République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Yahia Farés de Médéa

Faculté de la Technologie

Département de génie mécanique



Présentée pour l'obtention du Diplôme de : Master

En : **Génie Mécanique**

Spécialité : **Construction Mécanique**

Thème :

Etude et Conception d'une Presse Mécanique de Laboratoire

Réalisé et présenté par : OULD BABA ALI Riham
MAKHLOUFI Ikram

Encadrant : Dr. BOUGHEDAOUI Rachid
Co-Encadrant : Pr. ABDELLAH EL-HADJ Abdellah

2024/2025

REMERCIEMENTS

Nous souhaite commencer en exprimant ma gratitude à Allah le Tout-Puissant, qui Nous a accordé le courage et la patience nécessaires pour mener à bien ce travail.

Nous tenons également à exprimer nos plus sincères remerciements à notre promoteur, Monsieur R. BOUGHEDAOUI, Maître de Conférences à l'Université de Médéa, qui nous a confié ce sujet de mémoire et qui nous a accompagné tout au long de ce parcours avec ses conseils précieux et ses encouragements.

Enfin, nous tenons à remercier chaleureusement tous les enseignants de l'Université de Médéa qui ont contribué, de près ou de loin, à notre formation. Leurs connaissances et leur expertise ont été d'une grande valeur pour notre développement académique.

Nous exprimons également notre profonde reconnaissance à Debieb.W et Moussaoui. M, pour leur aide précieuse et leur soutien, Leur disponibilité, leurs conseils et leur implication ont été d'un grand apport dans l'aboutissement de ce travail.

Nous sommes profondément reconnaissants envers toutes ces personnes qui ont joué un rôle important dans la réussite de ce mémoire et qui ont contribué à notre cheminement académique. Leurs encouragements, leur soutien et leur expertise ont été inestimables.

Nous vous adressons à tous nos sincères remerciements.

DEDICACE

﴿ يرفع الله الذين آمنوا منكم والذين أوتوا العلم درجات ۝ ﴾

سورة المجادلة، الآية 11

Je dédie ce modeste travail, aboutissement de mois
d'efforts et de persévérance :

À mes parents bien-aimés, pour leur amour, leurs sacrifices silencieux
et leur foi constante en moi.

À mes chers frères et sœurs, Ahlem et Riadh, piliers de mon courage et de ma sérénité.

À mes amies précieuses : Kaouther, Wissal, Riham et Khadidja, pour leur présence lumineuse,
leur soutien inestimable et les souvenirs partagés tout au long de ce parcours.

À ma binôme Ikram, pour son sérieux, sa patience et la belle complicité qui a marqué notre chemin commun.

Que ce travail soit un hommage à votre impact dans ma vie et à l'affection que je vous porte.

Puisse ce modeste accomplissement n'être qu'un début, guidé par la grâce de Dieu,
vers d'autres succès, plus grands encore.

Enfin, à tous ceux qui, de près ou de loin, ont cru en moi :
Merci du fond du cœur.

RIHAM

DEDICACE

﴿ وَمَا تَوْفِيقِي إِلَّا بِاللَّهِ ۚ عَلَيْهِ تَوَكَّلْتُ وَإِلَيْهِ أُنِيبُ ﴾

سورة هود – الآية 88

Avec tout mon amour et ma gratitude, je dédie ce modeste travail :

À ma mère et mon père, pour leur amour, leurs prières et leurs sacrifices qui ont toujours été la source de ma force.

À mes frères et ma sœur, Yahia, Abir, Issam et Abd errahmane pour leur présence constante, leurs paroles bienveillantes et leur soutien inconditionnel.

À ma famille, du côté paternel et maternel, merci pour votre affection et votre joie partagée face à ma réussite.

À mes amies, en particulier Riham ma partenaire dans ce travail de fin d'études, pour ses efforts, sa patience et son soutien.

À mes enseignants, notamment mon encadrant Dr.boughedaoui pour leurs conseils et leur confiance.

Et à mes camarades et la promotion Master

Construction Mécanique.

IKRAM

TABLE DES MATIERES

A. Contexte industriel 1

B. Problématique 1

C. Objectifs du mémoire 2

D. Organisation du mémoire 2

CHAPITRE 01

1. État de l'art sur les presses mécaniques 5

1.1 Introduction 5

1.2 Historique et évolution des presses mécaniques 5

1.3 Technologies actuelles des presses mécaniques 5

1.4 Comparaison avec les autres types de presses 6

1.5 Enjeux industriels et limites des solutions actuelles 6

1.6 Conclusion 7

CHAPITRE 02

2. Généralités sur les presses 11

2.1 Introduction 11

2.2 Définition de la presse 11

2.3 Classification par source d'énergie 11

2.3.1 La presse hydraulique 11

2.3.2 La presse pneumatique 15

2.3.3 La presse mécanique 18

2.4 Conclusion 23

CHAPITRE 03

3. Procédure de poinçonnage 26

3.1. Introduction 26

3.2. Définition de poinçonnage 26
3.3. Principe de fonctionnement 27
3.4. Les types de poinçonnage 27
3.5. Les différentes étapes de poinçonnage 28
3.5.1 Impact 28
3.5.2 Pénétration 28
3.5.3 Découpage 29
3.5.4 Séparation 29
3.5.5 Fin de course 30
3.5.6 Retrait 30
3.6. Effort de poinçonnage et la section minimale du poinçon 31
3.7. Les composants essentiels d'une matrice et d'un poinçon 32
3.7.1 Le poinçon 32
3.7.2 La matrice 35
3.7.3 Le jeu de découpage 36
3.8. Conclusion 37

CHAPITRE 04

4. dimensionnement 40
4.1 Introduction 40
4.2 Diagramme d'interactions 40
4.3 Diagramme A-0 41
4.4 Schéma cinématique de la presse mécanique 42
4.5 Types des moteurs 43
4.5.1 Moteurs à courant continu (DC) 44
4.5.2 Moteurs DC à balais 44
4.5.3 Moteurs DC sans balais (Brushless) 44

4.5.4 Moteurs DC à engrenages (motoréducteurs) 44
4.5.5 Moteurs à courant alternatif (AC) 44
4.5.6 Servomoteurs 45
4.5.7 Moteurs pas à pas (stepper) 45
4.6 Choix du moteur 46
4.7 Choix de la course du coulisseau 48
4.8 Choix de la vitesse de fonctionnement 48
4.9 Choix technique appliqué 49
4.10 Hypothèses de travail 49
4.11 Calcul d'effort de poinçonnage 49
4.12 Calcul de résistance du poinçon à la compression 51
4.13 Calcul de résistance au flambement du poinçon 51
4.13.1 Calcul de la charge critique de flambement en utilisant la formule d'Euler 51
4.14 L'influence de la longueur du poinçon sur la charge critique 52
4.15 Calcul des éléments transmission de la presse mécanique 55
4.15.1 Calcul du diamètre de la poulie menée 55
4.16 Dimensionnement d'arbre excentrique 55
4.16.1 Calcul RDM 55
4.17 Dimensionnement de la goupille 57
4.18 Le jeu de découpage 58
4.19 Conclusion 58

CHAPITRE 05

5. Conception assistée par ordinateur (CAO) 60
5.1 Introduction 60
5.2 Logiciel SolidWorks 60
5.3 Conception 60

5.4 Présentation de la presse 61
5.5 Conception et Modélisation géométrique des éléments de la presse 61
5.5.1 Modélisation de mécanisme d'entraînement : Arbre excentrique 61
5.5.2 Modélisation de la bielle 62
5.5.3 Modélisation de coulisseau 63
5.5.4 Modélisation de poinçon 63
5.5.5 Modélisation de mécanisme de transmission de mouvement 64
5.5.6 Modélisation de la matrice 65
5.5.7 Modélisation des parties d'embrayage 66
5.5.8 Modélisation de la structure 67
5.5.9 Modélisation du couvercle 69
5.5.10 Modélisation de l'arbre 69
5.6 Assemblage de la presse 70
5.6.1 Montage de l'arbre excentrique avec la structure de la presse 72
5.6.2 Montage de l'embrayage 73
5.6.3 Montage du système poulie-courroie avec les arbres 75
5.7 Présentation de la presse finale 76
5.8 Principe de fonctionnement 78
5.9 Conclusion 78

LISTE DES FIGURES

CHAPITRE 02

Figure 2.1 Principe de fonctionnement d'une presse hydraulique. [1] 12

Figure 2.2: Cadre en C Presse hydraulique. [7] 13

Figure 2.3: Cadre en H Presse hydraulique. [7] 14

Figure 2.4: Quatre poteaux Presse hydraulique. [7] 15

Figure 2.5: presse pneumatique à action directe. [9] 16

Figure 2.6: presse pneumatique à genouillère. [9] 16

Figure 2.7: presses pneumatiques à levier. [9] 17

Figure 2.8: composants d'une presse mécanique [4] 19

Figure 2.9: Presse mécanique à vis [1]. 20

Figure 2.10: Presse mécanique à crémaillère et pignon. [1] 21

Figure 2.11: Presse à manivelle. [1] 22

CHAPITRE 03

Figure 3.1: Poinçonneuse, poinçon et matrice. [10] 26

Figure 3.2: Procédé de poinçonnage. [11] 27

Figure 3.3: Types de poinçonnage. 27

Figure 3.4: impact. [11] 28

Figure 3.5: Pénétration. [11] 29

Figure 3.6: Découpage. [11] 29

Figure 3.7: Séparation. [11] 30

Figure 3.8: Fin de course. [11] 30

Figure 3.9: Retrait. [11] 31

Figure 3.10: Tole poinconnée. [10] 32

Figure 3.11: poinçon. 32

Figure 3.12: Contrainte de compression sur le poinçon. [13] 34

Figure 3.13: Flambement d’un poinçon [13]. 35

Figure 3.14: Matrice. [10].....36

Figure 3.15: jeu entre matrice et poinçon. [13].....37

CHAPITRE 04

Figure 4.1: diagramme d’interactions appliqué à une presse mécanique. 40

Figure 4.2: Diagramme fonctionnel A-0 de la presse mécanique.....42

Figure 4.3: Représentation cinématique simplifiée du système de presse.....43

Figure 4.4: Moteur N20 DC 6V avec réducteur intégré. 47

Figure 4.5 : Courbe de variation de la charge critique en fonction de la longueur.....53

Figure 4.6: Courbe de variation de la charge critique en fonction de la longueur et du diamètre. 54

CHAPITRE 05

Figure 5.1: Logo SolidWorks. 60

Figure 5.2: Modèle 3D de l’arbre excentrique.....61

Figure 5.3: Modèle 3D de Chapeau de la bielle.....62

Figure 5.4: Modèle 3D du Corps de la bielle.....62

Figure 5.5: Modèle 3D de coulisseau. 63

Figure 5.6: Modèle 3D de poinçon. 63

Figure 5.7: Modèle 3D de la poulie menée.....64

Figure 5.8: Modèle 3D de la poulie menant. 64

Figure 5.9: Modèle 3D de la matrice. 65

Figure 5.10: Modèle 3D de disque mené d'embrayage.....66

Figure 5.11: modèle 3D de disque menant d'embrayage. 66

Figure 5.12: Modèle 3D du bras. 67

Figure 5.13: Modèle 3D de la plaque L. 67

Figure 5.14: Modèle 3D de la partie supérieure de la structure de la presse. 68

Figure 5.15: Modèle 3D de la partie inférieure de la structure de la presse. 68
Figure 5.16: Modèle 3D du couvercle. 69
Figure 5.17: Modèle 3D de l'arbre. 69
Figure 5.18: Vue éclatée de la presse.....70
Figure 5.19: Vue en coupe du montage de l'arbre excentrique avec la structure. 72
Figure 5.20: Vue en coupe du montage de l'embrayage avec les arbres. 73
Figure 5.21: Vue 3D de montage d'embrayage. 74
Figure 5.22 : Vue en coupe du montage du système poulie-courroie avec les arbres. 75
Figure 5.23: Modèle 3D de système poulie-courroie.....76
Figure 5.24: Vue 3D de la presse. 76
Figure 5.25: Vue de face de la presse. 77
Figure 5.26: Vue de droite de la presse.....77
Figure 5.27: Vue de dessus de la presse. 78

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1: Comparaison avec les autres types de presses. 6

Tableau 3.1 : la longueur libre de flambage. 35

Tableau 4.1: Fonctions principales et contraintes issues du diagramme pieuvre. 41

Tableau 4.2: Comparaison des différents types de moteurs électriques. 45

Tableau 4.3: Charges critiques P_{cr} pour différentes longueurs L. 52

Tableau 4.4: Charges critiques selon différentes longueurs et diamètres. 53

Tableau 5.1 : Nomenclature des pièces associées à la vue éclatée. 70

RESUME

Ce mémoire a pour objectif la conception d'une presse mécanique de laboratoire destinée à l'opération de poinçonnage sur des tôles métalliques fines. Le travail a été divisé en plusieurs étapes, en commençant par une étude théorique des différents types de presses et de leurs applications industrielles, suivie d'une analyse du procédé de poinçonnage et de ses exigences. Ensuite, un dimensionnement mécanique des principaux composants de la presse a été réalisé en fonction des efforts et contraintes. Enfin, une modélisation 3D et un assemblage des pièces ont été effectués à l'aide du logiciel SolidWorks.

***Les mots-clés* :** presse mécanique, conception, poinçonnage.

ملخص

تهدف هذه المذكرة إلى تصميم مكبس ميكانيكي مخبري مخصص لعملية التثقيب على الصفائح المعدنية الرقيقة. تم تقسيم العمل إلى عدة مراحل، بدءًا بدراسة نظرية حول أنواع المكابس واستعمالاتها الصناعية، ثم التعمق في مبدأ التثقيب ومتطلباته التقنية. بعد ذلك، تم إجراء عملية التصميم الميكانيكي للعناصر الأساسية للمكبس بناءً على القوى والقيود الميكانيكية. وفي الأخير، تم نمذجة الأجزاء وتجميعها باستعمال برنامج SolidWorks لإتمام عملية التصميم والتحقق من ملاءمة الشكل والوظيفة.

الكلمات المفتاحية: مكبس ميكانيكي، تصميم، تثقيب.

ABSTRACT

This thesis aims to design a laboratory mechanical press dedicated to the punching process on thin metal sheets. The work was carried out in several stages, starting with a theoretical study of the various types of presses and their industrial uses, followed by an analysis of the punching process and its technical requirements. Then, the mechanical design of the press components was performed based on the acting forces and constraints. Finally, 3D modeling and assembly of the parts were done using SolidWorks software.

Keywords: mechanical press, design, punching

LISTE DES SYMBOLES

F : Effort de poinçonnage (N)

P : Le périmètre découpé (mm).

R_c : La résistance à la rupture par cisaillement du matériau (MPa).

R_e : La limite d'élasticité (MPa).

σ_{comp} : Effort de compression [N/mm^2].

S : Surface du poinçon [mm^2].

L : Longueur du poinçon (mm)

D: Diamètre de la poulie (mm)

N : vitesse de rotation du moteur (tr/mn)

P_{cr} : La charge critique de flambement (N)

fy : La limite d'élasticité MPa

I : le moment quadratique (mm^4)

E : Module d'Young (GPa)

Rm : Résistance à la traction (MPa)

e : Épaisseur de la tôle (mm)

INTRODUCTION GENERALE

A. Contexte industriel

Les presses mécaniques jouent un rôle fondamental dans l'industrie de transformation des métaux, notamment dans les opérations de découpe, d'emboutissage, de pliage et de formage. Ces machines sont largement utilisées dans les secteurs de l'automobile, de l'aéronautique, de la construction métallique et de la production d'équipements électroménagers. Leur capacité à fournir une force importante de manière rapide et répétitive les rend particulièrement adaptées aux procédés de fabrication en grande série.

L'évolution des exigences industrielles en matière de précision, de cadence et de sécurité a conduit au développement de presses mécaniques de plus en plus sophistiquées. Ces évolutions incluent l'intégration de l'automatisation, le contrôle numérique, ainsi que l'amélioration de la conception mécanique et des matériaux utilisés.

B. Problématique

Dans un contexte de recherche et de développement, il devient essentiel de concevoir des presses mécaniques de laboratoire à la fois compactes, performantes, sécurisées et faciles à entretenir. Ce type de machine, destiné à des essais ou à de petites séries expérimentales, doit répondre à des exigences de précision, de polyvalence et de simplicité d'utilisation, tout en respectant les contraintes de coût, d'encombrement et de sécurité.

La problématique centrale de ce mémoire est donc : comment concevoir une presse mécanique de laboratoire répondant aux besoins techniques d'un procédé expérimental donné, tout en assurant sa fiabilité, sa sécurité, sa maintenabilité et sa rentabilité à petite échelle ?

C. Objectifs du mémoire

Ce travail de recherche et de conception vise à :

• Étudier le fonctionnement et les différents types de presses mécaniques ;

• Définir les besoins fonctionnels et les contraintes spécifiques à une application expérimentale ou éducative ;

• Dimensionner les composants principaux de la presse (système de transmission)

• Sélectionner des matériaux adaptés assurant à la fois robustesse, légèreté et la durabilité ;

• Réaliser une modélisation complète en CAO/DAO de la presse,

• Proposer une solution technique optimisée, adaptée à un usage en laboratoire, pouvant servir de base à la réalisation d'un prototype fonctionnel.

D. Organisation du mémoire

Le mémoire est structuré en cinq chapitres. Le premier chapitre est consacré à l'état de l'art sur les presses mécaniques, dans lequel nous présentons les différents types existants, leur évolution et leurs domaines d'application. Le deuxième chapitre traite des généralités sur les presses, en abordant leur principe de fonctionnement, leur classification ainsi que les composants qui les constituent. Le troisième chapitre est dédié à la procédure de poinçonnage, en décrivant le processus, les paramètres essentiels et les efforts mis en jeu. Le quatrième chapitre porte sur le dimensionnement des différents éléments de la presse, en tenant compte des contraintes mécaniques et des exigences de fonctionnement. Enfin, le cinquième chapitre concerne la conception assistée par ordinateur (CAO), où nous présentons la modélisation géométrique des composants de la presse à l'aide d'un logiciel de CAO.

CHAPITRE 01 : ÉTAT DE L'ART SUR LES PRESSES MECANIQUE

1. ÉTAT DE L'ART SUR LES PRESSES MECANIQUES

1.1 Introduction

Les presses mécaniques occupent une place essentielle dans le paysage industriel moderne. Depuis leur apparition, elles n'ont cessé d'évoluer pour répondre aux exigences croissantes de production, de précision, de sécurité et de rentabilité. Ce chapitre vise à présenter un panorama des solutions existantes, des avancées technologiques récentes, et des limites actuelles dans le domaine des presses mécaniques, afin de positionner clairement la contribution de ce mémoire dans ce contexte.

1.2 Historique et évolution des presses mécaniques

L'histoire des presses remonte à plusieurs siècles, avec les premiers dispositifs actionnés manuellement pour l'imprimerie ou la fabrication d'objets métalliques simples. Avec la révolution industrielle, l'apparition de sources d'énergie mécaniques (vapeur, puis moteurs électriques) a permis l'émergence de presses industrielles capables de fournir des efforts bien plus élevés et constantes.

Le XXe siècle a vu une standardisation des modèles de presses mécaniques, particulièrement adaptées aux procédés répétitifs en série. L'apparition de la CAO et des commandes numériques a ensuite permis de mieux intégrer ces machines dans des lignes de production automatisées, tout en renforçant les performances et la sécurité.

1.3 Technologies actuelles des presses mécaniques

Les presses mécaniques modernes utilisent des mécanismes de transformation d'un mouvement rotatif en mouvement alternatif vertical. Les principales architectures sont :

- Presses à manivelle : robustes, bon rendement énergétique, course constante.
- Presses excentriques : idéales pour les travaux de découpe ou de formage rapides.
- Presses à vis : précises, mais plus lentes, adaptées au moulage ou au forgeage.
- Presses à crémaillère et pignon : bonne précision, mais nécessitent un entretien régulier.

Les systèmes d'entraînement sont aujourd'hui de plus en plus automatisés, avec :

- Des moteurs à courant continu ou sans balais (BLDC) pour une meilleure régulation du couple et de la vitesse.
- Des systèmes d'embrayage-frein à commande électromagnétique.

- L'intégration de capteurs (fin de course, effort, température) pour la supervision des cycles de production.
- Des interfaces homme-machine (IHM) pour faciliter la maintenance, la configuration et la supervision.

1.4 Comparaison avec les autres types de presses

Tableau 1.1: Comparaison avec les autres types de presses.

Type de presse	Avantages	Inconvénients	Applications typiques
Mécanique	Vitesse, précision, bon rendement	Bruyante, moins flexible	Découpe, emboutissage, poinçonnage
Hydraulique	Force élevée, progressivité	Lenteur, entretien fréquent, fuites	Moulage, formage profond, emboutissage
Pneumatique	Vitesse rapide, faible bruit	Faible force, nécessite air comprimé	Assemblage, découpe légère

Les presses mécaniques restent majoritairement utilisées dans les domaines exigeant rapidité et production en grande série, notamment en automobile, électroménager, et tôlerie fine.

1.5 Enjeux industriels et limites des solutions actuelles

Malgré leurs performances, les presses mécaniques font face à plusieurs défis technologiques :

- Bruit de fonctionnement élevé, nécessitant des solutions d'isolation ou de réduction de vibrations.
- Usure rapide des outils (poinçon, matrice) en cas de mauvaise lubrification ou alignement.
- Rigidité de la course : contrairement aux presses hydrauliques, la course est fixe.
- Risque de flambement ou rupture en cas de mauvais dimensionnement.

Les exigences de sécurité évoluent également : il est désormais indispensable d'intégrer des dispositifs de sécurité actifs (capteurs, barrières immatérielles, commandes bimanuelles).

1.6 Conclusion

Nous avons retracé l'évolution des presses mécaniques, analysé les technologies actuellement disponibles, comparé leurs performances à celles d'autres types de presses, et mis en évidence les principaux enjeux industriels. Cette analyse permet de mieux cerner les limites des solutions existantes et justifie la nécessité de concevoir une presse mécanique adaptée aux nouvelles exigences en termes de compacité, de performance, de sécurité et d'optimisation des coûts.

CHAPITRE 02 : GENERALITES SUR LES PRESSES

2. GENERALITES SUR LES PRESSES

2.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter les presses dans leur globalité, en abordant leurs différents types, qu'elles soient mécaniques, hydrauliques ou pneumatiques. Ces machines jouent un rôle essentiel dans les procédés de fabrication industrielle, notamment pour des opérations telles que le formage, la découpe ou l'emboutissage. L'objectif est de comprendre leur classification, leurs composants principaux ainsi que leur principe de fonctionnement général, afin de mieux appréhender leur importance et leur diversité dans l'industrie.

2.2 Définition de la presse

Une presse représente un type spécifique de machine-outil, essentielle dans la performance des processus de fabrication industrielle. Elle est conçue pour appliquer une force contrôlée sur un matériau afin de le transformer, l'assembler ou le découper. Elle est largement utilisée dans divers procédés de fabrication, notamment le formage des métaux, l'extrusion et le travail de la tôle. Les presses peuvent être classées en différentes catégories en fonction de leur mode de fonctionnement, telles que les presses mécaniques, hydrauliques et pneumatiques. Le choix du type de presse dépend des exigences spécifiques du processus de fabrication, y compris la capacité requise, la longueur de course et la nature du matériau à traiter. [1]

2.3 Classification par source d'énergie

Les presses peuvent être classées en différentes catégories, notamment les presses hydrauliques, pneumatiques et mécaniques. Chaque type de presse présente des avantages spécifiques en termes de puissance, de précision et d'applications.

2.3.1 La presse hydraulique

Les presses hydrauliques sont une classe de machines-outils puissantes, elles tirent l'énergie qu'elles délivrent de la pression hydraulique. La pression du fluide, dans une chambre particulière, peut être augmentée ou diminuée par l'utilisation de pompes et de vannes.

Les principes de fonctionnement de base de la presse hydraulique sont simples et reposent sur les différences de pression du fluide. Le fluide est pompé dans le cylindre sous le piston, ce qui entraîne une augmentation de la pression du fluide sous le piston. Simultanément, le fluide est pompé hors du canal supérieur, ce qui entraîne une diminution de la pression du

fluide au-dessus du piston. Une pression plus élevée du fluide sous le piston que du fluide au-dessus provoque la montée du piston. Dans l'étape suivante, le fluide est pompé hors du piston, ce qui entraîne une diminution de la pression sous le piston. Simultanément, le fluide est pompé dans le cylindre par le haut, ce qui augmente la pression du fluide au-dessus du piston. Une pression plus élevée du fluide au-dessus du piston que du fluide au-dessous de celui-ci déplace le piston vers le bas. (Voir figure 2.1) [1]

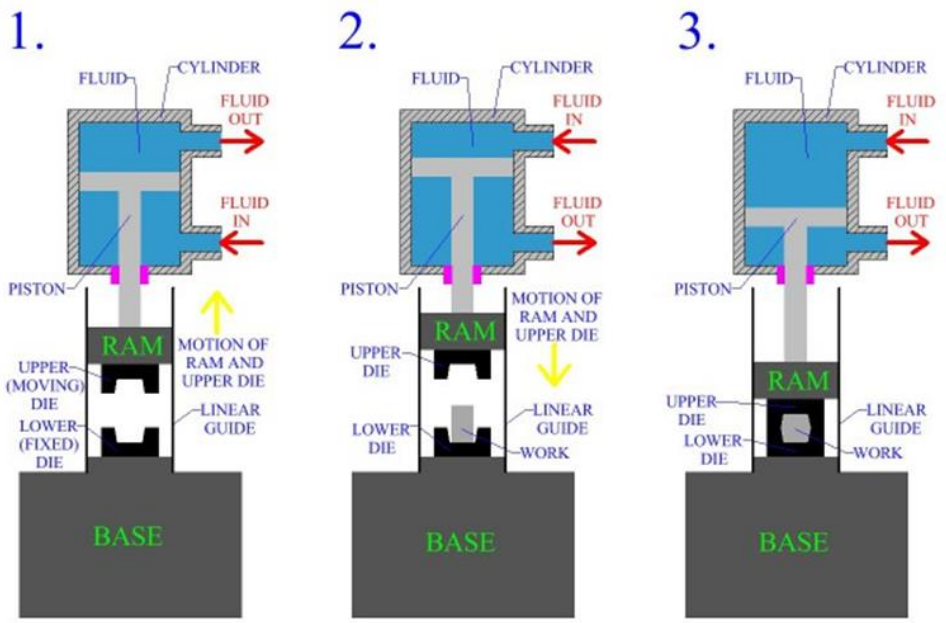


Figure 2.1 Principe de fonctionnement d'une presse hydraulique. [1]

La presse hydraulique présente de nombreux avantages qui en font un outil indispensable dans l'industrie. Tout d'abord, elle est capable de générer une pression énorme, ce qui la rend idéale pour les opérations nécessitant un tonnage élevé, comme l'emboutissage, le formage et le pliage des métaux. De plus, sa conception est relativement simple, ce qui se traduit par des coûts d'entretien réduits et une maintenance plus facile. Un autre atout majeur de la presse hydraulique est son faible niveau de bruit par rapport aux autres types de presses, améliorant ainsi le confort de travail des opérateurs. Elle occupe également peu d'espace grâce à son faible encombrement, permettant une meilleure organisation dans les ateliers. Enfin, la longue durée de vie de l'outil garantit une performance durable et une rentabilité accrue sur le long terme. [4]

Bien que la presse hydraulique offre de nombreux avantages, elle présente également certains inconvénients. La pression qu'elle peut générer est limitée et ne peut pas dépasser la valeur réglée, ce qui peut restreindre certaines applications. De plus, elle nécessite un entretien

plus fréquent en raison du risque de fuites d'huile, qui peuvent non seulement causer des dysfonctionnements, mais aussi rendre certaines huiles inflammables, augmentant ainsi les risques de sécurité. Son fonctionnement est relativement lent par rapport à d'autres types de presses, et sa consommation d'énergie est élevée. Par ailleurs, l'utilisation d'huile hydraulique peut générer des odeurs désagréables, tandis que le bruit et la production importante de chaleur peuvent affecter l'environnement de travail. [4]

2.3.1.1 Types des presses hydrauliques

2.3.1.1.1 Cadre en C Presse hydraulique

Comme son nom l'indique, le composant principal de cette machine est le châssis en C. Parfois, on l'appelle aussi presse à cadre gap. Grâce à cette conception, On peut l'appliquer à de nombreuses applications grâce à son ouverture, qui sert également à faciliter l'accès à la zone de travail. Y compris-le pliage, le redressage et le poinçonnage. Doté d'une ouverture sur toute la façade, elle excelle dans les tâches de coupe de formes et de tailles variées. Le système hydraulique génère une force via un vérin vertical, conférant à l'opération précision et efficacité. Les presses C sont largement utilisées dans des secteurs tels que l'automobile, la fabrication d'appareils électroménagers et la finition de la tôle, car elles présentent une petite taille et une construction facile à utiliser. En raison de cette construction, nous pouvons également appeler cette machine presse hydraulique à mandrin. [7]



Figure 2.2: Cadre en C Presse hydraulique. [7]

2.3.1.1.2 Cadre en H Presse hydraulique

Ce système est constitué d'un cadre robuste et solide. Selon la conception, ce système est également appelé presse à quatre colonnes. Ce genre de presse hydraulique est conçu pour appliquer une énorme quantité de pression, ce qui convient aux applications lourdes telles que l'emboutissage profond, le formage et le moulage par compression. La conception du cadre en

H répartit la pression uniformément entre les pièces, ce qui contribue à la cohérence et à la précision des résultats. [7]

Ces presses sont largement utilisées dans des secteurs tels que l'aérospatiale, la construction et le traitement des matériaux composites en raison de leur construction durable et de leurs caractéristiques de haute performance.



