

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur
Et de la recherche scientifique

UNIVERSITE Abderrahmane MIRA BEJAIA
Faculté de Technologie
Département de Génie Mécanique

MEMOIRE

Présenté pour l'obtention du diplôme de

MASTER

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Fabrication Mécanique et Productique

Par :

ZEGGAGH Anis

ZIANE Bilal

Thème

***Conception et fabrication d'un moule pour les injections pour les
cellules réfrigérées***

Soutenu le2021 devant le jury composé de :

Mr.	Président
Mr.	Rapporteur
Mr.	Examineur

Année Universitaire 2020-2021

Remerciement

Nous remercions tout d'abord « Dieu » qui nous a donné la force et le courage pour l'achèvement de ce travail.

Nous voudrions remercier toutes les personnes qui nous ont accompagnés dans la réalisation de ce travail.

Merci de nous avoir aidés à construire notre avenir.

*Un merci tout particulier à notre encadreur Monsieur **BELAMRI** d'avoir accepté de nous encadrer et pour les efforts qu'il a déployés, pour son aide précieuse, conseiller, encourager et corriger avec une grande gentillesse durant toute cette période, et pour le temps qu'il nous a consacré.*

Nos remerciements vont également aux :

- A monsieur **SAHI ABDELHAMID** le gérant de l'entreprise INFRIGOR.*
- A monsieur **IDRI CHABANE** notre promoteur au sein de l'entreprise INFRIGOR.*
- A monsieur **YOUSFI Rachid** le responsable de hall technologie.*
- A monsieur **ATTOUB Nouredine** T.S de LABO.*
- A monsieur **BECHEUR Abdelhamid**.*
- Ma chère mère et mon père, pour leurs conseils, leurs soutiens et leurs encouragements tout au long de mes études. Leurs qualités humaines qui m'ont permis d'achever ce travail.*
- A toute ma famille et mes amis(e) qui étaient avec moi en tout temps m'ont conseillée et encouragée.*

Dédicaces

Je dédié ce modeste travail à :

A ma chère mère,

A mon cher père,

A ma chère grand-mère,

A mes frères,

A mes sœurs,

*A tous mes camarades de la promo **GENIE MECANIQUE 2020/2021,***

A tous mes proches,

(BENIDIR OUARDIA)

A tous mes amis(e) de loin et de pris,

***(SMAILI Sidali, ABDOUNE younes, MIRADJI yacine, YMMEL massinissa,
MECELLEM abderahim, REKKAD Sami, DRID samia, SAIDI roza)***

*Principalement à mon cher binôme **ZEGGAGH Anis***

Bilal

Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à ma mère, mon père, mon frère, ma sœur, mes
cousins et cousines ainsi qu'à tous mes amis de proche et de loin*

*(Mr. SMAILI Sidali, ABDOUNE younes, MIRADJI yacine, YMMEL
massinissa, MECELLEM abderahim, REKKAD Sami,)*

(Mme : DRID, BERBACHE, SAIDI...)

*Et principalement à mon cher binôme **ZIANE BILLAL***

*Je veux également dédier ce travail à tous les étudiants et enseignants du
département **GENIE MECANIQUE** et la section fabrication mécanique et
productique **2020/2021** en particulier*

A tous ceux qui a la même vision de la vie que moi la liste est très longue.

Anis

Sommaire

Sommaire

Présentation de l'entreprise	1
Introduction Générale.....	5
<u>Chapitre I : Généralité sur la mousse polyuréthane</u>	
I.1 Introduction	6
I.2 Historique	7
I.3 Définition de polyurethane.....	7
I.4 La mise en œuvre des polyurethanes.....	8
I.5 Fabrication du polyurethane.....	8
I.6 Propriétés mécanique	9
I.6.1 Protection anti-gravillonnage	9
I.6.2 Résistance à l'usure.....	10
I.7 Type de mousses polyurethane	10
I.8 Utilisation technique	13
I.9 Domaine d'utilisation de la mousse polyurethane	14
A. Protection des barrages	14
B. Ameublement	14
C. L'industrie automobile.....	14
D. Les colles	14
E. Sport.....	15
F. Décoration.....	15

G. Nautisme	15
H. Gants chirurgicaux	16
I. Industrie	16
J. Tissus	16
K. Laques, peintures et vernis	16
L. Bâtiment	17
M. Ames pour composites	17
N. Emballage	17
O. Électroménager	17
I.10 Conditions d'application technique	18
I.11 Sécurité	20
I.12 Conclusion	21

Chapitre II : Principe d'injection polyuréthane

II.1 Introduction	22
II.2 Procédé d'injection	23
II.3 Procédé d'injection polyuréthane	23
II.4 Description du procédé	24
II.5 Principe d'injection polyuréthane	24
II.6 Préparation d'injection polyuréthane	25
II.7 Cycle d'injection polyuréthane	26
II.7.1 La machine d'injection	26

II.7.2	Le fonctionnement	27
II.7.3	Développement de la mousse dans la cellule.....	30
II.8	Les moules	32
II.8.1	Le moule en générale.....	32
II.8.2	Moule d'injection polyuréthane pour réfrigérateur	32
II.8.2.1	Démonstration.....	32
II.8.2.2	Outillage.....	33
II.9	Conclusion	34
<u>Chapitre III : Conception du moule</u>		
III.1	Introduction	35
III.2	Logiciel utilisée	36
III.3	Modélisation géométrique des composantes	36
III.4	Les différentes utilisations de SolidWorks.....	36
III.5	Conception et modélisation	37
III.6	Les différents moules existant dans l'entreprise INFRIGORE	37
III.7	Les différents modèles de produit qu'on peut réaliser à l'aide de ce nouveau moule.....	38
III.7.1	Les dimensions de ces produits	39
III.8	Dessin de produit frigorifique.....	40
III.9	Le moule	41
III.9.1	Definition de moule modulable	41
III.9.2	Dessin de definition des differents elements du moule	43

III.9.3	Dessin industriel	45
	III.10 Simulation et étude de résistance des différentes pièces de moule	
	47	
III.10.1	Définition de la simulation	47
III.10.2	Simulation des plaques en aluminium	47
III.10.3	Etude de résistance des plaques en aluminium.....	49
III.10.4	Simulation d'une barre de fixation	50
III.10.5	Simulation de l'axe.....	52
III.11	Conclusion.....	55

Chapitre IV : Les étapes de fabrication du moule

IV.1	Introduction	56
IV.2	Généralités les matériaux utilisés	57
IV.2.1	AcierE36.....	57
	IV.2.1.1 Définition	57
	IV.2.1.2 Les caractéristiques	57
	IV.2.2 Aluminium	58
	IV.2.2.1 Définition.....	58
	IV.2.2.2 Les caractéristiques.....	58
	IV.2.2.2.1 Propriété mécanique	58
	IV.2.2.2.2 Propriété physique	59
IV.3	Les machines utilisées durant la réalisation de moule.....	59
IV.3.1	La scie à métaux mécanique.....	59

IV.3.1.1 Définition	59
IV.3.2 Fraiseuse conventionnelle	60
IV.3.2.1 Définition.....	60
IV.3.2.2 Type de fraisage.....	61
IV.3.2.2.1 Fraisage en bout.....	61
IV.3.2.2.2 Fraisage en roulant.....	61
IV.3.2.2.3 Fraisage combiné	62
IV.3.2.3 Les opérations utilisées durant l'usinage.....	62
IV.3.2.3.1 Surfaçage	62
A. Définition.....	62
B. Les outils utilisés	62
C. Fixation de la pièce.....	63
D. Les paramètres mis en jeu	64
IV.3.2.3.2 Perçage	67
A. Définition.....	67
B. Les conditions de coupe	67
IV.3.2.3.3 Rainurage	70
A. Définition	70
B. Condition de coupes	70
IV.3.3 Fraiseuse à commande numérique	71
IV.3.3.1 Définition.....	71

IV.3.3.2 Les opérations utilisées durant l'usinage.....	72
IV.3.3.2.1 Perçage.....	72
A. Condition de coupes.....	72
IV.4 Taraudage	73
IV.4.1 Définition.....	73
IV.4.2 L'usinage	73
IV.4.3 La lubrification	74
IV.4.4 Les paramètres de mise en jeu.....	74
IV.5 Conclusion.....	75

Liste des figures

Liste des figures

Figure I.1 : Polyuréthane.....	7
Figure I.2 : L'équation chimique pour la fabrication de polyuréthane.....	9
Figure I.3 : Montre le comportement en compression de la mousse de polyuréthane...	12
Figure I.4 : Comportement en compression de mousses PUR.....	13
Figure I.5 : Produit d'INFRIGORE.....	18
Figure I.6 : Principaux emplois des mousses des polyuréthanes.....	18
Figure II.1 Dessin explicatif pour la Procédé d'injection polyuréthane.....	23
Figure II.2 Développement de produit de l'état liquide à l'état solide.....	25
Figure II.4 Schéma d'une installation à haute pression avec système de recirculation....	26
FigureII.3 Machin d'injection polyuréthane a haut pression –arial80.....	26
Figure II.5 Aspiration des produits vers les cuves de la machines, futs de l'iso (fut rouge) et du poly (fut bleu).....	27
Figure II.6 Les réservoirs (cuves) de la machin d'injection, munies de pompes.....	27
FigureII.7 Pompe de charge.....	28
FigureII.8 Echangeur de chaleur volumineux.....	29
Figure II.9 Ecoulement des deux produits vers la tête de mixage.....	29
Figure II.10 La tête de mixage.....	30
Figure II.11 Le cadre utilisé pour le test avant l'injection.....	30
FigureII.12 Le produit final (polyuréthane).....	31

Figure II.13 Les résultats obtenus après le test d'injection.....	31
Figure II.14 Composition de moule d'injection polyuréthane.....	33
Figure III.1 Moule d'injection pour des meubles frigorifiques à 2 portes.....	37
Figure III.2 Les différent modèle du produit.....	38
Figure III.3 Modèle 3D de produit à 2 portes sur SolidWorks.....	39
Figure III.4 La cellule de produit à 2 portes.....	39
Figure III.5 La mise en plan de la cellule.....	40
Figure III.6 Mise en plan de la cellule coupe A-A.....	40
Figure III.7 Le moule modulable en 3D fermé.....	41
Figure III.8 Coupe du moule.....	41
Figure III.9 Dessin de définition de moule.....	43
Figure III.10 La vue de face du moule.....	43
Figure III.11 La vue de gauche du moule.....	44
Figure III.12 Le dessin industriel de la partie extérieur.....	45
Figure III.13 Dessin industriel de la partie intérieur.....	46
Figure III.14 Les dimensions de l'élément 6 de la figure III.13.....	47
Figure III.15 Distribution de la contrainte de Von Mises sur la plaque d'aluminium.....	48
Figure III.16 Les dimensions de la sous base.....	50
Figure III.17 Distribution de la contrainte de Von Mises et les déplacements imposés sur la sous base.....	50
Figure III.18 Assemblage des Paumelle.....	52
Figure III.19 Les dimensions de l'élément c de la figure III.18.....	53

Figure III.20 Distribution de la contrainte de Von Mises sur l'axe pivot.....	54
Figure IV.1 Méthodes et démarches d'étude de l'usinage.....	56
Figure IV.2 Taux d'utilisation des différents types de procédés dans l'industrie.....	56
Figure IV.3 : Scie à métaux alternative.....	59
Figure IV.4 : La scie alternative au moment de coupe.....	60
Figure IV.5 : Fraiseuse conventionnel.....	60
Figure IV.6 : Fraisage en bout	61
Figure IV.7 : Fraisage en roulant	61
Figure IV.8 : Fraisage combiné	62
Figure IV.9 : Fraise de surfacage $\varnothing= 130\text{mm}$	63
Figure IV.10 : La mise en position de la pièce.....	64
Figure IV.11 : Schéma explicatif de perçage.....	67
Figure IV.12 : Opération de perçage.....	68
Figure IV.13 : Schéma explicatif de rainurage.....	70
Figure IV.14 : Opération de perçage sur CNC.....	72
Figure IV.15 : Les tarauds.....	73

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau IV.1 Les propriétés mécaniques de l'aluminium.....	58
Tableau IV.2 Les propriétés physiques de l'aluminium.....	59

Introduction à la section I

SIMAFE Sarl est une entreprise industrielle créée en 1978 spécialisée dans la réfrigération commerciale et l'agencement des hôtels, restaurants, cafétérias, snacks, pâtisseries, boucheries, supérettes, grande distribution et autres structures de présentation à usage alimentaire et de métiers de bouche. Le groupe SIMAFE se compose de deux filiales : IFC et INFRIGOR, cette dernière représente notre organisme d'accueil.

La société INFRIGOR est une entreprise industrielle qui est implantée dans la zone industrielle route des 04 chemins à Bejaia. C'est une société de droit algérien, créée le 17 novembre 2014. Elle est constituée juridiquement en SARL, au capital social de 388 400 000 DA, dont les parts sociales sont détenues pour 90% par Mr SAHI ABDELHAMID, gérant de l'entreprise. Elle est spécialisée dans la réfrigération commerciale et l'agencement des hôtels, restaurants, cafétérias, snacks, pâtisseries, boucheries, supérettes.

Dans ce chapitre nous allons voir les données juridiques, techniques, économiques et financières de la SARL INFRIGOR.

1. L'organigramme de la SARL INFRIGOR

SARL INFRIGOR se compose de plusieurs services : Le service comptabilité qui est chargé de la gestion des comptes bancaires, facturation, les suivis des stocks et la trésorerie.

Le service de ressources humaines qui est chargé de recrutement, de la gestion du personnel, de la paie et des formations. Le service des gestions et d'approvisionnement celui-ci est divisé en 3 section : l'approvisionnement local, l'approvisionnement importation et la gestion des stocks en charge du magasin. Puis nous avons le service commercial chargé des ventes, expédition, stockage, et de l'établissement des devis et du service après-vente. Nous avons aussi la chaine de production qui est en charge de la fabrication, de la maintenance, de l'entretien, du contrôle de la qualité des produits finis et de leur conditionnement. Enfin le service recherche et développement chargé de la conception et de l'ordonnancement, de la planification et dessin, du chiffrage des kits et de l'innovation et du développement des produits finis et à la tête de tous ces nombreux service la direction technique qui est dirigé à son tour par le directeur général.

2. Les données techniques de la SARL INFRIGOR

Les données techniques se composent de 4 parties :

Les investissements, la capacité de production, la gamme de produit et la montée en cadence.

a) Les investissements

- 3 terrains.
- 2 bâtiments.
- 2 locaux.
- Appartements.

b) La capacité de production

La SARL INFRIGOR est dotée d'une capacité de 2000 unités par mois (tous les produits de toutes les familles confondues).

c) La gamme de produits

- Arrière bar.
- Cafétéria.
- Buffet.
- Self-service.
- Meuble en inox.
- Congélateur.
- Vitrine horizontale et verticale.
- Armoire (frigorifique, réfrigéré, congélation).
- Linéaire de vente.

d) La montée en cadence

Nouvelle ligne de production pour un nouveau produit qui est : congélateur et vitrine à boisson qui connaît un succès durant l'été : investissement acquis en fin 2018 et mis en place en 2019.

Ligne de coupe en aout 2020, elle concerne tous les produits standards.

Dans cette partie nous allons évoquer les ressources humaines, la Commercialisation, et les perspectives de l'entreprise.

3. Les données économiques de la SARL INFRIGOR

a) Les ressources humaines

SARL INFRIGOR, emploie 140 salariés répartis par catégorie socioprofessionnelle comme suit :

- Cadre dirigeant : 01
- Cadre supérieur : 07
- Cadre moyen : 07
- Agent de maîtrise : 44
- Agent d'exécution : 78
- Apprenti : 03

b) Commercialisation

La commercialisation des produits **INFRIGOR** s'étend sur tout le territoire national. Et son chiffre d'affaire durant ces trois dernières années se présente comme suit :

2018 : 338 702 000.00

2019 : 370583150.00

2020 : 260 558 528.00

c) Perspectives

Un programme d'investissement destiné à renforcer le potentiel de production existant sera mis en exécution tel que la création d'une nouvelle filiale dans le même secteur et l'innovation des produits et ce grâce au service de recherche et développement.

4. Les données financières de la SARL INFRIGOR

Les principaux agrégats de l'année 2020, s'établissent de la manière suivante :

- Un chiffre d'affaire de 260 558 528.00 DA
- Un actif total brut de 919 181 513.00 DA
- Un résultat net après impôts de 18 071 403.00 DA
- Un effectif de 140 salariés
- Un volume de production de 2000 unités par mois tous produits confondus

Conclusion

La SARL INFRIGOR monopolise le marché algérien en ce qui concerne la réfrigération commerciale et l'agencement des hôtels, restaurants, cafétérias, snacks, pâtisseries, boucheries, supérettes et n'a donc pas de concurrents.

Introduction Générale

Introduction Générale

Le développement de la technologie est très rapide, il est dans toutes les installations dans plusieurs domaines, y compris l'industrie du moulage par injection (injection de la mousse polyuréthane).

Au sein de l'entreprise SIMAFE (spécialisée dans la fabrication de produit du domaine du froid, sise à Bejaïa), on utilise la mousse polyuréthane rigide pour l'isolation thermiques des réfrigérateurs, conservateur et congélateurs, mais comme ce procédé est très spécial au même temps compliqué. Pour l'injection de cette mousse entre les parois du produit (réfrigérateur ou autre) on utilise des structures spécialement conçus pour maintenir les éléments de la cellule réfrigérée et assurer le parallélisme des parois, leur résistance à la pression d'injection et un montage-démontage rapide et facile d'utilisation.

Pour ce faire nous avons utilisé le logiciel SolidWorks pour la conception des modules de notre structure puis l'étude cinématique des mouvements des éléments mobiles afin d'éviter tout chevauchement lors de l'utilisation de l'appareil, aussi nous avons pris en considération la fabrication et le montage du gabarit afin de faciliter sa réalisation.

Afin de bien présenter ce travail nous l'avons structuré comme suite :

Dans le chapitre 1, nous avons présenté la mousse en polyuréthane et son utilisation pour l'isolation.

Dans le chapitre 2, nous avons présenté le principe de l'injection de la mousse en polyuréthane et les exigences que la structure doit satisfaire.

Dans le chapitre 3, nous avons présenté les étapes de conception des pièces et la simulation du comportement sous l'effet des chargements que notre mécanisme va supporter, nous permettant d'améliorer le dimensionnement de nos pièces.

Le chapitre 4 est consacré aux étapes de fabrication et montage complet de notre structure, y compris le système automatique d'ouverture-fermeture.

Chapitre I

Généralité sur la mousse

polyuréthane

I.1 Introduction

Les polyuréthanes sont des matériaux plastiques les plus polyvalents. Leurs natures chimiques nous permettent de les adapter pour résoudre des problèmes difficiles et être moulés dans des formes inhabituelles et améliorer les produits industriels et de consommation en ajoutant confort, chaleur et commodité à nos vies.

Les polyuréthanes peuvent être trouvés dans des matelas, des couches, des isolants, des revêtements liquides et des peintures, des élastomères résistants tels que des roues à rouleaux, des jouets en mousse flexible souple, des fibres élastiques et de nombreux autres endroits et applications.

Sous une forme ou une autre, nous utilisons les polyuréthanes tous les jours : à la maison, au bureau, dans nos voitures, dans nos activités sportives et nos loisirs ou encore en vacances.

Les polyuréthanes sont polyvalents, modernes et sans danger. Ils sont employés dans une multitude d'applications pour créer toutes sortes de produits de consommation courante ou à usage industriel qui jouent un rôle crucial dans nos vies, rendant notre quotidien plus commode, plus confortable et plus respectueux de l'environnement.

I.2 Historique

En 1849 la réaction de moussage fut découverte par Charles Adelphe Wurtz, la fabrication du premier frigo électrique a été réalisée en 1913 et la première commercialisation en masse de frigos été en 1927 par la société "General Electric ". La première synthèse de l'uréthane été réalisée par Otto Bayer en Allemagne en 1937 et sa production industrielle n'a commencé qu'à partir de 1940 en raison du manque de ressources par la Seconde Guerre mondiale [1].

Les technologies de l'uréthane ont été amenées aux Etats-Unis en 1953 par Jean-Pierre Abbat et Fritz Hartmann. La première planche de surface en polyuréthane a été fabriquée et utilisée pour la première fois en 1950. L'introduction des nouveaux produits synthétiques comme le CFC, HCFC, HFC été dans les années 1970. En 1987 le Protocole de Montréal a imposé la diminution et la fin de la production des CFC. Avec les technologies modernes, les agents gonflants sont aujourd'hui plus avantageux qu'à l'époque, on peut citer parmi eux le cyclopentane qu'on utilise actuellement pour l'expansion des mousse polyuréthanes rigides qui assurent l'isolation thermique des réfrigérateurs à SIMAFE [1].

I.3 Définition de polyuréthane

Le polyuréthane est un polymère. Il est créé synthétiquement, par polymérisation : c'est une réaction chimique qui permet la transformation de monomères en polymères. Celui-ci est construit à partir de molécules : les monomères. Ils forment une chaîne à partir d'un motif qui est répété. Ces monomères sont reliés pas des liaisons covalentes. Sa masse molaire est de 446,61078 g/mo.

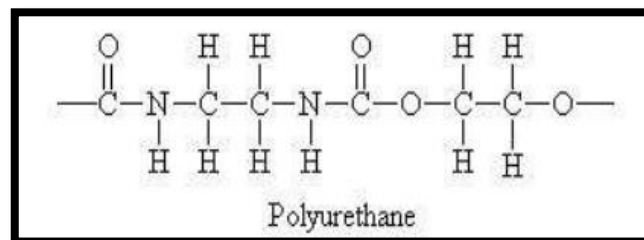


Figure I.1 : Polyuréthane.

I.4 La mise en œuvre des polyuréthanes

Les mousses de polyuréthane résultent de la réaction chimique d'un polyisocyanate avec des groupements ayant un hydrogène mobile, principalement des groupements hydroxyles

Cette réaction exothermique peut s'accompagner d'un dégagement gazeux, qui permet une expansion plus ou moins marquée de la mousse. D'autres réactions permettent d'obtenir des réseaux plus ou moins structurés. Ces réactions facilitées par des catalyseurs s'effectuent rapidement et à température ambiante, ce qui permet des cycles rapides de production, en grandes quantités.

Les polyuréthanes sont des matériaux dont les performances sont très variées selon les associations chimiques que l'on réalise, on trouvera aussi bien des variétés thermoplastiques que les variétés thermodurcissables ou élastomères [2].

Cette facilité des poly iso cyanates à réagir pour donner des polyuréthanes, et également des polyuries, permet une très large gamme d'applications s'accompagnant d'une grande variété de duretés et de masses volumiques.

Cela va de produits très souples et légers (dossiers d'ameublement) à des produits de hautes caractéristiques mécaniques (élément de cœur artificiel, pièce structurale d'automobile), sans oublier les peintures et adhésifs. Les mousses souples (légèreté et souplesse) et les mousses rigides (rigidité et bonne isolation thermique) constituent les tonnages les plus élevés de ce polymère. D'autres applications couvrent tous les secteurs de la vie industrielle et domestique.

I.5 Fabrication du polyuréthane

Les polyuréthanes commerciaux sont des polymères de structure - (O-R-O) - (CONH-R'-NH-CO) -, où R et R ' représentent des groupes organiques.

