

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur

et de la Recherche Scientifique



Université de Blida 1

Faculté des sciences technologie

Département génie –mécanique

Projet fin d'étude pour l'obtention

de diplôme master II

Spécialité : fabrication MECANIQUE et productique

Titre :

**Modification d'une presse rotative a
comprimer**

Présenté par :

- ILYES BENMENNI
- AMINE MOUHAMED
BEN LAKEHALE

Promoteur: Mr. MOURAD ABADA

Co-promoteur : Mr. YOUNES
FAROUK BRAZI

Année universities (2017/2018)

Remerciement

tout d'abord : Nous remercions le bon dieu, le clément et le miséricordieux de nous avoir donné la patience, la force, et surtout le courage durant ces longues années d'études et de nous avoir guidé sur le bon chemin du savoir.

Au terme de ce travail, Je tiens à exprimer toute ma gratitude et toute nos reconnaissance envers **Mr. YOUNES FAROUK BRAZI** d'avoir accepté de diriger et de suivre ce mémoire avec bienveillance et intérêt autant qu'un Co_ promoteur. on désire le remercier pour la chance qu'il nous a donné d'élargir notre horizon scientifique ,technique et d'approfondir nos apprentissage dans ce domaine qui nous passionne toujours autant, celui de la mécanique industrielle .

Nous sommes très honorées que **Mr. MOURAD ABADA** d' accepté d'être notre promoteur ,on le remercier de nous encourager et d'avoir été toujours prêt à partager ses connaissances, Nous lui exprimons nos sincères gratitude et notre profond respect.

Nous tenons à remercier infiniment le **président des jurys Mr. MUSTAPHA TEMAR** a accepté de présider le jury de notre soutenance et **les membres du jury Mr. KIRAD & Mr. AZINE** Nous leurs exprimons nos sincères gratitude et notre profond respect.

Mais comme chacun le sait, il est impossible de construire sans fondation solide. Je remercie donc tous les Professeurs qui, au cours de notre cursus universitaire, se sont efforcés de nous prodiguer un enseignement de qualité, évoluant avec l'air du temps.

Néanmoins, on doit aussi remercier notre entourage dans la vie de tous les jours **nos familles et nos amis** d'être toujours là pour nous , mais surtout **les parents**, pour nous avoir soutenu tout au long de notre parcours scolaire et universitaire,

Merci à toute personne qui a participé de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Merci à tous...

Dédicace

*Avant tout je remercie Allah qui nous a aidé à élaborer ce modeste travail
que je dédie :*

A la mémoire de mes grands-parents paternels et maternels

*Qui m'ont tant aimé et élevé dans le respect des autres, la discipline et la
rigueur.*

A ma chère et tendre mère

*A celle qui a tant souffert sans me faire souffrir qu'elle trouve dans ce
mémoire le témoignage de ma reconnaissance de son affection pour les
sacrifices, l'extrême amour et de bonté qu'elle m'a offerts.*

Et particulièrement à mon père

*A qui je dois ma réussite et tout le respect, qu'il trouve ici l'expression de
mon affection et une récompense des sacrifices consentis pour moi.*

A mon frère Housseem et ma sœur abir et à toute ma famille

A mon binôme ilyes et tout mes amis de l'université

A tous ceux que J'aime et qui m'aiment et qui me sont très chers

BENLAKEHAL MED AMINE

Dédicace

Je dédie ce modeste travail aux êtres les plus chers ,

A ma cousine **B.LINDa** qui nous quitte le mois d'octobre qui a été toujours proche de moi, qui ma toujours encourager et soutenu que dieu te benisse et te garede dans son vaste paradis.

A ma **grande mère** qui m'a toujours encourager et soutenu que dieu vous accorde une longue vie et une bonne santé

A la prunelle de mes yeux qui ont consacrés leurs vie pour mon éducation, ma réussite et mon encouragement :

Mon cher père RABEH, Pour tes immenses sacrifices, ton courage et surtout ta patience et ta compréhension. Grâce à ta bienveillance, à ton encouragement et à ta générosité, j' ai pu terminer mes études. Toutes les encres du monde ne me suffisent pour t' exprimer mon immense gratitude. Que ce travail puisse être le résultat de tes efforts et de tes sacrifices.

A ma cher mère ouahiba , Pour l'affection, la tendresse et l' amour dont tu m ' as toujours entouré, Pour le sacrifice et le dévouement dont tu as toujours fait preuve, Pour l'encouragement sans limites que tu ne cesses de manifester. Aucun mot, aucune phrase ne peut exprimer mes sentiments profonds d' amour, de respect et de reconnaissance.; Que ce modeste travail soit un début de mes récompenses envers toi .

que dieu les protège, les garde toujours en bonne santé et leurs donne une longue vie.

. A mes frères ; **MEHDI , IMAD, ABD EL-HAKIM**

A mes très chères cousines **LOUISA & SARAH**

A toute ma famille du grand au petit

A mes amis **K.ABD-ELGHANI Z. HAMZA, M.OUSSAMA, A.NADJYA ,C. AMIRA et B. NADJETE**

En témoignage de l'attachement, de l'amour et de l'affection que je porte pour vous. Je vous dédie ce travail avec tous mes vœux de bonheur, de santé et de réussite

A tous mes enseignants(e) du primaire à l'université.

A toute les personnes qui m'on aider à réalisé ce travail :

Mr ABADA MORAD & Mr. BRAZI YOUNES .

A mon binom **BENLAKEHALE MOUHAMED AMINE**

A toute la promtion

«fabrication mecanique et productique & construction mecanique » 2017/2018

ILYÉS.

Liste des figure

Figure 1: Exemples de comprimés (Shayne Cox Gad 2008).....	2
Figure 2: schéma récapitulatif des différentes méthodes d'obtention d'un comprime.....	5
Figure 3: Schéma des étapes de la compression en matrice. (Kadiri, 2004.).....	6
Figure 4: Courbe typique de compression.....	7
Figure 5: clivage d'un compact de lactose après éjection.	7
Figure 6 :Contrainte appliquée en fonction du déplacement du poinçon inférieur.	8
Figure 7: Schéma d'une presse alternative (Shayne Cox Gad 2008)	11
Figure 8: les phases de la compression sur machine à comprimer alternative. (A. Le Hir,2001).....	12
Figure 9: l'ensemble poinçon ,matrice ET la table.....	13
Figure 10: poinçons et matrices	13
Figure 11 :Compression à l'aide d'une presse rotative (FROGERAIS, 2013) (CASTEL, 1996)	14
Figure 12: Vue réelle d'une presse à comprimer rotative.....	15
Figure 13 : mode de fonctionnement de la comprimeuse	16
Figure 14 :Duplex microstructure	23
Figure 15 : Austen microstructure.....	23
Figure 16: schéma cinématique de la presse avant la modification.....	24
Figure 17:Schéma cinématique de la presse après la modification.....	25
Figure 18: Exemple de la turbine initiale de la presse.....	25
Figure 19: la turbine réaliser pour la modification.....	26
Figure 20: bloc de la tourelle.....	26
Figure 21 : du bloc de la tourelle initial.....	27
Figure 22 : forme de la bague et cotation.....	28
Figure 23 :du bloc de la tourelle après la modification.....	28
Figure 24:Extrémité D'arbre.....	31
Figure 25: Forme De Construction Avec Flasque.....	31
Figure 26 :forme du réducteur avec les cotation.....	32
Figure 27: dimension de l'arbre.....	34
Figure 28:clavette et surface cisailier.....	35
Figure 29:démonstration de l'entraxe de la presse	36

Figure 30: démonstration du diamètre primitive.....	38
Figure 31: dimension de transmission par chaîne.....	39
Figure 32: Diamètre de l'arbre qui entre dans la sortie du réducteur	40
Figure 33: dessin clavette et surface cisailleur.....	41
Figure 34: réducteur dimension 210 mm.....	42
Figure 35: écran du logiciel rdm6.....	44
Figure 36: nombre de nœuds.....	45
Figure 37: insertion de la distance.....	45
Figure 38: choix du métal.....	45
Figure 39: choix de forme de la poutre.....	46
Figure 40: insertion du diamètre.....	46
Figure 41: insertion de la charge Q.....	46
Figure 42 : forme de la charge répartie.....	47
Figure 43: résultat des contraintes.....	47
Figure 44: schéma montage du roulement et du galet	50
Figure 45 : Exemple réel du galet sur la presse rotative	50
Figure 46 : le poinçon normaliser.....	51
Figure 47 : schéma cinématique de la presse rotative initial.....	53
Figure 48 : schéma cinématiques de la presse après la modification	54

Liste des tableaux

Tableau 1: Comparaison entre une presse alternative et une presse rotative.....	19
Tableau 2: composition chimique.....	21
Tableau 3 :priorités mécanique (solide Works)	21
Tableau 4: composition chimique selon DIN(%) (pxgroup304-L-1.4306.pdf)	22
Tableau 5: :priorité mécanique acier inox inoxydable 304L (solide Works)	22
Tableau 6 :composition chimique du duplexe.....	23
Tableau 7: caractéristique moteur (JM 100 LB) [SEIPEE]	29
Tableau 8: caractéristique du réducteur (B H 80) (SITI)	29
Tableau 9 : caractéristique du moteur (JM 90 LA) (SEIPEE)	30
Tableau 10: Caractéristique du réducteur (type U 75) (SITI)	30
Tableau 11: Puissance et données électriques du moteur JM 112.....	31
Tableau 12: Dimensionnement Et Version Normalisé Du Moteur.....	31
Tableau 13: réducteurs de performance avec moteur.....	32
Tableau 14: dimension des clavette 23 < d > 30.....	35
Tableau 15: caractéristiques de la chaîne 8b-1 normalisé.....	37
Tableau 16 : pignon acier A50.....	37
Tableau 17: roues fonte FT 22 (structure à voile renforcé)	38
Tableau 18: dimension des clavette 45 < d > 50.....	41
Tableau 19: dimension clavette 96 < D > 110.....	42

Table des matières

introduction générale

étude bibliographique

chapitre I :la compression de la poudre pharmaceutique

Introduction.....	1
I. Définition du comprimé.....	2
II. Préparation de la poudre à comprimer.....	2
III. La compression de la poudre pharmaceutique.....	3
III.1. définition de la compression.....	3
III.2 . les Méthodes de compression.....	3
A. Granulation par voie humide.....	4
B. Granulation par voie sèche.....	4
C. Compression directe.....	4
III.3. Mode opératoire de la compression.....	6
III.4 Paramètres importants de la compression.....	9
III.5Avantages de la compression en pharmacie.....	9

chapitre II: les presse à comprimer

INTRODUCTION.....	10
I. Les presse alternatives.....	11
A .Les avantages :	11
B. Les inconvénients :	12
II. LA PRESSE ROTATIVE.....	13
II.1. Définition des presse rotative.....	13

II.2. Les paramètres important.....	15
II.3. Mode de fonctionnement.....	16
II.4. Avantage Et Inconvénients des machines rotatives.....	17
II.5. Les principaux réglages sur une presse à comprimer rotative.....	18
III. Matériaux utiliser pour la conception de cette comprimeuse.....	20
III.1. L'acier inoxydable 316L.....	21
A. Normalisation.....	21
B. Caractéristiques.....	21
III.2. l'acier inoxydable 304 L.....	22
A. Normalisation	22
B. CARACTERISTIQUE :	22
III.3. Acier Inox duplexe.....	23
A. C'est quoi un inox duplex.....	23
B. Avantage du duplex.....	23
C. Normalisation.....	23
C. Composition chimique.....	23

étude expérimentale

chapitre III: les modification effectuer sur la machine

Introduction.....	24
I. Les modification effectuer.....	24
I.1. la modification de la turbine.....	25
I.2. la modification du bloque de la tourelle.....	26
I.3. La modification au niveau des moteurs et les réducteurs	29

I.3.1.La presse rotative initial avant la modification	29
A.Partiel Bloc De La Tourelle :	29
B. Partie 2 boite d'alimentation (turbine) :	30
I.3.2 la presse rotative après la modification.....	30
A. Choix du Moteur :	31
B. choix du réducteur :	32

chapitre IV : calculer et vérification de quelque organe de la presse rotative

I. vérification et dimensionnement des organes :	34
I.1. Dimensionnent de la partie 2 boite d'alimentation (turbine)	34
A. Vérification de torsion pour l'arbre de turbin.....	34
B. Dimensionnent de la clavette du pignon2 :	35
C. dimensionnement de la clavette de la turbine.....	36
III.2 Dimensionnement De L'entraxe CP.....	36
III.3 dimensionnement de la transmission par chaines.....	37
A. calcule de la force tangentiel exercé sur les pignons.....	37
B. Choix De La Chaine.....	37
C. Calcule du Diamètre primitif du pignon 1($dp1 = ?$)	38
D. Calcule la longueur De la chaine.....	39
III.4. Calcule Le Moments Absorbé Par l'arbre De La Turbine.....	40
III.5. Dimensionnent de la partie 1 du bloc de la tourelle.....	40
III.5.1 . Calcule torsion de l'arbre principale de mouvement.....	40
A. Diamètre de l'arbre minimal.....	40
B. Dimensionnent de la clavette du réducteur :	41

C. Dimensionnement de la clavette du bloc de la tourelle.....	42
II. Dimensionnement et vérification du diamètre de l'axe de la poulie.....	43
II.1. dimensionnement de l'arbre de la poulie.....	43
II.2. vérification avec logiciel RDM 6.....	44
A .Les étapes à accomplir.....	44
B. donné et Résultat du logiciel RDM 6.....	47
II.3. Le montage de roulement.....	50
III .vérification de compression du poinçon.....	51

Chapitre Estimation

Introduction	52
I. Estimation de la presse rotative initiale	52
II. Estimation de la presse rotative après la modification	56
III. Discussions estimer de la presse rotative avant et après la modification	40

Conclusion

Reference bibliographique

Annexes

Introduction générale

En pharmacie les compresseuses ont actuellement une capacité de production allant jusqu'à 300 mille comprimés par heure. Cependant, compte tenu des priorités des poudres qui sont très sensibles à la manutention, à la provenance ou la manipulation, la réussite du procédé de compaction et la formation d'un comprimé conforme demande une compréhension des propriétés fondamentales des poudres. D'autre part la formation d'un comprimé non conforme ou l'arrêt de production suite à une mauvaise production de comprimés ne remet pas forcément en cause la formulation. Les paramètres du procédé tels que la vitesse de compaction, la forme du comprimé, les changements de température et d'humidité ou l'état de maintenance des outils de compression (matrices, poinçons) sont souvent responsables de perturbation de la production.

Pour la production d'un comprimé on trouve plusieurs machines parmi eux la presse rotative et la presse alternative, notre étude est basée sur la compresseuse rotative, la différence avec la compresseuse alternative est que le système de distribution est fixe et les chambres de compressions multiples et organisées sur un plateau circulaire tournant autour de son axe.

Les Poinçons supérieurs et inférieurs tournent autour du même axe et compressent progressivement le grain, aussi elle a une grande capacité de production que celle de la presse alternative qui a atteint jusqu'à 300 mille comprimés par heure, qui diffèrent selon le nombre de station (les chambres de compression) et aussi la vitesse de la table.

Dans ce travail on se propose pour étudier et faire quelques modifications sur la presse rotative avec 8 stations et une capacité de production qui atteint jusqu'à **14400 Comp/ H**, on a effectué plusieurs recherches pour bien comprendre le procédé de compression de la poudre ainsi le fonctionnement de la compresseuses rotative avec ces divers mécanismes.

Le travail qui fait l'objet de ce mémoire est organisé en deux parties :

- ✚ La première partie consiste en une étude bibliographique, organisée en deux chapitres : constituée par des rapports d'étapes documentaires présentant :
 - **D'une part** ; Le domaine pharmaceutique, les comprimés, le mélange de la poudre pharmaceutique et aussi le procédé de compression.
 - ✚ **d'autre part**; les presses à comprimés, on cite la presse alternative et la presse rotative, on décrit leur mode de fonctionnement ainsi les métaux utilisés pour leur conception.

La deuxième partie consiste à l'étude expérimentale, qui est organisée en 4 chapitres :

- **Le premier chapitre** : regroupe la présentation des schéma cinématique de la presse a comprimé rotative initial et modifiée , on discutant sur les modification réaliser sur la machine .
- **Le deuxième chapitre** : regroupe les différents résultats expérimentaux :
Dimensionnement et étude RDM pour principaux mécanisme de la presse rotative .

Enfin on a effectuer une estimation générale du cout de modification de la presse rotative a comprimer .

Introduction

La compression au sens général permet de réduire un volume ou une taille, elle est utilisée dans plusieurs domaines industriels citant parmi eux :

- La thermodynamique : une compression adiabatique permet la réduction du volume d'un corps sans échange de chaleur.
- La fabrication d'outillage : les poudres métalliques sont compactées à froid avant d'être frittées.
- L'obtention de céramiques : les poudres sont compactées afin de fabriquer des objets en Céramique pièce d'art.
- En agroalimentaire ; des comprimés sont également fabriqués afin de faciliter la conservation de certains aliments et leur dosage.
- En cosmétique ; afin de réaliser la compression de poudres destinées au maquillage.
- En agriculture ; certains engrais sont sous forme de comprimés.
- En hygiène ; les détergents peuvent être comprimés pour faciliter le transport et le dosage.
- La mécanique ; une contrainte équivalente à l'action d'une force qui exerce une pression à chaque extrémité d'un cylindre ou d'une poutre.
- La pharmacie ; opération permettant d'obtenir un comprimé conforme facile à transporter et à conserver. (19)

Dans tous les cas, l'objectif principal est d'obtenir, d'une manière rapide et aussi reproductible que possible, des compacts avec des caractéristiques précises. Parmi les caractéristiques recherchées, on note le gain de volume, la solidité suffisante pour une manipulation ultérieure, la réduction de poussière (poudres fines), pour des propriétés d'usage améliorées.

Par contre, dans la plupart des cas, la fonction finale du compact dépend fortement de l'histoire (propriété) de la poudre, du procédé de compression (presse à compri-mer) et de l'outillage qui assure la mise en forme.

I. Définition du comprimé

D'après la Pharmacopée Européenne, « les comprimés sont des préparations solides contenant une unité de prise d'une ou de plusieurs substances actives et d'excipients qui facilitent la mise en forme médicamenteuse. Ils sont obtenus en agglomérant par compression un volume constant de particules ou par un autre procédé de fabrication approprié tel que l'extrusion, le moulage ou la cryodessiccation (lyophilisation) ». (31).

Ils sont avalés, croqués, dissous ou désagrégés dans de l'eau avant administration et certains doivent séjourner dans la bouche pour y libérer la substance active. (10).

Ils peuvent se présenter avec des faces plates ou convexes, les bords peuvent être biseautés ou ronds avec des barres de cassures (pour une posologie de un demi ou un quart). Ils peuvent présenter sur la face supérieure un sigle ou un logo, Ils sont de couleur blanche ou colorés.



FIGURE 1: EXEMPLES DE COMPRIMÉS (SHAYNE COX GAD 2008).

II. Préparation de la poudre à comprimer

La mise en forme d'un comprimé (par compression) repose sur la formulation du mélange : opération nécessitant la présence d'adjuvants (agents liants, diluants, lubrifiants, auxquels il faut adjoindre des substances agissant sur le délitement futur du comprimé : agents délitants, désagréant, agents de protection, constituants de matrice, substances tampons. Etc...). (14).

Le mélange de poudres est une opération essentielle dans la production des médicaments, sa qualité va conditionner d'emblée la qualité du produit fini. En effet, le mélange final doit être homogène puisqu'il va être divisé en plusieurs unités qui doivent renfermer la même quantité d'excipients et de principe actif qui est rarement utilisé seul, ou plutôt en association avec des excipients qui permettent d'améliorer les caractéristiques biopharmaceutiques et technologiques du médicament. (2).

Cette opération se situe généralement en début du processus de fabrication et ce mélange joue un rôle important dans la qualité galénique et thérapeutique du produit fini. La notion de

stabilité du mélange est également primordiale, car, comme le dit Mony dans sa définition, l'homogénéité doit se conserver. (28).

III. La compression de la poudre pharmaceutique

III.1. définition de la compression

Les comprimés sont classiquement fabriqués par compression « procédé mécanique répétitif permettant d'obtenir des agglomérats de forme simple et précise par compression uniaxiale à froid d'une poudre dans une matrice au moyen de poinçons à déplacement rectiligne » (7).

III.2 . les Méthodes de compression

Lors la fabrication de formes sèches tels que les comprimés, les sachets, ou encore certains gélules le mélange des poudres nécessite une étape préliminaire appelée granulation soit parce qu'il n'est pas compressible directement soit pour des raisons de biodisponibilité.

Il existe trois principales méthodes d'agglomération : la granulation par voie humide, la granulation par voie sèche et la compression directe. Le choix se fait à partir des caractéristiques physico-chimiques des composants du comprimé (principe actif et excipients).

La granulation a pour but de transformer des particules de poudres, cristallisées ou amorphes en agrégats solides plus ou moins résistants et plus ou moins poreux, appelés granulés ou grains.

Par rapport à un simple mélange de poudres, le granulé présente un certain nombre d'avantages et but dont :

- Une meilleure conservation de l'homogénéité.
- Un écoulement plus facile dans la chambre de compression.
- Réduire les risques de contamination croisée.
- Une plus grande aptitude à la compression.
- Une porosité supérieure facilitant la dissolution.
- Une plus grande densité. (3).

A. Granulation par voie humide

C'est une méthode d'agglomération en plusieurs étapes. A la poudre est ajouté un liant (en général liquide) qui permet d'obtenir, après séchage, des granulés à la fois résistants et poreux.

Les agglomérats obtenus sont ensuite tamisés afin d'obtenir un mélange de particules de taille homogène, les derniers adjuvants (désagrégeant, lubrifiants) sont ensuite ajoutés et le mélange final peut alors être comprimé. **(3)**.

B. Granulation par voie sèche

C'est un procédé qui est utilisé seulement quand le principe actif ne supporte pas l'humidité, ni le séchage. La poudre est soit comprimée une première fois pour obtenir des briquettes, soit compactée en plaques. Dans les deux cas, le résultat obtenu est ensuite broyé et tamisé. Les derniers adjuvants (désagrégeant et lubrifiants) sont ajoutés au mélange de grains précédemment obtenu et le mélange final est alors comprimé. **(36)**.