Figure 2.3: Cadre en H Presse hydraulique. [7]

2.3.1.1.3 Quatre poteaux Presse hydraulique

Une presse à engrenages réglable en hauteur avec quatre piliers verticaux offre la plus grande durabilité et une précision décente, et convient aux applications exigeantes. Cette conception fournit une plate-forme stable et un parallélisme approprié pour un fonctionnement efficace, fournissant des processus précis de formage, de façonnage et d'assemblage.

Les presses à quatre montants sont très polyvalentes, ce qui leur permet de traiter de grandes pièces avec une grande fiabilité et moins de déviation. Ils sont généralement déployés dans des secteurs tels que le moulage du caoutchouc, le moulage sous pression et le moulage par injection de plastique, qui nécessitent précision et polyvalence dans les configurations d'outillage. [7]



Figure 2.4: Presse hydraulique à quatre poteaux. [7]

2.3.2 La presse pneumatique

Une presse pneumatique est un type de presse utilisant la force de l'air comprimé pour effectuer des opérations de compression, d'estampage, de formage, ou d'assemblage. Ces presses sont largement utilisées dans les industries manufacturières et d'assemblage pour leur efficacité, leur précision et leur facilité d'utilisation.

Le fonctionnement de la presse repose sur l'utilisation de l'air comprimé pour générer une force de pression. L'air est envoyé dans un cylindre pneumatique, où il pousse un piston qui applique la force nécessaire pour réaliser l'opération de la presse.

Les applications des presses industrielles sont variées. Elles permettent l'estampage, qui consiste à marquer ou apposer des empreintes sur des pièces, ainsi que le formage de matériaux tels que le métal, le plastique ou le caoutchouc. Elles sont également idéales pour l'assemblage, grâce à une pression contrôlée qui permet de réunir différentes pièces. Enfin, ces machines sont utilisées pour la découpe de matériaux à l'aide de matrices spécifiques, garantissant une précision optimale. [8]

2.3.2.1 Types des presses pneumatiques

2.3.2.1.1 Les presses pneumatiques à action directe

Pour ce type de presse pneumatique, la force reste inchangée tout au long du processus. Il ne fait appel qu'a la pression de l'air comprimé en suivant le principe selon la force de travail est directement proportionnelle à la pression de l'air comprimé appliquée sur le piston du vérin. Partant de cela, l'usage de ce type de presse implique une grande pression ainsi qu'une grande surface. Pour cette forme de presse pneumatique, les chambres de pressions pneumatiques sont démultipliées en plusieurs pistons. Par ailleurs, avec les presses pneumatiques à action directe,

il est possible de modifier la force de presse au besoin en agissant sur la pression d'air comprimé. [9]

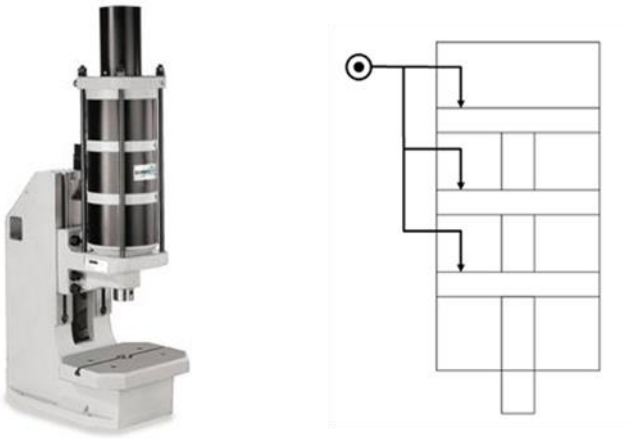


Figure 2.5: presse pneumatique à action directe. [9]

2.3.2.1.2 Les presses pneumatiques à genouillère

Lors de l'usage de ce deuxième type de presse pneumatique, la force nominale n'est atteinte qu'au bout de l'action. Bien qu'ayant un fonctionnement similaire à celui de la presse manuelle à genouillère, ce type de presse dont il est question ici, présente quelques différences. Assurément, pour ce type de presse pneumatique, un vérin est mis en lieu et place de l'action manuelle sur le levier afin que l'effort exercé sur ce dernier soit multiplié grâce à la genouillère. De même, contrairement, au type de presse pneumatique précédent, il est impossible d'effectuer un réglage de la force de presse. Il est donc nécessaire de s'assurer que la presse ait le volume requit pour le travail. [9]

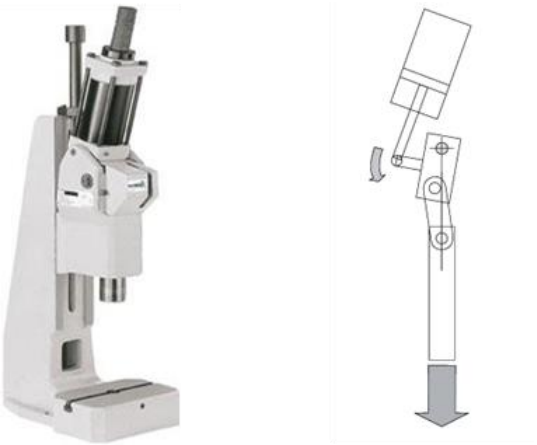


Figure 2.6: presse pneumatique à genouillère. [9]

2.3.2.1.3 Les presses pneumatiques à levier

Le troisième type de presse pneumatique appelé presse pneumatique à levier, fait appel comme son nom l'indique, au principe bien connu du levier. De ce fait, afin d'acquérir la force nécessaire à l'exécution de travail de pressage, il est nécessaire de fournir une force initiale considérable, de disposer d'un grand bras de levier et d'avoir la distance la plus courte possible entre le coulisseau et l'axe de rotation. Le mécanisme de ce type de presse implique que la force initiale transmisse par le vérin soit démultipliée par l'action du levier. Ce type de presse est différencié du précédent notamment grâce au fait qu'il a un temps de travail beaucoup plus limité. [9]

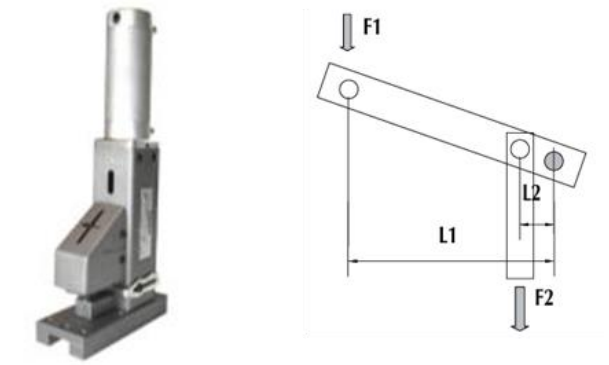


Figure 2.7: presses pneumatiques à levier. [9]

Avantages

- Vitesse d'opération rapide, dix fois plus rapide que les presses hydrauliques.
- Grande adaptabilité avec pression, vitesse et position réglables.
- Faible consommation d'énergie et respect de l'environnement.
- Faibles coûts d'entretien et facilité d'utilisation.
- Faible niveau de bruit.

Inconvénients

- Pression limitée, ne convient pas aux opérations de tonnage élevé.
- Nécessite une alimentation stable en air comprimé.
- Possibilité de fuites d'air.

2.3.3 La presse mécanique

La presse mécanique est le type de presse le plus largement utilisé dans l'industrie. Elle repose sur le principe du mouvement alternatif et utilise des composants principaux pour la transmission de puissance. Toutes les presses mécaniques tirent leur énergie d'un volant. Le système de guidage le plus couramment utilisé sur les presses mécaniques est basé sur un mécanisme de glissière qui transforme le mouvement de rotation en un mouvement de va-et-vient linéaire. Ce mouvement alternatif impose à un piston vertical une longueur de course constante. [2]

Les presses mécaniques appartiennent à une classe de machines-outils qui englobe un large éventail de types de machines différents.

Les presses mécaniques peuvent effectivement être classées en plusieurs catégories en fonction de leur conception et de leur mécanisme de fonctionnement. Cependant, nous traiterons uniquement de quatre types, à savoir les presses à vis, les presses excentriques, Les presses à crémaillère et pignon et les presses à manivelle.

2.3.3.1 Presses mécaniques excentrique

Les presses mécaniques excentriques fonctionnent selon un principe simple de conversion du mouvement de rotation en mouvement linéaire. Cette conversion est réalisée grâce à un mécanisme d'entraînement comprenant un moteur, un volant d'inertie, un embrayage, un vilebrequin et des engrenages.

Le cycle de travail d'une presse mécanique démarre avec la rotation du volant d'inertie, qui est entraîné par un moteur électrique. Lorsque le volant d'inertie tourne, il emmagasine de l'énergie qui est transférée au vérin par l'intermédiaire du vilebrequin et des liaisons mécaniques. Lorsque l'opérateur active l'embrayage, l'énergie stockée dans le volant d'inertie est libérée, ce qui provoque le déplacement du vérin vers le bas et l'application d'une force sur la pièce. [3]

Ce processus permet diverses opérations, notamment le poinçonnage, le pliage et le façonnage des matériaux.

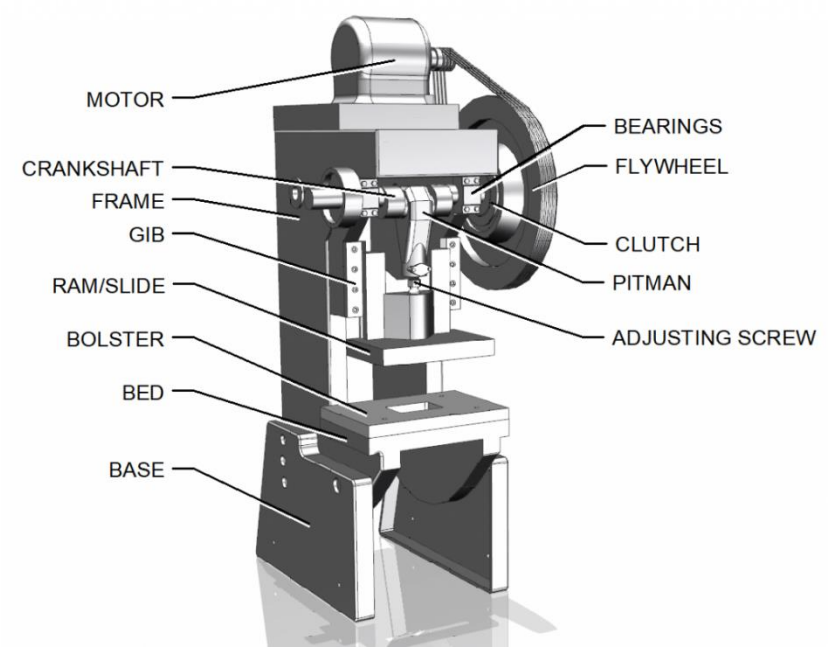


Figure 2.8: composants d'une presse mécanique [4].

2.3.3.1.1.1 Caractéristiques des presses excentriques

- longueur de course fixe : Ils ont généralement une course fixe.
- vitesse de glissement variable.
- l'énergie de travail dépend de la masse et de la vitesse du volant.
- simplicité de configuration et de fonctionnement.
- haute précision.
- plus coûteux.
- Une meilleure sécurité lors de l'application de la force

Malgré cela, Leur fonctionnement génère des niveaux de bruit élevés et présentent un risque ou un danger plus élevé. [5]

2.3.3.2 Presse mécanique à vis

Les presses à vis sont des machines qui convertissent l'énergie mécanique d'un moteur en une force linéaire, utilisée pour des applications de compression, de moulage ou de fabrication. Elles reposent sur un mécanisme simple où un moteur entraîne la rotation d'une grosse vis sans fin. Cette vis est généralement équipée d'un disque de friction qui transmet la force de l'arbre moteur à la tête de la vis. Par la suite, la vis pousse un vérin, créant ainsi un

avantage mécanique important, permettant d'obtenir de grandes forces de pression avec une puissance relativement faible en entrée. [1]

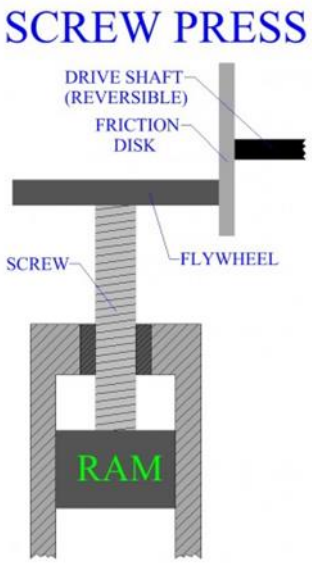


Figure 2.9: Presse mécanique à vis [1].

Les avantages de ce système sont nombreux. Tout d'abord, les presses à vis offrent un contrôle précis de la force appliquée grâce à la régulation de la vitesse de rotation du moteur et du couple appliqué à la vis. Cela permet des ajustements fins dans des processus de fabrication sensibles, comme le moulage de plastiques ou la fabrication de pièces métalliques. Ensuite, la configuration à vis permet une grande efficacité dans la transmission de l'énergie, avec peu de pertes par friction, ce qui rend le système plus économe en énergie comparé à d'autres types de presses. De plus, la conception est relativement simple et robuste, ce qui réduit les coûts de maintenance et améliore la durabilité de la machine. [1]

Cependant, malgré ces avantages, les presses à vis présentent aussi des inconvénients. La principale limite réside dans la vitesse d'opération. Bien que les presses à vis soient efficaces à faible vitesse, elles peuvent devenir moins performantes lorsque des vitesses de traitement élevées sont nécessaires. Par ailleurs, le système peut devenir encombrant et nécessiter beaucoup d'espace, ce qui limite son utilisation dans des environnements où la compacité est essentielle. En outre, les pressions extrêmes peuvent entraîner des déformations ou des usures prématurées des vis et des composants associés, nécessitant une maintenance régulière pour maintenir une performance optimale.

Les applications des presses à vis sont multiples et couvrent un large éventail d'industries. Dans l'industrie de transformation des plastiques, elles sont largement utilisées

pour l'injection de plastique, où une grande pression est nécessaire pour comprimer et mouler des matières plastiques. Elles sont aussi couramment employées dans la production de caoutchouc et dans les presses de métallurgie pour les processus de forgeage ou de compression. Par ailleurs, elles trouvent leur place dans des systèmes de moulage sous pression pour créer des pièces métalliques de haute précision, et même dans certains processus alimentaires, comme l'extrusion de pâtes ou de produits alimentaires. [1]

Dans l'ensemble, les presses à vis combinent simplicité, efficacité et précision, mais nécessitent un entretien et une gestion soigneuse de la vitesse et des charges appliquées pour garantir leur performance à long terme.

2.3.3.3 Presse mécanique à crémaillère et pignon

La presse à crémaillère et pignon délivre l'énergie du moteur à partir d'un engrenage directement relié à l'arbre d'entraînement. La crémaillère est en fait un engrenage rond de rayon infini. Un engrenage rotatif (pignon) fournit la force à travers la crémaillère. Cela donne le mouvement de translation unidimensionnel souhaité pour les presses. [1]

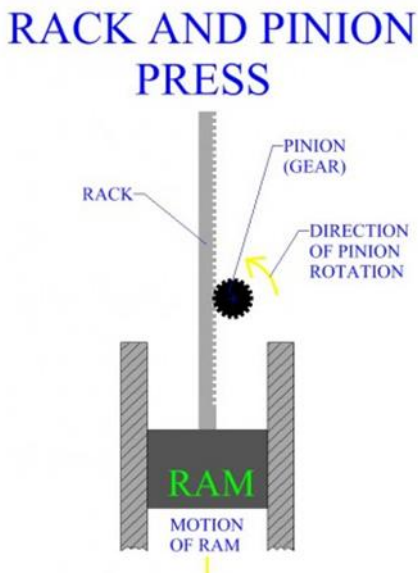


Figure 2.10: Presse mécanique à crémaillère et pignon. [1]

La presse à crémaillère et pignon offre plusieurs avantages qui la rendent particulièrement efficace et appréciée dans divers domaines industriels. Tout d'abord, son mécanisme est simple, ce qui facilite son utilisation, son entretien et son adaptation à différentes applications. Cette simplicité lui confère également une grande flexibilité, permettant de l'intégrer facilement dans divers systèmes de production. De plus, elle est

capable de transmettre des puissances élevées, ce qui la rend performante pour des opérations nécessitant une force importante. Un autre avantage majeur de ce type de presse est l'absence de glissement lors de la transformation du mouvement, garantissant ainsi une transmission précise et fiable. Cette précision est essentielle dans les processus nécessitant un contrôle rigoureux du déplacement et de l'effort appliqué.

Les presses à crémaillère et pignon présentent certains inconvénients qui peuvent limiter leur efficacité et leur durabilité. Tout d'abord, ce type de mécanisme nécessite une lubrification régulière afin d'assurer un bon fonctionnement et d'éviter les frictions excessives. De plus, l'usure des composants est un problème fréquent, car le contact direct entre le pignon et la crémaillère entraîne une dégradation progressive des surfaces, ce qui peut affecter la précision et la performance de la presse. Par ailleurs, ces presses sont généralement bruyantes en raison de l'engrènement constant entre le pignon et la crémaillère, ce qui peut être une contrainte dans les environnements industriels où le niveau sonore doit être contrôlé. [6]

2.3.3.4 Presse à manivelle

La presse à manivelle utilise une bielle fixée à un arbre d'entraînement. La bielle tourne avec l'arbre d'entraînement et est fixée à une bielle par un joint rotatif. La bielle bascule d'avant en arrière pendant le mouvement de la manivelle. La bielle est, à son tour, fixée à un vérin par un joint rotatif. Le vérin fonctionne dans un joint coulissant et parcourt un chemin unidimensionnel dans les deux sens. C'est par ce chemin que la presse à manivelle délivre sa force. La presse à manivelle permet une course d'une distance relativement longue. [1]

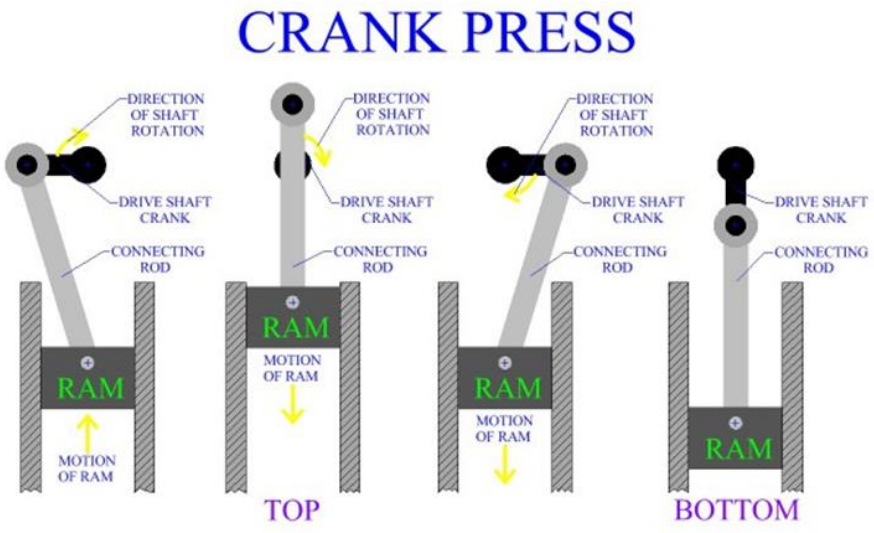


Figure 2.11: Presse à manivelle. [1]

2.3.3.5 Avantages et inconvénients des presses mécaniques

Avantages :

- Vitesse de production élevée, adaptée aux grandes séries.
- Grande précision dans la répétition des cycles.
- Rendement énergétique relativement bon par rapport aux presses hydrauliques.
- Moins coûteuse à l'achat pour les tâches standardisées.

Inconvénients :

- Force maximale uniquement disponible en fin de course, ce qui limite certaines applications.
- Moins flexible qu'une presse hydraulique, notamment pour des travaux à course variable.
- Bruit de fonctionnement souvent élevé.
- Moins adaptée pour des opérations nécessitant une grande progressivité dans l'application de la force.

2.3.3.6 Domaines d'application

Les presses mécaniques sont omniprésentes dans l'industrie, en particulier :

- Dans l'automobile, pour la fabrication de pièces de carrosserie, de composants moteurs, etc.
- Dans l'électroménager, pour le formage de tôles de machines à laver, fours, etc.
- Dans la tôlerie industrielle, pour le pliage, la perforation ou le découpage de tôles.
- Dans l'électronique, pour le formage de composants métalliques de précision.

2.4 Conclusion

Le choix de la presse mécanique comme sujet d'étude et de conception s'explique par sa grande importance dans l'industrie manufacturière. Elle offre une combinaison unique de robustesse, de simplicité mécanique et de précision, adaptée aux exigences de la production en série. Son fonctionnement repose sur des principes éprouvés, assurant un haut rendement énergétique et une maintenance réduite. Grâce à sa capacité à exercer des forces importantes de manière rapide et contrôlée, elle s'impose dans des domaines comme la métallurgie, l'automobile ou la tôlerie. La diversité des types de presses mécaniques (excentrique, à vis, à manivelle, à crémaillère) permet de répondre à des besoins variés, tant pour le poinçonnage

que pour le moulage ou l'assemblage. De plus, leur intégration dans des lignes de production automatisées renforce leur pertinence dans une perspective de modernisation industrielle. Ainsi, leur étude offre un champ riche d'exploration technologique et de conception mécanique.

CHAPITRE 03 : PROCEDURE DE POINÇONNAGE

3. PROCEDURE DE POINÇONNAGE

3.1. Introduction

Le poinçonnage est un procédé fondamental dans le domaine de la mise en forme des matériaux en feuille, largement utilisé dans les secteurs de la construction métallique, de l'automobile, de l'électroménager et de la tôlerie industrielle. Il consiste à réaliser des découpes précises dans des tôles à l'aide d'un poinçon et d'une matrice, selon un processus de cisaillement sur contour fermé. Ce procédé offre de nombreux avantages, tels que la rapidité d'exécution, la répétabilité et la possibilité d'automatisation. Le présent chapitre a pour objectif de présenter en détail le principe du poinçonnage, les types de procédés associés, les étapes du cycle de poinçonnage, ainsi que les calculs des efforts mis en jeu et les contraintes mécaniques sur les outils. Une attention particulière est accordée aux aspects liés à la résistance mécanique, aux phénomènes de flambement, et aux jeux de découpe, qui influencent fortement la qualité de la pièce obtenue et la durabilité des outils.

3.2. Définition de poinçonnage

On appelle poinçonnage, le cisaillage sur un contour fermé, effectué par un poinçon agissant sur une matrice. [10]

Le poinçonnage est une opération de découpage qui consiste à faire un trou dans une tôle métallique à l'aide d'un poinçon qui enlève la matière en totalité d'une seule coupe, La partie enlevée, appelée « déboucheur ».

Le poinçonnage peut être effectué manuellement pour les travaux individuels qui ne nécessitent pas une grande précision, à l'aide de petits poinçons manuels. Sinon, il peut être réalisé avec des poinçonneuses (machines) pour les travaux en grande série qui demandent une précision dimensionnelle plus élevée. [11]

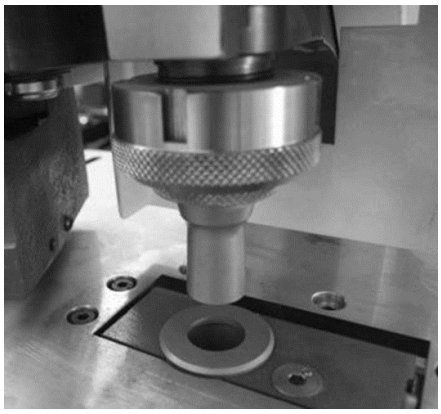


Figure 3.1: Poinçonneuse, poinçon et matrice. [10]

3.3. Principe de fonctionnement

Une partie de l'outil, appelée bâti inférieur (matrice, porte-matrice), est fixée sur la table de la presse, tandis que l'autre partie, le bâti supérieur (poinçons, serre-flan), se déplace de haut en bas à chaque mouvement du coulisseau pour réaliser une ou plusieurs découpes.

Pour optimiser ce processus, l'utilisation d'un serre-flan permet de réduire les déformations de la plaque lors de la découpe. [11]

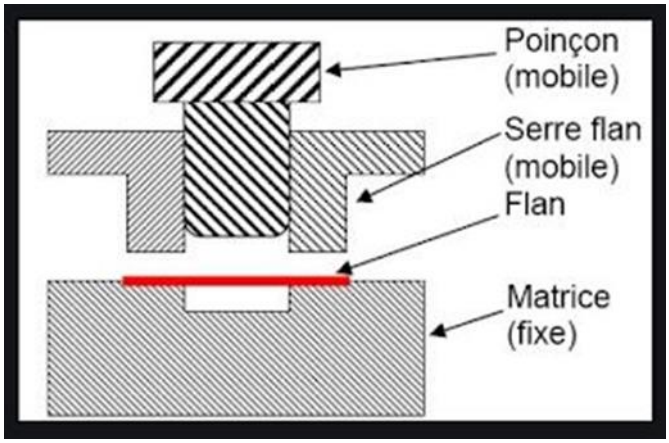


Figure 3.2: Procédé de poinçonnage. [11]

3.4. Les types de poinçonnage

- Le poinçonnage classique : enlèvement de matière par simple réalisation de trous.
- Le grignotage : qui consiste à découper un pourtour intérieur ou extérieur par des multiples coups de poinçon.
- Le découpage à la presse : découpe de flan à l'aide d'un outillage spécifique. [10]

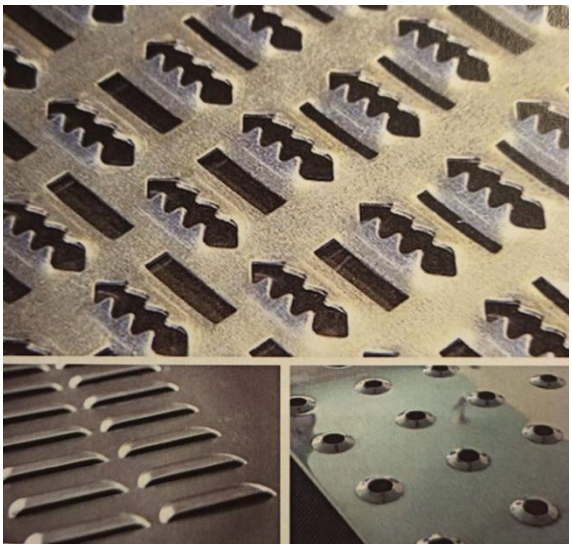


Figure 3.3: Types de poinçonnage.

3.5. Les différentes étapes de poinçonnage

Comme expliqué précédemment, le processus de poinçonnage à la presse fonctionne de la même manière que le découpage.

Il implique un cisaillement de la tôle qui est causé par deux lames de découpe agissant en sens contraire. L'écart entre les arêtes de coupe de ces lames détermine l'importance des contraintes de cisaillement.

