

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

Université M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté de Technologie

Département Génie Mécanique

Mémoire de Master

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie mécanique.

Filière : Génie mécanique

Spécialité : Fabrication mécanique et productique

Thème

**Etude, conception et simulation d'un moule d'injection
plastique pour une chaise d'un bus**

Présenté par :

- Sofiane BASSAID

- Houssaine TALEB

Promoteur :

Mr. Hakim SIGUERDJIDJENE

Encadreur:

Mr. Ahmed TOUATI

Année universitaire 2023-2024

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

Université M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté de Technologie

Département Génie Mécanique

Mémoire de Master

Pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Génie mécanique.

Filière : Génie mécanique

Spécialité : Fabrication mécanique et productique

Thème

**Etude, conception et simulation d'un moule d'injection
plastique pour une chaise d'un bus**

Présenté par :

- Sofiane BASSAID

- Houssaine TALEB

Promoteur :

Mr. Hakim SIGUERDJIDJENE

Encadreur:

Mr. Ahmed TOUATI

Année universitaire 2023-2024

REMERCIEMENTS

Tout d'abord, nous devons remercier « ALLAH » le tout puissant de nous avoir donné tout le courage et la santé pour achever ce travail.

On voudrait remercier :

Notre promoteur Monsieur Hakim Siguer de nous avoir accordé sa confiance, sa disponibilité dans l'exécution de ce travail.

En même temps, j'exprime avec une grande admiration ma gratitude aux responsables De la société SNVI, notamment Encadreur Monsieur Ahmed

Touati, pour m'avoir guidé et guidé tout au long de mon stage.

En fin, aux membres du jury qui nous font l'honneur d'examiner notre modeste travail.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

A mes très chers parents

A ceux qui m'ont toujours encouragé pour que je réussisse dans
mes études

A ceux qui ont veillé pour mon bien être

A ceux qui m'ont soutenu dans les moments les plus difficiles de
ma vie

A ceux que j'aime et je respecte infiniment Le jour est venu pour
leur dire Merci...

Ainsi qu'à mes chers frères : Mouhamed, Said

A toute la famille BASSAID

A tous mes amis qui ont toujours été présents

A mon binôme Taleb Houssaine

A tous mes amis de l'université M'HAMED BOUGARA
BOUMERDES

Et surtout le groupe MFMP.

BASSAID. Sofiane

Dédicace

En signe de cela, je voudrais dédier ce travail à mes chers parents.

Remerciement et gratitude à tous

Les efforts qu'ils ont déployés pour me voir réussir.

que Dieu les garde.

Je dédie également ce travail à A mon binôme BASSAID Sofiane et

mes frères et à tous

Ma famille qui m'a toujours encouragé et soutenu.

Au final, je dédie ce travail à tous mes amis

Et à tous ceux qui pourront m'aider un jour.

TALEB HOUSSAME

Résumé :

Parmi les processus de fabrication des pièces en plastique, le moulage par injection constitue une étape extrêmement importante.

Dans cette étude, l'objectif principal est de faire la conception d'un moule d'injection plastique pour un chaise de bus scolaire (SALMA), qui est une pièce essentielle du bus. Pour ce faire, nous avons d'abord créé des modèles géométriques de la Chaise. Une fois la conception de la pièce terminée, nous avons procédé à la conception du moule.

Enfin, nous avons effectué plusieurs simulations et analyses sur la conception de la chaise et du moule afin de vérifier et de valider notre conception.

Mots clés : injection plastique, conception, Chaise, moule, ABS, SolidWorks, Abaqus, simulation.

ملخص:

من بين عمليات تصنيع الأجزاء البلاستيكية قولبة الحقن، تشكل خطوة مهمة للغاية. في هذه الدراسة، كان الهدف الرئيسي هو تصميم قالب حقن البلاستيك لكروسي حافلة النقل المدرسي (سلامة) الذي يشكل قطعة هامة من مكون الحافلة. للقيام بذلك، قمنا أولاً بوضع نموذج هندسي للكروسي. بمجرد الانتهاء من تصميم الكروسي، انتقلنا إلى تصميم القالب. في النهاية، قمنا بإجراء العديد من عمليات المحاكاة والتحليلات حول تصميم القطعة والقالب والتحقق من صحتها.

الكلمات الدالة: حقن البلاستيك، تصميم، كروسي، قالب، محاكاة، Abaqus, ABS, SolidWorks

Abstract :

Among the manufacturing processes for plastic parts, injection molding is an extremely important step.

In this study, the main objective is to design an injection mold for a school bus chair (SALMA), which is an essential component of the bus. To achieve this, we first created geometric models of the chair. Once the part design was completed, we proceeded with the mold design.

Finally, we conducted several simulations and analyses on the chair and mold design to verify and validate our design.

Key words : plastic injection, design, chair, mold, ABS, SolidWorks, Abaqus, simulation.

Sommaire

Sommaire

Liste des figures.....	I
Liste des tableaux	V
Nomenclature.....	VI
Introduction générale	1

Chapitre I: Présentation de l'entreprise

I.1 Introduction	2
I.2 Présentation de Société Nationale Véhicules Industrielle (SNVI).....	2
I.2.1 Historique	2
I.2.2 Définition de l'entreprise	2
I.2.3 Les objectifs de la SNVI	3
I.2.4 Activité de l'entreprise	3
I.2.4.1 Activité étude et recherche	3
I.2.4.2 Activité production.....	3
I.2.4.3 Activité de distribution et maintenance.....	4
I.2.5 Organigramme générale de SNVI	5
I.2.6 Division véhicule industriels	6
I.3 L'unité de Carrosserie Industrielle	7
I.3.1 Définition	7
I.3.2 La direction technique de l'unité.....	7
I.3.3 Les bâtiments de carrosserie	8
I.3.4 Organigramme de carrosserie.....	9
I.4 Conclusion.....	10

Chapitre II: Généralités sur les matières plastiques

II.1 Introduction.....	11
II.2 Historique du plastique	12
II.3 Définition des matières plastique	12
II.4 Les polymères	13
II.4.1 Définitions.....	13
II.4.2 Classification.....	14
II.4.3 Structure	14

II.4.4 Thermoplastiques	15
II.4.4.1 Polymères amorphes	15
II.4.4.2 Polymères cristallins	15
II.4.4.3 Polymères semi-cristallins	15
II.4.4.4 Avantages et les inconvénients des thermoplastiques	16
II.4.4.5 Caractéristiques générales.....	17
II.4.5 Thermodurcissables (Les duroplastiques).....	18
II.4.5.1 Avantages et désavantages des thermodurcissables.....	18
II.4.6 Les élastomères	19
II.4.7 Les différents états des polymères	19
II.5 Propriétés des matières plastiques.....	20
II.6 Amélioration des propriétés des matières plastiques	21
II.7 Domaine d'application de la matière plastique.....	22
II.8 Coloration des matières plastiques.....	24
II.8.1 Colorant à sec.....	24
II.8.2 Colorants dans la masse	24
II.9 Origines des matières plastiques	24
II.9.1 Origine animale.....	25
II.9.2 Origine végétale	25
II.9.3 Origine naturelle	25
II.10 Le recyclage des matières plastiques	25
II.11 Conclusion	26

Chapitre III: Moulage par injection Plastique

III.1 Introduction	27
III.2 Procédés de transformations du plastique	28
III.2.1 Procédé injections.....	28
III.2.2 Injection soufflage	29
III.2.3 Extrusion.....	29
III.2.4 Extrusion gonflage.....	30
III.2.5 Expansion moulage.....	30
III.2.6 Le calandrage :.....	31
III.2.7 Thermoformage:	31
III.2.8 Roto moulage.....	32

III.2.9 Moulage par Compression.....	33
III.3 Presse à injection	34
III.3.1 La structure de presse d'injection	34
III.3.2 Les différentes presses d'injection	36
III.3.2.1 Presse à injection horizontale	36
III.3.2.2 Presse à injection verticale	36
III.3.2.3 Presse injection électrique	37
III.3.2.4 Presse d'angle et bi-matière.....	37
III.3.2.5 Presses spéciales	38
III.3.2.6 Les avantages et les inconvénients Les différentes presses d'injection ...	38
III.3.3 Les différentes parties ou unités d'une presse	39
III.3.3.1 L'unité de fermeture	39
III.3.3.2 L'unité de plastification et injection	42
III.3.3.3 Le moule	45
III.4 Fonctions de la presse.....	51
III.5 Les phases d'injection	51
III.5.1 La phase de plastification	51
III.5.2 La phase de remplissage	52
III.5.3 La phase de compactage	53
III.5.4 La phase de refroidissement et d'éjection	53
III.5.5 La phase d'éjection.....	54
III.6 Cycle d'injection de moulage	55
III.7 Paramètres d'injection	55
Chapitre IV: Conception et simulation	
IV.1 Introduction	56
IV.2 La CAO (conception assistée par ordinateur)	56
IV.2.1 Domaines de la CAO.....	56
IV.3 Application	57
IV.3.1 Conception de la chaise	57
IV.3.2 Assemblage	60
IV.3.3 Dimension du cadre.....	60
IV.4 Conception d'un moule à injection plastique	62
IV.4.1 Détection de contre dépouilles	62

IV.4.2 Analyse de dépouille de la pièce	62
IV.4.3 Création du Lignes de joint	63
IV.4.4 Création du plan de joint	64
IV.4.5 Insertion d'empreinte	64
IV.4.6 Création des blocs empreinte fixe- empreinte mobile	65
IV.5 Montage d'empreinte sur la carcasse du moule	66
IV.5.1 Architecture du moule	66
IV.5.2 Refroidissement de moule	70
IV.5.3 Description de moule.....	71
IV.6 Matériau utilisé pour fabriquer la pièce	72
IV.6.1 Avantages et inconvénients de la matière l'ABS.....	72
IV.7 Matériau utilisé pour fabriquer les deux empreintes du moule	73
IV.7.1 Avantages et inconvénients	73
IV.8 Simulation	74
IV.8.1 Simulation de la pièce	74
IV.8.1.1 Les étapes de la simulation dans le programme SolidWorks	74
IV.8.2 Résultats de la simulation.....	76
IV.8.2.1 La contrainte Von Mises	76
IV.8.2.2 Les Déplacements.....	77
IV.8.2.3 Déformations	77
IV.8.3 Simulation d'un moule	78
IV.8.3.1 Présentation du Logiciel ABAQUS	78
IV.8.3.2 Résultant de simulation	79
IV.9 Conclusion.....	80

Chapitre V: Calcul et vérification

V.1 Introduction :	81
V.2 Le choix de la machine	81
V.2.1 La capacité d'injection.....	81
V.2.2 Calcul de la force de fermeture.....	83
V.2.3 La distance entre colonnes.....	84
V.2.4 Épaisseur minimale du moule.....	84
V.2.5 Caractéristiques techniques de la presse 650T	85
V.3 Étude thermique du moule.....	85

V.3.1 Temps de refroidissement.....	86
V.3.2 Temps de cycle d'injection.....	86
V.3.3 La puissance de plastification (C).....	87
V.3.4 Calcul de la quantité de chaleur à extraite de la pièce.....	87
V.3.5 La consommation horaire de liquide	88
V.4 Resistance du plan de joint	88
V.5 Résistance des colonnes de guidages au cisaillement.....	89
V.6 Conclusion	90
Conclusion générale	91
Références bibliographiques	
Annexes	

Liste des figures

Liste des figures

Figure I-1:Carrosserie Industrielle Rouïba.	7
Figure II-1:Domaines d’application des plastiques.	11
Figure II-2:Définition d’un polymère.	13
Figure II-3:Structures des chaines moléculaires.	14
Figure II-4:Morphologie des thermoplastiques.	16
Figure II-5:Propriétés thermo-physiques et mécaniques des thermoplastiques.	17
Figure II-6 : Morphologie des thermodurcissables.....	18
Figure II-7 : États des polymères.....	20
Figure II-8 : Evolution de la consommation des polymères.....	22
Figure II-9 : Coloration des matières plastiques.....	24
Figure II-10 : origine animale de plastique.	25
Figure II-11:Origine végétale des plastiques.....	25
Figure II-12 : Origine naturelle.	25
Figure II-13: Le recyclage des matières plastiques.	26
Figure III-1: procédés de mise en forme des matières plastiques par taux.....	28
Figure III-2 : Procède de l'injection plastique.	28
Figure III-3 : injection soufflage.	29
Figure III-4 : Extrusion.....	29
Figure III-5 : Extrusion gonflage.....	30
Figure III-6: Expansion moulage.	31
Figure III-7 : Articles mis en œuvre par calandrage.....	31
Figure III-8: Thermoformage.	32
Figure III-9 : Procédé de moulage par rotation.	33
Figure III-10: Moulage par Compression.....	33
Figure III-11 : Presse à injection plastique.....	34

Figure III-12: structure de presse d'injection..	35
Figure III-13 : Presse à injection horizontale.	36
Figure III-14 : Presse à injection verticale.....	36
Figure III-15 : presse électrique.....	37
Figure III-16: Presse d'angle et bi-matière.....	37
Figure III-17 : Dispositif d'une presse d'injection.	39
Figure III-18 : Fermeture à genouillères simple.....	40
Figure III-19: Fermeture à genouillères double.....	41
Figure III-20: Fermeture à genouillères simple.....	41
Figure III-21: Fermeture Mixte (Hydraulique-Mécanique).....	42
Figure III-22: L'unité de plastification	42
Figure III-23 : les différentes zones de l'unité d'injection.....	43
Figure III-24 : vis pour matière amorphe.	43
Figure III-25 : Vis pour matière semi-cristalline.	43
Figure III-26 : moteur hydraulique.....	44
Figure III-27 : La buse.....	44
Figure III-28: L'unité d'injection.....	45
Figure III-29 : moule d'injection plastique.....	45
Figure III-30 : Les différents éléments d'un moule d'injection.....	46
Figure III-31 : Matériaux élément standards du moule.	49
Figure III-32 : Circuit de refroidissement des plaques de moules.....	50
Figure III-33: Les différentes fonctions d'un moule.	50
Figure III-34 : Fonctions de presse.....	51
Figure III-35: phase de plastification	52
Figure III-36: phase de remplissage.	52
Figure III-37: phase de compactage.	53

Figure III-38:phase de refroidissement et d'éjection.....	54
Figure III-39:phase d'éjection.	54
Figure III-40:Déroulement de cycle d'injection.	55
Figure IV-1 : Esquisse initiale d'une chaise.	57
Figure IV-2 : L'épaisseur de la chaise.	57
Figure IV-3:crée un nouveau plan.	58
Figure IV-4:enlève la matière.	58
Figure IV-5:utilise la coque.	59
Figure IV-6:Modèle Géométrique sur SOLIDOWRKS 2017.	59
Figure IV-7:Le châssis de la chaise a été assemblé sur SolidWorks 2017.	60
Figure IV-8:percer la chaise.	61
Figure IV-9:Assemblage.....	61
Figure IV-10 : Recherche de contre dépouilles de la chaise.	62
Figure IV-11:analyse de dépouille de la pièce.	63
Figure IV-12 : lignes de joint.....	63
Figure IV-13:Le plan de joint.	64
Figure IV-14:esquisse sur plan de joint.	64
Figure IV-15:Insertion d'empreinte de moule.	65
Figure IV-16:Représentation des deux empreintes (A : mobile, B : Fixe).	65
Figure IV-17:Conception de moule en SolidWorks.	66
Figure IV-18:éjecteur.	66
Figure IV-19:buse d'injection.	67
Figure IV-20:Bague de centrage.....	67
Figure IV-21:Bague de guidage D40.....	67
Figure IV-22:Tasseaux.	68
Figure IV-23:Plaque éjectrice.....	68

Figure IV-24:Semelle fixe.	68
Figure IV-25:Colonne de guidage.	69
Figure IV-26 : Semelle mobile.	69
Figure IV-27: Vis CHC.	70
Figure IV-28 : Refroidissement de moule.	70
Figure IV-29:Moule d'injection plastique état ouvert.	71
Figure IV-30 : Définition du matériau de la pièce.....	74
Figure IV-31:Définir les fixations de la pièce.	74
Figure IV-32:charge appliquée sur la chaise.	75
Figure IV-33:Créer le maillage.....	75
Figure IV-34: contraintes Von Mises en SolidWorks.	76
Figure IV-35:Déplacements de la pièce moulée en SolidWorks.....	77
Figure IV-36 : Déformations de la pièce moulée en SolidWorks.	77
Figure IV-37:Interface de code calcul.	78
Figure IV-38: Demi-moule fixe en logiciel Abaqus.....	78
Figure IV-39:Température de moule (vue face).....	79
Figure IV-40:Température de moule (vue isométrique).....	79
Figure V-1: Masse de la pièce.	82
Figure V-2: Masse de la carotte.....	82
Figure V-3:Schéma d'un plateau d'une presse 650T.	84
Figure V-4: Caractéristiques dimensionnelles de la presse 650T.....	84
Figure V-5:Graphe des enthalpies en fonction de la température.	87
Figure V-6: Surface du plan de joint sur SolidWorks.	88
Figure V-7: Colonnes de guidage.....	89

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau II-1:montre les avantages et les inconvénients des thermoplastiques.	16
Tableau II-2: Avantages et Inconvénients des thermodurcissables.....	18
Tableau II-3:domaine d'application des polymères	23
Tableau III-1 : structure de presse d'injection.	35
Tableau III-2 : les avantages et les inconvénients Les différentes presses d'injection.	38
Tableau III-3: avantage et inconvénient d'une presse avec fermeture hydraulique.	40
Tableau III-4:avantages et inconvénients d'une presse avec fermeture Mécanique.	41
Tableau III-5:avantages et inconvénients d'une presse avec fermeture Mixte	41
Tableau III-6: Terminologie des éléments constituant l'outillage	46
Tableau III-7:Matériaux pour la fabrication des moules.	48
Tableau IV-1 : Dimension nominales de châssis.....	60
Tableau IV-2 : Terminologie des éléments constituant l'outillage.....	71
Tableau IV-3: Les caractéristiques de l'ABS.	72
Tableau V-1:Capacité d'injection.....	81
Tableau V-2 : la pression d'injection (tonnes/cm ²)	83
Tableau V-3: Caractéristiques techniques de la presse 650T..	85

Nomenclature

Nomenclature

SNVI : Société Nationale des Véhicules Industriels.

CIR : Carrosserie Industrielle Rouïba.

VIR : Filiale véhicules industriels de Rouïba.

FOR : Filiale fonderie de Rouïba.

PE : Polyéthylène.

PS : Polystyrène.

PVC : Polychlorure de vinyle.

PP : Polypropylène.

ABS : Acrylonitrile Butadiène Styrene.

PC : Polycarbonate.

PP : Polypropylène.

PA : Polycondensation l'acide Adipique.

PTFE : Polytétrafluoroéthylène.

CAO : Conception Assisté Ordinateur.

Hi : Enthalpie de la matière à la température d'injection.

He : Enthalpie de la matière à la température d'éjection.

[T]cis : Limite de cisaillement admissible.

Re : Limite élastique du matériau.

Introduction générale

Introduction générale

L'injection plastique est un procédé de fabrication utilisé dans diverses industries pour produire des pièces en plastique. Il implique la fonte de granulés de plastique, puis l'injection du plastique fondu dans un moule où il refroidit et se solidifie pour former la pièce finale. Ce processus offre une grande précision, une répétabilité élevée et une efficacité de production, ce qui le rend économiquement viable pour la production en série. L'injection plastique est largement utilisée dans des secteurs tels que l'automobile, l'électronique et Autobus.

Un moule d'injection plastique est un outil essentiel dans le processus de moulage par injection plastique. Il est conçu pour donner forme au plastique fondu et le refroidir rapidement pour former une pièce solide. Le moule est généralement constitué de deux moitiés, un fixe et un mobile, qui sont pressées ensemble pour former une cavité dans laquelle le plastique est injecté. Les moules peuvent être fabriqués à partir de divers matériaux, tels que l'acier ou l'aluminium, et sont conçus pour être durables et précis afin de produire des pièces de qualité constante à grande échelle.

Dans le cadre de notre projet de fin d'étude de Master de la spécialité Fabrication mécanique et productique, nous avons de la chance de convoier notre thème qui consiste à " Etude, conception et simulation d'un moule d'injection plastique pour une chaise d'un bus ".

Pour notre travail on a fait 5 chapitres principaux :

Chapitre I : Présentation de l'entreprise.

Chapitre II : Généralités sur les matières plastiques.

Chapitre III : Moulage par injection Plastique.

Chapitre IV : Conception et simulation.

Chapitre V : Calcul et vérification.

Etude et conception

Le travail implique l'étude et la conception d'un moule pour une chaise d'un bus SNVI.

Ce travail se compose de 3 étapes :

- Conception du moule de la chaise du bus par le logiciel SOLIDWORKS.
- Simulation du moule de la chaise du bus par le logiciel Abaqus.
- Calcul et vérification.

CHAPITRE I

Présentation de l'entreprise

(SNVI)

I.1 Introduction

Ce chapitre offre un d'ensemble de l'entreprise (SNVI) puis une présentation de dataire de l'unité de carrosserie met en lumière sou historique localisation, ces activités. Pour donne une vue générale de l'endroit où nous avons effectué notre stage.

I.2 Présentation de Société Nationale Véhicules Industrielle (SNVI)

I.2.1 Historique

La société a été créé par le d'écart 81-342 du 12 Décembre 1981 sous la Société SONACOME restructuration (La Société Nationale De Construction Mécanique).

La Société Nationale de Construction Mécanique (SONACOME) a été créé par ordonnance n°67-150 du 09/08/1967 ayant pour vocation d'exploiter et de gérer les usines de construction mécanique du secteur public.

I.2.2 Définition de l'entreprise

La Société Nationale des Véhicules Industriels (SNVI) c'est une société Algérienne Spécialisée dans la production de véhicules industriels de camions et autobus, et d'autres.

Elle se spécialise dans le secteur des véhicules industriels et leurs composants dont :

- Les camions.
- Les autocars, autobus, minicars, minibus.
- Les camions spéciaux.
- Le matériel tracté (remorques, semi-remorques, et autres...etc.).
- Les pièces brutes de fonderie.

On peut retenir trios caractéristiques à la SNVI :

- La SNVI est une entreprise très spécialisée et verticalement intégrée.
- La SNVI dispose d'une grande variété de produits.
- La SNVI est présente sur l'ensemble du territoire national d'où une intégration économique appréciable.

I.2.3 Les objectifs de la SNVI

- Maximiser les productions.
- Acquérir rapidement une gamme de technologie (aux intégrations élevées, grand nombre de produits.
- Rationaliser l'emploi.
- Utiliser des techniques performantes.

I.2.4 Activité de l'entreprise

L'entreprise Nationale des véhicules industriels (SNVI) issue de restructuration de la SONACOME est chargée dans le cadre du plan national du développement économique et social de :

- La recherche.
- Production.

I.2.4.1 Activité étude et recherche

Cette activité est assurée par l'Unité d'Etude et Recherche. Elle a pour missions : L'innovation et le lancement de nouveaux produits.

- L'amélioration de la qualité et la fiabilité.
- L'acquisition et la maîtrise de nouvelles technologies.
- La diversification des sources d'approvisionnement.

I.2.4.2 Activité production

Elles sont des activités de la production et sont sous la responsabilité de la direction industrielle. Les directions de production prennent en charge le processus de fabrication des véhicules industriels depuis la forge jusqu'au montage (y compris les annexes, telle que la maintenance, le contrôle de qualité, les études).

- Filiale véhicules industriels de Rouïba (VIR).
- Filiale carrosserie industrielle de Rouïba (CIR).
- Filiale fonderie de Rouïba (FOR).

I.2.4.3 Activité de distribution et maintenance

Cette activité est assurée sous les directives de deux directions importantes :

a) Direction Marketing et Ventes (DMV)

Pour améliorer son potentiel de distribution, la SNVI a mis en place une unité gestion produit. Implantée à Rouïba sur le complexe, cette unité a pour missions principales :

Réception et contrôle véhicules.