Le polyuréthane est produit en faisant réagir des iso cyanates avec des polyols(Figure) qui sont des produits dérivés du pétrole. Une série d'additifs est également nécessaire pour produire des polyuréthanes de bonne qualité.

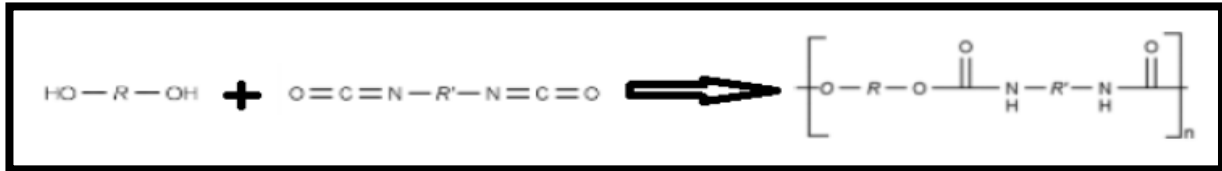


Figure I.2 : L'équation chimique pour la fabrication de polyuréthane.

I.6 Propriétés mécanique

I.6.1 Protection anti-gravillonnage

Le gravillonnage des carrosseries automobiles provoque des défauts esthétiques, éventuellement points de départ de corrosion.

La corrosion peut se produire si la tôle est mise à nu au point d'impact. Une solution satisfaisante vis-à-vis de la corrosion résultant du gravillonnage peut être envisagée à partir d'un film revêtu sur sa face externe d'une couche de polyuréthane.

Ce film, qui est une pellicule continue de substance macromoléculaire, ralentit la cinétique de corrosion en interposant une barrière imperméable à la diffusion de l'eau et de l'oxygène. Comme nous l'avons vu précédemment, la perméabilité à la vapeur d'eau est faible.

Le matériau se stabilise à faible niveau de reprise d'humidité et cette diffusion d'humidité n'affecte pas durablement le revêtement car celui-ci se régénère facilement dans les phases sèches. Si la résistance mécanique anti-gravillonnage est bonne, le revêtement sera une alternative de protection contre la corrosion électrolytique.

Il existe deux méthodes d'essais pour tester la résistance au gravillonnage :

La méthode multi impacts qui consiste à projeter une quantité déterminée de grenaille sur l'éprouvette à tester. La grenaille est accélérée dans un courant d'air comprimé. Après l'essai, on examine l'éprouvette et on observe visuellement son altération. On prend en compte la densité et la taille des impacts.

Le but du revêtement polyuréthane est d'absorber une partie de l'énergie due à l'impact du gravillon sur la carrosserie et de la dissiper.

I.6.2 Résistance à l'usure

La résistance à l'usure représente le point faible de certains revêtements polymériques. Il s'agit d'une dégradation qui se limite essentiellement aux interactions de surface car la rugosité de surface joue un rôle important puisqu'elle conditionne l'usure et la formation de débris. Il est communément admis que l'usure est davantage influencée par les propriétés mécaniques que par les propriétés de surface [3] [4] [5].

Par des processus d'usure dont les mécanismes semblent complexes, on observe deux types de rupture :

- les ruptures élastiques avec déchirement.
- les ruptures fragiles avec cassure.

De nombreux travaux ont été publiés sur le sujet mais ils ne permettent pas d'établir des règles de comportement sur les mécanismes d'établissement.

Les revêtements de polyuréthanes présentent une haute résistance à l'abrasion. Ils résistent surtout très bien à l'usure chimique par les qualités de stabilité chimique exceptionnelles du groupe uréthane, la facilité de former des domaines de haute rigidité alternant avec des chaînes flexibles évite la plupart des effets d'usure observés sur d'autres polymères [3] [4] [5].

I.7 Type de mousses polyuréthane

I.7.1 Mousses souples

Parmi ces mousses on trouve les mousses souples en bloc ; leur masse volumique est de 10 à 60 Kg/m³. Les cellules sont en majeure partie ouvertes (95%). On les obtient à partir de polyesters ou de polyéthers et de TDI [6].

A la sortie de la tête de mélange, le produit est déposé sur une courroie transporteuse recouverte de papier. La montée de la mousse s'effectue alors que la courroie progresse (épaisseur maximale 1m). Ces mousses servent en automobile (sièges en mousses découpées), literie (matelas), ameublement, textile, (tissu avec mousse contrecollée).

On peut trouver aussi les mousses souples moulées ; elles sont obtenues à base de polyéthers. Les moules métalliques défilent sous la tête doseuse de la machine de mélange.

Le moule refermé est envoyé en étuve (8 à 20 min de 140 à 190 °C).

La mousse est démoulée. Ces mousses trouvent des applications dans le transport (sièges, accoudoirs, appuie-tête pour train, voitures, avions...) dans l'ameublement (fauteuils) dans les loisirs (jouets, poupées, ours, intérieurs de chaussures de ski) [7].

I.7.2 Mousses semi-rigides

Ce sont des mousses intermédiaires entre les qualités souples et rigides. La caractérisation essentielle de ces mousses est leur pouvoir amortissant. Elles peuvent être fabriquées en blocs continus et sont alors essentiellement à base de polyester. Découpées, elles servent à la confection de divers articles tel le rembourrage des pare soleil de voiture [8].

On les rencontrera avec ou sans peau intégrée, les mousses à peau intégrée (cœur cellulaire à peau compacte) permettent la réalisation directe de pièces d'aspect. On injecte un mélange avec un agent physique d'expansion. Les moules métalliques sont froids (20 à 30°C) et leur inertie chimique empêche la gazéification de l'agent moussant (réalisation d'une peau compacte) alors qu'à cœur, la réaction exothermique favorise sa gazéification (température d'ébullition du produit dépassée).

On obtient ainsi des accoudoirs, planches de bord, volants automobiles [7].

- La densité des mousses semi-rigides varie de 30 à 90 Kg/m³.
- La résistance à la traction de 1,5 à 203 Kg/m³.
- L'allongement à la rupture de 70 à 85 %.
- L'élasticité au choc de 20 à 40 % [11].

I.7.3 Mousses rigides

La mousse présente un matériau idéal lorsqu'il s'agit de remplir des cavités dans le but de l'isolation thermique (par exemple entre l'enveloppe intérieure et le carter extérieur d'un réfrigérateur ou l'isolation d'un tuyau métallique par expansion de mousse entre le tuyau et un

chemisage en tôle) ou d'isoler des parois, même verticales, par des revêtements, lorsqu'il s'agit aussi de fabriquer des panneaux sandwichs.

Leur intérêt réside dans la facilité de mise en œuvre : coulée ou projection, et par la possibilité de pouvoir réaliser l'expansion à température ambiante.

Les mousses de polyuréthane rigide (PUR) sont utilisées depuis longtemps pour la réalisation de matériaux de structure et de revêtements divers [9].

Il n'y a pas de cuisson mais les moules doivent être préchauffés au moins entre 40-49°C. Selon le produit on trouvera la mise en œuvre manuelle, le moulage par injection réaction, la projection au pistolet.

Ces mousses rigides ont d'excellentes propriétés d'isolation thermique dans une large plage de température (-30 °C, +70 °C).

La résistance chimique est bonne et l'accrochage pendant le moussage est satisfaisant sur le bois, béton, métal, céramique....

Les mousses rigides se rencontrent dans l'isolation thermique. En choisissant une expansion physique adéquate, On obtient des panneaux fabriqués en usine pour l'électroménager(Réfrigérateur) le bâtiment ou des produits à mettre en œuvre sur place [remplissage d'espace creux en bâtiment ou projection sur murs, plafonds ...isolation de combles inaccessibles).

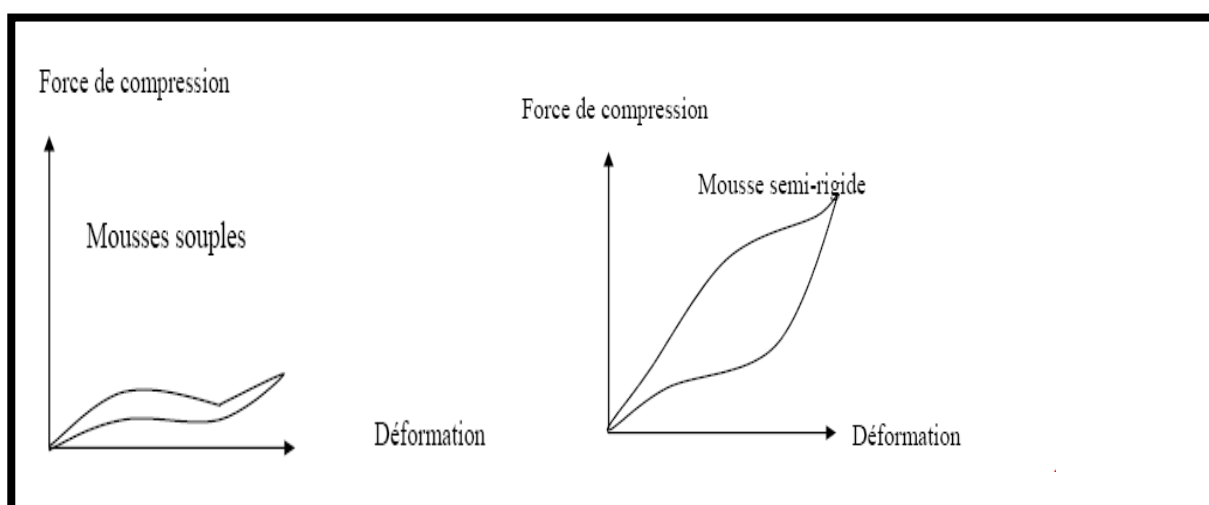


Figure I.3 : Montre le comportement en compression de la mousse de polyuréthane [7].

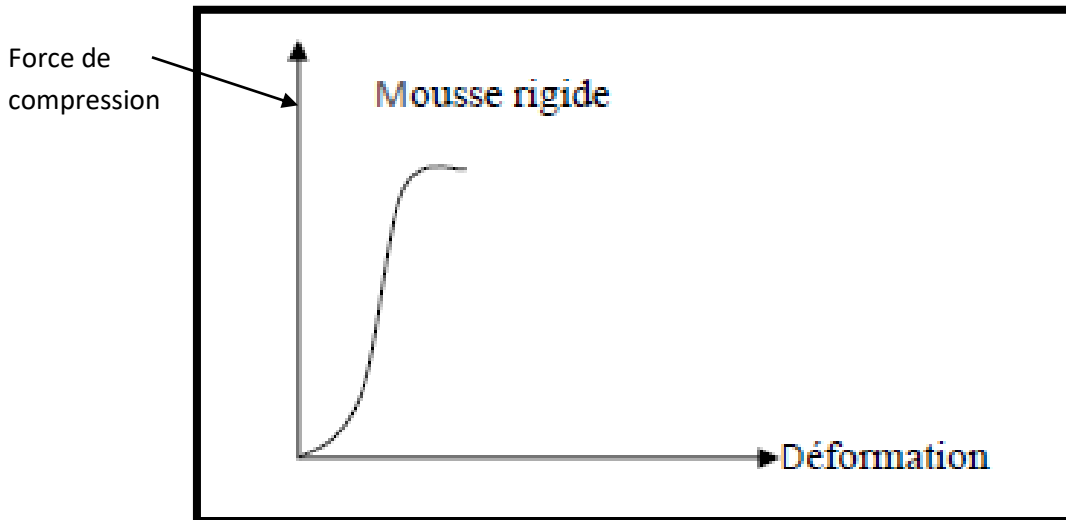


Figure I.4 : Comportement en compression de mousses PUR [7].

I.8 Utilisation Technique

- Isolation thermique injectée dans la construction, l'industrie, l'agriculture ou les installations agricoles, travaux Publics [10].
- Remplissage de pièces pour l'isolation ou la protection mécanique. (Réfrigérateurs...).
- Domaines d'exigence à la compression mécanique.
- En général, dans toutes applications où l'injection d'un matériau isolant en continu est nécessaire [10].

Isolation thermique de réfrigérateurs, de congélateurs, de meubles réfrigérants à utilisation professionnelle, de ballons d'eau chaude.

Dans notre travail on s'intéresse justement à la mousse polyuréthane rigide utilisée pour l'isolation thermique des réfrigérateurs, conservateurs et congélateur à **INFRIGOR** ainsi que les paramètres technologiques qui nous permet d'avoir une bonne qualité de la mousse ainsi qu'une bonne isolation thermique.

I.9 Domaine d'utilisation de la mousse polyuréthane

Le polyuréthane est présent dans tous les domaines de la vie courante. La première planche de surface en polyuréthane a été fabriquée et utilisée pour la première fois dans les années 1950.

Il est principalement utilisé dans les garnitures de meubles, les matelas, les composants isolants et de design dans la construction, etc. Nombre d'entre elles sont :

A. Protection des barrages

De plus en plus de barrages et de digues sont protégés contre les tempêtes par une solution à base de polyuréthane.

B. Ameublement

Le polyuréthane est également employé dans la fabrication de meubles (coussins, assises de sièges) et pour protéger les bordures des meubles à des fins de sécurité comme de longévité.

C. L'industrie automobile

Que ce soit dans les sièges, les appuie-têtes, les accoudoirs, les volants, les toits ou les tableaux de bord le polyuréthane est particulièrement employé dans l'industrie automobile. L'industrie automobile est également très friande de mousse PU ayant pour rôle l'isolation thermique et acoustique.

D. Les colles

Les polyuréthanes sont à la base de la fabrication de colles plus particulièrement pour assembler le bois ou le collage des semelles de chaussures. L'avantage principal de ce type de colle est sa résistance à l'eau. La mousse de polyuréthane est aussi un excellent matériau de collage utilisé astucieusement dans le bâtiment en la détournant de son usage premier pour par exemple coller des panneaux d'isolation sur des cloisons.

E. Sport

❖ La natation

Les premiers modèles de combinaisons 100% polyuréthane conçues lors des compétitions en 2008. Qui, enfilés par les meilleurs nageurs du monde, ils ont apporté un gain considérable en termes de performances. Ces produits ont été interdits par La Fédération Internationale de Natation (FINA) à partir du début de l'année 2010.

❖ Les chaussures de sport

La coopération entre notre filiale Elastogran et la société ADIDAS illustre bien, par exemple, comment on met en pratique son axiome « Nous aidons à la réussite de nos clients ». Nos experts en matériaux travaillent main dans la main avec les spécialistes des chaussures chez ADIDAS. Que ce soit lors des tests en chambre froide ou des essais de fatigue, nos collaborateurs tiennent compte des besoins et des souhaits des clients et les transposent dans des solutions concrètes d'amélioration et de perfectionnement des produits.

❖ Rollers

En 1973, les patins à roulettes ont été améliorés et popularisés par l'introduction de roulettes en polyuréthane thermoplastique (TPU) puis, plus tard, de chaussons en TPU, on les appelle aujourd'hui rollers.

F. Décoration

La mousse de polyuréthane est un matériau exceptionnel pour réaliser des éléments de décorations (fausses poutres, décors, sculptures, ...) qui sont ensuite peints ou recouverts de matière type crépis, etc.

G. Nautisme

Les qualités d'élasticité, de résistance à l'humidité et ses capacités de flottaison font du polyuréthane un matériau fort utilisé dans l'industrie nautique. Ainsi, certaines planches de surf ou planches à voile sont construites autour d'un noyau de polyuréthane. Les boudins des cerfs-volants utilisés pour le kitesurf sont également fabriqués en polyuréthane. De même la coque des bateaux est souvent constituée de mousse de polyuréthane intégrée à une double peau de fibre de verre.

H. Gants chirurgicaux

De nombreux modèles sont fabriqués à partir du polyuréthane. Ils présentent l'intérêt d'être moins générateurs d'allergies que le latex tout en présentant de parfaits critères de qualité.

I. Industrie

Les films de polyuréthane sont utilisés pour protéger de la corrosion, l'abrasion et l'érosion de nombreux types d'équipements (ailes d'avions, trains, automobiles, pales d'éoliennes, ...).

❖ Isolation thermique industrielle

Isolation de cuves et réservoirs, de canalisations, de conduites de chauffage urbain et de locaux frigorifiques car grâce à l'introduction des polyuréthanes dans les réfrigérateurs actuels sont 60 % plus efficaces que les réfrigérateurs d'il y a 15 ans.

❖ Isolation automobile

Isolation thermique de véhicules frigorifiques ferroviaires et routiers, y compris les conteneurs.

J. Tissus

Polyuréthane thermoplastique élastomère, De nombreux vêtements sont fabriqués à base de polyuréthane dont les propriétés extensibles en font un produit très adapté aux vêtements de sport.

K. Laques, peintures et vernis

Les Polyuréthanes sont largement utilisés dans les enduits, laques, peintures et vernis que cela soit dans le bâtiment, l'ameublement ou la protection du bois.

L. Bâtiment

- Panneaux sandwich à parements rigides en bardage et toiture.
- Plaques isolantes à parements souples pour toitures, murs, plafonds et sols.
- Matériaux isolants et de construction découpés dans des blocs.
- Mousse à projeter sur place pour l'isolation et l'étanchéifiassions.

M. Ames pour composites

Les applications pour les composites sont :

- Les bateaux polyesters.
- Les panneaux autoportants.

N. Emballage

- En moussant un PUR autour de l'objet à protéger dans un emballage rigide.
- Les applications dans l'emballage sont :
- Le remplissage : flocons, chips, feuilles, blocs.
- Le calage amortissant.

O. Électroménager

Isolation thermique de réfrigérateurs, de congélateurs, de meubles réfrigérants à utilisation professionnelle, de ballons d'eau chaude.

Dans notre travail on s'intéresse justement à la mousse polyuréthane rigide utilisée pour l'isolation thermique des réfrigérateur, conservateurs et congélateur à INFRIGORE ainsi que les paramètres technologiques qui nous permettent d'avoir une bonne qualité de la mousse ainsi qu'une bonne isolation thermique.



Figure I.5 : Produit d'INFRIGORE.

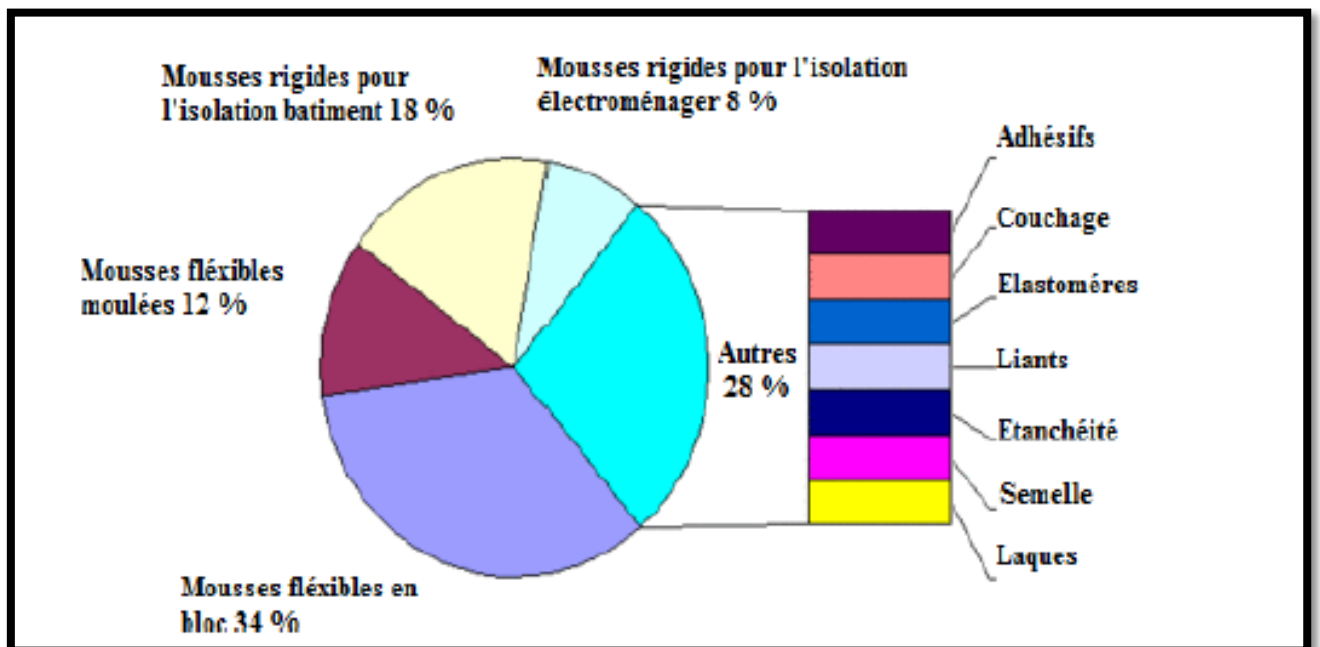


Figure I.6 : Principaux emplois des mousses des polyuréthanes [18].

I.10 Conditions d'application Technique

Le TECNOFOAM I-2035 ne nécessite pas d'additifs pour son usage. L'unité de dosage employée pour la mise en œuvre de ce système in situ doit avoir :

- Un ratio 1 :1 en volume (+ / - 10%) de mélange pour les deux composants (polyol et isocyanate), et une pression entre 70 et 120 bar.
- La température de préchauffage des flexibles et des composants doivent être fixés entre 25-30°C pour une réaction lente, et de 30-45°C pour une réaction plus rapide. Selon les

conditions environnementales, les réglages pourront être adaptés pour obtenir un mélange optimal.

- En plus de modifier les performances du produit, les conditions météorologiques, ont une influence sur la qualité de la mousse durant l'injection.
- La température du support, ne soit pas inférieure à 5°C ou supérieures à 40°C, car il pourrait y avoir des zones mal expansées, ou des variations dimensionnelles plus importantes que prévu [10].
- Le support doit être propre et sec et l'humidité doit être inférieure à 80%. Une plus forte teneur en humidité peut causer des changements dans la densité du produit final, ainsi qu'un manque d'adhérence sur le substrat [10].
- Dans des conditions favorables la mousse à une excellente adhérence sur la plupart des matériaux de construction poreux utilisés couramment, à condition qu'ils soient propres, secs et exempts de rouille, de graisse [10].
- Cependant, avant l'application de la mousse, il est nécessaire d'effectuer un test d'adhésion, afin d'assurer une bonne fixation [10].
- Dans les applications avec des variations de température élevée, placer un pare-vapeur du côté chaud de l'isolant pour éviter la condensation.
- Les surfaces métalliques doivent être protégées par une protection anti-corrosion avant d'être recouvert par la mousse [10].
- Sur les surfaces lisses, sans pores : acier galvanisé, polypropylène, etc., un primaire d'accrochage est recommandé pour augmenter l'adhérence [10].

I.11 Sécurité

Il est nécessaire de suivre les recommandations de sécurité durant le processus d'utilisation et de mise en œuvre ainsi qu'en pré et post application [10].

- Protection respiratoire : il faut utiliser une adduction d'air approuvé lorsqu'on fait une application en projection.
- Protection de la peau : Utiliser des gants en caoutchouc. Enlever les immédiatement après la contamination [10].
- Utiliser des vêtements de protection propres, couvrant tout le corps. Bien se laver avec de l'eau et du savon après le travail et avant de manger, boire ou fumer. On devra utiliser des vêtements propres, qui devront être nettoyés s'ils sont souillés.
- Yeux (visage) : lunettes de sécurité pour éviter les éclaboussures [10].
- Déchets : la génération de déchets doit être évitée ou minimisée. Stocker, identifier ou Incinérer sous des conditions contrôlées, conformément aux lois et réglementations locales et nationales.

