure 26 : Le filtre hydraulique	16
Figure 27 : Le réservoir	16
Figure 28 : Circuit pilote	17

VI

Figure 29 : Les pompes principales	18
Figure 30: Distributeur démonté	19
Figure 31: Le moteur hydraulique	20
Figure 32: Les soupapes de sécurité	20
Figure 33: Le schéma du distributeur	21
Figure 34: Les circuits des actionneurs	23
Figure 35 : Le diagramme de Pareto de la pelle ZX330-3 (Partie hydraulique)	33

Liste des tableaux

Tableau 1 : Les engins de la SNAAT	3
Tableau 2: Les dimensions des vérins	25
Tableau 3: Le dimensionnement des vérins	26
Tableau 4: Les cinq niveaux de la maintenance	27
Tableau 5: Les critères de la criticité.....	29
Tableau 6: Les niveaux de la criticité	30
Tableau 7: L'AMDEC de ZX330-3 (Partie hydraulique).....	30
Tableau 8: Application de la méthode Pareto sur les criticités de ZX330-3.....	33

Liste des abréviations

ISSET : Institut Supérieur d'Enseignement Technologique

SNAAT : Société Nationale des Aménagements Agricoles et des Travaux

ZX : ZAXIS

DFC : Département de Finance et Commercial

DET : Département des Etudes et des Travaux

DLOG : Département des Logistiques

DMaint : Département de Maintenance

DA : Département Administratif

CPMP : Commission de la Passation des Marchés Publics

DGA : Directeur Général Adjoint

RH : Ressources Humaines

RAP : Rapport d'Analyse de Panne

AMDEC : Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité

Introduction générale

Depuis son ouverture en 2009, L'ISSET de Rosso forme des techniciens en Génie Electromécanique en leur délivrant un diplôme de Licence professionnelle. Cette formation dure 3 ans ; une année préparatoire et 2 ans de spécialité. Vers la fin de cette formation chaque étudiant est appelé à faire un stage pratique dans une société industrielle pour améliorer son niveau et pratiquer les connaissances acquises en class sur le plan professionnel, ce qui lui permet de s'adapter avec le milieu de travail.

Ce rapport est élaboré en fin de notre stage à la SNAAT comme un mémoire de fin d'étude qui décrit une analyse sur les problèmes des pelles et propose des améliorations pour la maintenance.

Ce mémoire est réparti en 4 chapitres dont le premier chapitre présente la SNAAT, son historique, ses activités et son organigramme.

Le deuxième chapitre explore le monde des pelles hydrauliques, en mettant l'accent sur la pelle standard ZX330-3. Nous examinerons ses caractéristiques techniques, son fonctionnement et ses applications typiques.

Le troisième chapitre se concentre sur le principe de fonctionnement du système hydraulique de la pelle ZX330-3. Nous passerons en revue ses composants essentiels, ses circuits hydrauliques et effectuerons un dimensionnement précis des éléments clés.

En fin, dans le quatrième chapitre, nous procéderons à des analyses approfondies des pratiques actuelles de maintenance de la ZX330-3. Sur cette base, nous formulerons des recommandations concrètes pour optimiser les processus de maintenance, réduisant ainsi les coûts opérationnels et améliorant la fiabilité globale de l'équipement.

1. Présentation de l'entreprise

1.1. Introduction

La Société Nationale des Aménagements Agricoles et des Travaux (SNAAT), dont le siège principal est à Rosso, a été créée par le décret N° 037/PM/09 en date du 27 Janvier 2009, elle a pour mission de contribuer à la mise en œuvre de la politique nationale dans le domaine de l'agriculture et de la sécurité alimentaire à travers la réalisation des travaux et la fourniture de services en matière d'aménagements hydro-agricoles.



Figure 1 : Le siège principal de la SNAAT

1.2. Domaines d'activité

La SNAAT intervient sur tout le territoire national, en mettant un accent particulier sur les zones agro-pastorales. Ses activités incluent :

- **Aménagements et réhabilitation hydro-agricoles** : amélioration des infrastructures agricoles et hydrauliques pour une meilleure gestion de l'eau.
- **Entretien et curage des axes hydrauliques** : maintien et amélioration du débit des cours d'eau et canaux pour une gestion efficace des ressources en eau.
- **Travaux de désenclavement des zones de production agricoles** : développement et réhabilitation des infrastructures routières pour améliorer l'accès aux zones agricoles.
- **Programmes annuels des digues, diguettes et pare-feu** : mise en place et entretien de ces infrastructures pour protéger les terres agricoles contre les inondations et les feux

1.3. Engins






Sur le plan d'équipement en matériel roulant, la SNAAT dispose du matériel suivant :

- Pelles Standard (Bras court)
- Pelles Bras long
- Pelles sur Pneus
- Pelles Amphibies
- Pelles Humides
- Chargeuses
- Niveleuses
- Bulldozers
- Compacteurs
- Citernes
- Portes-engins

Ce matériel est réparti au niveau des chantiers conformément à un plan d'action de mise en œuvre des différentes actions de la société, chaque engin a un rôle spécifique dans un chantier donné, le tableau ci-après présente le nom et le rôle de chaque engin :

Tableau 1 : Les engins de la SNAAT

Type d'engin	Rôle	Photo d'engin
<p><u>Pelle Amphibie</u> : Permet de travailler en toute sécurité sur l'eau, dans les zones humides et marécageuses. Elle peut avoir des pontons et des pieux pour les travaux en eaux profondes (plus de 6 mètres). Marque: VOLVO Type : EC210BLC</p>	<p>- Faucardage : Opération de fauchage des végétaux qui bordent les cours d'eau, afin de garantir le bon écoulement des eaux.</p>	
<p><u>Pelle Humide</u> : Conçue pour les travaux dans les zones humides. Elle peut plonger au fond d'eau de profondeur environ 2 m. Marque : CZDM Type : AE210-1</p>	<p>- Faucardage - Curage : opération consiste à extraire et exporter les sédiments qui se sont accumulés par décantation sous l'eau.</p>	

<p><u>Pelle standard (Bras Court) :</u></p> <p>Pelle sur chenille à plusieurs utilisations</p> <p>Marque : HITACHI ZX330-3</p> <p>Moteur : ISUZU</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Curage - Création des canaux - Chargement des camions - Levage des charges 	
<p><u>Pelle Bras Long :</u> Conçue pour des travaux en profondeur ou en hauteur</p> <p>Marque : HITACHI</p> <p>Type : ZX 330-3</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Curage - Faucardage - Levage des charges 	
<p><u>Chargeuse :</u></p> <p>Marque : JOHN DEERE</p> <p>Types : 644J / 644K</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Décapage - Chargement des camions 	
<p><u>Niveleuse :</u></p> <p>Marque : JOHN DEERE</p> <p>Type : 770D / 770G</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Planage - Nivellement - Création des pistes - Diguettes - Etalage 	
<p><u>Compacteur :</u></p> <p>Marque : VOLVO</p> <p>Type ; ZD100F</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Compactage de sol 	

Bulle :

