



**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE  
POPULAIRE**



**MINISTRE D'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA  
RECHERCHER SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE SAAD DAHLEB BLIDA  
FACULTE DU SCIENCES TECHNOLOGIES  
DEPARTEMENT DE MECANIQUE**

**PROJET DE FIN D'ETUDE MASTER EN MECANIQUE  
OPTION : FABRICATION MECANIQUE ET PRODUCTIQUE**

**THEME :**

**CONCEPTION, FABRICATION D'UNE MACHINE DE ROTO-MOULAGE, DEDIEE A  
LA FABRICATION DE PIECES POUR AUTOMOBILE.**

Réalisé Par :

- BOUREGHDA SAMI

Promoteur :

- MR. MOKHTARI AHCENE

Encadreur :

- MR. ABADA MOURAD

Année universitaire 2023/2024

## **REMERCIEMENT**

*Tout d'abord, je remercie Allah d'avoir terminé mon parcours académique.*

*Je tiens à exprimer ma profonde gratitude envers M. Abada Mourad pour sa guidance, ses précieux conseils et son soutien infailible tout au long de l'élaboration de ce mémoire. Sa patience et son expertise ont été des piliers essentiels pour la réussite de ce travail.*

*Je souhaite également exprimer ma reconnaissance envers M. Mokhtari Ahcene pour son accompagnement constant tout au long de ce projet et pour son engagement à me pousser à donner le meilleur de moi-même.*

*Un immense merci à ma famille pour leur soutien indéfectible et leurs encouragements constants. Leur amour et leur soutien ont été ma principale source de force tout au long de cette période d'études exigeante.*

*Enfin, je tiens à exprimer ma gratitude envers tous mes amis et collègues qui m'ont soutenu pendant ce parcours académique. Leurs encouragements et leur amitié ont été d'une importance capitale pour surmonter les obstacles rencontrés.*

*Je vous remercie chacun pour votre contribution à la réalisation de ce travail. Votre soutien précieux a rendu cette expérience académique à la fois enrichissante et gratifiante. Je vous suis reconnaissant de m'avoir accompagné tout au long de ce parcours.*

## RESUME

Le roto-moulage (parfois appelé roto moulage ou moulage par rotation) est une technique de moulage du plastique qui utilise la chaleur et la force de rotation pour former des objets creux. Cette technologie polyvalente peut être utilisée pour fabriquer une grande variété de produits, notamment des récipients et des réservoirs de presque toutes les tailles et formes, des conteneurs alimentaires et médicaux, des meubles d'extérieur, des embarcations et des jouets pour enfants.[01]

## ملخص

القولبة الدورانية هي تقنية قولبة بلاستيكية تستخدم الحرارة وقوة الدوران لتشكيل أجسام مجوفة. يمكن استخدام هذه التقنية متعددة الاستخدامات لصنع مجموعة واسعة من المنتجات، بما في ذلك الحاويات والخزانات من أي حجم وشكل تقريبا، وحاولات الطعام والحاولات الطبية، والأثاث الخارجي، والقوارب ولعب الأطفال.

## Abstract

Rotational molding is a plastic molding technique that uses heat and rotational force to form hollow objects. This versatile technology can be used to manufacture a wide variety of products, including containers and tanks of almost any size and shape, food and medical containers, outdoor furniture, boats and children's toys.

# SOMMAIRE

<b>REMERCIEMENT</b> .....	2
<b>RESUME</b> .....	3
ملخص.....	3
<b>Abstract</b> .....	3
<b>SOMMAIRE</b> .....	4
<b>LISTE DES FIGURES</b> .....	7
<b>LISTE DES TABLEAUX</b> .....	9
<b>REFERENCE</b> .....	10
<b>LISTE DES SYMBOLE</b> .....	11
<b>CHAPITRE 01 : MOULAGE</b> .....	14
1.1 INTRODUCTION : .....	14
1.2 PRINCIPES FONDAMENTAUX DES TECHNIQUES DE MOULAGE : .....	14
1.2.1 Modèle : .....	14
1.2.2 Matériau de moulage : .....	14
1.2.3 Préparation du modèle : .....	14
1.2.4 Réalisation du moule : .....	14
1.2.5 Durcissement : .....	15
1.2.6 Démoulage : .....	15
1.2.7 Finition : .....	15
1.2.8 Réutilisation du moule : .....	15
1.3 TYPES DE MOULAGE : .....	16
1.3.1 Moule non-permanent : .....	17
1.3.2 Moulage permanent: .....	19
1.4 MATERIAUX UTILISES : .....	20
1.5 APPLICATION INDUSTRIELLE DU MOULAGE : .....	21
1.6 LES AVANTAGE DU MOULAGE : .....	25
1.7 LES INCONVENIENTS DU MOULAGE : .....	26
<b>CHAPITRE 02 : ROTO-MOULAGE</b> .....	29
1.1 INTRODUCTION : .....	30
1.2 LE PROCEDE DE ROTO-MOULAGE : .....	30
1.2.1 Le chargement de la matière : .....	30
1.2.2 La fermeture du Moule : .....	30
1.2.3 La mise en rotation du moule : .....	30
1.2.4 Le chauffage : .....	30
1.2.5 Le refroidissement : .....	31
1.2.6 Le démoulage : .....	31
1.3 LES MACHINES DE ROTO-MOULAGE : .....	31
1.3.1 Machine navette: .....	32
1.3.2 Machine Carrousel: .....	32
1.3.3 Machine à flamme nue: .....	33
1.3.4 Four Sphère : .....	34
1.3.5 Machine de laboratoire: .....	35



1.3.6	Machine Rock and Roll :.....	36
1.3.7	Machine à clapet :.....	37
1.3.8	Machine verticale ou basculante :.....	38
1.4	LES MATEREAUX UTILISES :.....	38
1.4.1	Le polyéthylène:.....	38
1.4.2	Le PVC (Polychlorure de vinyle) :.....	39
1.4.3	Le Polypropylène :.....	39
1.4.4	Les polyamides :.....	39
1.4.5	Le polycarbonate :.....	39
1.4.6	De nouvelles matières issues de végétaux voient le jour (PLA) :.....	40
1.5	PRODUIT FABRIQUE PAR ROTO-MOULAGE : .....	40
1.6	LES AVANTAGE DU ROTO MOULAGE :.....	41
1.7	LES INCONVENIENTS DU ROTO-MOULAGE : .....	41
1.8	LES CARACTERISTIQUES DES PIECES ROTO-MOULEES.....	42
<b>CHAPITRE 03 : CONCEPTION.....</b>		<b>44</b>
1.1	CONCEPTION .....	44
1.1.1	CONCEPTION SUPPORT MACHINE .....	44
1.1.2	CONCEPTION CADRE 01 .....	47
1.1.3	CONCEPTION CADRE 02 .....	49
1.1.4	CONCEPTION AXE 01.....	50
1.1.5	CONCEPTION AXE 02.....	52
1.1.6	CONCEPTION ROULEMENT .....	53
1.1.7	CONCEPTION MOULE.....	53
1.1.8	CONCEPTION UNE TRAVERSE .....	55
1.1.9	CONCEPTION UNE POLIE.....	56
1.1.10	L'ASSEMBLAGE DE LA MACHINE .....	57
1.2	LES CALCULS .....	58
1.2.1	CALCUL DU RAPPORT DE VITESSE : .....	58
1.2.2	CALCULS DE LA TRANSMISSION DE COURROIE.....	58
1.2.3	RAPPORT DE VITESSE (COURROIE) :.....	59
1.2.4	CALCUL LA LONGUEUR DE COURROIE .....	59
1.2.5	CHOIX DE MOTEUR (ASYNCHRONE) .....	59
1.3	SIMULATION DE LA MACHINE .....	61
1.3.1	INFORMATIONS SUR LE MODELE:.....	61
1.3.2	PROPRIETES DE L'ETUDE: .....	65
1.3.3	UNITES:.....	65
1.3.4	PROPRIETES DU MATERIAU: .....	66
1.3.5	ACTIONS EXTERIEURES.....	67
1.3.6	INFORMATIONS SUR L'INTERACTION .....	68
1.3.7	INFORMATIONS SUR LE MAILLAGE.....	68
1.3.8	INFORMATIONS SUR LE MAILLAGE – DETAILS.....	69
1.3.9	FORCES RESULTANTES .....	69
1.3.10	RESULTATS DE L'ETUDE.....	70
<b>CHAPITRE 04 : REALISATION.....</b>		<b>75</b>
1.1	PARTIE MECANIQUE :.....	75

1.1.1	REALISATION SUPPORT MACHINE :	75
1.1.2	REALISATION MOULE	82
1.1.3	REALISATION CADRE 01	87
1.1.4	REALISATION CADRE 02	87
1.1.5	REALISATION DES TRAVERSE	88
1.1.6	REALISATION SUPPORT MOULE	89
1.1.7	L'ASSEMBLAGE DE LA MACHINE	90
1.2	PARITE NUMERIQUE :	93
1.2.1	MOTEUR:	93
1.2.2	REGULATEUR TEMPERATURE:	95
1.2.3	RESISTANCE FLEXIBLE:	96
1.2.4	ARDUINO :	97
<b>CONCLUSION GENERAL</b>		<b>98</b>

## **LISTE DES FIGURES**

Figure 1 : remplissage de la boîte de moulage OKFoundry,CC BY 2.0,via Flickr .....	17
Figure 2 : châssis supérieur extrait de la boîte de moulage OKFoundry,CC BY 2.0,via Flickr .....	17
Figure 3 : procédé de carapace, by michel.baehrel.pagesperso-orange.fr.....	18
Figure 4 : moulage en coquille par gravité avec évolution de la température du moule .....	19
Figure 5 : Moulage par centrifugation, by LBI foundries société.....	19
Figure 6 : moulage par Coulée continue (lingotière) by Marc Henri [Duot, 2007]. .....	20
Figure 7 : application de moulage en industrie automobile, By rapid direct le 25 juillet 2022 .....	21
Figure 8 : application de moulage en industrie aérospatiale,By Automotor , industrial marking solution in aerospace.....	22
Figure 9 : application de moulage en industrie médicale,By JIM JOHNSON le 08 decembre 2015 .....	23
Figure 10 : application de moulage en industrie électrique et électronique.....	23
Figure 11 : application de moulage en industrie agroalimentaire, By carlos liu dans fr.quora .....	24
Figure 12 : application de moulage en industrie de la mode et du design, par Sandy   12 Nov 2018   .....	24
Figure 13 : application de moulage en industrie de la construction, By Leïla in aizhou Huangyan Aoxu Mold Technology Co., Ltd .....	25
Figure 14 : Conception de la machine .....	29
Figure 15 : Procédure de roto-moulage, By ROTO-SPEC .....	31
Figure 16 : Machine navette .....	32
Figure 17 : Machine Carrousel.....	32
Figure 18 : Machine à flamme nue .....	33
Figure 19 : Machine Four Sphère .....	34
Figure 20 : Machine de laboratoire.....	35
Figure 21 : Machine Rock and Roll .....	36
Figure 22 : Machine à clapet.....	37
Figure 23 : Machine verticale ou basculante .....	38
Figure 24 : Produit fabriqué par roto-moulage .....	40
Figure 25 : support machine en 2D.....	44
Figure 26 : support machine sous forme poutre.....	45
Figure 27 : support machine en 3D.....	45
Figure 28 : cylindre de palier sur les supports .....	46
Figure 29 : support machine en 3D finale.....	46
Figure 30 : cadre 01 en 2D.....	47
Figure 31 : cadre 01 sous forme poutre et la vue en coupe.....	47
Figure 32 : cercle d'axe 01 sur cadre 01 .....	48
Figure 33 : enlèvement de matière sur cadre 01 .....	48
Figure 34 : cadre 01 final .....	48
Figure 35 : cadre 02 en 2D.....	49
Figure 36 : cadre 02 sous forme poutre et vue en coupe.....	50
Figure 37 : axe 01 2D et 3D.....	50
Figure 38 : méthode d'assemblage Axe 01 et cadre 01 .....	51
Figure 39 : assemblage final cadre 01 et axe 01 .....	51
Figure 40 : axe 02 en 2D et 3D .....	52
Figure 41 : assemblage axe 02 et cadre 02.....	52

Figure 42 : roulement BC en 3D.....	53
Figure 43 : moule coté droite en 3D .....	53
Figure 44 : assemblage moule les 2 coté en 3D .....	54
Figure 45 : vis M6 a assemblage moule.....	54
Figure 46 : dessin 2D de la traverse.....	55
Figure 47 : vue 3D de la traverse .....	55
Figure 48 : dessin 2D de poulie .....	56
Figure 49 : dessin 2D de poulie .....	56
Figure 50 : assemblage final de la machine en 3D.....	57
Figure 51 : moteur NEMA 34 de 8.5Nm .....	60
Figure 52 : les 4 barres du support machine .....	75
Figure 53 : petite traverse du triangle support machine.....	76
Figure 54 : les triangles de liaison .....	76
Figure 55 : soudage des triangles de liaison .....	77
Figure 56 : assemblage support machine .....	78
Figure 57 : gabarie support machine.....	79
Figure 58 : traçage du 2éme support.....	80
Figure 59 : soudage du 2eme support .....	81
Figure 60 : ajustassions des supports .....	82
Figure 61 : le châssis du moule.....	83
Figure 62 : plan du tôle 01 a coupé.....	84
Figure 63 : plan du tôle 02 a coupé.....	84
Figure 64 : pointage avec soudage par baguette de tôle 01 sur le moule.....	85
Figure 65 : finalisation de tôle 01 sur le moule.....	85
Figure 66 : pointage de tôle 02 sur le moule.....	86
Figure 67 : réalisation cadre 01.....	87
Figure 68 : réalisations des travers.....	88
Figure 69 : assemblage support + traverse.....	89
Figure 70 : plan des supports moule .....	90
Figure 71 : réalisation de la machine .....	91
Figure 72 : réalisation de la machine .....	92
Figure 73 : moteur NEMA 34 de 8.5NM.....	93
Figure 74 : driver HSS86 .....	94
Figure 75 : régulateur de température .....	95
Figure 76 : résistance chauffant flexible .....	96
Figure 77 : schéma d'installation de la partie numérique .....	97

## **LISTE DES TABLEAUX**

Tableau 1 : tableau des information sur le model .....	62
Tableau 2 : tableau des propriétés de l'étude .....	65
Tableau 3 : tableau des unités .....	65
Tableau 4 : tableau des propriétés du matériau.....	66
Tableau 5 : tableau des action extérieurs.....	67
Tableau 6 : tableau des force.....	68
Tableau 7 : tableau des information sur l'interaction .....	68
Tableau 8 : tableau des informations sur le maillage .....	69
Tableau 9 : tableau des informations sur le maillage détail .....	69
Tableau 10 : tableau des forces .....	69
Tableau 11 : tableau des moments.....	69
Tableau 12 : tableau des forces libre .....	69
Tableau 13 : tableau des moment externes .....	70
Tableau 14 : tableau de résultats de l'étude (stress).....	70
Tableau 15 : tableau des résultats de étude ( déplacement ) .....	71
Tableau 16 : tableau de résultats.....	72
Tableau 17 : tableau de résultats.....	73
Tableau 18 : tableau des caractéristiques de régulateur température .....	95

## REFERENCE

- ❖ (01) : <https://www.mat-technologic.com/application-plasturgie/roto-moulage-plastique/>
- ❖ (02) : <https://www.reliance-foundry.com/blog/moulage-au-sable-fr>
- ❖ (03) : <https://www.yumpu.com/fr/document/read/17469694/le-moulage-en-carapace-croning>
- ❖ (04) : <https://www.transvalor.com/fr/blog/thercast-pour-moulage-coquille-gravite>
- ❖ (05) : <https://www.lbi.fr/process-et-savoir-faire/moulage-par-centrifugation/>
- ❖ (06) : <https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/materiaux-th11/mise-en-forme-des-aciers-aluminium-autres-metaux-et-alliages-42356210/aciers-et-alliages-refractaires-m3175/coulee-m3175niv10003.html>
- ❖ (07) : <https://www.rapiddirect.com/fr/knowledge-base/injection-molding-for-automotive-applications/>
- ❖ (08) : <https://www.automator.com/es/el-marcado-en-el-sector-aeroespacial/>
- ❖ (09) : <https://go4mould.com/fr/medical-injection-molding/>
- ❖ (10) : <https://che.sika.com/fr/industry/advanced-resins/moulage-de-pieces-electroniques.html>
- ❖ (11) : <https://fr.quora.com/Quest-ce-que-le-moulage-par-soufflage-et-combien-de-types-de-moulage-par-soufflage-et-quelle-mati%C3%A8re-plastique-est-disponible-pour-le-moulage-par-soufflage>
- ❖ (12) : <https://plastic-lemag.com/Plastiques-et-design-une-histoire-intimement-liee>
- ❖ (13) : <http://fr.chinacastingmould.com/injection-mold/pallet-mold/construction-site-safety-helmet-injection.html>
- ❖ (14) : <https://www.rotoplast.ca/>
- ❖ (15) : <https://www.padlstore.com/blog/le-coin-du-bricoleur/le-procede-de-fabrication-par-rotomoulage.html>
- ❖ (16) : <https://www.rotoplast.ca/tout-ce-qu'il-faut-savoir-sur-le-rotomoulage>
- ❖ (17) : <https://cytec-europe.com/fr/>
- ❖ (18) : <https://www.dzduino.com/kit-servo-moteur-et-driver-nema-34-86hse8n-bc38-hss86-fr#:~:text=Caract%C3%A9ristiques%E2%80%A2%20Dimension%3A%2040mm%20x,0.17sec%20%2F%2060%20degr%C3%A9s%20.&text=accouplement%20Flexible%2014x10,Caract%C3%A9ristiques%3A%20Tout%20neuf%20et%20de%20haute%20qualit%C3%A9.,connecter%20servo%20%2D%20moteur%2C.&text=Description%20%3A>
- ❖ (19) : <https://www.orbit-dz.com/product/esm-7710-type-j/>
- ❖ (20) : <https://www.acim-jouanin.fr/gamme-produit/resistances-plates-chauffantes/resistances-plates-souples/>

## LISTE DES SYMBOLE

D1	Diamètre d'arbre moteur
D2	Diamètre d'axe motrice
Rv	Rapport de vitesse
N1	Vitesse de moteur
N2	Vitesse d'arbre secondaire
[C] :	Entraxe : c'est la distance entre les axes de rotation des poulies
L	Longueur de courroie
Ls	Longueur la plus proche
Me	Moment équivalent sur l'arbre du moteur = le bras * la force
n	Nombre de tour de l'arbre de moteur tr/mn
$\pi$	Phi = 3.14

## **INTRODUCTION GENERALE**

Dans de nombreux domaines industriels, le moulage joue un rôle crucial en permettant la fabrication de pièces aux formes complexes et aux dimensions précises. Le roto-moulage, parmi les méthodes de moulage, se démarque par son efficacité et sa polyvalence, permettant la fabrication de pièces creuses de grande taille à partir d'une grande diversité de matériaux.

L'objectif de ce mémoire est d'approfondir l'étude du moulage en se concentrant sur le roto-moulage. Quatre chapitres distincts seront abordés : le moulage en général, le roto-moulage comme technique spécifique, la conception d'une machine de roto-moulage et enfin la mise en pratique concrète de cette machine.

Dans le premier chapitre, nous examinerons de manière approfondie le processus de moulage, en mettant en évidence ses principes essentiels, ses diverses variations et ses applications industrielles. Nous examinerons les bénéfices et les désavantages des diverses méthodes de moulage, ainsi que les critères à prendre en considération pour sélectionner la méthode la plus adaptée en fonction des exigences particulières de production.

Le roto-moulage, en tant que technique de moulage par rotation, sera étudié de manière plus approfondie dans le deuxième chapitre. Nous analyserons les caractéristiques de cette technique, ses avantages en termes de qualité de production, de réduction des coûts et de flexibilité par rapport à d'autres techniques de moulage. Nous étudierons aussi les matériaux les plus adaptés au roto-moulage.

La conception d'une machine de roto-moulage, un élément essentiel de ce processus de fabrication, sera abordée dans le troisième chapitre. Nous étudierons les diverses étapes de la conception. Nous soulignerons les principales difficultés techniques à surmonter lors de la création d'une machine performante et fiable pour le roto-moulage.

Finalement, le chapitre quatre et dernier abordera la mise en œuvre concrète de la machine de roto-moulage. Nous examinerons les aspects concrets de la production et de l'assemblage, en soulignant les bonnes pratiques à adopter afin d'assurer le bon fonctionnement et la sécurité de la machine à long terme.





---

# CHAPITRE 01

# MOULAGE

---



# **CHAPITRE 01 : MOULAGE**

## **1.1 INTRODUCTION :**

Le moulage est une méthode d'assemblage qui implique de prendre une empreinte d'une pièce afin de créer un moule dans lequel un matériau peut être placé pour former une pièce identique. Il offre la possibilité de fabriquer des pièces de formes complexes et de grande diversité, de façon économique et précise.

## **1.2 PRINCIPES FONDAMENTAUX DES TECHNIQUES DE MOULAGE :**

Les principes essentiels des méthodes de moulage incluent divers éléments essentiels qui ont un impact sur la qualité et la précision des pièces produites. Voici quelques éléments essentiels :

### **1.2.1 Modèle :**

C'est l'objet que nous voulons reconstituer. Il est possible de fabriquer ce modèle en différents matériaux tels que le bois, le métal, le plastique ou même directement en acier.

### **1.2.2 Matériau de moulage :**

Le matériau de moulage est sélectionné en fonction de différentes variables telles que le type d'objet à mouler, la complexité de sa forme, le coût, la durabilité... Il existe différents matériaux de moulage courants tels que le silicone, le plâtre, l'argile, le latex...