C. Compression directe

Comme son nom l'indique, avec cette méthode, il n'y a donc qu'une seule étape préalable à la compression qui est le mélange ; Elle est rarement utilisée car peu de particules sont compressibles directement. En revanche, c'est un procédé très facile à mettre en œuvre et économique.

Les particules, susceptibles d'être comprimées directement, doivent avoir une granulométrie et une fluidité adéquates, ainsi qu'une bonne aptitude à créer des liaisons interarticulaires. **(8)**

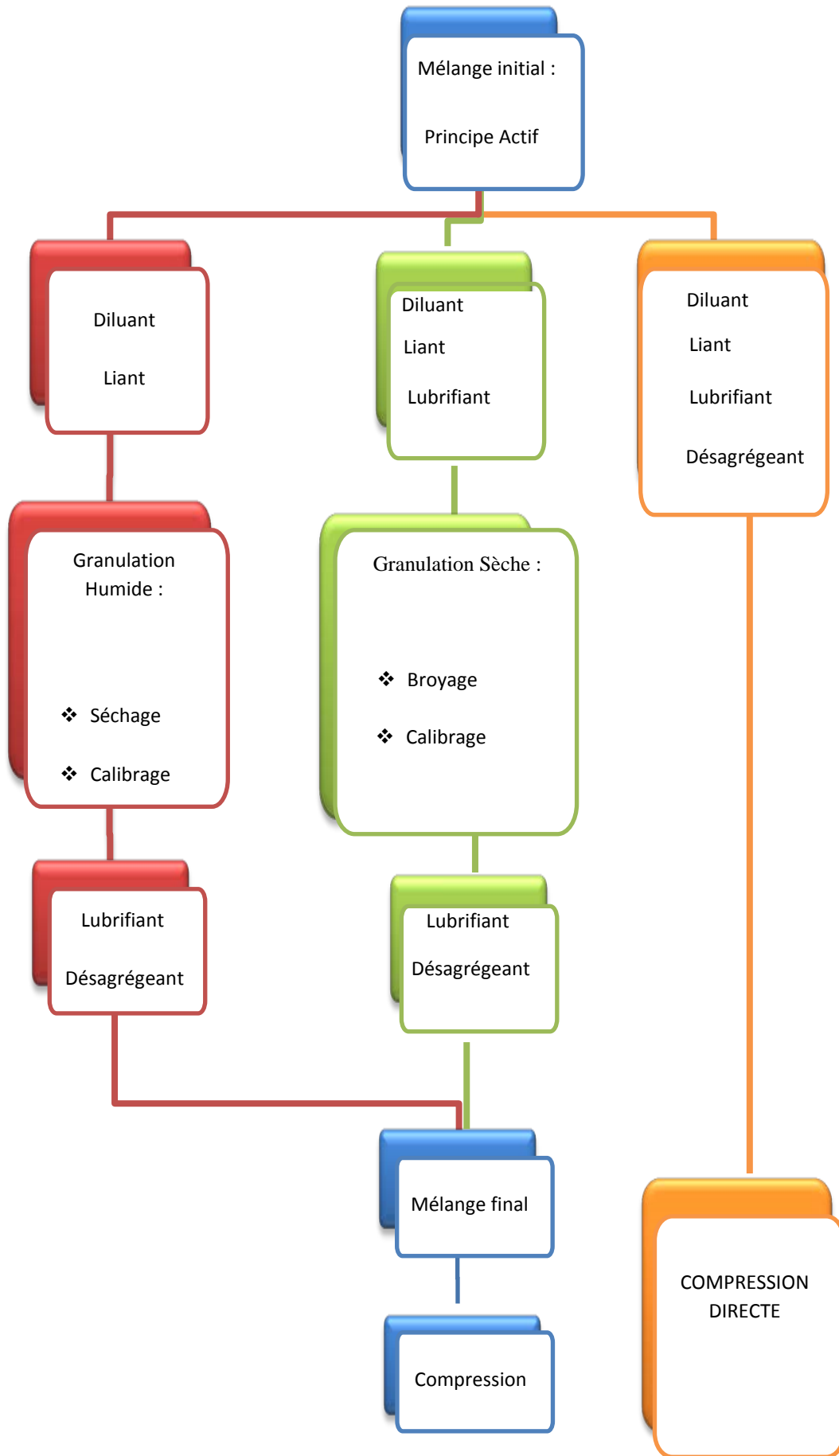


FIGURE 2: schéma récapitulatif des différentes méthodes d'obtention d'un comprimé.

III.3. Mode opératoire de la compression

La compression industrielle de la poudre pharmaceutique se fait par un mode opératoire qui est constitué par plusieurs phases successives (figure 03).

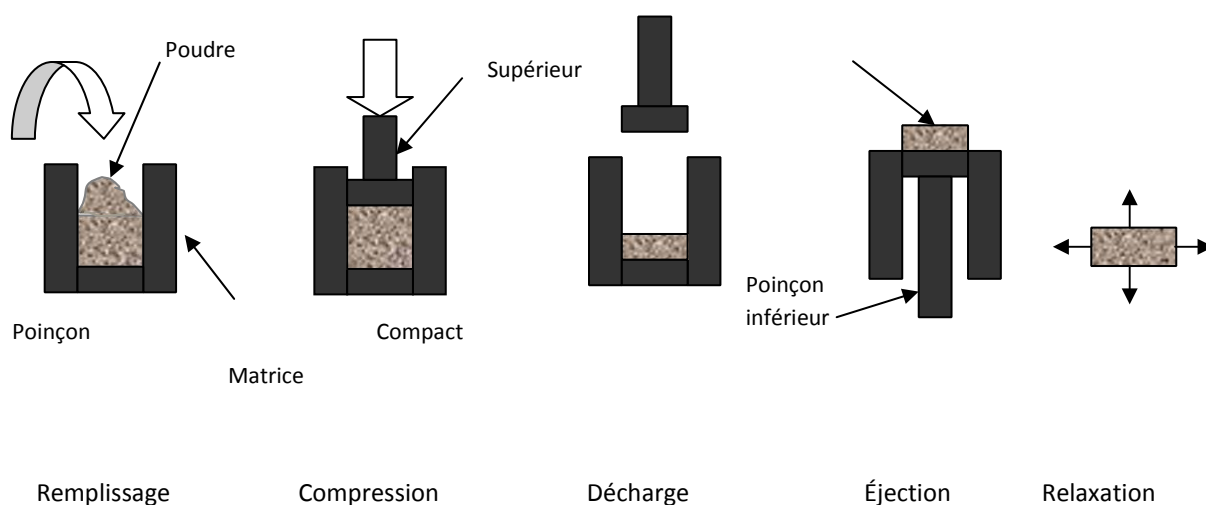


FIGURE 3: SCHEMA DES ETAPES DE LA COMPRESSION EN MATRICE. (18).

- A. Le remplissage :** Le remplissage de la matrice se fait généralement d'une manière automatique dans les comprimeuses. L'écoulement de la poudre dans la matrice est assuré par l'effet conjugué de la gravité et de la vibration du sabot qui vient araser la poudre. Il faut toutefois éviter les poudres cohésives qui s'écoulent mal (une opération de granulation est souvent utilisée dans ce cas) et veiller à ce qu'en cas de mélange de poudres, il n'y ait pas de ségrégation. (18)
- B. La compression :** Cette étape permet de densifier la poudre et de la mettre en forme de comprimé, le poinçon supérieur vient s'enfoncer dans la matrice d'où cet enfoncement est contrôlé par une charge ou un déplacement imposé. En début de compaction, les particules se réarrangent par des glissements et des rotations pour former un empilement plus dense (6). À la fin de cette étape du tassement, les particules ne peuvent plus glisser les unes par rapport aux autres et l'on assiste à une réelle résistance de la poudre à l'enfoncement du poinçon. Les particules subissent des déformations selon leur comportement mécanique. Des particules fragiles auront tendance à se fragmenter réalisant un nouveau réarrangement et une densification locale plus importante.

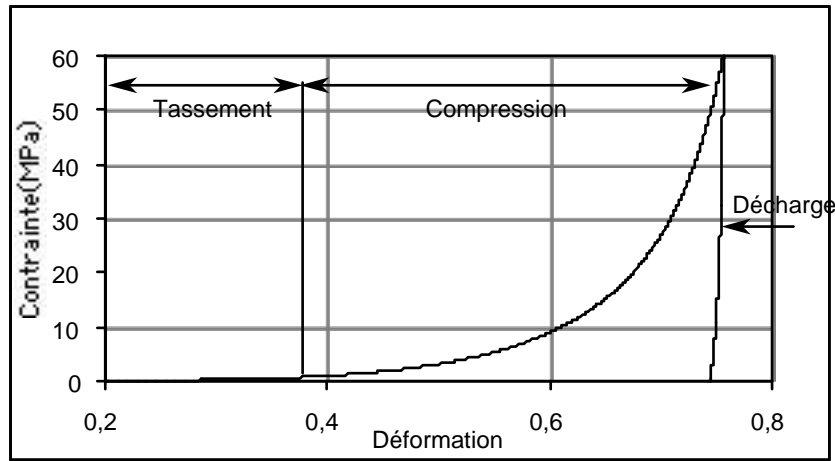


FIGURE 4: COURBE TYPIQUE DE COMPRESSION

Ce comportement augmente la densité de la poudre. Au cours de cette étape, la poudre gagne en cohésion et la pression augmente rapidement. Une illustration des phases de la compression est représentée dans la figure 04.

C. La décharge : C'est la phase du retrait du poinçon qui réalise la compression. Au cours de la compression, le lit de poudre a gagné de l'énergie fournie par les différents mécanismes qui ont contribué à la densification. Une partie de l'énergie est stockée sous forme élastique, qui dépend du comportement de la poudre et des paramètres du processus de compaction, sera restituée lors de l'étape de décharge (34).

Cette énergie emmagasinée est la source de l'expansion du comprimé (37)

Au cours de la décharge, le comprimé pourrait subir un rebond qui entraînerait son délaminage. (32).

En effet, suite au retrait du poinçon, le comprimé est soumis à des contraintes en tension qui peuvent séparer les surfaces inter particulaires. Par conséquent, une détente du comprimé plus ou moins importante, selon les propriétés de la poudre et les conditions



de la compression, peut entraîner le clivage du comprimé (34).

FIGURE 5: CLIVAGE D'UN COMPACT DE LACTOSE APRES EJECTION.

D. L'éjection : Cette opération est réalisée en général par remontée du poinçon inférieur ou descente de la matrice. Pendant l'éjection, le comprimé continu à se dilater et des contraintes de cisaillement s'exercent inégalement sur le comprimé. (23).

Ces contraintes sont dues au frottement du comprimé avec la matrice (24). Au cours de l'éjection, des phénomènes de collage à la paroi et de clivage de comprimé peuvent apparaître. La figure représente une courbe typique de la phase d'éjection. Au début de l'éjection, la contrainte est relativement importante pour initier le mouvement du comprimé puis décroît jusqu'à la fin de l'éjection. La figure ci-dessous présente un exemple d'une courbe d'éjection d'un comprimé de poudre de cellulose microcristalline.

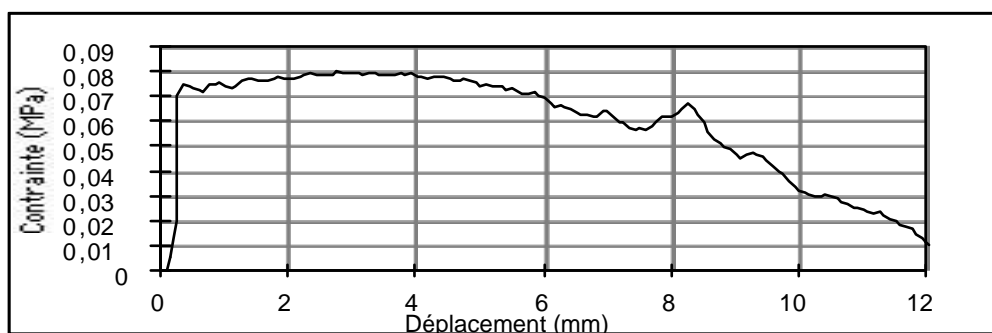


FIGURE 6 : CONTRAINTE APPLIQUEE EN FONCTION DU DEPLACEMENT DU POINÇON INFÉRIEUR.

E. La relaxation : Une fois le comprimé éjecté, il continue à se dilater pour atteindre au bout d'un certain temps un état d'équilibre stable, ou se fissurer quand la poudre est sensible à l'humidité par exemple. Dans ce processus, et selon le comportement de la poudre et l'état de contrainte générée en compression ainsi que les conditions de stockage, le comprimé pourrait se fissurer.

La compréhension de la compaction de poudres est toujours limitée par le nombre et la complexité des étapes et des paramètres contrôlant le procédé de compression. En effet, les différents mécanismes, réarrangement des particules, fragmentation, déformations réversibles et irréversibles, peuvent se produire en même temps ou successivement. De plus, le comprimé contient en plus du principe actif, des excipients, des liants, des lubrifiants et des colorants qui ont des comportements différents et dont le comportement en cas de mélange est difficile à prévoir. (27).

IV. Paramètres importants de la compression

Les paramètres qui influent sur le procédé et les propriétés des comprimés sont nombreux. Les particules possèdent des caractéristiques telles que la taille, la forme et le comportement mécanique (fragile ou ductile). Les interactions entre particules survenant au cours de la compression dépendent de ces caractéristiques. Ces interactions dépendent aussi de la présence éventuelle d'un liant ou d'un lubrifiant. D'autres paramètres sont également importants tels que la rugosité de la surface de l'outillage, son comportement et les paramètres du procédé comme la vitesse de compression, la forme des poinçons, et le temps d'application de la force. Bien que le procédé de compression soit économique et rapide, il présente des difficultés liées à la poudre utilisée. La compressibilité et la compactibilité de la poudre sont deux propriétés essentielles pour ce procédé. **(18)**.

V. Avantages de la compression en pharmacie

La formulation d'une poudre sous forme de comprimé présente les avantages suivants :

- Un dosage précis : forme unidose dans un blister ce qui permet au patient de savoir le dosage qu'il prend par comprimé. Cela facilite l'observance des traitements. En cas de dosage trop important, certains comprimés sont sécables : il est alors possible de les couper pour diminuer la dose.
- Un conditionnement pratique : dans un blister avec un conditionnement secondaire, la boîte de comprimés prend peu de place.
- Un transport facile : les comprimés sont généralement solides, donc il y a peu de risque de casse et les boîtes s'empilent facilement.
- Un coût faible avec un excellent rendement : la production du comprimé nécessite peu d'investissement (une presse), peu de préparation (un mélange voire une granulation), des contrôles maîtrisés pour une cadence de fabrication élevée (en moyenne 300 000 comprimés par heure pour une rotative).
- Un coût d'entretien faible : le coût des poinçons est petit par rapport à la durée de vie de l'appareil **(18)**

INTRODUCTION

Les premières presses à comprimés sont constituées d'un unique poinçon et la compression se fait manuellement **(15)**. On parle de presse alternative ou excentrique. Bien que l'automatisation des presses permettent d'augmenter la cadence de production, les presses alternatives sont de nos jours réservées aux activités de R&D et ont été remplacées en production par des presses à comprimés dites rotatives. En effet les presses rotatives ont un rendement nettement supérieur (poinçons multiples) et compriment de manière plus uniforme **.(21)**

L'extrapolation entre les conditions de compression d'une presse alternative et celles d'une presse rotative est difficile car les deux presses fonctionnent différemment. Pour prédire le comportement de matières premières à petite échelle lors de la compression en presse rotative et optimiser les conditions opératoires, des simulateurs de compression ont été développés dès les années 1970. Il s'agira dans cette sous partie de présenter les caractéristiques générales des différents équipements **(5)**.

La flexibilité des machines à comprimés rotatives est aujourd'hui un critère de sélection. Une même presse peut être modulée pour la fabrication de comprimés monocouches, bicouches, tri-couches et double-noyaux. Les tourelles mixtes permettent l'utilisation de différents poinçons sur une même tourelle et avec les tourelles échangeables, il n'y a plus de limite de taille de comprimés. Les nouvelles presses à comprimés se différencient également selon différents critères touchant l'utilisateur : confinement, réduction des vibrations et nuisances sonores, ergonomie de l'interface de contrôle, ... **(20)** .

I. Les presse alternatives

Une presse à comprimés alternative est constituée de 5 éléments principaux : la matrice (pièce percée destinée à recevoir le mélange à compresser), les poinçons, la trémie et le sabot. La position du poinçon inférieur fixe le volume de poudre à compresser et donc le poids du comprimé. La dureté du comprimé se règle au niveau du poinçon supérieur avec la hauteur de compression. Dans le cas des machines à comprimés alternatives, le poinçon inférieur reste fixe et le rendement horaire est compris entre 1500 à 6000 comprimés (35). Les presses alternatives sont adaptées à la compression à hautes pressions (9).

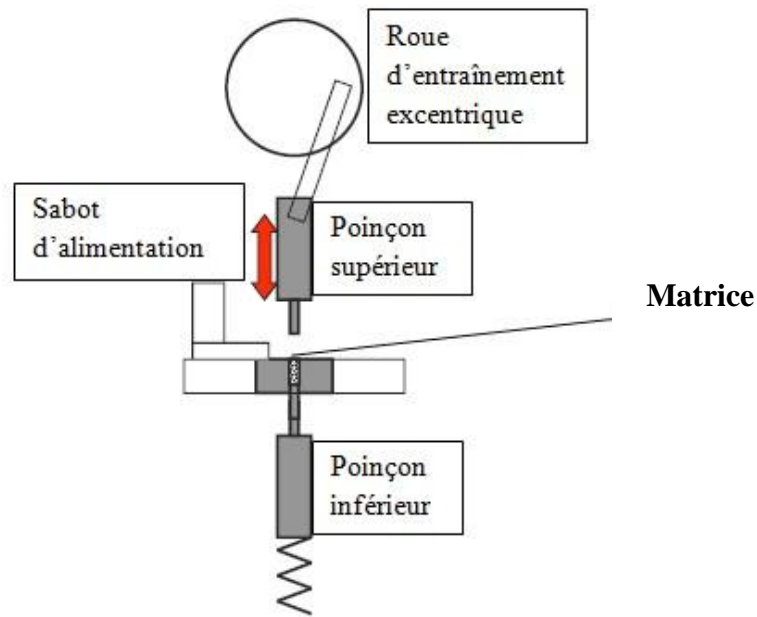


FIGURE 7: SCHEMA D'UNE PRESSE ALTERNATIVE (SHAYNE COX GAD 2008)

A. Les avantages :

- les plus utilisées pour les petites séries.
- sont moins chers.
- leur mécanisme étant le plus simple.
- facilite à nettoyer et à régler entre deux fabrications distinctes.
- puissance élevée est nécessaire pour certains gros comprimés.
- Utilisées en recherche et en développement.

B. Les inconvénients :

- o rendement industrielle faible.
- o présence de broyeuses.
- o consommation d'une très forte énergie.
- o compression brutale et seulement sur une seule face du comprimé. Ceci peut être à l'origine des incidents de fabrication. (21)

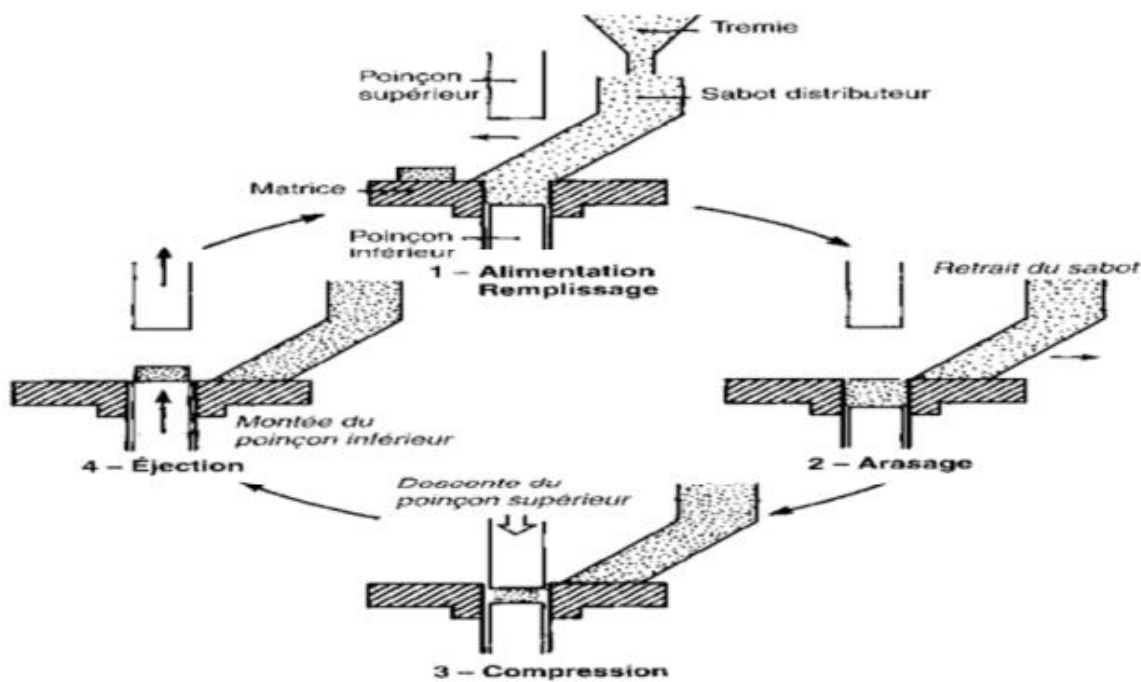


FIGURE 8: LES PHASES DE LA COMPRESSION SUR MACHINE A COMPRIMER ALTERNATIVE. (21)

II. LA PRESSE ROTATIVE

II.1. Définition des presse rotative

Les presses à comprimés rotatives sont appelées également pastilleuses rotatives [7] et se différencient des presses alternatives à différents niveaux. Au niveau d'une machine à comprimés rotative, la trémie et le sabot sont fixes et c'est l'ensemble matrices et poinçons qui se déplace horizontalement : la compression se fait sur les deux faces du comprimé, lui donnant les caractéristiques souhaités en terme de forme, épaisseur et dureté, la compression se fait de façon continue et progressive donc elle est moins brutale (21)

Les presses rotatives possèdent un module de compression composé :

1. D'une tourelle sur laquelle sont montés les poinçons et les matrices,
2. Du distributeur, du racleur, du doigt d'éjection,
3. D'un système d'extraction des poussières.
4. Toutes les presses sont munies d'un plateau circulaire horizontal perforé appelé tourelle. Les matrices sont insérées dans ces trous verticaux et réparties à égale distance du centre. Elles reçoivent le mélange de poudre lors de l'étape de remplissage puis celui-ci y est comprimé lors de la pré-compression et de la compression. A chaque matrice correspond un jeu de poinçons supérieur et inférieur qui tournent en même temps qu'elle. A chaque révolution, chaque système poinçons-matrice produit un comprimé après avoir effectué 5 étapes : remplissage, compression, décharge, éjection, relaxation

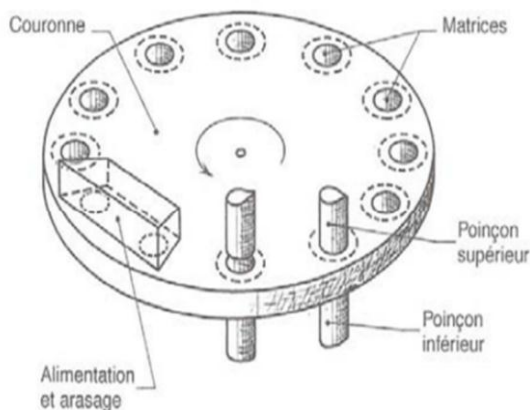


FIGURE 9: L'ENSEMBLE POINÇON ,MATRICE ET LA TABLE



FIGURE 10: POINÇONS ET MATRICES

A chaque étape, la position des poinçons supérieurs et inférieurs est différente. Elle est réglée au moyen de rampes fixes appelées chemins de came. La compression est obtenue lorsque les poinçons se trouvent au niveau de deux galets d'acier qui les forcent à se rapprocher en exerçant une forte pression sur la poudre située dans les matrices. La figure b démontre le changement de position des poinçons au cours des 5 phases de compression.