Le poinçonnage se fait à plusieurs étapes :

3.5.1 Impact

C’est une étape dans laquelle le poinçon s’engage, sous l’effort d’un choc qui provoque un gonflement dans la surface de la pièce dû à la concentration des charges de compression. [11]

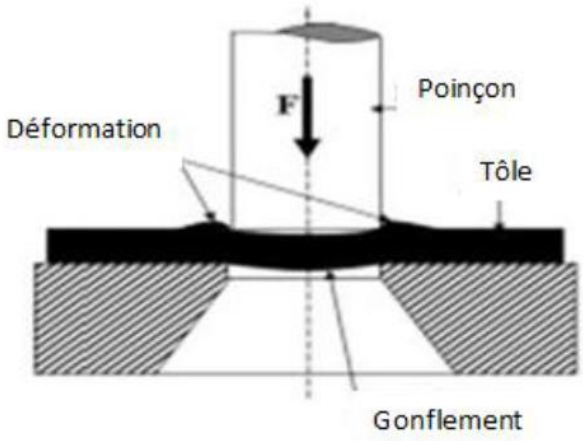


Figure 3.4: impact. [11]

3.5.2 Pénétration

C’est la déformation plastique de la pièce par allongement des fibres et formation d’une poche de vide entre la surface de la pièce et du poinçon. [11]

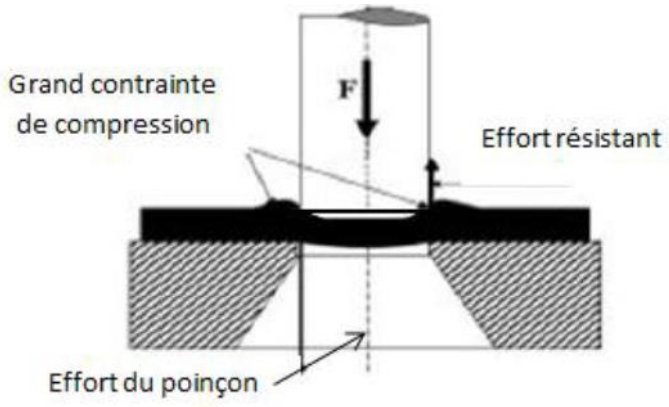


Figure 3.5: Pénétration. [11]

3.5.3 Découpage

Forte contrainte de compression, dépassement de la limite élastique donne naissance à des fissures de la tôle entre le poinçon et la matrice. [11]

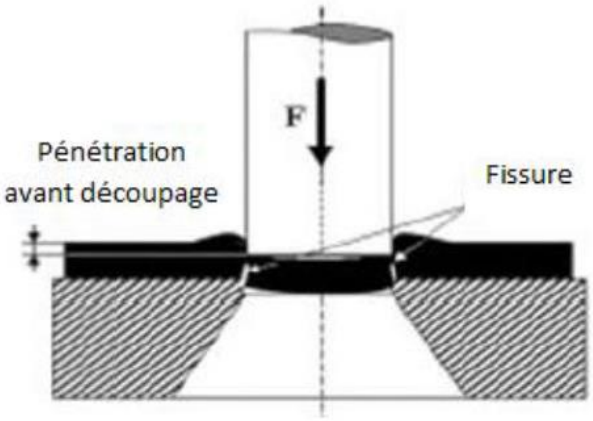


Figure 3.6: Découpage. [11]

3.5.4 Séparation

Les fissures formées dans l'étape précédente se développent et provoque des ruptures par extension des fibres. [11]

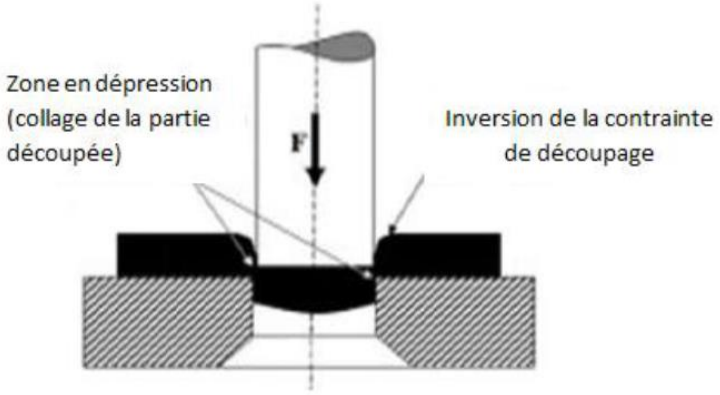


Figure 3.7: Séparation. [11]

3.5.5 Fin de course

L'enfoncement du déboucheur et du poinçon dans la matrice, le déboucheur s'enfonce vers le cœur de la pièce puis se retire lentement. [2]

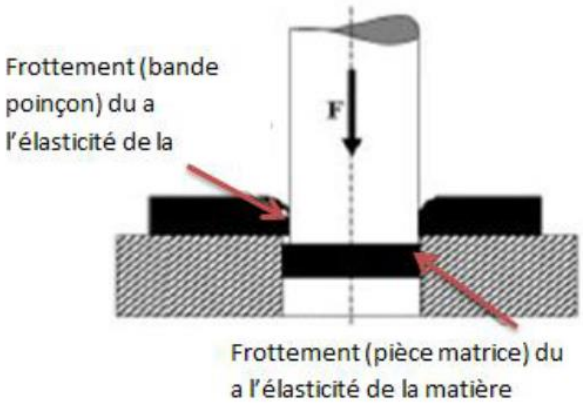


Figure 3.8: Fin de course. [11]

3.5.6 Retrait

En fin de course, le poinçon recule en surmontant la friction qui est due à serrage de la pièce qui l'entrouvre (déboucheur). [11]

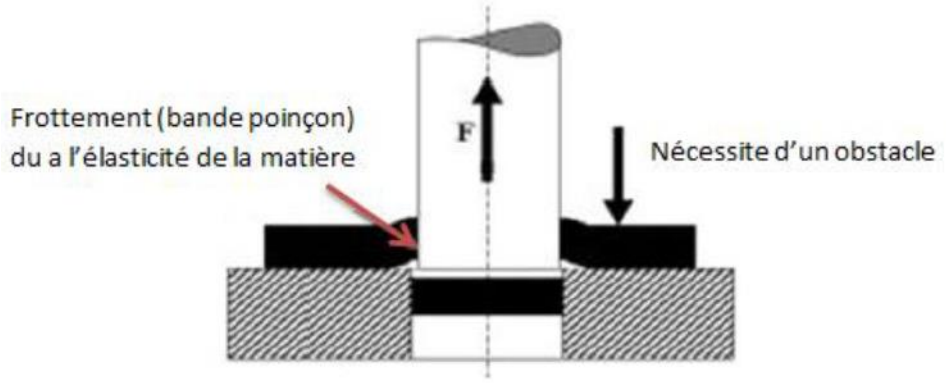


Figure 3.9: Retrait. [11]

3.6. Effort de poinçonnage et la section minimale du poinçon

L'effort de poinçonnage dépend de l'épaisseur, de périmètre de la section du trou, de la résistance du métal et des frottements qui sont généralement négligés.

Une lubrification est conseillée pour ne pas user prématurément les outils.

La section minimale de poinçonnage dépend de l'effort de poinçonnage, de la forme et de la surface de la section poinçonnée et aussi de la langueur de flambage de l'outil

La force à appliquer est calculée par la relation suivante : [10]

$$\mathbf{F = P \times e \times R_c} \qquad (3.1)$$

Avec :

P : Le périmètre découpé (mm).

e : L'épaisseur de la tôle (mm).

$\mathbf{R_c}$: La résistance à la rupture par cisaillement du matériau (MPa).

Typiquement :

- pour les aciers doux ($R_e \leq 270$ MPa) et les alliages d'aluminium : $R_c = 0{,}5 \times R_e$;
- pour les aciers mi-durs ($320 \leq R_e \leq 500$ MPa) : $R_c = 0{,}7 \times R_e$;
- pour les aciers durs ($R_e \geq 600$ MPa) et les fontes : $R_c = 0{,}8 \times R_e$.

$\mathbf{R_e}$: La limite d'élasticité (MPa).

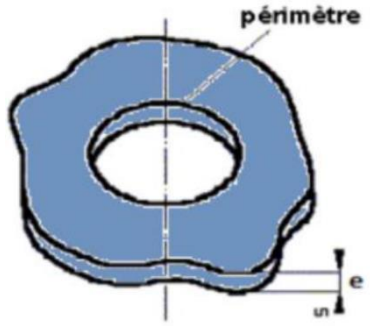


Figure 3.10: Tole poinconnée. [10]

3.7. Les composants essentiels d'une matrice et d'un poinçon

3.7.1 Le poinçon

Il est composé de plusieurs parties :

- Le corps du poinçon qui possède une longueur variable pour monter et serrer l'outil.
- La tête qui porte les arrêtes tranchantes.
- La mouche (ou téton) utile pour positionner l'outil dans les coups de pointeaux préalablement réalisés à cet effet. Ils ont été effectués dans l'axe du trou à réaliser.
- Un angle de dépouille qui est de 2 à 3° pour limiter les frottements.

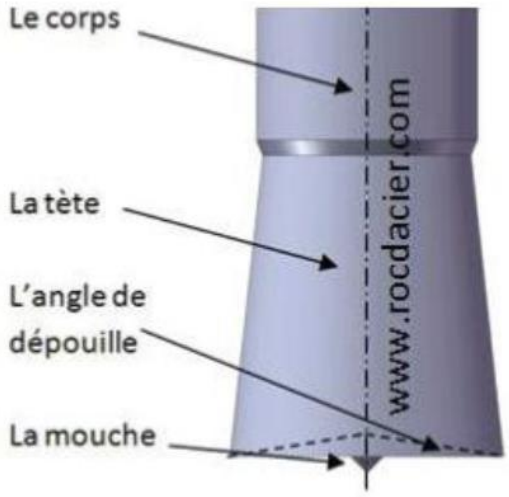


Figure 3.11: poinçon.

Le poinçon de forme quelconque doit résister à la compression et au flambage, sa longueur libre est vérifiée par la relation suivante :

$$\mathbf{L} \leq \sqrt{\frac{\mathbf{E.I}}{\mathbf{F}}} \qquad (3.2)$$

Avec :

E : module d'élasticité en (MPa).

I : le moment quadratique de la section en (mm^4).

F : effort de découpage en (N).

3.1.1.1 Matériaux à outil

Dans le cadre de la réalisation de prototypes ou d'essais fonctionnels, il est courant d'utiliser des matériaux plus économiques et faciles à usiner comme l'acier S235. Toutefois, pour des applications industrielles ou des productions en série, il est recommandé d'opter pour des aciers alliés et trempés tels que le X210Cr12 (1.2080) en raison de leur haute résistance à l'usure et à la déformation.

3.1.1.2 Contrainte sur le poinçon

Lors de la descente du poinçon avec un effort opposé à la bonde de tôle, il est sollicité a l'effort de compression qui se calcul comme suite : [12]

$$\boldsymbol{\sigma_{comp}} = \frac{\mathbf{F}}{\mathbf{S}} \tag{3.3}$$

Avec

σ_{comp} : Effort de compression [N/mm^2].

F : Effort de poinçonnage [N].

S : Surface du poinçon [mm^2].

La condition de résistance du poinçon à la compression est

$$\boldsymbol{\sigma_{comp}} < \mathbf{R_e} \tag{3.4}$$

R_e : La limite élastique du poinçon en [MPa].

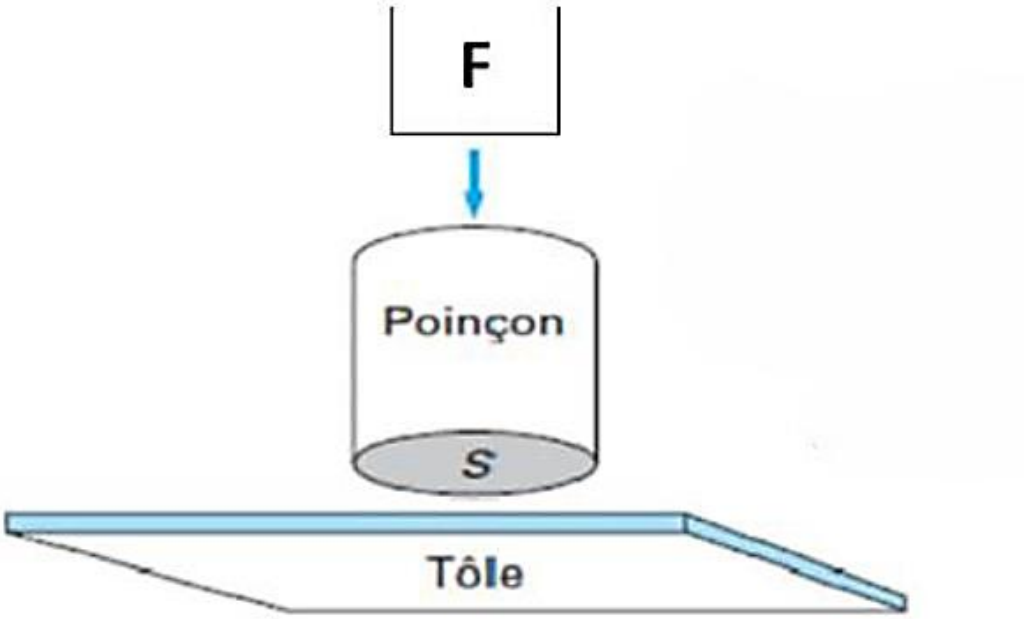


Figure 3.12: Contrainte de compression sur le poinçon. [13]

3.1.1.3 Résistance au flambement

Dans le cas de poinçonnage de petites dimensions, le phénomène de flambement peut être provoqué à partir de la contrainte de compression, comme on peut le voir sur la figure

Il est alors important de prévoir le risque de flambement d'un tel poinçon. Pour cela on utilise la formule de flambement d'Euler avec les conditions d'encastrement d'un côté et de mouvement libre de l'autre : [13]

$$\mathbf{P_{cr}} = \frac{\boldsymbol{\pi^2.E.I}}{\mathbf{(K.L)^2}} \qquad (3.5)$$

P_{cr} : Charge critique du flambement [N].

E : Module d'élasticité ou module de Yong [N/mm^2].

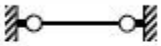
I : Moment d'inertie [mm^4].

L : Longueur libre de flambement [mm].

$K = 2$ (Cas encastré libre)

La longueur libre de flambage l est donnée en fonction du type d'appui

Tableau 3.1 : la longueur libre de flambage.

Liaison extrémités	Longueur de flambement Lcr
	$L_{cr} = 1 \times L$
	$L_{cr} = 0,5 \times L$
	$L_{cr} = 0,7 \times L$
	$L_{cr} = 2 \times L$

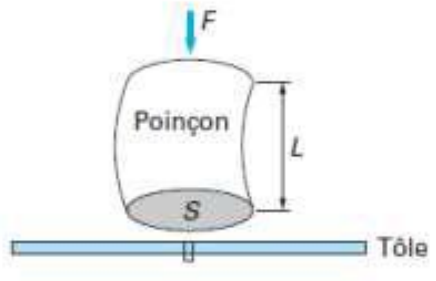




Figure 3.13: Flambement d'un poinçon [13].

La condition de résistance au flambement c'est que l'effort de poinçonnage ne doit pas dépasser la charge critique du flambement

$$\mathbf{F < P_{cr}} \tag{3.6}$$

3.7.2 La matrice

Elle est le « support d'empreinte » du poinçon. A son axe elle comporte un trou aux formes et dimensions du poinçon, auquel on ajoute un jeu de quelques dixièmes de millimètre. [10]



Figure 3.14: Matrice. [10]

3.7.3 Le jeu de découpage

Parmi les paramètres importants de l'opération de découpage, le jeu occupe une place majeure. Bien qu'il est défini habituellement comme étant l'écart entre les arêtes de coupe du poinçon et de la matrice, mais il influe sur les bords de la pièce obtenue (bavure).

Ce jeu diminue l'effort de poinçonnage et l'écrouissage de la zone à poinçonner.

Il est proportionnel à l'épaisseur poinçonnée et dépendra de la résistance de la tôle.

Pour le poinçonnage un trou poinçonné aura la dimension du poinçon donc le jeu sera pris sur la matrice cela évitera sa rupture.

Le jeu varie selon la nature du matériau à découper : [13]

- **J = 0.05 e :** pour l'acier doux, laiton et cuivre.
- **J = 0.06 e :** pour l'acier mi-dur.
- **J = 0.07 e :** pour l'acier dur.
- **J = 0.1 e :** pour l'aluminium.

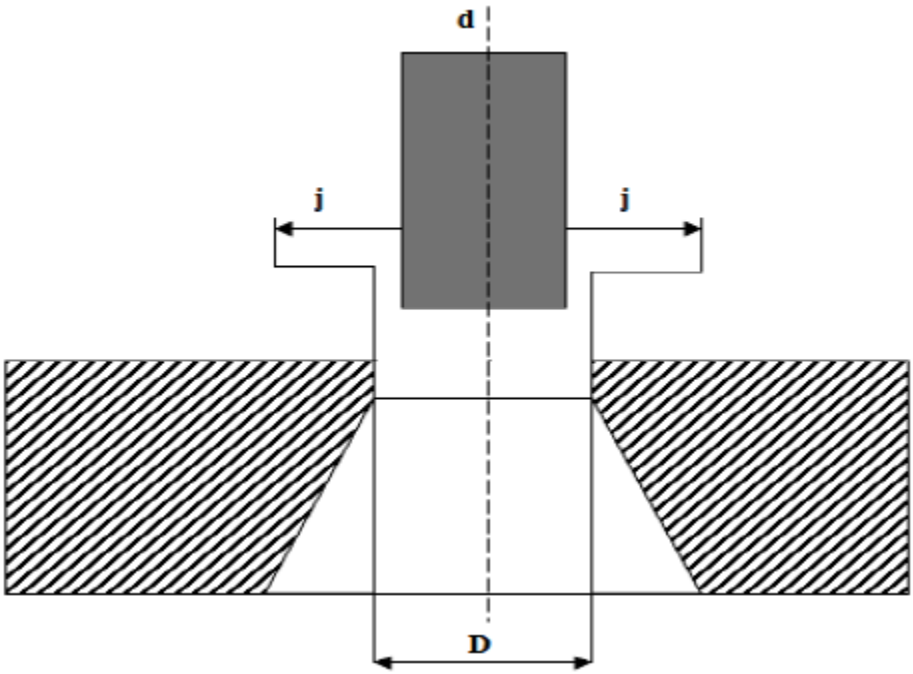


Figure 3.15: jeu entre matrice et poinçon. [13]

3.8. Conclusion

Le poinçonnage est un procédé de découpe essentiel pour la fabrication de pièces métalliques de précision, offrant à la fois efficacité, productivité et qualité. Son bon fonctionnement repose sur une compréhension approfondie de ses principes mécaniques, des composants impliqués (poinçon, matrice, bâti, etc.), et des paramètres de découpe (jeu, effort de poinçonnage, contrainte de flambement). Les calculs associés permettent de dimensionner correctement les outils afin de garantir leur résistance à la compression et d'éviter les défauts structurels. L'optimisation du processus passe également par le choix judicieux des matériaux pour les outils et l'application de techniques de lubrification adaptées. En maîtrisant ces éléments, le poinçonnage devient un procédé fiable et performant, capable de répondre aux exigences industrielles actuelles en matière de précision et de productivité.

CHAPITRE 04 :

DIMENSIONNEMENT

4. DIMENSIONNEMENT

4.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous allons aborder l'étape de dimensionnement de la presse, qui constitue une phase cruciale dans le processus de conception. Il s'agit de déterminer les dimensions, les efforts mécaniques, les vitesses, en tenant compte des exigences fonctionnelles et des contraintes mécaniques. Cette étude permet de garantir le bon fonctionnement de la presse lors de son utilisation.

4.2 Diagramme d'interactions

Le diagramme d'interactions, également appelé « diagramme de pieuvre », est un outil fondamental de l'analyse fonctionnelle externe. Il sert à identifier et représenter l'ensemble des relations qu'un système ou produit entretient avec son environnement — qu'il soit physique, humain ou informationnel. Ce schéma met en évidence les flux d'échanges (énergie, matière, information) entre le système étudié et les éléments extérieurs, qu'ils soient directs (opérateurs, énergie, pièces à usiner) ou indirects (maintenance, environnement réglementaire, etc.). Il permet ainsi de mieux comprendre les contraintes et exigences que l'environnement impose au système, tout en facilitant l'identification des fonctions principales et contraintes fonctionnelles.

La figure suivante illustre un exemple de diagramme d'interactions appliqué à une presse mécanique, mettant en lumière ses principales interfaces avec l'environnement.

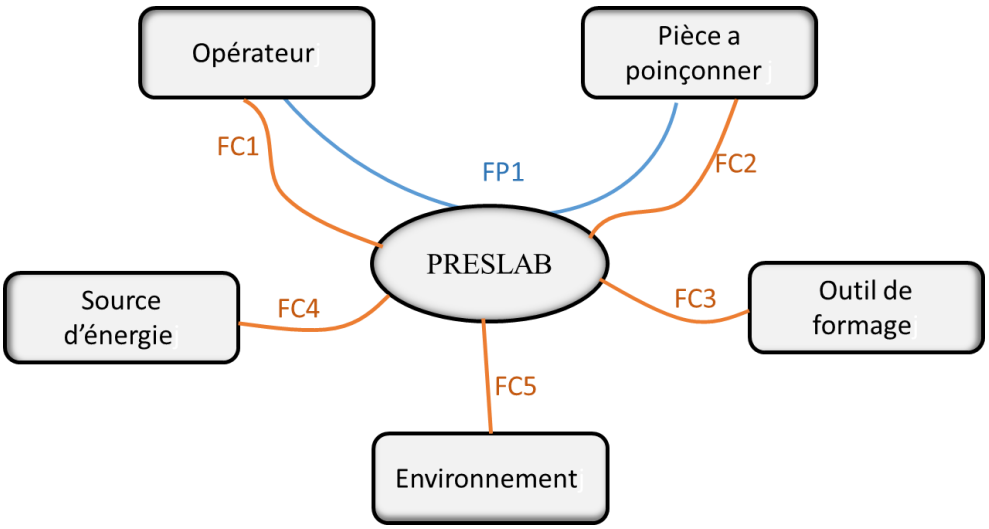


Figure 4.1: diagramme d'interactions appliqué à une presse mécanique.

Le tableau suivant présente les différentes fonctions identifiées à partir du diagramme pieuvre, permettant une compréhension fonctionnelle du système "presse mécanique".

Tableau 4.1: Fonctions principales et contraintes issues du diagramme pieuvre.

FP1	Fonction principale 1 : Transformer la pièce brute en une pièce conforme grâce à une opération de poinçonnage.
FC1	Fonction complémentaire 1 : Garantir la sécurité de l'opérateur lors de l'utilisation de la presse mécanique.
FC2	Fonction complémentaire 2 : S'adapter à la géométrie et à la matière de la pièce à poinçonner.
FC3	Fonction complémentaire 3 : Être compatible avec l'outil de formage.
FC4	Fonction complémentaire 4 : Être alimentée par une source d'énergie.
FC5	Fonction complémentaire 5 : Résister à l'environnement

4.3 Diagramme A-0

Le diagramme A-0 (ou diagramme SADT : Structured Analysis and Design Technique) est un outil de modélisation fonctionnelle qui permet de représenter graphiquement un système ou un produit en termes de fonctions réalisées et des flux d'informations ou de matières échangés. Il s'agit d'une approche hiérarchique qui décompose progressivement un système complexe en sous-fonctions plus simples.

L'élément graphique de base est une boîte rectangulaire représentant une fonction. Quatre types de flux interagissent avec cette boîte :

- En entrée (à gauche), les flux de données ou de matières nécessaires à l'exécution de la fonction.
- En sortie (à droite), les résultats ou produits générés.
- En haut, les données de contrôle qui conditionnent l'exécution ou la régulation de la fonction.
- En bas, les mécanismes ou ressources (machines, opérateurs, logiciels, etc.) qui permettent la réalisation concrète de la fonction.

Ce type de diagramme permet ainsi une lecture claire et structurée des fonctions d'un système, facilitant l'analyse, la communication entre intervenants, et la recherche d'optimisation.

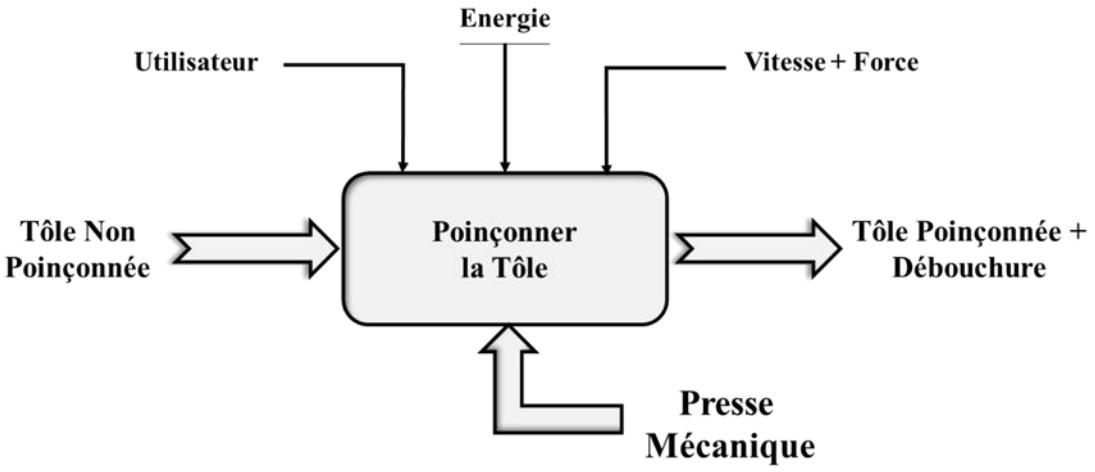


Figure 4.2: Diagramme fonctionnel A-0 de la presse mécanique.

4.4 Schéma cinématique de la presse mécanique

Le schéma cinématique est une représentation simplifiée mais rigoureuse d'un système mécanique, utilisée pour décrire et analyser la transmission des mouvements et des efforts entre ses différents éléments. Il met en évidence les composants en mouvement, la nature des liaisons mécaniques (pivot, glissière, etc.), le sens de rotation ou de translation, ainsi que les transformations de mouvement (ex. : rotation en translation). Ce schéma constitue un outil essentiel pour comprendre le fonctionnement global d'une machine, optimiser sa conception, anticiper les efforts mécaniques transmis, et identifier les points de maintenance.

Dans le cas de la presse mécanique étudiée, la chaîne cinématique est conçue pour transmettre le mouvement de rotation généré par un moteur électrique vers un coulisseau (ou piston), qui effectue un mouvement alternatif vertical permettant l'opération de pressage ou de découpe. La transformation du mouvement s'effectue par l'intermédiaire d'un système bielle-manivelle, typique des presses mécaniques.

La chaîne cinématique se compose des éléments suivants :

1. Moteur électrique : fournit un mouvement de rotation continu à une vitesse de 30 tours par minute.
2. Poulie menant : fixée sur l'arbre moteur, elle transmet le mouvement à la courroie.

3. Poulie menée : reçoit le mouvement transmis par la courroie et l'applique à l'arbre de transmission.
4. Courroie : assure la transmission souple du mouvement entre les deux poulies, tout en permettant un léger amortissement des vibrations.
5. Arbre excentrique : transforme la rotation en un mouvement alternatif grâce à son excentricité, jouant le rôle de manivelle.
6. Bielle : relie l'arbre excentrique au coulisseau et transmet le mouvement alternatif avec précision.
7. Coulisseau (ou piston) : effectue un mouvement vertical rectiligne qui permet de presser, découper ou former la pièce selon le processus souhaité.
8. Embrayage : dispositif mécanique permettant d'accoupler ou désaccoupler le moteur de l'arbre excentrique, assurant ainsi la commande du cycle de pressage.

Ce schéma cinématique met en lumière l'enchaînement logique des transformations d'énergie mécanique dans la presse. Il permet non seulement de comprendre les principes de fonctionnement, mais aussi de dimensionner les composants, d'optimiser la commande de la machine, et d'anticiper les zones de contraintes ou d'usure.

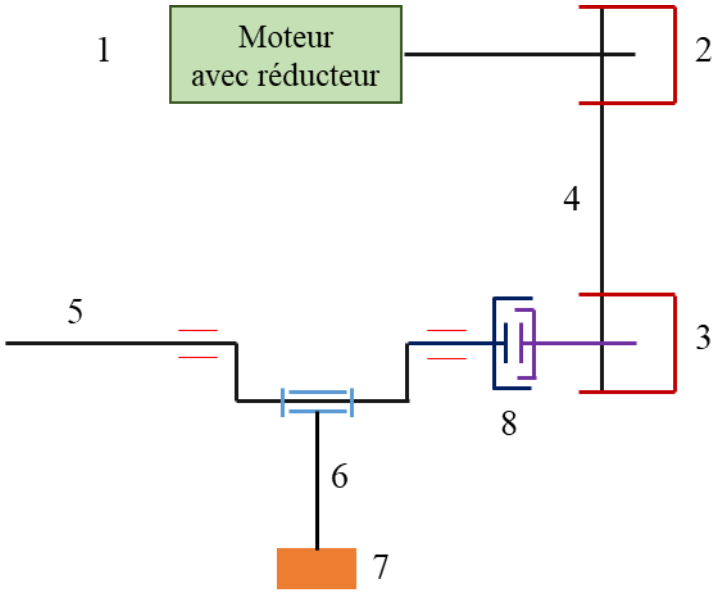


Figure 4.3: Représentation cinématique simplifiée du système de presse.

4.5 Types des moteurs

Les moteurs électriques constituent des composants fondamentaux dans de nombreuses applications industrielles, robotiques ou domestiques. Ils se distinguent principalement par leur mode d'alimentation (courant continu – DC ou courant alternatif – AC) et leur principe de

fonctionnement. Chaque type de moteur possède des caractéristiques spécifiques en matière de contrôle, de rendement, de couple et de précision de mouvement.

4.5.1 Moteurs à courant continu (DC)

Les moteurs DC sont alimentés par un courant continu. Leur principal avantage réside dans la simplicité de leur conception et la souplesse de leur régulation de vitesse, ce qui les rend particulièrement adaptés aux applications nécessitant des variations progressives de mouvement, proches des gestes naturels.

4.5.2 Moteurs DC à balais

Les moteurs à courant continu à balais utilisent des balais en carbone et un collecteur pour assurer la commutation du courant. Ils sont largement utilisés dans les applications nécessitant des couples de démarrage élevés et une commande simple de la vitesse à l'aide de variateurs classiques. Ces moteurs sont économiques, faciles à intégrer, et présentent une relation linéaire entre le couple et la vitesse. Toutefois, leur principal inconvénient est l'usure des balais, nécessitant un entretien régulier.

4.5.3 Moteurs DC sans balais (Brushless)

Les moteurs DC sans balais (BLDC) reprennent le principe de fonctionnement des moteurs à balais, mais sans contact mécanique entre les parties mobiles. La commutation est effectuée de manière électronique, ce qui les rend plus silencieux, plus efficaces, et dotés d'une durée de vie supérieure. Ils conviennent parfaitement aux applications nécessitant un fonctionnement prolongé, fiable et peu bruyant, comme dans l'électronique ou les véhicules électriques.

4.5.4 Moteurs DC à engrenages (motoréducteurs)

Les motoréducteurs à courant continu intègrent un réducteur mécanique (engrenage) en sortie de moteur. Ce réducteur permet de multiplier le couple tout en réduisant la vitesse de rotation, selon un principe appelé démultiplication. Grâce à leur rapport couple/encombrement élevé, leur petite taille et leur efficacité, ils sont utilisés dans les systèmes compacts nécessitant une forte puissance à basse vitesse, comme les actionneurs linéaires ou les systèmes d'automatisation.

4.5.5 Moteurs à courant alternatif (AC)

Les moteurs AC, notamment monophasés, sont très répandus dans l'industrie pour leur robustesse, leur fiabilité et leur fonctionnement stable à vitesse constante. Ils se prêtent bien aux applications de puissance élevée, avec peu de variation de vitesse, comme les ventilateurs,

les pompes ou les compresseurs. Grâce aux progrès de l'électronique de commande, certains moteurs AC offre aujourd'hui des fonctions de variation de vitesse et de contrôle précis, élargissant leur champ d'application.

