



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



Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou  
Faculté du Génie de la Construction  
Département Génie Mécanique

*Mémoire de fin d'études*

En vue de l'obtention de diplôme master académiques en Génie Mécanique

Option : Fabrication Mécanique et Productique

*Thème :*

*Etude, conception et réalisation d'un moule  
pour composite utilisé dans le procédé de  
Moulage par Transfer de Résine (RTM).*

*Proposé et dirigé par*

*Mme. TEKAL Fatiha*

*M. KACIMI Bachir*

*Présenté par*

*M. CHAIBI Hamid*

*M. KACI Azzedine*

*Promotion : 2023/2024*

## Remerciement

*La rédaction de ces quelques lignes représente notre gratitude envers toute personne qu'ils nous ont aidé de près ou de loin à conclure notre cursus universitaire. Nos remerciements vont d'abord au DIEU qui nous a maintenu en santé et nous a doté de courage et de puissance pour mener à bien ce travail.*

*Nous tenons à témoigner notre profonde reconnaissance à nos encadreurs **Mme. TAKLAL Fatiha et M.KACIMI Bachir** ; pour l'effort qu'ils ont fourni, pour leur suivi, leurs conseils et orientations, et leurs patiences envers nous.*

*Nous adressons nos remerciements aux membres de jury qui vont nous accorder une partie de leurs temps pour examiner et évaluer notre travail.*

*Nos remerciements vont davantage à tous les enseignants du département de génie mécanique pour le savoir qu'ils nous ont transmis durant nos cinq années d'études.*

*Nous remercions également toutes les personnes qui par leurs paroles, leurs écrits, leurs partage d'information, leurs critiques ont guidé notre réflexion et contribué à la rédaction de ce modeste travail, ils ont été d'un grand soutien.*

*Un remerciement spécial pour ceux à qui nous devons l'essentiel, nos très chers parents pour leurs prières et leurs soutiens tout au long de notre cursus.*

## ***Dédicace***

*Je dédie ce travail à,*

*Mes chers parents pour tous leurs sacrifices, leur amour et  
tendresse, leur soutien, ils n'ont jamais cessé de prier pour  
moi tout au long de mes études, A mes frères et ma chère sœur  
Souhila vous avez fait de moi ce que je suis aujourd'hui et  
j'espère vous rendre fière.*

**MERCI A TOUS.**

***Hamid***

## ***Dédicace***

*Grace à Dieu le tout puissant, j'ai achevé la réalisation de ce travail que je tien très chaleureusement à le dédier à : Ma mère et mon père qui m'ont encouragé et soutenu tout au long de mes études et pour leurs patiences que Dieu les protègent et les gardes pour moi. A mes adorables frères Amazigh et Mehdi. Et à mes très chers amis, pour tous les moments d'échange et de débat aux personnes qui m'ont toujours aidé et soutenu. MERCI A TOUS.*

***Azzedine***

# *Sommaire*

<i>Sommaire</i> .....	
Introduction générale.....	1

## **Chapitre I :**

### **Etat de l'art sur la conception et la fabrication des moules pour composites**

I.1. Introduction.....	2
I.2. Généralité sur les composites.....	2
I.2.1. Définition .....	2
I.2.2. Caractéristique générale sur les matériaux composites .....	2
I.3. Classification des matériaux composite.....	3
I.3.1.1. Composites à fibre .....	4
I.3.1.2 Composites à particules .....	4
I.3.2. Classification suivant la nature des constituants.....	5
I.4. La matrice .....	6
I.4.1. Matrices organiques .....	6
I.4.1.1. Les matrices thermodurcissables .....	6
I.4.1.2. Les matrices thermoplastiques .....	7
I.4.2.1. Les matrices métalliques.....	7
I.4.2.2. Les matrices Céramiques .....	7
I.5. Les renforts .....	8
I.5.1. Fibre de verre .....	8
I.5.2. Fibre de carbone.....	9
I.5.3. Les autres fibres .....	10
I.6. Les procédés de fabrication des composites .....	11
I.6.1. Les technologies en moule ouvert.....	11
I.6.1.1. Moulage au contact.....	11
I.6.2. Les technologies en moule fermé.....	12
I.6.2.1. Moulage sous vide .....	12
I.6.2.2. Moulage par compression à froid .....	13
I.6.2.3. Moulage par compression à chaud.....	13
I.6.2.4. Moulage par injection .....	14
I.6.2.5. Moulage par injection de compound BMC.....	14
I.6.2.6. Moulage par compression de mat pré imprégné SMC.....	14

I.6.2.7. Moulage par transfert de résine (Resin Transfer Molding « RTM ») .....	15
I.6.2.7.1. Les procédés de Moulage par Transfert de Résine (RTM) .....	15
I.6.2.7.2. Les avantages de procédé RTM.....	16
Le procédé RTM est avantageux pour les raisons suivantes :.....	16
I.6.2.7.3. Différents types de moules dans le procédé RTM .....	16
I.6.2.7.4. Application du procédé RTM.....	19
I.7. Conclusion .....	20

## *Chapitre II :*

### **Conception d'un moule pour le procédé de Moulage par Transfert de Résine (RTM)**

II. Introduction .....	21
II.1. Fonctionnement de dispositif RTM .....	21
II.2. Présentation du travail qui a été réalisé par l'ancienne promotion .....	21
II.2.1. Le Bâti .....	21
II.3. Système d'injection .....	22
II.3.1. Compresseur .....	22
II.3.1.1. Principe de fonctionnement.....	22
II.3.2. Réservoir.....	24
II.3.3. Pompe à vide .....	24
II.4. Moule.....	25
II.4.1. Principe de fonctionnement.....	25
II.4.1.1. Introduction du renfort.....	25
II.4.1.2. Remplissage.....	25
II.4.1.3. Cuisson .....	25
II.4.1.4. Démoulage.....	25
II.4.2. Structure de moule utilisé .....	26
II.4.2.1. Porte-empainte inférieure.....	26
II.4.2.2. Empreinte inférieure .....	26
II.4.2.3. Porte-empainte supérieure.....	26
II.4.2.4. Empreinte supérieure.....	27
II.4.2.5. Étanchéité du moule .....	28

## Chapitre III :

### Réalisation d'un moule utilisé dans le procédé de Moulage par Transfer de Résine(RTM).

III. Introduction .....	30
III.1. Matériaux pour la réalisation.....	30
III.2. La résine utilisée.....	32
III.3. La réalisation d'un moule RTM .....	32
III.3.1. Fabrication de bâti.....	32
III.3.2. Fabrication de moule.....	34
III.3.2.1. Porte empreinte inférieure.....	34
III.3.2.2. Porte empreinte supérieure.....	34
III.3.2.3. Prototype de la pièce a réalisée .....	35
III.4. Empreinte inférieure.....	36
III.4.1. Fabrication de l'empreinte inférieure.....	36
III.4.1.1 Préparation des surfaces.....	36
III.4.1.1.1. Nettoyage .....	36
III.4.1.1.2. Application cire de démoulage.....	37
III.4.1.1.3. Montage.....	37
III.4.1.2. Préparation de la résine polyester.....	38
III.4.1.2.1. Matériel utilisé.....	38
III.4.1.2.2. Mélange de la résine.....	38
III.4.1.3. Coulage de résine .....	39
III.4.1.4. Démoulage .....	40
III.4.1.5. Finition l'empreinte inférieure .....	40
III.5. Empreinte supérieure.....	41
III.5.1. Fabrication de l'empreinte supérieure.....	41
III.5.1.1 Application de cire de démoulage .....	42
III.5.1.2. Préparation de la résine polyester.....	43
III.5.1.2.1. Matériel utilisé.....	43
III.5.1.2.2. Mélange de la résine.....	43
III.5.1.3. Démoulage Empreinte supérieure .....	44
III.5.1.4. Finition l'empreinte supérieure .....	44
III.5.2. Placement de l'empreinte sur la porte empreinte.....	45
III.6. Joint d'étanchéité.....	45

III.7. La pompe à vide .....	46
III.7.1. Principe de la pompe à vide .....	46
III.7.2. Caractéristiques .....	47
III.8. Le circuit pneumatique.....	47
III.9. Compresseur.....	47
III.9.1. Les fonctions principales.....	48
III.10. Réservoir .....	49
III.11. L'assemblage final de notre moule et dispositif RTM.....	49
III.12.1. Schéma de fonctionnement de la machine .....	50
III.13. Conclusion.....	51
Conclusion générale .....	52

# Liste des Figures

<b>Figure I.1</b> : Schéma d'un matériau composite. ....	2
<b>Figure I.2</b> Déférentes familles de matrice.....	6
<b>Figure I.3.</b> Les différents types de renfort de base. ....	8
<b>Figure I.4.</b> Fabrication des fibres de verre. ....	9
<b>Figure I.5.</b> Étape de fabrication des fibres de carbone à partir de PAN.....	10
<b>Figure I.6</b> : Fibre naturelles.....	11
<b>Figure I.7</b> : Fibre d'aramide .....	11
<b>Figure I.8</b> : Schéma de principe du moulage au contact .....	12
<b>Figure I.9.</b> Moulage sous vide. ....	12
<b>Figure I.10.</b> Moulage par compression à froid. ....	13
<b>Figure I.11.</b> Moulage par compression à chaud. ....	13
<b>Figure I.12.</b> Moulage par injection .....	14
<b>Figure I.13</b> : Différentes étapes de réalisation d'une pièce par le procédé RTM .....	16
<b>Figure II.1</b> : Bâti .....	22
<b>Figure II.2</b> : Compresseur.....	23
<b>Figure II.3:</b> Réservoir.....	24
<b>Figure II.4</b> : Pompe à vide.....	24
<b>Figure II.5</b> : Porte empreinte-inferieur.....	26
<b>Figure II.6</b> : Empreinte inferieur.....	26
<b>Figure II.7</b> : Porte empreinte supérieure.....	27
<b>Figure II.8</b> : Empreinte supérieure .....	27
<b>Figure II.9</b> : Joint empreinte.....	28
<b>Figure II.10</b> : Joint porte empreinte.....	29
<b>Figure II.11</b> : Assemblage finale de dispositif.....	31
<b>Figure III.1</b> : Résine polyesters .....	32
<b>Figure III.2</b> : Soudage a l'art des tubes en acier .....	33
<b>Figure III.3</b> : Bâti .....	33
<b>Figure III.4</b> : Empreinte inferieure.....	34
<b>Figure III.5</b> : Porte empreinte supérieure. ....	35

<b>Figure III.6</b> : La pièce réalisée.....	35
<b>Figure III.7</b> : Centrage de la pièce.....	36
<b>Figure III.8</b> : Nettoyage de la pièce .....	36
<b>Figure III.9</b> : Acétone.....	36
<b>Figure III.10</b> : Application de cire sur la surface de pièce.....	37
<b>Figure III.11</b> : Fixation de la pièce.....	37
<b>Figure III.12</b> : Mélange de la résine polyester avec le catalyseur RP50.....	38
<b>Figure III.13</b> : Fibre de verre. ....	39
<b>Figure III.14</b> : Coulage de résine.....	39
<b>Figure III.15</b> : Empreinte inferieure après le démoulage. ....	40
<b>Figure III.16</b> : L'empreinte inferieure après le ponçage. ....	40
<b>Figure III.17</b> : Ajoute de la tôle. ....	41
<b>Figure III.18</b> : L'empreinte finale.....	41
<b>Figure III.19</b> : Préparation moulage de l'empreinte supérieure.....	42
<b>Figure III.20</b> : Application de cire de démoulage. ....	42
<b>Figure III.21</b> : Fabrication Empreinte supérieure.....	43
<b>Figure III.22</b> : Démoulanges empreinte supérieure.....	44
<b>Figure III.23</b> : Empreinte supérieur final. ....	44
<b>Figure III.24</b> : Placement de l'empreinte sur la porte empreinte.....	45
<b>Figure III.25</b> : Réalisation de la rainure de joint.....	45
<b>Figure III.26</b> : Pompe à vide .....	46
<b>Figure III.27</b> : Compresseur utilise.....	48
<b>Figure III.28</b> : Réservoir de résine. ....	49
<b>Figure III.29</b> : Photo réelle de notre machine. ....	49
<b>Figure III.30</b> : Schéma de fonctionnement de la machine.....	51

## **Liste des tableaux**

<b>Tableau I.1:</b> Exemples de matériaux composites, pris au sens large.....	16
<b>Tableau I.2:</b> Caractéristique des moules fabrique pour le procédé RTM.....	30
<b>Tableau I.2:</b> Caractéristique des moules fabrique pour le procédé RTM.....	31
<b>Tableau III.1:</b> Matériaux pour la réalisation.....	44
<b>Tableau III.1:</b> Matériaux pour la réalisation.....	45

# *Introduction générale*

Le développement des matériaux composites a transformé plusieurs secteurs industriels au cours des dernières décennies, notamment l'aéronautique, l'automobile, et l'énergie. Leur combinaison unique de légèreté, de résistance mécanique et de durabilité en fait des candidats de choix pour les applications nécessitant des performances élevées. Parmi les diverses méthodes de fabrication de ces matériaux, le procédé de Moulage par Transfer de Résine **RTM** (**RTM**) s'est imposé comme une solution incontournable pour la production de pièces complexes et de haute qualité.

Au fil du temps, le Procédé de moulage par Transfer de Résine **RTM** a évolué pour répondre aux exigences croissantes des industries modernes. Des innovations telles que le moulage par Transfer de Résine légère **Light RTM**, une variante permettant de réduire les coûts de production et d'améliorer l'efficacité, ont vu le jour. Ces avancées illustrent l'engagement constant des ingénieurs et des chercheurs à améliorer les performances et l'accessibilité du **RTM**, tout en répondant aux enjeux environnementaux actuels, notamment en termes de recyclage des matériaux composites.

Notre travail a pour objectif de détailler le processus de fabrication d'un moule **RTM**, en commençant par la conception de tous les composants du moule : l'empreinte inférieure, l'empreinte mobile, le porte-empreinte et le bâti du dispositif **RTM**, en utilisant le logiciel de conception assistée par ordinateur (CAO) **SOLIDWORKS**. Ce logiciel, à la fois complet et facile à utiliser, est idéal pour les concepteurs mécaniques. Ensuite, nous passons à la fabrication du dispositif **RTM** en utilisant des barres en acier soudées à l'arc, ainsi qu'à la réalisation des différentes parties du moule avec plusieurs techniques de fabrication et divers matériaux, tels que la résine, le bois et le plâtre, en explorant les différentes étapes. Il est structuré en chapitres.

Dans le premier chapitre, nous présenterons un état de l'art sur les matériaux composites ainsi que les techniques de mise en œuvre, en nous concentrant particulièrement sur le procédé **RTM**. Dans le deuxième chapitre, nous détaillerons les étapes de conception d'un moule **RTM** ainsi que les différents composants qui le constituent. Le troisième chapitre est consacré à la réalisation de notre moule, en détaillant les différentes étapes de sa fabrication ainsi que ses divers composants.

Enfin, nous terminons ce travail par une conclusion générale.

# **Chapitre I :**

Etat de l'art sur la conception et la fabrication  
des moules pour composites

### I.1.Introduction

Pour l'utilisation intensive de matériaux composite, nous présentons dans ce chapitre le matériau, ainsi leurs caractéristiques générales et leurs composants ensuite, les procédés de fabrication des composites enfin la généralité sur moulage par transfert de résine (RTM), ainsi que ça procédure et les différents types de moule dans le RTM, et l'application de procédé de RTM.

### I.2. Généralité sur les composites

#### I.2.1. Définition

Un composite est l'assemblage de deux ou plusieurs matériaux non miscibles de nature différents, et dont les qualités se complètent afin d'obtenir un matériau hétérogène et fortement anisotrope dont les performances sont supérieurs à celles de ces constituants de base, ou mieux encore, par effets de synergie. Les matériaux composites ne sont pas alliés. Mais associés [1]. Un matériau composite nécessite l'association intime d'au moins deux composants : le renfort et la matrice qui doivent être compatibles entre eux et se solidariser (Figure I.1) ; ce qui introduit la notion d'un agent de liaison, l'interface assure la compatibilité renfort matrice, transmet les contraintes d'un constituant à l'autre sans déplacement relatif.

#### I.2.2. Caractéristique générale sur les matériaux composites

Avec plusieurs types différents de phases discontinues, un composite est considéré comme un hybride. La phase discontinue est généralement plus dure et à de meilleures propriétés mécaniques que la phase continue [4]. La phase continue est appelée la " matrice ", la phase discontinue et appelée Le " renfort " ou " matériaux renforçant ", (figure I.1)

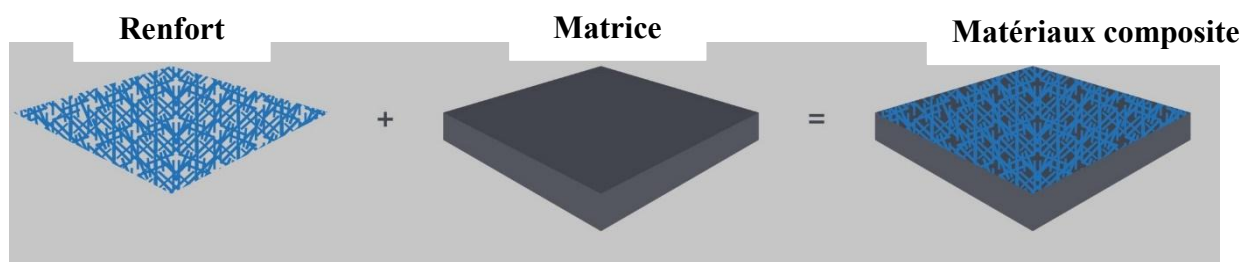


Figure I.1 : Schéma d'un matériau composite. [2].

## Chapitre I : Etat de l'art sur la conception et la fabrication des moules pour composites

Les propriétés d'un matériau composite dépendent de plusieurs facteurs qui résultent :

- Des propriétés des matériaux constitutants ;
- De leurs distributions géométriques ;
- De leurs interactions, etc. [2].

Type de composite	Constituants	Domaines d'application
<b>1-Composites à matrice organique</b>		
Papier, carton	Résine /charges/fibres cellulosiques	Imprimerie, emballage, etc.
Panneaux de particules	Résine/copeaux de bois	Menuiserie
Panneaux des fibres	Résine/fibre de bois	Bâtiment
Toiles enduites	Résine souples /tissus	Sports, bâtiment
Matériaux d'étanchéité	Elastomères/bitume/textiles	Toiture, terrasse, etc.
Pneumatique	Caoutchouc/toile/acier	Automobiles
Stratifiés	Résine/charges/fibres de verre, De carbone, etc.	Domaines multiples
Plastiques renforcés	Résine/microsphères	
<b>2. Composites à matrice minérale</b>		
Béton	Ciment/sable/granulats	Génie civil
Composites carbone-carbone	Carbone/fibre de carbone	Aviation, espace, sports, biomédecine, etc.
Composites céramique	Céramique/fibres céramiques	Pièces thermomécanique
<b>3. Composites à matrice métallique</b>		
	Aluminium/ fibre de bore Aluminium/fibre de carbone	Espace
<b>4. Sandwiches</b>		
	Métaux, stratifiés, etc. Mousses, nids d'abeilles, balsa, plastiques renforcés, etc.	Domaines multiples

**TABLEAU I.1.**Exemples de matériaux composites, pris au sens large [2]

### **I.3. Classification des matériaux composite**

Les composites peuvent être classé suivant la forme des composantes ou suivant la nature des composants. [2]

### I.3.1. Classification suivant la forme des constituantes

- Les matériaux composites à fibre ;
- Les matériaux composites à particules.

#### **I.3.1.1. Composites à fibre**

Un matériau composite est un composite à fibres si le renfort se trouve sous forme de fibres. Les fibres utilisées se présentent soit sous forme des fibres continues, soit sous forme des fibres discontinues : fibres coupées, fibres courtes, etc. L'arrangement des fibres, leur orientation permettent de moduler à la carte les propriétés mécaniques des matériaux composites, pour obtenir des matériaux allant de matériaux fortement anisotropes à des matériaux isotropes dans un plan.

Le concepteur possède donc là un type de matériaux dont il peut modifier et moduler à volonté les comportements mécaniques et physique en jouant sur :

- La nature des constituants ;
- La proportion des constituants ;
- L'orientation des fibres ;
- Suivant le cahier des charges imposées.

L'importance des matériaux composites à fibres justifie une étude exhaustive de leurs comportements mécaniques. En conséquence. [2].

#### **I.3.1.2 Composites à particules**

Un matériau composite est un composite à particules lorsque le renfort se trouve sous forme de particules. Une particule, par opposition aux fibres, ne possède pas de dimension privilégiée.

Les particules sont généralement utilisées pour améliorer certaines propriétés des matériaux ou des matrices, comme la rigidité, la tenue à la température, la résistance à l'abrasion, la diminution du retrait, etc. Dans des nombreux cas, les particules sont simplement utilisées comme charges pour réduire le coût du matériau, sans en diminuer les caractéristiques. Le choix de l'association matrice-particules dépend des propriétés souhaitées.

Par exemple, des inclusions de plomb dans des alliages de cuivre augmenteront leur facilité d'usinage. Des particules de métaux fragiles tel le tungstène, le chrome et le

Molybdène incorporé dans des métaux ductiles augmenteront leurs propriétés à température élevée, tout en conservant le caractère ductile à température ambiante.

Les cermets sont également des exemples de composites métal-céramique à particules, adaptés à des utilisations à températures élevées. Par exemple, les cermets à base d'oxydes sont utilisés pour les outils de coupe à vitesse élevées, et pour les protections à hautes températures.