En tout cas, consulter la fiche de données de sécurité du produit, disponible sur demande.

I.12 Conclusion

Actuellement, le polyuréthane est devenu l'un des matériaux les plus importants dans le domaine de l'injection et l'isolation et de manière significative dans plusieurs domaines, car il contient les propriétés physiques et mécaniques.

Chapitre II

Principe d'injection polyuréthane

II.1 Introduction

Dans la fabrication des pièces mécaniques il existe plusieurs procédés, parmi ces procédés, nous avons l'injection du polyuréthane.

L'injection est aujourd'hui l'un des procédés les plus utilisés pour la mise en forme des polymères, il est généralement utilisé pour la production de pièces automobile ou d'éléments d'électroménager.

Le procédé d'injection permet d'obtenir une productivité élevée avec une très bonne reproductibilité.

De ce fait, le principe du procédé d'isolation thermique par injection de polymère entre les parois de produits de réfrigération, consiste à injecter et transformé une matière de polymères (polyuréthane), préalablement chauffée est injectée dans un moule.

L'objectif de ce chapitre est de présenter le procédé d'injection du polyuréthane, du début (mélange des composants du polyuréthane) et l'injection du produit à l'état liquide sous une température définie par le fabricant (**voir à titre d'exemple l'annexe A**).

II.2 Procédé d'injection

L'injection est un procédé principalement utilisé dans la transformation du plastique il permet de fabriquer des grandes quantités de pièces.

Le matériau nécessaire est plastifié dans une unité d'injection puis injecté dans un moule.

La partie vide ou cavité de moule détermine la forme et la structure de la pièce finie on peut produire des pièces de quelques dixièmes de grammes à plusieurs kilos ce procédé permet aussi bien de faire des objets exigeant beaucoup de précision comme dans la mécanique que des pièces en très grandes quantité et en peu de temps. [12]

II.3 Procédé d'injection polyuréthane

La caractéristique adiabatique des systèmes frigorifique à l'échelle industrielle et domestique est assurée par la mousse polyuréthane qui est injectée entre deux parois intérieures et extérieures (cellules) de l'enceinte adiabatique à l'aide d'une machine à injection.

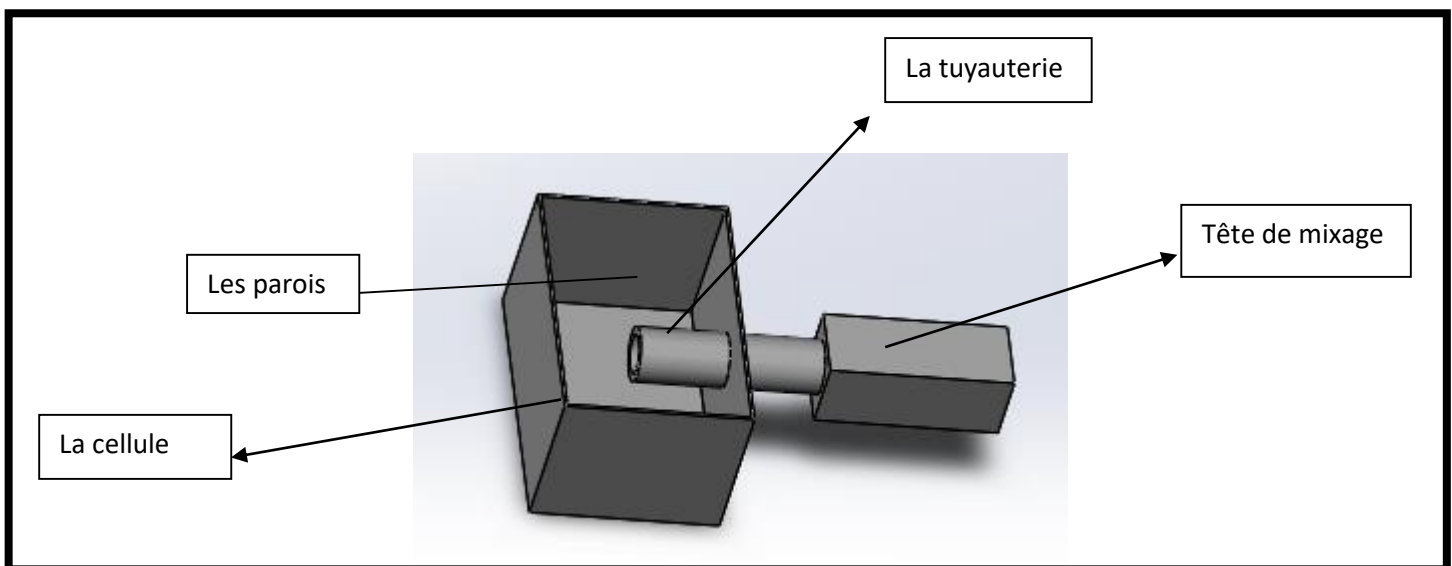


Figure II.1 : Dessin explicatif pour la Procédé d'injection polyuréthane.

II.4 Description du procédé

Deux composants liquides – un isocyanate et un polyol– sont conditionnés dans des réservoirs de stockage à des températures (21°), des pressions et des densités relatives appropriées.

Une unité de distribution fait circuler en continu les composants à basse pression pour assurer un assemblage uniforme.

Durant le procédé d'injection, la pompe de distribution injecte les composants «isocyanate» et «polyol» dans un moule fermé au moyen d'un mélangeur qui assure le mélange par inertie complet des deux liquides. Dès qu'il y a un contact, une réaction chimique se produit immédiatement et crée une pression à l'intérieur du moule pour pousser le polyuréthane liquide dans toutes les parties de la cavité du moule [13].

II.5 Principe d'injection polyuréthane

Pour injecter correctement le polyuréthane dans la cellule (entre les deux parois), il faut percer une série de trous dans les parois intérieures. Ils doivent être espacés de moins d'un mètre [14] et ne doivent pas être répartis sur un motif de grille, car les diagonales dépasseraient la mesure recommandée [14].

Ensuite, le polyuréthane devra être injecté à travers ce trou, et puis toujours ce développe du bas vers le haut, afin d'obtenir un remplissage optimal de la cellule.

Une fois l'injection terminée, les trous devront être rebouchés. Le polyuréthane à l'état liquide se développe en mousse remplissant ainsi tout le volume entre les deux parois.

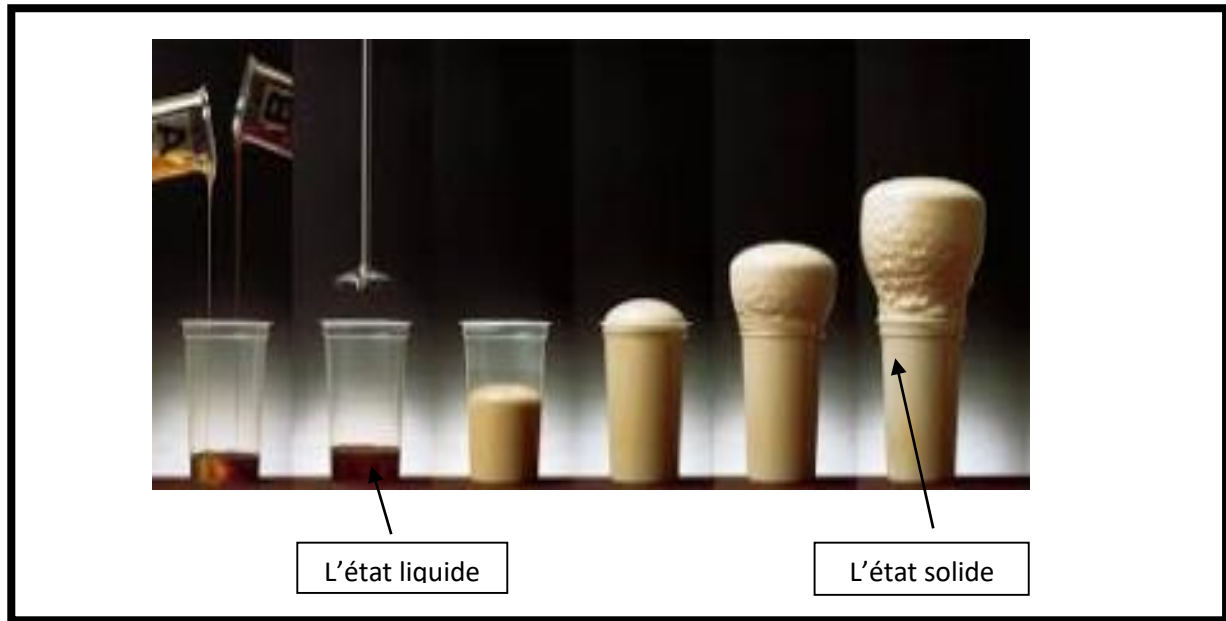


Figure II.2 : Développement de produit de l'état liquide à l'état solide [19]

II.6 Préparation d'injection polyuréthane

Avant de commencer toute opération, il faut d'abord vérifier tous les paramètres.

1. **Le volume de la cellule** (c'est le choix à calculer le volume de toute la cellule en m^3).
2. **la température** la température idéale c'est 21° (donnée par le constructeur).
3. **La densité** :- A l'échelle industrielle elle varie entre 40Kg/ m^3 et 45Kg/ m^3 .
- À l'échelle domestique elle varie entre 36Kg/ m^3 et 38Kg/ m^3 .
4. **Le poids** de l'iso et poly dépend du volume de la cellule.

$$m = V \cdot \rho$$

m : le poids de l'iso et le poly en **Kg**.

V : le volume de la cellule en m^3 .

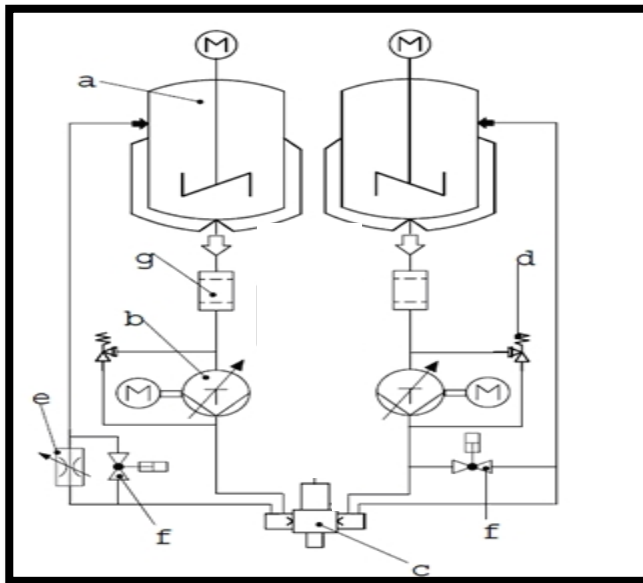
ρ : La densité de polyuréthane en **Kg/ m^3** .

5. **La pression** en **bar** (les données du constructeur de la machine) elle varie.
6. **Le débit** : c'est la quantité d'injection de polyuréthane par unité de temps, il est homogène avec la pression car la buse d'injection demeure constante. En **g/s** (Les données de constructeur de la machine).

II.7 Cycle d'injection polyuréthane

II.7.1 La machine d'injection

Equipement principale dans l'injection polyuréthane pour les produits frigorifiques, elle nous permet de transformer les deux produit isocyanate et polyol à la mousse polyuréthane qui injectera dans la cellule.



- A : réservoir.
- B : pompe.
- C : tête de mixage.
- D : capteur de pression.
- E : trop-plein.
- F : capteur.
- G : échangeur de chaleur.

Figure II.3 : Schéma d'une installation à haute pression avec système de recirculation [19].



FigureII.4 : Machine d'injection polyuréthane a haut pression –arial80.

II.7.2 Le fonctionnement

Le fonctionnement de la machine à injection polyuréthane est décomposé en 4 étapes :

- ❖ **Etape 1** : en premier lieu la machine aspire des deux produits isocyanate et polyol, vers les cuves de la machine sous une pression variant de 1,5 à 2 bars et à une température ambiante.



Figure II.5 : Aspiration des produits vers les cuves de la machines, futs de l'isocyanate (fut rouge) et du polyol (fut bleu).

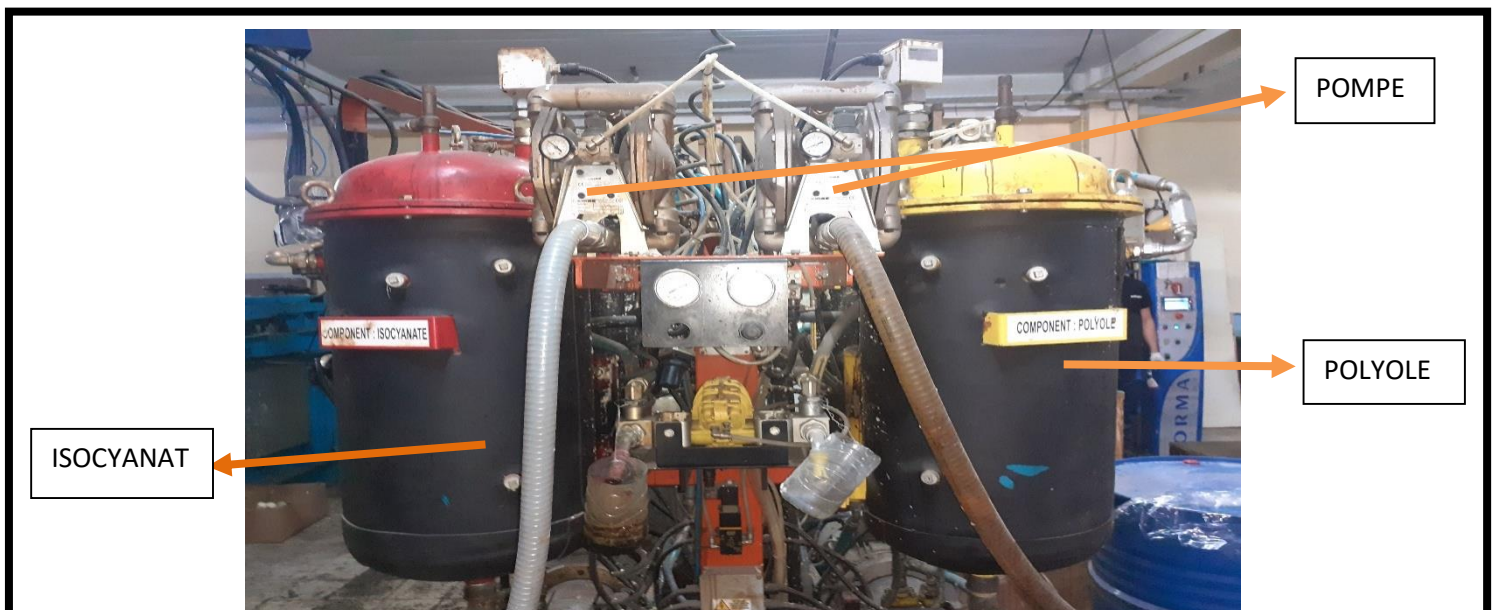
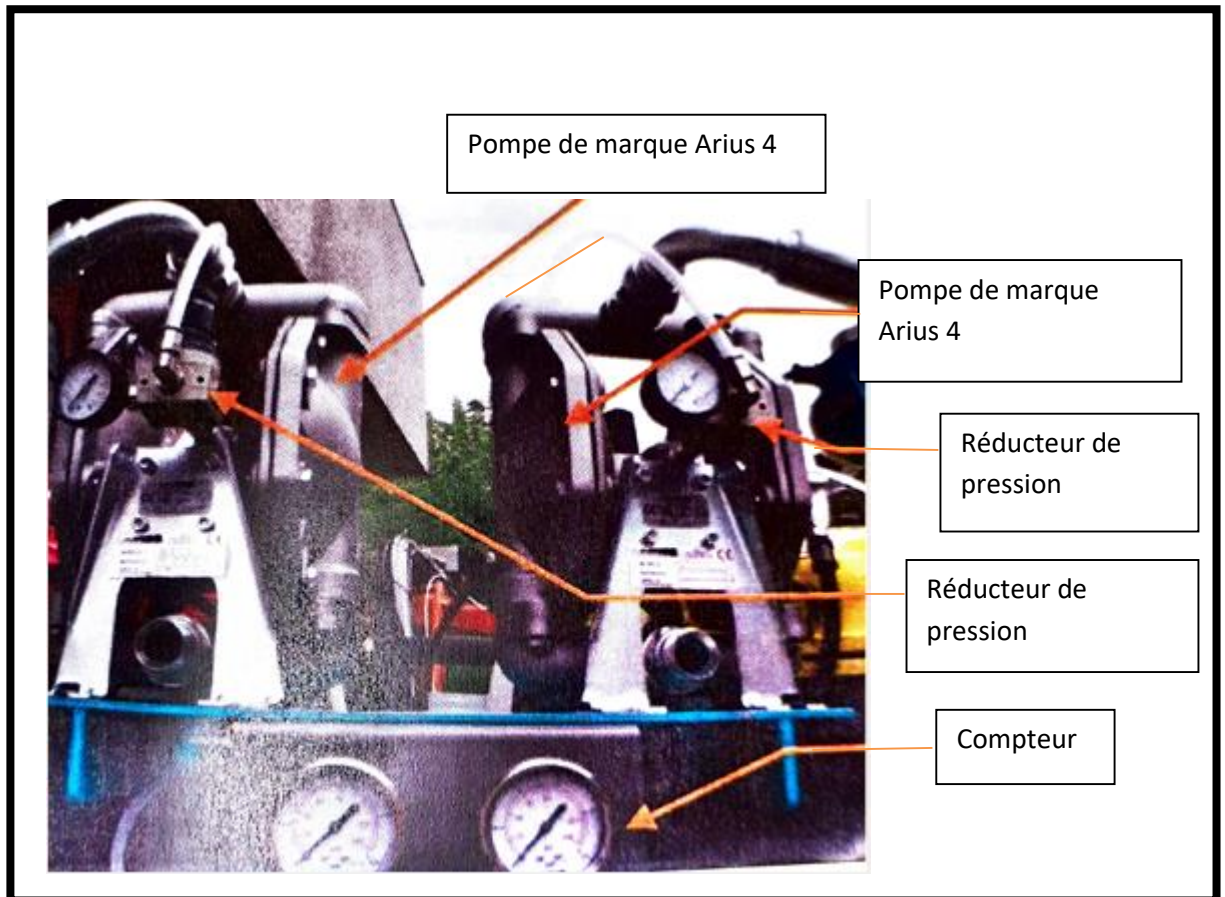


Figure II.6 : Les réservoirs (cuves) de la machine d'injection, munies de pompes.



FigureII.7 : Pompe de charge.

- ❖ *Etape 2* Après avoir rempli les deux réservoirs (cuves) en polyol et l'isocyanate, chaque produit est transféré (pompé) vers son échangeur de chaleur respectif, cette étape consiste à chauffer les deux produits à une température qui varie entre 21 et 30°.



Figure II.8 : Echangeur de chaleur volumineux.

- ❖ **Etape 3** Dans cette étape les deux produits sont écoulés vers la tête de mixage toujours à l'aide des pompes.



Figure II.9 : Ecoulement des deux produits vers la tête de mixage.

- ❖ **Etape 5** : finalement ces deux produits se mélangent dans la tête de mixage à une pression très élevée afin d'homogénéiser donnant ainsi ce qu'on appelle le polyuréthane à l'état liquide.

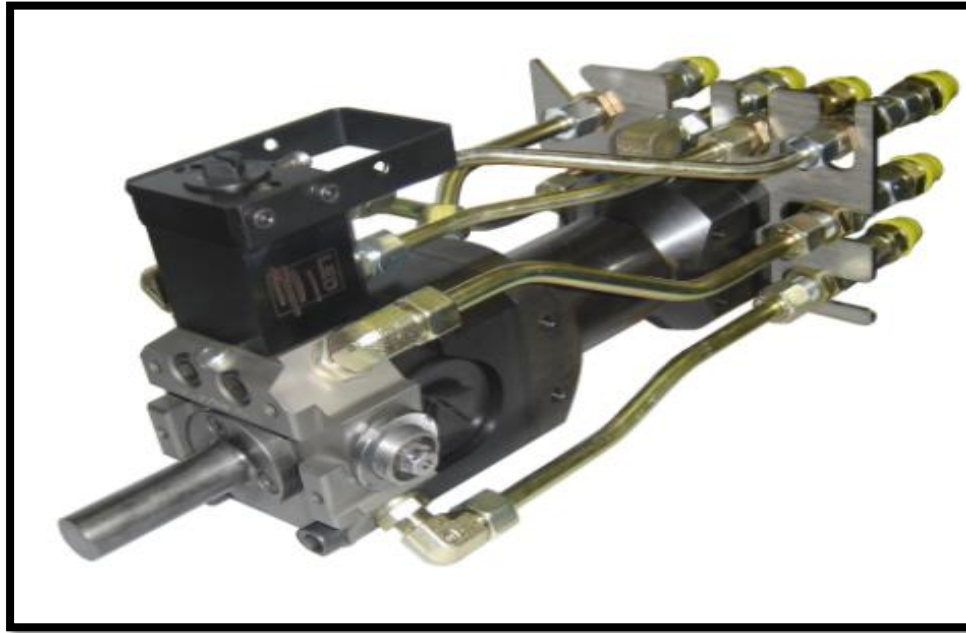


Figure II.10 : La tête de mixage.

II.7.3 Développement de la mousse dans la cellule

Pour voir le développement de la mousse polyuréthane dans la cellule nous avons fait un test d'injection sur un cadre en plexiglas **600.600.50 mm**.

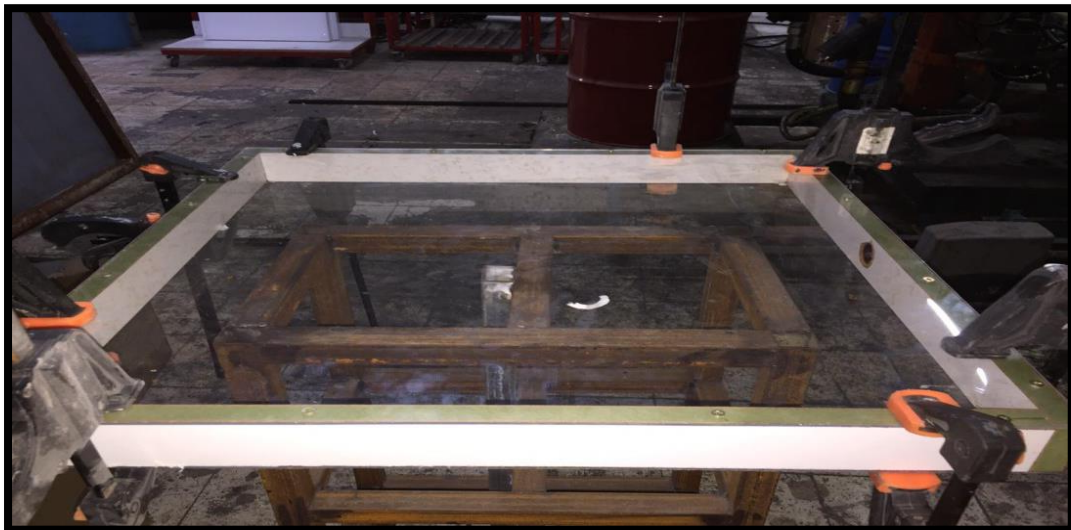


Figure II.11 : Le cadre utilisé pour le test avant l'injection.