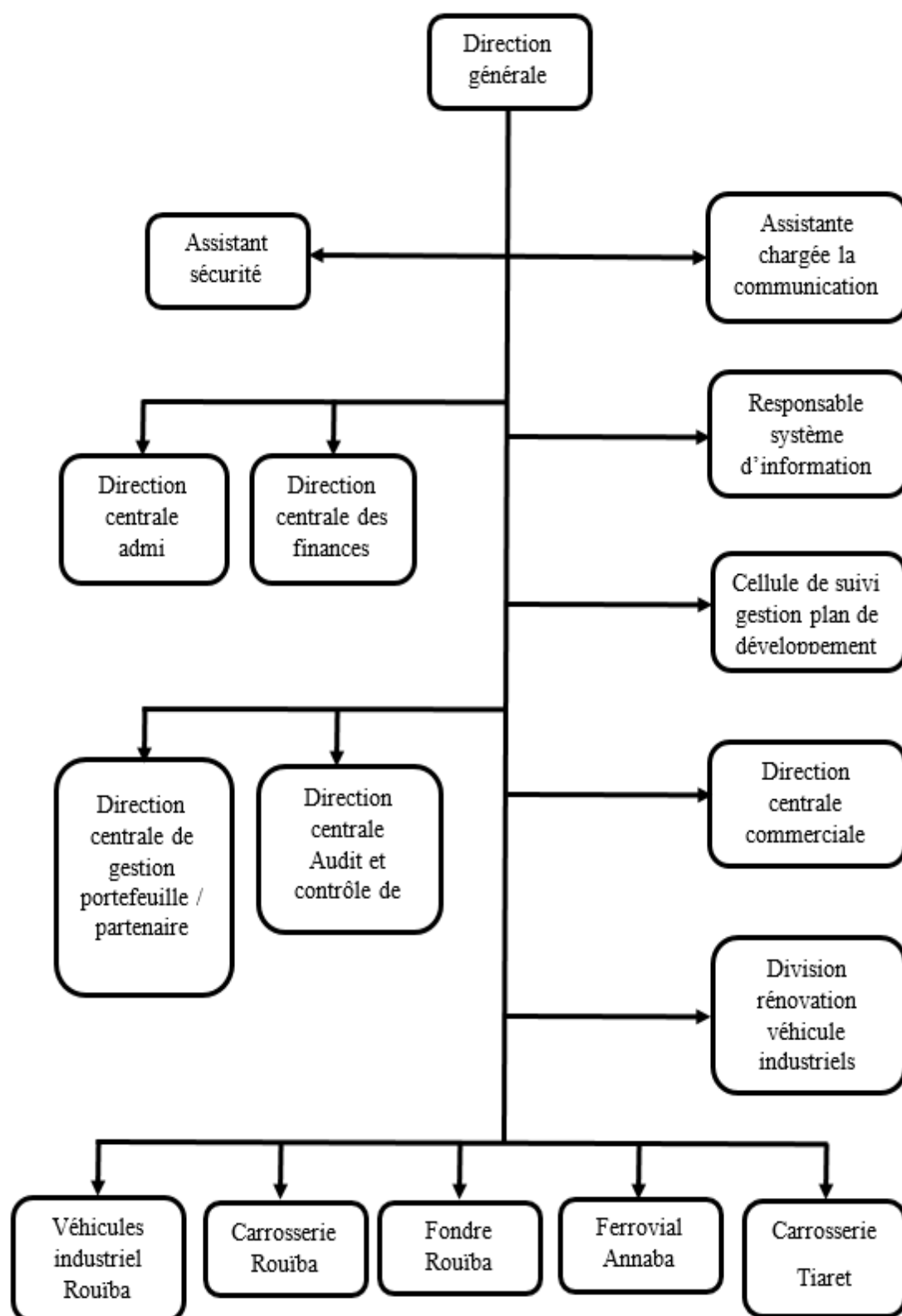
- Mise en carrosserie des véhicules.
- La préparation de ces véhicules.
- Livraison vers les unités commerciales.
- Gestion des stocks.

b) Direction Centrales Après-Vente (DCAV)

L'importante activité de la DCAV, est assurée par onze unités commerciales réparties à travers le territoire national dont notre unité d'Ouargla.

- La DCAV est chargée d'assurer.
- La vente des véhicules neufs.
- La vente de pièces de rechange.
- Le service après-vente.
- La réparation et la rénovation des parcs régionaux de ces produits.

I.2.5 Organigramme générale de SNVI



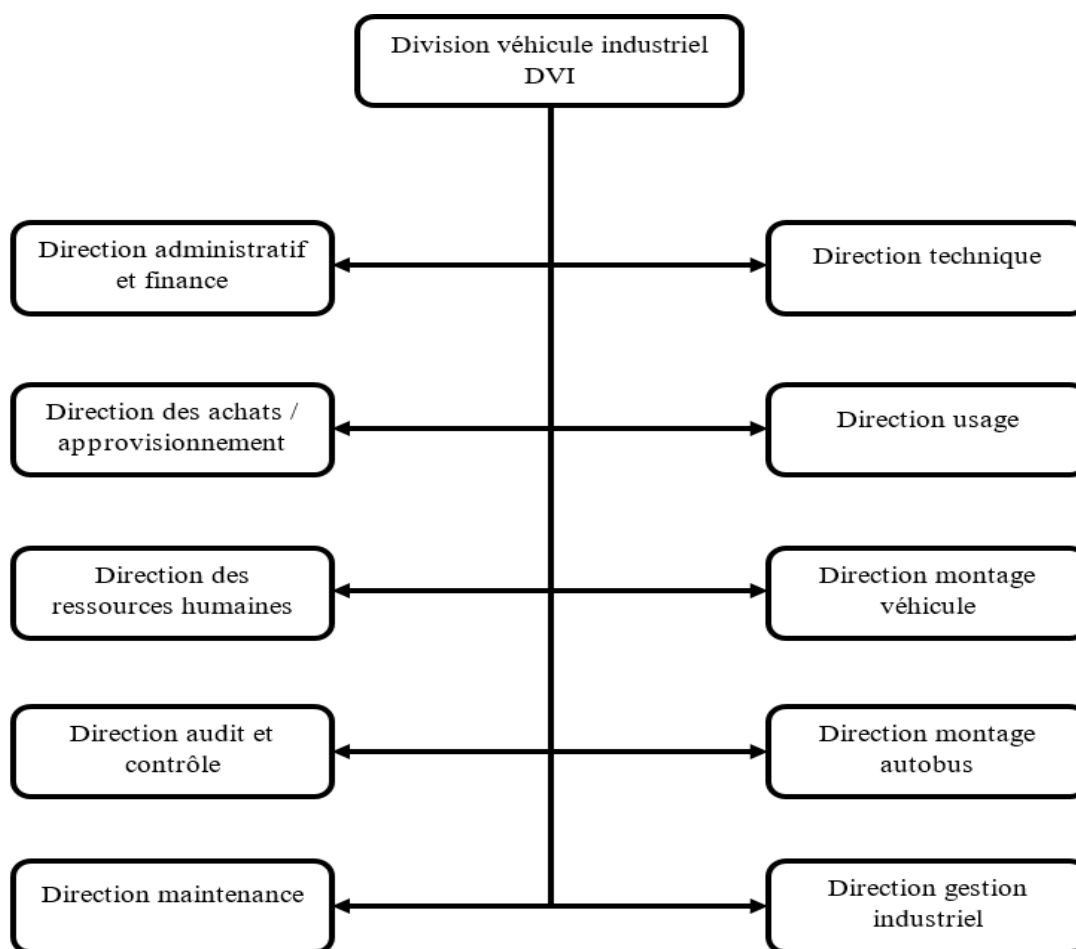
I.2.6 Division véhicule industriels

Cette unité ayant pour activité d'origine, le montage de camions et d'autobus, leurs ventes ainsi que la distribution de pièces de rechange. Elle a été restructurée par la SONACOME pour la fabrication intégrée des camions, autobus et pièces de rechange.

Elle regroupe les différentes directions :

- Direction gestion industrielle.
- Direction Technique.
- Direction usinage.
- Direction montage véhicules.
- Direction montage autobus.
- Direction des approvisionnements.
- Direction administrative et financière.
- Direction des ressources humaines.
- Direction maintenance centrale.
- Direction audit et contrôle.

A cet effet nous représentons l'organigramme suivant :



I.3 L'unité de Carrosserie Industrielle

I.3.1 Définition

La carrosserie est l'enveloppe d'un véhicule automobile qui se repose en général sur le châssis et contient les personnes et les charges à transporter. Sur ce châssis cabine on peut avoir soit un plateau fixe ou mobile, une citerne, une benne ou une nacelle.

C'est toute une petite introduction pour mettre en évidence le rôle de la filiale C.I.R. La carrosserie industrielle Rouïba (CIR) a pour vocation l'industrialisation des produits routiers divers. Elle assure la fabrication des équipements de transport et de chantier :

- Equipement porté.
- Equipement tracté.



Figure I-1:Carrosserie Industrielle Rouïba.

I.3.2 La direction technique de l'unité

❖ La direction de gestion industrielle et planification

La direction de gestion industrielle et planification a pour rôle de donner l'ordre de fabrication à l'opérateur qui est « bête et discipliné ». On trouve quatre services :

➤ Service gestion produit

Le service de gestion produit a plusieurs taches :

- Etudier et ordonnancer les produits nouveaux.
- Fixer et établir les délais des cycles de fabrication.
- Organiser les magasins.
- L'émission des ordres et les qualités.

➤ **Service lancement**

Ces produits sont éclatés en pièces primaires, chaque pièce est représentée par :

- Une fiche de gestion.
- Une gamme de l'article.
- Une fiche de lancement.
- Une fiche de stock.

➤ **Service court terme**

Ce service a pour mission :

- L'exécution des programmes d'assemblages.
- Alimentation des lignes et postes d'assemblages.
- Coordination des activités.
- Déclaration engagement des produits finis.

➤ **Service magasin :**

- Ce service a pour fonctions.
- Assurer la planification des inventaires.
- Prépare les demandes d'alimentations des pièces.
- Assurer le contrôle qualitatif.

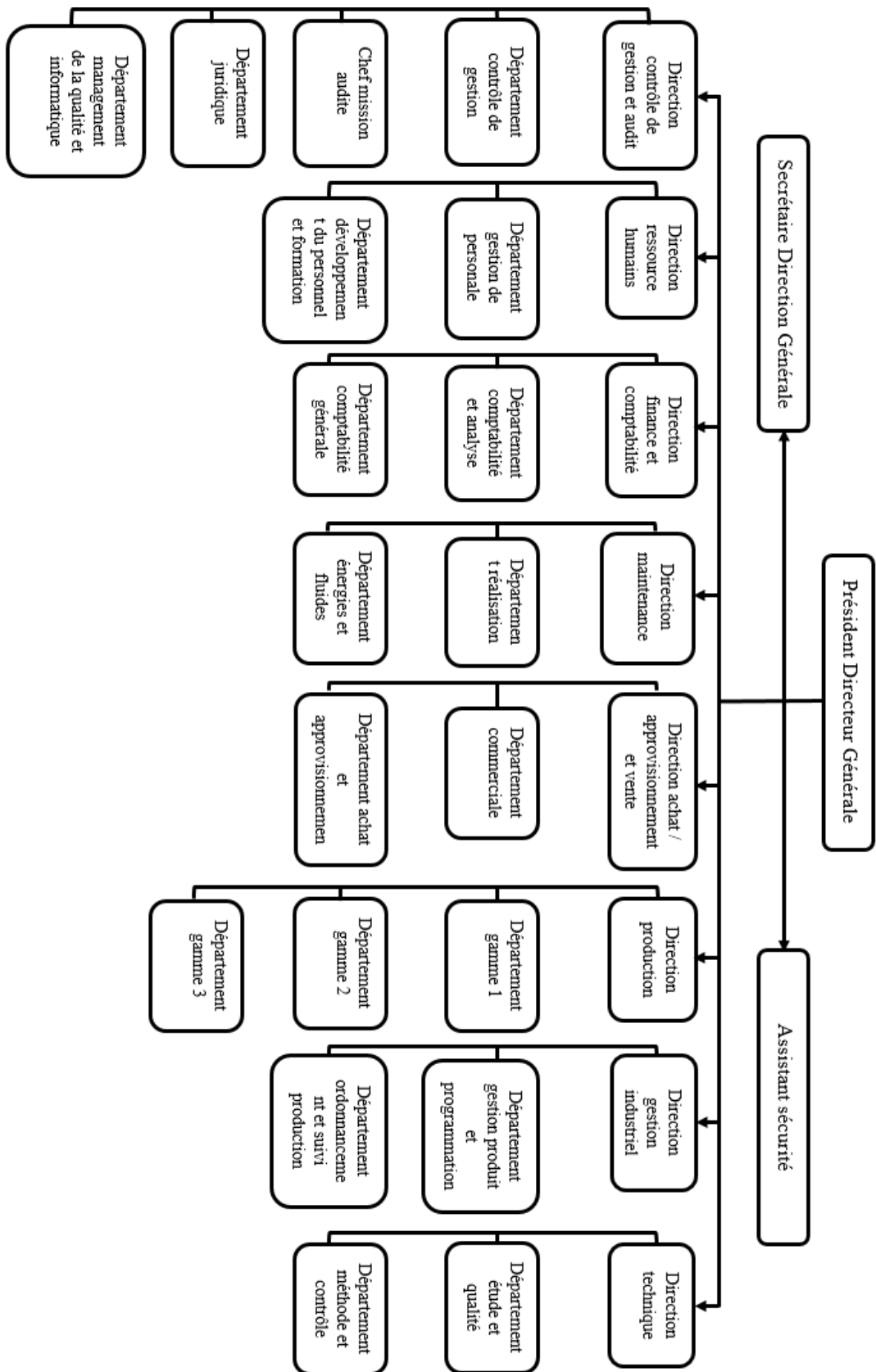
I.3.3 Les bâtiments de carrosserie

La filiale carrosserie de ROUIBA a été créée en janvier 1987, initialement intégrée au complexe de véhicules industriels (CVI), elle est devenue autonome depuis 1987. Son activité principale consiste en la fabrication d'une grande variété de produits de carrosserie, notamment les plateaux, citernes, remorques, véhicules spéciaux etc.

La filiale CIR est composée de plusieurs bâtiments :

- Bâtiment de production.
- Bâtiment de peinture.
- Bâtiment administratif.
- Bâtiment de stockage de matières.
- Bâtiment adaptation et menuiserie.
- Station de traitement des eaux usées.

I.3.4 Organigramme de carrosserie



I.4 Conclusion

Dans le domaine de l'industrie en Algérie, la société nationale des véhicules industriels (SNVI) est considérée comme l'une des entreprises leaders. Elle fait partie des plus grandes entreprises algériennes, jouant un rôle crucial dans l'économie nationale et la réalisation de l'autosuffisance.

Dans ce chapitre, nous avons donné une vue d'ensemble de la société mère : son historique, sa définition, ses activités, son organisation et ses unités réparties dans plusieurs endroits de territoire nationale. Ensuite nous nous sommes concentrés sur la présentation d'une unité plus importante dans l'organisation de la société est la carrosserie industrielle Rouïba, nous l'avons bien détaillée. Ainsi le lecteur de ce chapitre aura une idée globale et précise de cette entreprise.

CHAPITRE II

Généralité sur les matières plastique

II.1 Introduction

A nos jours les pièces en matières plastiques peuplent notre vie quotidienne dans tous les domaines d'utilisation. La matière plastique remplace les autres matériaux à savoir, le métal, le carton, le bois, les verres, la céramique et autres matériaux. Qu'il s'agisse des châssis des fenêtres dans le bâtiment, des éléments de carrosserie et autres composants dans les domaines de l'automobile, de l'aéronautique et navale aussi les meubles, les appareils électroménagers, le matériel électrique, le matériel médical et les moyens de transport.

Partout l'utilisation des matériaux plastiques apportent des solutions de fabrications simples, de réalisations fiables et esthétiques suite à la diversité des procédés de mise en forme comme l'injection, l'extrusion et le thermoformage avec un prix de revient compétitifs, autant d'atouts qui concurrencent les autres matériaux tels que les métaux et le bois.

Produites essentiellement à partir du pétrole, les matières plastiques sont l'un des symboles du XXe siècle, Ces quelques dates montrent l'évolution rapide de cette industrie. Les exigences actuelles et les standards internationaux (aéronautique, espace) accélèrent le processus et l'intégration de la matière plastique.

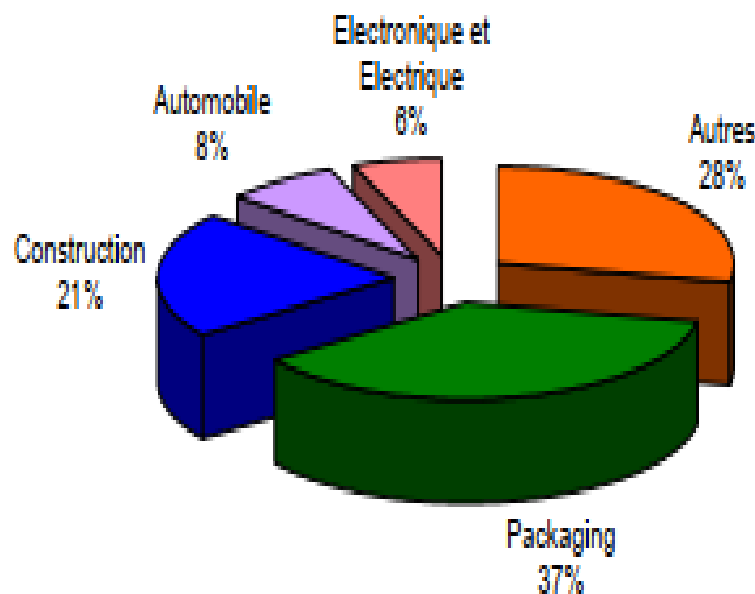


Figure II-1: Domaines d'application des plastiques.

II.2 Historique du plastique

L'histoire des matières plastiques remonte au milieu du XIX^e siècle. En 1839, Charles Goodyear découvrit le procédé de vulcanisation du caoutchouc, marquant ainsi le début de l'ère des polymères. Cependant, ce n'est qu'en 1869 que John Wesley Hyatt inventa la première matière plastique synthétique, appelée le celluloid, en cherchant un substitut à l'ivoire pour la fabrication de billes de billard.

Au début du XX^e siècle, de nouveaux développements ont conduit à la création de plastiques tels que la bakélite, développée par Leo Baekeland en 1907. La bakélite était la première résine thermodurcissable, ouvrant la voie à la production de nombreux objets ménagers et composants électriques.

Au fil des décennies, la recherche et le développement dans le domaine des polymères ont connu une croissance exponentielle, conduisant à la découverte de divers types de plastiques avec des propriétés spécifiques. L'utilisation généralisée des matières plastiques dans l'industrie, la construction, l'emballage, la médecine et d'autres domaines a suivi, avec des progrès continus dans les procédés de fabrication et les applications.

Aujourd'hui, les matières plastiques sont omniprésentes dans notre vie quotidienne, symbolisant les avancées technologiques et industrielles du XX^e siècle. Elles sont utilisées dans une variété d'industries en raison de leur polyvalence, de leur légèreté, de leur durabilité et de leur facilité de fabrication.

II.3 Définition des matières plastique

En réalité, un plastique est un mélange assez complexe pouvant contenir jusqu'à plus d'une dizaine de constituants. Le plus important d'entre eux est le polymère qui donne au plastique ses propriétés physicochimiques et son appellation. La formulation d'un polymère est l'action de lui ajouter des additifs, en quantité plus ou moins grande, pour de multiples raisons telles que :

- Protéger le polymère lors de sa mise en œuvre (par exemple avec un antioxydant),
- Aider à sa mise en œuvre par modification des caractéristiques rhéologiques du mélange à l'état visqueux (par exemple avec un plastifiant, ou un lubrifiant),
- Conférer au produit fini certaines propriétés spécifiques (par exemple avec un principe actif, un agent de conduction,... etc.).

Dans les paragraphes suivants nous décrirons les principaux constituants d'un plastique, leur fonction ainsi que leurs propriétés, et leur effet sur le matériau final, que nous illustrerons avec les exemples les plus connus de ces molécules.[1]

II.4 Les polymères

Les polymères sont les constituants de base des plastiques, qui leur confèrent l'essentiel de leurs propriétés physicochimiques.

II.4.1 Définitions

Un polymère peut être défini comme un système formé par un ensemble de macromolécules. La notion de polymère a été définie pour la première fois par Staudinger dans Les années 1920, et la notion de macromolécules s'est imposée dans les années 1930 après s'être opposée à la théorie « micellaire ». Une macromolécule est une « grande » molécule d'origine naturelle ou synthétique, contenant généralement des atomes de C, H, O, N... grand nombre.[1]

Degrée de polymérisation = DP		
 Monomer DP = 1	+  Monomer DP = 1	 Dimer DP = 1
 Monomer DP = 1	+  Dimer DP = 2	 Dimer DP = 3
 n-mer DP = n	+  m-mer DP = m	 (n+m)-mer DP = (n+m)

Figure II-2: Définition d'un polymère. [1]

II.4.2 Classification

Les polymères sont constitués de la répétition d'un grand nombre de motifs élémentaires : les unités monomères. Dans le cas où les macromolécules ne contiennent qu'un type de monomères, il s'agit d'un homopolymère. Si les unités constitutives sont nombreuses, on parle alors de copolymère.

Il existe plusieurs types de copolymères :

- Les copolymères alternés (chaîne A-B-A-B-A-...).
- Les copolymères séquencés (chaîne A-A-A-B-B-B-...).
- Les copolymères statistiques (chaîne A-B-B-A-B-A-B-A-A-...).[2]

II.4.3 Structure

Les différentes chaînes moléculaires s'organisent entre elles pour donner à la matière une structure. Des interactions physico-chimiques et des interactions géométriques vont se créer. On distingue 3 types de structures.

Un polymère peut adopter trois structures moléculaires.

1- linéaire : La macromolécule se présente sous la forme d'une longue chaîne.

2- branchée : Une longue chaîne sur laquelle viennent s'embrancher des chaînes de longueur variable, en général plus petites.

3- en réseau : Les chaînes sont reliées entre elles en plusieurs points formant un réseau .[3]

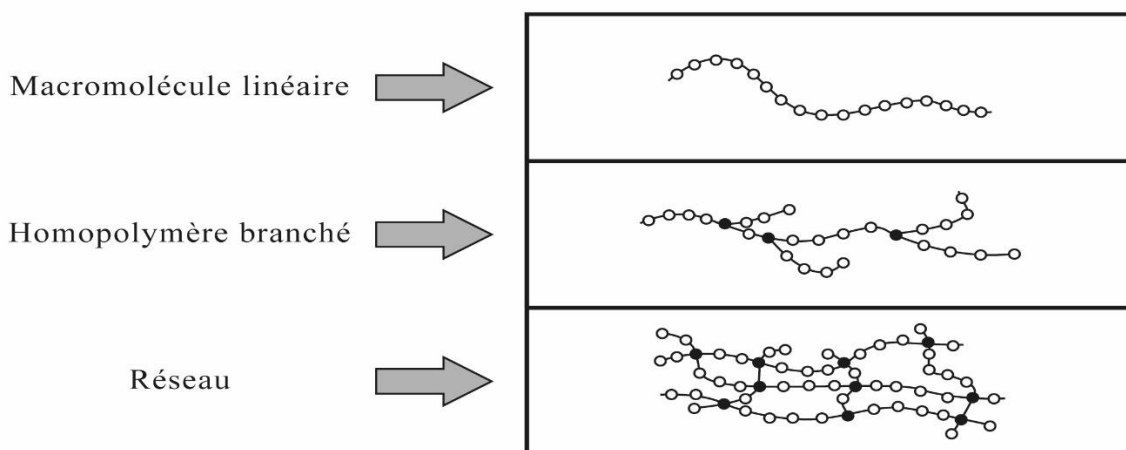


Figure II-3: Structures des chaînes moléculaires. [3]

Ces différentes structures vont permettre de classer les polymères en trois grandes catégories : les thermoplastiques, les thermodurcissables et les élastomères.

II.4.4 Thermoplastiques

Les thermoplastiques sont des solides généralement souples, formés de chaînes distinctes bien compactées et plus ou moins linéaires.