Également, des particules d'élastomère peuvent être incorporées dans des matrices polymère fragiles, de manière à améliorer leurs propriétés à la rupture et au choc, par diminution de la sensibilité à la fissuration.

Ainsi, les composites à particules recouvrent un domaine étendu dont le développement s'accroît sans cesse. Toutefois, compte tenu de leurs diversités. [2].

### **I.3.2. Classification suivant la nature des constituants**

Selon la nature de la matrice, les matériaux composites sont classés suivant des composites à matrice organique, à matrice métallique ou à matrice minérale.

Divers renforts sont associés à ces matrices. Seuls certains couples d'associations ont actuellement un usage industriel, d'autres faisant l'objet d'un développement dans les laboratoires de recherche. Parmi ces composites, nous pouvons citer :

- Composite à matrice organique (résine, charge), avec :
  - des fibres minérales : verre, carbone, etc. ;
  - des fibres organiques : Kevlar, polyamides, etc. ;
  - des fibres métalliques : bore, aluminium, etc. ;
- Composites à matrice métallique (alliage légers et ultralégers d'aluminium, de magnésium, de titane), avec :
  - des fibres minérales : carbone, carbone de silicium (SiC) ;
  - des fibres métalliques : bore ;
  - des fibres métallo-minérales : fibre de bore revêtues de carbure de silicium (Bor SiC).
- Composites à matrices minérale (céramique), avec :
  - des fibres métalliques : bore ;
  - des particules métalliques : cermets ;
  - des particules minérales : carbures, nitrure, etc.

Les matériaux composites à matrice organique ne peuvent être utilisés que dans le domaine des températures ne dépassant pas 200 à 300 °C, alors que les matériaux composites à matrice métallique ou minérale sont utilisés au-delà : jusqu'à 600°C pour une matrice métallique, jusqu'à 1000°C pour une matrice céramique, [2].

### I.4. La matrice

La figure I.2 donne une classification des matrices

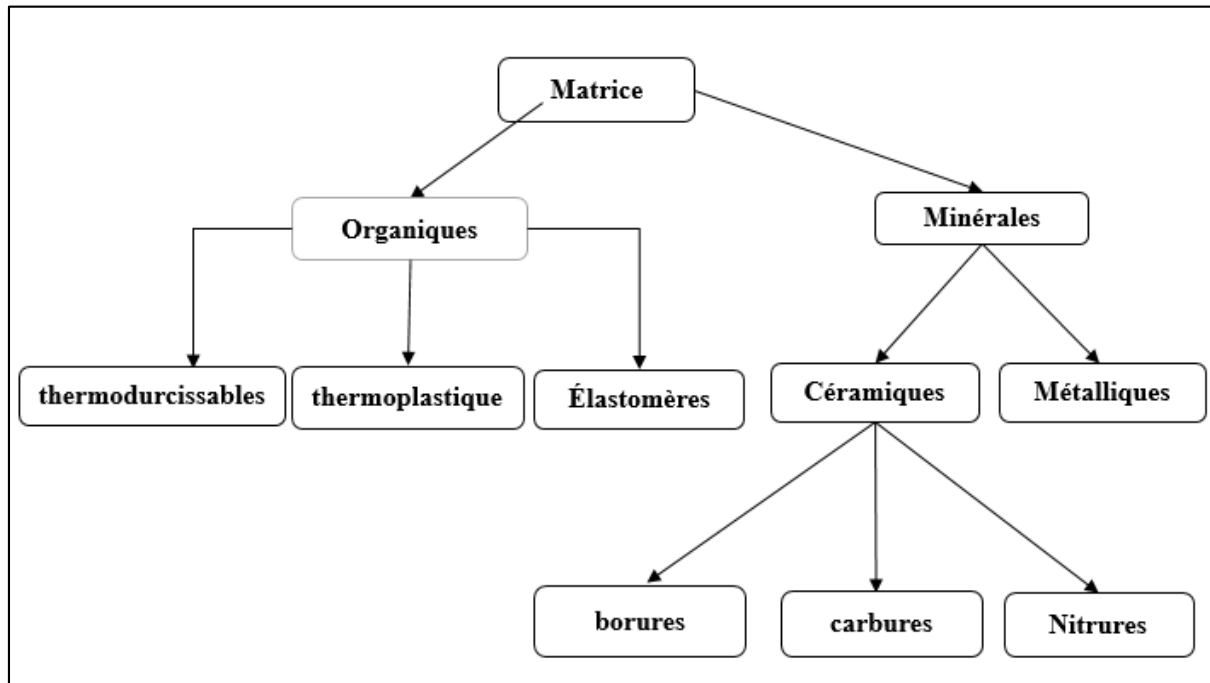


Figure I.2 Différentes familles de matrice

#### I.4.1. Matrices organiques

La matrice organique dans les matériaux composites est la phase polymère qui lie et entoure les fibres de renfort, assurant la cohésion du matériau. Elle permet le transfert des charges, protège les fibres et influence les propriétés mécaniques et physiques du composite. Les matrices organiques courantes comprennent les résines époxy, polyester et phénolique.

##### I.4.1.1. Les matrices thermodurcissables

Les résines thermodurcissables possèdent des propriétés mécaniques élevées. Ces résines ne peuvent être moulées qu'une seule fois. Il s'agit d'une forme de polymère qui n'est pas réticulé en solution et mis en suspension dans un solvant. Les résines polyester insaturées, les résines de condensation (phénols, aminoplastes) et les résines époxy sont des résines thermodurcissables.

### **I.4.1.2. Les matrices thermoplastiques**

Les résines thermoplastiques ont des propriétés mécaniques faibles. Ces résines sont dures et solides qui nécessitent une transformation à très haute température. Les polychlorures de vinyle (PVC), les polyéthylènes, polypropylène, polystyrène, polycarbonate polyamide sont quelques exemples de ces résines thermoplastiques. De même que pour les résines thermodurcissables, les matériaux plus performants ont des caractéristiques mécaniques élevées et une masse volumique faible.

### **I.4.2. Matrice minérales**

#### **I.4.2.1. Les matrices métalliques**

L'imprégnation des renforts avec des alliages liquides est un procédé techniquement délicat. En pratique, ce type de technologie utilise uniquement des alliages d'aluminium liés à des fibres ou particules de graphite ou de céramique. Son point de fusion est relativement bas, ce qui le rend facile à manipuler. Le compromis trouvé entre la résistance de la matrice métallique et la rigidité du renfort confère aux composites des propriétés mécaniques intéressantes par rapport à l'alliage métallique seul, notamment à des températures supérieures & 200°C. En raison des coûts d'exploitation élevés, les composites à matrice métallique sont limités aux applications aérospatiales.

#### **I.4.2.2. Les matrices Céramiques**

Des composites à matrices céramiques peuvent être obtenus par imprégnation de préformes de fibres (métaux, verres, aramides, carbone, céramique) soit par des suspensions liquides, ensuite frittées en température sous haute pression, soit par des gaz réactifs permettant un dépôt entre les fibres (notamment pour les composites carbone-carbone

### I.5. Les renforts

Ils constituent l'armature ou le squelette du matériau composite avec une fraction volumique de (30 à 70%). Ils sont destinés à améliorer ou assurer la tenue mécanique (rigidité, résistance à la rupture, à la traction) telle que cette dernière est proportionnelle au rapport longueur /diamètre ( $l/d$ ). La figure I.3 présente les principaux matériaux de renfort.

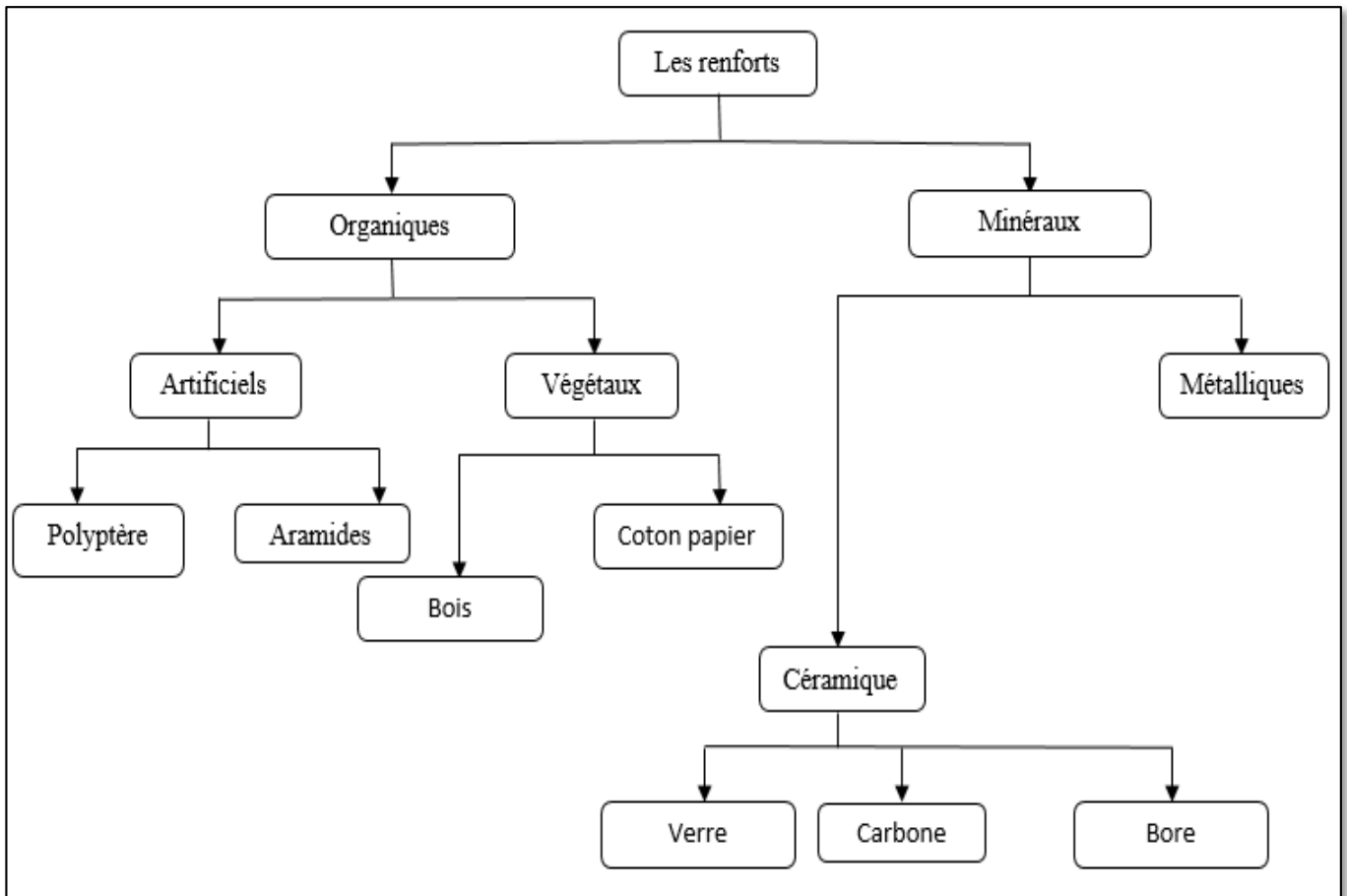


Figure I.3. Les différents types de renfort de base.

#### I.5.1. Fibre de verre

La fibre de verre constitue le renfort essentiel des composites GD et fait l'objet d'une consommation très importante.

- E : pour les composites de grande diffusion et les applications courantes ;
- R : pour les composites hautes performances ;
- D : pour la fabrication de circuits imprimés (propriétés diélectriques).

- Fabrication des fibres de verre

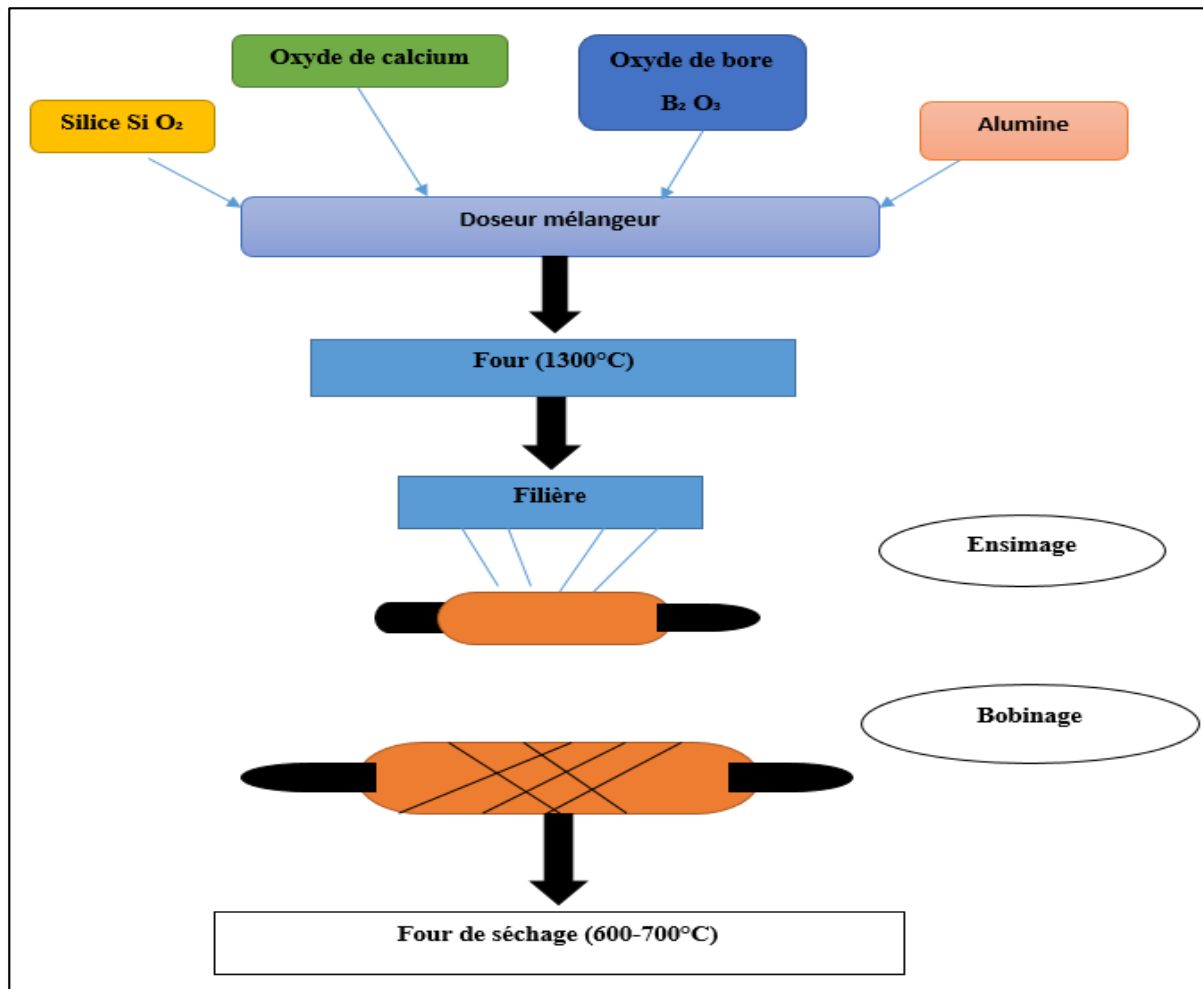


Figure I.4. Fabrication des fibres de verre.

### I.5.2. Fibre de carbone

Les fibres de carbone est la plus utilisée pour les composites HP. Les meilleures sont actuellement produites à partir de fibre organique de poly acrylonitrile (PAN). Les fibres de carbone possèdent des très bonnes propriétés mécaniques, notamment du fait de leur faible densité (généralement inférieure à 200 kg/m<sup>3</sup>). Il convient également de noter que la fibre de carbone présente une excellente résistance à la chaleur en atmosphère non oxydante. [7]

La **figure I.5.** Montre les étapes pour la fabrication des fibres de carbone à partir de PAN

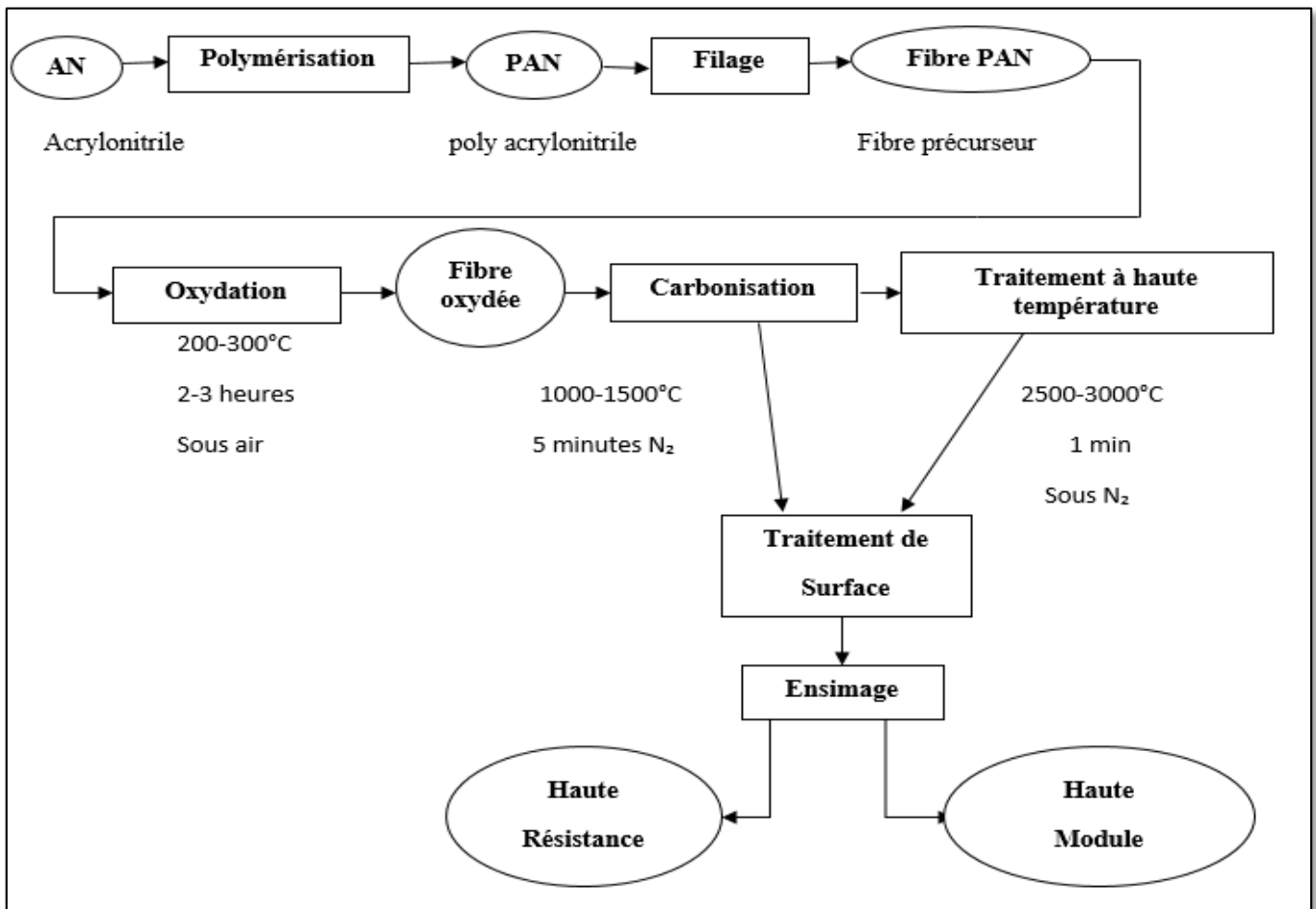


Figure I.5. Étape de fabrication des fibres de carbone à partir de PAN [7]

### I.5.3. Les autres fibres

Les autres fibres sont peu utilisées parce que leurs caractéristiques sont moins performantes par rapport aux deux premiers. On peut citer :

- Fibre d'aramide.
- Fibres naturelles.



**Figure I.6 : Fibre naturelles**



**Figure I.7 : Fibre d'aramide**

### **I.6. Les procédés de fabrication des composites**

De nombreux procédés de fabrication ont été développés pour répondre aux exigences variées des différents types de pièces à concevoir. Le coût unitaire, le volume de production, la taille des pièces et la complexité de la forme sont autant de facteurs permettant de sélectionner le plus adéquat parmi la multitude de procédés recensés. [9]

Les techniques de fabrication des matériaux composites se divisent généralement en deux catégories : les méthodes à moule ouvert et celles à moule fermé.

#### **I.6.1. Les technologies en moule ouvert**

##### **I.6.1.1. Moulage au contact**

Le moulage au contact est la technologie de mise en œuvre la plus utilisée dans le secteur de la transformation des matériaux composites.

