

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté des Sciences de L'Ingénieur
Département Génie Mécanique

Mémoire de Master

En vue de l'obtention du diplôme de **MASTER** en :

Filière : Electromécanique
Option : Electromécanique

THEME

Identification et maintenance
des défauts de roulements
d'une machine offset Speed Master CD 74

Présenté par :

M. BENTAALLA Malik.
M^{lle} BOUARAB Farida.

Promoteur : M. GEUDIFA Réda.

Co-promoteur: M. SETTET Ahmed Tidjani.

Promotion 2017- 2018

ملخص

الغرض من هذه الدراسة هو تحديد مصدر العطب في المكيبة Heidelberg Speed Master CD 74. من خلال دراسة الموثوقية، التي مكنتنا من تحديد حالة الماكينة ومصدر العطب ، والتي تتمثل في خطأ التجميع. من اجل حل هذه المشكلة سنقوم باقتراح حل (التجميع الجديد) مع احترام النتائج التي تم الحصول عليها من خلال المحاكاة.

Résumer

Le but de cette étude est d'identifier l'origine des pannes sur la machine Heidelberg Speed Master CD 74. Par l'étude de fiabilité, celle-ci nous a permis de déterminer l'état de la machine et les sources des pannes, ce qui consiste au défaut de montage.

On a procédé à résoudre ce problème par propositions d'une solution (nouveau montage) tout en respectant les résultats obtenus par la simulation.

Abstract

The aim of this work is to determinate the origin of the failleur on Heidelberger Speed Master CD 74 machine. The By the reliability study, we have been able to determine the state of the machine and the sources of the faults, which consists of the fault mounting.

We proceed to solve this problem by giving a solution (new assembly) where we respect all results obtained by the simulation.

REMERCIEMENTS

L'écriture de remerciements est un exercice difficile où il existe des figures imposées et où la difficulté est bien souvent d'exprimer de façon sincère ce qui peut sembler convenu. Pourtant, à titre personnel, on est particulièrement heureux d'avoir l'occasion ici d'exprimer ma gratitude vis-à-vis des personnes qui ont eu un rôle réel relatif à notre mémoire. Tous d'abords nos remerciements vont à Dieu qui grâce à lui on est ce qu'on est aujourd'hui.

*On tient à remercier les responsables de l'imprimerie "**SARL SIPA**", de nous avoir ouvert les portes de leurs unités et **M.BENTAALLA Mehdi**, de nous accueillir au sein de son service ainsi qu'à tout l'ensemble des employés de la société pour leurs réceptions et également pour leurs aides documentaires.*

*Notre grand respect et reconnaissance vont à notre promoteur **M.GUEDIFA Réda** Professeur à la Faculté des Sciences de l'Ingénieur (FSI) Boumerdes pour ses conseils, sa patience et ses remarques. On le remercie vivement de nous avoir encadrés le long de notre formation*

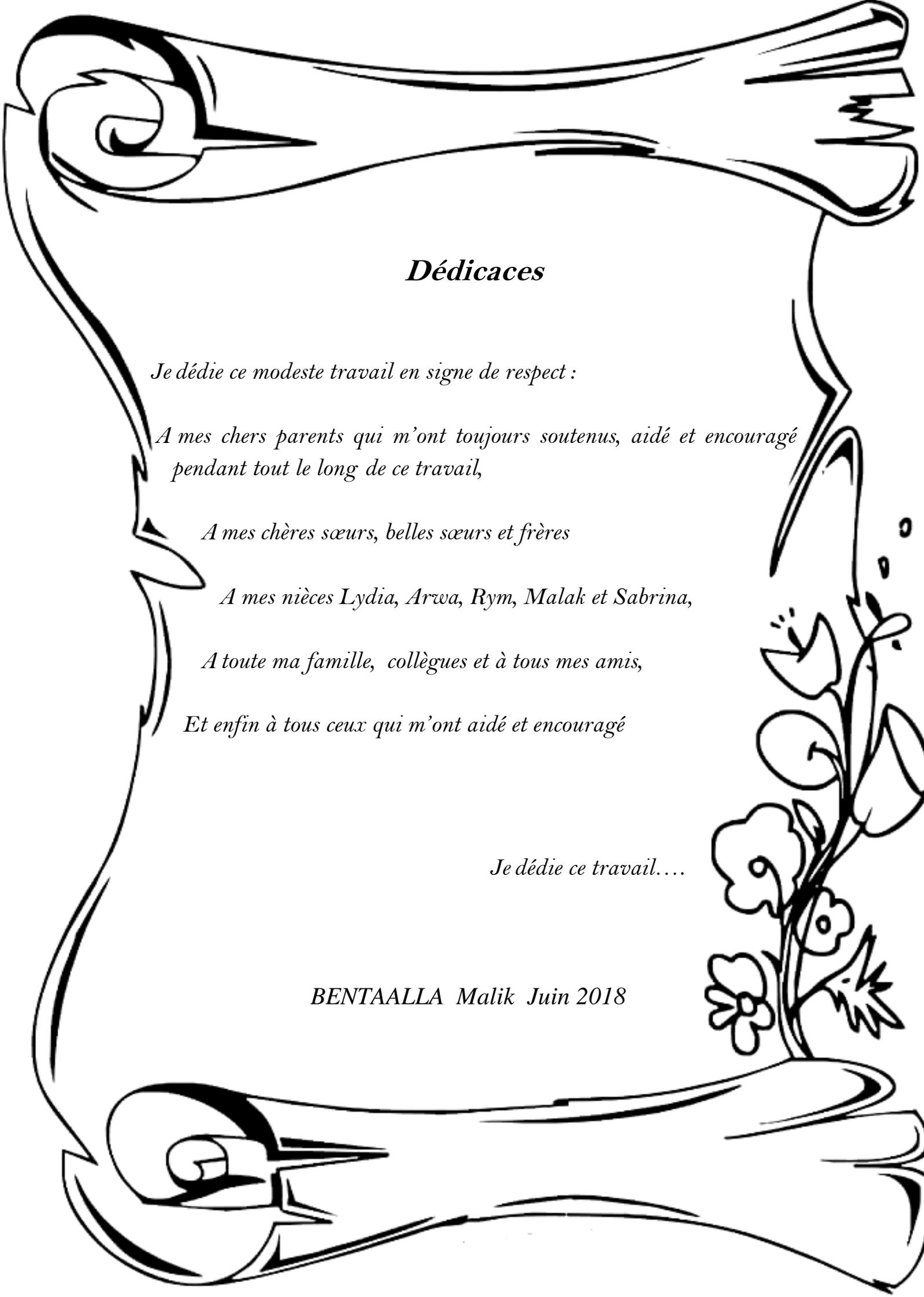
*On tient à remercier également **M.SETTET Ahmed Tidjani** qui nous a aidés à réaliser ce mémoire grâce à son expérience en nous orientant avec ses remarques et conseils.*

Ainsi les nombres de juré pour ces remarques précieuses.

*On remercie aussi **M. MANSER Belkacem** qui nous ont aidés à réaliser nos simulations.*

Enfin, merci à tous ceux qui ont aidé à réaliser ce modeste travail.

M.BENTAALLA et F.BOUARAB



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail en signe de respect :

*A mes chers parents qui m'ont toujours soutenus, aidé et encouragé
pendant tout le long de ce travail,*

A mes chères sœurs, belles sœurs et frères

A mes nièces Lydia, Arwa, Rym, Malak et Sabrina,

A toute ma famille, collègues et à tous mes amis,

Et enfin à tous ceux qui m'ont aidé et encouragé

Je dédie ce travail....

BENTAALLA Malik Juin 2018



Dédicaces

J'ai toujours pensé faire ou offrir quelque chose à mes parents en signe de reconnaissance pour tous leurs efforts consentis rien que pour me voir réussir, et voila, l'occasion est venue !

A ceux qui m'ont donné la vie, symbole de beauté, de fierté, de sagesse et de patience.

A ceux qui sont la source de mon inspiration et de mon courage, à qui je dois amour et reconnaissance.

A mon cher père et ma chère mère qui sont la lumière de ma vie,

A mes grands parents martyrs Ali Abbas et Charbali Yamina

A mes frères Abdrahman, Hamaza et mes chères sœurs Yasmina; Dalila, Fariza, Samia, Zineb, Fatma, Meriem, Assia et Noumidia.

A mes nièces et mes neveux ;

A tous les membres de la famille "Bouarab et Abbas".

A mes amies Karima, Hanane, Amel, Hayat et Khadidja.

A tous mes amis de l'université de BOUMERDES et surtout au groupe MEM16.

Une grande pensée à mes grands parents martyrs ABBAS Ali et CHARBALI Yamina.

BOUARAB Farida



SOMMAIRE

Sommaire.....	I
Liste de figures.....	VI
Liste des tableaux.....	IX

INTRODUCTION GÉNÉRALE

Introduction	1
--------------------	---

Chapitre I : Présentation de la Société et la Machine étudiée

I. Présentation de la Société.....	3
I.1. Raison sociale de l'entreprise... ..	3
I.2. Histoire de l'imprimerie.....	3
I.2.1. Définition de l'Offset.....	4
I.2.2. La pierre lithographique	4
I.2.3. Différence entre la lithographie et l'offset	4
I.2.4. Evolution de l'Offset.....	5
I.3. Heidelberg Speed Master CD 74-5+L- f.....	6
I.3.1. Fiche technique	6
I.3.2. Matière première pour la machine.....	7
I.3.2.1. Préparation des plaques d'encre (prépresse).....	7
I.3.2.2.Préparation des piles de feuilles (carton /papier).....	7
I.3.3.Les composants de la machine Heidelberg Speed Master CD 74-5+L- F	7
I.3.3.1.Le chargeur.....	8
I.3.3.1.1.Fonctionnement.....	10
I.3.3.2.Groupe d'impression.....	10
I.3.3.2.1.Ensemble de cylindre.....	12
I.3.3.2.2.Dispositif d'encrage.....	12
I.3.3.2.3.Dispositif de mouillage.....	14
I.3.3.2.3.1.Rouleaux barboteur.....	15
I.3.3.2.3.2.Rouleaux doseur.....	15
I.3.3.2.3.3.Toucheur mouilleur	16

I.3.3.2.3.4.Dégraisseur.....	16
I.3.3.2.3.5.Intermédiaire.....	17
I.3.3.2.4.Dispositif de nettoyage automatique des rouleaux et cylindres.....	19
I.3.3.2.5.Fonctionnement.....	19
I.3.3.3.Groupe de vernie.....	19
I.3.3.3.1.Fonctionnement	21
I.3.3.4.Réception.....	22
I.3.3.4.1.Fonctionnement	23
I.3.3.5. Les armoires de la machines	23
I.3.3.5.1. Armoire de sécheur	24
I.3.3.5.2.Armoire de compresseur.....	24
I.3.3.5.3.Armoire de mouillage.....	24
I.3.3.5.4.Armoire générale	25
I.4.Conclusion	30
Références	31

CHAPITRE II : Etude de la fiabilité

II. Introduction	32
II.1. Définition de la fiabilité.....	32
II.2.Objectifs et intérêts de la fiabilité en mécanique.....	32
II.3. Fiabilité du système.....	32
II.4.Les lois de probabilité utilisées en fiabilité	33
II.4.1.Variable aléatoire.....	33
II.4.1.1.Variable aléatoire discrète	33
II.4.1.1.1.La loi binominale	33
II.4.1.1.2. La loi de poisson	34
II.4.1.1.3. Différence entre la loi de poisson et binominale.....	34
II.4.1.2. Variable aléatoire continues	34
II.4.1.2.1.La loi exponentielle	35
II.4.1.2.2. La loi log normale.....	35
II.4.1.2.3 La loi de WEIBULL.....	36
II.4.1.2.3.1.Domaine d’application.....	37
II.4.1.2.3.2.Les paramètres de WEIBULLE.....	37

II.4.1.2.3.3. Détermination graphique des paramètres de la loi.....	38
II.4.1.2.3.4. Préparation des données.....	39
II.4.1.2.3.5. Tracer la droite WEIBULL.....	40
II.4.1.2.3.6. Calculer les paramètres de WEIBULL.....	41
II.4.1.2.3.7. Paramètres de forme.....	42
II.4.1.2.3.8. Interprétation des résultats du modèle de WEIBULL.....	42
II.5. Conclusion.....	42
Références.....	43

Chapitre III : Etude du mécanisme

III. Introduction.....	44
III.1. Système étudié.....	47
III.1.1. Le barboteur.....	47
III.1.2. Le doseur.....	48
III.2. Les forces de maintien.....	48
III.3. Les forces exercées sur l'axe barboteur.....	49
III.4. Calcul des forces.....	49
III.4.1. Force du poids de rouleau barboteur(P).....	49
III.4.2. Théorème du centre d'inertie.....	50
III.4.2.1. Dans le cas initial.....	50
III.4.2.1.1. Déterminer le centre d'inertie de l'arbre.....	50
III.4.2.1.2. Forces du poids de l'axe (P2).....	51
III.4.2.1.2.1. Calcul de la masse(M).....	51
III.4.2.1.3. Les forces de réactions.....	52
III.4.2.2. Cas actuel.....	55
III.4.2.2.1. Le centre d'inertie de l'arbre modifié.....	55
III.4.2.2.2. Calcul de la force du poids de l'axe (P').....	56
III.4.2.2.2.1. Calcul de la masse(M').....	56
III.4.2.2.3. Les forces de réaction.....	56
III.4.3. Les forces sur la roue dentée.....	59
III.4.3.1. Formules des forces appliquées sur la roue dentée.....	61
III.5. Définition d'un roulement.....	62
III.5.1. Les charges.....	62
III.5.2. Les différents types des roulements.....	63

III.5.2.1.Roulements à bille.....	63
III.5.2.2.Roulement à aiguilles.....	63
III.5.2.3.Roulement à bille à contact oblique.....	63
III.5.2.4.Roulement à conique.....	63
III.5.2.5.La différence entre les types de roulements.....	64
III.5.3.Les critères du choix des roulements.....	65
III.5.4.Montage des roulements.....	65
III.5.4.1.Montage des roulements conique et à contact oblique.....	65
III.5.4.1.1.Montage en « O ».....	66
III.5.4.1.2.Montage en « X ».....	67
III.5.4.2.Le montage des roulements à billes.....	67
III.5.4.2.1.Cas d'un longuement tournant.....	67
III.5.4.2.2.Cas d'un arbre tournant.....	68
III.5.4.3.Le montage des roulements à aiguilles.....	68
III.5.5.Type de montage de mécanisme (arbre /moyeux).....	69
III.5.5.1.Un montage réglage.....	69
III.5.5.2.Un montage mixte.....	70
III.5.5.3.Montage flottant.....	70
III.5.6.Fiche technique des roulements de notre système.....	72
III.5.6.1. Fiche technique des roulements NK18/16-XL.....	72
III.5.6.2. Fiche technique des roulements à aiguille HK 1816.....	73
III.5.6.3. Fiche technique des roulements 6805 RS.....	74
III.5.6.4. Fiche technique des roulements 6803 RS.....	75
III.5.7.Montage des roulements sur l'axe de barboteur.....	76
III.5.7.1.Le roulement à bille 6805 2rs.....	76
III.5.7.2.Roulement à aiguille HK1816.....	76
III.6.Conclusion.....	76
Références.....	77

CHAPITRE IV: Simulation numérique et interprétations

IV. Introduction.....	78
IV.1.Modélisation numérique (cas initiale de l'arbre).....	79
IV.1.1.Pièces du système.....	79

IV.1.2. Les charges externes.....	80
IV.1.3. Les déplacements imposés.....	82
IV.1.4. Le matériau utilisé.....	82
IV.1.5. L'unité utilisée.....	83
IV.1.6. Maillage du système étudié.....	83
IV.1.7. Résultats de la simulation.....	84
IV.1.8. Interprétations des résultats.....	86
IV.2. Modélisation numérique (cas l'arbre modifié)	87
IV.2.1. Model de l'arbre modifié	87
IV.2.2. Les charges externes qui agissent sur notre modèle d'étude.....	88
IV.2.3. Déplacement imposé.....	90
IV.2.4. Matériau utilisé.....	90
IV.2.5. Maillage du système étudié	91
IV.2.6. Résultats de la simulation	91
IV.2.6.1. Interprétation des nouveaux résultats.....	93
IV.3. Solution proposée.....	94
IV.4 Conclusion.....	98
Références.....	99

Conclusion général

Conclusion.....	100
-----------------	-----

Liste des figures

Chapitre I

Figure I. Différence entre méthodes lithographie et offset.....	5
Figure I.1. Heidelberger Speed Master CD 74-5+1- f.....	6
Figure I.2. Le Margeur.....	8
Figure I.3. Vue de face de tête d'aspiration.....	8
Figure I.4. Vue de côté de tête d'aspiration.....	9
Figure I.5. Table de margeur.....	9
Figure I.6. Poste de commande margeur.....	10
Figure I.7. Emplacement des groupes d'impressions.....	11
Figure I.8. Les composants de la chaine cinématique.....	11
Figure I.9. Groupe d'impression.....	12
Figure I.10. Les rouleaux du dispositif d'encrage (Tab.III).....	13
Figure I.11. Les Rouleaux du système mouillage(Tab.IV).....	14
Figure I.12. Emplacement de rouleau barboteur.....	15
Figure I.13. Emplacement de rouleau doseur.....	15
Figure I.14. Emplacement de toucheur mouilleur.....	16
Figure I.15. Emplacement de rouleaux dégraisseur.....	16
Figure I.16. Emplacement rouleau intermédiaire.....	17
Figure I.17. Tiges des réglages(TabV).....	18
Figure I.18. Ajustement des rouleaux.....	18
Figure I.19. Dispositif de lavage automatique.....	19
Figure I.20. Emplacement groupe de vernie.....	20
Figure I.21. Dessin technique de groupe de vernie.....	20
Figure I.22. Plaque de vernissage.....	21
Figure I.23. La Réception.....	22
Figure I.24. Poste CP.....	22
Figure I.25. Vue de face de la réception.....	23
Figure I.26. Armoire de sécheur.....	24

Figure I.27. Armoire de mouillage.....	25
Figure I.28. Armoire générale.....	26
Figure I.29. Zone d'équipement « E ».....	27
Figure I.30: Zones d'équipement « B C D ».....	28
Figure I.31. Zone d'équipement « A ».....	29

Chapitre II

Figure II.1. Papier de WEIBULL.....	38
Figure. II.2. La droite de WEIBULL.....	41

Chapitre III

Figure III.1. Emplacement des rouleaux du système de mouillage.....	44
Figure III.2. Fixation barboteur cotée droite.....	45
Figure III.3. Fixation barboteur cotée gauche.....	45
Figure III.4. Moteur électrique du rouleau barboteur.....	46
Figure III.5. Support des rouleaux.....	46
Figure III.6. Point de Fixation barboteur et doseur.....	47
Figure III.7. Les forces de maintien.....	48
Figure III.8. Les forces appliquées sur l'axe.....	49
Figure III.9. Décomposition volumétrique du l'arbre-barboteur.....	50
Figure III.10. L'appui de force provoqué par le poids de rouleau.....	52
Figure III.11. L'appui de force provoquée par le poids de l'axe.....	53
Figure III.12. Décomposition du volume sur l'arbre modifié.....	55
Figure III.13. L'appui de force provoqué par le poids de rouleau.....	56
Figure III.14. L'appui de force provoquée par le poids de l'axe.....	58
Figure III.15. Force appliquer sur la dentée depuis le dessin.....	59
Figure III.16. Vue dessous de la roue sur axe (B – B).....	60
Figure III.17. Vue dessous de la roue sur axe tangentiel (A – A).....	60
Figure III.18. La résultante des forces appliquées.....	60
Figure III.19. Déférentes composantes d'un roulement.....	62
Figure III.20. Montage de roulement conique.....	65
Figure III.21. Montage de roulement conique.....	66

Figure III.22. Épaulement de roulement conique / contact oblique.....	67
Figure III.23. Épaulement de roulement a bille cas longuement tournant.....	67
Figure III.24. Épaulement de roulement à billes cas arbre tournant.....	68
Figure III.25. Épaulement de roulement à aiguille.....	68
Figure III.26.Montage réglées avec roulement a contacte oblique.....	69
Figure III.27. Montage réglé avec roulement conique.....	69
Figure III.28. Montage mixte.....	70
Figure III.29. Montage flottant avec roulement à billes.....	70
Figure III.30. Montage flottant avec roulement à rouleaux.....	71
Figure III.31. Roulement NK18/16-XL.....	72
Figure III.32. Roulement à aiguilles HK1816.....	73
Figure III.33. Roulement 6805 RS.....	74
Figure III. 34. Roulement 6803 RS.....	75
Figure III.31. Épaulement des roulements dans notre système.....	76

Chapitre IV

Figure IV.1. Modèle initial simulé.....	79
Figure IV.2. Pièces de composition de modèle.....	79
Figure IV.3. Modèle maillé.....	83
Figure IV.4. Contrainte Von Mises.....	84
Figure IV.5. Les déplacements selon l'axe Y.....	85
Figure IV.6. Les déformations.....	86
Figure IV.7. Boulon de fixation barboteur.....	87
Figure IV.8. Modèle modifié simulé.....	87
Figure IV.9. Modèle modifié maillé.....	91
Figure IV.10. Contrainte Von Mises pour le modèle modifier.....	91
Figure IV.11. Contrainte Von Mises pour le modèle modifier d'un autre angle.....	92
Figure IV.12. Déplacements selon l'axe Y.....	92
Figure IV.13. Les déformations.....	93

Liste des tableaux

Chapitre I

Tableau.I Renseignements sur la société.....	1
Tableau II Référence de la machine.....	7
Tableaux.III. Les éléments constituant le dispositif d'encrage (Fig.I.10).	13
Tableau IV. Les éléments constituant le dispositif de mouillage (Fig.I.11).....	14
Tableau V. La nomenclature de la figure I.17.	18

Chapitre II

Tableau I. La fonction de répartition.....	40
Tableau II. Les paramètres de WEIBULL.....	41
Tableau III. Les paramètres de WEIBULL en fonction de MTBF.....	42

Chapitre III

Tableau I. Les valeurs X_i	51
Tableau II. Les valeurs V_i	51
Tableau III. Valeur des X_i'	55
Tableau IV. Valeur V_i'	55
Tableau V. Forces appliquées.....	61
Tableau VI. Comparaison entre les types de roulements.....	64

Introduction générale

Au cours des dernières années, les fabricants ont investi dans la recherche, le développement et l'évolution dans plusieurs domaines notamment dans le domaine de la production. À cet effet, le développement de machines de fabrication prend un axe majeur et important dans la vie industrielle voir la vie humaine.

Malgré cette évolution, la machine industrielle suit les mêmes procédés de fabrication pour chaque produit fabriqué (durée de vie limitée) qui rend son utilisation limitée dans un intervalle de temps. Les machines rotatives ouvrent les portes devant le développement en provoquant des problèmes que les ingénieurs travaillent quotidiennement dans le but de les résoudre en proposant de différentes solutions notamment ce qui concerne la fixation des cylindres rotatifs (les paliers).

Les paliers ou les roulements sont les parties sensibles sur une machine, car ils subissent la charge de tous les éléments rotatifs ayant pour but de minimiser les frottements. Ils sont fragilisés, surtout par la fatigue et l'usure qui ce sont les principaux contraintes à éliminer.

La maintenance des roulements est l'une des étapes cruciales pour maintenir ces machines opérationnelles. Pour cela, il existe plusieurs outils, tels que l'analyse vibratoire, mais cette dernière nécessiter, un emplacement suffisant sur le système afin d'ajouter les capteurs pour détecter les défauts.

Problématique et objectif

La presentitude vise à identifier des défaillances sur la machine offset Heidelberg Speed Master CD 74 elle consiste a mettre en pratique l'étude de fiabilité et la simulation par la méthode des éléments finie pour évaluée le comportement mécanique est proposé une solution qui conviens

Cette étude s'articulera sur les chapitres :

- **Chapitre I**

Ce chapitre contient une présentation de la société, et le fonctionnement de la machine d'impression notre système à étudier.

- **Chapitre II**

Dans ce chapitre, nous avons réalisé une étude de la fiabilité qui est l'outil trié important, pour déterminer la durée du bon fonctionnement de la machine avant et après la défaillance.

- **Chapitre III**

Dans ce chapitre, nous avons étudié le système de mouillage qui engendre des pannes répétitives ce qui diminue la disponibilité de notre machine, pour cela nous allons calculer les forces qui agissent sur ce système et trouver l'origine de ces pannes.

- **Chapitre IV**

Ce chapitre, on va réaliser deux simulations la première pour l'état initial et la deuxième pour l'état modifié puis on propose une solution pour cette problématique.

En conclusion de ce travail, les résultats seront présentés.

Chapitre *I*

Présentation de la société et la machine étudiée

I. Présentation de société

La société d'imprimerie et papeterie AMEL (SIPA) a été créée en 1996 et elle a porté les initiales de son fondateur pendant 22 ans. Elle est spécialisée dans l'importation du papier d'imprimerie et du packaging (l'impression et l'emballage) sur supports papier en carton.

Elle a su grandir, maîtriser sa croissance et se développer sur son cœur de métier tout en y investissant humainement et matériellement.

C'est une entreprise qui a connue des progressions économiques de puis sa création qui lui a permit d'arracher une part de marché de l'impression malgré la concurrence.

Actuellement la SIPA compte 200 emplois, elle a démarré son activité avec un groupe d'impression de trois employés et aujourd'hui compte 31 groupes d'impression qualifiés, d'une expérience de la production et la commercialisation plus de 150 produits de haute qualité et de la marque.

L'imprimerie SIPA, possède des offsets Heidelberg dont six Speed Masters récente, un Speed Master à cinq couleurs équipé qui a été mis en service, en 2007.

Roulant à une vitesse moyenne constante de 15000 feuilles/ heures, avec des pointes à 18000 sur les longs tirages, les offsets traitent des supports très diversifiés allant de 70 grammes à 450 grammes.

I.2. Renseignement sur l'entreprise**Tableau I.** Renseignements sur la société.

Cite web	www.sipa_dz.com
E-mail	Impimerie_sipa@yahoo.fr
Siège social	7, Rue Ali ADIM , Bâb El oued, Alger
Capitale	261660000 DA
PDG	Ben Adjel
Unité de production	Cité Ben Adjel, Boudouaou, W.Boumerdes, Algérie
Service clientèle	Ramy, Coca Cola, Pepsi, Sim, La Belle, Cevital, Nestlé, Jumbo, N'GAOUS...

I.3. Histoire de l'imprimerie

L'histoire de l'imprimerie est étroitement liée à celle de l'humanité. Depuis que l'homme a créé des moyens de communiquer (peintures rupestres, écriture...), il a cherché à pérenniser ses œuvres et à les diffuser.

Des scribes égyptiens qui gravaient la pierre aux moines copistes médiévaux qui passaient leurs journées à reproduire des œuvres — œcuméniques pour la plupart en les recopiant à la main, l'homme a très vite cherché à automatiser ces moyens de copie de nos jours on le voit sur les machines d'impression offset

I.3.1. Définition d'offset

L'offset (un **nom anglais qui veut dire report**), est un procédé à plat dérivé de la lithographie. La lithographie doit son nom au fait qu'elle permet d'imprimer à l'aide d'un sujet dessiné ou écrit sur une pierre spéciale. Elle fut inventée par SENEFELDER entre 1796 et 1805.

I.3.2. La pierre lithographique

C'est une pierre calcaire mélangée de silice possédant un grain naturel très fin qui accroche le corps gras et retient naturellement l'eau dans les autres régions, après préparation. Antagonisme des corps gras (encre) et de l'eau.

Si l'on dessine à l'aide d'un crayon gras sur une pierre lithographique, et que l'on mouille les autres régions, ce dépôt gras peut recevoir à son tour une couche d'encre.

L'imprimerie est renouvelée après chaque épreuve imprimée, le mouillage entretenu sur la surface de la pierre empêche les régions non imprimantes de se garnir d'encre.

Le papier mis en pression sur la pierre permet de recevoir le décalque d'un dessin ou d'un texte effectué à l'envers sur la pierre.

I.3.2.1. Différence entre la lithographie et l'offset

Les pierres étant lourdes et encombrantes, SENEFELDER essaya de donner à certains métaux les propriétés de la pierre lithographique : il s'avéra que le Zinc après avoir été traité (création par grainage de grains sur la plaque), pouvait remplacer les pierres. L'offset utilise le principe lithographique, il diffère cependant sur trois points essentiels :

- L'impression se fait toujours sur des planches métalliques.
- Les machines utilisées en offset sont des machines rotatives.
- L'impression en offset se fait par décalque intermédiaire sur un caoutchouc (le blanchet).
- En lithographie il y a contact direct entre la forme imprimante (la pierre) et le papier, le passage à l'offset fut réalisé en supprimant ce contact direct par l'utilisation de trois cylindres comme illustre la (**Fig.I.1**).

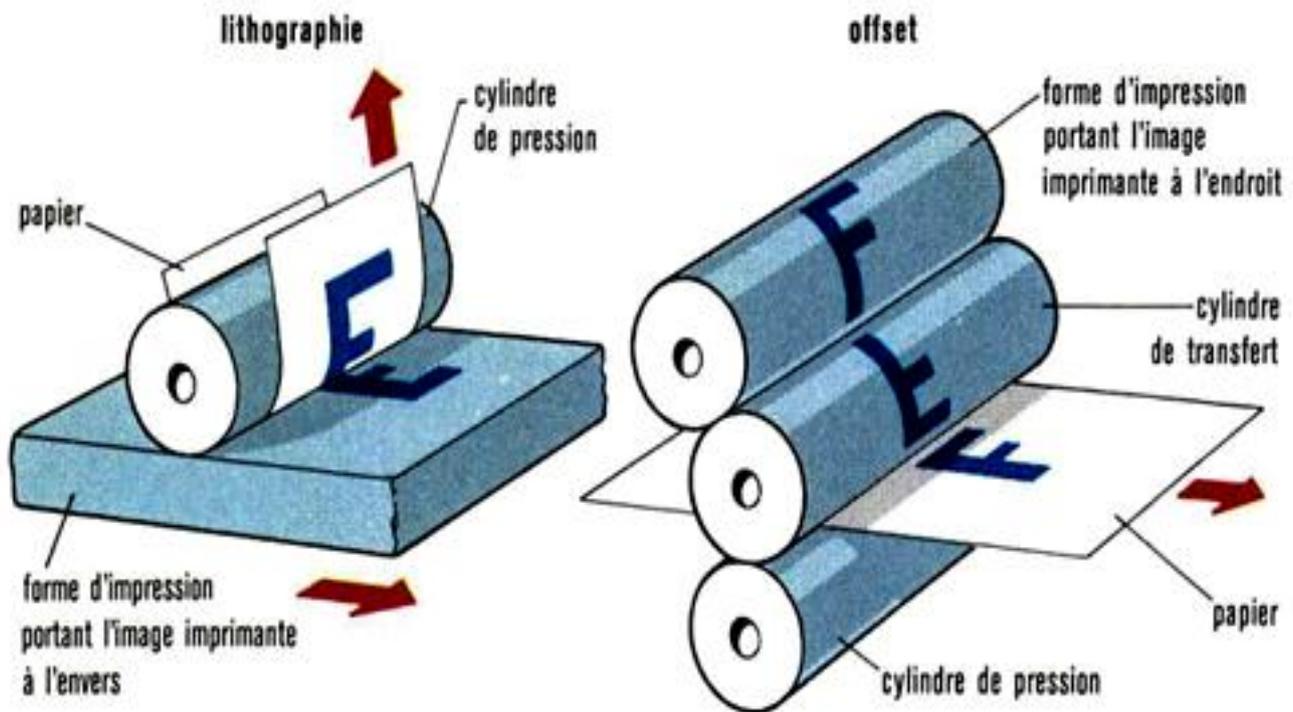


Figure I. Différence entre méthodes lithographie et offset

I.2.2.2 Évolution de l'offset

La découverte de l'offset se situe entre les années 1876 et 1904. Des noms sont avancés comme W.RUBEL (Américain), GUILLOT (Français), sans être pour autant affirmatif pour désigner le véritable inventeur.

De nos jours, il existe dans le mode des imprimantes offset on évoluée avec le temps en gardent le même principe d'anciens systèmes.

Parmi les nouvelles machines offset nous avons la **Heidelberg Speed Master CD 74-5+L- F.**

I.4. Heidelberg Speed Master CD 74-5+1- f

I.4.1. Fiche Technique



Figure I.1. Heidelberg Speed Master CD 74-5+1- f.

La machine est destinée à l'impression sur le carton de forme rectangulaire. Elle se compose de :

- 5 groupes d'impressions dont chaque groupe a une seule couleur.
- un groupe de vernissage.
- un margeur.
- un groupe de réception.

- **Support d'impression**

- Format maximal : (60*74) cm .
- Format minimal : (21*35) cm .

- Epaisseur maximal : 0.8 mm .
- Epaisseur minimal : 0.03 mm .
- Format de la plaque : (74.5*66) cm .

- **Niveau sonores**

- Niveau sonore au margeur : 84 Db .
- Niveau sonore au pupitre de commande : 82 Db .
- Niveau sonore à la réception : 83 Db .

- **Poids maximal de la pile de papier**

- Margeur : 1000 kg.
- Réception : 1000 kg.

- **Postes de travaille sur la machines**

La machine comporte les postes de commande suivants :

- Pupitre de commande du margeur.
- Pupitre de commande de la réception.
- Poste de commande CP.
- Marche pieds et galeries (tôle lamée).
- Zones d'alimentation et d'évacuation de piles (margeur et la réception).

Tableau II. Référence de la machine.

Model	CD 74 – 5 + L - F
Numéro de Série	450056
Année de fabrication	16 ars 2000 a Heidelberg- Allemagne

I.4.2. Matière premier pour la machine

I.4.2.1. Préparation des plaques et d'encre (Prépresse)

Cette étape précède l'impression, dont le graphiste fait la préparation du travail amené par le client en le mettant au format d'impression, en proposant une bonne composition et une bonne mise en page. Dans ce département ou en convertir les images numériques souhaités dans un appareil CTP (computer to plate) qui permet de passer de l'ordinateur à la plaque, réalisant 5 plaques différentes de manière que chaque'une va représenter une seul couleur.

I.4.2.2. Préparation des piles de feuilles (carton/ papier)

Dans cette étape, on choisie le type de papier et les dimensions pour l'impression des graphismes.

I.4.3. Les composant de la machine Heidelberg Speed Master CD 74-5+L- F



Figure I.2. Le Margeur.

I.4.3.1. Le Margeur

C'est le point de départ (Fig.I.2) où les feuilles vont être guidées pour entrer dans le premier groupe d'impression.

Le margeur est équipée d'une :

- Table de pile de papier (Fig.I.2.1).

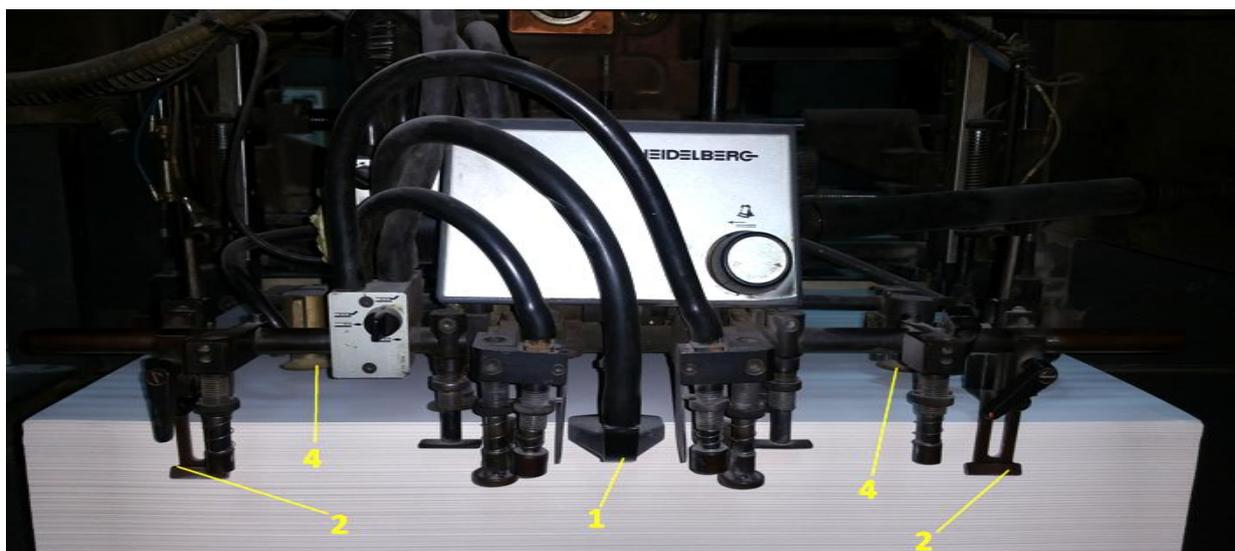


Figure I.3. Vue de face de tête d'aspiration.