4.5.6 Servomoteurs

Les servomoteurs sont des moteurs électromécaniques capables de contrôler précisément la position, la vitesse et le couple, grâce à un système de rétroaction intégré (comme un encodeur ou un résolveur). Ils sont commandés par des contrôleurs spécialisés qui assurent une commutation intelligente. Très utilisés en robotique, usinage CNC et automatisation industrielle, les servomoteurs offrent un pilotage fin et dynamique, adapté aux systèmes complexes où la précision et la réactivité sont essentielles.

4.5.7 Moteurs pas à pas (stepper)

Les moteurs pas à pas se déplacent par incréments angulaires définis, appelés pas. Ils permettent un positionnement précis sans nécessiter de capteur de position, ce qui simplifie leur contrôle. Bien qu'ils soient moins complexes et plus économiques que les servomoteurs, ils restent efficaces dans des applications comme les imprimantes 3D, systèmes de dosage, ou petites machines CNC. Ils offrent un bon compromis entre coût, précision et simplicité de mise en œuvre.

Tableau 4.2: Comparaison des différents types de moteurs électriques.

Type de moteur	**Avantages**	**Inconvénients**	**Applications typiques**	**Contrôle**
DC à balais	- Simple à contrôler - Faible coût - Bon couple au démarrage	- Usure des balais - Bruyant - Maintenance fréquente	Petits appareils, jouets, outillage portatif	Variateur de tension simple
DC sans balais (BLDC)	- Silencieux - Longue durée de vie - Haute efficacité	- Nécessite une électronique de commande - Coût plus élevé	Véhicules électriques, ventilateurs, drones	Variateur électronique (PWM)

Type de moteur	Avantages	Inconvénients	Applications typiques	Contrôle
DC à engrenages	- Couple élevé à faible vitesse - Compact - Fiable	- Complexité mécanique - Vitesse réduite uniquement	Motorisations compactes, robotique, automatisme	Commande DC + réducteur
AC monophasé	- Robuste - Fonctionnement constant - Faible coût d'exploitation	- Faible contrôle de vitesse (sans variateur) - Moins précis	Pompes, compresseurs, ventilation industrielle	Marche/arrêt ou variateur
Servomoteur	- Haute précision - Retour d'état - Contrôle de position et couple	- Coûteux - Nécessite contrôleur spécifique	Robotique, CNC, systèmes automatisés	Contrôleur dédié (servo drive)
Moteur pas à pas	- Positionnement précis sans capteur - Bon marché - Facile à contrôler	- Risque de perte de pas - Moins performant à haute vitesse	Imprimantes 3D, CNC légère, systèmes de dosage	Contrôleur pas à pas

4.6 Choix du moteur

Le choix du moteur représente une étape critique dans la conception d'un système électromécanique, car il doit répondre à plusieurs exigences fonctionnelles telles que le couple disponible, la vitesse de rotation souhaitée, la compatibilité électrique, et l'intégration mécanique avec le réducteur et les autres composants du système. Une sélection rigoureuse permet d'assurer le bon fonctionnement, la fiabilité et la performance globale du dispositif.

- Moteur sélectionné : N20 DC 6V avec réducteur intégré



Figure 4.4: Moteur N20 DC 6V avec réducteur intégré.

Après une analyse détaillée des besoins du système, nous avons retenu le moteur N20 à courant continu, alimenté en 6 V DC et équipé d'un réducteur mécanique. Ce choix repose sur plusieurs critères techniques essentiels :

- Tension d'alimentation (6 V DC) :
- Compatible avec des sources standard (batteries, alimentations stabilisées).
- Faible consommation électrique, bien adaptée aux systèmes compacts ou autonomes.
- Vitesse de rotation :
- Le moteur N20 sans charge peut atteindre jusqu'à 30 000 tr/min.
- Grâce à un réducteur intégré, la vitesse de sortie est maîtrisée pour correspondre aux besoins de l'application.
- Pour notre projet, nous avons sélectionné une version fournissant une vitesse de 30 tr/min en sortie de réducteur.
- Adaptation de la vitesse finale (10 tr/min) :
- Une réduction supplémentaire de vitesse a été réalisée en ajoutant un système de transmission par engrenages avec un rapport de réduction de 3:1.
- Ce système permet d'obtenir une vitesse de sortie finale de 10 tr/min, tout en augmentant le couple disponible.

4.7 Choix de la course du coulisseau

La course du coulisseau correspond à la distance verticale maximale que parcourt le poinçon, entre sa position la plus haute et sa position la plus basse. Ce paramètre joue un rôle fondamental dans la conception d'une presse mécanique, car il influence directement :

a. La nature des opérations réalisables (poinçonnage, découpe, emboutissage, etc.),

b. Le rendement de la machine, Ainsi que la cinématique du système, notamment dans les mécanismes de type bielle-manivelle.

c. Choix technique appliqué dans notre cas, la presse est destinée à réaliser des opérations de poinçonnage sur des tôles en acier doux, avec les caractéristiques suivantes :

- Épaisseur de la tôle : 2 mm
- Diamètre des trous à réaliser : 20 mm

Nous avons opté pour une course de 50 mm, sur la base des considérations suivantes :

- Une course courte est généralement recommandée pour les opérations rapides et répétitives, telles que le petit poinçonnage ou le découpage fin, afin de maximiser la cadence.
- Une course suffisante est néanmoins nécessaire pour introduire et positionner facilement la pièce et l'outil (poinçon et matrice), tout en laissant un jeu de sécurité.
- Le choix est compatible avec le mécanisme excentrique utilisé (liaison bielle-manivelle), garantissant une amplitude de mouvement adéquate.
- Elle facilite également le retrait, le repositionnement ou le remplacement de la tôle, en améliorant l'ergonomie et la rapidité des opérations.

Ce compromis entre vitesse, ergonomie et efficacité mécanique a guidé la définition de cette valeur.

4.8 Choix de la vitesse de fonctionnement

La vitesse de fonctionnement de la presse, exprimée en tours par minute (tr/min), est un autre paramètre critique qui influence :

- La qualité du poinçonnage,
- La durée de vie des outils,
- La stabilité mécanique du système,

- Ainsi que le confort d'utilisation.

4.9 Choix technique appliqué

Nous avons retenu une vitesse de fonctionnement de 10 tr/min (en sortie), obtenue par une réduction par poulies à partir du moteur tournant à 30 tr/min. Ce choix se justifie par plusieurs points clés :

- Maîtrise de l'impact : Une vitesse réduite permet de limiter les chocs au moment de la coupe, évitant ainsi les déformations indésirables.
- Adaptation au matériau : Pour des tôles fines (2 mm), une cadence modérée est suffisante et même préférable afin de préserver la qualité de la découpe.
- Préservation des outils : Un fonctionnement à basse vitesse contribue à réduire l'usure du poinçon et de la matrice, augmentant leur durée de vie, notamment dans le cadre d'une utilisation régulière.
- Simplicité de la transmission : L'utilisation exclusive de poulies et de courroies permet une solution économique, robuste et facile à entretenir.
- Stabilité mécanique : Une vitesse lente limite les vibrations et les efforts dynamiques, réduisant ainsi les risques de désalignement ou de jeu mécanique.

Ce choix assure ainsi un équilibre optimal entre performance, durabilité et fiabilité, adapté à notre application spécifique.

4.10 Hypothèses de travail

Pour cette étude, nous considérons les hypothèses suivantes :

- Type d'opération : Poinçonnage circulaire
- Matière : Acier doux
- Résistance à la traction : $\mathrm{Rm} = 380\ \mathrm{MPa}$
- La limite d'élasticité : $\mathrm{fy} = 235\ \mathrm{MPa}$
- Épaisseur de la tôle : $\mathrm{e} = 2\ \mathrm{mm}$
- Diamètre du poinçonnage : $\mathrm{d} = 20\ \mathrm{mm}$
- Module d'Young : $\mathrm{E} = 210\ \mathrm{GPa}$

4.11 Calcul d'effort de poinçonnage

Dans cette section, nous déterminons la force nécessaire pour réaliser l'opération de poinçonnage sur une tôle métallique. Cette force dépend principalement :

- du matériau de la tôle,
- de son épaisseur,
- de la géométrie de la découpe,
- et du type d'opération (ici, le poinçonnage est une opération de cisaillement).

La force nécessaire pour le poinçonnage est donnée par :

$$\mathbf{F = P \times e \times R_c} \qquad (4.1)$$

Avec :

P : Le périmètre découpé (mm).

e : L'épaisseur de la tôle (mm).

$\mathbf{R_c}$: La résistance à la rupture par cisaillement du matériau (MPa).

Typiquement :

- Pour les aciers doux ($R_e \leq 270$ MPa) et les alliages d'aluminium :$R_c = 0{,}5 \times R_e$;
- Pour les aciers mi-durs ($320 \leq R_e \leq 500$ MPa) : $R_c = 0{,}7 \times R_e$;
- Pour les aciers durs ($R_e \geq 600$ MPa) et les fontes : $R_c = 0{,}8 \times R_e$.

$\mathbf{R_e}$: La limite d'élasticité (MPa).

Application numérique

a) Calcul de périmètre découpé

$$P = \pi . d = \pi \times 20 = 62.83\text{mm}$$

b) La résistance à la rupture par cisaillement

$$R_c = 0{,}5 . R_e = 0{,}5 \times 235 = 117{,}5\ \text{MPa}$$

c) Calcul d'effort de poinçonnage

$$F = 62{,}83 \times 2 \times 117{,}5 = 14765{,}05\text{N} = 14{,}76\text{kN}$$

Avec coefficient de sécurité s =1,3.

$$Fs = 14.76 \times 1{,}3 = 19194.565\,\text{kN} \approx 20\text{kN}$$

4.12 Calcul de résistance du poinçon à la compression

Dans le but de vérifier que le poinçon peut supporter les efforts appliqués lors de l'opération de poinçonnage, il est nécessaire de procéder au calcul de sa résistance à la compression.

$$\boldsymbol{\sigma_{comp}} = \frac{\mathbf{F}}{\mathbf{S}} \tag{4.2}$$

Avec

$\boldsymbol{\sigma_{comp}}$: Effort de compression [N/mm^2].

F : Effort de poinçonnage [N].

S : Surface du poinçon [mm^2].

Application numérique

$$\sigma_{comp} = \frac{F}{S} = \frac{F}{\pi . R^2} = \frac{20000}{\pi \times 10^2} = 63{,}66 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{comp} < R_e$$

$$63{,}66 \text{ MPa} < 235 \text{ MPa}$$

Donc la condition de résistance est vérifiée.

4.13 Calcul de résistance au flambement du poinçon

4.13.1 Calcul de la charge critique de flambement en utilisant la formule d'Euler

$$\mathbf{P_{cr}} = \frac{\boldsymbol{\pi^2 \times E \times I}}{\mathbf{(K \times L)^2}} \tag{4.3}$$

Avec :

$E = 21.10^4$ MPa $= 21.10^4$ $^{N}/_{mm^2}$

$I = \frac{\pi . d^4}{64}$ (Section circulaire pleine)

$K = 2$ (Cas encastré libre)

L = Longueur du poinçon = 50mm $\Rightarrow$ $L_{eff} = K \times L = 2 \times 50 = 100mm$

$d = 20mm \Rightarrow r = 10mm$

Application numérique :

a) Calcul du moment d'inertie I :

$$I = \frac{\pi . d^4}{64} = \frac{\pi . (20)^4}{64} = 7853{,}98\ mm^4$$

b) Calcul de la charge critique P_{cr} :

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \times E \times I}{(K \times L)^2} = P_{cr} = \frac{\pi^2 \times 210 \times 10^3 \times 7853{,}98}{(100)^2} = 1627{,}83\ kN$$

Effort de poinçonnage avec marge de sécurité : F_s=20kN

$$F_s = 20\ kN < P_{cr} = 1627{,}83\ kN$$

Nous Concluons que la condition de stabilité au flambement est respectée.

4.14 L'influence de la longueur du poinçon sur la charge critique

Nous allons voir l'influence de la longueur L (mm) du poinçon sur la charge critique P_{cr} (N), selon la formule d'Euler.

Tableau 4.3: Charges critiques P_{cr} pour différentes longueurs L.

Longueur L (mm)	**Charge critique P_{cr} (N)**
30	**4521747.743**
40	**2543483.105**
50	**1627829.187**
60	**1130436.936**
70	**830525.0957**
80	**635870.7764**
90	**502416.4159**
100	**406957.2969**
120	**282609.2339**
150	**180869.9097**

Le graphe donnant avec d=20mm :

- **Axe X** : Longueur L (mm)
- **Axe Y** : Charge critique P_{cr} (N)

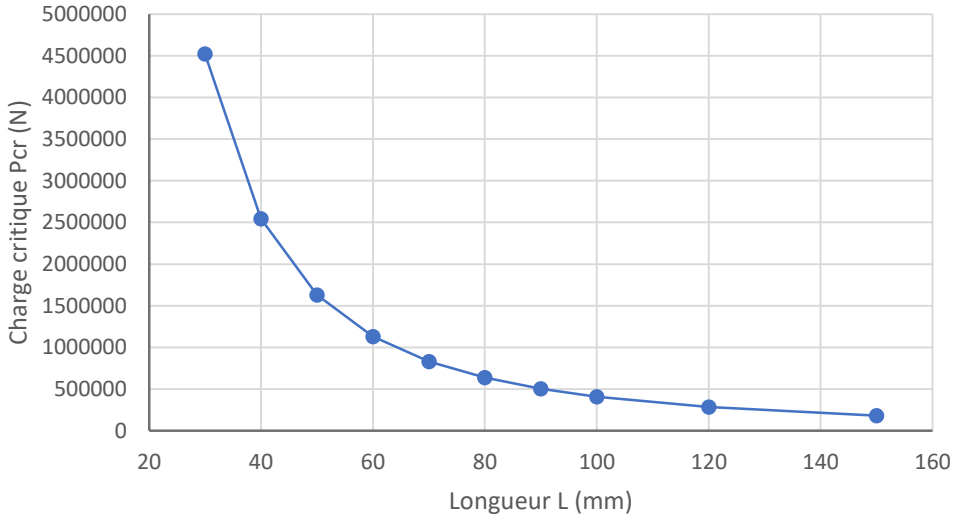


Figure 4.5 : Courbe de variation de la charge critique en fonction de la longueur.

On remarque que la Courbe est décroissante, illustrant l'effet inverse de la longueur sur la stabilité au flambement.

Pour voir l'influence de la longueur L et du diamètre D sur la charge critique de flambement selon la formule d'Euler.

Tableau 4.4: Charges critiques selon différentes longueurs et diamètres.

Longueur (mm)	**Ø15 mm**	**Ø20 mm**	**Ø25 mm**	**Ø30 mm**	**Ø35 mm**	**Ø40 mm**
30	1 430 710	4 521 749	11 039 425	22 891 353	42 409 057	72 347 979
50	515 055	1 627 830	3 974 193	8 240 887	15 267 261	26 045 272
70	262 783	830 525	2 027 650	4 204 534	7 789 419	13 288 404
90	158 968	502 417	1 226 603	2 543 484	4 712 117	8 038 664

Longueur (mm)	Ø15 mm	Ø20 mm	Ø25 mm	Ø30 mm	Ø35 mm	Ø40 mm
110	106 416	336 328	821 114	1 702 663	3 154 393	5 381 255
130	76 192	240 803	587 898	1 219 066	2 258 470	3 852 851
150	57 228	180 870	441 577	915 654	1 696 362	2 893 919

Et on trace la courbe montrant l'influence de L et D sur la charge critique selon la formule d'Euler.

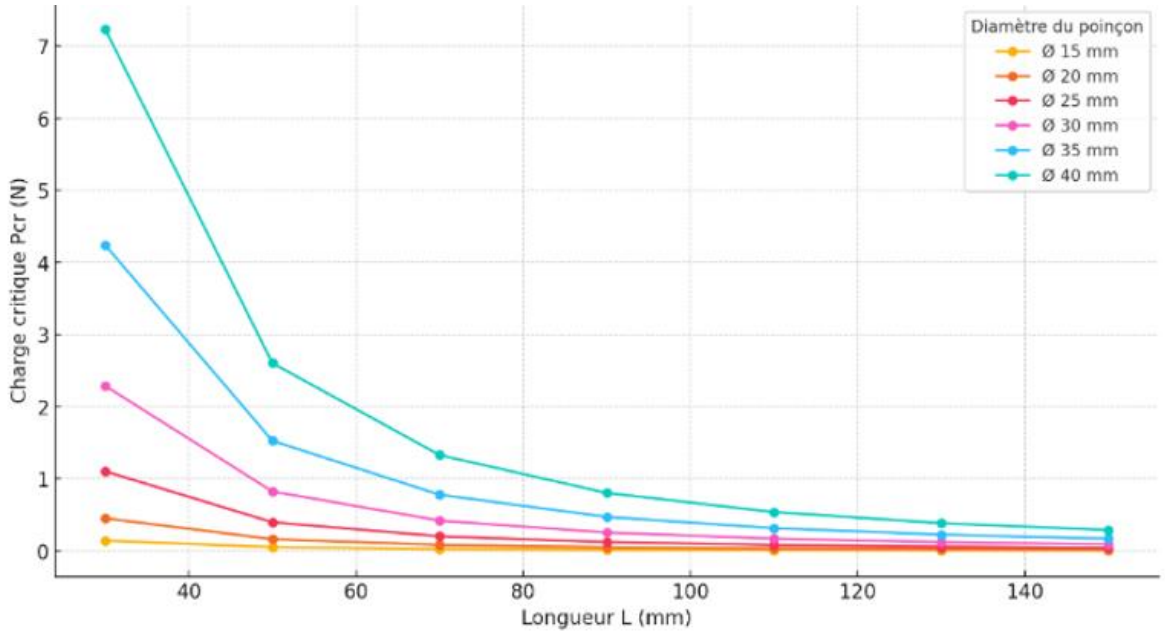


Figure 4.6: Courbe de variation de la charge critique en fonction de la longueur et du diamètre.

On observe que :

- Pour chaque diamètre, la charge critique diminue rapidement avec l'augmentation de la longueur.
- Plus le diamètre est grand, plus la résistance au flambement est élevée, même pour des longueurs importantes.

4.15 Calcul des éléments transmission de la presse mécanique

Pour obtenir une vitesse de rotation de la roue volante de 10 tours/min à partir d'une vitesse de rotation du moteur de 30 tours/min avec un rapport de réduction r = 3 :1, on doit utiliser un seul étage de réduction par courroie.

Dans une transmission par courroie, le rapport de réduction est également donné par :

$$\mathbf{r = \frac{D_1}{D_2} = \frac{N_1}{N_2}} \tag{4.4}$$

Ou

D_1 : Diamètre de la petite poulie " poulie moteur (menant) " (mm)

D_2 : Diamètre de la grande poulie " poulie (menée) " (mm)

N_1 : vitesse de rotation du moteur (tr/min)

N_2 : vitesse de rotation de la poulie menée (tr/min)

4.15.1 Calcul du diamètre de la poulie menée

Étant donné que $N_1 = 30\ \mathrm{tr/mn}$ et $N_2 = 10\ \mathrm{tr/mn}$, le rapport de réduction est

$$r = \frac{N_1}{N_2} = 3$$

Si l'on choisit un diamètre de $D_1 = 20\mathrm{mm}$ pour la poulie du moteur, le diamètre de la poulie menée D_2 sera calculé comme suit :

$$D_2 = r * D_1 = 3 * 20 = 60\mathrm{mm}$$

La longueur de la courroie L est approximativement donnée par :

$$\mathbf{l = 2E + \frac{\pi}{2}.(D_1 + D_2) + \frac{(D_1 - D_2)^2}{4E}} \tag{4.5}$$

$$l = 2 \times 110 + \frac{\pi}{2}.(20 + 60) + \frac{(20 - 60)^2}{4 \times 110}$$

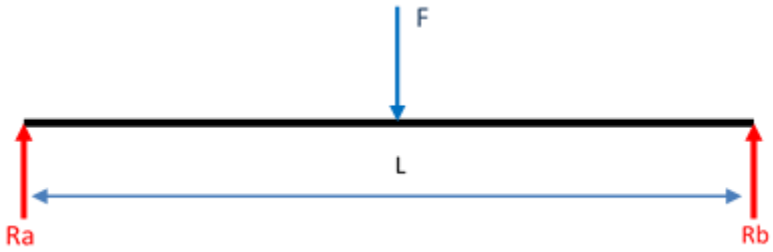
$$l = 349{,}296\mathrm{mm} \approx 349{,}3\mathrm{mm}$$

4.16 Dimensionnement d'arbre excentrique

4.16.1 Calcul RDM

Dans cette partie, nous allons utiliser les principes de la Résistance des Matériaux (RDM) pour dimensionner l'arbre excentrique. Notre objectif est de trouver les dimensions clés

de l'arbre, notamment son diamètre, afin de nous assurer qu'il peut supporter les contraintes mécaniques auxquelles il sera soumis (flexion, torsion) sans dépasser les limites de résistance du matériau choisi. Nous allons donc déterminer les dimensions nécessaires pour garantir la sécurité et la fiabilité du fonctionnement de la machine.



F : La force de poinçonnage 20 kN

L : Distance entre les roulements 140mm

Réactions des appuis :

$$\text{Ra} = \frac{\text{F}}{2} \rightarrow \text{Ra} = 10000\text{N}$$

Moment au centre de l'arbre :

$$\text{Mf} = \frac{\text{FL}}{4} \rightarrow \text{Mf} = 700000\text{N.mm}$$

$$\boldsymbol{\sigma_{adm} = \frac{M_f.r}{I}} \quad (4.6)$$

Avec

I : Moment d'inertie d'une section circulaire pleine $\text{I} = \frac{\pi.\text{d}^4}{64}$

r : Rayon $\text{r} = \frac{\text{d}}{2}$

$$\boldsymbol{\sigma_{adm} = \frac{fy}{s}} \quad (4.7)$$

f_y : Limite élastique pour acier S235, $\text{fy} = 235\text{MPa}$

s : Coefficient de sécurité est de 1,5.

D'après les équations (4.6) et (4.7) :

$$\mathbf{d} = \left(\frac{\mathbf{32.Mf.s}}{\boldsymbol{\pi}\mathbf{.fy}}\right)^{\mathbf{1}/\mathbf{3}} \tag{4.8}$$

$$d = \left(\frac{32 \times 700000 \times 1{,}5}{\pi . 235}\right)^{1/3}$$

$$d = 35{,}70\text{mm}$$

$$d \approx 36\text{mm}$$

Le diamètre minimal de l'arbre excentrique, calculé en fonction des efforts transmis et de la résistance du matériau (S235), est donc :

$$d \approx 36$$

Ce diamètre assure un fonctionnement sûr et fiable de la presse sans dépassement des contraintes admissibles.

4.17 Dimensionnement de la goupille

Afin de garantir la transmission optimale de l'effort entre la bielle et le coulisseau, il est nécessaire de dimensionner le diamètre de la goupille assurant leur liaison. Le calcul se base sur les efforts transmis et la contrainte admissible du matériau.

$$\boldsymbol{\tau} = \frac{\mathbf{F}}{\mathbf{2.S}} \tag{4.9}$$

$$\boldsymbol{\tau} = \frac{\mathbf{fy}}{\mathbf{s}} \tag{4.10}$$

$$\mathbf{d} = \sqrt{\frac{\mathbf{2.F.s}}{\boldsymbol{\pi}\mathbf{.fy}}} \tag{4.11}$$

$$d = \sqrt{\frac{2 \times 20000 \times 1{,}5}{\pi . 235}}$$

$$d = 9{,}015\text{mm}$$

$$d \approx 10\text{mm}$$

Ainsi, le diamètre minimal requis pour la goupille est de :

$$d \approx 10\text{mm}$$

Ce diamètre permet de supporter les efforts appliqués en toute sécurité, en respectant la contrainte admissible du matériau.

4.18 Le jeu de découpage

Pour le poinçonnage un trou poinçonné aura la dimension du poinçon donc le jeu sera pris sur la matrice cela évitera sa rupture.

Le jeu varie selon la nature du matériau à découper :

- $J = 0.05 * e$: pour l'acier doux, laiton et cuivre.
- $J = 0.06 * e$: pour l'acier mi-dur.
- $J = 0.07 * e$: pour l'acier dur.
- $J = 0.1 * e$: pour l'aluminium.

Application numérique

$$J = 0.05\,e = 0.05 \times 2\text{mm} = 0.1\text{mm}$$

$$D = d + J = 20 + 0.1 = 20.1\text{mm}$$

Alors nous devons monter une matrice de 20.1 mm pour assurer un poinçonnage dans des conditions optimales.

4.19 Conclusion

À l'issue de ce chapitre, nous avons pu déterminer les principales dimensions et caractéristiques mécaniques des composants essentiels de la presse. Le dimensionnement effectué, basé sur les efforts de poinçonnage, permet d'assurer la solidité et le bonfonctionnement de l'ensemble. Ces résultats constituent une base technique indispensable pour passer à l'étape suivante de la conception assistée par ordinateur (CAO), où les éléments modélisés seront assemblés virtuellement pour vérification et validation.

CHAPITRE 05 : CONCEPTION ASSISTEE PAR ORDINATEUR (CAO)

5. CONCEPTION ASSISTEE PAR ORDINATEUR (CAO)

5.1 Introduction

La conception assistée par ordinateur (CAO) constitue une étape essentielle dans le processus de développement de tout système mécanique. Elle permet de visualiser, d'analyser et d'optimiser les différentes pièces d'une machine avant même leur fabrication. Dans ce chapitre, nous présentons les différentes étapes de la modélisation 3D de la presse mécanique conçue dans le cadre de ce travail, ainsi que les dessins de définition associés à chaque composant.

Ce chapitre comprend une présentation détaillée de l'assemblage global de la presse, une description des principales pièces mécaniques modélisées, ainsi que les dessins techniques nécessaires à leur fabrication. Lorsque cela est pertinent, des vues éclatées ou des simulations d'assemblage sont également fournies afin de mieux illustrer le fonctionnement du mécanisme.

5.2 Logiciel SolidWorks

SolidWorks est un logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) utilisé pour créer des modèles 3D de pièces et d'assemblages mécaniques. Il permet aussi de générer des dessins techniques avec des cotations précises. Grâce à son interface simple et ses outils puissants, il est largement utilisé dans le domaine de l'ingénierie pour concevoir, simuler et documenter des systèmes mécaniques.

Figure 5.1: Logo SolidWorks.

5.3 Conception

La Conception Assistée par Ordinateur (CAO) regroupe l'ensemble des logiciels et des techniques de modélisation géométrique qui permettent de créer, tester virtuellement, et simuler numériquement des produits fabriqués ainsi que les outils nécessaires à leur fabrication. Différents logiciels sont utilisés en CAO, comme Kompas 3D, SolidWorks, Abaqus, etc.

Dans notre projet de conception, nous avons opté pour l'utilisation du logiciel SolidWorks pour concevoir chaque pièce de notre machine, puis pour assembler toutes les pièces afin d'obtenir la conception finale de notre presse.

5.4 Présentation de la presse

La presse conçue dans le cadre de ce projet est une presse mécanique excentrique destinée aux opérations de poinçonnage sur des tôles métalliques minces. Elle a été modélisée entièrement en 3D à l'aide du logiciel SolidWorks.

Cette presse fonctionne grâce à un système de transmission de mouvement qui convertit le mouvement rotatif du moteur en un mouvement alternatif vertical. Le mécanisme est composé principalement d'un moteur, d'un système de transmission par courroie et poulies, d'un arbre excentrique, d'une bielle, et d'un coulisseau qui porte le poinçon.

5.5 Conception et Modélisation géométrique des éléments de la presse

5.5.1 Modélisation de mécanisme d'entraînement : Arbre excentrique

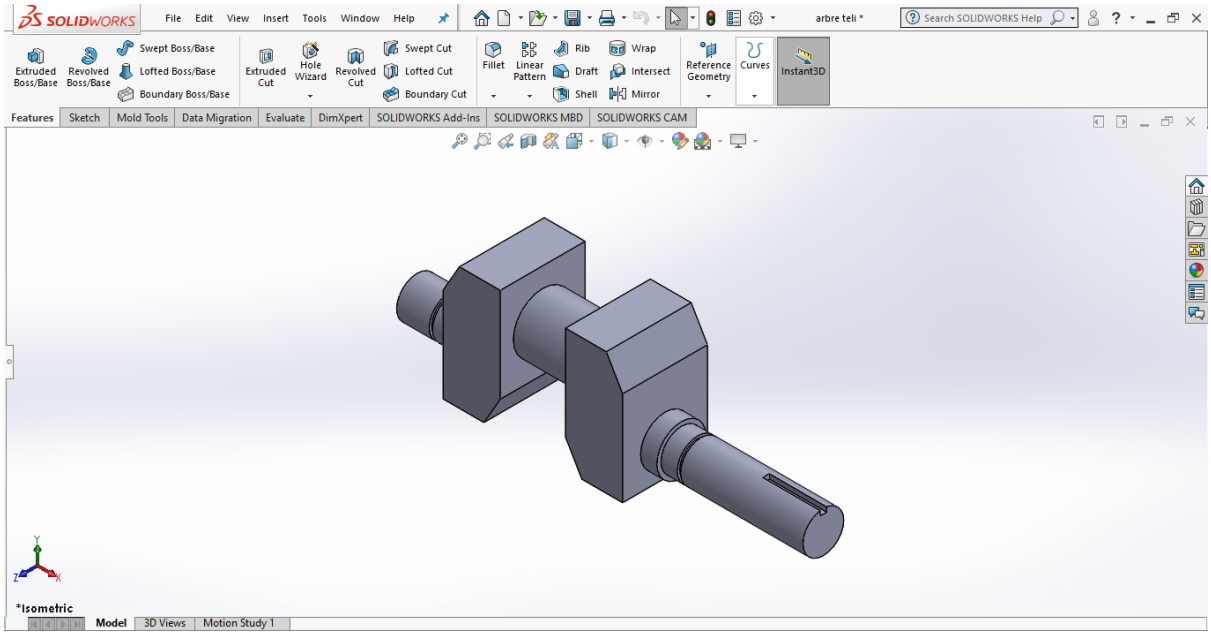


Figure 5.2: Modèle 3D de l'arbre excentrique.