Le principe consiste à imprégner les renforts secs, disposés dans un moule, de résine accélérée et catalysée. Une phase de débullage, à l'aide d'un rouleau est nécessaire afin d'éliminer les inclusions d'air dans la pièce. [10]

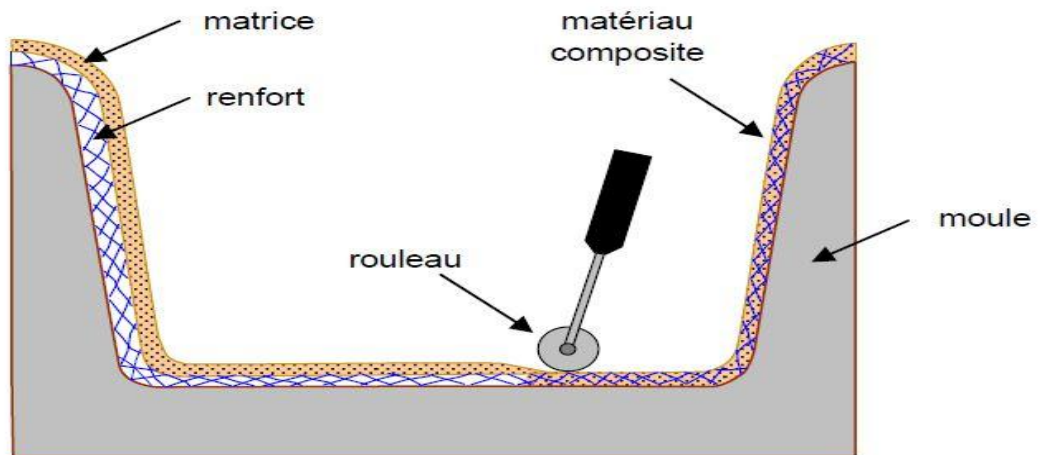


Figure I.8 : Schéma de principe du moulage au contact. [10]

## I.6.2. Les technologies en moule fermé

### I.6.2.1. Moulage sous vide

Le moulage sous vide consiste à étendre les plis de fibres dans le moule, appelé drapage des tissus, en ajoutant la résine à l'aide d'un pinceau et d'un rouleau. Le procédé est similaire au moulage contact, mais une fois le laminage des tissus et de la résine complété, une pellicule de mise sous vide est ajoutée par-dessus le montage afin d'appliquer une pression de consolidation pendant la polymérisation de la résine. [12]

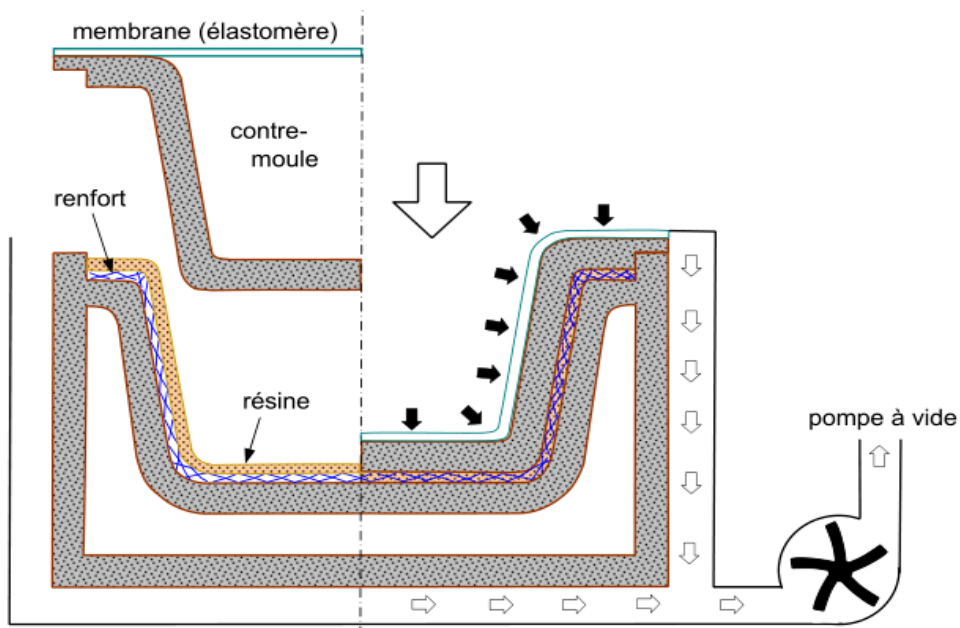


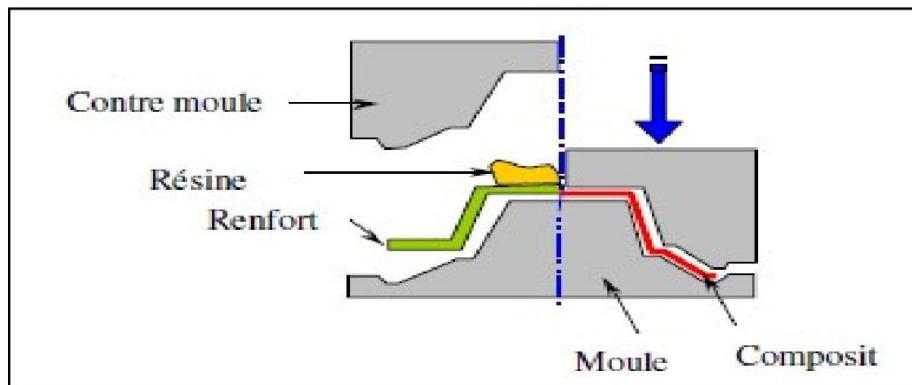
Figure I.9. Moulage sous vide. [12]

### **I.6.2.2. Moulage par compression à froid**

Le moulage est effectué à basse pression sans chauffage du moule, en utilisant l'exothermie de polymérisation de la résine. L'énergie calorifique accumulée par le moulage des pièces est alors suffisante pour maintenir le moule à des températures de 50 à 70 °C, en fonctionnement permanent.

Moule et contre-moule sont enduits d'agent de démoulage et de gel-coat. Puis le renfort et la matrice sont déposés sur le moule. L'ensemble moule/contre-moule est fermé, puis pressé.

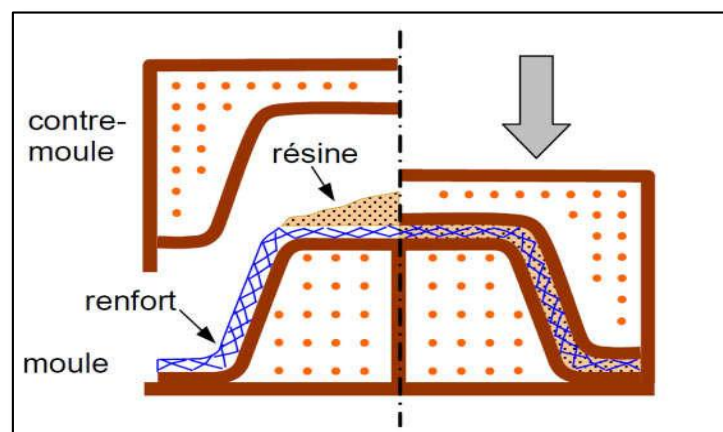
Ce procédé de moulage est adapté à la fabrication de pièces de moyennes séries



**Figure I.10. Moulage par compression à froid. [2]**

### **I.6.2.3. Moulage par compression à chaud**

Le moule est chauffé à des températures entre 80° et 50°C, on l'enduit d'un agent de démoulage, puis on place le renfort et la matrice sous forme de poudre et on ferme le contre-moule sur lequel on exerce une pression de l'ordre de 10 à 50 bar, le durcissement de la pièce demande généralement plusieurs minutes, après on ouvre le moule et on éjecte la pièce.



**Figure I.11. Moulage par compression à chaud. [2]**

### I.6.2.4. Moulage par injection

La méthode de moulage par injection est la plus répandue des méthodes de mise en œuvre des thermoplastiques armés.

Le moulage par injection est réalisé sur les presses conventionnelles utilisées pour l'injection des résines thermoplastiques.

Le type de matériaux obtenus est plus généralement appelé « plastiques renforcés » que matériaux composites.

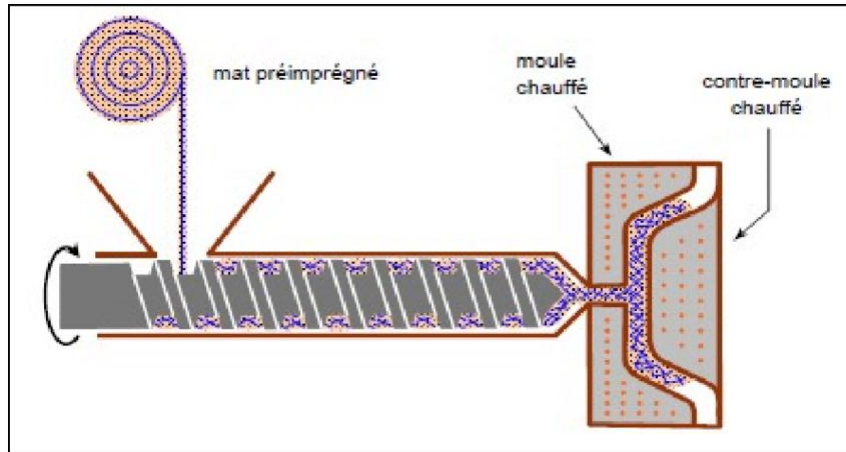


Figure I.12. Moulage par injection

### I.6.2.5. Moulage par injection de compound BMC

Le composé (Bulk molding compound) est un matériau de moulage composé de résine, de charge et de divers matériaux auxiliaires renforcés par du fil de verre coupé. On prépare cette masse dans un mixeur. Le formage se fait à chaud (130-150°C), principalement par moulage par injection entre un moule en acier usiné et un contre-moule. La pression de fermeture du moule (50-100 bars) fait couler le matériau pré-mesuré et remplit l'empreinte. Un temps durcissement très court permet un démoulage rapide. Ce type de moulage est utilisé non seulement pour la réalisation de grandes séries, mais également pour la réalisation de pièces de petites et moyennes dimensions, de plus ou moins épaisseur.

### I.6.2.6. Moulage par compression de mat pré imprégné SMC

Le mat pré imprégné (sheet molding compound) est une nappe de fils ou continus, imprégné par un mélange de résine polyester, de charge et d'adjuvants spécifiques divers. Découpé en flans de masse et dimensions déterminées, le mat pré imprégné est moulé à chaud (140-160°C) par compression entre un moule et un contre-moule en acier usiné.

### **I.6.2.7. Moulage par Transfert de Résine (Resin Transfer Molding « RTM »)**

Aujourd'hui, le RTM reste un des procédés de fabrications des composites les plus avantageux, par son cout de réalisation, sa productivité élevée et ces possibilités de mise en œuvre des pièces a forme complexe et caractéristique mécaniques remarquables. Son principe général consiste à injecter dans un moule fermé, une résine thermodurcissable sur un renfort fibreux préalablement disposé. Il comporte deux sous famille : les procédés RTM (Resin transfert Molding) et ses dérivées et les procédés d'infusion et ses dérivées.

Dans le premier cas la résine s'imprégné dans le renfort par un mode de transfert et dans le second par infusion. Les applications de ce procédé sont de plus en plus pointues et permettant de réaliser des pièces de bonne qualité dans diverses applications [9].

#### **I.6.2.7.1. Les procédés de Moulage par Transfert de Résine (RTM)**

Ce procédé qui consiste à injecter de la résine sous forme liquide dans une empreinte fermée (moule/contre moule), dans laquelle le renfort fibreux sec (préforme) a été préalablement placé [2], s'appuie principalement sur l'utilisation de la différence de pression (ou perte de charge) qui se manifeste à l'intérieur de l'empreinte fermée, permettant ainsi l'écoulement de la résine et par conséquent l'imprégnation du renfort fibreux.

La Figure I.13montre les principales étapes du procédé RTM que nous avons résumé par :

- Etape 0 : sélection du renfort fibreux recommandé par le bureau d'études ;
- Etape 1 : préparation du préforme (orientation des fibres et séquence d'empilement) ;
- Etape 2 : fermeture du moule après placement du renfort et mise à vide ;
- Etape 3 : injection de la résine et imprégnation progressive du renfort jusqu'au remplissage ;
- Etape 4 : polymérisation, séchage et durcissement de la résine (cuisson) ;
- Etape 5 : ouverture du moule et démoulage de la pièce.

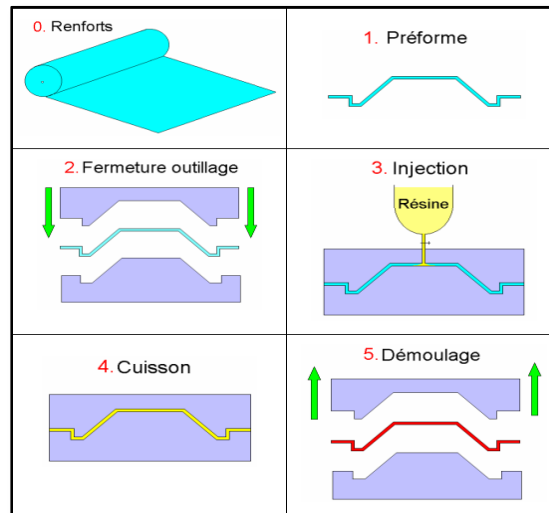


Figure I.13 : Différentes étapes de réalisation d'une pièce par le procédé

### RTM

#### I.6.2.7.2. Les avantages de procédé RTM

Le procédé RTM est avantageux pour les raisons suivantes :

- La cadence de production peut être adaptée pour plus de 10 000 pièces par année ;
- La réalisation de pièces de géométrie complexe ;
- Les émissions de styrène sont limitées puisque la fabrication se fait à moule fermé ;
- Les propriétés mécaniques sont uniformes étant donné un taux de fibres fixe dans un moule rigide ;
- La qualité de surfaces des pièces peut reproduire celle de moule ;

Comparé aux procédés de fabrication des composites à grande série comme le SMC, le procédé RTM demande moins d'investissement en outillage [12]. Le coût d'un moule et des outillages varient selon le taux de production des pièces. Au fur et à mesure que la technologie RTM se développe, on conçoit des moules RTM de plus en plus coûteux et adaptés pour les grandes séries. [11]

#### I.6.2.7.3. Différents types de moules dans le procédé RTM

- Moules en polymère coulé ;
- Moules en plastique renforcé de fibres ;
- Moules avec surface électro-formée ;
- Moules en céramique ;

- Moules en aluminium ;
- Moules en acier ;
- Moules en fonte.

Le choix du moule dépend des paramètres suivants [13] :

- Type de résine injectée ;
- Tolérances géométriques et dimensionnelles de la pièce à fabriquer ;
- Aspect mécanique des pièces ;
- Qualité de surface des pièces ;
- Pression de fermeture du moule et de la résine ;
- Température de polymérisation ;
- Quantité de pièces à fabriquer.

## Chapitre I : Etat de l'art sur la conception et la fabrication des moules pour composites

Type de moules	Résistance	Fini de surface	Durée de vie	Température maximale d'utilisation	Taille des pièces
Moules en polymère coulé	Résistants aux faibles impacts. Les arêtes sont sensibles au piquage (chipping)	Pas aussi bon que moules polis en métal.	Utilisée surtout pour le prototypage, donc pour une courte durée de vie.	Utilisée surtout pour des températures inférieures à 100°C.	La plupart des moules sont usinés et sont petite taille.
Moules en plastique renforcé de fibre	Ils peuvent être très robustes.	Peuvent utiliser du gel coat, donc le fini de surface peut être excellent.	Varie selon l'utilisation, mais en général les moules font plus de 200 cycles.	Dépend de la résine utilisée. En général pour températures inférieures à 60°C. Moules en fibre de carbone et résine époxyde supportent 180°C.	Peuvent produire des pièces de grande taille, mais il faut faire attention aux déflexions du moule.
Moules avec surface électro formée	Très résistant aux endommagements.	Excellent.	Durée de vie très longue.	Au-dessus de la température de cuisson des résines utilisées en RTM.	En général la taille maximale est de l'ordre de grandeur d'une baignoire.
Moules en céramiques	Résistants aux égratignures, mais peu résistants aux impacts.	Certains moules utilisent du gel Coat ou des polymères sur la peau.	La durée de vie est uniquement limitée par l'endommagement par impact.	Au-dessus de la température de cuisson des résines utilisée en RTM.	Le poids excessif est une limitation à la production de grands moules.

Moules en aluminium	Matériaux très ductile, susceptible aux égratignures.	Ils peuvent être polis et procurent un bon fini de surface.	Le moule ne s'use pas mais doit être poli constamment.	Aux dessus de la température de cuisson des résines utilisées en RTM.	Limitées à la taille des machines d'usinage.
Moules en acier	Très bonne résistance mais les moules sont très chers.	Excellent fini de surface, mais le matériau susceptible à l'humidité	Pratiquement infinie.	Au-dessus de la température de cuisson des résines utilisées en RTM.	Similaire à celle des moules en aluminium.
Moules en fonte	Excellente résistance.	Pas aussi bon que les moules en aluminium.	Durée de vie très longue.	Au-dessus de la température de cuisson des résines utilisées en RTM.	Le poids excessif est une limitation pour produire de grands moules.

**Tableau I.2 : caractéristique des moules fabrique pour le procédé RTM [14]**

### I.6.2.7.4. Application du procédé RTM

La liste des applications présentée ici n'est bien sûr pas exhaustive, mais elle montre la diversité des secteurs où la technologie RTM est utilisée :

#### Aéronautique

Structures de boîtier électronique de poste  
De tire  
Carénages de potence ATR 42  
Viroles empennées de corps de missile  
Cônes arrière de mât A321  
Cornes d'aileron ATR 42  
Jambes de train d'atterrissage type Super  
Puma  
Panneaux auto raidis

#### Spatiale

Poutre  
Pales d'hélices  
Réservoir de carburant  
Corps de missile  
Arbre de transmission pour hélicoptère  
Radômes  
Pale de rotor  
Support de station spatiale  
Coque de torpille

### Automobile

Elément de carrosserie  
Pare-chocs  
Toits de camion  
Logement de boîte de vitesse  
Section de châssis  
Déflecteurs aérodynamiques

### équipements sportifs

Bicyclette  
Chariots de golf  
Manches de club de golf  
Corps de jet-ski  
Kayaks  
Piscines

### Industrie mécanique

Réflecteurs solaires  
Equipements résistants à la corrosion  
Casques de protection

### Marine

Coque de bateaux  
Ponts de bateaux  
Safran  
Container de canot de sauvetage  
Hélices

### Construction

Portes et éléments de construction  
D'immeuble  
Kiosques

## I.7. Conclusion

Ce chapitre donne un aperçu des propriétés, des types, des méthodes de développement et des domaines d'application des matériaux composites.

Les matériaux composites offrent une solution polyvalente et innovante pour répondre aux exigences de diverses industries, de l'aérospatiale à l'automobile en passant par la construction.

Les procédés de fabrications des composites offrent des possibilités infinies en termes de conception et de performance des pièces.

## ***Chapitre II :***

Conception d'un moule pour le procédé de  
Moulage par Transfert de Résine (RTM)

## **II. Introduction**

Le moule est un élément crucial dans le procédé de moulage par transfert de résine (RTM), car il permet de donner la forme finale des pièces en cours de fabrication, la conception d'un moule RTM nécessite une attention particulière pour garantir la qualité et la précision des pièces produites.

Dans ce chapitre nous allons aborder les principes bases de la conception d'un moule RTM, ainsi que les considérations à prendre en compte pour obtenir des pièces en haute qualité.

### **II.1. Fonctionnement de dispositif RTM**

Notre dispositif RTM contient deux parties, la première partie le système pneumatique qui est constituée d'un compresseur fixe sur le bâti, et le pistolet utilisé pour injecter la résine dans le moule, de l'autre côté une pompe à vide qui sert à aspirer l'air à l'intérieur du moule afin de réduire la présence de bulles d'air.

Dans la deuxième partie nous avons un moule inférieur fixé sur le bâti et un contre-moule supérieur, qui s'emboîtent parfaitement pour sceller la préforme de fibres. Des boulons assurant une fermeture hermétique et sécurisée du moule; pour assurer l'étanchéité entre les deux moitiés du moule, des joints sont fixés sur la partie supérieure du moule, ce dernier contient un canal principal pour amener la résine au moule et un point permettant l'évacuation de l'air et éviter la formation des bulles, ainsi un canal de ventilation servant à évacuer l'excès de résine, assurant ainsi le remplissage complet des fibres.

### **II.2. Présentation du travail qui a été réalisé par l'ancienne promotion**

Les illustrations suivantes décrivent les différentes parties qui composent le dispositif :

#### **II.2.1. Le bâti**

- Dimension : 800 X 815 X 1300 mm.
- Il est conçu avec des tubes en acier carré de 30 X 30 X 2 mm et assemblé par des cordons de soudure.
- Il est monté sur des roues en plastique pour une mobilité facile.
- Une plaque en bois 1300 X 800 X 3 mm fixe avec des vis sur la partie inférieure de bâti.
- Une plaque en bois 800 X 800 X 3 mm fixe avec des vis sur le côté supérieure gauche de bâti.

Pour améliorer la rigidité de bâti ont apporté des modifications:

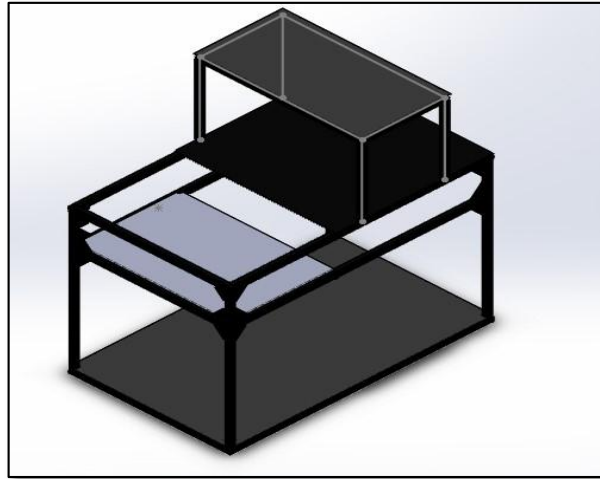
## Chapitre II : conception d'un moule pour le procédé de Moulage par Transfert de Résine (RTM)

---

-4 tubes carre de 30 X 30 X 3 mm on est ajoute à 218 mm au-dessous de la partie supérieure de bâti qui jeu le rôle d'un support d'une tôle en acier.