De nos jours, les presses rotatives présentent deux paires de galets de compression et une étape de pré-compression précède généralement la compression. Le nombre de poinçons détermine la capacité de la machine de l'ordre de 20 000 à plus de 1 000 000 comprimés/heure (12) L'énergie nécessaire à la formation d'un comprimé est également inférieure en presse rotative car le temps de compression est plus important (30)

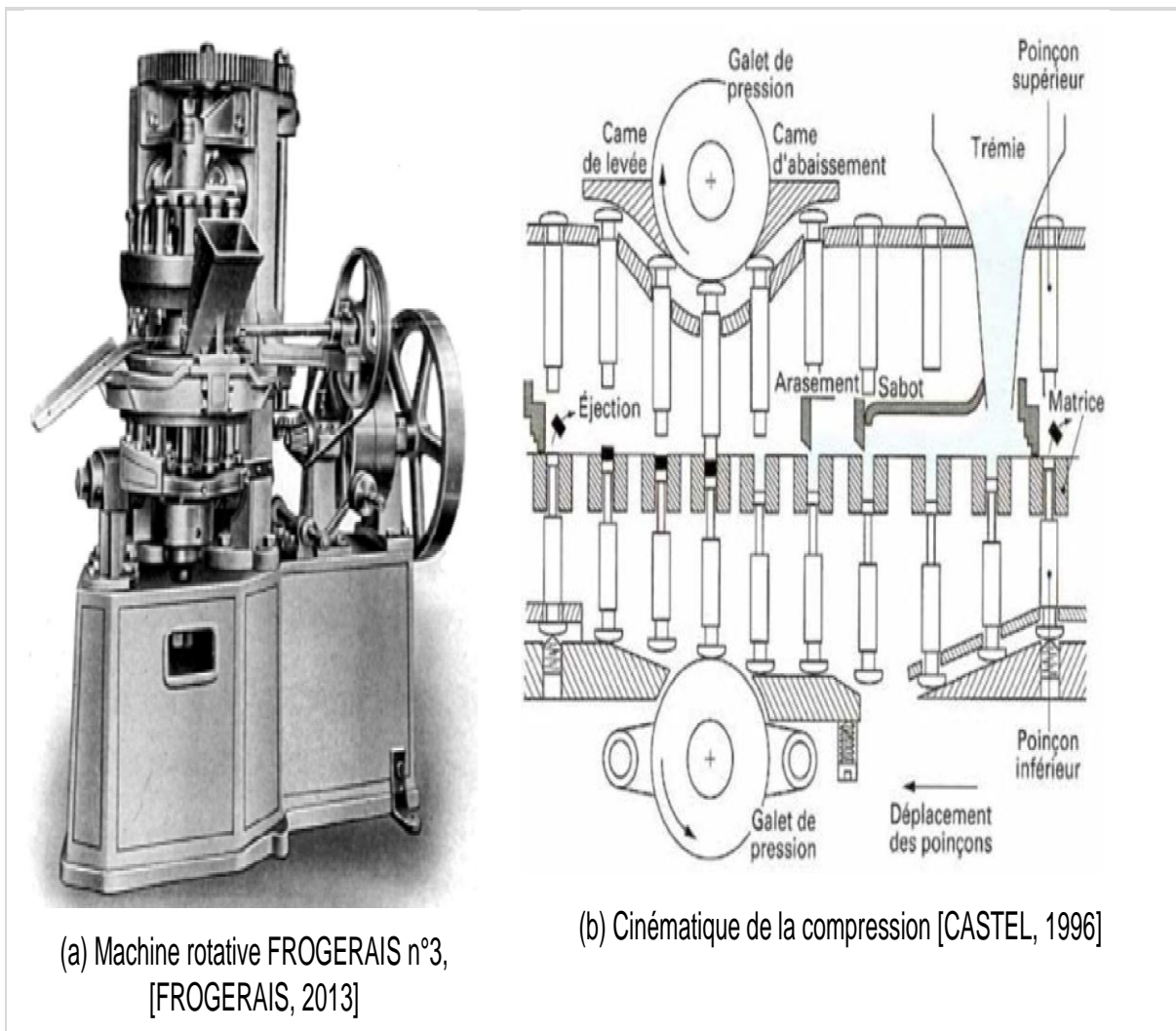


FIGURE 11 : COMPRESSION A L' AIDE D' UNE PRESSE ROTATIVE (FROGERAIS, 2013) (CASTEL, 1996)

II.2. Les paramètres important

Les critères (paramètre) important pour une telle production sont les suivant :

- taille des comprimés qui influence sur la taille des poinçons (diamètre du comprimé)
- type de poudre qui influence sur la pression minimal requise
- la cadence de production qui influence le nombre de station sur le plateau tournant
- Modèle uni-couche, double-couche ou triple-couche
- La forme du comprimé qui impacte directement sur la forme moule de la compresseuse
- Pression et pré-compression de la machine
- Taille de la trémie
- Profondeur maximale de remplissage de la matrice (épaisseur du comprimé) (11)

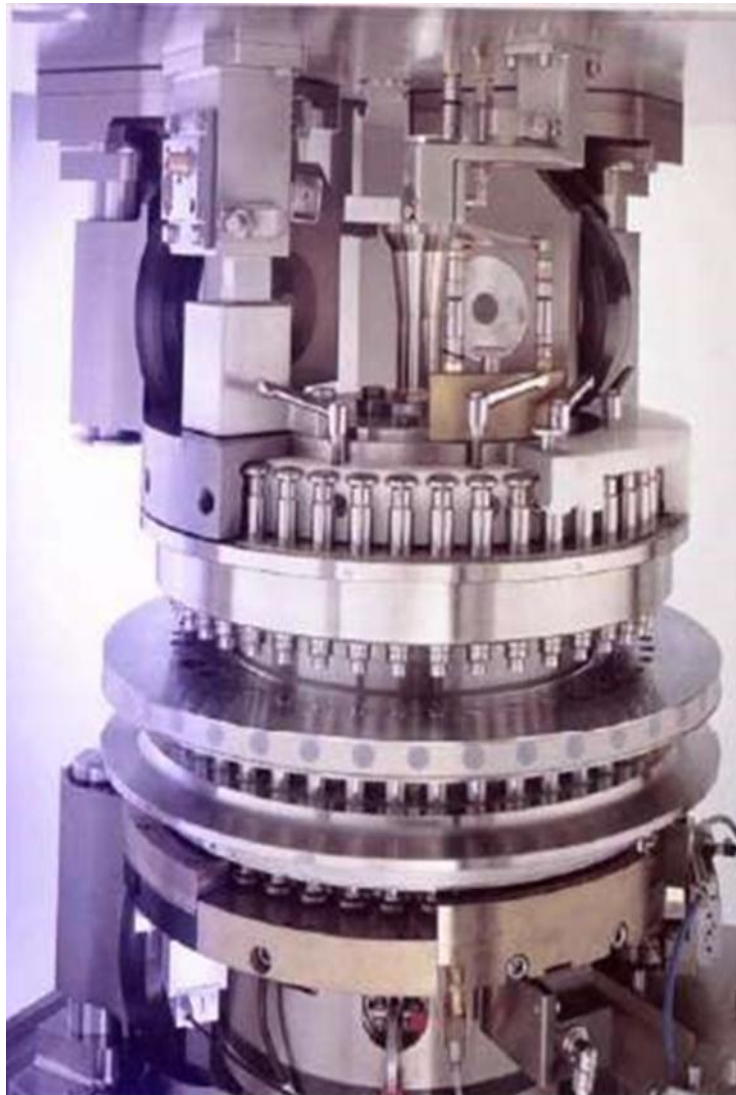


FIGURE 12: VUE REELLE D'UNE PRESSE A COMPRIMER ROTATIVE

II.3. Mode de fonctionnement

après avoir effectué ces étapes d'alimentation (poudre et Energie) la production des comprimé passe par les étapes suivant ,qui peuvent être définies comme suit : (18)

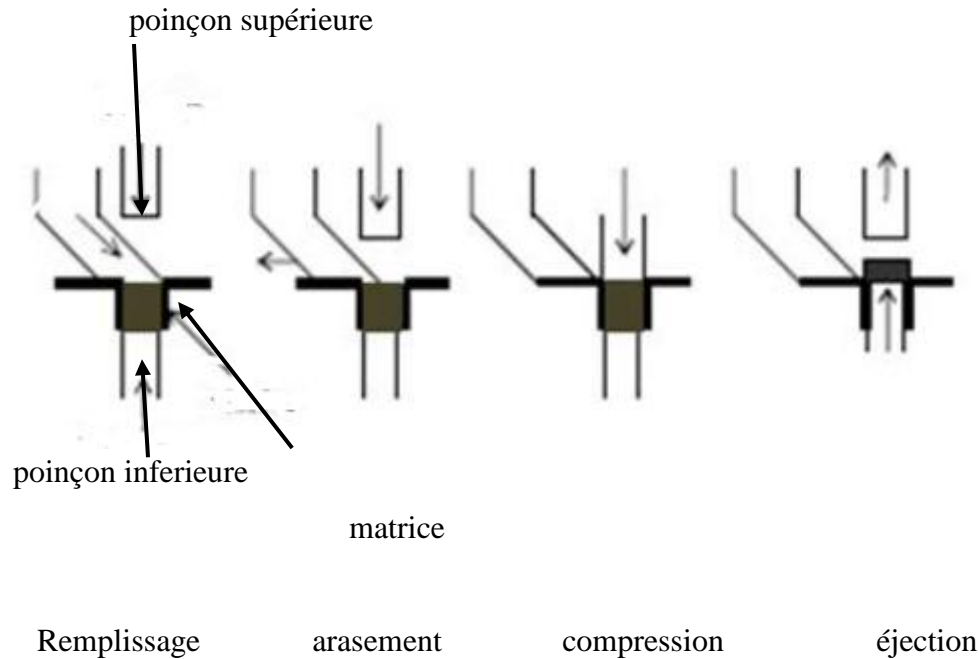


FIGURE 13 : MODE DE FONCTIONNEMENT DE LA COMPRIEUSE .

- 1. Le remplissage.** :La rotation de la tourelle entraine l'outillage (poinçon supérieur, matrice et poinçon inférieur) au niveau du distributeur de poudre. Il alimente de façon forcée les matrices en poudre par rotation de pales qui garantissent une distribution régulière du grain et donc une homogénéité de masse. Le poinçon supérieur reste en position haute tandis qu'une came de guidage fait descendre le poinçon inférieur à sa position la plus basse. Le volume de poudre dans la matrice est alors maximal et supérieur à la quantité de poudre nécessaire pour un comprimé.
- 2. Le dosage** :La tourelle continue sa rotation et arrive au niveau de la came de dosage. Le poinçon inférieur remonte légèrement jusqu'à la position qui correspond exactement à la masse de poudre désirée. Puis, en sortie de distributeur, une patte d'arasage évacue le surplus de poudre dans une goulotte de récupération. L'excès de poudre sera réintégré dans le distributeur par la suite.

3. **La pré-compression** :près son passage sur la came de dosage le poinçon inférieur redescend légèrement. Cette position de sous-remplissage permet d'éviter un jaillissement de poudre lorsque le poinçon supérieur pénètre dans la matrice. Le poinçon supérieur est guidé par sa came de descente et pénètre ainsi progressivement dans la matrice. Lorsque la rotation de la tourelle amène les poinçons au niveau des galets de pré-compression supérieur et inférieur, ils exercent tous les deux une pression sur le lit de poudre car le poinçon inférieur remonte et le poinçon supérieur descend dans la matrice. La poudre est alors tassée par élimination de l'air inter particulaire .
4. **La compression** :Immédiatement après la pré-compression, la rotation de la tourelle amène les poinçons au niveau des galets de compression supérieur et inférieur. La pression exercée sur la poudre est alors encore plus forte car l'écart entre les 2 poinçons est réduit, la taille des galets de compression étant supérieur à ceux de pré-compression. Le comprimé est formé.
5. **L'éjection** : Le poinçon supérieur se remet à hauteur maximale, sa position pour un nouveau cycle. Le poinçon inférieur remonte et éjecte le comprimé formé vers la sortie machine par une barrette d'éjection. Les comprimés hors normes sont éjectés via un déflecteur de triage puis un déflecteur de sortie.

II.4. Avantage Et Inconvénients des machines rotatives

a. Les avantages

- La compression est progressive et elle s'exerce sur les deux faces du comprimé;
- le poinçon s'abaisse de manière à ce que la chambre de compression accepte un léger excès de grain puis dans un deuxième temps, il remonte pour éliminer cet excès. Ce procédé assure un remplissage plus régulier.
- le poinçon inférieur se rabaisse un peu pour que le poinçon supérieur entre en contact avec le grain au-dessous du niveau de la matrice. La dissémination de la poudre est alors moindre.
- La cadence varie en fonction de la vitesse de rotation de la tourelle porte-outils (20 à 100 tr/min) et du nombre d'emplacements. Pour les rotatives les plus simples, le rendement horaire est de 20000 à 50000 comprimés
- elles sont plus silencieuses car la compression est moins brutale. (25)

b. Les inconvénients :

- Elles sont d'un cout élevé.
- difficiles à nettoyer et à régler entre manipulation distinctes.
- elle ne peut être utilisée en stade de développement. **(21.)**

II.5. Les principaux réglages sur une presse à comprimer rotative

Un comprimé doit répondre à différentes spécifications : l'uniformité de masse, la dureté, la friabilité, l'épaisseur, la désagrégation. Afin d'obtenir un comprimé conforme plusieurs réglages sont nécessaires :

✚ Le choix de la hauteur de la came de dosage permet d'ajuster la masse des comprimés. En effet, son réglage agit sur la position du poinçon inférieur lors du remplissage.

✚ Le réglage de l'écartement entre les deux galets de compression permet d'ajuster la dureté du comprimé. La pression de compression maximale exercée doit être déterminée. En effet, l'application d'une pression excessive sur une poudre avec de mauvaises propriétés de comprimabilité aboutit à une casse de l'outillage.

✚ L'épaisseur est la résultante des réglages de masse et de dureté.

✚ La came de remplissage utilisée correspond à la hauteur de chambre de compression nécessaire à la taille du comprimé produit.

✚ La vitesse de rotation de la tourelle doit être un compromis entre qualité des comprimés et productivité.

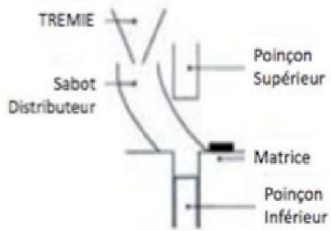
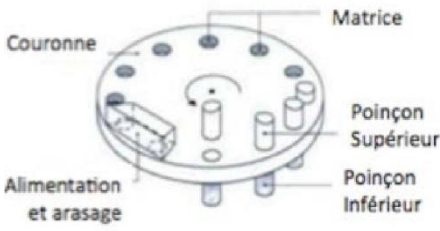
✚ La vitesse de rotation des pales du distributeur doit être adaptée aux caractéristiques du produit et la vitesse de rotation de la tourelle.

✚ Le système d'aspiration de la presse doit être suffisant pour éviter une dégradation de l'équipement. Il ne doit pas être excessif car, dans ce cas, il engendre de la perte de matières.

Les contrôles réguliers en cours de fabrication permettent de régler ces différents paramètres et d'assurer l'obtention de comprimés de caractéristiques constantes.

(26)

TABLEAU 1: COMPARAISON ENTRE UNE PRESSE ALTERNATIVE ET UNE PRESSE ROTATIVE
(35)(12) (16)

Presse	ALTERNATIVE	A COMPRIMES ROTATIVE
EXEMPLE		
SPECIFICITES	POINÇON UNIQUE	NOMBRE MAXIMAL DE POINÇONS
	Manuelle et/ou Automatique Puissance du moteur (KW) si présent Capacité maximale (comprimés/h)	Puissance du moteur (KW) VITESSE ROTATIVE (rpm) Capacité maximale (comprimés/h)
	Force maximale de compression (KN) Profondeur maximale de remplissage (mm)	Force maximal de PRE-COMPRESSION (KN) Force maximale de compression (KN) Profondeur maximale de remplissage (mm)
	Diamètre de la matrice (mm) Diamètre des poinçons (mm) Dimension et poids de la machine	Diamètre de la matrice (mm) Diamètre des poinçons (mm) Dimension et poids de la machine
FONCTIONNEMENT	Alimentation à l'aide d'un sabot	Alimentation <i>via</i> un distributeur
	PLATEAU FIXE avec station unique Moins consommatrice de matières premières lors des essais de développement	TOURELLE EN ROTATION et stations multiples Plus économique lors de la production à grande échelle
	Ajustement du poids avant remplissage	Ajustement du poids après remplissage
	Pression exercée par les poinçons Compression abrupte du matériau <input type="checkbox"/> Risque de capping plus élevé	Pression exercée par des cylindres Compression progressive du matériau <input type="checkbox"/> Risque de capping moins élevé
	Lors de la compression, mouvement uniquement du poinçon supérieur	Lors de la compression, déplacement des deux poinçons

III. Matériaux utilisés pour la conception de cette compresseuse

Il existe de très nombreuses nuances d'aciers inoxydables et le choix est parfois difficile, car ils n'ont pas tous le même comportement dans un milieu donné. On les désigne souvent par les pourcentages de masse en nickel et en chrome. Cette désignation est en fait très insuffisante car elle ne préjuge en rien de la structure métallurgique.

L'acier inoxydable est un alliage de fer comportant au moins 10,5% de chrome (Cr) et au plus 1,2% de Carbone (C) nécessaire pour garantir la formation d'une couche de surface auto-régénératrice (couche passive) qui apporte la résistance à la corrosion. Le processus peut prendre quelques heures après une altération de la surface.

D'après milliers de types d'aciers inoxydables disponibles, mais seulement certains remplissent les exigences en matière de design complexe et de fonctions par rapport à l'outillage de compression des comprimés. La composition chimique de l'acier est seulement une partie de toute l'équation; la sélection de matériaux doit toujours être considérée par rapport à un bon design des comprimés pour des coupes de poinçons solides et des bords d'extrémités des poinçons. Pour optimiser le matériau et ses propriétés.

III.1. L'acier inoxydable 316L

La turbine, le cache turbine, la trémie toute ces pièces sont fabriquées avec l'inox 316 L : Meilleure résistance à la corrosion. dits « inox chirurgical » et « inox marine », utilisés dans les industries chimiques, pharmaceutique, pétrolières, agro-alimentaires), mobilier urbain, et aussi intensément en milieu nautique ;

A. Normalisation

- AISI 316L
- DIN 1.4404
- AFNOR X2 Cr Ni Mo 17 12 2

B. Caractéristiques

Acier inoxydable austénitique, amagnétique, très résistant à la corrosion dont la poudre de départ, atomisée au gaz, a une granulométrie maximale de 22 µm. Cet acier présente une microstructure homogène à cœur et en surface permettant d'obtenir des états de surface et des usinages de qualité. Cet acier est apte aux traitements galvaniques ainsi qu'aux dépôts chimiques et physiques (13)

TABLEAU 2: COMPOSITION CHIMIQUE

%C ₍₁₎	%Mn ₍₂₎	%P ₍₂₎	%S ₍₁₎	%Si ₍₂₎	%Cr ₍₂₎	%Ni ₍₂₎	%Mo ₍₂₎	%N ₍₂₎	%O ₍₂₎	%Fe
< 0,03	< 2	0,01	< 0,005	< 1	16-19	9-13	1,5-3	< 0,003	< 0,002	Compl.

TABLEAU 3 : PRIORITES MECANIQUE

Priorités	Valeur	Unités
Module d'élasticité	200000	N/mm ²
Coefficient de poisson	0.28	S.O
Module de cisaillement	79000	N/mm ²
Masse volumique	8000	Kg/m ³
Limite de traction	600	N/mm ²
Limite élastique	400	N/mm ²

III.2. l'acier inoxydable 304 L

le bloc de la tourelle ,la pièce de fixation des poinçons et matrice , les cames de guidage. Toutes ces pièces sont fabriquées avec de l'acier inoxydable 304 L « inox alimentaires », utilisés pour la réalisation de matériel de collectivité, et d'ouvrages toutes qualités .

