

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**  
**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA**  
**FACULTE DE TECHNOLOGIE**  
**DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE**

**MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du diplôme de

**MASTER**

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Fabrication mécanique et productique

Par :

**IMATOUKENE Lounis**

**KHELFAOUI Celina**

**Thème**

---

**Fabrication d'un moule d'emboutissage de  
pelle pour l'entreprise BOUZIDA**

---

Soutenu le 19 /06/ 2025 devant le jury composé de :

<b>Dr. IDIR Abdelhek</b>	Président
<b>Dr. BELAMRI Abdelatif</b>	Rapporteur
<b>Pr. BECHEUR Abdelhamid</b>	Examinateur

Année Universitaire 2024-2025

**Populaire et Démocratique Algérienne République**  
**وزارة التعليم العالي و البحث العلمي**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**



**Déclaration sur l'honneur**  
**Engagement pour respecter les règles d'authenticité scientifique dans**  
**l'élaboration d'un travail de recherche**

*Arrêté ministériel n° 1082 du 27 décembre 2020 (\*)  
fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat*

Je soussigné,

Nom : IMATOUKENE

Prénom : Lounis

Matricule : 202033008277

Spécialité et/ou Option : Fabrication mécanique et productique

Département : Génie mécanique.

Faculté : Technologie

Année universitaire : 2024/2025

et chargé de préparer un mémoire de (*Licence, Master, Autres à préciser*) : Master

Intitulé : Fabrication d'un moule d'emboutissage de pelle pour l'entreprise BOUZIDA.  
Déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques,  
et les normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requises  
dans l'élaboration du projet de fin de cycle cité ci-dessus.

Fait à Béjaia le  
08/07/2025

Signature de l'intéressé

(\*) *Lu et approuvé*

**Populaire et Démocratique Algérienne République**  
**وزارة التعليم العالي و البحث العلمي**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**



**Déclaration sur l'honneur**  
**Engagement pour respecter les règles d'authenticité scientifique dans**  
**l'élaboration d'un travail de recherche**

*Arrêté ministériel n° 1082 du 27 décembre 2020 (\*)  
fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat*

Je soussigné,

Nom : KHELFAOUI

Prénom : Celina

Matricule : 181833006396

Spécialité et/ou Option : Fabrication mécanique et productique

Département : Génie mécanique.

Faculté : Technologie

Année universitaire : 2024/2025

et chargé de préparer un mémoire de (*Licence, Master, Autres à préciser*) : Master

Intitulé : Fabrication d'un moule d'emboutissage de pelle pour l'entreprise BOUZIDA.  
Déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques,  
et les normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requises  
dans l'élaboration du projet de fin de cycle cité ci-dessus.

Fait à Béjaïa le  
08/07/2025

Signature de l'intéressé

(\*) *Lu et approuvé*

---

(\*) Arrêté ministériel disponible sur le site [www.univ-bejaia.dz/formation](http://www.univ-bejaia.dz/formation) (rubrique textes réglementaires)

# **Remerciements**

*Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu qui nous a donné la santé, la volonté et le courage d'accomplir ce travail.*

*Nos vifs remerciements sont destinés à Mr Dr BELAMRI Abdelatif. Notre promoteur, pour son aide, ces critiques constructives, ses explications et suggestions pertinentes et pour la qualité de ses orientations tout au long de ce travail et pour avoir apporté tant de soins à la réalisation de ce mémoire.*

*Nous ne pouvons pas oublier de présenter notre gratitude à nos parents pour les efforts inlassables qu'ils ne cessent de déployer pour nous.*

*Nous remercions également les membres de jury qui nous ont fait l'honneur en acceptant d'examiner et de juger notre travail.*

*Sans oublier l'équipe du hall technologie Mr YOUSSEFI Rachid, Abdellah, Rabah, Riad, Nor-Eddine, pour leurs soutiens et disponibilité.*

*Que tous ceux qui ont contribués à notre formation trouvent ici l'expression de nos sincères grâcietudes.*

*Enfin, un merci particulier à tous ceux qui nous ont apporté leur soutien.*

# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Ma très chère mère, l'être le plus noble, source d'amour et de tendresse,*

*Mon père, phare de sagesse et de guidance,*

*Ce qu'on puisse leurs offrir est notre réussite.*

*Ma sœur Kenza, qui m'a soutenu et encouragé tout au long de mon parcours.*

*Mes frère Massi, Akli, Ismail.*

*Tous les camarades de ma section.*

*Mon binôme Celina*

*Enfin à tous ceux qui me sont chers et qui m'ont aidé de près et de loin.*

**Lounis**

# Dédicace

*Avec merveilleux sentiments je dédie ce travail :*

*A ceux qui comptent le plus dans ma vie, mes parents pour tout leur amour, soutien, et leurs prières tout au long de mes études.*

*A mes très chers frères : Lamine, Salim et Yanis.*

*A mes très chères sœurs Samia et Lydia et ma belle-sœur Celia*

*A mon oncle Farid et ma tante Samira.*

*A mes chers cousins et cousines*

*A mes chers petits neveux*

*A mes chers amis et camarades*

*A mon binôme Lounis*

*A la mémoire de mon cher enseignant Sadek wuzan, que dieu lui accorde sa miséricorde et l'éternise au paradis.*

**Celina**

# Table des matières

Chapitre 1 .....	2
Position techno-économique du projet .....	2
1.1    Introduction .....	2
1.2    Etat des importations du matériel de travaux publics en Algérie .....	2
1.3    Evolution des importations d'équipements industriels et agricoles .....	3
1.4    Fournisseurs étrangers pour l'Algérie .....	4
1.4.1    Chine – Premier fournisseur en volume .....	4
1.4.2    Allemagne .....	6
1.4.3    Corée du sud et japon .....	7
1.5    Composition d'un atelier complet pour fabriquer une pelle .....	7
1.5.1    Zone de stockage des matières premières .....	7
1.5.2    Poste de préparation de la tôle .....	7
1.5.3    Poste de lubrification .....	8
1.5.4    Zone de presse .....	8
1.5.5    Zone d'ajustage et de maintenance des moules .....	8
1.5.6    Zone de contrôle qualité .....	9
1.5.7    Zone de stockage des pièces finies .....	9
1.5.8    Poste de sécurité et ergonomie .....	9
1.6    Conclusion .....	9
Chapitre 2 .....	10
Emboutissage .....	10
2.1    Introduction .....	10
1.7    Définition de l'emboutissage .....	10
1.8    Les principaux éléments mécaniques du procédée .....	11
1.9    Tôle d'emboutissage : Matériaux utilisés .....	11
1.9.1    Aciers doux .....	12
1.9.2    Acier à haute résistance faiblement allié (HSLA) .....	12
1.9.3    Acier traité ou durci (acier au bore ou acier trempé) .....	12

1.10	Exemple de moule d'emboutissage.....	13
1.11	Etape de fabrication d'un moule .....	14
1.11.1	Conception assistée par ordinateur.....	14
1.11.2	Fabrication assistée par ordinateur .....	18
1.12	Machine-outil à commande numérique (CNC) .....	18
1.12.1	Préparation de la machine .....	19
1.12.2	Usinage.....	19
1.13	Conclusion.....	19
	Chapitre 3 .....	20
	Les étapes de fabrication du moule pour l'entreprise BOUZIDA.....	20
1.14	Introduction .....	20
1.15	Réglage des différents paramètres dans RhinoCam .....	20
1.15.1	Définition de la machine sur RHINOCAM.....	20
1.15.2	Définition de la commande .....	21
1.15.3	Définition de brut .....	21
1.15.4	Alignement pièce brut .....	21
1.15.5	Définition d'origine programme .....	22
1.15.6	Définition des outils .....	22
1.15.7	Outil type Flat Mill.....	23
1.15.8	Outil type ball mill .....	23
1.15.9	Définition des paramètres de coupe .....	24
1.16	Les étapes de fabrication du moule .....	25
1.16.1	Préparation du brut .....	25
1.16.2	Ebauche .....	25
1.16.3	Semi finition.....	26
1.16.4	Finition .....	26
1.17	Programme G-Code généré par RhinoCam .....	27
1.18	Conclusion.....	29
	Annexes .....	1

# Table des figures

<b>Fig I. 1</b> Evolution des importations de marchandises par groupe d'utilisation.....	3
<b>Fig. I. 2</b> Présentation de champ occupé par l'importation industrielle pour 2022 .....	3
<b>Fig I. 3</b> logos des entreprises industrielle chinoise .....	5
<b>Fig I. 4</b> Logo de l'entreprise chinoise toughbull manufacturing.....	5
<b>Fig I. 5</b> les principaux produits importés de la chine en 2022 .....	6
<b>Fig I. 6</b> les principaux produits importés de l'Allemagne en 2022 .....	6
<b>Fig II. 1</b> Déroulement du procédé d'emboutissage.....	11
<b>fig II. 2</b> étape 1 .....	14
<b>Fig II. 3</b> étape 2.....	15
<b>Fig II. 4</b> étape 3 .....	15
<b>Fig II. 5</b> étape 4 .....	16
<b>Fig II. 6</b> étape 5 .....	16
<b>Fig II. 7</b> étape 6.....	17
<b>Fig II. 8</b> étape 7 .....	17
<b>Fig II. 9</b> étape 8 .....	18
<b>Fig II. 10</b> machine cnc disponible dans le hall de technologie .....	19
<b>Fig III. 1</b> Définition de la machine .....	20
<b>Fig III. 2</b> Définition de la commande .....	21
<b>Fig III. 3</b> Définition du brut.....	21
<b>Fig III. 4</b> Position pièce/brut.....	22
<b>Fig III. 5</b> Définition d'origine programme .....	22
<b>Fig III. 6</b> Définition d'outil (Flat Mill) .....	23
<b>Fig III. 7</b> Définition d'outil (Ball Mill).....	23
<b>Fig III. 8</b> L'opération du contournage sur RhinoCam et réel .....	25
<b>Fig III. 9</b> L'opération d'ébauche sur RHINOCAM et réel .....	26
<b>Fig III. 10</b> L'opération du semi-finition sur RHINOCAM et réel.....	26
<b>Fig III. 11</b> L'opération de la finition sur (a) modèle sur RhinoCam, (b) notre pièce réelle .....	27
<b>Fig III. 12</b> Programme G code.....	28

# Liste des tableaux

<b>Tableau 1 :</b> Moule d'une brouette .....	13
<b>Tableau 2 :</b> Paramètre des vitesses proposé par RhinoCam.....	24
<b>Tableau 3</b> paramètre des vitesses de coupe ajusté.....	24

## **Liste des abréviations**

FAO : Fabrication Assistée par Ordinateur.

CAO : Conception Assistée par Ordinateur.

CNC : Computer Numerical Control.

ENMTP : Entreprise National de Matériels de Travaux Publics.

BTP : Bâtiments et Travaux Publics.

MMT : Machine de Mesure Tridimensionnels.

EPI : Equipement de Protection Individuelle.

Code G : Langage de programmation utilisé pour contrôler les machines-outils à commande numérique.

# **Introduction générale**

## **Introduction générale**

L'industrie manufacturière est parmi les moteurs de l'innovation et du développement économique mondial. Au cœur de cette industrie se trouve la fabrication d'outils et de moules, un secteur essentiel qui fournit les équipements nécessaires à la production de masse de divers produits, ce dernier est considéré comme les poumons du corps industriel. Les moules d'emboutissage, en particulier, sont des outils clés dans la transformation des tôles, permettant la création de pièces complexes. Ces pièces sont indispensables dans de nombreux secteurs, allant de l'automobile à l'aéronautique, en passant par la construction et l'agriculture. Ce mémoire se concentre sur la conception et la fabrication d'un moule d'emboutissage pour une pelle, un composant essentiel des équipements de terrassement.