-Une tôle en acier de 765 X 517,17 X 3mm pour fixe le moule inferieur. --

-Les goussets servent à renforcer la zone située entre deux éléments mécano-soudés.



**Figure II.1: Bâti**

### II.3. Système d'injection

**II.3.1. Compresseur :** un système d'injection par compresseur est utilisé dans divers processus de fabrication, notamment le moulage par transfert de résine (RTM), pour injecter de la résine dans un moule fermé.

#### II.3.1.1. Principe de fonctionnement

- Le compresseur génère une pression d'air qui pousse la résine à travers le système d'injection.
- La résine est stockée dans un réservoir injecté sous haute pression dans le moule fermée.
- La pression positive assure une distribution uniforme de la résine à travers le pack de fibres, minimisant les vides et assurant une bonne imprégnation des fibres.

#### II.3.1.2. Composant principaux dans le procédé de Moulage par Transfert de Résine (RTM)

- **Compresseur :** Génère la pression nécessaire pour l'injection.
- **Réservoir de Résine :** Contient la résine thermodurcissable avant l'injection.
- **Système de Conduites et Vannes :** Dirige la résine depuis le réservoir jusqu'au moule.

## Chapitre II : conception d'un moule pour le procédé de Moulage par Transfert de Résine (RTM)

---

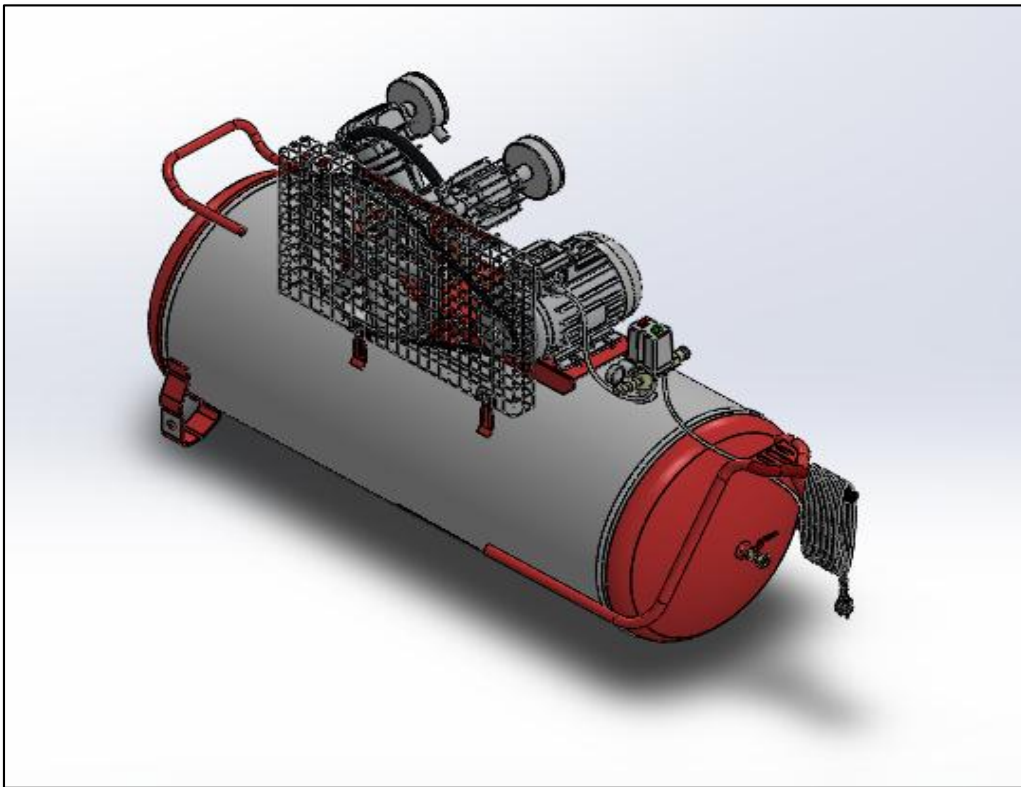
- **Moule Fermé** : Structure rigide en deux parties où la résine est injectée et polymérisée.

Dans notre cas on a utilisé un compresseur de capacités : VITESSE : 1450 r/min,

VOLUME: 50 litres, CAPACITER: 110L/min, PUISSENCE : 600W,

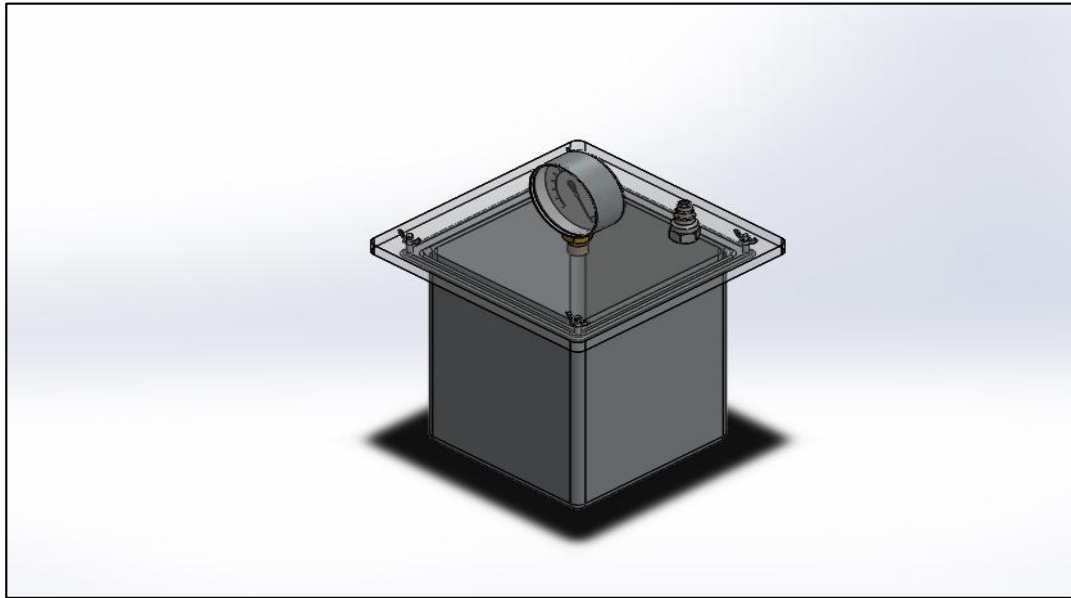
VOLTAGE 220V/50 Hz,

PRESSION : 0.8 MPA



**Figure II.2 : Compresseur**

**II.3.2. Réservoir** Légère, facile à contrôler, d'un volume de 3 L. Avec deux branchement tube flexible, un vers la sortie de compresseur et l'autre vers le moule Il permet d'injecter la résine.

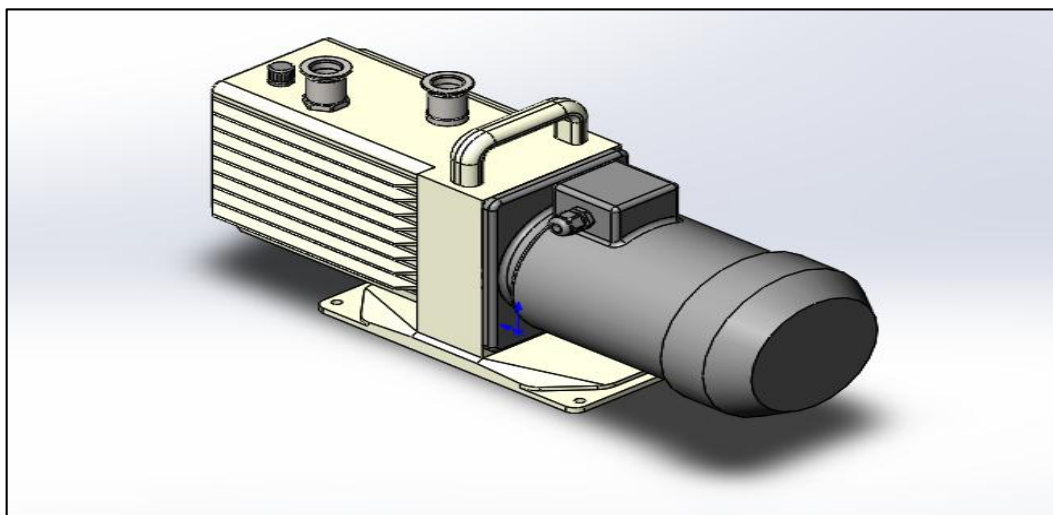


**Figure II.3 : Réservoir**

### **II.3.3. Pompe à vide**

Une pompe à vide est un dispositif utilisé pour évacuer l'air ou d'autres gaz d'un contenant fermé afin de créer un vide partiel.

Dans le moulage par transfert de résine (RTM), les pompes à vide jouent un rôle crucial en aidant à éliminer les bulles d'air et à imprégner les fibres avec la résine.



**Figure II.4 : Pompe à vide**

## **II.4. Moule**

Le moule utilisé dans le procédé de moulage par Transfer résine (RTM) est un moule fermé.

Ce dernier est un composant essentiel qui doit être conçu et fabriqué avec précision pour garantir la haute qualité de la pièce. Il se compose de deux parties principales: le moule partie inférieure et contre-moule partie supérieure qui s'assemblent pour envelopper complètement la préforme de fibres.

-Systèmes de fermeture : serrage mécanique avec des boulons.

- deux joints d'étanchéité en caoutchouc sont intégrés sur la partie supérieure de moule pour garantir l'étanchéité entre les deux moitiés du moule. Voici quelque information sur le moule fermé.

### **II.4.1. Principe de fonctionnement**

Le moule fermé dans RTM est utilisé pour fabriquer des pièces à partir d'une résine liquide thermodurcissable de faible viscosité. Le cycle de fabrication se décompose en quatre étapes comme suit:

#### **II.4.1.1. Introduction du renfort**

Le renfort, éventuellement préformé, est inséré dans l'empreinte du moule. Le moule est ensuite fermé, généralement par une presse, pour maintenir le renfort en position.

#### **II.4.1.2. Remplissage**

La résine liquide est injectée dans le moule par une pompe à basse pression, à pression ou débit imposé, et imprègne le renfort. Le temps de remplissage varie typiquement de quelques secondes à quelques minutes.

#### **II.4.1.3. Cuisson**

Le durcissement du composite est obtenu par réticulation de la résine au cours d'un cycle de cuisson, qui peut durer de quelques minutes à quelques heures.

#### **II.4.1.4. Démoulage**

En fin de cuisson, la pièce est évacuée du moule. Des opérations de finition sont ensuite réalisées avant sa mise en service.

## II.4.2. Structure de moule utilisé

### II.4.2.1. Porte-empreinte inférieure

De dimension 740 x 495 x 186 mm avec 6 trous taraudé M16 pour la fixation sur notre dispositif, un creux de 100x400x300 mm avec 4 trous fraise de diamètre M10 qui permet de fixe l'empreinte.

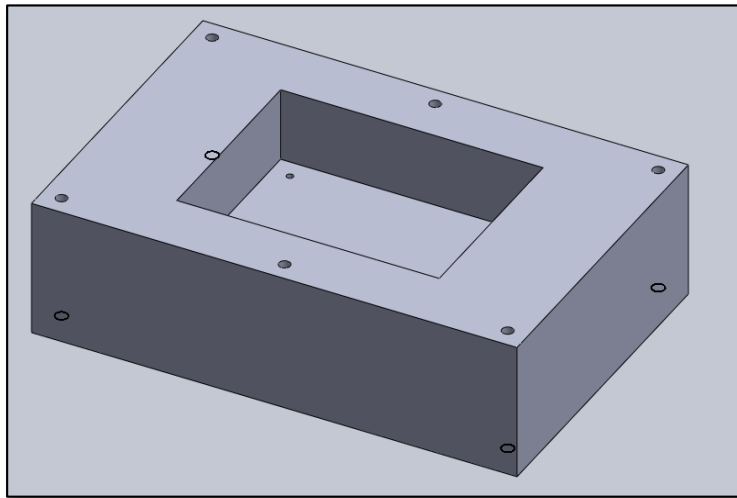


Figure II.5 : porte empreinte-inférieure

### II.4.2.2. Empreinte inférieure

C'est la partie du moule qui détermine la forme et les propriétés géométriques de la pièce Dimension 400x300x100 mm.

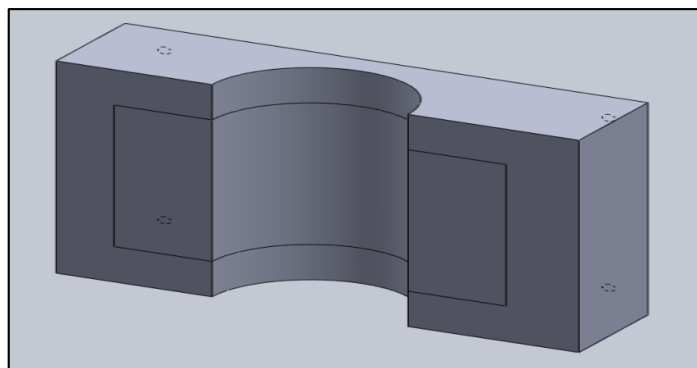
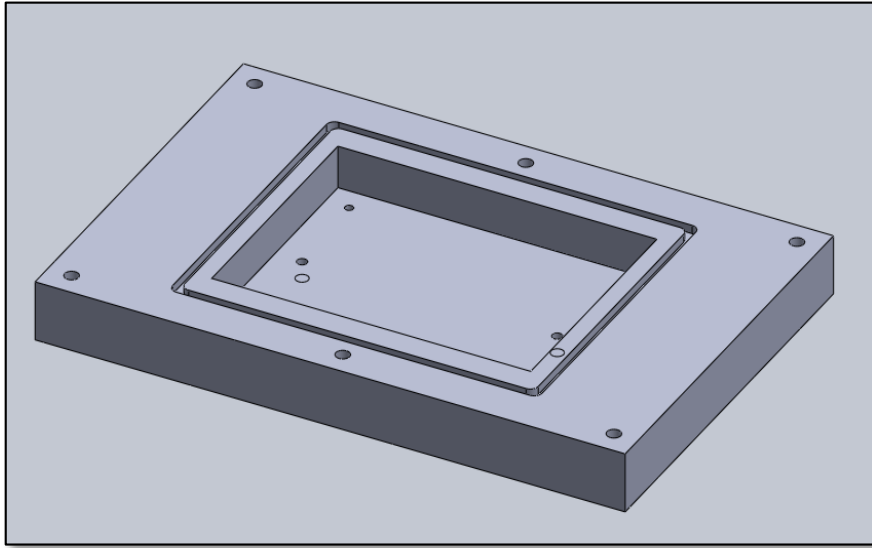


Figure II.6 : Empreinte inférieure

### II.4.2.3. Porte-empreinte supérieure

Il assure la fixation de l'empreinte supérieure, la bien positionner, et la guider pendant le processus d'injection de la résine.

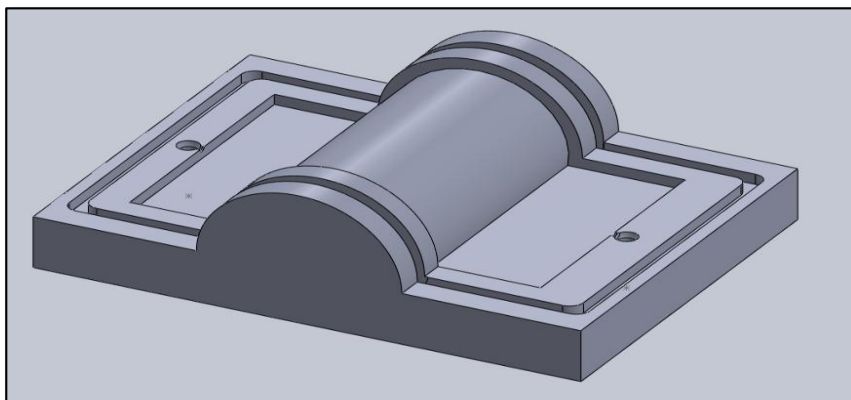
Dimension : 740x495x70 mm



**Figure II.7 : Porte empreinte supérieure**

#### **II.4.2.4. Empreinte supérieure**

C'est la partie mobile du moule qui sert à obtenir la forme intérieure de la pièce, elle est conçue pour un bon écoulement de la résine grâce au canal d'acheminement. Nous avons créé une rainure pour le montage de joint. Pour fixer cette pièce sur le porte-empreinte mobile, nous avons conçu des trous taraudés de référence M10. Sa conception est essentielle pour garantir la qualité et la précision de la pièce finale.

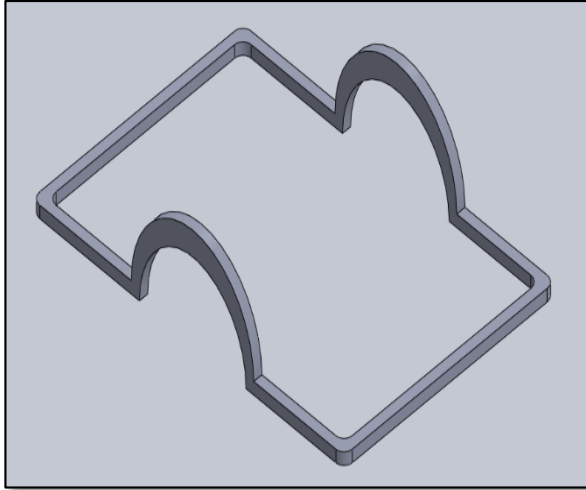


**Figure II.8 : Empreinte supérieure**

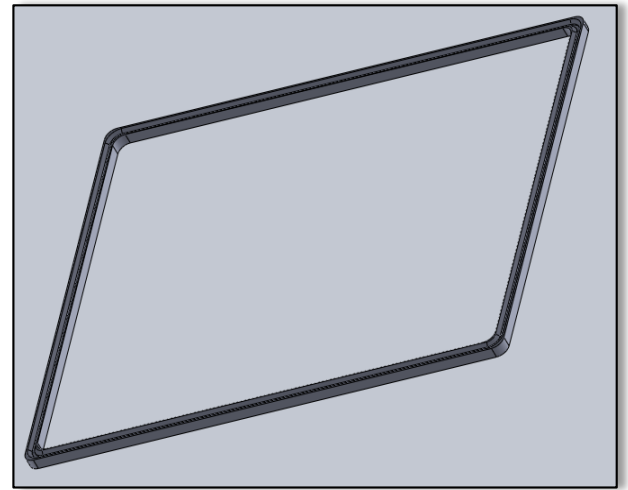
### **II.4.2.5. Etanchéité du moule**

Afin d'assurer la meilleure étanchéité possible, une approche à base d'un joint double a été utilisée.

Le joint extérieur facilite le contact entre les deux parties du moule, et le joint interne sert de barrière efficace pour empêcher les fuites de résine pendant l'injection, tout en facilitant le nettoyage.

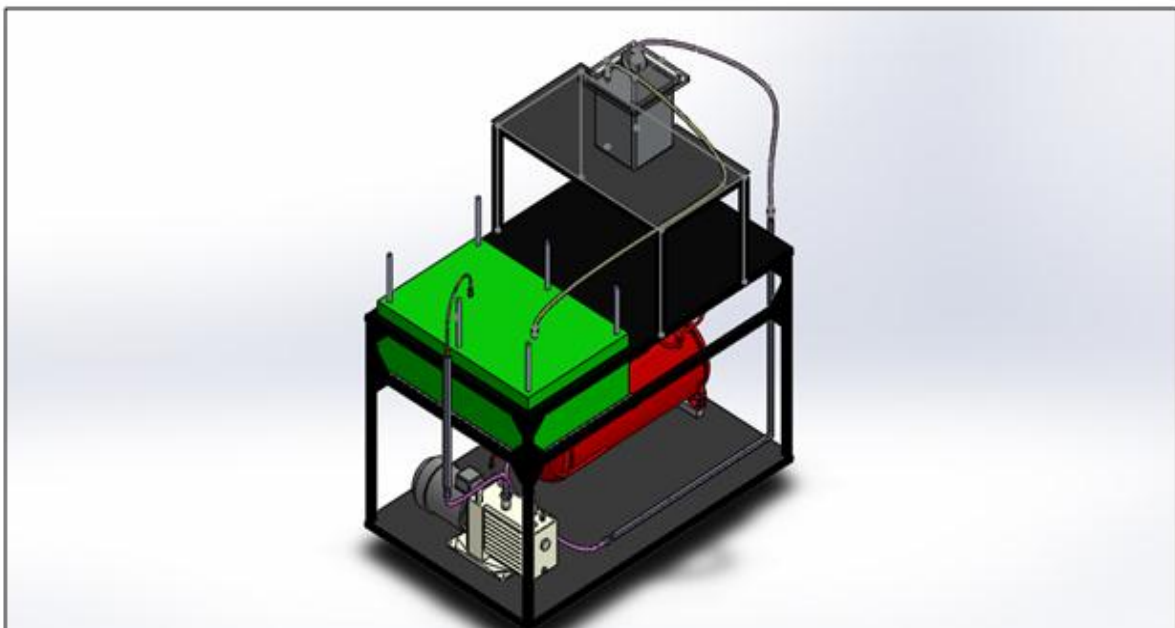


**Figure II.9 : Joint empreinte**



**Figure II.10 : Joint porte empreinte**

### **II.5. Assemblage finale de dispositif**



**Figure II.11 : assemblage finale de dispositif**

## **II.6. Conclusion**

Dans ce chapitre, nous avons examiné en détail les différentes étapes et processus nécessaires à la conception d'un moule RTM. Nous avons d'abord apporté des modifications au dispositif RTM existant. Ensuite, à l'aide du logiciel de conception assistée par ordinateur (CFAO) SolidWorks, nous avons modélisé et conçu les divers éléments du moule ainsi que le système d'injection.