### **1.2.3 Préparation du modèle :**

Avant de débiter le moulage, il est nécessaire de préparer le modelé en fonction du matériau de moulage que nous allons utiliser. Cela peut être réalisé en moulant ou en créant des canaux de coulée afin que le matériau de moulage puisse remplir toutes les parties de la cavité du moule.

### **1.2.4 Réalisation du moule :**

Après avoir préparé le modèle, nous pouvons entamer la création du moule.

### **1.2.5 Durcissement :**

Après avoir versé le matériau de moulage dans le moule, il est nécessaire de le laisser se durcir. Le temps de durcissement varie en fonction du matériau de moulage employé.

### **1.2.6 Démoulage :**

Après avoir complètement durci le matériau de moulage, nous pouvons commencer le démoulage en retirant délicatement le moule du modèle.

### **1.2.7 Finition :**

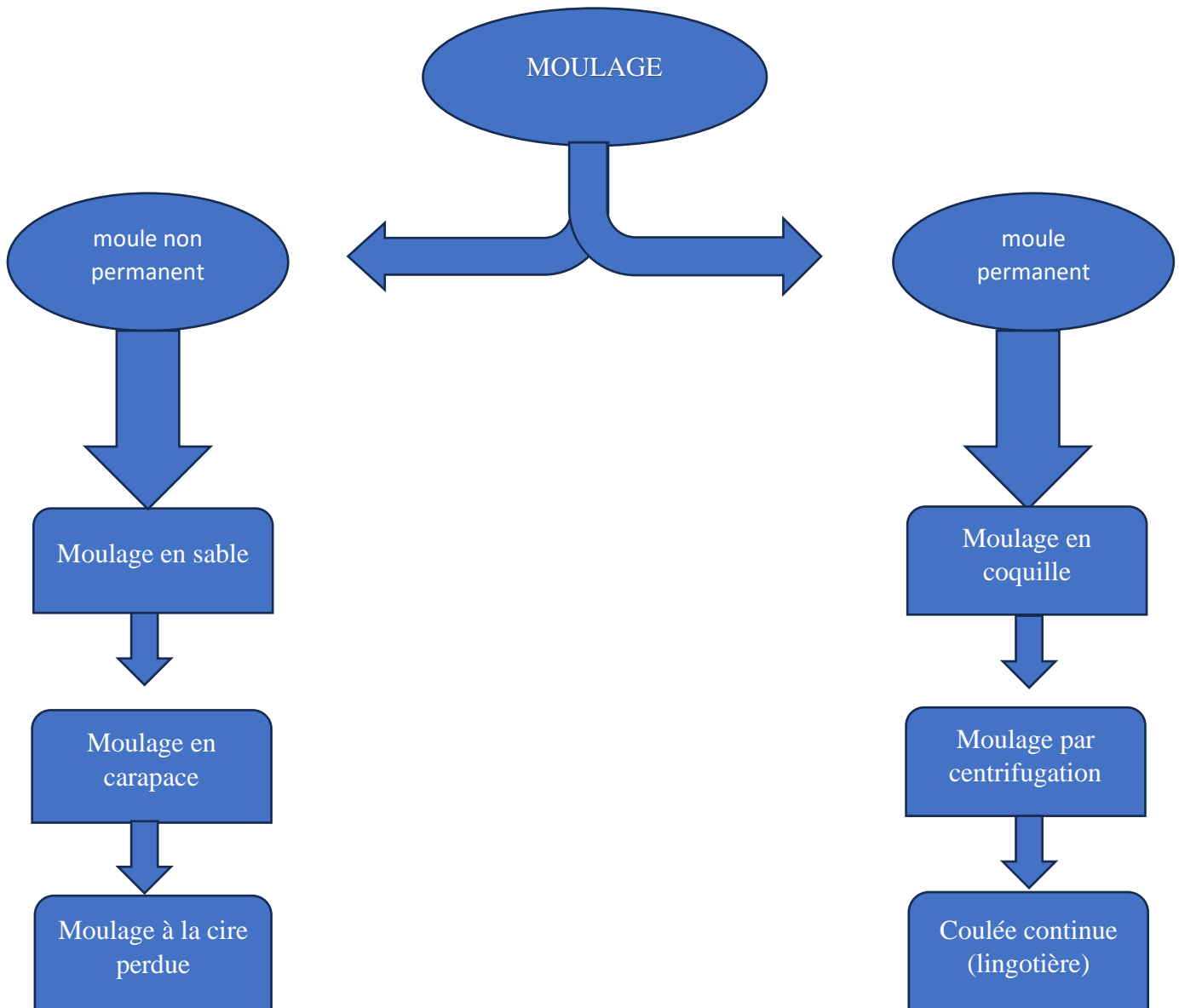
Après avoir démoulé la pièce, nous pouvons finaliser la pièce en supprimant les imperfections, en lissant les surfaces ou en ajoutant des détails supplémentaires si besoin.

### **1.2.8 Réutilisation du moule :**

Dans certains cas, il est possible de réutiliser le moule afin de fabriquer plusieurs pièces identiques.

### 1.3 TYPES DE MOULAGE :

Dans l'industrie il existe plusieurs types de moulage :



### 1.3.1 Moule non-permanent :

#### 1.3.1.1 Moulage en sable :

Il s'agit d'une méthode utilisant des moules au sable non réutilisables afin de fabriquer des pièces en métal. D'un côté, la fabrication du moulage est étonnamment simple ; quiconque a déjà construit des châteaux de sable à la plage sait que le sable peut être utilisé pour créer des formes précises. En revanche, dans une fonderie où la chaleur du métal fondu est à contrôler, il est nécessaire de prendre en considération de nombreux éléments avant de pouvoir parler de succès. Le moulage est utilisé pour produire des éléments métalliques de toutes tailles, dont le poids peut représenter des dizaines de grammes à plusieurs tonnes. On peut fabriquer des moules au sable afin de créer des pièces moulées avec des détails extérieurs et des noyaux. (02)



Figure 1 : remplissage de la boîte de moulage OKFoundry,CC BY 2.0,via Flickr



Figure 2 : châssis supérieur extrait de la boîte de moulage OKFoundry,CC BY 2.0,via Flickr

### 1.3.1.2 Moulage en carapace :

Le métal en fusion, est coulé dans un moule composé de deux coquilles appelées carapaces ou masques. Le procédé est nommé moulage en carapace ou procédé Corning : il s'agit d'un moulage à modèle permanent. (03)

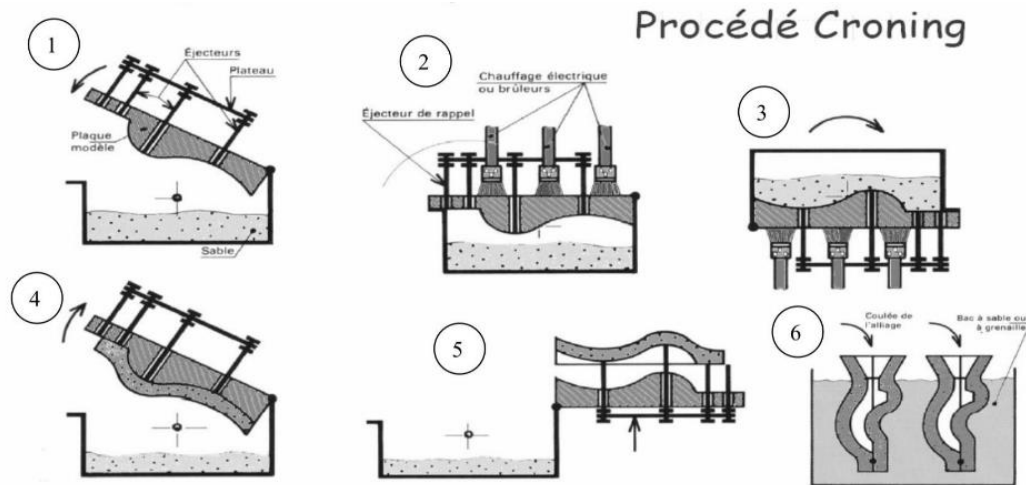


Figure 3 : procédé de carapace, by michel.baehrel.pagesperso-orange.fr

- 01- On met la plaque modèle sur le bac
- 02- On chauffe la plaque modèle a l'aide des brûleurs
- 03- On retourne l'ensemble plaque modèle – bac
- 04- On obtient la polymérisation du sable spécial à base de résine thermodurcissable et on retire la plaque modèle avec la carapace
- 05- On éjecte la carapace a l'aide des éjecteurs
- 06- On introduit la carapace dans un bac de sable et on coule le métal en fusion

### 1.3.1.3 Moulage a la cire perdue :

Le moulage à la cire perdue est une méthode de mise en forme de pièces métalliques qui implique de réaliser un modèle en cire, de le recouvrir d'un coulis céramique, puis de couler du métal fondu dans la cavité formée.

### 1.3.2 Moulage permanent:

#### 1.3.2.1 Moulage en coquille :

Le moulage en coquille est une technique de fonderie où une coquille métallique (un moule) est remplie de métal en fusion uniquement par la force de la gravité. On parle également de la chute de remplissage. (04)

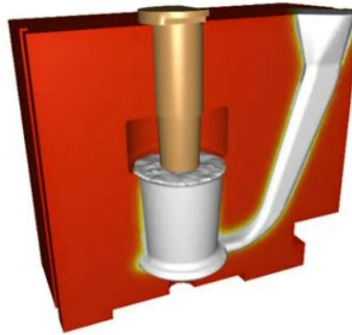


Figure 4 : moulage en coquille par gravité avec évolution de la température du moule

#### 1.3.2.2 Moulage par centrifugation :

Le moulage centrifuge est une méthode de production de pièces en plastique et en matériaux composites, principalement sous forme de cylindres creux. Le processus implique l'incorporation de fibres discontinues et de résine catalysée dans un moule cylindrique en rotation à faible vitesse, puis l'augmentation de la vitesse de rotation afin de densifier et débouler la matière. La force centrifuge provoquerait la polymérisation de la résine, puis la pièce se refroidit et est retirée du moule. (05)



Figure 5 : Moulage par centrifugation, by LBI foundries société

### 1.3.2.3 Coulée continue (lingotière) :

La coulée continue, aussi appelée lingotière, est une méthode de fabrication de métaux liquides qui implique la création d'un produit solide directement à partir du solide.

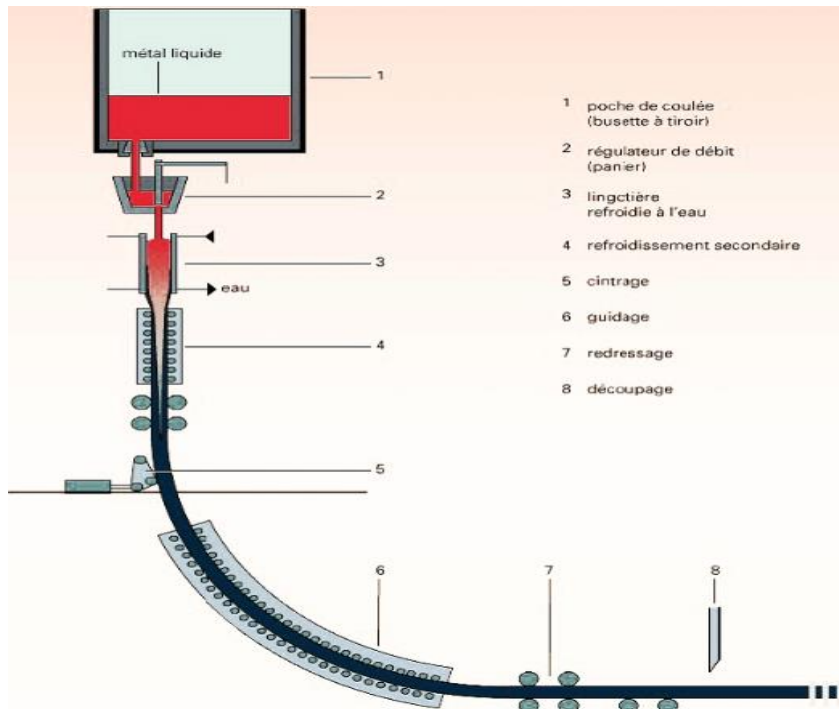


Figure 6 : moulage par Coulée continue (lingotière) by Marc Henri [Duot, 2007].

## 1.4 MATERIAUX UTILISES :

Il est possible d'utiliser différents matériaux en fonction de l'application et du type de moulage désiré. Voici certains des matériaux fréquemment employés dans le domaine du moulage :

### 1.4.1.1 Plâtre :

Utilisé pour le moulage de pièces simple et pour la création des moules temporaire

### 1.4.1.2 Silicone :

Idéal pour la fabrication de moules souple qui peuvent être réutilisés pour reproduire des détails fins

### 1.4.1.3 Résine époxy :

Utilisé pour la création de pièces en plastique, en métal ou en céramique par moulage sous pression

### 1.4.1.4 Mousse polyuréthane :

Utilisé pour la fabrication de moule légers et durable pour reproduire des formes complexe



#### 1.4.1.5 Métal :

Utilisé pour les moules permanents destinés à la production en série de pièces métalliques

### 1.5 APPLICATION INDUSTRIELLE DU MOULAGE :

Le moulage industriel est une méthode de fabrication couramment employée dans divers secteurs afin de fabriquer des pièces complexes et de grande qualité. Voici quelques exemples de grandes applications industrielles du moulage :

#### 1.5.1.1 Industrie automobile :

On utilise fréquemment le moulage pour fabriquer des pièces automobiles telles que les pare-chocs, les panneaux de carrosserie, les supports moteurs, etc. En utilisant des méthodes de moulage telles que le moulage par injection, il est possible de fabriquer des pièces en plastique ou en métal avec des tolérances strictes. (07)



Figure 7 : application de moulage en industrie automobile, By rapid direct le 25 juillet 2022

### 1.5.1.2 Industrie aérospatiale :

Le moulage est employé dans l'industrie aérospatiale afin de fabriquer des pièces complexes et légères indispensables aux avions, aux satellites et aux fusées. Les pièces moulées peuvent être conçues à partir de matériaux composites, de titane ou d'aluminium afin de satisfaire aux critères de solidité et de légèreté. (08)



Figure 8 : application de moulage en industrie aérospatiale,By Automotor , industrial marking solution in aerospace

### ***1.5.1.3 Industrie médicale :***

La fabrication de dispositifs médicaux comme les prothèses, les implants et les instruments chirurgicaux est basée sur le moulage. Il est possible de fabriquer des pièces sur mesure en utilisant des matériaux biocompatibles afin de répondre parfaitement aux besoins des patients. (09)



Figure 9 : application de moulage en industrie médicale,By JIM JOHNSON le 08 decembre 2015

### ***1.5.1.4 Industrie électrique et électronique :***

La fabrication de pièces électroniques et électriques, comme les boîtiers de composants, les connecteurs, les câbles et les circuits imprimés, est largement réalisée par le moulage. On utilise fréquemment le moulage par injection afin de fabriquer des pièces en plastique avec une grande précision. (10)

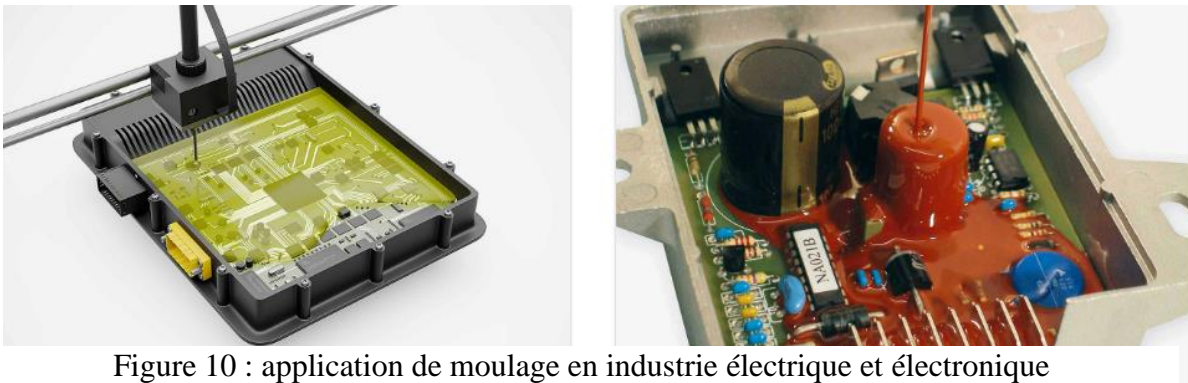


Figure 10 : application de moulage en industrie électrique et électronique

### ***1.5.1.5 Industrie agroalimentaire :***

Le moulage est employé dans le domaine de l'agroalimentaire afin de fabriquer des moules en silicone ou en plastique pour la production de produits alimentaires tels que le chocolat, le fromage, les bonbons, etc. Grâce à ces moules, il est possible de concevoir des formes spécifiques et des designs séduisants. (11)



Figure 11 : application de moulage en industrie agroalimentaire, *By carlos liu dans fr.quora*

### ***1.5.1.6 Industrie de la mode et du design :***

Dans le domaine de la mode et du design, le moulage est employé afin de concevoir des prototypes, des accessoires et des objets décoratifs. Les créateurs ont la possibilité d'explorer diverses formes et textures en pratiquant le moulage afin de donner vie à leurs créations. (12)

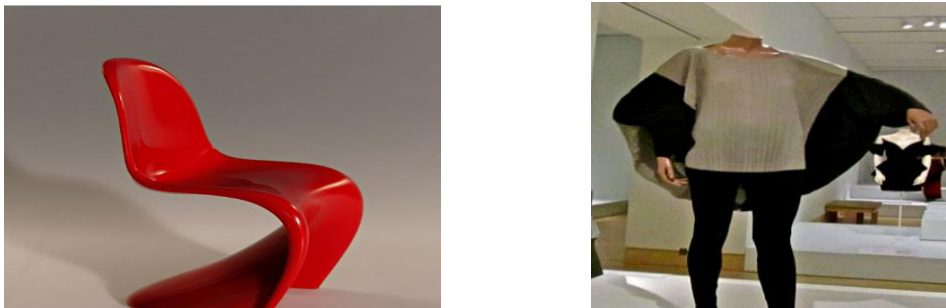


Figure 12 : application de moulage en industrie de la mode et du design, *par Sandy | 12 Nov 2018 |*

### **1.5.1.7 Industrie de la construction :**

Le moulage est employé pour la création de pièces préfabriquées en béton, en plâtre ou en polymères destinées à la construction de bâtiments, de ponts et d'équipements. Ces pièces en moulage présentent une grande solidité et une grande longévité. (13)



Figure 13 : application de moulage en industrie de la construction, By  
*Leila in aizhou Huangyan Aoxu Mold Technology Co., Ltd*

## **1.6 LES AVANTAGE DU MOULAGE :**

Le moulage offre de multiples bénéfices dans différents domaines industriels. Voici certains des principaux bénéfices du moulage :

### **1.6.1.1 Polyvalence :**

L'utilisation du moulage permet de produire une grande diversité de pièces, qu'il s'agisse de pièces simples ou de pièces complexes qui requièrent des formes précises et détaillées.

### **1.6.1.2 Capacité de production en série :**

Le moulage offre la possibilité de fabriquer des pièces en série de manière performante, ce qui est adapté aux secteurs qui requièrent une production à grande échelle.

### **1.6.1.3 Précision :**

Le moulage assure l'obtention de pièces avec une grande précision, assurant ainsi des dimensions précises et des finitions de qualité supérieure.

### **1.6.1.4 Reproductibilité :**

La fabrication de pièces identiques à grande échelle est possible grâce au moulage, garantissant ainsi une cohérence dans la production et la qualité des pièces.



#### ***1.6.1.5 Diversité des matériaux :***

On peut réaliser le moulage avec différents matériaux, comme le plastique, le métal, le caoutchouc, etc., ce qui permet de faire des choix flexibles en fonction des besoins de chaque application.

#### ***1.6.1.6 Efficacité de production :***

En général, la mise en place des moules permet un moulage rapide et efficace, ce qui permet de diminuer les délais de production et de répondre rapidement à la demande du marché.

#### ***1.6.1.7 Coûts de production réduits :***

Le moulage permet de réaliser des économies d'échelle en produisant des pièces en série, ce qui permet de diminuer les coûts unitaires de fabrication des pièces.

#### ***1.6.1.8 Durabilité et résistance des pièces :***

Il est possible de produire des pièces moulées en utilisant des matériaux qui offrent une grande durabilité et résistance, ce qui les rend parfaites pour des applications exigeantes.

#### ***1.6.1.9 Conception de pièces complexes :***

Grâce au moulage, il est possible de concevoir des pièces avec des formes et des structures complexes, ce qui permet d'explorer des conceptions novatrices et pratiques.

### **1.7 LES INCONVENIENTS DU MOULAGE :**

En dépit de ses nombreux bénéfices, le moulage comporte également quelques désavantages qu'il faut prendre en considération. Voici certains des désavantages fréquents du moulage :

#### ***1.7.1.1 Coûts initiaux élevés :***

Les moules requises pour le processus de moulage peuvent être très onéreuses, en particulier pour des pièces complexes ou de petites tailles, ce qui peut entraîner un investissement initial considérable.

#### ***1.7.1.2 Temps de fabrication des moules :***

Il peut y avoir une durée de conception et de fabrication des moules, ce qui peut entraîner des délais de production plus longs avant même de débiter la production des pièces.

#### ***1.7.1.3 Difficulté à modifier les moules :***

Les modifications de conception peuvent être coûteuses et chronophages une fois que les moules sont fabriquées, ce qui rend les ajustements de conception plus complexes que dans d'autres techniques de fabrication.

#### ***1.7.1.4 Limitations de conception :***

Il peut être compliqué de réaliser certaines formes complexes en utilisant le moulage, ce qui restreint les possibilités de conception pour certaines applications particulières.

#### ***1.7.1.5 Déchets de matériau :***

La production implique des pertes de matériau lors du processus de moulage, ce qui peut représenter un désavantage en termes de rentabilité et d'impact environnemental, en particulier pour les matériaux coûteux ou difficiles à recycler.