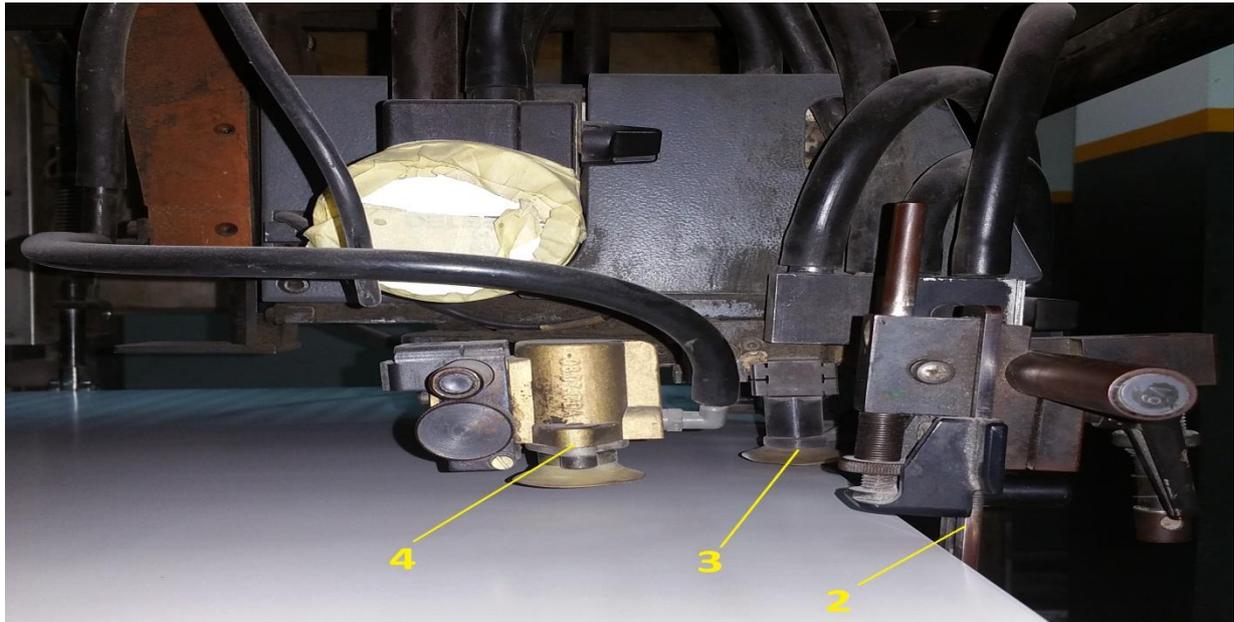


Figure I.4. Vue de côté de tête d'aspiration.

➤ Tête d'aspirations (Fig.I.3) et (Fig.I.4) qui comporte :

- 2 pistons d'aspiration pour soulever la feuille supérieure de la pile du papier (Fig.I.4.3) et 2 autres pour déplacer la feuille (Fig.I.4.4).
- Un palpeur (Fig.I.3.1) qui sépare la feuille supérieure de la pile du papier.
- Les butés (Fig.I.3.2) qui permettent la fixation des feuilles en aval.

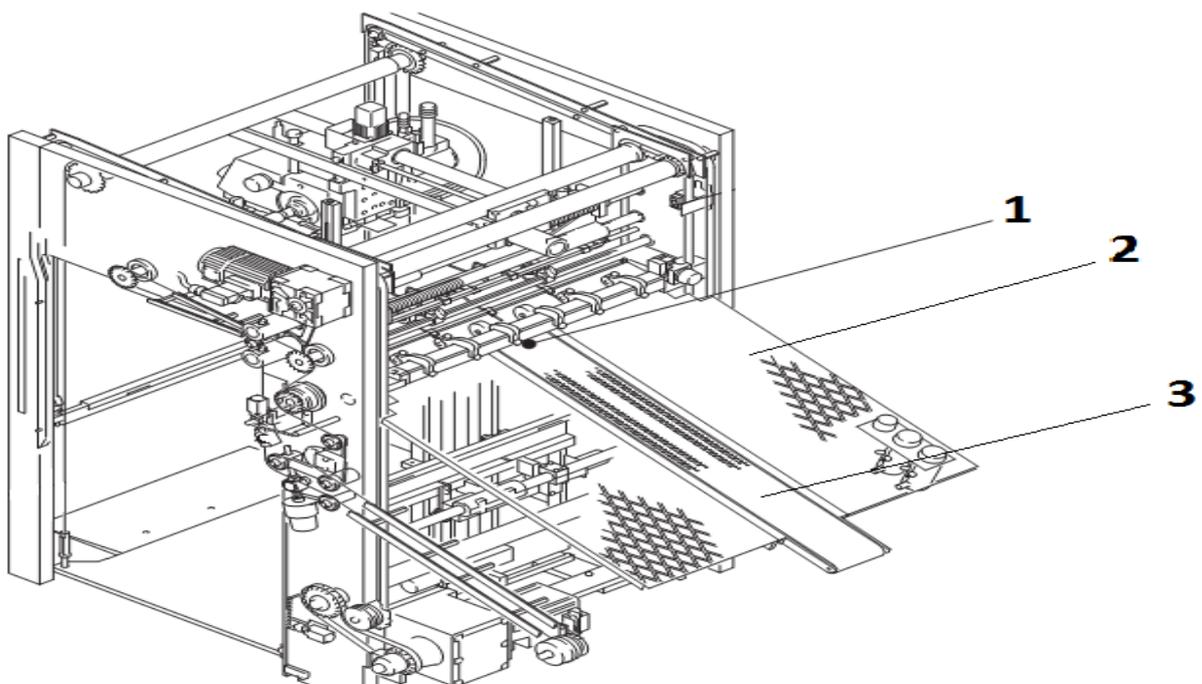


Figure I.5. Table de margeur.

- Table de margeur (**Fig.I.5**) composée de :
 - Roulette de départ (1) qui permet la réception de la feuille transportée par la tête d'aspiration à fin de la positionner sur une table inclinée.
 - Une table inclinée (2) équipée d'une ceinture aspirante (3) qui guide la feuille jusqu' au groupe d'impression.



Figure I.6. Poste de commande margeur.

- Table de commande (**Fig.I.6**) qui permet le contrôle de la machine et le margeur. Elle est constituée de :

- 1- Boutons de commande pour guider la feuille (1).
- 2- Boutons de commande pour la mise en marche de la machine (2).
- 3- Boutons de réglage pour tête d'aspiration (3).
- 4- Boutons de réglage pour table de la pile (4).
- 5- Ecran (5).

I.4.3.1.1. Fonctionnement

Une fois la pile de feuille placée sur le margeur, la tête aspire la feuille supérieure et elle la transporte jusqu'aux roulettes de départ, où elle sera mise sur la table inclinée pour la guider à l'entrée du premier groupe d'impression.

I.4.3.2. Groupe d'impression

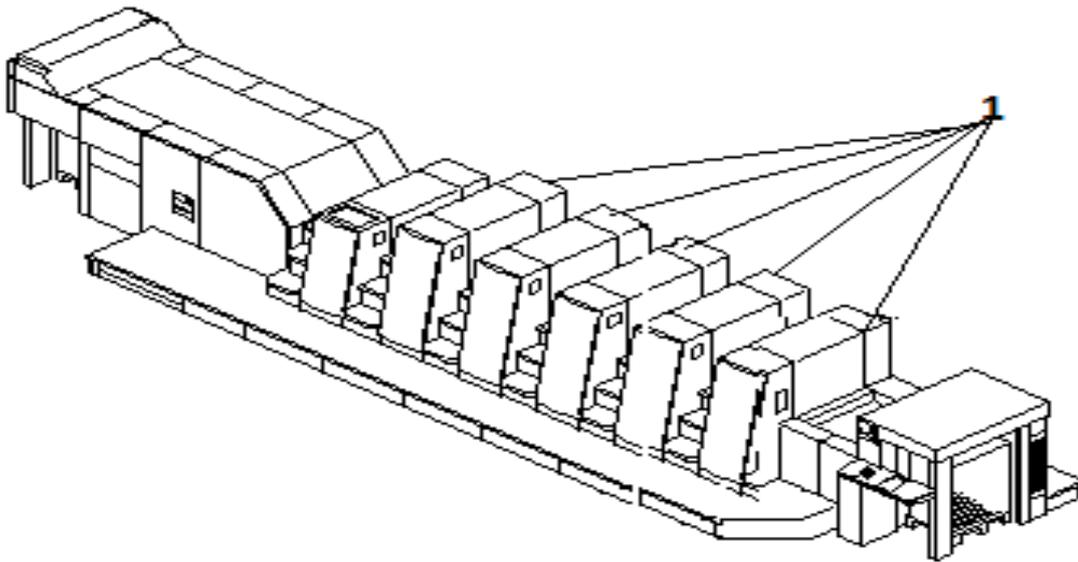


Figure I.7. Emplacement des groupes d'impressions.

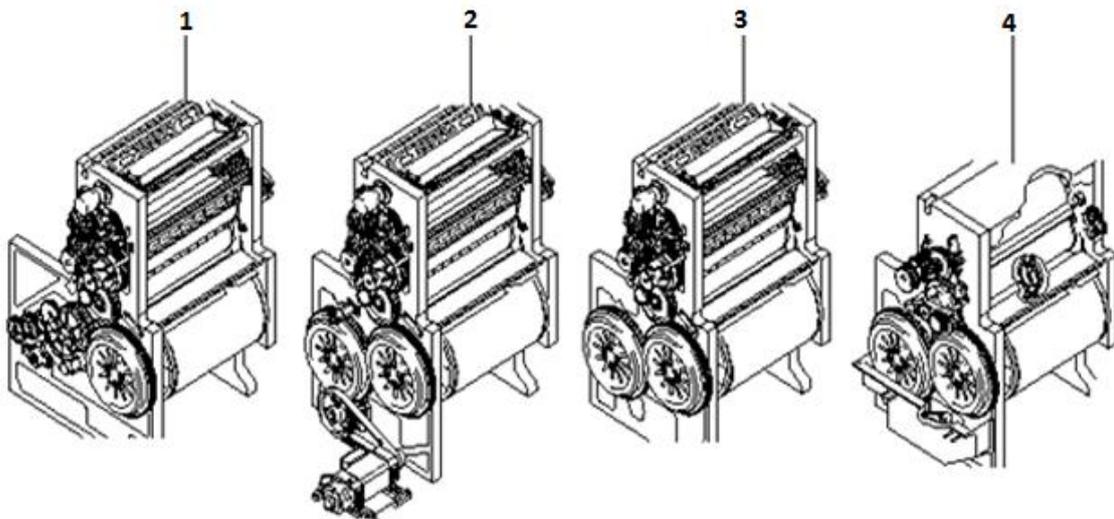


Figure I.8. Les composants de la chaîne cinématique.

La CD-74 dispose de 5 groupes d'impression similaires (Fig.I.7) .Le 1^{er} (Fig.I.8.1) est doté d'un mécanisme pour entrer la feuille dans le premier cylindre de transfert est le 2^{ème} (Fig. 1.8.2) est couplé à un moteur électrique qui fait tourner la chaîne cinématique dont elle est constituée des pignons des 5 groupes, un chariot de la réception est un groupe de vernie (Fig.I.8.4).

Les groupes d'impression se situent entre le margeur est le groupe de vernie. Chaque groupe équipé de :

- Ensemble de cylindres.
- Dispositif d'encrage.
- Dispositif de mouillage.
- Système de lavage automatique des rouleaux.

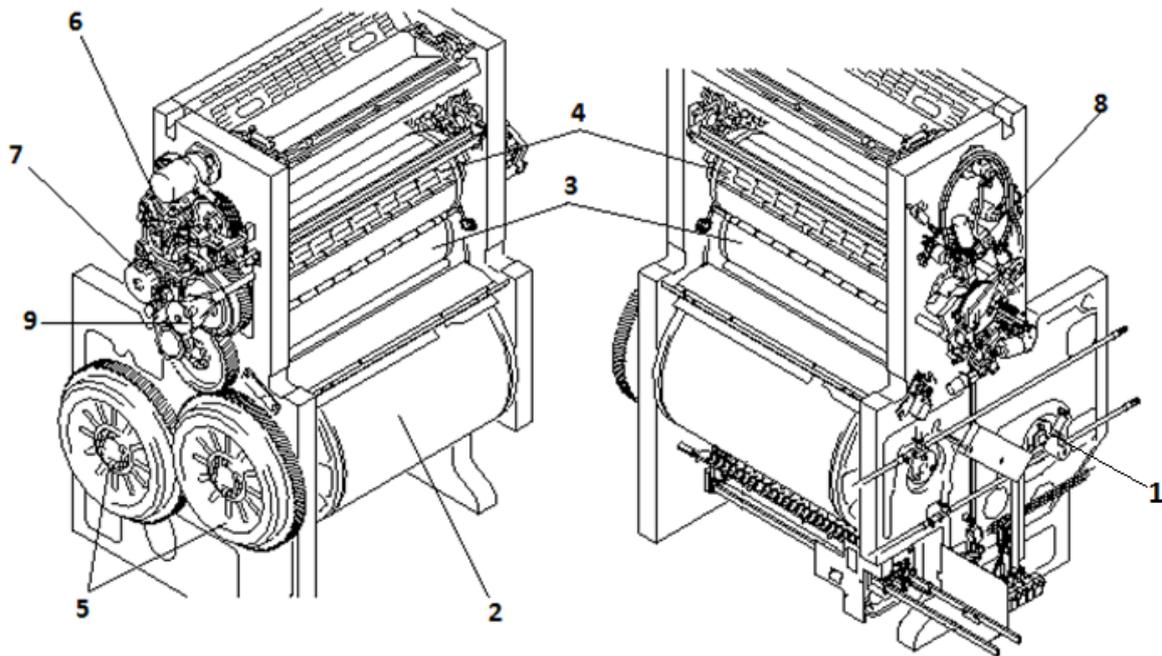


Figure I.9. Groupe d'impression.

I.4.3.2.1. Ensemble des cylindres

Constituée de plusieurs cylindres (**fig1.9**). On trouve :

- Cylindre de transfert (1).
- Cylindre d'impressions (2).
- Cylindre porte blanchet (3).
- Cylindre porte plaque (4) qui est équipée d'un mécanisme d'ajustement pour la mise en page (9) et un système pneumatique qui maintient la plaque dans sa position.

Chaque cylindre est doté d'engrenage qui assure la rotation (5) et représente une partie de la chaîne cinématique de la machine. Ce dernier est lubrifié en permanence par un système hydraulique de 1 bar et 6 bars pour les roulements.

I.4.3.2.2. Dispositif d'encrage

Composée de plusieurs rouleaux et cylindres comme suite (Fig.I.10) :

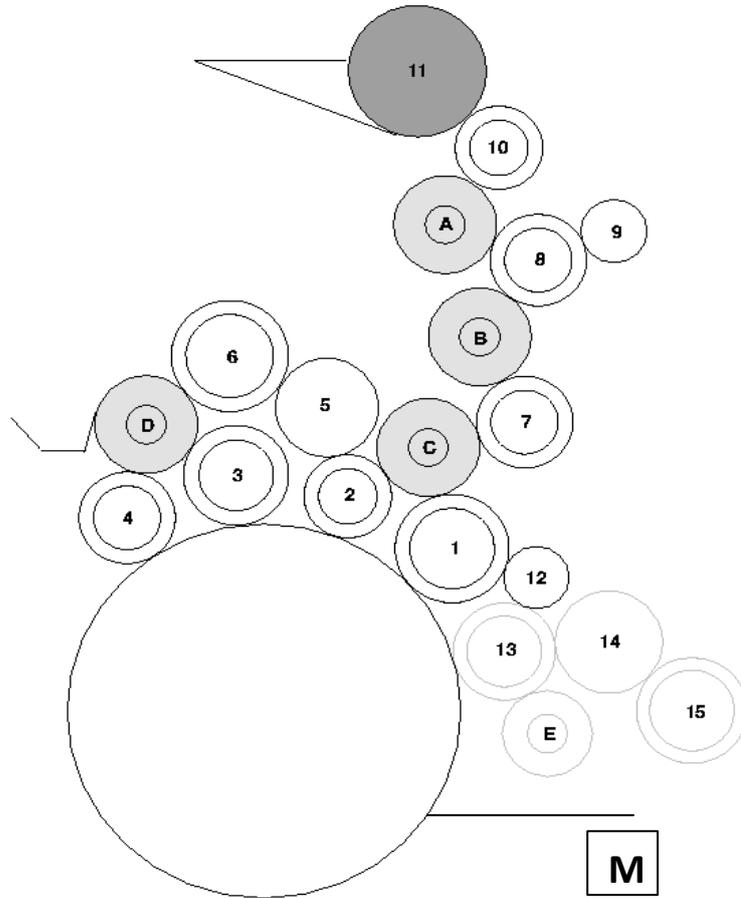


Figure I.10. Les rouleaux du dispositif d'encrage (Tab III.).

Tableau III. Les éléments constituant le dispositif d'encrage (Fig I.10).

Elément	Nom	Elément	Nom	Elément	Nom
A	Cylindre transfert	2	Rouleau toucheur	8	Rouleau transfert
B	Cylindre transfert	3	Rouleau toucheur	9	Rouleau transfert
C	Cylindre transfert	4	Rouleau toucheur	10	Rouleau preneur
D	Cylindre transfert	5	Rouleau transfert	11	Rouleau dicteur
M	Cylindre porte plaque	6	Rouleau transfert	12	Rouleau intermédiaire
1	Rouleau toucheur	7	Rouleau transfert		

Les cylindres de transferts d'encrage (A-D) assurent l'homogénéité de la quantité d'encre sur les rouleaux en se déplaçant dans le sens transversale. Elle est équipée d'un système de refroidissement (Fig.I.9.6, 8) qui évite la surchauffe de ces dernières lors de son mouvement.

I.4.3.2.3. Dispositif de mouillage

Le système utilise une solution d'additives, d'eaux et d'alcool. Ce dernier est composé de plusieurs rouleaux qui (Fig.I.11) sont les suivant :

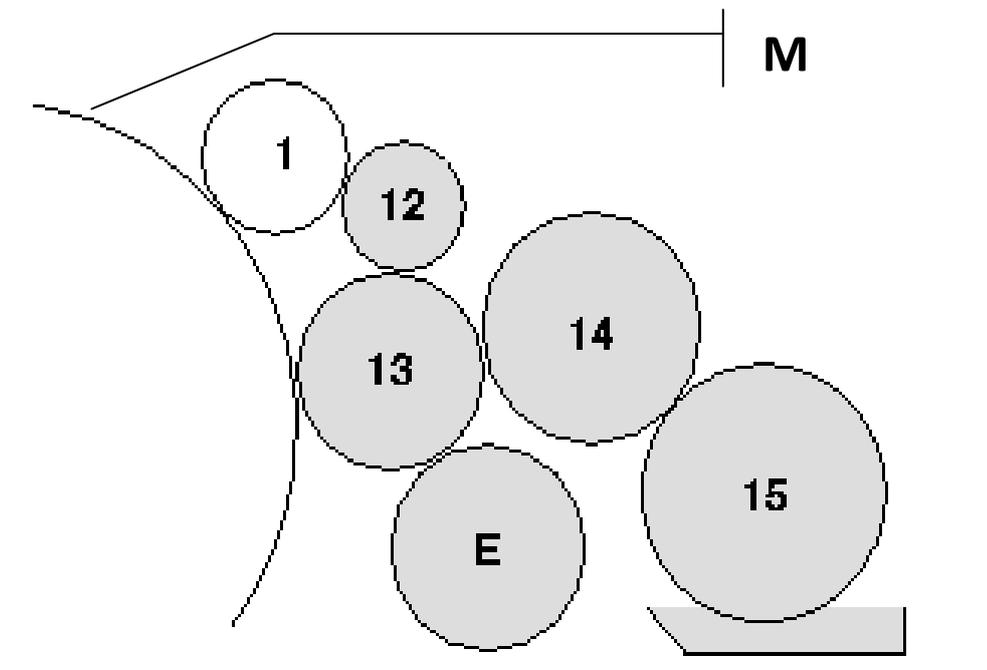
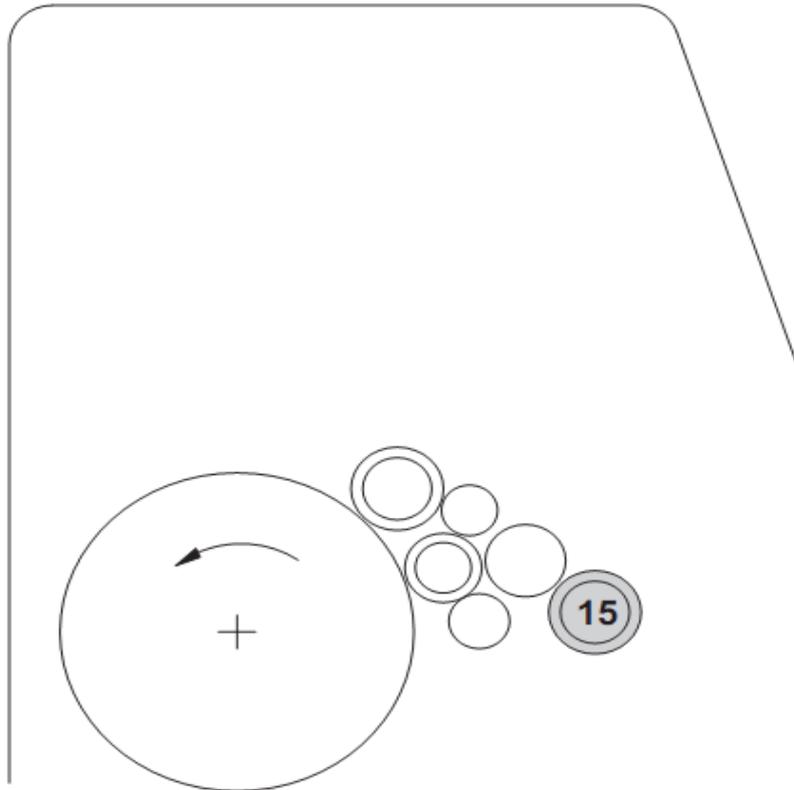


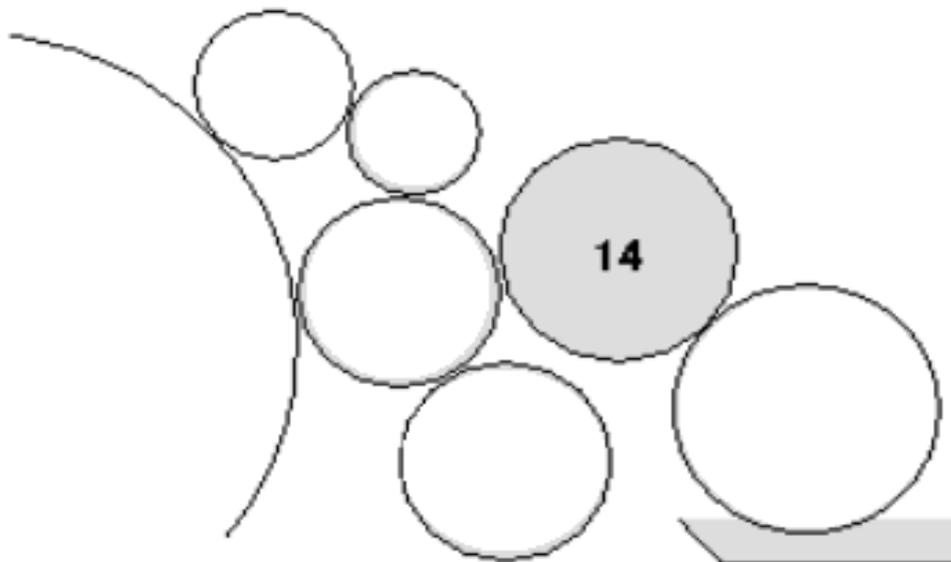
Figure I.11. Les rouleaux du système mouillage (Tab.IV).

Tableau IV. Les éléments constituant le dispositif de mouillage (Fig.I.11).

Elément	Nom
E	Rouleau dégraisseur
M	Cylindre porte plaque
1	Rouleau toucheur (dispositif d'enrage)
12	Rouleau intermédiaire
13	Rouleau toucheur mouilleur
14	Rouleau doseur
15	Rouleau barboteur

I.4.3.2.3.1. Rouleau barboteur**Figure I.12.** Emplacement du rouleau barboteur.

Un rouleau en caoutchouc de 12 Kg située en amont du rouleau doseur (15). Ce dernier permet le transfert de solution du mouillage depuis le bac jusqu'aux autres rouleaux de système par contact direct entre eux. Sa rotation se fait par un moteur électrique (Fig.I.9.7).

I.4.3.2.3.2. Rouleau doseur**Figure I.13.** Emplacement rouleau doseur.

Un rouleau en chrome situé entre le barboteur et toucheur mouilleur (**Fig.I.13.14**) dont il est fixé comme le barboteur (**Fig.I.13.2**) sa rotation est assurée par le barboteur (par la roue denté du barboteur). Son rôle est de gérer la quantité de solution de mouillage transmis par ce le rouleau barboteur et de la transférer au rouleau toucheur mouilleur.

I.4.3.2.3.3. Toucheur mouilleur

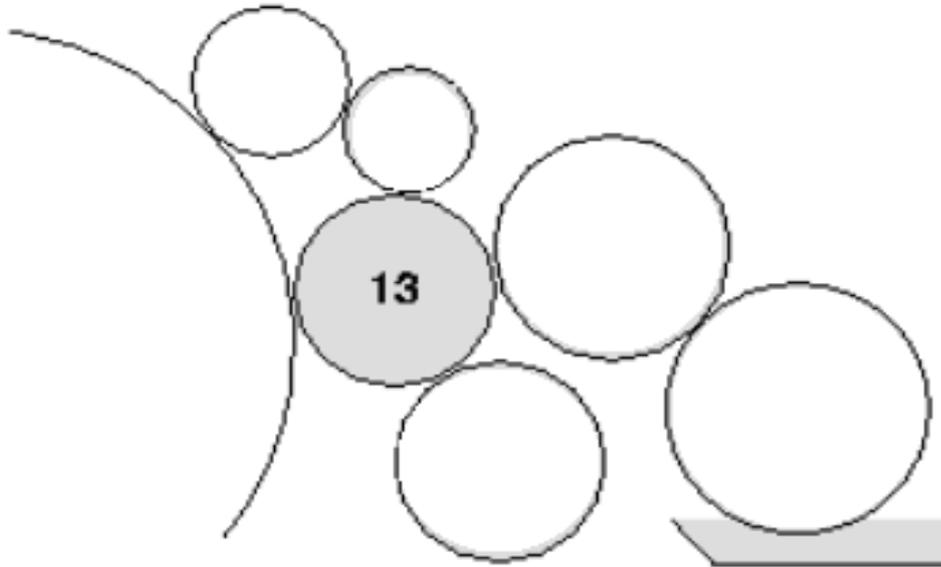


Figure I.14. Emplacement de toucheur mouilleur.

Un rouleau en caoutchouc situé entre le doseur et le dégraisseur. L'intermédiaire est le cylindre porte plaque (**13**) fixé sur un support pivotant grâce a un vérin. Sa rotation est due au contact avec le cylindre porte plaque.

I.4.3.2.3.4. Dégraisseur

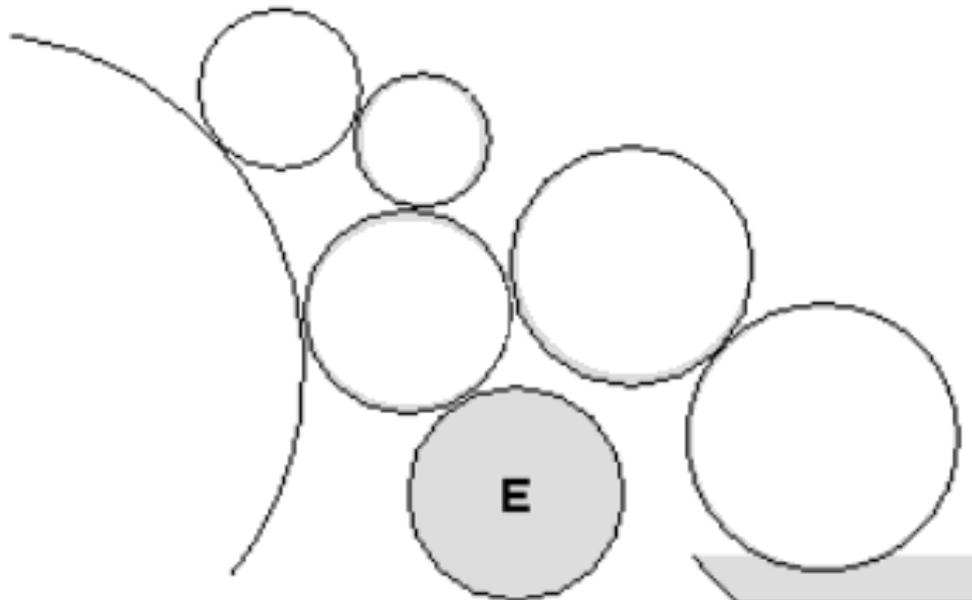


Figure I.15. Emplacement de rouleau dégraisseur.

Un rouleau non démontable de surface chromée située sous le toucheur mouilleur et le doseur (**Fig.I.15**). Son rôle est de nettoyer le toucheur mouilleur par son mouvement va et viens sur son axe et il protège le bac de mouillage contre le sur plus d'encre et il assure la stabilité de quantité de solution de mouillage sur le toucheur mouilleur. Sa rotation est assurée par la transmission par engrenage.

I.4.3.2.3.5. Intermédiaire

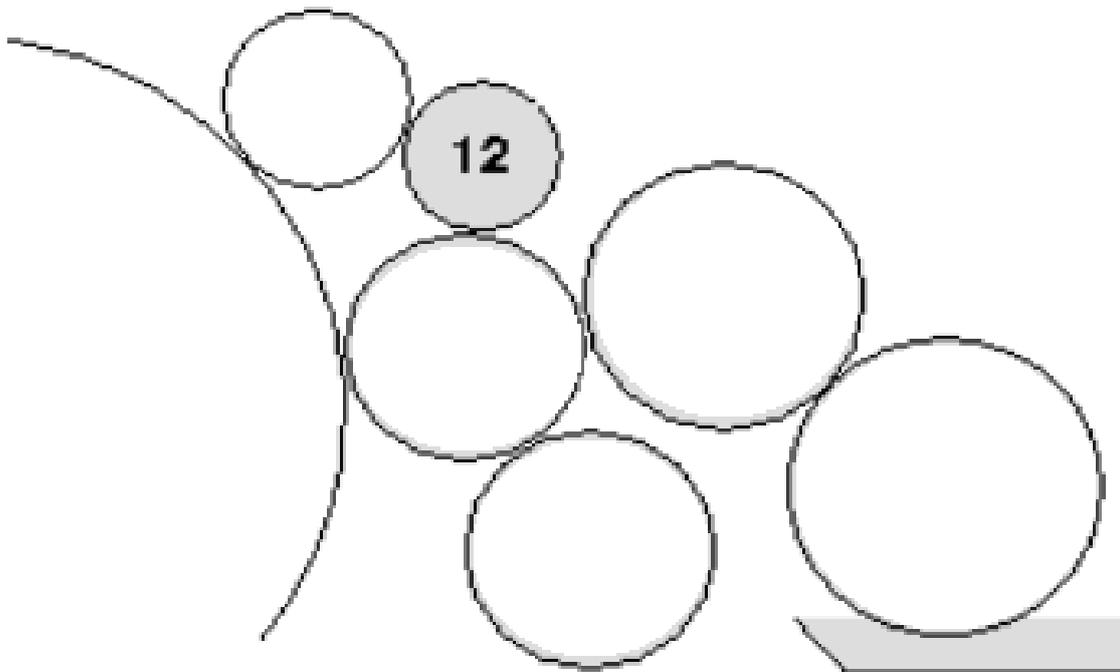


Figure I.16. Emplacement rouleau intermédiaire.

Un rouleau en caoutchouc située entre les deux toucheurs (mouilleur / encreur) (**Fig.I.16.12**). Son rôle est de laver le toucheur mouilleur et d'assurer l'équilibre entre l'encre et la solution de mouillage.

Le rouleau intermédiaire est fixé sur un support pivotant qui permet de l'activer ou désactiver.

Les rouleaux de systèmes de mouillage sont réglable les un par rapport aux autres grâce à des tiges de réglages (**Fig.I.17**).

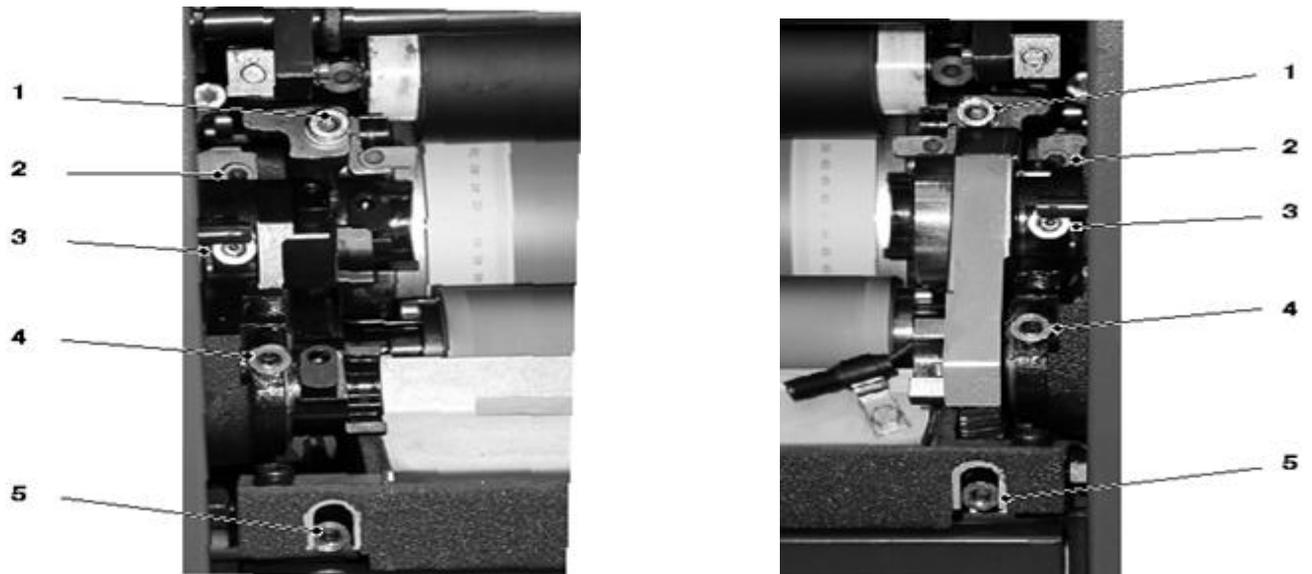


Figure I.17. Tiges de réglage(Tab.V).

Tableau V. La nomenclature de la figure I.17.

Tige	Rouleau à régler
1	Intermédiaire / Toucheur encreur
2	Toucheur mouilleur / cylindre porte plaque
3	Doseur / Toucheur mouilleur
4	Barboteur / doseur
5	Toucheur mouilleur / Dégraisseur

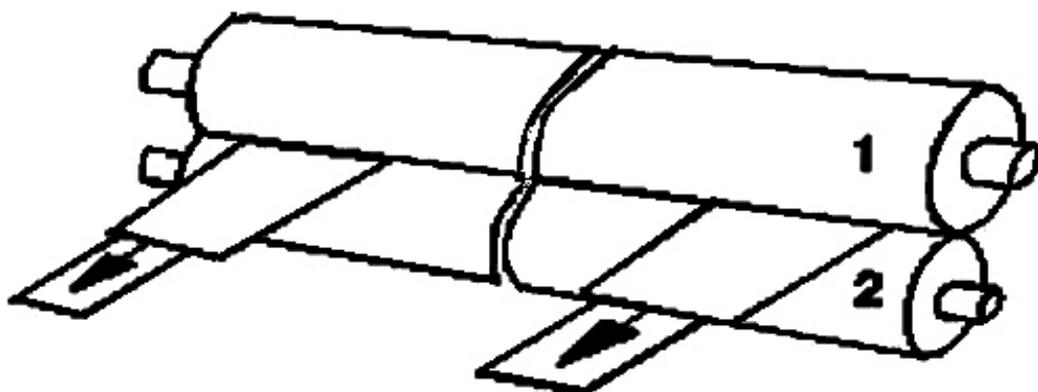


Figure I.18. Ajustement des rouleaux.

Pour avoir un bon positionnement des rouleaux, on utilise une gauge (morceaux de plastique très fin) sur les deux extrémités de rouleau (**Fig.I.18**). pour cherche l'encadrement parfait du dessins sur la feuille.