Marque : JOHN DEERE

Type : 850J

- Décapage
- Planage de surface



1.4. Organigramme

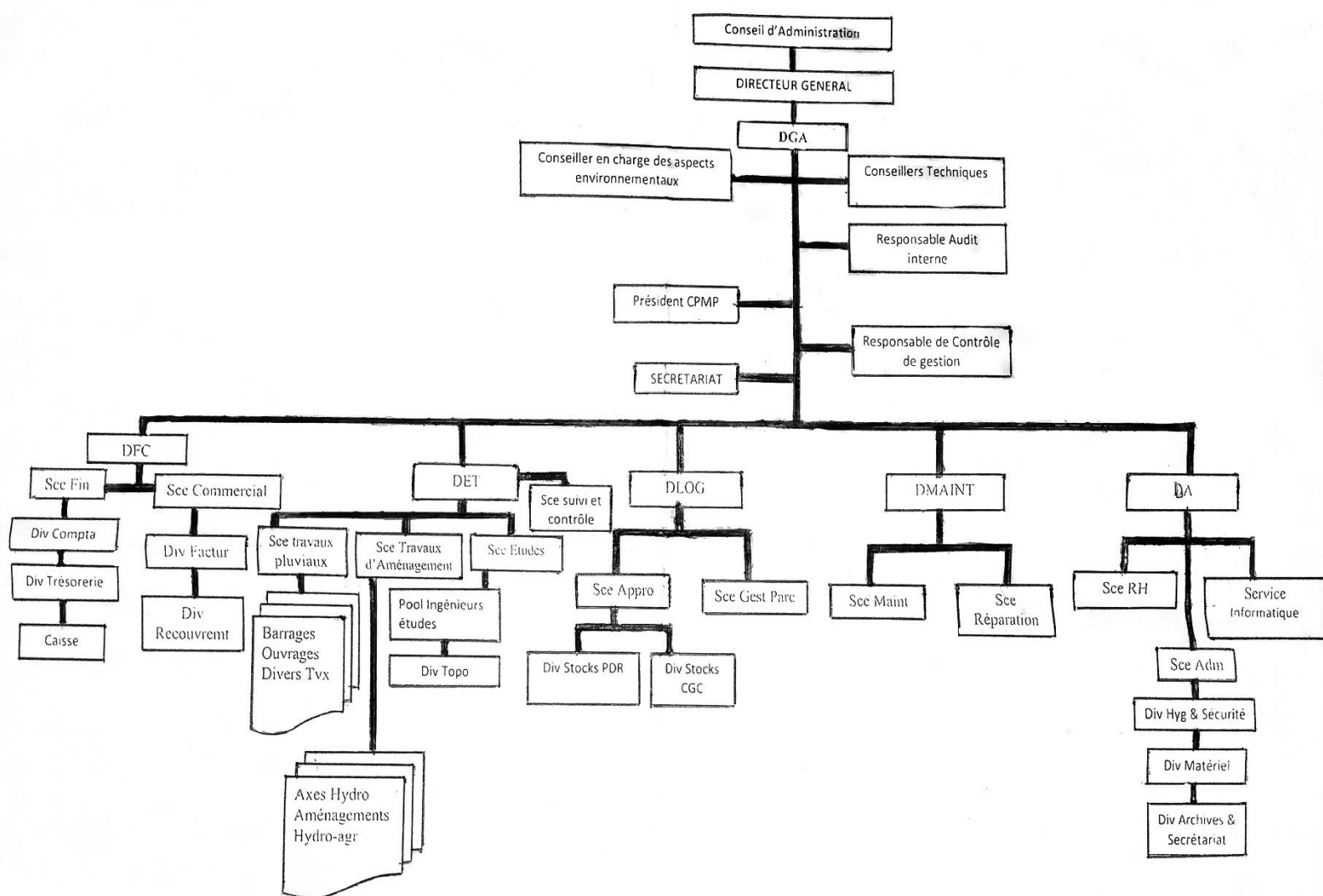


Figure 2 : L'organigramme de la SNAAT

1.5. Service de maintenance

Le service de maintenance a pour but d'assurer le bon fonctionnement des équipements (engins, camions, véhicules) en appliquant ces fonctions de base :

- Fonction Maintenance corrective : c'est-à-dire le dépannage et la réparation des équipements défectueux
- Fonction Maintenance préventive : c'est-à-dire la prévention du risque de défaillance
- Fonction Amélioration des équipements.

Objectifs de service maintenance

- Diminuer le nombre de pannes
- Diminuer les coûts de maintenance
- Améliorer la disponibilité
- Améliorer la qualité de service

À la suite des explications détaillées obtenues à l'atelier mécanique de la SNAAT, nous avons décidé de nous concentrer sur la maintenance des pelles hydrauliques. Ce choix s'explique par la complexité particulière de ces engins comparée à celle d'autres équipements utilisés dans la SNAAT.

La maintenance des pelles hydrauliques requiert une expertise approfondie en raison de la diversité et de la sophistication des systèmes hydrauliques qu'elles intègrent. Ces machines sont cruciales pour une variété de tâches sur les chantiers, de l'excavation au levage de charges lourdes, rendant leur fiabilité et performance essentielles pour le bon déroulement des projets.

2. Les pelles hydrauliques

La pelle hydraulique est un engin automoteur à roues ou à chenilles ayant une structure supérieure appelé la tourelle capable de tourner, pour certains, à 360°, ayant un équipement permettant de creuser avec un godet.

Les pelles sont produites par plusieurs fabricants à travers le monde. Parmi les plus célèbres, on trouve des entreprises comme Caterpillar, Komatsu, Volvo et Hitachi.

Le fournisseur principal de pelles pour la SNAAT c'est Hitachi Construction Machinery, une entreprise japonaise connue pour ses produits de haute qualité et facile à entretenir.

Les pelles peuvent être classées en deux catégories : les pelles standard et celles dotées de configurations particulières.

2.1. Pelle Standard

Les pelles hydrauliques sont hautement modifiables (c'est-à-dire, personnalisables) et de nouvelles fonctionnalités peuvent leur être ajoutées et leurs systèmes peuvent être modifiés ou remplacés de manière efficace.

Généralement, la pelle hydraulique à bras court sur chenilles est considérée comme le modèle de base ou le standard à partir duquel d'autres variantes sont développées pour répondre à des besoins spécifiques. Par exemple: la pelle bras long est une variante qui offre une portée étendue et la pelle à roues est une variante conçu pour une meilleure mobilité sur des terrains variés et pour une utilisation routière.

Dans notre stage, nous avons décidé d'étudier et d'entretenir la pelle Hitachi ZX330-3, une pelle standard sur chenille connue pour sa combinaison de puissance, d'efficacité et de fiabilité



Figure 3: La pelle ZX330-3

2.2. Pelle Hitachi ZX330-3

La pelle Hitachi ZAXIS 330-3 est une machine excavatrice de taille moyenne qui fait partie de la série ZAXIS de Hitachi, réputée pour sa robustesse et ses performances sur les chantiers.

Elle est équipée d'un moteur diesel de haute performance qui offre une puissance suffisante pour les travaux de terrassement et d'excavation.

Elle a une capacité de levage considérable, ce qui lui permet de manipuler des charges lourdes avec précision. Elle est polyvalente et peut être équipée d'une variété d'accessoires et de godets pour s'adapter à différents types de travaux, tels que le creusement de tranchées, le chargement de matériaux et même la démolition légère.