Ils présentent la particularité de s'écouler à la chaleur, ce qui facilite leur mise en forme. Ils sont repartis en trois grandes familles : les amorphes, cristallins et les semi-cristallins. Cette morphologie figure II-4 a une influence importante sur les propriétés des polymères thermoplastiques.

II.4.4.1 Polymères amorphes

Dans un polymère amorphe, les chaînes se présentent sous la forme de pelotes statistiques figure II-4. Les chaînes sont enchevêtrées et on note l'absence de structure ordonnée. Quand on chauffe un polymère amorphe, il subit une transition douce de l'état solide à l'état fluide, il n'y a donc pas de température de fusion. En effet, la structure des chaînes de macromolécule en pelote compacte et désordonnée empêché une transition brutale entre les états solide et liquide. Cependant, une brusque variation de mobilité moléculaire est observée à une température appelée température de transition vitreuse notée T_g . [3]

II.4.4.2 Polymères cristallins

Un polymère purement cristallin, quant à lui, présente des chaînes qui s'arrangent de façon ordonnée. Contrairement aux amorphes, les cristallins possèdent une température de fusion notée T_m . Cependant, un polymère totalement cristallin n'existe pas en réalité. Il reste toujours des défauts ou bien l'extrémité des chaînes qui ne peuvent adopter une structure cristalline. [4]

II.4.4.3 Polymères semi-cristallins

Les semi-cristallins présentent à la fois une partie amorphe ou les chaînes moléculaires sont désordonnées et une partie cristalline ordonnée figure II-4.

Ils présentent donc à la fois une température de transition vitreuse (correspondant à la mobilité de la phase amorphe) et une température de fusion (pour laquelle la phase cristalline se liquéfie). On a donc toujours $T_g < T_f$.

Les polymères semi-cristallins peuvent être caractérisés par leur taux de cristallinité ce qui représente la fraction massique ou molaire d'unités structurales cristallisées par rapport à la totalité des unités présentes. [4]

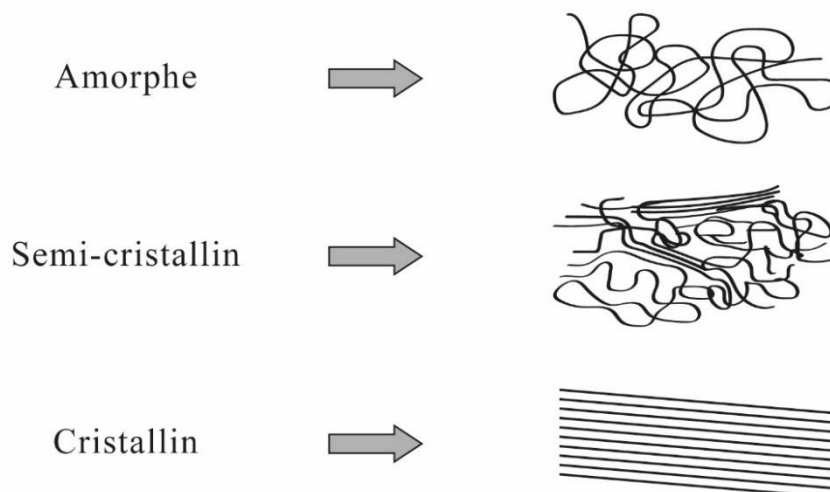


Figure II-4: Morphologie des thermoplastiques.[3]

II.4.4.4 Avantages et les inconvénients des thermoplastiques

Le tableau II-1 ci- dessous représente les avantages et les inconvénients des polymères semi-cristallins peuvent hériter plusieurs qualités complémentaires venant à la fois de leurs parties amorphe et cristalline.

Tableau II-1:montre les avantages et les inconvénients des thermoplastiques. [2]

Avantages		Inconvénient
-Stabilité dans le temps (pas de polymérisation au cours du temps) ; -Recyclable (on peut les liquéfier nouveau) ; -Facile à réparer (par soudure ou collage) ; -Post formable ;		-Forte. -Viscosité du fondu -Fluage.
Amorphe	Cristallin	
Bonne résistance aux impacts moindre retrait au refroidissement.	Module plus élevé plus grande dureté.	

II.4.4.5 Caractéristiques générales

La figure II-5 montre les différentes propriétés thermo-physiques et mécaniques des polymères amorphes, cristallins et semi-cristallins. A la température de transition vitreuse, le coefficient de dilatation thermique et la capacité calorifique des polymères amorphes subissent une discontinuité.

La conductivité thermique atteint un maximum tandis que le volume spécifique montre une rupture de pente caractéristique.

En général, la morphologie est modifiée par le processus de mise en forme : un refroidissement lent conduit à un taux de cristallinité élevé tandis que les taux de refroidissement rapides piègent la nature amorphe du fondu et abaissent de ce fait le taux de cristallinité. [5]

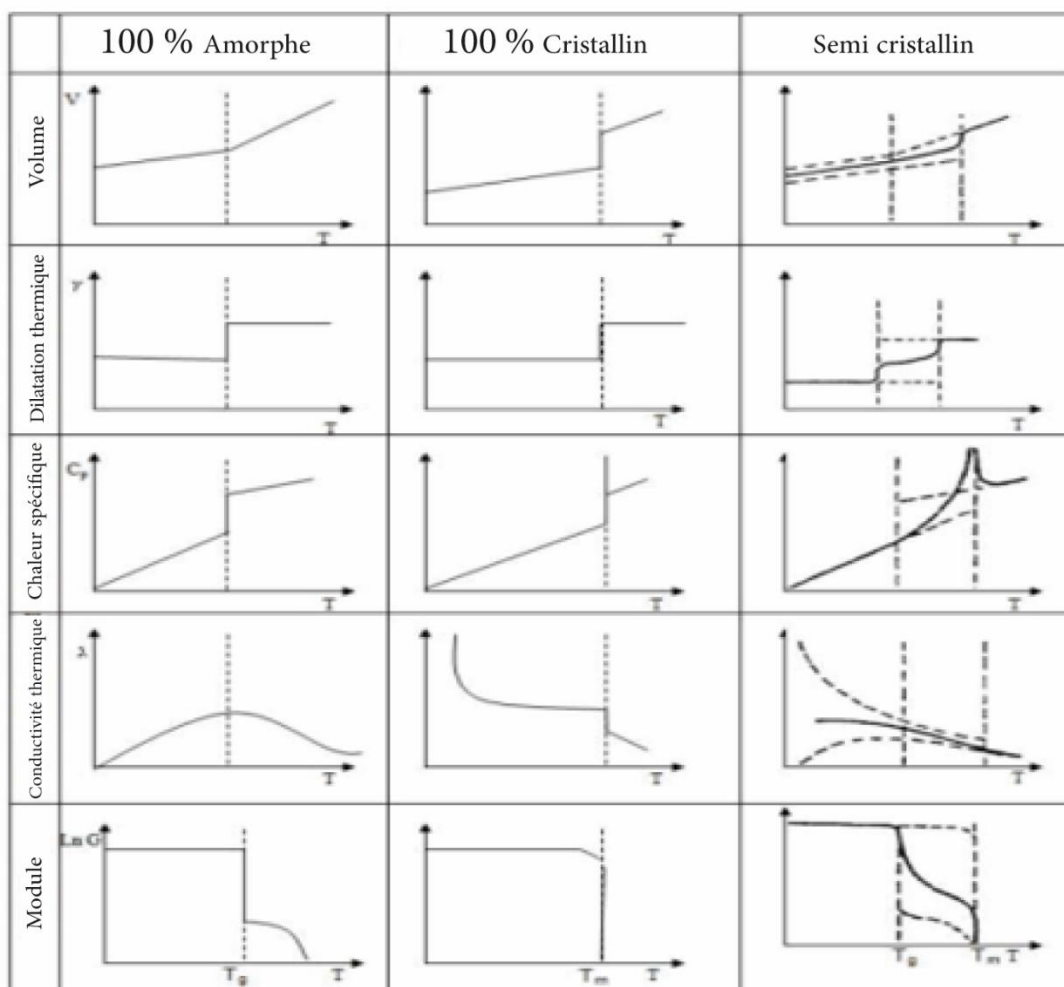


Figure II-5: Propriétés thermo-physiques et mécaniques des thermoplastiques. [5]

II.4.5 Thermodurcissables (Les duroplastes)

Les thermodurcissables ou thermo durcis ont une structure en réseau tridimensionnel, ce qui rend leur fusion impossible. La rigidité ainsi que la stabilité thermique du polymère est liée au taux de réticulation, c'est à dire à la densité de points de liaison entre les chaines macromoléculaires. [4]

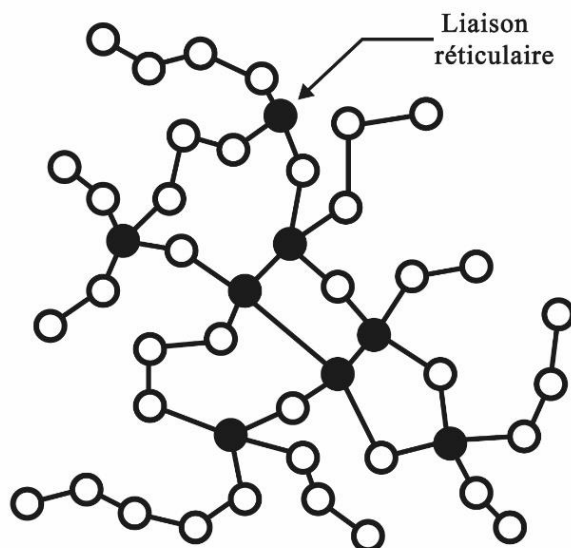


Figure II-6 : Morphologie des thermodurcissables. [4]

II.4.5.1 Avantages et désavantages des thermodurcissables

Le tableau II-2 montre les avantages et les inconvénients des thermodurcissables :

Tableau II-2: Avantages et Inconvénients des thermodurcissables. [4]

Avantages	Inconvénients
-Faibles viscosité de la résine - Bon mouillage des fibres - Résistance aux agressions chimiques - Peu sensible au fluage	- Cassant - Non recyclable par techniques standard - Non pas formable

II.4.6 Les élastomères

Ont les mêmes qualités élastiques que le caoutchouc c'est-à-dire qu'ils supportent de très grandes déformations avant rupture. Ils ont une contrainte :

Ils peuvent se déformer. Ils ont une bonne élasticité, grâce à la vulcanisation qui consiste à cuire avec différents agents chimiques les molécules pour les rendre flexibles. Les élastomères les plus utilisés sont :

- Le caoutchouc naturel issu du latex.
- Le poly isoprène synthétique.
- Le polybutadiène.
- Le styrène-butadiène.

Grâce aux propriétés des différents plastiques, la diversité des demandes de l'utilisateur est satisfaite. Ces trois grandes familles regroupent donc une multitude de plastiques différents selon les caractéristiques attendues.[4]

II.4.7 Les différents états des polymères

En fonction de la température, un polymère peut se présenter dans trois états différents qui correspondent à un accroissement des volumes libres intermoléculaires avec la température et une diminution des forces de liaisons.

On peut repérer ces états en suivant le graphe de la masse volumique ou du module d'élasticité E en fonction de la température. La température ambiante pouvant se trouver dans l'une des trois zones selon le polymère considéré. [6]

- **L'état vitreux (A)**

Les verres organiques n'admettent que de très faibles déformations.

- **L'état de transition (B)**

On rencontre les polymères linéaires thermoplastiques et les polymères réticulés dont la Décomposition chimique se produit avant la fusion.

- **L'état caoutchouteux (C)**

Les élastomères sont formés de très longues molécules reliées entre elles par des points de jonction relativement rares. [7]

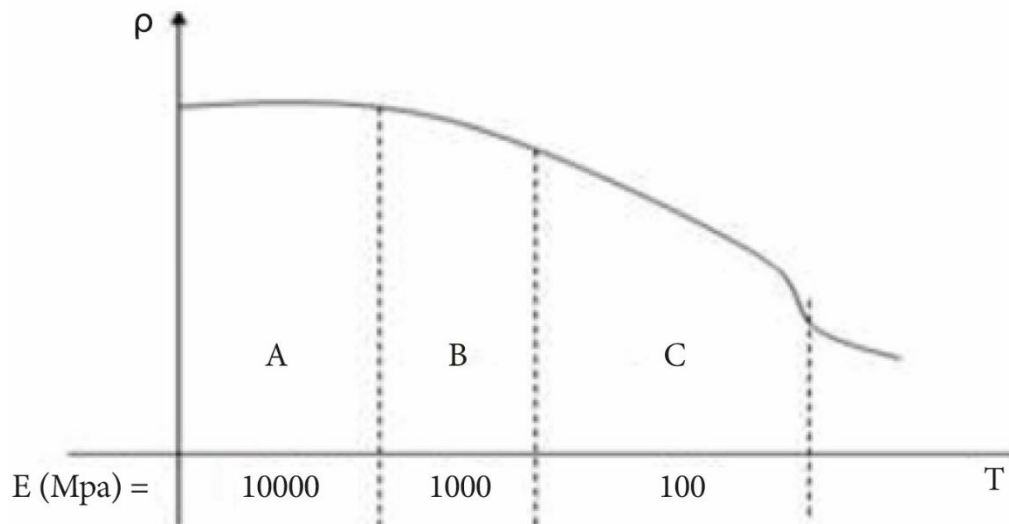


Figure II-7 : États des polymères. [7]

II.5 Propriétés des matières plastiques

Les propriétés spécifiques des matières plastiques vont varier d'une matière à l'autre. Les principales propriétés sont :

1) La Légèreté

La densité de la plupart des matières plastiques est comprise entre 0,9 et 1,8. Le plus souvent.

2) La résistance mécanique

- Elle est variable suivant la composition chimique.
- Les pièces plastiques sont plus légères que les pièces métalliques assurant les mêmes fonctions

3) La transparence

Certains plastiques ont un coefficient de transmission de la lumière voisin de celle du verre, et bon nombre sont transparent ou translucides.

4) L'inaltérabilité

- Ils résistent aux agressions extérieures et à de nombreux produits chimiques.
- Certains demandent une protection contre les ultra-violets.

5) L'esthétique

Les couleurs sont variées et les possibilités de mise en œuvre nombreuses. L'aspect lisse et fini du matériau confère à l'objet une impression "design".

6) L'isolation

Ce sont de bons isolants électriques, thermiques et acoustiques.

7) L'imperméabilité

Ils assurent une bonne barrière aux gaz et à l'eau.

8) La glisse

Ils possèdent le plus souvent un faible coefficient de frottement.

9) L'entretien

Ils sont d'un entretien facile. - Ils ne nécessitent aucun traitement de surface. - Ils résistent à la corrosion.

10) L'asepsie naturelle

- Les matières plastiques transformées à des températures supérieures à 150° C apportent l'asepsie aux.
- Emballages qu'elles permettent de fabriquer. [8]

II.6 Amélioration des propriétés des matières plastiques

Les polymères de base subissent des ajustements grâce à l'incorporation de divers composés visant à améliorer leurs propriétés physiques et chimiques. Ces modifications ciblent des aspects tels que la résistance aux chocs, la résistance au courant électrique et la durabilité face au vieillissement. La précision des dosages est cruciale, distinguant les additifs, constituant plus de 10% de la composition finale, des adjuvants, qui représentent généralement moins de 10%, parfois même moins de 1%.

La chaleur joue un rôle central dans la transformation des polymères vers leur forme finale de matière première. Les termes "additifs" et "adjuvants" englobent tous les produits visant à améliorer diverses propriétés du plastique en tant que matrice enveloppant le renfort.

Cette approche permet d'obtenir des matériaux plastiques adaptés à des applications spécifiques en optimisant leurs performances.

II.7 Domaine d'application de la matière plastique

À la différence d'autres matériaux qui se spécialisent souvent dans des domaines spécifiques, les polymères jouissent d'une présence généralisée dans divers secteurs d'activité. Que ce soit dans l'automobile, la construction navale, l'aéronautique, l'électricité-électronique, l'électroménager, le domaine sportif et des loisirs, la santé, le textile, l'agriculture, ou encore l'emballage, ces matériaux polymères occupent une place prépondérante. Cette ubiquité dans de multiples secteurs explique la croissance constante de leur consommation à l'échelle mondiale. [9]

Comme le montre la Figure II 8 ci-dessous :

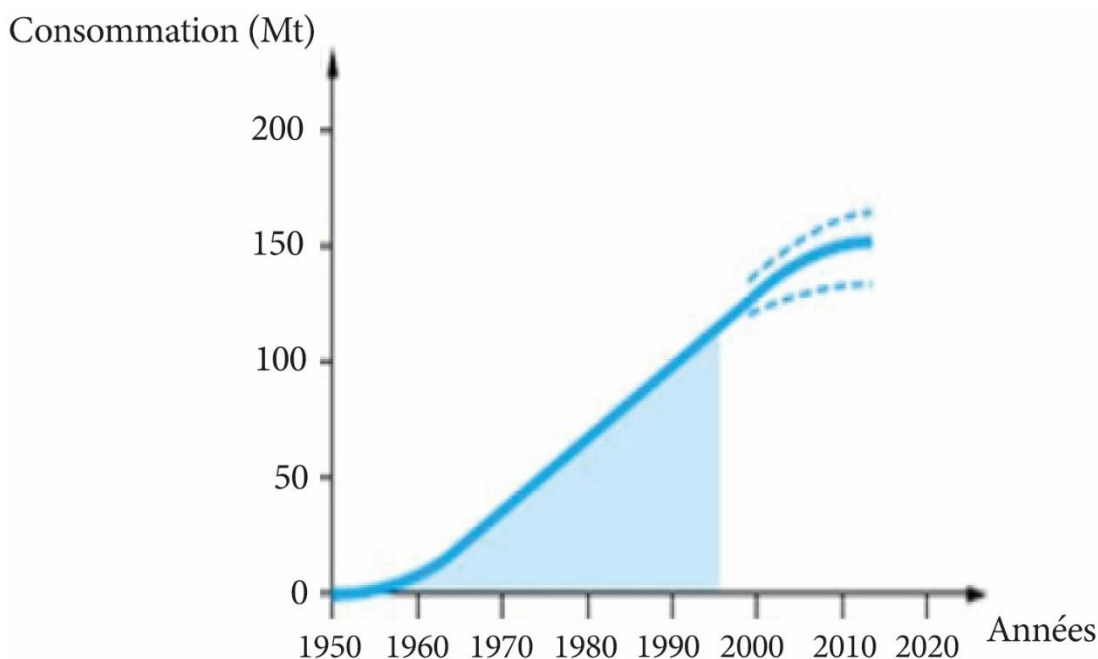


Figure II-8 : Evolution de la consommation des polymères. [9]

Tableau II-3:domaine d'application des polymères.[9]

Domaines	Polymères	Applications
Automobile	PP PEHD PVC	- Coussin, volant, parechoc. - Filtre, batterie, climatiseur - Réservoir d'essence. - Garniture interne.
Electricité et Electronique	Polyptères Epoxydes Phénolique ABS, PP, PS	- Isolants d'appareillages. - Circuits imprimés. - Cratères d'appareil.
Emballage et Conditionnement	PEHD ABS PVC	- Sac cabas, sac poubelle, articles injectés. - Couvertures, boîtages. - bouteilles, feuilles, films.
Santé	PVC PEHD ABS	-Masque pour oxygénothérapie prothèse orthopédique. - Paroi de rein artificiel.
Bâtiments et Travaux publics	PVC rigide PSPEHD	- Canalisation d'eau, raccord pour tubes Décoration lumière. - Tuyaux et profils, tubes électriques.
Agriculture	PVC PE	- Ensilage, bâchage. - Poterie florale et cagette. - Drainage, arrosage.

II.8 Coloration des matières plastiques

Les matières plastiques, aussi connues sous le nom de polymères, sont souvent teintées durant leur fabrication pour répondre aux demandes des clients en matière de couleur. Les résines de base utilisées ont généralement une couleur naturelle, allant du transparent au blanc. Des pigments ou colorants sont ajoutés à différentes étapes du processus de fabrication pour obtenir la teinte désirée, cela dépendant du type de plastique et des propriétés nécessaires du produit final.

- Les résines naturelles foncées sont en (noir, rouge, bleu).
- Les résines naturelles claires sont colorées claire ou pastel (jaune, Orange).
- Colorants : 11 existe deux types de colorant.

II.8.1 Colorant à sec

Les granulés vierges sont mélangés dans le tambour avec le colorant choisi. Un lubrifiant peut être ajouté pour faciliter l'écoulement de la matière dans le moule.

II.8.2 Colorants dans la masse

Les granulés sont colorés à sec et pour réaliser une bonne dispersion de la couleur, ils sont extrudés en filament, puis broyés par granulation.



Figure II-9 : Coloration des matières plastiques.

II.9 Origines des matières plastiques

A l'origine, la plupart des matières plastiques provenaient de résines dérivées de matières végétales, comme la cellulose (extraite du coton), le furfural (extrait de céréales), les huiles (obtenues à partir de graines), les dérivés d'amidon ou le charbon. La caséine (issue du lait) était l'une des seules matières non végétales utilisées. [10]

II.9.1 Origine animale

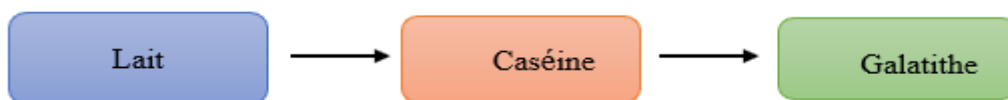


Figure II-10 : origine animale de plastique.

II.9.2 Origine végétale

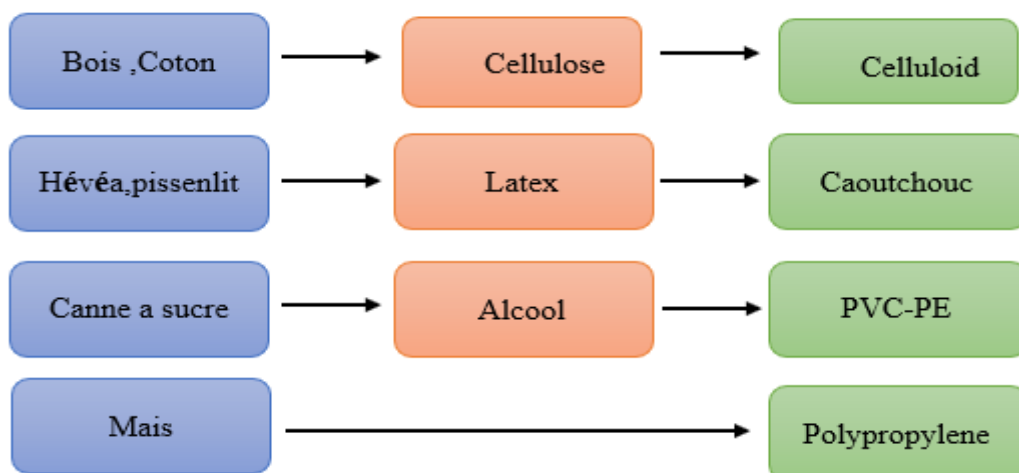


Figure II-11:Origine végétale des plastiques.

II.9.3 Origine naturelle

(Représentant 90% de la production des matières plastique)

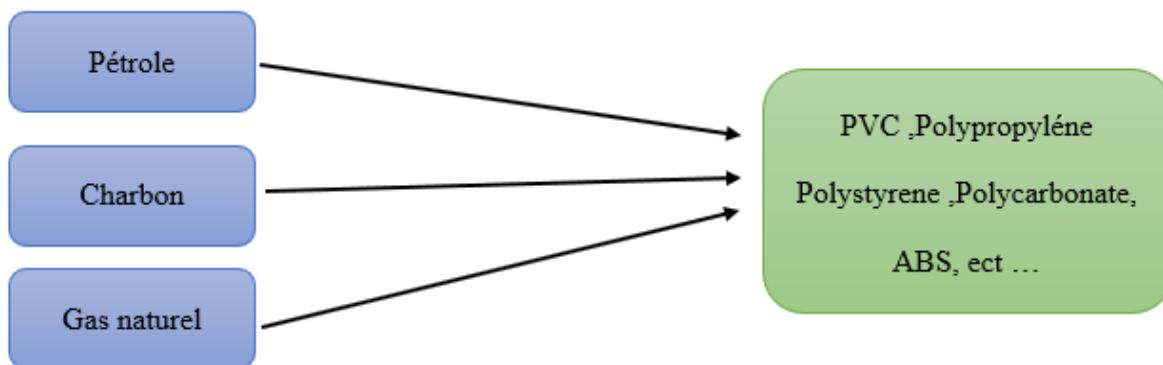


Figure II-12 : Origine naturelle.