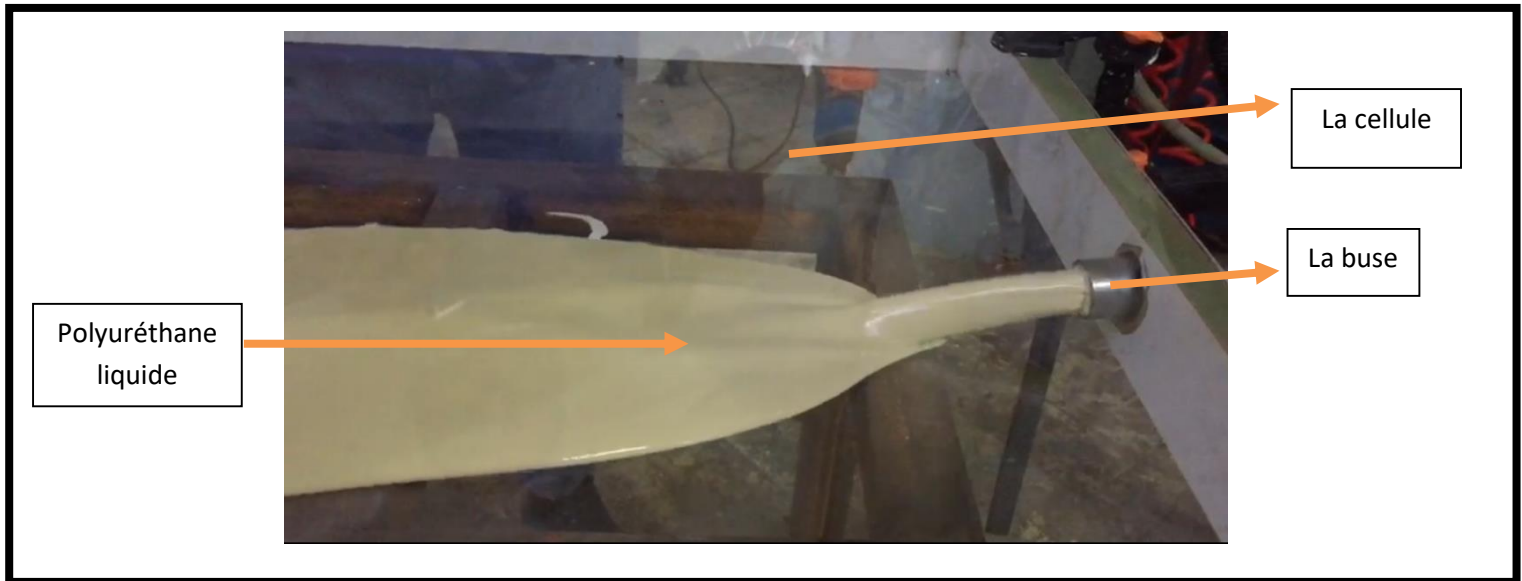


Figure II.12 : Le produit final (polyuréthane).

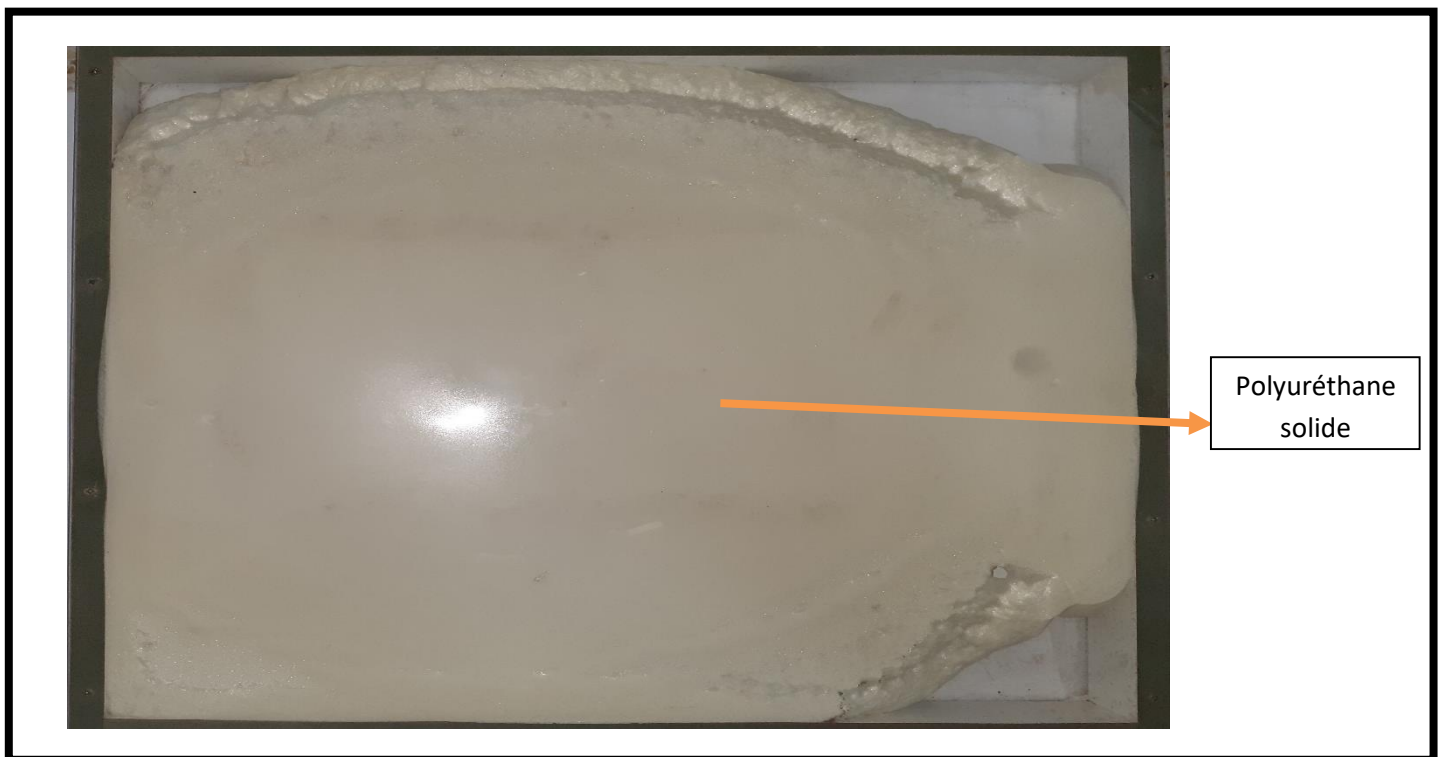


Figure II.13 : Le résultat obtenu après le test d'injection.

II.8 Les moules

II.8.1 Le moule en générale

Le moule est l'outil utilisé en injection des polymères, qui remplit plusieurs fonctions et il a pour but de donner à la matière une forme finale nommée pièce ou article.

Les matériaux utilisés pour la fabrication des moules d'injection de sont principalement des aciers choisis selon le procédé de fabrication retenu pour le moule et les conditions d'utilisation (solllicitations, interactions avec les polymères) [15].

Le choix des aciers pour moules d'injection ne doit cependant pas dépendre uniquement des propriétés thermiques mais aussi de la résistance mécanique [15].

A la fin de l'injection du polymère fondu dans la cavité du moule, on obtient la pièce sous sa forme complète. Pour l'éjecter, on doit actionner l'arbre d'éjection qui porte le plateau, cette dernière porte la pièce vers l'arrière en retrouvant sa position initiale.

II.8.2 Moule d'injection polyuréthane pour réfrigérateur

II.8.2.1 Démonstration

Au sein d'entreprise **INFRIGORE** spécialisé dans la fabrication des produits frigorifique ils utilisent plusieurs moules pour l'injection de polyuréthane dans les cellules des produits différents.

Ce moule d'injection contient **3** partie **A** et **B** (partie intérieur, extérieur et la base).

- A) Parti extérieur :** cette partie représente tous les éléments de fermeture qui sont responsable pour le calage de la partie extérieur de la cellule du produit (frigo).
- B) Partie intérieur :** c'est l'ensemble des éléments localisé entre les portes de moule sous forme des blocs a des dimensions spécifique (tout dépend de produit voulu), cette partie fonctionne spécialement pour le calage de la partie intérieur de la cellule de produit et aussi pour l'éjectée à la fin de l'injection.
- C) La base :** c'est l'élément ou on fixe la partie extérieure et la partie intérieur (bâti).

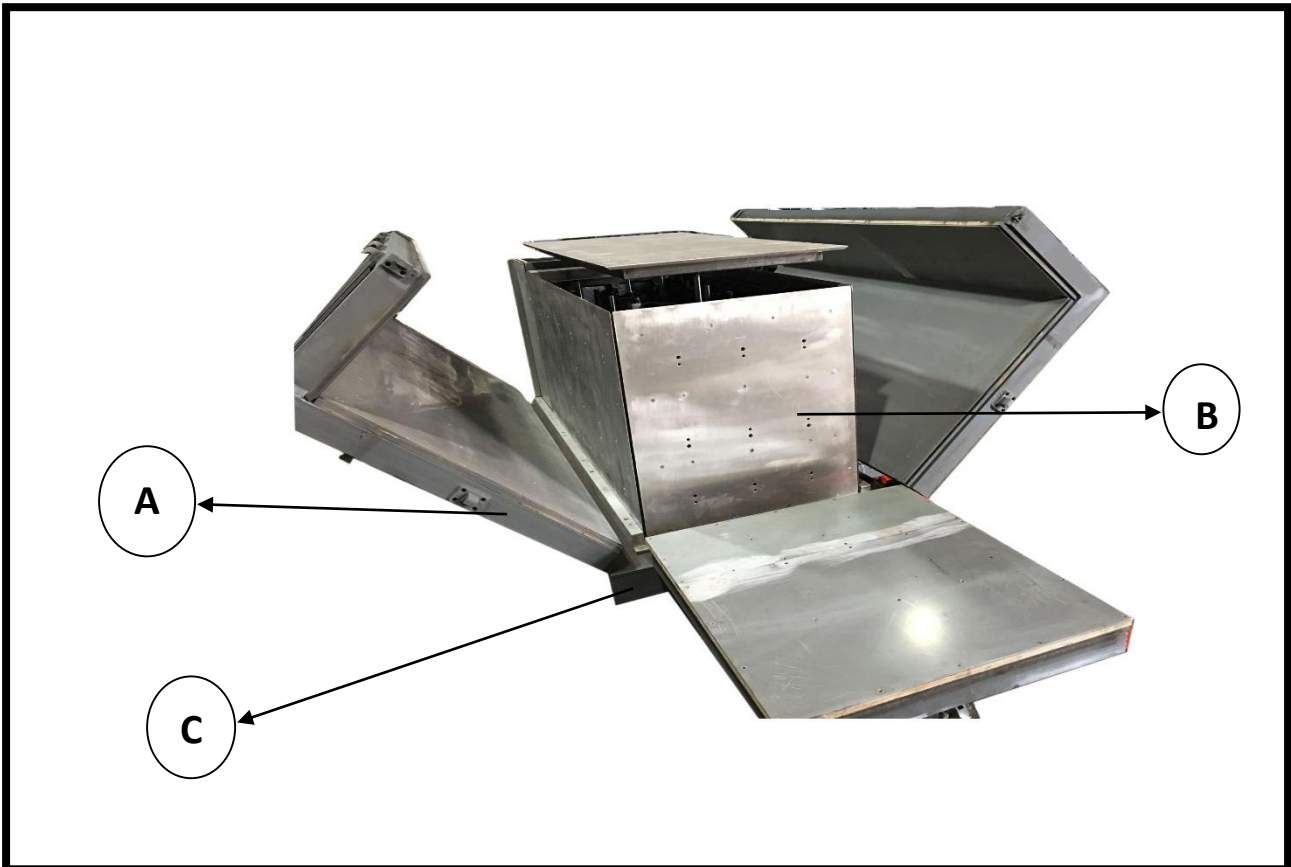


Figure II.14 : Composition de moule d'injection polyuréthane.

Les deux parties **A** et **B** sont des parties mobiles fonctionne principalement pour garder le parallélisme des parois du produit (frigo) lors de l'injection de polyuréthane.

II.8.2.2 Outillage

Les moules d'injection polyuréthane pour les produits frigorifiques sont généralement faits en acier et aluminium.

Ces moules en acier avec les plaques en aluminium usiné spécialement pour résisté contre les force de réaction du polyuréthane.

II.9 Conclusion

La machines de l'injection plastique a un rôle très important dans le fonctionnement du moule d'injection (fixation du moule, fermeture, remplissage, refroidissement, ouverture et éjection des produits).

Chapitre III

Conception du moule

III.1 Introduction

Le moule d'injection polyuréthane est un ensemble mécanique de très grande précision qui permet de fabriquer des produits frigorifiques en injection la mousse polyuréthane dans les cellules pour l'isolation.

Au sein de l'entreprise **INFRIGORE** existe plusieurs modèles des moules pour des produits différents en terme de désigne et démontions, et a simple fonction.

Le fonctionnement de ces moules demande des efforts physiques des opérateurs pour ouverture et fermeture des portes.

La fabrication des produits différents nécessite le déplacement et remplacement de moule par un autre moule adéquat au nouveau du produit.

Pour cela il nous a été proposé de modéliser et fabriquer un moule modulable et pneumatique qui permet de fabriquer 3 types de meubles réfrigérés différents sans le changement de moule et de diminuer les efforts physiques des opérateurs.

III.2 Logiciel utilisée

Un programme en général de type industriel doit être capable de résoudre des problèmes variés de grandes tailles (de mille à quelques centaines de milliers de variables).

Ces programmes complexes nécessitent un travail d'approche non négligeable avant d'espérer pouvoir traiter un problème réel de façon correcte.

Citons à titre d'exemple quelques noms de logiciels : SOLID WORKS (COSMOS WORKS), KATIA, ABAQUS, ANSYS.... Etc.

Les possibilités offertes par de tels programmes sont nombreuses :

- Analyse statique ou dynamique.
- Prise en compte de lois de comportement complexe.
- Prise en compte de phénomènes divers (élasticité, thermique, ...).
- Problèmes d'optimisation, etc.

L'utilisation de tels programmes nécessite une formation de base minimale.

III.3 Modélisation géométrique des composantes

La modélisation géométrique des pièces d'une extrudeuse avec le logiciel SolidWorks passe par 3 étapes :

- Création des pièces en model de 2D (2 dimensions).
- Création des pièces en model 3D (3 dimensions).
- Assemblage des pièces [16].

III.4 Les différentes utilisations de SolidWorks

Ce logiciel est utilisé par des concepteurs, des ingénieurs, des étudiants et d'autres professionnels pour concevoir des pièces, des assemblages et des mises en plan complexes.

De plus ils peuvent être utilisés dans plusieurs domaines, nous citons par exemple :

- Produit du design industriel.
- Ouvrages de génie civil.
- Ouvrages d'architecture.

III.5 Conception et modélisation

Dans cette partie nous présentons les différents modèles de conception des parties de notre moule à injection polyuréthane pour les produits frigorifiques.

III.6 Les différents moules existant dans l'entreprise INFRIGORE



Figure III.1 : Moule d'injection pour des meubles frigorifiques à 2 portes.

III.7 Les différents modèles de produit qu'on peut réaliser à l'aide de ce nouveau moule

Ce nouveau moule peut produire 3 types de meuble différents :

- A. Meuble frigorifique à 2 portes.
- B. Meuble frigorifique à 3 portes.
- C. Meuble frigorifique à 4 portes.

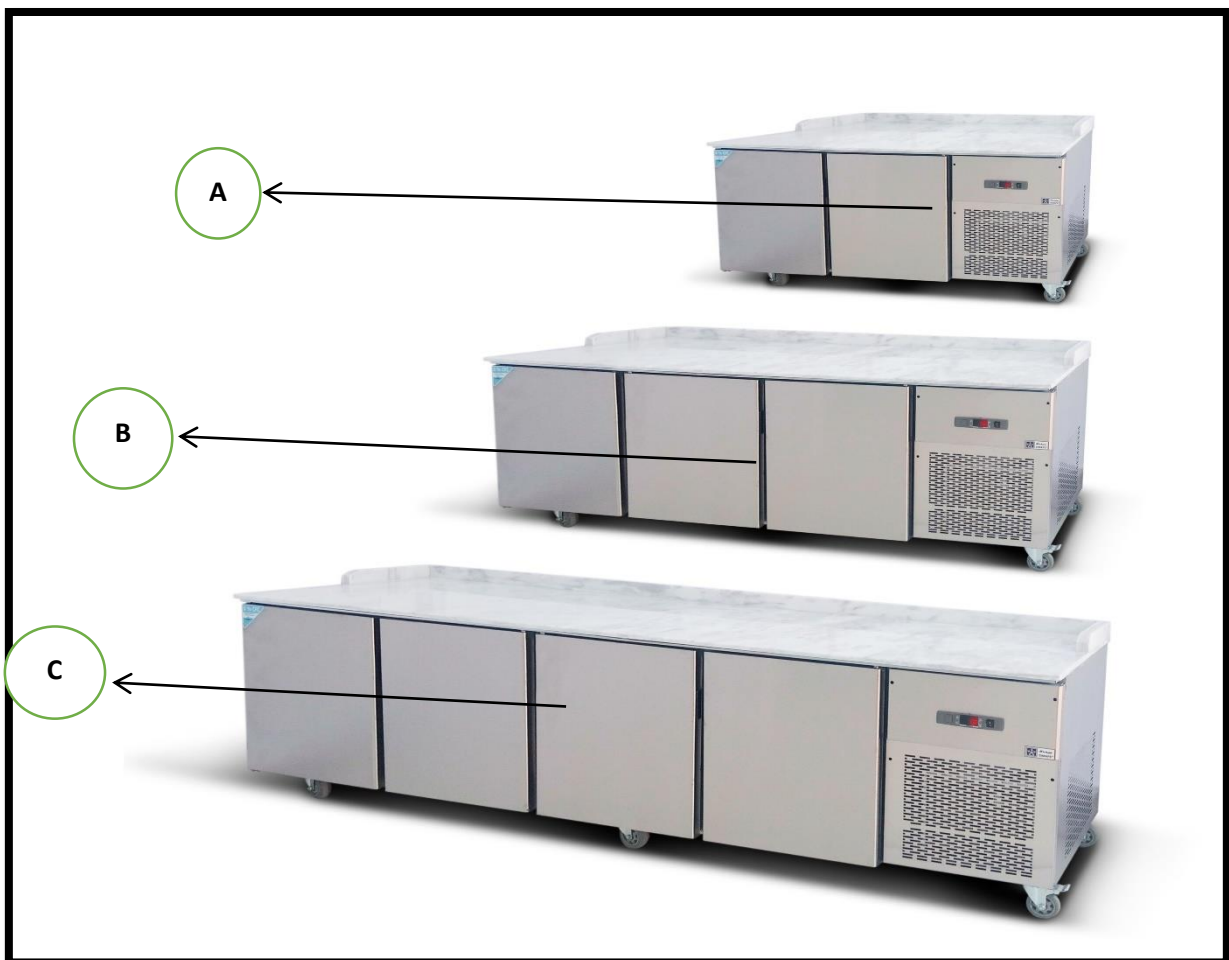


Figure III.2 : Les différents modèles du produit.

III.7.1 Les dimensions de ces produits

Dans cette étape nous prenons en considération un seul type de produit.

Les figures III.3, III.4, III.5, III.6 représente le modèle de produit a 2 portes et ses dimension.

➤ *Meuble frigorifique à 2 portes*



Figure III.3 : Modèle 3D de produit à 2 portes sur SolidWorks.

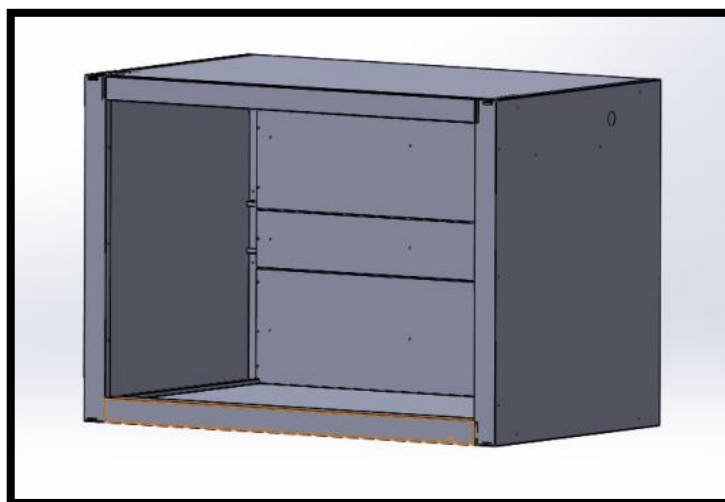


Figure III.4 : La cellule de produit à 2 portes.

III.8 Dessin de produit frigorifique

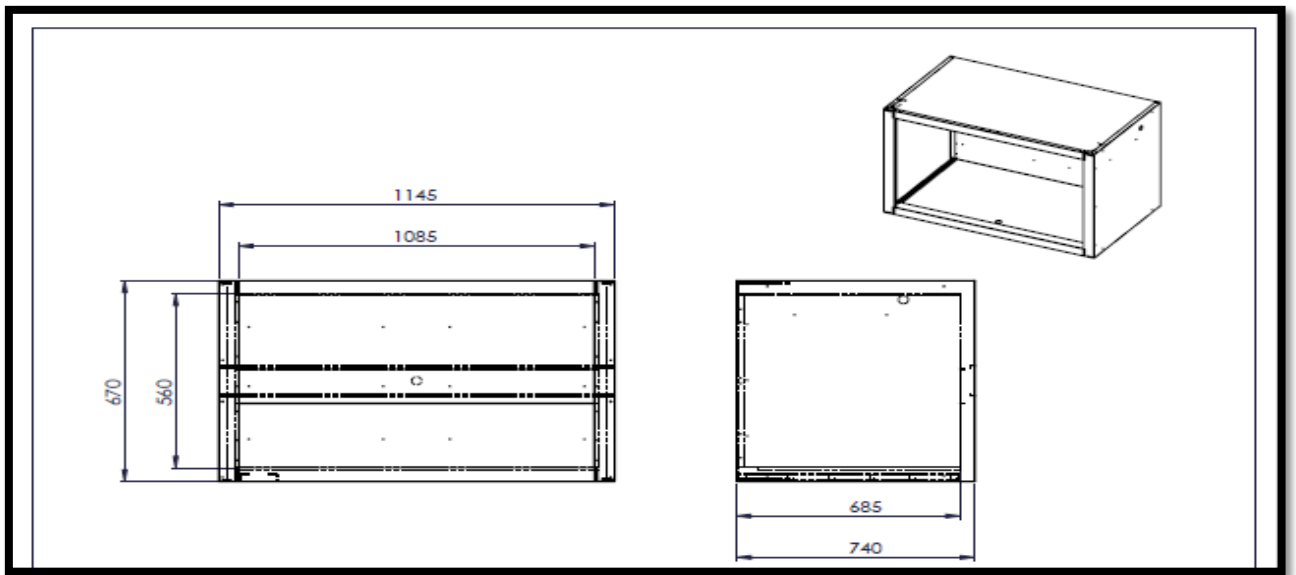


Figure III.5 : La mise en plan de la cellule.