# **Chapitre III :**

Réalisation d'un moule utilisé dans le procédé de Moulage par Transfer de Résine(RTM).

## Chapitre III : Réalisation d'un moule utilisé dans le procédé de Moulage par Transfer de Résine(RTM).

### III. Introduction

La réalisation d'un moule RTM (Resin Transfert Molding) est une étape cruciale pour obtenir un moule de qualité qui respecte les tolérances et les détails requis, nous commençons par modifier l'enceinte bâter, puis procéderont à la fabrication du moule en plusieurs pièces. Enfin nous détaillerons le principe de fonctionnement.

#### III.1. Matériaux pour la réalisation

Les tableaux suivants répertorient les différents matériaux et matériels consommables.

Eléments	Constituant	Désignation	Matériaux
Bâti	Ossature	Tube carré 25×25×2	Aciers non alliés
		Bois 3 plaques : 1300×800×10 mm 750×800×10 mm 800×400×10 mm	MDF
		Tôle 740×495×1mm	Acier
		Roue à bandage 40×50×60 mm	Polyamide
		10 kg de plâtre	Plâtre
	Empreinte Inferieure	Empreinte 300×400×82mm	Résine, Fibre de verre
	Porte empreinte Supérieure	Bois 2 plaques : 740×495×10 mm	MDF
		Vis	

### Chapitre III : Réalisation d'un moule utilisé dans le procédé de Moulage par Transfer de Résine(RTM).

Pompe à vide et circuit pneumatique		Colle à bois	
	Empreinte Supérieure	Un noyau 400×300×165 mm	Résine, Fibre de verre
	Tige de fixation	M10×300 mm	Acier galvanise
	Écrous de serrage	Écrous hexagonaux M10	Acier
	Pompe à vide	Compresseur FN 57 Q 12 G	
	Accumulateur de résine	Cocotte-minute 3L	Inox
	Flexible à gaz		
	Joint d'étanchéité		
	Tuyau d'eau	Tuyau 120 cm	Pvc
	Vanne quarte de tour	Vanne ACS d'arrêt àMM1" (26/34)	Laiton
	Adaptateur hydraulique	0,25 in, 26,5 mm Pression : 25 bars	Acier inoxydable

**Tableau III.1 : Matériaux pour la réalisation**

## Chapitre III : Réalisation d'un moule utilisé dans le procédé de Moulage par Transfer de Résine(RTM).

### III.2. La résine utilisée

La résine polyester est une résine fabriquée. Elle est composée à base de plusieurs produits chimiques tels que les diluants réactifs et les inhibiteurs de réaction.

Nous avons choisi cette résine en raison de son caractère polyvalent et économique. Elle est largement utilisée dans divers domaines pour ses propriétés durables et sa facilité d'application, ce qui en fait un matériau idéal pour nos besoins.



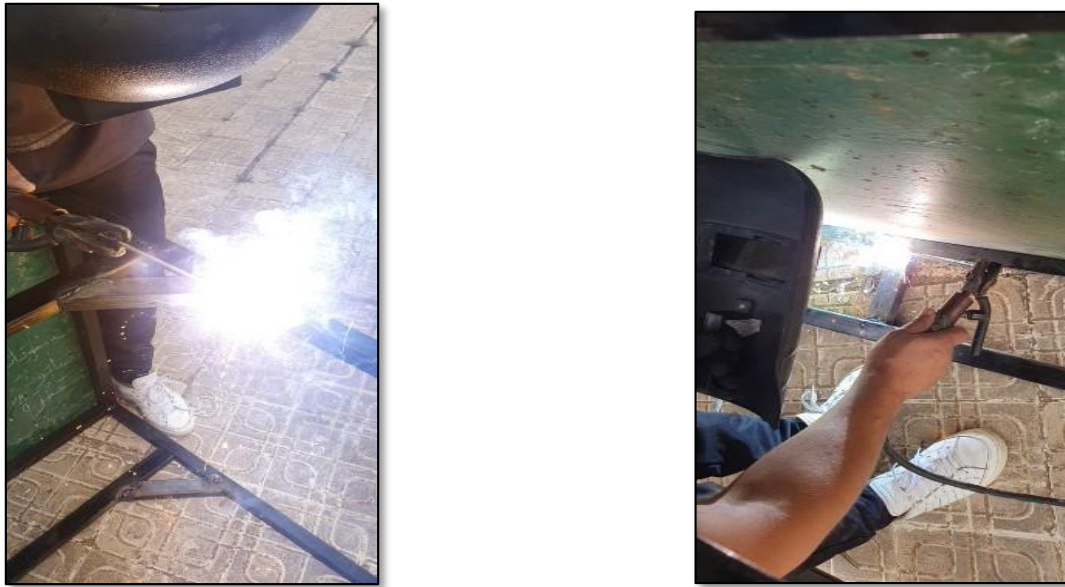
Figure III.1: Résine polyesters

### III.3. La réalisation d'un moule RTM

#### III.3.1. Fabrication de bâti

Nous avons utilisé des tubes carrés de dimension 30×30 mm en acier non alliés, et cornière de dimension 30×30 mm en acier de construction pour assembler ces tube nous avons utilisés la méthode de soudage à l'arc représenté dans les images ci-dessous.

### Chapitre III : Réalisation d'un moule utilisé dans le procédé de Moulage par Transfer de Résine(RTM).



**Figure III.2 : Soudage a l'arc des tubes en acier**

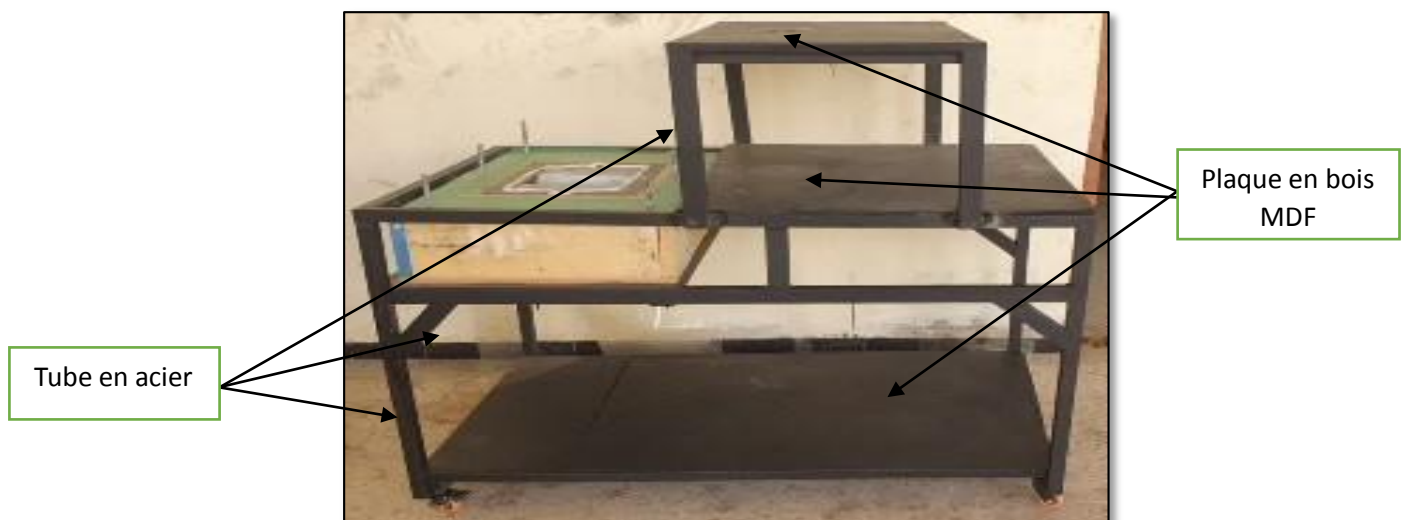
Et trois plaques en bois MDF de dimension :

- 1300×800×10 mm

- 750×80×10 mm

-860×520×10 mm

Fixés à l'aide des vis sur les tubes en acier



**Figure III.3 : Bâti**

## Chapitre III : Réalisation d'un moule utilisé dans le procédé de Moulage par Transfer de Résine(RTM).

### III.3.2. Fabrication de moule

Notre moule se constitue de deux empreintes (mâle et femelle) et porte-empreinte supérieure et inférieure.

#### III.3.2.1. Porte empreinte inférieure

Porte-empreinte inférieure de dimension 740×495×186 mm, avec un cadre assemblé par des plaques en bois MDF, avec une épaisseur de 20 mm à l'aide des vis, pour avoir une grande rigidité nous avons rempli l'intérieure avec 25 kilo de plâtre. Et à l'intérieure nous avons laissé un emplacement au milieu pour le montage de l'empreinte de 300\*400\*100 mm. Nous avons percé 6 trous à l'aide d'une miche de diamètre de 10 mm pour les tiges de fixation.

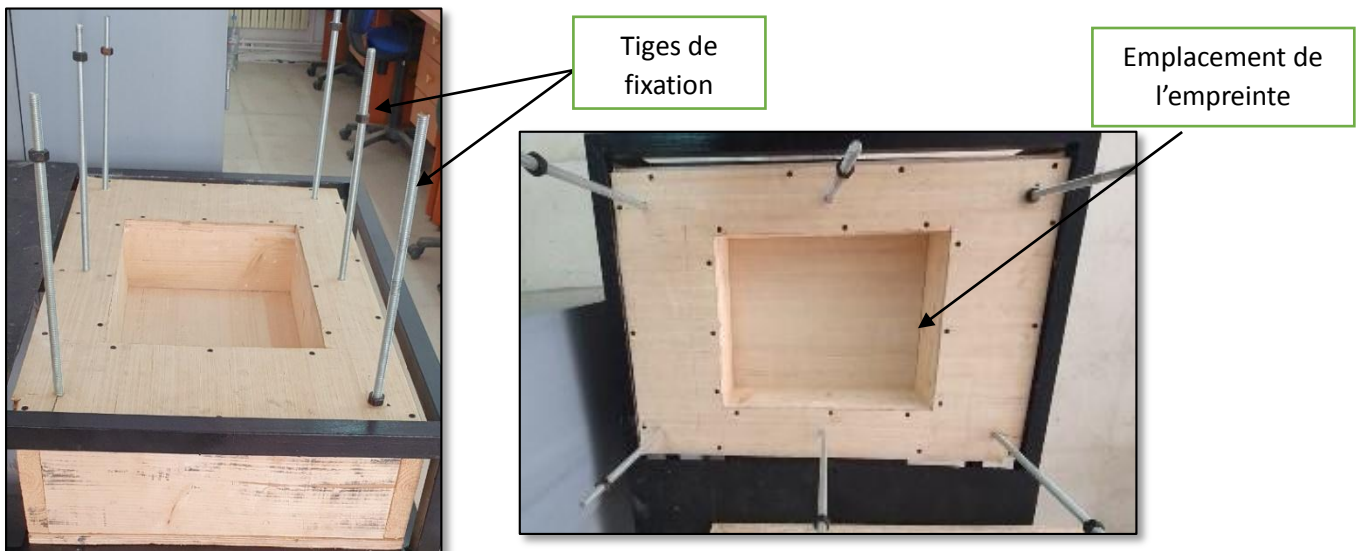


Figure III.4 : Empreinte inférieure

#### III.3.2.2. Porte empreinte supérieure

Fabriqué avec des plaques de bois MDF de dimension 740×495×10 mm collées par la colle à base vinyle / alcool polycyclique (SUPRACOL) renforcé par des vis.

## Chapitre III : Réalisation d'un moule utilisé dans le procédé de Moulage par Transfer de Résine(RTM).

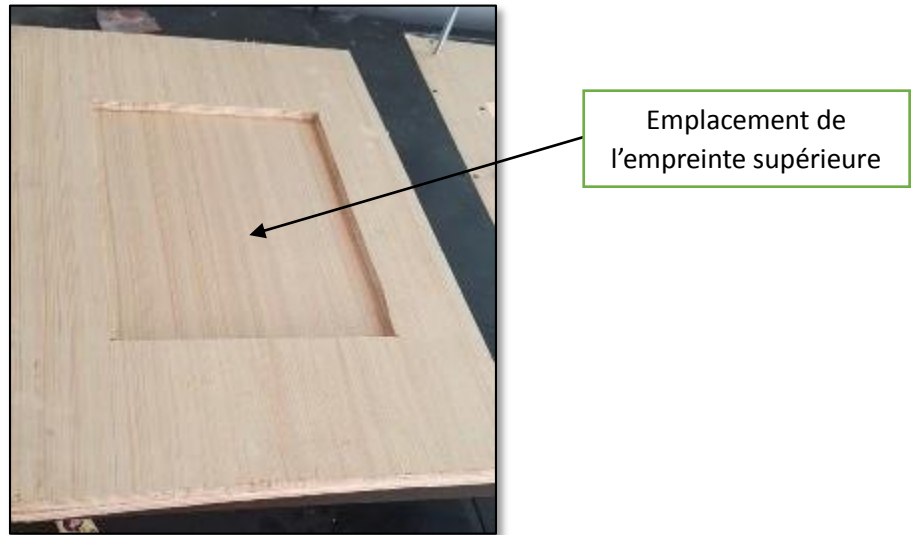


Figure III.5 : Porte-empainte supérieure

### III.3.2.3. Prototype de la pièce a réalisée

Après une longue recherche et une conception de plusieurs pièces, nous avons arrivé à choisir une forme complexe d'une pièce à réaliser, ensuite nous avons fabriqué cette pièce avec un tube en acier de diamètre 195 mm et une longueur de 200 mm et d'épaisseur de 5mm, puis nous avons coupé ce tube verticalement avec quelques modification nous avons réussi à obtenir la forme souhaitée, ensuite la surface de la pièce a été poncée pour obtenir une finition de qualité. Cela a donné le résultat suivant.

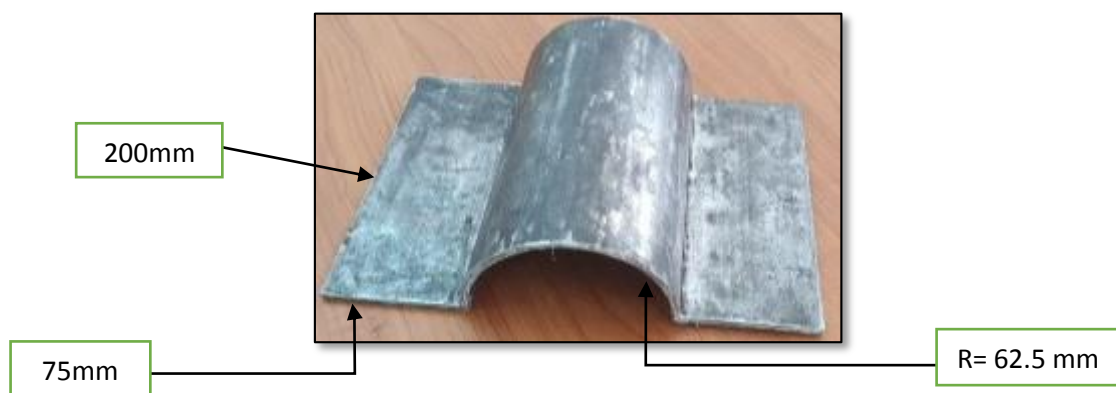


Figure III.6 : La pièce réalisée

## Chapitre III : Réalisation d'un moule utilisé dans le procédé de Moulage par Transfer de Résine(RTM).

### III.4. Empreinte inférieure

Après avoir pris plusieurs mesures de la pièce et la porte-empreinte inférieure, nous avons soigneusement aligné la pièce au centre, illustré dans la figure ci-dessous



Figure III.7 : Centrage de la pièce

#### III.4.1. Fabrication de l'empreinte inférieure

Pour cela nous avons utilisé la méthode de coulage, voici les différentes étapes que nous avons suivies.

##### III.4.1.1 Préparation des surfaces

###### III.4.1.1.1. Nettoyage

Nous avons nettoyé soigneusement la surface de la pièce en utilisant l'acétone. Pour être propre de toute sorte de poussière et de la rouille.



Figure III.8 : Nettoyage de la pièce

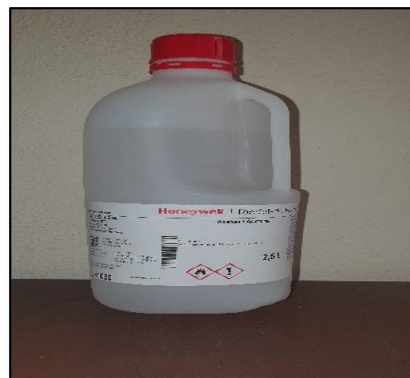


Figure III.9 : Acétone

## Chapitre III : Réalisation d'un moule utilisé dans le procédé de Moulage par Transfer de Résine(RTM).

### III.4.1.1.2. Application cire de démoulage

Nous avons appliqué la cire sur la surface de la pièce manuellement pour créer une couche protectrice qui empêche la pièce de se coller à l'empreinte. (Figure 10)



Figure III.10 : Application de cire sur la surface de pièce

### III.4.1.1.3. Montage

Après avoir effectué le centrage sur la porte-empreinte, nous avons fixé la pièce à l'aide de deux traverses et des vis, pour éviter toute sorte de décalage lors de l'écoulement.

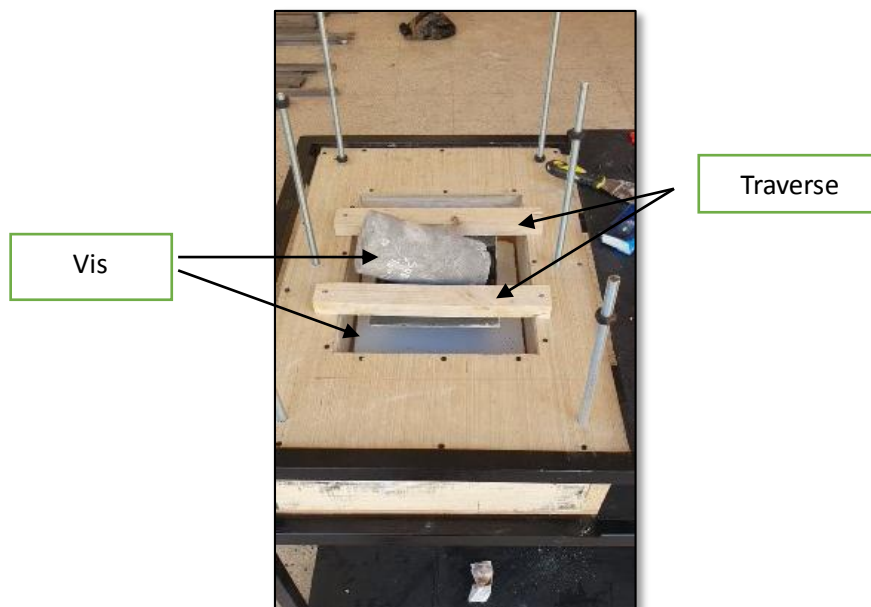


Figure III.11 : Fixation de la pièce

## Chapitre III : Réalisation d'un moule utilisé dans le procédé de Moulage par Transfer de Résine(RTM).

---

### III.4.1.2. Préparation de la résine polyester

#### III.4.1.2.1. Matériel utilisé

- 16 kg de résine polyester ;
- Catalyseur RP50 (durcisseur) ;
- Un bâtonnet pour mélanger ;
- Equipement de protection (gants, masque, lunette de sécurité) ;
- Un récipient propre (bidon) ;
- Fibre de verre.

#### III.4.1.2.2. Mélange de la résine

Pour cela il y'a des paramètres à suivre, pour 100g de résine de polyester on ajoute 1.5g de catalyseur RP50.

Dans notre cas nous avons mélangé 4 kg de résine polyester avec 60g de catalyseur RP50 dans un bidon propre, et un bâtonnet pour remuer le tout pendant 3 minutes jusqu'à l'obtention d'une texture uniforme.



**Figure III.12 : Mélange de la résine polyester avec le catalyseur RP50**

## Chapitre III : Réalisation d'un moule utilisé dans le procédé de Moulage par Transfer de Résine(RTM).

### III.4.1.3. Coulage de résine

Nous avons commencé par découper la fibre de verre à la dimension nécessaire, ensuite nous avons appliqué une première couche de résine, puis nous avons déposé délicatement la fibre de verre sur la surface recouverte de résine. On s'assure qu'elle est bien étalée, sans plis ni bulles d'air.