II.10 Le recyclage des matières plastiques

Le recyclage du plastique est un processus visant à réutiliser les déchets plastiques afin de réduire leur impact sur l'environnement. Il comprend plusieurs étapes, notamment la collecte, le tri, le lavage, la transformation et la fabrication de nouveaux produits.

Le recyclage du plastique contribue à économiser des ressources, à réduire la pollution et à limiter la quantité de déchets plastiques dans les décharges. Cependant, des défis subsistent, tels que la nécessité d'améliorer la collecte sélective, de développer des technologies plus efficaces et de sensibiliser davantage le public pour promouvoir une gestion durable des plastiques. [10]

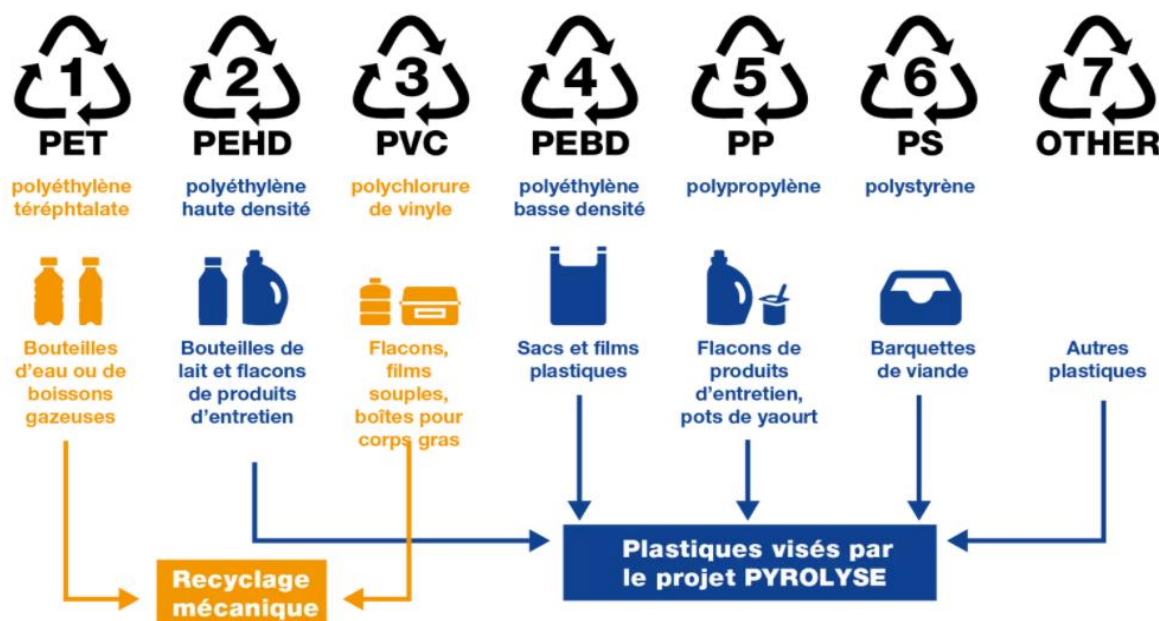


Figure II-13: Le recyclage des matières plastiques.

II.11 Conclusion

Dans cette section, nous avons constaté que les matières plastiques jouent un rôle essentiel dans de nombreux domaines en raison de leurs propriétés remarquables. Leur utilisation généralisée découle notamment de caractéristiques telles que leur poids léger, leurs propriétés physiques, chimiques et mécaniques adaptées à diverses exigences, la qualité de leurs surfaces, ainsi que leur coût relativement bas. Ces matériaux offrent une solution polyvalente répondant aux besoins variés de plusieurs secteurs, renforçant ainsi leur importance dans l'industrie moderne.

CHAPITRE III

Moulage par injection plastique

III.1 Introduction

La technique de l'injection plastique se positionne comme l'un des choix les plus appropriés pour la fabrication en série de composants microtechniques. L'évolution significative de cette méthode dans la production de pièces microtechniques nous oriente vers l'exploration des pièces obtenues, la conception des outillages d'injection, et leur application pratique. Fonctionnement fondamental : Ce procédé permet la création de pièces d'une épaisseur comprise entre 0.4 et 6 mm, arborant des formes complexes. Il s'agit essentiellement de ramollir la matière thermoplastique (TP) pour la rendre visqueuse, puis de la malaxer à travers une vis de plastification. Ensuite, la matière est injectée sous une pression considérable dans un moule froid avec une ou plusieurs empreintes. Au contact des parois froides, la matière se solidifie et prend forme, permettant ainsi le démoulage de l'objet final.

La qualité d'un objet injecté dépend de trois critères :

1. La conception des formes de la pièce.
2. La conception et la qualité de réalisation de l'outillage (le moule).
3. Les conditions et les paramètres de moulage (injection).

Pour les matières thermoplastiques, on emploiera principalement les procédés suivants :

- L'injection.
- L'extrusion.
- Le calandrage.
- L'injection soufflage.
- Le thermoformage.
- Le roto moulage.

Ces procédés sont également utilisés pour les matières thermodurcissables, qui nécessitent une attention particulière pour la température. D'autres procédés, tels que la compression, sont également employés pour le traitement de ces matériaux.

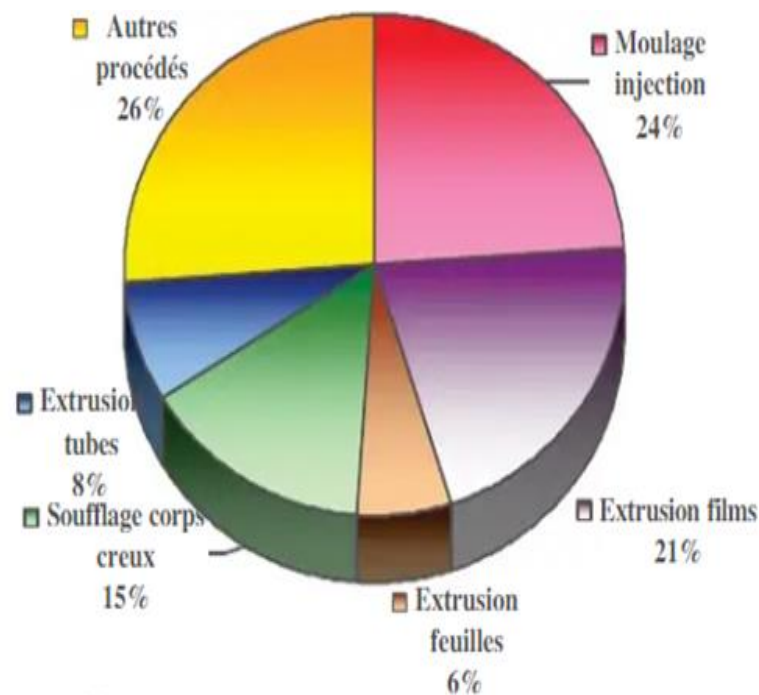


Figure III-1: Répartition des procédés de mise en forme des matières plastiques par taux.

III.2 Procédés de transformations du plastique

III.2.1 Procédé injections

Le procédé d'injection implique l'introduction d'un matériau liquide ou semi-liquide dans une cible spécifique à l'aide d'un dispositif d'injection. Après la préparation du matériau, ajustement des paramètres et positionnement de la cible, le matériau est injecté sous pression. La solidification ou le durcissement suit, aboutissant à la création de produits finaux. Ce processus est largement utilisé dans la fabrication de pièces plastiques, la production pharmaceutique, et d'autres secteurs industriels. Les détails précis varient en fonction de l'application et du matériau utilisé. [11]

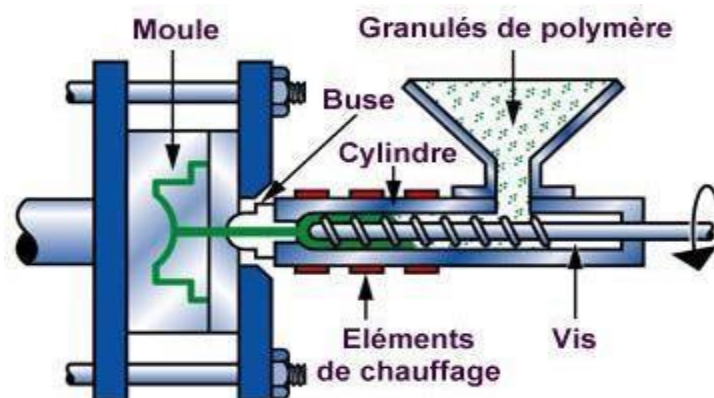


Figure III-2 : Procède de l'injection plastique. [11]

III.2.2 Injection soufflage

Le procédé d'injection soufflage est la technique la plus utilisée dans la fabrication des bouteilles d'eau et de jus. La matière plastique est injectée pour de former (préforme), qui peut être chauffée ou stockée, pour être ensuite soufflée pour prendre la forme voulue. Après cela, L'éprouvette est placé dans le moule de soufflage en deux demi-coquilles qui ont la forme que nous voulons, puis l'injection est faite dans la cavité à travers le trou. Ensuite, nous mettons le matériau sur l'empreinte à froid et le figer dans sa forme finale. [12]

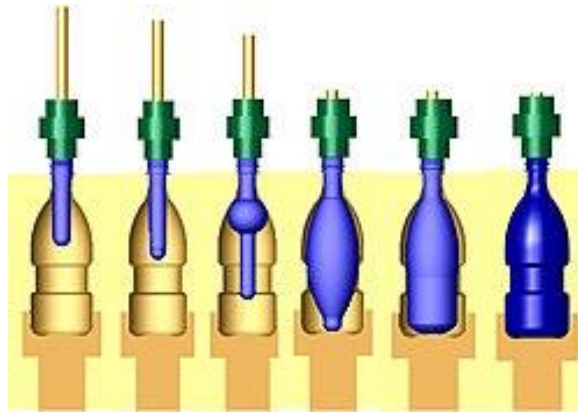


Figure III-3 : injection soufflage. [12]

III.2.3 Extrusion

L'extrusion est le procédé de transformation qui sert à fabriquer des pièces en longueur comme des tuyaux, des gouttières ou des tubes :

- 1-On verse le polymère sous forme de granulés ou de poudre solide dans la trémie de l'extrudeuse.
- 2- La matière est entraînée par la vis sans fin qui tourne dans un cylindre chauffé.
- 3-Elle se liquéfie sous l'effet de la chaleur et de la friction...
- 4-La vis entraîne le plastique vers la sortie. La tête de sortie (pièce en acier aux formes variées) donne sa forme au produit au plastique qui est ensuite refroidi. [7]

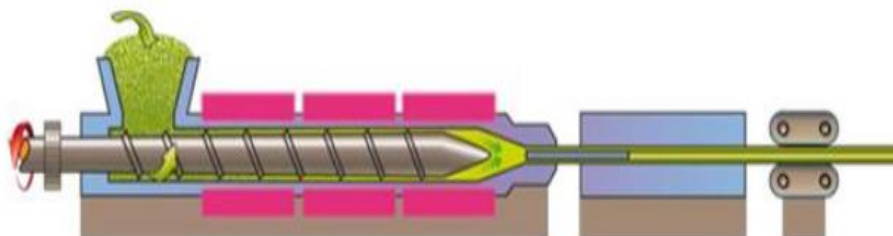


Figure III-4 : Extrusion.[7]

III.2.4 Extrusion gonflage

Le procédé de soufflage continu est une déclinaison de l'extrusion, impliquant le gonflement continu d'un tube appelé paraison en insufflant de l'air à l'intérieur. Contrairement à l'extrusion classique, ce procédé ne nécessite pas l'utilisation d'un moule. La forme du produit est obtenue grâce à la pression de l'air qui étend et refroidit le matériau en phase initiale. Bien que le principe initial soit similaire à celui de l'extrusion classique, la sortie de l'extrudeuse ne produit pas de forme définie, laissant à l'air soufflé le rôle de déterminer la forme finale du produit.

1. On insuffle de l'air comprimé dans le plastique ramolli.
2. Il se gonfle alors et s'élève verticalement comme une bulle de film très fin. On le laisse ensuite refroidir.
3. Avant de l'aplatir entre des rouleaux, on forme des soufflets et on prédécoupe les sacs.
4. On les enroule sur des bobines ou on forme des rouleaux.

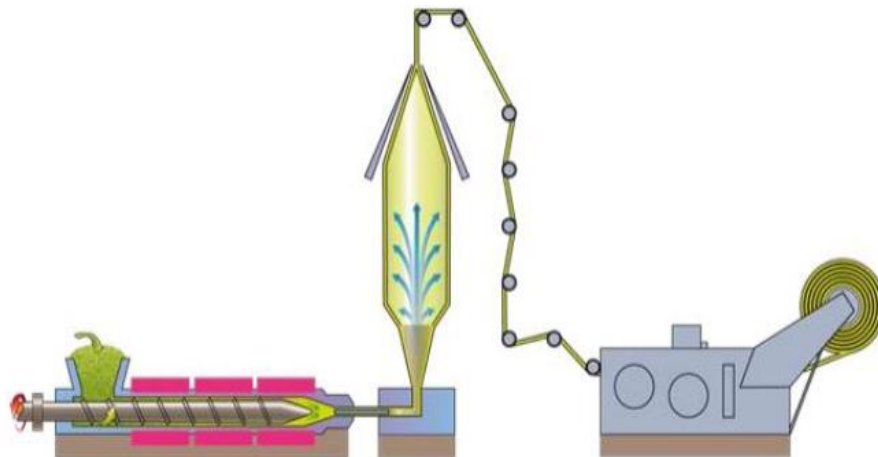


Figure III-5 : Extrusion gonflage. [7]

III.2.5 Expansion moulage

Le dernier procédé de transformation est appelé expansion moulage. Il sert à fabriquer toutes sortes d'emballages en polystyrène expansé. [13]

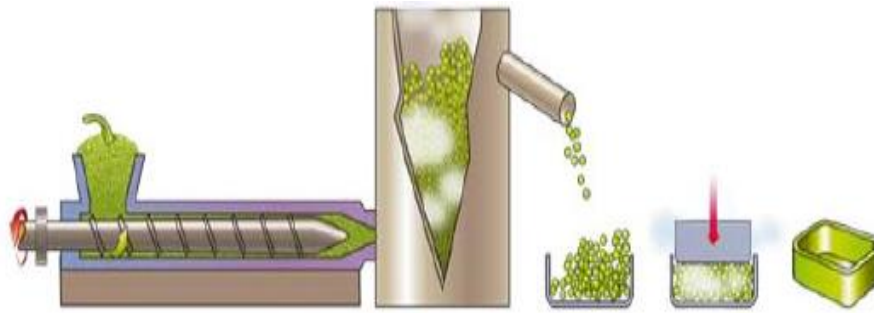


Figure III-6: Expansion moulage. [13]

III.2.6 Le calandrage :

Le calandrage est une méthode continue de production de films thermoplastiques en laminant le matériau entre plusieurs cylindres parallèles. Ces cylindres, chauffés et mécaniquement entraînés, constituent la machine de calandrage appelée "Calandre". Généralement, le nombre de ces cylindres varie entre 3 et 6. La feuille résultante est étirée, refroidie, puis enroulée pour faciliter la manipulation et le stockage ultérieur. Ce processus permet d'obtenir des films de thermoplastiques avec des propriétés spécifiques, adaptées à diverses applications industrielles.

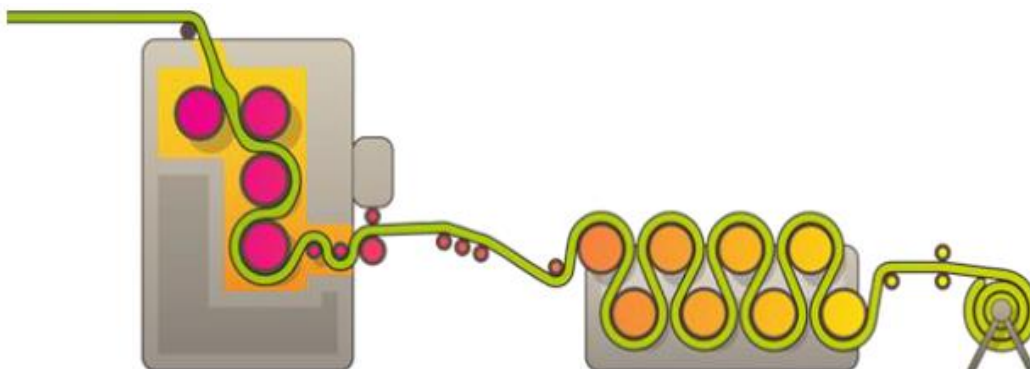


Figure III-7 : Articles mis en œuvre par calandrage. [11]

III.2.7 Thermoformage:

Le procédé de seconde transformation consiste à traiter la matière première sous forme de plaques, tubes ou profilés. Cette matière est préalablement ramollie par chauffage avant d'être déformée et façonnée à l'aide d'un moule métallique. L'adhésion parfaite du polymère au moule est assurée soit par aspiration sous vide, soit par plaquage via l'injection d'air. Cette technique permet la création de pièces aux parois fines et de grandes dimensions.

Les plaques de polystyrène ou d'ABS sont particulièrement adaptées à ce processus, souvent utilisé pour fabriquer des objets à formes simples tels que pots de yaourt, baignoires et éléments de carrosserie.

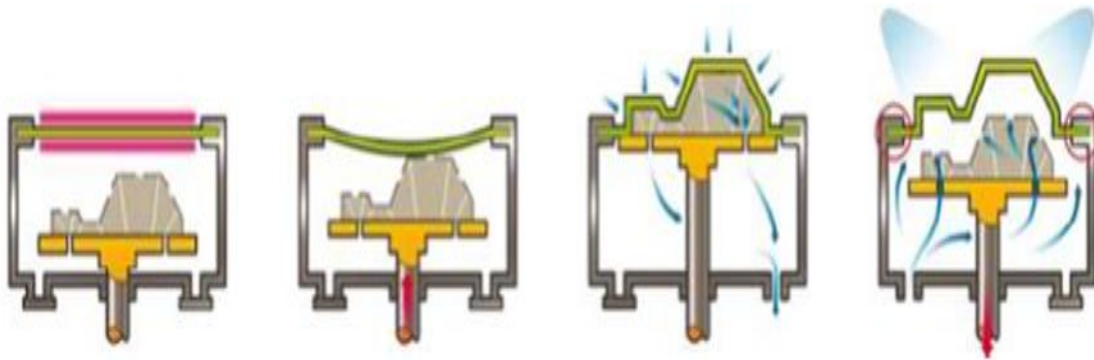


Figure III-8: Thermoformage. [13]

III.2.8 Roto moulage

Si l'on souhaite comprendre l'objet de ce procédé, on constaterait qu'il est utilisé pour la production de corps creux, et ce processus se déroule selon les étapes suivantes :

1. Introduire la matière dans le moule sous forme de poudre fine.
2. Chauffer le moule après l'avoir fermé.
3. Mettre matière sous forme de fluide dans une double rotation afin qu'elle recouvre toutes les parois.
4. Refroidir le moule.
5. Démoulage de la pièce.

Un poste de roto moulage a pour principale fonction d'assurer la rotation du moule autour de deux axes perpendiculaires. Le temps de cycle associé à ce procédé est significatif en comparaison avec d'autres méthodes, généralement de 15 à 40 minutes par cycle. En conséquence, ces postes affichent une cadence de production relativement faible. [13]

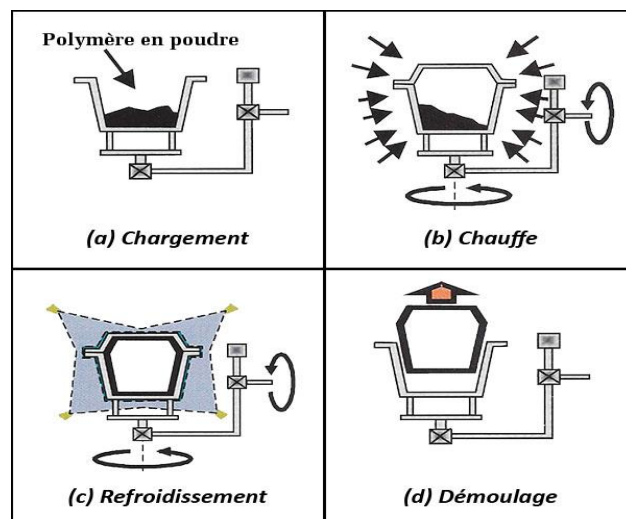


Figure III-9 : Procédé de moulage par rotation.

III.2.9 Moulage par Compression

Il s'agit d'une technique de moulage simple qui combine la pression et la chaleur pour traiter une poudre, des granulés ou une matière pâteuse thermdurcissable. Le processus commence par charger la matière comprimée sur un moule ouvert préalablement chauffé. Une fois le moule fermé et soumis à une pression, la matière plastique fond, subit une polycondensation finale, et en un laps de temps relativement court (de 1 à 1 minute 30), le moule peut être ouvert pour éjecter la pièce.

Ce processus de moulage par compression est efficace pour créer des pièces en plastique solides, en particulier pour les matériaux thermdurcissables qui durcissent de manière permanente après le processus.

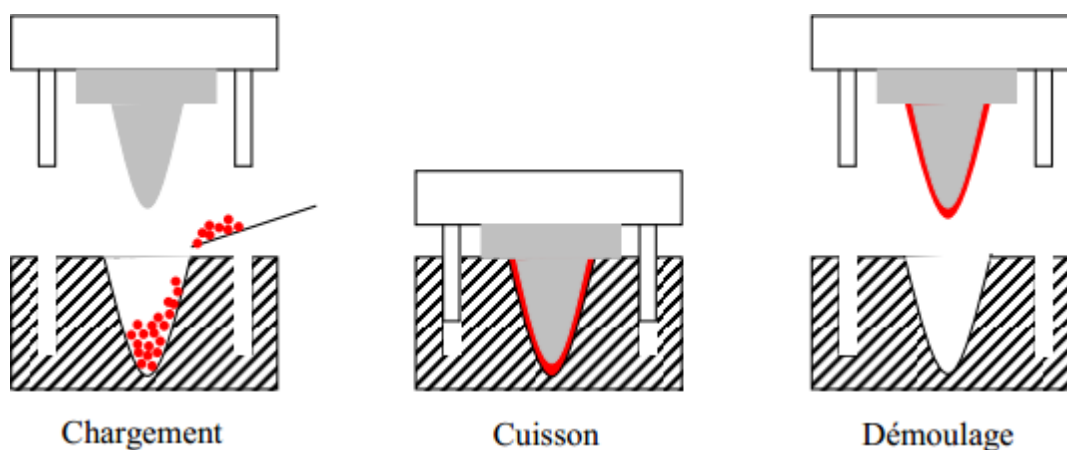


Figure III-10: Moulage par Compression

III.3 Presse à injection

La presse d'injection se révèle être un instrument essentiel pour la fabrication de pièces en plastique. Ce processus implique l'injection de plastique sous pression dans un moule, qui est fixé à la presse. L'injection de plastique se réalise généralement à une pression élevée et à une température supérieure à la transition vitreuse, où le matériau devient visqueux, ni tout à fait solide ni complètement liquide. À cet état, la matière peut être introduite dans le moule, adoptant la forme de l'empreinte correspondante. Après cette phase, la pièce est refroidie, puis éjectée du moule. Le refroidissement s'effectue grâce à la circulation d'eau froide dans le circuit de refroidissement du moule.