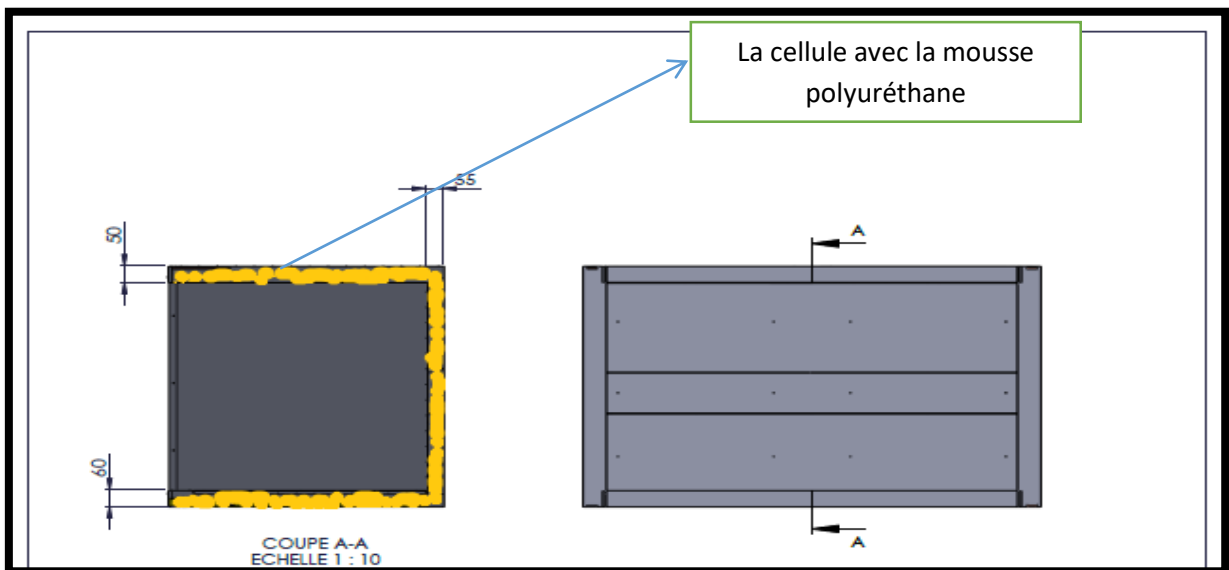


Figure III.6 : Mise en plan de la cellule coupe A-A.

III.9 Le moule

III.9.1 Définition de moule modulable

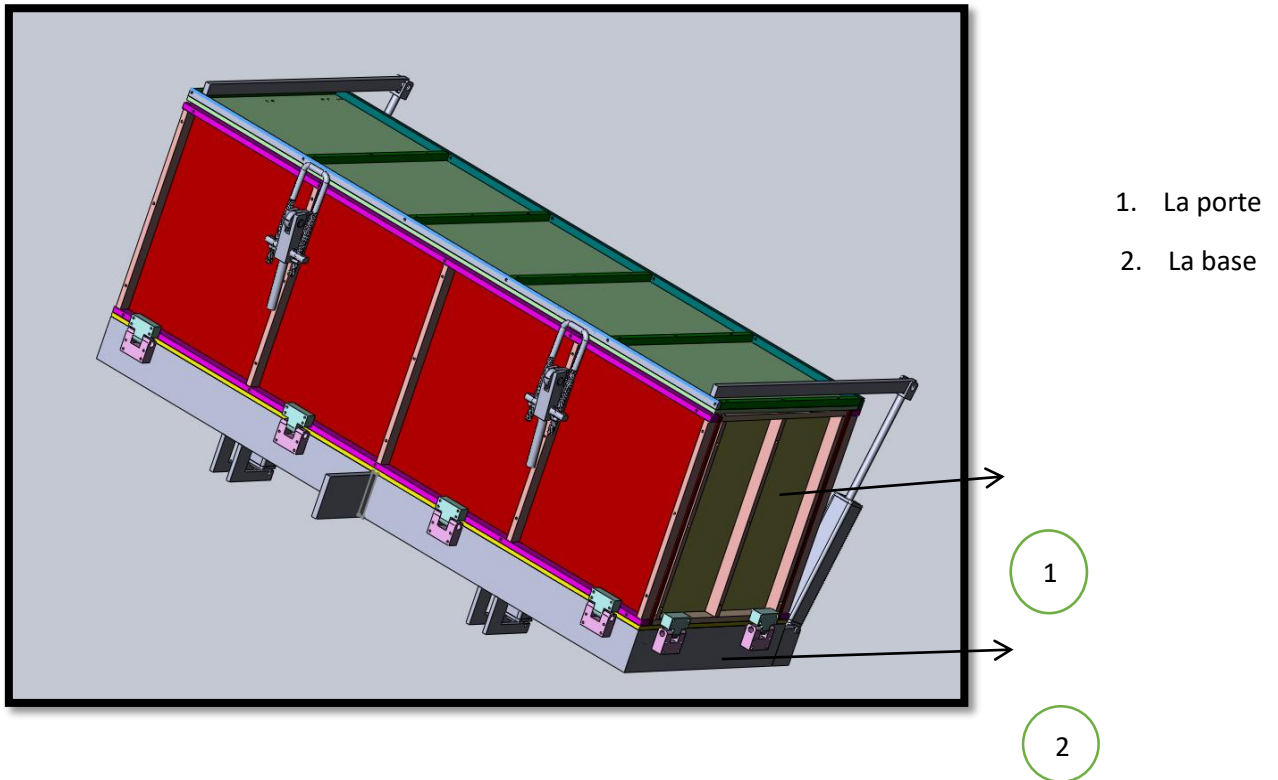


Figure III.7 : Le moule modulable en 3D fermé.

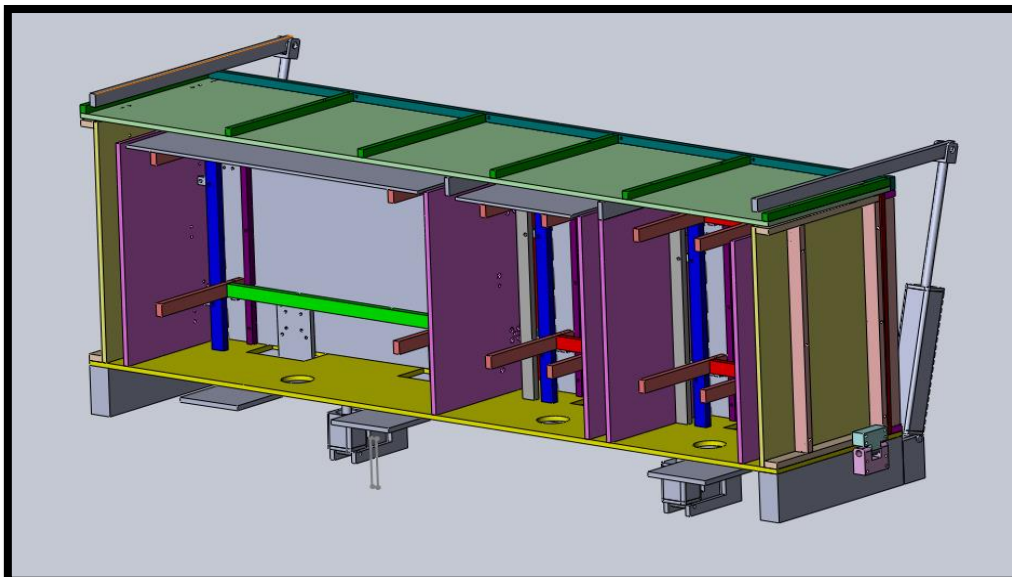


Figure III.8 : vue intérieur de moule.

❖ **Dimensions du moule**

Hauteur : 945mm.

Largeur : 2391mm.

Hauteur : 790mm.

❖ **Masse du moule :**

800 kg.

❖ **Type de régulation :**

- Outillage 3 BLOC.

- Moule 16 plaques en aluminium pour les blocs et 4 plaque pour les portes.

-volume de la cellule 400 000 mm².

❖ **Température de régulation :**

Température du moule 40° à 45°.

III.9.2 Dessin de définition des différents éléments du moule

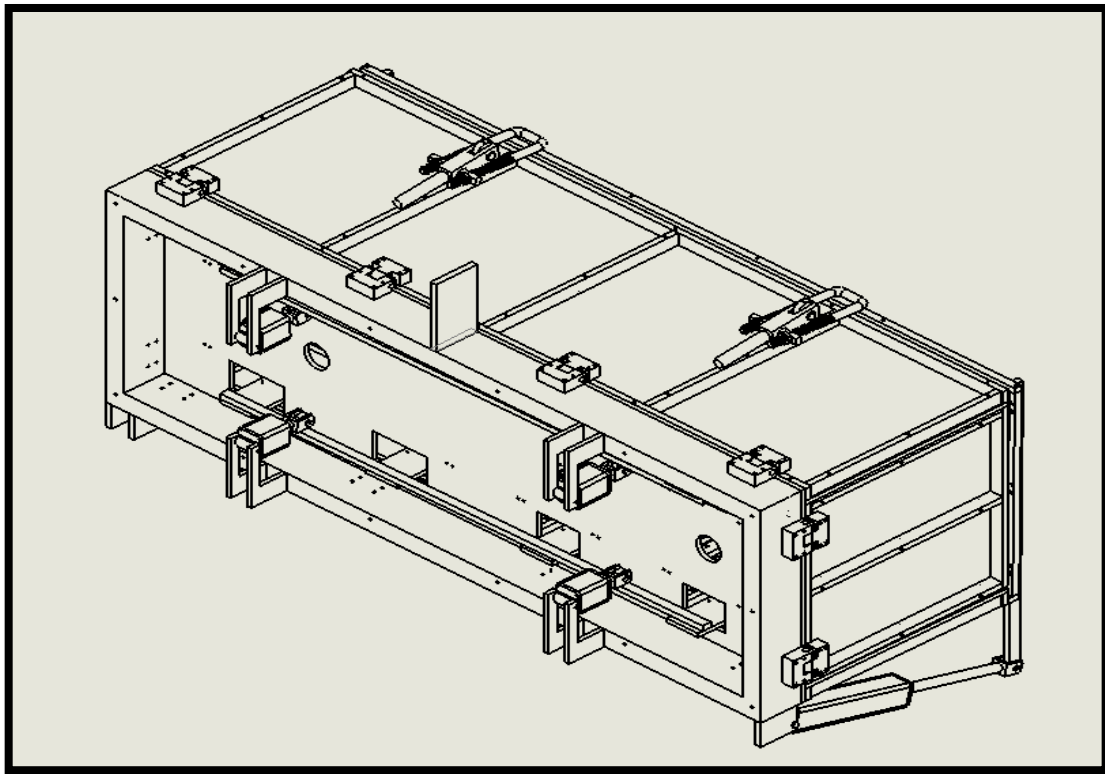


Figure III.9 : Dessin de définition de moule.

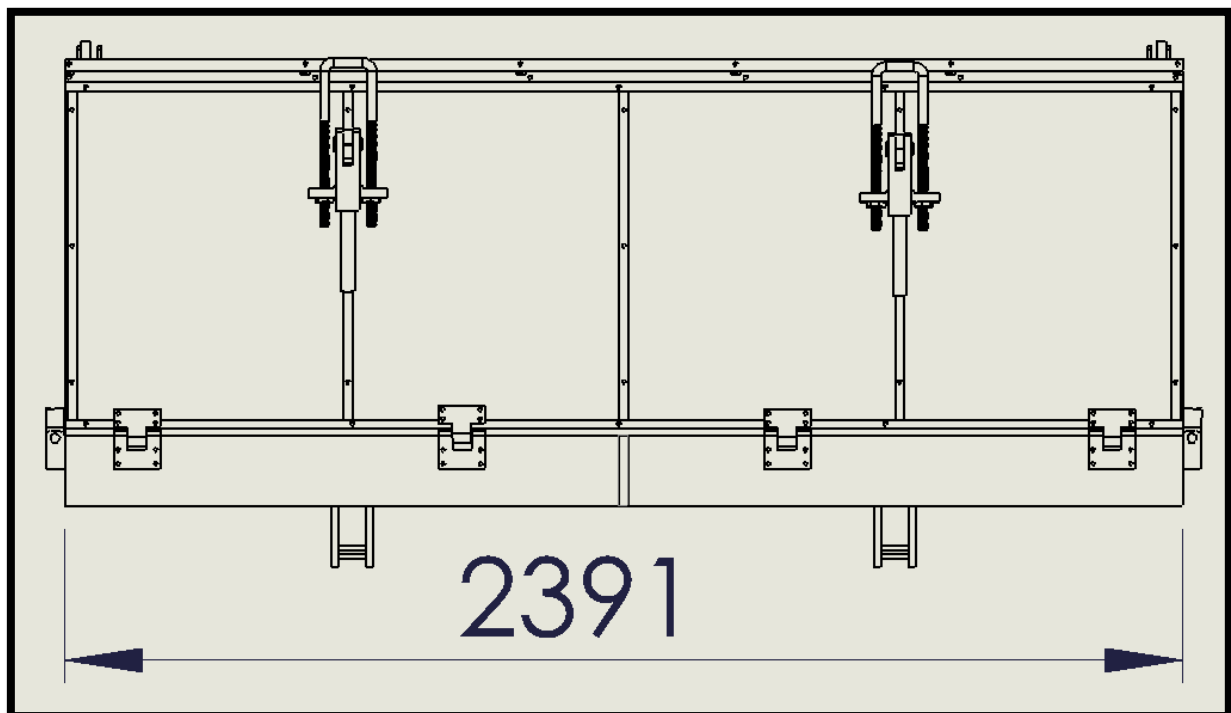


Figure III.10 : La vue de face du moule.

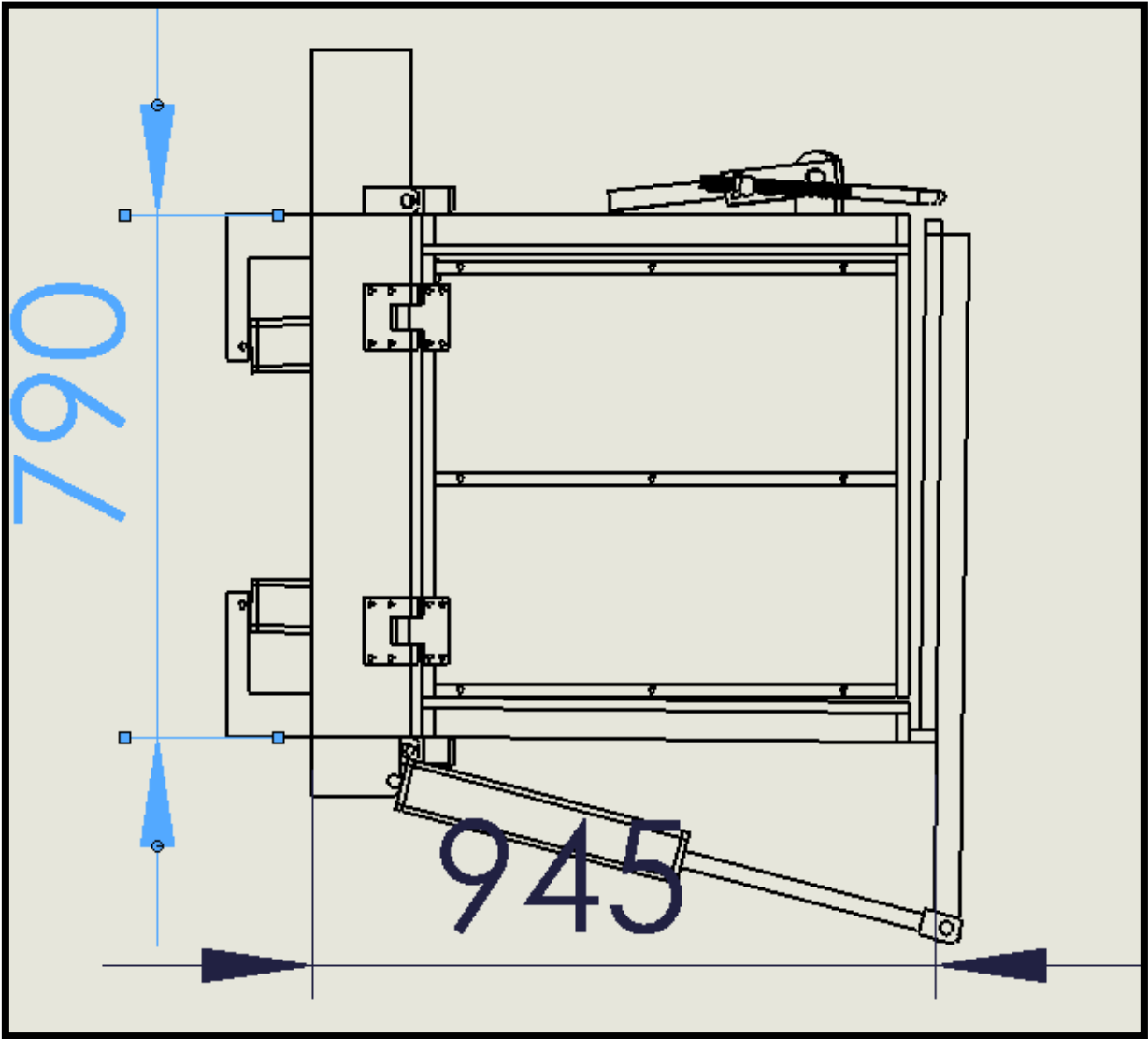


Figure III.11 : La vue de gauche du moule.

III.9.3 Dessin industriel

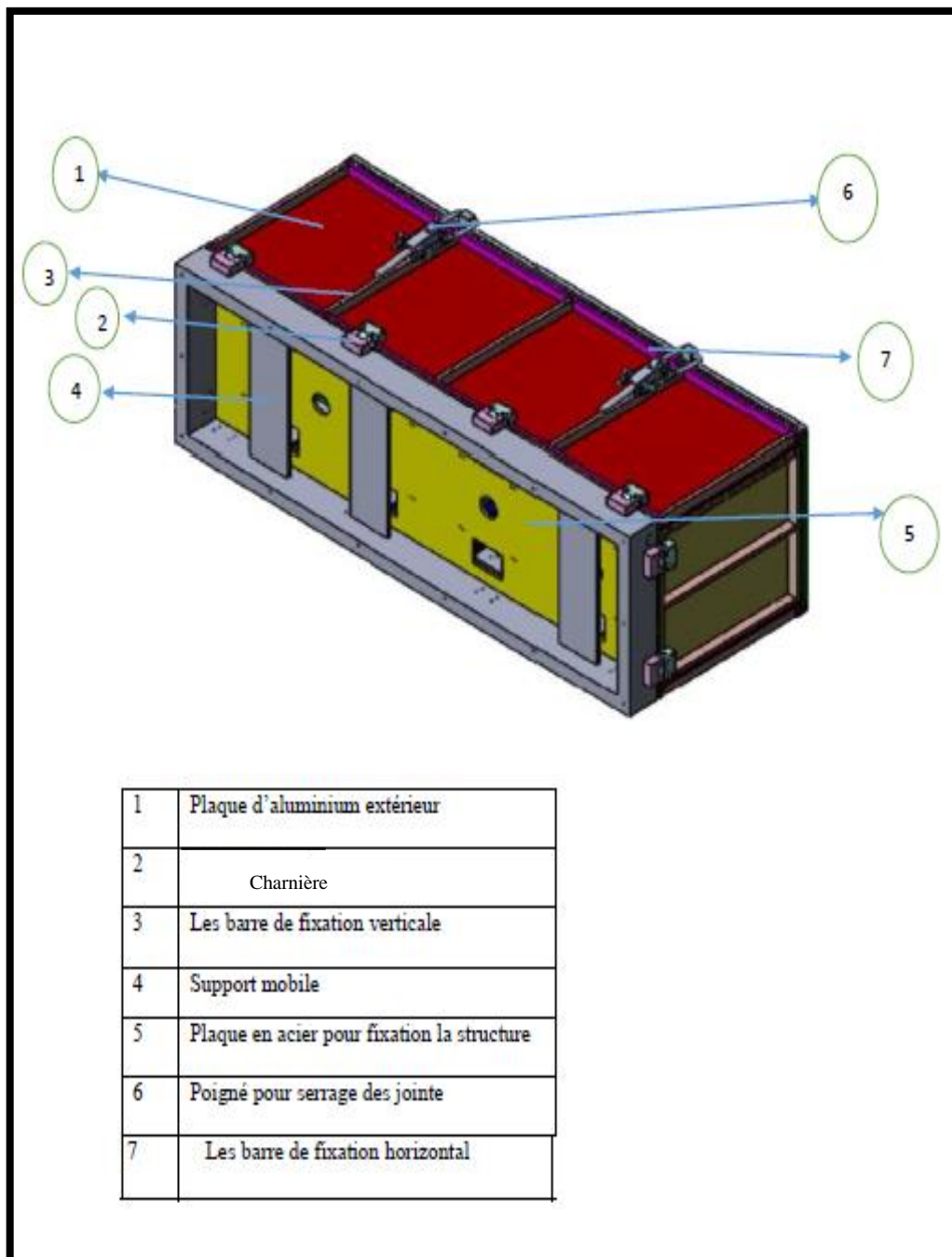


Figure III.12 : Le dessin industriel de la partie extérieure.