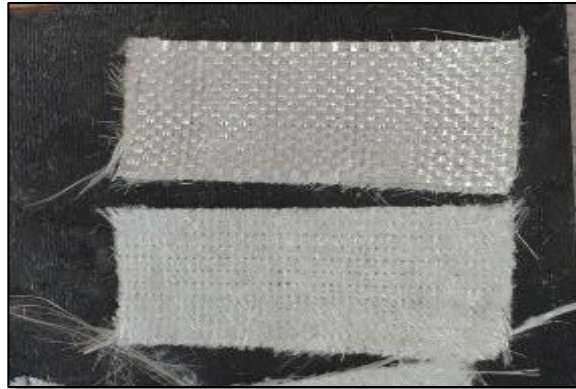


Figure III.13 : Fibre de verre

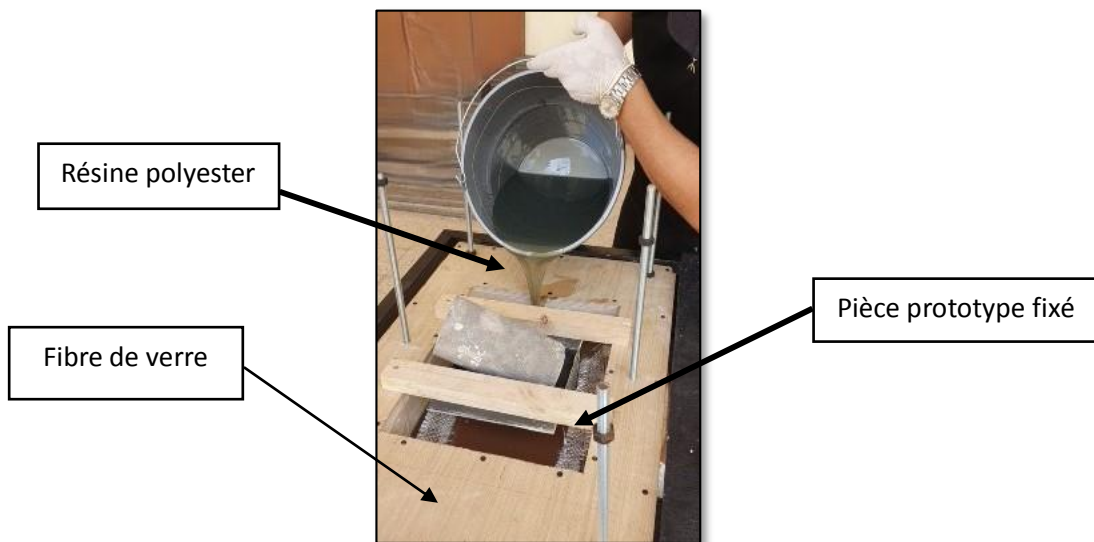


Figure III.14 : Coulage de résine

Nous avons répété cette étape 4 fois jusqu'à ce que le coulage complet de l'empreinte soit complètement rempli.

## Chapitre III : Réalisation d'un moule utilisé dans le procédé de Moulage par Transfer de Résine(RTM).

---

### III.4.1.4. Démoulage

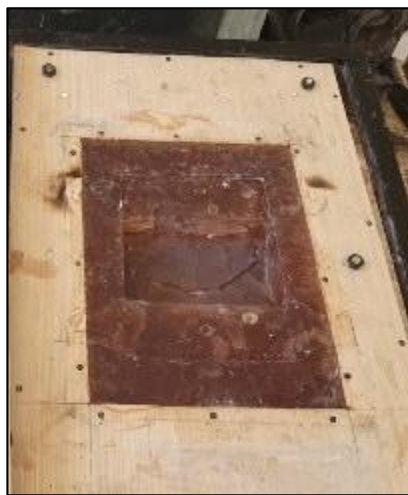
Après l'étape précédente nous avons laissé la résine sécher pendant 24 heures, ensuite nous avons démoulé la pièce



**Figure III.15 : Empreinte inférieure après le démoulage**

### III.4.1.5. Finition l'empreinte inférieure

Une fois la pièce est démoulée, nous avons constaté des défauts, pour cela nous avons poncé la surface pour lisser les irrégularités, puis nous avons appliqué une couche légère de résine pour corriger les imperfections.



**Figure III.16 : L'empreinte inférieure après le ponçage**

## Chapitre III : Réalisation d'un moule utilisé dans le procédé de Moulage par Transfer de Résine(RTM).

---

Pour avoir un état de surface parfaite pour la pièce finale, nous avons ajouté une tôle en aluminium sur l'empreinte.



Figure III.17 : Ajoute de la tôle

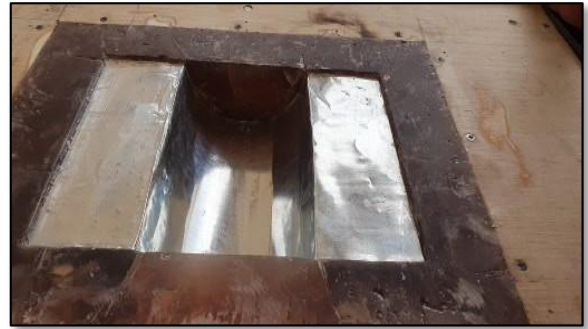


Figure III.18 : L'empreinte finale

### III.5. Empreinte supérieure

C'est la partie assemblée avec l'empreinte inférieure pour avoir un moule complet et fermé.

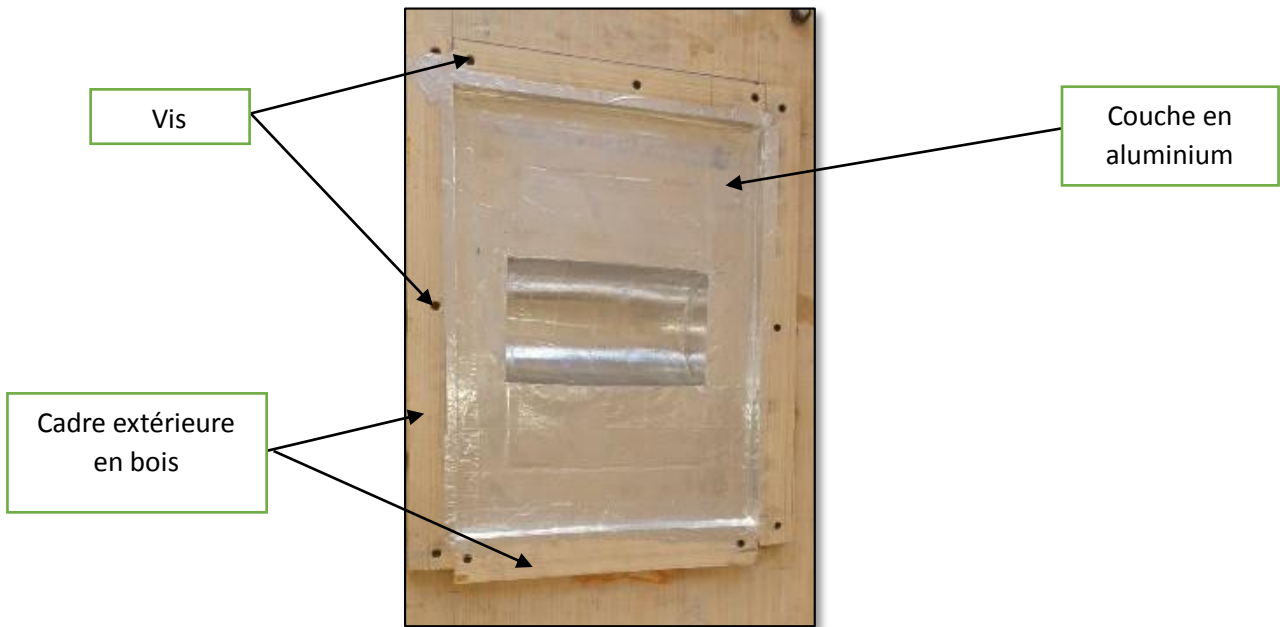
#### III.5.1. Fabrication de l'empreinte supérieure

Dans cette partie aussi nous avons utilisé la méthode de coulage de la partie supérieure de l'empreinte pour reproduire la forme intérieure de la pièce déjà présente sur l'empreinte inférieure. A cet effet nous avons commencé par avoir les dimensions nécessaires de l'emplacement de l'empreinte sur la porte-empreinte, ensuite nous avons calculé pour avoir le parfait soutrage.

Par la suite, nous avons couvert notre empreinte avec de l'aluminium fine pour éviter tout sorte de déformation, puis nous avons positionné le prototype de notre pièce afin d'avoir son épaisseur sur l'empreinte, puis nous avons encadré les limites extérieures par des plaque en bois fixé par des vis sur le porte-empreinte inférieure.

## Chapitre III : Réalisation d'un moule utilisé dans le procédé de Moulage par Transfer de Résine(RTM).

---



**Figure III.19 : Préparation du moulage de l'empreinte supérieure**

### III.5.1.1 Application de cire de démoulage

Après avoir préparé la surface de l'empreinte et le bien nettoyé, en utilisant un chiffon propre nous avons appliqué la pâte de cire sur toute la surface de l'empreinte.



**Figure III.20 : Application de cire de démoulage**

## Chapitre III : Réalisation d'un moule utilisé dans le procédé de Moulage par Transfer de Résine(RTM).

---

### III.5.1.2. Préparation de la résine polyester

#### III.5.1.2.1. Matériel utilisé

- 8 kg de résine polyester ;
- Catalyseur RP50 ;
- Un bâtonnet pour mélanger ;
- Equipement de protection (gants, masque, lunette de sécurité) ;
- Un récipient propre (bidon) ;
- Fibre de verre.

#### III.5.1.2.2. Mélange de la résine

Pour cela, nous avons utilisé les mêmes paramètres précédents, 100 g de résine pour 1,5 de catalyseur RP50 (durcisseur).

Après avoir enfilé les équipements de protection, nous avons découpé la fibre de verre, et nous avons mélangé 6 kg de résine pour 90g de catalyseur RP50 pendant 3 à 4 minutes, répartissant le mélange en plusieurs portion.



**Figure III.21 : Fabrication empreinte supérieure**

## Chapitre III : Réalisation d'un moule utilisé dans le procédé de Moulage par Transfer de Résine(RTM).

---

### III.5.1.3. Démoulage Empreinte supérieure

Après le temps de séchage de la résine, nous procédons délicatement au démoulage de l'empreinte supérieure.



Figure III.22 : Démoules empreinte supérieure

### III.5.1.4. Finition l'empreinte supérieure

Une fois l'empreinte supérieure est démoulée, nous effectuons les finitions en polissant les surfaces et en inspectant minutieusement l'empreinte pour garantir une qualité optimale et une précision des détails.



Figure III.23 : Empreinte supérieure finale

## Chapitre III : Réalisation d'un moule utilisé dans le procédé de Moulage par Transfer de Résine(RTM).

### III.5.2. Placement de l'empreinte sur la porte empreinte

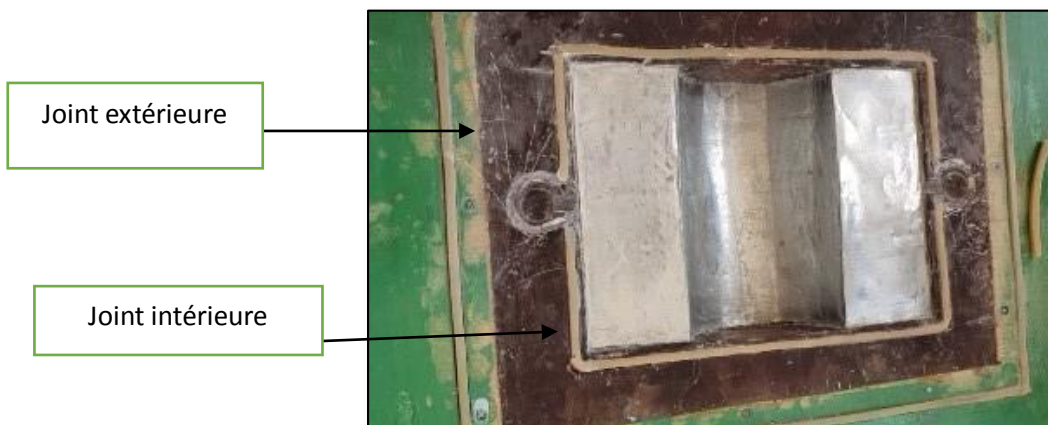
Pour cela nous avons utilisé des vis M8 telle que le montre la **Figure 24**.



**Figure III.24 : Placement de l'empreinte sur la porte-empreinte**

### III.6. Joint d'étanchéité

Pour assurer l'étanchéité de notre moule RTM, nous appliquons deux joints placés directement sur la partie inférieure en utilisant une colle résistible à la chaleur, pour cela nous avons réalisé des rainures, une sur le porte-empreinte et l'autre sur l'empreinte inférieure, pour éviter toute fuite pendant l'injection de la résine, et garantissant ainsi un moulage homogène et sans défauts.



**Figure III.25 : Réalisation de la rainure de joint**

## Chapitre III : Réalisation d'un moule utilisé dans le procédé de Moulage par Transfer de Résine(RTM).

---

### III.7. La pompe à vide

Une pompe à vide est un type de pompe permettant de faire le vide, c'est –à-dire d'extraire l'air ou d'autres gaz d'un espace fermé, créant ainsi un vide partiel ou total, afin d'en diminuer la pression.



Figure III.26: Pompe à vide

#### III.7.1. Principe de la pompe à vide

- **Aspiration des gaz**

La pompe commence par aspirer les molécules de gaz (ou d'air) à l'intérieur de l'enceinte qu'on souhaite évacuer, Cela se fait par le biais de composants mécaniques comme des pistons ou des pales.

- **Compression ou transport des gaz**

Les gaz aspirés sont ensuite transportés ou comprimés à l'intérieur de la pompe. Certaines pompes compressent les gaz en les poussant dans une chambre plus petite, tandis que d'autres les déplacent directement hors de l'enceinte.

## **Chapitre III : Réalisation d'un moule utilisé dans le procédé de Moulage par Transfer de Résine(RTM).**

---

- **Évacuation des gaz**

Une fois comprimés ou transportés, les gaz sont évacués à l'extérieur de la pompe, généralement vers l'atmosphère, Cela permet de maintenir une faible pression à l'intérieur de l'enceinte à évacuer.

### **III.7.2. Caractéristiques**

1. Haute vitesse de vide, elle peut être inférieure à 0,5 bar ;
2. Vitesse de dégonflage élevé ;
3. Faible bruit pendant le travail, inférieur à 67dB ;
4. Structure fiable pour prévenir le contournement de l'huile ;
5. Forte capacité de dégonfler la vapeur ;
6. En maintenant la pression d'entrée d'air à  $1,33 \times 10^3 \text{Pa}$ , il peut toujours fonctionner ;
7. Protection de l'environnement; un clarificateur de brouillard d'huile est mis sous vide et il n'y a pas de brouillard d'huile dans l'air d'échappement ;
8. Structure étroite, conception scientifique et raisonnable, et facile à installer dans le système de l'industrie.

### **III.8. Le circuit pneumatique**

- Le circuit pneumatique est constitué de Trois (03) flexibles à gaz et de deux vannes d'arrêt.
- Le premier flexible Ø21mm relie le compresseur au réservoir résine.
- Le deuxième relie le réservoir au moule avec une vanne d'arrêt monté sur le réservoir.
- Le dernier relie la vanne sur la pompe à vide vers le moule.
- L'étanchéité est assurée par des joints en plastique et du téflon.

### **III.9. Compresseur**

Le compresseur est un élément clé dans notre processus de fabrication, assurant l'application de la pression nécessaire pour injecter la résine dans le moule. Pour cela nous avons utilisé un compresseur avec des capacités :

## Chapitre III : Réalisation d'un moule utilisé dans le procédé de Moulage par Transfer de Résine(RTM).

---

Vitesse : 1450 r / min

Volume : 50 litres.

Capacité : 110 L / min.

Puissance: 600 W

Voltage: 220 V / 50 Hz

Pression: 0, 8 MPA.



Figure III.27 : Compresseur utilise

### III.9.1. Les fonctions principales

**1. Injection de Résine :** Le compresseur fournit la pression nécessaire pour pousser la résine à travers les canaux du moule et assurer une distribution uniforme dans toutes les cavités.

**2.Évacuation de l'Air :** Avant l'injection de la résine, le compresseur aide à évacuer l'air du moule pour éviter la formation de bulles et garantir une bonne qualité de la pièce finie.

**3. Contrôle de la Pression :** Le compresseur régule la pression à laquelle la résine est injectée, ce qui est essentiel pour éviter les défauts de moulage et obtenir une résistance optimale du produit finale.

### **III.10. Réservoir**

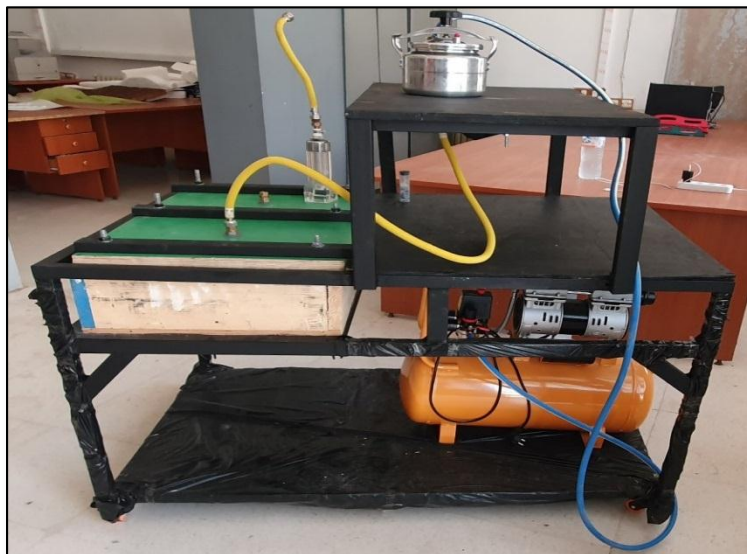
Le réservoir de résine est un composant crucial dans notre processus, il sert à stocker la résine avant son injection dans le moule, Il est connecté au compresseur et au moule à l'aide des flexibles de gaz pour assurer que la résine est injectée sous la bonne pression.



**Figure III.28 : Réservoir de résine**

### **III.11. L'assemblage final de notre moule et dispositif RTM**

Voici la configuration finale de notre machine.



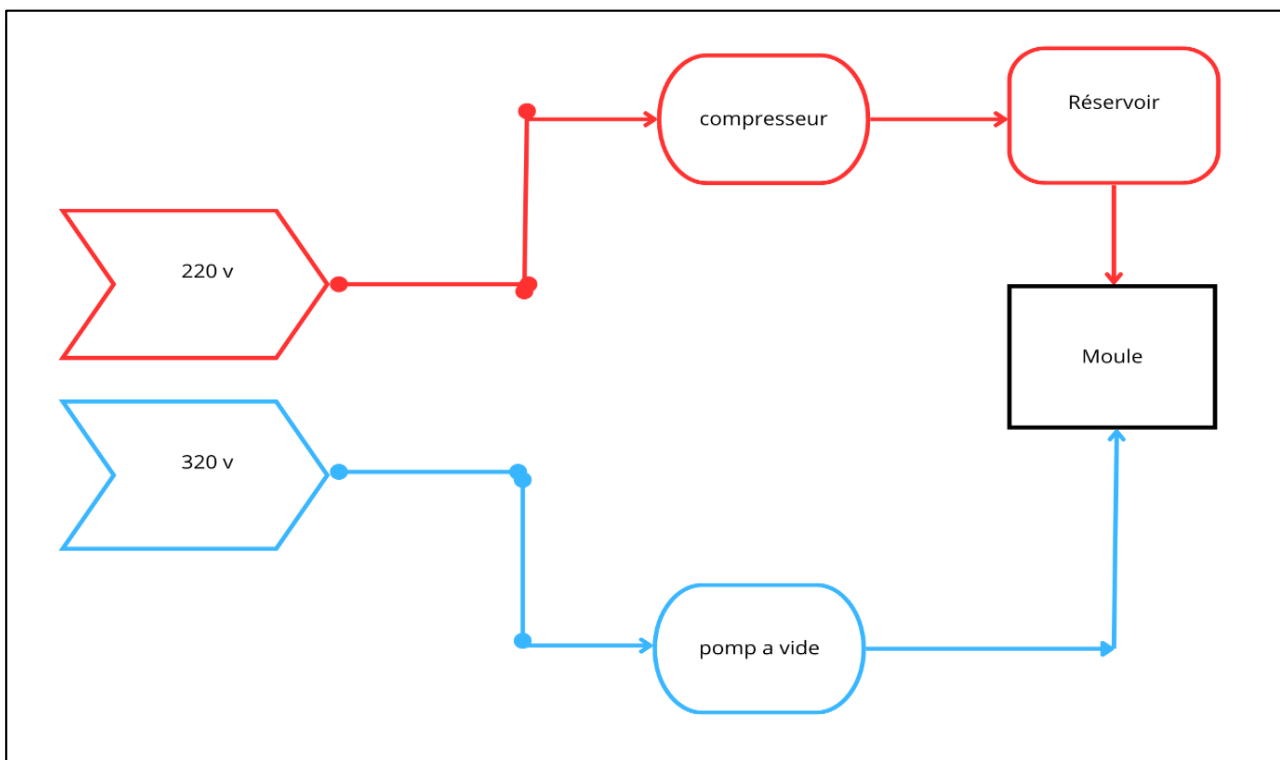
**Figure III.29 : Photo réelle de notre machine**

### **III.12. Principe de fonctionnement de notre machine (RTM)**

Notre dispositif RTM (Resin Transfert Molding) fonctionne en moulant des pièces composites, cela par injection de résine dans le moule qui contient des renforts en fibre de verre. Il se compose de Cinq parties essentielles : le bâti, le compresseur, le réservoir, le moule, et la pompe à vide.