Fonction : La configuration à excentrique est l'un des systèmes les plus utilisés dans les presses mécaniques. Elle transforme le mouvement de rotation d'un arbre (souvent entraîné par un moteur via un système poulie-courroie) en mouvement alternatif rectiligne du coulisseau. Le principe repose sur un arbre excentré, c'est-à-dire un arbre dont l'axe de rotation est décalé par rapport à l'axe de la pièce circulaire fixée dessus. Ce décalage (appelé excentricité) génère un

mouvement alternatif qui permet de réaliser des opérations comme le poinçonnage, l'emboutissage ou le découpage.

Ce système est apprécié pour sa simplicité, sa fiabilité, et sa capacité à fournir une force importante sur une course relativement courte.

5.5.2 Modélisation de la bielle

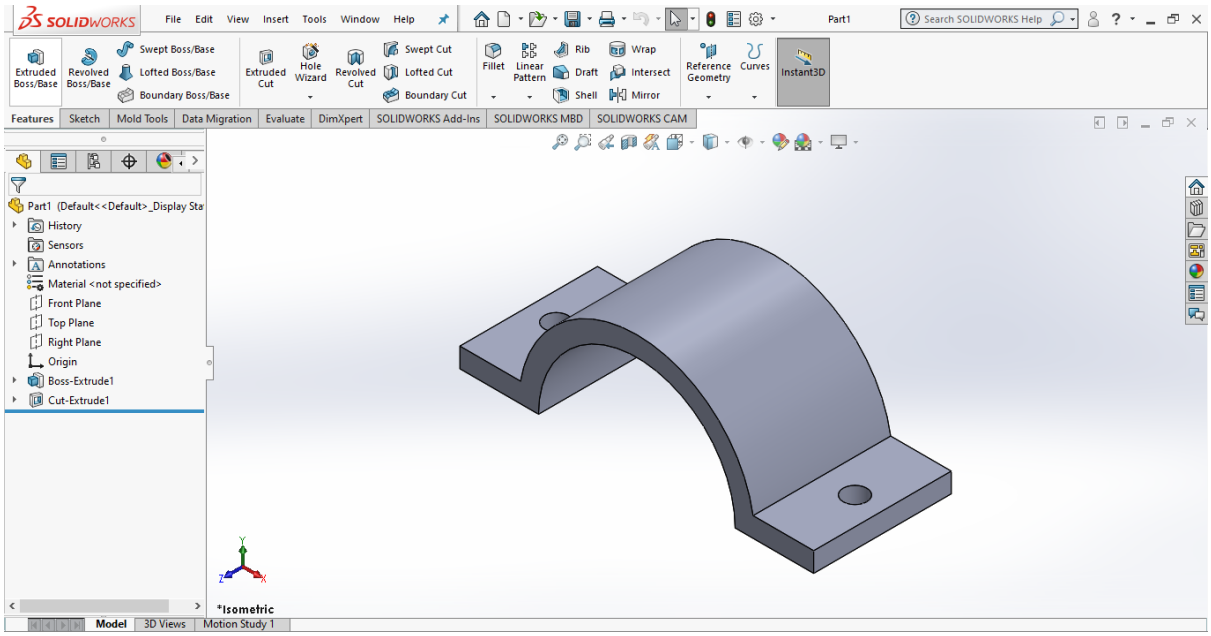


Figure 5.3: Modèle 3D de Chapeau de la bielle.

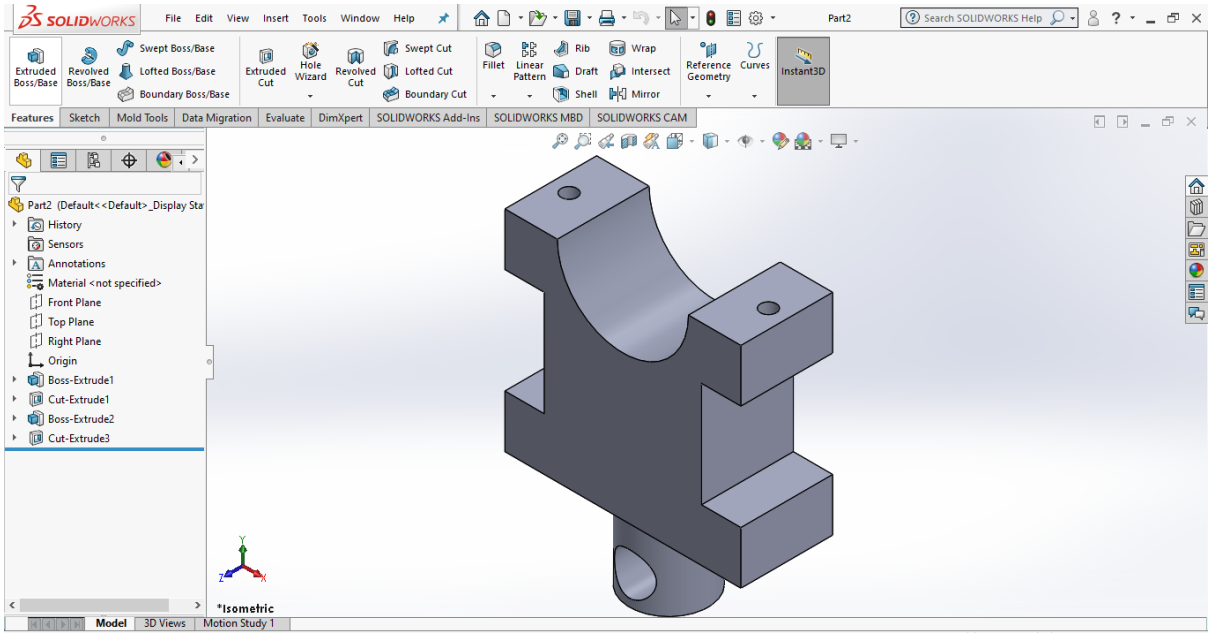


Figure 5.4: Modèle 3D du Corps de la bielle.

Fonction : La bielle a pour rôle de transmettre le mouvement circulaire de l'arbre excentrique en un mouvement alternatif rectiligne du coulisseau. Elle assure ainsi la liaison entre les éléments tournants et les éléments en translation.

5.5.3 Modélisation de coulisseau

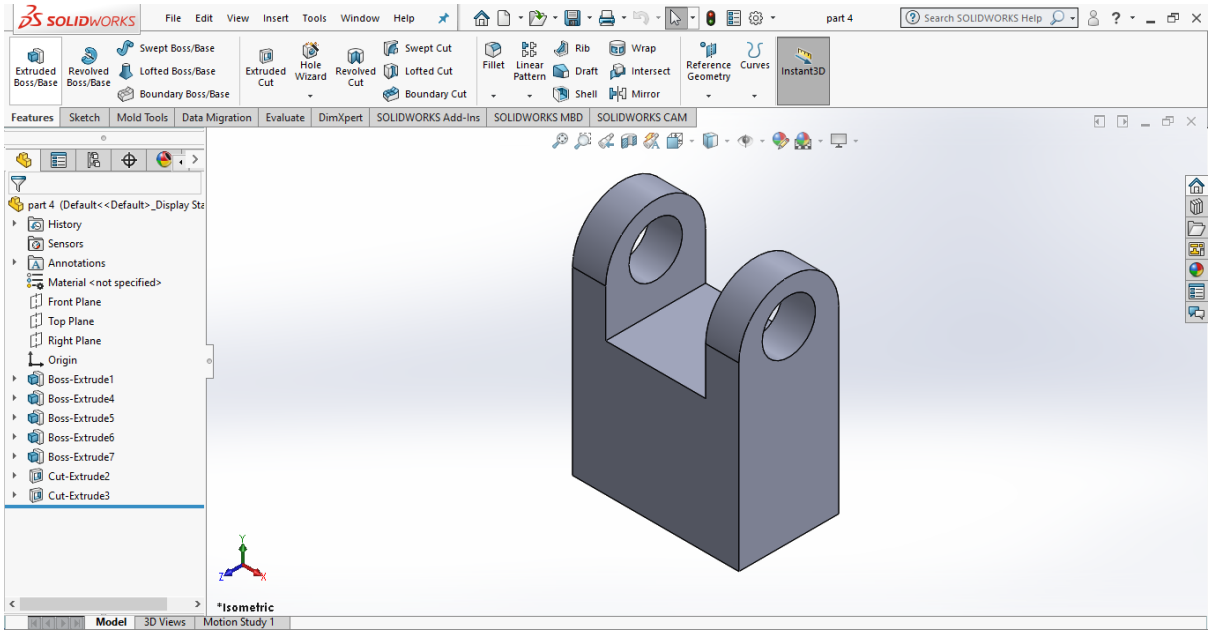


Figure 5.5: Modèle 3D de coulisseau.

Fonction : Le coulisseau est la pièce mobile qui effectue un mouvement de translation verticale. Il reçoit le mouvement de la bielle et le transmet directement à l'outil de travail (le poinçon), assurant l'opération de découpe.

5.5.4 Modélisation de poinçon

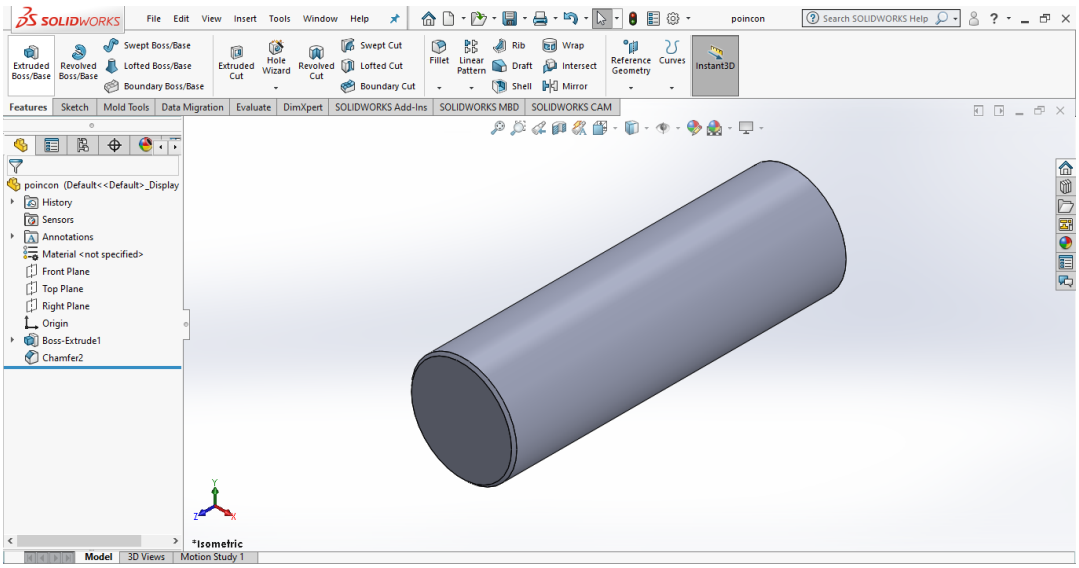


Figure 5.6: Modèle 3D de poinçon.

Fonction : Le poinçon est l'outil qui vient exercer une force sur la pièce à usiner, généralement en combinaison avec une matrice. Il est fixé à l'extrémité du coulisseau et permet de réaliser l'opération de poinçonnage.

Avec d= 20mm

5.5.5 Modélisation de mécanisme de transmission de mouvement

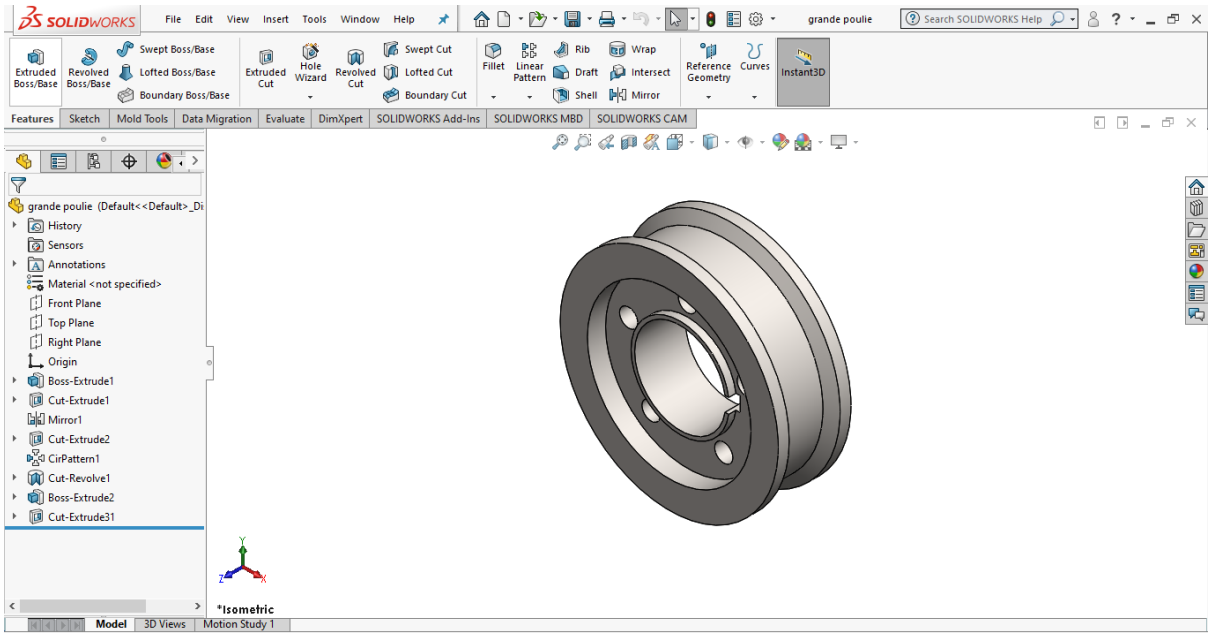


Figure 5.7: Modèle 3D de la poulie menée.

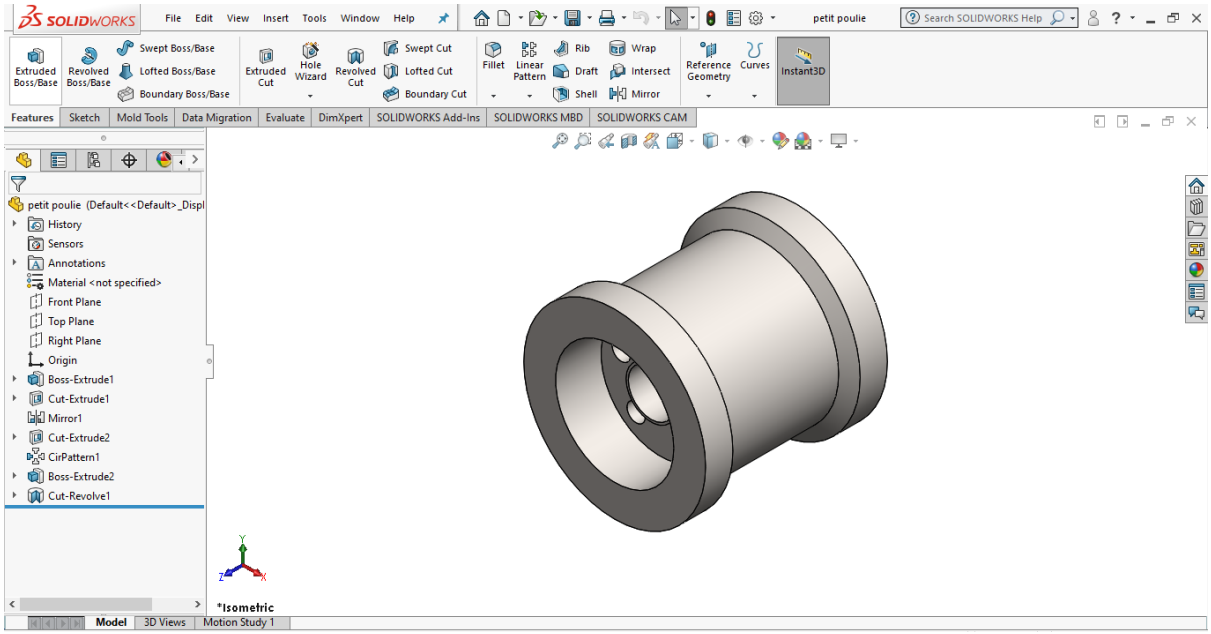


Figure 5.8: Modèle 3D de la poulie menant.

Fonction : Pour réduire la vitesse de rotation du moteur à une vitesse plus lente et plus adaptée à l'opération on utilise Le système poulie-courroie. Ce mécanisme de transmission est compose principalement de deux poulies de diamètres différents reliées par une courroie. Lorsque la poulie motrice (liée au moteur) entraîne la poulie menée, la vitesse est modifiée en fonction du rapport des diamètres :

$$N_2 = N_1 \times \frac{D_1}{D_2}$$

N_1 Vitesse d'entrée 30 tr/mn.

D_1 Diamètre de la poulie motrice 20 mm.

N_2 Vitesse de sortie 10 tr/mn.

D_2 Diamètre de la poulie menée 60 mm.

$L_{courroie}$ longueur de la courroie 349 mm

5.5.6 Modélisation de la matrice

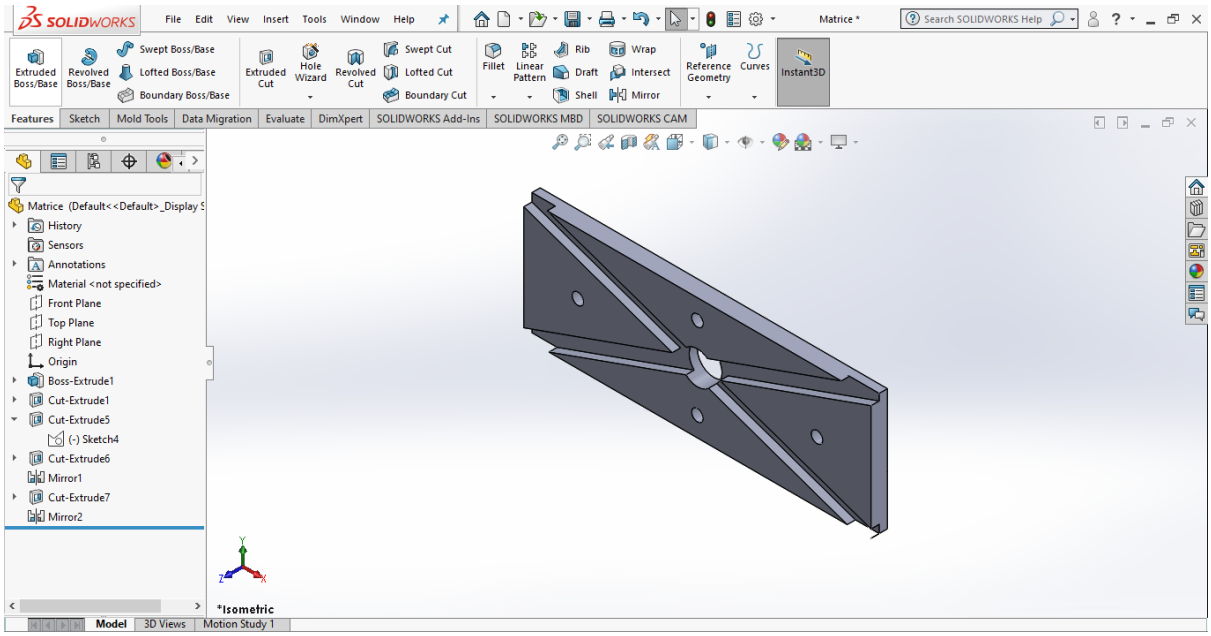


Figure 5.9: Modèle 3D de la matrice.

Fonction : Pièce fixe permet de guider et former la découpe lors du passage du poinçon.

5.5.7 Modélisation des parties d'embrayage

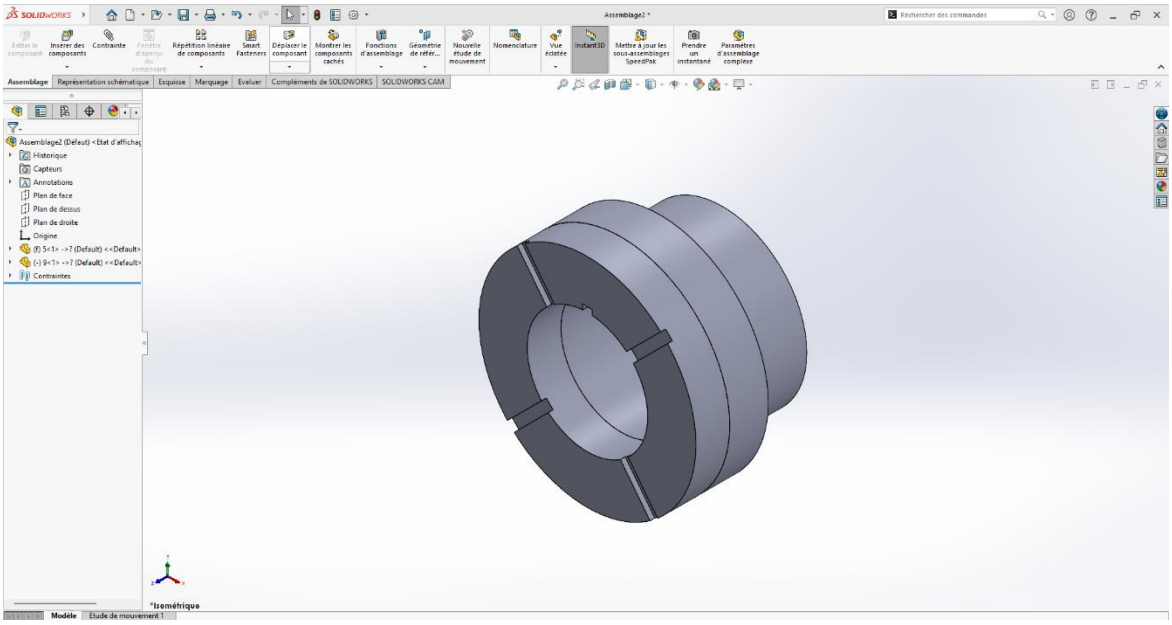


Figure 5.10: Modèle 3D de disque mené d'embrayage.

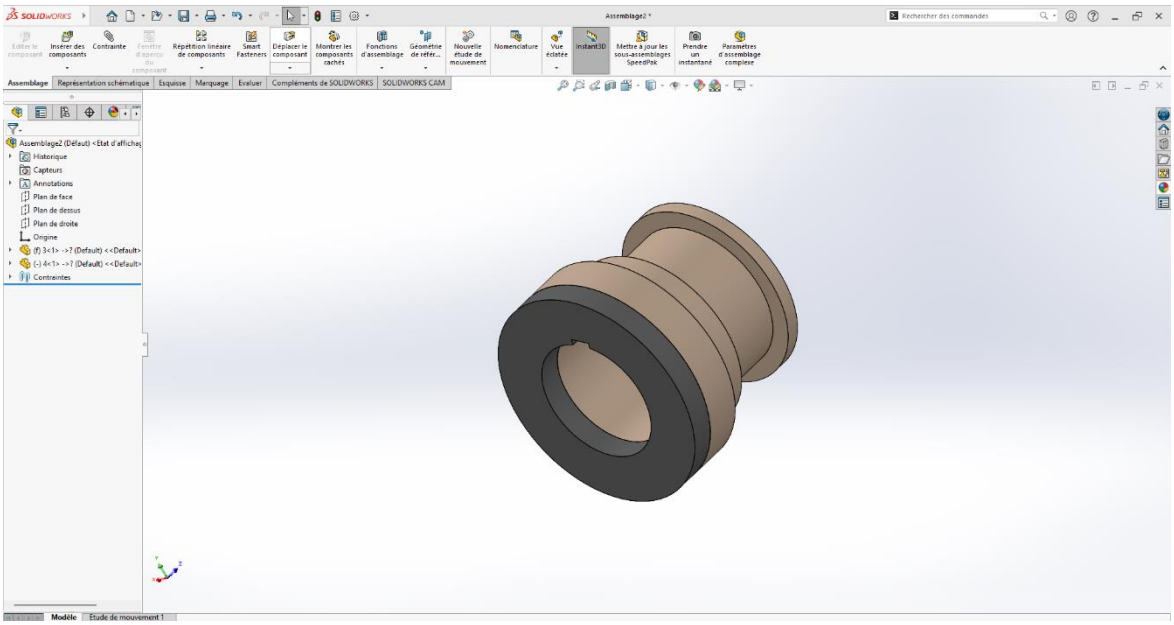


Figure 5.11: modèle 3D de disque menant d'embrayage.

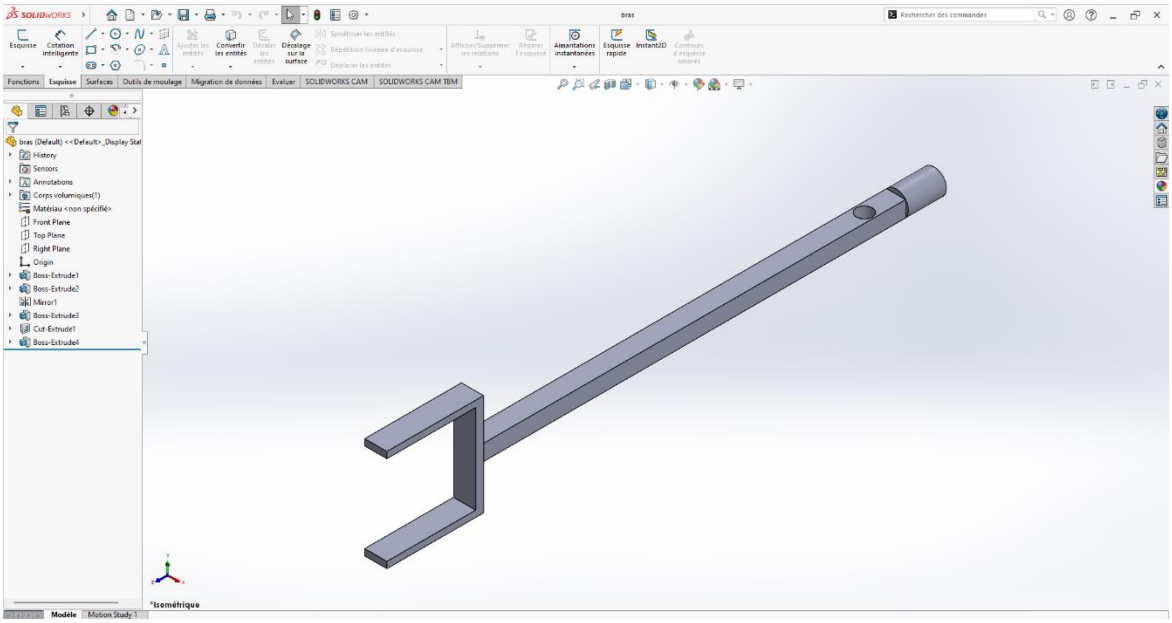


Figure 5.12: Modèle 3D du bras.

Fonction : Permet de transmettre progressivement le mouvement rotatif du moteur vers l'arbre excentrique, grâce au frottement entre les disques, tout en assurant un engagement et un désengagement souples pour un contrôle précis du cycle de travail.

5.5.8 Modélisation de la structure

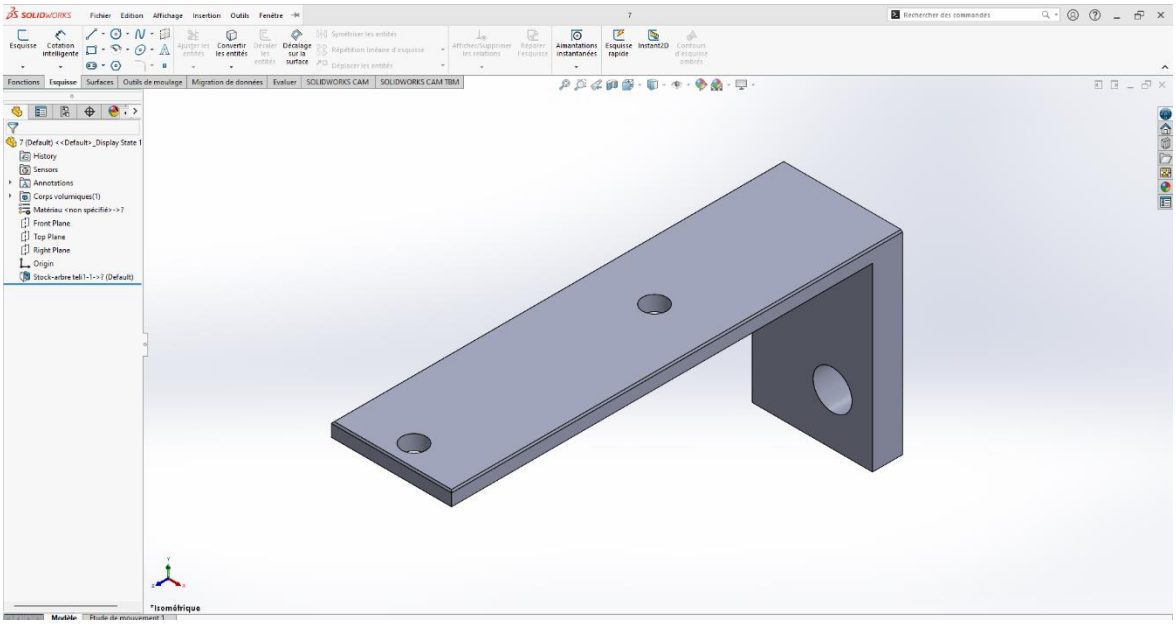


Figure 5.13: Modèle 3D de la plaque L.