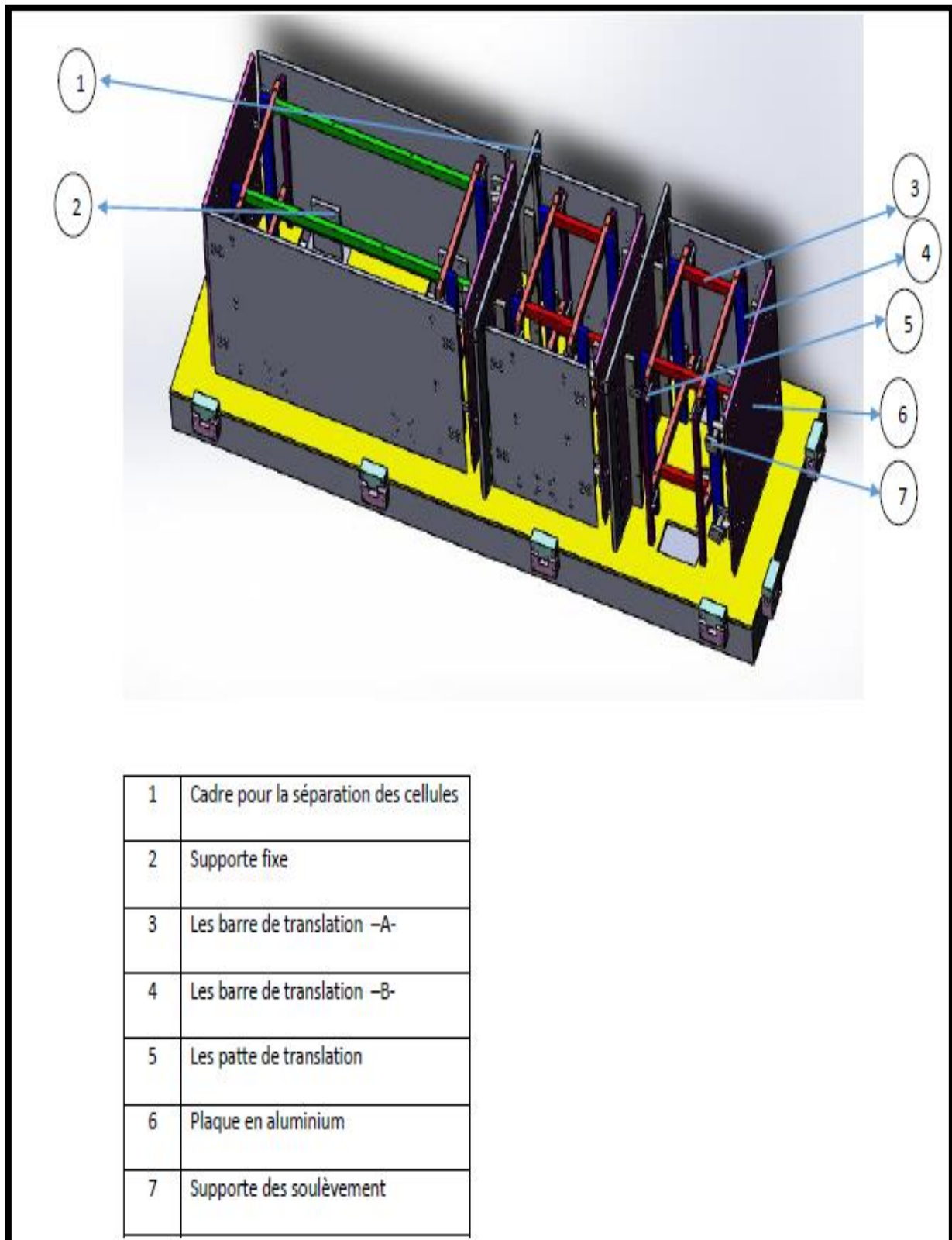


Figure III.13 : Dessin industriel de la partie intérieur.

III.10 Simulation et étude de résistance des différentes pièces de moule

III.10.1 Définition de la simulation

La simulation est l'un des outils d'aide à la décision les plus efficaces à la disposition des concepteurs et des gestionnaires des systèmes complexes. Elle consiste à construire un modèle d'un système réel et à conduire des expériences sur ce modèle afin de comprendre le comportement de ce système et d'en améliorer les performances [17].

Remarque ; pour la simulation des pièces de notre moule nous avons pris quelque modelé des pièces.

III.10.2 Simulation des plaques en aluminium

Durant cette étude nous prenons une plaque en aluminium.

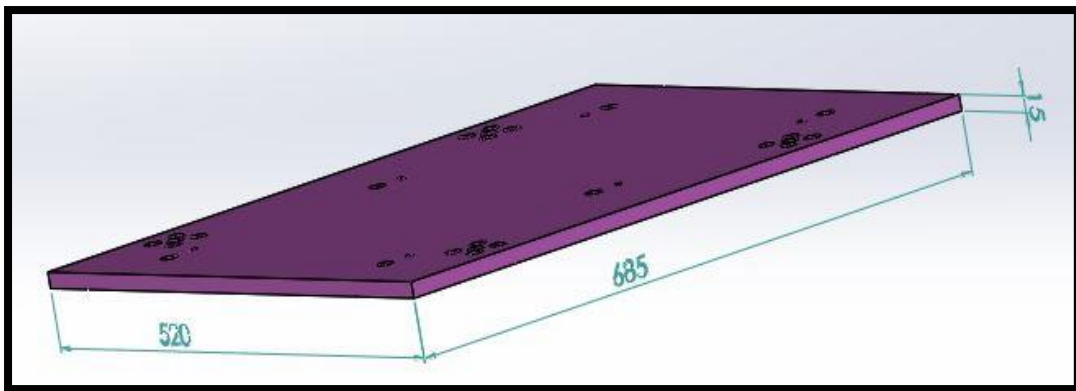


Figure III.14 : Les dimensions de l'élément 6 de la figure III.13.

Pour simulé cette plaque en aluminium nous suivons les étapes suivantes :

- Importé le modelé de pièce.
- Définir le matériau de la pièce.
- Nous fixons la plaque dans les zones de fixation par la fonction de géomètre fixe.
- Nous appliquons une force maximale **1000N (100 Kg)**.
- Nous choisissons le maillage (maillage moyen).
- Exécution de l'étude.

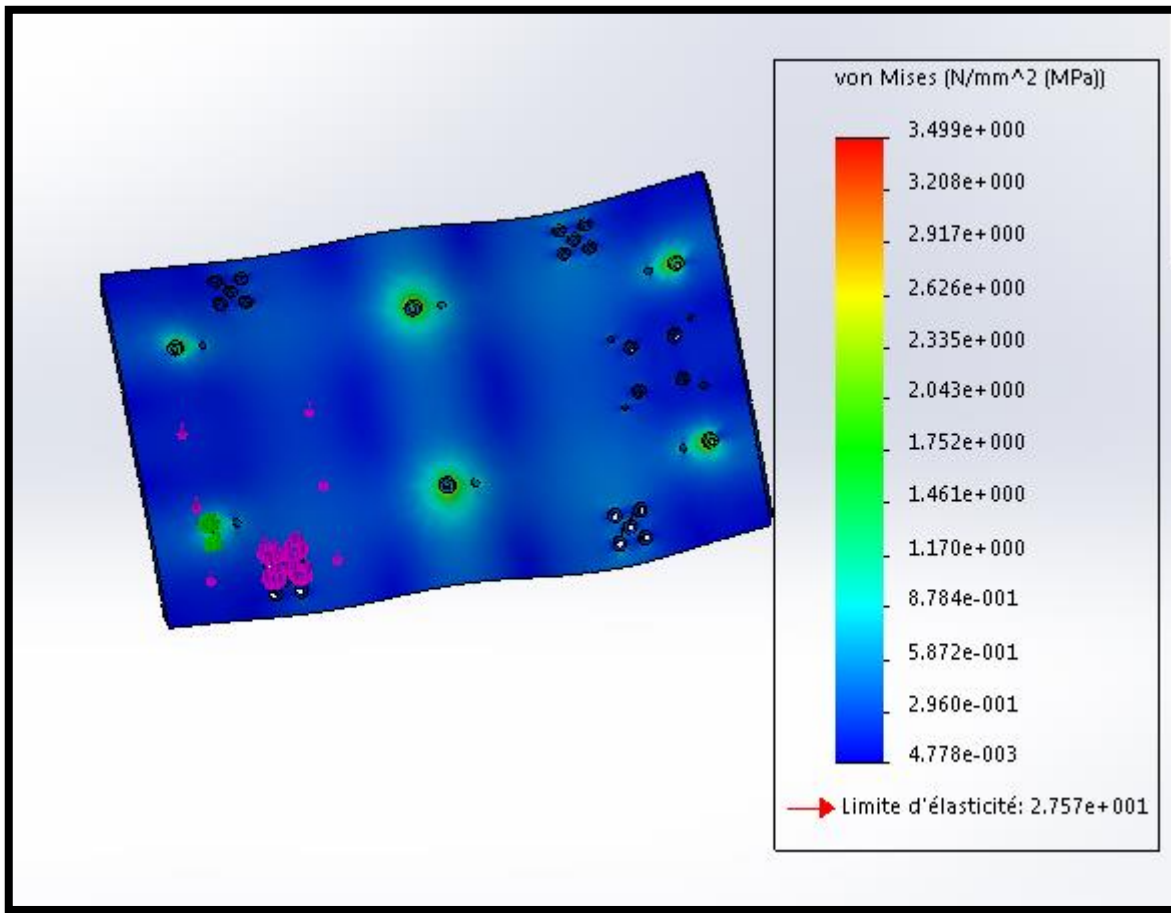


Figure III.15 : Distribution de la contrainte de Von Mises sur la plaque d'aluminium.

Après avoir exécuté l'étude on a obtenu des résultats acceptables :

- La plaque en aluminium résiste à une charge de **1000N**.
- La zone la plus sollicitée c'est la zone de fixation de la plaque (les perçages des vis) **3.208N/mm²**.
- La limite d'élasticité d'aluminium **27.57 N/mm²**.

La force de la réaction de la mousse polyuréthane inférieure à la force appliquée lors de la simulation.

Donc la plaque résiste légèrement.

III.10.3 Étude de résistance des plaques en aluminium

$$\sigma_{réelle} \leq \sigma_{pe}$$

$$\sigma_{réelle} = \frac{F}{S}$$

σ_{pe} : La limite d'élasticité en **N/mm²**.

F : la force appliqué en **N**.

S : la surface de la section en **mm²**.

Donné :

F = 1000 **N**.

S = 283220 **mm²**.

Application numérique :

$$\sigma_{réelle} = \frac{1000}{283220}$$

$$\sigma_{réelle} = 3.53 \text{N/mm}^2.$$

III.10.4 Simulation de la sous base

Les dimensions de cette plaque :

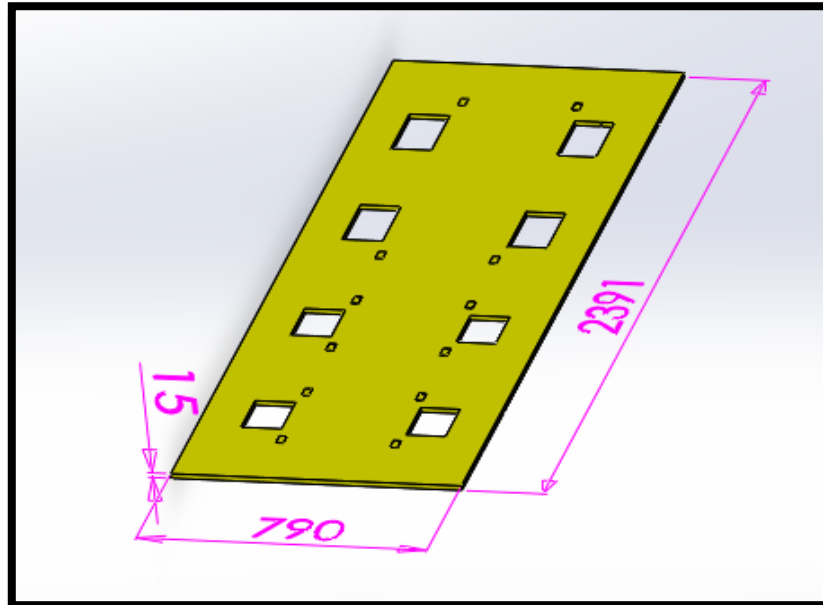


Figure III.16 : Les dimensions de la sous base.

On a suivi les mêmes étapes de la pièce précédente (la plaque d'aluminium).

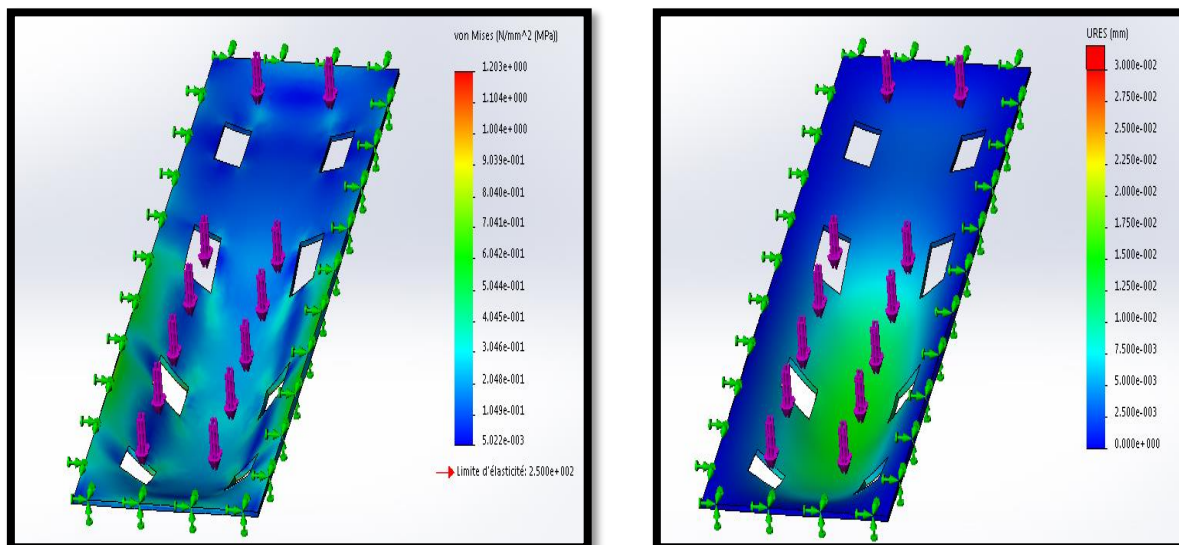


Figure III.17 : Distribution de la contrainte de Von Mises et les déplacements imposés sur la sous base.

Après avoir exécuté l'étude on a obtenu des résultats acceptables :

- La sous base en acier E36 résiste à une charge de **40 N** pour chaque barre de fixation.
- La zone la plus sollicité c'est la zone de fixation des barres **0.7 MPa**.
- La limite d'élasticité d'acier **250 Mpa**.

Donc la barre résiste légèrement.

Les résultats de déplacement imposé sont acceptable car :

Si on prend $\frac{l}{1000} = \frac{2390}{1000} = 2.3 \text{ mm}$

Comparant se rapport avec les résultats obtenu dans les déplacements imposé en remarque que ses deux valeurs sont différents

D'après la figure III.17 :

Rapport= 0.0175 mm

Donc $0.0175 < 2.3$

III.10.5 Simulation de l'axe

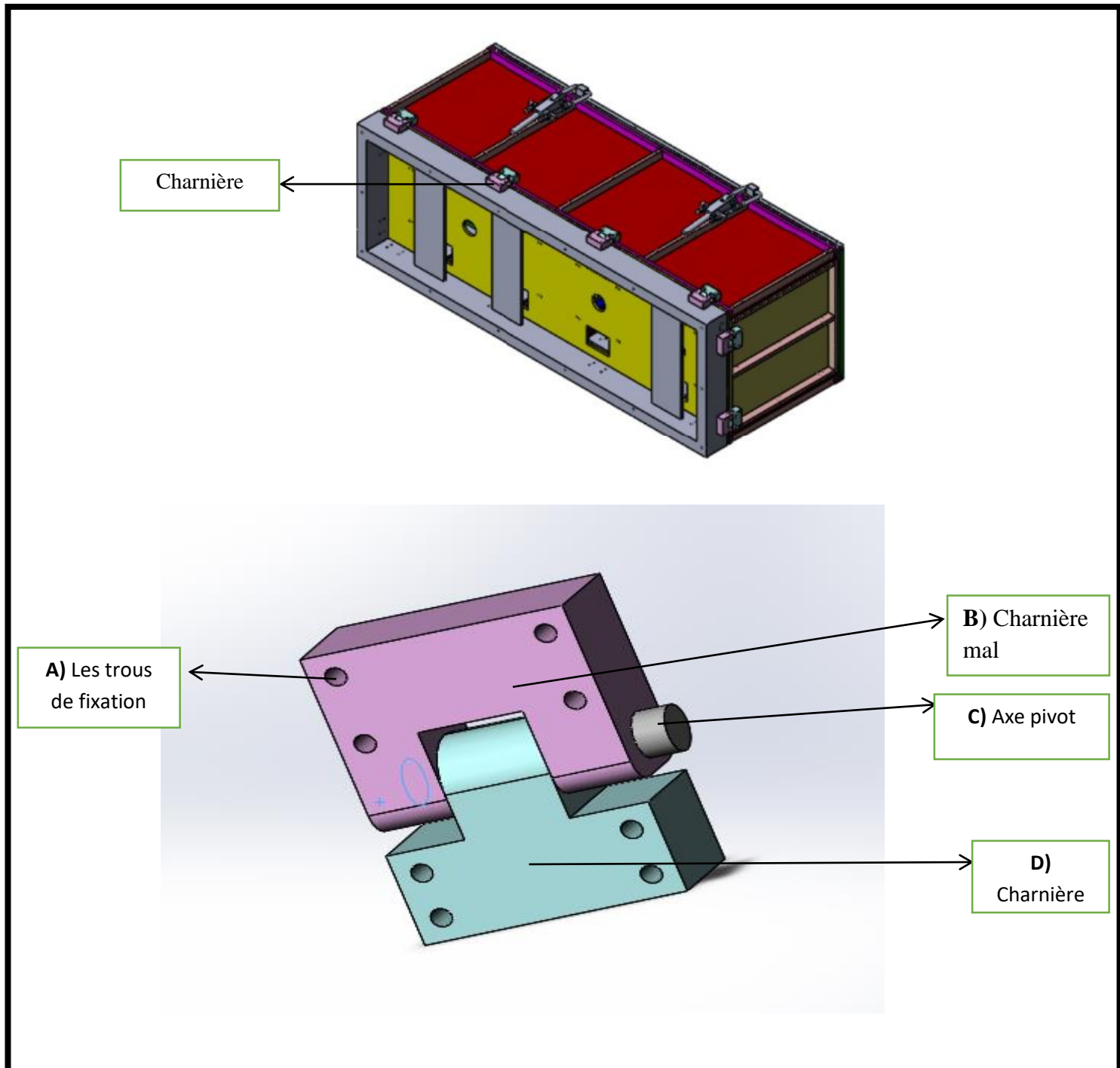


Figure III.18 : Assemblage des charnières.

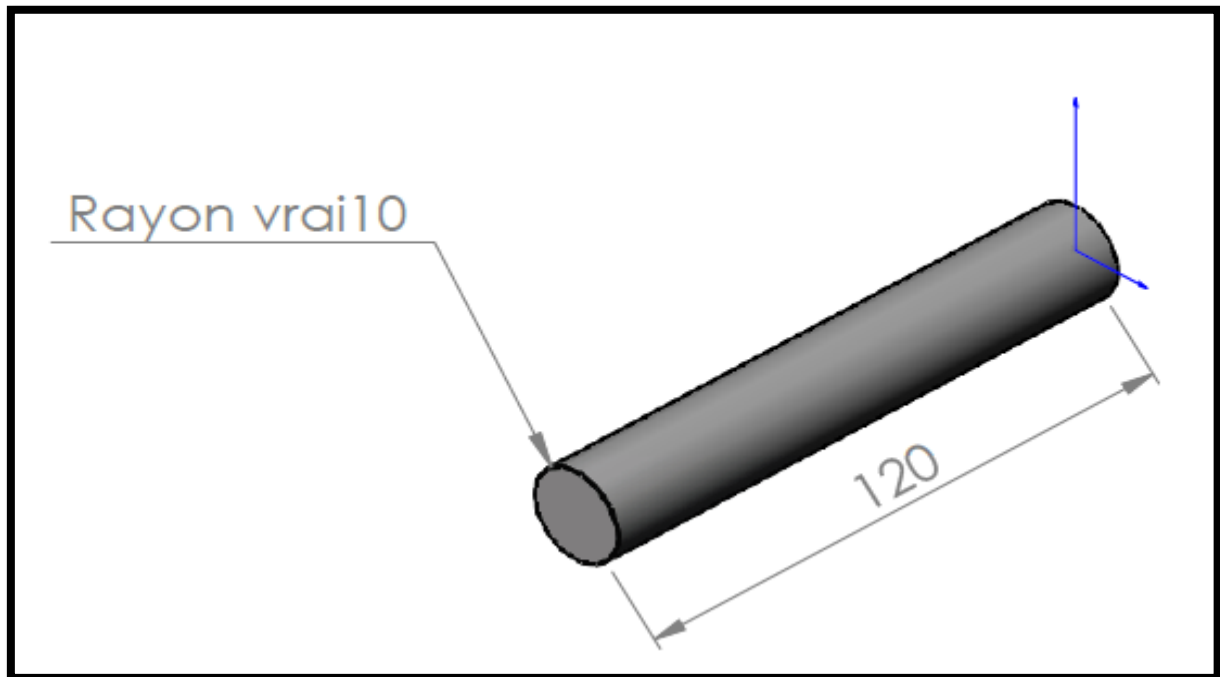


Figure III.19 : Les dimensions de l'élément c de la figure III.18.

On a suivi les mêmes étapes précédentes.

Dans cette étude on a appliqué une force de 325N.

Le poids des grandes portes égales à 130 Kg équivalent à 1300N.

Cette porte contient 4 paumelle donc la charge appliquée sur chaque paumelle est 32,5Kg.

$$F = \frac{F_{total}}{n}$$

F : la charge appliquée sur une seule paumelle en **N ou Kg**.

F_{total} : Le poids total de la porte en **N ou Kg**.

n : nombre de paumelle utilisé pour la fixation d'une seule portes.

$$F = \frac{1300}{4}$$

F = 325N.

Simulation sur SolidWorks.

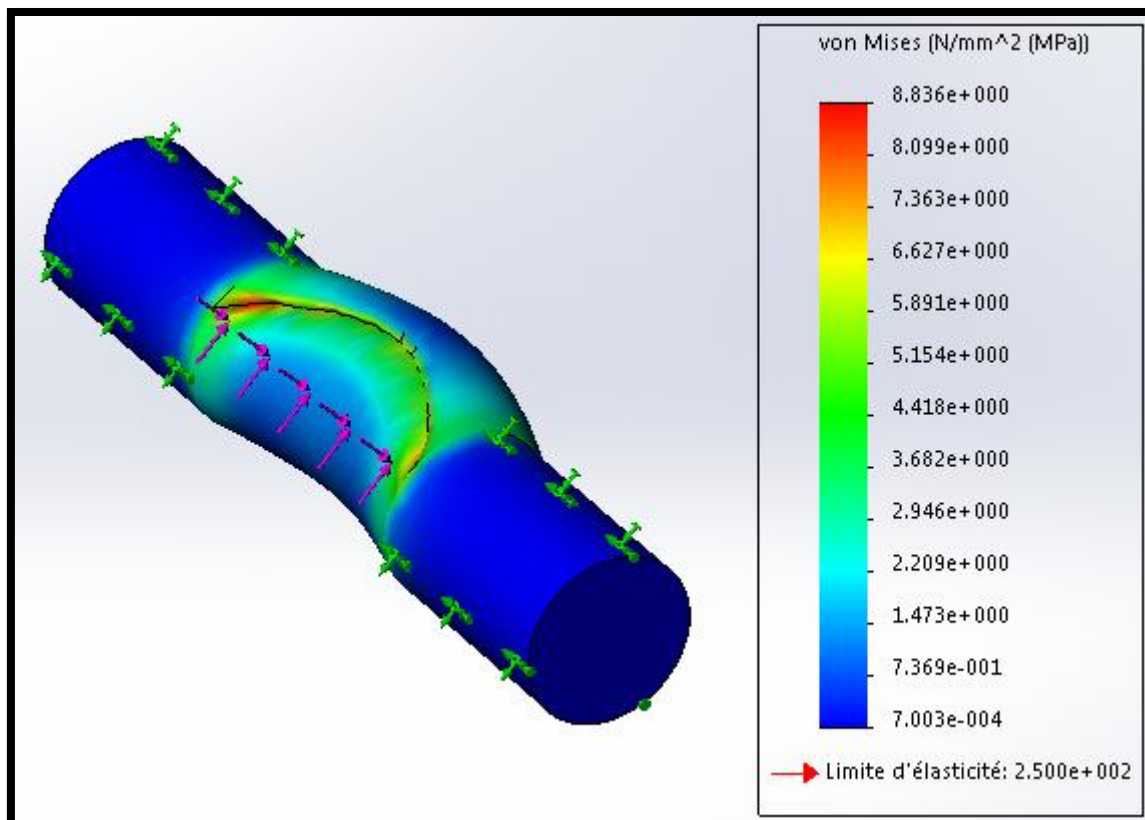


Figure III.20 : Distribution de la contrainte de Von Mises sur l'axe pivot.