#### **1.7.1.6 Qualité des surfaces :**

En fonction de la méthode de moulage employée, les pièces peuvent être marquées ou jointes, ce qui peut nécessiter des opérations de finition supplémentaires afin d'obtenir une surface lisse et homogène.

#### **1.7.1.7 Nécessité d'équipements spécialisés :**

Les équipements et les machines spécialisés peuvent être requis pour le processus de moulage, ce qui peut engendrer des dépenses supplémentaires en termes d'infrastructure et de maintenance.

#### **1.7.1.8 Sensibilité aux variations de matière première :**

Selon les fournisseurs et les lots, les caractéristiques des matériaux utilisés pour le moulage peuvent différer, ce qui peut avoir un impact sur la qualité et les performances des pièces fabriquées.

#### **1.7.1.9 Émissions de gaz et de fumées :**

Il est important de surveiller attentivement certains processus de moulage, comme le moulage par injection de plastique, car ils peuvent entraîner des émissions de gaz ou de fumées potentiellement dangereuses pour l'environnement et la santé des travailleurs.



---

# CHAPITRE 02

# ROTOMOULAGE

---





## CHAPITRE 02 : ROTO-MOULAGE

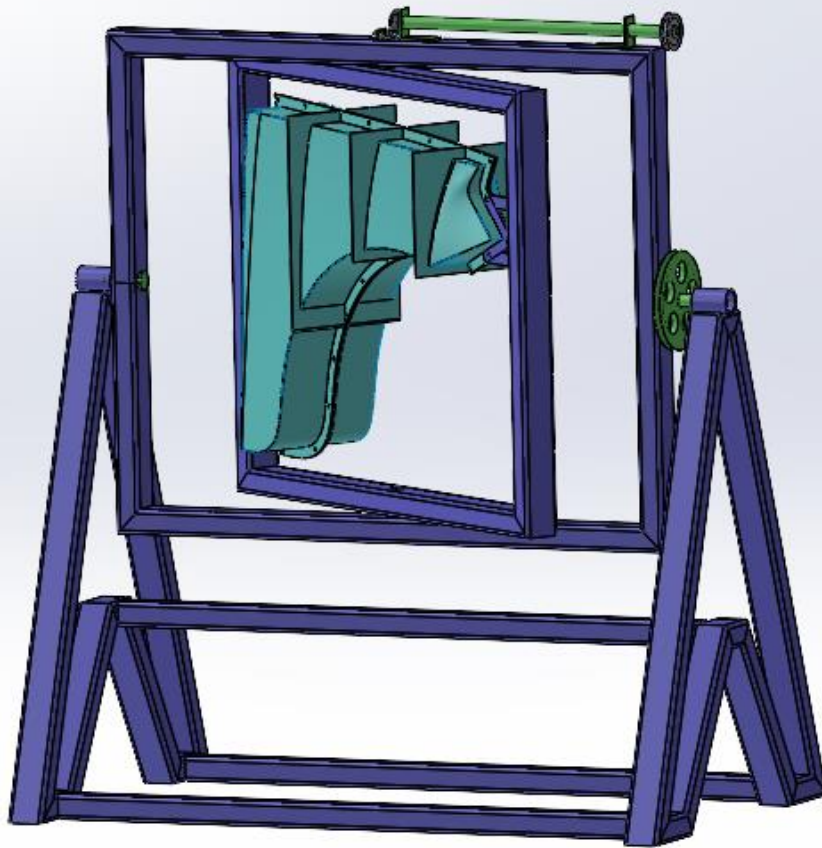


Figure 14 : Conception de la machine

## **1.1 INTRODUCTION :**

Le moulage par rotation est un processus de production qui permet de former des pièces creuses de taille limitée, c'est-à-dire des résines thermoplastiques liquides ou en poudre — et à un nombre limité. Les matériaux thermodurcissables sont chargés dans un moule fendu. Le moule est ensuite tourné. En continu en mode biaxial, dans un environnement à haute température au-dessus de la résine. Température de fusion. Lorsque la matière plastique. A recouvert l'intérieur du moule et. Densifié, l'ensemble de moule tout en tournant est refroidi à la température ambiante. Le. La rotation est arrêtée et la pièce retirée.

Le moulage par rotation n'est pas une nouvelle technique de traitement, ayant eu une place dans l'industrie depuis les années 1940. Les matériaux antérieurs à 1961 étaient limités aux plastisols en vinyle sous forme liquide et étaient principalement utilisés dans la fabrication de nouveautés et d'objets décoratifs tels que des fruits artificiels, des mannequins, des jouets pour enfants et des objets d'exposition creux. Ce qui est nouveau dans le moulage par rotation ces dernières années ne concernent pas les plastisols mais les poudres les résines d'environ 35 mailles qui ont déclenché des améliorations dans la conception de l'équipement et la technologie globale, faisant de cette technique parmi les principales méthodes de traitement des plastiques d'aujourd'hui. Par conséquent, ce manuel sera consacré à la technologie de moulage par rotation de polymère de qualité technique en poudre thermoplastique et non aux plastisols qui ont peu d'importance dans le complexe militaire. (14)

## **1.2 LE PROCEDE DE ROTO-MOULAGE :**

Le roto moulage a un système opérationnelle simple et claire : (15)

### **1.2.1 Le chargement de la matière :**

Dans cette opération on insère le dosage de la matière dans le moule

### **1.2.2 La fermeture du Moule :**

La fermeture de moule sa change dans chaque machine on peut avoir un système de fermeture à l'aide : vis, pneumatique, sauterelles...

### **1.2.3 La mise en rotation du moule :**

La rotation de moule doit assurer qu'elle est autour de 2 axes perpendiculaires pour bien remplir l'empreinte

### **1.2.4 Le chauffage :**

Le choix du système de chauffage dépend de facteurs tels que la taille du moule, le volume de production, la cadence de fabrication et les exigences spécifiques du produit à fabriquer : Four, Rampe à gaz, Panneaux infrarouges, Système de chauffage intégré ...

### 1.2.5 Le refroidissement :

Dans cette étape, le moule, toujours en rotation, sort du four pour être refroidi. L'eau, l'air froid ou une combinaison des deux (« vaporisation à la brume ») permettent le refroidissement du moule et donc de la matière fondue. D'autres sources de refroidissement ont aussi été envisagées (jet d'eau, vaporisation à l'eau, à l'azote).

### 1.2.6 Le démoulage :

La pièce est finalement démoulée quand la température de l'air interne est suffisamment faible, c'est-à-dire quand la pièce est bien solidifiée. On ouvre alors les raccords (entre la partie supérieure et inférieure du moule) et on extrait la pièce qui reproduit exactement l'architecture

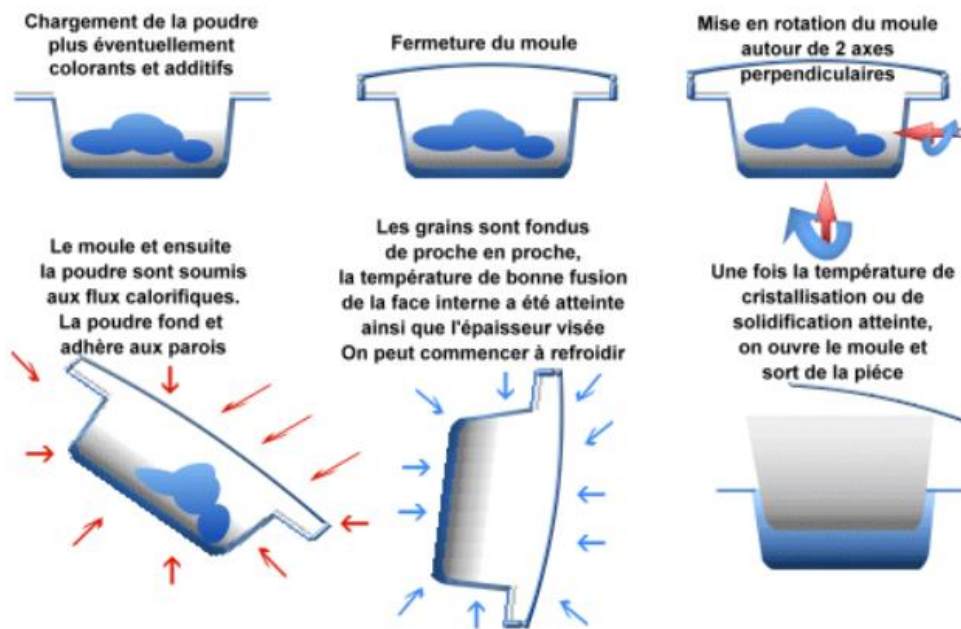


Figure 15 : Procédure de roto-moulage, By ROTO-SPEC

interne du moule. Pour les plastiques thermoplastiques, il est intéressant de retirer du moule la pièce encore chaude pour profiter de sa malléabilité.

## 1.3 LES MACHINES DE ROTO-MOULAGE :

Comme on le sait, le temps passe, la génération se change, on constate beaucoup de développement dans l'industrie pour le roto-moulage que on voit un changement d'utilisation de cette technique :

### 1.3.1 Machine navette:



Figure 16 : Machine navette

Ce type de machine est adapté à la production de pièces de petite à moyenne taille avec un niveau de détail élevé. Il se compose d'un seul bras qui va et vient entre deux fours, permettant la production de plusieurs pièces en un seul cycle.

### 1.3.2 Machine Carrousel:



Figure 17 : Machine Carrousel

Ce type de machine est adapté à la production de grandes pièces avec un niveau de détail élevé. Il se compose de plusieurs bras qui tournent autour d'un axe central, permettant la production de plusieurs pièces en un seul cycle.



### 1.3.3 Machine à flamme nue:



Figure 18 : Machine à flamme nue

Ce type de machine convient à la production de pièces de petite à moyenne taille avec un niveau de détail élevé. Il utilise une flamme nue pour chauffer le moule, permettant un contrôle précis du processus de chauffage.

### 1.3.4 Four Sphère :



Figure 19 : Machine Four Sphère

Ce type de machine est adapté à la production de pièces grandes et complexes avec un niveau de détail élevé. Il utilise un four sphérique pour chauffer le moule, permettant un contrôle précis du processus de chauffage.

### 1.3.5 Machine de laboratoire:



Figure 20 : Machine de laboratoire

Ce type de machine convient à la production de petites pièces à des fins de recherche et développement. Elle est généralement de plus petite taille et a une capacité de production inférieure à celle des autres types de machines de roto-moulage.

### 1.3.6 Machine Rock and Roll :



Figure 21 : Machine Rock and Roll

Ce type de machine est adapté à la production de pièces symétriques avec un niveau de détail élevé. Il utilise un mouvement de bascule pour chauffer le moule, permettant un contrôle précis du processus de chauffage.



### 1.3.7 Machine à clapet :



Figure 22 : Machine à clapet

Ce type de machine est adapté à la production de pièces grandes et complexes avec un niveau de détail élevé. Il utilise un mouvement à clapet pour chauffer le moule, permettant un contrôle précis du processus de chauffage.

### 1.3.8 Machine verticale ou basculante :



Figure 23 : Machine verticale ou basculante

Ce type de machine est adapté à la réalisation de pièces de petites à moyennes dimensions avec un niveau de détail élevé. Il utilise un mouvement vertical pour chauffer le moule, permettant un contrôle précis du processus de chauffage.

## 1.4 LES MATÉRIEAUX UTILISÉS :

Comme on a connu que dans tout cette variété des machines a aussi une variété é des mâteraux qui provoquant la traitaient des opérations on cite quelques types : (16)

### 1.4.1 Le polyéthylène:

On a 3 types de polyéthylène sont :

#### **1.4.1.1 Le polyéthylène linéaire de faible densité (LLDPE) :**

Permet une rigidité faible à moyenne du produit fini. Plus solide que le PEBD, il peut supporter des chocs importants et résister à la perforation.

#### **1.4.1.2 Les produits en polyéthylène réticulé (XLHDPE):**

Résistent bien aux températures froides et peuvent supporter l'abrasion et les fissures de contrainte mieux que d'autres matériaux. Ils conviennent pour contenir des produits chimiques agressifs et du diesel.

#### **1.4.1.3 Le polyéthylène haute densité (PEHD) :**

Est un matériau de choix pour les produits à haute performance et les grands réservoirs. En outre, il possède des propriétés mécaniques plus élevées et un coefficient de frottement plus faible.

### **1.4.2 Le PVC (Polychlorure de vinyle) :**

Le Polychlorure de vinyle (PVC) est un polymère thermoplastique de grande consommation, amorphe ou faiblement cristallin, obtenu par polymérisation radicalaire du chlorure de vinyle monomère (CVM) ou monochlorethylene. Il est fabriqué à partir de deux matières naturelles : le pétrole et le chlorure de sodium NaCl (sel de cuisine). Le PVC est essentiellement amorphe, mais il peut localement être syndiotactique et présenter des phases cristallines, avec un taux de cristallinité ne dépassant pas 10 à 15%

### **1.4.3 Le Polypropylène :**

Le polypropylène (PP) est un matériau plastique utilisé dans le procédé de roto-moulage, bien que sa sensibilité thermique à la mise en œuvre limite son utilisation. Ses propriétés de rigidité et de tenue en température permettent cependant des applications spécifiques. Les particules de polypropylène idéales pour le roto-moulage ont une taille entre 100-500 microns (environ 140-35 mesh). La stabilité thermique du polymère est cruciale en roto-moulage, car les hautes températures peuvent entraîner des changements de structure et affecter la résistance des objets fabriqués. Des stabilisants thermiques, des anti-oxydants ou des stabilisants UV peut être ajoutés pour augmenter la stabilité du polymère.

### **1.4.4 Les polyamides :**

Les polyamides sont utilisés dans le processus de roto-moulage, qui consiste à chauffer une poudre de polymère dans un moule rotatif pour obtenir une pièce plastique de forme complexe. Les polyamides sont des polymères thermoplastiques couramment utilisés dans diverses applications en raison de leur résistance aux chocs, à la fatigue et à l'usure, ainsi que de leur bonne stabilité dimensionnelle

### **1.4.5 Le polycarbonate :**

Le polycarbonate est un polymère thermoplastique amorphe, caractérisé par sa transparence, sa résistance aux chocs, sa rigidité et sa stabilité dimensionnelle. Il est utilisé dans une variété

d'applications, y compris les équipements de protection, les écrans de sécurité, les vitrages, les panneaux solaires et les appareils électroniques.

#### 1.4.6 De nouvelles matières issues de végétaux voient le jour (PLA) :

Le PLA, abréviation de l'acide polylactique, est une matière plastique d'origine végétale qui émerge dans le domaine du roto-moulage. Cette nouvelle matière, issue de végétaux, est en train de se développer dans le processus de fabrication par roto-moulage.

#### 1.5 PRODUIT FABRIQUE PAR ROTO-MOULAGE :

- Réservoirs et cuves de stockage de liquides d'une capacité allant jusqu'à 50 000 litres
- Matériel d'expédition et de manutention, comme les palettes, les caisses et les conteneurs isolés
- Produits sanitaires et environnementaux, tels que les fosses septiques et les réservoirs de traitement de l'eau
- Matériel de contrôle de la circulation, comme les panneaux de signalisation, les bornes et les cônes de signalisation
- Matériel nautique, y compris les quais, les embarcations, les kayaks, les pontons et les bouées
- Pièces de véhicules, telles que les tableaux de bord, les canons à air, les ailes, les toits et les réservoirs de carburant/fluide
- Accessoires de sports motorisés, tels que les boîtes de chargement, les coffres, les sièges, les doublures de lit et les couvertures
- Équipements d'aires de jeux et mobilier de parc
- Jouets et équipements de loisirs
- Produits pour la pelouse et le jardin, comme les jardinières, les arrosoirs et les meubles de terrasse. (17)



Figure 24 : Produit fabriqué par roto-moulage

## **1.6 LES AVANTAGE DU ROTO MOULAGE :**

Les avantages du roto-moulage sont les suivants :

- Les moules sont relativement simples et peu coûteux par rapport à ceux des procédés classiques, car le roto-moulage ne nécessite pas de hautes pressions.
- Des moules de tailles et de formes différentes peuvent être montés sur la même machine et utilisés simultanément.
- Les pièces de forme complexe peuvent être roto-moulées. Ce procédé est particulièrement bien adapté pour les grosses pièces de forte épaisseur mais aussi pour les pièces techniques telles que les multicouches.
- Des inserts en plastique ou en métal peuvent être facilement fixés sur le moule.
- Les pièces ont une épaisseur relativement uniforme (en comparaison avec le thermoformage). Et l'épaisseur peut être changée sans modifier le moule.
- Le roto-moulage de matériaux composites est possible.
- Les lignes de soudures (dues au plan de joint) peuvent être facilement évitées.
- Des détails de surface peuvent également être obtenus.
- Le roto-moulage ne génère que très peu de déchets (en comparaison avec l'injection).
- Les pièces finales sont quasiment sans contrainte résiduelle.
- Les petites séries de pièces peuvent être économiquement viables.

## **1.7 LES INCONVENIENTS DU ROTO-MOULAGE :**

- Le temps de cycle est important en comparaison aux autres procédés, spécialement pour les multicouches.
- Peu de matériaux sont élaborés par ce procédé. Actuellement environ 90% des pièces roto-moulées sont en polyéthylène. Cependant la gamme des matériaux est en constante augmentation compte tenu des exigences croissantes en performances thermiques, physiques et mécaniques.
- Le prix des matériaux est relativement élevé car leur micronisation est nécessaire.

## **1.8 LES CARACTERISTIQUES DES PIECES ROTO-MOULEES**

- Densité
- Dureté Shore
- Température de ramollissement
- Indice de fluidité
- Coefficient de dilatation thermique
- Retrait
- Mesure de propriétés mécaniques
- Résistance au choc
- Résistance à la rayure



---

# CHAPITRE 03

# CONCEPTION

---



## CHAPITRE 03 : CONCEPTION

Dans ce chapitre on va entamer la conception de la machine roto-moulage en utilisant SolidWorks 2023 et la simulation.

### 1.1 CONCEPTION

#### 1.1.1 CONCEPTION SUPPORT MACHINE

Dans cette étape on doit dessiner le support machine en 2D avec les dimensions que on a besoin de la réaliser

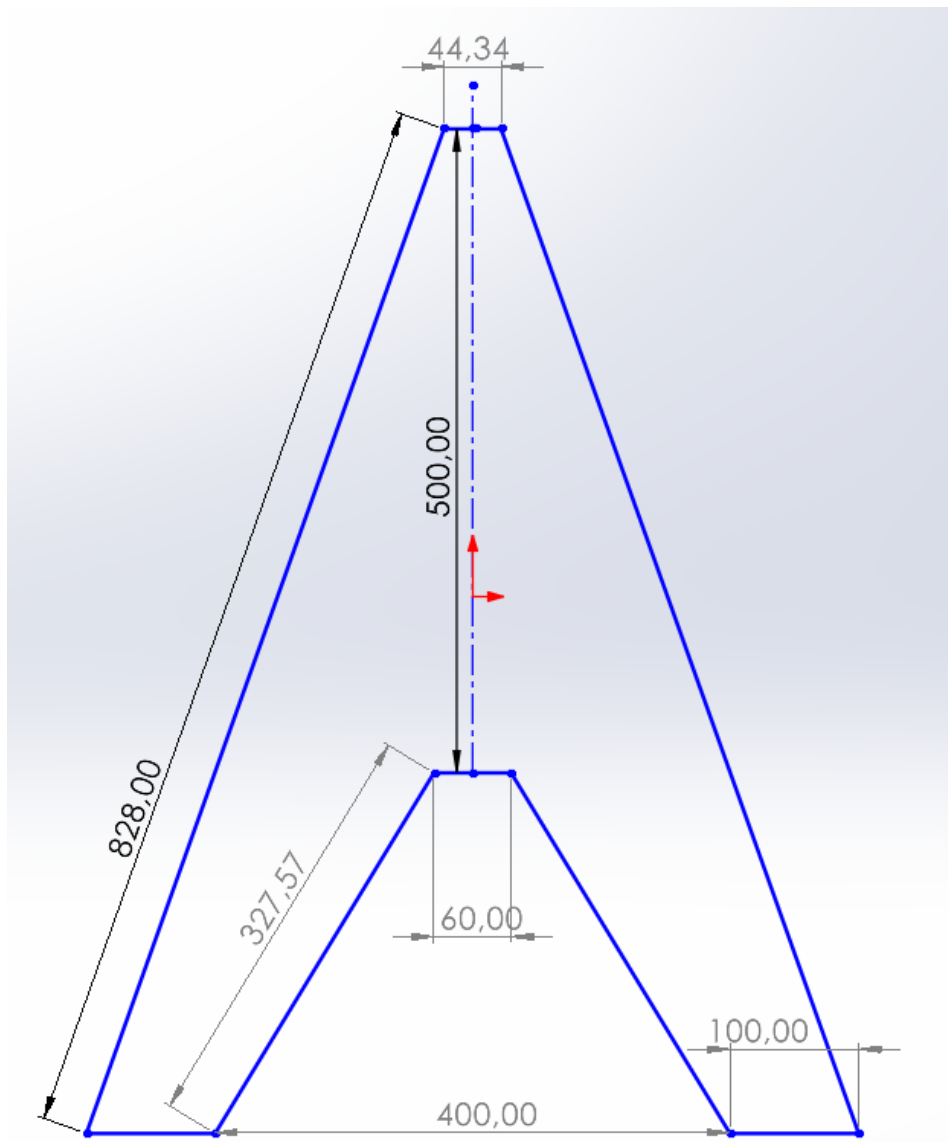


Figure 25 : support machine en 2D



Après le dessiner 2D on va assurer le 3D avec la fonction élément mécano-soudée pour avoir une poutre