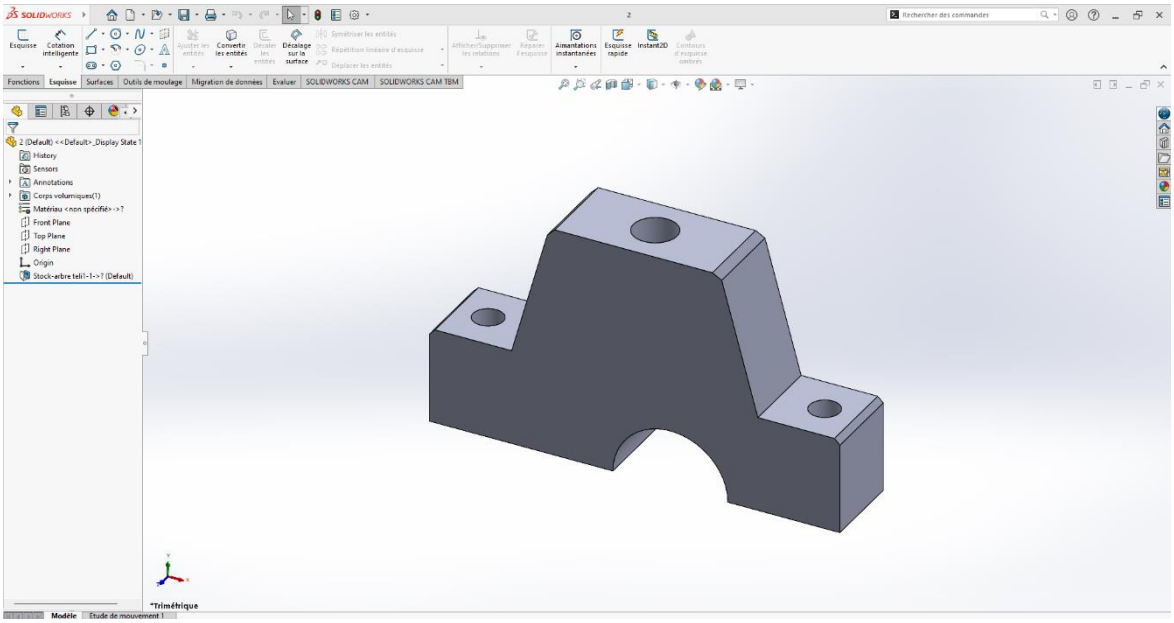


Figure 5.14: Modèle 3D de la partie supérieure de la structure de la presse.

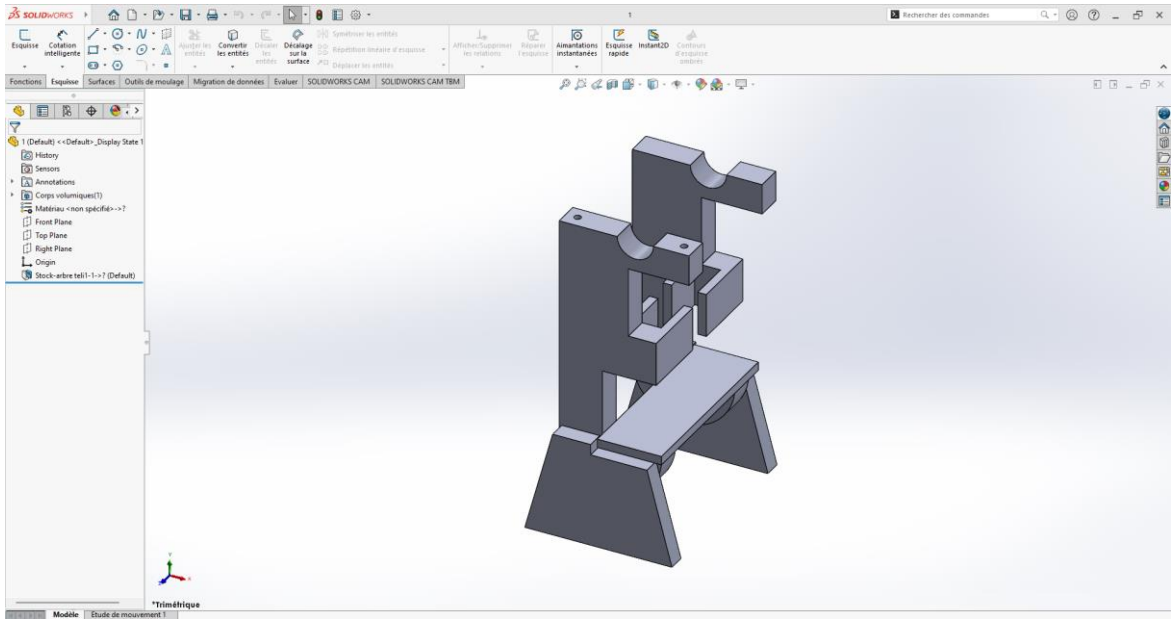


Figure 5.15: Modèle 3D de la partie inférieure de la structure de la presse.

Fonction : Le bâti assure le support, la rigidité et l'alignement des différents composants de la presse tout en résistant aux efforts mécaniques générés pendant le travail.

5.5.9 Modélisation du couvercle

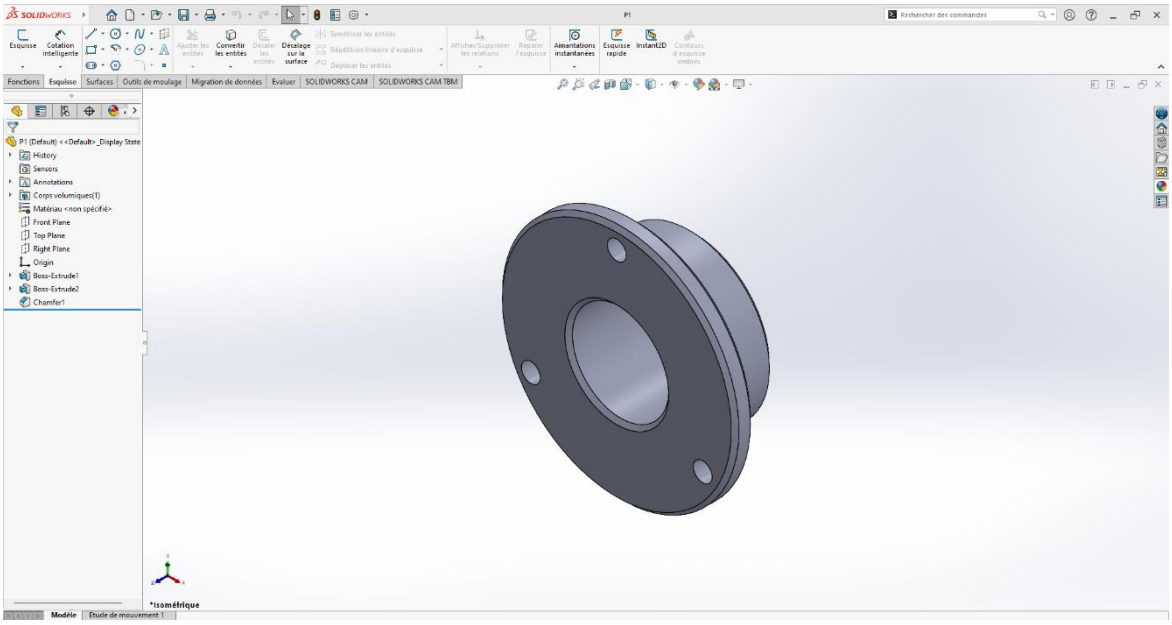


Figure 5.16: Modèle 3D du couvercle.

Fonction : Assure le maintien axial et radial des roulements, protège contre les impuretés, et garantit la stabilité du montage pour une rotation fluide de l'arbre.

5.5.10 Modélisation de l'arbre

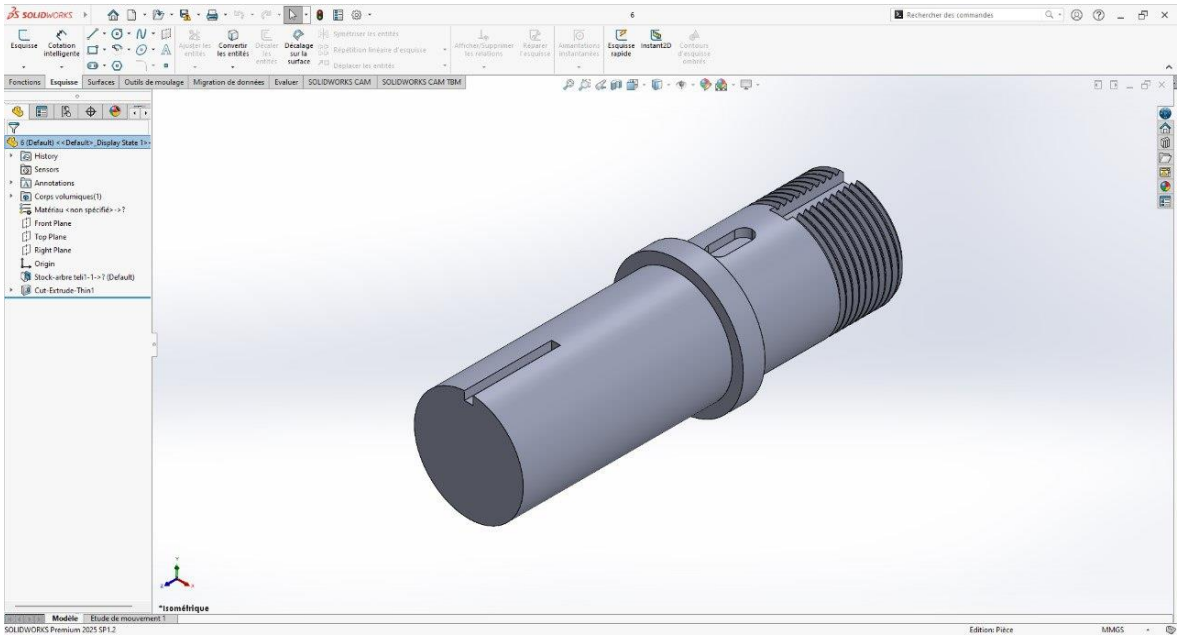


Figure 5.17: Modèle 3D de l'arbre.

Fonction : Assurer la transmission du mouvement de rotation et du couple entre la poulie d'entraînement et l'embrayage tout en garantissant l'alignement des composants.

5.6 Assemblage de la presse

La figure ci-dessous représente la vue éclatée du modèle 3D de la presse conçue. Cette représentation permet de visualiser clairement l'ensemble des composants de la machine, leur forme, leur position relative, ainsi que l'ordre de montage. Elle facilite la compréhension du fonctionnement global du mécanisme et est très utile lors de la phase de fabrication ou d'assemblage.

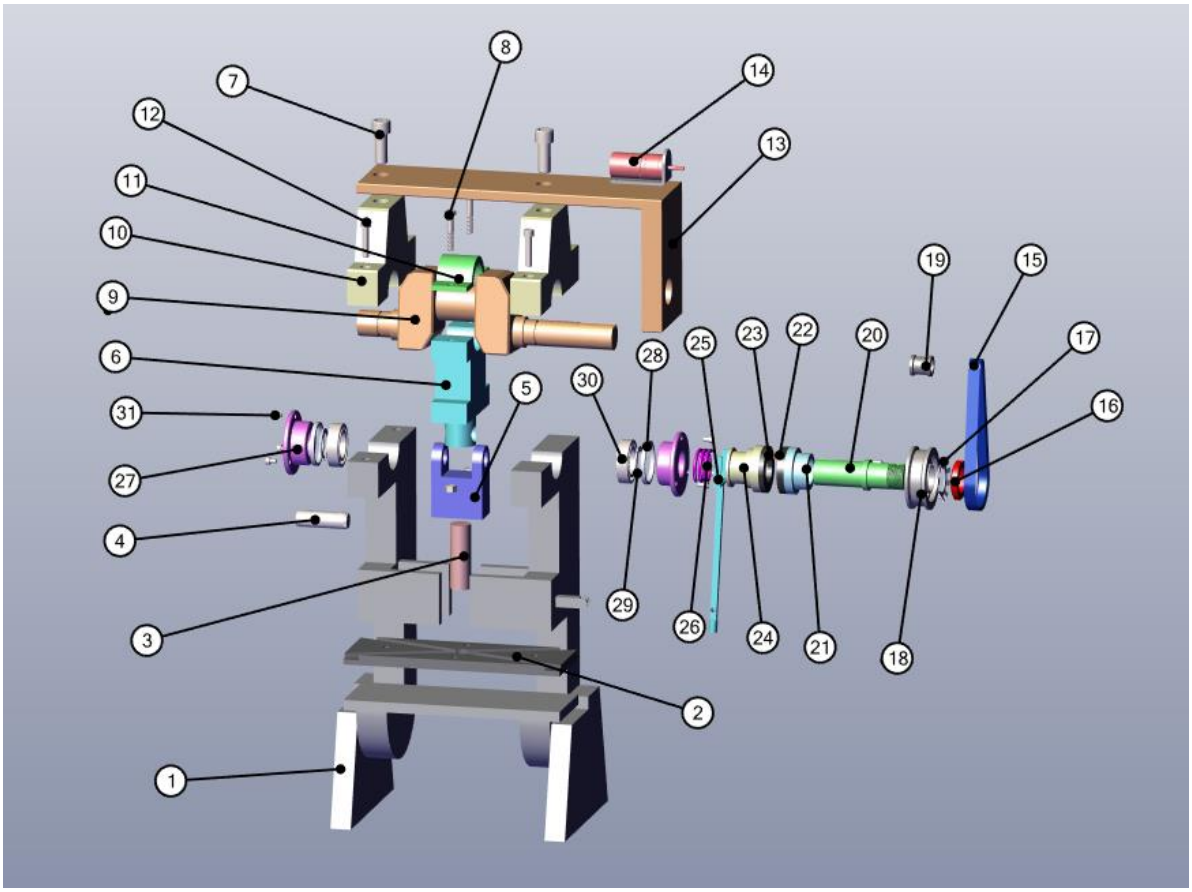


Figure 5.18: Vue éclatée de la presse.

Tableau 5.1 : Nomenclature des pièces associées à la vue éclatée.

Nb	Rep	Désignation
01	1	Partie inferieure de la structure
02	1	Matrice

03	1	Poinçon
04	1	goupille
05	1	coulisseau
06	1	Corps de la Bielle
07	2	Vis à tête hexagonale
08	2	Vis à tête hexagonale M6 × 35
09	1	Arbre excentrique
10	1	Partie superieure de la structure
11	1	Chapeau de la bielle
12	4	Vis à tête hexagonale
13	1	Plaque L
14	1	moteur
15	1	courroie
16	1	Ecrou à encoches M25
17	1	Rondelle frein pour écrou M25
18	1	Poulie Menant
19	1	Poullie Menée
20	1	Arbre
21	1	Disque Menée
22	1	Disque de friction 2
23	1	Disque de friction 1

24	1	Disque Menant
25	1	Bras
26	1	Ressort
27	2	couvercle
28	2	Anneau élastique pour alésage
29	2	Anneau élastique pour arbre
30	2	Roulement radial à une rangée de billes
31	6	Vis à tête hexagonale

5.6.1 Montage de l'arbre excentrique avec la structure de la presse

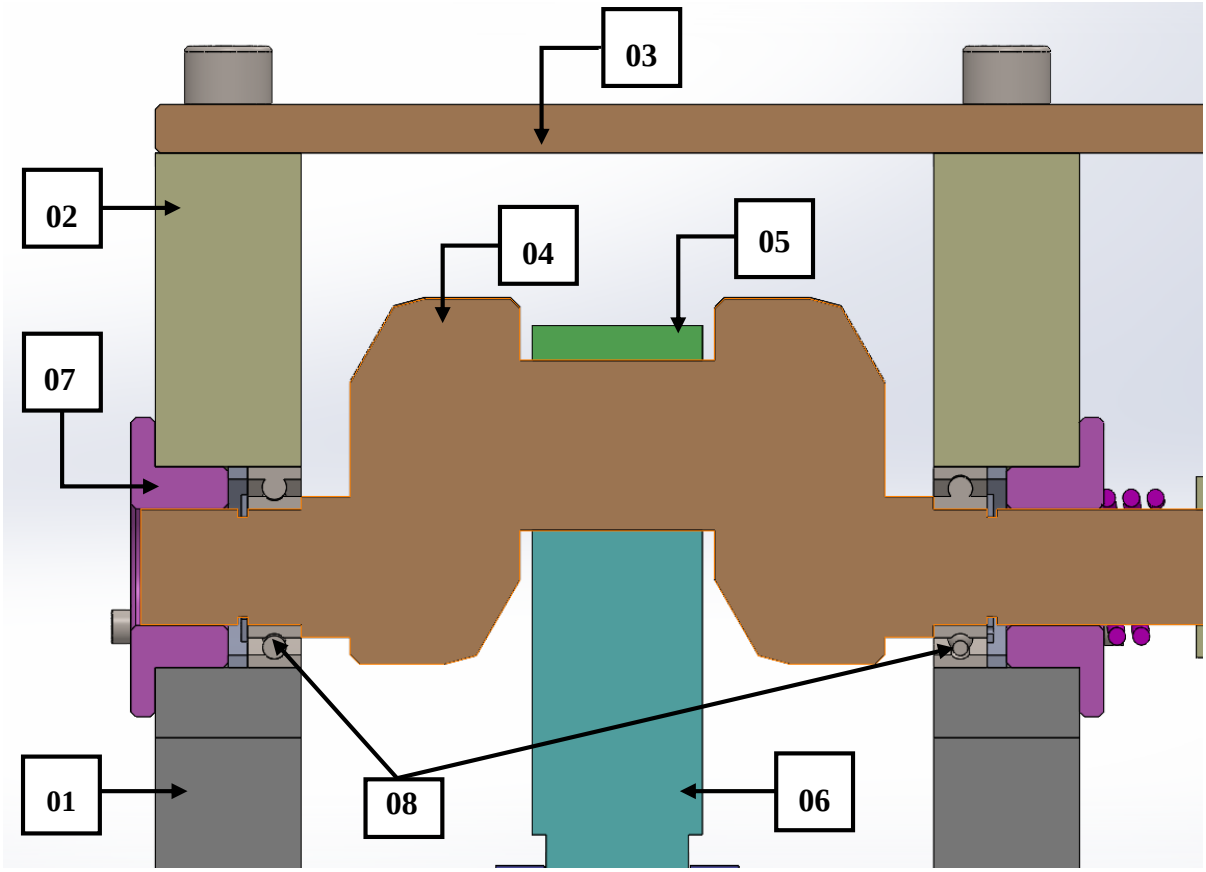


Figure 5.19: Vue en coupe du montage de l'arbre excentrique avec la structure.

01 : Partie inférieure de la structure

02 : Partie supérieure de la structure

03 : Plaque L

04 : Arbre excentrique

05 : Chapeau de la bielle

06 : Corps de la Bielle

07 : couvercle

08 : les roulements

5.6.2 Montage de l'embrayage

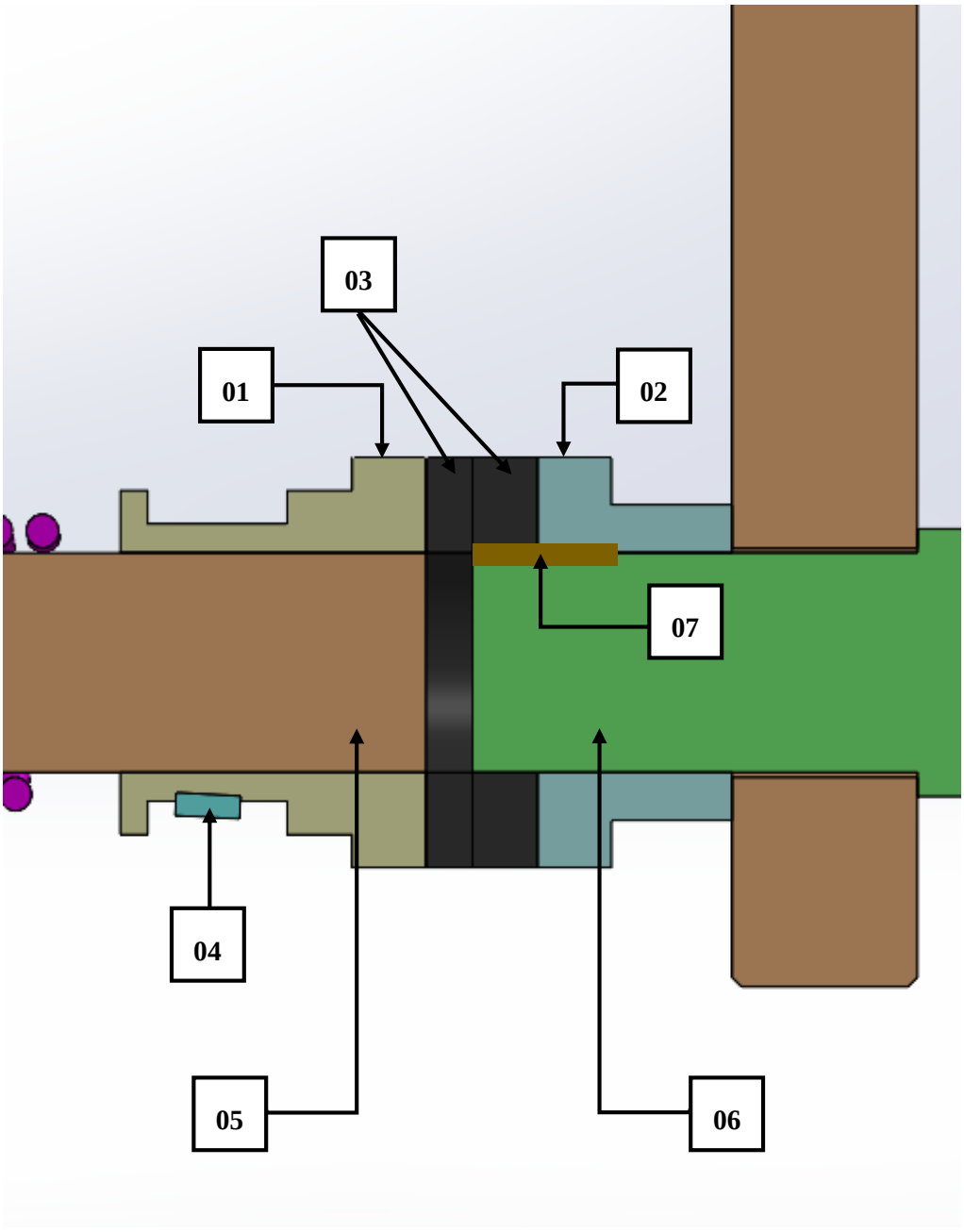


Figure 5.20: Vue en coupe du montage de l'embrayage avec les arbres.

01 : Disque Menant

02 : Disque Menée

03 : Disque de friction

04 : Bras

05 : Arbre excentrique

06 : Arbre

07 : clavette

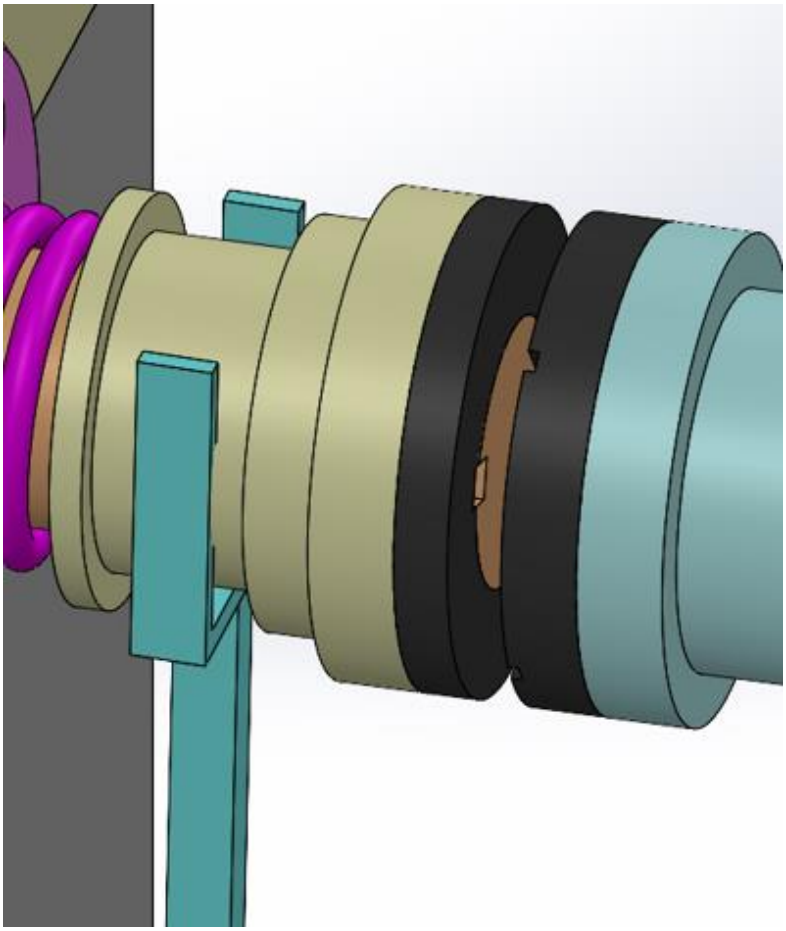


Figure 5.21: Vue 3D de montage d’embrayage.

5.6.3 Montage du système poulie-courroie avec les arbres

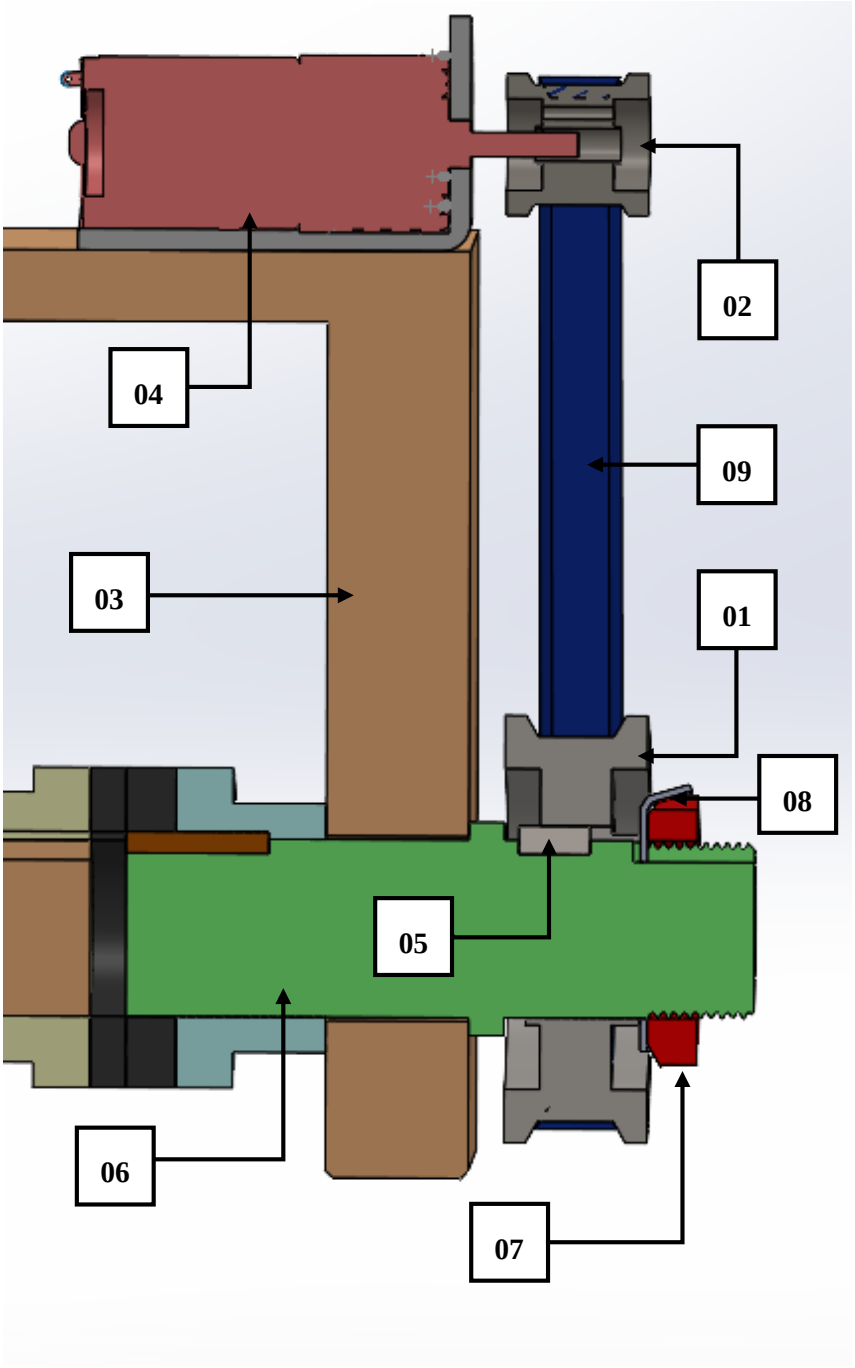


Figure 5.22 : Vue en coupe du montage du système poulie-courroie avec les arbres.