La conception et la fabrication d'un moule d'emboutissage sont des processus complexes qui nécessitent une expertise approfondie en ingénierie mécanique, en science des matériaux et en procédés de fabrication. Ce travail implique une compréhension des phénomènes de déformation des métaux, une maîtrise des logiciels de CAO, et des techniques d'usinage.

L'objectif principal de ce mémoire est de présenter une approche détaillée et méthodique pour la fabrication d'un moule d'emboutissage optimisé pour la production efficace de pelles. Cela inclut le choix des outils, des opérations, la modélisation, ainsi que la mise en œuvre des procédés de fabrication.

Le premier chapitre représente une revue de la position technico-économique du projet, visant l'état économique et industriel algérien.

Le deuxième chapitre présente des généralités sur l'emboutissage, en mettant l'accent sur les technologies et les pratiques de l'industrie.

Suivi de la modélisation 3D, il détaillera également les aspects de la fabrication, tels que l'usinage CNC, l'assemblage. Enfin, il présentera les résultats obtenus, une discussion des défis rencontrés et des solutions proposées, ainsi que des recommandations pour l'amélioration continue des processus de conception et de fabrication des moules d'emboutissage.

# **Chapitre 1**

# **Position techno-économique du projet**

## **1.1 Introduction**

Dans tout projet industriel, l'évaluation des aspects techniques et économiques constitue une étape fondamentale pour juger de sa pertinence et de sa viabilité. En effet, il ne suffit pas qu'une solution soit techniquement réalisable, elle doit également répondre à des critères de rentabilité, de compétitivité et d'optimisation des ressources. C'est dans cette logique que s'inscrit l'étude de la position techno-économique du présent projet, portant sur la conception et la fabrication d'un moule d'emboutissage pour la production d'une pelle.

L'Algérie, pays riche en ressources humaines et en potentiel industriel, cherche à réduire sa dépendance aux importations d'outillage et de biens manufacturés, tout en valorisant ses capacités de production locale. Dans ce contexte, le recours à la fabrication des moules d'emboutissage s'avère particulièrement pertinent : il permet de produire en série, avec précision et à moindre coût, des pièces métalliques simples mais essentielles, comme les pelles utilisées dans les secteurs du BTP (bâtiment et travaux publics), de l'agriculture ou encore du jardinage.

L'objectif de cette section est d'exposer l'importance de la production locale en Algérie et les avantages qu'un tel projet peut représenter dans un cadre algérien, aussi bien sur le plan pédagogique qu'au niveau du développement industriel national.

## **1.2 Etat des importations du matériel de travaux publics en Algérie**

L'Algérie, pays riche en ressources naturelles, investit massivement dans les infrastructures (routes, barrages, logements, etc.). Le matériel de travaux publics (engins de terrassement, grues, compacteurs, pelles hydrauliques, etc.) est essentiel pour soutenir ces projets. Or, la production locale reste limitée, ce qui explique un recours important à l'importation.

Cela dit, il y a un intérêt pour le développement de la production locale, surtout avec les politiques de soutien à l'intégration industrielle et à la substitution aux importations. Quelques entreprises nationales, comme l'ENMTP (Entreprise nationale des matériels de travaux publics), en partenariat avec des groupes étrangers comme LIEBHERR, produisent localement certains types d'équipements. Mais ces productions sont surtout destinées au marché national, et les exportations restent marginales. [1]

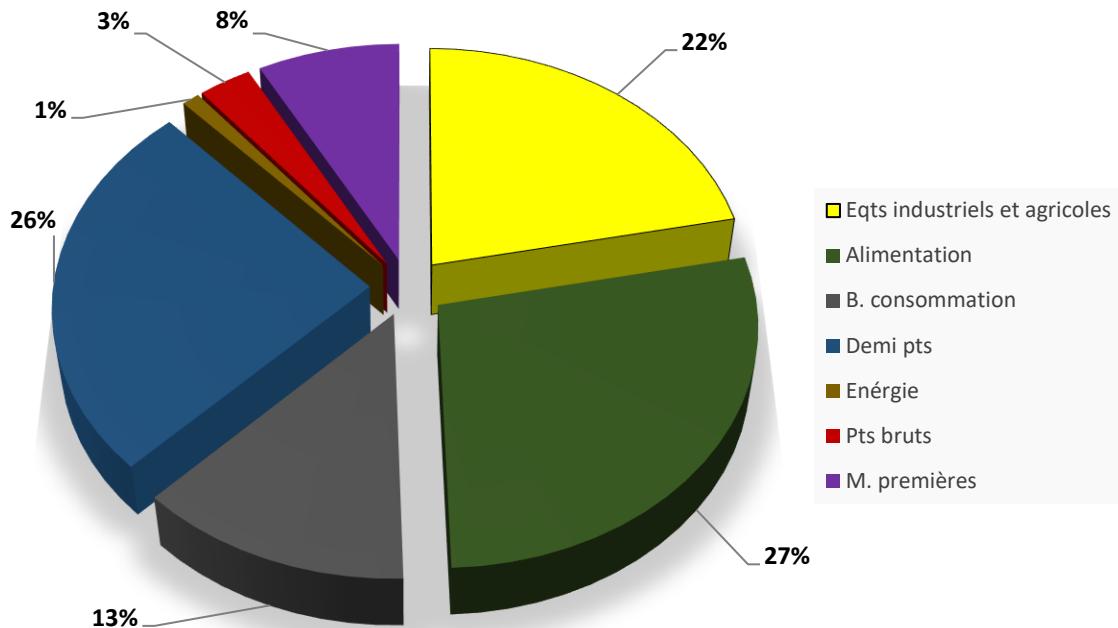
### 1.3 Evolution des importations d'équipements industriels et agricoles

Avec les politiques de soutien à l'intégration industrielle et à la substitution aux importations, on remarque une légère décroissance dans l'importation des équipements industriels et agricoles depuis l'année 2017 à l'année 2022 (figure 1). [2]

Libellé	En Millions de DA					
	2017	2018	2019	2020	2021	2022
Alimentation, boissons, tabac	936 428,2	999 888,7	963 565,8	1 016 086,0	1 251 886,5	1 542 625,7
Energie et lubrifiants	221 034,0	125 733,1	171 427,2	116 633,6	77 002,2	85 880,1
Matières premières	157 543,1	195 264,7	181 403,0	218 416,7	310 569,7	419 467,4
Produits bruts	11 970,6	26 351,1	58 912,7	73 553,3	170 709,6	182 147,5
Demi-produits	1 219 040,5	1 278 884,9	1 229 437,7	943 300,2	1 034 768,3	1 425 323,9
Equipements agricoles	67 822,2	65 865,0	54 656,6	34 225,0	34 913,2	29 846,7
Equipements industriels	1 553 019,6	1 570 704,9	1 586 588,4	1 203 558,9	1 360 323,9	1 139 732,2
Biens de consommation	944 439,4	1 140 540,6	770 845,6	757 879,4	857 290,9	714 654,2
Total	5 111 297,6	5 403 233,0	5 016 837,0	4 363 653,1	5 097 464,3	5 539 677,7

**Fig.I. 1** Evolution des importations de marchandises par groupe d'utilisation

Pour mieux représenter le champ occupé par l'importation industrielle pour 2022, nous avons fait appel à un graphique explicite



**Fig. I. 2** Présentation de champ occupé par l'importation industrielle pour 2022

Le graphique illustre la répartition des importations pour l'année 2022, selon différents secteurs économiques. Il en ressort que les équipements industriels et agricoles représentent 22 % du total des importations, ce qui en fait le troisième secteur le plus important après l'alimentation (28 %) et les demi-produits (26 %). Cette part, relativement importante, souligne la place cruciale de l'investissement industriel et agricole dans l'économie nationale. L'importation d'équipements industriels témoigne d'une dépendance technologique vis-à-vis de l'étranger, notamment pour la modernisation ou l'expansion des capacités de production dans divers secteurs (usines, BTP, énergie, etc.).

## 1.4 Fournisseurs étrangers pour l'Algérie

Selon les données de l'office national des statistiques (2022) et plusieurs articles sur l'industrie mécanique algérienne, l'Algérie importe la majorité de ses équipements de BTP depuis la Chine, l'Allemagne en 2022 et aussi depuis le Japon et la Corée du Sud pour les années

Le Groupe Amouri est un groupe industriel algérien qui possède plusieurs sociétés, dont Soframimex, qui est spécialisée dans l'importation et la vente de camions, bus et engins de construction

“ Le groupe Amouri et Soframimex totalisent 121 machines de marque XGMA qui passe première marque chinoise au premier trimestre 2013. Suivie de Socope, distributeur de Sany Shanhui et Luigong (46 machines dédouanées). Par ailleurs, on notera un recul chez COGTP, distributeur de Volvo construction, qui a dédouané seulement 16 machines pour une valeur de 165 758 594 DA contre 58 à la même période en 2012. Parmi les marques qui ont progressé, on cite Doosan et Bob Cat. En effet, 38 machines ont été dédouanées durant les trois premiers mois de l'année en cours, contre seulement 12 unités à la même période en 2012. Les 38 engins représentent en valeur en douane déclarée 300 448 138 DA.” [3]

Voici un aperçu des principaux pays fournisseurs :

### 1.4.1 Chine – Premier fournisseur en volume

#### 1.4.1.1 Equipements industriels

La Chine occupe une place dominante dans l'approvisionnement de l'Algérie en pelles hydrauliques et autres matériels de terrassement. Les marques les plus couramment présentes sur le marché algérien sont Liugong, XCMG, Sany, et Zoomlion. Ces marques sont particulièrement appréciées pour leurs prix compétitifs, leur disponibilité sur le marché, ainsi que la souplesse dans les conditions de commande. En revanche, certains professionnels du secteur notent une durabilité moindre par rapport aux machines européennes ou japonaises. [3]



**Fig I. 3** logos des entreprises industrielles chinoises

#### 1.4.1.2 Equipements agricoles



**Fig I. 4** Logo de l'entreprise chinoise toughbull manifacturing

Tough Bull Manufacturing, un fabricant de premier plan fondé en 2009, dispose des installations de production parmi les plus avancées au monde. L'entreprise produit des outils de qualité supérieure tels que des pieds-de-biche, barres à levier, barres à mine, barres de creusement, burins plats, burins à brique, poinçons, démonte-pneus, ainsi que divers outils de jardinage et agricoles. Ces produits jouissent d'une excellente réputation en Europe, en Amérique du Nord et dans d'autres régions du monde, répondant aux exigences des professionnels et des bricoleurs hauts de gamme en matière de durabilité et de performance.