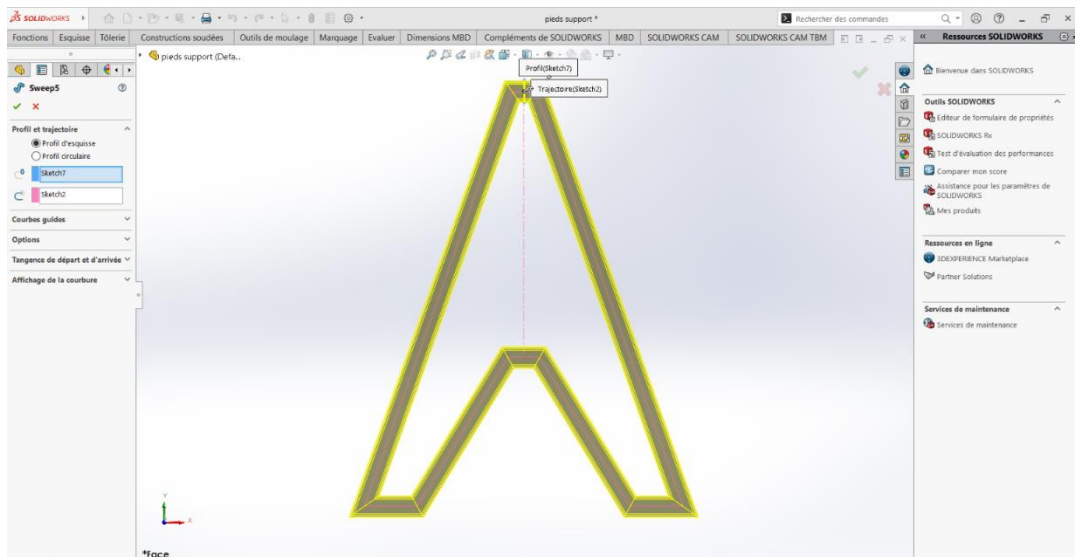


Figure 26 : support machine sous forme poutre

Voici le résultat de cette fonction

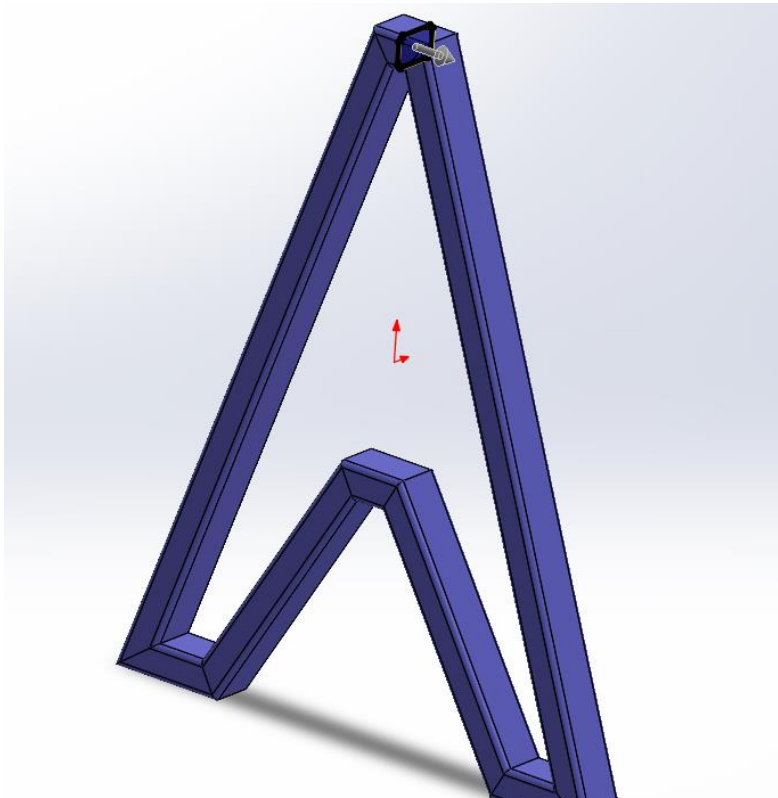


Figure 27 : support machine en 3D

Maintenant-on dessine un cylindre pour avoir un palier pour les axes

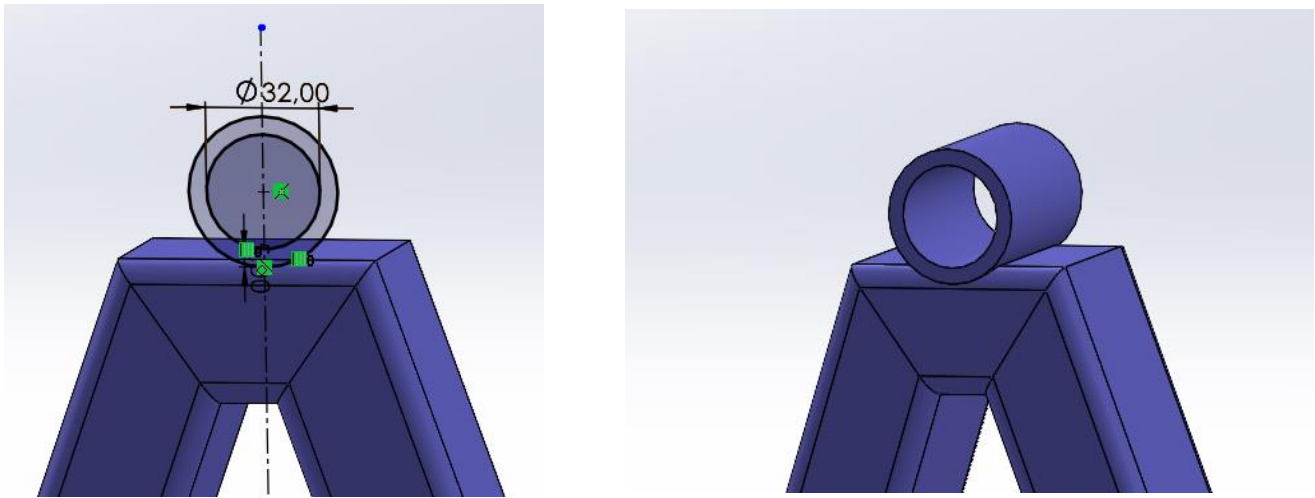


Figure 28 : cylindre de palier sur les supports



Figure 29 : support machine en 3D finale

## 1.1.2 CONCEPTION CADRE 01

On insère un rectangle dans SolidWorks  
Ajusté les dimensions

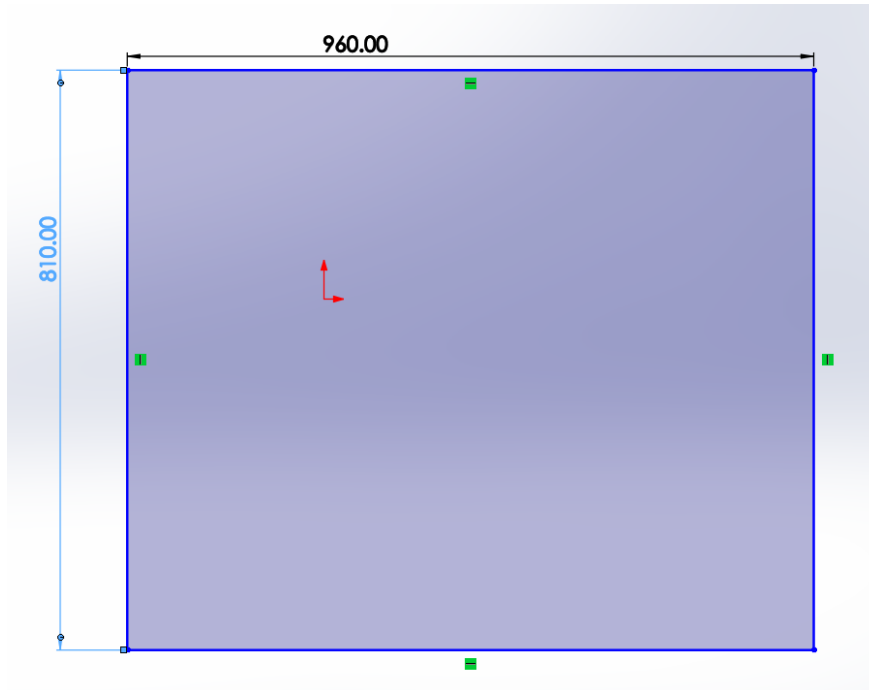


Figure 30 : cadre 01 en 2D

Avec la fonction weldement on assure la 3D  
La pièce sera en cadre sous forme de rectangle vide

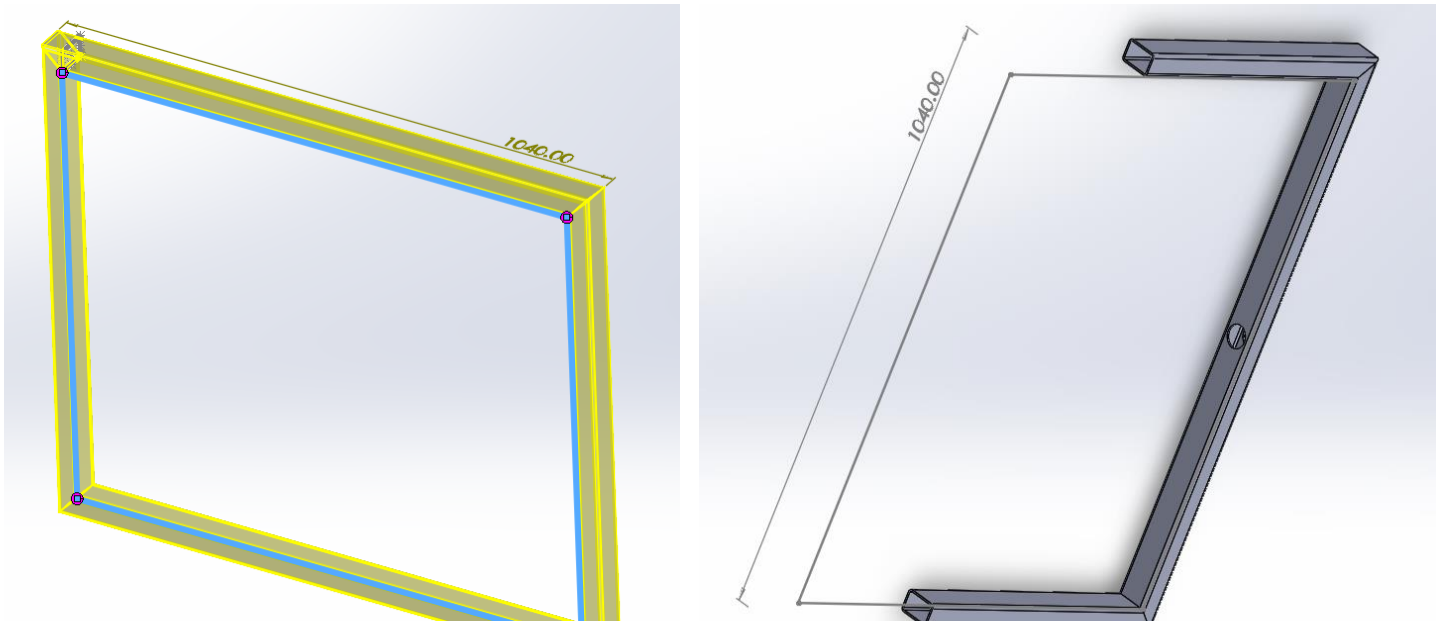


Figure 31 : cadre 01 sous forme poutre et la vue en coupe

On insert un cercle de 20mm  
Ont enlevé la matière dans le cercle dans direction Complete

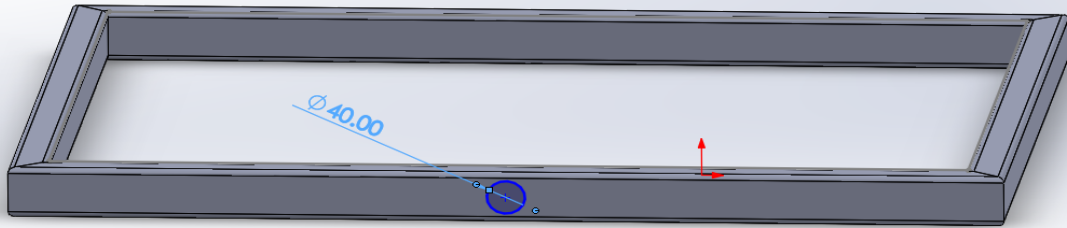


Figure 32 : cercle d'axe 01 sur cadre 01

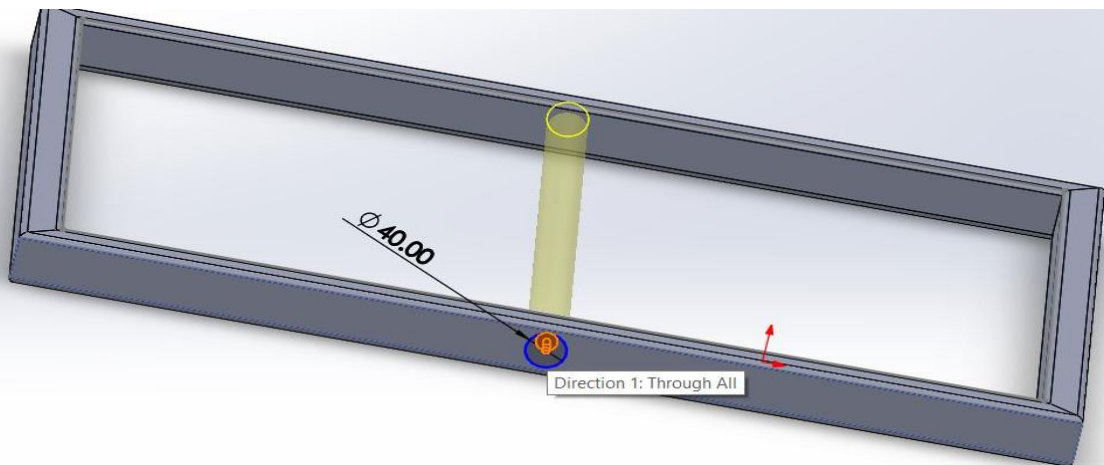


Figure 33 : enlèvement de matière sur cadre 01

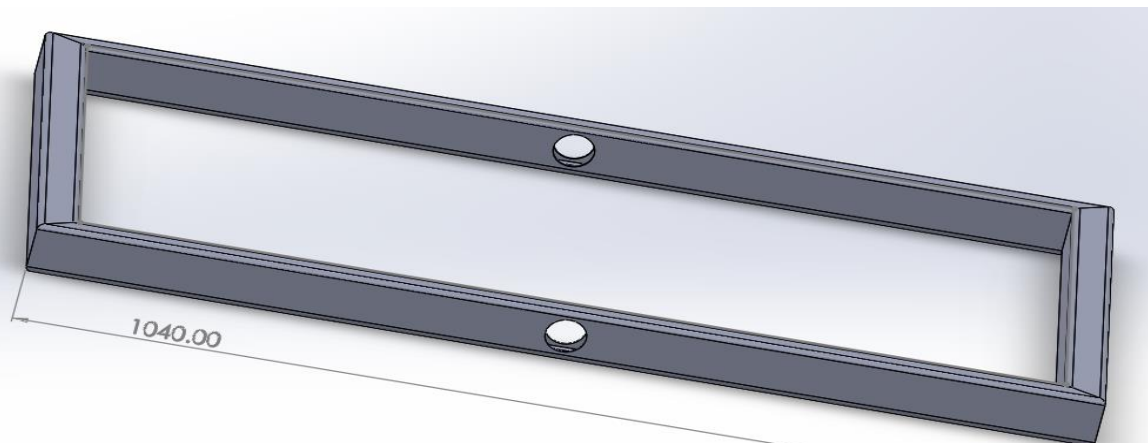


Figure 34 : cadre 01 final

### 1.1.3 CONCEPTION CADRE 02

On insère un rectangle dans SolidWorks  
Ajusté les dimensions

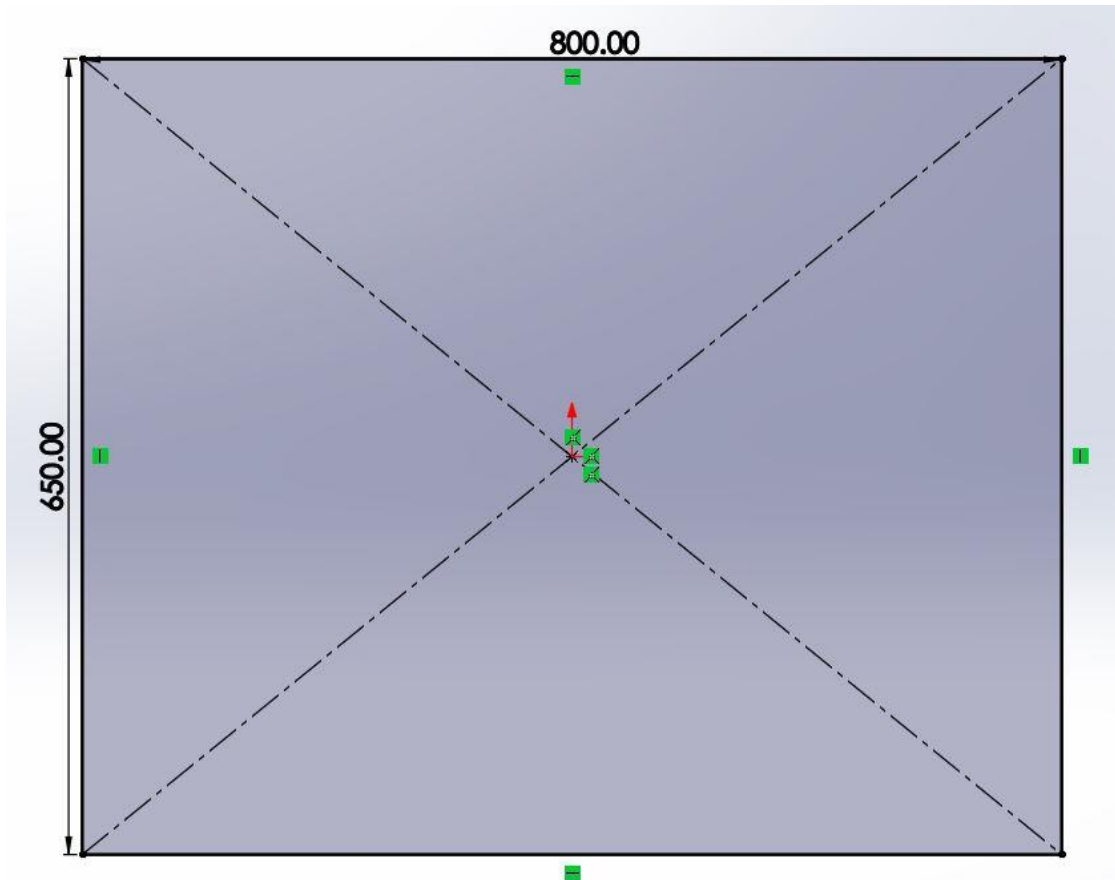


Figure 35 : cadre 02 en 2D

Avec la fonction weldement on assure la 3D

La pièce sera en cadre sous forme de rectangle vide

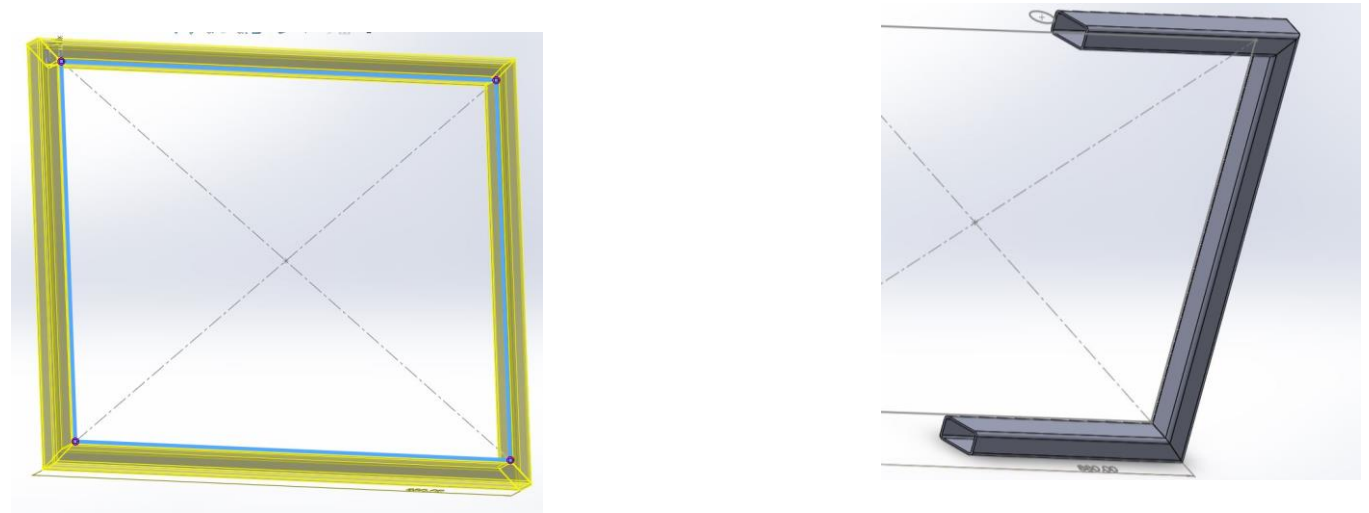


Figure 36 : cadre 02 sous forme poutre et vue en coupe

#### 1.1.4 CONCEPTION AXE 01

Dans cette étape on dessiner un axe du diamètre 20mm et une longueur de 200 mm, pour assemblé sur les 2 cote du cadre 01