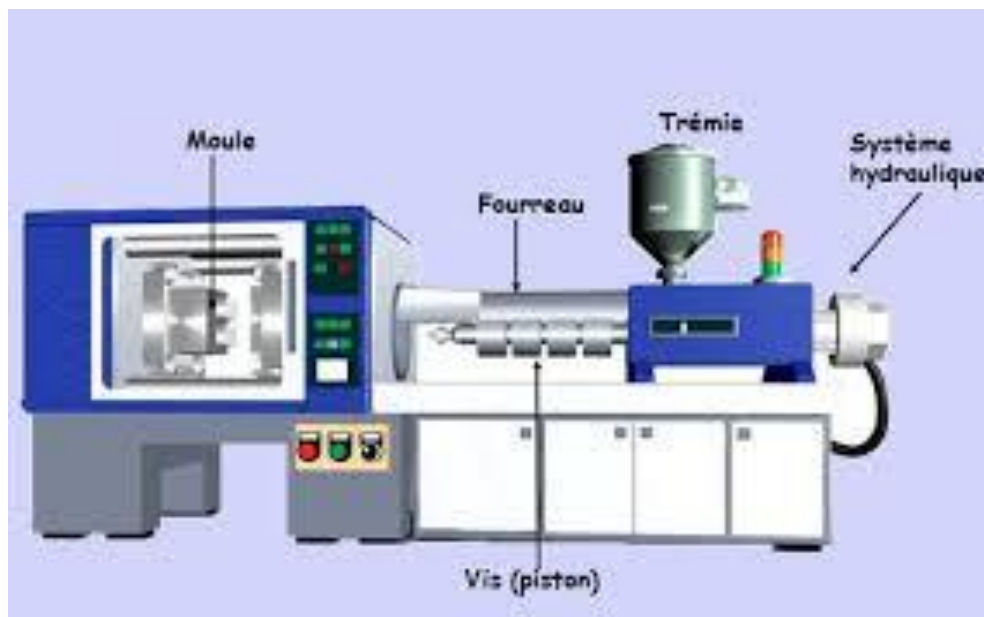


Figure III-11 : Presse à injection plastique.

III.3.1 La structure de presse d'injection

La presse d'injection comprend une unité de plastification, qui transforme les granulés solides en polymère fondue pour l'injecter ensuite dans le moule, et une unité de fermeture à laquelle le moule est fixé, il est représenté sur la figure III-12. [14]

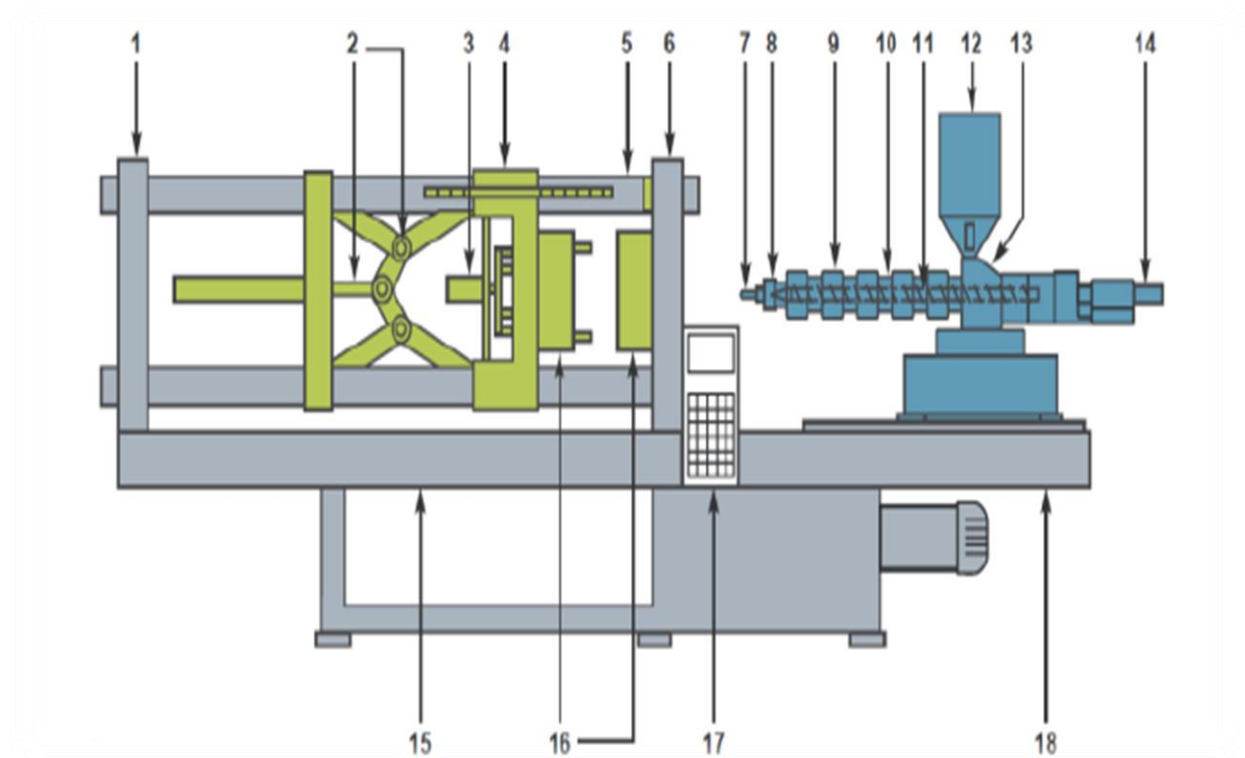


Figure III-12: structure de presse d'injection. [15].

Tableau III-1 : structure de presse d'injection. [15]

01	Plateau arrière fixe.	10	Baril d'injection.
02	Mécanisme de fermeture - genouillère et vérin.	11	Vis.
03	Éjecteur.	12	Trémie d'alimentation.
04	Plateau mobile.	13	Goulotte d'alimentation.
05	Colonne de guidage.	14	Motorisation de la vis.
06	Plateau fixe d'injection.	15	Décharge des pièces.
07	Buse d'injection.	16	Moule.
08	Tête du baril.	17	Console de commande.
09	Bande chauffante.	18	Bâti.

III.3.2 Les différentes presses d'injection

Il existe plusieurs types de presse à injecter :

III.3.2.1 Presse à injection horizontale

Dans ce système, l'axe de la vis de plastification est disposé horizontalement tandis que le plan d'ouverture du moule est vertical. Cette configuration permet une éjection facilitée des pièces une fois le processus d'injection terminé. L'ouverture du moule entraîne alors une descente immédiate de la pièce par gravité, ce qui accélère le cycle de production et simplifie l'automatisation du processus.[16]



Figure III-13 : Presse à injection horizontale. .[16]

III.3.2.2 Presse à injection verticale

Dans ce cas spécifique, l'axe de la vis de plastification est orienté verticalement, tandis que l'ouverture du moule est réalisée dans un plan horizontal. Cette configuration est typiquement employée pour le moulage de petites pièces qui nécessitent l'incorporation de nombreux inserts métalliques, une technique connue sous le nom de surmoulage.[16]



Figure III-14 : Presse à injection verticale.[16]

III.3.2.3 Presse injection électrique

Les presses à commande tout électrique, utilisant des servomoteurs alternatifs, présentent plusieurs avantages par rapport aux presses hydrauliques classiques. Elles offrent une précision accrue, des temps de cycle réduits, une consommation d'énergie optimisée, un impact environnemental moindre, une maintenance simplifiée et une flexibilité améliorée. Ces caractéristiques en font des solutions efficaces, propres et polyvalentes pour une gamme variée d'applications de pressage. [16]



Figure III-15 : presse électrique. [16]

III.3.2.4 Presse d'angle et bi-matière

La presse à injection plastique d'angle et bi-matière est une machine utilisée pour fabriquer des pièces en plastique complexes en injectant simultanément deux matériaux différents ou de deux couleurs différentes dans le moule. Elle offre une flexibilité de conception et est utilisée dans divers secteurs industriels pour produire des pièces automobiles, électroniques, d'appareils ménagers, etc... [17]



Figure III-16: Presse d'angle et bi-matière. [17]

III.3.2.5 Presses spéciales

Nous voyons réapparaître des machines à deux plateaux mobiles permettant de doubler la capacité de production pour une même puissance sans avoir recours aux moules à étages (presse Stork).[17]

III.3.2.6 Les avantages et les inconvénients Les différentes presses d'injection

Le tableau III-2 ci-dessous représente Les avantages et les inconvénients :

Tableau III-2 : les avantages et les inconvénients Les différentes presses d'injection.[18]

Type de presse	Les avantages	Les inconvénient
Presse vertical	Faible encombrement au sol, facilite de montage du moule, pose d'inserts facilitée, recentrage des 2 parties moule aise.	Chargement matière peu accessible (hauteur trémie), charge au sol importante, nécessité de travailler avec des systèmes d'obturations, cycles automatiques possibles que par utilisation de manipulateurs.
Presses horizontales	Bonne stabilité (charge au sol mieux répartie), bonne accessibilité chargement matières, marche automatique aisée chute des pièces par gravité.	Encombrement au sol important, recentrage du moule délicat (flexion des colonnes).
Presse électrique	Coût initial élevé, Dépendance à l'électricité, Complexité du système, Puissance limitée, nécessitent moins de maintenance que les presses hydrauliques.	Coût initial élevé, Dépendance à l'électricité, Complexité du système, Puissance limitée, nécessitent moins de maintenance que les presses hydrauliques.

III.3.3 Les différentes parties ou unités d'une presse

Une presse à injection plastique est généralement constituée de plusieurs parties ou unités qui travaillent ensemble pour réaliser le processus d'injection plastique. Voici les principales parties ou unités d'une presse à injection plastique :

- Unité d'injection (groupe de plastification).
- Le moule.
- Le dispositif du mouvement du moule (unité de fermeture). [15]

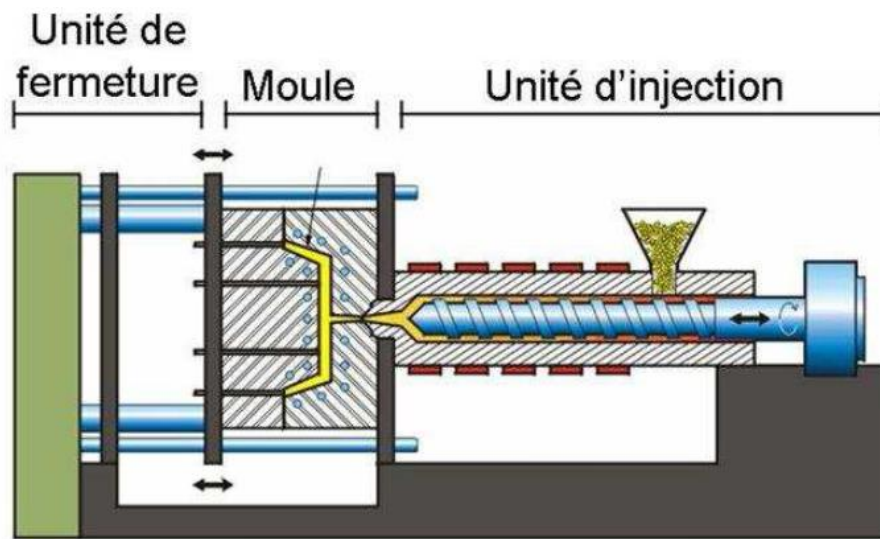


Figure III-17 : Dispositif d'une presse d'injection. [15]

III.3.3.1 L'unité de fermeture

Cette partie de la machine fonctionne selon un principe simple, visant à réaliser deux objectifs distincts : la fermeture/ouverture de l'outillage et le verrouillage. La première partie effectue un mouvement de grande amplitude à grande vitesse avec des forces faibles, tandis que la seconde réalise un mouvement de faible amplitude mais nécessite une puissance élevée. En résumé, le système de fermeture est évalué en fonction de deux paramètres

- La force de verrouillage disponible (de 1 à 10000 tonnes).
- Les dimensions du plateau porte-moule.

Il existe 3 types de fermeture pour presse à injecter :

- Hydraulique.
- Mécanique.
- Mixte.

a) Fermeture hydraulique

Ce type de fermeture ne fait appel à aucun mouvement mécanique. Ceux-ci sont réalisés par des mouvements hydraulique à l'aide d'un gros vérin central qui a pour but de faire l'approche du plateau mobile jusqu'au plateau fixe, et d'un vérin plus petit qui assure le verrouillage dans la phase final de la fermeture. [15]

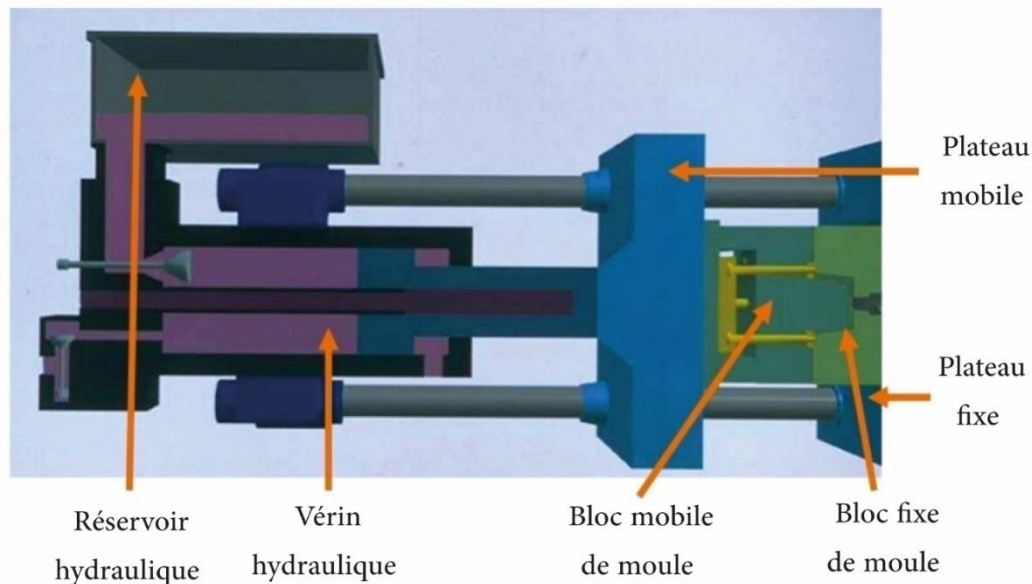


Figure III-18 : Fermeture à genouillères simple. [19]

Tableau III-3: les avantages et les inconvénients d'une presse avec fermeture hydraulique. [19]

Avantages	Inconvénient
-Contrôle direct de la force de verrouillage. -Effort de verrouillage central qui entraîne une bonne répartition des pressions.	-Taille importante des pièces en mouvement. -Volumes d'huile déplacés importants. -Mouvements de fermeture/ouverture lents.

b) Fermeture Mécanique (Simple et Double genouillère)

La fermeture double genouillère est un système utilisant deux biellettes reliées au piston d'un vérin hydraulique. Lorsque le piston se rétracte, les biellettes se redressent, ce qui ferme le moule. La vitesse de fermeture initiale est élevée mais diminue à mesure que les biellettes se redressent. Une fois que les deux moitiés du moule se rejoignent, une force de verrouillage intense se développe, allongeant les colonnes de guidage de la presse pour maintenir l'alignement.

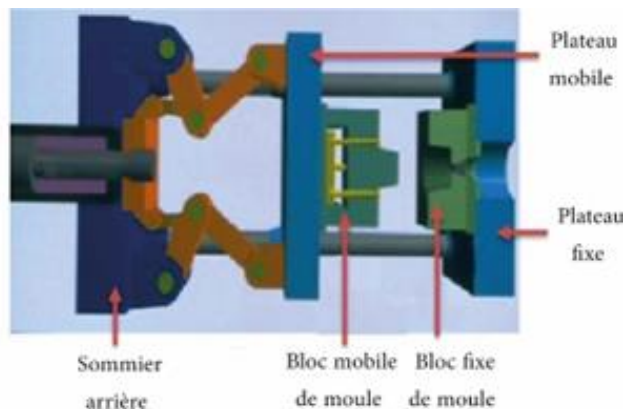


Figure III-19: Fermeture à genouillères double. [19]

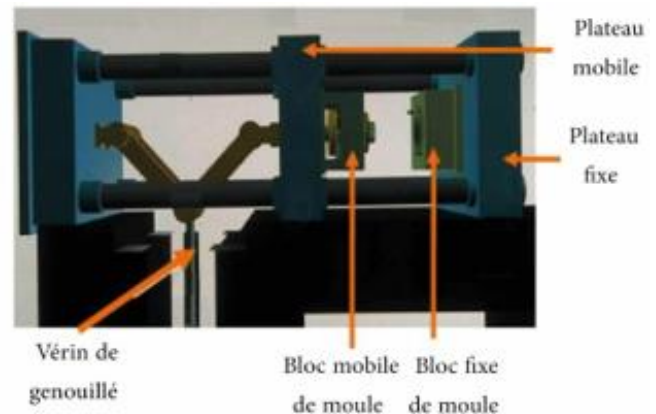


Figure III-20: Fermeture à genouillères simple. [19]

Tableau III-4: les avantages et les inconvénients d'une presse avec fermeture Mécanique. [19]

Avantages	Inconvénient
-Vitesse de Fermeture /ouverture élevée. -Déformations axiales faibles.	-Contrôle difficile de la force de verrouillage. -Chocs sur le plan de joint. -Fatigue mécanique des articulations. -Flexion du plateau mobile.

c) Fermeture Mixte (Hydraulique -Mécanique) :

Ce processus représente une hybridation entre la fermeture hydraulique et la fermeture mécanique. En effet, les mouvements d'ouverture et de fermeture sont effectués uniquement par des genouillères, tandis que le verrouillage est assuré par un ou plusieurs vérins hydrauliques. Ce type de fermeture, appelé mixte, offre d'excellentes performances, mais cela se fait au prix d'une certaine complexité de réalisation, ce qui entraîne un coût plus élevé.

Tableau III-5: les avantages et les inconvénients d'une presse avec fermeture Mixte (Hydraulique -Mécanique) [19].

Avantages	Inconvénient
-La vitesse de fermeture/ouverture élevée. -Faible consommation d'huile. -Contrôle direct de la force de fermeture.	-force de verrouillage limité. -encombrement élevé.

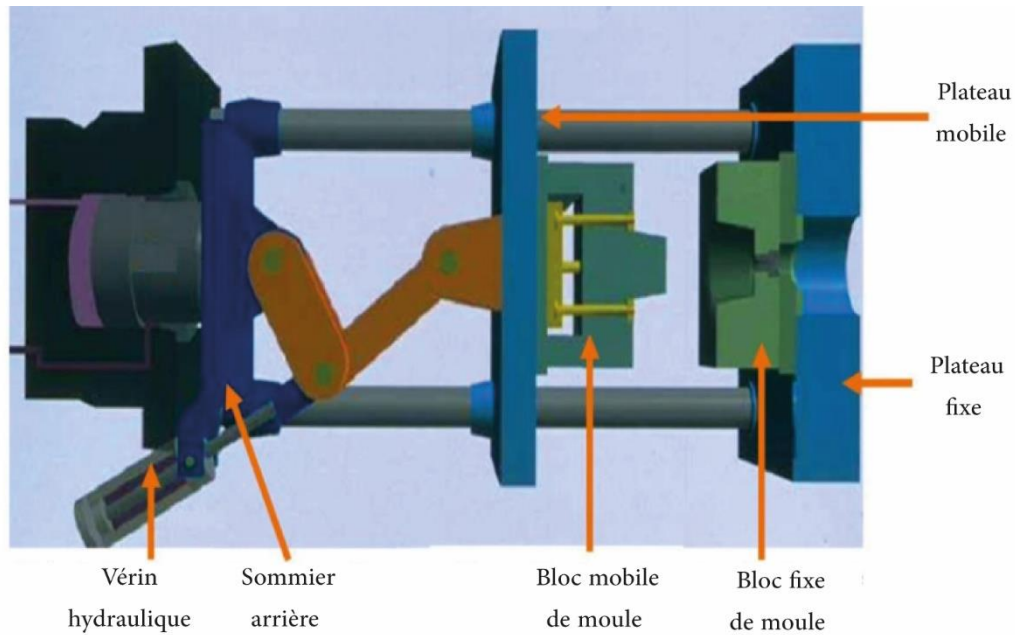


Figure III-21: Fermeture Mixte (Hydraulique-Mécanique). [19]

III.3.3.2 L'unité de plastification et injection

1) L'unité de plastification

Sous cette désignation on comprend la partie de l'unité d'injection, qui est en contact direct avec la matière plastique à transformer et avec le moule. Ses rôles sont de ramollir la matière plastique de l'homogénéiser de la doser et de l'injecter dans le moule. [20]

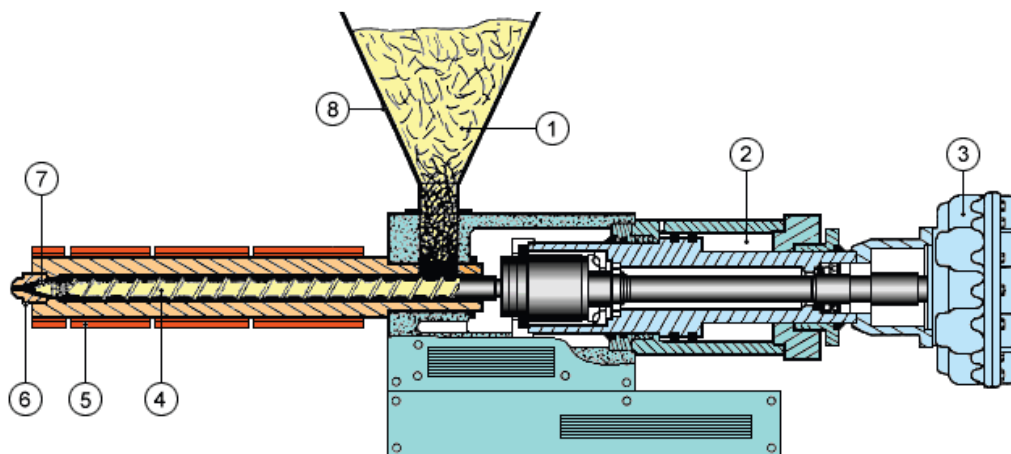


Figure III-22: L'unité de plastification [20]

1 – Granulés, 2 – Vérin d'injection, 3 – Moteur de d'alimentation, 4 – La vis de plastification, 5 – Fourreau chauffant, 6 – Buse d'injection, 7 – Clapet, 8 – Trémie

➤ La vis de plastification

C'est l'élément le plus important de la presse à injecter. Le but étant de plastifier une matière sans lui faire perdre de ses caractéristiques au moment du passage en fusion. Elle assure deux fonctions essentielles :

- Transport et plastification de la matière.
- Injection sous pression de la masse fondue dans le moule.

Elle est composée de 3 zones :

A) Une zone d'alimentation

Alimenter et transporter les granulés à l'intérieur du cylindre.

Dans cette zone, la profondeur des filets de la vis est importante, et reste constante. [21]

B) Une zone de compression

Les granulés vont y être progressivement fondus par action conjuguée des colliers chauffants.

On diminue progressivement la profondeur des filets. On comprime la matière.

Les deux premières zones d'une vis permettent de plastifier la matière.[21]

C) Une zone de pompage

Dans cette zone, la profondeur redevient constante, ce qui permet d'homogénéiser la masse de matière fondue et de bien mélanger les additifs.[21]

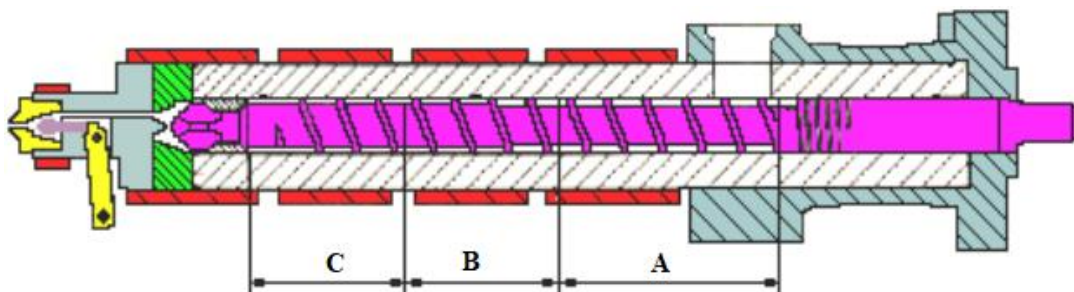


Figure III-23 : les différentes zones de l'unité d'injection.[21]



Figure III-24 : vis pour matière amorphe. [11]



Figure III-25 : Vis pour matière semi-cristalline. [11]

- **Le moteur :** Le moteur hydraulique assure la mise en rotation de la vis.