Tough Bull fabrique également pour le compte de marques privées, et développe des produits spécifiques selon les besoins particuliers de leurs partenaires. [4]

TDA	Libellé	Valeur : en millions de DA		Quantité : en tonne	
		Poids	Valeur	Poids	Valeur
8517	Postes téléphoniques d'usagers, y compris les téléphones pour réseaux cellulaires et pour autres réseaux	4 182	78 015,4		
7304	Tubes, tuyaux et profilés creux, sans soudure, en fer ou en acier.	132 886	55 398,5		
3002	Sang humain ; sang animal préparé en vue d'usages thérapeutiques, prophylactiques ou de diagnostic	321	36 698,7		
8901	Paquebots, bateaux de croisières, transbordeurs, cargos, péniches et bateaux similaires pour le transport	40 385	33 799,9		
8529	Parties reconnaissables comme étant exclusivement ou principalement destinées aux appareils n°85.25, 85.28	4 575	32 361,6		
8429	Buteurs (bulldozers), buteurs biais (angledozers), niveleuses, décapeuses (scrapers), pelles mécanique	9 493	23 648,8		
4011	Pneumatiques neufs, en caoutchouc.	60 953	23 211,9		
8481	Articles de robinetterie et organes similaires pour tuyauteries, chaudières, réservoirs.	15 715	21 076,3		
5407	Tissus de fils de filaments synthétiques, y compris les tissus obtenus à partir des produits du n°54	76 024	20 245,5		
3907	Poly acétals, autres polyéthers et résines époxydes, sous formes primaires.	92 707	15 332,9		

**Fig I. 5** les principaux produits importés de la chine en 2022

## 1.4.2 Allemagne

L'Allemagne occupe une place importante parmi les fournisseurs étrangers de matériel de BTP en Algérie.

Le groupe Liebherr est l'un des principaux acteurs mondiaux dans le domaine des machines de construction. En Algérie, il est connu pour la fourniture de Grues à tour, Pelles hydrauliques et Centrales à béton, etc. Il entretient une collaboration étroite avec l'ENMTP (Entreprise Nationale des Matériels de Travaux Publics) pour l'assemblage ou la distribution de certains équipements. Ces équipements sont réputés pour leur robustesse et leur efficacité dans la construction et l'entretien des routes. Ils sont importés en Algérie via des entreprises privées ou lors d'appels d'offres publics. [5][1]

TDA	Libellé	Poids	Valeur
3004	Médicaments (à l'exclusion des produits des n°s 30.02, 30.05 ou 30.06)	910	27 190,7
7304	Tubes, tuyaux et profilés creux, sans soudure, en fer ou en acier.	48 051	17 176,8
1001	Froment (blé) et mélteil.	279 166	15 971,4
3002	Sang humain ; sang animal préparé en vue d'usages thérapeutiques, prophylactiques	74	11 824,3
4805	Autres papiers et cartons, non couchés ni enduits, en rouleaux ou en feuilles,	73 370	8 703,1
8703	Voitures de tourisme et autres conçus pour le transport des personnes	6 308	8 394,3
7208	Produits laminés plats, en fer ou en aciers non alliés,	46 784	8 257,0
1003	Orge.	180 465	8 134,6
8701	Tracteurs (à l'exclusion des chariots-tracteurs du n° 87.09).	5 441	7 951,0
3104	Engrais minéraux ou chimiques potassiques. (*)	39 000	5 468,0

**Fig I. 6** les principaux produits importés de l'Allemagne en 2022

### **1.4.3 Corée du sud et japon**

Pendant de nombreuses années, l'Algérie a compté sur des pays technologiquement avancés tels que la Corée du Sud et le Japon pour l'importation d'équipements industriels, notamment dans les domaines de la fabrication mécanique, de l'automatisation et de l'électronique industrielle. Ces deux pays, reconnus pour la qualité et la fiabilité de leurs machines-outils et équipements de production, figuraient parmi les principaux partenaires asiatiques de l'Algérie dans ce secteur.

Cependant, dans le cadre de la politique nationale de rationalisation des importations mise en œuvre à partir de 2020, l'Algérie a entrepris une série de mesures visant à réduire sa dépendance vis-à-vis de l'étranger, notamment pour les produits pouvant être fabriqués localement ou remplacés par des alternatives moins coûteuses. Cette politique, qui s'inscrit dans une logique de redressement économique et de promotion de la production nationale, a conduit à une baisse significative des importations d'équipements industriels en provenance de la Corée du Sud et du Japon.

## **1.5 Composition d'un atelier complet pour fabriquer une pelle**

Un atelier de fabrication de pelles peut rester relativement simple, mais doit être organisé de façon logique pour assurer une production régulière, sécurisée et conforme aux standards de qualité.

Un atelier bien organisé permet d'optimiser la productivité, la sécurité, la qualité des pièces et la durée de vie des outils.

### **1.5.1 Zone de stockage des matières premières**

Cette zone est destinée au stockage des tôles métalliques sous différentes formes : feuilles. Elle doit permettre un accès facile et sécurisé aux matières, tout en assurant leur traçabilité.

#### **Équipements présents :**

- Rayonnages métalliques et racks de stockage adaptés aux formats de tôles.
- Palettes de manutention, chariots élévateurs et ponts roulants.
- Systèmes d'étiquetage pour l'identification et la traçabilité des lots.

### **1.5.2 Poste de préparation de la tôle**

Ce poste a pour fonction de préparer les flans à emboutir, à partir des bobines ou des feuilles de tôle. Il permet d'adapter les dimensions de la tôle aux exigences de l'outil d'emboutissage.

**Équipements nécessaires :**

- Cisaille guillotine.
- Dérouleur de bobines.
- Ligne de coupe.
- Table de marquage et de contrôle dimensionnel

**1.5.3 Poste de lubrification**

Avant emboutissage, les flans sont lubrifiés pour réduire les frottements, prévenir l'usure des outils, et garantir la qualité des pièces formées.

**Équipements utilisés :**

- Systèmes de pulvérisation
- Bacs de trempage
- Table d'essuyage

**1.5.4 Zone de presse**

C'est la zone centrale de l'atelier où se déroulent les opérations d'emboutissage. Les presses, équipées de leurs moules, transforment les flans en pièces finies.

**Équipements essentiels :**

- Presses mécaniques ou hydrauliques
- Outils/moules d'emboutissage
- Tables élévatrices ou convoyeurs
- Systèmes d'éjection

**Options d'automatisation :**

- Alimentation automatique des flans
- Robots de manutention
- Capteurs et dispositifs de sécurité

**1.5.5 Zone d'ajustage et de maintenance des moules**

Cette zone permet l'entretien, la réparation et l'ajustement des outillages.

**Équipements disponibles :**

- Établis, servantes d'outillage
- Instruments de mesure de précision
- Machines-outils (rectifieuse plane, perceuse à colonne, fraiseuse)
- Poste de soudure

### **1.5.6 Zone de contrôle qualité**

Les pièces embouties sont contrôlées pour vérifier leur conformité aux tolérances imposées.

**Équipements utilisés :**

- Bancs de contrôle dimensionnel
- Pieds à coulisse, jauge, gabarits
- Projecteurs de profil, MMT
- Zone de tri

### **1.5.7 Zone de stockage des pièces finies**

Les pièces conformes sont entreposées avant expédition ou transfert vers d'autres étapes.

**Équipements :**

- Palettes, casiers
- Systèmes d'étiquetage
- Gestion logistique informatisée

### **1.5.8 Poste de sécurité et ergonomie**

Des dispositifs garantissent la sécurité des opérateurs et le confort de travail.

**Éléments mis en place :**

- Barrières immatérielles, arrêts d'urgence
- Éclairage LED, sols antidérapants
- EPI : gants, lunettes, casques
- 

## **1.6 Conclusion**

L'évaluation des aspects techniques et économiques d'un projet est essentielle pour déterminer sa pertinence et sa viabilité. Dans le cadre de ce projet portant sur la fabrication d'un moule d'emboutissage pour la production d'une pelle, il est crucial d'analyser le contexte économique et industriel local. Ce chapitre se concentre sur la position techno-économique du projet, en examinant l'état actuel des importations de matériel de travaux publics en Algérie et les perspectives de substitution aux importations. Il met également en lumière les stratégies visant à encourager la production locale, en particulier dans le secteur des équipements de BTP. À travers cette analyse, ce chapitre explore les enjeux liés à la compétitivité industrielle et à la réduction de la dépendance aux importations, un objectif clé pour le développement économique de l'Algérie.

# **Chapitre 2**

## **Emboutissage**

## **2.1 Introduction**

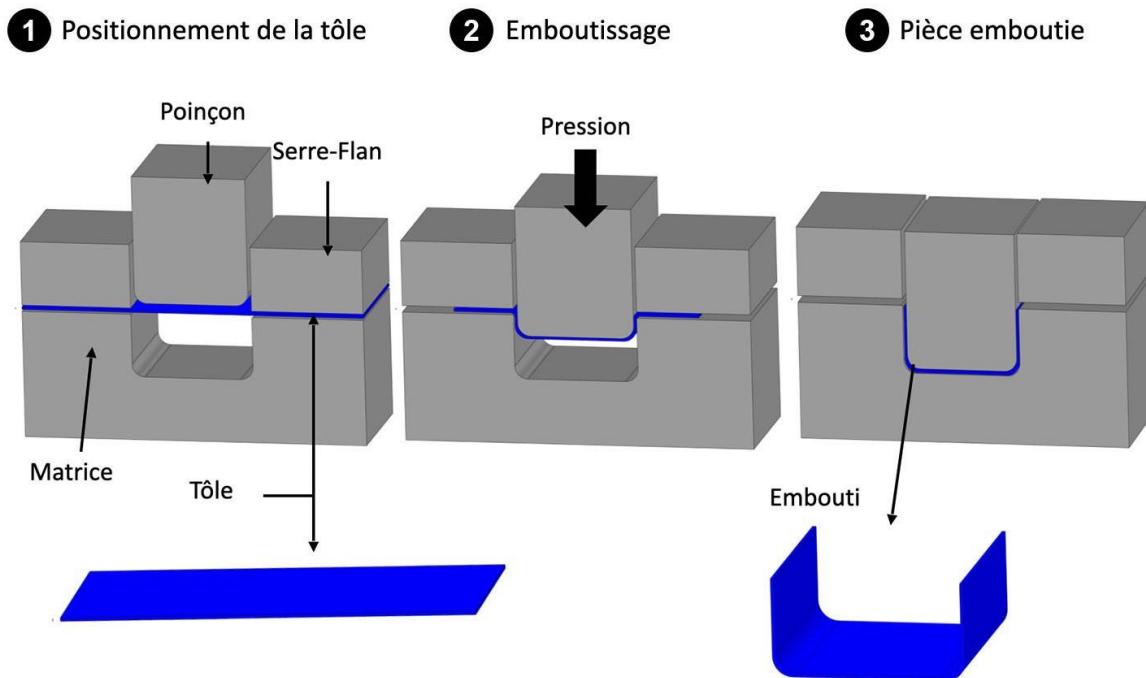
L'emboutissage occupe une place essentielle parmi les procédés de mise en forme des matériaux utilisés dans l'industrie moderne. Il permet la transformation de tôles métalliques planes en pièces aux formes complexes, répondant à des exigences fonctionnelles et esthétiques variées. Grâce à sa capacité à allier productivité élevée et précision dimensionnelle, l'emboutissage s'est imposé comme une solution incontournable dans des secteurs tels que l'automobile, l'électroménager, l'aéronautique ou encore l'emballage. Ce procédé, qui met en œuvre des outils spécifiques comme le poinçon et la matrice, fait appel à des connaissances avancées en mécanique des matériaux, en conception d'outillage. Sa maîtrise représente un enjeu majeur pour garantir la qualité des pièces produites, optimiser les coûts de fabrication et répondre aux exigences de la production en série.

## **1.7 Définition de l'emboutissage**

L'emboutissage est un procédé de déformation plastique qui permet la transformation d'un plan en un produit plus ou moins complexe et non développable, c'est à dire qu'on ne peut pas obtenir par pliage. La pièce à emboutir (le flan) est préalablement plaquée contre la matrice par le serre-flan avec une certaine force puis mise en forme par avancée du poinçon (Figure I. 1).