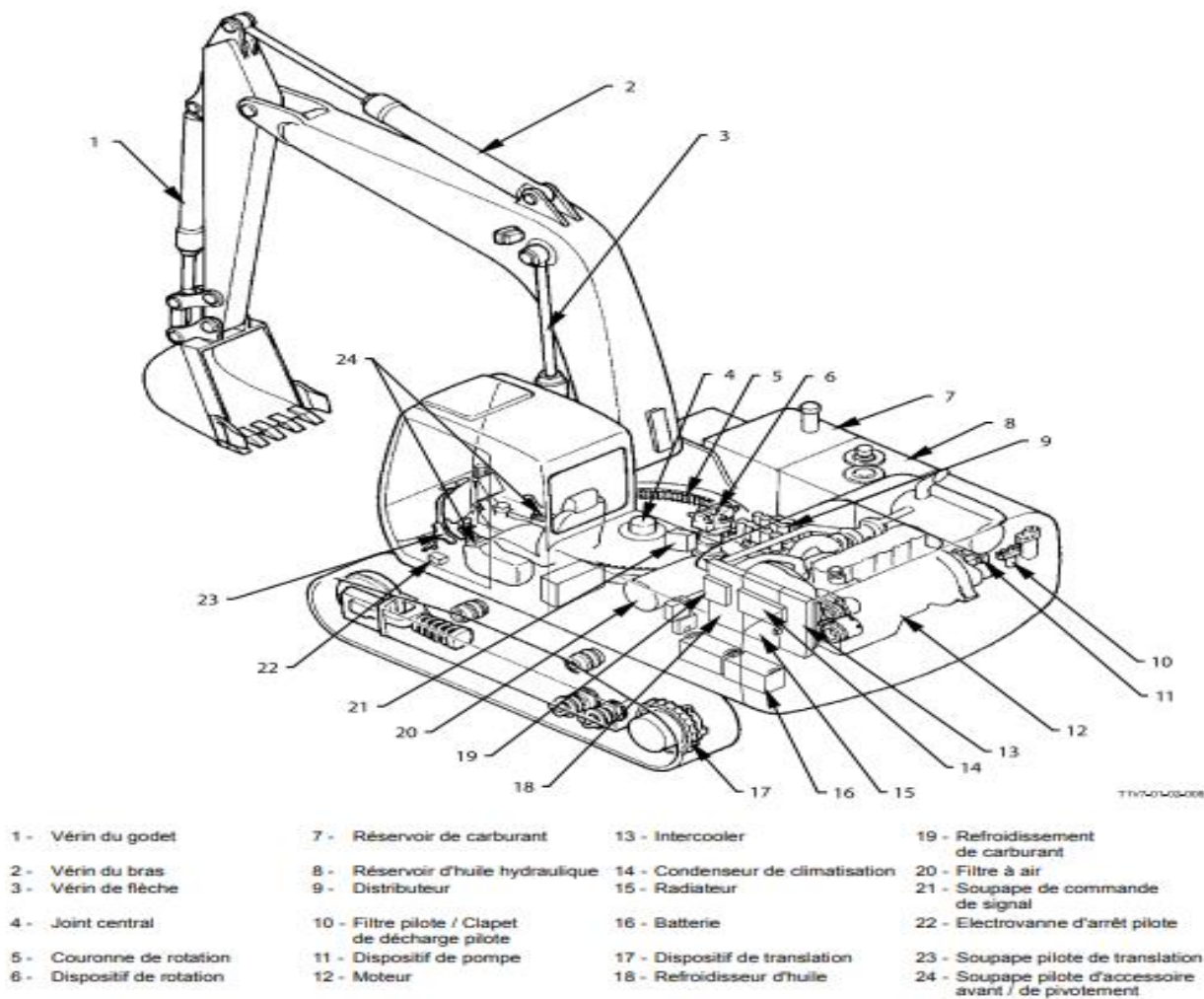


Figure 4: Les composants de la pelle ZX330-3

2.2.1. Les composants

- **Moteur diesel:** Un moteur diesel robuste à 6 cylindres, de la série Isuzu, modèle 6HK1XYSA-01, qui fournit la puissance nécessaire pour les opérations d'excavation et de levage.

Puissance nominale : 165 kW à 1750 tr/min

Cylindrée: 7730 cm³



Figure 5: Moteur ISUZU

- **Système hydraulique:** Un système hydraulique avancé qui permet un contrôle précis des mouvements de la pelle et des accessoires, comprenant : le distributeur, les vérins hydrauliques pour le bras, le godet et la flèche et les moteurs hydrauliques. La figure 6 présente le distributeur qui a pour but de diriger le fluide hydraulique vers les différents composants du système.



Figure 6: Le distributeur

- **Cabine de l'opérateur:** Spacieuse et ergonomique, équipée de sièges confortables, de leviers de commande (mannelles et pédales) qui permettent de commander toute la pelle.



Figure 7: La cabine de ZX330-3

La cabine est montée sur une plateforme tournante qui repose sur un moteur d'orientation hydraulique. Ce moteur permet à l'opérateur de faire pivoter la cabine dans n'importe quelle direction (360°), offrant une grande flexibilité et un meilleur contrôle du chantier.

- **Flèche, Bras et Godets:**

Flèche: La partie de la pelle qui relie le châssis principal au bras. Elle permet de lever et d'abaisser le bras et le godet, jouant un rôle crucial dans l'excavation et le levage.

Bras: La partie articulée fixée à la flèche, portant le godet et permettant des mouvements plus précis et des actions d'excavation.

Godets: Des accessoires de creusement qui peuvent être interchangeables pour diverses tâches, comme le terrassement, le curage, etc.



Figure 8: La flèche



Figure 10: Le bras

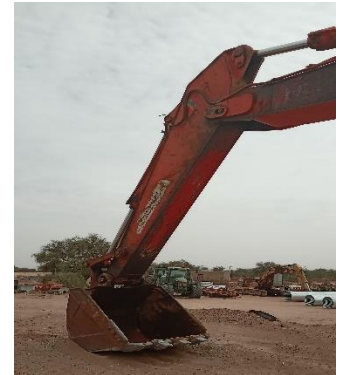


Figure 9: Le godet

Chacun de ces composants porte un vérin hydraulique qui permet ses mouvements.

La flèche possède deux vérins hydraulique. La raison de cette conception est que deux vérins répartissent mieux la charge, ce qui réduit la pression sur chaque vérin et prolonge la durée de vie de la flèche.

- **Train de Roulement:** Composé de chenilles robustes et d'une sous-structure solide permettant à la pelle de se déplacer efficacement sur divers types de terrains.



Figure 11: Les chenilles

Deux moteurs hydrauliques, un à droite et l'autre à gauche, appelés les moteurs de barbotins entraînent les chenilles en permettant le déplacement de la machine.



Figure 12: Le moteur de barbotin

- **Contrepoids:** Situé à l'arrière de la pelle, il offre une stabilité supplémentaire lors des opérations de levage et d'excavation.
- **Électronique et commandes:** Des systèmes électroniques modernes pour le contrôle et la surveillance des performances de la pelle, intégrés à la cabine.
- **Système de refroidissement:** Assure le maintien de la température optimale du moteur et des composants hydrauliques pour une longue durée de vie et des performances constantes.



Figure 13: Le système de refroidissement

Dans le cadre de notre stage, nous avons décidé de nous concentrer sur la maintenance du système hydraulique de la pelle ZX330-3. Ce choix s'explique par l'importance et la complexité particulière de ce système.

3. Principe de fonctionnement du système hydraulique de la pelle ZX330-3

3.1. Généralité sur l'hydraulique

L'hydraulique est une branche de la mécanique des fluides qui concerne l'étude des propriétés mécaniques des liquides et leur utilisation dans diverses applications techniques.

L'hydraulique repose sur la transmission de puissance à travers un fluide incompressible (souvent de l'huile ou de l'eau) pour effectuer un travail. La loi fondamentale de l'hydraulique est la loi de Pascal, qui stipule que la pression appliquée sur un fluide dans un système fermé est transmise de manière égale dans toutes les directions.

3.1.1. Le rôle du fluide

Le fluide hydraulique joue plusieurs rôles cruciaux dans un système hydraulique :

1. **Transmission de puissance:** Le fluide transmet la force appliquée à une partie du système à une autre, permettant ainsi le mouvement et le travail mécanique.
2. **Lubrification:** Il réduit la friction entre les composants mobiles, ce qui minimise l'usure et prolonge la durée de vie des équipements.
3. **Refroidissement:** Le fluide absorbe et dissipe la chaleur générée par la friction et les pressions élevées dans le système.
4. **Protection contre la corrosion:** Les fluides hydrauliques contiennent souvent des additifs qui protègent les composants métalliques contre la corrosion.

3.1.2. Composants du système hydraulique

Un système hydraulique typique comprend les éléments suivants :

- **Réservoir:** Stocke le fluide hydraulique.

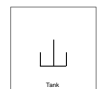


Figure 14: Symbole du réservoir

- **Pompe hydraulique:** Convertit l'énergie mécanique en énergie hydraulique en déplaçant le fluide dans le système sous pression.

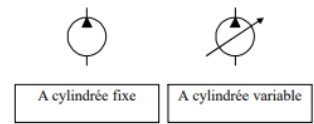


Figure 15: Symbole de pompe

- **Distributeur:** Le distributeur contrôle la direction du fluide hydraulique en ouvrant, fermant ou modifiant les chemins à travers lesquels le fluide peut circuler.

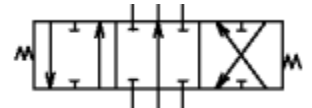


Figure 16: Symbole du distributeur

Parmi les distributeurs les plus courants; les distributeurs à tiroirs qui utilisent un tiroir coulissant pour ouvrir et fermer les passages de fluide.

- **Soupapes (ou valves):** Régulent, dirigent et contrôlent le débit et la pression du fluide dans le système.

Parmi les plus courantes: les régulateurs et les réducteurs de débits et les clapets.