Figure III-26 : moteur hydraulique.

- **La buse :**

Elle doit assurer un contact étanche avec le moule durant l'injection, sa est généralement sphérique ou tronconiques ou planes. Elle doit également présenter une surface de contact réduite avec le moule afin de limiter le refroidissement. [22]

A – Buse d'injection

D – Clapet

G – Vis

B – Collier chauffant

E – Siège de clapet

H – Pointe clapet

C – Nez de presse

F – Passage matière

I – Fourreau

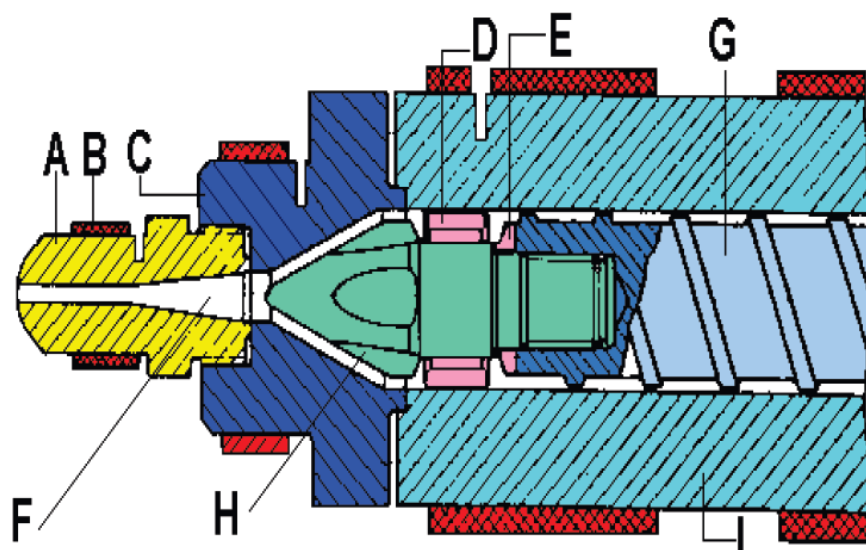


Figure III-27 : La buse. [22]

2) L'unité d'injection

Le groupe d'injection est composé de plusieurs éléments, notamment l'unité de plastification, le vérin d'injection, le groupe d'entraînement de la vis et la buse. Pour assurer un guidage précis, robuste et nécessitant peu d'entretien, l'unité est montée sur une glissière à colonnes. Cette glissière est déplacée à l'aide de deux vérins qui fournissent l'effort nécessaire pour maintenir le contact entre la buse et le moule lors du processus d'injection. [20]

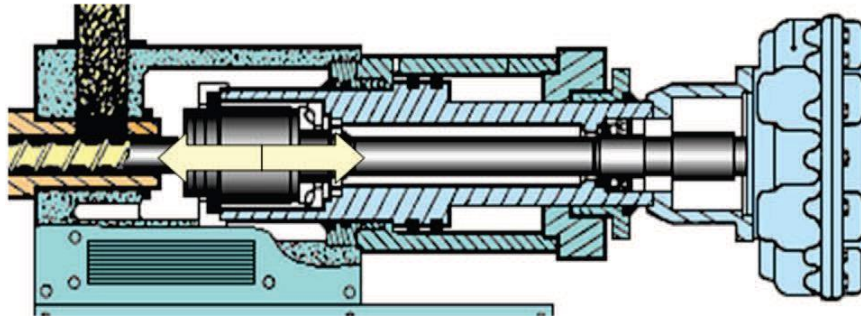


Figure III-28:L'unité d'injection. [20]

III.3.3.3 Le moule

1-Définition

La conception du moule influence de manière décisive la qualité et l'économie de la pièce Injectée, L'aspect de la pièce, sa résistance mécanique, sa ténacité, ses cotes, sa forme et son coût dépendent de la qualité du moule.

Le Corps du moule et la cavité du moule sont chacun montés et partagés sur deux parties du moule mobile et fixe.

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. [23]



Figure III-29 : moule d'injection plastique.

2- Nomenclature de moule

Tableau III-6: Terminologie des éléments constituant l'outillage [15].

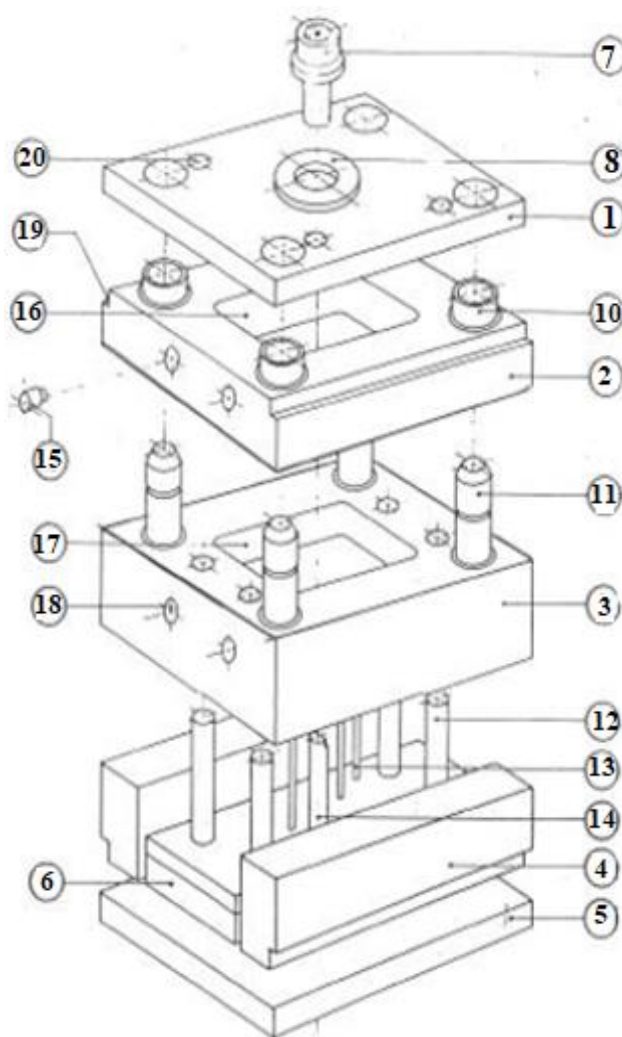


Figure III-30 : Les différents éléments d'un moule d'injection. [15].

	19	Rainure de bridage
	18	Circuit de régulation thermique
	17	Logement empreinte côté éjection
	16	Logement empreinte côté injection
	15	Raccord rapide de circuit d'eau
	14	Arrache-carotte
	13	Ejecteur
	12	Ejecteur de rappel
	11	Colonne de guidage
	10	Bague de guidage
	9	Plaque porte éjecteurs
	8	Rondelle de centrage
	7	Buse moule
	6	Contre plaque d'éjection
	5	Plaque arrière côté éjection
	4	Tasseau
	3	Plaque porte empreinte côté éjection
	2	Plaque porte empreinte côté injection
	1	Plaque arrière côté injection
Points forts		Désignation



Batterie d'éjection



Guidage moule

3-Rôles des éléments principaux du moule d'injection

- **La buse moule** : permet le passage de la matière du fourreau vers l'empreinte
- **La rondelle de centrage** : Permet le centrage du moule sur les plateaux de la machine (presse), dans le but de centrer la buse moule à la buse machine.
- **Plaque arrière côté injection** : Permet de fixer la rondelle de centrage, la buse moule et les bagues de guidage, ainsi que le bridage.
- **Bague de guidage** : Permet le guidage des colonnes de guidages
- **Plaque porte empreinte côté injection** : Permet la fixation de la bague de guidage, contient le circuit de régulation de température.
- **Colonnes de guidage** : Permet de guider la partie mobile PM sur la partie fixe PF pour aligner parfaitement l'empreinte
- **Plaque porte empreinte côté éjection** : Permet la fixation des colonnes de guidage, contient le circuit de régulation
- **Ejecteur de rappel** : Permet la remise à zéro de la batterie d'éjection, dans le cas d'une éjection non-attelé.
- **Ejecteurs** : Permet d'éjecter la pièce quand le moule est ouvert
- **Extracteur de carotte** (arrache-carotte) : Permet l'extraction de la carotte, ainsi lors de l'ouverture, la moulée ne reste pas bloqué dans la PF.
- **Tasseaux d'éjection** : Permet d'obtenir une course optimum de la batterie d'éjection.
- **Plaque arrière côté éjection** : Permet le blocage en translation de la batterie d'éjection, permet le bridage du moule sur le plateau mobile, permet également la fixation des tasseaux.
- **Batterie d'éjection** : Permet la translation des arraches carotte, remise à zéro et éjecteurs.
Est composé de la plaque porte éjecteurs et de la contre plaque d'éjection.
- **Vis de fixations** : Permet de fixer la plaque arrière côté injection sur la plaque porte empreinte côté injection
- **Rainures de bridage** : Permet le passage de la bride
- **Raccord rapide du circuit d'eau** : Permet un raccord rapide du circuit d'eau
- **Circuit de régulation thermique** : permet de réguler le moule avec de l'eau. [24]

4-Matériaux pour la fabrication des moules

Tableau III-7:Matériaux pour la fabrication des moules.[25]

Application	Matériaux	État	Résistance OU Dureté	Observation
Carcasse et cales Diverses	C 45 XC 38 XC 48	Trempe ou revenu	85-105 daN/mm ²	Traité pour les plaques formant le plan de joint et grandes séries.
Empreintes	40CMD8 35NCD16 Z50CDV5 Z200C12	Trempe Cémentation	80-180 daN/mm ²	Bonne résistance Haute limite élastique.
Tiroirs	Z50CDV5 80Mn8 55Ni Cr7	Trempe	80-180 daN/mm ²	Ou acier sulfurisé Pré-traité.
-Plaques porte Empreintes. -Plaques Dévétisseuses.	40CMD8 42CD5	Trempe Revenue	100-120 daN/mm ²	Pré-traité.
Éléments mobiles	16NC6 100 C 6 40Ni Cr15 45Si Cr Mo6 35Ni Cr 6	Trempe Nitruration Cémentation	100-200 daN/mm ²	Pièce de commerce Bonne résistance à l'usure.

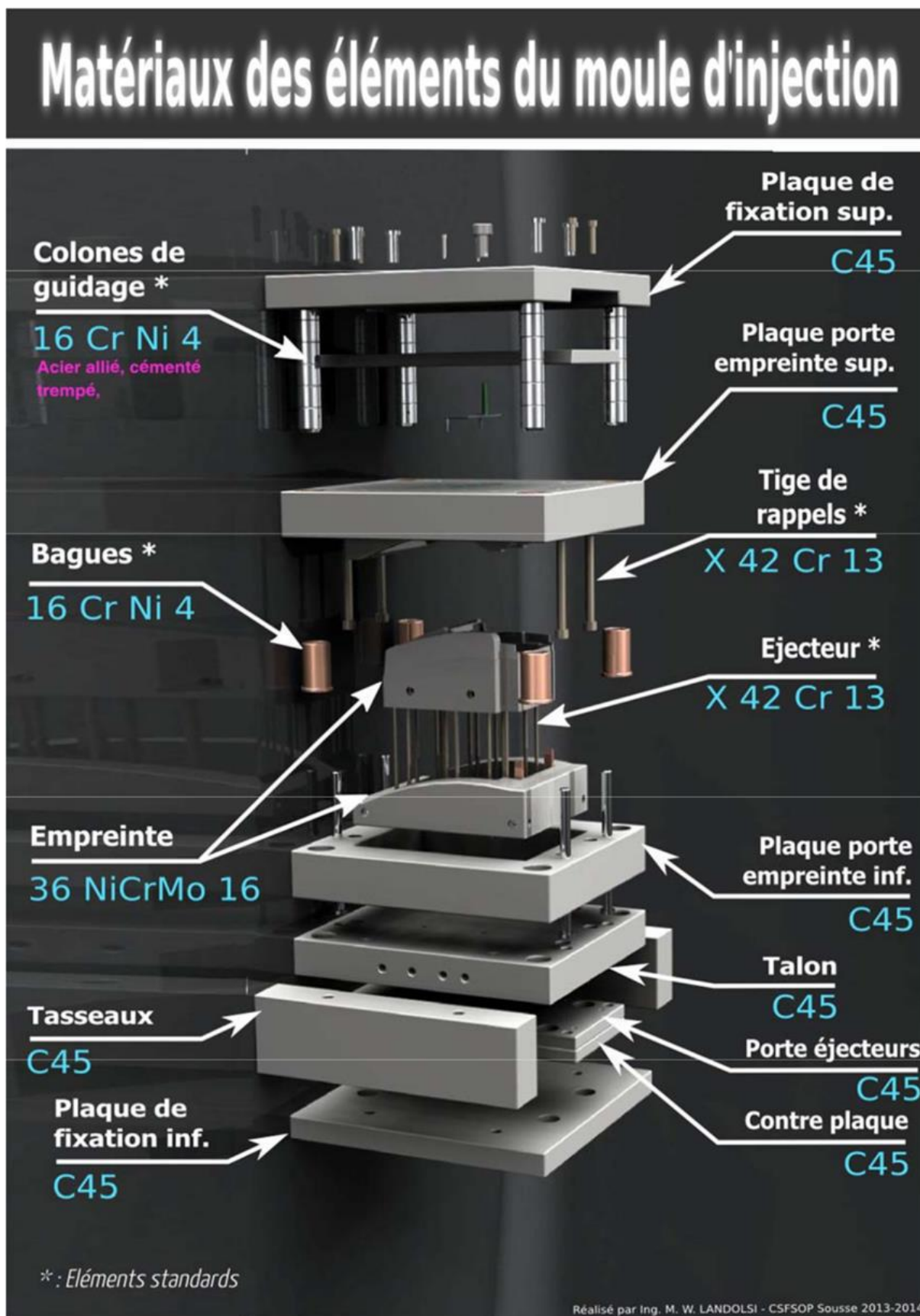


Figure III-31 : Matériaux élément standards du moule. [26]

5-Refroidissements

Pour obtenir un plastique solide, il faut refroidir le moule depuis l'extérieur. Mais le transfert entre la coque en acier et l'empreinte intérieure doit être rapide et efficace. Une température constante est ensuite nécessaire au durcissement du polymère avant son éjection du moule. Une répartition homogène du froid sur l'ensemble de la pièce écarte les risques de déformation de la pièce. La conception du moule implique donc de prévoir le système de refroidissement à intégrer dans la presse d'injection. La fabrication d'outillages passe par l'intégration d'un circuit frigorifique à partir des caractéristiques qui influencent les échanges thermiques :

- Le dimensionnement du moule.
- La conductivité de l'acier utilisé.
- La viscosité du plastique choisi.
- La température du moulage.
- La pression de l'injection. [27]

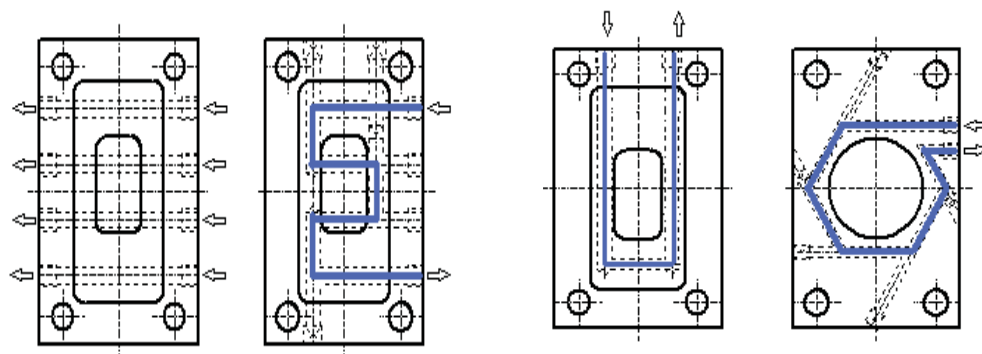


Figure III-32 : Circuit de refroidissement des plaques de moules. [28]

6-La fonction régulation

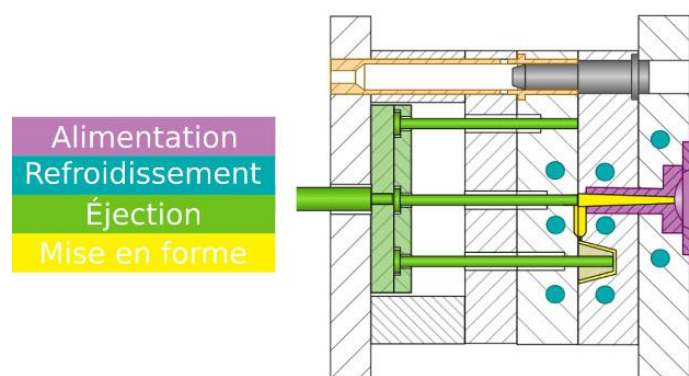


Figure III-33: Les différentes fonctions d'un moule. [28]

III.4 Fonctions de la presse

La figure III-34 ci-dessous présente schématiquement les fonctions nécessaires doivent être assurées par la presse.

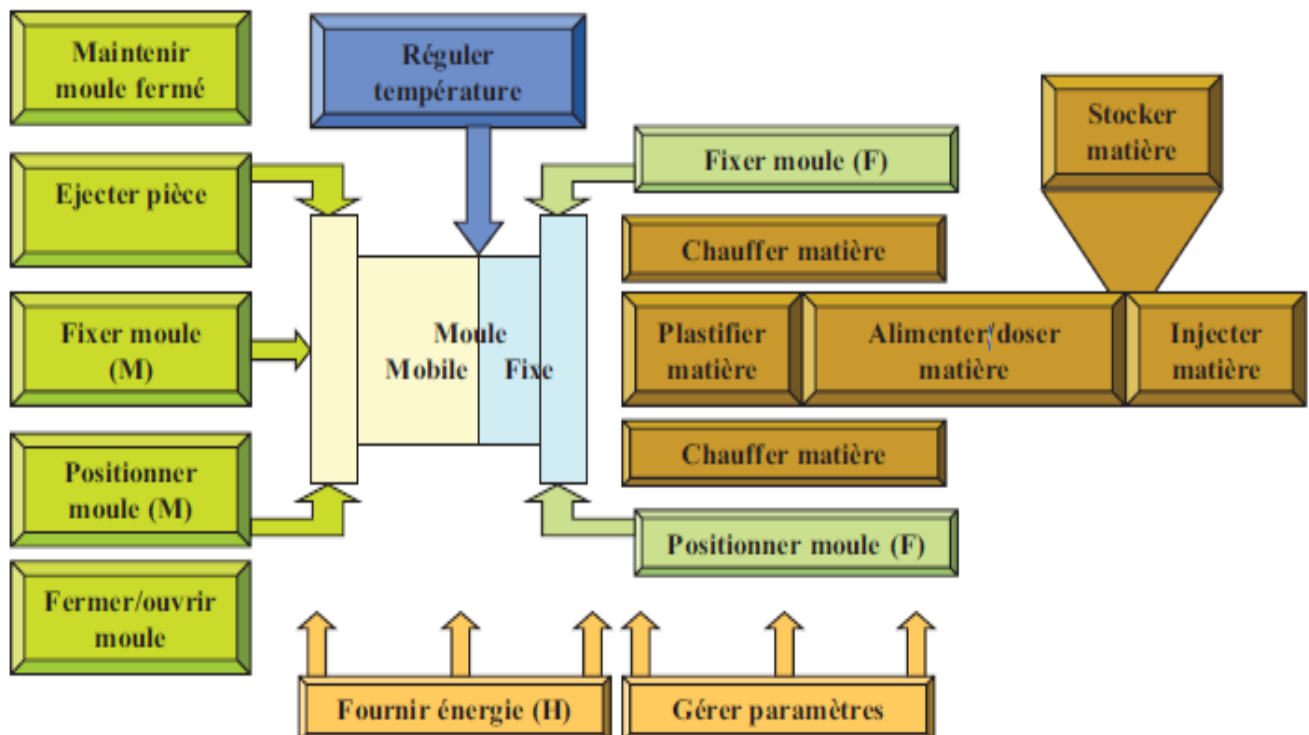


Figure III-34 : Fonctions de presse. [29]

III.5 Les phases d'injection

Lors d'une opération de moulage par injection, la fabrication de chaque pièce passe par quatre phases principales du cycle d'injection :

III.5.1 La phase de plastification

La phase de plastification a pour objectif de faire passer le polymère de l'état solide (sous forme de granulé) à l'état fondu. Cette transformation est réalisée par l'ensemble vis fourreau dont la fonction de broyer et de chauffer le granulé pour l'amener peu à peu à l'état fondu. Pour cela, on anime la vis d'un mouvement rotatif qui a pour effet de transporter la matière de la zone d'alimentation vers la tête de fourreau. Au cours du transport, le polymère est chauffé et broyé, assurant ainsi par effet thermo mécanique mise à l'état fondu. [20]

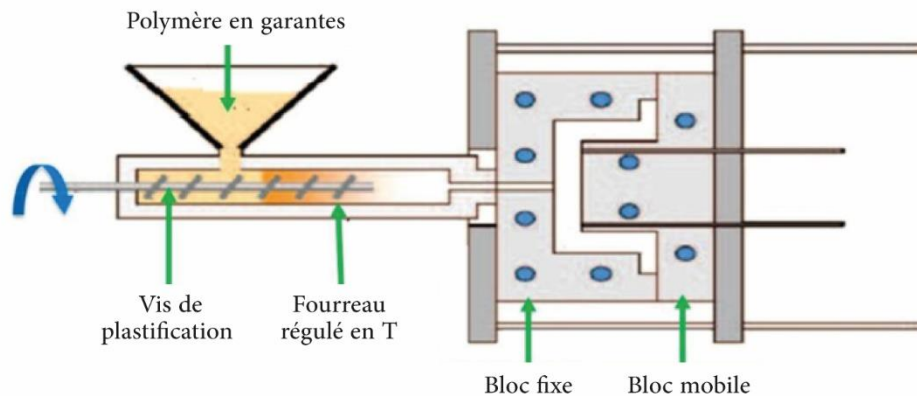


Figure III-35:phase de plastification.[20]

III.5.2 La phase de remplissage

Une fois la matière accumulée en tête de fourreau, celle-ci est injectée dans l'empreinte de l'outillage par une avancée de la vis. Cette phase du cycle de transformation est appelée phase dynamique du remplissage. L'avancée de la vis est régulée en débit ou en pression pour maîtriser la vitesse d'injection du thermoplastique dans l'empreinte. Ce remplissage a une durée très courte, par rapport à celle de la phase de refroidissement. Le débit d'injection est fonction du volume de remplissage sur la durée de remplissage correspondant à l'épaisseur de la pièce. [20]

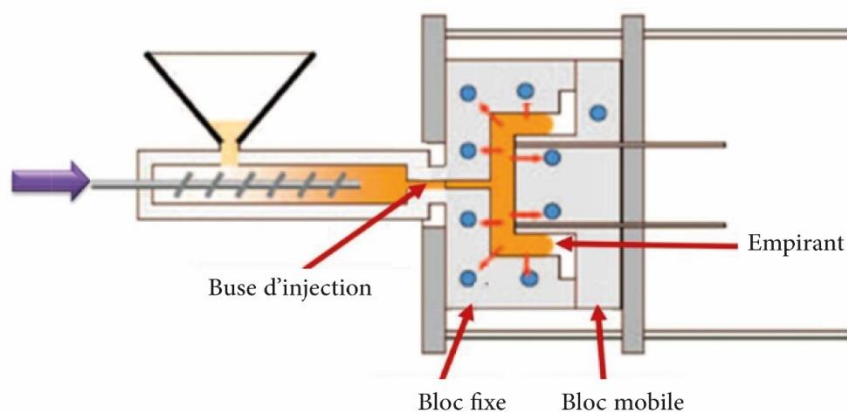


Figure III-36:phase de remplissage. [20]

III.5.3 La phase de compactage

Le compactage est l'instant clé du procédé d'injection .Il s'agit de l'instant de transition entre la phase de remplissage dynamique et la phase de maintien. A cet instant, le pilotage de l'injection passé 'une régulation en vitesse à une régulation en pression. En général, on choisit de commuter au moment où l'empreinte est complètement remplie. Cet instant est notifié par la présence d'un pic de pression d'injection prononcé. Cet événement est alors utilisé pour déclencher la commutation. Dès lors où la commutation est enclenchée, la presse applique au niveau du bloc d'injection une consigne de pression de maintien. Ceci a pour objectif de maintenir la matière dans la cavité pour compenser les phénomènes de retrait volumique dus Aur refroidissement de la matière. [30]