I.4.3.2.4. Dispositif de lavage automatique des rouleaux et cylindres

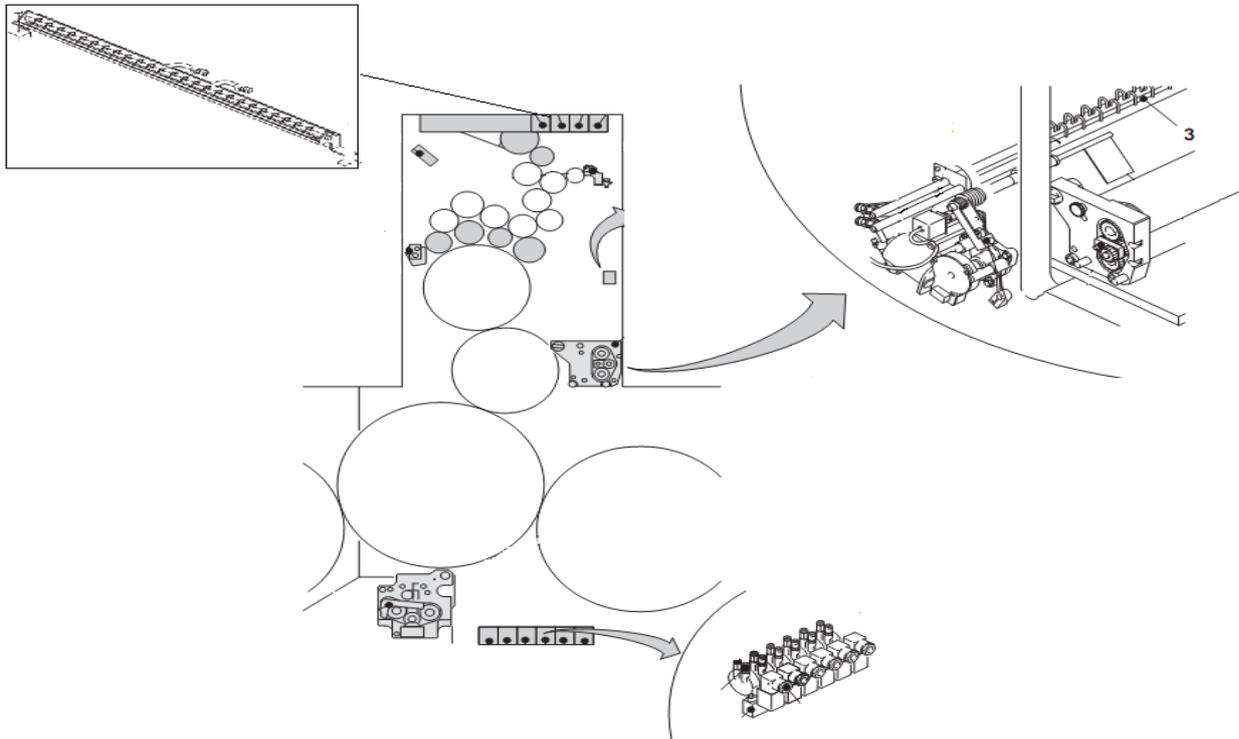


Figure I.19. Dispositif lavage automatique.

La CD-74 est équipée d'un dispositif de lavage automatique (**Fig.I.19**) qui enlève tous l'encre repartie sur les rouleaux est les cylindres de groupe en utilisant la solution de mouillage et un tissu spéciale.

Le procéder se fait automatiquement sans l'intervention de l'être humaine.

I.4.3.2.5. Fonctionnement

Le procédé d'impressions se fait dans ces 5 groupes. La plaque qui porte l'empreinte du graphisme va être mouillée par le système de mouillage là où la solution de mouillage va occuper tout emplacement de la plaque sauf où il ya l'empreinte. Cette dernière va être encrée par l'encre qui se trouve dans la partie supérieure du groupe. Il va descendre jusqu'au cylindre porte plaque par le dispositif d'encrage où la plaque va prendre du graphisme et le projeter sur le cylindre blanchet qui va l'imprimer sur le cylindre d'impression où se trouve la feuille. Après elle passera par les 5 groupes à l'aide des cylindres de transfert où elle va prendre une couleur dans chaque groupe jusqu'à elle arrive aux groupe de vernie.

I.4.3.3. Groupe de vernie

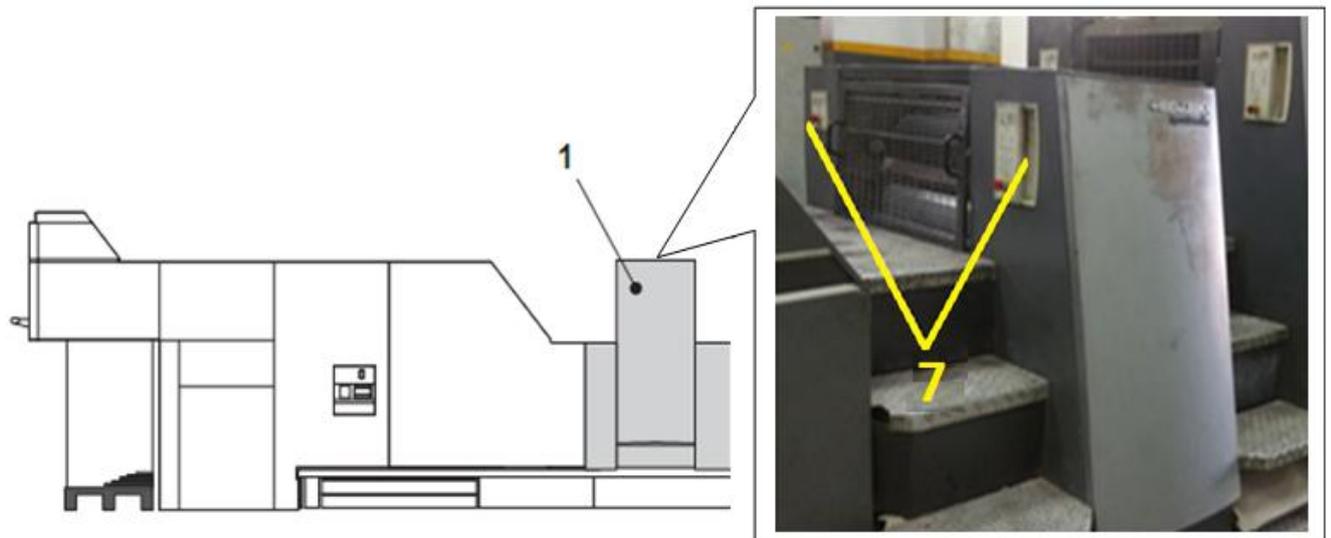


Figure I.20. Emplacement groupe de vernie.

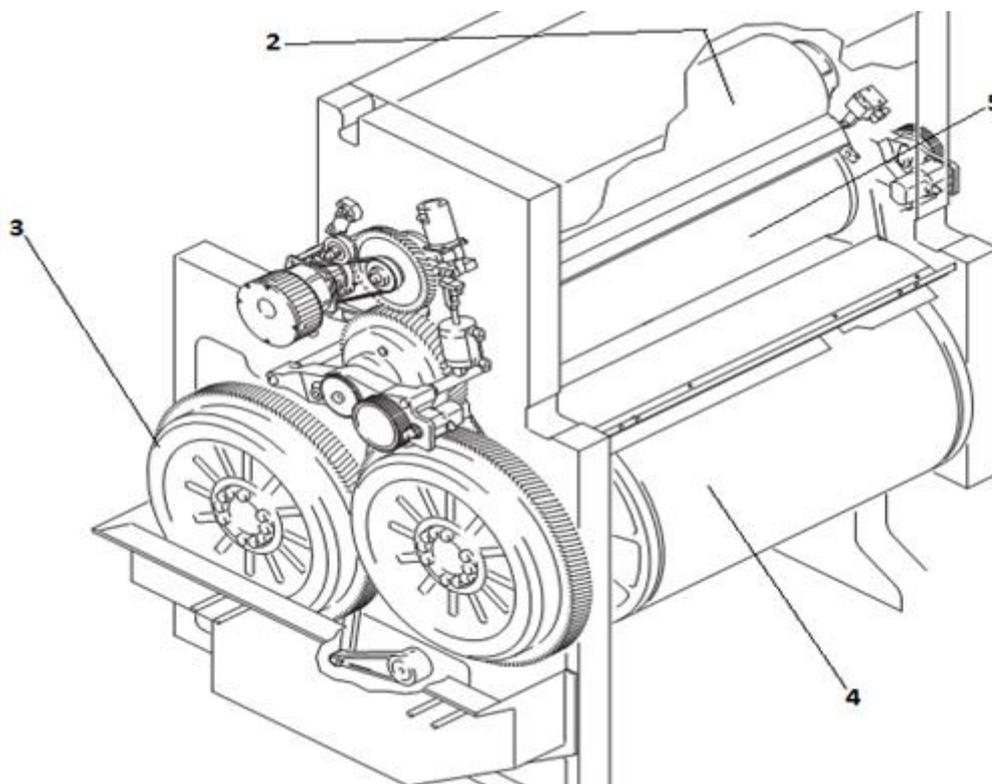


Figure I.21. Dessin technique de groupe de vernie.

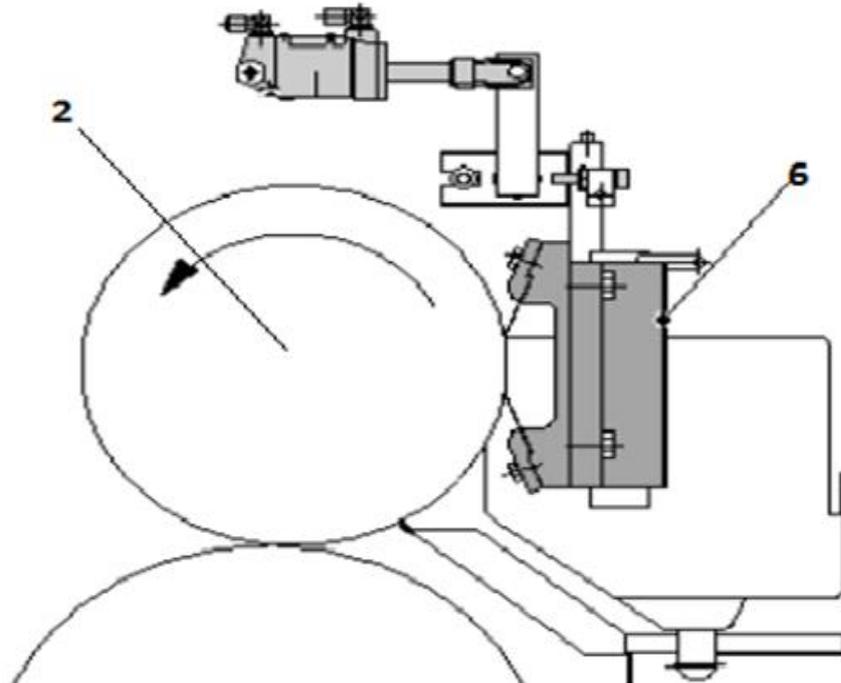


Figure I.22. Plaque de vernissage.

Le groupe de vernis est le dernier groupe sur la chaîne cinématique de la machine. Il se situe entre la réception et les groupes d'impressions. Son rôle est d'imprimer le vernis sur la feuille et pour cela il est équipé de :

- Une plaque d'injection de vernis (**Fig.I.22.6**).
- Un grand rouleau en caoutchouc surnommé (doseur) (**Fig.I.21.2**) couplée avec un moteur électrique est un système pneumatique (vérins).
- Un cylindre porte blanchet (**Fig.I.21.5**) équipée d'un mécanisme d'ajustement (la mise en page).
- Un cylindre d'impressions (**Fig.I.21.4**).
- Un cylindre de transfert (**Fig.I.21.3**).
- Des commandes pour le groupe de vernis (**Fig.I.20.7**).

I.4.3.3.1. Fonctionnement

Le procédé de vernissage se fait par injection du vernis sur le doseur qui va transférer la quantité vers le blanchet où il va la transmettre lui aussi, au cylindre d'impressions où se trouve la feuille.

I.4.3.4. Réception



Figure I.23. La Réception.

C'est la dernière partie de la machine (Fig.I.23.), elle contient :

- une table de réception des feuilles (1).
- 4 sécheurs (2 avec lampe et 2 avec l'air chaud) de lampes (2) équipés d'un système de refroidissement.
- un système de séchage avec une poudre (3).

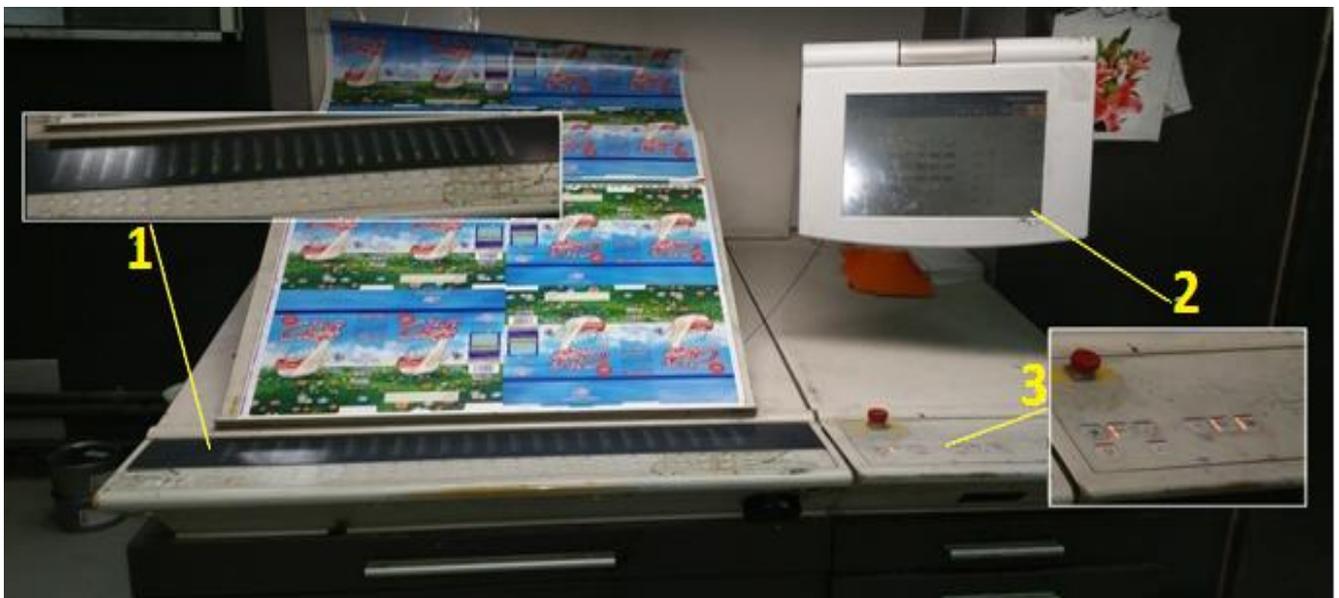


Figure I.24. Poste CP.

- Un poste de commande CP (Fig.I.24) qui comporte d'une table qui contrôle la quantité d'encre (1), un écran tactile (2) qui donne les informations sur les réglages est permet de la mise en marche des systèmes (encrage, mouillage et le system de lavage automatique des rouleaux).

On trouve aussi une molette qui commande la machine (3).

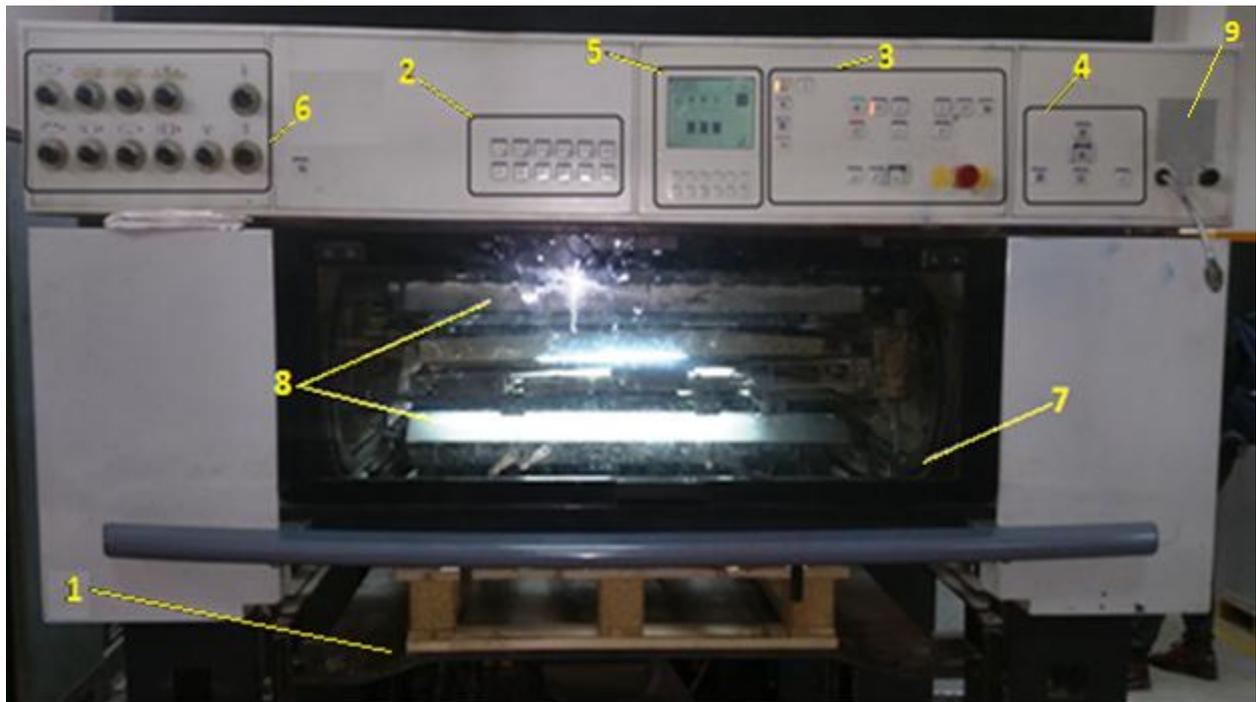


Figure I.25. Vue de face de la réception.

Sur l'interface de la réception (**Fig.I.25**) on trouve :

- Les touches de commande pour la mise en marche de la machine (**3**).
- Les touches de commande pour l'activation de sécheur et réglage des taqué de la pile de réception (**5**).
- Les touches de commande mouillage (**2**).
- Les touches de commande pour la table de réception (**4**).
- Les touches de commande pour les réglages de sécheur (**6**).

La réception dote aussi d'un chariot équipée d'un système de chaîne (**7**) qui comporte 11 barres de pince (**8**) qui vont transporter les feuilles du groupe de vernie jusqu'à la plaque de réception.

Pour garder le contact entre les 2 conducteurs de la machine (conducteur de margeur /conducteur de réception), la CD 74 est équipé 1 ou 2 poste de communication (**9**), un sur le margeur et l'autre sur la réception.

I.4.3.4.1. Fonctionnement

Quand la feuille sort de groupe vernie, elle sera attrapée par les pinces de chariot de la réception qui la fait passer par un sécheur. Ce dernier fait sécher l'encre et le vernie sur la feuille. En suite la feuille est transporter jusqu'à la table de réception là où elle sera déposée sur une palette.

I.4.3.5. Les armoires de la machine

La CD-74 contient une armoire électrique générale est trois sous armoire qui commandent tout la machine :



Figure I.26. Armoire de sécheur.

I.4.3.5.1. Armoire de sécheur

Cette armoire contient 2 turbines et un système électronique qui gère les réglages de sécheur (Fig.I.26.):

- Température pour le séchage d'encre sur la feuille.
- La mise en forme de la feuille.
- Mise en vielle / marche de sécheur.
- Contrôle du système de refroidissement et ventilation de sécheur.

I.4.3.5.2. Armoire de compresseur

Elle contient un compresseur pour margeur et la réception est des turbines avec un système électronique qui gère :

- l'aspiration et le refoulement d'air sur margeur est la réception.

I.4.3.5.3. Armoire de mouillage (Technotrans)

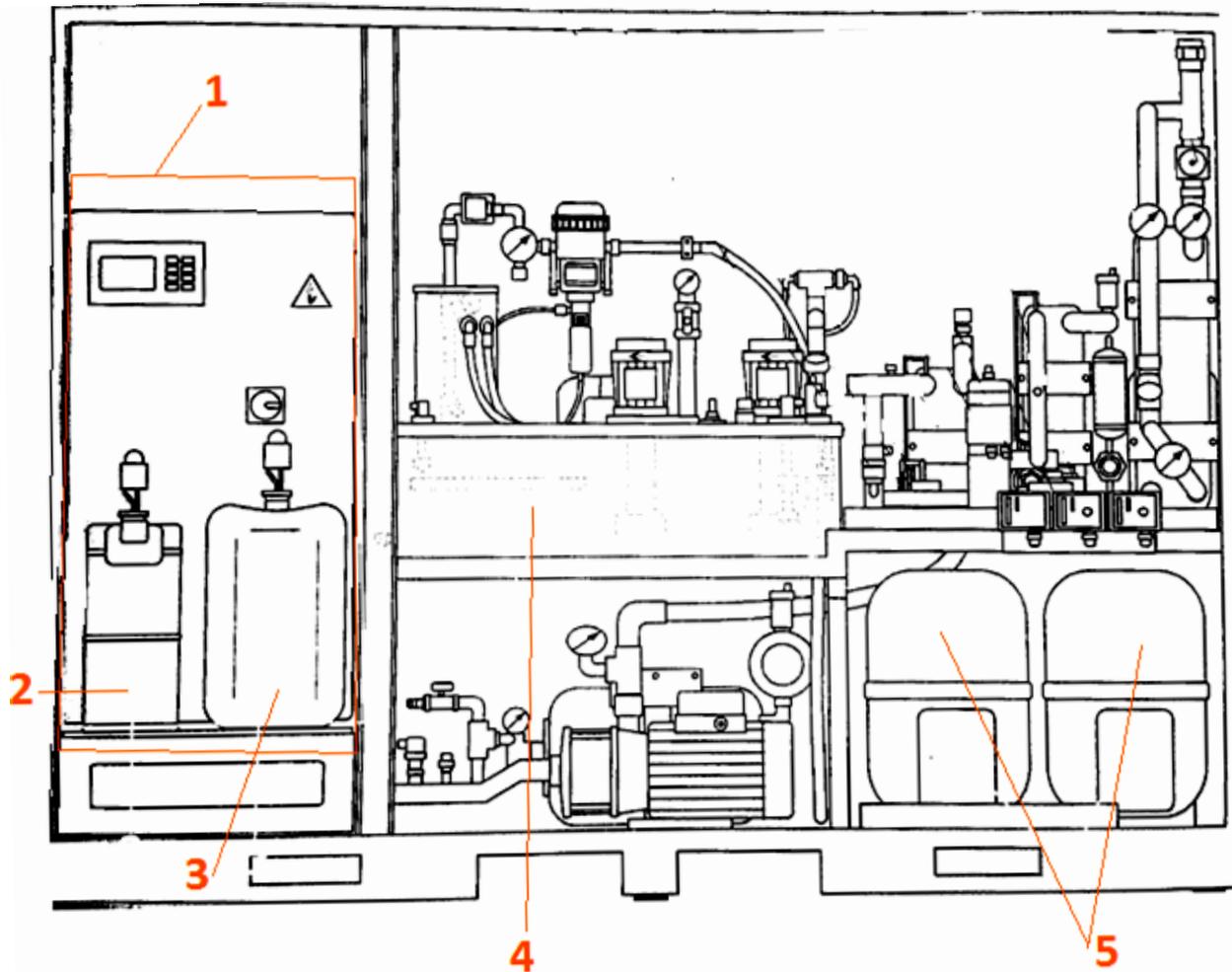


Figure I.27. Armoire de mouillage.

Equipée de 3 réservoirs: d'alcool (2), d'additive (3) et de la solution de mouillage (4) système de refroidissement (5) et un système électronique (1) qui permet de :

- Contrôler la température de la solution de mouillage et de la stabilisée sur la température optimale 13°
- Veillez sur la circulation de la solution de mouillage dans le bac de mouillage et groupe d'impression
- Le refroidissement des cylindres de transfert des groupes d'impressions.
- Prépare la solution de mouillage avec un bon dosage (alcool, additive).

I.4.3.5.4. Armoire générale

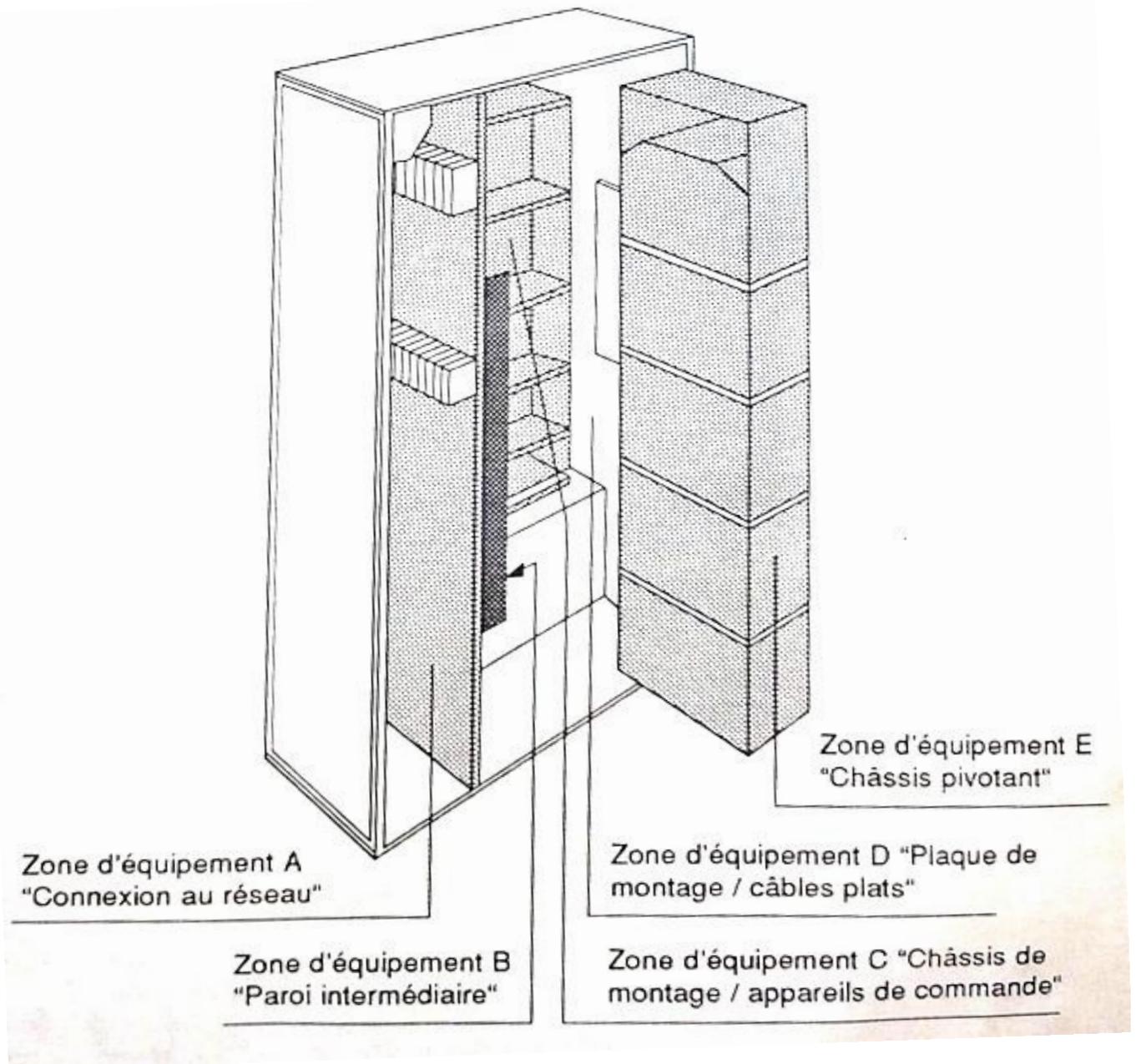


Figure I.28. Armoire générale.

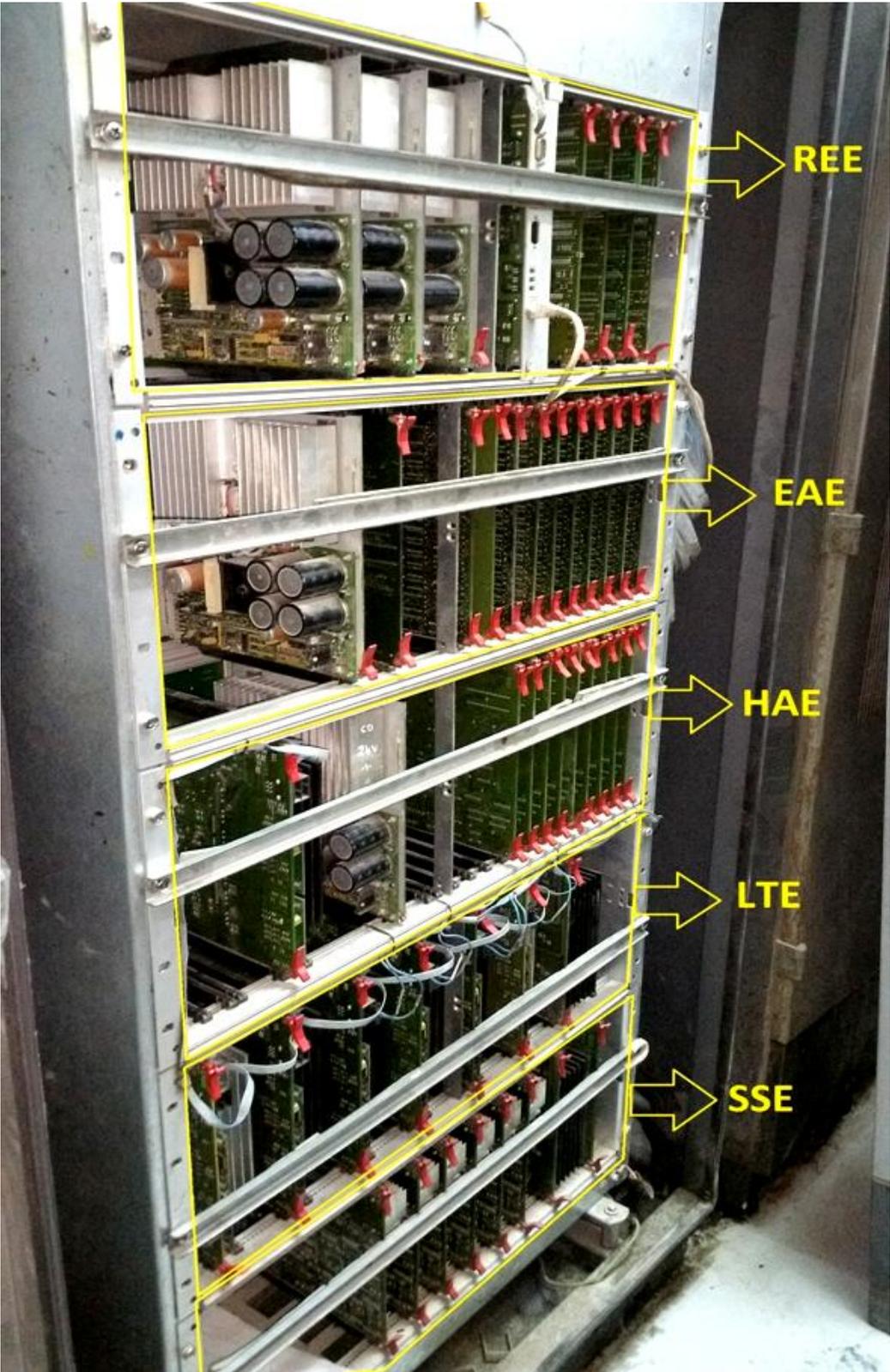


Figure I.29. Zone d'équipement « E ».

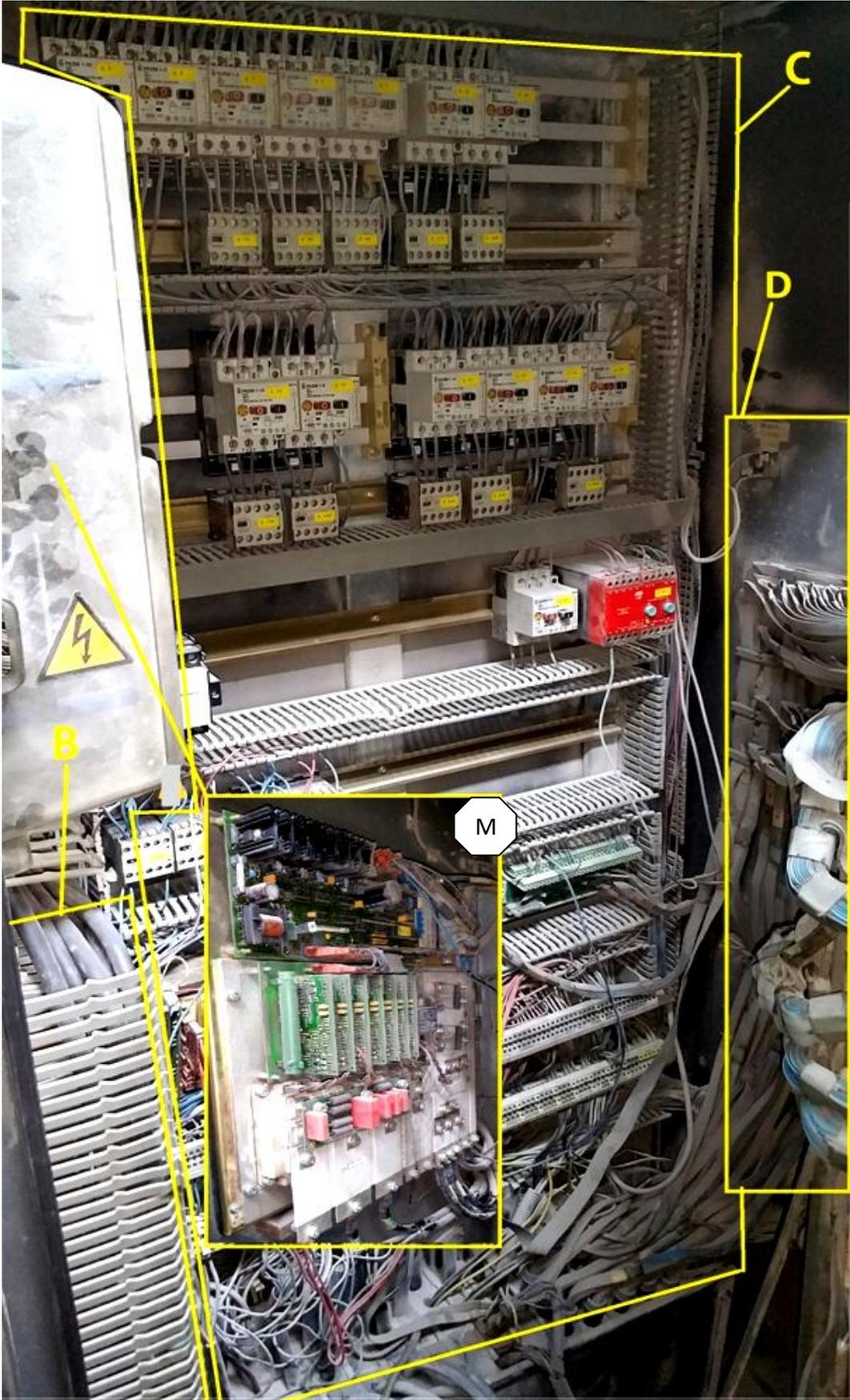


Figure I.30: Zones d'équipement « B C D ».



Figure I.31. Zone d'équipement « A ».

L'armoire générale se compose de 5 zones d'équipement :

- Zone « A » connexion réseaux (**Fig.I.31**) : contient un transformateur et un disjoncteur principal.
- Zone « B » paroi intermédiaire (**Fig.I.30**) : là où se trouve la carte de moteur principale (**Fig.I.35**).
- Zone « C » appareils de commande (**Fig.I.30**) : l'emplacement des différents composants de commande électrique.
- Zone « D » plaque de montage des câbles (**Fig.I.30**) : permet de retenir les câbles en position.
- Zone « E » l'emplacement des cartes électroniques (**Fig.I.29**) : composé de plusieurs étages (rack) de cartes électroniques :
 - REE : rack d'ordinateur.
 - EAE : rack d'entrées/sorties.
 - HAE : rack d'entraînements auxiliaires.
 - LTE : rack de composants de puissance.
 - SSE : rack de commande cerveau-entraînement.

I.4.3.5.5. Fonctionnement

Chaque armoire gère une ou plusieurs tâches spéciales sur le même procédé de fonctionnement : réception de l'information – traitement de l'information – l'exécution par le système.

I.5. Conclusion

Le constructeur allemand a amélioré la conception de ces nouvelles machines par rapport à la précédente génération de façon qu'il a minimisé les opérations sur les conducteurs par la technologie CP 2000 qui rend la CD 74 plus facile à utiliser.

Références

- [1] Site web: <http://www.sipa-dz.com/>
- [2] Hiedelber. « Speedmaster SM 102 /speedmaster CD 102 preset plus An/ausleger ». Edition 10/03.91.147.9300.
- [3] Hiedelberger Druckmaschinen AG. « Specifications and technical characteristics of the Heidelberg Speedmaster CD 74 and the corresponding peripheral equipment ». 2001.
- [4] Hiedelber. « Speedmaster CD 74 CP Tronic modular ».Edition 10/01.
- [5] Site web: <http://www.imprimerie-faguier.fr/histoire-de-la-lithographie-offset>.
- [6] Site web: http://cerig.pagora.grenoble--inp.fr/ICG/Dossiers/SDM/Chap-I.html#Procede_offset_12.