01 : Poulie Menant
02 : Poulie Menée
03 : Plaque L
04 : Moteur
05 : clavette
06 : Arbre
07 : Ecrou à encoches M25
08 : Rondelle frein pour écrou M25
09 : courroie

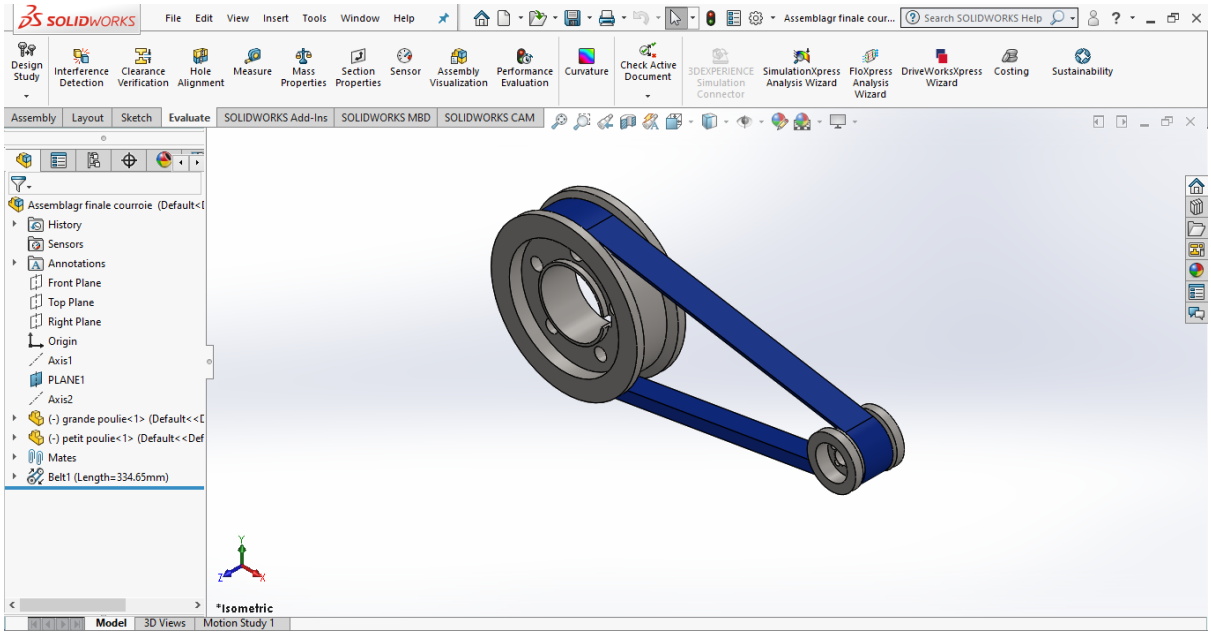


Figure 5.23: Modèle 3D de système poulie-courroie.

5.7 Présentation de la presse finale

Après avoir travaillé sur la machine avec SolidWorks, nous avons pu obtenir les modèles représentés ci-dessous.

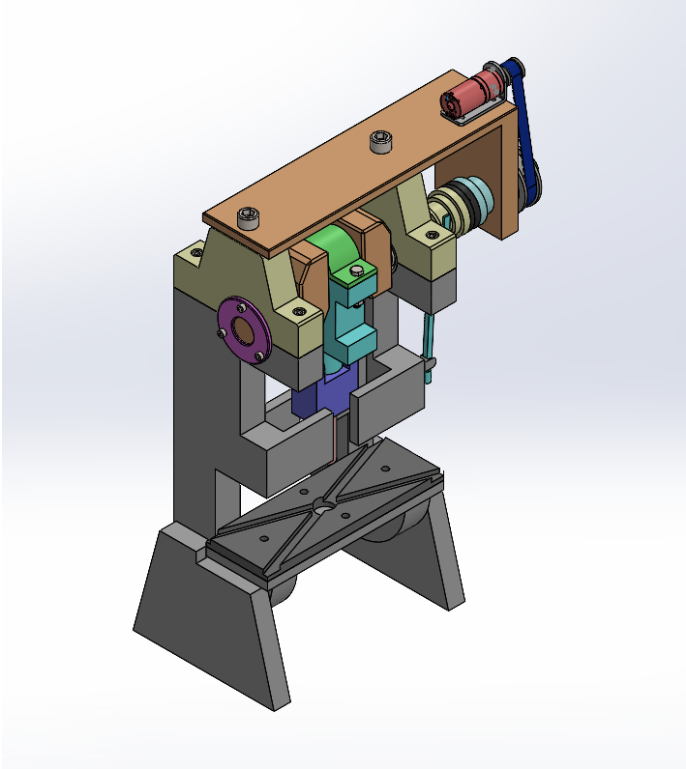


Figure 5.24: Vue 3D de la presse.

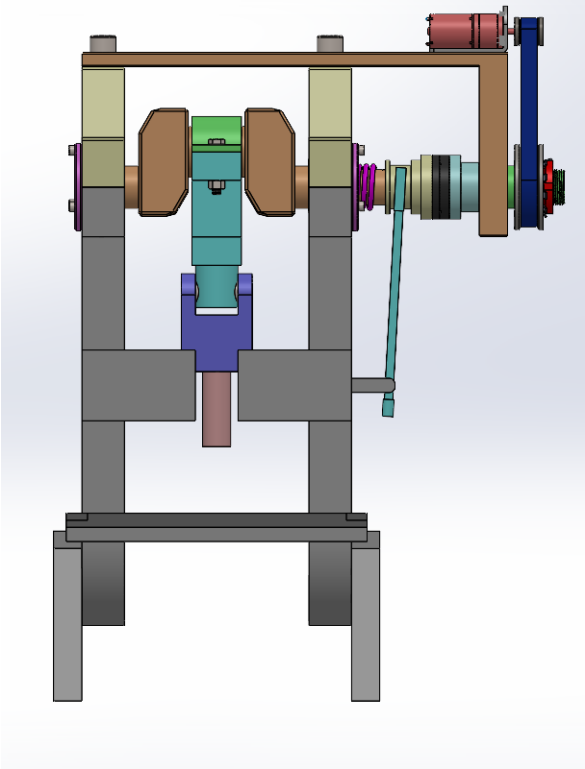


Figure 5.25: Vue de face de la presse.

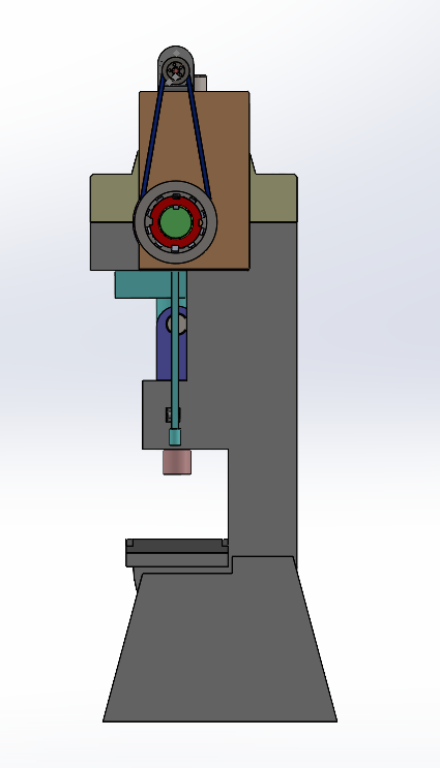


Figure 5.26: Vue de droite de la presse.

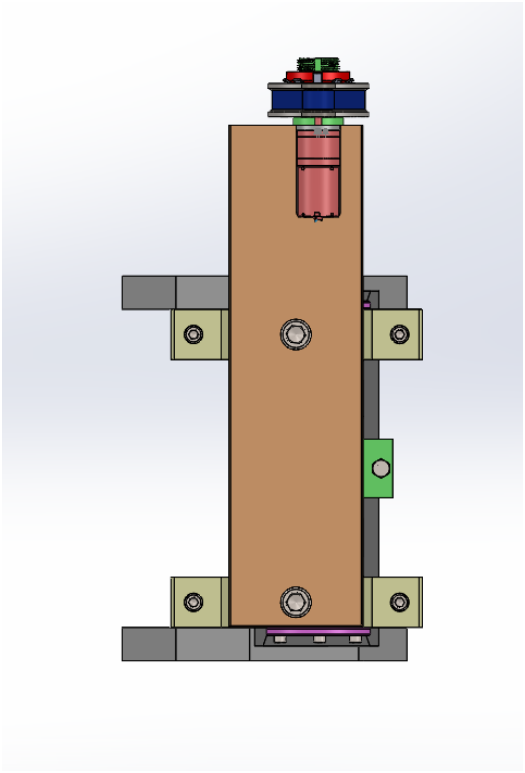


Figure 5.27: Vue de dessus de la presse.

5.8 Principe de fonctionnement

Le fonctionnement repose sur la transformation d'un mouvement rotatif en un mouvement alternatif vertical. Le moteur entraîne une poulie reliée par courroie à un arbre excentrique. Lorsque cet arbre tourne, il met en mouvement une bielle qui transforme la rotation en une translation verticale. Cette translation est transmise au coulisseau, qui descend et pousse le poinçon contre la matrice, réalisant ainsi l'opération de découpe. Une fois le poinçonnage terminé, le coulisseau remonte automatiquement grâce à la rotation continue de l'arbre, permettant d'évacuer la pièce découpée et de positionner une nouvelle tôle pour le cycle suivant. Ce cycle se répète à chaque tour de l'arbre excentrique, assurant un fonctionnement continu et régulier de la presse.

5.9 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté de manière détaillée la conception complète de la presse mécanique destinée à l'opération de poinçonnage. En partant du principe de fonctionnement général de la machine, nous avons ensuite modélisé chaque composant en 3D à l'aide du logiciel SolidWorks, ce qui nous a permis de visualiser l'ensemble du mécanisme et de valider l'assemblage global à travers une vue éclatée.

L’étude de conception a permis de vérifier l’intégration des différents sous-ensembles (mécanisme bielle-manivelle, système de transmission, bâti, outil de découpe, etc.) et d’assurer leur bon fonctionnement. Cette étape constitue une base essentielle pour la réalisation pratique de la machine, en offrant une vue précise sur les dimensions.

Ainsi, cette phase de conception assistée par ordinateur marque une étape clé du projet, en traduisant les besoins fonctionnels en solutions techniques concrètes, prêtes à être fabriquées.

CONCLUSION GENERALE

Ce travail de fin d'étude avait pour objectif principal la conception d'une presse mécanique dédiée à l'opération de poinçonnage de tôles métalliques fines. Pour atteindre cet objectif, nous avons suivi une démarche méthodique en plusieurs étapes, réparties sur cinq chapitres complémentaires.

Dans un premier temps, nous avons présenté un état de l'art sur les différents types de presses, leurs utilisations industrielles ainsi que les principes généraux qui les régissent. Ensuite, nous avons approfondi nos connaissances sur le fonctionnement des presses.

Le troisième chapitre a été consacré à la description détaillée du procédé de poinçonnage, en expliquant ses phases, ses avantages, ainsi que les paramètres influençant la qualité et la précision de la découpe. Par la suite, une étude de dimensionnement a été réalisée dans le quatrième chapitre afin de déterminer les efforts, les vitesses et les dimensions adéquates des différents éléments de la presse, en fonction des contraintes fonctionnelles et des matériaux choisis.

Enfin, le dernier chapitre a permis de traduire ces résultats sous forme d'un modèle 3D à l'aide du logiciel **SolidWorks**, où chaque composant a été modélisé, assemblé et représenté par des vues éclatées et des dessins de définition destinés à la fabrication.

- **Perspectives**

Ce travail représente une première étape vers la réalisation d'une presse fonctionnelle. Plusieurs perspectives d'amélioration et de développement peuvent être envisagées :

- Automatisation du cycle de poinçonnage à l'aide de capteurs et de systèmes de commande programmables (PLC).
- Simulation numérique du comportement dynamique de la presse pour vérifier les efforts internes, les vibrations et la résistance des matériaux.
- Optimisation du design afin de réduire le poids des composants tout en conservant leur robustesse
- Intégration d'un système de sécurité pour protéger l'opérateur pendant l'utilisation de la machine.
- Prototypage physique de la presse pour valider expérimentalement les choix de conception.

- Etude et dimensionnement de l’embrayage.
- Étude et dimensionnement du levier d’embrayage afin de définir l’effort nécessaire, optimiser sa géométrie et vérifier sa résistance, tout en tenant compte de la force de rappel du ressort.

Ces perspectives ouvrent la voie à des travaux futurs plus approfondis, visant à adapter cette machine à des environnements industriels réels ou à d'autres procédés de mise en forme des métaux.

BIBLIOGRAPHIE

[1] *Hydraulic And Mechanical Presses*. (n.d.). Thelibraryofmanufacturing.com. https://thelibraryofmanufacturing.com/presses.html

[2] Etude et conception d'une presse hydraulique 30t. Mémoire de fin d'étude promotion 2022/2023 .Présenter par : -ABBADI Abdenour - ZERDALI Ali. Université Dr. Yahia Farés de Médéa

[3] WORLD. (2024, 27 décembre). *What are the advantages and working principles of mechanical Power presses?* Pressmachine-World.com. https://www.pressmachine-world.com/a-what-are-the-advantages-and-working-principles-of-mechanical-power-presses.html

[4] *3 types de machines de presse : Un guide complet - ADH Machine Tool*. (2025, 16 janvier). ADH Machine Tool. https://www.adhmt.com/fr/types-de-machines-de-presse

[5] Administrador. (2022, 20 octobre). Presses excentriques : tout ce qu'il faut savoir- Entreprise d'assemblage industriel. Entreprise d'Assemblage Industriel. https://matriceriasdelcentro.com/fr/presses-excentriques-tout-ce-qu-il-faut-savoir-2/

[6] Reynolds, J. (2023, 20 juin). *▷ Mécanisme à crémaillère*. Physigeek.com. https://physigeek.com/cremaillere

[7] tsinfa. (2024, 5 juin). *Les 15 principaux types de presses hydrauliques que vous devez connaître - TSINFA*. TSINFA. https://www.tsinfa.com/fr/types-of-hydraulic-presses

[8] CNPrint, « Presse PNEUMATIQUE », *CNPrint*, https://cnprint.ma/fr/accueil/271-presse-pneumatique.html.

[9] Roy, V. (2021, 30 novombre). *Présentation de la presse pneumatique*. Presse-Industrielle.com. https://www.presse-industrielle.com/presentation-de-la-presse-pneumatique

[10] Christophe. De Rago, (2017, 18 aout). *Cours sur le poinconnage !* Rocd@Cier. https://www.rocdacier.com/cours-sur-le-poinconnage/

[11] Etude et conception d'un outil de découpage-poinçonnage 130-2. Mémoire de fin d'étude promotion 2017/2018 .Présenter par : -Mr : Amzali Mehdi ; -Mr : Ameur Lounis ; - Mr : Ammar Boussad. Université Mouloud Mammeri – TIZI - OUZOU

[12] Technique de l'ingénieur, traité mécanique et chaleur BT3-2000 Centre français du copyright.

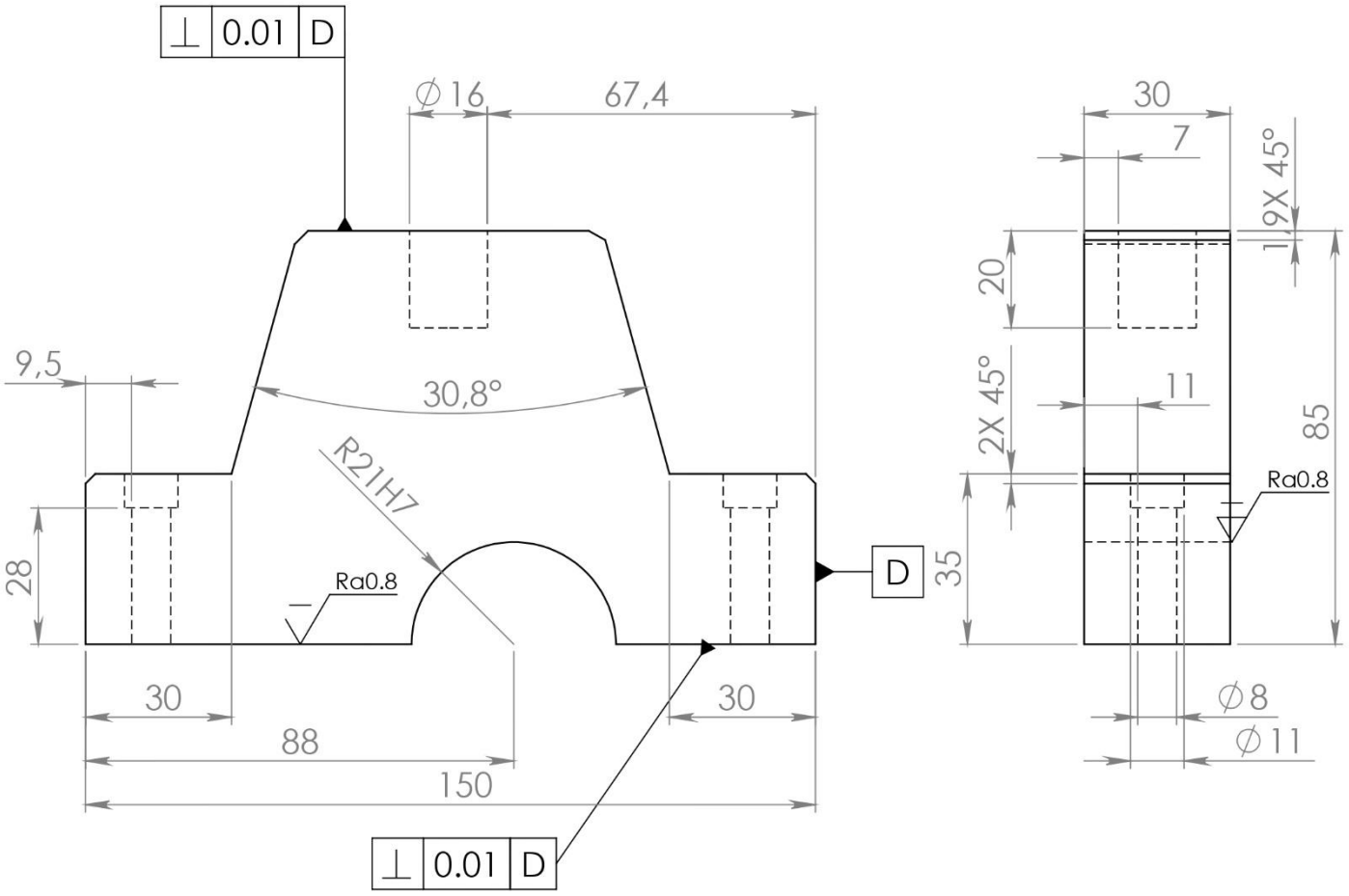
[13] Technique de l'ingénieur (mise en forme des matériaux en feuilles). (SNDL)

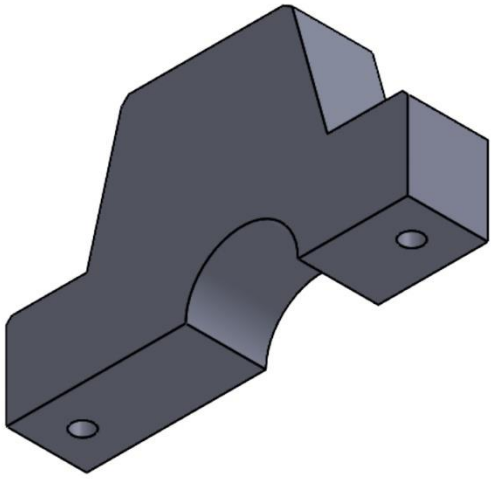
ANNEXE

Principaux écarts en micromètres

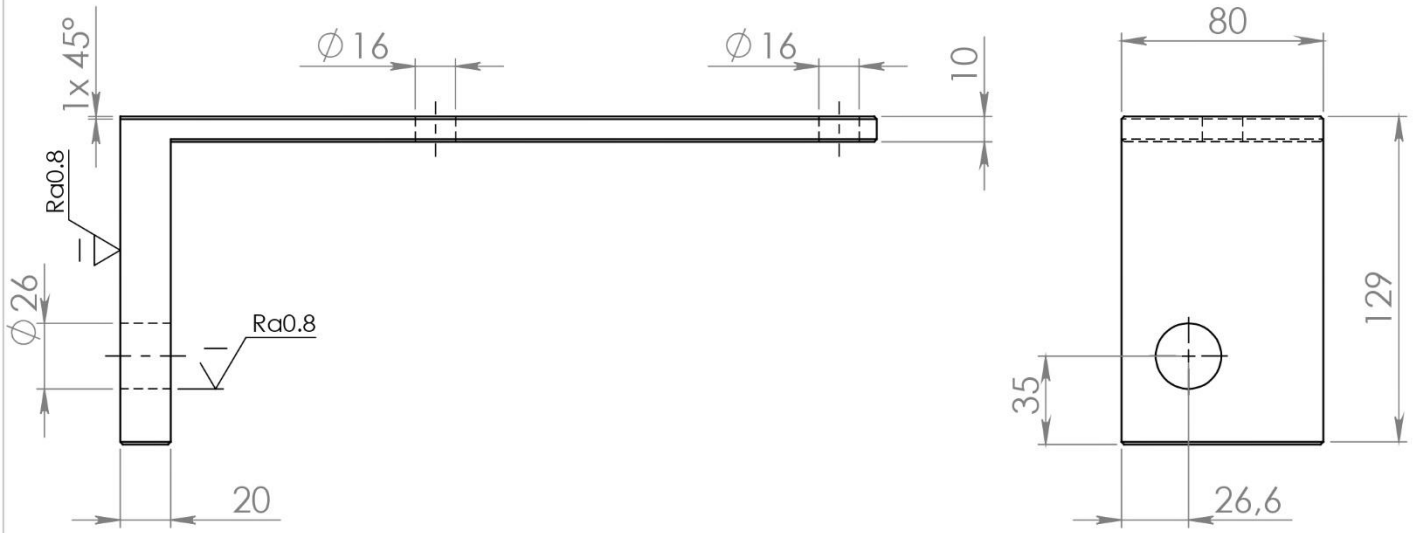
Alésages	Jusqu'à 3 inclus	3 à 6 inclus	6 à 10	10 à 18	18 à 30	30 à 50	50 à 80	80 à 120	120 à 180	180 à 250	250 à 315	315 à 400	400 à 500
D 10	+ 60 + 20	+ 78 + 30	+ 98 + 40	+ 120 + 50	+ 149 + 65	+ 180 + 80	+ 220 + 100	+ 260 + 120	+ 305 + 145	+ 355 + 170	+ 400 + 190	+ 440 + 210	+ 480 + 230
F 7	+ 16 + 6	+ 22 + 10	+ 28 + 13	+ 34 + 16	+ 41 + 20	+ 50 + 25	+ 60 + 30	+ 71 + 36	+ 83 + 43	+ 96 + 50	+ 108 + 56	+ 119 + 62	+ 131 + 68
G 6	+ 8 + 2	+ 12 + 4	+ 14 + 5	+ 17 + 6	+ 20 + 7	+ 25 + 9	+ 29 + 10	+ 34 + 12	+ 39 + 14	+ 44 + 15	+ 49 + 17	+ 54 + 18	+ 60 + 20
H 6	+ 6 0	+ 8 0	+ 9 0	+ 11 0	+ 13 0	+ 16 0	+ 19 0	+ 22 0	+ 25 0	+ 29 0	+ 32 0	+ 36 0	+ 40 0
H 7	+ 10 0	+ 12 0	+ 15 0	+ 18 0	+ 21 0	+ 25 0	+ 30 0	+ 35 0	+ 40 0	+ 46 0	+ 52 0	+ 57 0	+ 63 0
H 8	+ 14 0	+ 18 0	+ 22 0	+ 27 0	+ 33 0	+ 39 0	+ 46 0	+ 54 0	+ 63 0	+ 72 0	+ 81 0	+ 89 0	+ 97 0
H 9	+ 25 0	+ 30 0	+ 36 0	+ 43 0	+ 52 0	+ 62 0	+ 74 0	+ 87 0	+ 100 0	+ 115 0	+ 130 0	+ 140 0	+ 155 0
H 10	+ 40 0	+ 48 0	+ 58 0	+ 70 0	+ 84 0	+ 100 0	+ 120 0	+ 140 0	+ 160 0	+ 185 0	+ 210 0	+ 230 0	+ 250 0
H 11	+ 60 0	+ 75 0	+ 90 0	+ 110 0	+ 130 0	+ 160 0	+ 190 0	+ 210 0	+ 250 0	+ 290 0	+ 320 0	+ 360 0	+ 400 0
H 12	+ 100 0	+ 120 0	+ 150 0	+ 180 0	+ 210 0	+ 250 0	+ 300 0	+ 350 0	+ 400 0	+ 460 0	+ 520 0	+ 570 0	+ 630 0
H 13	+ 140 0	+ 180 0	+ 220 0	+ 270 0	+ 330 0	+ 390 0	+ 460 0	+ 540 0	+ 630 0	+ 720 0	+ 810 0	+ 890 0	+ 970 0
J 7	+ 4 − 6	+ 6 − 6	+ 8 − 7	+ 10 − 8	+ 12 − 9	+ 14 − 11	+ 18 − 12	+ 22 − 13	+ 26 − 14	+ 30 − 16	+ 36 − 16	+ 39 − 18	+ 43 − 20
K 6	0 − 6	+ 2 − 6	+ 2 − 7	+ 2 − 9	+ 2 − 11	+ 3 − 13	+ 4 − 15	+ 4 − 18	+ 4 − 21	+ 5 − 24	+ 5 − 27	+ 7 − 29	+ 8 − 32
K 7	0 − 10	+ 3 − 9	+ 5 − 10	+ 6 − 12	+ 6 − 15	+ 7 − 18	+ 9 − 21	+ 10 − 25	+ 12 − 28	+ 13 − 33	+ 16 − 36	+ 17 − 40	+ 18 − 45
M 7	− 2 − 12	0 − 12	0 − 15	0 − 18	0 − 21	0 − 25	0 − 30	0 − 35	0 − 40	0 − 46	0 − 52	0 − 57	0 − 63
N 7	− 4 − 14	− 4 − 16	− 4 − 19	− 5 − 23	− 7 − 28	− 8 − 33	− 9 − 39	− 10 − 45	− 12 − 52	− 14 − 60	− 14 − 66	− 16 − 73	− 17 − 80
N 9	− 4 − 29	0 − 30	0 − 36	0 − 43	0 − 52	0 − 62	0 − 74	0 − 87	0 − 100	0 − 115	0 − 130	0 − 140	0 − 155
P 6	− 6 − 12	− 9 − 17	− 12 − 21	− 15 − 26	− 18 − 31	− 21 − 37	− 26 − 45	− 30 − 52	− 36 − 61	− 41 − 70	− 47 − 79	− 51 − 87	− 55 − 95
P 7	− 6 − 16	− 8 − 20	− 9 − 24	− 11 − 29	− 14 − 35	− 17 − 42	− 21 − 51	− 24 − 59	− 28 − 68	− 33 − 79	− 36 − 88	− 41 − 98	− 45 − 108
P 9	− 9 − 31	− 12 − 42	− 15 − 51	− 18 − 61	− 22 − 74	− 26 − 88	− 32 − 106	− 37 − 124	− 43 − 143	− 50 − 165	− 56 − 186	− 62 − 202	− 68 − 223