- **Actionneurs:** Convertissent l'énergie hydraulique en énergie mécanique. Les principaux types sont :

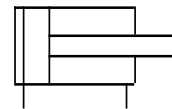


Figure 17: Symbole du vérin à double effet

- **Vérins hydrauliques:** produisent un mouvement linéaire.
- **Moteurs hydrauliques:** produisent un mouvement rotatif.

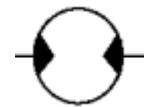


Figure 18: Symbole du moteur hydraulique

- **Tuyauteries et flexibles:** Transportent le fluide entre les différents composants du système.
- **Filtration:** Les filtres éliminent les contaminants du fluide pour prévenir l'usure des composants et maintenir l'efficacité du système.

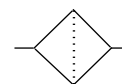


Figure 19: Symbole du filtre

3.2. Le system hydraulique de la pelle ZX330-3

Le système hydraulique de la pelle ZX330-3 joue un rôle crucial dans le fonctionnement de la machine. Il permet de contrôler divers composants, notamment le godet, le bras, la flèche, les barbotins, et le système de rotation de la cabine.

Le système hydraulique de la pelle ZX330-3 est divisé en deux sous-systèmes :

- **Le circuit pilote:** a pour but de contrôler les commandes de la pelle en transmettant les signaux de commande de l'opérateur au distributeur via un système à basse pression.
- **Les circuits des actionneurs:** sont le système à haute pression qui effectue le travail réel en utilisant l'énergie hydraulique pour déplacer les composants de la machine.

3.2.1. Le fluide utilisé

La pelle ZX330-3 utilise le fluide hydraulique ZS 68 pour assurer son efficacité et sa durabilité dans des conditions de travail exigeantes. Les principales raisons de ce choix sont:

- **Viscosité :** Avec une viscosité de 68 centistokes (cSt) à 40°C, le ZS 68 fournit une lubrification supérieure et une protection accrue sous des charges lourdes et des températures élevées.
- **Protection Anti-usure :** Enrichi en additifs anti-usure, le ZS 68 protège efficacement les composants hydrauliques, prolongeant ainsi leur durée de vie.

3.2.2. Le circuit pilote de la pelle

Le circuit pilote est un sous-système essentiel pour contrôler les vannes principales de la pelle. Il utilise une pression plus faible pour manipuler les vannes directionnelles, lesquelles dirigent le fluide à haute pression vers les actionneurs principaux comme les vérins et les moteurs hydrauliques.

3.2.2.1. Les composants et le fonctionnement du circuit

1. La pompe pilote (réf. HY/ZFS):

C'est une pompe à engrenages utilisée pour générer la pression hydraulique nécessaire pour le circuit pilote.



Figure 20 : Pompe pilote

La pompe pilote aspire le fluide hydraulique du réservoir et le comprime à l'aide des engrenages pour atteindre la pression nécessaire (de 34 à 48 bars).

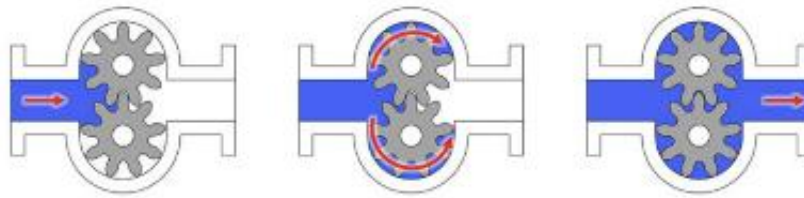


Figure 21: Principe de fonctionnement de pompe pilote

Cette pompe est entraînée par le moteur thermique via un arbre de transmission.

2. Les leviers de commande (manettes et pédales) :

Les leviers de commande sont des dispositifs manuels utilisés par l'opérateur pour contrôler les mouvements de la machine.

Lorsque l'opérateur tire le levier de commande, cela envoie un signal électrique à une électrovanne.



Figure 22 : Les leviers de commande

3. Les électrovannes :

Des vannes contrôlées électriquement qui reçoivent des signaux des leviers de commande (via un contrôleur électronique). Elles modulent la pression et le débit hydraulique envoyés aux vannes de commande en réponse aux signaux électriques.



Figure 23 : Les électrovannes

4. La vannes pilote :

Les vannes pilotes reçoivent la pression modulée par les électrovannes.

Elles convertissent cette pression en un signal hydraulique proportionnel qui est envoyé aux vannes principales.

À l'intérieur des vannes pilotes, il y a des tiroirs qui se déplacent en réponse à la pression pilote, ouvrant ou fermant le passage d'huile.



Figure 24 : Les tiroirs du distributeur

5. Les vannes principales :

Les vannes principales reçoivent les signaux hydrauliques des vannes pilotes.

À l'intérieur, ces vannes ont des tiroirs plus grands qui régulent le débit et la direction de l'huile haute pression vers les actionneurs (cylindres et moteurs hydrauliques).

Les mouvements des tiroirs principaux sont proportionnels aux signaux reçus des vannes pilotes, permettant un contrôle précis des mouvements de la pelle.

6. Les flexibles hydrauliques :

Sont des tuyaux qui transportent l'huile entre les composants du système, assurant le bon fonctionnement du circuit.



Figure 25 : Le flexible hydraulique

7. Les filtres hydrauliques :

Les filtres hydrauliques éliminent les particules et les impuretés du fluide, protégeant ainsi les composants du circuit contre l'usure et les dommages.



Figure 26 : Le filtre hydraulique

8. Le réservoir :

Son rôle est de stocker le fluide hydraulique pour maintenir une alimentation continue en fluide.

Sa capacité est généralement de 400 à 600 litres.

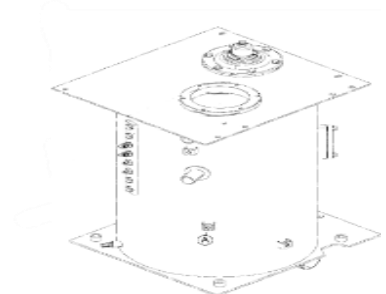


Figure 27 : Le réservoir

Voici le schéma hydraulique du circuit pilote :