Pour les emboutis profonds ou certaines pièces complexes, plusieurs 'passes' peuvent être nécessaires. Le serre-flan maintient la tôle contre la matrice et freine l'écoulement du métal vers l'intérieur de la matrice. Le glissement de la tôle entre la matrice et le serre-flan peut être ralenti encore plus efficacement, voire bloqué, au moyen de jons de retenue qui contrôlent la vitesse d'écoulement du métal. [9]

Nous pouvons présenter le procédé d'emboutissage comme suit :



**Fig II. 1** Déroulement du procédé d'emboutissage

### 1.8 Les principaux éléments mécaniques du procédé

Le principe de l'emboutissage repose sur la déformation plastique contrôlée du matériau, sans qu'il n'y ait rupture.

Les principaux éléments mécaniques sont :

- **Le poinçon**, qui exerce la pression pour forcer la tôle à épouser la forme de la matrice.
- **La matrice**, qui contient la forme finale à obtenir.
- **La presse**, qui fournit la force nécessaire à l'opération.
- **Le serre-flan**, qui contrôle le flux du métal et évite les plis ou déchirures.

### 1.9 Tôle d'emboutissage : Matériaux utilisés

Le choix du matériau est crucial pour garantir la déformabilité, la résistance mécanique et la durabilité des pièces embouties. Les matériaux doivent présenter une bonne ductilité, une limite d'élasticité adaptée, et une résistance suffisante à la fissuration ou à la rupture.

### 1.9.1 Aciers doux

- **Exemples :** DC01, DC03, DC04 (norme EN 10130).
- **Caractéristiques :**
  - ✓ Faible teneur en carbone ( $\leq 0,1\%$ ).
  - ✓ Très bonne aptitude à l'emboutissage profond.
  - ✓ Coût faible, très utilisé dans l'automobile et les produits ménagers.
- **Avantages :** déformation facile, grande disponibilité.
- **Inconvénients :** faible résistance mécanique après emboutissage.

### 1.9.2 Acier à haute résistance faiblement allié (HSLA)

- **Exemples :** S355MC, S460MC.
- **Caractéristiques :**
  - ✓ Bonne résistance mécanique.
  - ✓ Moins de poids pour la même résistance (meilleur rapport résistance/poids).
  - ✓ Bonne formabilité.
- **Utilisation :** Pièces structurelles soumises à de fortes contraintes.

### 1.9.3 Acier traité ou durci (acier au bore ou acier trempé)

- **Exemples :** Hardox 400/450, acier au bore (22MnB5).
- **Caractéristiques :**
  - ✓ Très haute résistance à l'usure.
  - ✓ Dureté élevée après traitement thermique.
- **Utilisation :** Bord tranchant de la pelle, zones fortement sollicitées. [10] [11]

**1.10 Exemple de moule d'emboutissage**

	Moules	Emboutis
Brouette		
Capot de voiture		

**Tableau 1 : Moule d'une brouette**

## **1.11 Etape de fabrication d'un moule**

### **1.11.1 Conception assistée par ordinateur**

La CAO joue un rôle fondamental dans la première phase de la fabrication du moule. Elle permet de créer une représentation numérique tridimensionnelle précise du moule à partir d'un objet réel ou d'un croquis technique. Dans notre cas nous avons utilisé l'logiciel SOLIDWORKS 2022.

#### **1.11.1.1 Scanner 3D**

Pour reproduire une pièce existante ou capturer une forme complexe, un scanner 3D est utilisé. Ce dernier génère un nuage de points, c'est-à-dire un ensemble de coordonnées spatiales qui décrivent la géométrie de la surface de l'objet.

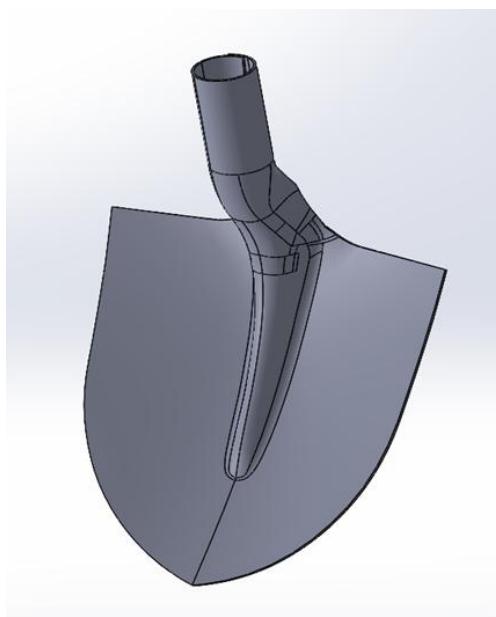
#### **1.11.1.2 Nuages de points et traitements**

Une fois le nuage de points obtenu, il est traité pour supprimer les points parasites, combler les trous éventuels, et structurer les données. Cette étape est importante pour garantir une base propre à la modélisation.

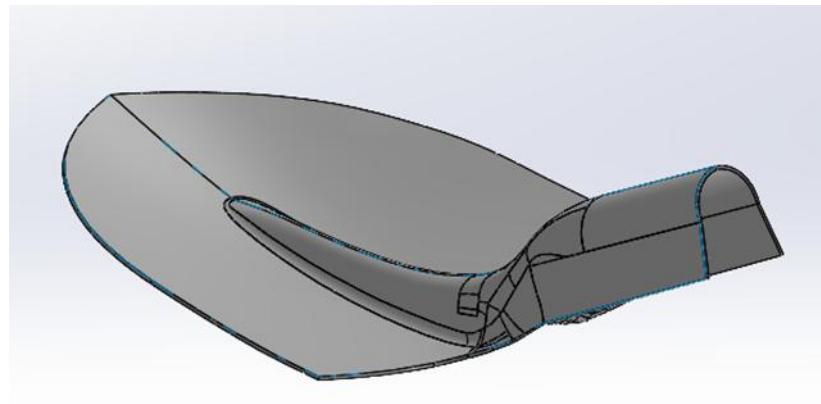
#### **1.11.1.3 Lissage et fonctions surfaciques**

Le nuage de points est converti en une surface continue grâce à des fonctions de lissage. Les logiciels de CAO permettent alors d'utiliser des fonctions surfaciques pour créer un modèle 3D exploitable, qui respecte la forme originale tout en étant usinable.

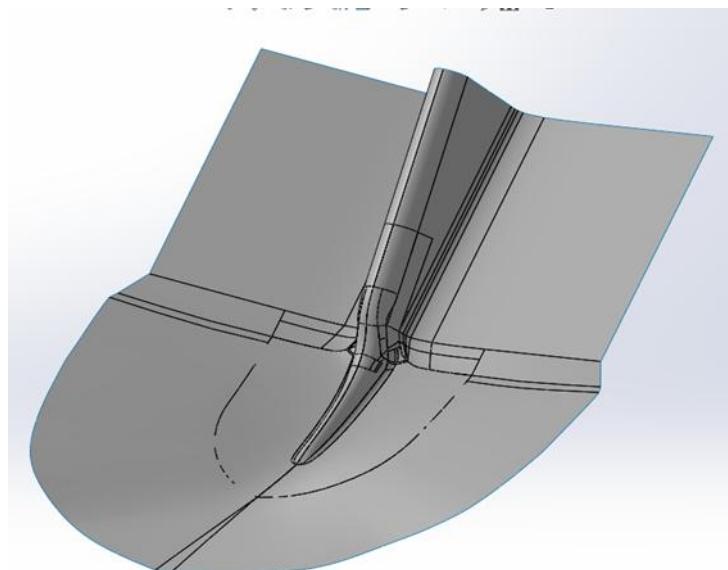
Il se déroule dans les étapes suivantes :