Chapitre II

Étude de la fiabilité

II. Introduction

L'exécution de la maintenance dans une entreprise industrielle est d'une importance capitale pour maintenir les équipements en état de bon fonctionnement. La maintenance dans sa plus large définition est l'ensemble de toutes les opérations de gestion, de programmation. Le calcul de la fiabilité d'un équipement constitue un outil incontournable pour évaluer l'efficacité de n'importe quelle entité. Les concepteurs et les utilisateurs sont souvent confrontés à des contraintes par pauvreté ou par manque de modèles permettant de faire des études prévisionnelles correctes.

Ainsi, le choix d'une loi de comportement du matériel (calcul de la fiabilité) devient une tâche très compliquée la conduite du calcul est conditionnée par le choix convenable d'une loi de fiabilité décrivant le comportement des différents composants constituant une entité.

II.1. Définition de la fiabilité

Le terme "fiabilité" est un néologisme introduit dans les années soixante pour traduire le terme anglo-saxon "reliability". La Commission électronique internationale donne à la fiabilité la définition suivante : "Aptitude d'un dispositif à accomplir une fonction requise dans des conditions données, pendant un intervalle de temps donné.

En pratique, la fiabilité se traduit souvent comme l'aptitude d'une entité à avoir une faible fréquence de défaillance.

L'absence de fiabilité entraîne des défaillances, des arrêts de production, des retards, des pertes ainsi qu'une baisse globale de productivité.

II.2. Objectifs et intérêts de la fiabilité en mécanique

L'analyse de la fiabilité constitue une phase indispensable dans toute étude de sûreté de fonctionnement. Dans le domaine de la mécanique, cette analyse est un outil très important pour caractériser le comportement du produit dans les différentes phases de vie, mesurer l'impact des modifications de conception sur l'intégrité du produit, qualifier un nouveau produit et améliorer ses performances tout au long de sa mission.

- L'analyse de la fiabilité en mécanique apporte des réponses à plusieurs questions comme:
 - Quels sont les composants qui provoquent la panne du système mécanique ?
 - Quelles sont les influences des incertitudes sur les données de la machine ?
 - Comment optimiser l'utilisation du matériel ?

II.3. Fiabilité d'un système

La détermination de la fiabilité d'un système mécanique, électronique ou autre nécessite tout d'abord la connaissance de loi de la fiabilité (ou la loi de défaillance) de chacun des composants intervenant dans le système.

II.4. Les lois de probabilité utilisées en fiabilité

II.4.1. Variable aléatoire

Chaque fonction possède une variable aléatoire notamment en probabilité qui consiste à représenter un système sous forme mathématique et permettre de prévoir son comportement durant toute sa durée de vie.

Chaque variable est associée à une distribution qui se caractérise par une fréquence obtenue par une observation d'évolutions d'un système.

Il existe deux types de variables :

- Une variable aléatoire discrète
- Une variable aléatoire continue

II.4.1.1. Variable aléatoire discrète

Une loi est dite discrète si elle prend ses valeurs dans \mathbb{N} , c'est à dire des valeurs entières, par exemple le nombre de pannes.

En raison de la complexité des plusieurs lois de la fiabilité, nous étudierons les lois largement employées dans le calcul de la fiabilité des systèmes.

Parmi les lois discrètes le plus utilisées en fiabilité, on peut citer:

- Lois binomiales.
- Lois de poisson.

II.4.1.1.1. La loi binomiale

C'est une loi de probabilité discrète qui modélise le nombre d'événements pour un nombre fixe d'essais. Chaque essai à deux résultats possibles « succès » et « échec » est une occurrence du résultat qui vous intéresse.

Cette loi apparaît comme étant particulièrement intéressante pour des essais est :

$$p(k) = c_k^n p^k (1-p)^{n-k} \quad (\text{II.1})$$

p : Probabilité pour que la défaillance se produise au cours d'un seul essai.

c_k^n : Nombre de combinaisons de (k) défaillances prises parmi (n) essais.

Avec les paramètres et significations :

- $n \geq 0$: Nombre d'épreuves.
- $0 \leq p \leq 1$: probabilité de succès.

II.4.1.1.2. La loi de poisson

La loi de Poisson est caractérisée par un seul paramètre lambda (λ). Ce paramètre représente la moyenne et la variance. Si lambda est suffisamment élevé, la loi normale (λ) peut être utilisée pour obtenir une approximation de la loi de Poisson.

Elle servira à étudier les phénomènes rares, tels que les accidents, pannes, défauts de fabrication où la probabilité « p » est très faible ($p < 0.05$).

Elle peut également dans certaines conditions être définie comme limite d'une loi binomiale.

Sa fonction de fiabilité est :

$$P_{(t,n)} = e^{-\lambda t} \frac{(\lambda t)^n}{n!} \quad (\text{II.2})$$

Avec les paramètres et significations :

- $n!$: le factoriel de n.
- λ : le nombre moyen d'événements par unité de temps.

II.4.1.1.3. Différences entre la loi de Poisson et la loi binomiale

La loi de Poisson est semblable à la loi binomiale, car toutes deux modélisent des dénombrements d'événements. Toutefois, la loi de Poisson ne place aucune borne supérieure sur ce dénombrement dans la limite de son espace d'observation fini. À l'inverse, la loi binomiale définit une limite supérieure sur le dénombrement, le nombre d'événements observés ne peut pas être supérieur au nombre d'essais réalisés.

II.4.1.2. variable aléatoire continue

Par définition C'est un intervalle de temps entre défaillances consécutives d'un matériel. Une loi continue décrit les probabilités des valeurs possibles d'une variable aléatoire continue. Ce dernier C'est une variable aléatoire qui possède un ensemble de valeurs possibles (appelé étendue) infini et non dénombrable.

Dans ce cas en utilisant les lois suivantes :

- La loi exponentielle.
- La loi log normale.
- La loi de WEIBULL.

II.4.1.2.1. La loi exponentielle

Il s'agit d'une loi de distribution largement utilisée dans de nombreux domaines en général, et dans la maintenance en particulier. Elle décrit la vie des matériels qui subissent des défaillances brutales. La loi exponentielle est plus couramment utilisée en fiabilité des systèmes électroniques pour décrire la période durant laquelle le taux de défaillance des équipements est considéré comme constant (défaillance aléatoire).

En raison des applications multiples de cette loi qui n'est autre qu'un cas particulier de la loi de WEIBULL.

D'une manière générale, la distribution exponentielle est donnée par l'expression suivante:

- **Fonction de probabilité**

$$f(x) = \begin{cases} 0 & ; x < 0 \\ \frac{1}{\beta} e^{-\frac{x}{\beta}} & ; x \geq 0 \end{cases}$$

(II.3)

Avec $\lambda = \frac{1}{\beta}$ (taux de défaillance ou de pannes)

- **La densité de probabilité**

$$f(t) = \lambda \times e^{-\lambda t}, \text{ avec } t \geq 0$$

(II.4)

- **La Fiabilité**

$$R(t) = e^{-\lambda t}, \text{ avec } 0 \leq t \leq +\infty \quad (\text{II.5})$$

- **Le taux de défaillance**

$$\lambda(t) = \lambda = cte, \text{ avec } 0 \leq t \leq +\infty \quad (\text{II.6})$$

II.4.1.2.2. La loi de log normale

C'est une loi de distribution continue définie par ses 3 paramètres d'emplacement, d'échelle et de seuil.

Utilisez la loi log-normale si le logarithme d'une variable aléatoire suit une loi normale. Utilisez-la lorsque les variables aléatoires sont supérieures à 0. Elle est souvent utilisée dans le cadre d'analyses de fiabilité et dans le domaine de la finance, pour modéliser le comportement d'actions par exemple.

En probabilité, une variable aléatoire \mathbf{X} est dite suivre une loi log-normale de paramètres μ et σ si la variable $\mathbf{Y} = \ln(\mathbf{X})$ suit une loi normale de paramètres μ et σ . Une variable peut être modélisée par une loi log-normale si elle est le résultat de la multiplication d'un grand nombre de petits facteurs indépendants.

Sa fonction de probabilité est:

$$n(t) = \frac{n}{\sigma\sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2}\left(\frac{\log(t)-\mu}{\sigma}\right)^2} \quad (\text{II.7})$$

Avec :

- σ : l'écart type.
- μ : c'est la moyenne.

II.4.1.2.3. La loi de WEIBULL

La loi de WEIBULL est une loi de distribution polyvalente ayant de nombreuses applications dans les domaines de l'ingénierie, elle est fréquemment utilisée dans le cadre des analyses de fiabilité pour modéliser la durée de fonctionnement avant défaillance. Elle permet également de modéliser les données de processus asymétriques.

Cette loi permet :

- Une estimation de la MTBF (le temps de bon fonctionnement).
- Les calculs de : fonction de répartition $F(t)$, le taux de défaillance $\lambda(t)$ et Fonction de fiabilité $R(t)$.
- Grâce au paramètre de forme β d'orienter un diagnostic, car β peut être caractéristique de certains modes de défaillance.

Dans sa forme la plus générale, la distribution de WEIBULL dépend des trois paramètres suivants: γ, η, β

- β : Paramètre de forme ($\beta > 0$)
- η : Paramètre d'échelle ($\eta > 0$)
- γ : Paramètre de position ($-\infty > \gamma > +\infty$)

II.4.1.2.3.1. Domaine d'application

Dans notre étude, on a choisi la loi de WEIBULL qui est souvent utilisée dans le domaine d'analyse de la durée de vie, grâce à sa flexibilité, car elle permet de représenter au moins une approximation des lois de probabilité.

Un taux de panne croissant suggère une "usure ou un problème de fiabilité" : les éléments ont de plus en plus de chances de tomber en panne quand le temps passe.

II.4.1.2.3.2. Les paramètres de WEIBULL

- **Fonction de répartition $F(t)$:**

C'est la probabilité que le dispositif soit en panne à l'instant (t)

Elle est exprimée par:

$$F(t) = 1 - e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (\text{II.8})$$

- **Fonction de fiabilité $R(t)$:**

La forme générale est désignée par $R(t)$ représentant la probabilité de bon fonctionnement à l'instant t.

$$R(t) = 1 - F(t) = e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta}\right)^\beta} \quad (\text{II.9})$$

- Taux de défaillance $\lambda(t)$:

Son taux instantané de défaillance $\lambda(t)$ est un estimateur de fiabilité.

Il s'exprime par :

$$\lambda(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1}$$

(II.10)

- Densité de répartition $f(t)$:

Sa densité de probabilité $f(t)$ se calcul par l'expression suivante:

$$f(t) = \lambda(t) \cdot R(t) = \frac{\beta}{\eta} \left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^{\beta-1} \cdot e^{-\left(\frac{t-\gamma}{\eta} \right)^\beta}$$

(II.11)

- Moyenne de temps de bon fonctionnement MTBF:

Le temps moyen jusqu'à défaillance est :

$$MTBF = \alpha \times \eta + \gamma$$

(II.12)

Papier WEIBULL ou graphique d'Allen Plait :

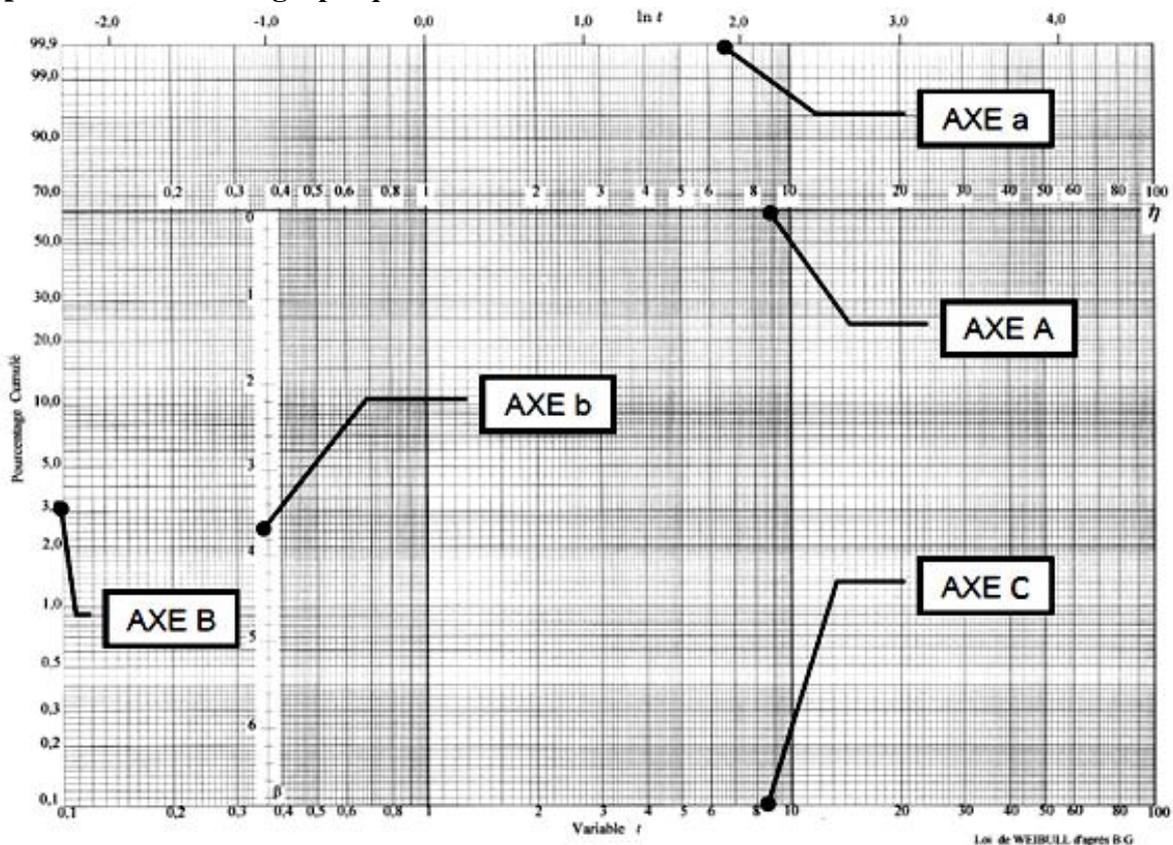


Figure II.1. Papier de WEIBULL.

- **Axe C** : axe des temps sur lequel on pose les valeurs des **TBF**
- **Axe B** : valeurs des probabilités de défaillance **F_i** calculées par la méthode des rangs moyens ou des rangs médians.
- **Axe A** : axe des **η**
- **Axes a** : axe des temps en logarithmes népériens : **ln (t)**
- **Axe b** : axe des **β**

II.4.1.2.3.3. Détermination graphique des paramètres de la loi

1. Préparation des données.
2. Calcul le Temps de bon fonctionnement (TBF).
3. Classement des temps de bon fonctionnement en ordre croissant.
4. Déterminer **n**= nombres de TBF (temps de bon fonctionnement).
5. Calculer les valeurs de **F(i)**, qui représente la probabilité de panne au temps qui correspond au TBF selon les lois suivantes.

- Si $n > 50$, **F(i)** est calculé par la méthode des fréquences Cumulées :

$$F(i) = \frac{i}{n} \quad (\text{II.13})$$

- Si $20 < n < 50$, **F(i)** est calculé par la méthode des approximations des rangs Moyens :

$$F(i) = \frac{i}{n+1} \quad (\text{II.14})$$

- Si $n < 20$, **F(i)** est calculé par la méthode des approximations des rangs médians:

$$F(i) = \frac{i-0,3}{n+0,4} \quad (\text{II.15})$$

Le nombre de TBF est : $(n=6) \Rightarrow n < 20$ alors on a choisi le troisième cas est on calcule la fonction de répartition et en doit remplacé dans la formule suivante :

$$F(i) = \frac{i-0,3}{n+0,4} \quad (\text{II.16})$$

6. Tracer la fonction $F(i) = \alpha \times \text{TBF} + b$

II.4.1.2.3.4. Préparation des données

D'après la formule de la fonction de répartition qu'on a choisie pour calculer le $F(i)$ pour chaque TBF qui se calcule comme suite :

$$TBF = \text{nombre d'heures travaillées} - \text{le temps de défaillance} \quad (II.17)$$

En trouvent les résultats suivants :

Tableau I. la fonction de répartition.

N°	TBF	Effectif (ni)	Rang (i)	Fi	Fi%
1	15	1	1	0,04	4,02
2	20,75	1	2	0,09	9,77
3	44,25	1	3	0,15	15,51
4	66	1	4	0,21	21,26
5	91,5	1	5	0,27	27,01
6	160,5	1	6	0,32	32,75
7	228,5	1	7	0,38	38,50
8	314	1	8	0,44	44,25
9	344,5	1	9	0,5	50,00
10	412,5	1	10	0,55	55,74
11	434,25	1	11	0,61	61,49
12	457	1	12	0,67	67,24
13	504,75	1	13	0,72	72,98
14	526	1	14	0,78	78,73
15	574	1	15	0,84	84,48
16	586,75	1	16	0,90	90,22
17	1194,25	1	17	0,95	95,97

II.4.1.2.3.5. Tracer la droite de WEIBULL

- On représente le nuage de points ($TBF ; F(i)$)
- Puis ont réalisé une approximation linéaire pour avoir une droite. Celons le graphe on a obtenu les résultats suivants :

L'équation de la droite (D) est sous la forme $y = \alpha x + b$ (II.18)

Comme la droite passe par l'origine on aura pour $t=0$, $f(i)=0$ implique que $b=0$

Donc la formule de la droite (D) selon notre graphe est :

$$F(i) = \alpha \cdot TBF$$

Avec
$$\alpha = \frac{38,5 - 0}{19,13 - 0} = 2,01$$

Donc
$$F(i) = 2,01 \cdot TBF$$

- Trace une droite de WEIBULL (**D'**) parallèle à (**D**) après avoir on réalise cette dernière qui passe par la valeur **1** sur l'axe des η (axe A).

Détermination des paramètres de la loi :

- Comme nous avons une droite (**D**), dans ce cas on aura $\gamma = 0$ d'après la loi de WEIBULL
- L'intersection entre la droite (**D'**) est l'axe **b** va donner la valeur de β .
- D'après la valeur de bêta (β) on déduit la valeur d'alpha (α) à partir de tableau des paramètres de WEIBULL

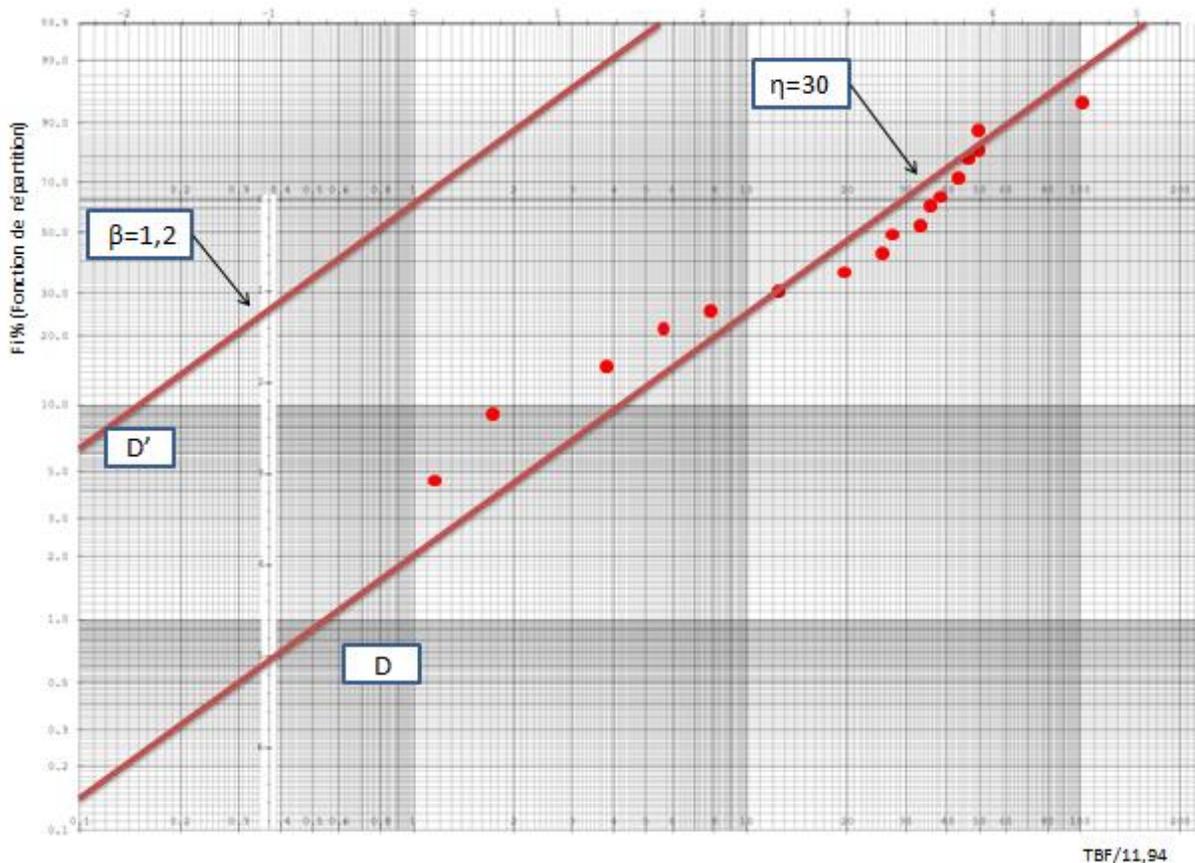


Figure. II.2. La droite de WEIBULL.

À partir de la droite de WEIBULL on construite les paramètres dans le **Tab II.2** suivant :

Tableau II. Les paramètres de WEIBULL

η	β	α	γ
30	1,2	0,9407	0

II.4.1.2.3.6. Calcule les paramètres de WEIBULL

- **La Détermination de la MTBF**

D'après le tableau de paramètres de WEIBULL on obtient les valeurs de α pour $\beta = 1,2$ on aura $\alpha = 0,9407$ et $\eta = 30$.

On en déduire :

$$MTBF = \alpha \cdot \eta + \gamma = 0,9407 \cdot 30 = 28.4 \text{ heures} \quad (II.19)$$

Alors la valeur de la moyenne de temps de bon fonctionnement et :

$$MTBF = 28,4 \text{ heures.}$$

On remplace la valeur de la moyenne de temps de bon fonctionnement MTBF dans la fonction de répartition $F(t)$, fiabilité $R(t)$, défaillance $\lambda(t)$, la fonction de probabilité $f(t)$ et de taux de défaillance $\lambda(t)$ qui sont représentés comme suite : (**Tab. II.3.**)

Tableau III. Les paramètres de WEIBULL en fonction de MTBF.

F(t=MTBF)	R(t=MTBF)	$\lambda(t=MTBF)$	f(t=MTBF)
60,80%	39,20%	3,95 %	1,54%

II.4.1.2.3.7. Paramètre de forme

- Si $\beta > 1$, le taux de défaillance est croissant ce qui caractérise de la zone de vieillesse dans la courbe de bain :

Dans cette zone on distingue comment suite

- Pour $1,5 < \beta < 2,5$ nous avons la zone de fatigue
- Pour $3 < \beta < 4$ nous avons la zone usure, corrosion

- Si $\beta = 1$, le taux de défaillance est constant cela caractérise de la zone de maturité
- Si $\beta < 1$, le taux de défaillance est décroissant cela signifie que le système est dans la zone de jeunesse.

II.4.1.2.3.8. interprétation des résultats du modèle de WEIBULL

Cela dépend de la valeur de β obtenue par le modèle de WEIBULL notre étude a révélé que le taux de défaillance sur notre machine est croissant avec $\beta = 1,2$ ce qui classe notre machine dans la zone de vieillesse malgré son jeune âge cela est dû à la panne répétitive qui survient sur la machine qui la fait passer de la zone de maturité à la vieillesse accélérée.

II.5. Conclusion

Le modèle de WEIBULL permet de mettre en évidence cette représentation. Il permet à lui seul de déterminer un nombre important de défaillances du même type de panne. À partir de la valeur de β que nous avons montrée que la machine présente des signes de vieillesse. Ces pannes nous ont conduit à étudier le système qui représente ces nombres de défaillances.

Références

- [1] Equipe de maintenance « Fiche de suivi journalier des arrêtes machine du service offset Excel (Heidelberg) ». 2015-2016.
- [2] Badereddine, H.Djeghbala, Optimisation de la maintenance préventive d'une pompe centrifuge GA 1102. Universités kasdi merbah Ouargla. A.2016.
- [3] Salima,B. Fiabilités maintenabilités disponibilité, Faculté des Sciences de la Technologie. Département Génie des Transports. Université Constantine1. 2013/2014.
- [4] Ouahiba,T. Estimation des lois des fiabilités en mécanique par les essais accélérés. Autre. Université d'Angers.2005.
- [5] REGHIS, Fiabilité des Systèmes mécaniques, mémoire master université kasdi merbah Ouargla.2016.

Chapitre *III*

Etude du mécanisme

III. Introduction

On peut observer que le domaine d'étude de la mécanique est très vaste, car il comprend l'étude des lois générales qui gouvernent les phénomènes mécaniques et aussi des problèmes concrets, appliqués pour résoudre ces problèmes est les rendre plus facile a les résoudre.

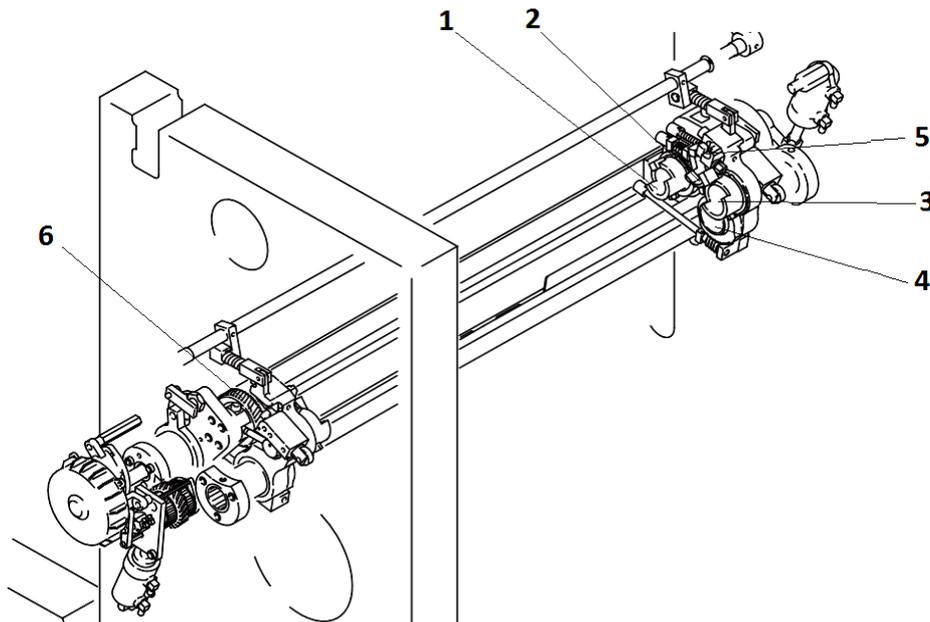
Pour cela, l'étude mécanique se divise en **cinématique** et **dynamique**.

- **La cinématique** consiste à décrire la manière dont un corps se déplace dans l'espace en fonction du temps sans s'attacher aux causes qui produisent ce mouvement.
- **La dynamique** par contre s'intéresse à ces causes qui le font déplacer (les forces) cette dernière relie les forces au mouvement.

Le mot mécanisme est utilisé dans plusieurs domaines notamment en mécanique, qui est un ensemble des pièces mécanique reliées entre elles conçu de façon à établir une fonction bien déterminer. Le choix de mécanisme ce fait par apport a des donné d'entrée qui sont les informations exercées par le milieu extérieur sur le mécanisme et les donné de sortie qui sont les informations exercées par le système sur le milieu extérieur.

Dans ce chapitre, on limitera notre étude sur le système de mouillage (**Fig.III.1**) composée d'ensembles d'éléments rigides on contact entre eux (assemblage).

À fin de permettre une bonne approche du mécanisme réel on associe les pièces mécaniques a des solides indéformables et les liaisons sont des liaisons **technologiques**.



Élément	1	2	3	4	5	6
Nom	Barboteur	Doseur	Toucheur mouilleur	Dégraisseur	Intermédiaire	Roue dentée

Figure III.1. Emplacement des rouleaux du système de mouillage.

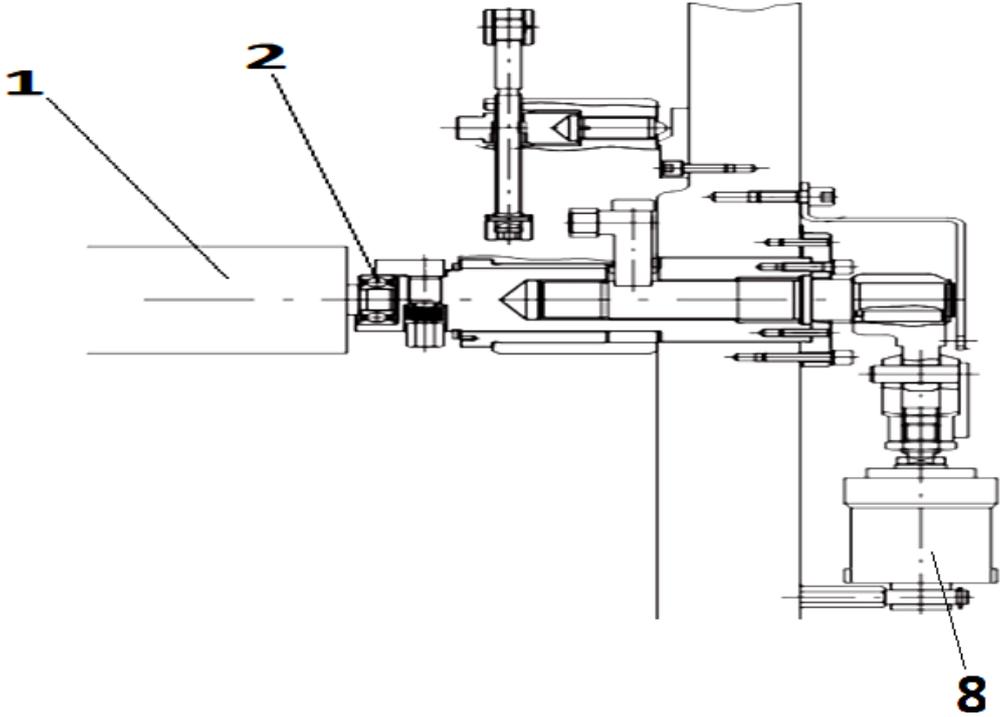


Figure III.2. Fixation barboteur coté droite.

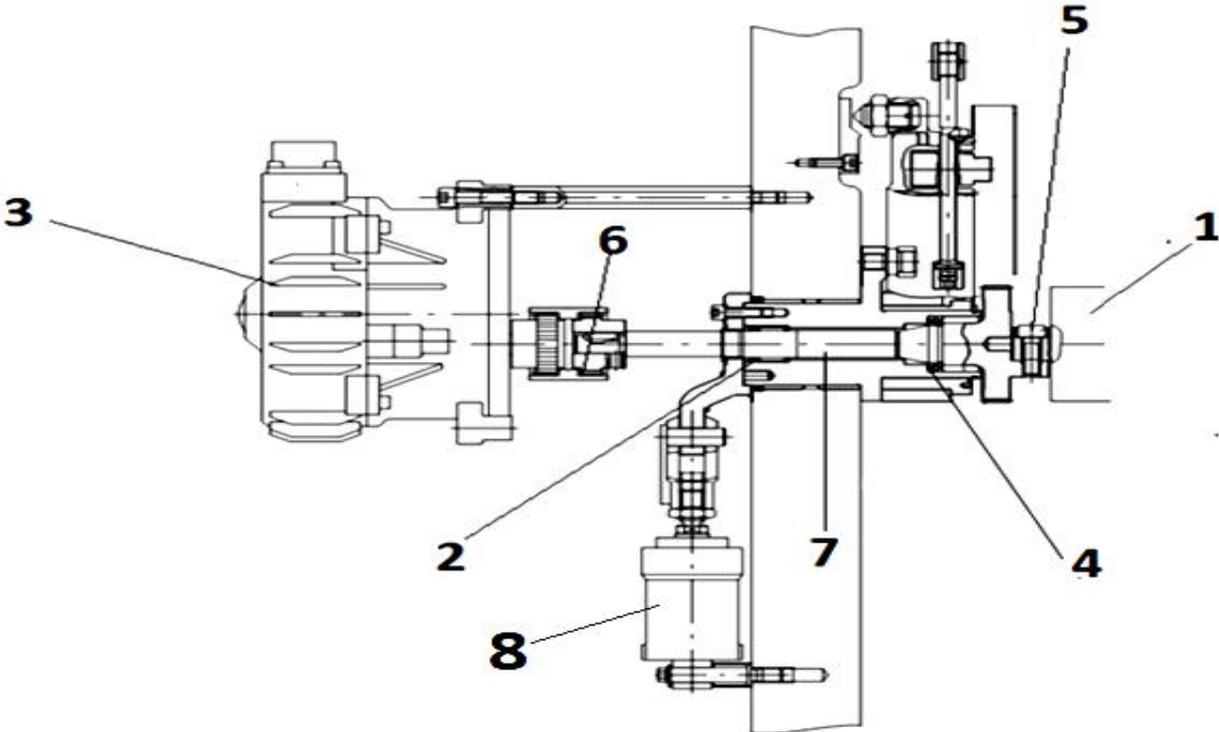


Figure III.3. Fixation barboteur cotée gauche.

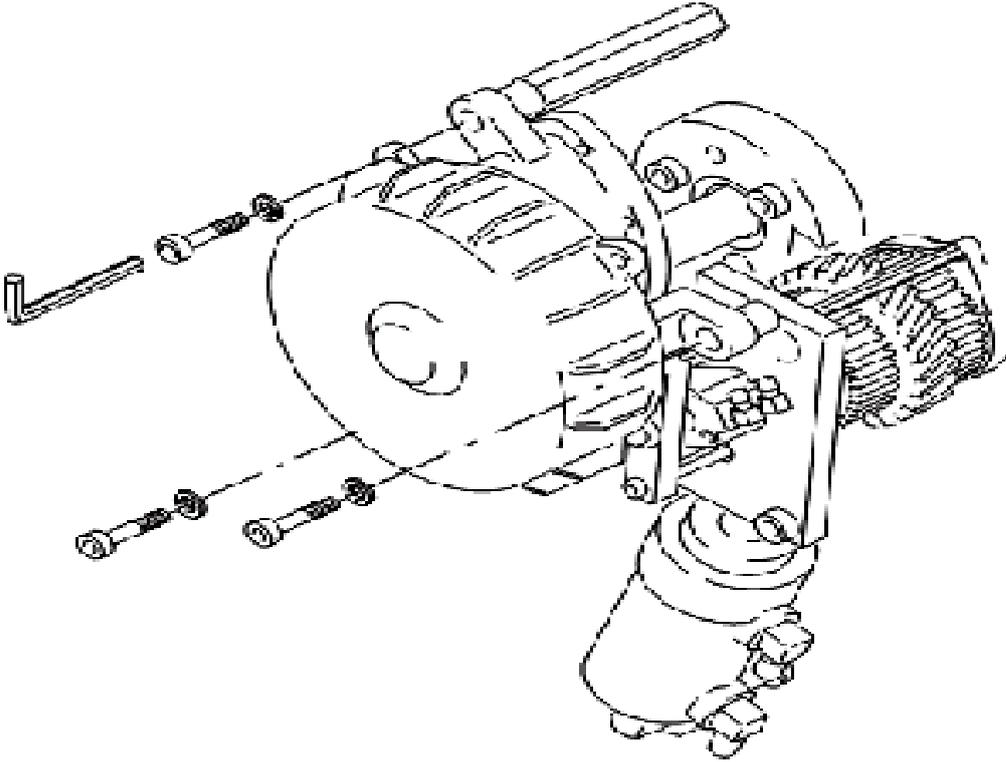


Figure III.4. Moteur électrique du rouleau barboteur.



Figure III.5. Support des rouleaux.

III.1. Systèmes étudié

Le mécanisme de mouillage contient en tous cinq rouleaux (barboteur (**12Kg**), doseur (**9Kg**), toucheur mouiller (**6Kg**), dégraisser (**7Kg**), l'intermédiaire (3Kg).

III.1.1. Le barboteur

Le **barboteur** est un rouleau en caoutchouc de **12Kg** (**Fig.III.2.1**) qui permet le transfert solution mouillage de bac jusqu'aux autres rouleaux de système.

Il est supporté par un roulement à billes 6203 de cote droite (**Fig.III.2.2**) fixé sur un support pivotant grâce à un vérin de 10 bar (**Fig.III.2.8**), de l'autre côté on trouve un vice de **8 mm** (**Fig.III.3.5**) qui le maintient sur une roue dentée hélicoïdale de type "C" (**Fig.III.6.1**) monté par pression sur un axe (**Fig.III.3.7**). Cette dernière est en contact directe avec une autre roue identique (**Fig.III.6.2**).