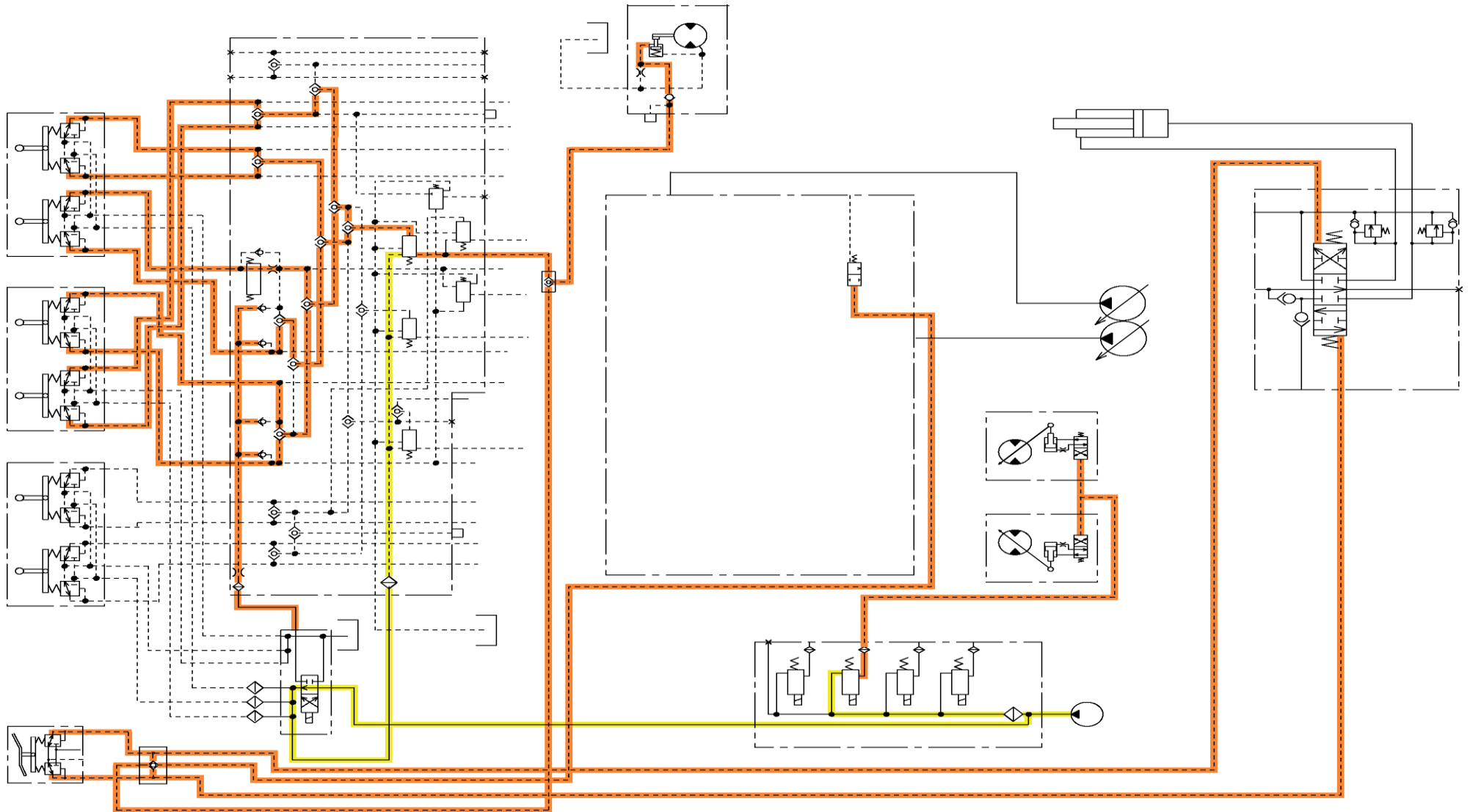


Figure 28 : Circuit pilote

3.2.2.2. Exemple de scénarios de commande

On va prendre la levée du bras comme exemple :

1. L'opérateur pousse la manette du bras vers l'avant.
2. Le signal électronique est transmis à la vanne pilote correspondante.
3. La vanne pilote ouvre un chemin pour que le fluide hydraulique de la pompe de pilote active la vanne principale.
4. La vanne principale dirige alors le fluide hydraulique sous haute pression vers le vérin de levée du bras.

3.2.2.3. Les avantages du circuit pilote

- Précision : permet un contrôle précis des mouvements de la pelle, essentiel pour des opérations complexes.
- Réduction des efforts : les commandes de l'opérateur nécessitent moins de force pour actionner les mouvements de la pelle, améliorant ainsi le confort et l'efficacité.
- Fiabilité : Conçu pour fonctionner de manière fiable sous des conditions de travail variées et intenses.

3.2.3. Les circuits des actionneurs

Les circuits hydrauliques des actionneurs sont conçus pour contrôler les différents mouvements de la machine, tels que la rotation de la cabine, le déplacement des chenilles, et le fonctionnement du bras, de la flèche et du godet.

3.2.3.1. Les composants

Les principaux composants des circuits hydrauliques sont:

1. Pompes hydrauliques principales (réf. HPV145FW) :

La pelle ZX330-3 est équipée de deux pompes hydrauliques à pistons axiaux. Ces pompes fournissent le fluide hydraulique sous haute pression nécessaire pour actionner les différents composants de la pelle.



Figure 29 : Les pompes principales

Ces pompes sont entraînées par le moteur thermique via un arbre de transmission.

Leur pression maximale est d'environ 350 bars.

2. Le distributeur hydraulique (réf. KVMG-270-HF):

Le distributeur hydraulique dirige le fluide hydraulique vers les différents actionneurs en fonction des commandes de l'opérateur. Ils permettent de contrôler le débit et la pression du fluide envoyé aux vérins et aux moteurs hydrauliques.

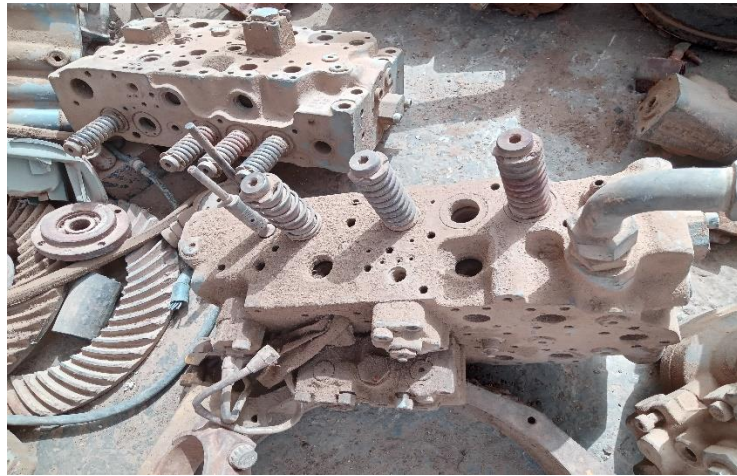


Figure 30: Distributeur démonté

Le distributeur de la pelle ZX330-3 est réparti à l'intérieur en deux parties, chaque partie est responsables de certaines fonctionnalités de la pelle. Le distributeur comporte des vannes (les vannes principales) qui sont utilisé pour diriger le fluide vers un actionneur. Ces vannes comportes des tiroirs qui s'ouvrent ou se ferment pour permet de commander le passage du fluide.

Le fonctionnement du distributeur comme déjà dit est commandé par le circuit pilote.

3. Les vérins hydrauliques:

Les vérins hydrauliques sont utilisés pour les mouvements linéaires, tels que le levage de la flèche, le déplacement du bras et le basculement du godet. Ils convertissent l'énergie hydraulique en énergie mécanique pour effectuer ces mouvements.

4. Les moteurs hydrauliques:

Les moteurs hydrauliques sont utilisés pour les mouvements rotatifs, comme la rotation de la cabine et le déplacement des chenilles. Ils convertissent l'énergie hydraulique en énergie mécanique pour produire ces mouvements rotatifs.

Les moteurs sont: Le moteur d'orientation et les barbotins

La pelle ZX330-3 comporte deux barbotins, un à droite et l'autre à gauche, qui travaillent séparément, c'est-à-dire qu'ils sont commandés par deux parties différentes du distributeur.



Figure 31: Le moteur hydraulique

5. Les soupapes de sécurité:

Les soupapes de sécurité protègent le système hydraulique contre les surpressions en libérant le fluide en excès lorsque la pression dépasse un certain seuil.

6. Autres composants

Les composants qui sont déjà expliqués comme les filtres, le réservoir et les flexibles.

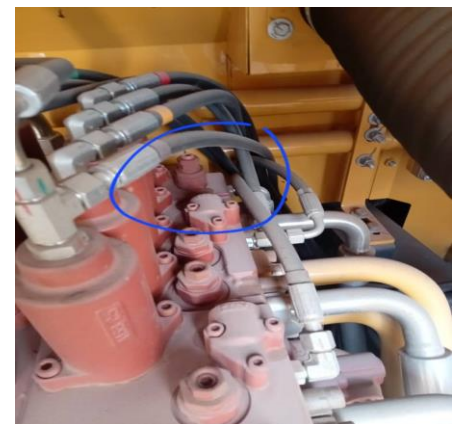


Figure 32: Les soupapes de sécurité

3.2.3.2. Principe de fonctionnement

Le principe de fonctionnement des circuits hydrauliques des actionneurs repose sur la transmission de l'énergie hydraulique à travers un fluide pour effectuer des mouvements spécifiques de la machine. Voici un aperçu détaillé du principe de fonctionnement:

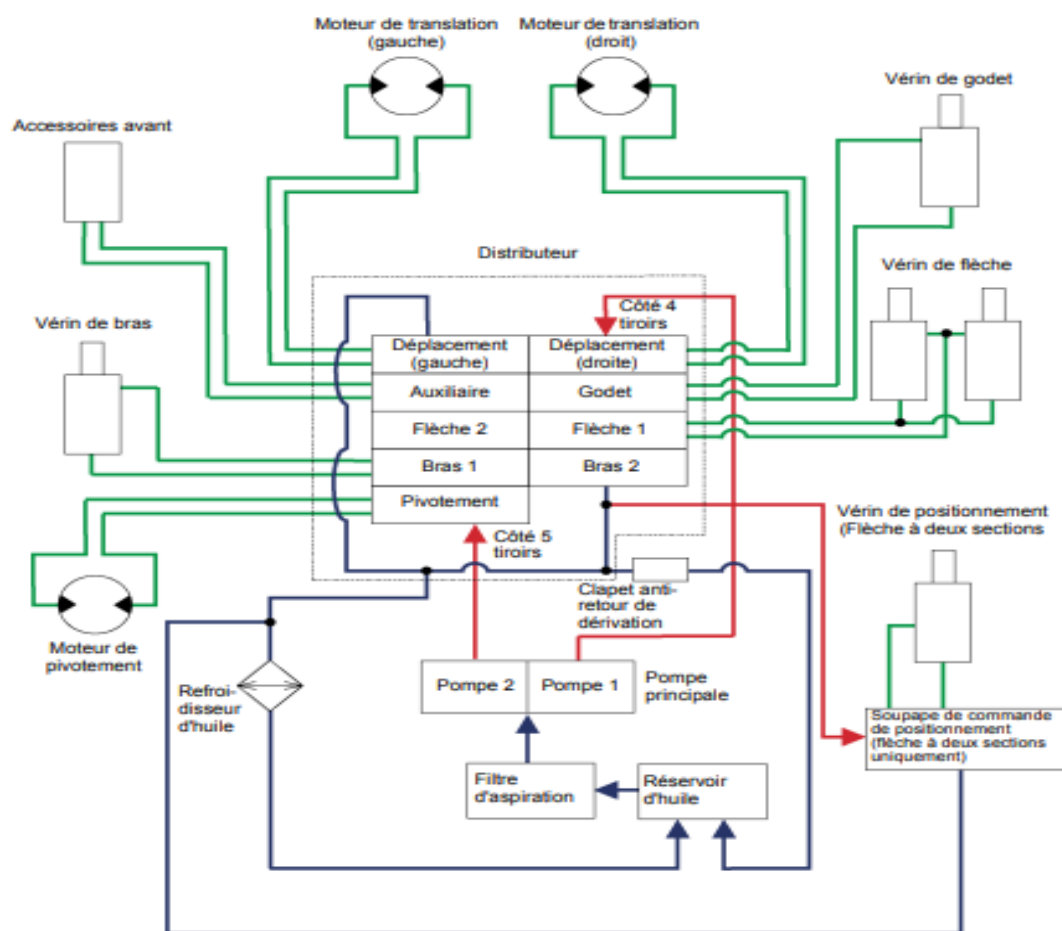
1. Génération de la pression hydraulique

Le moteur de la pelle entraîne les pompes hydrauliques (Pompe 1 et Pompe 2). Ces pompes aspirent le fluide hydraulique du réservoir et le pressurisent, générant ainsi l'énergie hydraulique nécessaire pour le fonctionnement des actionneurs.

2. Distribution du fluide hydraulique

Le fluide hydraulique sous pression est dirigé vers le distributeur hydraulique. Le distributeur est composé des plusieurs vannes principales contrôlées par l'opérateur via des leviers dans la cabine. Lorsque l'opérateur actionne un levier, il envoie un signal au vanne correspondant.

Le distributeur est réparti à l'intérieur en deux parties, une partie à quatre tiroirs alimentée par la pompe 1 et une partie à 5 tiroirs alimentée par la pompe 2.



T11V1-02-03-103

Figure 33: Le schéma du distributeur

Interprétation du schéma:

La partie à 4 tiroirs est responsable de mouvements du barbotin à droite, du godet, du vérin droit de la flèche, et du bras. La partie à 5 tiroirs est responsable de mouvements du barbotin à gauche, du bras, du moteur d'orientation, du vérin gauche de la flèche, et d'une fonction auxiliaire.

Le fonctionnement du bras tandis qu'il a un seul vérin nécessite deux tiroirs (et par conséquent deux pompes). Cette répartition de la charge hydraulique sur deux circuits permet de mieux gérer la puissance hydraulique et de réduire la surcharge sur une seule ligne. Cela améliore l'efficacité et la durabilité du système hydraulique.

Le vérin de positionnement permet de positionner la pelle sur le sol pendant le travail. Dans la pelle ZX330-3 ce système n'est pas utilisé. Des autres variantes de la pelle comme ZX180W (une pelle à roues) utilise ce système.

La ligne auxiliaire permet de connecter et d'utiliser divers accessoires hydrauliques tels que des marteaux-piqueurs, des grappins, des tarières, etc. Ces outils étendent les capacités de la pelle pour accomplir une plus grande variété de tâches.

3. Actionnement des vérins et moteurs hydrauliques

Le distributeur hydraulique contrôle le débit et la direction du fluide vers les vérins ou moteurs hydrauliques, en fonction des commandes de l'opérateur.

- **Vérins hydrauliques (flèche, bras, godet):** Le fluide hydraulique entre dans l'une des deux chambres du cylindre, poussant le piston et créant un mouvement linéaire. Par exemple, pour lever la flèche, le distributeur dirige le fluide vers la chambre inférieure du vérin de la flèche, ce qui pousse le piston vers le haut et soulève la flèche.
- **Moteurs hydrauliques (rotation de la cabine, déplacement des chenilles):** Le fluide hydraulique est dirigé vers les moteurs hydrauliques qui convertissent l'énergie hydraulique en énergie mécanique rotative.

Les actionneurs ont presque les mêmes circuits, la différence est le type d'actionneur lui-même (un vérin ou un moteur hydraulique).

Ce schéma présente tous les circuits des actionneurs:

- Le circuit du godet
- Le circuit du bras
- Le circuit de la flèche
- Le circuit de translation de la pelle
- Le circuit d'orientation de la pelle
- Le circuit des accessoires

4. Retour et filtration du fluide

Après avoir effectué son travail dans les actionneurs, le fluide hydraulique retourne au réservoir via des flexibles de retour. Avant de revenir au réservoir, le fluide passe par des filtres pour éliminer les contaminants et garantir la propreté du système. Le réservoir permet également de refroidir le fluide avant qu'il ne soit à nouveau pompé dans le système.

5. Contrôle de la pression et de la sécurité

Le système hydraulique est équipé de soupapes de sécurité pour prévenir les surpressions. Ces soupapes s'ouvrent automatiquement pour relâcher le fluide excédentaire lorsque la pression dépasse les limites de sécurité, protégeant ainsi les composants du système contre les dommages.

3.2.3.3. Le dimensionnement des composants clés

Le dimensionnement des différents composants d'un système hydraulique, comme celui d'une pelle ZX330-3, est crucial pour assurer une performance optimale, une efficacité énergétique, et une longévité du système. Voici un aperçu des considérations de dimensionnement pour les principaux composants:

- **Pompes principales:**

Peuvent avoir des débits de 400 L/min et leur pression de service est de 343 bars.

- **Les vérins hydrauliques:**

Tableau 2: Les dimensions des vérins

Vérin	Diamètre du piston	Diamètre de la tige	Course du vérin
Vérin du godet	150 mm	100 mm	1.5 m
Vérin du bras	170 mm	110 mm	1.7 m
Vérins de la flèche	180 mm	120 mm	2 m

La pression hydraulique d'un vérin est de 34,3 MPa et son débit est de 400 l/min.

Pour calculer la force exercée par un vérin hydraulique on utilise la formule:

$$F = P \times A$$

Où:

F est la force (en Newtons, N)

P est la pression hydraulique (en Pascals, Pa)

A est l'aire de la section transversale du piston (en mètres carrés, m²)

Pour calculer la puissance hydraulique on utilise la formule:

$$Ph = Q \times P$$

Où:

Ph est la puissance hydraulique (en Watts, W)

Q est le débit (en mètres cubes par seconde, m³/s)

P est la pression hydraulique (en Pascals, Pa)

Pour calculer la vitesse de déplacement du piston on utilise la formule:

$$v = \frac{Q}{A}$$

Où:

V est la vitesse de déplacement du piston (en mètres par seconde, m/s)

Q est le débit (en mètres cubes par seconde, m^3/s)

A est l'aire de la section transversale du piston (en mètres carrés, m^2)

En appliquant les formules, nous avons trouvé les résultats suivants:

Tableau 3: Le dimensionnement des vérins

Vérin	Force exercée	Puissance hydraulique	Vitesse de déplacement du piston
Vérin du godet	605.2 KN	229.7 KW	0.37 m/s
Vérin du bras	708.5 KN	229.7 KW	0.29 m/s
Vérins de la flèche	875.5 KN	229.7 KW	0.26 m/s

- **Moteurs de Translation :**

La pelle ZX330-3 dispose de deux modes de vitesse de translation:

- **Mode Rapid :**

- **Utilisation :** Pour les déplacements sur le chantier.
- **Vitesse :** Environ 5 à 6 km/h.