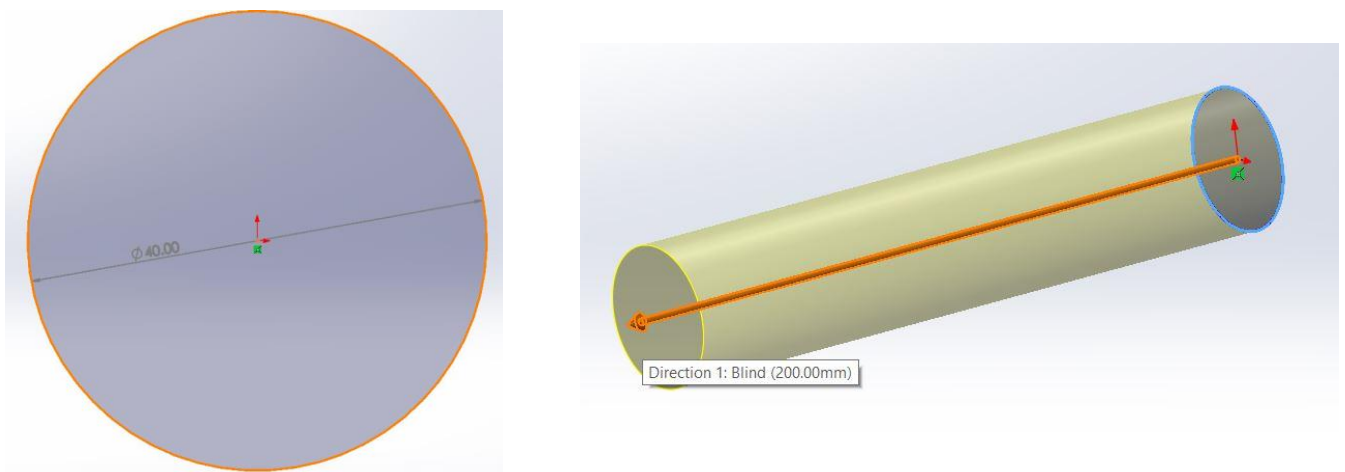


Figure 37 : axe 01 2D et 3D

Maintenant on assure l'assemblage

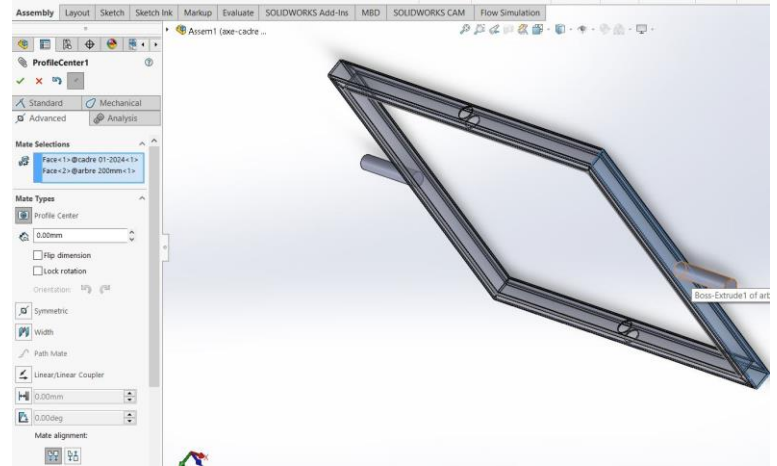
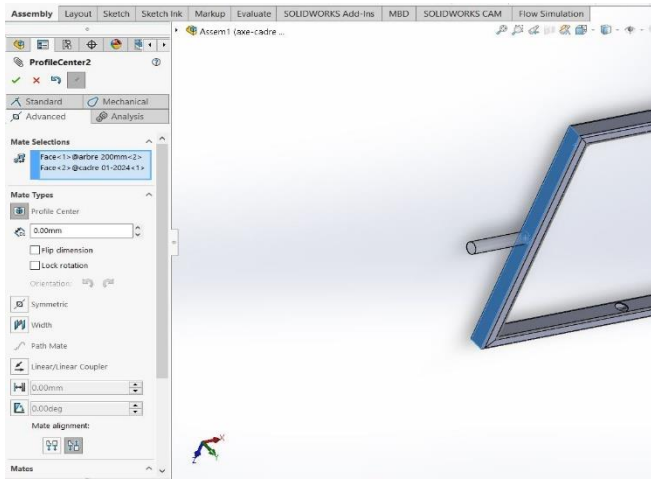


Figure 38 : méthode d'assemblage Axe 01 et cadre 01

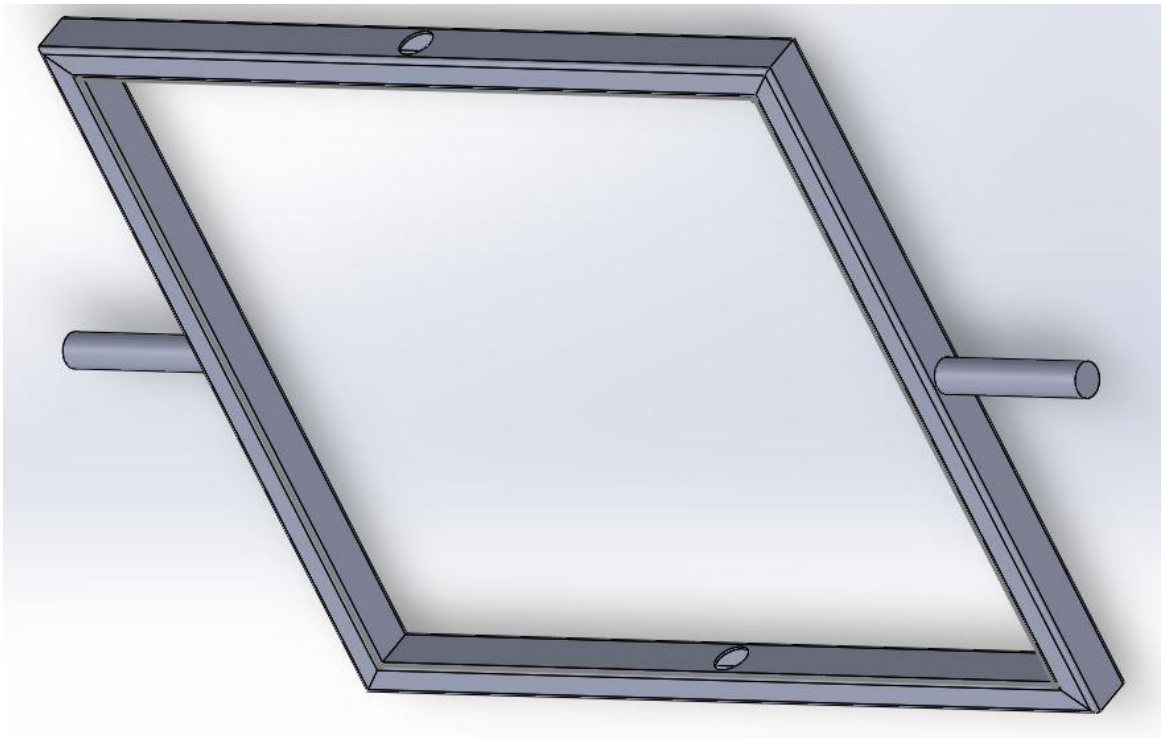


Figure 39 : assemblage final cadre 01 et axe 01



### 1.1.5 CONCEPTION AXE 02

Dans cette étape on dessine un axe du diamètre 20mm et une longueur de 150 mm, pour assemblé sur les 2 cote du cadre 02

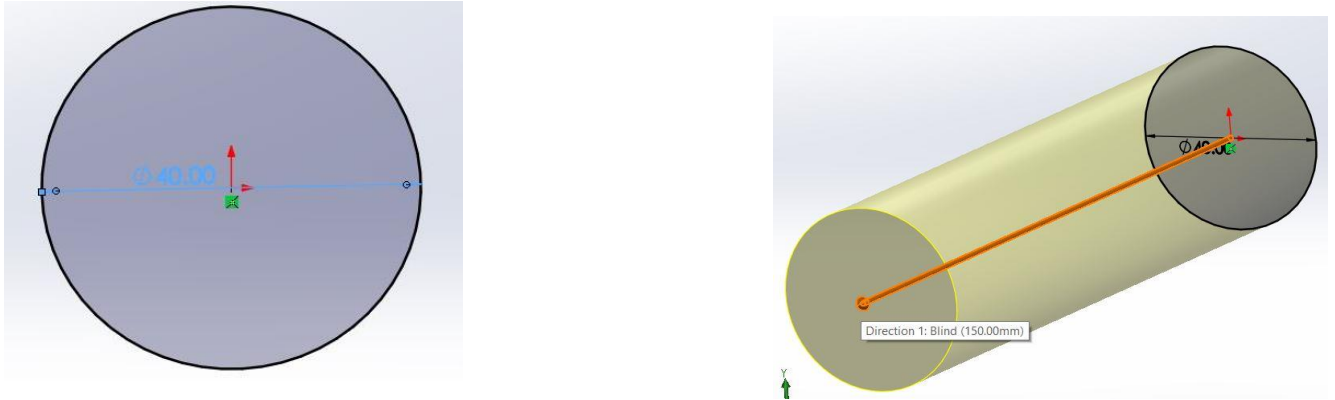


Figure 40 : axe 02 en 2D et 3D

Maintenant on assure l'assemblage

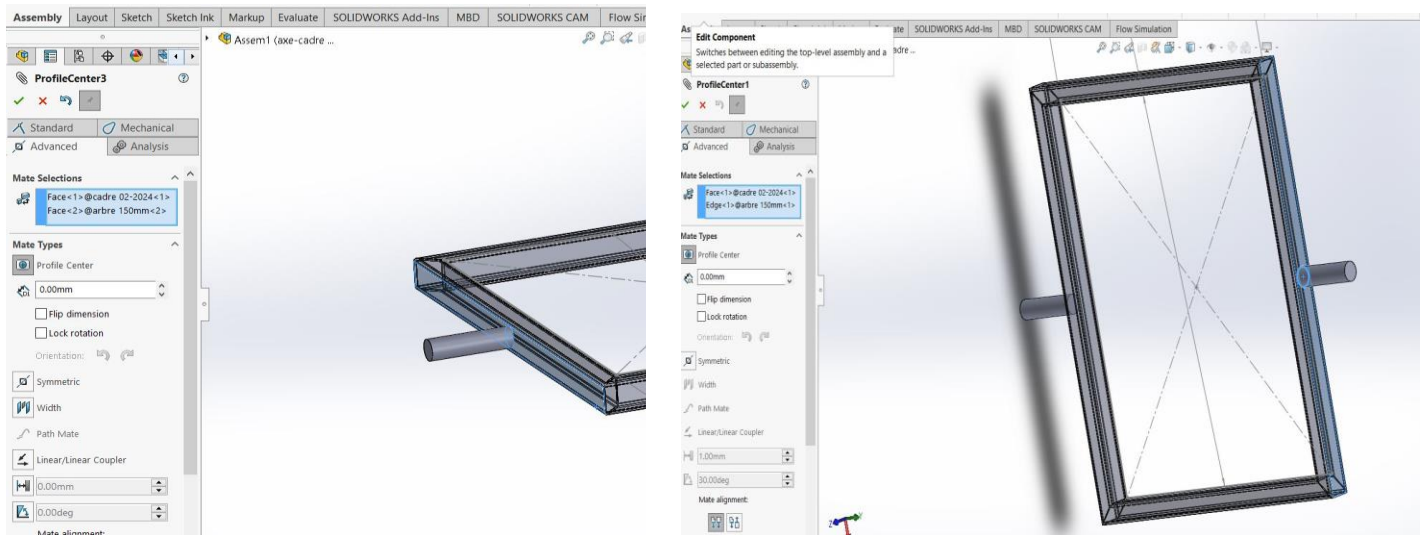


Figure 41 : assemblage axe 02 et cadre 02

### 1.1.6 CONCEPTION ROULEMENT

Pour les roulements j'ai choisi le type BC à billes diamètre intérieur de 20mm.

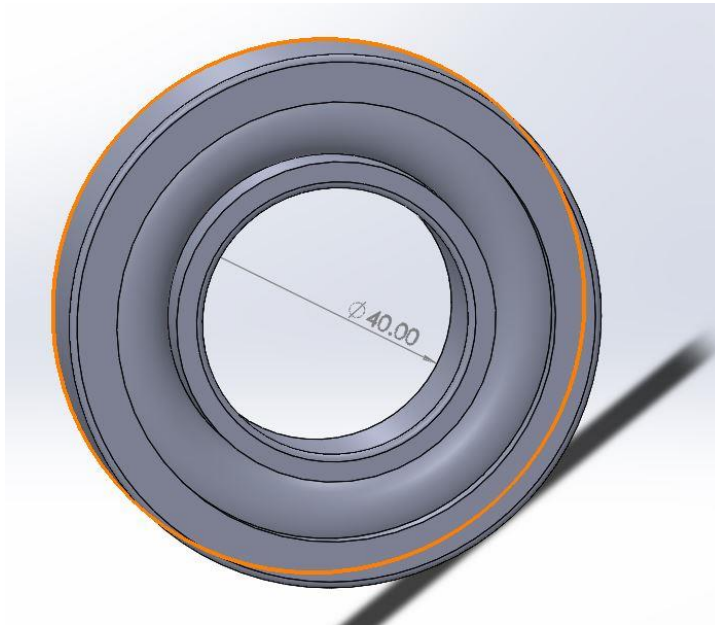


Figure 42 : roulement BC en 3D

### 1.1.7 CONCEPTION MOULE

Concernent le moule j'ai utilisé le même de l'année passe car cette étude est une continuité donc j'ai travaillé avec le mem moule.

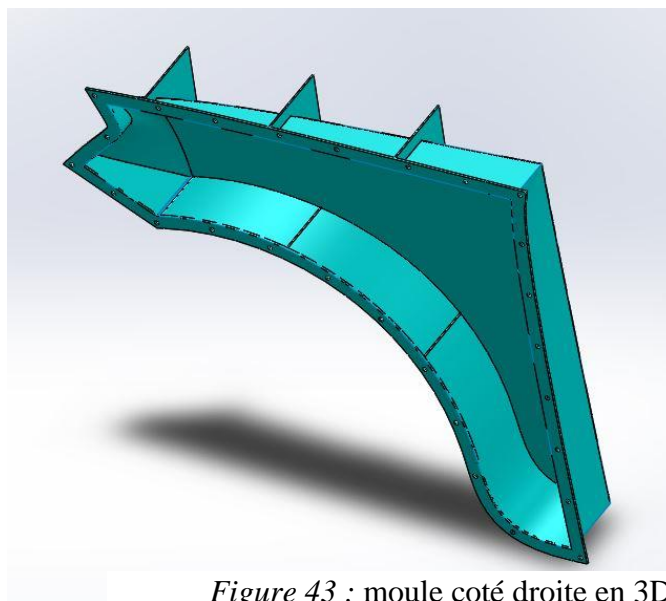


Figure 43 : moule coté droite en 3D

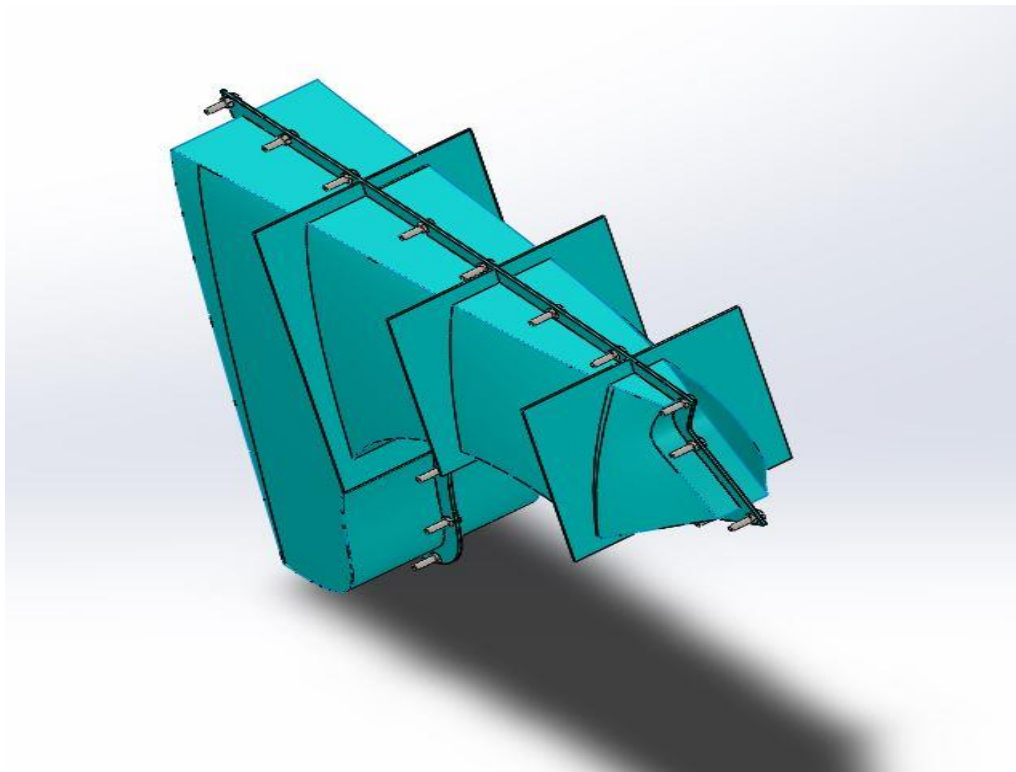


Figure 44 : assemblage moule les 2 coté en 3D

La partie assemblage j'ai choisi les vis M6

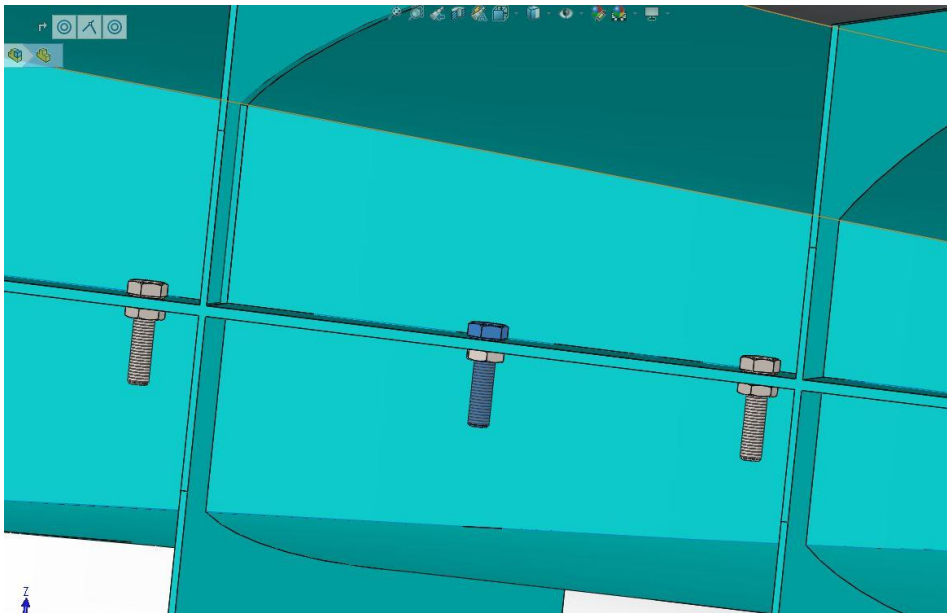


Figure 45 : vis M6 a assemblage moule

### 1.1.8 CONCEPTION UNE TRAVERSE

Dans cette étape on 3 travers avec les mêmes mesures pour dessiner donc pour éviter la répétition voici un seul travers pour expliquer