L'axe est supporté par deux roulements .la première à bille de type 6805 (**Fig.III.3.4**) et le deuxième a aiguilles de type HK18/16 (**Fig.III.3.2**). À son extrémité, l'axe est couplé a un moteur électrique (**Fig.III.3.3**) avec un accouplement en caoutchouc (**Fig.III.3.6**).

Le moteur est caractérisé par une puissance de 300 W développons un couple maximal de 6 Nm pour un nombre de tours de 380 tr/min assurant la rotation de rouleau.

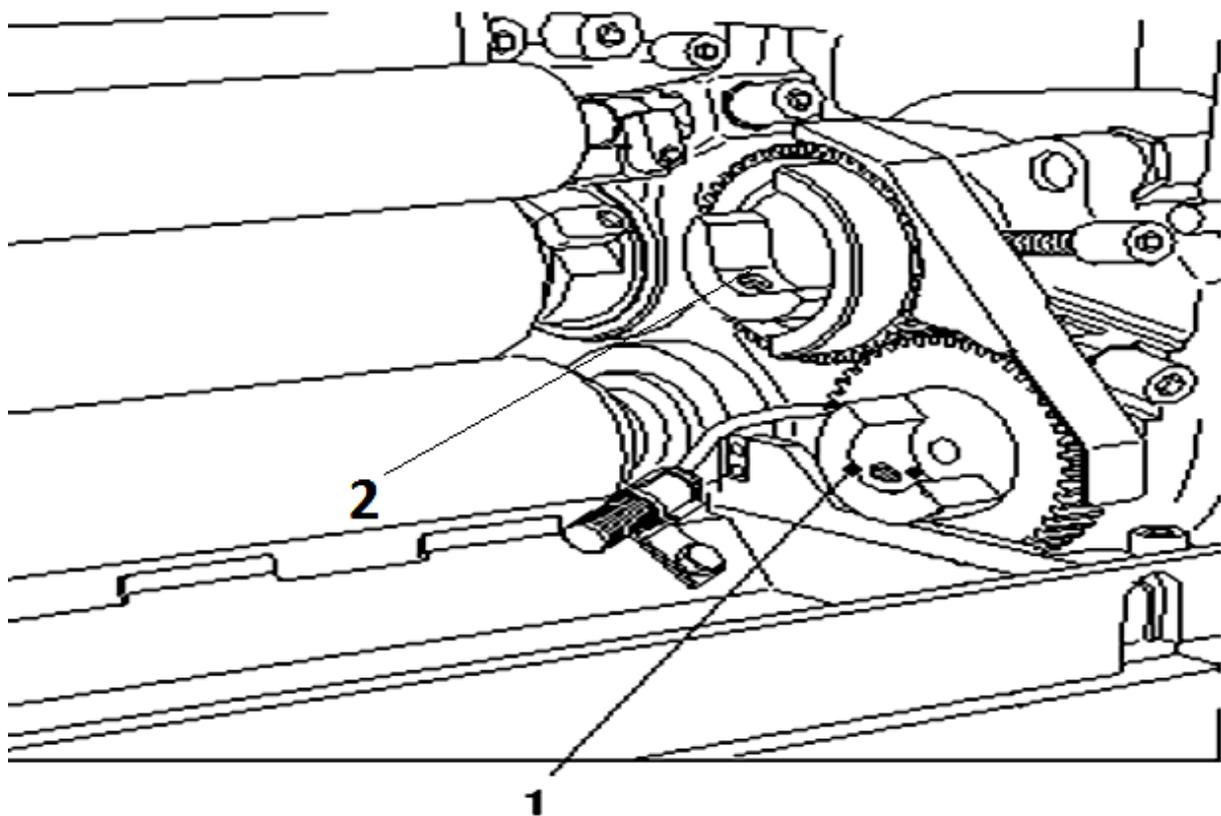


Figure III.6. Point de fixation barboteur et doseur.

Le barboteur et le doseur sont montés sur un support pivotant qui permet de séparer rouleau doseur du rouleau toucheur mouilleur (état repos de mouillage). La rotation des deux rouleaux est assurée par le moteur électrique de barboteur qui fait tourner le rouleau doseur par la roue dentée celle en contact avec la roue dentée de l'axe.

III.1.2. Le doseur

Le doseur est un rouleau de facette chromée fixé sur une roue dentée d'un coté et de l'autre extrémité à un rouleau où on trouve un roulement à billes 6203 rs fixées sur un support pivotant.

Les autres rouleaux de systèmes son fixé par des roulements a bille de 6203 rs sur les deux extrémités sur un support fixe est leur rotation ce fait par la rotation du cylindre porte plaque par contact direct sauf le dégraisseur sa rotation ce fait par un engrenage qui tourne avec le même sens de rotation de la machine.

III.2. Les forces de maintien

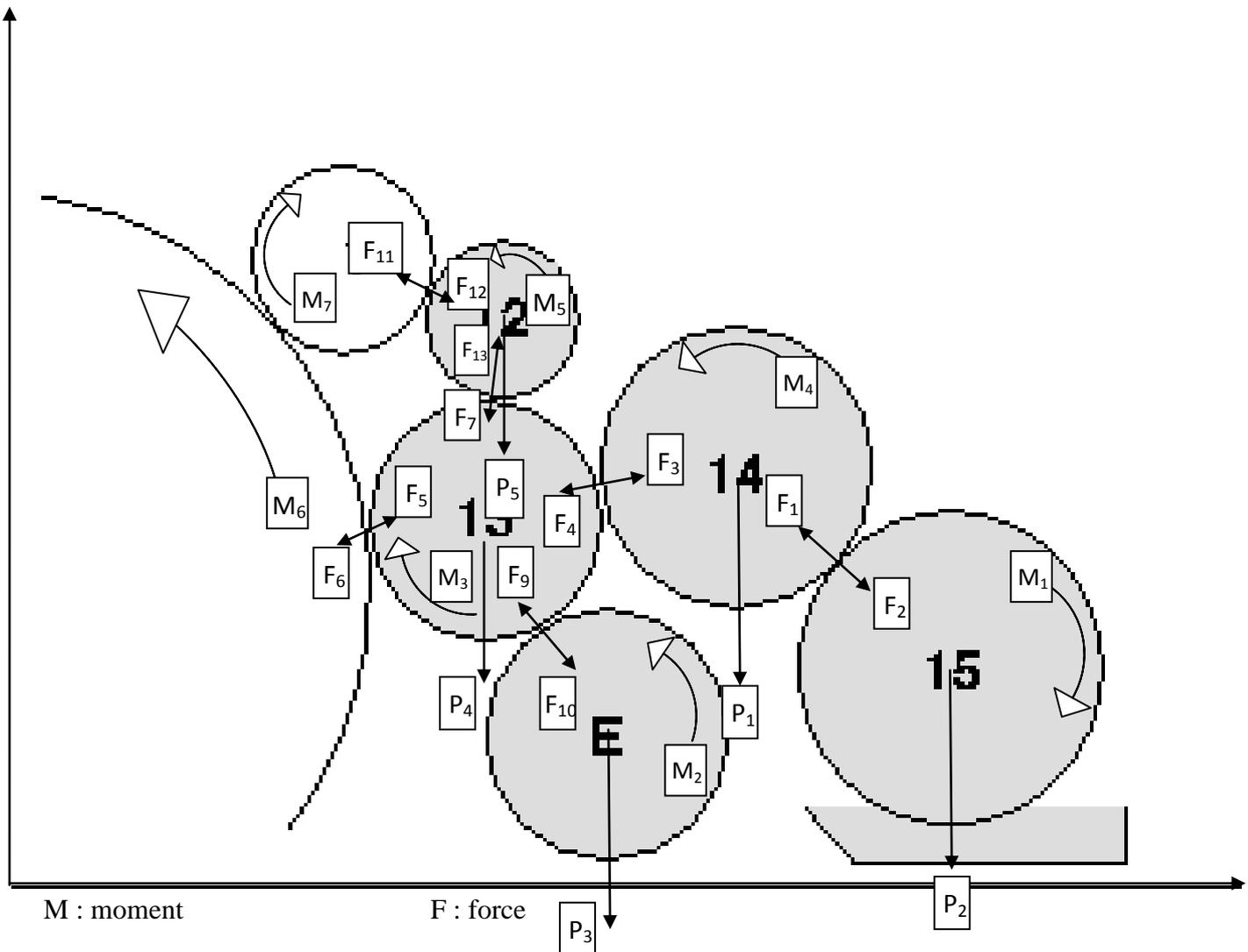


Figure III.7. Les forces de maintien.

Selon la 3eme loi de newton nous avons la force $F_6=F_1=F_2$.

Ces forces assurent le contact entre les rouleaux enjointrait par un vérin pneumatique.

III.3. Les forces exercées sur l'axe barboteur

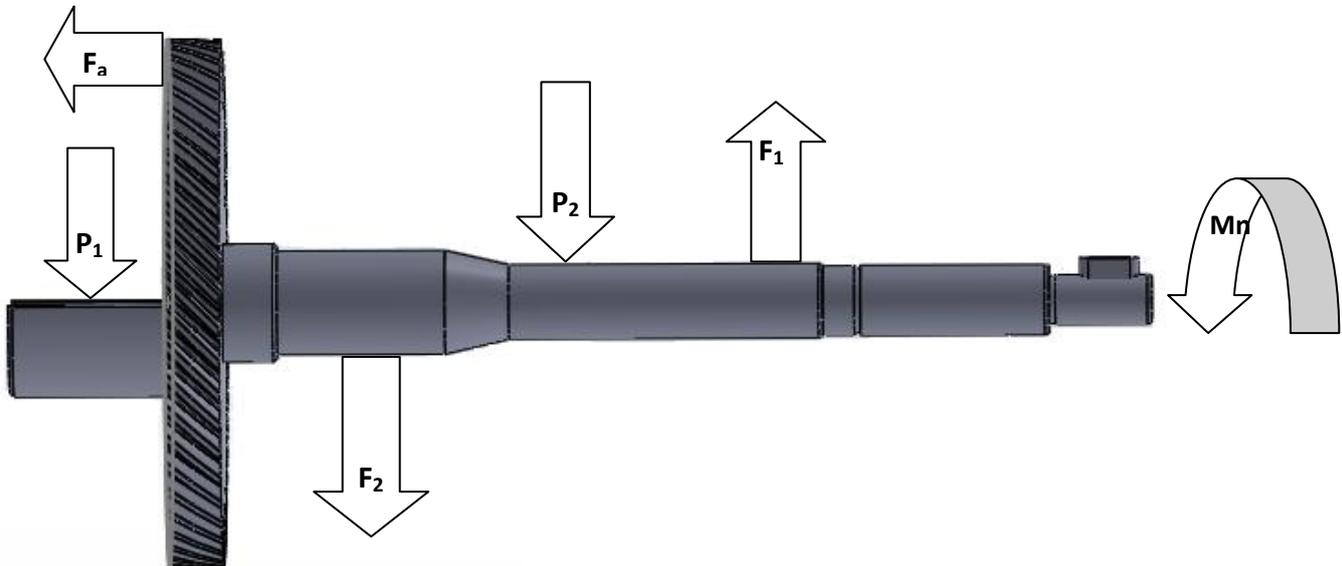


Figure III.8. Les forces appliquées sur l'axe.

L'axe de barboteur est soumis à des forces radial F_1 et F_2 (**Fig.III.8**) agissent sur les deux roulements qui le maintient. Les forces sont provoquées par le poids de rouleau barboteur (P_1) et celle de l'arbre (P_2) qui influe sur les deux roulements par deux charges opposés (système port à faux).

Par contre, la force axiale F_a est provoquée par la roue dentée hélicoïdale lors de mise en rotation par le couple Mn , elle est due aux conceptions de la roue exactement à l'angle de pression β .

III.4. Calcul des forces

III.4.1. Force du Poids de rouleau barboteur (P)

$$P_1 = M \cdot g \quad (\text{III.1})$$

$$\text{avec: } M = 6 \text{ Kg} \quad \text{et} \quad g = 9,8 \text{ m/s}^2.$$

(Comme le rouleau s'appuie sur deux appuis donc la charge se repartit homogène sur les 2 appuis avec un poids de 6Kg sur chaque appui).

Donc on obtient :

$$P_1 = 6 \cdot 9,8 = 58,8 \text{ N}$$

III.4.2. Théorème du centre d'inertie

D'après le théorème **Huygens** pour déterminer le centre d'inertie (1) :

$$X_G = \frac{\sum X_i \cdot M_i}{\sum M_i} \quad (\text{III.2})$$

Avec

$$M_i = V_i \cdot \rho_{acier} \quad (\text{III.3})$$

Dans notre cas comme l'axe est cylindrique, les formules pour calculer le volume sont :

$$V_i = S_i \cdot L_i \quad (\text{III.4})$$

Avec :

$$\text{Formule de surface : } S_i = \left(\frac{p}{4} \right) \cdot D_i^2 \quad (\text{III.5})$$

$$\text{Formule de longueur : } L_i = L_{i+1} - L_i \quad (\text{III.6})$$

On obtient comme suite :

III.4.2.1. Dans le cas initial

Dans ce cas on prendre l'état initial de notre arbre avant modification pour cela on va calculer comme suite :

III.4.2.1.1. La détermination du centre d'inertie de l'arbre

Y

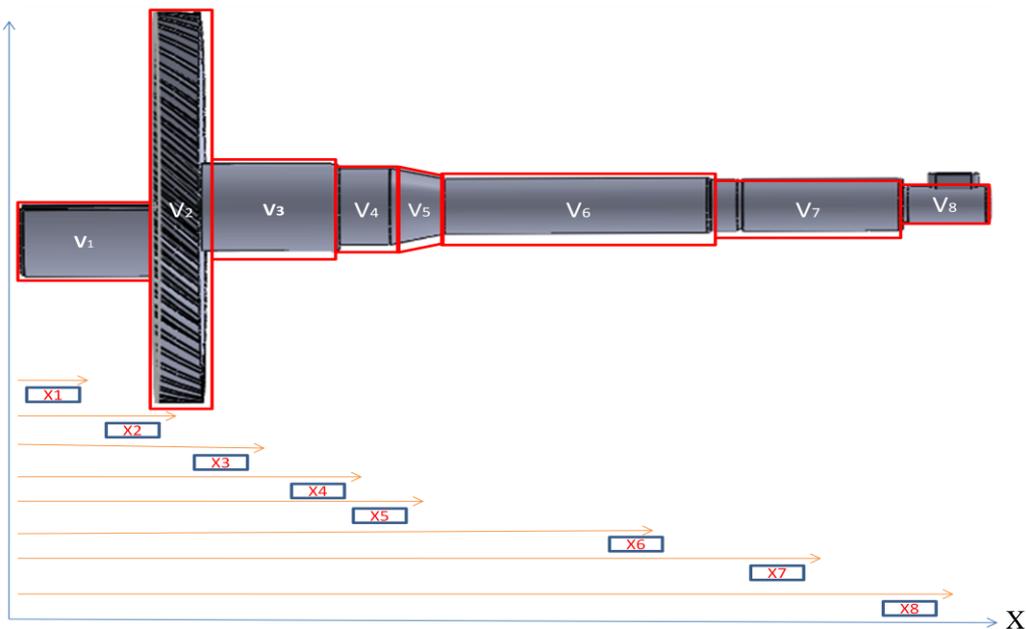


Figure III.9. Décomposition volumétrique du l'arbre-barboteur.

Tableau I. Les valeurs de X_i .

	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
Cm	0.85	2.35	3.55	4.80	6.42	11.10	17.47	23.15

Tableau II. Les valeurs de V_i .

	V_1	V_2	V_3	V_4	V_5	V_6	V_7	V_8
Cm ³	10.134	20.283	11.478	1.25	8.627	19.075	11.91	2.713

Le point d'application de la force X_{G1} est celons le théorème de Huygens (1) est :

$$X_{G1} = 9.35 \text{ Cm}$$

III.4.2.1.2. Force du Poids de l'arbre (P2)

Déterminé comme suite :

III.4.2.1.2.1. Calcul de la masse (M)

$M =$ le volume de l'arbre (V_T) * masse volumique de l'acier ($\rho_{\text{acier}} = 8 \text{ g/cm}^3$)

Ou bien :

$$M = \sum_{i=1}^{i=8} M_i \quad (\text{III.7})$$

$$M = 652,844 \text{ g} = 0,652844 \text{ Kg}$$

$P_2 =$ le volume de l'arbre (V_T). masse volumique de l'acier ($\rho_{\text{acier}} = 8 \text{ g/cm}^3$). g

Ou bien :

$$P_2 = \left[\sum_{i=1}^{i=8} (M_i \cdot \rho_{\text{acier}}) \right] \cdot g \quad (\text{III.8})$$

$$P_2 = M \cdot g = 0,652844 \cdot 9,81 = 6.404 \text{ N}$$

III.4.2.1.3. les forces de réactions

Les forces (\mathbf{R}_{D1}) et (\mathbf{R}_{G1}) : ces deux forces représentent les forces d'action au niveau des roulements entre l'axe et son alésage dû aux forces de poids \mathbf{P}_1 et \mathbf{P}_2 .

Elles sont calculées comme suite :

- Cas de la force \mathbf{P}_1 :

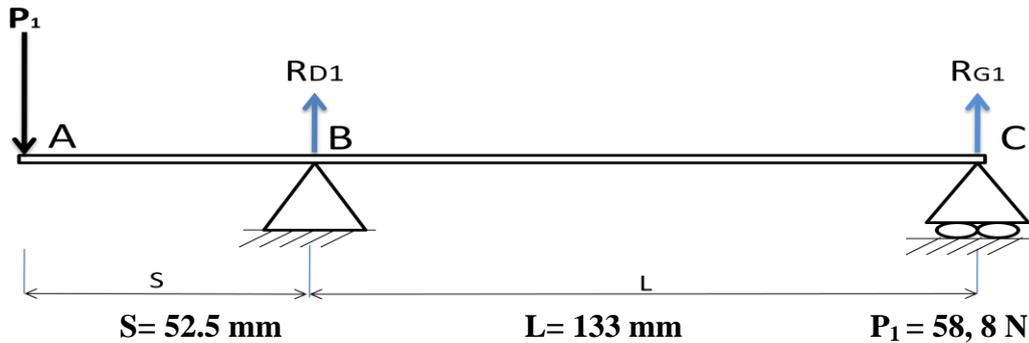


Figure III.10. L'appui de force provoqué par le poids de rouleur.

D'après la loi de la statique concernant les forces $\sum \vec{\mathbf{F}}_{\text{ext}} = \vec{\mathbf{0}}$ en déduit :

$$\vec{P}_1 + \vec{R}_{G1} + \vec{R}_{D1} = \vec{0} \quad (\text{III.9})$$

Par projection sur l'axe y on obtient

$$-P_1 + R_{G1} + R_{D1} = 0$$

Cela signifie que

$$P_1 = R_{G1} + R_{D1}$$

On calcul le moment \mathbf{M}_B par rapport aux le point \mathbf{B} .

- D'après la loi de la statique concernant les moments $\sum \vec{\mathbf{M}} = \vec{\mathbf{0}}$ on à :

$$\vec{M}_B = \vec{BA} \wedge \vec{P}_1 + \vec{BC} \wedge \vec{R}_{D1} = \vec{0} \quad (\text{III.10})$$

Implique que :

$$\vec{M}_B = \begin{bmatrix} -S \\ 0 \end{bmatrix} \wedge \begin{bmatrix} 0 \\ -P_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L \\ 0 \end{bmatrix} \wedge \begin{bmatrix} 0 \\ -R_{D1} \end{bmatrix} = \vec{0}$$

Donc:

$$R_{G1} = \left[\left(\frac{L+S}{L} \right) \right] \cdot P_1 = 82,010 \text{ N}$$

$$R_{D1} = - \left(\frac{S}{L} \right) \cdot P_1 = -23,210 \text{ N}$$

▪ Cas force P_2

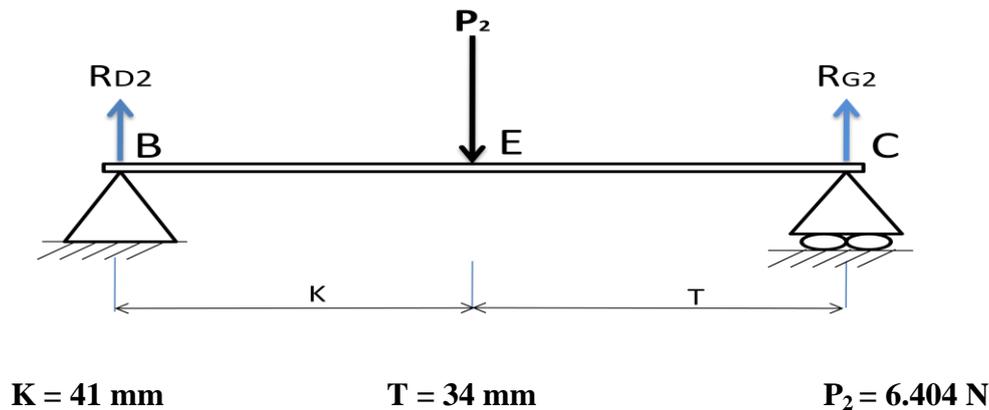


Figure III.11. L'appui de force provoquée par le poids de l'axe.

D'après la loi de la statique pour les forces $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$ et les moments $\sum \vec{M} = \vec{0}$

En déduit :

$$\vec{P}_2 + \vec{R}_{G2} + \vec{R}_{D2} = \vec{0} \quad (\text{III.11})$$

Par projection sur l'axe y on obtient :

$$-P_2 + R_{G2} + R_{D2} = 0$$

Cela signifie que :

$$P_2 = R_{G2} + R_{D2}$$

On calcule le moment M_E sur le point E :

$$\vec{M}_E = \vec{BE} \wedge \vec{P}_2 + \vec{BC} \wedge \vec{R}_{D2} = \vec{0} \quad (\text{III.12})$$

Implique que :

$$\vec{M}_E = \begin{bmatrix} K \\ 0 \end{bmatrix} \wedge \begin{bmatrix} 0 \\ -P_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K+T \\ 0 \end{bmatrix} \wedge \begin{bmatrix} 0 \\ R_{D2} \end{bmatrix} = \vec{0}$$

On obtient alors:

$$R_{G2} = \left[\frac{(2 * K + T)}{(K + T)} \right] \cdot P_2 = 9,905N$$

$$R_{D2} = \left[\frac{(K)}{(K + T)} \right] \cdot P_2 = 3,501N$$

Par superposition on aura :

$$R_G = R_{G1} + R_{G2} = 91.915 N$$

$$R_D = R_{D1} + R_{D2} = -19.709N$$

III.4.2.2. Cas actuel

III.4.2.2.1. centre d'inertie de l'arbre modifié

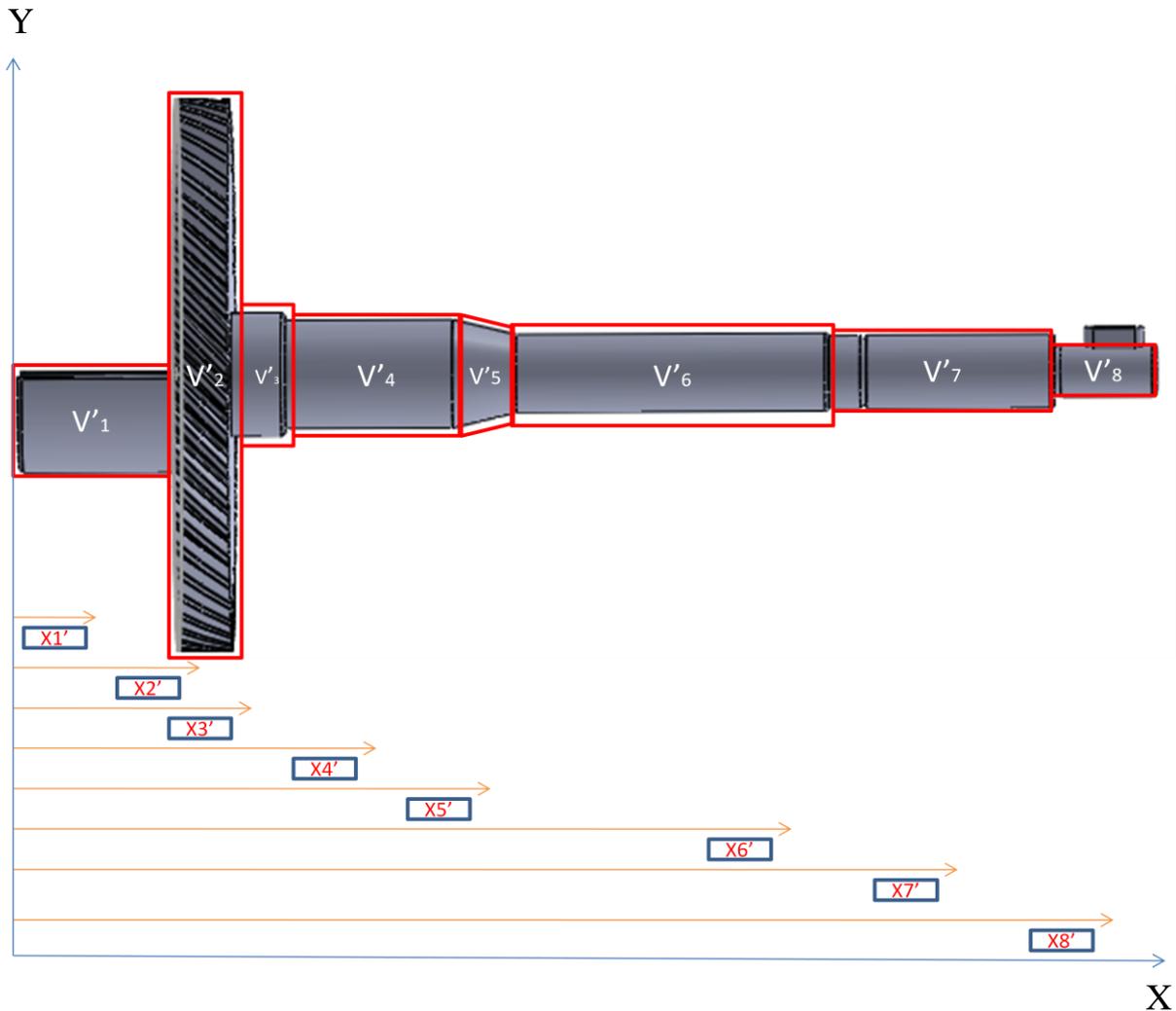


Figure III.12. Décomposition du volume sur l'arbre modifié.

Tableau III. Valeurs des X_i' .

	X_1'	X_2'	X_3'	X_4'	X_5'	X_6'	X_7'	X_8'
Cm	0.85	2.35	3.55	4.80	6.42	11.10	7.47	23.15

Tableau IV. Valeurs V_i' .

	V_1'	V_2'	V_3'	V_4'	V_5'	V_6'	V_7'	V_8'
Cm^3	10.134	20.283	7.014	7.359	8.627	19.075	11.910	2.713

Celons le théorème de **Huygens (1)** le Positionnement du point d'application du poids P_2' :

$$\mathbf{XG2} = 9.551 \text{ Cm}$$

III.4.2.2.2. calcul de force du Poids de l'arbre (P_2')

Déterminé comme suite :

III.4.2.2.2.1. Calcul de la masse (M')

$M' = \text{Volume de l'arbre} (V'_T) \cdot \text{Masse volumique de l'acier} (\rho_{\text{acier}} = 8 \text{ g / cm}^3)$

Ou bien :

$$M' = \sum_{i=1}^{i=8} M_i \quad (\text{III.13})$$

$$M' = 640.576 \text{ g} = 0,640576 \text{ Kg}$$

$P_2' = \text{Volume de l'arbre} (V'_T) \cdot \text{Masse volumique de l'acier} (\rho_{\text{acier}} = 8 \text{ g / cm}^3) \cdot g$

$$P_2' = (V'_T \cdot \rho_{\text{acier}}) \cdot g = M' \cdot g = 0,640576 \cdot 9,81 = 6,278 \text{ N}$$

(III.14)

III.4.2.2.3. Les forces des réactions

Les forces (\mathbf{R}_{D2}) et (\mathbf{R}_{G2}) représente les forces d'action au niveau des roulements entre l'axe est son l'alésage du aux forces de poids \mathbf{P}_1 et \mathbf{P}_2' .

Elles sont calculées comme suite :

▪ Cas force \mathbf{P}_1

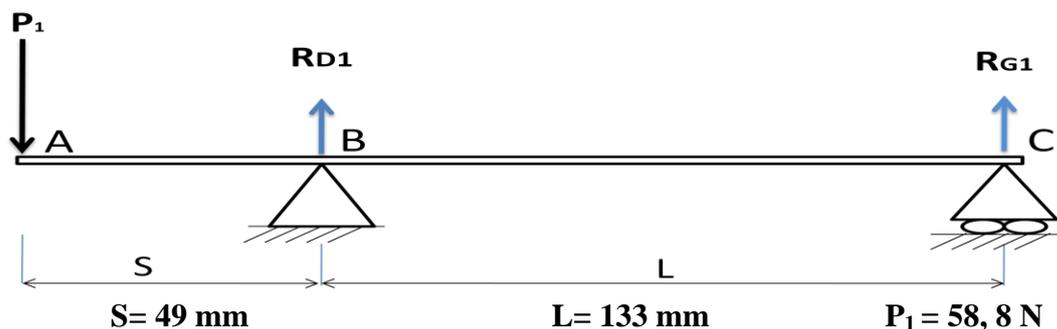


Figure III.13. L'appui de force provoqué par le poids de rouleau.

D'après la loi de la statique concernant les forces $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$ d'après la loi de la statique pour les forces $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$ et les moments $\sum \vec{M} = \vec{0}$

En déduit :

$$\vec{P}_1 + \vec{R}_{G1} + \vec{R}_{D1} = \vec{0} \quad (\text{III.15})$$

Par projection sur l'axe y on obtient

$$-P_1 + R_{G1} + R_{D1} = 0$$

Cela signifie que :

$$P_1 = R_{G1} + R_{D1}$$

- On calcule le moment \mathbf{M}_B par apport au point \mathbf{B} :

D'après la loi de la statique concernant les moments $\sum \vec{M} = \vec{0}$ on à :

$$\vec{M}_B = \vec{BA} \wedge \vec{P}_1 + \vec{BC} \wedge \vec{R}_{D1} = \vec{0} \quad (\text{III.16})$$

Implique que :

$$\vec{M}_B = \begin{bmatrix} -S \\ 0 \end{bmatrix} \wedge \begin{bmatrix} 0 \\ -P_1 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} L \\ 0 \end{bmatrix} \wedge \begin{bmatrix} 0 \\ R_{D1} \end{bmatrix} = \vec{0}$$

Donc:

$$R_{G2} = -\left(\frac{S}{L}\right) \cdot P_1 = -21,663 \text{ N}$$

$$R_{G1} = \left[\left(\frac{(L+S)}{L}\right) \cdot P_1\right] = 80,463 \text{ N}$$

- Cas force P'_2

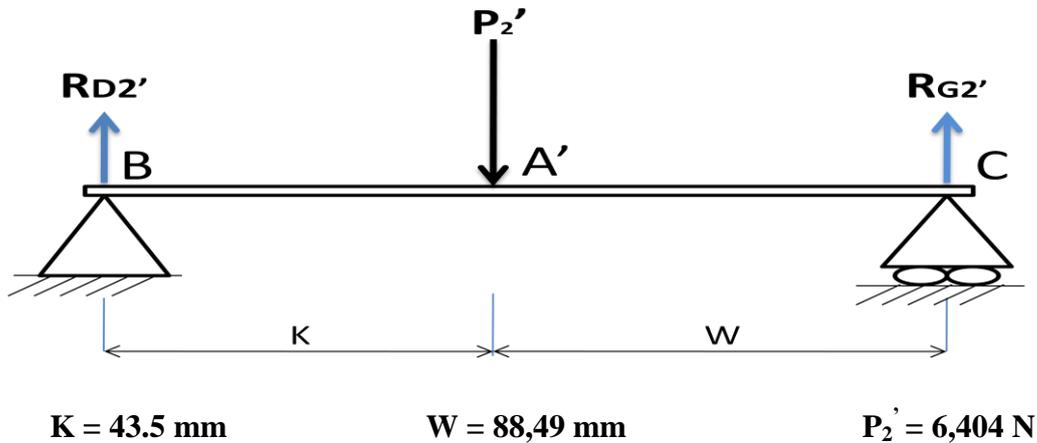


Figure III.14. L'appui de force provoquée par le poids de l'axe.

D'après la loi de la statique pour les forces $\sum \vec{F}_{\text{ext}} = \vec{0}$ en déduit :

$$\vec{P}'_2 + \vec{R}_{G_2} + \vec{R}_{D_2} = \vec{0} \quad (\text{III.17})$$

Par projection sur l'axe y on obtient

$$-P'_2 + R_{G_2} + R_{D_2} = 0$$

Cela signifie que :

$$P'_2 = R_{G_2} + R_{D_2}$$

On calcule le moment M_E par apport au point B :

$$\vec{M}_E = \vec{BA}' \wedge \vec{P}'_2 + \vec{BC} \wedge \vec{R}_{D_2} = \vec{0} \quad (\text{III.18})$$

Implique que :

$$\vec{M}_E = \begin{bmatrix} K \\ 0 \end{bmatrix} \wedge \begin{bmatrix} 0 \\ -P'_2 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} K+W \\ 0 \end{bmatrix} \wedge \begin{bmatrix} 0 \\ R_{D_1} \end{bmatrix} = \vec{0}$$

- On obtient alors:

$$R_{G_2}' = \left[\frac{(2K+W)}{(K+W)} \right] \cdot P'_2 = 8,515 \text{ N}$$

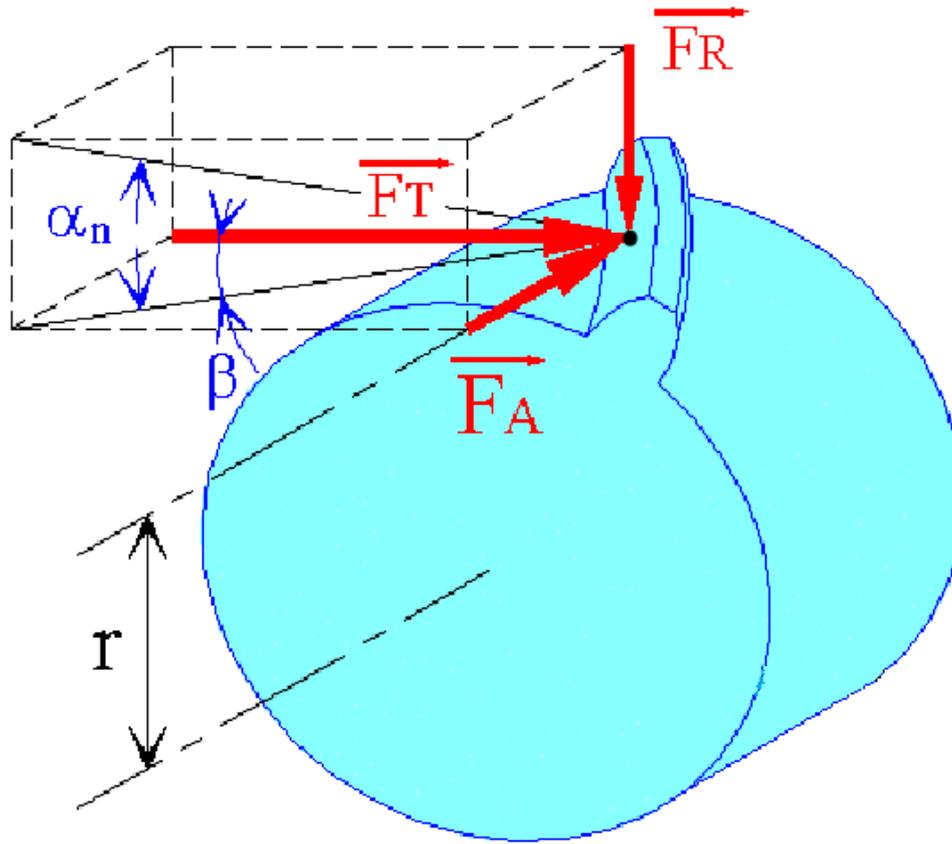
$$R_{D_2}' = \left[\frac{(K)}{(K+W)} \right] \cdot P'_2 = 2,110 \text{ N}$$

Par superposition on aura :

$$R_G = R_{G1} + R_{G2}' = 88,978 \text{ N}$$

$$R_D = R_{D1} + R_{D2}' = -19,553 \text{ N}$$

III.4.3. Les forces sur la roue dentée



Effort radial sur axe (Z)	F_R	$F_R = F * \sin(\alpha_n)$
Effort tangentiel sur axe (Y)	F_T	$F_T = \cos(\alpha_n) * \cos(\beta)$
Effort axial sur axe (X)	F_A	$F_A = \cos(\alpha_n) * \sin(\beta)$

Figure III.15. Force appliqué sur la dentée depuis le dessin.