- **Mode Lent :**

- **Utilisation :** Pour les travaux de creusement et de levage.
- **Vitesse :** Environ 3 à 4 km/h.

- **Moteur d'orientation :**

La vitesse à laquelle la tourelle de la pelle peut tourner autour de sa base. Cette vitesse est généralement d'environ 11 à 12 tours par minute

3.3. Conclusion

En conclusion, la pelle hydraulique Hitachi ZX330, avec son système hydraulique avancés, offre une combinaison exceptionnelle de puissance, précision et fiabilité, faisant d'elle un outil indispensable pour les opérations de construction et de creusement.

4. Améliorations de la maintenance de la pelle ZX330-3

4.1. Généralité sur la maintenance

La maintenance industrielle désigne l'ensemble des activités visant à assurer le bon fonctionnement des équipements et des installations dans un environnement industriel.

4.1.1. Les avantages de la maintenance

Parmi les avantages:

- L'augmentation de la fiabilité et de la durée de vie des équipements
- La réduction des coûts de réparation et des arrêts de production
- L'amélioration de la sécurité

4.1.2. Les cinq niveaux de la maintenance

Tableau 4: Les cinq niveaux de la maintenance

Niveaux	Operations	Réalisateurs
Niveau 1	Travaux simples sans outillages	Les utilisateurs ou les opérateurs des équipements
Niveau 2	Travaux simples avec outillages simples	Techniciens spécialisés
Niveau 3	Diagnostics, réparations et remplacements	Techniciens hautement qualifiés
Niveau 4	Travaux lourds de maintenance	Ingénieurs spécialisés
Niveau 5	Reconstructions et rénovations	Gestionnaires d'installation ou experts en maintenance

4.1.3. Les types de la maintenance

4.1.3.1. La maintenance préventive

Interventions planifiées et régulières pour prévenir les pannes et les défaillances.

Sous-types:

- **Maintenance systématique:** Basée sur des intervalles de temps ou d'utilisation prédéfinis (par exemple, tous les six mois ou tous les 1000 heures de fonctionnement).
- **Maintenance conditionnelle:** Basée sur l'état réel de l'équipement (par exemple, lorsque des signes d'usure sont détectés).

4.1.3.2. La maintenance corrective

Interventions réalisées après qu'une panne ou une défaillance s'est produite pour réparer ou remplacer les composants défectueux.

Sous-types:

- **Maintenance curative:** Réparation immédiate après la détection d'une panne.
- **Maintenance palliative:** Mesures temporaires pour maintenir l'équipement en fonctionnement jusqu'à ce qu'une réparation complète puisse être effectuée.

4.2. L'AMDEC

L'AMDEC (Analyse des Modes de Défaillance, de leurs Effets et de leur Criticité) est une méthode systématique utilisée pour identifier, analyser et évaluer les modes de défaillance potentiels d'un produit ou d'un processus, ainsi que leurs effets et leur criticité.

4.2.1. Structure de l'AMDEC

L'AMDEC utilise un tableau structuré pour documenter et analyser les modes de défaillance.

Les principales colonnes typiquement incluses dans un tableau AMDEC :

1. Élément: le nom du composant de l'équipement concerné
2. Fonction: le rôle de ce composant
3. Mode de défaillance: Énumère les différentes façons dont une fonction ou un processus peut échouer.

4. Détection: décrit comment les défaillances peuvent être détectées
5. Causes: cite les causes des défaillances
6. Effets: décrit comment les défaillances peuvent affecter le fonctionnement de l'équipement
7. Criticité: un indice qui aide à prioriser les modes de défaillance en fonction de leur criticité.

4.2.2. La criticité

La criticité est généralement évaluée en tenant compte de trois critères principaux :

- **Gravité (G):** L'impact de la défaillance sur la fonction du produit.
- **Fréquence (F):** La probabilité d'occurrence de la défaillance.
- **Non-Détection (N):** La difficulté à détecter la défaillance avant qu'elle n'ait un impact.

Chaque critère est noté de 1 à 4 (voir le tableau ci-dessous).

La criticité (C) est souvent calculée par la formule:

$$C = G \times F \times N$$

Tableau 5: Les critères de la criticité

Critère	Niveau	Valeur	Définition
Fréquence (F)	Très faible	1	Rare: moins de une défaillance par année
	Faible	2	Possible: moins de une défaillance par trimestre
	Moyen	3	Occasionnelle: moins de une défaillance par semaine
	Élevé	4	Fréquente: plus de une défaillance par semaine
Gravité (G)	Mineure	1	Arrêt de production: moins de 15 minutes Aucune ou peu pièce de rechange nécessaire
	Moyenne	2	Arrêt de production: de 15 minutes à une heure Pièces en stock
	Majeure	3	Arrêt de production: 1 heure à 2 heures livraison ultra-rapide
	Grave	4	Arrêt de production: 2 heures et plus Long délai de livraison

Non-détection (N)	Évident	1	Détection certaine, signes évidents
	Possible	2	DéTECTABLE par l'opérateur, vibrations
	Improbable	3	Difficilement détectable, moyens complexes (démontages, appareils)
	Impossible	4	Indétectable, aucun signe

Tableau 6: Les niveaux de la criticité

Niveau	Définition
$C < 9$	Faible: Aucun problème particulier. Surveillance habituelle.
$9 < C < 20$	Acceptable: Nécessite une surveillance particulière et/ou une révision de la politique de maintenance.
$C > 20$	Forte: Surveillance accrue. Remise en cause de la maintenance. Éventuellement, arrêt pour amélioration.

4.2.3. Application de l'AMDEC sur la partie hydraulique de ZX330-3

En analysant les données et les rapports d'analyse de pannes (RAP), nous avons réalisé l'AMDEC de huit éléments essentiels du système hydraulique de la pelle ZX330-3 :

Tableau 7: L'AMDEC de ZX330-3 (Partie hydraulique)

Ensemble : Partie hydraulique									
Elément	Fonction	Mode de défaillance	Détection	Causes	Effets	Criticité = F * G * N			
						F	G	N	C
Distributeur	Distribution du fluide hydraulique	-flexibles coupés -Blocage de clapets ou de tiroirs	-Visuel - Démontage	-usure - les impuretés	-surconsommation d'huile -l'arrêt d'une fonction -l'arrêt de la machine -défaillance de pompe ou autres composants	3	3	2	18

Pompes hydrauliques	Génération de la pression hydraulique	-usure des pistons -usure de d'arbre d'entraînement	-Visuel - Démontage	-frottement -Manque d'huile -faiblesse de ressorts	-fonctionnement lent -l'arrêt de fonctionnement	1	3	3	9
Pompe pilote	Alimenter le circuit de commande	-usure d'arbre d'entraînement -usure de cavité de pompe pilote				2	3	3	18
Les filtres	filtration du fluide hydraulique	-colmatage	- Démontage	-les débris	-défaillance de pompes -manque de pression -faiblesse du circuit hydraulique	2	1	2	4
Les mannettes	Commander les actionneurs	-coincage des pistons	- démontage	-les joints d'étanchéité usés	dysfonctionnement des actionneurs commandé par les manettes défectueuses	1	2	2	4
Vernis	Convertissent l'énergie hydraulique en force mécanique linéaire	-Fuite d'huile	-Visuel - Démontage	- défaillance des tiges - usure des joints d'étanchéité	-Perte de force -L'arrêt du travail	3	2	2	12
Moteur d'orientation	Assure l'orientation de la pelle	-Problèmes d'orientation -Bruit vient de côté du moteur	-Visuel -Entendu	-Blocage des freins -cassures des pistons	-L'arrêt partiel ou complet de fonction (orientation)	1	3	1	3
Moteur barbotin	Assure le déplacement de la pelle	-Problèmes de déplacement ou de freinage	-Visuel - Démontage	-Orifices bouchés	Empêche le translation du côté moteur défectueux	2	3	1	6

Interprétation de l'AMDEC:

L'AMDEC identifie plusieurs points critiques et modes de défaillance potentiels dans le système hydraulique de la ZX330-3. Les composants les plus critiques en termes de risque sont principalement :

- A. **Distributeur et pompe pilote:** Ces composants présentent une criticité élevée (18) en raison des effets graves d'une défaillance sur les opérations hydrauliques et la machine elle-même.
- B. **Vérins:** Bien que moins critique que le distributeur et la pompe pilote, les vérins présentent une criticité significative (12), car leur défaillance peut entraîner une perte de force ou arrêter le travail.
- C. **Pompes hydrauliques:** Avec une criticité de 9, les pompes sont également critiques en raison de leur rôle crucial dans la génération de pression hydraulique.