On dessiner un carré du 40mm

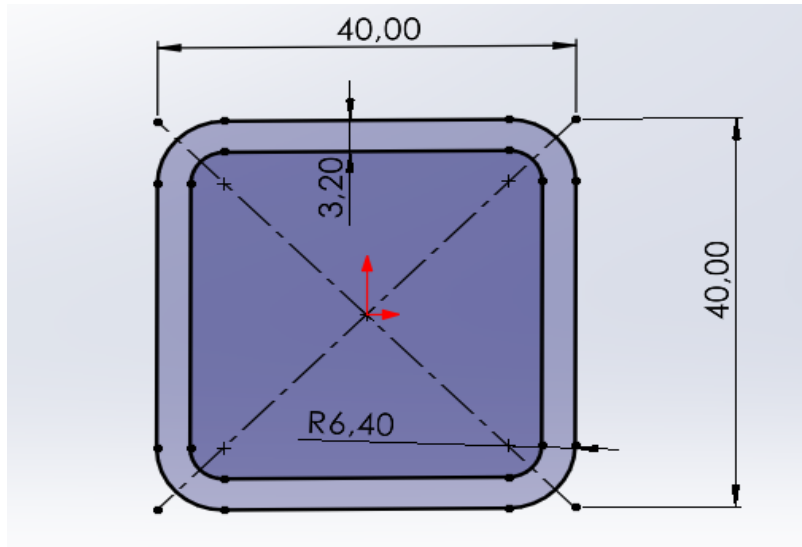


Figure 46 : dessin 2D de la traverse

On utilise la fonction weldement pour assure une poutre

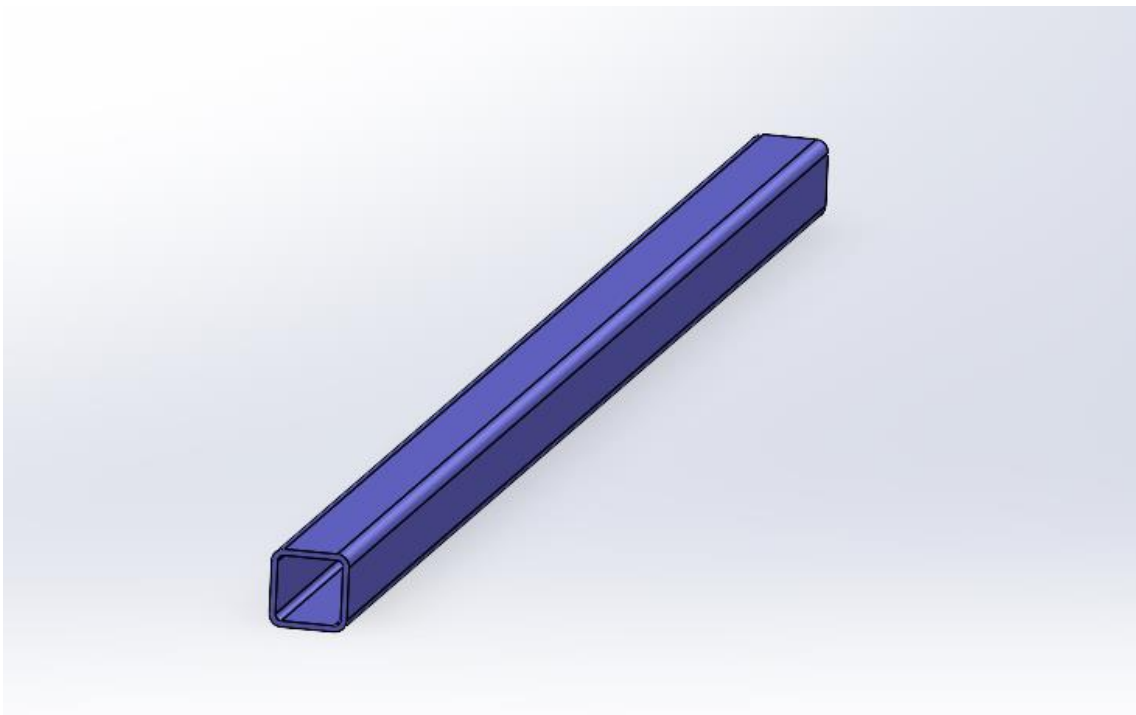


Figure 47 : vue 3D de la traverse

### 1.1.9 CONCEPTION UNE POLIE

J'ai pris la conception de l'année passe

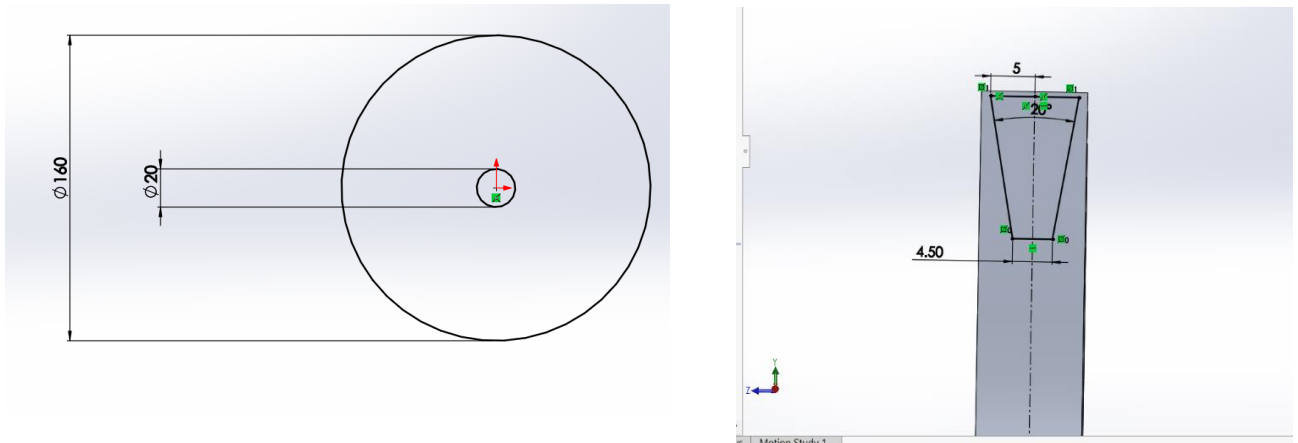


Figure 48 : dessin 2D de poulie

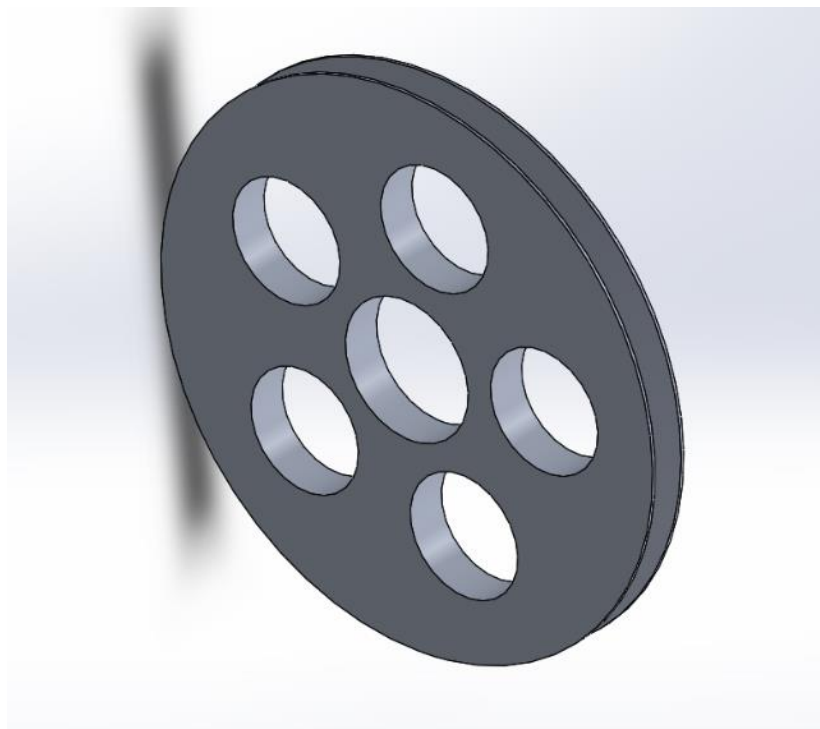


Figure 49 : dessin 2D de poulie

### 1.1.10 L'ASSEMBLAGE DE LA MACHINE

J'assure cet assemblage à partir de plusieurs assemblage :

1. Assemblage support machine avec cylindre.
2. Assemblage support machine – cylindre – avec les roulements pour assure la rotation.
3. Assemblage cadre 01 avec les supports machine.
4. Assemblage cadre 02 avec cadre 01.
5. Assemblage support moule avec cadre 02.
6. Assemblage moule avec cadre 02.
7. Assemblage les support machine avec les 3 travers.

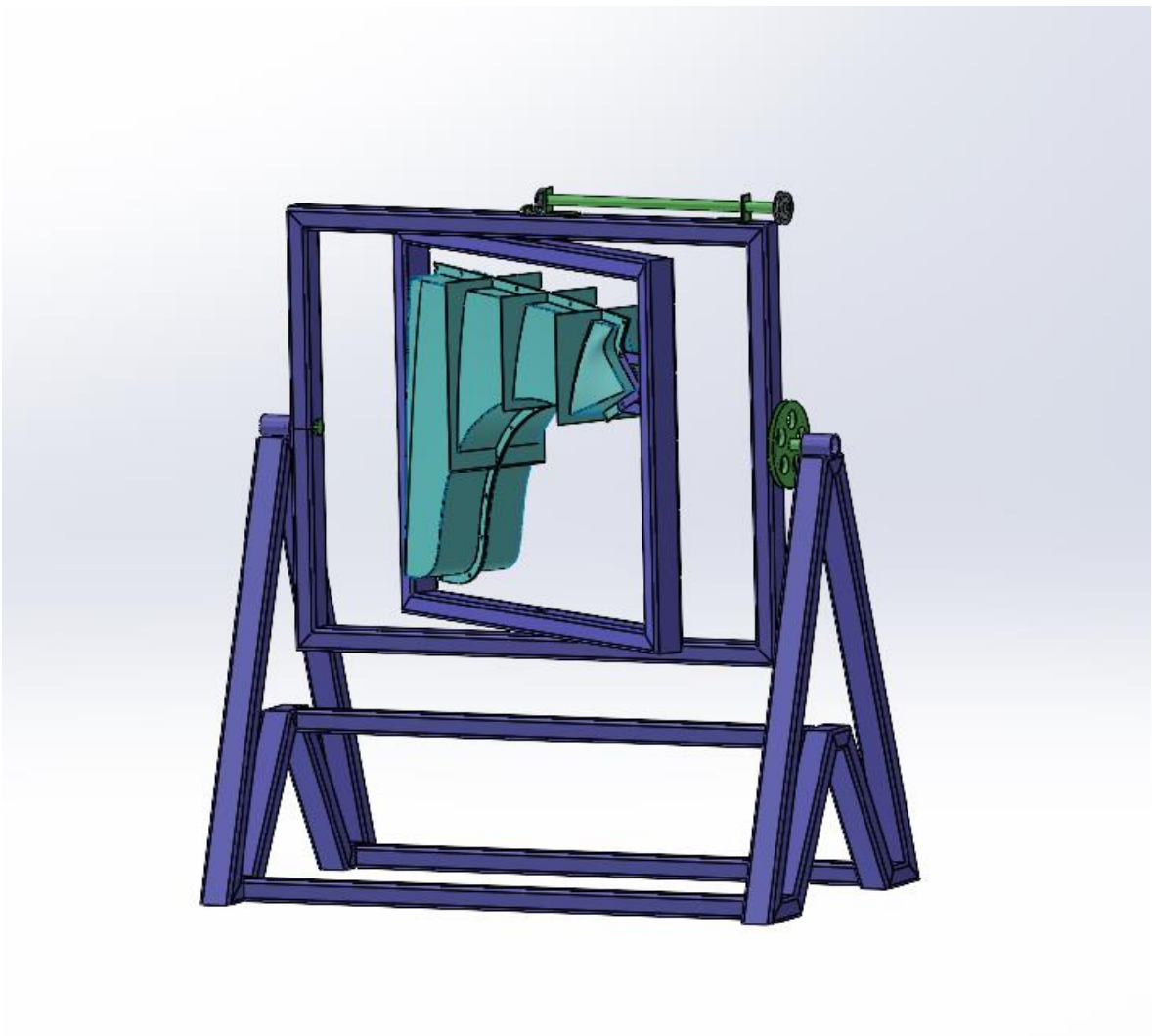


Figure 50 : assemblage final de la machine en 3D

## 1.2 LES CALCULS

Dans cette étape ont pris les calculs de l'année passe car on a une continuité de thèse

### 1.2.1 CALCUL DU RAPPORT DE VITESSE :

Temps de cycle (20mn)

D'après un catalogue :

D1 : diamètre d'arbre moteur : D1=06mm

D2 : diamètre d'axe : D2=20mm

Rapport de vitesse = **0.3**

On aura le rapport de vitesse suivant :

$$Rv = \frac{D1}{D2} = \frac{6}{20} = \mathbf{0.3}$$

$$Rv = \mathbf{0.3}$$

### 1.2.2 CALCULS DE LA TRANSMISSION DE COURROIE

N1 : vitesse de moteur (1) = 20 (Tr/mn)

N2 : vitesse d'arbre secondaire = 7.27 (Tr/mn)

D1 : diamètre de la poulie moteur = 60 mm

D2 : diamètre de la poulie arbre secondaire = 165 mm

$$\frac{N2}{N1} = \frac{D1}{D2} \implies N2 = \frac{N1 \times D1}{D2}$$

$$N2 = \frac{20 \times 60}{165} = 7.27 \text{ (Tr/mn)}$$



### 1.2.3 RAPPORT DE VITESSE (COURROIE) :

$$Rv = \frac{N1}{N2} \approx 2.75$$

[C] : Entraxe : c'est la distance entre les axes de rotation des poulies = 925 mm (calcul par SolidWorks)

### 1.2.4 CALCUL LA LONGUEUR DE COURROIE

Equation

$$L = 2 \times C + \frac{\pi}{2}(d1 + d2) + \frac{(d2-d1)^2}{4c}$$
$$L = 2 \times 165 + \frac{\pi}{2}(60 + 165) + \frac{(165-60)^2}{4 \times 165}$$

$$L = 700.12$$

Pour déterminer la longueur la plus proche on utilise l'équation suivants :

$$LS = L - \Delta$$

$$LS = 700.12 - 5.5$$

$$LS = 694.62 \text{ mm}$$

### 1.2.5 CHOIX DE MOTEUR (ASYNCHRONE)

Pour le choix de moteur, on détermine la puissance équivalente selon le régime de fonctionnement.

On a l'équation suivante :

$$Ne = (Me * n * \pi) / 30 * 10^{-3}$$

Me : moment équivalent sur l'arbre du moteur

Me = le bras \* la force

$$Me = 10 \times 30$$

n : nombre de tour de l'arbre de moteur tr/mn

$$Ne = (30 * 10 * 20 * \pi) / 30 * 10^{-3}$$

$$Ne = 0.628 \text{ kw}$$

**Conclusion** Un moteur considéré (nema 34 de 8.5 mm) de  $P = 0.630 \text{ kw}$

Car la puissance de moteur asynchrone :  $p = 0.8 \text{ kw}$



Figure 51 : moteur NEMA 34 de 8.5Nm

un moteur NEMA 34 de 8.5nm : Un moteur pas à pas Nema 34 avec un couple de maintien de 8,5 Nm est un moteur puissant couramment utilisé dans les applications de contrôle de mouvement industriel. Ce type de moteur offre un mouvement de haute précision avec un faible échauffement et des vibrations du moteur.

Caractéristique de moteur :

- **Angle de pas** :  $1,2^\circ / 1,8^\circ$
- **Couple de maintien** : 1.2N.m/ 2.5N.m/ 3~12N.m/ 40N.m/ 75N.m, etc.
- **Inertie du rotor** : 2.5g.cm<sup>2</sup>/ 6000g.cm<sup>2</sup>/ 8720g.cm<sup>2</sup>, etc.
- **Courant** : 2.5A/ 3.5A/ 6A, etc.
- **Certificats** : CE& RoHs& ISO 9001
- Faible bruit, bonnes caractéristiques dynamiques, faible fièvre, haute efficacité
- Fournissez aux clients toutes sortes de produits de roulement à faible bruit, longue durée de vie, haute fiabilité et mouvement fluide.

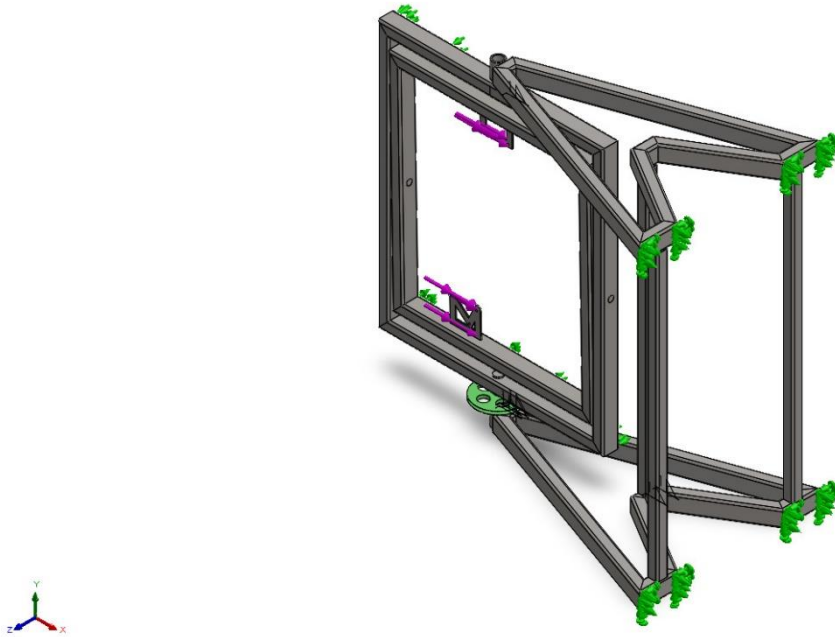
### **1.3 SIMULATION DE LA MACHINE**

Dans cette étape on va étudier la simulation de la machine pour avoir les détails sur les forces et les déplacements :

#### **1.3.1 INFORMATIONS SUR LE MODELE:**

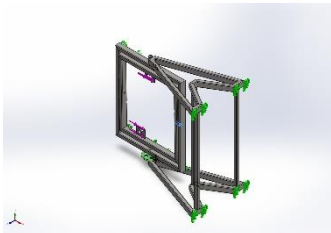
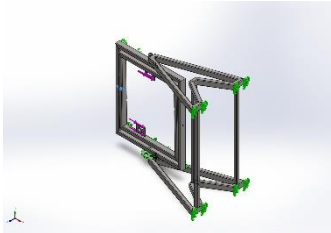
Dans cette étape on doit avoir tous les détails nécessaires sur la machine que ce soit le volume, la masse, la masse volumique, le poids... sur toutes les pièces de la machine.

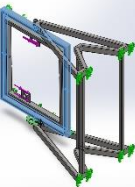
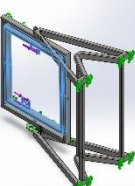
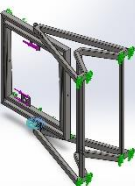
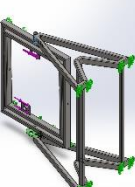

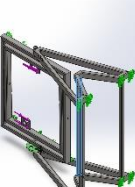
Tableau 1 : tableau des information sur le model


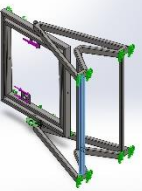
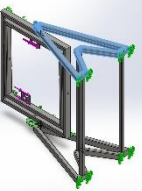




Nom du modèle: machine rotomoulage-simulation  
 Configuration actuelle: Default

Corps volumiques

Nom du document et référence	Traité comme	Propriétés volumétriques	Chemin/Date de modification du document
Boss-Extrude2 	Corps volumique	Masse:0,223603 kg Volume:2,8667e-05 m <sup>3</sup> Masse volumique:7 800 kg/m <sup>3</sup> Poids:2,19131 N	C:\Users\Wahid\Desktop\Simulation ensemble111111111111\Axe 4.SLDPRT May 26 14:45:53 2024
Cut-Extrude1 	Corps volumique	Masse:0,241369 kg Volume:3,09447e-05 m <sup>3</sup> Masse volumique:7 800 kg/m <sup>3</sup> Poids:2,36541 N	C:\Users\Wahid\Desktop\Simulation ensemble111111111111\Axe 5.SLDPRT May 26 14:45:53 2024

<p>Cut-Extrude2</p> 	<p>Corps volumique</p>	<p>Masse:15,0218 kg  Volume:0,00192587 m<sup>3</sup>  Masse volumique:7 800 kg/m<sup>3</sup>  Poids:147,213 N</p>	<p>C:\Users\Wahid\Desktop\Simulation  ensemble11111111111\Cadre  1N.SLDPRT  May 26 14:45:53 2024</p>
<p>Cut-Extrude3</p> 	<p>Corps volumique</p>	<p>Masse:13,4358 kg  Volume:0,00172254 m<sup>3</sup>  Masse volumique:7 800 kg/m<sup>3</sup>  Poids:131,671 N</p>	<p>C:\Users\Wahid\Desktop\Simulation  ensemble11111111111\Cadre  2N.SLDPRT  May 26 14:45:53 2024</p>
<p>Cut-Extrude2</p> 	<p>Corps volumique</p>	<p>Masse:0,344615 kg  Volume:0,000127635 m<sup>3</sup>  Masse volumique:2 700 kg/m<sup>3</sup>  Poids:3,37722 N</p>	<p>C:\Users\Wahid\Desktop\Simulation  ensemble11111111111\POU  LIE 4.SLDPRT  May 26 14:45:53 2024</p>
<p>Boss-Extrude3</p> 	<p>Corps volumique</p>	<p>Masse:0,263398 kg  Volume:3,3769e-05 m<sup>3</sup>  Masse volumique:7 800 kg/m<sup>3</sup>  Poids:2,5813 N</p>	<p>C:\Users\Wahid\Desktop\Simulation  ensemble11111111111\axe  01.SLDPRT  May 26 14:45:54 2024</p>
<p>Boss-Extrude3</p> 	<p>Corps volumique</p>	<p>Masse:0,396702 kg  Volume:5,08592e-05 m<sup>3</sup>  Masse volumique:7 800 kg/m<sup>3</sup>  Poids:3,88768 N</p>	<p>C:\Users\Wahid\Desktop\Simulation  ensemble11111111111\axe  03.SLDPRT  May 26 14:45:53 2024</p>
<p>Boss-Extrude1</p> 	<p>Corps volumique</p>	<p>Masse:3,54473 kg  Volume:0,000454452 m<sup>3</sup>  Masse volumique:7 800 kg/m<sup>3</sup>  Poids:34,7383 N</p>	<p>C:\Users\Wahid\Desktop\Simulation  ensemble11111111111\barr  e traverse.SLDPRT  May 26 14:45:54 2024</p>

<p>Boss-Extrude1</p> 	Corps volumique	<p>Masse:3,54473 kg  Volume:0,000454452 m<sup>3</sup>  Masse volumique:7 800 kg/m<sup>3</sup>  Poids:34,7383 N</p>	<p>C:\Users\Wahid\Desktop\Simulation  ensemble111111111111\barr  e traverse.SLDPRT  May 26 14:45:54 2024</p>
<p>Boss-Extrude1</p> 	Corps volumique	<p>Masse:3,54473 kg  Volume:0,000454452 m<sup>3</sup>  Masse volumique:7 800 kg/m<sup>3</sup>  Poids:34,7383 N</p>	<p>C:\Users\Wahid\Desktop\Simulation  ensemble111111111111\barr  e traverse.SLDPRT  May 26 14:45:54 2024</p>
<p>Boss-Extrude2</p> 	Corps volumique	<p>Masse:11,9225 kg  Volume:0,00152852 m<sup>3</sup>  Masse volumique:7 800 kg/m<sup>3</sup>  Poids:116,84 N</p>	<p>C:\Users\Wahid\Desktop\Simulation  ensemble111111111111\pie  ds support.SLDPRT  May 26 14:45:54 2024</p>
<p>Boss-Extrude2</p> 	Corps volumique	<p>Masse:11,9225 kg  Volume:0,00152852 m<sup>3</sup>  Masse volumique:7 800 kg/m<sup>3</sup>  Poids:116,84 N</p>	<p>C:\Users\Wahid\Desktop\Simulation  ensemble111111111111\pie  ds support.SLDPRT  May 26 14:45:54 2024</p>
<p>Fillet1</p> 	Corps volumique	<p>Masse:0,0453254 kg  Volume:5,81095e-06 m<sup>3</sup>  Masse volumique:7 800 kg/m<sup>3</sup>  Poids:0,444189 N</p>	<p>C:\Users\Wahid\Desktop\Simulation  ensemble111111111111\rou  lement plein+++.SLDPRT  May 26 14:45:53 2024</p>
<p>Fillet1</p> 	Corps volumique	<p>Masse:0,0453254 kg  Volume:5,81095e-06 m<sup>3</sup>  Masse volumique:7 800 kg/m<sup>3</sup>  Poids:0,444189 N</p>	<p>C:\Users\Wahid\Desktop\Simulation  ensemble111111111111\rou  lement plein+++.SLDPRT  May 26 14:45:53 2024</p>