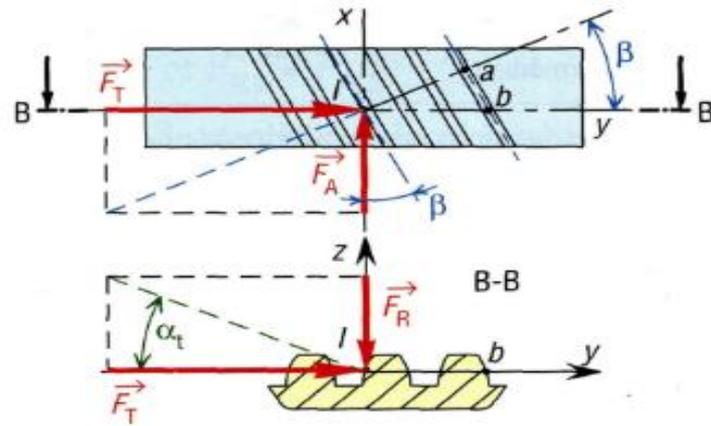


Figure III.16. Vue dessous de la roue sur axe (B – B).

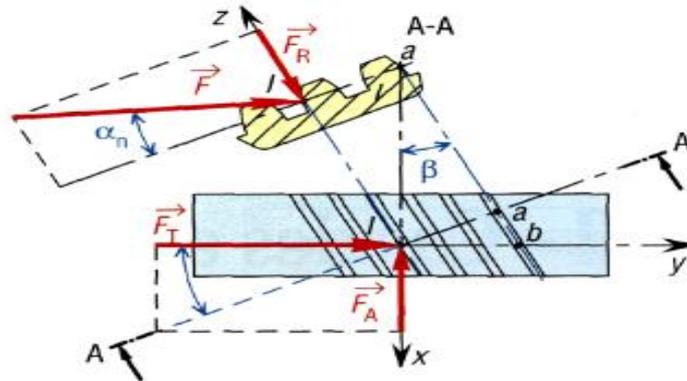
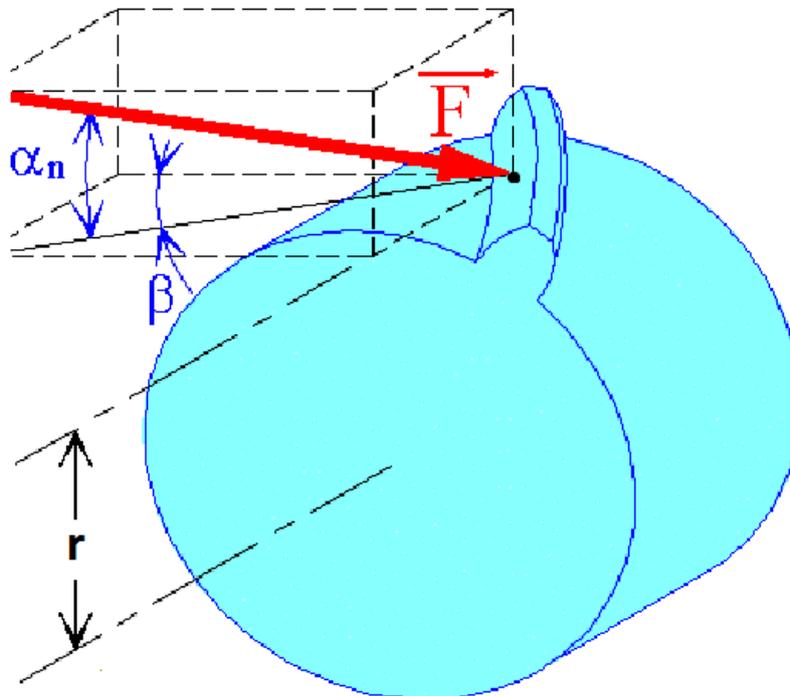


Figure III.17. Vue dessous de la roue sur axe tangentiel (À – À).



F = effort total sur la dent
 $\tan (\alpha_n) = \tan (\alpha_t) \cdot \cos (\beta)$

Figure III.18. La résultante des forces appliquées.

III.4.3.1. Formules des forces appliquées sur la roue dentée

D'après la conception des engrenages hélicoïdaux les efforts engendrent par ces derniers sont calculés comme suite :

Tableau V. Forces appliquées.

Paramètre	Formule	Valeur déterminée
Angle β	Déterminé de la géométrie	20°
R	Rayon primitif	37,5 mm
Pas P_t	$\pi.m$	5,5
Module m	P_t/π	1,75
α_n	Déterminé de la géométrie	20°
N	Nombre de tours	380 tr/min
Couple	$C = \frac{P}{\omega} = \frac{30.P}{\pi.N}$	$C=6 N.m$
Effort tangentiel	$F_T = \frac{C}{r}$	$F_T = 160 N$
Effort axial	$F_A = F_T . \tan \beta$	$F_A = 58,24 N$
Effort radial	$F_R = F_T . \frac{\tan (\alpha_n)}{\cos (\beta)}$	$F_R = 61,972 N$
Effort total	$F = \frac{F_T}{\cos (\beta) . \cos (\alpha_n)}$ $F = \sqrt{F_t^2 + F_a^2 + F_r^2}$	$F = 181,95 N$

III.5. Définition d'un roulement

On appelle roulement, une pièce mécanique composée de plusieurs corps roulants (billes, rouleaux ou aiguille) qui sont placés entre deux éléments en rotation permettant le roulement et non plus le frottement. Cette dernière joue le rôle d'un palier qu'elle va supporter les charges on générale. Cette pièce mécanique est constituée généralement de 4 composants essentiels :

- Bague extérieure.
- Bague intérieure.
- Cage qui maintient les éléments roulants entre eux.
- Les éléments roulants sont des billes, rouleaux ou aiguilles.

Ces derniers assurent la transmission des charges entre les deux bagues est permet le glissement entre les 2 bagues.

Certains roulements sont équipés d'un joint d'étanchéité pour le protégé contre l'eau.

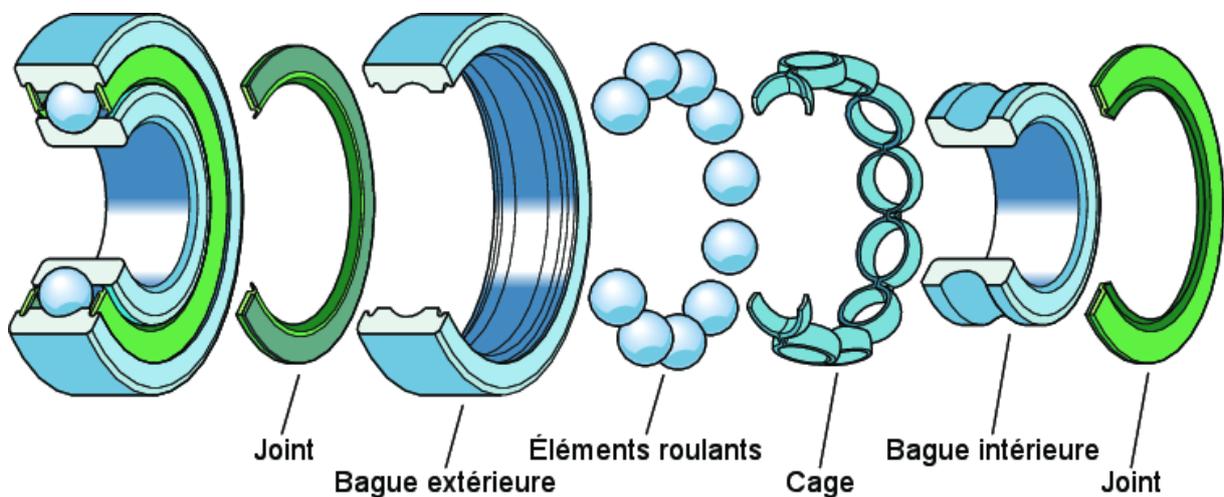


Figure III.19. Différentes composantes d'un roulement.

III.5.1. Les charges

Le roulement permet la transmission des charges depuis l'une de ces bagues vers l'autre tout en permettant la rotation. Il existe 2 types de charges :

- **Les charges radiales** : sont celles dirigées perpendiculairement à l'axe de roulement.
- **Les charges axiales** : sont dirigées selon l'axe de roulement.

Il existe également des charges composées, qui associent les 2 charges (axiales et radiales) sont dites charge combinée.

On peut donc classer les roulements selon les charges en trois catégories :

- Roulements radiaux ou portants : pour les roulements supportant que des charges radiales.
- Roulements axiaux ou butés : pour ceux supportant que des charges axiales dans un sens opposé de la force.
- Roulement oblique : pour ceux supportant les deux charges dans un sens bien déterminé.

III.5.2. Les différents types des roulements

Les roulements se distinguent par la forme et la disposition des éléments roulants sur chaque modèle ces derniers déterminent les performances particulières pour un usage spécifique.

Nous avons étudié quatre types de roulement:

III.5.2.1. Roulement à billes

Les roulements à billes ont une conception simple non séparable, il contient une bague extérieure et l'autre intérieure massive avec cage à billes certain roulement dispos d'un joint d'étanchéité soit sur un ou les deux coté selon le milieu.

Ils admettent des vitesses de rotation élevées, et pouvant supportent des charges radiales importantes dans un sens.

III.5.2.2. Les roulements à aiguilles

Les roulements à aiguilles sont particuliers. Ils ont une forme très allongée qui leur permet de supporter des charges radiales plus importantes dans un encombrement très réduit tout en refusant les charges axiales.

III.5.2.3. Roulement à billes à contact oblique

Les roulements à billes à contact oblique, il ressemble à celle a bille sauf que les 2 bague on une conception spéciale qui laisse la bille suivre une trajectoire inclinée par rapport a celle de la simple bille par un angle qui conviennent particulièrement aux cas de charge combinée. Ils admettent des charges qui agissent radialement et axiales dans un seul sens, l'augmentation de supporter ces charges combinées reviennent à l'angle d'inclinaison.

Le montage de ces roulements se fait par paire lorsque la capacité d'un seul roulement n'est pas suffisante ou lorsque les charges axiales doivent être reprises dans les deux sens. Elles sont usinées de telle manière qu'en les montantes côtes à côte dans un sens quelconque.

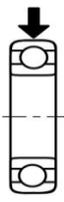
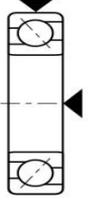
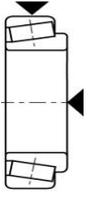
III.5.2.4. Roulement à rouleaux conique

Les roulements coniques possèdent un angle de contact qui convient particulièrement aux cas de charge combinée.

Ils sont généralement montés par paires comme les roulements à contact oblique dans ce cas le jeu interne peuvent être obtenus en ajustant la distance axiale entre les cônes et les cuvettes de deux roulements opposés.

III.5.2.5. La Différence entre Les Types de roulements

Tableau VI. Comparaison entre les types de roulements.

caractéristique		Représentation	Capacité des charges			Vitesse élevée
			Radiale	Axiale	Combinée	
Type de roulement						
Roulement à billes						
Roulement à aiguille						
Roulement à contact oblique						
Roulement à rouleaux conique						

 : Excellent
  : Bon
  : Modéré
  : Très faible

III.5.3. Les critères du choix des roulements

Généralement un roulement est choisi en fonction de :

- Espace de montage.
- Capacité de charge.
- Vitesse de rotation.
- Désalignement de la bague intérieure/extérieure.
- Rigidité.
- Bruit de roulement et couple.
- Précision.
- Montage et dépose.

III.5.4. Montage des roulements

III.5.4.1. Montage des roulements conique et à contact oblique

Il existe en général 3 montages pour les roulements coniques/à contact oblique on trouve :

- Montage en « X » lorsque les deux chemins de la charge combinée son perpendiculaire et dessinent un « X », il est habituellement utilisé dans le cas d'un arbre tournant.
- Montage en « O » lorsque les deux chemins de la charge combinée de roulement dessinent un « O », il est habituellement utilisé dans le cas d'un logement tournant.
- Montage en « T » : il est utilisé uniquement dans les roulements à contacte oblique dans le cas au la charge axiale et plus importante dans un seul sens (pompe à piston).

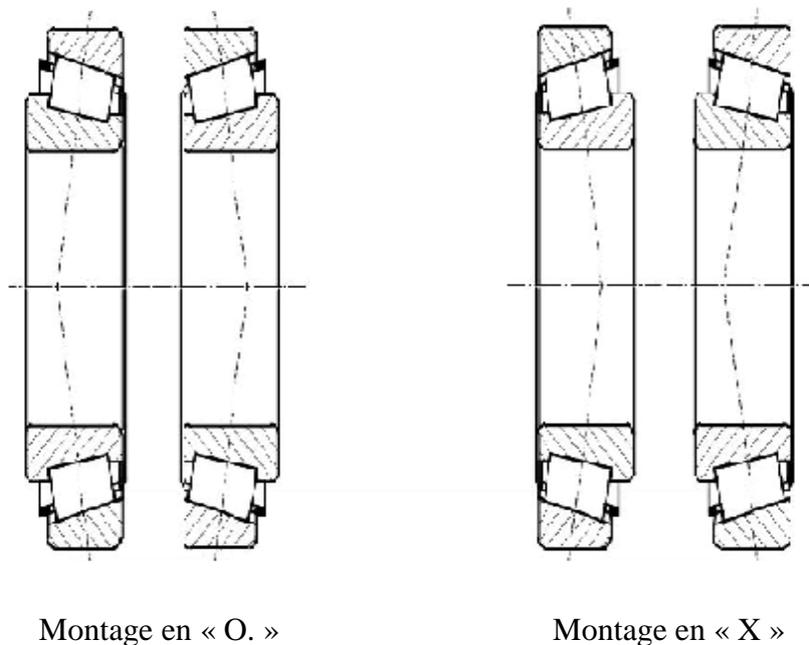


Figure III.20. Montage de roulement conique.

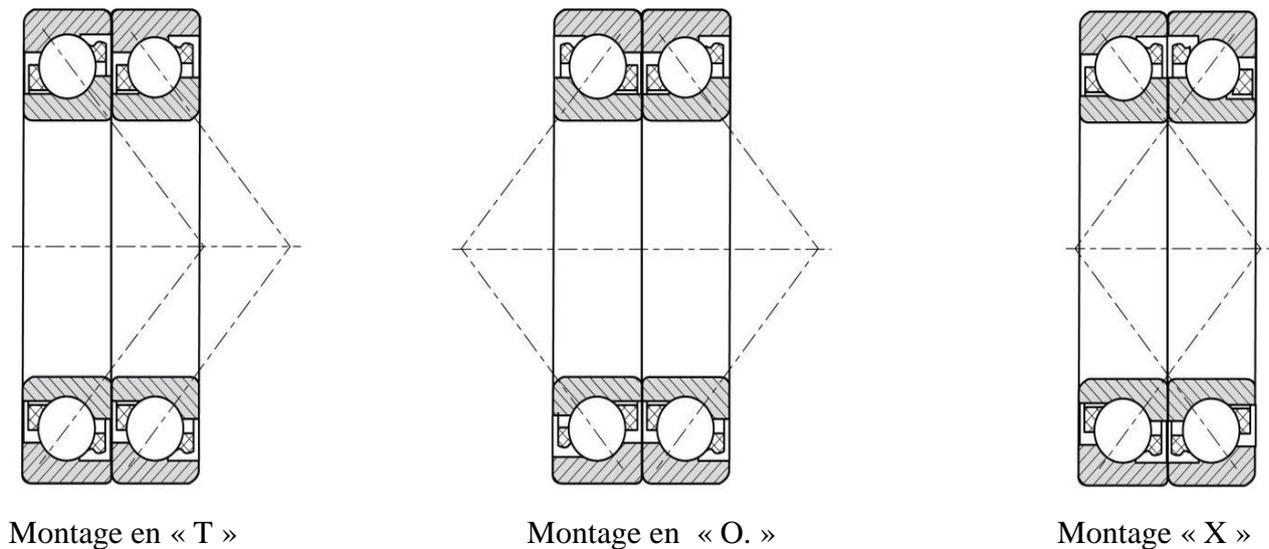


Figure III.21. Montage de roulement conique.

Les fixations des roulements à rouleaux coniques/billes à contacte oblique est comme suite :

III.5.4.1.1. Montage en « O. »

En général on choisit ce type de montage pour:

- Bague extérieure tournante.
- Bague intérieure fixe.

Dans ce cas, le logement (moyeu) tourne et l'arbre fixe, la bague intérieure doivent être monté libre (avec jeu) par contre la bague extérieure est montée serrée.

Dans ce Montage l'épaulement sur les bagues des roulements se fait comme suite (Fig.III.22) :

- La bague externe est butée sur le côté droit de roulement.
- La bague intérieure est butée sur le côté gauche de roulement.

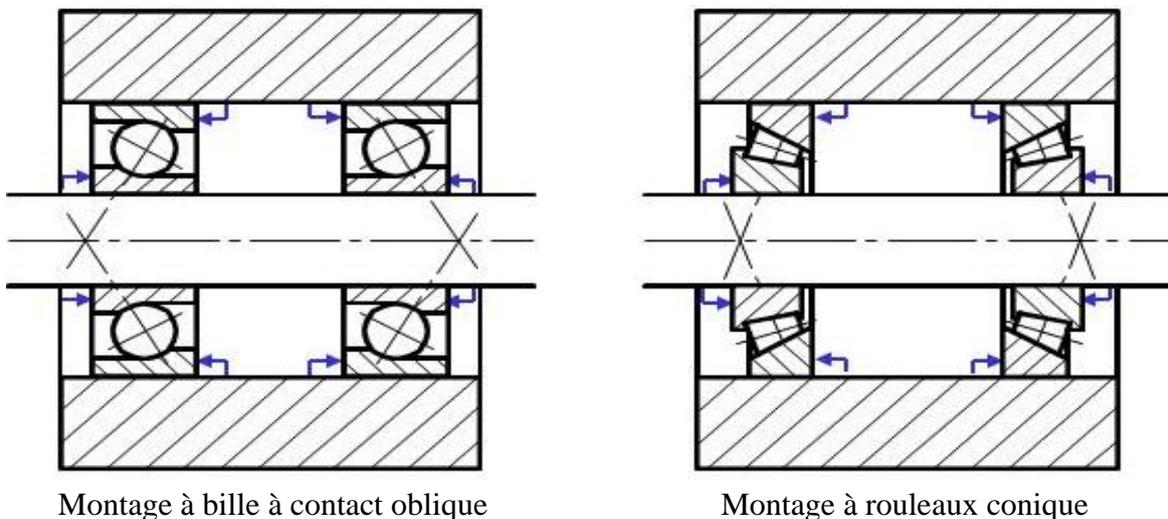


Figure III.22. Épaulement de roulement conique/contacte oblique.

III.5.4.1.2. Montage en « X »

Le Montage en « X »:

- La bague intérieure tourne.
- La bague extérieure fixe.

Dans ce cas l'arbre tourne et le moyeu fixe, les bagues intérieures sont montées serrées, les bagues extérieures doivent être montées fixes pour régler le jeu interne.

Dans ce montage l'épaulement sur les bagues des roulements se fait comme suite :

- La bague externe est butée sur le côté gauche de roulement.
- La bague intérieure est butée sur le côté droit de roulement.

III.5.4.2. Le montage des roulements à billes

À la base il existe un seul montage pour ces roulements par contre il contient 2 types pour l'épaulement selon le mécanisme (arbre tournant/moyeu tournant).

III.5.4.2.1. Cas d'un longuement tournant

Dans ce cas le premier roulement reste buté sur les 4 points (bague interne/externe sur les 2 cotés) (**Fig.III.20**), par contre l'autre roulement juste la bague interne qui est épaulée sur les 2 cotés l'autre bague est libre.

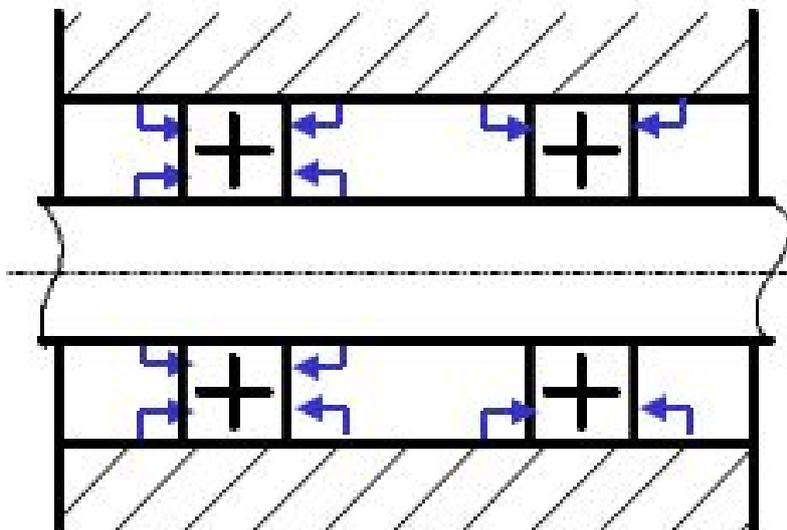


Figure III.23. Épaulement de roulement à bille cas longuement tournant.

III.5.4.2.2. Cas d'un l'arbre tourne

Dans ce cas le premier roulement reste épaulé sur les 4 points (bague interne/externe sur les 2 cotée) (**Fig.III.24**). par contre l'autre roulement juste la bague externe qui est épaulée sur les 2 coté l'autre bague est libre.

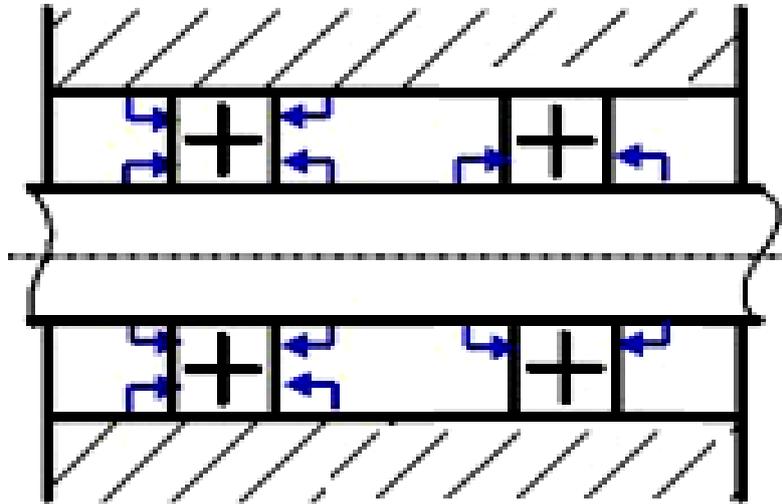
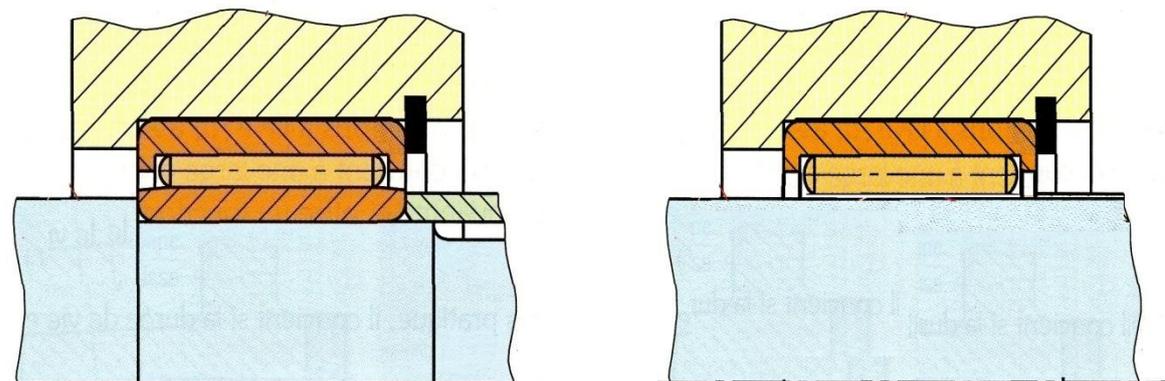


Figure III.24. Épaulement de roulement à billes cas arbre tournant.

III.5.4.3. Le montage des roulements à aiguille

Malgré leur faible encombrement, les roulements à aiguilles supportent de fortes charges radiales. Ils sont livrés avec ou sans bague intérieure, il est buté entre les deux cotée à l'extérieure de roulements.



Avec bague intérieure.

Sans bague intérieure.

Figure III.25. Épaulement de roulement à aiguille.

III.5.5. Type de montage de mécanisme (arbre/moyeux)

Il existe 3 types de montage du roulement :

III.5.5.1. Un montage réglage

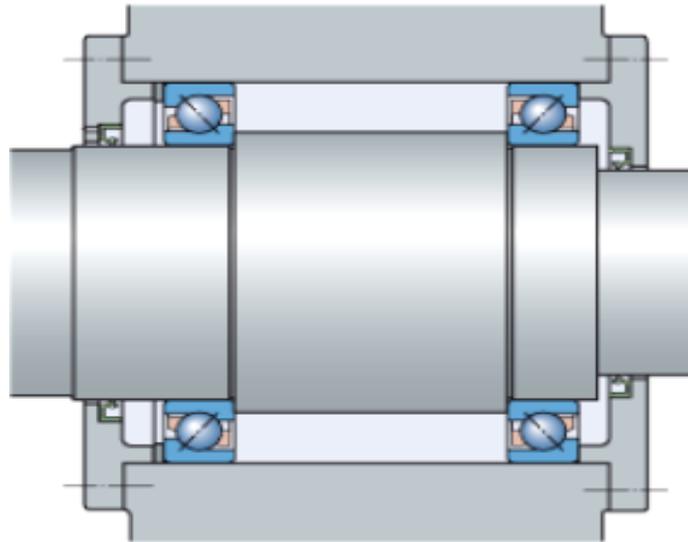


Figure III.26. Montage réglé avec roulement à contacte oblique.

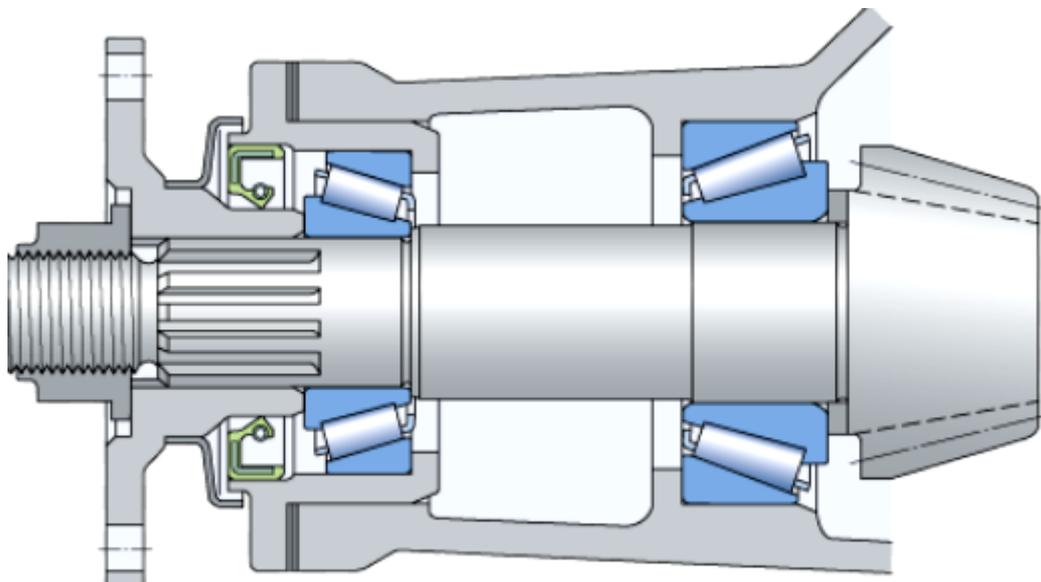
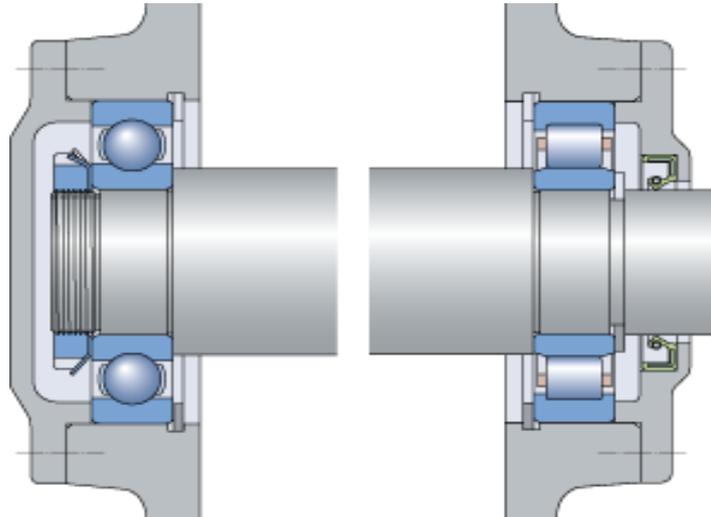
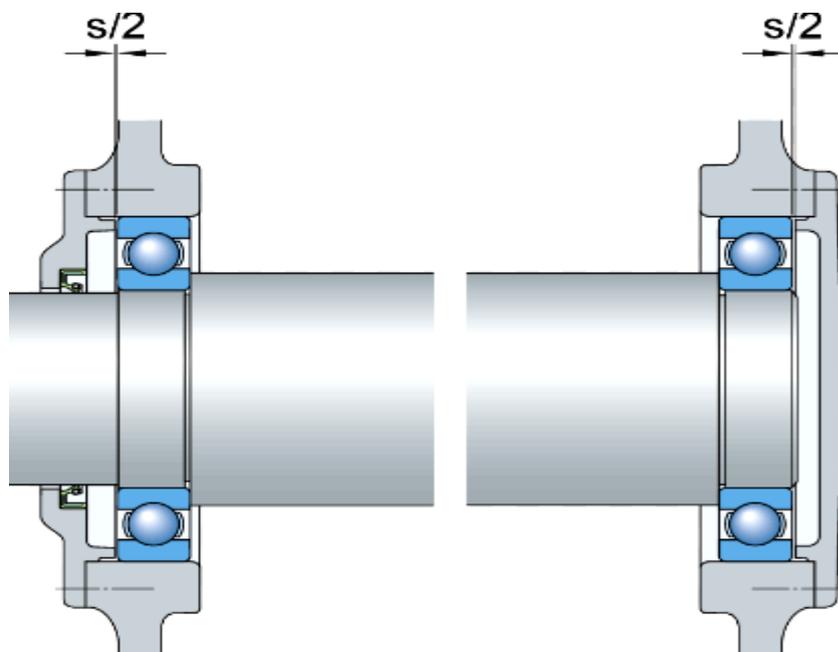


Figure III.27. Montage réglé avec roulement conique.

Ce montage exige un guidage précis idéal pour un montage de pinsons hélicoïdal ou le montage de broches pour machine à outils. Ce dernier comporte utilise une paire de roulements coniques ou à contacte oblique.

III.5.5.2. Montage mixte**Figure III.28.** Montage mixte.

Ce montage ressemble à celui de montage règle sauf qui utilise deux types de roulement différent.

III.5.5.3. Montage flottant**Figure III.29.** Montage flottant avec roulement à billes.

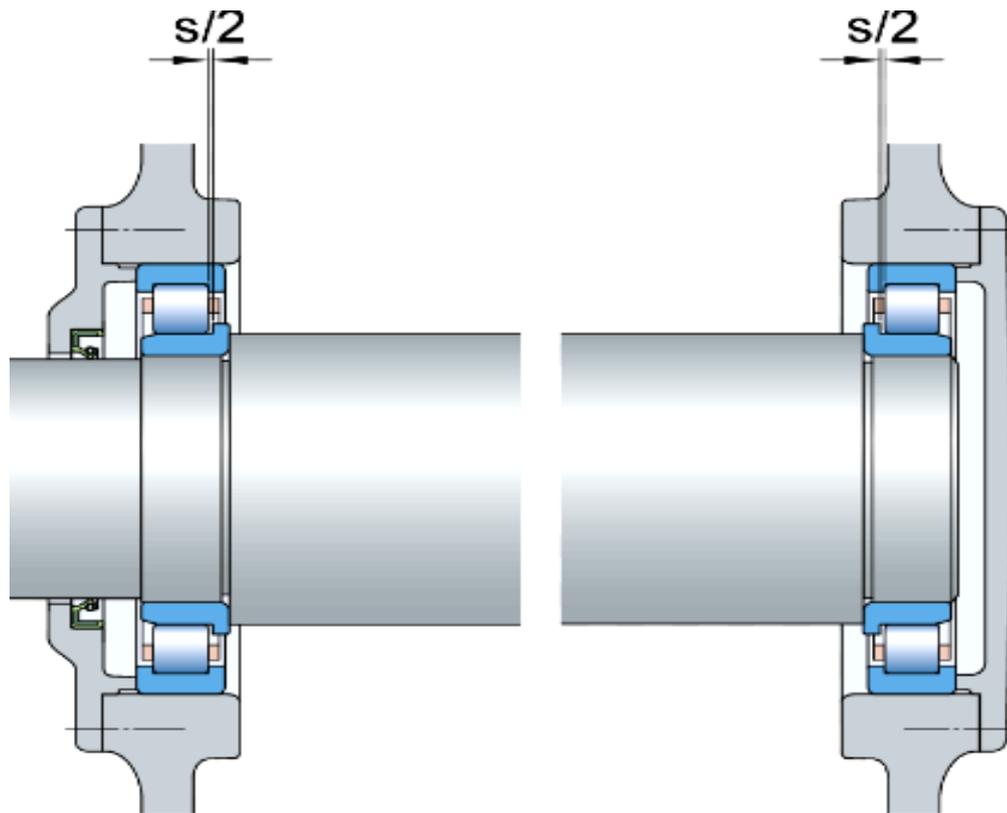


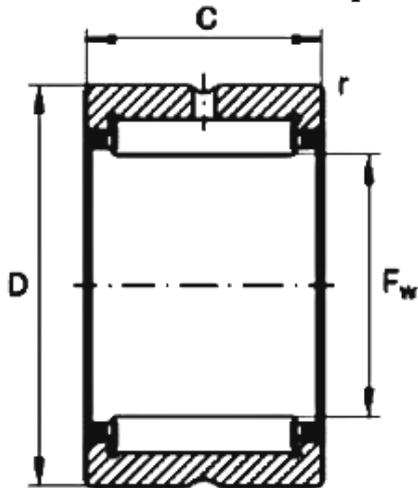
Figure III.30. Montage flottant avec roulement à rouleaux.

Ce montage est économique contrairement à celui du réglé, il n'exige pas la précision et il permet à l'arbre de se déplacer grâce à un jeu axial à condition que les roulements ne soient pas soumis à des forces axiales importantes (force axiale très faible).

Ce dernier utilise le roulement à bille ou roulement à rotule sur bille ou sur 2 rangé de rouleaux. Il contient un seul Montage qui est dû au type de roulement utilisé.

III.5.6. Fiche technique des roulements de notre système

III.5.6.1. Fiche technique de roulement NK18/16-XL



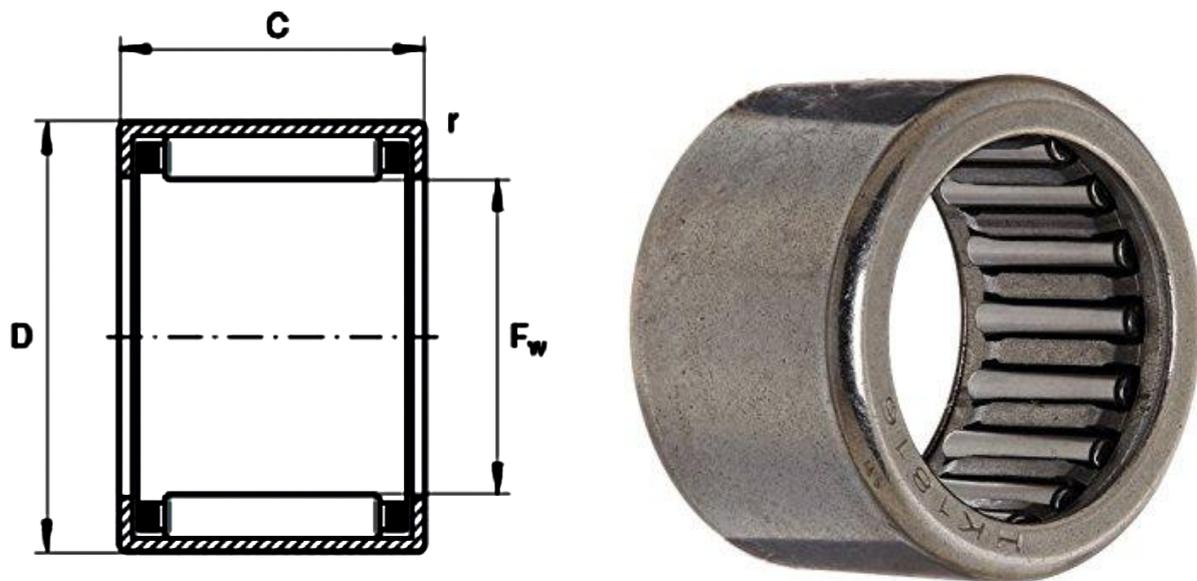
F_w	18 mm	Diamètre intérieur
D	26 mm	Diamètre extérieur
C	16 mm	Largeur
r	0,3 mm	Épaisseur de la bague externe
M	24,9 g	Masse
C_r	14100 N.	Charge dynamique radiale
C_{0r}	16200 N.	Charge statique radiale
C_{ur}	3000 N.	Charge limite à la fatigue
N_G	22 100 tr/min	Vitesse de limite
N_B	14 400 tr/min	Vitesse de base

Caractéristique

- Lubrifier avec l'huile ou graisse
- résiste à des charges radiales
- adéquate pour des emplacements réduits

Figure III.31. Roulement NK18/16-XL.