A. Normalisation (17)

- AFNOR X2CrNi18-09
- DIN 1.4307
- AISI 304 L

B. CARACTERISTIQUE : le tableau ci-dessous représente les différentes caractéristiques de l'acier 304 L

Composition chimique selon DIN [%]								
C	Si	Mn	P	S	Cr	Mo	Ni	Autres
< 0.030	< 1.00	< 2.00	< 0.045	< 0.015*	18.0-20.0	-	10 - 12	N < 0.11

TABLEAU 4: COMPOSITION CHIMIQUE SELON DIN(%) (33)

TABLEAU 5: PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES ACIER INOX INOXYDABLE 304L

Priorités	Valeur	Unités
Limite de traction	600	N/mm ²
Module d'élasticité	200000	N/mm ²
Coefficient de poisson	0.28	S.O
Module de cisaillement	79000	N/mm ²
Masse volumique	7900	Kg/m ³
Limite d'élasticité	400	N/mm ²

III.3. Acier Inox duplexe

les matrices et les poinçons sont fabriqués de ce type d'acier, qui se trouve beaucoup dans les industries agro-alimentaire et pharmaceutique .

A. c'est quoi un inox duplex

- Un duplex a une structure austéno-ferritique
- La répartition est approximativement de 50% ferrite and 50% austenite
- Les Duplex combinent la plupart des avantages des inox ferritiques et austénitiques
- La microstructure duplex apporte de hautes résistances mécaniques et une bonne résistance à la corrosion fissurant

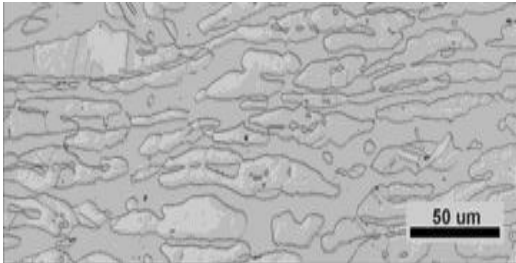


FIGURE 14 :DUPLEX MICROSTRUCTURE



FIGURE 15 : AUSTEN MICROSTRUCTURE

B. Avantage du duplex

- Bonne résistance à la piqûration et à la corrosion caverneuse
- Haute résistance à SCC (Stress Corrosion Cracking) et fatigue corrosion
- Propriétés mécaniques élevées
- Bonne résistance à la Fatigue
- Haute absorption d'énergie
- Haute résistance à l'usure
- Faible coefficient d'allongement
- Bonne soudabilité et aptitudes à l'usinage

C. Normalisation

- ASTM S32304
- & EN 1.4362

D. Composition chimique

Steel name	EN	ASTM/U NS	C	N	Cr	Ni	Mo	Other
2304	1.4362	S32304	0.02	0.10	23	4.8	0.3	-
EDX 2304™	1.4362	S32304	0.02	0.18	23.8	4.3	0.5	-

TABLEAU 6 :COMPOSITION CHIMIQUE DU DUPLEXE

Introduction

Lors de l'étude de la presse rotative, on a traduit le mécanisme par un schéma cinématique précisant l'agencement et les mouvements des différents composants. Cette modélisation, nécessaire à l'étude mécanique, permettra de choisir les dimensionner les composants de cette partie opérative. Les schémas faisant apparaître les liaisons entre les différents solides.

I. Les modification effectuer

Afin des minimiser le cout de la presse rotative, et d'optimiser l'usure on a proposé et étudié des modifications réalisables avec les quelle la presse rotative garde les mêmes paramètres initial .les figure suivant représenter :

1 schéma cinématique de la presse à comprimer initial (avant la modification)

2 schémas cinématiques de la presse à comprimer finale (après la modification)Les figure

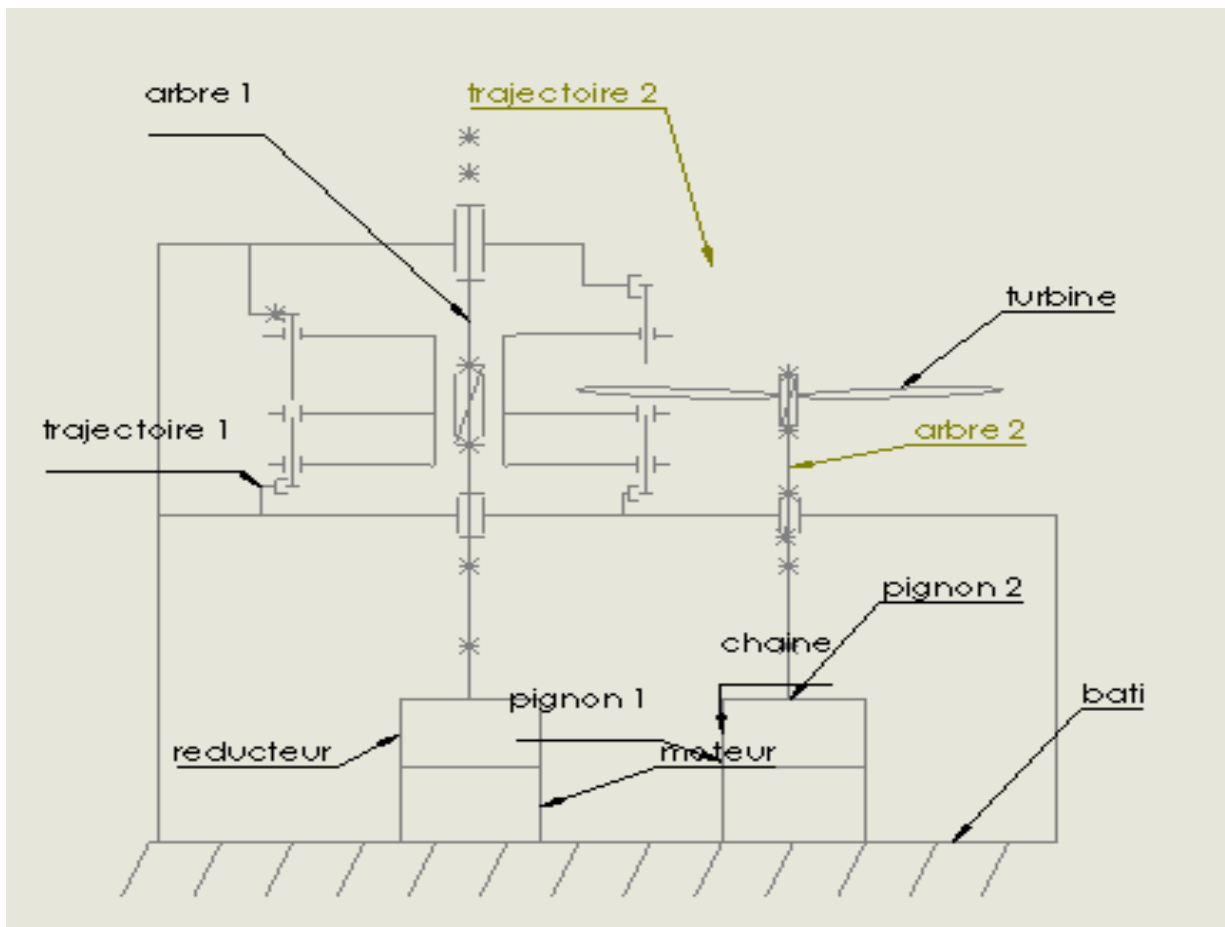


FIGURE 16: SCHEMA CINEMATIQUE DE LA PRESSE AVANT LA MODIFICATION

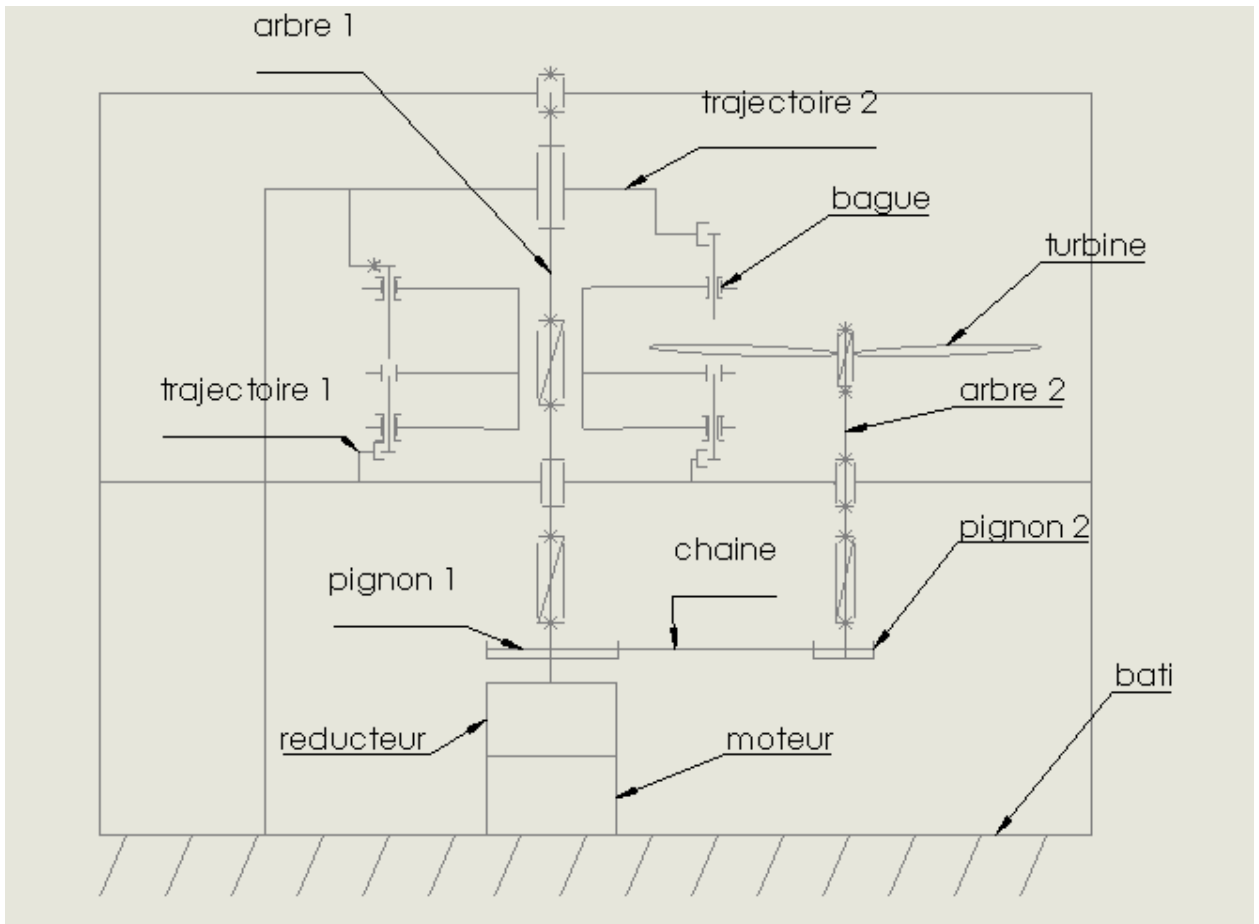


FIGURE 17:SCHEMA CINEMATIQUE DE LA PRESSE APRES LA MODIFICATION

I.1. la modification de la turbine

Le rôle de la turbine est un mécanisme principal sur la presse rotative elle alimente de façon forcée les matrices en poudre par rotation des ailettes qui garantissent une distribution régulière de la graine et donc une homogénéité de masse.

initialement la turbine procède 12 ailettes plates comme représente la figurées (18) alors la poudre pharmaceutique pénètre et reste coincer dans les coins de la boîte d'alimentation représente un exemple réel d'une boîte d'alimentation qui contient 2 turbines avec la même forme des ailettes de la turbine initiale .



FIGURE 18: EXEMPLE DE LA TURBINE INITIALE DE LA PRESSE

le changement que nous effectuons c'est d'optimiser le nombre des ailettes jusqu'à 8 ailettes mais de forme inclinée comme représenté sur la figure (19) l'avantage de cette modification c'est le remplissage parfait des matrices ainsi que la poudre pharmaceutique ne reste pas coincée sur les coins de la boîte d'alimentation

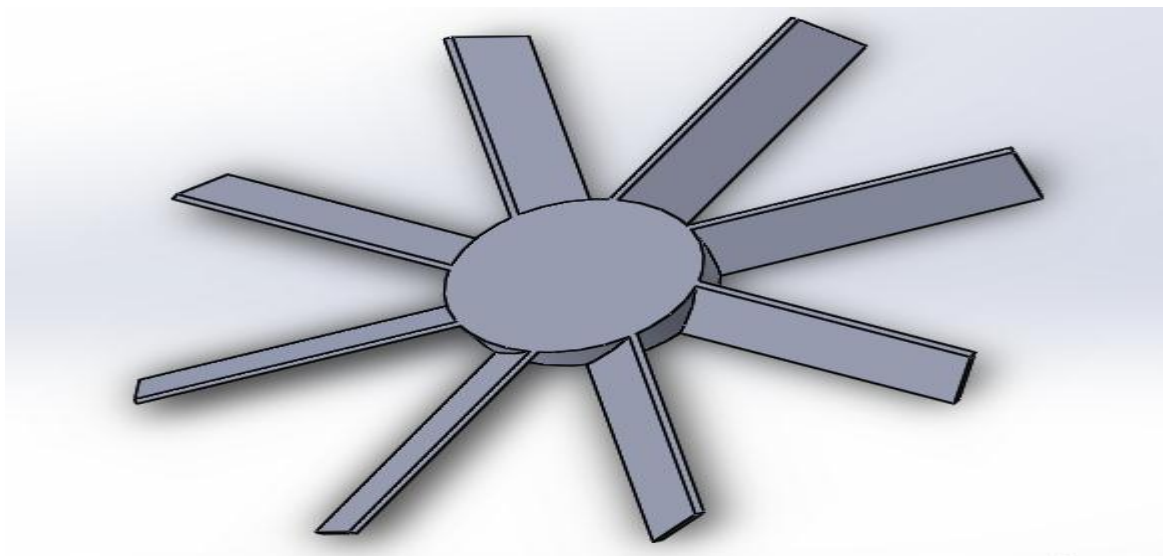


FIGURE 19: LA TURBINE REALISER POUR LA MODIFICATION

I.2. la modification du bloque de la tourelle

Le bloc contient 3 parties ,

- ❖ porte poinçons extérieure .
- ❖ Porte matrices (empreintes).
- ❖ Porte ponçons inférieur.

La figure (20) représente un bloc de la tourelle réelle

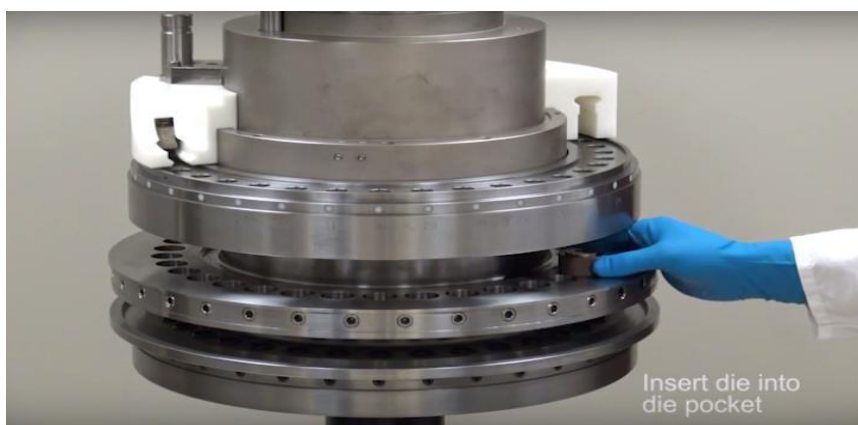
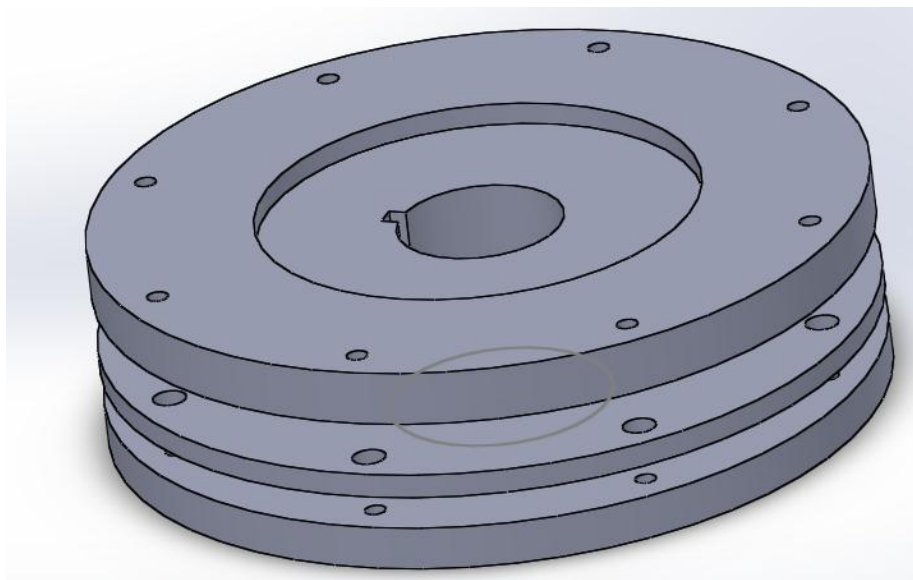


FIGURE 20: BLOC DE LA TOURELLE

initialement le bloc de la tourelle et soumis à l'usure et l'endommagement sur les bords des trous qu'on voit sur la figure ci-dessous, sont causer du frottement produit par le déplacement horizontal des poinçons lors de la production la figure suivante illustre la forme du



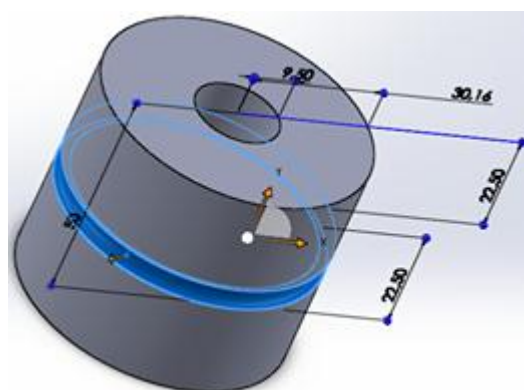
bloc de la tourelle initiale.

FIGURE 21 : DU BLOC DE LA TOURELLE INITIAL

force à force cet endommagement va influencer sur les paramètres et les propriétés de la compression d'où le produit finale (comprimer) va pas être conforme, qui va causer un arrêt de production pour la maintenance ; le démontage de la presse afin de changer le bloc de la tourelle ainsi les poinçons et les matrices endommager . cette dernière va produire beaucoup d'inconvenant sur l'entreprise telle que :

- la perte de temps cause de la maintenance difficile
- augmentation des frais de maintenance qui coute cher (pris du bloc, poinçons et matrices)
- le retard de production qui crée des problèmes sur côté économique et commercial de l'entreprise

la modification qu'ont effectuée a pour but d'optimiser l'usure et minimiser le cout de la maintenance, on a créé des bagues (cousiner) illustrer sur la figure (22), agrandir les trous de la



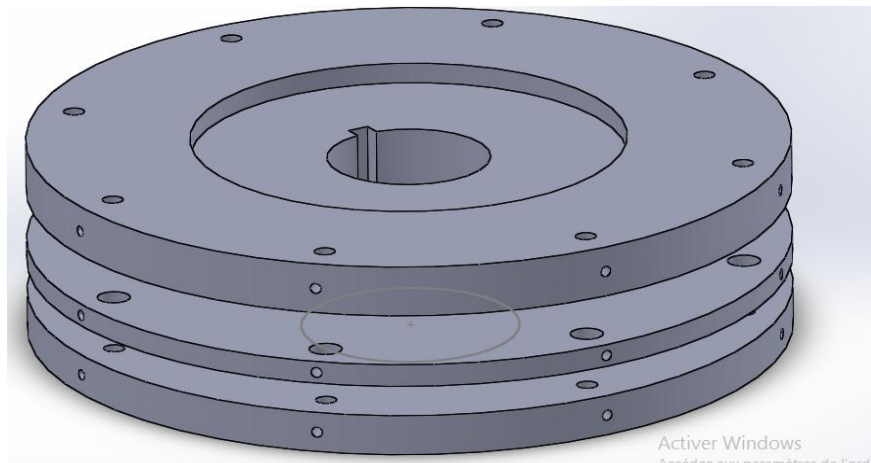
tourelle qui portent les poinçons et les matrices illustrés sur la figure (23). ces bagues sont fixées sur les trous qu'on a agrandis ensuite on fixe les poinçons et les matrices illustrés sur la figure suivante . au cours de production l'endommagement va subir seulement sur les bagues, les poinçons et les matrices et pas sur le bloc de la tourelle qui coûte cher.

FIGURE 22 : FORME DE LA BAGUE ET COTATION

FIGURE 23 : DU BLOC DE LA TOURELLE APRES LA MODIFICATION

parmi les avantages de cette modification

- gaine de temps pour la maintenance facile, d'où on n'a pas besoin du démontage de toute



la machine, c'est juste dévisser les bagues et les retirer ensuite on les remplace par d'autres nouvelles.

- une maintenance moins coûteuse (prix des bagues, poinçons et matrices coutent moins cher que la première maintenance).
- la production va pas être interrompue pour un long temps qui cause des problèmes des côtés économiques et commerciaux de l'entreprise

I.3. La modification au niveau des moteurs et les réducteurs .