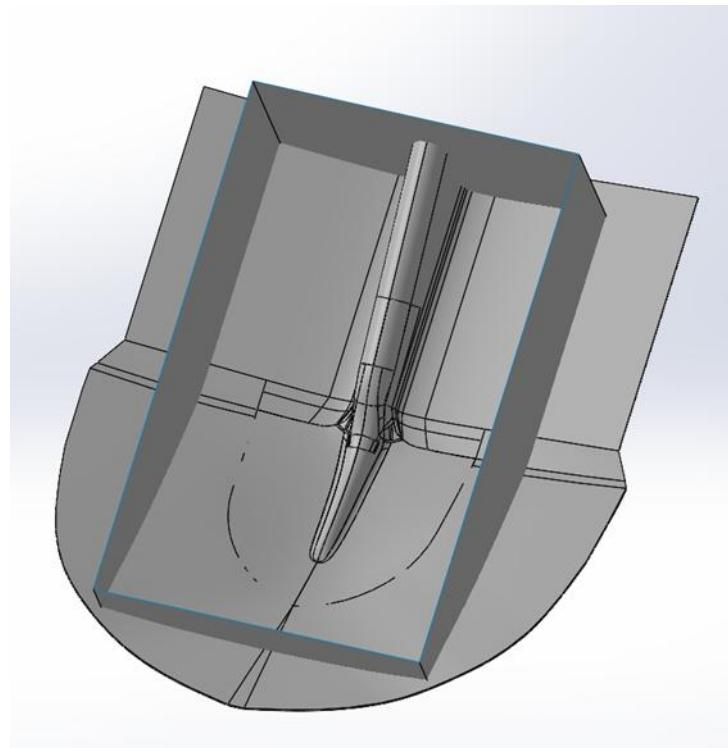
**Fig II. 2 étape 1**



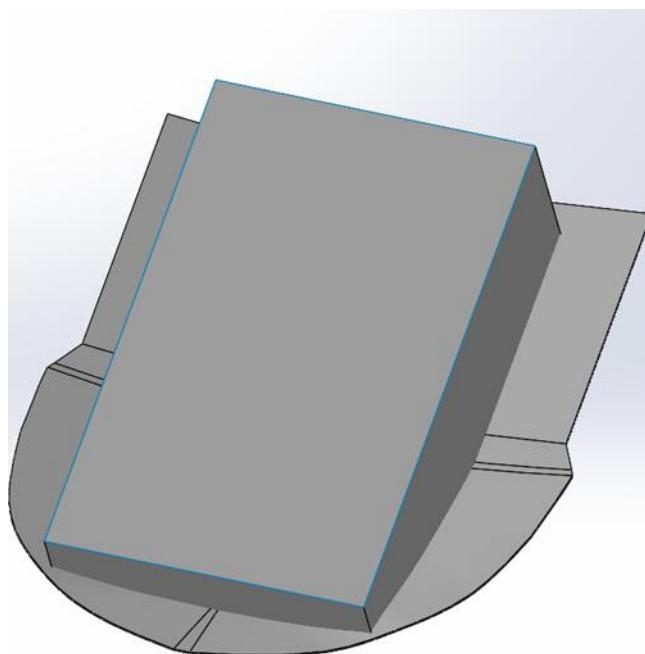
**Fig II. 3** étape 2



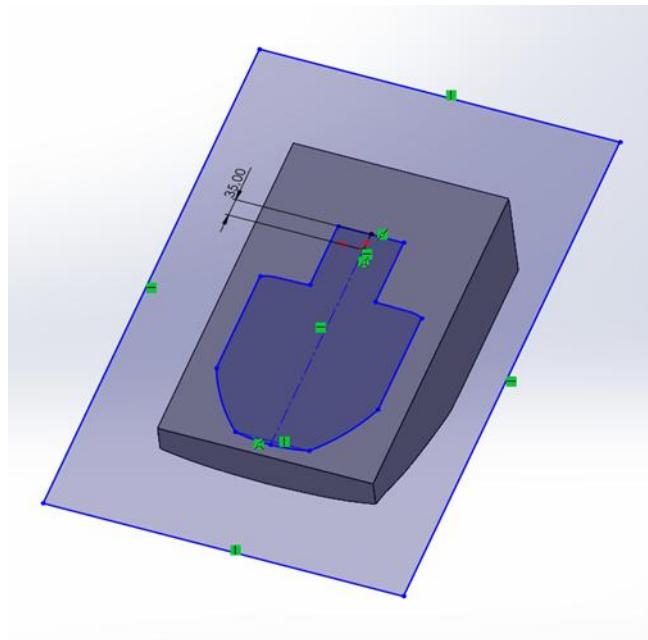
**Fig II. 4** étape 3



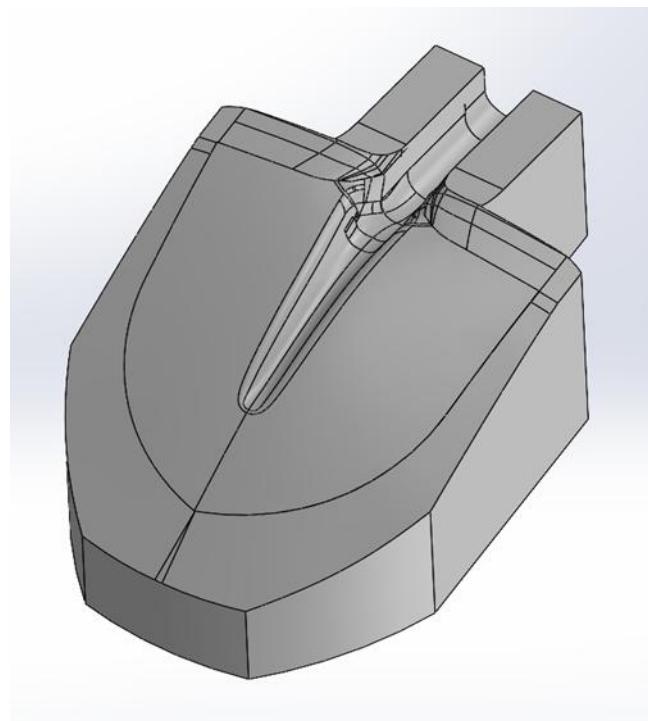
**Fig II. 5** étape 4



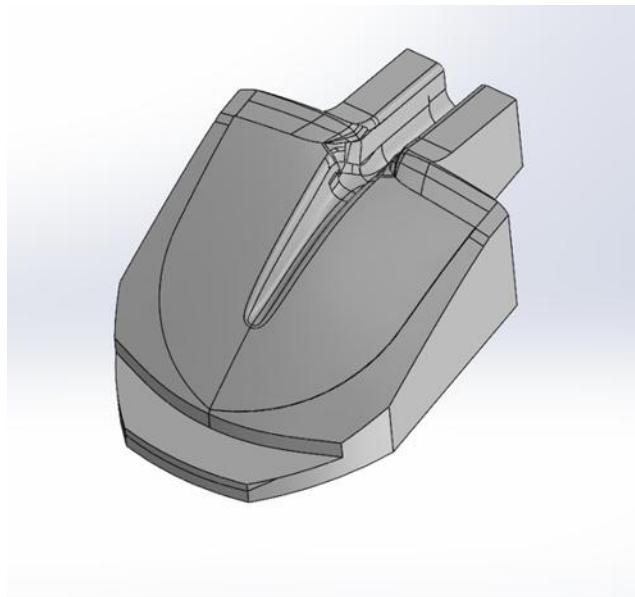
**Fig II. 6** étape 5



**Fig II. 7 étape 6**



**Fig II. 8 étape 7**



**Fig II. 9 étape 8**

### 1.11.2 Fabrication assistée par ordinateur

Après la création du modèle CAO, l'étape suivante consiste à définir les opérations d'usinage nécessaires pour transformer un brut en moule.

#### 1.11.2.1 Stratégies d'ébauche

L'ébauche est la première phase d'usinage. Elle permet d'enlever un maximum de matière rapidement, tout en laissant une surépaisseur pour la finition. Les stratégies utilisées dans ce travail sont incluses le contournage, ébauche horizontale.

#### 1.11.2.2 Stratégies de finition

La finition affine la géométrie de la pièce et atteint les tolérances dimensionnelles finales. Des parcours d'outils plus fins et précis sont générés pour assurer une bonne qualité de surface.

#### 1.11.2.3 Simulation et post-processeur

Avant l'usinage réel, une simulation est réalisée pour éviter les collisions et optimiser les temps d'usinage. Ensuite, le programme est traduit en code G via un post-processeur compatible avec la machine CNC. Dans notre cas le post-processeur s'agit de Fanuc i.

## 1.12 Machine-outil à commande numérique (CNC)

L'usinage réel du moule se fait sur une machine-outil à commande numérique. Celle-ci exécute avec précision les parcours d'outils définis dans la FAO. La machine qui est sous notre disposition est Fanuc.



**Fig II. 10** machine CNC disponible dans le hall de technologie

### **1.12.1 Préparation de la machine**

Cette phase comprend le montage du brut, origine pièce, le choix des outils, et le chargement du programme CNC.

### **1.12.2 Usinage**

La machine effectue les différentes passes d'ébauche puis de finition selon les stratégies programmées. La qualité du résultat dépend de la rigidité de la machine, de l'outil utilisé, et des paramètres de coupe (avance, vitesse, profondeur de passe...).

## **1.13 Conclusion**

L'emboutissage est un procédé de fabrication important dans l'industrie moderne, permettant de transformer des tôles métalliques plates en pièces aux formes complexes. Ce procédé, utilisé dans des secteurs aussi divers que l'automobile, l'aéronautique, et la construction, repose sur des technologies et des matériaux spécifiques. Ce chapitre présente les bases techniques de l'emboutissage, en détaillant les matériaux utilisés pour les pièces embouties, les éléments mécaniques du procédé, ainsi que les principales technologies et équipements nécessaires à la fabrication de pièces embouties de haute qualité. L'objectif de ce chapitre est d'offrir une compréhension approfondie du processus d'emboutissage et de son importance pour la production de composants industriels, en particulier les pelles.

## **Chapitre 3**

**Les étapes de fabrication du  
moule pour l'entreprise**

**BOUZIDA**

# Chapitre 3 Les étapes de fabrication du moule pour l'entreprise BOUZIDA

## 1.14 Introduction

La fabrication d'un moule d'emboutissage repose sur une chaîne d'opérations rigoureuses, combinant outils numériques, savoir-faire technique et contrôles qualité. C'est une étape stratégique qui impacte directement la productivité, la qualité et les coûts du processus d'emboutissage industriel.

La fabrication d'un moule à l'aide d'une machine CNC une étape clé dans le processus de production industrielle. Ce procédé permet d'obtenir des pièces de haute précision, indispensables dans des applications variées, telles que le moulage ou l'emboutissage. Il garantit une précision optimale, une reproductibilité des pièces et une réduction des erreurs humaines.

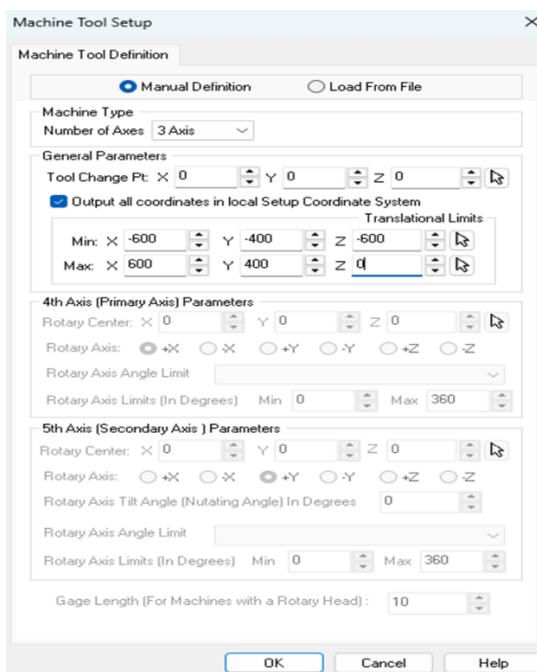
Ce chapitre décrit les principales étapes de la fabrication d'un moule à l'aide d'une machine CNC. De la conception initiale du moule, réalisée grâce à des logiciels de conception assistée par ordinateur (CAO), à l'usinage final de la pièce, chaque étape est importante pour assurer la qualité et la performance du moule. Nous détaillerons ainsi la programmation de la machine, les différentes techniques d'usinage.

## 1.15 Réglage des différents paramètres dans RhinoCam

Après la réalisation de la pièce nous l'avons enregistré sous format IGES pour pouvoir l'importer sur RhinoCam.

### 1.15.1 Définition de la machine sur RHINOCAM

On définit la machine selon son nombre d'axes. Dans notre travail nous avons utilisé une machine à 3 axes. La figure suivante représente la fenêtre de la définition des paramètres de la machine.

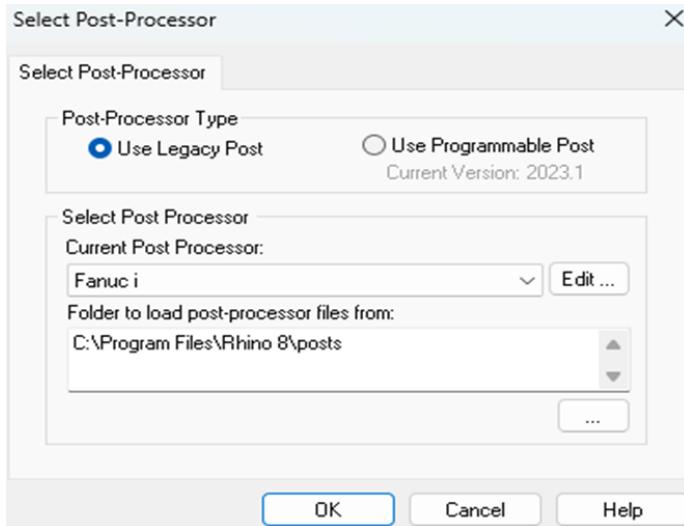


**Fig III. 1** Définition de la machine

## Chapitre 3 Les étapes de fabrication du moule pour l'entreprise BOUZIDA

### 1.15.2 Définition de la commande

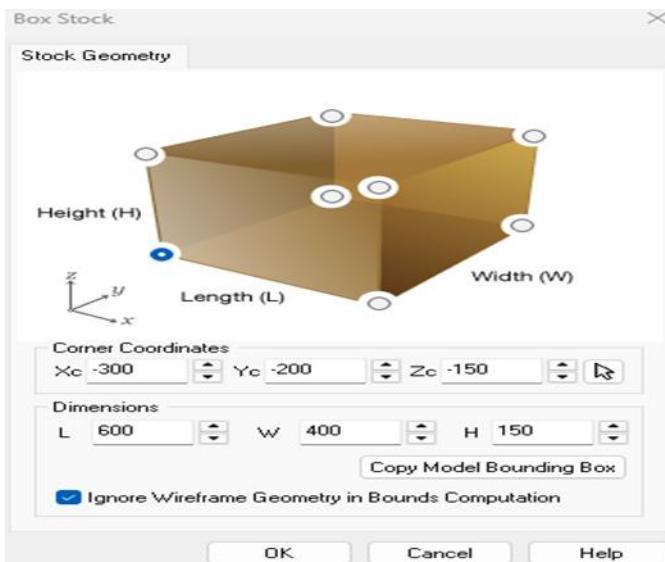
Nous sélectionnons la commande machine de génération de programme comme présenté sur la figure ci-dessous. Dans notre travail on va choisir la commande Fanuc i.