III.5.6.2. Fiche technique de roulement à aiguilles HK1816

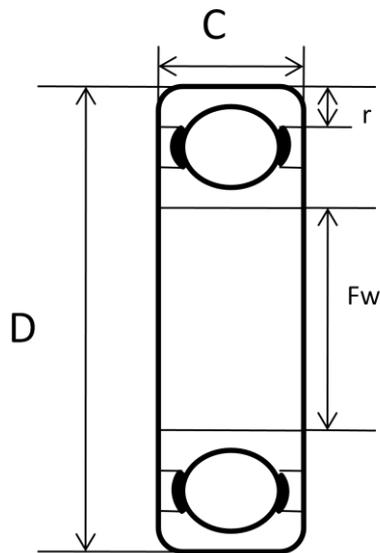


F_w	18 mm	Diamètre intérieur
D	24 mm	Diamètre extérieur
C	16 mm	Largeur
r	0,8 mm	Épaisseur de la bague externe
M	18 g	Masse
C_r	11600 N.	Charge dynamique radiale
C_{0r}	17300 N.	Charge statique radiale
C_{ur}	2140 N.	Charge limite à la fatigue
N_G	14 000 tr/min	Vitesse de limite
N_B	10 400 tr/min	Vitesse de base

Caractéristique	- Lubrifier avec l'huile ou graisse
	- résiste à des charges radiales
	- adéquate pour des emplacements réduits

Figure III.32. Roulement à aiguilles HK1816.

III.5.6.3. Fiche technique de roulement 6805 RS



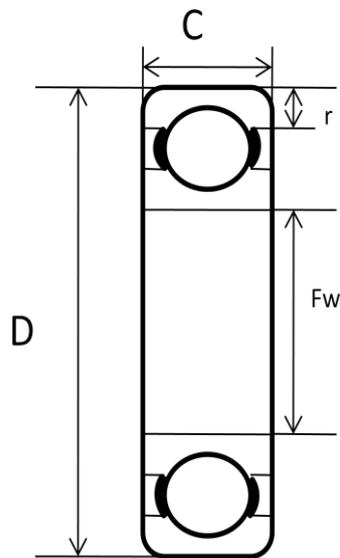
F_w	25 mm	Diamètre intérieur
D	37 mm	Diamètre extérieur
C	7 mm	Largeur
r	0,8 mm	Épaisseur de la bague externe
C_r	4500 N.	Charge dynamique radiale
C_{0r}	3150 N.	Charge statique radiale
C_{ur}	2140 N.	Charge limite à la fatigue
N_G	22 000 tr/min pour l'huile 10 000 tr/min pour la graisse	Vitesse de limite

Caractéristique

- Lubrifier avec l'huile ou graisse
- Résiste à des charges radiales
- Equipée par un joint d'étanchéité sur les deux coté

Figure III. 33. Roulement 6805 RS.

III.5.6.4. Fiche technique de roulement 6803 RS



F_w	17 mm	Diamètre intérieur
D	26 mm	Diamètre extérieur
C	5 mm	Largeur
R_{min}	0,8 mm	Épaisseur de la bague externe
M	10 g	Masse
C_r	2060 N.	Charge dynamique radiale
C_{0r}	1350 N.	Charge statique radiale
C_{ur}	2140 N.	Charge limite à la fatigue
N_G	17 000 tr/min	Vitesse de limite

Caractéristique	- Lubrifier avec l'huile ou graisse
	- Résiste à des charges radiales
	- Équipe par un joint d'étanchéité sur les deux coté

Figure III. 34. Roulement 6803 RS.

III.5.7. Montage des roulements sur l'axe de barboteur

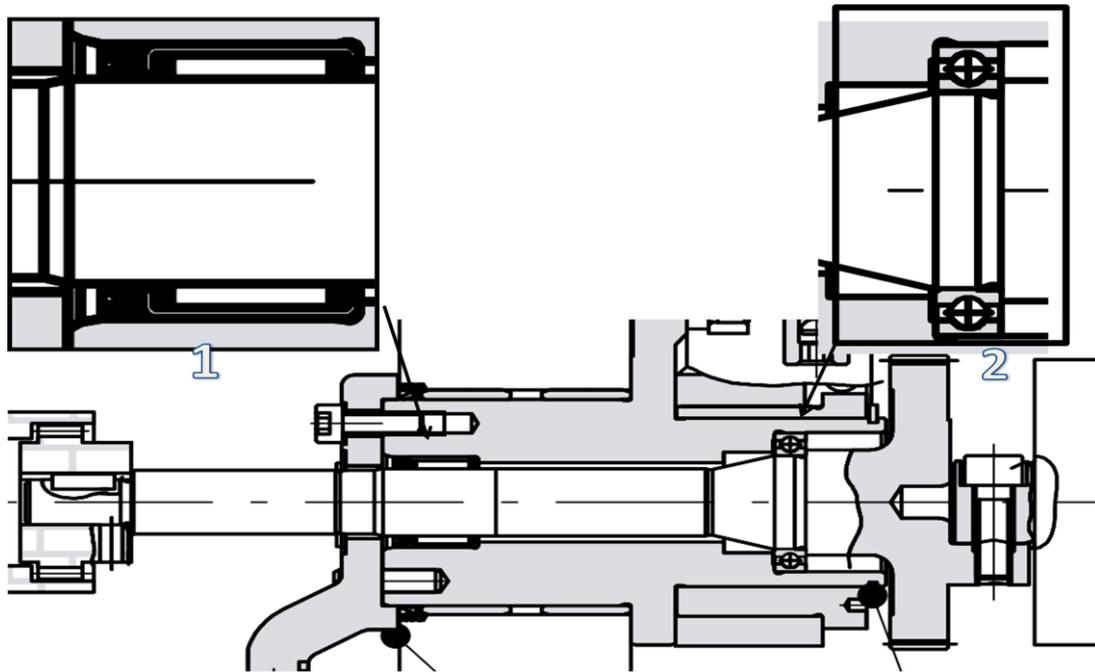


Figure III.35. Épaulement des roulements dans notre système.

Les roulements de notre système (Fig.III.35.1) (Fig.III.35.2) son épauler comme suite

III.5.7.1. Le roulement à billes 6805 2RS

- De côté droit la bague interne de ce roulement est butée par l'épaule de l'axe. Ce dernier l'empêche de se déplacer dans la direction axiale par contre la bague externe est libre.
- De coté gauche, l'épaule du support d'axe bute la bague externe du roulement. Ce dernier va l'empêcher de se déplacer sur le coté gauche par contre la bague intérieure est libre.

Dans ce montage, la bague intérieure est montée avec serrage pour des conditions dans le cas ou l'arbre est tournant.

III.5.7.2. Roulement a aiguille HK18 16

- De côté droit, ce roulement est buté par l'épaule du support qui l'empêche de se déplace dans la direction droite.
- De coté gauche la bague externe de est buté par la pièce qui assure le pivotement de support.

Ce roulement est monté avec jeu pour qu'il absorbe la force due à la dilatation de l'arbre est protégé le mécanique.

III.6. Conclusion

On constate dans cette étude que le roulement 6805 2RS n'est pas épauler correctement ce qui nous a ramenés a étudié par simulation les contrainte appliquer a ce mécanisme et de tirée les solutions a ce problème (chapitre 4).

Références

- [1] Hiedelberger.« SpeedMaster SM 102 /SpeedMaster CD 102 preset plus An/ausleger ». Edition 10/03.91.147.9300.Documentation de la CD74_ service manuel sfc.
- [2] Hiedelberger Druckmaschinen AG. « Specifications and technical characteristics of the Heidelberg Speedmaster CD 74 and the corresponding peripheral equipment ». 2001.Catalogue des roulements Roulement SKF .
- [3] ANDRE. C. « Chevalier guide du dessinateur industriel édition ».Edition 2004.
- [4] BRIGITTE.R. « Mécanique Générale (roulements-engrenages-réducteurs) ». Edition septembre 2014.
- [5] « Guidage en rotation » . Mémoire master. Université Joseph Fourier. 2016
- [6] SKF. « Roulements ». Mars 2014.SNR.2009.
- [7] DESIRE.P. « Catalogue Générale Industry ». 25 mai 2018.
- [8] Site.web: http://www.zpag.net/Tecnologies_Indistrielles/Roulements_Montage.htm
- [9] PIERRE. « Les Engrenages ».pp et epc du Lycée Hanzelet. mai 2017.

Chapitre *IV*

Simulation numérique et interprétations

IV. Introduction

Une simulation informatique, ou bien la simulation numérique est une série de calculs effectués sur un ordinateur qui représente des phénomènes physiques complexes dont la description repose sur un modèle mathématique comportant des équations aux dérivées partielles. L'ordinateur résout alors ces équations numériquement en utilisant la méthode des éléments finis et le résultat obtenu représente le phénomène comme s'il s'était réellement déroulé. Cette représentation peut être une série de données, une image ou même un film vidéo.

Dans ce chapitre on va effectuer une simulation pour étudier les contraintes appliquées sur le mécanisme et pour en suite proposer une solution à ce problème.

La simulation consiste à:

- **Crée une étude**

Chaque analyse d'un modelé correspond à une étude .nous pouvons avoir plusieurs études pour le même modelé.

- **Application du matériau**

Nous appliquons au modèle un matériau contenant les informations physico-chimiques.

- **Appliquer les déplacements imposés**

Les déplacements imposés sont ajoutés a fin de représenter le mode de conservation du modèle physique.

- **Appliquer un chargement**

Les chargements représentent les forces et les couples qui agissent sur le modèle

- **Mailler du modèle**

Le modèle est fractionné en éléments finis. Le maillage du modèle dépend du type de la géométrie maillée, du type d'analyse à effectuer la simulation propose des éléments volumiques tétraédriques pour mailler la géométrie des solides et éléments coques, triangulaires pour maillée celle de surfaces.

IV.2. Modélisation numérique (cas initial de l'arbre)

Notre modèle étudié est l'arbre de rouleau barboteur (**Fig.IV.1**) du système mouillage il est composé d'une roue dentée hélicoïdale fixée sur un arbre tournant entraîné par un moteur électrique est supporter par des roulements.

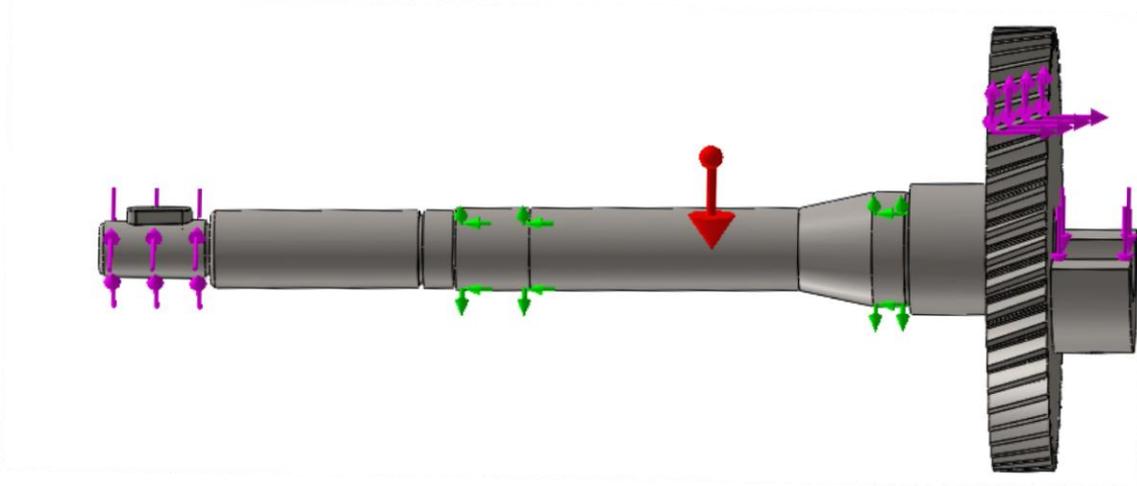


Figure IV.1. Modèle initial simulé.

IV.2.1. Pièces de système

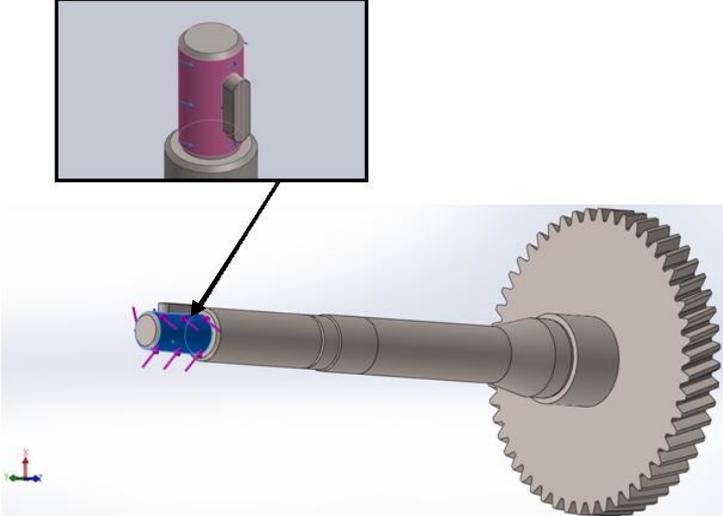
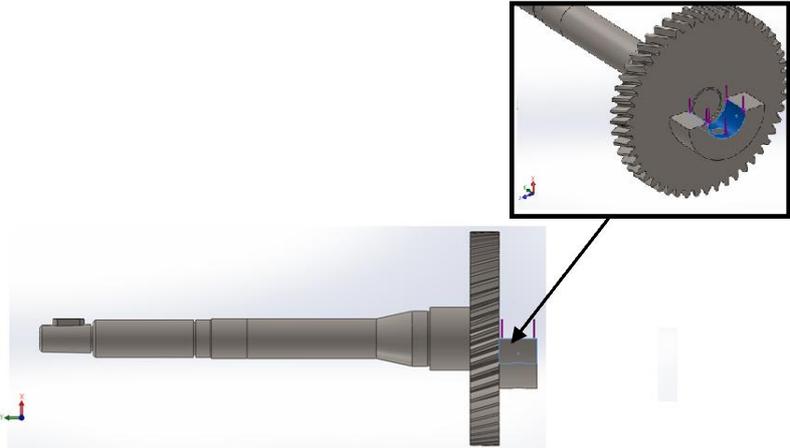
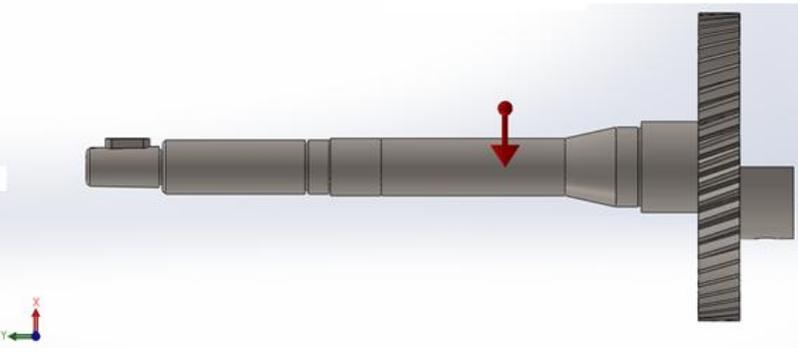
Notre système est composé d'une roue dentée fixée sur un arbre (**Fig.IV.2**)

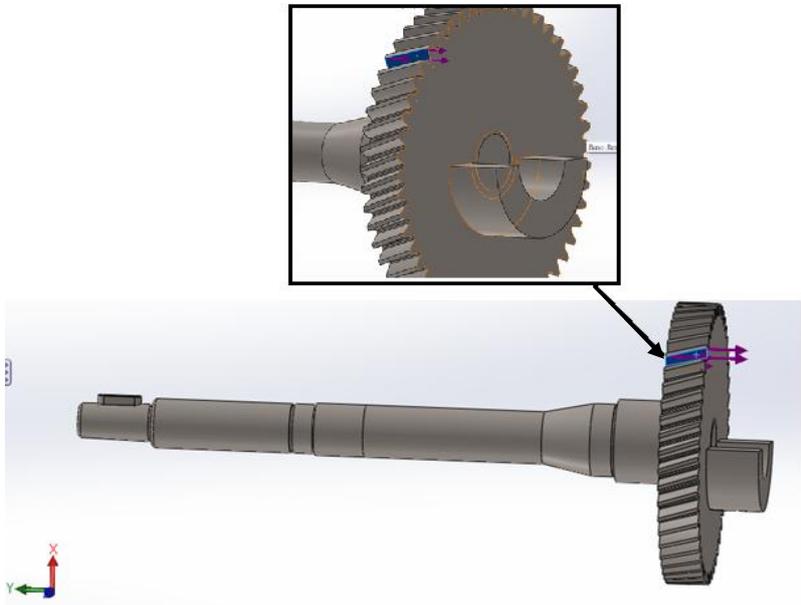
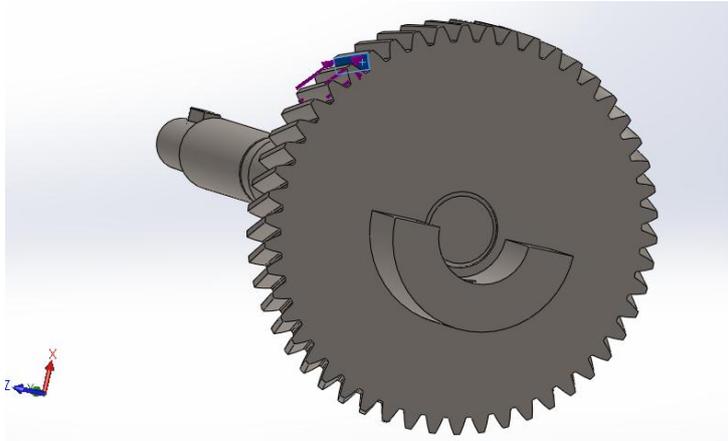
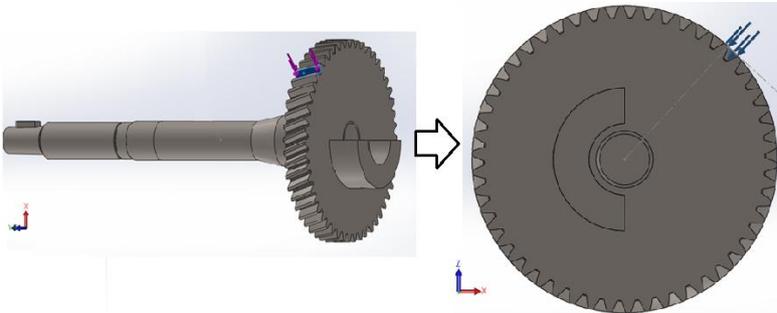


Figure IV.2. Pièces de composition de modèle.

Les applications extérieures qui agissent sur notre système sont définies comme suite :

IV.2.2. Les charges externes

Nom de la charge	Image de chargement	Détails de la charge
<p>Couple</p>		<p>Type : moment de torsion</p> <p>Valeur : 6 N.m</p>
<p>poids du rouleau barboteur</p>		<p>Type : force</p> <p>Valeur : 58.8 N</p>
<p>Poids de l'axe</p>		<p>Type : force</p> <p>Valeur : 6.278 N.</p>

Nom de la charge	Image de chargement	Détails de la charge
<p>Force axiale de la roue dentée</p>		<p>Type : force Valeur : 58.24 N</p>
<p>Force tangentielle de la roue dentée</p>		<p>Type : force Valeur : 160 N</p>
<p>Force radiale de la roue dentée</p>		<p>Type : force Valeur : 61.972 N</p>

IV.2.3. Les déplacements imposés

Comme nous, notre modèle repose sur des roulements donc notre appui est pivot.

Déplacement imposé	Image de déplacement imposée	Détails
Pivot fixe		2 phases d'appuis avec un degré de liberté rotation selon l'axe Y

IV.2.4. Le matériau utilisé

Fiche technique du matériau :

Référence du modèle	Propriétés	
	Nom:	Acier allié
	Type de modèle:	Linéaire élastique isotropique
	Critère de ruine par défaut:	Contrainte de von Mises max.
	Limite d'élasticité:	6.20422e+008 N/m ²
	Limite de traction:	7.23826e+008 N/m ²
	Module d'élasticité:	2.1e+011 N/m ²
	Coefficient de Poisson:	0.28
	Masse volumique:	7700 kg/m ³
	Module de cisaillement:	7.9e+010 N/m ²
Coefficient de dilatation thermique:	1.3e-005 /Kelvin	

IV.2.5. L'unité utilisée

Système d'unités:	SI (MKS)
Longueur/Déplacement	Mètre
Température	Kelvin
Vitesse angulaire	rad/sec
Pression/Contrainte	N/m ²

IV.2.6. Maillage du système étudié

nom du modèle: axe barboteur

type de maillage : volumique

nombre total de nœuds: 114696

nombre total d'élément : 75034



Figure IV.3. Modèle maillé.

IV.2.7. Résultats de la simulation

▪Contrainte Von Mises

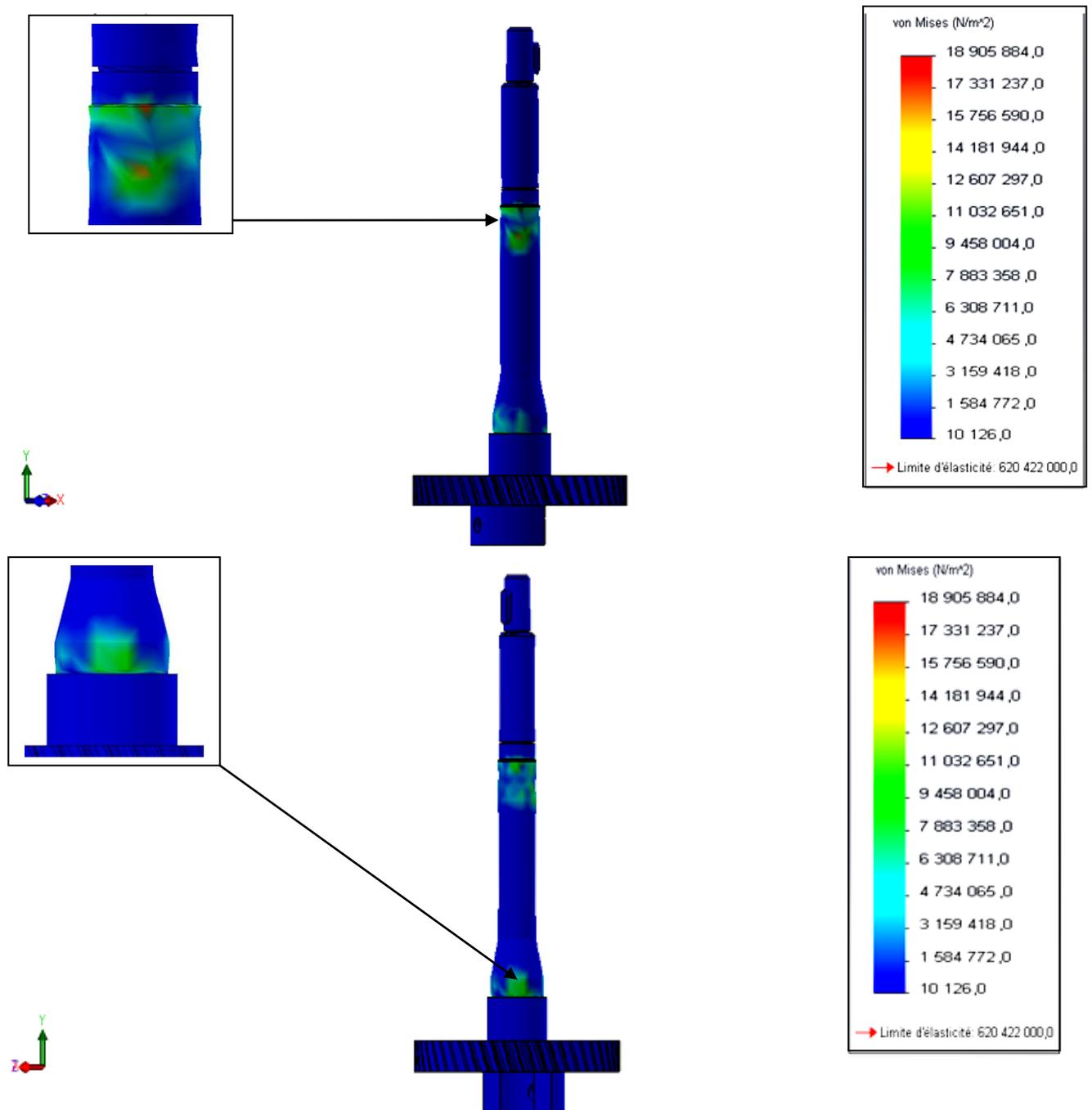


Figure IV.4. Contrainte Von Mises.

On observe une grande accumulation des contraintes sur la partie inférieure système cela est due aux réactions enjointes par le poids du rouleau barboteur et celui de l'arbre.

▪Déplacement selon l'axe Y

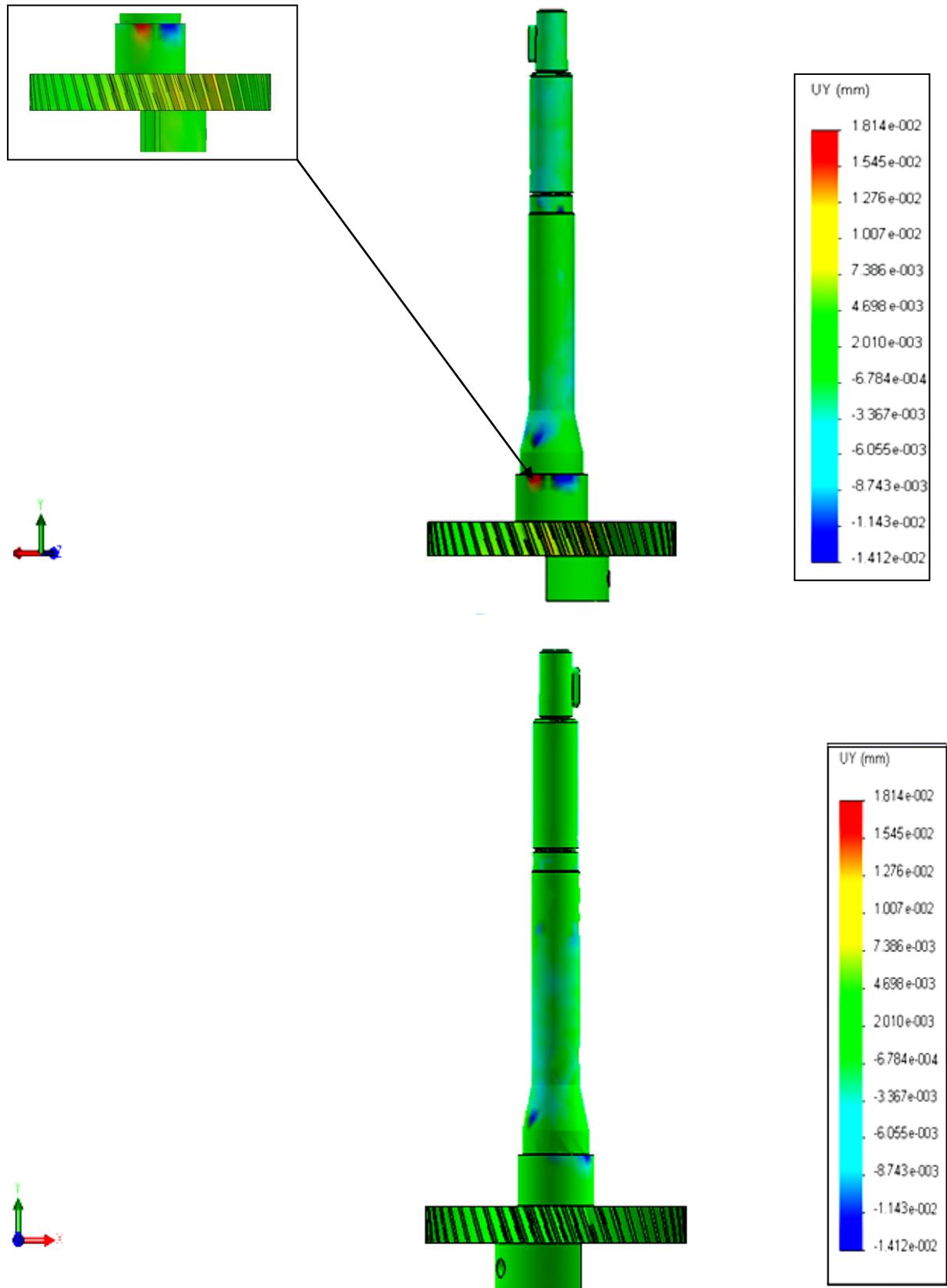


Figure IV.5. Les déplacements selon l'axe Y.

La simulation à révéler 2 déplacements places côte à côté dans des directions opposées sur la roue dentée. Cela signifie que notre système possède une force longitudinale qui oblige notre système à se déplacer dans la direction longitudinale.

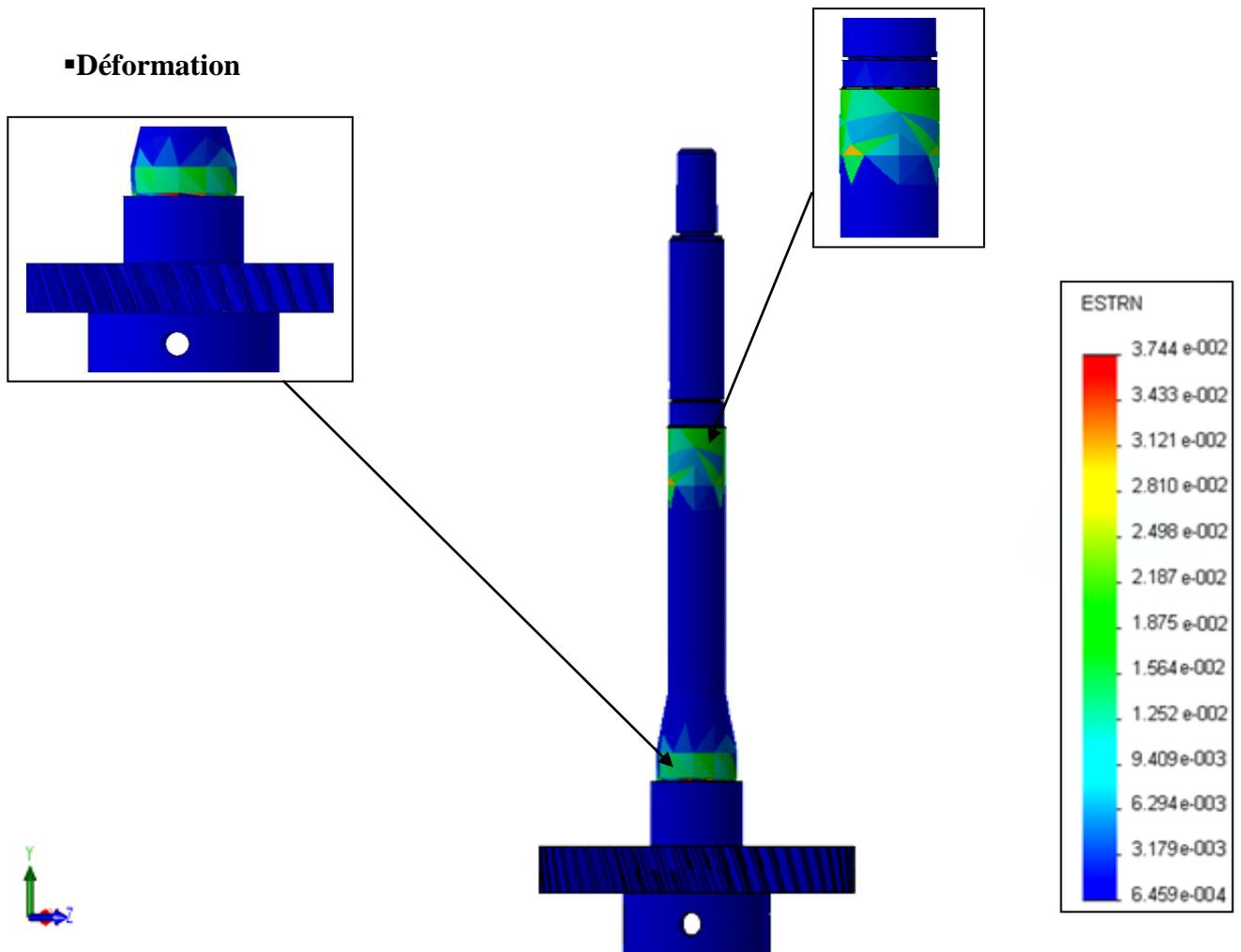


Figure IV.6. Les déformations.

D'après la simulation, on constate que la déformation est dans les 2 zones d'appui de notre arbre et ce dernier résiste aux charges qu'il subit.

IV.2.8. Interprétations des résultats

- En traitant les résultats de notre étude, on a constaté que la cause major qui provoque la défaillance du roulement à billes est le déplacement créé par la roue dentée (force longitudinale) que le roulement ne peut pas supporter.

- Vu le problème que ce représente de façon répétitif de la panne sur le roulement du système, l'équipe de maintenance de la société SIPA a réalisé des modifications sur le système en passant de roulement à aiguilles du HK 18 / 16 vers NK 18 / 16 en l'ajustant sur le logement. Ainsi, ils ont ajouté un 2^{ème} roulement à billes identique au 1^{er} placé côte à côte sur l'arbre. Cette solution est basée sur l'augmentation de la surface de contact pour diminuer

la concentration des contraintes au niveau des paliers.

De plus, cette modification est réalisée par des enlèvements de matière de l'arbre tournant.

Après ces modifications, le problème de défections des roulements est presque disparu tout en laissant place à un nouveau problème qui est le cisaillement de boulon de fixation de barboteur sur l'arbre (**Fig.IV.3**).

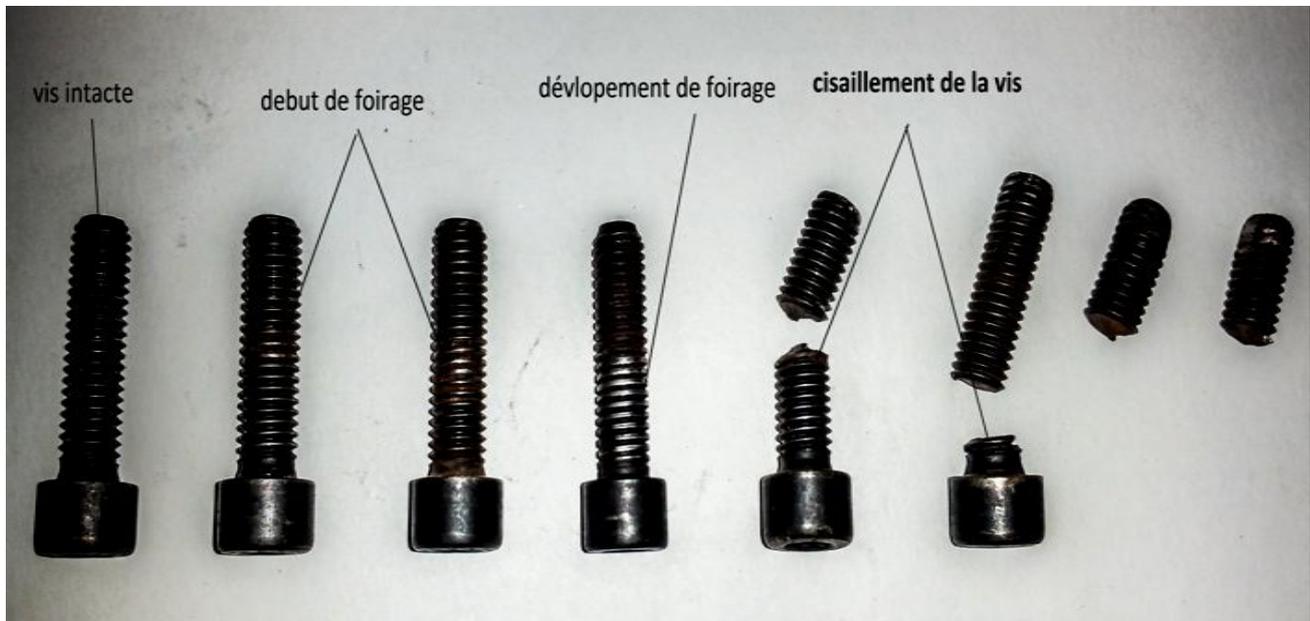


Figure IV.7. Boulon de fixation barboteur.