I.3.1.La presse rotative initial avant la modification

les presses rotative sont conçus de deux parties :

1. Partie bloque de la tourelle .
2. Partie boîte d'alimentation (turbine).

initialement Chaque une de ces partie en réalité sont relier avec un moteur et un réducteur illustrer dans la figure (16)

A. Partie1 Bloc De La Tourelle : les tableaux suivant démontre les caractéristique du moteur et le réducteur du bloc de la tourelle pour une vitesse de rotation $n=30$ tour /min

TABLEAU 7: CARACTERISTIQUE MOTEUR (JM 100 LB) [SEIPEE]

4 pôles	MOTEUR UR JM	P_N KW	N_N MIN ⁻¹	T_N NM	I_N 400V A	COS Θ	$\dot{\eta}$ %	I_s / I_N	TS / TN	T_{MA} x / T_N	J kg m ²	masse (b3) kg
\square / Y 230/400 V 50 Hz	100 lb 4	3	141 0	20. 3	6.45	0.81	82.8	5.8	2.2	2.6	0.0067	21.5

CARACTERISTIQUE DU
(SITI)

I	1400		
	N2	M2	Kw1
47.38	29.5	875	2.94

TABLEAU 8:
REDUCTEUR (B H 80)

B. Partie 2 boîte d'alimentation (turbine) : Les tableaux au-dessous démontre les caractéristique du moteurs et réducteurs de la turbine pour une vitesse de rotation $n_2= 60$ tr/min

4 pôles	MOTEUR JM	P_N KW	N_N MIN ⁻¹	T_N NM	I_N 400V A	COS Θ	$\dot{\eta}$ %	I_s / I_N	TS / TN	T_{MAX} / T_N	J kg m ²	masse (b3) kg
\square / Y 230/40 0 V 50 Hz	90 la 4	1.5	1390	10.3	3.52	0.78	78.6	5.4	2.3	2.6	0.0027	14.5

TABLEAU 9 : CARACTERISTIQUE DU MOTEUR (JM 90 LA) (SEIPEE)

TABLEAU 10: CARACTERISTIQUE DU REDACTEUR (TYPE U 75) (SITI)

I	N1	N2	M2	KW	HP1	RD
25	1400	56	218	1.59	2.17	0.802

✚ les deux réducteurs de la presse initiale sont des réducteurs irréversibles qui veulent dire ; en cas d'arrêt surpris de l'énergie électrique, le système du réducteur s'arrête immédiatement qui produit une grande force de frottement entre les dents de la poulie et la visse . de force a force cet arrêt surpris va causer de l'endommagement et de l'usure du système des réducteurs (les dents) . alors il faut changer les pièces ou bien les réducteurs complètement (maintenance couteuse)

I.3.2 la presse rotative après la modification

Afin des minimiser le cout de presse et la consommation électrique on a réalisé une modification avec laquelle notre machine fonction avec un seul réducteur et un seul moteur, d'où les deux parties 1 &2 sont reliées avec une transmission par chaine (cette partie va être démontré dans la partie des calculs) mais à condition de garder les mêmes paramètres de la presse initiale, aussi. illustrer dans la figure (17)

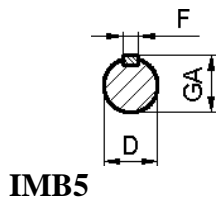
on a effectué des recherches concernant les moteurs et les réducteurs disponibles sur le marché algérien et coute moins chère et garde le même paramètre initial de la presse rotative

A. Choix du Moteur :

Selon le catalogue **SEIPE ; ASYNCHRONOUS ELECTRIC MOTORS** disponible chez l'entreprise **COMEFI** ,le moteur de référence **MOT TRIPH 5.50KW/155 B5 JM112M4 SEIPEE** de type **JM A 4POLES**. Les détails dans l'annexe (1.2&3).

TABLEAU 11: PUISSANCE ET DONNE ELECTRIQUE DU MOTEUR JM 112

4 pôles	MOTEUR	P_N	N_N	T_N	I_N 400V	$\cos\theta$	η	I_s/I_N	TS	T_{MAX} T_N	J kg m ²	masse (b3) kg
	JM	KW	MIN ⁻¹	NM	A		%		TN			
□ / Y 230/400 V 50 Hz	112mb* 4	5.5	1430	36.5	11.2	0.83	84.6	7.0	2.6	2.8	0.015	32



IMB5

FIGURE 24: EXTREMITE D'ARBRE

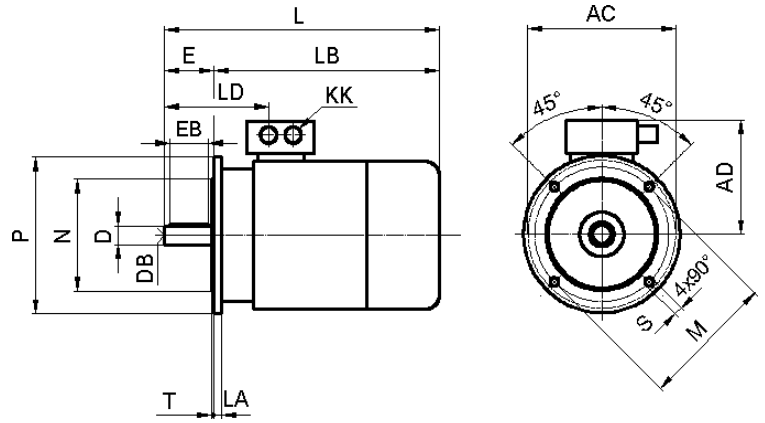


FIGURE 25: FORME DE CONSTRUCTION AVEC FLASQUE

TABLEAU 12: DIMENSIONNEMENT ET VERSION NORMALISE DU MOTEUR

MOTEUR		Dimension principale						pie d							Brid							
J M	Pol.	AC	AD	H	HD	LB	L	A	B	C	AB	BB	AA	HA	K	IM	M	N _{j6}	P	LA	T	S

112 M	2...8	219	174	112	286	345	405	190	140	70	227	180	41,5	12,5	12	B5	215	180	250	1	4	14,5
																B14	130	110	160	5	3,5	M 8

B. choix du réducteur :

on parallèle avec les paramètre du moteur et Pour que le bloc de la tour el tourne avec une vitesse $w=30 \text{ tr /min}$.

nous avons calculés le rapport (I)du réducteur pour le choisir $I=1500/30=50$?d'après les produit disponible ici a blida au niveaux de l'entreprise **COMIFI (GROUPE BOUZIRI)** et le catalogue **SITI SOCIETE ITALIEN TRANSMISION INDISTUELE**, On a adapté le réducteur sous la référence **MBH 100/47.66/250-28** , ces caractéristiques sont proches au celle voulu obtenir ,pour plus de détail voir l'Annex (4)

TABLEAU 13: REDUCTEURS DE PERFORMANCE AVEC MOTEUR

I	N_1	N_2	M_2	Kw_1	Hp_1	Rd	SF
47.66	1430	29.4	1645	5.5	7.5	0.92	1.03

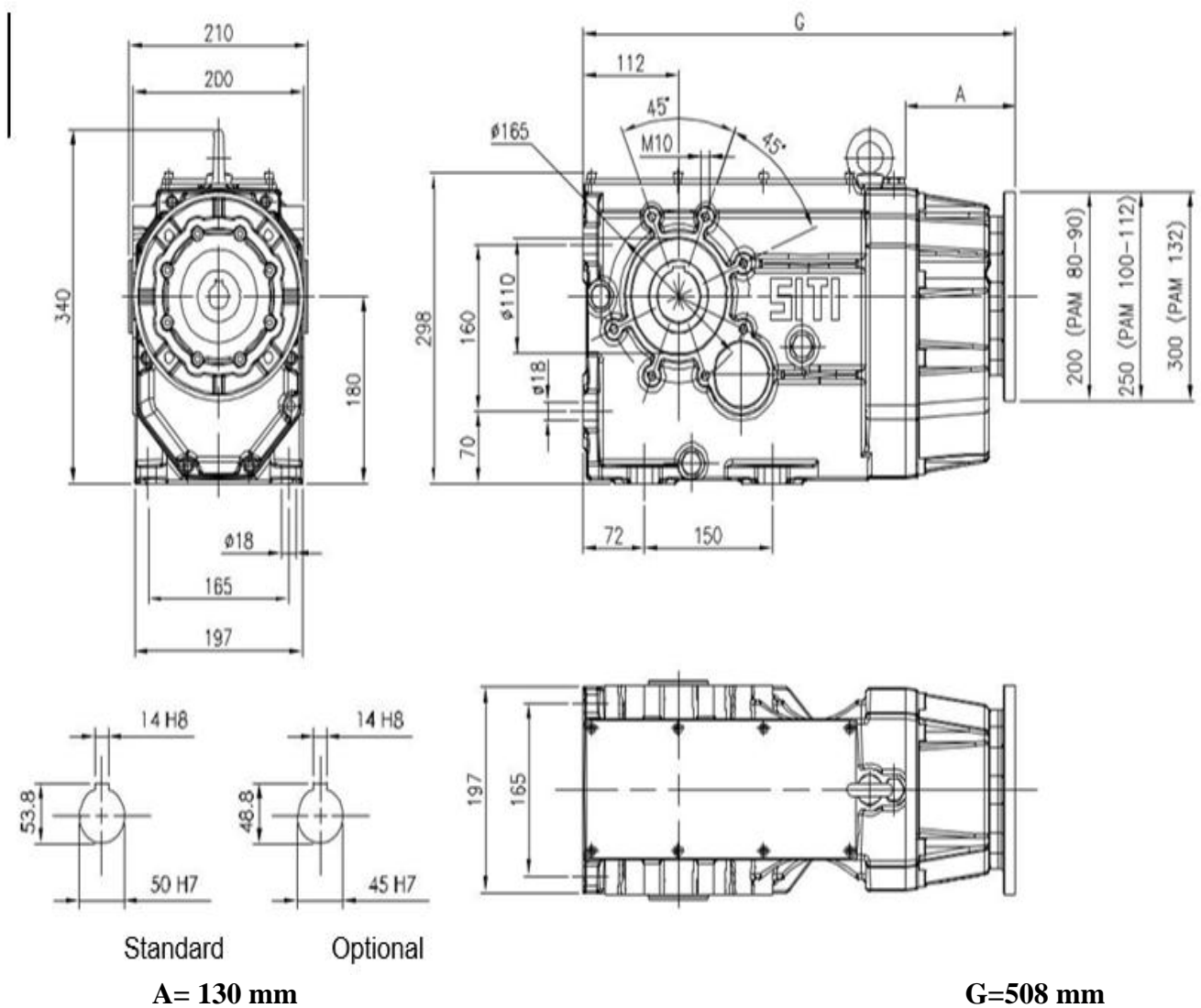


FIGURE 26 :FORME DU REDUCTEUR AVEC LES COTATION

Le 2^{ème} réducteur est un réducteur réversible qui veut dire ; on cas d'arrêt surpris de l'énergie électrique, le système du réducteur continu à fonctionner avec une diminution de vitesse pour ne pas causer l'usure et l'endommagement au mécanisme intérieur du réducteur .

De cette modification a conclu quelque avantage :

- le réducteur réversible a longue durée de vie .
- un rendement plus élevé .
- la maintenance moins couteuse.
- Economiser la consommation de l'Energie électrique

I. vérification et dimensionnement des organes:

I.1. Dimensionnement de la partie 2 boite d'alimentation (turbine)

pour le remplissage de la matrice avec la poudre pharmaceutique on a constaté que 2 Aillait de notre turbine sont suffisante pour un remplissage parfait de la matrice (empreinte du comprimé)

puisque l'arbre 1 et l'arbre 2 sont relié par transmission par chaine on a effectué ce calcul

- la table tourne avec une vitesse de 30 tour/min et procède 8 station .
- la turbine procède 8 ailette, alors un Toure de turbine remplis 4 matrice .

de là on constate que pour un Toure du bloc il faut que la turbine tourne deux fois , donc la vitesse de la turbine et de 60 tour/min.

initialement la turbine exige un moteur de 1.5 kW et un réducteur associe qu' on a déjà démontré dans les tableaux (9) .

A. Vérification de torsion pour l'arbre de turbin

d'après ces paramètre on a vérifié le diamètre minimale de l'arbre de turbine qui résiste au couple du rédacteur initial $M_t=218\text{Nm}$.

$$D \geq \sqrt[3]{\frac{5M_t}{\tau}} \quad \text{relation (1) de calcul de diamètre de l'arbre}$$

$$M_t=C= 218 \text{ Nm}=218*10^3\text{Nmm} \quad - [\tau]_{\text{acier}} = 250 \text{ MPA}$$

$$D \geq \sqrt[3]{\frac{5*218*10^3}{250}}$$

$$D \geq 16.33 \text{ mm}$$

diamètre minimal de l'arbre qui peut résisté à la torsion avec un couple de 218 Nm

D'après le dessin du réducteur on voie que le diamètre de l'arbre de sortie $D=28 \text{ mm}$

$D=28$ standard

$D=35$ optional

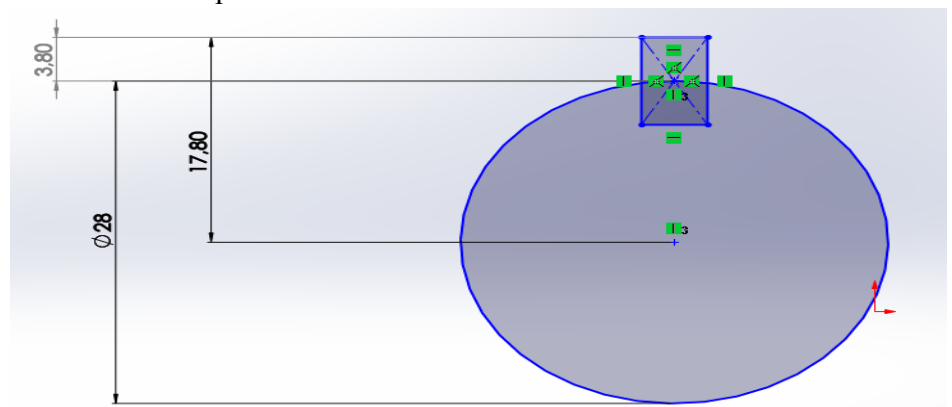


Figure 27: dimension de l'arbre

✓ On conclut que **D=28** résiste à la torsion avec un couple **Mt =218 Nm**

B. Dimensionnement de la clavette du pignon2 :

D'après Les Relation Suivante :

- Force tangentielle : $f = \frac{c}{D/2} = \frac{Mt \cdot 2}{D}$ [2]
- Pression de cisaillement (matage) : $\tau = f / (A_{cis})$ [3]
- surface cisailleur : $A_{cis} = a \cdot L$ [4]

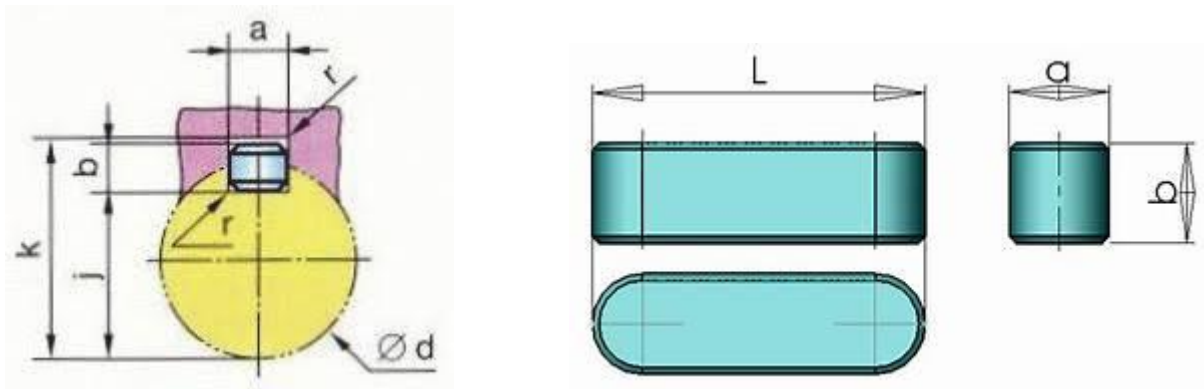


FIGURE 28:CLAVETTE ET SURFACE CISAILLER

Et d'après le tableaux suivant : (Annex 5)

TABLEAU 14: DIMENSION DES CLAVETTE 23 < D < 30

de - à (inclus)	série normale					
	a	b	s	J	K	L
23 à 30	8	7	0,40	d-4	d+3,3	18 à 90

Afin de déterminer les dimension de la clavette on utiliser les équation précédente

on trouve : $L \geq \frac{2 Mt}{d \cdot (a) \cdot \tau}$ [5]

$[\tau] = 250 \text{ MPA} = 250 \text{ N.mm}$

$Mt = 218 \text{ Nm} = 218 \cdot 10^3 \text{ N.mm}$

$$L \geq \frac{2 \cdot 218 \cdot 10^3}{8 \cdot 28 \cdot 250}$$

La longueur minimale de la clavette pour quelle résiste au cisaillement avec un couple

$Mt = 218 \text{ Nm}$ et de $[L_{\min} \geq 7.78 \text{ mm}]$

d'après le tableau de normalisation des clavette dans la figure précédente en a pris le choix **L=25 mm** pour le détail consulter l'Annex

C. dimensionnement de la clavette de la turbine

avec les même paramètre illustré dans tableau (13) et les relation précédente [2.3 &4]
(annexe 5)

on calcule la longueur minimale de la clavette de la turbine avec $d=30$ mm

d'après la relation [5] $L \geq \frac{2 Mt}{d \cdot (a) \cdot \tau}$

$$L \geq \frac{2 * 218 * 10^3}{8 * 30 * 250}$$

La longueur minimale de la clavette pour quelle résiste au cisaillement avec un couple $M_t = 218$ Nm et de $[L_{\min} \geq 7.26 \text{ mm}]$

d'après le tableau de normalisation des clavette dans la figure précédente en a pris le choix **L=18 mm**

III.2 Dimensionnement De L'entraxe CP

La figure (29) nous représente l'entraxe entre le bloc de la tourelle et la boîte d'alimentation (la turbine) on a déterminer l'entraxe $C_p = 415$ mm

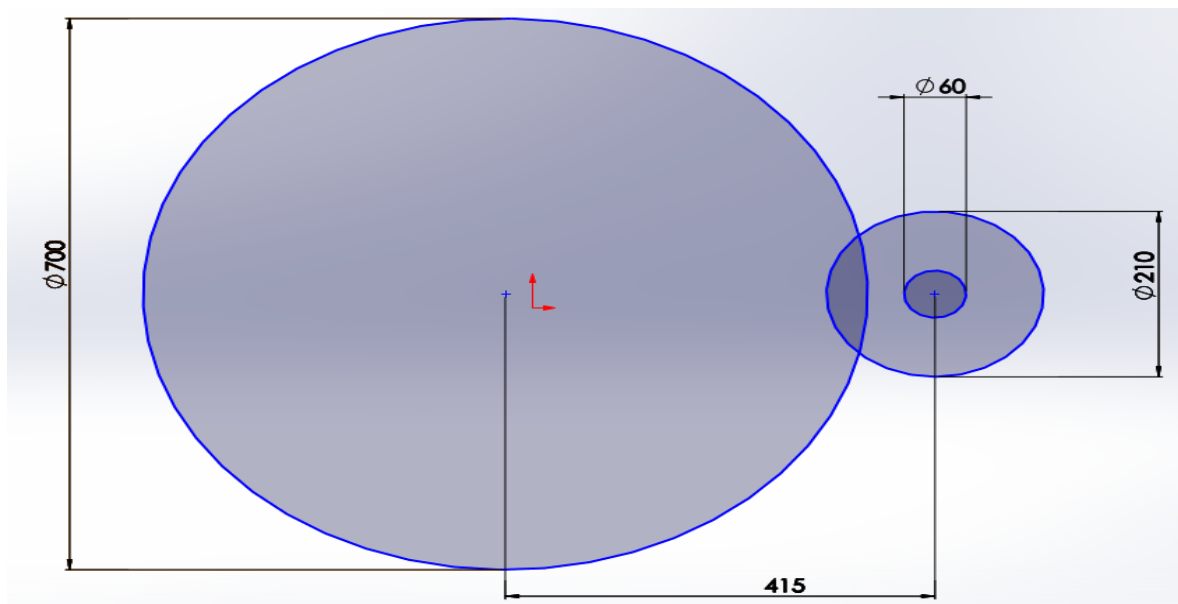


FIGURE 29: DEMONSTRATION DE L'ENTRAXE DE LA PRESSE

III.3 dimensionnement de la transmission par chaines

Après avoir effectuer des calculer avec des pignon de $d_p=121.50$ et $d_p=81.19$ on a trouvé que l'entraxe calculer ne correspond pas a l'entraxe exacte de la presse rotative démontré au-dessous $C_p=415$ mm

On a pris UN 3^{EME} choix du diamètre primitif $d_{p2}=109.40$ mm Et On A Effectuer Les Calcule Suivant : détaille sur l'Annex 6

A. calcule de la force tangentiél exercé sur les pignons

avec : $d_{p2}=109.4\text{mm}=0.1094$ m

dapres la relation [2]
$$F = \frac{Mt}{d_p/2}$$

$$F = \frac{Mt}{0.1094/2}$$

$$F=3985.73 \text{ N}$$

B. Choix De La Chaîne

On utilisant un coefficient de sécurité du pignon coef s = 2.5

Et la relation [6] $F_{\text{security}}= f^* \text{coef s} = 9936.425$ N

à partir de cette force on a choisi la chaîne 8b-1 avec un pas=12.7 mm des caractéristique ce trouve dans le tableau (14), le catalogue des chaines qui se trouve dans l'Annex (7)

TABLEAU 15: CARACTERISTIQUES DE LA CHAINE 8B-1 NORMALISE

Réf Iso	Pas à mm	Diamètre rouleau Θb mM	Largeur intérieure C mm	Diamètre axe ΘD mm	HAUTEURE DES PLAQUES E mm	LARG-SUR MAILLON DE JONCTION mm	FORCE REPTURE Normalisé minimal (daN)	SURFACE DES ARTICULE CM	MASSE KG/M
08.b-1	12.7	8.5	7.75	4.44	11.8	17.8	1820	0.5	0.68

D'après le diamètre primitif $d_{p2}=109.4$ mm on trouve les caractéristique du pignon 2

TABLEAU 16 : PIGNON ACIER A50

nombre de dents	Θp	Θe	Simple		
			Θl	preal .d1	l1
27	109.4	114.0	70	15	30

C. Calcule du Diamètre primitif du pignon 1(dp1= ?)

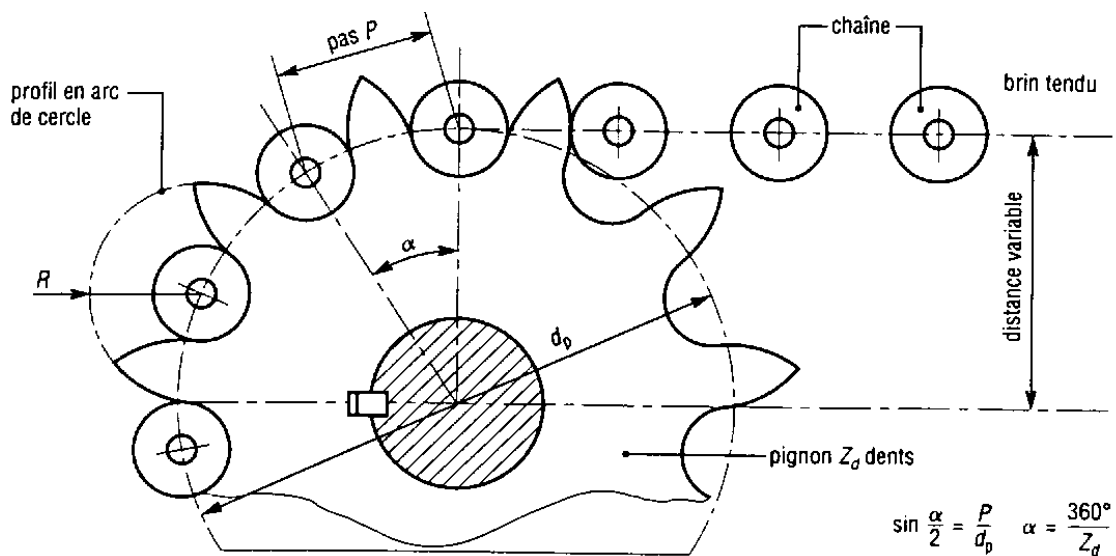
D'après le diamètre primitif $dp_2=109.4$ mm avec $Z_2=27$ dent