### 1.3.2 PROPRIETES DE L'ETUDE:

Tableau 2 : tableau des propriétés de l'étude

<b>Nom d'étude</b>	Static 2
<b>Type d'analyse</b>	Statique
<b>Type de maillage</b>	Maillage volumique
<b>Effets thermiques:</b>	Activé(e)
<b>Option thermique</b>	Inclure des chargements thermiques
<b>Température de déformation nulle</b>	298 Kelvin
<b>Inclure la pression du fluide calculée par SOLIDWORKS Flow Simulation</b>	Désactivé(e)
<b>Type de solveur</b>	FFEPlus
<b>Stress Stiffening:</b>	Désactivé(e)
<b>Faible raideur :</b>	Désactivé(e)
<b>Relaxation inertielle :</b>	Désactivé(e)
<b>Options de contact solidaire incompatible</b>	Automatique
<b>Grand déplacement</b>	Activé(e)
<b>Vérifier les forces externes</b>	Activé(e)
<b>Friction</b>	Désactivé(e)
<b>Méthode adaptative:</b>	Désactivé(e)
<b>Dossier de résultats</b>	Document SOLIDWORKS (C:\Users\Wahid\Desktop\Simulation ensemble111111111111)

### 1.3.3 UNITES:

Voici un tableau qui exprime toutes les unités utilisées durant cette simulation :

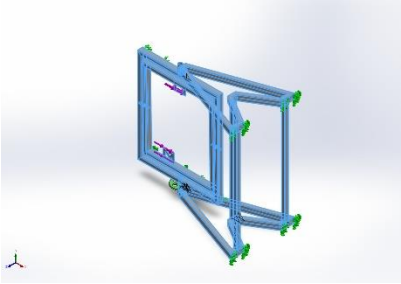
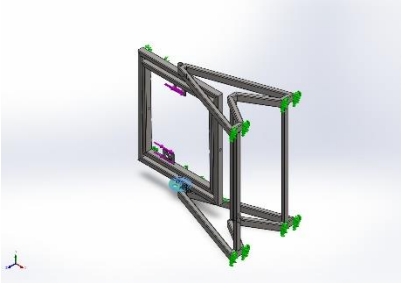
Tableau 3 : tableau des unités

<b>Système d'unités :</b>	SI (MKS)
<b>Longueur/Déplacement</b>	mm
<b>Température</b>	Kelvin
<b>Vitesse angulaire</b>	Rad/sec
<b>Pression/Contrainte</b>	N/m <sup>2</sup>

### 1.3.4 PROPRIETES DU MATERIAU:

Voici un tableau qui contient toutes les informations que ce cois les limites élasticité /traction, module d'élasticité et module de cisaillement ....

Tableau 4 : tableau des propriétés du matériau

Référence du modèle	Propriétés	Composants
	<p>Nom : <b>1.0037 (S235JR)</b>            Type de modèle : <b>Linéaire élastique isotropique</b>            Critère de ruine par défaut : <b>Inconnu</b>            Limite d'élasticité : <b>2,35e+08 N/m<sup>2</sup></b>            Limite de traction : <b>3,6e+08 N/m<sup>2</sup></b>            Module d'élasticité : <b>2,1e+11 N/m<sup>2</sup></b>            Coefficient de Poisson : <b>0,28</b>            Masse volumique : <b>7 800 kg/m<sup>3</sup></b>            Module de cisaillement : <b>7,9e+10 N/m<sup>2</sup></b>            Coefficient de dilatation thermique : <b>1,1e-05 /Kelvin</b></p>	<p>SolidBody 1(Boss-Extrude2)(Axe4-1),            SolidBody 1(Cut-Extrude1)(Axe5-1),            SolidBody 1(Cut-Extrude2)(Cadre 1N-1),            SolidBody 1(Cut-Extrude3)(Cadre 2N-1),            SolidBody 1(Boss-Extrude3)(axe 01-1),            SolidBody 1(Boss-Extrude3)(axe 03-1),            SolidBody 1(Boss-Extrude1)(barre traverse-1),            SolidBody 1(Boss-Extrude1)(barre traverse-2),            SolidBody 1(Boss-Extrude1)(barre traverse-3),            SolidBody 1(Boss-Extrude2)(pieds support-1),            SolidBody 1(Boss-Extrude2)(pieds support-2),            SolidBody 1(Fillet1)(roulement plein+++1),            SolidBody 1(Fillet1)(roulement plein+++2)</p>
Données de la courbe:N/A		
	<p>Nom: <b>1060 Alloy</b>            Type de modèle: <b>Linéaire élastique isotropique</b>            Critère de ruine par défaut: <b>Inconnu</b>            Limite d'élasticité: <b>2,75742e+07 N/m<sup>2</sup></b>            Limite de traction: <b>6,89356e+07 N/m<sup>2</sup></b>            Module d'élasticité: <b>6,9e+10 N/m<sup>2</sup></b>            Coefficient de Poisson: <b>0,33</b>            Masse volumique: <b>2 700 kg/m<sup>3</sup></b>            Module de cisaillement: <b>2,7e+10 N/m<sup>2</sup></b>            Coefficient de dilatation thermique: <b>2,4e-05 /Kelvin</b></p>	<p>SolidBody 1(Cut-Extrude2)(POULIE 4-1)</p>
Données de la courbe:N/A		



### 1.3.5 ACTIONS EXTERIEURES

On va voir les points de la fixation(appui) même si les action (force) :

Fixation(appui) sure : surface du contact entre la machine et la terre

Les action (force) sur : les support moule

Tableau 5 : tableau des action extérieures

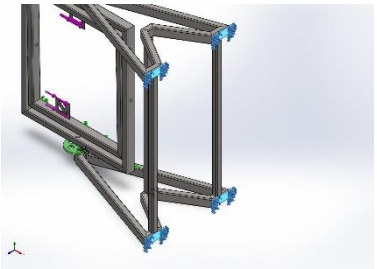
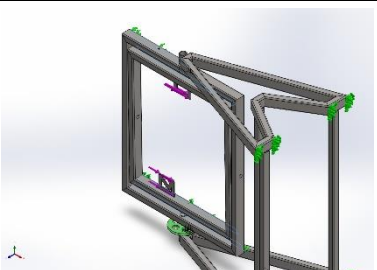
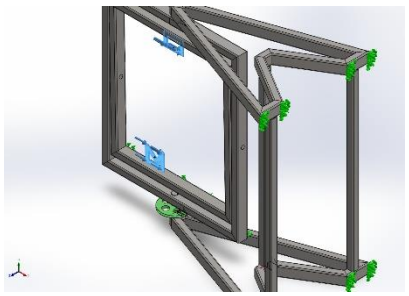
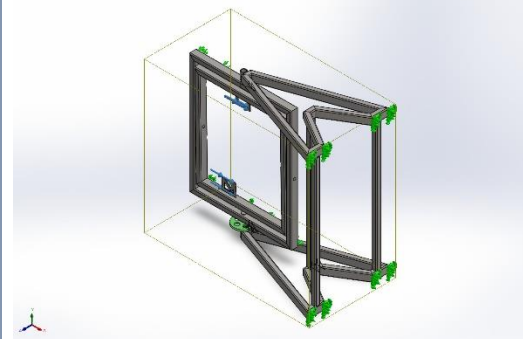
Nom du déplacement imposé	Image du déplacement imposé	Détails du déplacement imposé			
Fixed-1		Entités : 4 face(s) Type : Géométrie fixe			
Forces résultantes					
Composants		X	Y	Z	Résultante
Force de réaction(N)		-242 439	5,2014	-493,733	242 440
Moment de réaction(N.m)		0	0	0	0
Roller/Slider-1		Entités: 4 face(s) Type: Appui plan			
Forces résultantes					
Composants		X	Y	Z	Résultante
Force de réaction(N)		-2,14255e-13	-1,60264	487,651	487,654
Moment de réaction(N.m)		0	0	0	0

Tableau 6 : tableau des force

Nom du chargement	Image du chargement	Détails du chargement
Force-1		<b>Entités:</b> 4 face(s) <b>Référence:</b> Arête< 1 > <b>Type:</b> Force <b>Valeurs:</b> ---; ---; 60 610 N

### 1.3.6 INFORMATIONS SUR L'INTERACTION

Tableau 7 : tableau des information sur l'interaction

Interaction	Image de l'interaction	Propriétés de l'interaction
Global Contact		<b>Type:</b> Solidaire <b>Composants:</b> 1 composant(s) <b>Options:</b> Maillage indépendant

### 1.3.7 INFORMATIONS SUR LE MAILLAGE

<b>Type de maillage</b>	Maillage volumique
<b>Mailleur utilisé:</b>	Maillage basé sur la courbure
<b>Points de Jacobien pour un maillage de qualité élevée</b>	16 Points
<b>Taille d'élément maximum</b>	64,5056 mm
<b>Taille d'élément minimum</b>	12,9011 mm
<b>Qualité de maillage</b>	Haute
<b>Remailler les pièces en échec indépendamment</b>	Désactivé(e)

Tableau 8 : tableau des informations sur le maillage

### 1.3.8 INFORMATIONS SUR LE MAILLAGE – DETAILS

Tableau 9 : tableau des informations sur le maillage détail

<b>Nombre total de noeuds</b>	261658
<b>Nombre total d'éléments</b>	131882
<b>Aspect ratio maximum</b>	140,91
<b>% d'éléments ayant un aspect ratio &lt; 3</b>	7,19
<b>Pourcentage d'éléments ayant un aspect ratio &gt; 10</b>	2,03
<b>Pourcentage d'éléments distordus</b>	0
<b>Durée de création du maillage (hh:mm:ss):</b>	00:00:11
<b>Nom de l'ordinateur:</b>	

### 1.3.9 FORCES RESULTANTES

Forces de réaction

Tableau 10 : tableau des forces

Ensemble de sélections	Unités	Somme X	Somme Y	Somme Z	Résultante
Modèle entier	N	-242 439	3,59984	-6,08294	242 439

Moments de réaction

Tableau 11 : tableau des moments

Ensemble de sélections	Unités	Somme X	Somme Y	Somme Z	Résultante
Modèle entier	N.m	0	0	0	0

Forces de corps libre

Tableau 12 : tableau des forces libre

Ensemble de sélections	Unités	Somme X	Somme Y	Somme Z	Résultante
Modèle entier	N	0	0	0	0

## Moments externes

Tableau 13 : tableau des moment externes

Ensemble de sélections	Unités	Somme X	Somme Y	Somme Z	Résultante
Modèle entier	N.m	0	0	0	0

### 1.3.10 RESULTATS DE L'ETUDE

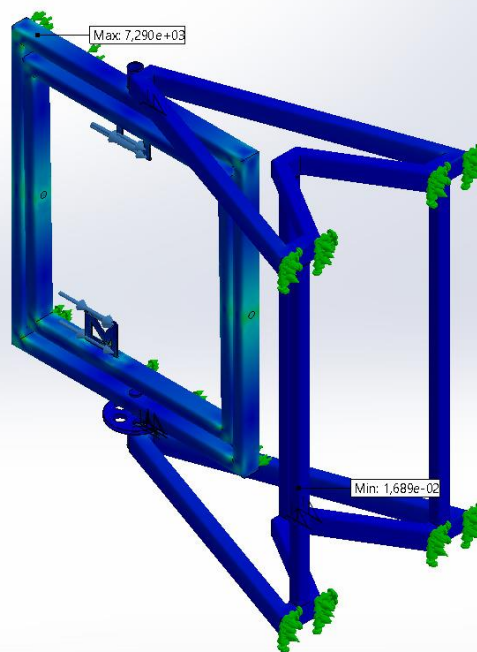
On va voir les résultats du maillage sur les : déplacement, les stress (contrainte)

Et ont vu que la machine résiste car le coefficient de stress et déplacement sont faible.

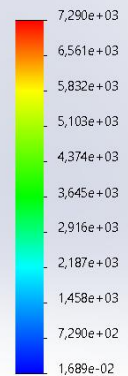
Tableau 14 : tableau de résultats de l'étude (stress)

Nom	Type	Min	Max
Stress1	VON : contrainte de von Mises	1,689e-02N/mm <sup>2</sup> (MPa) Noeud: 122255	7,290e+03N/mm <sup>2</sup> (MPa) Noeud: 2782

Nom du modèle: machine rotomoulage-simulation  
 Nom de l'étude: Static 2(-Default-)  
 Type de tracé: Statique contrainte nodale Stress1



von Mises (N/mm<sup>2</sup> (MPa))



machine rotomoulage-simulation-Static 2-Contraintes-Stress1

Tableau 15 : tableau des résultats de étude ( déplacement )

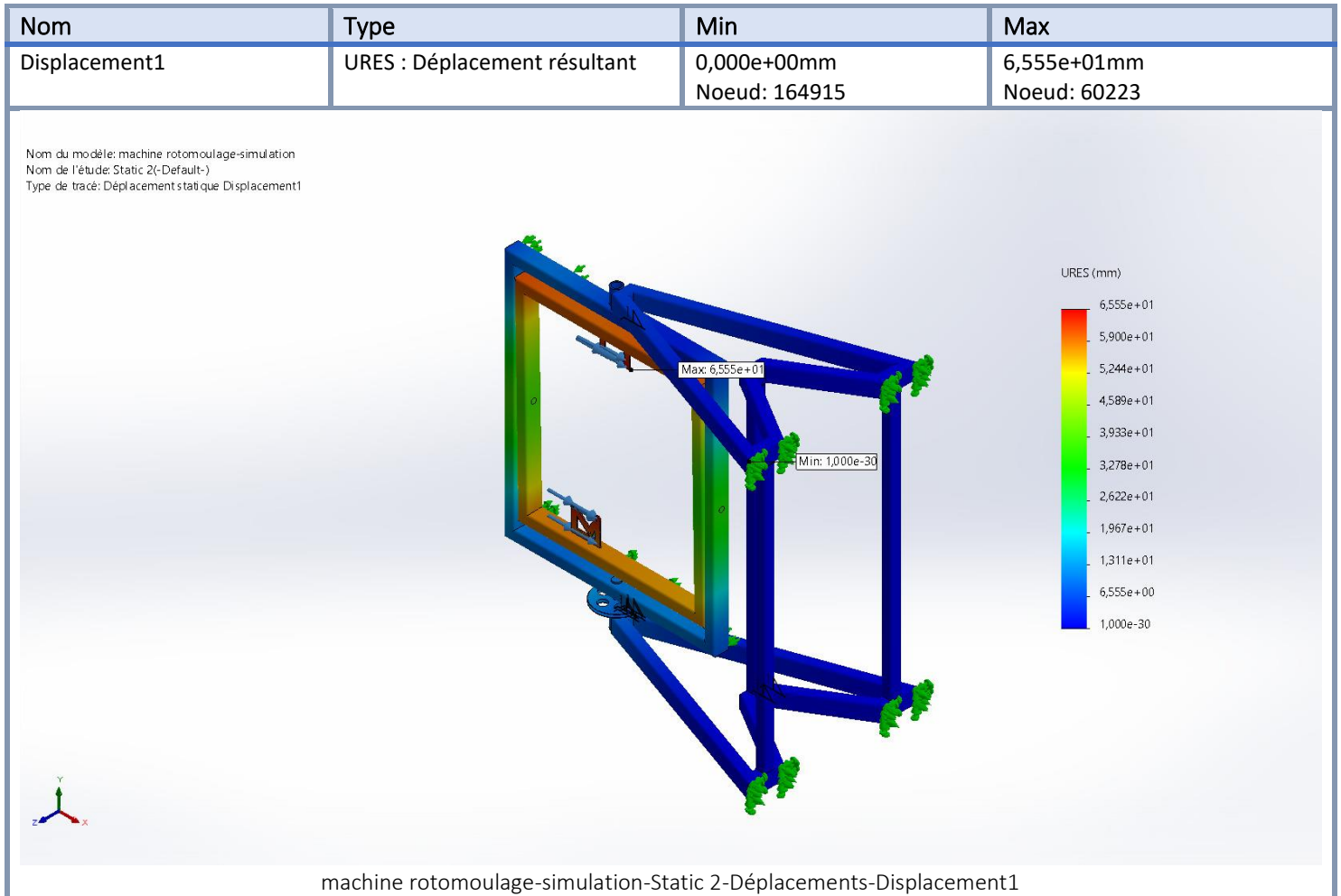


Tableau 16 : tableau de résultats

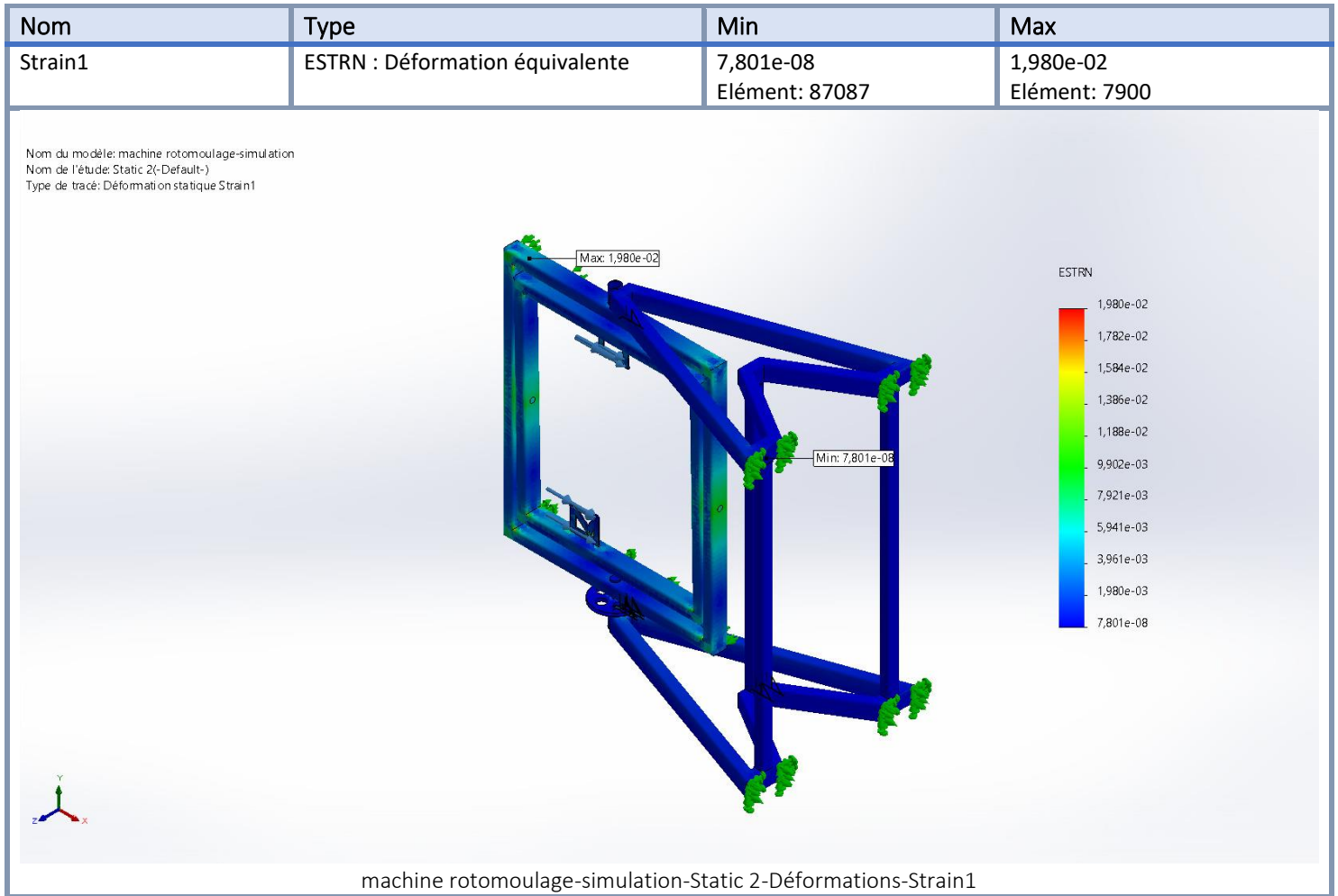
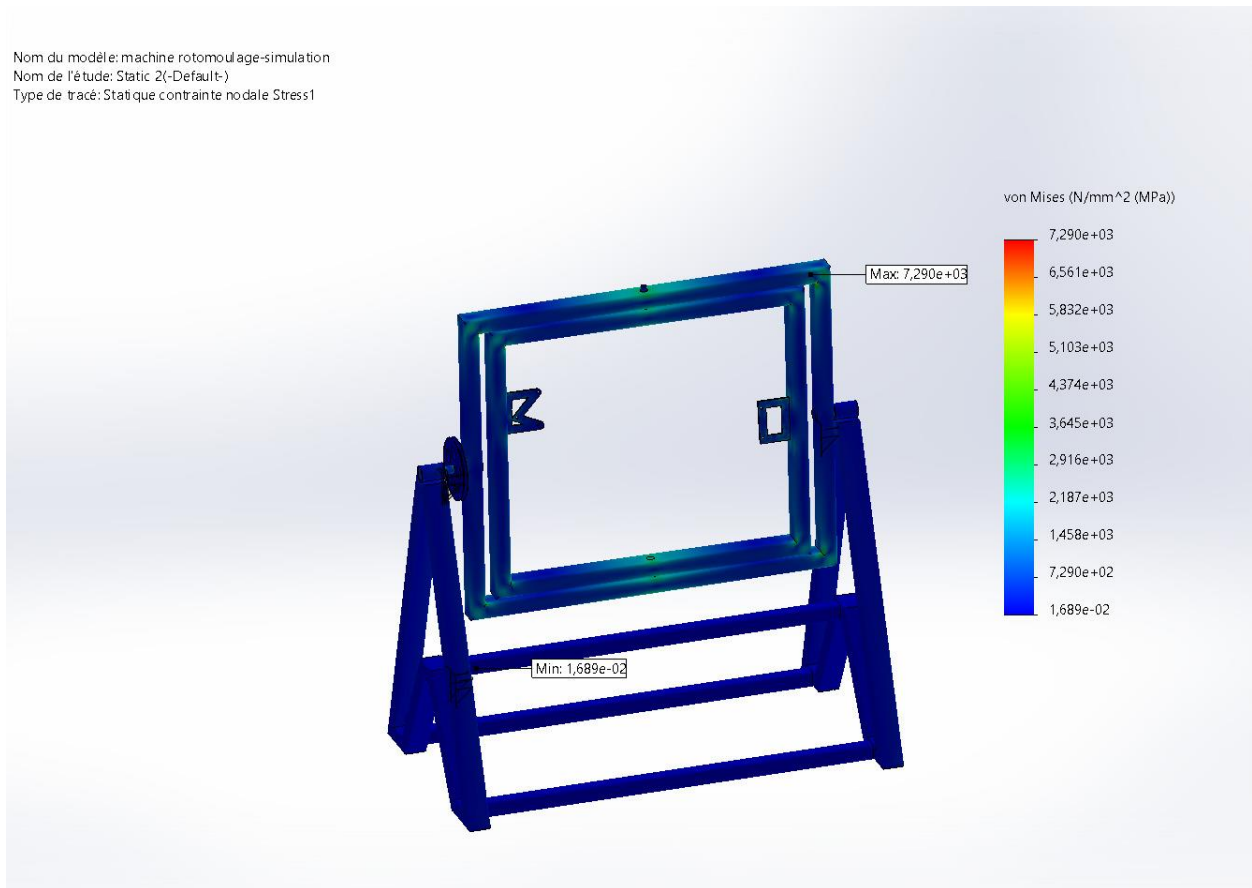