IV.3. Modélisation numérique (cas l'arbre modifié)

On a fait une étude de simulation par logiciel SolidWorks simulation sur cette modification réalisée par l'équipe maintenance de la société et on obtient des résultats comme suite :

IV.3.1. Modèle de l'arbre modifié

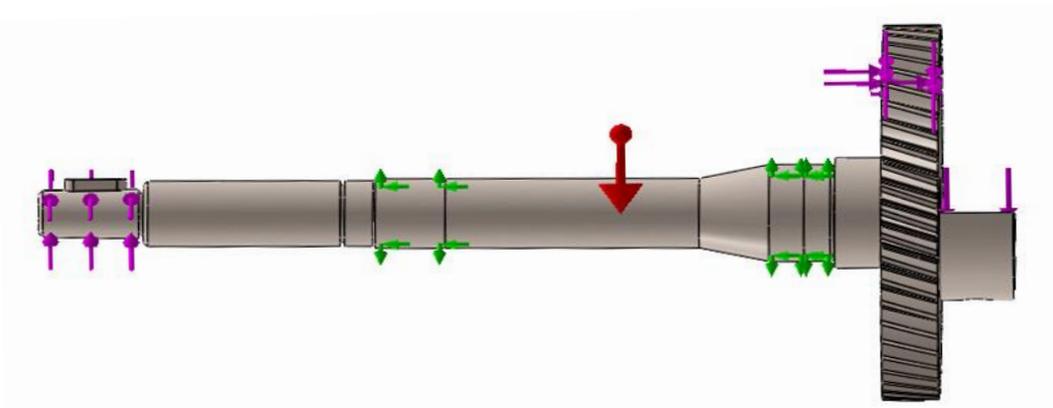
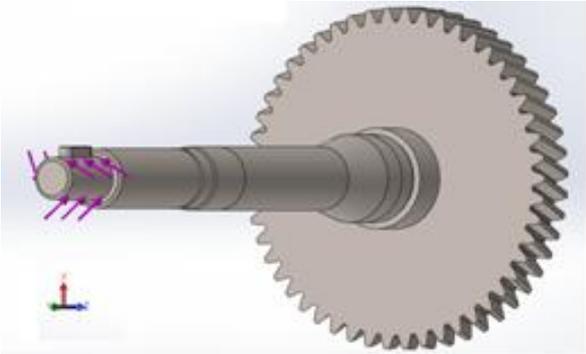
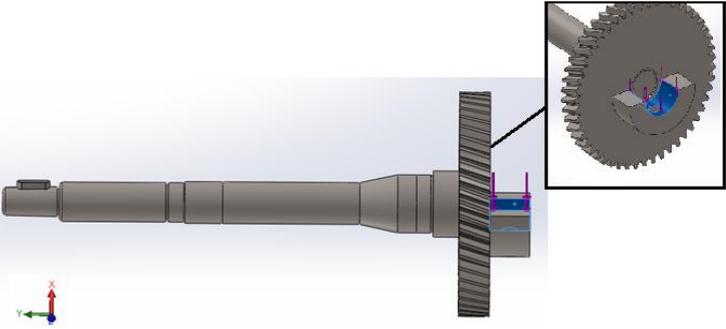
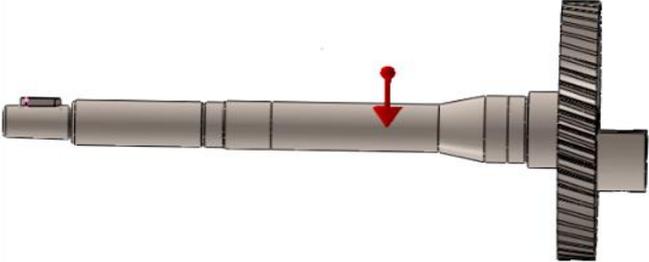
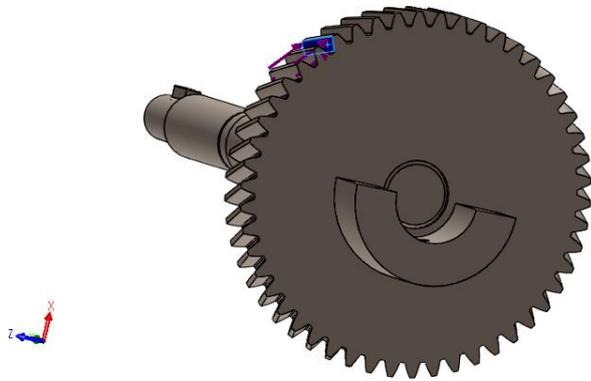
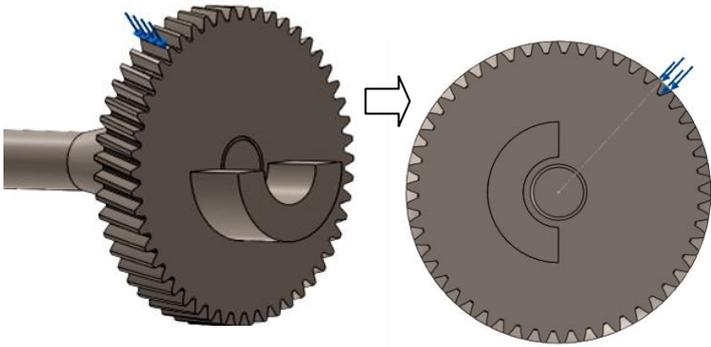


Figure IV.8. Modèle modifié simulé.

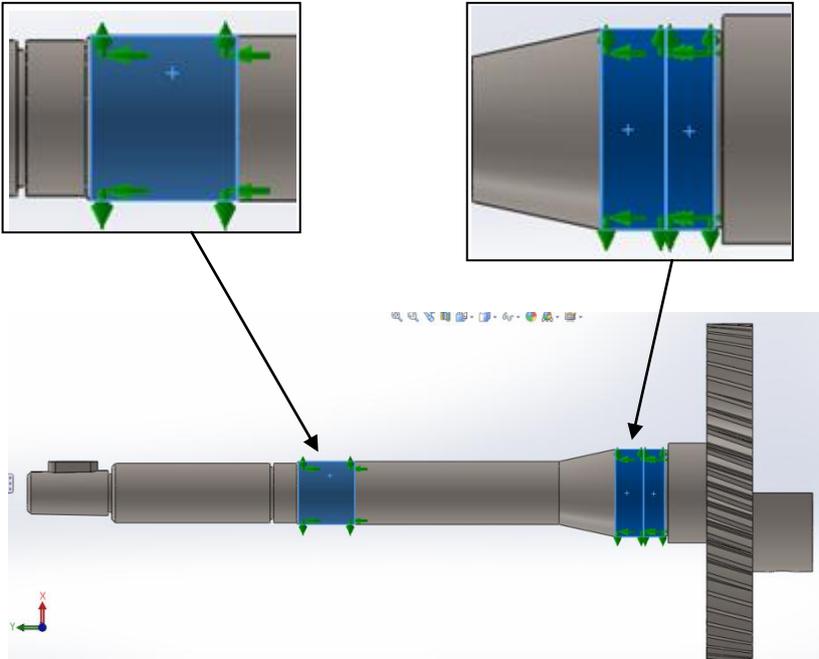
IV.3.2. Les charges externes qui agissent sur notre modèle d'étude

Nom de la charge	Image de chargement	Détails de la charge
Couple		<p>Type : moment de torsion</p> <p>Valeur : 6 N.m</p>
poids du rouleau barboteur		<p>Type : force</p> <p>Valeur : 58.8 N</p>
Poids de l'axe		<p>Type : force</p> <p>Valeur : 6,404 N</p>

Nom de la charge	Image de chargement	Détails de la charge
<p>Force axiale de la roue dentée</p>		<p>Type : force</p> <p>Valeur : 58.24 N</p>
<p>Force tangentielle de la roue dentée</p>		<p>Type : force</p> <p>Valeur : 160 N</p>
<p>Force radiale de la roue dentée</p>		<p>Type : force</p> <p>Valeur : 61.972 N</p>

IV.3.3. Déplacement imposé

Comme notre modèle repose sur des roulements donc notre appui est pivot.

Déplacement imposé	Image de déplacement imposée	Détails
Pivot fixe		Deux surfaces d'appuis avec un degré de liberté rotation selon l'axe Y

IV.3.4. Le matériau utilisé

Fiche technique :

Référence du modèle	Propriétés	
	<p>Nom:</p> <p>Type de modèle:</p> <p>Critère de ruine par défaut:</p> <p>Limite d'élasticité:</p> <p>Limite de traction:</p> <p>Module d'élasticité:</p> <p>Coefficient de Poisson:</p> <p>Masse volumique:</p> <p>Module de cisaillement:</p> <p>Coefficient de dilatation thermique:</p>	<p>Acier allié</p> <p>Linéaire élastique isotropique</p> <p>Contrainte de von Mises max.</p> <p>6.20422e+008 N/m²</p> <p>7.23826e+008 N/m²</p> <p>2.1e+011 N/m²</p> <p>0.28</p> <p>7700 kg/m³</p> <p>7.9e+010 N/m²</p> <p>1.3e-005 /Kelvin</p>

IV.3.5. Maillage du système étudié

Nom du modèle: axebarboteur
 type de maillage :volumique
 nombre total de nœuds: 114696
 nombres totaux d'éléments : 75034



Figure IV.9. Modèle modifié maillé.

IV.3.6. Résultats de la simulation

➤ Contrainte Von mises

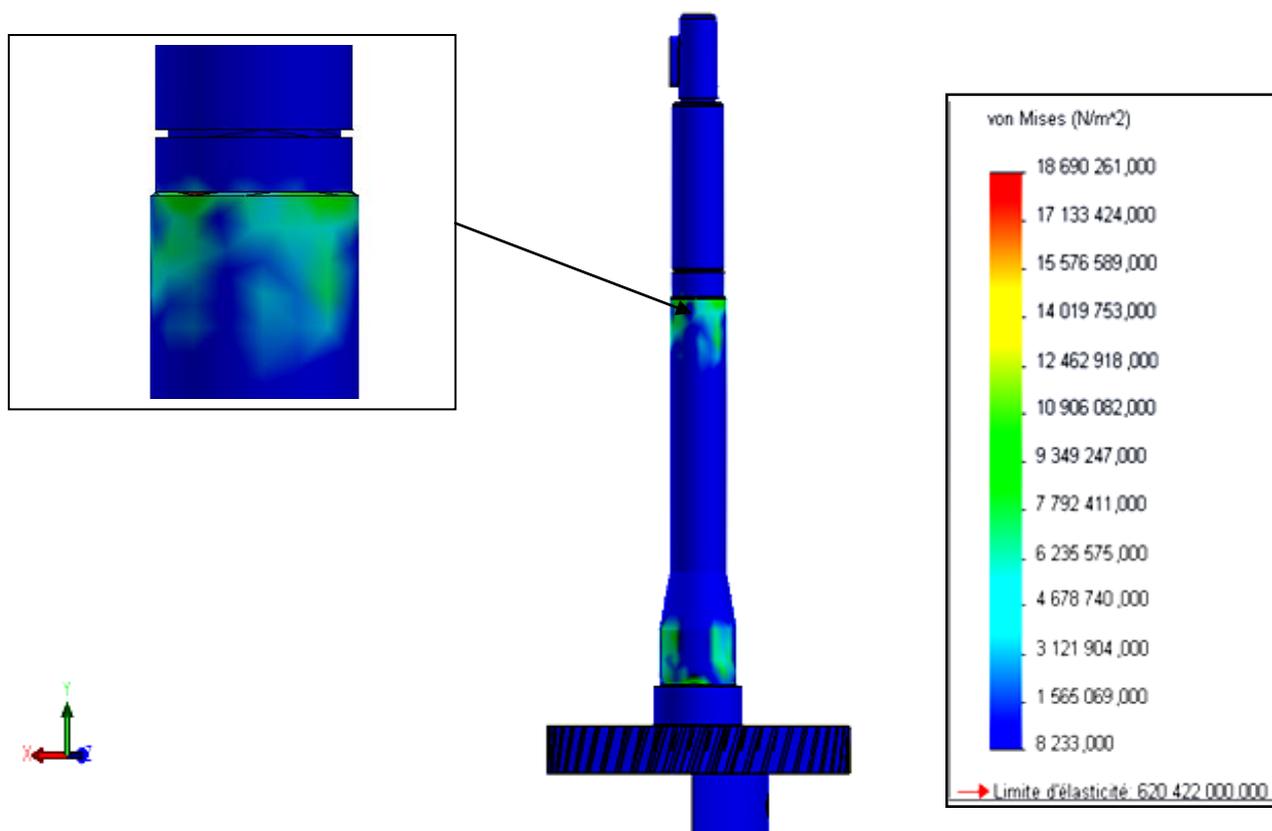


Figure IV.10. Contrainte Von Mises pour le modèle modifier.

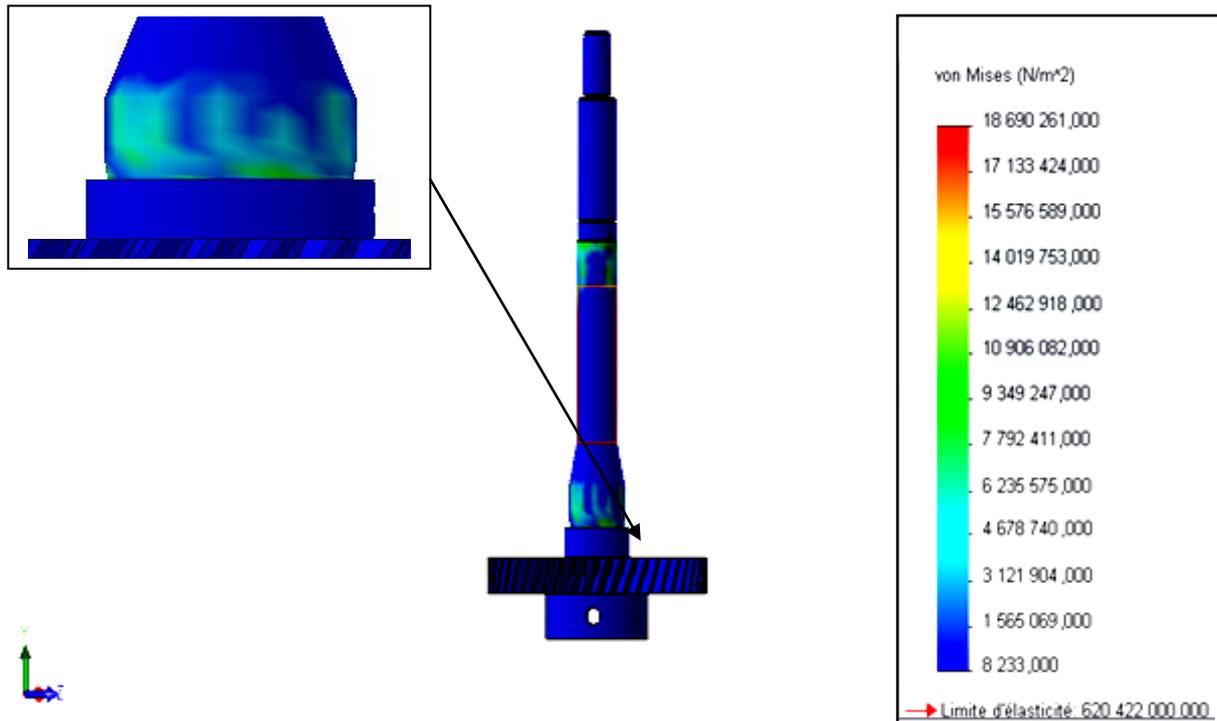


Figure IV.11. Contrainte Von Mises pour le modèle modifier d'un autre angle.

On observe que les contraintes au niveau de l'appui (emplacement roulement à billes) sont moins denses par rapport à la précédente étude, cela est dû à la répartition des charges homogène sur les 2 roulements.

➤ **Déplacement selon l'axe Y**

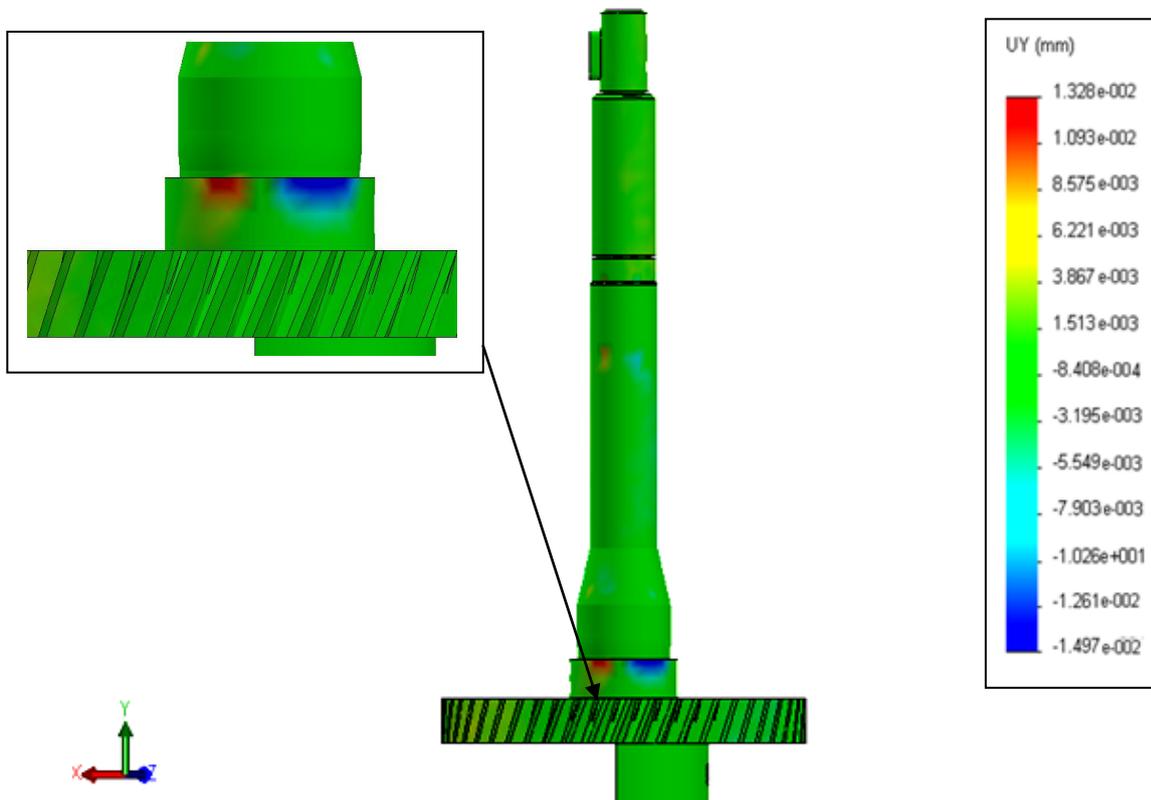


Figure IV.12. Déplacements selon l'axe Y.

D'après les résultats de la simulation, on remarque que la présence de la force axiale, mais cette fois elle est dans une seule direction par rapport à l'étude précédente.

De plus, on a une diminution du déplacement dans l'ordre de **80%**. Mais, on a toujours des contraintes dangereuses qui s'exercent sur les paliers.

➤ Déformation

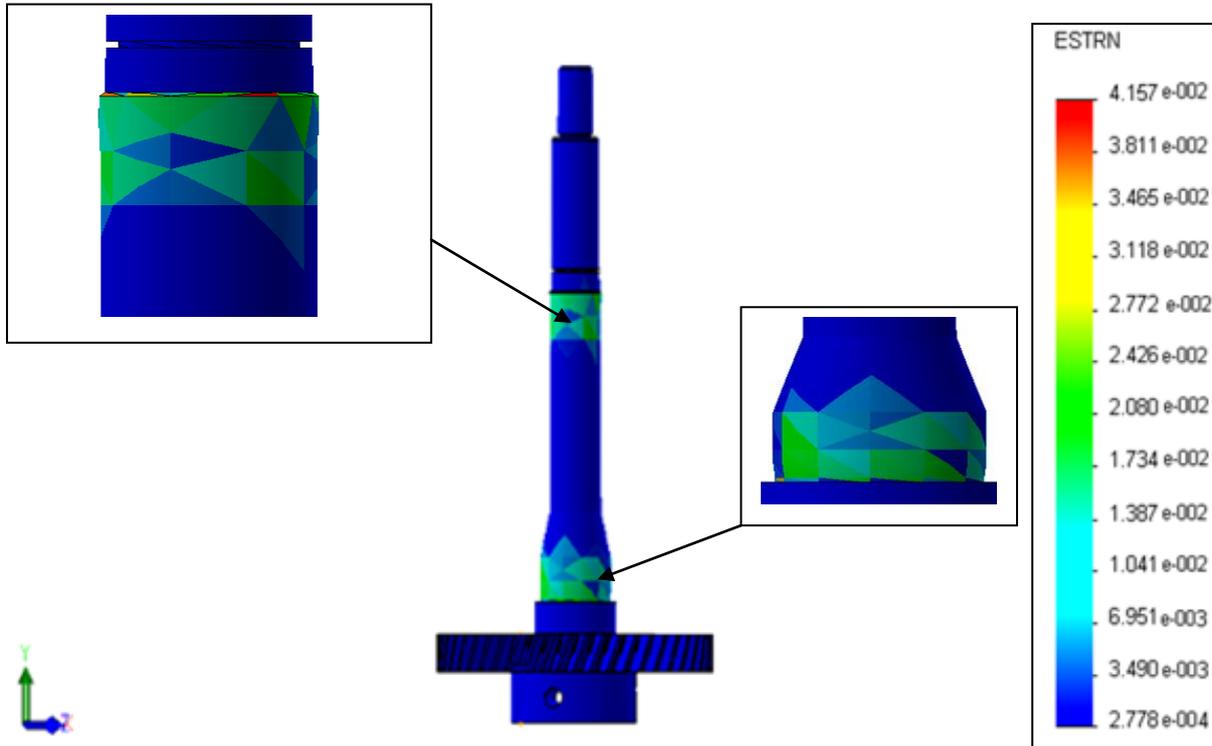


Figure IV.13. Les déformations.

D'après nos résultats notre axe résiste aux chargements qu'il subit malgré les petites déformations.

IV.3.6.1. Interprétations des nouveaux résultats

Après modifications, le problème d'endommagement des roulements est disparu. Par contre on a eu un nouveau problème qui se pose celui de cisaillement de la vis à cause du déplacement longitudinale.

Pour cela, le problème réel est la mauvaise conception des paliers est la difficulté de fixations des roulements qui laisse toujours place aux déplacements qui provoqué le cisaillement de la vis.

Dans ce qui suit, on va proposer une solution (une autre modification) qui va éliminer (ou bien diminuer aux maximums les déplacements)

IV.4. Solution proposée

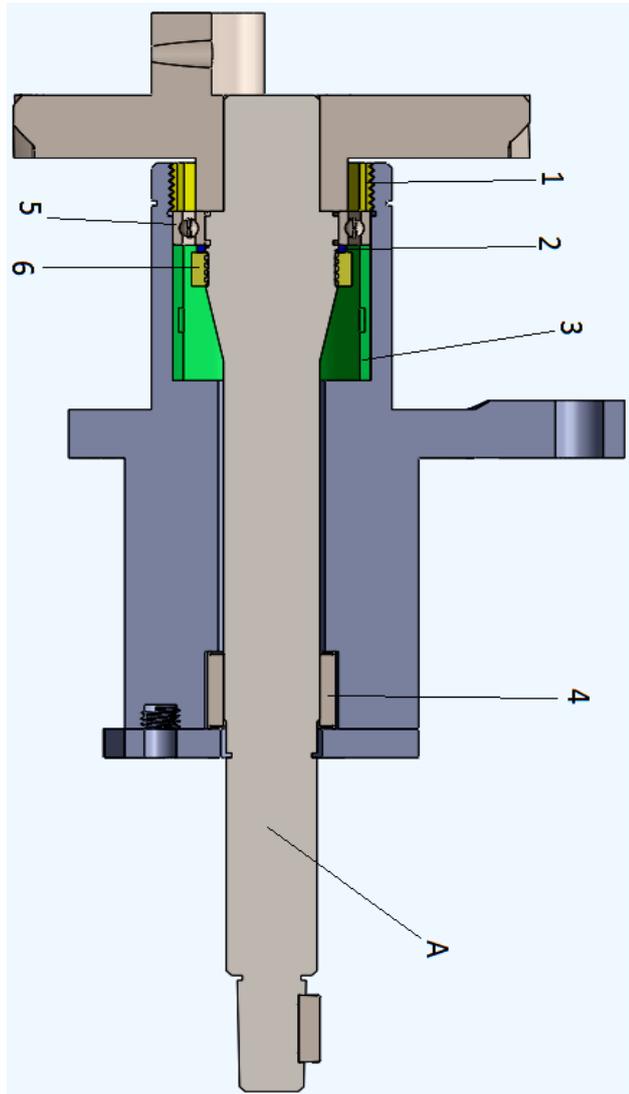
Après avoir étudié profondément le système de mouillage de la machine speed master CD-74 on a constaté que le défaut de montage de roulement à billes 6508 rs qui provoque ces pannes. Pour cela on propose une solution pour éliminer ce défaut en faisant des modifications comme la suivante :

- Éliminer le 2eme roulement qui a été ajouté par l'équipe de maintenance de la société.
- Ajouter un filetage qui se débouche dans une rainure, une rondelle et un écrou moleté sur l'arbre a fin de buter la bague intérieure du roulement a bille du coté droit.
- Ajouter un taraudage au niveau de logement qui débouche dans une rainure pour lui équipée d'un couvercle qui va buter la bague extérieure du roulement à billes de côté gauche. Du côté droit on ajoute une cale qui va occuper le vide crée entre la bague extérieure est la surface de buté sur le logement.

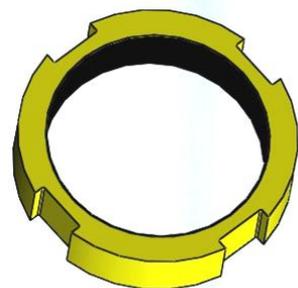
Par rapport aux résultats trouver, on a finalement opté pour une solution qui est réalisée avec des limites extrêmes imposées par le système. Les contraintes technologiques ont rendu les modifications très difficiles à l'effectuer.

Parmi les contraintes technologiques que nous avons rencontrées pendant note étude a réalisé la solution :

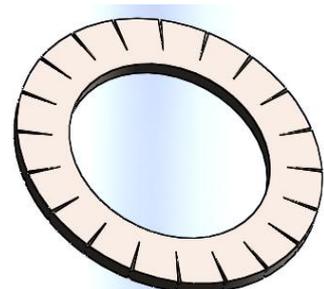
- L'encombrement de systèmes : le manque d'espace pour ajouter de nouvelles pièces.
- Pièces conjuguées : Les pièces axillaires qui complètent le système.
- La non-disponibilité des roulements pour la réalisation de la solution : on peut pas réaliser des roulements sur-mesure
- Pièces traitées : ce sont les pièces usinées don ils ont subi des modifications caractéristiques.
- Éviter de fragilisé les pièces : pour cela on a évité de réduire les diamètres et l'épaisseur des pièces pour avoir une résistance aux forces exècres.



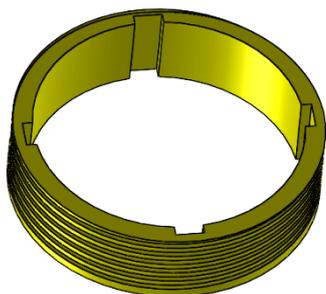
- A : l'arbre
 1 : couvercle
 2 : rondelle
 3 : cale
 4 : roulement à aiguilles
 5 : roulement à bille
 6 : écrou



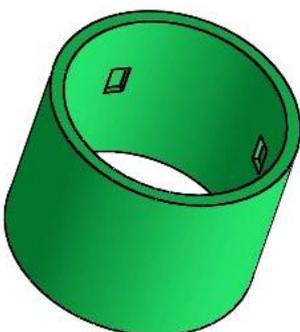
Écrou



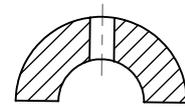
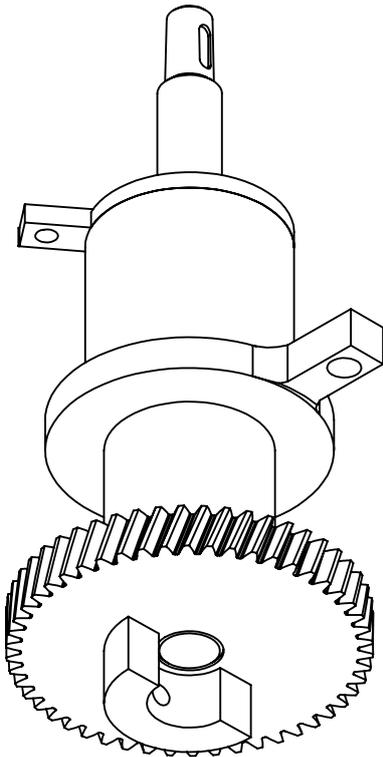
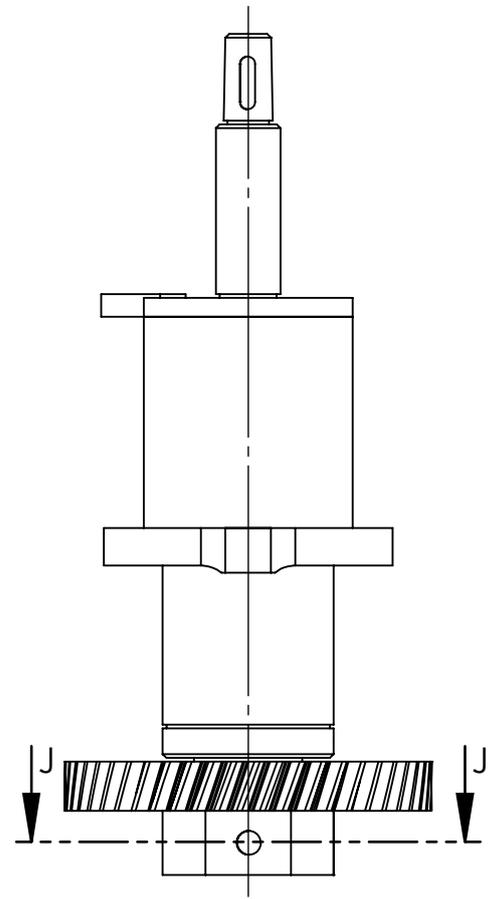
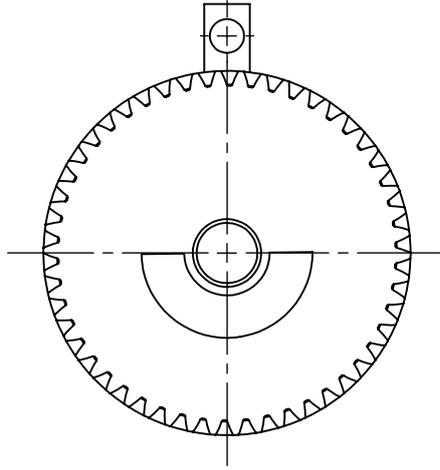
Rondelle



Couvercle



Cale



J-J

Université Mhamed Bougara

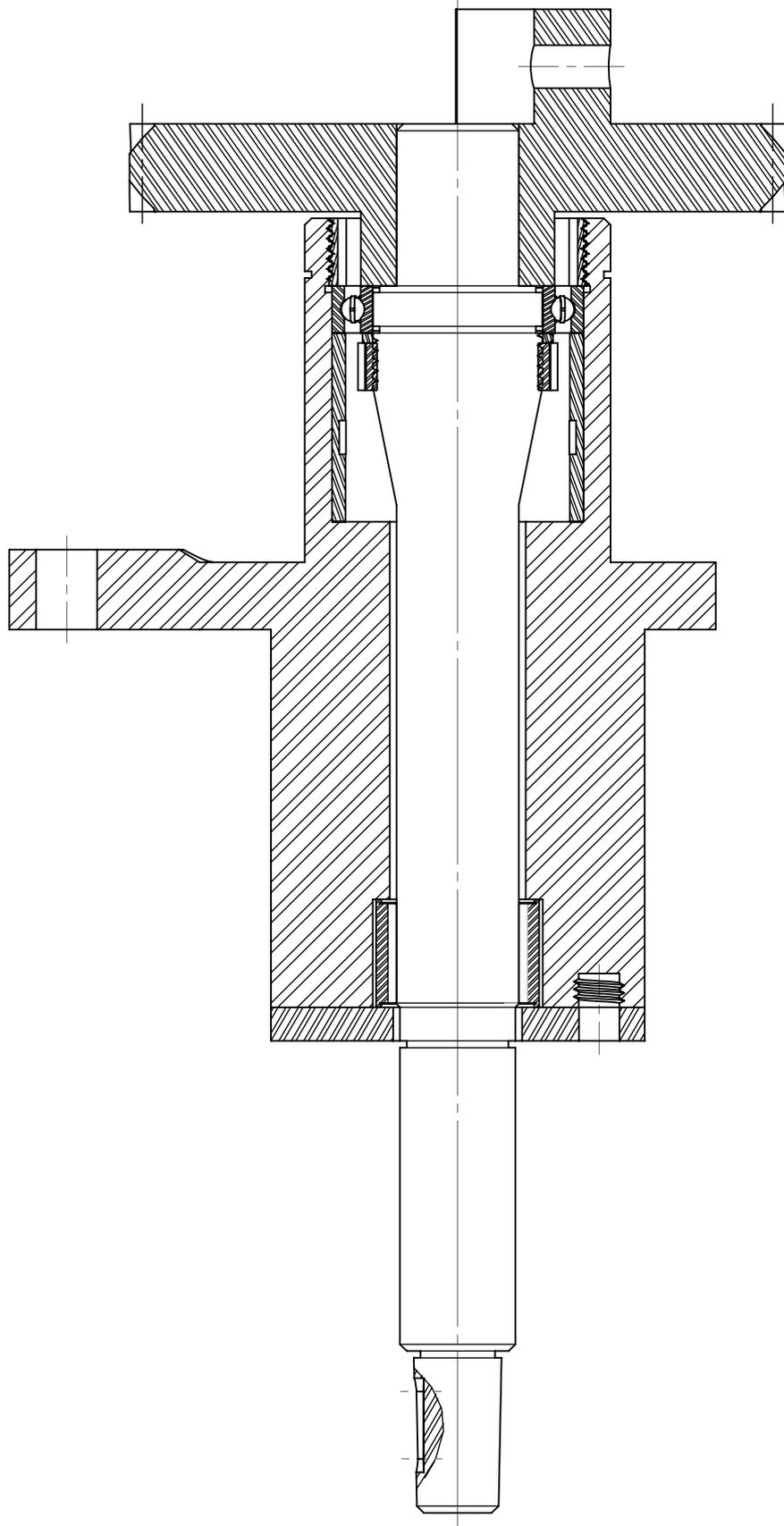
Echelle 1: 2

Nom : MEM-16

Solution Finale

Desins N°1

Date: 2018



Université Mhamed Bougara

ECHELLE 1 : 1

Nom : MEM-16

Solution Finale

Desins N°2

Date: 2018

IV.2. Conclusion

On a constaté dans cette simulation qu'il ya des charges axiales sur le système qui sont a l'origine de ces pannes.

Malgré la modification effectuer par l'entreprise les charges axiales sont toujours présentes sur le système.

La solution proposer améliorer le fonctionnement de la machine tout en assurant la disponibilité des pièces de rechange .

Références

- [1] MANSER.B et LOUISSI.A « simulation d'une boîte vitesse ». Mémoire licence en génie mécanique 2013 / 2014.
- [2] Logiciel SolideWork. Version 2013.
- [3] SKF. « Roulements ». Mars 2014.SNR.2009.

Conclusion générale

Conclusion

Cette étude nous a permis de faire une étude de fiabilité ce qui nous a conduits à faire une simulation pour notre système avant et après la modification réalisée par l'entreprise en utilisant un logiciel de simulation.

Grâce a la simulation on a pu déterminer l'origine de la panne qui due au force de déplacement longitudinal présent qui agisse sur le roulement à billes.

Après une longue étude de notre système et plusieurs tentatives de modification on proposant d'autres types de montage avec des roulements différents comme les roulements coniques, à billes, à contact oblique, des roulements à double rangée coniques et à contact oblique. Malgré la gamme variée des roulements proposés sur le marché, le changement de ces roulements est devenu impossibles à réalisé sur ce système pour des raisons de l'emplacement très réduit qui a rendu cette acte impossible ainsi on a évité de fragiliser l'arbre en réduisant son diamètre, car cela peut engendrer d'autres problèmes comme le cisaillement de ce dernier.

Au final nous avons choisi de garder un roulement du système en le rendant dans les normes de montage, à cet effet on a ajouté des pièces avec un enlèvement de la matière sur l'alésage pour faciliter le montage. Le choix de ces pièces est pris pour leurs disponibilités sur le marché algérien.