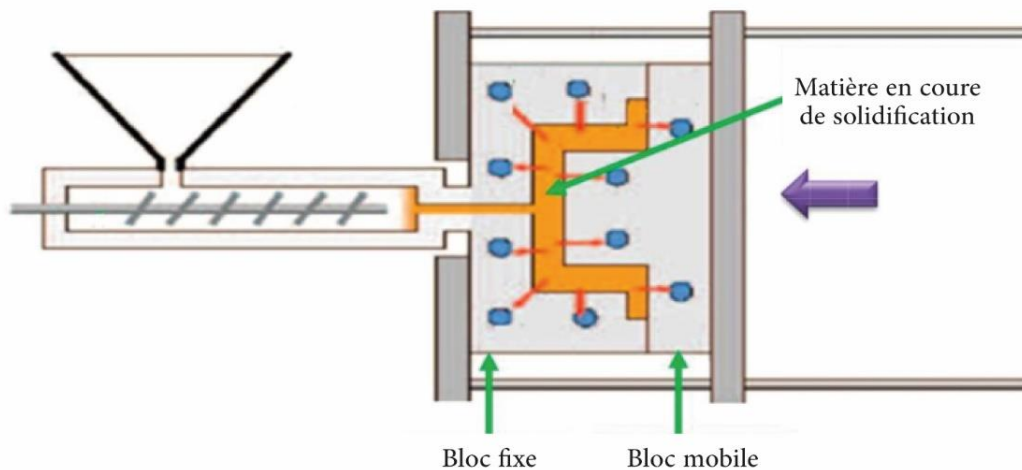


Figure III-37::phase de compactage. [20]

III.5.4 La phase de refroidissement

En règle générale, cette étape débute lorsque le seuil d'injection de l'empreinte est solidifié, ce qui rend inutile l'application continue de pression. Le polymère se refroidit naturellement dans la cavité du moule jusqu'à atteindre une température appropriée pour l'éjection. Pendant cette période, la quantité de matériau nécessaire pour la pièce suivante est mesurée et dosée en amont de la vis. [20]

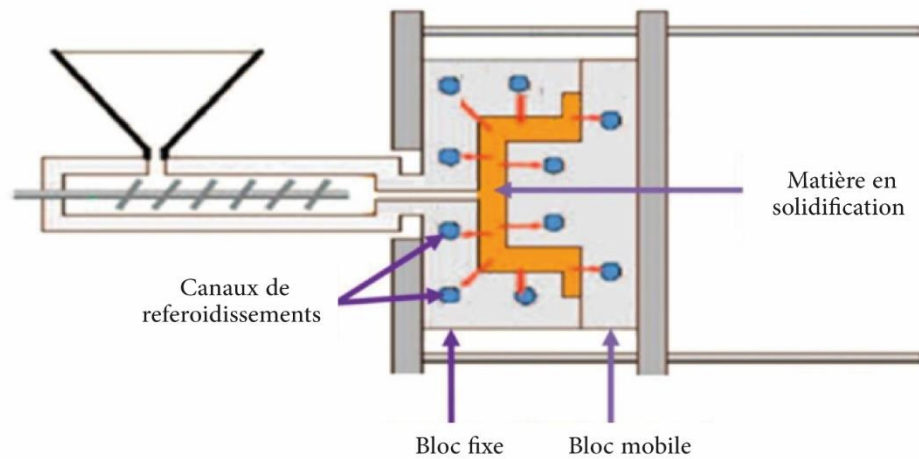


Figure III-38:phase de refroidissement et d'éjection. [20]

III.5.5 La phase d'éjection

Lorsque la pièce est solidifiée le moule s'ouvre et la pièce éjectée hors du moule (avec l'aide d'éjecteurs, ...).[31]

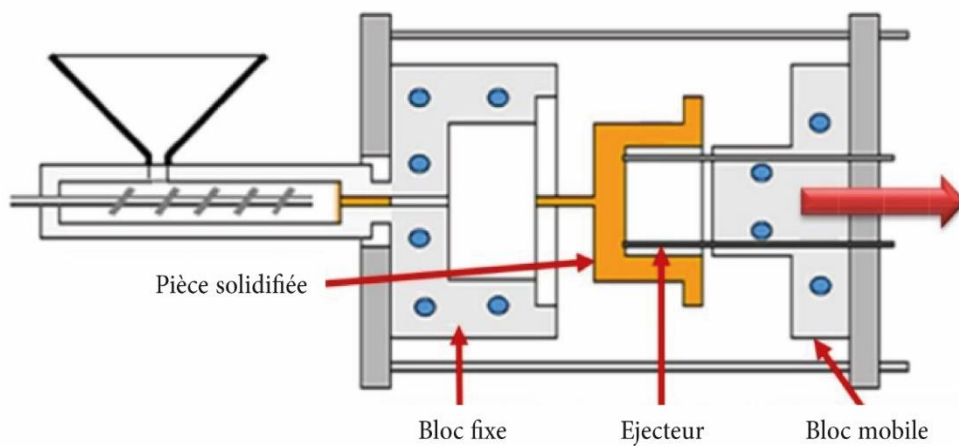


Figure III-39:phase d'éjection. [20]

III.6 Cycle d'injection de moulage

La structure organisationnelle suivante montre les différentes étapes du cycle de moulage simplifié d'une pièce injectée, Il se compose en plusieurs étapes.[32]

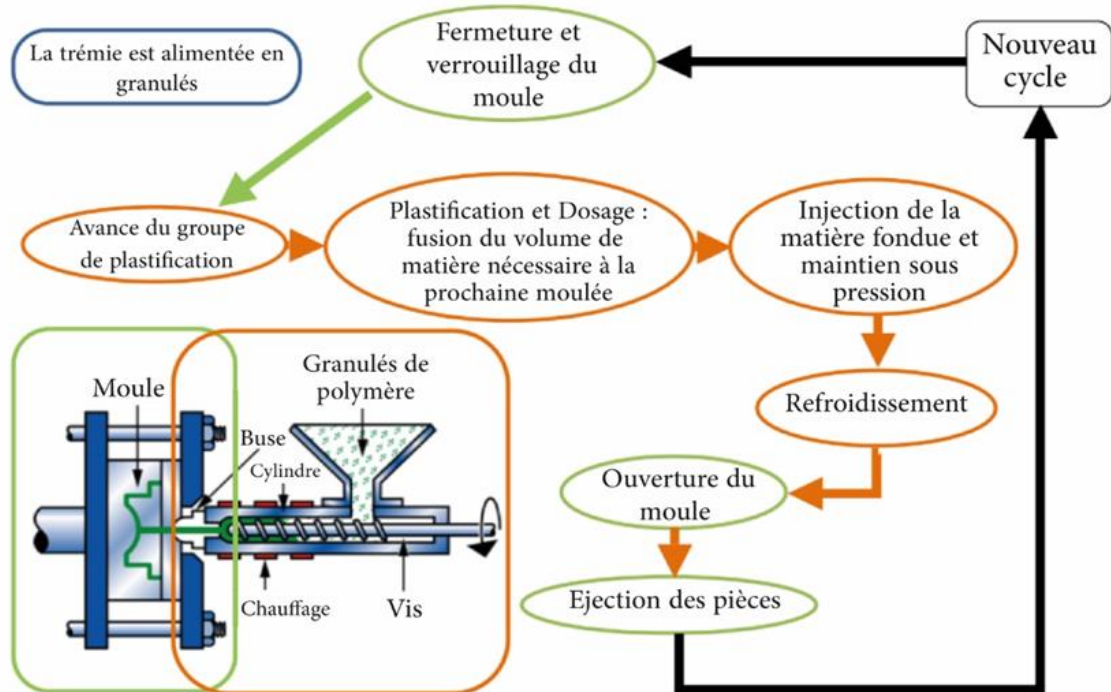


Figure III-40:Déroulement de cycle d'injection. [32]

III.7 Paramètres d'injection

L'injection plastique est sur une presse d'injection est gouverné par plusieurs paramètres sur lesquels il faut agir et les optimiser, ces paramètres sont :

- Force de verrouillage.
- Temps de dosage.
- Vitesse d'injection.
- Débit d'injection.
- Temps d'injection.
- Pression d'injection.
- Pression de maintien.
- Temps de maintien. [11]

CHAPITRE IV

Conception et simulation

IV.1 Introduction

Ce chapitre est consacré à la conception et à la simulation d'un moule d'injection plastique pour fabriquer une chaise de bus. Il détaille la conception de la chaise, de son châssis et de son assemblage, puis explique les étapes de conception du moule à partir du dessin de la chaise. Les éléments essentiels du moule sont définis, ainsi que le processus de refroidissement du moule. Le choix du matériau pour la chaise et le moule est abordé. Enfin, des simulations de la chaise dans SolidWorks et de la partie fixe du moule dans Abaqus sont effectuées pour détecter les problèmes potentiels avant la production réelle.

IV.2 La CAO (conception assistée par ordinateur)

La Conception Assistée par Ordinateur (CAO) est un processus de création, de modification, d'analyse ou d'optimisation de conceptions techniques à l'aide de logiciels spécialisés. Elle est largement utilisée dans les domaines de l'ingénierie, de l'architecture, du design industriel et d'autres secteurs où des plans détaillés et précis sont nécessaires. La CAO permet aux concepteurs de créer des modèles virtuels en 2D ou 3D de produits, de machines, de pièce, etc., et d'itérer rapidement sur ces modèles pour explorer différentes options avant de passer à la fabrication ou à la construction réelle.

Durant notre conception nous avons utilisé le logiciel de conception appelé « SolidWorks 2017 ».

Le logiciel de CAO SOLIDWORKS est une application de conception mécanique 3D paramétrique qui permet aux concepteurs d'esquisser rapidement des idées, d'expérimenter des fonctions et des cotes afin de produire des modèles et des mises en plan précises.

IV.2.1 Domaines de la CAO

La CAO (Conception Assistée par Ordinateur) est utilisée dans une grande variété de domaines, notamment :

- **Fabrication mécanique** : conception des moules, usinage des pièces, outillage divers.
- **Ingénierie électrique et électronique** : Pour la conception de circuits imprimés, de systèmes électroniques, de cartes électroniques, etc.
- **Architecture et construction** : Pour la conception de bâtiments, de maisons, de structures et de plans d'aménagement urbain.

IV.3 Application

IV.3.1 Conception de la chaise

A) Esquisse initiale : Utilisez SolidWorks pour créer une esquisse de base de la chaise, comme vu dans la figure IV-1 :

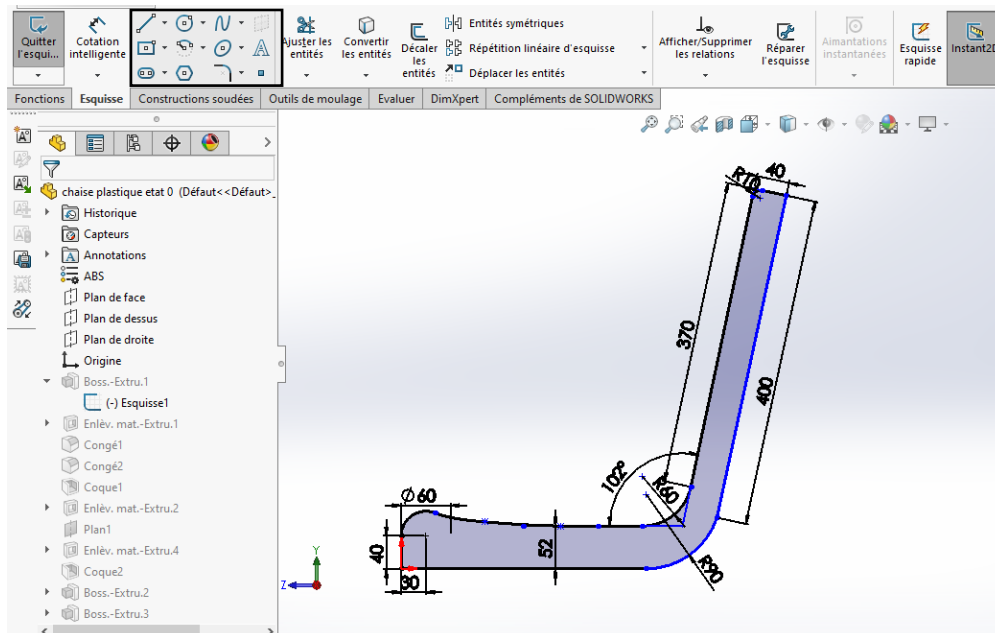


Figure IV-1 : Esquisse initiale d'une chaise.

B) La fonction : Utiliser la barre de fonction base/bossage extrude qui crée une fonction volumique en extrudant une esquisse ou les contours d'esquisse sélectionnés dans une ou deux directions (L'épaisseur 400 mm). Comme tu vue dans la figure IV-2 :

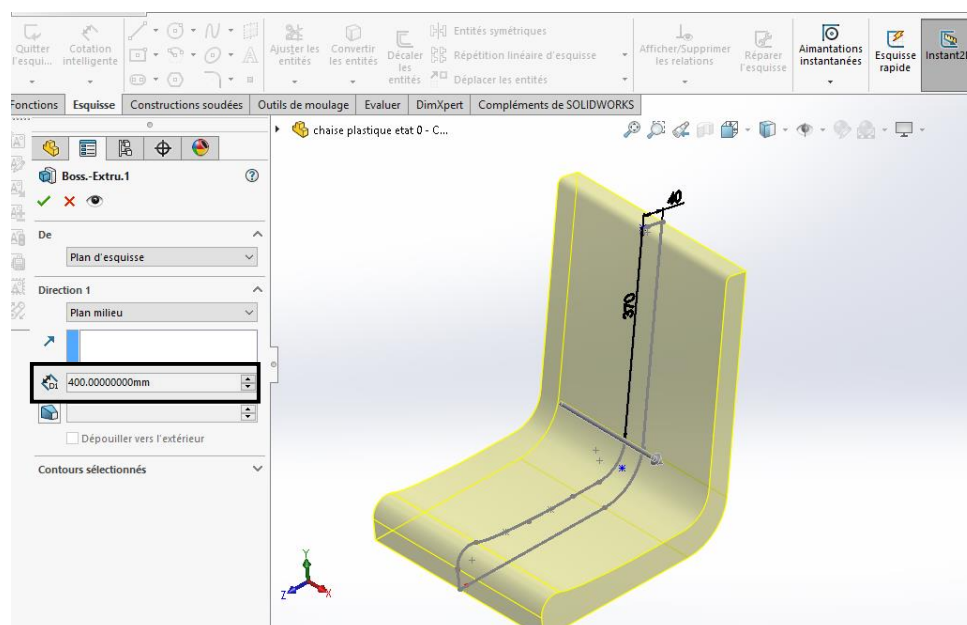


Figure IV-2 : L'épaisseur de la chaise.

Nous avons utilisé la fonction Géométrie de référence pour créer un nouveau plan et dessiner les côtés de la chaise, comme illustré dans Figure IV-3 ci-dessous :

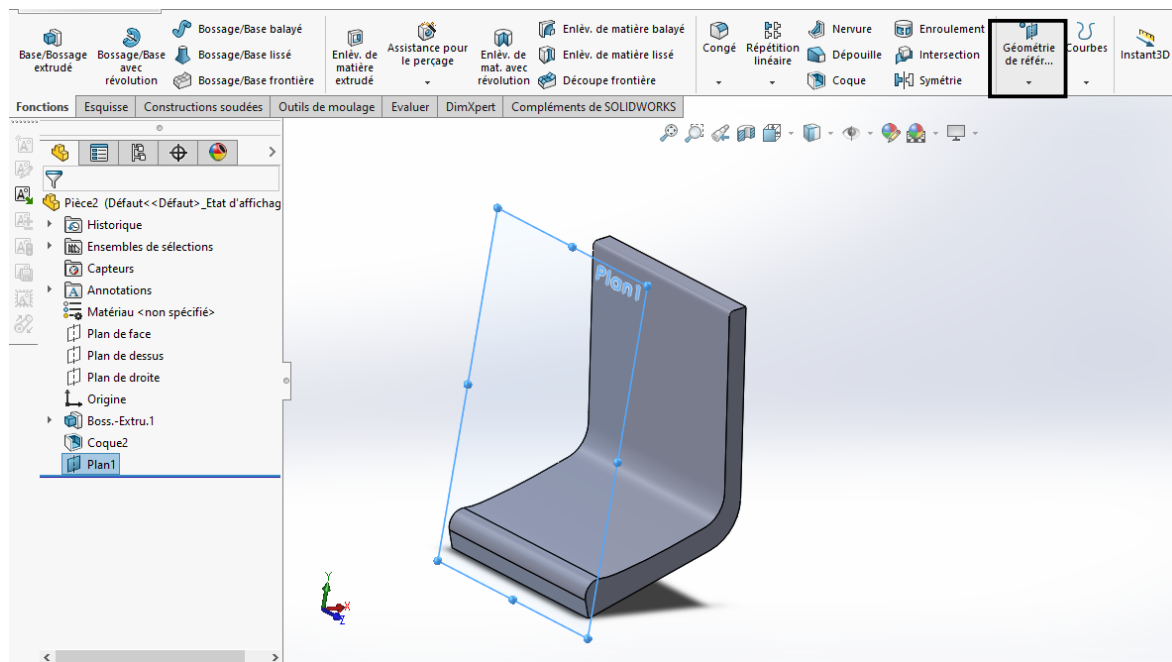


Figure IV-3: crée un nouveau plan.

Dessiner une esquisse sur le nouveau plan après enlève la matière. Comme indique sur la figure IV-4 ci-dessous :

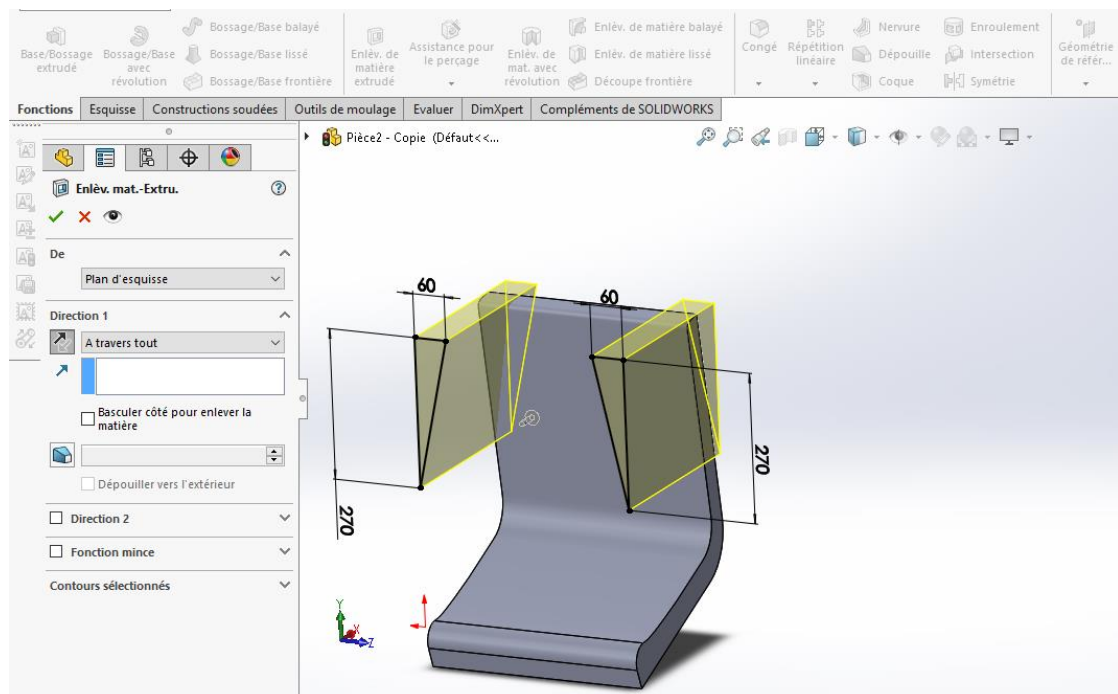


Figure IV-4: enlève la matière.

Dans cette étape, vous avez retiré de la matière en utilisant la fonction Coque pour vider l'intérieur de la chaise. (L'épaisseur 3mm).

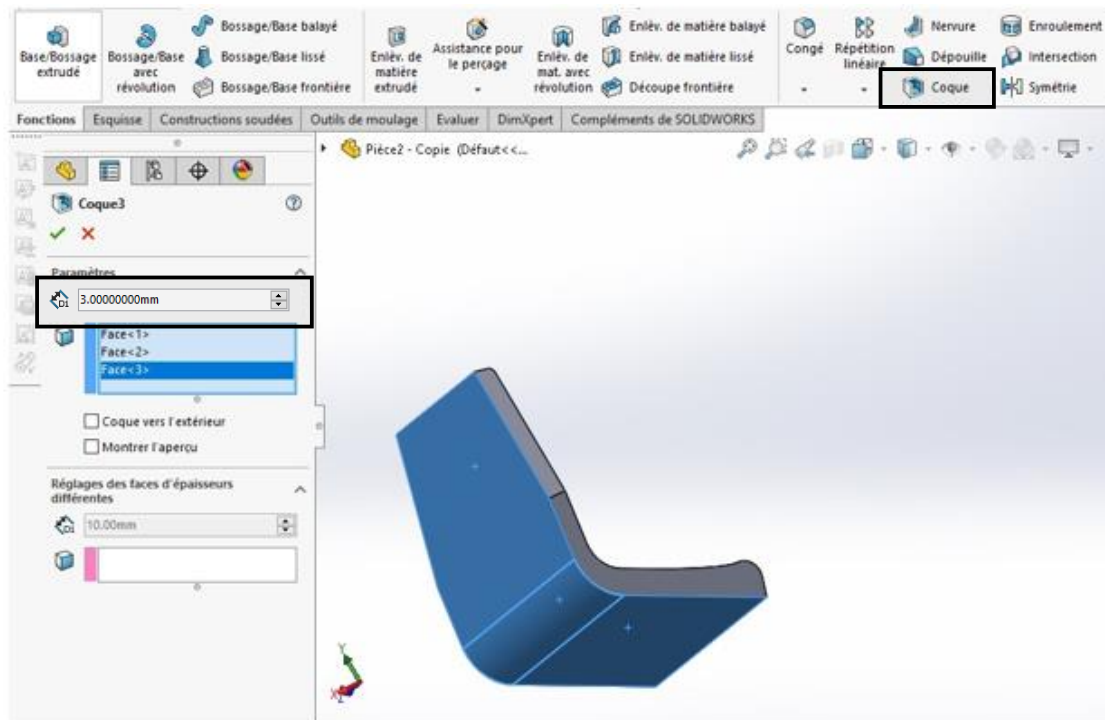


Figure IV-5:utilise la coque.

La figure IV-6 ci-dessous montre l'aspect initial de la chaise tel qu'il apparaît après sa sortie du moule.

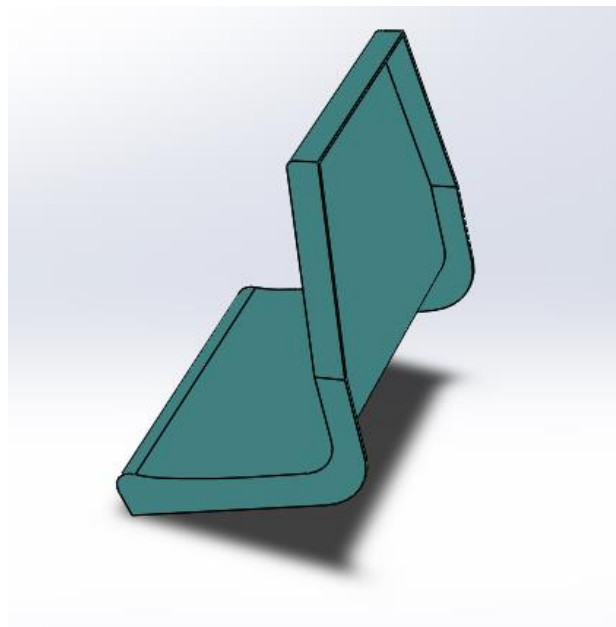


Figure IV-6:Modèle Géométrique sur SOLIDOWRKS 2017.