- L'axe en acier E36 résiste à une charge de **325N**.
- La zone la plus sollicitée c'est la zone de contact avec la paumelle femelle (**8.099N/mm²**).
- La limite d'élasticité d'acier **250 N/mm²**.

L'axe pivot D=20mm résiste à la charge et le poids du grand port.

III.11 Conclusion

Dans cette partie nous avons utilisés le logiciel de CAO pour la modélisation, conception, simulation et assemblage de toutes les pièces du moule modulable.

Les dimensionnements des pièces nous a permette d'améliorer le modèle de notre moule.

Le mécanisme supporte sous l'effort de chargement.

Chapitre IV

Les étapes de fabrication du moule

IV.1 Introduction

Les procédés d'usinage par enlèvement de matière sont des techniques de mise en forme largement utilisées dans l'industrie. Il existe de nombreux procédés d'usinage, le fraisage, le perçage, le tournage, le découpage, etc. La figure I -1 montre que la méthode expérimentale représente plus de 45% de l'ensemble des méthodes d'études des procédés d'usinage. En outre, le tournage représente presque un tiers des opérations d'usinage dans l'industrie devant le fraisage (Fig. I -2) [21].

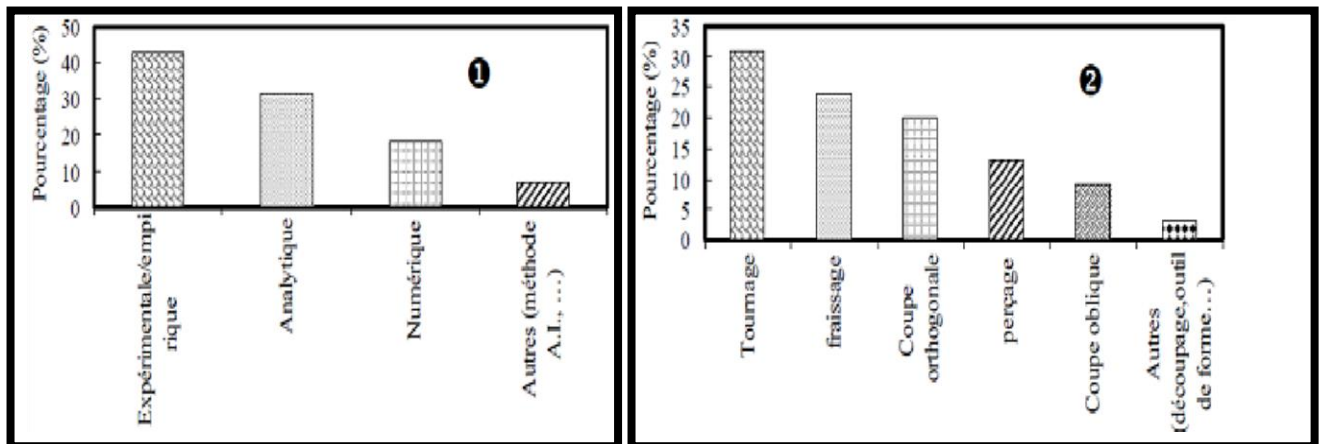


Figure IV.1 : Méthodes et démarches d'étude. Figure IV.2 : Taux d'utilisation des différents types de procédés dans l'industrie.

Bien que cette synthèse date de 1998, elle montre l'importance des études expérimentales qui permettent de mieux comprendre le procédé d'usinage. Elle montre également que le tournage reste toujours le procédé le plus utilisé dans l'industrie et le plus étudié [21].


IV.2 Généralités les matériaux utilisés

IV.2.1 Acier E36

IV.2.1.1 Définition

L'acier S355J0 correspond à l'E36-3 équivalent à l'A52 qui est un acier de construction soudable demi dure à 60 kg avec une limite élastique (Re) minimale garantie de 355 MPA [22].

IV.2.1.2 Les caractéristiques



**PRODUITS
METALLURGIQUES**

EMILE MAURIN®

ACIER DE CONSTRUCTION NON ALLIE E36-3

- DESIGNATIONS NORMALISEES
AFNOR : [E 36-3 ou A52-3] DIN : ST 52-3 EN 1027-1: S355J0 (1.0553) EU25-72 : Fe 510C
- ANALYSE CHIMIQUE MOYENNE
C : 0,20% maxi Mn : 1,60% maxi Si : 0,55% maxi P : 0,040% maxi S : 0,040% maxi
N : 0,009% maxi
- CARACTERISTIQUES MECANIKES MOYENNES
Etat laminé
Rm : 450/680 N/mm²
Re : 275/355 N/mm²
A% : 17/22
KV en J à 0° : 27 mini
- APPLICATIONS
Acier de construction non-allié d'usage général, non effervescent et non destiné aux traitements thermiques.
Pièces mécaniques ne nécessitant pas de ténacité spéciale, utilisées aux températures ambiantes : éléments de construction soudés, axes, arbres de transmission, visserie...
Soudabilité : apte à tous types de soudage.
- AVERTISSEMENTS
Du fait de l'écroutissage généré par les différentes opérations de transformation à froid, les caractéristiques mécaniques du métal étiré ou tourné galeté, diffèrent de celles du produit laminé.
Augmentation de la résistance à la rupture (Rm), augmentation de la limite d'élasticité (Rp 0,2).
Diminution de l'allongement (A%), diminution de la résilience (K).
- LIVRAISON
Sur demande : étirés ronds, carrés, plats ; laminés ronds, carrés, plats, tôles.
Les barres sont livrées en longueurs standard : 3/3,5 m ou 6/6,5 m.
Autres longueurs, lopins, galets... sur demande.
- MASSE VOLUMIQUE
7,85 kg/dm³.

(Annexe B)

IV.2.2 Aluminium

IV.2.2.1 Définition

L'aluminium est un élément chimique, de symbole Al et de numéro atomique 13. C'est un métal pauvre, malléable, de couleur argentée, qui est remarquable pour sa résistance à l'oxydation et sa faible densité. C'est le métal le plus abondant de l'écorce terrestre et le troisième élément le plus abondant après l'oxygène et le silicium ; il représente en moyenne 8% de la masse des matériaux de la surface solide de notre planète. L'aluminium est trop réactif pour exister à l'état natif dans le milieu naturel : on le trouve au contraire sous forme combinée dans plus de 270 minéraux différents, son minerai principal étant la bauxite, où il est présent sous forme d'oxyde hydraté dont on extrait l'alumine [24].

IV.2.2.2 Les caractéristiques

Les caractéristiques mécaniques et physiques de l'aluminium sont présentées dans les deux tableaux suivants :

IV.2.2.2.1 Propriété mécanique

Tableau IV.1 : Les propriétés mécaniques de l'aluminium [25].

Alliage et humour	Résistance à la traction Rm/Mpa	Limite conventionnelle d'élasticité Rp0.2/MPA	Élongation/%	Dureté/HBW α
060-H24	105-145	75	3	33

IV.2.2.2 Propriété physique

Tableau IV.2 : Les propriétés physiques de l'aluminium [25].

Alliage et humeur	Expansivity thermique (20-100°C) $\mu\text{m}/\text{m}\cdot\text{k}$	Chaîne de fusion (°C)	Conductivité 20°C (68°F) (%IACS)	Résistivité électrique 20°C (68°F) $\Omega\text{mm}^2/\text{m}$	Densité (20°C) (g/cm ³)
1060-H24	23.6	646-657	61	0.0283	2.71

IV.3 Les machines utilisées durant la réalisation de moule

IV.3.1 La scie à métaux mécanique

IV.3.1.1 Définition

C'est une scie alternative horizontale. Elle possède un bâti auto-portant à l'intérieur duquel, sont logés la commande hydraulique et l'alimentation en liquide d'arrosage.

Le serrage de la matière se fait par étau à mâchoire mobile. La fin d'une phase de travail est réglée par un contacteur de fin de course [26].



Figure IV.3 : Scie à métaux alternative.

Dans la réalisation de moule PU on a utilisé cette machine pour le découpage de brut a des dimensions voulues



Figure IV.4 : La scie alternative au moment de coupe.

IV.3.2 Fraiseuse conventionnelle

IV.3.2.1 Définition

Les fraiseuses conventionnelles à tête verticale sont des machines-outils utilisées pour usiner des pièces par enlèvement de matière à l'aide d'un outil appelé fraise. Une fraiseuse peut également effectuer des opérations de perçage, de taraudage et d'alésage [27].

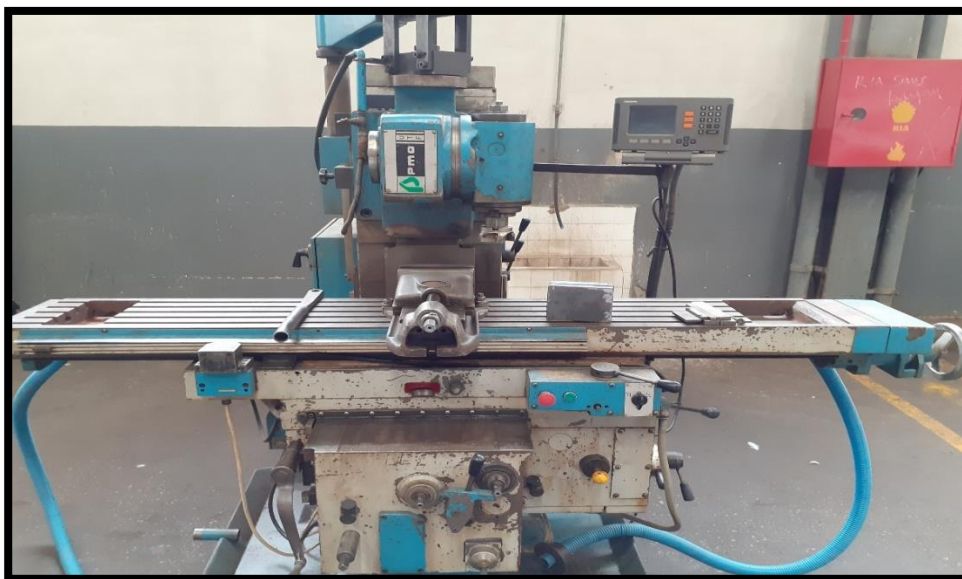


Figure IV.5 : Fraiseuse conventionnel.

IV.3.2.2 Type de fraisage

IV.3.2.2.1 Fraisage en bout

L'axe de la fraise est placé perpendiculairement à la surface à usiner (figure IV.6). La fraise coupe avec son diamètre, mais aussi avec sa partie frontale. Les copeaux sont de même épaisseur, ainsi la charge de la machine est plus régulière. La capacité de coupe est supérieure à celle réalisée par le fraisage en roulant. La qualité de l'état de surface est meilleure [28].

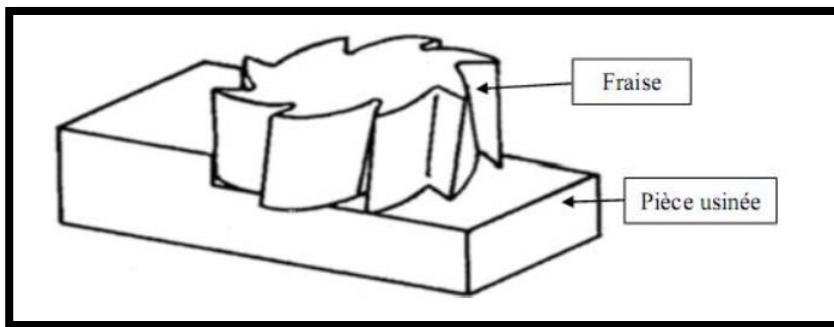


Figure IV.6 : Fraisage en bout [28].

IV.3.2.2.2 Fraisage en roulant

Pour ce type de fraisage en roulant, l'axe de la fraise est placé parallèlement à la surface à usiner. La fraise coupe avec son diamètre (Figure IV.7). La charge de la machine en est irrégulière, surtout lors de l'emploi de fraises à denture droite. Les à-coups provoqués par cette façon de faire donnent une surface ondulée et striée. Pour pallier ces défauts, on utilisera une fraise à denture hélicoïdale. L'amélioration enregistrée s'explique ainsi : la denture est chargée/déchargée progressivement [28].

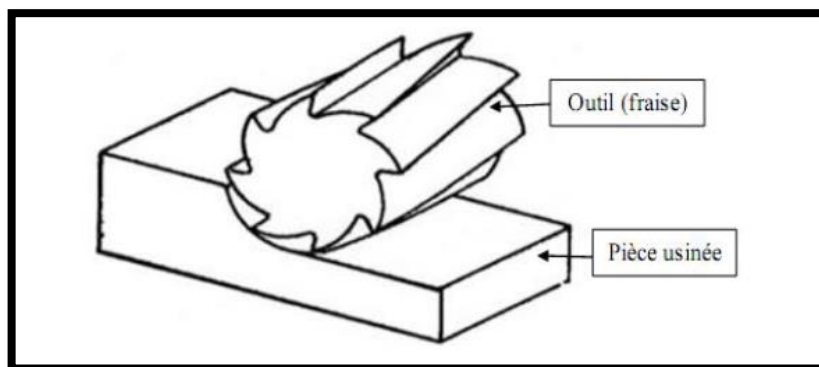


Figure IV.7 : Fraisage en roulant [28].

IV.3.2.2.3 Fraisage combiné

Pour le fraisage combiné, la fraise coupe avec son diamètre et sa partie frontale (figure IV.8).

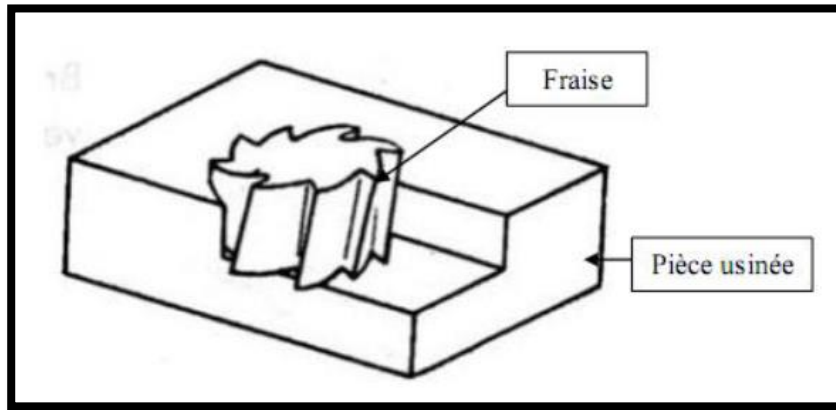


Figure IV.8 : Fraisage combiné [29].

IV.3.2.3 Les opérations utilisées durant l'usinage

IV.3.2.3.1 Surfaçage

A. Définition

Surfaçage est une opération de fraisage courante qui peut être effectuée avec toute une variété d'outils. ...

Il faut sélectionner une fraise adaptée à l'opération pour obtenir une bonne productivité.

B. Les outils utilisés

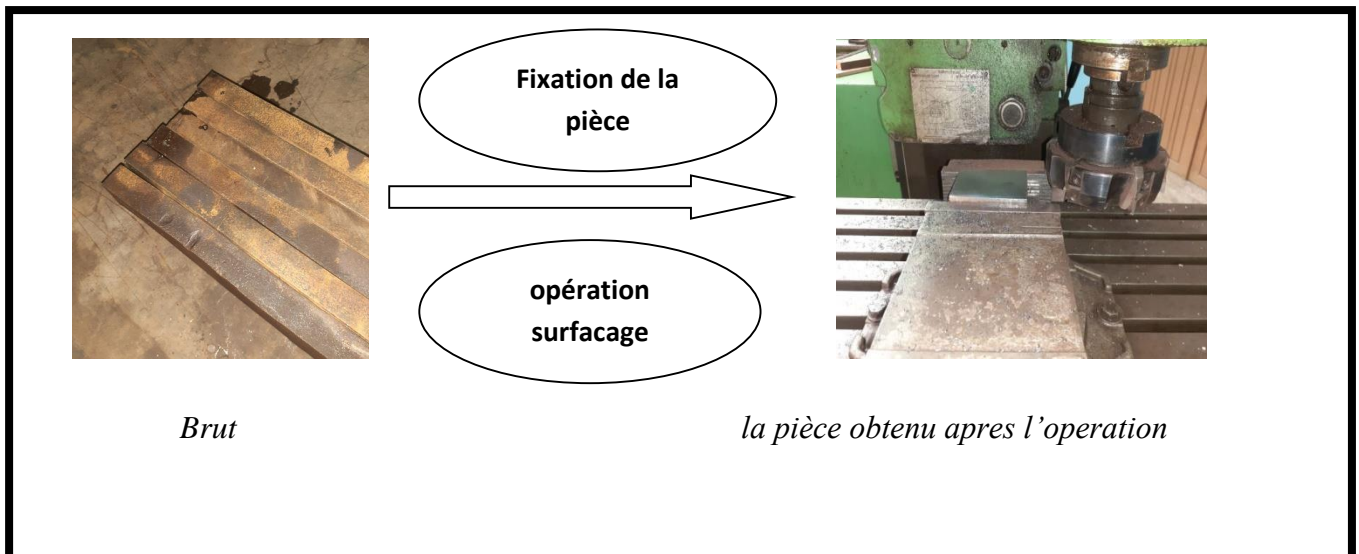
- **Fraise de surfaçage** : est une fraise utilisée pour surfacer les pièces de lui donner un bon état de surface pour la pose des pièces à usiner. Sa grande largeur permet de limiter les déplacements lors de l'opération de surfaçage [30].

Durant les opérations de surfaçage on a utilisés une fraise de $\varnothing = 130\text{mm}$



Figure IV.9 : Fraise de surfacage $\varnothing = 130\text{mm}$.

C. Fixation de la pièce



➤ L'isostatisme

c'est l'ensemble des composants qui concourent à la liaison de la pièce et du porte-pièce en permettant l'élimination des degrés de liberté (maximum 6). L'ensemble de ces composants doit permettre une remise en position identique après la pose de une nouvelle pièce sur son porte-pièces pour assurer une bonne précision à l'usinage.

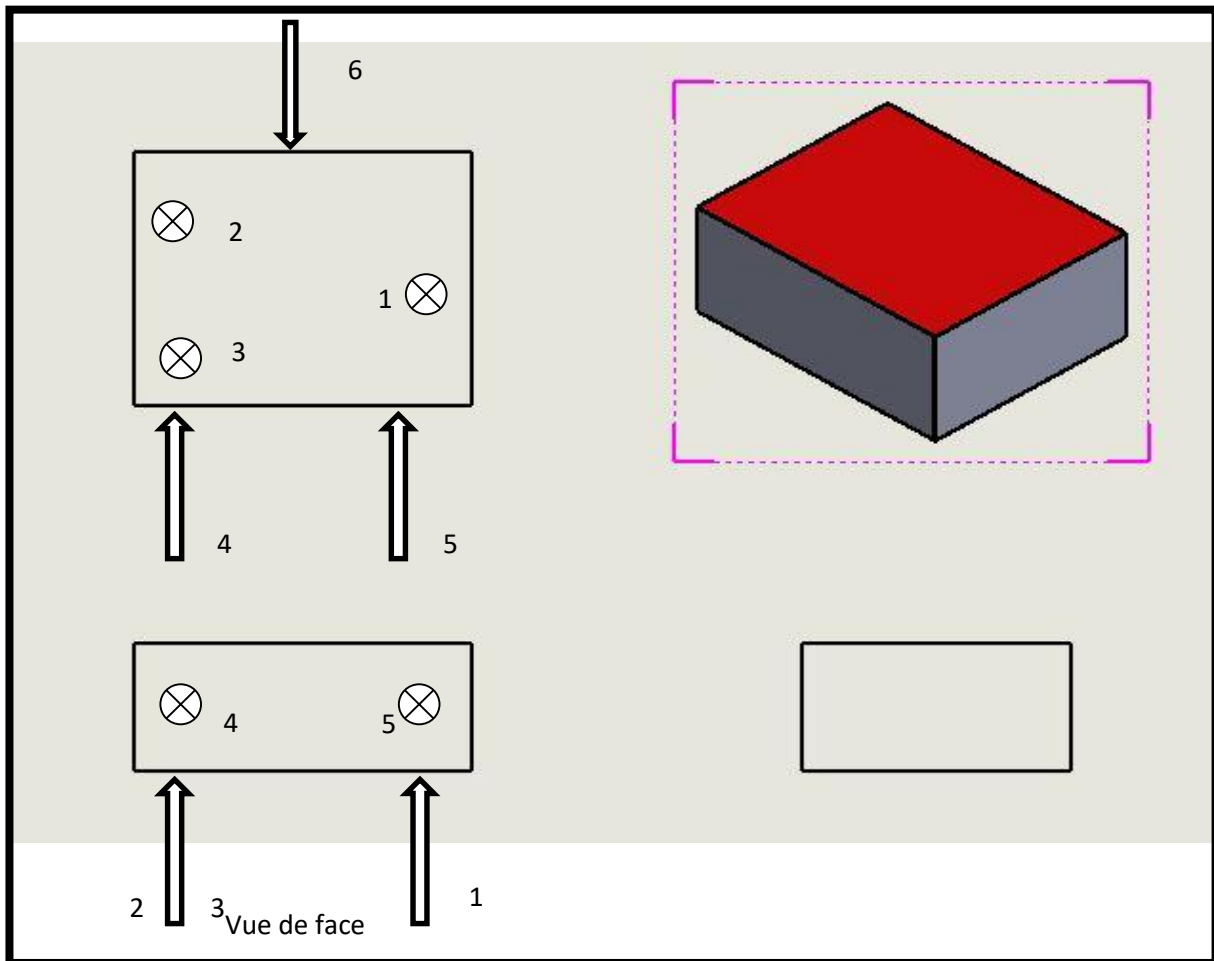


Figure IV.10 : La mise en position de la pièce.

D. Les paramètres mis en jeu

Les différents paramètres de coupe ont évidemment une influence sur l'usabilité des pièces et ces derniers doivent être optimisés afin d'obtenir des pièces de qualité.

- ❖ **Vitesse de coupe** : est notée V_c et exprimée en **m/min** c'est la vitesse relative de la pièce par rapport à la pointe d'une dent, il dépend de l'outil utilisé et la pièce à usiner ainsi que la puissance d'une machine. Trouvée par la relation suivante [31].

$$N = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot \varnothing}$$

$$V_c = \frac{\pi \cdot \varnothing \cdot N}{1000}$$

N : fréquence de rotation.

\emptyset : diamètre de l'outil en **mm**.

- ❖ **Vitesse d'avance** : notée V_f correspond à la vitesse de déplacement de la pièce par rapport à l'outil pour le déplacement des axes, exprimé en **mm/min** par la relation suivante :

$$V_f = F_z \cdot Z \cdot N$$

Z : nombre de dent de la fraise.