**Fig III. 2** Définition de la commande

### 1.15.3 Définition de brut

Le brut dans notre cas c'est un bloc de longueur 600mm, de largeur 400mm et d'hauteur 150mm.



**Fig III. 3** Définition du brut.

### 1.15.4 Alignement pièce brut

Cette commande permet de définir la position de la pièce par rapport au brut. Dans notre cas on met la pièce au bas de brut suivant l'axe Z et on a décaler la pièce au coin de droit de brut.

## Chapitre 3 Les étapes de fabrication du moule pour l'entreprise BOUZIDA

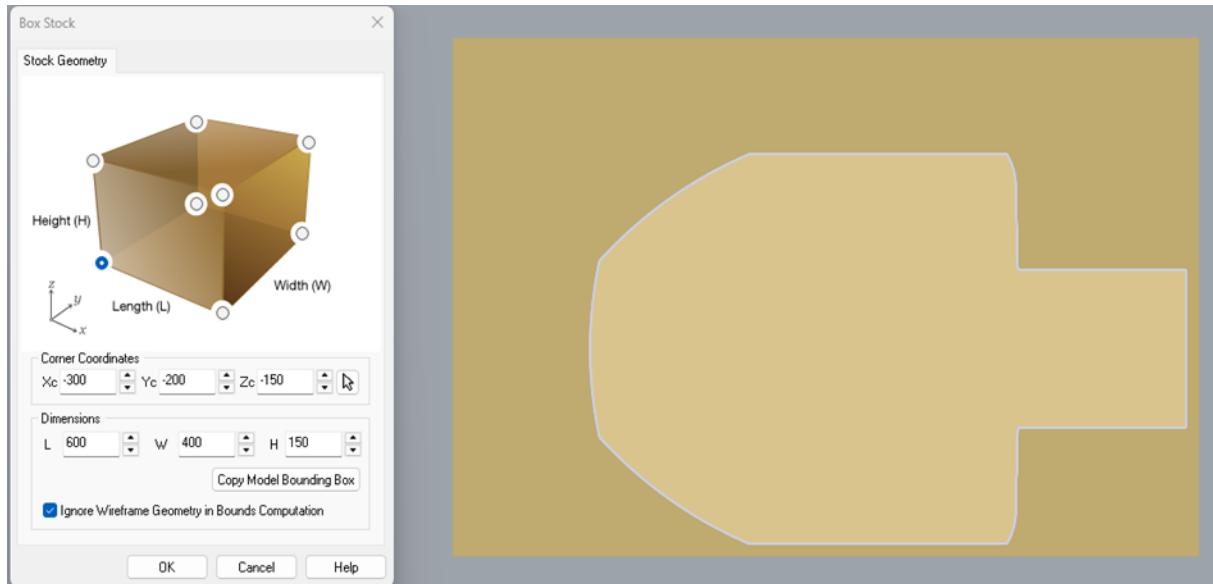


Fig III. 4 Position pièce/brut

### 1.15.5 Définition d'origine programme

Cette commande nous permet de définir l'emplacement d'origine programme, dans notre cas on le met au centre de brut, comme présenté sur la figure.

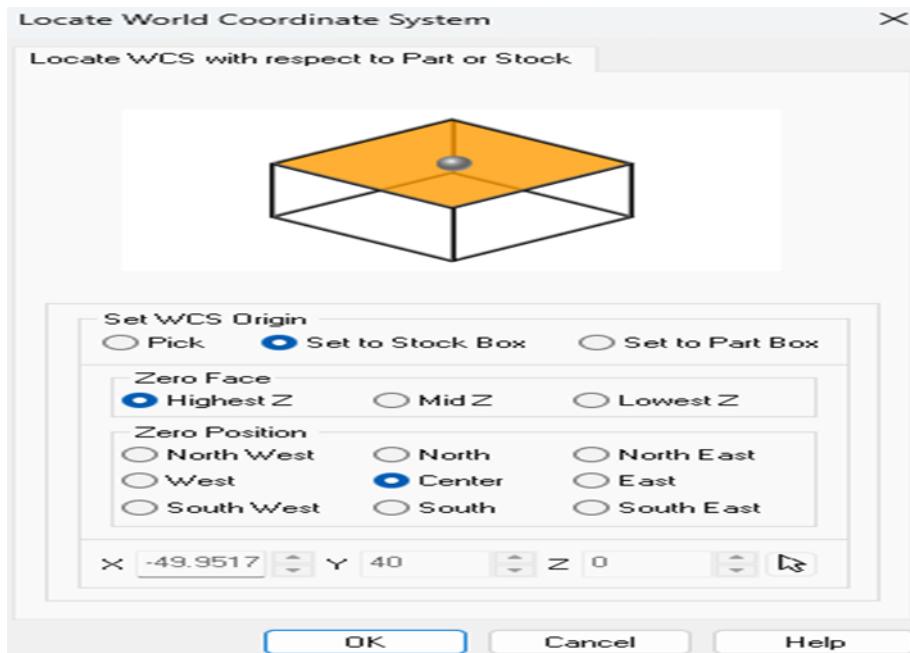


Fig III. 5 Définition d'origine programme

### 1.15.6 Définition des outils

Cette fenêtre de dialogue nous permet de sélectionner l'outillage dont on a besoin, pour notre cas nous avons utilisé deux types d'outils : Outil type Flat Mill et Outil type ball mill.

## Chapitre 3 Les étapes de fabrication du moule pour l'entreprise BOUZIDA

### 1.15.7 Outil type Flat Mill

Nous avons utilisé l'outil Flat Mill en HSS pour le contournage, ébauche et semi finition.

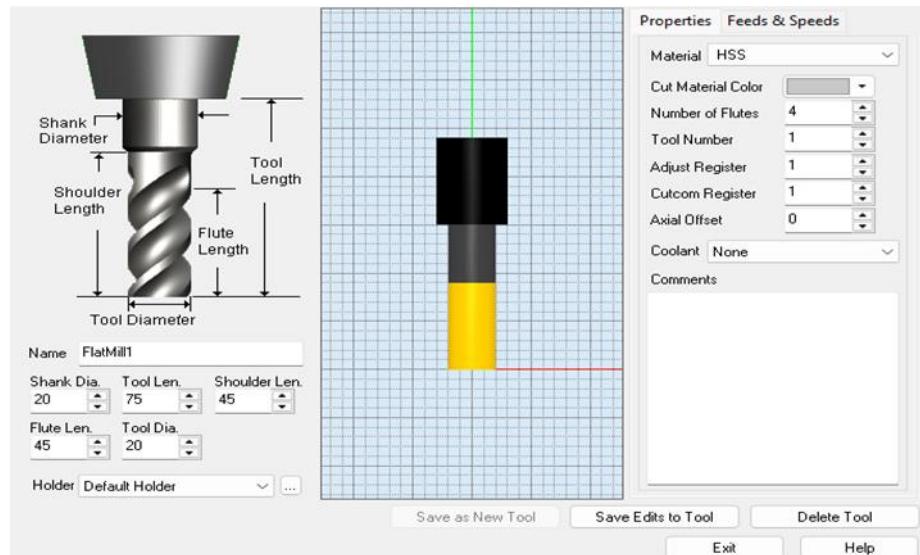


Fig III. 6 Définition d'outil (Flat Mill)

### 1.15.8 Outil type ball mill

Nous avons utilisé l'outil ball mill en carbure pour la finition

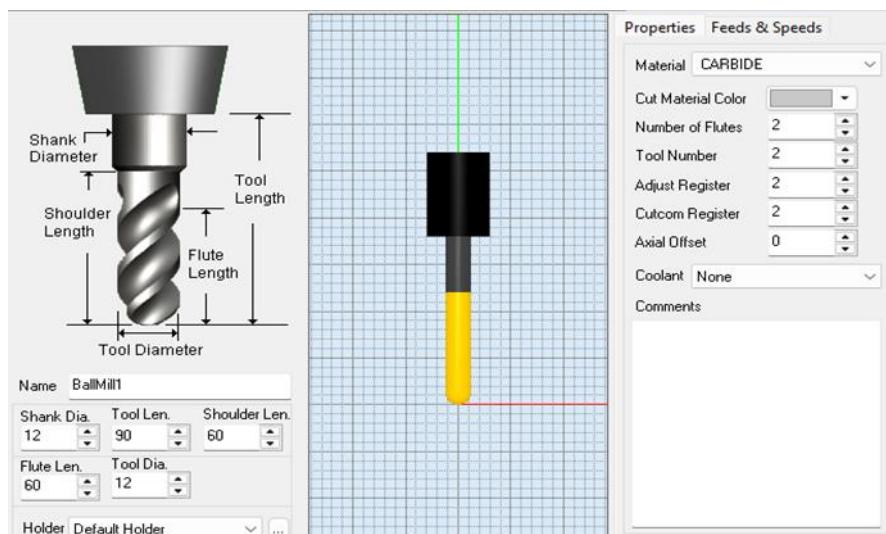


Fig III. 7 Définition d'outil (Ball Mill)

## Chapitre 3 Les étapes de fabrication du moule pour l'entreprise BOUZIDA

### 1.15.9 Définition des paramètres de coupe

#### 1.15.9.1 Paramètres de coupe proposés par RhinoCam

Opération \ Paramètres	Vitesse de rotation S (tr/min)	Vitesse d'avance F (mm/min)	Profondeur de passe
Contournage	S = 238 tr/min	F = 120 mm/min	3 mm
Ebauche	S = 238 tr/min	F = 120 mm/min	3 mm
Semi finition	S = 238 tr/min	F = 120 mm/min	0.2 mm
Finition	S = 1591 tr/min	F = 404 mm/min	0.1 mm

**Tableau 2 :** Paramètre des vitesses proposé par RhinoCam

Les paramètres proposés par RhinoCam sont des valeurs qui ont été intégrer dans les abaques de l'logiciel par les développeurs. Or ces paramètres proposés ne prennent en considérations certain contraintes. Alors nous les avons ajustés pour diminuer les vibrations et préserver la durée de vie des outils.

#### 1.15.9.2 Paramètres de coupe ajustés

Opération \ Paramètres	Vitesse de rotation S (tr/min)	Vitesse d'avance F (mm/min)	Profondeur de passe
Contournage	S = 100 tr/min	F = 20 mm/min	3 mm
Ebauche	S = 150 tr/min	F = 50 mm/min	3 mm
Semi finition	S = 200 tr/min	F = 120 mm/min	0.2 mm
Finition	S = 1000 tr/min	F = 300 mm/min	0.1 mm

**Tableau 3** paramètre des vitesses de coupe ajusté

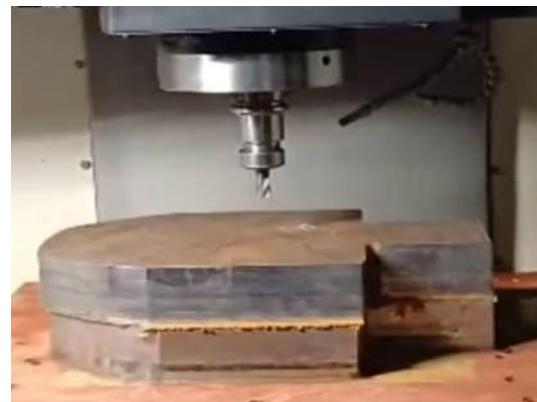
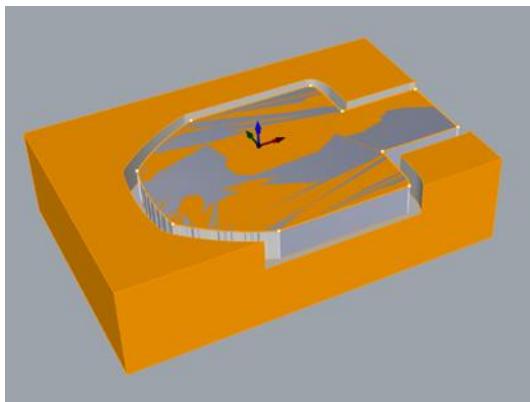
## Chapitre 3 Les étapes de fabrication du moule pour l'entreprise BOUZIDA

### 1.16 Les étapes de fabrication du moule

La fabrication d'un moule suit un processus rigoureux qui vise à garantir la précision et la qualité de la pièce finale. Chaque étape, de la conception à la finition, joue un rôle essentiel pour répondre aux exigences techniques du produit. Les étapes de fabrication du ce moule sont : Préparation du brut, Ebauche, semi-finition et finition.