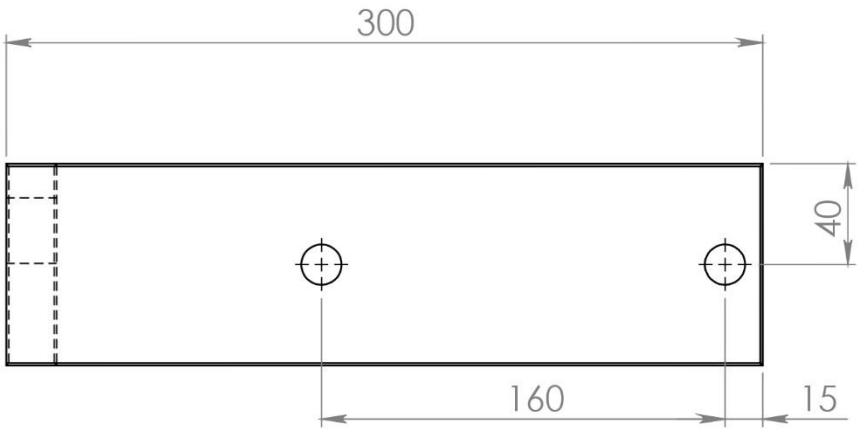
Arbres	Jusqu'à 3 inclus	3 à 6 inclus	6 à 10	10 à 18	18 à 30	30 à 50	50 à 80	80 à 120	120 à 180	180 à 250	250 à 315	315 à 400	400 à 500
a11	− 270 − 330	− 270 − 345	− 280 − 370	− 290 − 400	− 300 − 430	− 320 − 470	− 340 − 530	− 380 − 600	− 500 − 710	− 820 − 950	− 1 050 − 1 240	− 1 350 − 1 560	− 1 650 − 1 900
c11	− 60 − 120	− 70 − 145	− 80 − 170	− 95 − 205	− 110 − 240	− 130 − 280	− 150 − 330	− 160 − 390	− 230 − 450	− 280 − 530	− 330 − 620	− 400 − 720	− 480 − 840
d9	− 20 − 45	− 30 − 60	− 40 − 75	− 50 − 93	− 65 − 117	− 80 − 142	− 100 − 174	− 120 − 207	− 145 − 245	− 170 − 285	− 190 − 320	− 210 − 350	− 230 − 385
d10	− 20 − 60	− 30 − 78	− 40 − 98	− 50 − 120	− 65 − 149	− 80 − 180	− 100 − 220	− 120 − 260	− 145 − 305	− 170 − 355	− 190 − 400	− 210 − 440	− 230 − 480
d11	− 20 − 80	− 30 − 105	− 40 − 130	− 50 − 160	− 65 − 195	− 80 − 240	− 100 − 290	− 120 − 340	− 145 − 395	− 170 − 460	− 190 − 510	− 210 − 570	− 230 − 630
e7	− 14 − 24	− 20 − 32	− 25 − 40	− 32 − 50	− 40 − 61	− 50 − 75	− 60 − 90	− 72 − 107	− 85 − 125	− 100 − 148	− 110 − 162	− 125 − 182	− 135 − 198
e8	− 14 − 28	− 20 − 38	− 25 − 47	− 32 − 59	− 40 − 73	− 50 − 89	− 60 − 106	− 72 − 126	− 85 − 148	− 100 − 172	− 110 − 191	− 125 − 214	− 135 − 232
e9	− 14 − 39	− 20 − 50	− 25 − 61	− 32 − 75	− 40 − 92	− 50 − 112	− 60 − 134	− 72 − 159	− 85 − 185	− 100 − 215	− 110 − 240	− 125 − 265	− 135 − 290
f6	− 6 − 12	− 10 − 18	− 13 − 22	− 16 − 27	− 20 − 33	− 25 − 41	− 30 − 49	− 36 − 58	− 43 − 68	− 50 − 79	− 56 − 88	− 62 − 98	− 68 − 108
f7	− 6 − 16	− 10 − 22	− 13 − 28	− 16 − 34	− 20 − 41	− 25 − 50	− 30 − 60	− 36 − 71	− 43 − 83	− 50 − 96	− 56 − 106	− 62 − 119	− 68 − 131
f8	− 6 − 20	− 10 − 28	− 13 − 35	− 16 − 43	− 20 − 53	− 25 − 64	− 30 − 76	− 36 − 90	− 43 − 106	− 50 − 122	− 56 − 137	− 62 − 151	− 68 − 165
g5	− 2 − 6	− 4 − 9	− 5 − 11	− 6 − 14	− 7 − 16	− 9 − 20	− 10 − 23	− 12 − 27	− 14 − 32	− 15 − 35	− 17 − 40	− 18 − 43	− 20 − 47
g6	− 2 − 8	− 4 − 12	− 5 − 14	− 6 − 17	− 7 − 20	− 9 − 25	− 10 − 29	− 12 − 34	− 14 − 39	− 15 − 44	− 17 − 49	− 18 − 54	− 20 − 60
h5	0 − 4	0 − 5	0 − 6	0 − 8	0 − 9	0 − 11	0 − 13	0 − 15	0 − 18	0 − 20	0 − 23	0 − 25	0 − 27
h6	0 − 6	0 − 8	0 − 9	0 − 11	0 − 13	0 − 16	0 − 19	0 − 22	0 − 25	0 − 29	0 − 32	0 − 36	0 − 40
h7	0 − 10	0 − 12	0 − 15	0 − 18	0 − 21	0 − 25	0 − 30	0 − 35	0 − 40	0 − 46	0 − 52	0 − 57	0 − 63
h8	0 − 14	0 − 18	0 − 22	0 − 27	0 − 33	0 − 39	0 − 46	0 − 54	0 − 63	0 − 72	0 − 81	0 − 89	0 − 97
h9	0 − 25	0 − 30	0 − 36	0 − 43	0 − 52	0 − 62	0 − 74	0 − 87	0 − 100	0 − 115	0 − 130	0 − 140	0 − 155
h10	0 − 40	0 − 48	0 − 58	0 − 70	0 − 84	0 − 100	0 − 120	0 − 140	0 − 160	0 − 185	0 − 210	0 − 230	0 − 250
h11	0 − 60	0 − 75	0 − 90	0 − 110	0 − 130	0 − 160	0 − 190	0 − 220	0 − 250	0 − 290	0 − 320	0 − 360	0 − 400
h13	0 − 140	0 − 180	0 − 220	0 − 270	0 − 330	0 − 390	0 − 460	0 − 540	0 − 630	0 − 720	0 − 810	0 − 890	0 − 970
js6	± 2	± 2,5	± 3	± 4	± 4,5	± 5,5	± 6,5	± 7,5	± 9	± 10	± 11,5	± 12,5	± 13,5
js6	± 3	± 4	± 4,5	± 5,5	± 6,5	± 8	± 9,5	± 11	± 12,5	± 14,5	± 16	± 18	± 20
js9	± 12	± 15	± 18	± 21	± 26	± 31	± 37	± 43	± 50	± 57	± 65	± 70	± 77
js11	± 30	± 37	± 45	± 55	± 65	± 80	± 95	± 110	± 125	± 145	± 160	± 180	± 200
k5	+ 4 0	+ 6 + 1	+ 7 + 1	+ 9 + 1	+ 11 + 2	+ 13 + 2	+ 15 + 2	+ 18 + 3	+ 21 + 3	+ 24 + 4	+ 27 + 4	+ 29 + 4	+ 32 + 5
k6	+ 6 0	+ 9 + 1	+ 10 + 1	+ 12 + 1	+ 15 + 2	+ 18 + 2	+ 21 + 2	+ 25 + 3	+ 28 + 3	+ 33 + 4	+ 36 + 4	+ 40 + 4	+ 45 + 5
m5	+ 6 + 2	+ 9 + 4	+ 12 + 6	+ 15 + 7	+ 17 + 8	+ 20 + 9	+ 24 + 11	+ 28 + 13	+ 33 + 15	+ 37 + 17	+ 43 + 20	+ 46 + 21	+ 50 + 23
m6	+ 8 + 2	+ 12 + 4	+ 15 + 6	+ 18 + 7	+ 21 + 8	+ 25 + 9	+ 30 + 11	+ 35 + 13	+ 40 + 15	+ 46 + 17	+ 52 + 20	+ 57 + 21	+ 63 + 23
n6	+ 10 + 4	+ 16 + 8	+ 19 + 10	+ 23 + 12	+ 28 + 15	+ 33 + 17	+ 39 + 20	+ 45 + 23	+ 52 + 27	+ 60 + 31	+ 66 + 34	+ 73 + 37	+ 80 + 40
p6	+ 12 + 6	+ 20 + 12	+ 24 + 15	+ 29 + 18	+ 35 + 22	+ 42 + 26	+ 51 + 32	+ 59 + 37	+ 68 + 43	+ 79 + 50	+ 88 + 56	+ 98 + 62	+ 108 + 68

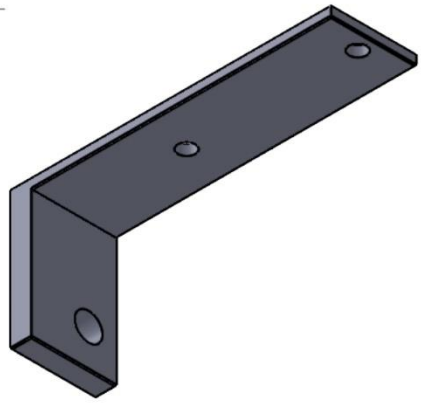




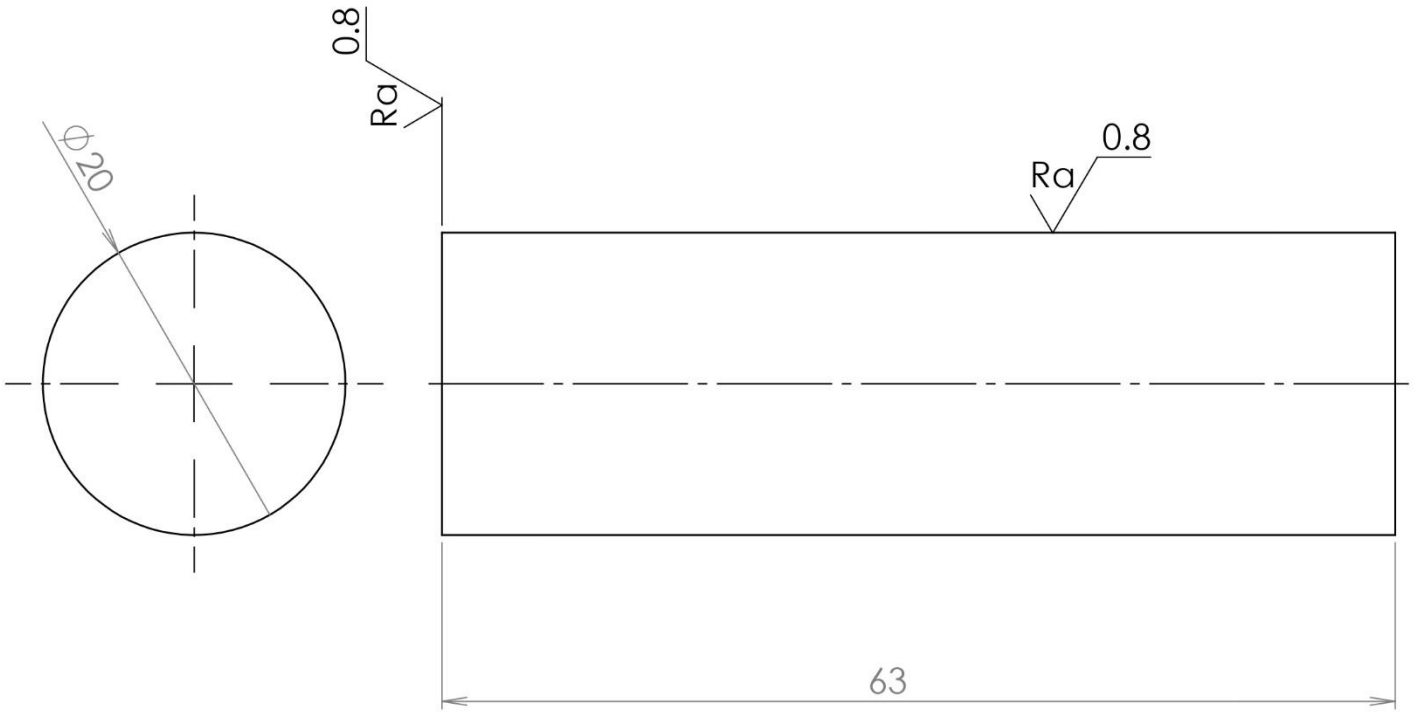
ECHELLE: 1:1.5	**OULD BABA ALI** .R - **MAKHLOUFI**.I	**Universitè de Mèdèa**
	Partier supérieure	Matièrie: S235
12/06/2025		A4

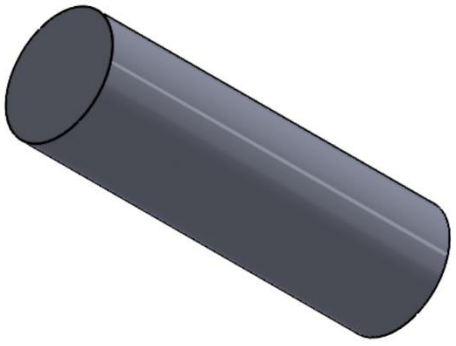




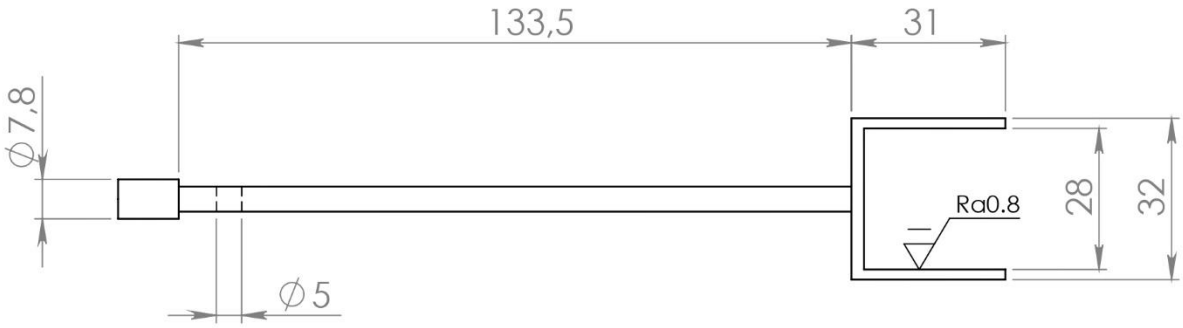


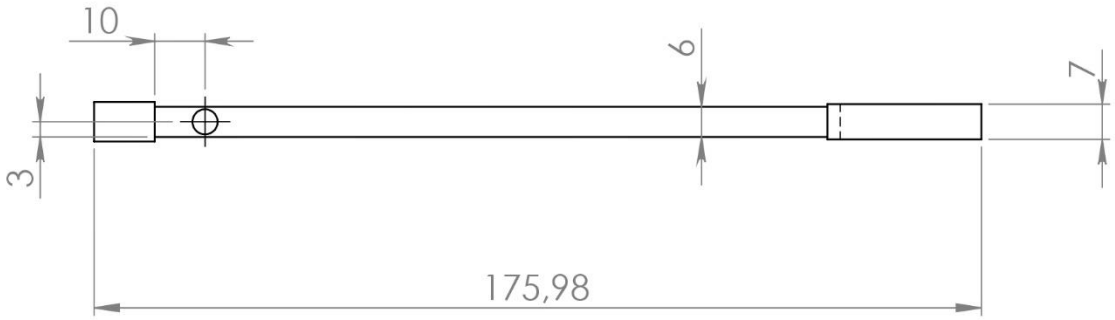
ECHELLE: 1:3	**OULD BABA ALI** .R - **MAKHLOUFI**.I	**Université de Mèdèa**
	Plaque L	Matièrie: S235
12/06/2025		A4

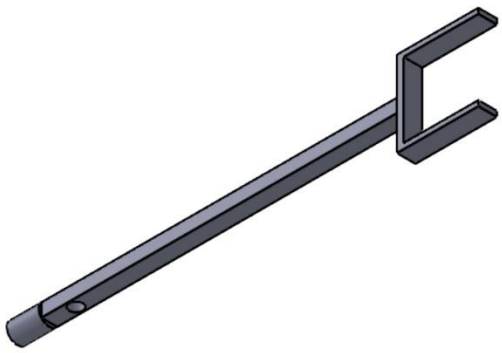




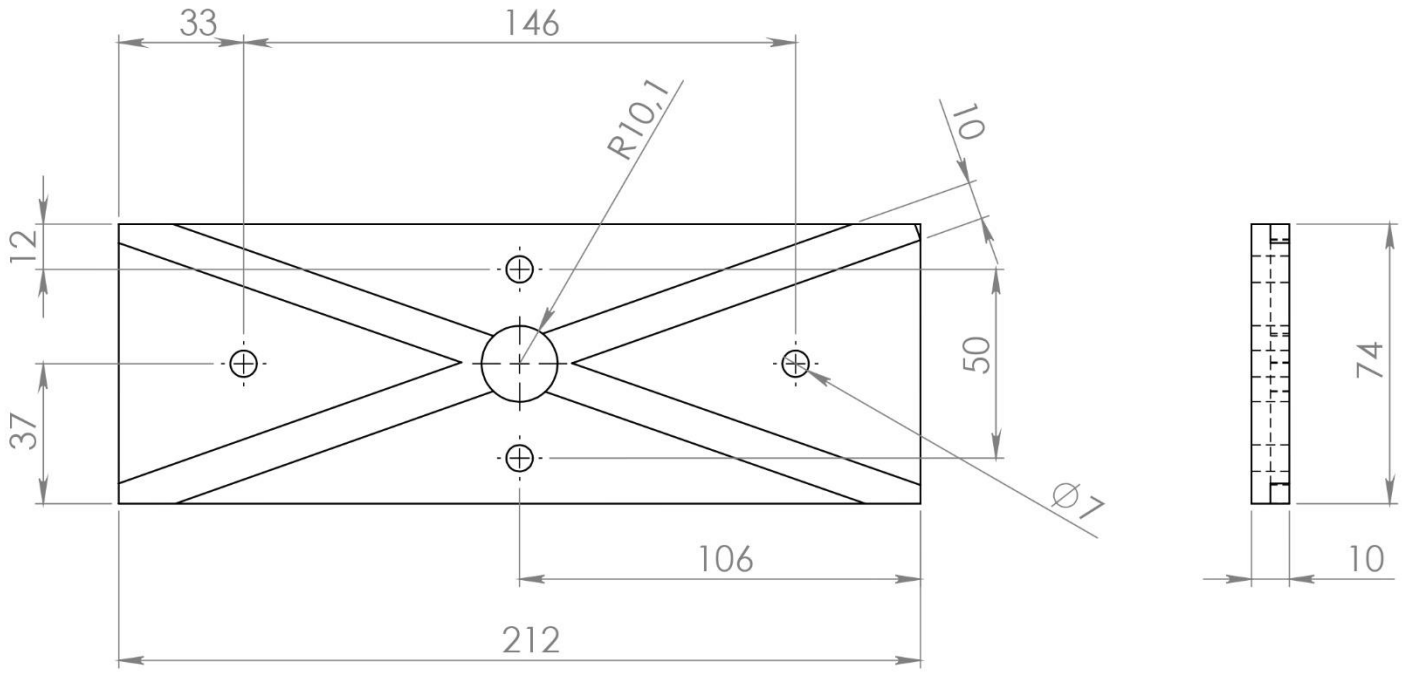
ECHELLE: 2:1	**OULD BABA ALI** .R - **MAKHLOUFI**.I	**Universite de Mèdèa**
	Poinçon	Matière: S235
11/06/2025		A4

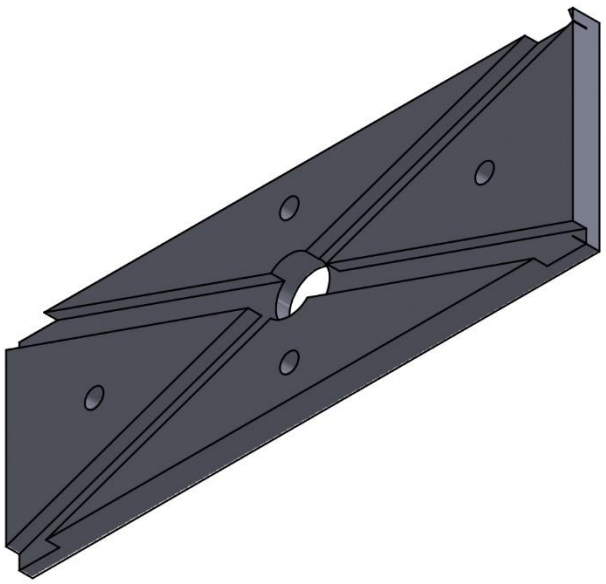




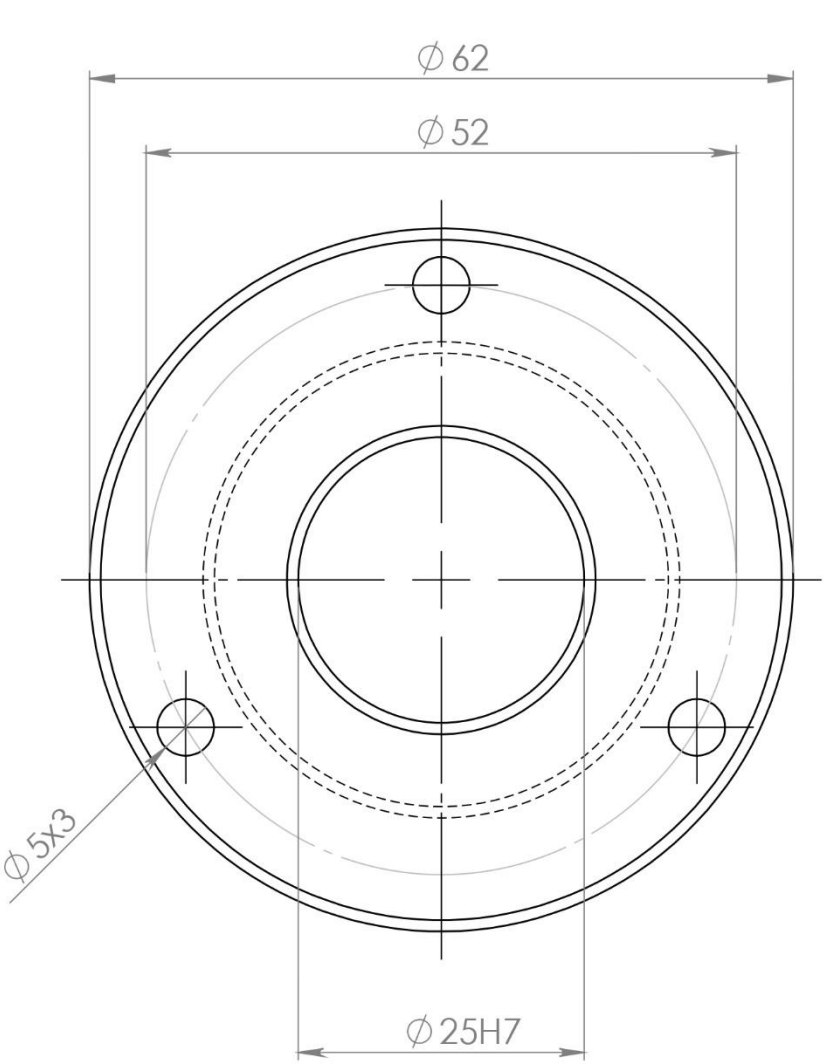


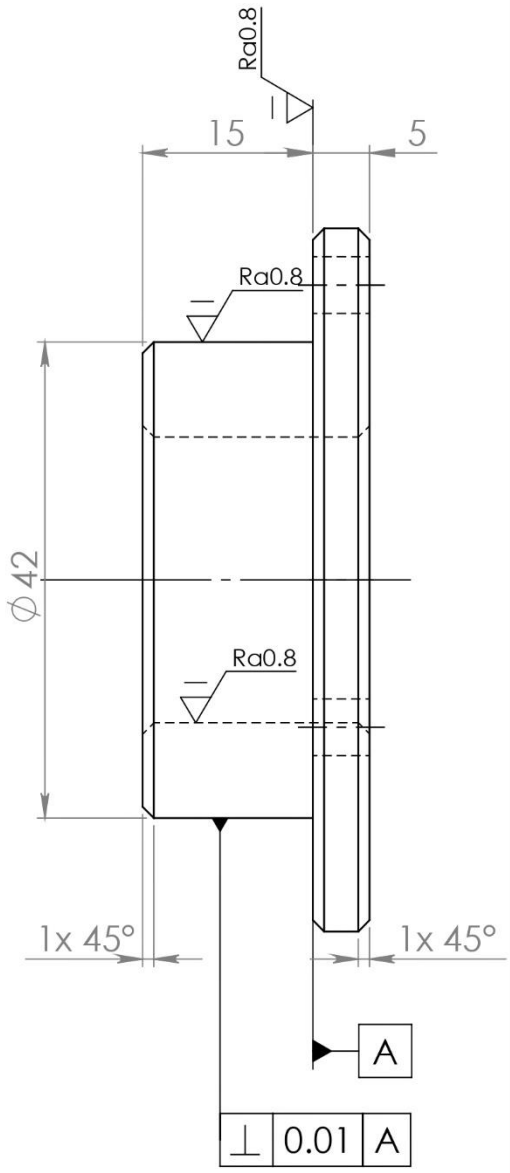
ECHELLE: 1:1.5	**OULD BABA ALI** .R - **MAKHLOUFI**.I	**Université de Mèdèa**
	Bras	Matièrie: Fonte Grise
12/06/2025		A4

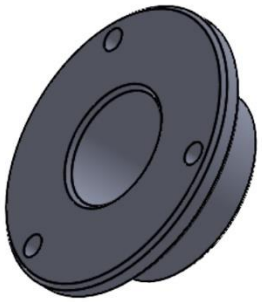




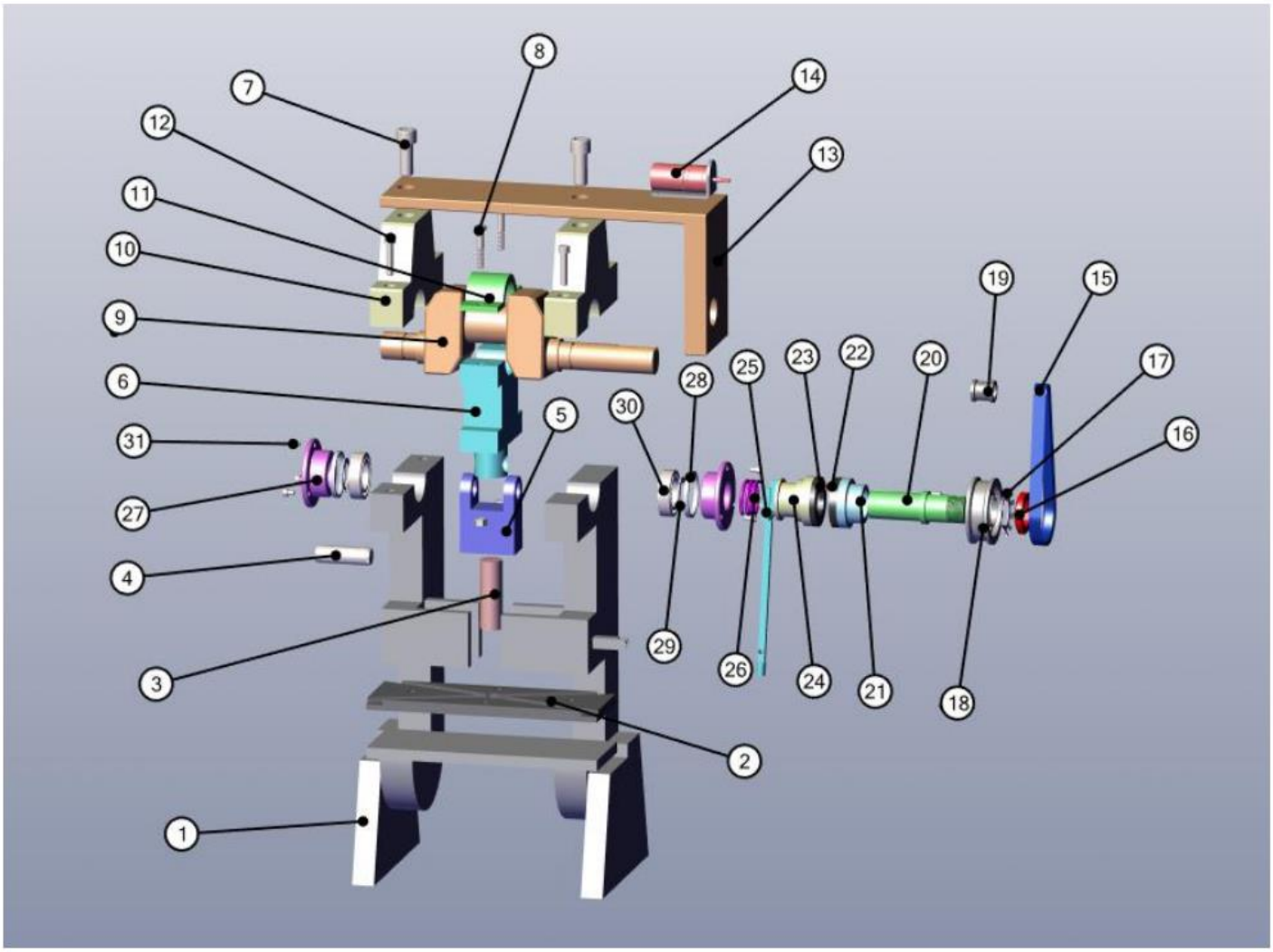
ECHELLE: 1:2	**OULD BABA ALI** .R - **MAKHLOUFI**.I	**Universite de Mèdèa**
	MATRICE	Matière: S235
11/06/2025		A4







ECHELLE: 1.5:1	**OULD BABA ALI** .R - **MAKHLOUFI**.I	**Universitè de Mèdèa**
	Couvercle	Matièrie: Fonte Grise
12/06/2025		A4



Nb	Rep	Désignation
01	1	Partie inferieure de la structure
02	1	Matrice
03	1	Poinçon
04	1	goupille
05	1	coulisseau
06	1	Corps de la Bielle
07	2	Vis à tête hexagonale
08	2	Vis à tête hexagonale M6 × 35
09	1	Arbre excentrique
10	1	Partie superieure de la structure
11	1	Chapeau de la bielle
12	4	Vis à tête hexagonale
13	1	Plaque L
14	1	moteur
15	1	courroie
16	1	Ecrou à encoches M25

Nb	Rep	Designation
17	1	Rondelle frein pour écrou M25
18	1	Poulie Menant
19	1	Poullie Menée
20	1	Arbre
21	1	Disque Menée
22	1	Disque de friction 2
23	1	Disque de friction 1
24	1	Disque Menant
25	1	Bras
26	1	Ressort
27	2	couvercle
28	2	Anneau élastique pour alésage
29	2	Anneau élastique pour arbre
30	2	Roulement radial à une rangée de billes
31	6	Vis

ECHELLE:	OULD BABA ALI .R - MAKHLOUFI.I	Universite de Mèdèa
	PRESSE MECANIQUE	Matière:
21/06/2025		A4