F_z : vitesse d'avance par dent en **mm/ (tr. Dent)**.

- ❖ **Profondeur de la passe** : c'est l'engagement de l'outil dans la pièce. Elle est notée a_p exprimé en **mm**, elle dépend de la taille de l'outil (hauteur) et la matière de la pièce ainsi les ébauche et la finition de la pièce.

❶ Application numérique :

- ❖ **Calcul la vitesse de rotation**

$V_c = 80$ m/min (à l'aide des abaques)

$\emptyset = 130$ mm

$$N = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot \emptyset}$$

$$N = 196 \text{ tr/min}$$

- ❖ **Vitesse d'avance**

$$V_f = F_z \cdot Z \cdot N$$

$$F_{Z \text{ ébauche CARBURE}} = 0,25 \cdot K$$

Pour l'opération de surfaçage $K=0,8$

$$F_{Z \text{ ébauche CARBURE}} = 0,25 \cdot 0,8$$

$$F_{Z \text{ ébauche CARBURE}} = 0,2 \text{ mm/dent}$$

Donc

$$V_{f \text{ ébauche}} = F_{Z \text{ ébauche}} \cdot Z \cdot N$$

$$V_{f \text{ ébauche}} = 0,2 \cdot 6 \cdot 196$$

$$V_{f \text{ ébauche}} = 235,2 \text{ mm/min}$$

$$V_{f \text{ finition}} = F_{Z \text{ ébauche}} \cdot Z \cdot N$$

$$F_{Z \text{ finitio CARBURE}} = F_{Z \text{ ébauche}} \cdot X \cdot 0,4$$

$$F_{Z \text{ finitio CARBURE}} = 0,2 \cdot X \cdot 0,4$$

$$F_{Z \text{ finitio CARBURE}} = 0,08 \text{ mm/dent}$$

$$V_{f \text{ finition}} = F_{Z \text{ ébauche}} \cdot Z \cdot N$$

$$V_{f \text{ finition}} = 0,08 \cdot 6 \cdot 196$$

$$V_{f \text{ finition}} = 94,1 \text{ mm/min}$$

❖ Profondeur de la passe

Nous avons choisi la profondeur de passe selon la référence des les plaques en carbure (TPKN 1603 PDR)

$a = 2 \text{ mm}$.

IV.3.2.3.2 Perçage

A. Définition

Le perçage est une opération simple quand la profondeur d'usinage n'excède pas 5 à 6 fois le diamètre de forêt, quand l'axe de perçage est vertical, et à condition de sortir fréquemment le forêt du trou pour mieux évacuer les copeaux et laisser pénétrer le fluide de coupe [32].

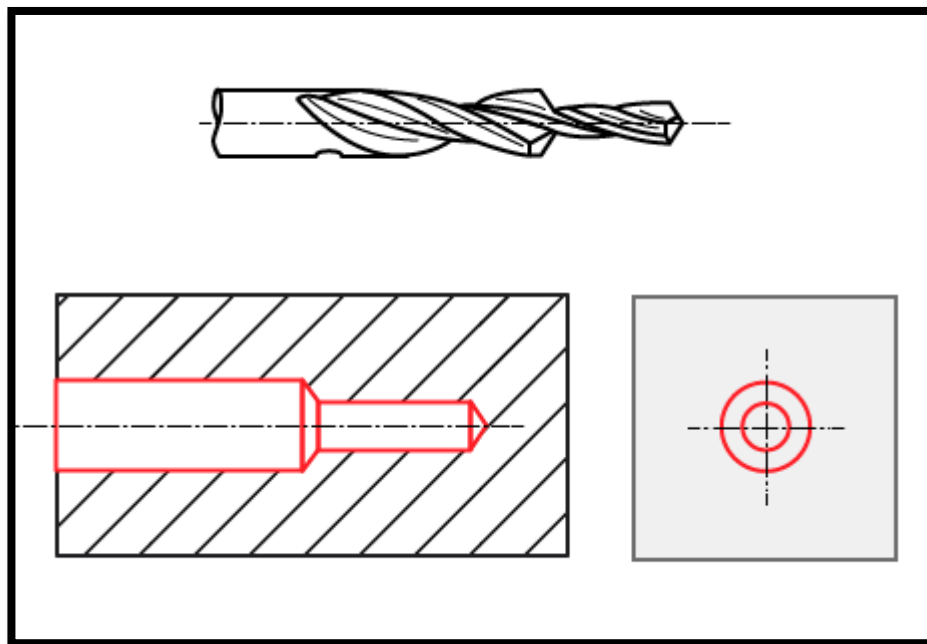


Figure IV.11 : Schéma explicatif de perçage.

B. Les conditions de coupe

Les paramètres et l'outillage que nous avons utilisés lors de perçage sur la fraiseuse conventionnelle :

Outillage

Les outils que nous avons utilisés lors de perçage

Les forêts

D= 8 mm, D= 6.8 mm, D= 10 mm, D= 20 mm

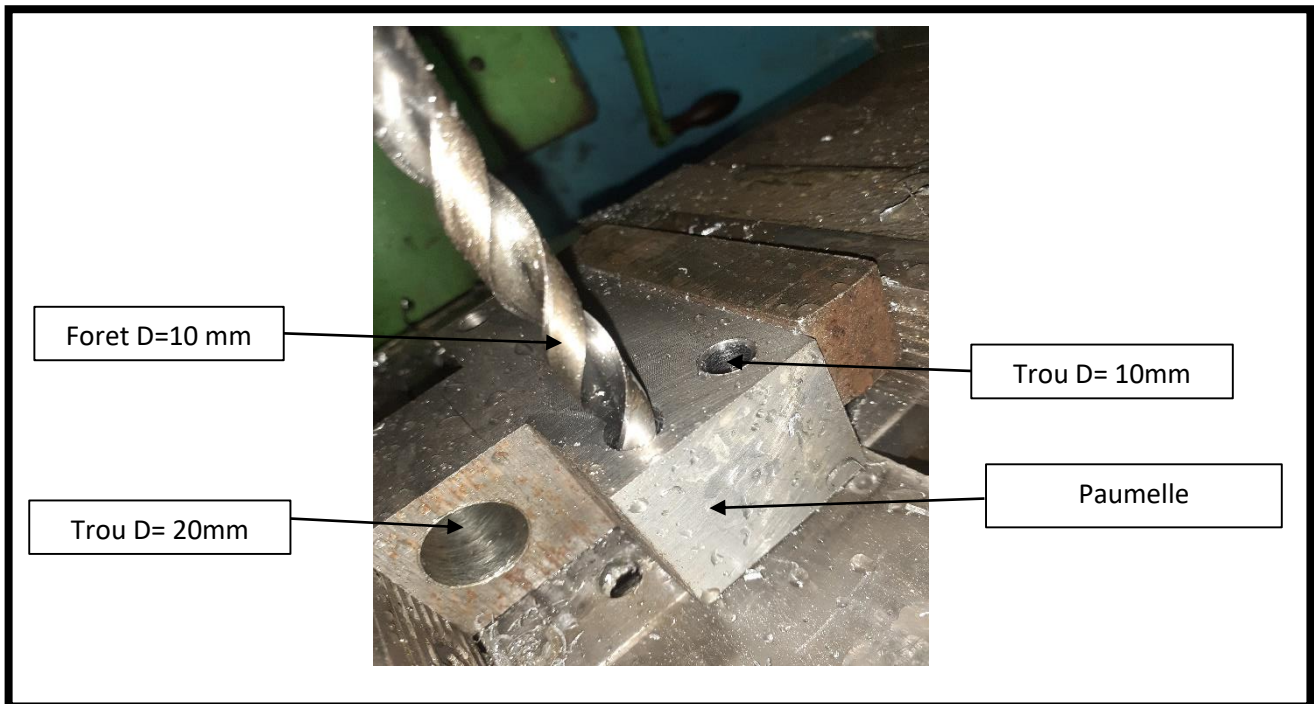


Figure IV.12 : Opération de perçage.

Pour le perçage $D= 6.8mm$

- ❖ Calcul de vitesse de rotation de la broche

$$N = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot \Phi}$$

$V_c = 30 \text{ m/min}$

$$N=1400 \text{ tr/min}$$

- ❖ Calcul de vitesse d'avance

$$F_{perçage} = 0,01 \times \Phi \text{ forêt}$$

$F_{perçage} = 0.068 \text{ mm/tr}$

- *Pour le perçage $D= 8mm$*

- ❖ Calcul de vitesse de rotation de la broche

$$N = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot \Phi}$$

$$V_c = 30 \text{ m/min}$$

$$N = 1190 \text{ tr/min}$$

❖ Calcul de vitesse d'avance

$$F_{\text{percage}} = 0,01 \cdot \Phi_{\text{forêt}}$$

$$F_{\text{percage}} = 0,08 \text{ mm/tr}$$

➤ Pour le perçage $D = 10 \text{ mm}$

❖ Calcul de vitesse de rotation de la broche

$$N = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot \emptyset}$$

$$N = 955 \text{ tr/min}$$

❖ Calcul de vitesse d'avance

$$F_{\text{percage}} = 0,01 \times \Phi_{\text{forêt}}$$

$$F_{\text{percage}} = 0,1 \text{ mm/tr}$$

➤ Pour le perçage $D = 20 \text{ mm}$

❖ Calcul de vitesse de rotation de la broche

$$N = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot \emptyset}$$

$$V_c = 30 \text{ m/min}$$

$$N = 477 \text{ tr/min}$$

❖ Calcul de vitesse d'avance

$$F_{percage} = 0,01. \Phi_{forêt}$$

$$F_{percage} = 0.2 \text{ mm/tr}$$

IV.3.2.3.3 Rainurage

A. Définition

Le rainurage en bout dans le plein est une opération exigeante. La profondeur de coupe axiale doit être réduite à environ 70% de la longueur de l'arête. Il faut tenir compte de la rigidité de la machine et de l'évacuation des copeaux dans le choix de la méthode [33].

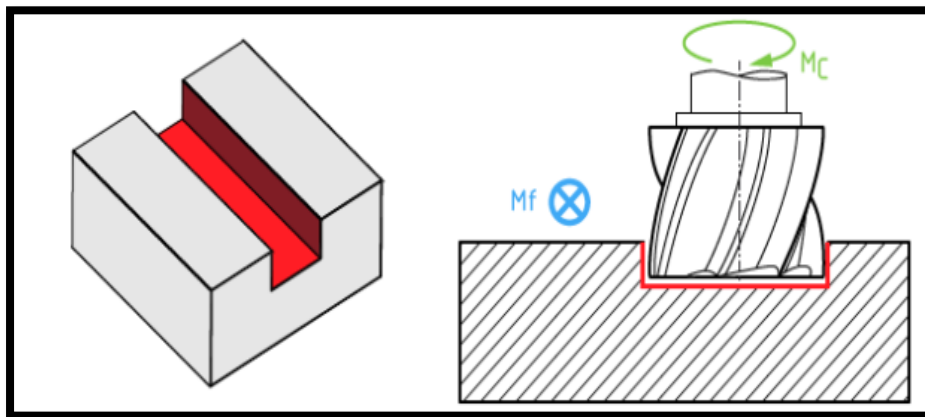


Figure IV.13 : Schéma explicatif de rainurage.

B. Condition de coupes

❖ Calcul de vitesse de rotation de la broche

Dans cette opération nous avons utilisé une fraise ravageuse en ARS de $D=40 \text{ mm}$

$$N = \frac{1000. Vc}{\pi. \emptyset}$$

$$Vc = 20 \text{ m/min}$$

$$N = 160 \text{ tr/min}$$

❖ Calcul de vitesse d'avance

$$V_f = F_z \cdot Z \cdot N$$

$$F_z \text{ ébauche}_{ARS} = 0,15 \cdot K$$

$$K = 0,5$$

$$F_z \text{ ébauche}_{ARS} = 0,075 \text{ mm/dent}$$

$$V_f = 0,075 \cdot 4 \cdot 320$$

$$V_f = 96 \text{ mm/min}$$

❖ Profondeur de la passe

Dans l'opération de rainurage nous avons utilisés la fraise en ARS, on a choisi la profondeur de passe selon la référence de l'outil et ces les conditions de coupes.

$$a = 4 \text{ mm}$$

IV.3.3 Fraiseuse à commande numérique

IV.3.3.1 Définition

Une fraiseuse à commande numérique permet de réaliser des pièces par enlèvement de matière, on peut l'utiliser pour le métal, le bois et le plastique. Différents outils sont adaptables : forêts, pointe etc. pour obtenir des coupes et des finitions différentes. Un logiciel, associé à la machine, permet d'assister le procédé du dessin à la fabrication. La CFAO, conception et fabrication assistées par ordinateur, permet de dessiner la pièce, et d'optimiser les trajectoires de sa découpe. Enfin, on pourra lancer une simulation avant l'usinage ou éditer un prototype avant de lancer la production [34].

IV.3.3.2 Les opérations utilisées durant l'usinage

IV.3.3.2.1 Perçage



Figure IV.14 : Opération de perçage sur CNC.

A. Condition de coupes

❖ Calcul de vitesse de rotation de la broche

$$N = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot \varnothing}$$

$$V_c = 60 \text{ m/min}$$

$$N = 2810 \text{ tr/min}$$

❖ Calcul de vitesse d'avance

$$F_{\text{perçage}} = 0,01 \cdot \Phi_{\text{forêt}}$$

$$F_{\text{perçage}} = 0,068 \text{ mm/tr}$$

IV.4 Taraudage

IV.4.1 Définition

Le taraudage est une action d'usinage par enlèvement de matière qui consiste à réaliser des filets dans un trou préalablement calibré [35].



Figure IV.15 : Les tarauds.

1) Ebaucheur, 2) demi-finisher, 3) finisseur.

IV.4.2 L'usinage

Pour l'usinage il nous faudra un outil appelé **tourne à gauche** pour utiliser les tarauds :

- ❖ Les tarauds doivent être propres.
- ❖ L'insertion de l'ébaucheur est primordiale, il faudra contrôler soigneusement son orientation au début ainsi qu'en cours d'usinage.
- ❖ On utilisera une équerre, un marbre, tout est bon pour un contrôle rigoureux : Attention à ne pas effectuer un couple trop grand pendant l'usinage, ça engendre souvent la casse du taraud, de temps en temps tournez en sens inverse pour casser le copeau [35].

IV.4.3 La lubrification

Pendant l'usinage il faudra lubrifier suivant le type de matériau à usiner :

- ✓ Acier : huile de coupe.
- ✓ Aluminium : huile de coupe.
- ✓ Alliage à base de cuivre : à sec.
- ✓ Fonte : à sec, au suif [35].

IV.4.4 Les paramètres de mis en jeu

❖ Choix de l'avance (en mm/tr)

$$f_{\text{taraudage}} = \text{pas du filet}$$

Dans la procédés de fabrication de ce moule nous avons utilisé les vis Ø8 (M8) pour l'assemblage.

❖ Diamètre des perçages

$$\phi_{\text{perçage}} = \phi_{\text{vis}} - \text{pas}$$

$$\phi_{\text{perçage}} = 8 - 1,25$$

$$\phi_{\text{perçage}} = 6,75 \text{ mm}$$

IV.5 Conclusion

Après la conception et la simulation de notre moule modulable nous avons passé à la partie de la réalisation et de la fabrication où nous avons utilisé des différentes machines (fraiseuse, CNC, perceuse, scie à métaux...) pour des différentes opérations d'usinage (perçage, surfacage, rainurage, découpage...)

Durant l'usinage de ces pièces nous avons :

- Choisi des outils différents (ARS, carbure).
- Appliqué les conditions de coupe.
- La fixation des pièces.

Conclusion Générale

Conclusion Générale

La maîtrise des techniques de production et le contrôle des systèmes de production, l'optimisation du coût ont fait l'objet de nombreux travaux.

Cependant, il ne suffit pas de Baisser les coûts de production mais il faut élaborer des produits de qualité et un outillage Performant pour une bonne production répondant aux critères qualité-prix....

Le moule d'injection pour la mousse polyuréthane fait partie de ces outils qui nécessitent un soin très particulier lors de sa conception ainsi que dans la phase de sa réalisation.

Actuellement le marché algérien impose de plus en plus des variantes à de produits dont la qualité et la durée de vie ne fait que croître afin de pouvoir résister à la concurrence nationale et internationale avec l'ouverture du marché.

Ce travail avait pour objectif d'étudier la faisabilité de produire des produits frigorifiques par le procédé d'injection de la mousse polyuréthane dans la les cellules des meubles.

La démarche de la recherche de cette étude s'est articulée autour de quatre axes principaux :

Premièrement, une étude bibliographique sur les matières polyuréthane en générale et son domaine d'utilisation.

Deuxièmement une étude approfondie sur les machines d'injection de la mousse polyuréthane et leur cycle de travail.

Troisièmement, nous avons conçu un moule spécifique pour notre produit frigorifique (figure III.2), par l'utilisation d'un logiciel de conception SOLID WORKS.

Finalement, nous avons arrivé a réalisé 70% des pièces ce moule au niveau de hall technologie à l'université A.MIRA Bejaia et au niveau de ENMPT et au sein de l'entreprise INFRIGOR grâce à la conception.

Bibliographique

- [1] Thierry Gallauziaux et David Fedullo, le grand livre de l'isolation, Eyrolle, 2009, ISBN 978 - 2 - 212-12404-0
- [2] Chrétien G, Hatat D ; 1990, Initiation aux plastiques et Composites ; Edition : Lavoisier. Tec 8 Doc Infoplast, Paris.]
- [3] B.J. BRISCOE, Tribology of polymers, "Physico chemical aspects of polymers surfaces", Plenum Press, New York, 387-412, (1983)
- [4] L.H. LEE, "Polymer wear and its control", ACS Symposium series, LEE L.H. Ed, 27-38, (1985)
- [5] K.H. ZUM GAHR, "Microstructure and wear of materials", Tribol. Ser. IO, Elsevier, Amsterdam, (1987)
- [6] Gilles A, 2003, Fabrication et transformation de mousse de polyuréthane. Angerville, la Campagne, le 31 juillet].
- [7] Trotignon J.P, Verdu J, Dobraczynsk A, i Piperaud M, 1996, Précis matières plastiques / Structure / Propriétés / Mise en oeuvre / Normalisation : Edition : Afnor /Nathan, Paris.].
- [8] Jean B, 1985, Matières plastiques ; Chimie Application ; 2^e édition revue et augmentée ; Edition : Lavoisier : Tec 8, Doc, Paris.].
- [9] Saunders J. H. et Frisch K. C. (1962), Polyuréthanes. Part I, Chemistry. Interscience- Wiley, New York.]. [Saunders J. H. et Frisch K. C. (1964), Polyurethanes, Part II, Technology. Interscience-Wiley, New York.]
- [10] TECNOFOAM I-2035 v.01-05-2018
- [11] J.P. Trotignon, J. Verdu, M. Piperaud, A. Dobraczynski, R. Quatremer et J.P. Trotignon Matières plastiques : Structures - propriétés - mise en oeuvre et normalisation AFNOR 4^e édition.].
- [12] www.rose-plastic.fr/fr/
- [13] <https://renecorp.com/fr/pu.php>

- [14] blog.synthesia.com/fr/comment-injecter-correctement-polyurethane
- [15] R.Nunn : « The reciprocating screws process », injection Molding Handbook, 1986
- [16] Djermoune mokhtar « étude et conception d'une vis de transport pour l'injection plastique ». Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de master filière : génie mécanique spécialité : fabrication mécanique et productique, année universitaire 2017-2018.
- [17] www.emse.fr/~grimaud/Simulation/CoursRapide/CoursRapide.htm
- [18] www.ademe.fr/servlet/getBin?namepdf
- [19] <https://snpu.fr/quest-ce-que-le-polyurethane-ou-une-mousse-pu/>
- [20] <http://guichon-vannes.com/faqs/polyurethanes-process-de-fabrication-du-polyurethane/>
- [21] M. TchadjaKagnaya, contribution a l'identification des mécanismes usure d'un WC-6%Co en usinage et par une approche tribologique et Thèse de doctorat de l'école nationale supérieure des mines de paris.
- [22] <http://www.aciersspeciaux.fr/aciers-de-construction/>
- [23] https://acier.emile-maurin.fr/custom/docs/modele/e36%20etr_a/acier-construction-non-allie-e36-calibre-froid-rond-etr-pdf-49ko-e36_etr-lmod1.pdf
- [24] <https://almet-metal.com/informations-techniques/donnees-aluminium.>
- [25] <http://french.mirroraluminumsheet.com/sale-13250660-5mm-10mm-1060-h24-aluminum-alloy-sheet-for-insulation.html>
- [26] <https://www.memoireonline.com/04/10/3376/Etude-et-maintenance-de-la-scie-a-archet-sma3-.html>
- [27] <https://multiprevention.org/wp-content/uploads/2015/11/multiprevention-fiche-action-machine-fraiseuses-conventionnelles.pdf>
- [28] K. Maekawa, T. Shirakashi, T. Obikawa, Recent progress of computer aided simulation of chip flow and tool damage in metal machining, Proc. Inst. Mech. Engrs 210 (1996) 233-242.

- [29] G. Poulachon, A. Moisan, I.S. Jawahir, On modeling the influence of thermo-mechanical behavior in chip formation during hard turning of 100Cr6 bearing steel, CIRP Annals - Manuf. Tech. 50 (2001) 1 31-36.
- [30] philippe DEPEREYRE, cours fabrication mécanique, université de la réunion, 2004-2005.
- [31] fiche de connaissance Enlèvement de matière : fraisage Innovation Technologique et Eco-Conception, académie de Lyon
- [32] <http://leslubrifiants.com/2015/10/28/operation-dusinage-percage/>
- [33] <https://www.sandvik.coromant.com/fr-fr/knowledge/milling/pages/groove-or-slot-milling.aspx>
- [34] <https://www.info-industrielle.fr/equipement-industriel/le-fonctionnement-dune-fraiseuse-a-commande-numerique/>
- [35] <http://lamaintenance.fr/mecanique/boulonnerie-filetage-et-taraudage/>
- [36] https://fr.wikipedia.org/wiki/Pied_%C3%A0_coulisse#/media/Fichier:Vernier_Caliper_150mm.svg
- [37] www.lucee-ferry-varsailles.fr/si-new/synthese/cours/5_2verin.pdf

Annexe

Résumé :

Le but de ce projet de fin d'étude est la conception et la fabrication d'un moule d'injection polyuréthane pour les cellules de réfrigérateur.

Ce travail décrit la conception et la simulation des différentes pièces de moule

Tout d'abord, nous avons commencé par la description de la mousse polyuréthane. Puis, la démonstration de procédé d'injection polyuréthane dans les cellules frigorifiques. Après nous avons passé à la partie de la modélisation et conception du moule modulable et pneumatique

Finalement, nous avons terminé notre projet par la réalisation et la fabrication des différentes pièces de ce moule au niveau de hall technologie et ENMTP.

Abstract :

The goal of this graduation project is the design and manufacture of a polyurethane injection mold for refrigerator cells.

This work describes the design and simulation of the different mold

parts First, we started with the description of polyurethane foam. Then, the demonstration of the polyurethane injection process in the refrigeration cells. Then we moved on to the part of the modeling and design of the modular and pneumatic

mold Finally, we finished our project by making and manufacturing the various parts of this mold at the technology hall and ENMTP .