Il C. nous faut un pignon avec $Z_1=54$ dent

TABLEAU 17: ROUES FONTE FT 22 (STRUCTURE A VOILE RENFORCE)

NOMBRE DE DENTS	ΘP	Θe	Simple		
			$\Theta 1$	Preal .d1	L1
45	182.07	188.00	70	20	40
57	230.54	236.4	70	20	40

Diapres ce table notre opinion avec $Dp1$ et compris entre $182.07 < Dp1 > 230.54$ pour vérifie on a calculer le diamètre primitive



AVEC $\alpha = 360/Z$

FIGURE 30: DEMONSTRATION DU DIAMETRE PRIMITIVE

A partir de la relation du diamètre primitif [6]

$$D_p = \frac{pas}{\sin(360/(2*Z))}$$

$$D_{p1} = \frac{12.7}{\sin(360/(2*54))}$$

Le diamètre primitif du pignon 1 $D_{p1} = 218.42$ mm (Annex 6)

D. Calcule la longueur De la chaine

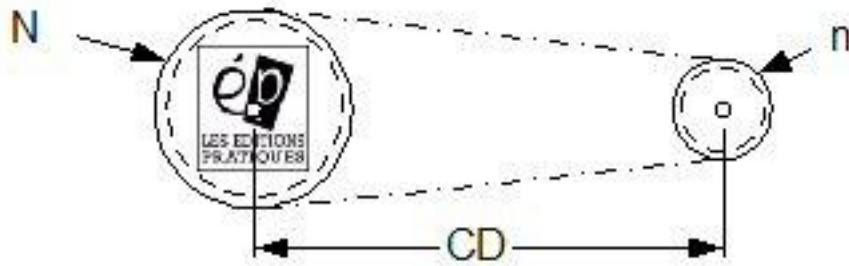


FIGURE 31: DIMENSION DE TRANSMISSION PAR CHAÎNE

L = Longueur de la chaîne en pas (nombre de mailles)

Cp = Distance Centre à Centre des roues dentées

P = Longueur d'une pas en pouce

z1 = Nombre de dents de la grande roue

z2 = Nombre de dents de la petite roue

$$L p = \frac{z_1 + z_2}{2} + 2cp + \frac{\left(\frac{z_1 - z_2}{2\pi}\right)^2}{cp} \quad \text{relation de la longueur e de la chaine [7]}$$

$$D p = \frac{pas}{\sin \Lambda - 1(360/2 * z)} \quad \text{relation du diamètre primitif [8]}$$

On a l'entraxe **CP = 415mm** (démontré dans les étape précédant)

$$L p = \frac{3z}{2} + 2cp + \frac{(z/2\pi)^2}{cp}$$

$$L p = \frac{3 * 27}{2} + (2 * 415) + \frac{(27/2\pi)^2}{415}$$

La longueur de la chaine et de **L p = 870.57**

On conclus :

- **Chaîne 8b-1 avec PAS = 12.7 LP = 870.57 mailles CP = 415 MAILLONS.**
- **Pignon 1 DP = 218.42 Z1 = 54 .**
- **Pignon 2 DP2 = 109.4 Z2 = 27 .**

✚ D'après ces résultats on conclut que les paramètres initiaux de la presse proposés des vitesses de rotation ; (1 tour de table = 2 tours de turbine) sont vérifiés et réalisables avec la modification effectuée.

III.4. Calcule Le Moments Absorbé Par l'arbre De La Turbine

$F = 3985.37$ N force exercé sur les pignons démontré avant d'après la relation [2] on obtient

la relation [9] $Mt_2 = F \cdot \frac{d}{2}$ $Mt_2 = 3985.37 * \frac{218.42 * 10^{-3}}{2}$

$Mt_2 = 435.99$ NM Ce Couple Et Absorber par L'arbre 2 (arbre de la turbine)

De là on va conclure le couple restant exercé sur la partie 1 du bloc de la tourelle

$$Mt_1 = Mt_{red} - Mt_2$$

$$Mt_1 = 1209.01 \text{ Nm}$$

III.5. Dimensionnent de la partie 1 du bloc de la tourelle

III.5.1 . Calcule torsion de l'arbre principale de mouvement

A. Diamètre de l'arbre minimal

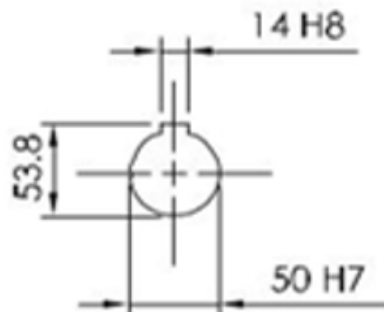
Relation [1] $D = \sqrt[3]{\frac{5Mt}{\tau}}$ relation de calcule de diamètre de l'arbre

$-Mt = C = 1209.01 \text{ Nm} = 1209.01 * 10^3 \text{ Nmm}$ - $[\tau]_{acier} = 250 \text{ MPA}$

$$D = \sqrt[3]{\frac{5 * 1209.01 * 10^3}{250}}$$

$D = 28.91$ mm diamètre minimal de l'arbre qui peut résisté a la torsion avec un couple de $Mt = 1209.01$ Nm

D'après le schéma du réducteur on voie que le diamètre de l'arbre de sortie et de



$D = 50$ mm , alors on constate que notre arbre résiste suffisamment a la torsion .

FIGURE 32: DIAMETRE DE L'ARBRE QUI ENTRE DANS LA SORTIE DU REDUCTEUR .

B. Dimensionnement de la clavette du réducteur :

D'après Les Relation 2.3.4 & 5

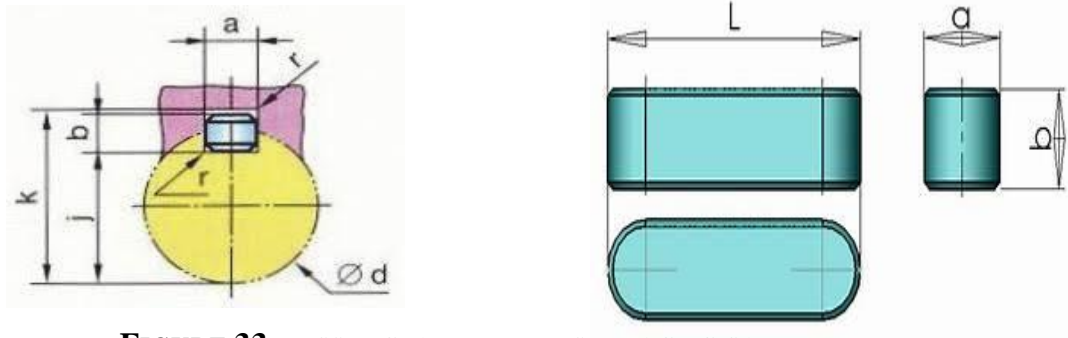


FIGURE 33:DESSIN CLAVETTE ET SURFACE CISAILLER

Et d'après le tableaux suivant : (Annex 5)

TABLEAU 18: DIMENSION DES CLAVETTE $45 < D > 50$

de - à (inclus)	série normale					
	a	b	s	J	K	L
45 à 50	14	9	0,60	$d - 5,5$	$d + 3,8$	36 à 160

Afin de déterminer les dimension de la clavette on utiliser les équation précédente

$$[\tau] = 250 \text{ MPA} = 250 \text{ N.mm}$$

$$M_t = 1209.01 \text{ Nm} = 1209.01 * 10^3 \text{ N.mm}$$

$$L \geq \frac{2 * 1209.01 * 10^3}{14 * 50 * 250}$$

La longueur minimale de la clavette pour quelle résiste au cisaillement avec un couple $M_t = 218 \text{ Nm}$ avec $d = 50$ et de $[L_{\min} \geq 13.81]$

D'après le catalogue SITI l'arbre de transmission entre dans le réducteur avec 210 mm

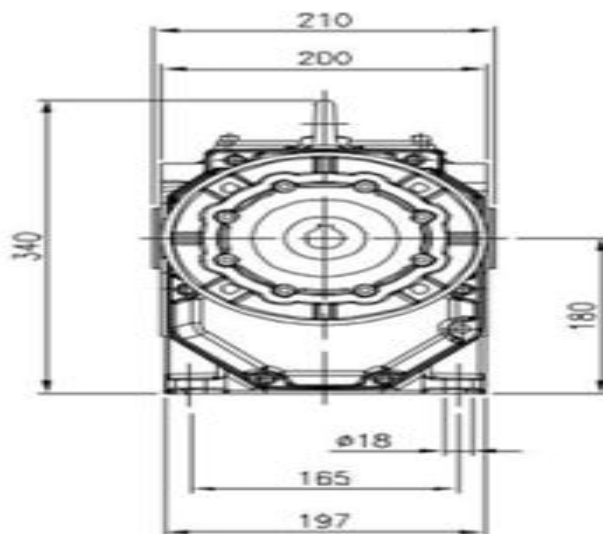


FIGURE 34: REDUCTEUR DIMENSION 210 MM

Et d'après le tableaux de normalisation de la longueur de la clavette d'un arbre de diamètre =50 mm et comprise entre 36 mm à 160 mm

Alors en va prendre $L=160 \text{ mm}$

E. Dimensionnement de la clavette du bloc de la tourelle

D'après Les Relation de cité avant du cisaillement des clavettes **RELATION 1,2&3** d'après le tableau suivant (Annex 5)

TABLEAU 19: DIMENSION CLAVETTE $96 < D < 110$

de d – à (inclus)	série normale					
	a	b	s	J	K	L
96 à 110	28	16	1,2	$d - 10$	$d + 6,4$	80 à 320

On détermine les dimension de la clavette

on trouve la relation [5] : $L \geq \frac{2 Mt}{d \cdot (a) \cdot \tau}$

$[\tau] = 250 \text{ MPA} = 250 \text{ N.mm}$

$Mt = 1209.01 \text{ Nm} = 1209.01 \cdot 10^3 \text{ N.mm}$

$D = 100 \text{ mm}$

$$L \geq \frac{2 * 1209.01 * 10^3}{28 * 100 * 250}$$

La longueur minimale de la clavette pour quelle résiste au cisaillement avec un couple

$Mt = 218 \text{ Nm}$ avec $d = 100$ et de $[L_{\min} \geq 3.45]$

D'après la hauteur du bloc de la tourelle $h = 192 \text{ mm}$, et la normalisation de longueur de la clavette d'un arbre de diamètre $= 100 \text{ mm}$ et comprise entre 80 mm à 380 mm , Et au question de sécurité on a pris $L = 160 \text{ mm}$.

II. Dimensionnement et vérification du diamètre de l'axe de la poulie

Afin de déterminer le diamètre et vérifié la flexion de l'axe de cette poulie on passe par deux étapes :

- la partie 1 théorique pour déterminer le diamètre de l'arbre .
- la partie 2 vérifié avec le logicielle rdm6 si le diamètre résiste a la force appliquer .

II.1. dimensionnement de l'arbre de la poulie

D'après les relation suivante [10&11]

$$[\delta] = \frac{Re}{coefs}$$

$$[\delta] = \frac{250}{1.5} = 166.666667 \text{ MPA}$$

Et d'après la relation du moment fléchissant

$$[\delta] = \frac{Mf}{Izg/V}$$

$V =$ épaisseur de la poulie

$Mf =$ moment fléchissant

I_{zg} = moment d'inertie

DEPUIS LA RELATION [12] DU MOMENT FLICHISANT
physique)

$$Mf = \frac{Q \cdot L^2}{2} \quad \text{(formule)}$$

ET la relation [13] DE LA CHARGE REPARTIE

$$Q = F/L$$

F = la force appliquee

L = épaisseur de la poulie

$$Q = 40000/35 = 1142.78 \text{ mm}$$

$$Mf = \frac{1142.78 \cdot 35^2}{2}$$

$$Mf = 699971.125 \text{ Nmm}$$

D'après la formule [11] de la contrainte normale de flexion

$$[\delta] \geq \frac{Mf}{I_{zg}/V}$$

Avec les relations [14.15.16&17]

$$I_{zg} = \frac{\pi d^4}{64}$$

$$v = \frac{d}{2}$$

$$[\delta] \geq \frac{Mf \cdot 32}{\pi \cdot d^3}$$

$$d \geq \sqrt[3]{\frac{Mf \cdot 32}{\pi \cdot [\delta]}}$$

De ces équations on trouve que le diamètre minimal qui résiste à la force de 40 kN

Le résultat est $d \geq 34.97 \text{ mm}$.

II.2. vérification avec logiciel RDM 6

a. Les étapes à accomplir

on a fait une vérification à l'aide du logiciel RDM 6 pour un diamètre $d = 40 \text{ mm}$ en appliquant une force répartie $Q = 1142.87 \text{ N/mm}$, toutes les étapes et le résultat sont illustrés dans la figure suivante

ETAPE 1 : On ouvre le logiciel et on clique sur nouvelle étude



FIGURE 35: ECRAN DU LOGICIEL RDM6

ETAPE 2 : on insère le nombre de nœuds

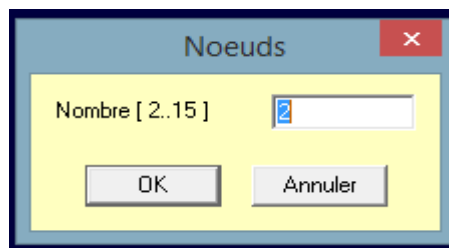


FIGURE 36: NOMBRE 2 NŒUDS

Etape 3 : on insère la distance entre les 2 nœuds

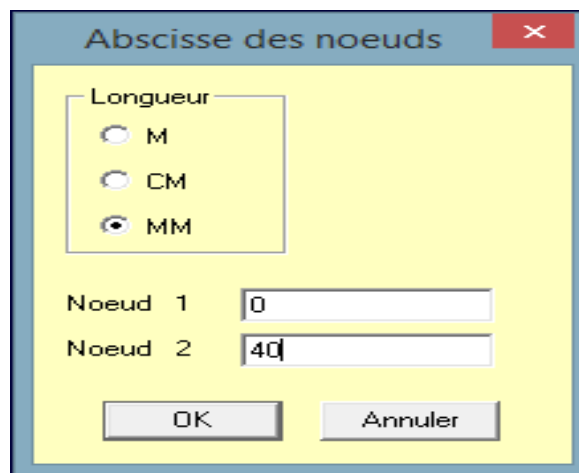
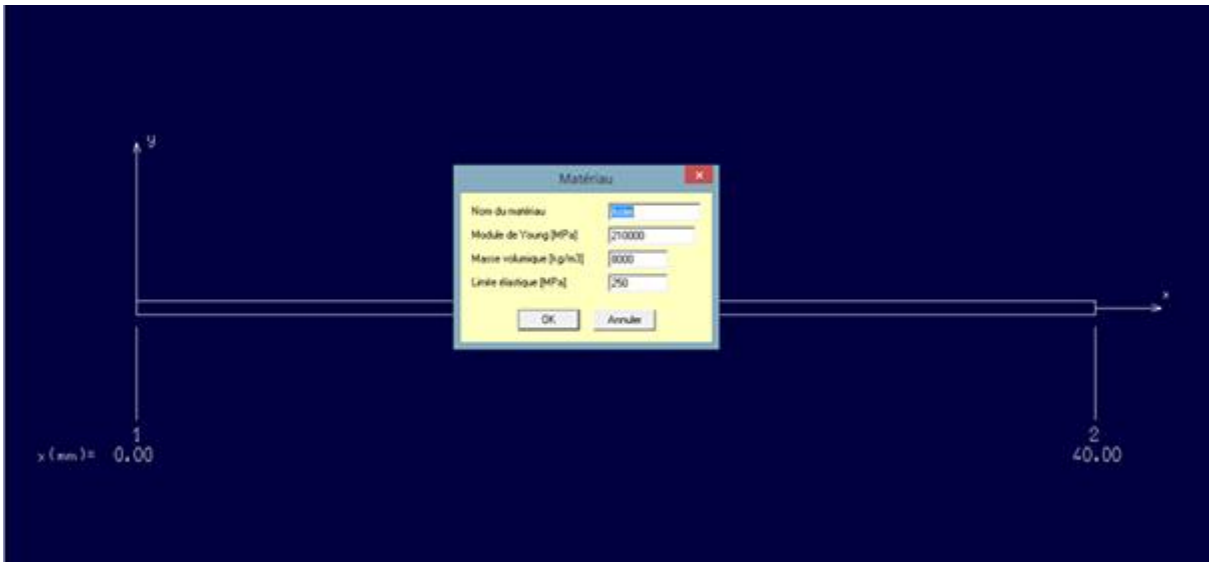


FIGURE 37: INSERTION DE LA DISTANCE



Etape 4 : on choisit le matériau avec le quelle on va construire cette poutre

FIGURE 38: CHOIX DU METAL

Etape 5 : on choisit la forme de la poutre cylindrique pleine

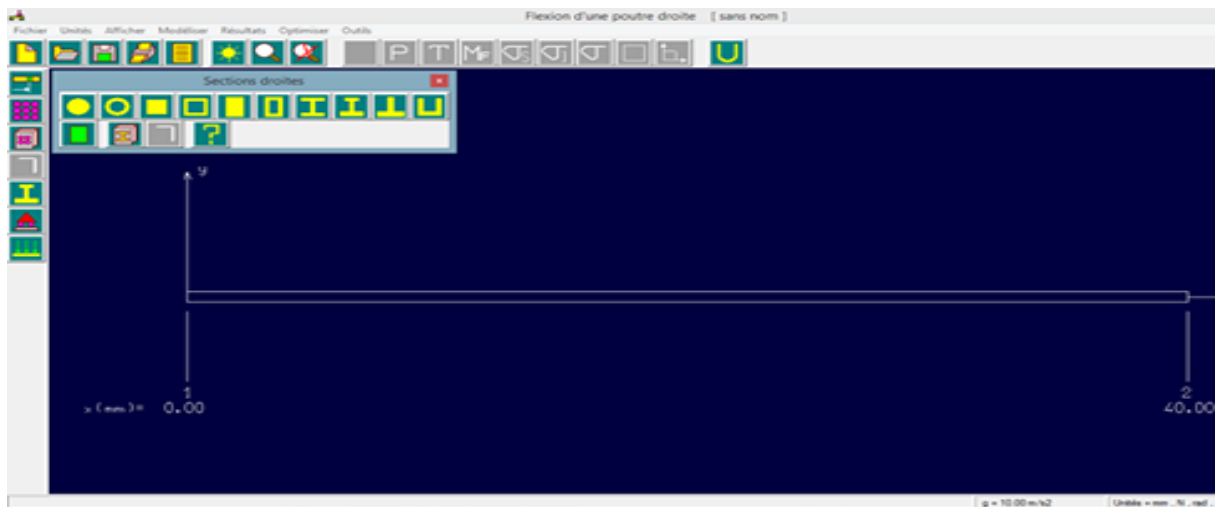


FIGURE 39: CHOIX DE FORME DE LA POUTRE

Etape 6 : on insère le diamètre de la poutre $d=40$ mm

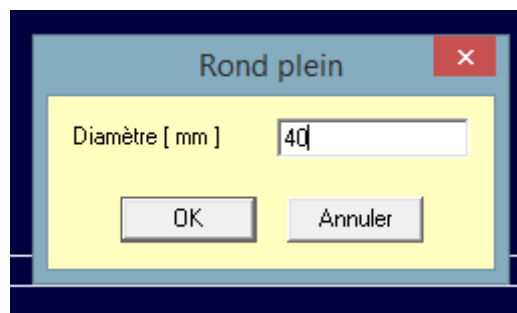


FIGURE 40: INSERTION DU DIAMETRE

Etape 7 : on insère la valeur de la charge $q=1142.78$

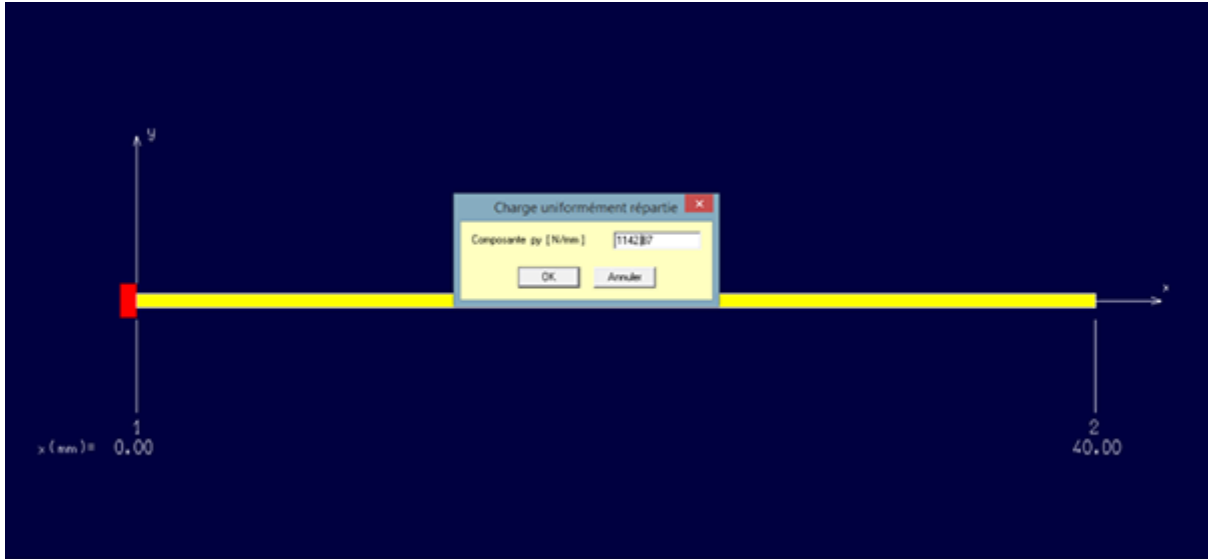


FIGURE 41: INSERTION DE LA CHARGE Q

Etape 6 : on insère la forme de la charge sous forme de charge répartie

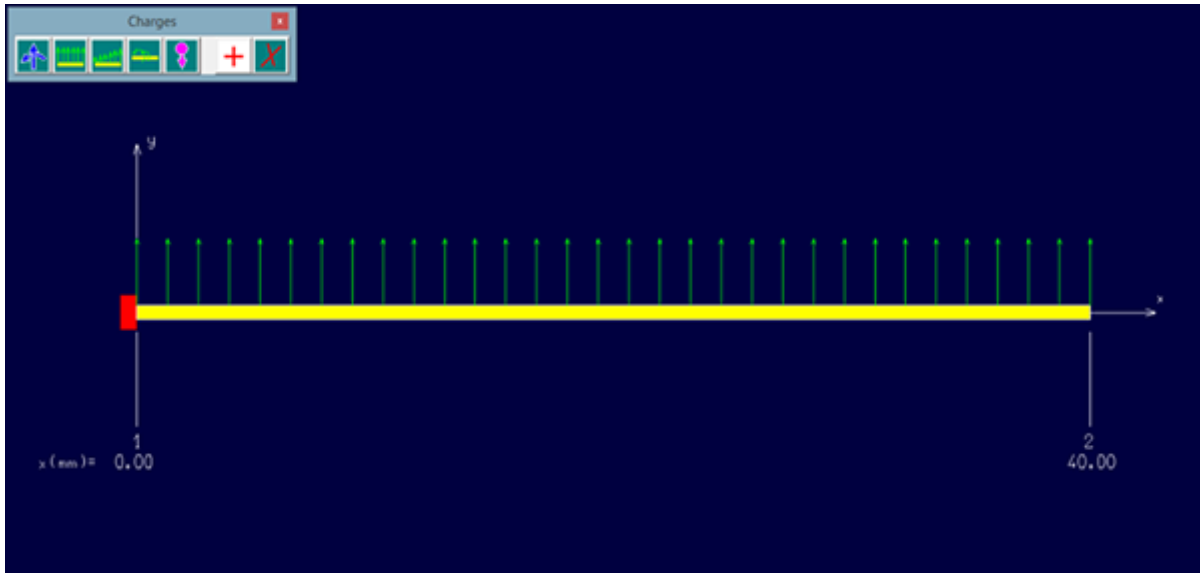


FIGURE 42 :FORME DE LA CHARGE REPARTIE

étape 7 : on cliquant sur iso contrainte normale on obtient la figure suivante qui nous décrivent le résultat des contrainte de flexion