4.3. Diagramme de Pareto

4.3.1. Définition

La méthode Pareto est un outil de gestion de maintenance qui permet d'identifier et de prioriser les problèmes les plus importants en utilisant un diagramme appelé **diagramme de Pareto**.

Le principe de base est que souvent, une petite quantité de causes (20%) est responsable de la majorité des effets (80%) observés.

4.3.2. Les étapes pour établir le diagramme de Pareto

Les étapes sont:

1. Collecte de données et les valeurs observées
2. Classement des valeurs en ordre décroissant
3. Ajout du cumul
4. Ajout du pourcentage
5. Traçage du diagramme
6. Interprétation des résultats

4.3.3. Application de Pareto sur la partie hydraulique de la pelle ZX330-3

Pour appliquer la méthode de Pareto, nous avons exploité les données issues de l'analyse AMDEC concernant la partie hydraulique de la pelle ZX330-3. Nous avons utilisé les valeurs de criticité attribuées à chaque composant pour construire le diagramme de Pareto.

Le tableau ci-dessous présente les données ainsi que les calculs effectués:

Tableau 8: Application de la méthode Pareto sur les criticités de ZX330-3

Composant	Criticité	Criticité cumulée	Pourcentage cumulé
Pompe pilote	18	18	24,3%
Distributeur	18	36	48,6%
Vérins	12	48	64,9%
Pompes principales	9	57	77%
Barbotins	6	63	85,1%
Manettes	4	67	91%
Filtres	4	71	96%
Moteur d'orientation	3	74	100%

En utilisant Excel, le tableau a été visualisé sous forme de diagramme suivant :

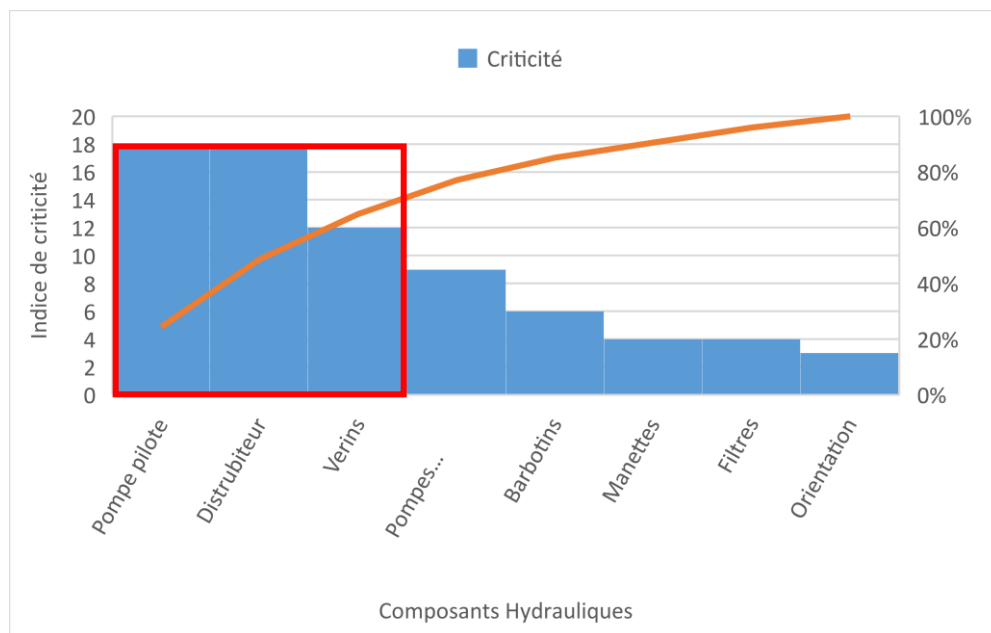


Figure 35 : Le diagramme de Pareto de la pelle ZX330-3 (Partie hydraulique)

Interprétation du diagramme:

L'analyse des données révèle que les composants les plus critiques de la partie hydraulique du ZX330-3 sont la pompe pilote et le distributeur, chacun représentant 24,3% de la criticité totale. Ensemble, ces deux composants accumulent près de 50% de la criticité totale. Les vérins, avec une criticité de 12, portent la contribution cumulée à près de 65%.

Le diagramme de Pareto démontre que les interventions prioritaires devraient se concentrer sur les composants ayant les plus hautes criticités cumulées: la pompe pilote, le distributeur et les vérins. Ces composants, en représentant près de 65% de la criticité totale, sont les principaux contributeurs aux risques et aux défaillances potentielles.

4.4. Recommandations

Sur la base des analyses que nous avons effectuée (L'AMDEC et Le Pareto), voici nos recommandations pour améliorer la maintenance:

- **Surveillance régulière:**

Effectuer des inspections visuelles fréquentes et des tests de fonctionnement pour détecter les signes de défaillance, tels que les fuites et les performances anormales.

- **Entretien préventif renforcé:**

Établir des intervalles réguliers pour remplacer les composants sujets à l'usure, comme les joints d'étanchéité et les pièces d'usure des pompes et distributeurs.

Planifier des procédures de nettoyage et de remplacement des filtres pour maintenir la propreté du fluide hydraulique et éviter le colmatage.

- **Formation du personnel:**

Former le personnel pour reconnaître les signes de défaillance et mener des inspections efficaces.

- **Plan de remplacement des pièces:**

Élaborer un plan de remplacement basé sur les heures de fonctionnement et les recommandations du fabricant pour les pièces critiques comme les pompes et les distributeurs

Assurer que les pièces de rechange pour les composants critiques soient toujours disponibles en stock.

- **Documenter les processus:**

Créez des procédures détaillées pour l'inspection, la maintenance et la réparation des composants critiques.

Documentez les résultats de chaque inspection et intervention pour créer une base de données de référence et pour faciliter le suivi des tendances.

Conclusion générale

D'abord, ce stage nous a permis d'approfondir nos connaissances dans le domaine professionnel et d'établir des relations professionnelles avec différentes personnes. Ensuite, ce projet de fin d'études nous a offert une précieuse opportunité d'approfondir nos compétences dans le domaine de la maintenance des pelles hydrauliques, en mettant un accent particulier sur la pelle ZX330-3.

Nous avons pu étudier notre sujet de manière approfondie, en comprenant en détail le fonctionnement complexe du système hydraulique de la pelle ZX330-3. Cette compréhension nous a permis d'identifier les aspects critiques nécessitant une attention particulière lors des opérations de maintenance.

Référence bibliographique

HITACHI, 2006. Manuel Technique (Principe de Fonctionnement) de l'Excavatrice Hydraulique ZAXIS Classe 330-3, 364 p, hitachi, Europe

HITACHI, 2015. Catalogue de Pièces de l'Excavatrice Hydraulique ZAXIS (En anglais), 922 p, hitachi, Japon

HITACHI, 2009. Catalogue de Pièces des Composants d'Equipement de l'Excavatrice Hydraulique ZAXIS (En anglais), 162 p, hitachi, Japon

HITACHI, 2016. Catalogue de Pièces du Moteur de l'Excavatrice Hydraulique ZAXIS 330-3 (En anglais), 190 p, hitachi, Japon

HITACHI, 2010. Manuel de l'Opérateur de l'Excavatrice Hydraulique ZAXIS, 42 p, hitachi, Europe

CHINA SINOMACH, 2020. Manuel d'Opération et de Maintenance en Toute Sécurité (En anglais), 158 p, china sinomach, Chine