Le processus commence par la préparation de moule (le moule supérieure et inférieure), en le nettoyant et mettant l'agent de démoulages (la cire), pour faciliter le retrait de la pièce finit. et coupe la fibre de verre soulant la démentions de la pièce, est la placer directement sur dans notre moule. Ensuite on met la partie mobile de moule (moule inférieure), à l'aide des tiges et des écrous pour s'assurer qu'il est bien fermé. Par suite on prépare la quantité de la résine et le catalyseur RP50 nécessaire, et on la verse dans le réservoir de notre moule. Apres en injecte sous pression la résine dans le moule à l'aide de compresseur, au même temps la pompe a vidé aspire Lair dans le moule, pour éviter tout forme de déformation et assurent le remplissage complet de notre pièces finale. Une fois le durcissement de la résine la pièce est démoulé.

#### **III.12.1. Schéma de fonctionnement de la machine**



**Figure III.30 : Schéma de fonctionnement de la machine**

### **III.13. Conclusion**

En conclusion, ce chapitre présente de manière détaillée les étapes de la fabrication d'un moule RTM, ainsi que les matériaux utilisés. Du choix des matériaux comme l'acier, le bois MDF et la résine, à la fabrication des différents éléments tels que le bâti, les empreintes et le prototype de la pièce, chaque étape a été décrite avec précision. L'ensemble des procédures, y compris la préparation des surfaces, le nettoyage, et l'application de la cire de démoulage, démontre un processus minutieux visant à garantir une finition de qualité et un résultat conforme aux attentes.

# *Conclusion générale*

### Conclusion générale

Ce travail a permis d'étudier en détail la conception et la réalisation d'un moule pour le procédé de Moulage par Transfert de Résine (RTM), une technologie de plus en plus utilisée dans les industries nécessitant des matériaux composites de haute performance. À travers une approche méthodique, nous avons exploré les différentes étapes de la fabrication d'un moule RTM, en commençant par la conception assistée par ordinateur jusqu'à la réalisation concrète du dispositif.

Les matériaux composites, grâce à leur légèreté, leur robustesse et leur résistance, sont devenus indispensables dans des secteurs comme l'aéronautique, l'automobile et la construction. Le procédé RTM offre une solution avantageuse pour la fabrication de pièces complexes, tout en assurant une qualité optimale et un rendement élevé. Cependant, en raison du manque de moyens et du temps alloué à ce projet, il n'a pas été possible de réaliser des essais pratiques avec le moule fabriqué.

Bien que la conception et la fabrication du moule aient été menées à bien, l'absence de tests sur le procédé final reste à faire avant de valider ce type de moule. Des essais futurs seront nécessaires pour évaluer la résistance du moule et identifier d'éventuelles faiblesses, telles que des fissures ou des déformations sous pression, afin d'affiner le design et les matériaux utilisés.

En conclusion, le travail accompli démontre la faisabilité du projet et offre une base solide pour des travaux futurs. Des ajustements seront certainement nécessaires une fois les tests réalisés, afin d'optimiser le moule et d'assurer sa durabilité.

# *Bibliographie*

### Références bibliographiques

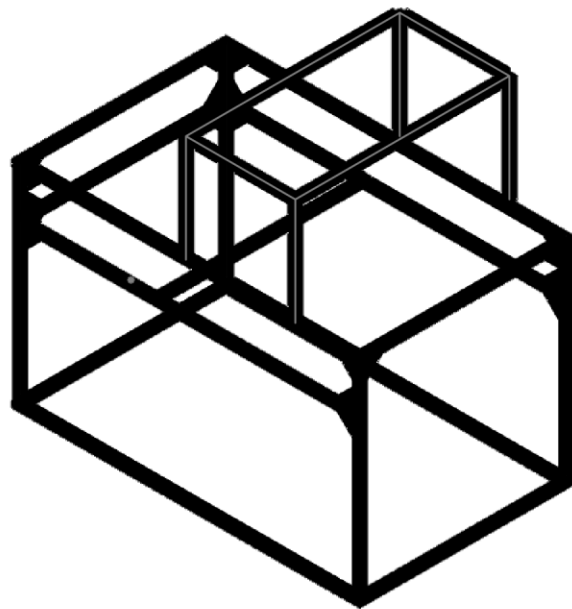
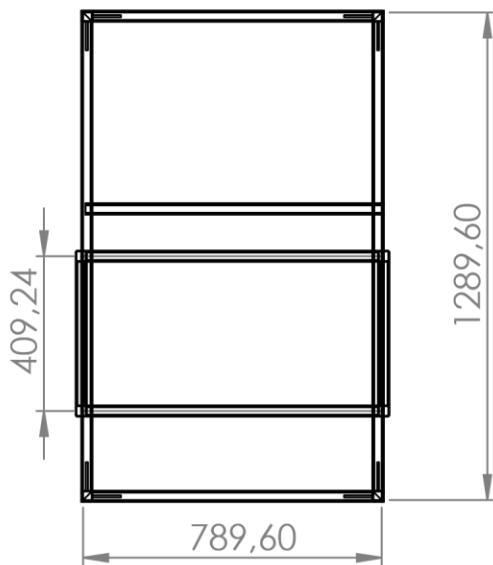
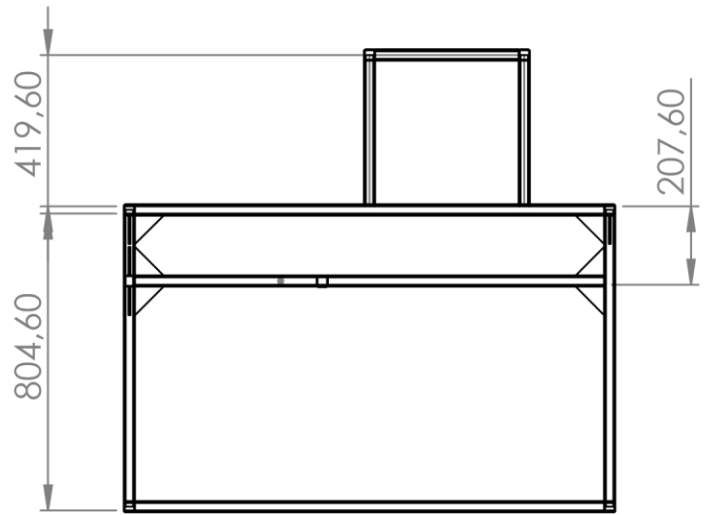
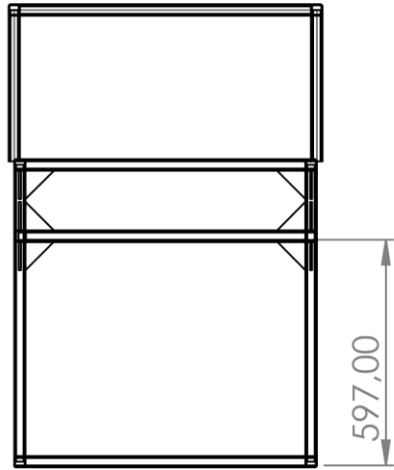
- [1] Pierre JACQUINET, « Utilisation des matériaux composites », Edition HERMES, Paris 1991.
- [2] Jean-Marie Berthelot, « Matériaux composites, comportement mécanique et analyse des structures », 4<sup>ème</sup> édition, TEC & DOC, Le Mans avril 2005
- [3] Toumi wafa, « optimisation de la configuration des tubes en matériaux composite sous pression ». Mémoire de master l'université Mohamed Khider de Biskra Faculté des sciences et de la technologie Département de Génie Mécanique ; 2018/2019
- [3] Ramdani Fateh, « Influence de l'ajout de la sciure de bois sur les comportements mécaniques d'un composite Résine polyester / Fibre de verre », Mémoire de master l'université MOULOUD MAMMERI - TIZI-OUZOU ; 2022/2023
- [5] TADJEDIT Samir, « Optimisation par un algorithme génétique de l'endommagement de l'interface fibre/ matrice d'un nano composite graphite – époxy », Mémoire de magister, Université des Sciences et de la Technologie Mohamed Boudiaf – Oran ; 2013/2014.
- [6] Jean Marie. Berthelot, Matériaux composites « comportement mécanique et analyse des Structures », édition TEC et DOC, 1999
- [7] Maurice Reyne, « technologie des composites » édition HERMES, clamecy, octobre 1990
- [8] Claude Bathias et coll, « Matériaux composites » 2<sup>ème</sup> édition, L'usine nouvelle, DUNOD, Saint-Just-la-pendue mai 2009
- [9] Li, S. and Gauvin, R., « Numerical Analysis of the Resin Flow Transfert Molding ». Journal of Rienforced Plastics and Composites, Vol.10, 1991, pp.314-327.
- [10] Advani SG. Flow and rheology in polymer composites manufacturing, Composite Materials Series. Amsterdam: Elsevier; 1994
- [11] BROUKHOUSE, P. (1998). New Design RTM Machine for Ford Transit Van Precision Toolmaker, Vol.16, No.1, P 10. 0264-4703
- [12] COUCHOIS, J.J.-P. (1997). RTM Process. JP cauchois, Edition Syntech.
- [13] POTTER,k. (1997). Resin transfer moulding, chapman & Hall, London, New York.

## Bibliographie

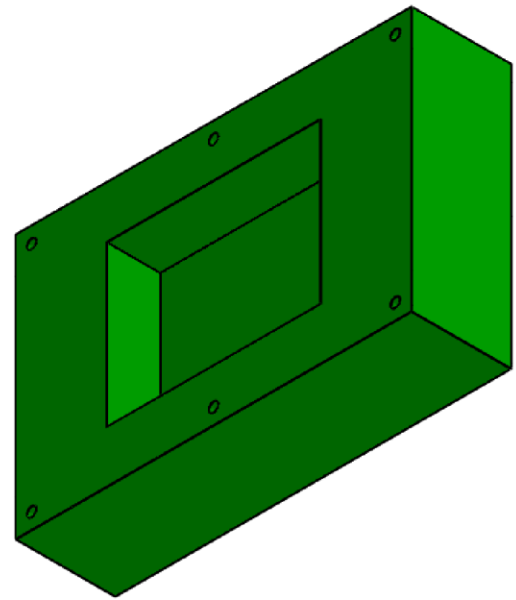
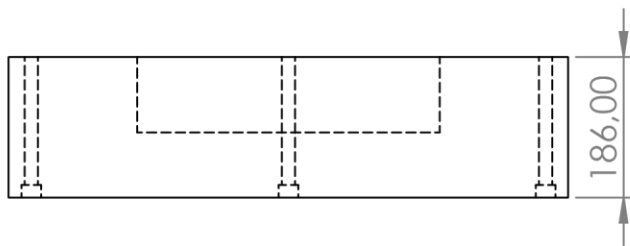
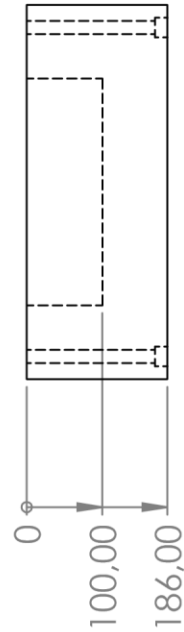
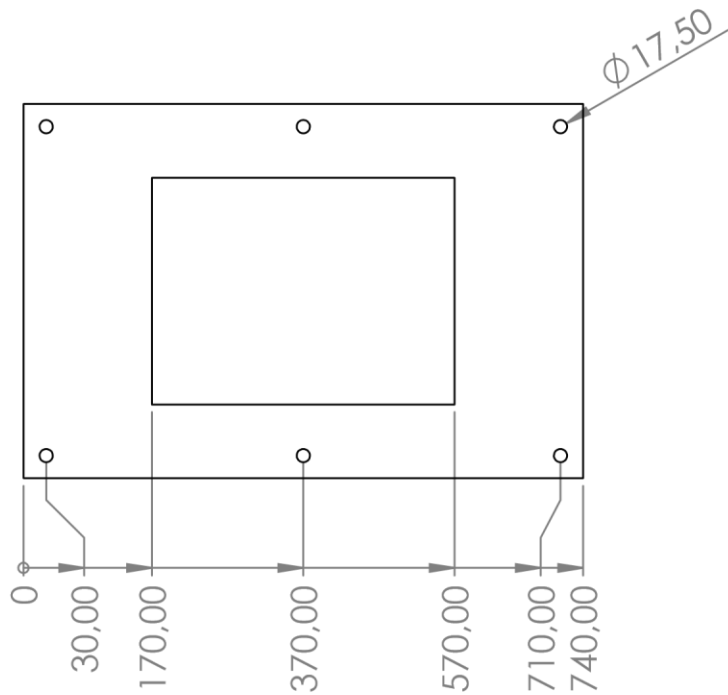
---

[14] LOTHAR R. BRIONES, <<Injection flexible dans moule isotherme conception et analyse d'un nouveau procédé de fabrication>>, université de MOREAL MARS 2005

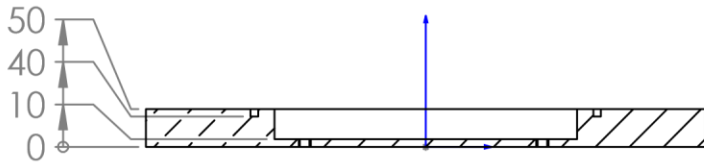
*Mises en plan*



	01	bati	acier	
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/20		Etude , conception et réalisation d'un moule pour composite utilise dans le procédé de moulage par Transfer de résine ( RTM ) .	Etat de surface	
Planche N°:			$Ra = \sqrt{\quad}$	
		KACI AZZEDINE - CHAIBI HAMID	Promo : 2023/2024	
A4			FGC DGM UMMTO	MASTER II

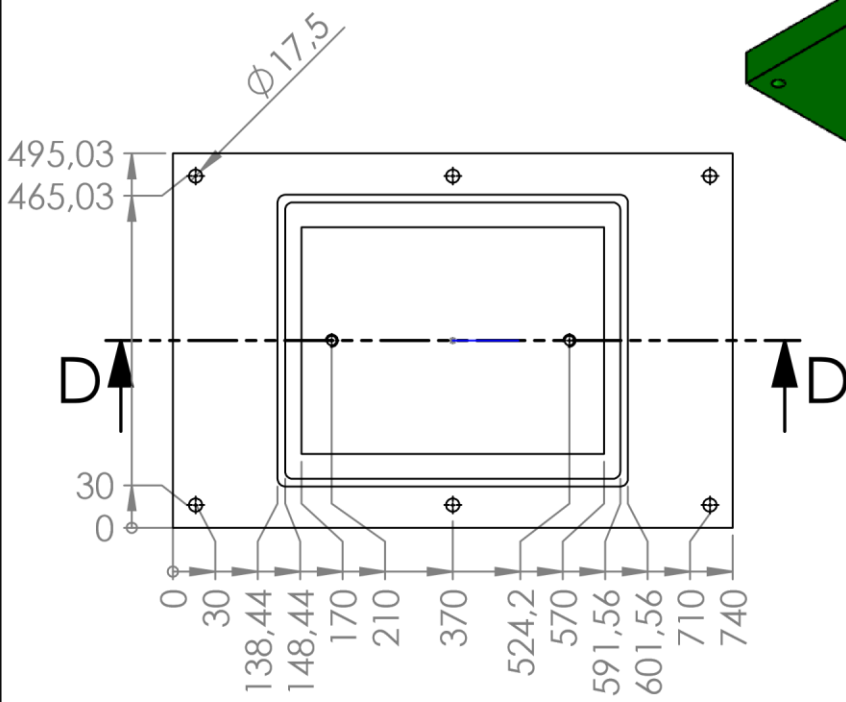
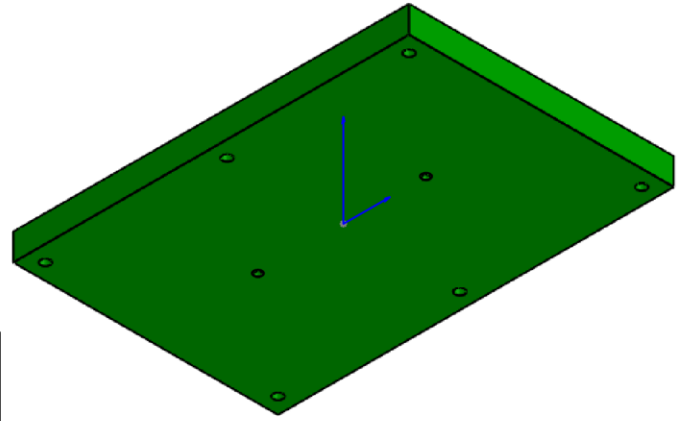


	01	porte empreinte fixe	BOIS	
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/20		Etude , conception et réalisation d'un moule pour composite utilise dans le procédé de moulage par Transfer de résine ( RTM ).		Etat de surface $Ra = \sqrt{\quad}$
Planche N°:				
		KACI AZZEDINE - CHAIBI HAMID		Promo : 2023/2024
A4			FGC DGM UMMTO	MASTER II

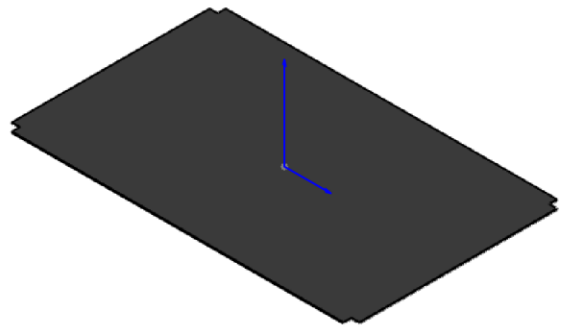
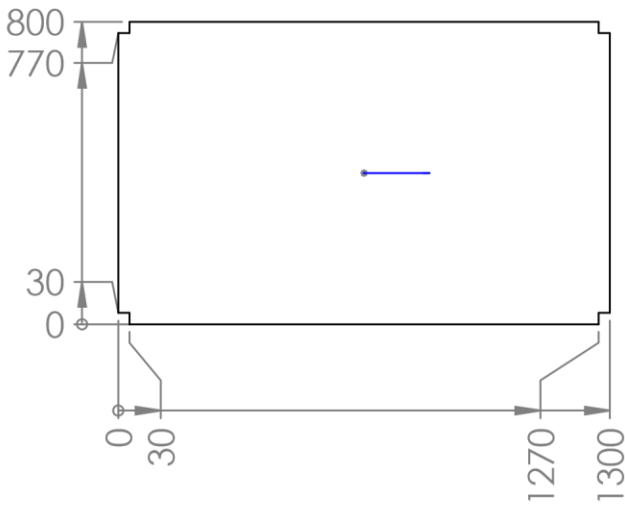
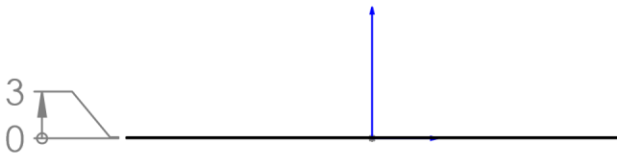


# COUPE D-D

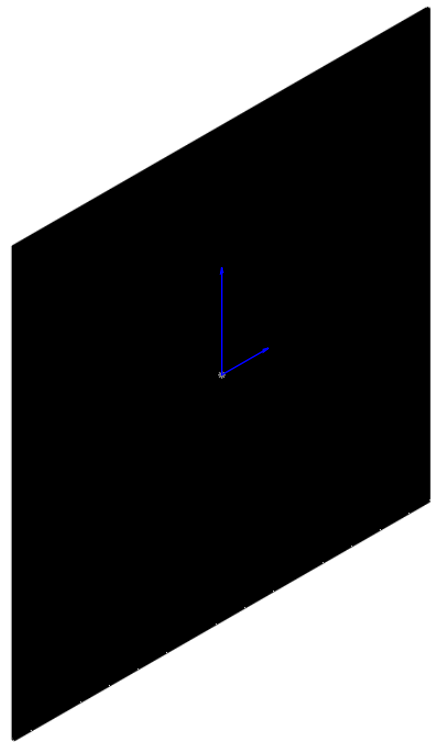
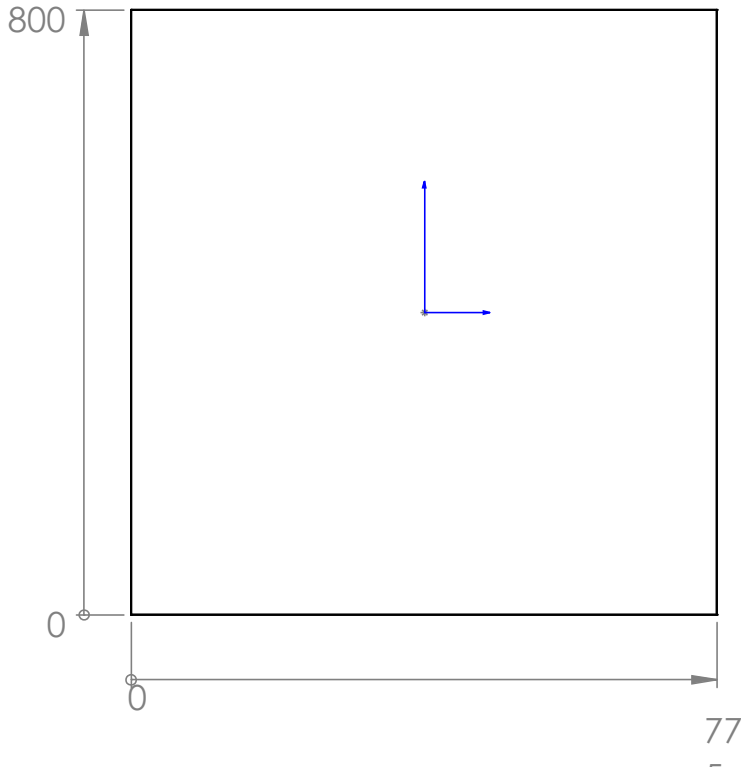
ECHELLE 1 : 10