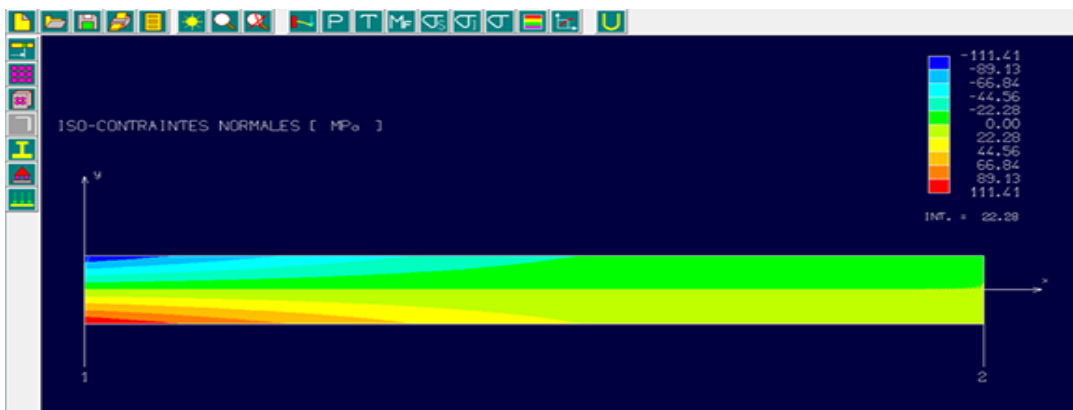


FIGURE 43: RESULTAT DES CONTRAINTE

b. donné et Résultat du logiciel RDM 6

- **donnée**

| Flexion d'une poutre droite |

Nom du projet : C:\Users\PC\Desktop\PROJET~1\ggt

| Données du problème |

| Matériau |

Nom du matériau = Acier

Module de Young = 210000 MPa

Masse volumique = 8000 kg/m³

Limite élastique = 250 MPa

| Nœuds [mm] |

Noeud 1 : x = 0.000

Noeud 2 : x = 35.000

| Section(s) droite(s) |

Nœuds 1 --> 2

Rond plein : D = 40.00 (mm)

Aire = 12.57 cm²

Moment quadratique : Iz = 12.57 cm⁴

Fibre supérieure : vy = 20.00 mm Wel.z = 6.28 cm³

Fibre inférieure : vy = 20.00 mm Wel.z = 6.28 cm³

Poids de la structure = 3.52 N (g = 10.00 m/s²)

| Liaison(s) nodale(s) |

Noeud 1 : Encastrement

| Cas de charge(s) |

Charge linéairement répartie : Nœuds = 1 -> 2 pyo = 1142.85 pye = 1142.85 N/mm

- **Résultats**

| Déplacements nodaux [mm , rad] |

Noeud	Flèche	Pente
1	0.000000	0.000000
2	0.008123	0.000309

Dy maximal = 8.12348E-03 mm à x = 35.000 mm

Dy minimal = 0.00000E+00 mm à x = 0.000 mm

| Efforts intérieurs [N N.mm MPa] |

Ty = Effort tranchant Mfz = Moment fléchissant Sxx = Contrainte normale

Noeud	Ty	Mfz	Sxx
1	39999.75	699995.63	111.41
2	-0.00	0.00	0.00

Moment fléchissant maximal = 699995.63 N.mm à 0.000 mm

Moment fléchissant minimal = -0.00 N.mm à 35.000 mm

Contrainte normale maximale = 111.41 MPa à 0.000 mm

Contrainte normale minimale = -111.41 MPa à 0.000 mm

| Action(s) de liaison [N N.mm] |

Noeud 1 $F_y = -39999.75$ $M_z = -699995.63$

| Informations sur le calcul |

Pivot minimal = 7.53982236861550E+0005

d'après la vérification avec le **RDM 6** on voit que la poutre avec le diamètre 40 mm résiste à la flexion avec une force appliquée **40 KN**, pour les autres résultats sont illustrés dans l'**Annex ()**

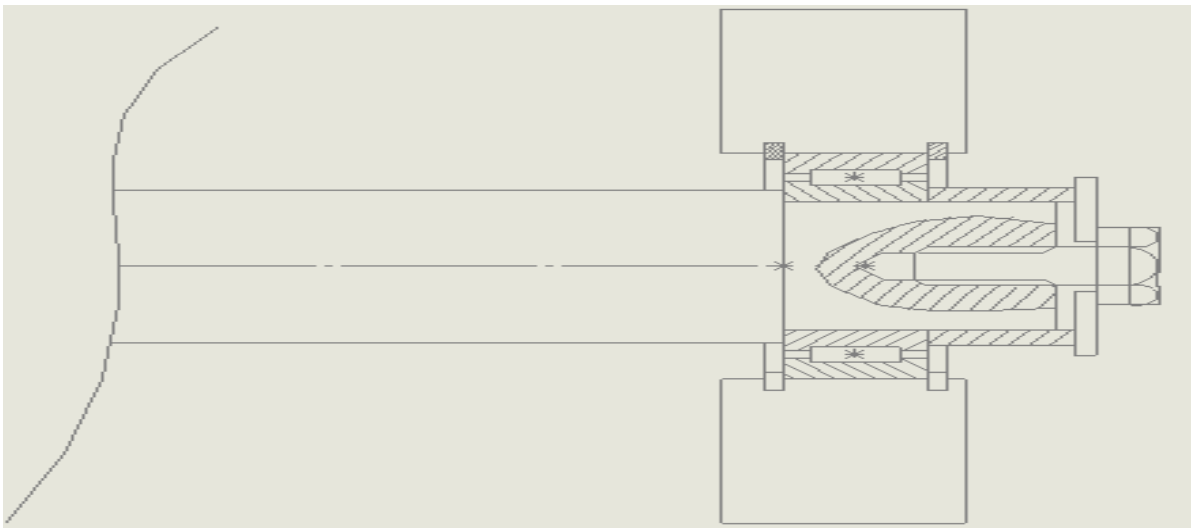
En question de sécurité on a pris le choix d'un diamètre de l'axe de la poulie **d=40 mm**

II.3. Le montage de roulement

En mécanique, un roulement est un dispositif destiné à guider un assemblage en rotation, c'est-à-dire à permettre à une pièce de tourner par rapport à une autre selon un axe de rotation défini. Après avoir obtenu le diamètre de l'arbre $d=40$ mm, et d'après le catalogue **SKF** on a trouvé deux types de roulements qui correspondent à notre diamètre **Annex 10&11**

- le premier choix c'est des roulements rigides à billes avec un diamètre $d=40$ charge maximale $C_{\text{dynamique}}=63700\text{N}$ comme représenté dans l'Annex ()
- le 2ème choix c'est des roulements cylindriques jointifs $d=40$ charge maximale $C_{\text{dynamique}}=14500$ comme représenté dans l'Annex ()

donc le 2ème choix est plus résistant on plus au cours de l'étude de l'estimation on trouve que ces deux types de roulements ont le même prix alors on a préféré de prendre le choix des roulements cylindriques jointifs $d=40$ mm le montage du galet et les roulements sur l'arbre et



illustrer sur la figure suivante

FIGURE 44: SCHEMA MONTAGE DU ROULEMENT ET DU GALET

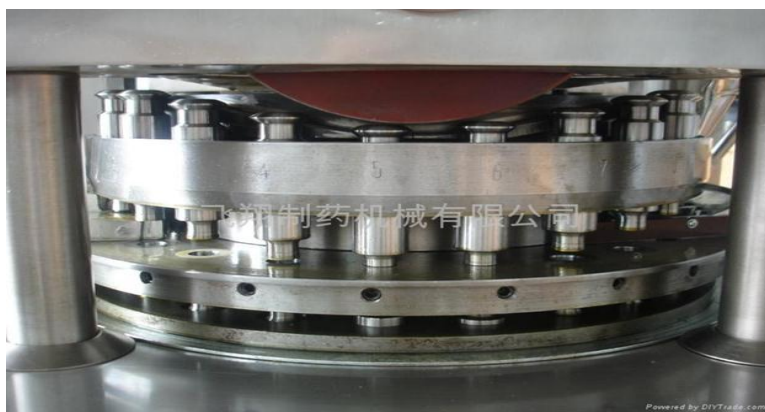


Figure 45 : Exemple réelle du galet sur la presse rotative

III. vérification de compression du poinçon

- **poinçons (inférieure et extérieure):** ce sont deux différentes pièces qui seront placées sur le bloc, avec leur déplacement horizontal réalisé la compression de la poudre pour obtenir un comprimé

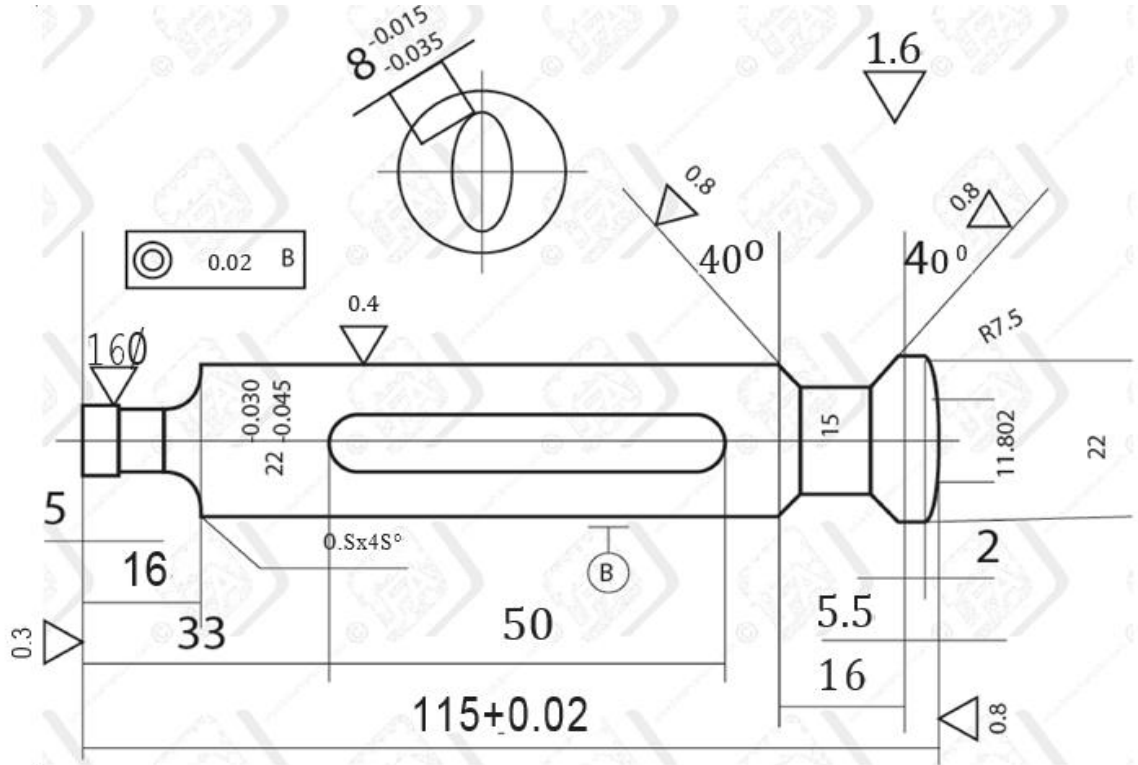


FIGURE46 : LE POINÇONS NORMALISER

d'après la relation [18] on obtient la contrainte admissible de la compression :

$$[\delta] = \frac{N}{S}$$

N : la force appliqué sur le poinçon $N=40\text{KN}=40000\text{N}$

S : la section dangereuse du poinçon [19] $S=\pi * r^2$

$[\delta]$ contrainte admissible de compression d'un acier inoxydable duplex $[\delta]=300\text{ Nmm}^2$

$$[\delta] = \frac{40000}{3.14 * 8^2}$$

$$[\delta] \geq 199.04\text{ Nmm}^2$$

$$300 \geq 199.04\text{ Nmm}^2$$

on conclu que le poinçon utiliser résiste a la charge (force) appliqué sur lui .

Introduction

Dans cette partie on a fait des estimations pour la presse à comprimer avant et après la modification selon les 2 schémas cinématiques illustres dans le chapitre III .

On a demander de s facture préforma de l'entreprise **COMEFI** et l'entreprise **BRAZI**

I. Estimation de la presse rotative initiale :

- La 1^{ere} facture préforma concerne le prix du moteur et du réducteur du bloc de la tourelle.
- La 2^{eme} factures préformèrent et pour le prix du moteur et le réducteur de la turbine .
- La 3^{eme} préforma et pour l'ensemble des mécanismes de la presse rotative à comprimer initial .

Le prix estimé de ces factures préforma et d'un totale =1291719.62 da

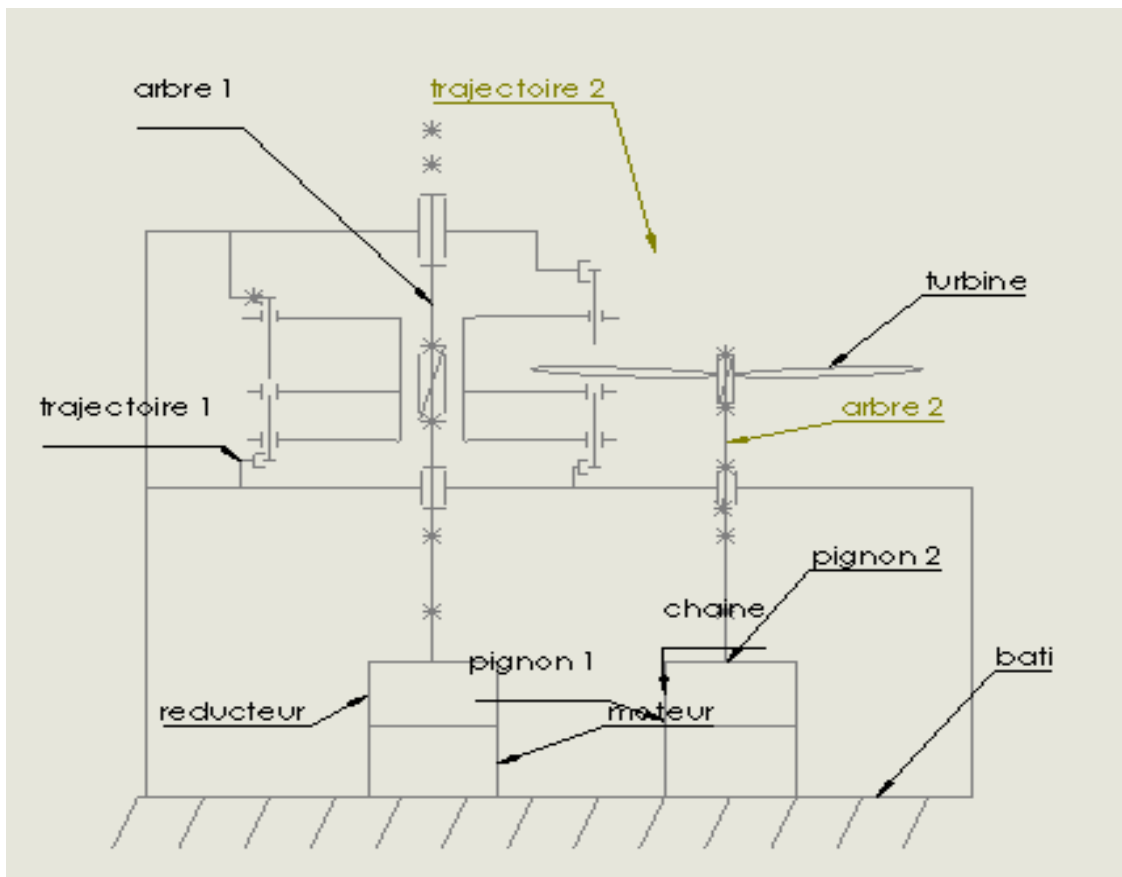


Figure 47 : schéma cinématiques de la presse rotative initial.

II. Estimation de la presse rotative après la modification

- La 1^{ère} préforma et pour l'ensemble des pièces modifiées de la presse rotative à comprimer
- les 2 autres préformations sont pour le réducteur et le moteur qu'on va choisir
Après avoir consulté les caractéristiques des réducteurs et des moteurs illustrés sur les annexes ainsi leur prix illustré sur les préforma. On choisit le réducteur et le moteur de la 2^e préforma qui coûte moins cher en plus avec des caractéristiques performantes.

Le prix estimé de ces factures préforma et d'un totale = 1452448.4 da

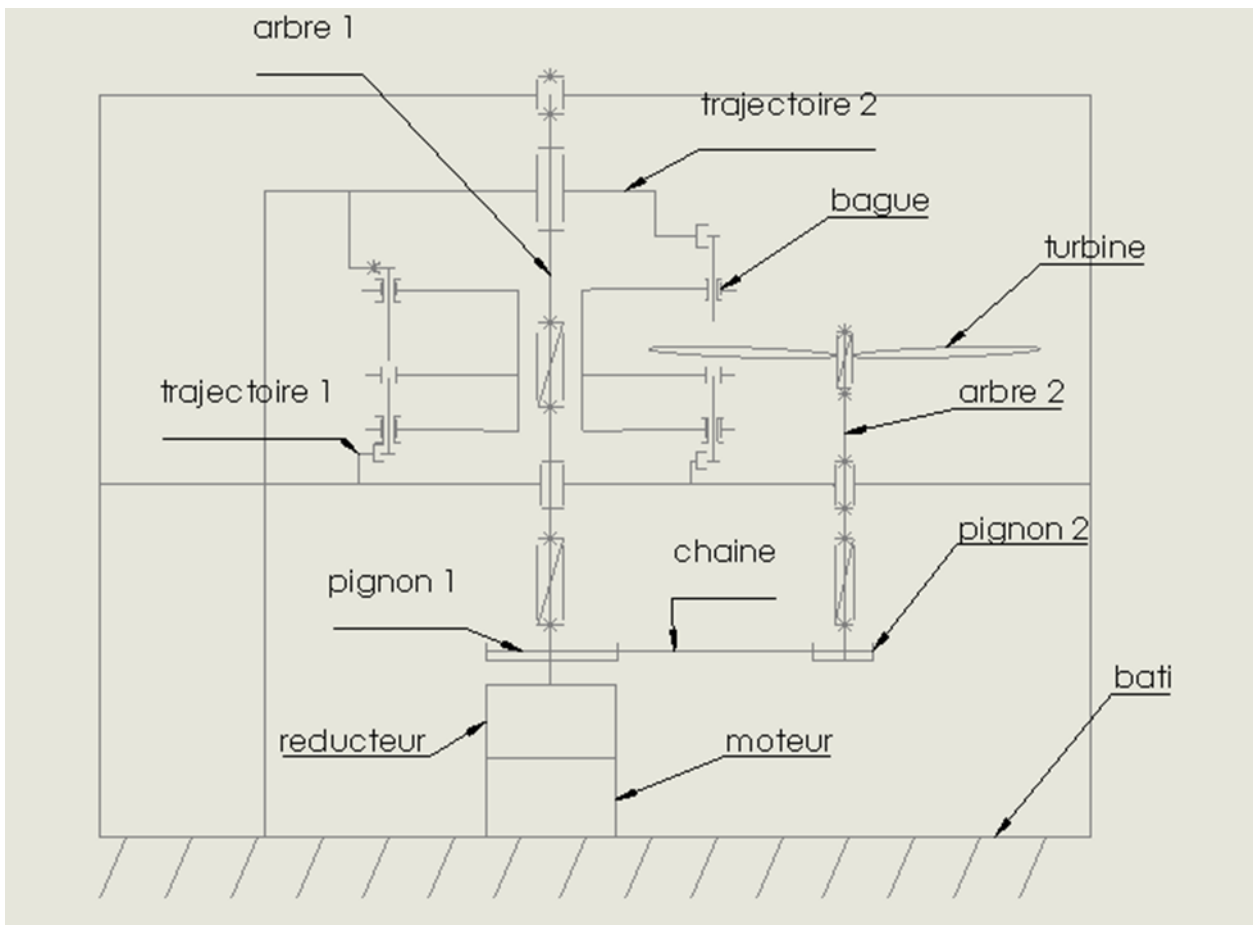


Figure 46 : du schéma cinématique de la presse rotative après la modification

III. Discussion des coûts estimés de la presse rotative

Après avoir comparé l'estimation du coût total avant et après la modification de la presse rotative à comprimer on constate que le coût de la machine après la modification est plus élevé par rapport au coût initial de la machine mais cette modification a des avantages qu'on a cités avant comme :

- économiser la consommation de l'énergie électrique .
- Une maintenance plus facile et moins coûteuse.