#### 1.16.1 Préparation du brut

La première étape de la fabrication du moule consiste à préparer le bloc brut, qui représente la matière première à usiner. Le brut a été défini dans RhinoCAM puis positionné par rapport à l'origine de l'usinage (Work Zero). L'opération que nous avons utilisée est l'opération de contournage (2 1/2 Axis Profiling) pour découper le périmètre extérieur de la forme du moule comme indiquer la figure ci-dessus.

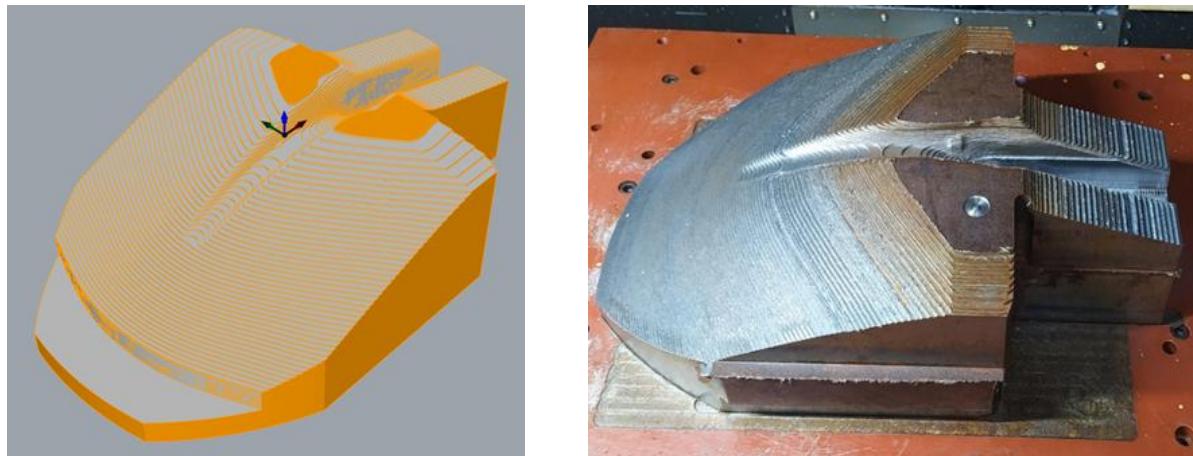


**Fig III. 8** L'opération du contournage sur RhinoCam et réel

#### 1.16.2 Ebauche

L'ébauche est une étape clé qui consiste à enlever le maximum de matière brute afin de dégager les formes générales du moule. Dans cette opération, une stratégie d'usinage horizontal (Horizontal Roughing) que nous avons appliquée. Celle-ci utilise des passes en couches successives pour façonner progressivement le volume de la pièce. La profondeur de passe est définie pour optimiser le temps d'usinage tout en garantissant une rigidité suffisante. Cette opération prépare efficacement la surface pour les étapes de finition plus précises à venir.

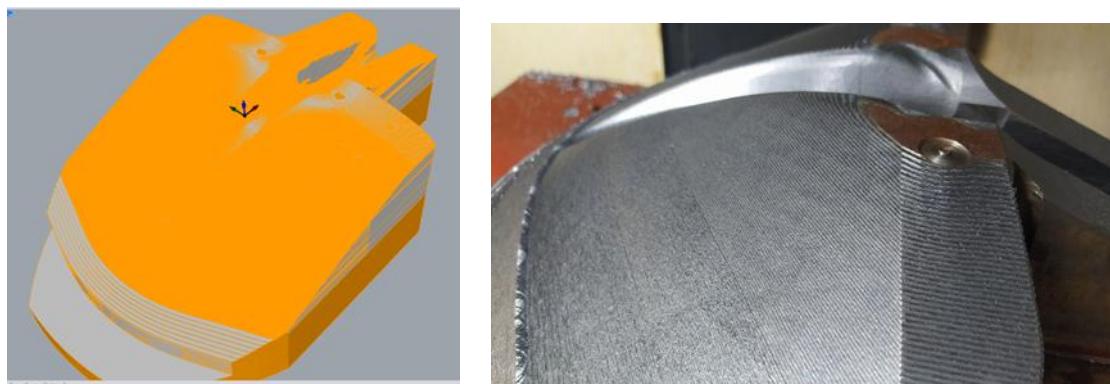
## Chapitre 3 Les étapes de fabrication du moule pour l'entreprise BOUZIDA



**Fig III. 9** L'opération d'ébauche sur RHINOCAM et réel

### 1.16.3 Semi finition

Après l'ébauche, la semi-finition est réalisée afin d'affiner les formes du moule et d'homogénéiser la surface avant l'usinage de finition. Pour cette opération, une stratégie de finition horizontale (Horizontal Finishing) que nous avons utilisée, permettant de suivre les contours du modèle en réduisant l'épaisseur des passes. Avec une profondeur de passe plus faible ( $ap = 0,1 \text{ mm}$ ) afin d'assurer une meilleure précision sans générer trop d'effort sur l'outil. Cette opération prépare la pièce à recevoir une finition de qualité en minimisant les irrégularités laissées par l'ébauche.



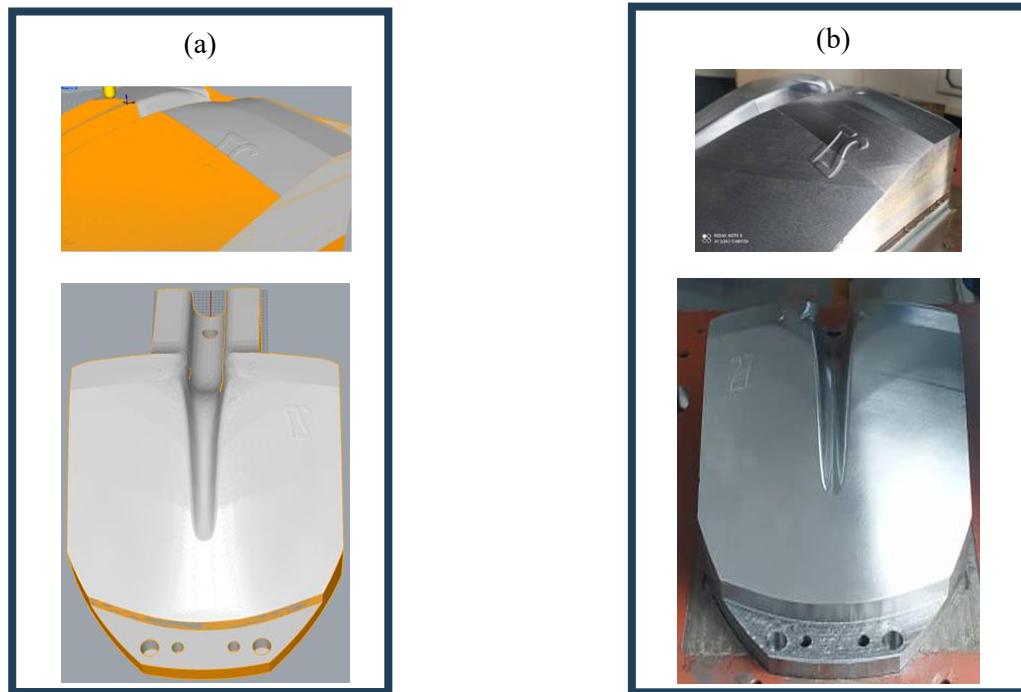
**Fig III. 10** L'opération du semi-finition sur RHINOCAM et réel

### 1.16.4 Finition

La finition représente la dernière étape critique dans la fabrication du moule. Elle vise à obtenir un état de surface de qualité et à reproduire fidèlement tous les détails du modèle CAO. Pour cette opération, une stratégie de finition parallèle (Parallèle Finishing) que nous avons utilisée, qui permet de balayer les surfaces de manière uniforme et précise. Les zones complexes et les détails fins (comme les logos ou cavités) sont traités avec un pas de coupe réduit afin d'éliminer

## Chapitre 3 Les étapes de fabrication du moule pour l'entreprise BOUZIDA

les stries visibles. Une simulation est également effectuée pour vérifier l'absence d'erreurs avant l'exécution réelle.



**Fig III. 11** L'opération de la finition sur (a) modèle sur RhinoCam, (b) notre pièce réelle

### 1.17 Programme G-Code généré par RhinoCam

Dans le cadre de la fabrication assistée par ordinateur, la génération du programme G-code constitue une étape essentielle qui permet de passer du modèle numérique à l'usinage réel sur machine CNC. Le G-code est un langage de programmation normalisé (ISO 6983) utilisé pour contrôler les trajectoires d'outils, les vitesses d'avance, les vitesses de broche, ainsi que d'autres fonctions machine.

Dans ce projet, le logiciel RhinoCam a été utilisé comme solution de FAO (Fabrication Assistée par Ordinateur) intégrée à Rhinoceros 3D. RhinoCam permet de générer automatiquement les trajectoires d'outils en fonction des formes du modèle CAO et des paramètres d'usinage définis (type d'outil, stratégies d'ébauche, de finition, profondeur de passe, etc.). Ces trajectoires sont ensuite post-traitées sous forme de G-code compatible avec la machine CNC utilisée, assurant ainsi une exécution précise et conforme à la géométrie conçue.

Voici un exemple qui représente un extrait du programme :

## Chapitre 3 Les étapes de fabrication du moule pour l'entreprise BOUZIDA

```
%  
O1000  
N01 G54  
N01 T03 M06  
N02 S18000 M03  
N03 G01 Z100.141  
N04 X-431.38 Y-92.99  
N05 G00  
N06 G00  
N07 G01 X-431.38 Y-92.99 Z92.276 F175.2  
N08 G01 X-431.38 Y-92.99 Z91.641 F65.7  
N09 G01 X-432.655 Y-86.122 Z91.641  
N10 G01 X-438.734 Y-53.389 Z91.641 F87.6  
N11 G01 X-439.889 Y-12.637 Z91.641  
N12 G01 X-438.79 Y-0.419 Z91.641  
N13 G01 X-439.485 Y7.942 Z91.641  
N14 G01 X-439.544 Y44.282 Z91.641  
N15 G01 X-433.382 Y85.429 Z91.641  
N16 G01 X-429.659 Y89.029 Z91.641  
N17 G01 X-416.146 Y101.094 Z91.641  
N18 G01 X-409.929 Y106.161 Z91.641  
N19 G01 X-417.855 Y81.88 Z91.641  
N20 G01 X-423.651 Y42.434 Z91.641  
N21 G01 X-423.485 Y8.019 Z91.641  
N22 G01 X-422.726 Y-0.419 Z91.641  
N23 G01 X-423.953 Y-14.07 Z91.641  
N24 G01 X-422.765 Y-52.396 Z91.641  
N25 G01 X-415.743 Y-89.616 Z91.641  
N26 G01 X-409.715 Y-106.403 Z91.641  
N27 G01 X-402.552 Y-112.068 Z91.641  
N28 G17  
N29 G03X-386.597Y-123.493Z91.641I149.596J192.076R243.459  
N30 G01 X-400.132 Y-86.108 Z91.641
```

Fig III. 12 Programme G code

% : début du programme.