Tableau 17 : tableau de résultats

Nom du modèle: machine rotomoulage-simulation  
Nom de l'étude: Static 2(-Default-)  
Type de tracé: Statique contrainte nodale Stress1





---

# CHAPITRE 04

# REALISATION

---





## **CHAPITRE 04 : REALISATION**

Ce chapitre inclus 2 partie pour réaliser notre machine :

### **1.1 PARTIE MECANIQUE :**

#### **1.1.1 REALISATION SUPPORT MACHINE :**

Dans cette partie le travail se divise sur quelque partie qui sont :

4 barres de 856mm : on coupe 4 poutres de 856mm pour chaque ; pour avoirs les pies



*Figure 52 : les 4 barres du support machine*



4 petites barres de 100mm : on occupe aussi 4 petite barre de 100mm pour avoir le triangle de dessous.



*Figure 53* : petite traverse du triangle support machine

4 triangles de liaisons entre les barres pour chaque support pie donc on totalité de 6 triangles : on calcule les angles des triangles pour avoir un assemblage parfait, des angles du  $35^\circ$  et du  $60^\circ$



*Figure 54* : les triangles de liaison



Maintenant ont soudé les triangles avec les barres de 100mm :



*Figure 55* : soudage des triangles de liaison

Après avoir le triangle,

On prend le et on va le souder avec les 2 barre de 856mm





*Figure 56 : assemblage support machine*

Voici le résultat de premier support machine :



*Figure 57* : gabarie support machine



Après avoir le premier support machine on le mette comme un gabarit pour faire un autre support



*Figure 58 : traçage du 2ème support*



*Figure 59 : soudage du 2eme support*

après pointé avec la soudure on les met à terre pour vérifier si il Ya des décalages





*Figure 60 : ajustassions des supports*

### **1.1.2 REALISATION MOULE**

L'année passe les étudiants ont la possibilité de réalisé une seule partie de moule, cette année j'ai réalisé la deuxième partie de moule.

Voici quelque étape que j'ai suivi pour le réalisé :



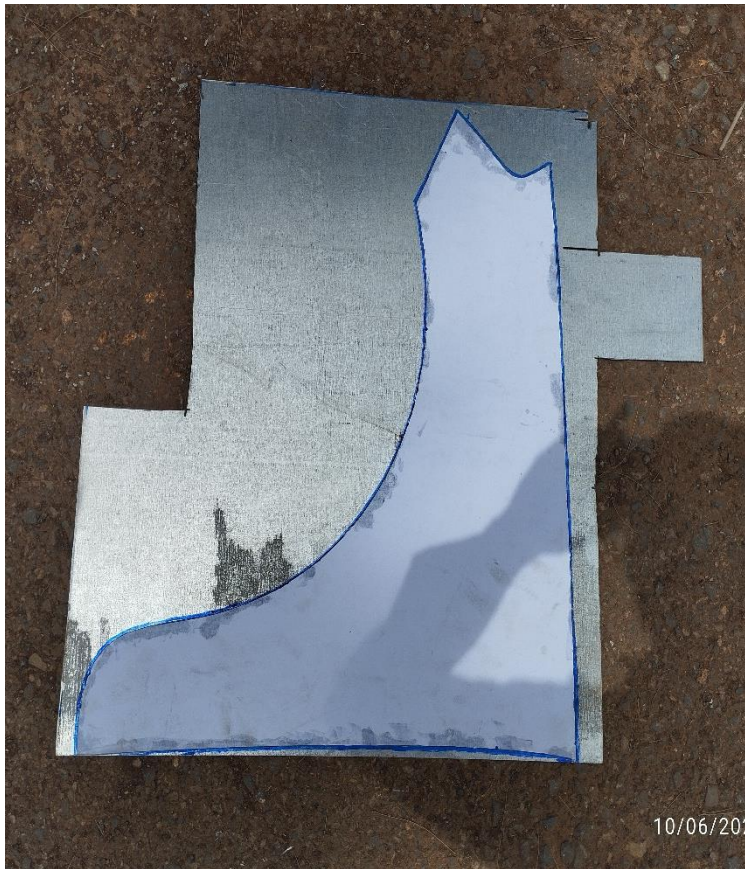
Premièrement j'ai mis le moule droit sur SolidWorks et le mette en mise en plan pour avoir les détails du tôle et dimension.



*Figure 61* : le châssis du moule

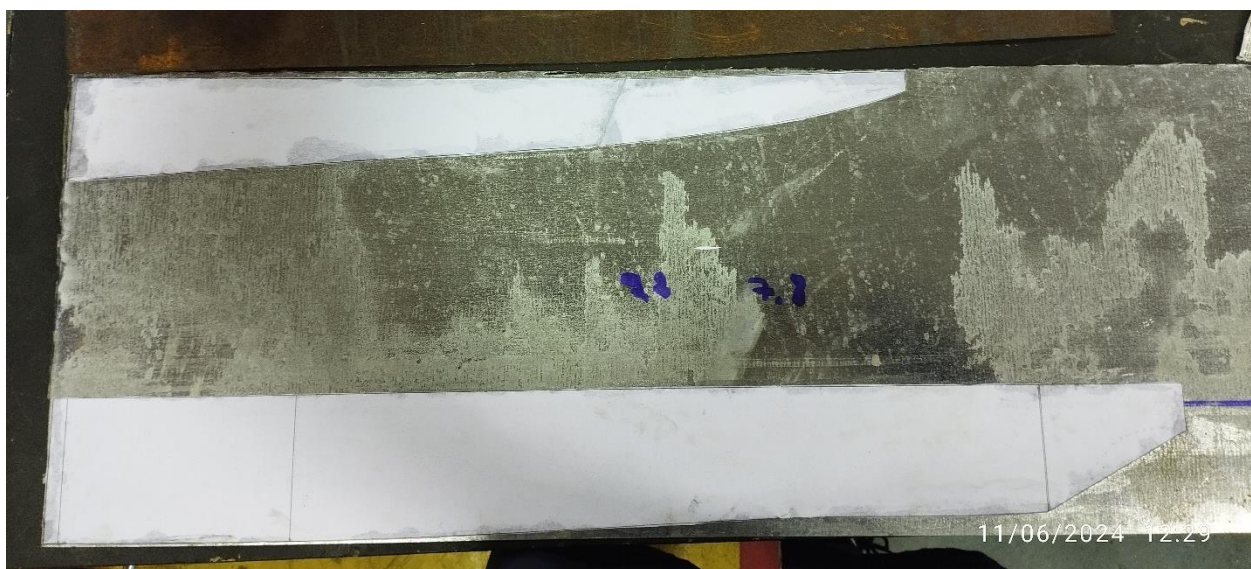
J'ai imprimé les plans de chaque tôle et les coulés sur une tôle pour le coupé.





*Figure 62 : plan du tôle 01 a coupé*

Après coupé le moule maintenant c'est le tour pour la tôle de moule avec la même méthode d'avoir des plans et les coulés sur des tôle.



*Figure 63 : plan du tôle 02 a coupé*



Après collecté toutes les tôles nécessaires maintenant ce le tour d'assemblage du moule. Mais avant commence il faut ajuster les 2 partie de moule (partie mâle et femelle) avec assembla les 2 partie avec les vis+ écrou



*Figure 64* : pointage avec soudage par baguette de tôle 01 sur le moule



*Figure 65* : finalisation de tôle 01 sur le moule



Après on doit soudé par point une tôle avec le moule mais en assurant que la tôle ce plié



Figure 66 : pointage de tôle 02 sur le moule



### 1.1.3 REALISATION CADRE 01

Dans cette étape on va couper 2 barres de 1040mm et 2 barres de 920mm pour avoir les cadre 01

Après coupé les 4 barre ont soudé directement.

Après l'assemblage du cadre 01 on prendre le cadre pour avoires des trous de diamètre de 20mm sur la presseuse.



Figure 67 : réalisation cadre 01

### 1.1.4 REALISATION CADRE 02

Dans cette étape on va couper 2 barres de 880mm et 2 barres de 720mm pour avoir les cadre 01

Après coupé les 4 barre ont soudé directement.

Après l'assemblage du cadre 01 on prendre le cadre pour avoires des trous de diamètre de 20mm sur la presseuse.

### 1.1.5 REALISATION DES TRAVERSE

On prend 3 barres : deux barres de 940mm et l'autre de 1020mm

Les barres de 940mm pour les coté et la barre de 1020mm pour le milieu

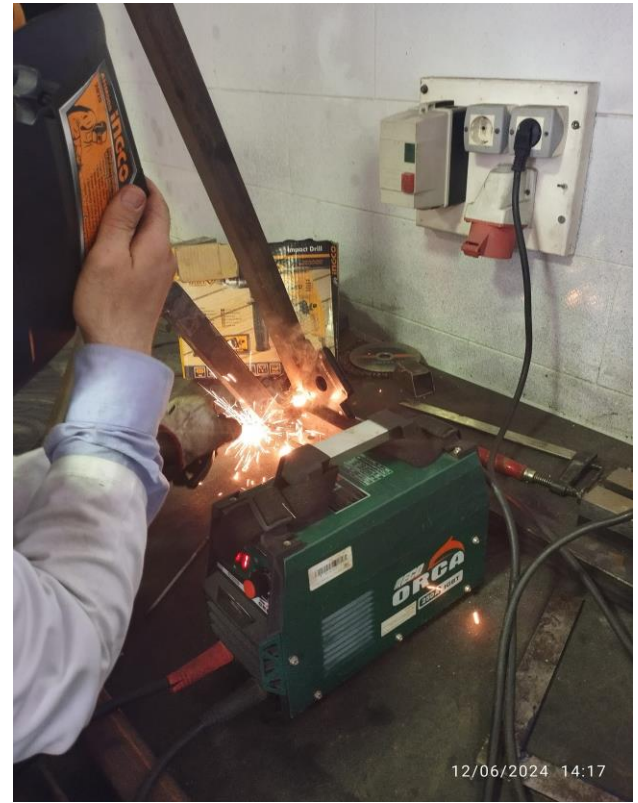


Figure 68 : réalisations des travers



Voici le résultat du support machine avec les travers :



Figure 69 : assemblage support + traverse

### 1.1.6 REALISATION SUPPORT MOULE

Avec la même méthode des plans on va couper les support moule :



Figure 70 : plan des supports moule

### 1.1.7 L'ASSEMBLAGE DE LA MACHINE

Finalement on assemble tous les parties, et ont terminé notre réalisation de la machine de roto moulage voici les photos :





Figure 71 : réalisation de la machine





Figure 72 : réalisation de la machine

## 1.2 PARITE NUMERIQUE :

### 1.2.1 MOTEUR:

On utilise un moteur NEMA 34 de 8.5NM avec un driver inclus pour configurer directement avec Arduino : (18)

#### 1.2.1.1 Caractéristique motrice :

- a) **Angle de pas** : 1,2°/ 1,8°
- b) **Couple de maintien** : 1.2N.m/ 2.5N.m/ 3~12N.m/ 40N.m/ 75N.m, etc.
- c) **Inertie du rotor** : 2.5g.cm<sup>2</sup>/ 6000g.cm<sup>2</sup>/ 8720g.cm<sup>2</sup>, etc.
- d) **Courant** : 2.5A/ 3.5A/ 6A, etc.
- e) **Certificats** : CE& RoHs& ISO 9001
- f) Faible bruit, bonnes caractéristiques dynamiques, faible fièvre, haute efficacité
- g) Fournissez aux clients toutes sortes de produits de roulement à faible bruit, longue durée de vie, haute fiabilité et mouvement fluide.



Figure 73 : moteur NEMA 34 de 8.5NM

### 1.2.1.2 Caractéristique driver :

Le pilote de moteur pas à pas hybride Nema 34 à 2 phases adopte une nouvelle génération de technologie DSP et de contrôle vectoriel 32 bits, ce qui peut éviter que le moteur pas à pas ne perde des pas et garantir la précision du moteur.

- a) Correction d'erreur de position et ne perdez jamais de pas
- b) Réponse rapide et accélération parfaite, couple élevé à grande vitesse
- c) Ajustement automatique du courant en fonction de la charge, augmentation de la température plus faible
- d) Fonction de protection contre les surintensités, les surtensions et les différences de position.
- e) La fréquence de réponse aux impulsions peut atteindre 200 KHZ
- f) 16 types de micropas au choix, 51 200 micropas/rév.
- g) Entraînement du moteur pas à pas en boucle fermée Nema 34 série 4,5 Nm, 8 N.m, 12 N.m
- h) Plage de tension : AC20~80V ou DC30~110V



Figure 74 : driver HSS86



## 1.2.2 REGULATEUR TEMPERATURE:

Un régulateur moteur pour contrôler l'Etat d'échauffement de moule pour avoir un échauffement et un refroidissement.

Tableau 18 : tableau des caractéristiques de régulateur température

<b>Référence fabricant</b>	ESM-7710.5.05.0.1/00.00/2.0.0.0
<b>Tension d'alimentation</b>	230Vac ( $\pm 15\%$ ) 50/60 Hz
<b>Type d'entrée</b>	Type J
<b>Température</b>	0...800°C
<b>Type de sortie</b>	Sortie 1 : Relais Sortie 2 : Aucune
<b>Installation</b>	Fixe



Figure 75 : régulateur de température

### 1.2.3 RESISTANCE FLEXIBLE:

Une résistance chauffant flexible pour chauffer le moule sans toucher le la structure de la machine

Les résistances souples sont constituées d'un ruban chauffant sérigraphié, isolé par 2 couches de silicone ou de kapton, permettant un travail à 200°C max. (20)

Caractéristique :

- Isolation électrique du ruban chauffant par 2 feuilles de **silicone** renforcées par de la fibre de verre, **IP 64**.
- Résistance **double isolation électrique**
- Alimentation par un câble 2 fils silicone, dans l'épaisseur, sous patch.
- Fixation : elles peuvent être fournies avec un adhésif haute température enduit sur la face opposée à la connectique. Par défaut, elles ne sont pas adhésives. Autres modes de fixation : Sangles avec crochets, velcro ou ressorts ...
- Densité de puissance max : **0,7 W/cm<sup>2</sup>**
- Température d'utilisation : **-60 °C à + 200 °C** (180 °C pour les modèles ayant une face adhésive)
  
- Accessoires : les résistances peuvent être proposées avec des capteurs de température (thermocouples J ou sonde PT100), thermostats et limiteurs de température.



Figure 76 : résistance chauffant flexible

## 1.2.4 ARDUINO :

On utilise Un Arduino pour avoir un control automatique sur la machine

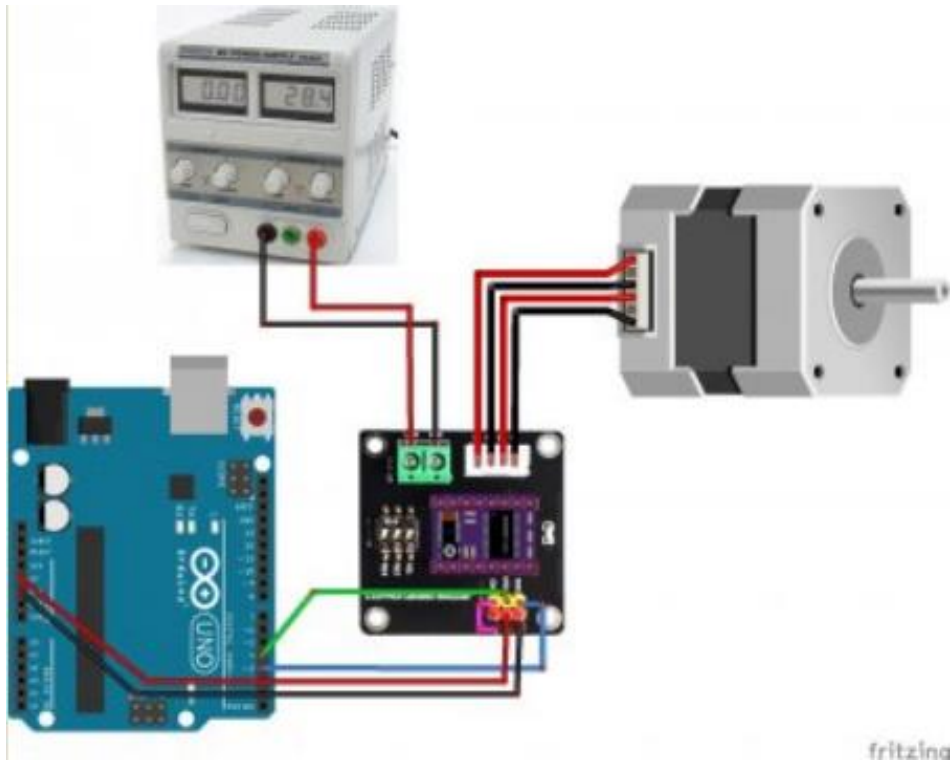


Figure 77 : schéma d'installation de la partie numérique

## **CONCLUSION GENERAL**

Dans le présent mémoire, nous nous sommes intéressés à la conception et la réalisation d'une mini-machine de roto-moulage. À cet effet, quatre volets ont été abordés, à savoir : conception de la machine, simulation numérique, réalisation et commande de la machine. Pour la partie conception, nous avons conçu la mini-machine de roto-moulage sur le logiciel SolidWorks avec une configuration simplifiée permettant le dimensionnement des différents éléments qui constituent la structure, puis, nous avons effectué un calcul de dimensionnement de la machine pour des conditions opératoires fixées, ceci nous a conduit par la suite au choix du moteur d'entraînement. Sur la partie commande de la mini-machine, nous avons effectué le choix des éléments électriques et électroniques tels que le moteur et le contrôleur (driver). La mini-machine réalisée est pilotée par une carte Arduino, qu'est une carte microcontrôleur open source. Cette dernière transmet des signaux spécifiques pour faire afficher les valeurs de la température à l'intérieur du moule et tourner le moteur qui produit à leur tour des mouvements mécaniques dans différentes directions, ces derniers permettent de faire une distribution uniforme de la matière dans le moule. Pour le volet simulation numérique, nous avons procédé, d'une part, à la vérification de la rigidité des éléments de la structure conçue pour la mini-machine roto-moulage via le logiciel SolidWorks, et, d'autre part, à la vérification des interférences dans la conception quand les cadres se déplacent. Enfin, à travers cette étude, nous avons pu réaliser une mini-machine de roto-moulage ayant une structure rigide, et commandée par un microordinateur avec tous ses organes principaux et aussi de la paramétrer selon nos besoins. Ce travail nous a permis également de découvrir très profondément le fonctionnement des machines de roto-moulage avec tous les détails techniques de commande. Cette mini-machine peut bien fonctionner dans certaines entreprises dans la mesure où cela leurs permettront de répondre à des besoins internes.

Perspectives : Comme perspectives à notre travail, l'eut être dotée de sa propre interface utilisateur, en utilisant Visual Studio pour créer une application Windows Forms, l'interface sera dotée de boutons, de labels, de champs de texte, etc. Cette interface permet de gérer les interactions utilisateur selon nos besoins. - Dans ce travail nous nous sommes intéressés seulement à la réalisation de la mini-machine, la suite de ce travail concerne essentiellement l'optimisation des paramètres de fonctionnement de la machine, à savoir la détermination exacte des vitesses de rotation des deux cadres de la machine et les pièces obtenues seront caractérisées par de essais mécaniques