Conclusion

Dans ce projet, on a fait la modification et le dimensionnement et la vérification de quelque organe d'une presse rotative à comprimer, cette presse regroupe plusieurs organe et parties. Son objectif c'est de former la poudre à l'aïd des matrice (empreinte du comprimé), poinçons qui se déplace horizontalement guider par un trajectoire on le trouve sur les cames de guidage pour réaliser les étapes de compression de la poudre, afin d'obtenir un comprimé conforme et prêts à être commercialiser.

La réalisation de ce projet constitue une expérience riche et bénéfique, car il englobe plusieurs domaines tel que on a pris une idée sur l'industrie pharmaceutique la conception de la presse rotative à comprimer, et d'apprendre beaucoup technique sur divers logiciel telle que r le logiciel **SOLIDE WORKS** et **RDM 6**

Le travail avec ce type de presse, permet une introduction vers l'industrie pharmaceutique ou alimentaire, et encore la réalisation des machines semi-automatique facilite et la rapidité de production, le gain de temps et le cout de maintenance ...etc.

Perspective

Pour améliorer ce travail ou cette presse on peut citer quelque perspective

- Faire La programmation java pour le réglage la machine pour quelle devienne électromécanique .ou bien ajouté l'étude de variateur vitesse ainsi d'ajouté de la vibration dans la trémie pour faciliter l'écoulement de la poudre dans la turbin.
- Ajouté des station pour une cadence de production horaire plus élevé ... ect.

Annex 8



Figure : contrainte normale



Figure : effort tranchant

Annex 9

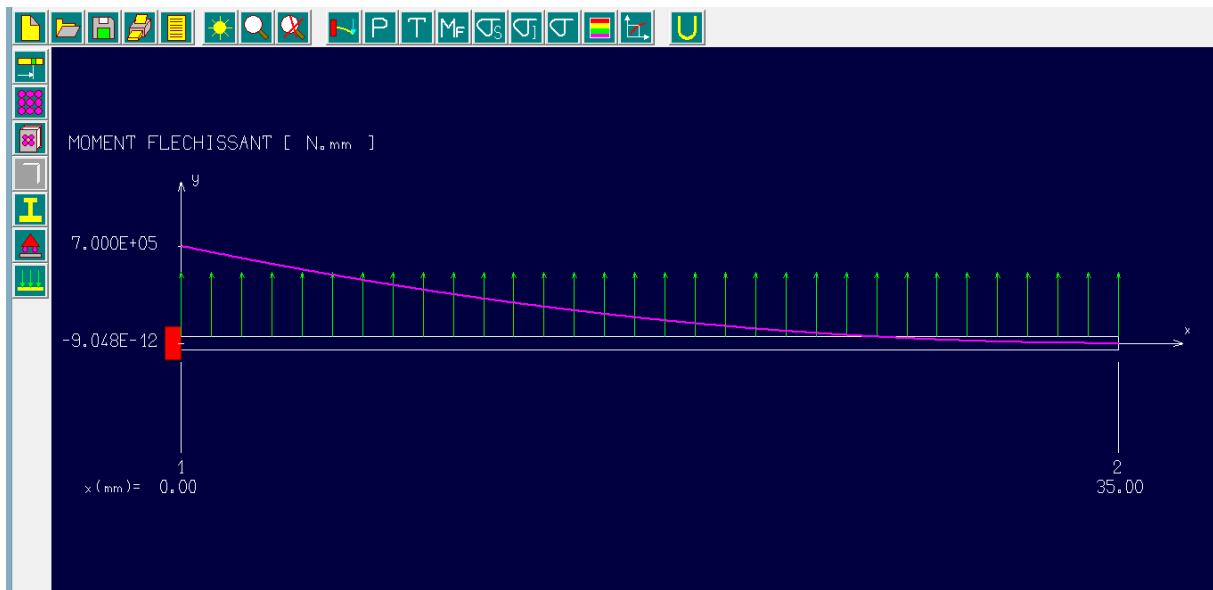


Figure : moment fléchissant

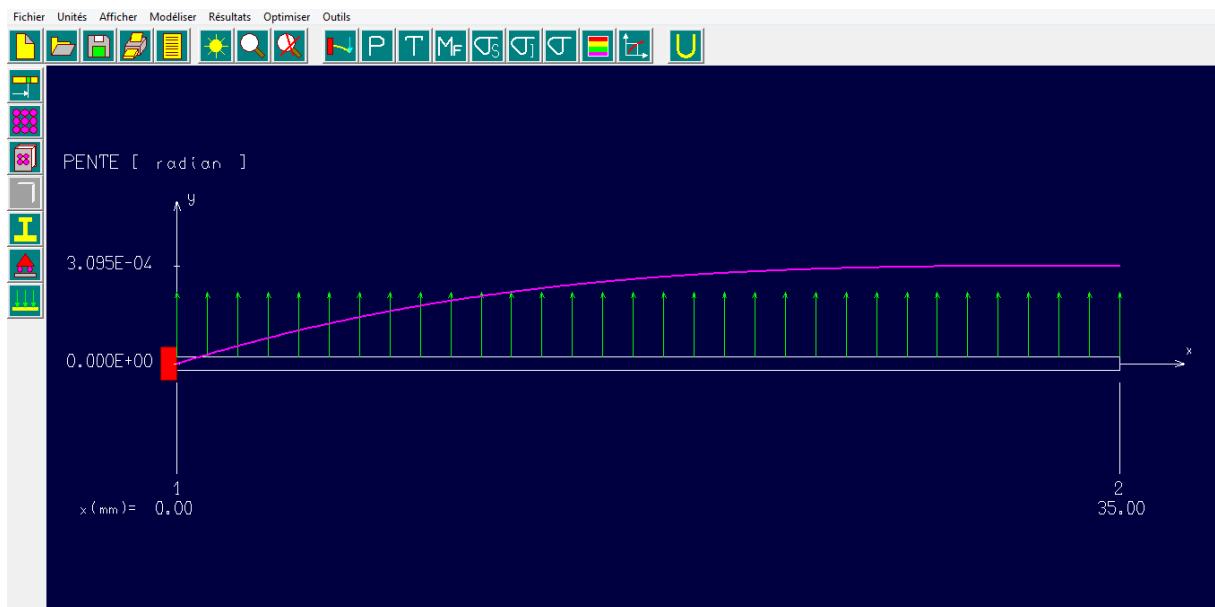


Figure : la pente

Annex 5

Clavettes parallèles : principales dimensions normalisées														
<i>d</i> de - à (inclus)	série normale						série mince			cas d'une fixation par vis				
	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>s</i>	<i>J</i>	<i>K</i>	<i>L</i>	<i>b</i> *	<i>J</i> *	<i>K</i> *	vis	<i>t</i>	<i>z</i>	<i>g</i>	<i>r</i>
6 à 8	2	2	0,16	<i>d</i> -1,2	<i>d</i> +1	6 à 20								
9 à 10	3	3	à	<i>d</i> -1,8	<i>d</i> +1,4	6 à 36								
11 à 12	4	4	0,25	<i>d</i> -2,5	<i>d</i> +1,8	8 à 45								
13 à 17	5	5	0,25	<i>d</i> -3	<i>d</i> +2,3	10 à 56	3	<i>d</i> -1,8	<i>d</i> +1,4					
18 à 22	6	6	à	<i>d</i> -3,5	<i>d</i> +2,8	14 à 70	4	<i>d</i> -2,5	<i>d</i> +1,8	M2,5-6	5	2,9	3	2,5
23 à 30	8	7	0,40	<i>d</i> -4	<i>d</i> +3,3	18 à 90	5	<i>d</i> -3	<i>d</i> +2,3	M3-8	6,5	3,4	3,5	3
31 à 38	10	8	0,40	<i>d</i> -5	<i>d</i> +3,3	22 à 110	6	<i>d</i> -3,5	<i>d</i> +2,8	M4-10	8	4,5	4,5	4
39 à 44	12	8	à	<i>d</i> -5	<i>d</i> +3,3	28 à 140	6	<i>d</i> -3,5	<i>d</i> +2,8	M5-10	10	5,5	5,5	5
45 à 50	14	9	0,60	<i>d</i> -5,5	<i>d</i> +3,8	36 à 160	6	<i>d</i> -3,5	<i>d</i> +2,8	M6-10	12	6,6	6,5	6
51 à 58	16	10	0,60	<i>d</i> -6	<i>d</i> +4,3	45 à 180	7	<i>d</i> -4	<i>d</i> +3,3	M6-10	12	6,6	6,5	6
59 à 65	18	11	à	<i>d</i> -7	<i>d</i> +4,4	50 à 200	7	<i>d</i> -4	<i>d</i> +3,3	M8-12	16	9	8,5	8
66 à 75	20	12	0,80	<i>d</i> -7,5	<i>d</i> +4,9	56 à 220	8	<i>d</i> -5	<i>d</i> +3,3	M8-12	16	9	8,5	8
76 à 85	22	14	1	<i>d</i> -9	<i>d</i> +5,4	63 à 250	9	<i>d</i> -5,5	<i>d</i> +3,8	M10-12	20	11	10,5	10
86 à 95	25	14	à	<i>d</i> -9	<i>d</i> +5,4	70 à 280	9	<i>d</i> -5,5	<i>d</i> +3,8	M10-12	20	11	10,5	10
96 à 110	28	16	1,2	<i>d</i> -10	<i>d</i> +6,4	80 à 320	10	<i>d</i> -6	<i>d</i> +4,3	M10-16	20	11	10,5	10

Tableau : dimension des clavette normalisé

Came tambour de guidage des poinçons extérieure -inférieure : sont deux différentes pièces on le même diamètre que le bloc , elle contiennent une trajectoire étudiée sur laquelle les poinçons se déplacent pour réaliser les étapes de compression.



Trémie ; c'est un genre de réservoir de poudre d'une forme rectangulaire ,sa forme on la choisit pour faciliter le découlement de la poudre pharmaceutique dans la turbine



Figure : vue réelle d'une presse à compresser rotative

Annex 4

BH 100

Prestazioni riduttori e motorriduttori
Performance gearboxes and gearboxes with motor
Leistungen Getriebe und Getriebemotoren

Albero lento
Output shaft
Abtriebswelle
 D = 50 mm

MBH 100

i	n ₁	n ₂	M ₂	kW ₁	HP ₁	RD
---	----------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	----

i	n ₁	n ₂	M ₂	kW ₁	HP ₁	RD	sf
---	----------------	----------------	----------------	-----------------	-----------------	----	----

6,95	1400	201,4	800	18,3	24,5	0,92
7,96		175,9	800	16,0	21,3	0,92
9,38		149,3	900	15,3	20,4	0,92
11,32		123,7	1100	15,5	20,6	0,92
13,33		105,0	1200	14,3	19,1	0,92
15,76		88,8	1250	12,6	16,8	0,92
18,75		74,7	1400	11,9	15,9	0,92
22,52		62,2	1400	9,9	13,2	0,92
25,63		54,6	1500	9,3	12,4	0,92
29,40		47,6	1600	8,7	11,6	0,92
34,05		41,1	1600	7,5	10,0	0,92
39,95		35,0	1650	6,6	8,8	0,92
47,66		29,4	1700	5,7	7,6	0,92
52,47		26,7	1800	5,5	7,3	0,92
65,00		21,5	1800	4,4	5,9	0,92
69,24		20,2	1800	4,1	5,5	0,92
73,35		19,1	1800	3,9	5,2	0,92
82,60		16,9	1800	3,5	4,6	0,92
90,95		15,4	1800	3,2	4,2	0,92
112,67		12,4	1800	2,5	3,4	0,92
127,14	11,0	1800	2,3	3,0	0,92	
147,17	9,5	1800	1,9	2,6	0,92	
163,72	8,6	1800	1,8	2,3	0,92	
183,79	7,6	1800	1,6	2,1	0,92	

6,95	1400	201,4	654	15	20,0	0,92	1,22
7,96		175,9	749	15	20,0	0,92	1,07
9,38		149,3	883	15	20,0	0,92	1,02
11,32		123,7	1065	15	20,0	0,92	1,03
13,33		105,0	920	11	15,0	0,92	1,30
15,76		88,8	1088	11	15,0	0,92	1,15
18,75		74,7	1294	11	15,0	0,92	1,08
22,52		62,2	1300	9,2 *	12,5 *	0,92	1,08
25,63		54,6	1480	9,2 *	12,5 *	0,92	1,01
29,40		47,6	1384	7,5	10,0	0,92	1,16
34,05		41,1	1603	7,5	10,0	0,92	1,00
39,95		35,0	1379	5,5	7,5	0,92	1,20
47,66		29,4	1645	5,5	7,5	0,92	1,03
52,47		26,7	1811	5,5	7,5	0,92	0,99
65,00		21,5	1632	4	5,5	0,92	1,10
69,24		20,2	1738	4	5,5	0,92	1,04
73,35		19,1	1841	4	5,5	0,92	0,98
82,60		16,9	1555	3	4,0	0,92	1,16
90,95		15,4	1712	3	4,0	0,92	1,05
112,67		12,4	1556	2,2	3,0	0,92	1,16
127,14	11,0	1755	2,2	3,0	0,92	1,03	
147,17	9,5	1385	1,5	2,0	0,92	1,30	
163,72	8,6	1541	1,5	2,0	0,92	1,17	
183,79	7,6	1730	1,5	2,0	0,92	1,04	



Reference bibliographique

- 1) A Le Hir, « abrégé de pharmacie galénique, excipients, opérations et formes pharmaceutiques », édition Masson, paris, 2001
- 2) Berman, J.; The compliance and science of Blend Uniformity Analysis. PDA.J Pharm Sci Technol. 2001
- 3) boussaoud, Brahim 2009 Diagnostic en génie pharmaceutique. Rapport de stage de fin d'études de DEA Automatique Industrielle. Villeurbanne: Université de Lyon.)
- 4) Boussaoud, Brahim 2009 Diagnostic en génie pharmaceutique. Rapport de stage de fin d'études de DEA Automatique Industrielle. Villeurbanne: Université de Lyon.
- 5) . BOURLAND M.E., MULLARNEY M.P. Compaction Simulation. In : Augsburger L.L.,Hoag. S.W. Pharmaceutical dosage forms. Tablets. Volume 1: Unit Operations and Mechanical Properties. 3rd ed. New York : Informa Healthcare, 2008.
- 6) bouvard.D Approches micromécaniques de la compression et du frittage des poudres Propos scientifiques, 2001 .
- 7) CASTEL B. Mise en forme des solides - Procédés et appareils. In : *Techniques de l'ingénieur* .J3382. Paris : Editions T.I., 1996,
- 8) Cesaroni, Marie 2013 Influence de la nature des liants et des paramètres de formulation sur la résistance mécanique des comprimés obtenus par compression humide. Thèse de doctorat en Pharmacie. Nancy: Université de Lorraine.
- 9) CASTEL B. Mise en forme des solides - Procédés et appareils. In : Techniques de l'ingénieur 1996,
- 10) European Directorate for the quality of medicines and healthcare 2011 Pharmacopée Européenne, vol.tome 1 et 2 + suppléments. Druckerei C.H.Beck. 7.0. Nördlingen: conseil de l'Europe.)
- 11) Equimatfrance. 63-comprimeuse
- 12) FETTE Compacting. Tablet presses
- 13) FicheTechnique_316L.pdf catalogue des acier inoxydable.
- 14) forme pharmaceutique tom 1.
- 15) FROGERAIS A. Histoire des comprimés pharmaceutiques en France, des origines au début du XXème siècle 2013.

- 16)** GEA Pharma Systems. Courtoy™ Tablet Compression RIBET J. Fonctionnalisation des excipients : application à la comprimabilité des celluloses et saccharoses. Thèse de doctorat d'université en Sciences Biologie Santé. Limoges : Université de Limoges, 2003,
- 17)** inox304-316 ft final catalogue des acier inoxydable.
- 18)** Kadiri, Moulay Saddik 2004 Compression de poudres pharmaceutiques et interaction avec l'outillage. Analyse expérimentale et modélisation numérique. Thèse de doctorat en Génie des Procédés et Environnement, Institut National Polytechnique de Toulouse,.
- 19)** Larousse 2003.
- 20)** KORSCH. KORSCH the specialist.
- 21)** LE HIR A., CHAUMEIL J-C., BROSSARD D. Pharmacie galénique : Bonnes pratiques de fabrication des médicament. 9ème éd. Issy-les-Moulineaux : Elsevier, Masson, 2009.
- 22)** Logiciel solide Works.
- 23)** LONG, W. M.Radial pressures in powder compaction Powder Metall., 1960,
- 24)** LONG, W. M.Die design and related questions in powder compaction 2nd symposium of special ceramics, 1962.
- 25)** M me . KHABER AZI MOUNA THÈME Développement pharmaceutique de formes à libération prolongée de tramadol à base de matrice hydrophile : Hydroxy Propyl Methyl Cellulose et Gomme Guar 2011.
- 26)** Marie belgrandph13 application de la méthode dmaic a l'amélioration du rendement de fabrication d'un comprimé bicouche 2013
- 27)** MASTEAU, J.C. and THOMAS, G. Evolution and modelling of porosity and specific surface area of pharmaceutical tablets during compaction, Powders & Grains 97, Behringer & Jenkins(eds), 1997.
- 28)** Mony; Conditions d'obtention d'un mélange homogène. 1986.
- 29)** N'DRI-STEMPFER, B.Etude de l'incidence des procédés de granulation et de compression sur la couleur des compacts de poudres et de granulésThèse INPG & ENSMSE, Génie des procédés, 2001.

- 30)** PALMIERI G.F., JOIRIS E., BONACUCINA G., CESPI M., MERCURI A.
Differences between eccentric and rotary tablet machines in the evaluation of powder densification behaviour. *Int. J. Pharm.*, 2005,
- 31)** pharmacopée européenne, 6^{ème} édition 2008.
- 32)** PORTAL, G. Analyse et optimisation du procédé de compactage de poudres utilisées dans les piles thermiques Thèse Université Paul Sabatier de Toulouse, Sciences des matériaux, 1999.
- 33)** pxgroup304-L-1.4306.pdf catalogue des acier inoxydable
- 34)** RENOUARD, M. De la particule au compact : vers une explication du phénomène de clivage des comprimés de Paracétamol Thèse Université de Technologie de Compiègne, 2001.
- 35)** Ribet, Jérôme 2003 Fonctionnalisation des excipients: application à la comprimabilité des celluloses et des saccharoses. Thèse de Doctorat en Sciences Biologie Santé, Université de Limoges,
- 36)** Tita-Goldstein, Amal 2013 Mise en forme des poudres par compression: Influence du procédé et de la formulation sur la maîtrise des propriétés d'usage. Thèse de Doctorat Génie des Procédés et des Produits, Université de Lorraine,
- 37)** VAN DER VOORT MAARSCHALK, K. Stress relaxation of compacts produced from viscoelastic materials, *Int. J. of Pharm.*, 1997.

CHAPITRE I :
COMPRESSION DE LA
POUDRE
PHARMACEUTIQUE

CHAPITRE II :

LES PRESSES À

COMPRIMER

CHAPITRE III :
LES MODIFICATIONS
EFFECTUER

CHAPITRE IV :
VÉRIFICATIONS ET
DIMENSIONNEMENTS

CHAPITRE V :

ESTIMATION

**RECHERCHE
BIBLIOGRAPHIQUE**

ANNEXES

INTRODUCTION

GÉNÉRALE

CONCLUSION

Résumer

l'industrie pharmaceutique est le secteur économique qui regroupe les activités de recherche, de fabrication et de commercialisation des médicaments pour la santé humaine et animale . En pharmacie **les comprimeuses rotatives** ont actuellement une **capacité de production** allant jusqu'à 300 mille comprimer par heure . après avoir vu l'importance de ces derniers dans le secteur pharmaceutique on a choisi le sujet de notre thèse c'est **la modification** d'une comprimeuse rotative, afin de minimiser **le cout** de cette dernier on a effectuait des changements on étudiant les différents **organes** et partie essentielle de la presse **théoriquement** et avec le **logiciel RDM 6** .

conclusion de notre étude les résultats obtenus démontrés que la conception et la réalisation de la modification de cette presse rotative et possible.

Mots clés

Industrie pharmaceutique , comprimeuse rotative , capacité de production , le cout , la conception ; étude théorique , étude avec logiciel, organe .

abstract

The pharmaceutical industry is the branch of industry which groups(includes) the activities of search(research), manufacturing and marketing of medicine for the human and animal health. In pharmacy **the rotary press** has at present **a production capacity** going to 300 thousand to compress(restrain) per hour. Having seen the importance of rotary press in the pharmaceutical sector we chose the subject of our thesis(theory) it is the modification (design) of a rotary press , to minimize **the cost** of the latter we made changes have student the deferent organs and essential part of the press in **theory** and with **software** such as **RDM 6**. conclusion of our study we have the demonstrated obtained results that the conception and the realization of this rotary press is possible .

Keywords

Pharmaceutical industry, rotary press, production capacity, the cost, the conception; theory study, study with software, organ.

الملخص

صناعة الصيدلانيات فرع الصناعة تتضمن أنشطة البحث, بتصنيع وتسويق دواء لصحة الانسان والحيوان. في الصيدلة الضاغطة الدوارة تصل حاليا الى طاقة انتاجية حتى 300 الف حبة/اساعة بعدما راينا اهميتها في قطاع الصيدلة اخترنا موضوع دراستنا عن الضاغطة الدوارة, حيث اننا اجرينا تغييرات عليها لتقليل تكلفة الماكنة قمنا بدراسات و باستعمال تطبيقات.

في الأخير النتائج التي حصلنا عليها خلال دراستنا اثبتت ان التغيير المطروح يمكن تحقيقه .