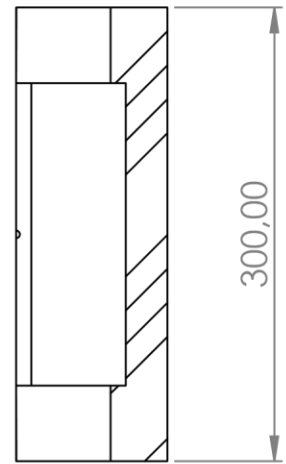
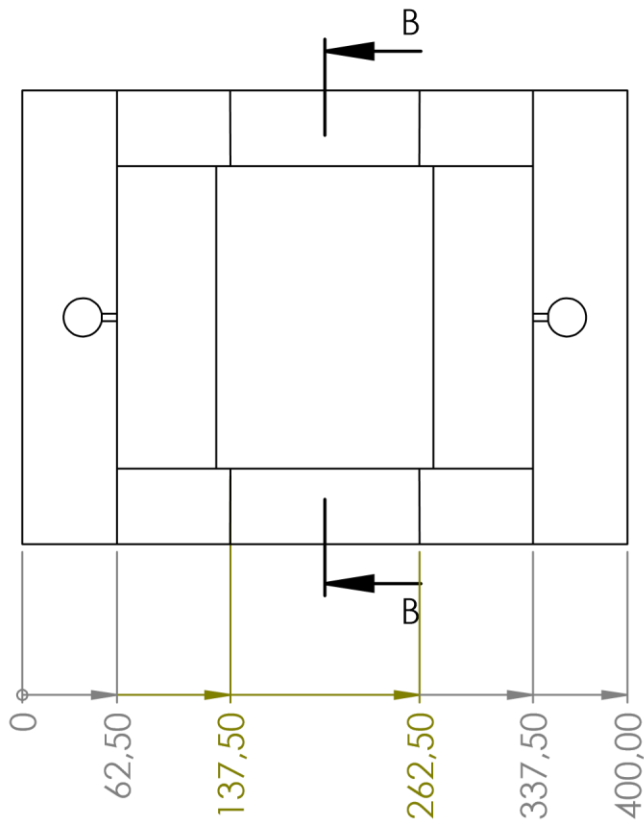
	01	Porte-empainte mobile	bois	
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1/10		Etude , conception et réalisation d'un moule pour composite utilise dans le procédé de moulage par Transfer de résine ( RTM ) .		Etat de surface
Planche N°:				$Ra = \sqrt{\quad}$
		KACI AZZEDINE - CHAIBI HAMID		Promo : 2023/2024
A4			FGC DGM UMMTO	MASTER II



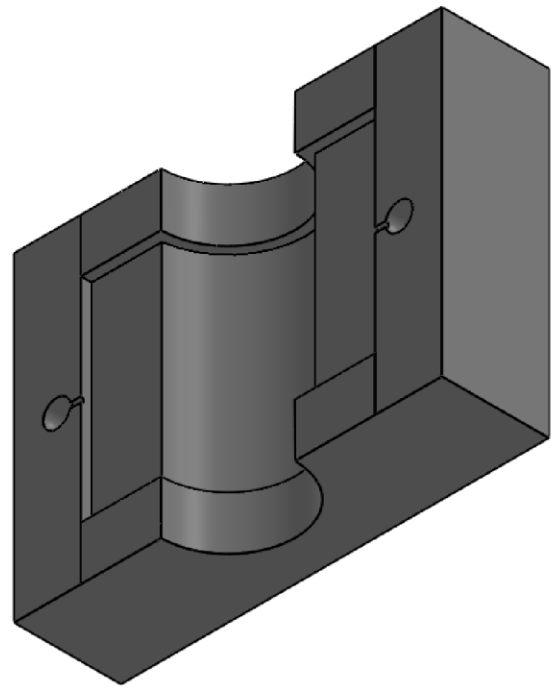
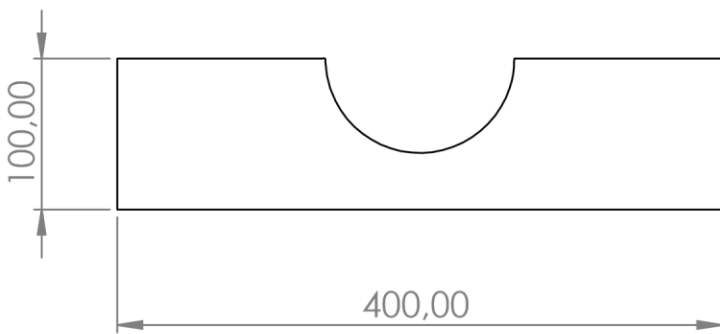
	01	CACHE 02	ACIER	
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1/20		Etude , conception et réalisation d'un moule pour composite utilise dans le procédé de moulage par Transfer de résine ( RTM ) .		Etat de surface
Planche N°:				$Ra = \sqrt{\quad}$
		KACI AZZEDINE - CHAIBI HAMID		Promo : 2023/2024
A4				MASTER II





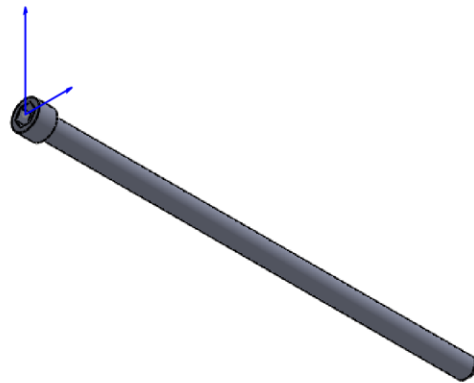
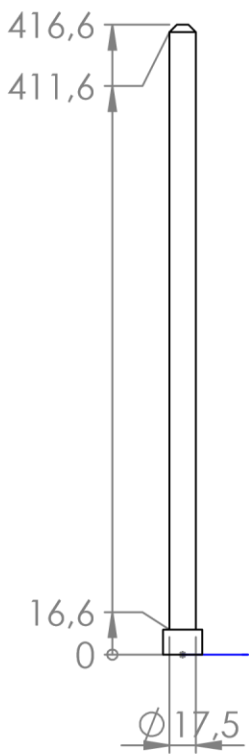
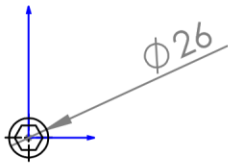
	01	CACHE 03	Acier	
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
<b>Echelle: 1/10</b>		<b>Etude, conception et réalisation d'un moule pour Composite utilise dans le procédé de moulage par Transfer de résine (RTM).</b>	<b>Etat de surface</b>	
<b>Planche N°:</b>			<b>Ra = /</b>	
		<b>KACI AZZEDINE - CHAIBI HAMID</b>	<b>Promo : 2023/2024</b>	
<b>A4</b>		 <b>FGC DGM UMMTO</b>	<b>MASTER II</b>	



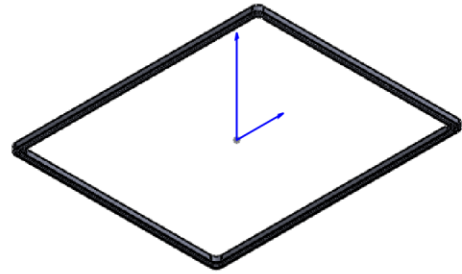
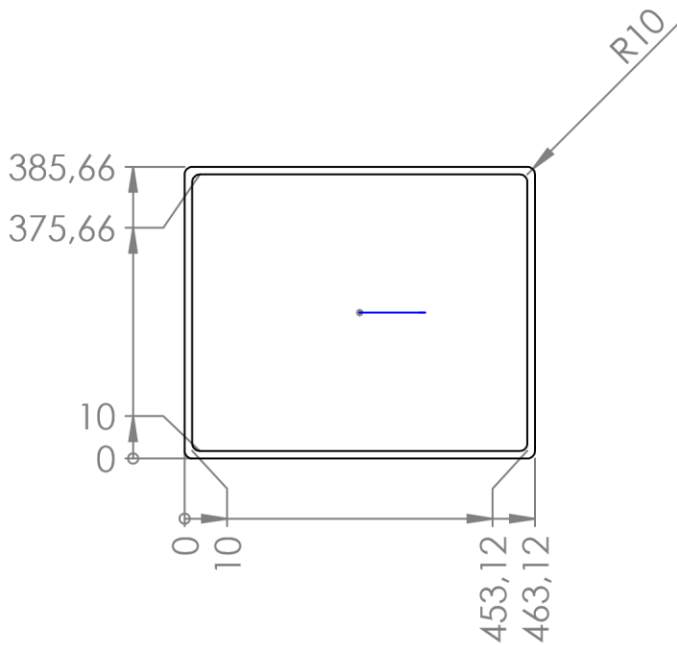
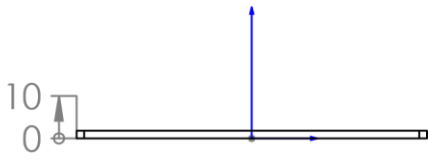
COUPE B-B



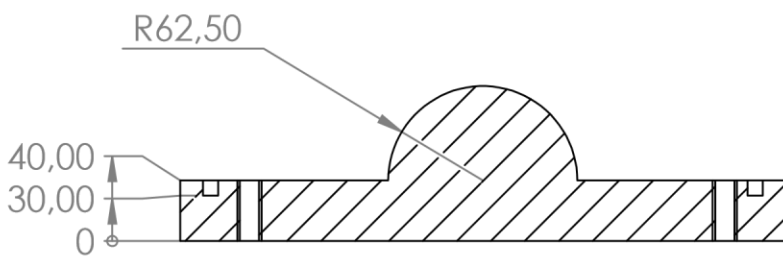
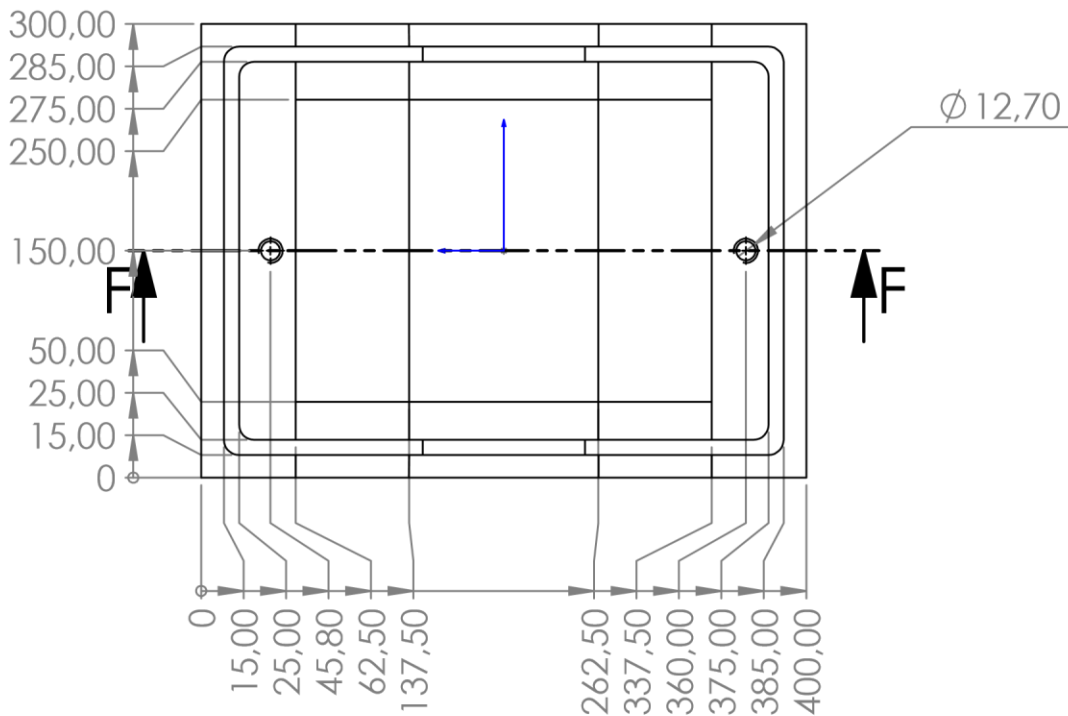
	1	empreinte fixe	resine	
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/ 5		Etude , conception et réalisation d'un moule pour composite utilise dans le procédé de moulage par Transfer de résine ( RTM ) .		Etat de surface $Ra = \sqrt{\quad}$
Planche N°:				
		KACI AZZEDINE - CHAIBI HAMID		Promo : 2023/2024
A4		 <b>FGC DGM UMMTO</b>		MASTER II



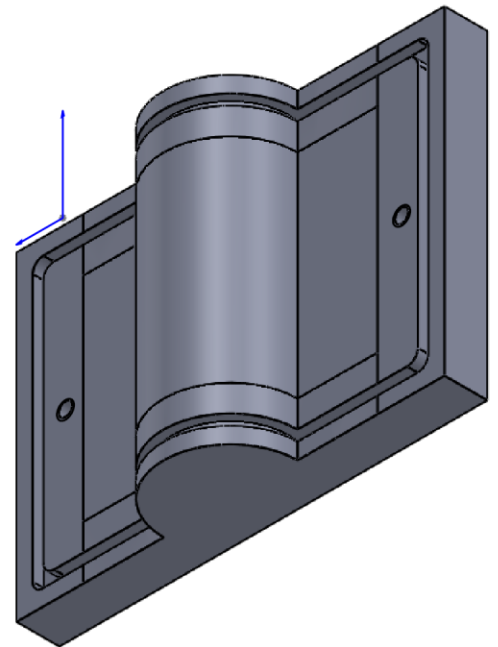
	01	tige de fixation	acier	
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/5		Etude , conception et réalisation d'un moule pour composite utilise dans le procédé de moulage par Transfer de résine ( RTM ) .	Etat de surface	
Planche N°:			$Ra = \sqrt{\quad}$	
		KACI AZZEDINE - CHAIBI HAMID	Promo : 2023/2024	
A4			FGC DGM UMMTO	MASTER II



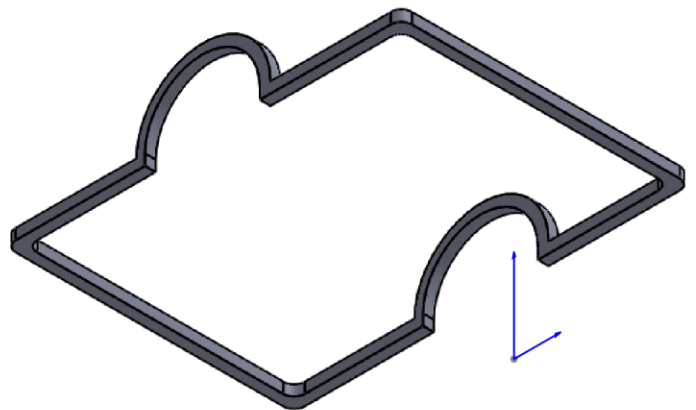
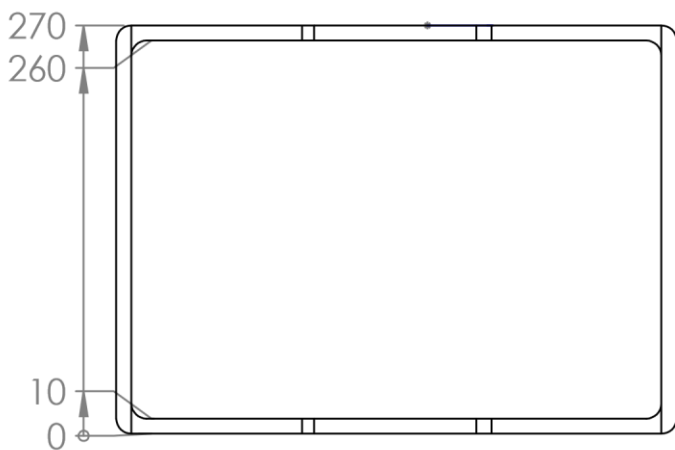
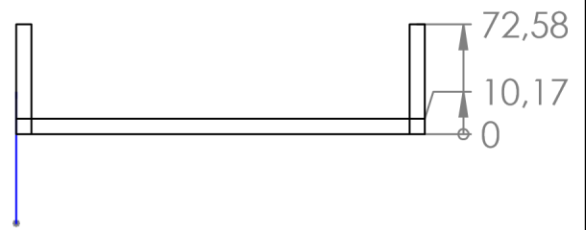
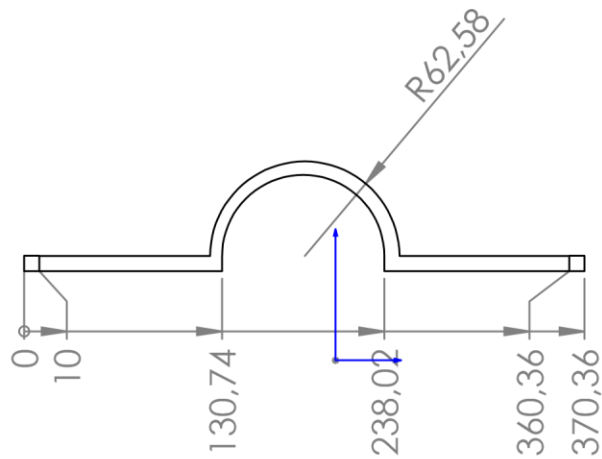
	01	joint porte empreinte	silicone	
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/10		Etude , conception et réalisation d'un moule pour composite utilise dans le procédé de moulage par Transfer de résine ( RTM ) .	Etat de surface	
Planche N°:			$Ra = \sqrt{\quad}$	
		KACI AZZEDINE - CHAIBI HAMID	Promo : 2023/2024	
A4			MASTER II	



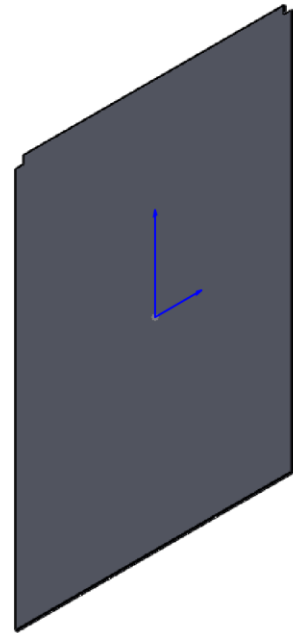
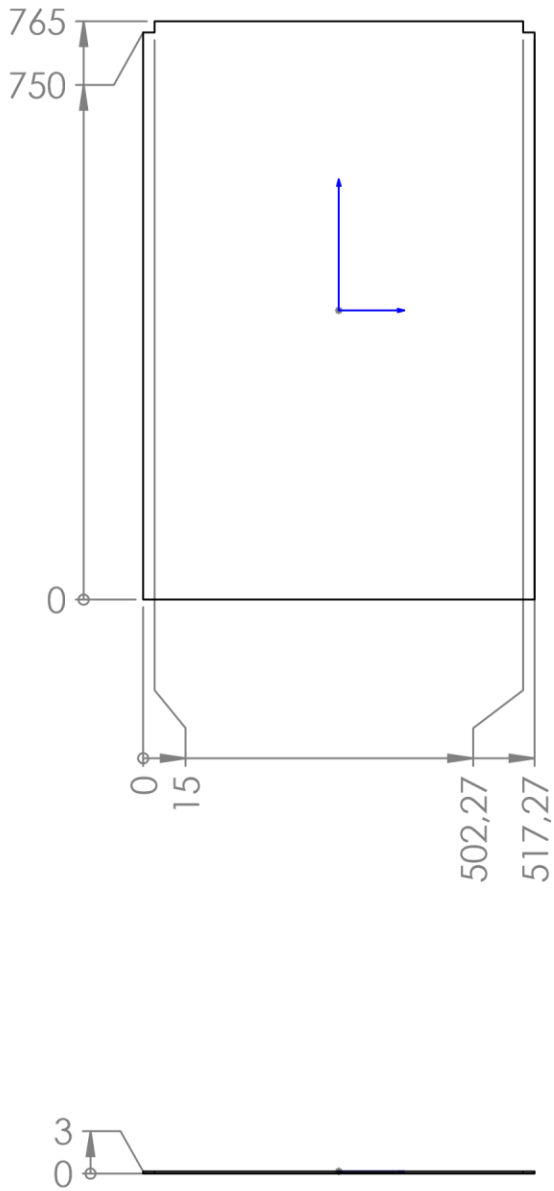
COUPE F-F



	01	empreinte mobile	resine	polyester
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1/5		Etude , conception et réalisation d'un moule pour composite utilise dans le procédé de moulage par Transfer de résine ( RTM )		
		KACI AZZEDINE- CHAIBI HAMID		Promo : 2023/2024
A4			FGC DGM UMMTO	MASTER II



	01	joint empreinte	silicone	
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1/5		Etude , conception et réalisation d'un moule pour composite utilise dans le procédé de moulage par Transfer de résine ( RTM ) .	Etat de surface	
Planche N°:			$Ra = \sqrt{\quad}$	
		KACI AZZEDINE - CHAIBI HAMID	Promo : 2023/2024	
A4			MASTER II	



	01	Base inferieure	Bois	MDF
Ref	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1/10		<b>Etude , conception et réalisation d'un moule pour composite utilise dans le procédé de moulage par Transfer de résine ( RTM )</b>		Etat de surface
Planche N°:				$Ra = \sqrt{\quad}$
		KACI AZZEDINE - CHAIBI HAMID		Promo : 2023/2024
A4		<b>FGC DGM UMMTO</b>		MASTER II