O 1000 : nom du programme.

N01 : numéro de la ligne.

G54 : décalage d'origine (origine pièce).

T03 : numéro de l'outil.

## **Chapitre 3 Les étapes de fabrication du moule pour l'entreprise BOUZIDA**

**M06** : appel de l'outil.

**S** : vitesse de rotation de la broche.

**M03** : rotation de la broche dans le sens horaire.

**G00** : interpolation linéaire à vitesse rapide.

**G01** : interpolation linéaire à vitesse programmée.

**G03** : interpolation circulaire dans le sens anti-horaire.

**G17** : la sélection du plan de travail XY.

**X, Y, Z** : coordonnées d'un point.

**I, J, R** : données d'un arc.

### **1.18 Conclusion**

La fabrication d'un moule d'emboutissage est une opération complexe qui requiert une maîtrise technique avancée et l'utilisation de technologies de pointe. Ce chapitre décrit de manière détaillée les différentes étapes de fabrication du moule pour l'entreprise BOUZIDA, de la conception à la réalisation finale. Après une présentation de la conception assistée par ordinateur (CAO) et des outils numériques utilisés, ce chapitre explore les étapes d'usinage du moule, en mettant l'accent sur l'utilisation des machines CNC et des logiciels de Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO) comme RhinoCam. À travers l'exemple pratique de l'entreprise BOUZIDA, ce chapitre met en lumière les défis rencontrés et les solutions apportées tout au long du processus de fabrication du moule, ainsi que les ajustements nécessaires pour garantir la précision et la qualité de la pièce finale.

# **Conclusion générale**

## **Conclusion générale**

Ce travail de recherche et de fabrication a permis de mettre en lumière l'importance de l'emboutissage dans l'industrie moderne et son application spécifique à la fabrication de moules destinés à la production des pelles. La conception et la fabrication de ces moules, réalisés avec des outils de pointe et des technologies avancées telles que la Conception Assistée par Ordinateur (CAO) et la Fabrication Assistée par Ordinateur (FAO), représentent des étapes essentielles pour garantir la précision, la qualité et l'efficacité de la production industrielle.

À travers l'étude détaillée du procédé, du choix des matériaux et des outils nécessaires, ainsi que des différentes étapes de fabrication, ce mémoire a montré l'importance d'optimiser chaque phase pour réduire les coûts de production tout en augmentant la durabilité et la fiabilité des moules. Les recours à des technologies comme le scanner 3D et le logiciel RhinoCam pour la programmation des machines CNC a également joué un rôle clé dans l'optimisation des processus.

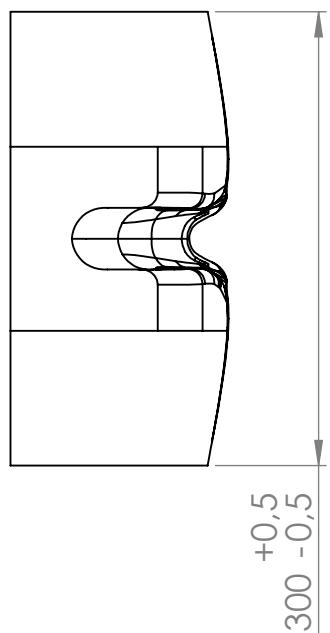
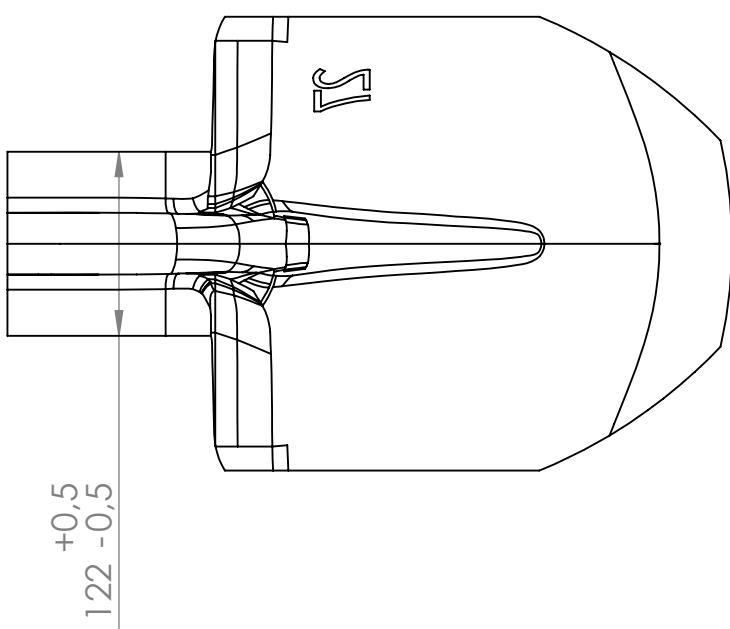
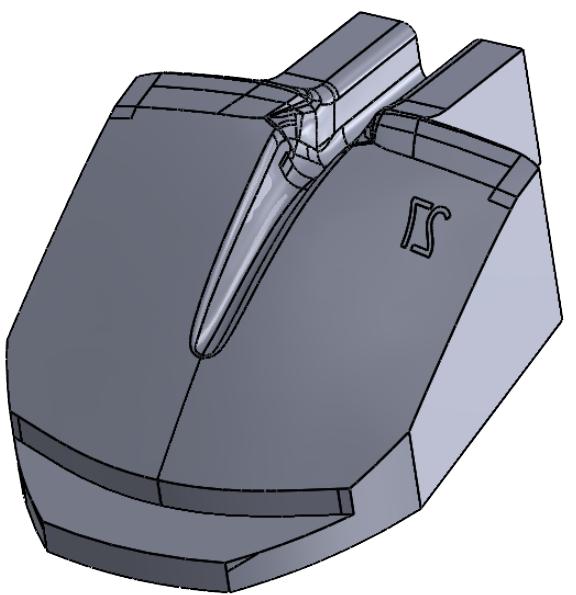
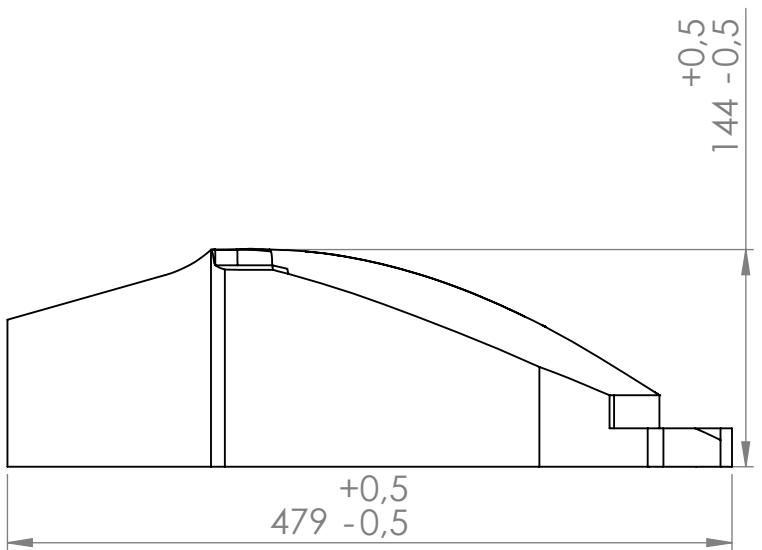
En outre, le projet a permis de comprendre les enjeux économiques liés à la production locale en Algérie, notamment en termes de réduction de la dépendance aux importations et de soutien à l'intégration industrielle nationale. Il est évident que l'optimisation de la production des moules locaux est essentielle pour le développement industriel du pays, notamment dans les secteurs stratégiques comme le BTP et l'agriculture.

Enfin, bien que les défis techniques rencontrés aient été nombreux, les solutions apportées tout au long de ce projet ont permis d'aboutir à un résultat satisfaisant. Les recommandations pour l'amélioration continuent des processus de fabrication, notamment en termes d'innovation technologique et de formation des opérateurs, devraient contribuer à la pérennité et à la compétitivité des entreprises algériennes dans ce domaine.

## **Références Bibliographiques**

- [1] Entreprise Nationale de Matériels de Travaux Publics (<https://www.enmtp.dz/equipements-optionnels-2/>), consulté le : 05 / 05 / 2025.
- [2] L'office national des statistiques (2022), consulté le : 06 / 05 / 2025.
- [3] BTP Algérie- Importations au 1er trimestre 2013, consulté le : 10 / 05 / 2025.
- [4] Tough Bull Manufacturing (5<https://www.toughbull.com/index.html>), consulté le : 10 / 07 / 2025.
- [5] Somatel-Leibherr DZ (<https://www.somatel-liebherr.dz/sometal-liebherr/>), consulté le :10 / 05 / 2025.
- [6] Ventilation et extraction des fumées Jacques Monteil, Conception des outillages – Emboutissage et découpage, Éditions Dunod, 2008.
- [7] Giraudon, A. Renaud, Procédés de mise en forme des matériaux, Techniques de l'Ingénieur, 2010.
- [8] Jean-Pierre Dal Pont, L'atelier flexible et automatisé, Lavoisier, 2009.
- [9] Mécanismes d'action tribologique des films secs en emboutissage Maryline MALROUX Ingénieur ENSCCF, 2001, LYON.
- [10] A. Rassili et al., "Caractérisation mécanique et microstructurale d'un acier au bore utilisé pour la fabrication d'outils d'excavation", Revue des composites et des matériaux avancés, 2018.
- [11] M. Meraghni et al., "Comportement des aciers à haute limite élastique pour la mise en forme", Journal de Physique IV, 2000.

# **Annexes**



Echelle 1:5	<b>UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA</b>	ANNEXE 1
	<b>PARTIE SUPERIEURE DU MOULE</b>	2024/2025
A4	IMATOUKENE .L - KHELFAOUI .C	MASTER II

# Résumé

L'objectif de ce travail présente la conception et la fabrication d'un moule d'emboutissage pour une pelle. Pour cela nous avons utilisé le système CAO et FAO avec l'utilisation de leur logiciels SOLIDWORKS et RhinoCam pour faire la conception et fabrication de ce moule sur une machine à commande numérique CNC.

**Mots clés :** CAO, FAO, CNC, SOLIDWORKS, RhinoCam, programme G-code, Centre d'usinage

## Abstract

The objective of this project is to design and manufacture a stamping mold for a shovel. For this we used CAD and CAM systems with the use of their software SOLIDWORKS and RhinoCam to design and manufacture this mold on a CNC machine.

**Key words :** CAD, CAM, CNC, SOLIDWORKS, RhinoCam, G-code program, Machining center.

## ملخص

يهدف هذا العمل إلى تصميم وتصنيع قالب ختم لمجرفة .استخدمنا نظام التصميم بمساعدة الحاسوب CAD CAM وبرنامجي SOLIDWORKS, RHINOCAM لتصميم وتصنيع هذا القالب على آلة CNC .

**الكلمات المفتاحية:** G-code, برنامج RhinoCam, SOLIDWORKS, CNC, CAM, CAD, مركز التصنيع