IV.3.2 Assemblage

Après avoir dessiné les pièces métalliques du châssis de la chaise, nous les avons assemblées en utilisant les contraintes dans SolidWorks 2017 pour obtenir la forme finale du châssis, comme illustré dans la Figure IV-7 ci-dessous :

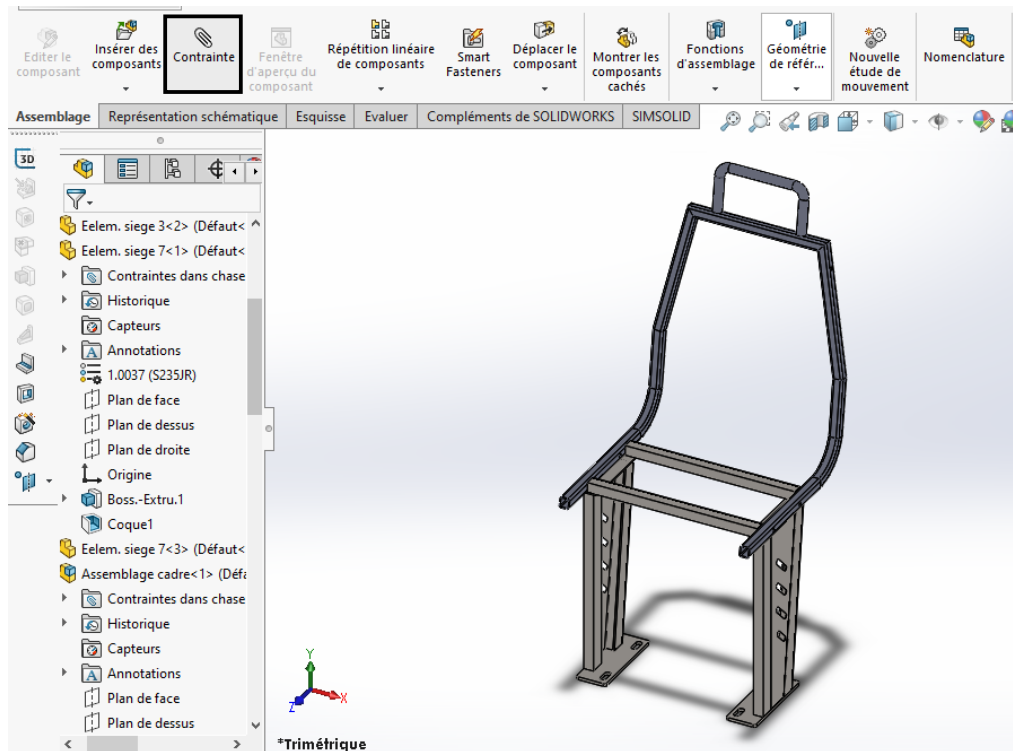


Figure IV-7:Le châssis de la chaise a été assemblé sur SolidWorks 2017.

IV.3.3 Dimension du cadre

Nous avons utilisé le matériau en acier de construction (1.0035 (S185)) pour fabriquer le châssis de la chaise. Le tableau IV-1 ci-dessous montre les dimensions du châssis.

Tableau IV-1 : Dimension nominales de châssis.

Masse	4,5 kg
Epaisseur tube Carré	2mm
Epaisseur tube cylindre	1,5 mm
Hauteur	400mm
Largeur	380mm
Epaisseur de plaque	4 mm

Dans cette étape, nous réalisons des trous dans la chaise en plastique, en prenant les mesures nécessaires pour qu'ils s'adaptent au châssis de la chaise. Les trous indiqués par le numéro 1 ont un diamètre de 7 mm (6 trous), tandis que les trous indiqués par le numéro 2 ont un diamètre de 20 mm (Deux trous).

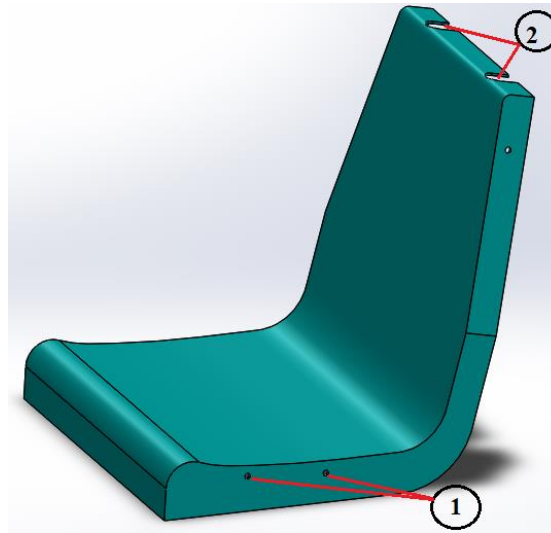


Figure IV-8:percer la chaise.

Dans la dernière étape, nous assemblons le châssis, la chaise et le bras avec des vis. Nous avons conçu le bras de manière à économiser de la place dans le bus lorsqu'il est soulevé à un angle de 90 degrés. La figure IV-09 ci-dessous montre les deux positions du bras :

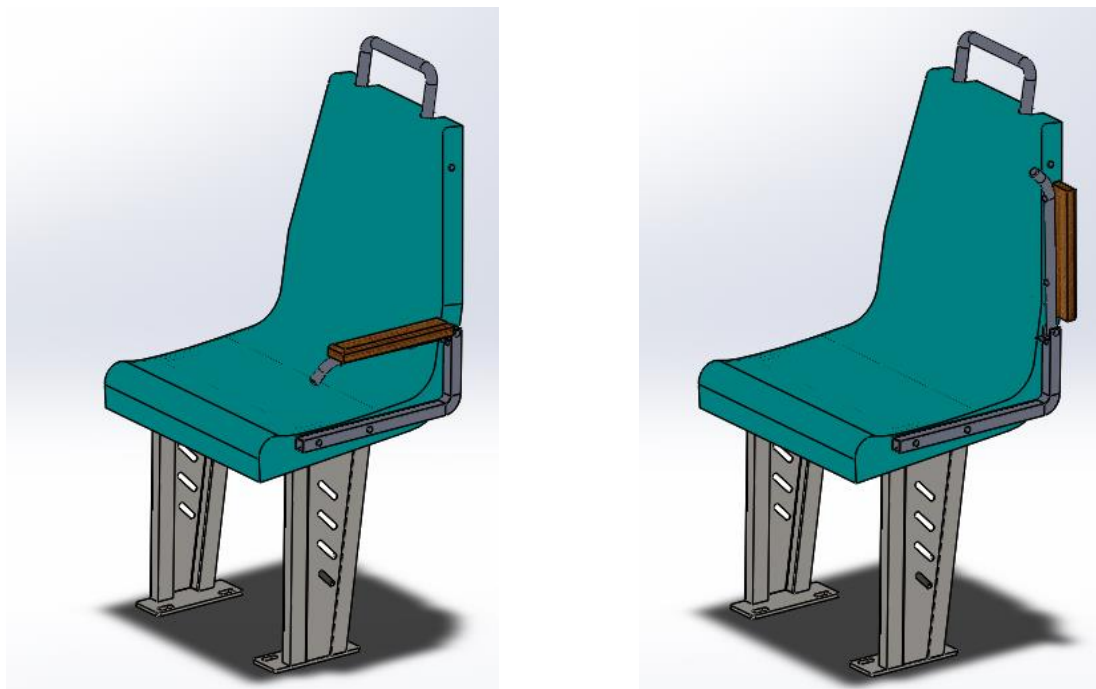


Figure IV-9:Assemblage

IV.4 Conception d'un moule à injection plastique

IV.4.1 Détection de contre dépouilles

L'outil de détection des zones de blocage est essentiel pour repérer les éventuels points de conflit du modèle qui pourraient entraver l'injection du matériau dans le moule selon les plans de joint spécifiés pour former le noyau et l'empreinte.

Ces zones pourraient nécessiter l'intégration de glissières ou de tiroirs qui se déplacent généralement dans une direction perpendiculaire aux segments du noyau et de l'empreinte lors de leur séparation, afin de faciliter l'extraction sans endommager la pièce moulée.

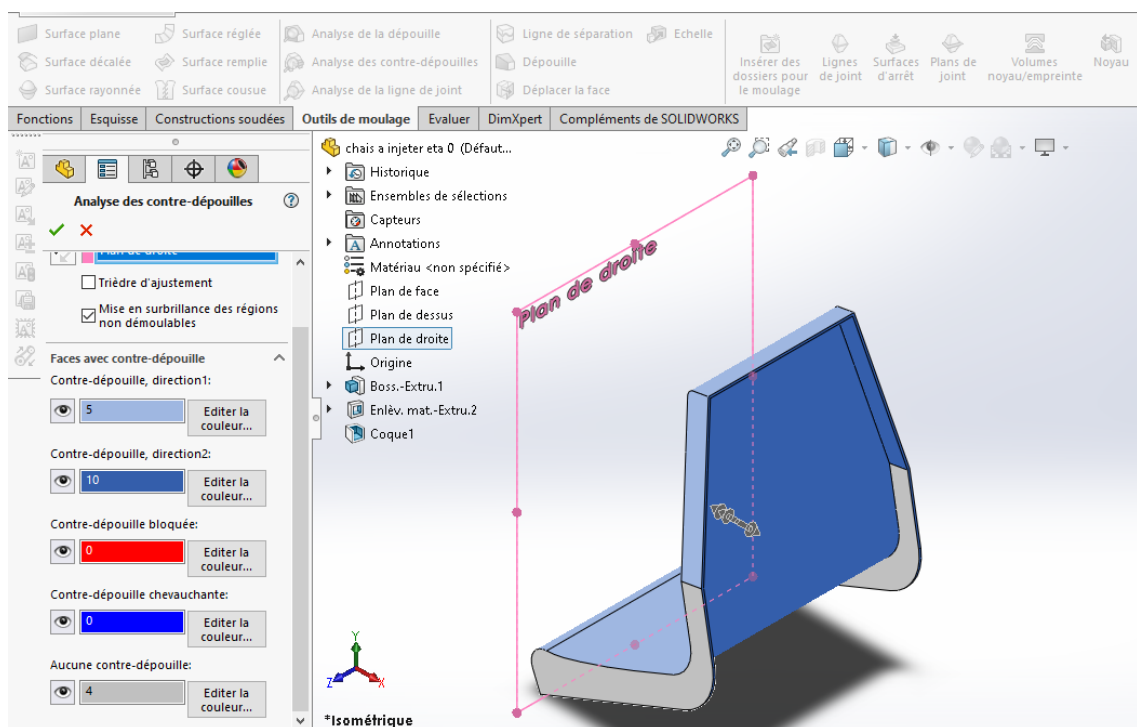


Figure IV-10 : Recherche de contre dépouilles de la chaise.

IV.4.2 Analyse de dépouille de la pièce

Pour garantir un démoulage efficace et éviter les défauts lors de la fabrication de pièces en plastique et de moules, l'outil d'analyse de la dépouille est indispensable. Il vérifie que les faces du modèle présentent la dépouille nécessaire pour permettre un retrait sans accrocs de la pièce du moule.

La fonction de dépouille incline les faces du modèle selon un angle spécifié, facilitant ainsi le processus de démoulage et assurant la qualité des pièces produites. Comme le montre la figure IV-11 ci- dessous :

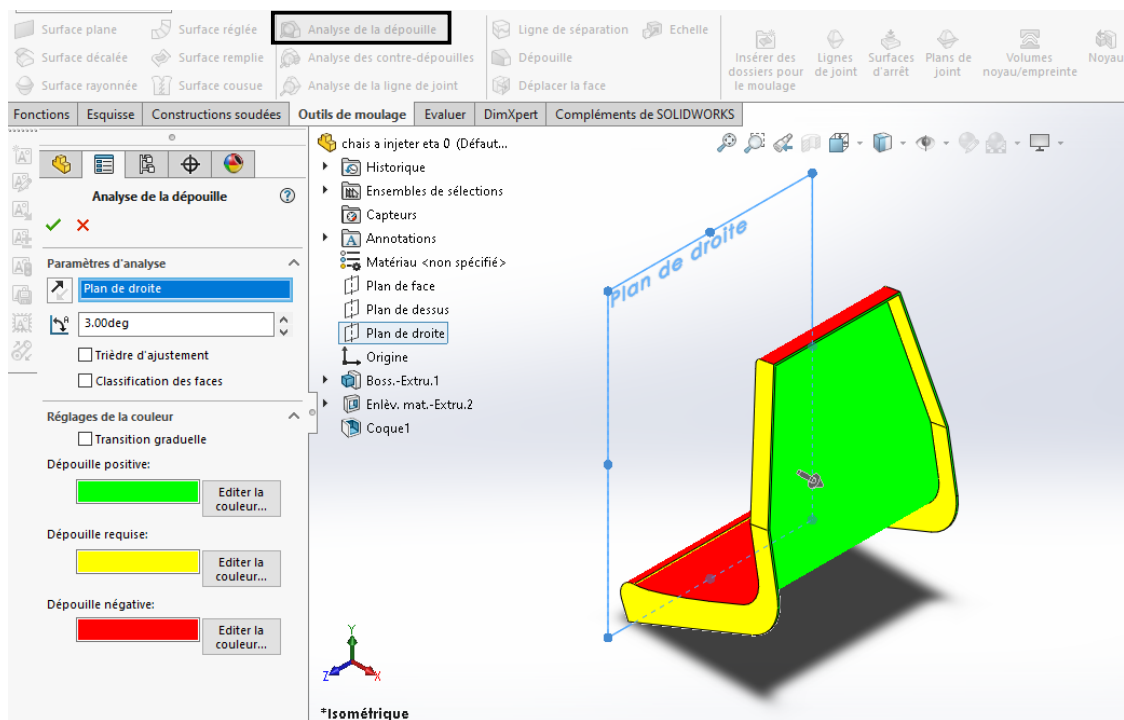


Figure IV-11:analyse de dépouille de la pièce.

IV.4.3 Création du Lignes de joint

La création de la ligne de joint peut être réalisée automatiquement ou manuellement grâce à l'outil ligne de joint. Cet outil présente deux fonctions distinctes : la première est dédiée au contrôle de la dépouille, tandis que la seconde concerne la création du plan de joint.

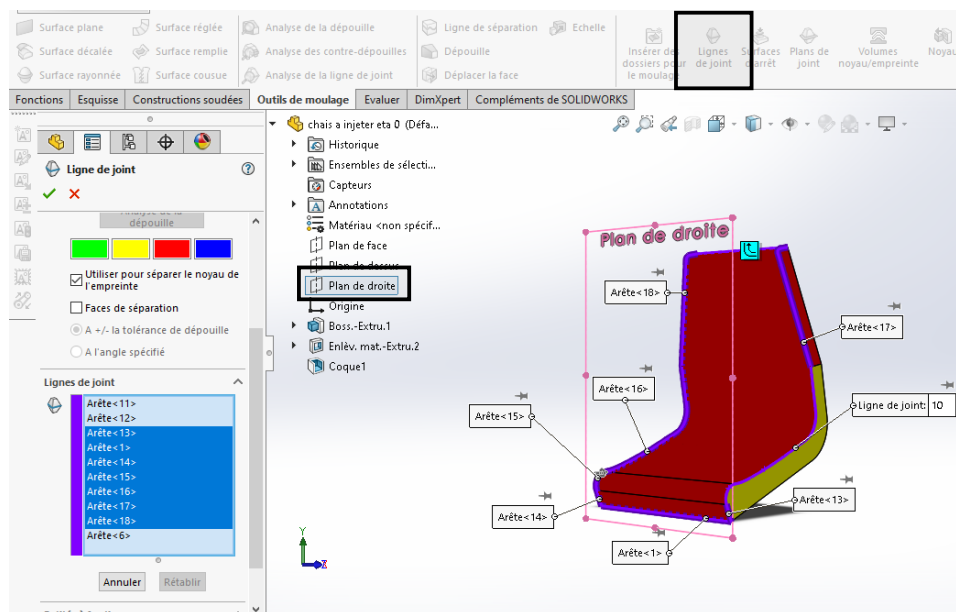


Figure IV-12 : lignes de joint.

IV.4.4 Création du plan de joint

Le plan de joint d'un moule représente les faces de contact des blocs empreints fixe et empreints mobile. Le choix d'un bon plan de joint permet de faciliter le démoulage et l'éjection.

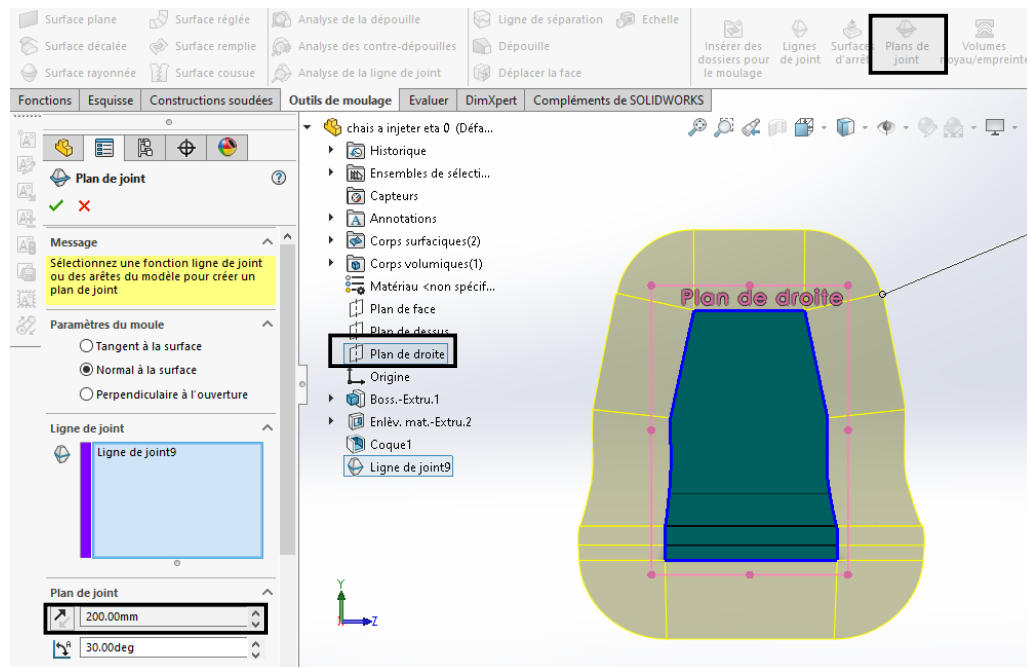


Figure IV-13:Le plan de joint.

IV.4.5 Insertion d'empreinte

Dans cette étape, nous avons créé une esquisse sur le plan de joint et déterminé les dimensions de l'empreinte de la matrice, comme indiqué dans la figure IV-14 ci-dessous :

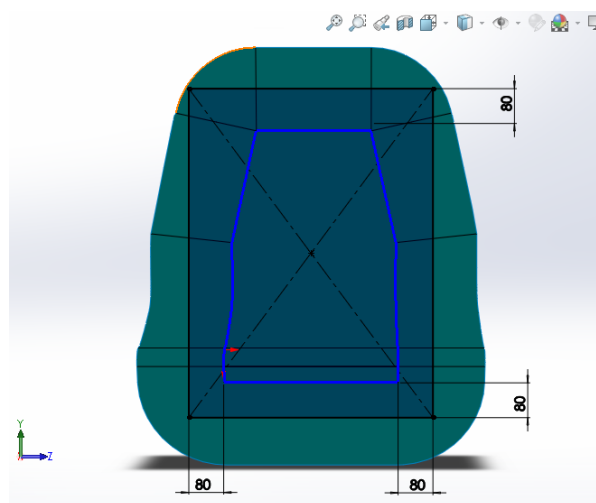


Figure IV-14:esquisse sur plan de joint.

Dans cette étape, on crée simultanément les deux parties principales du moule à l'aide de l'outil "noyau/empreinte" sous forme des pièces dérivées qui deviennent les moitiés des moules après les coupes

Une empreinte ayant la forme de la pièce empreinte est créée dans la carcasse du moule. La taille de l'empreinte inclut le facteur de retrait que vous avez spécifié. Comme illustré dans la Figure IV-15 ci-dessous :

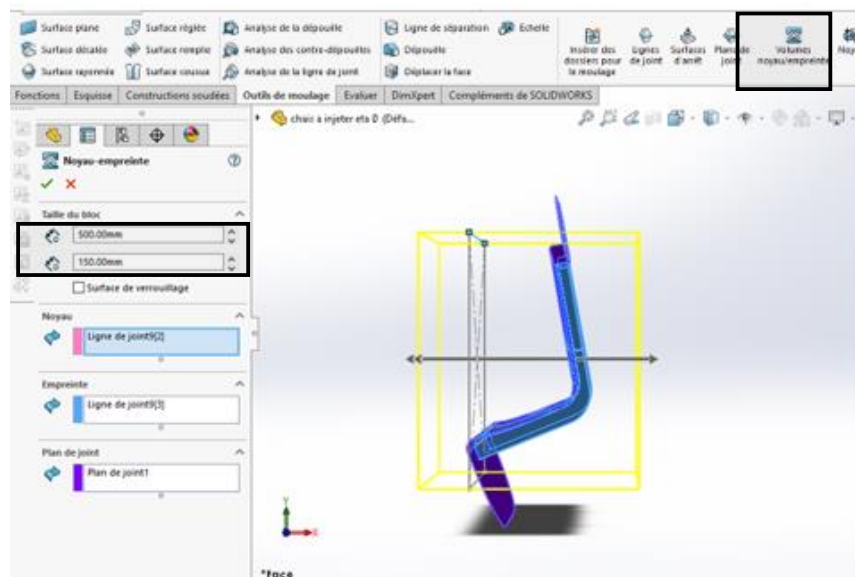


Figure IV-15: Insertion d'empreinte de moule.

IV.4.6 Création des blocs empreinte fixe- empreinte mobile

La figure IV-16 ci-dessous montre les parties fixe et mobile du moule dans SolidWorks.

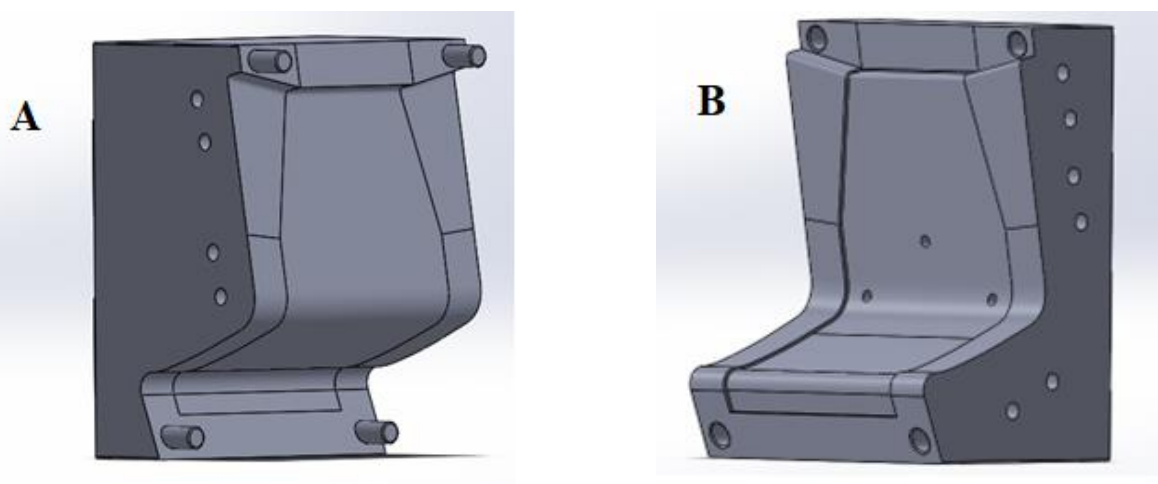


Figure IV-16: Représentation des deux empreintes (A : mobile, B : Fixe).

IV.5 Montage d'empreinte sur la carcasse du moule

La Figure IV-17 diagramme ci-dessous illustre l'assemblage de l'empreinte fixe et de l'empreinte mobile avec les autres composants du moule sur SolidWorks.

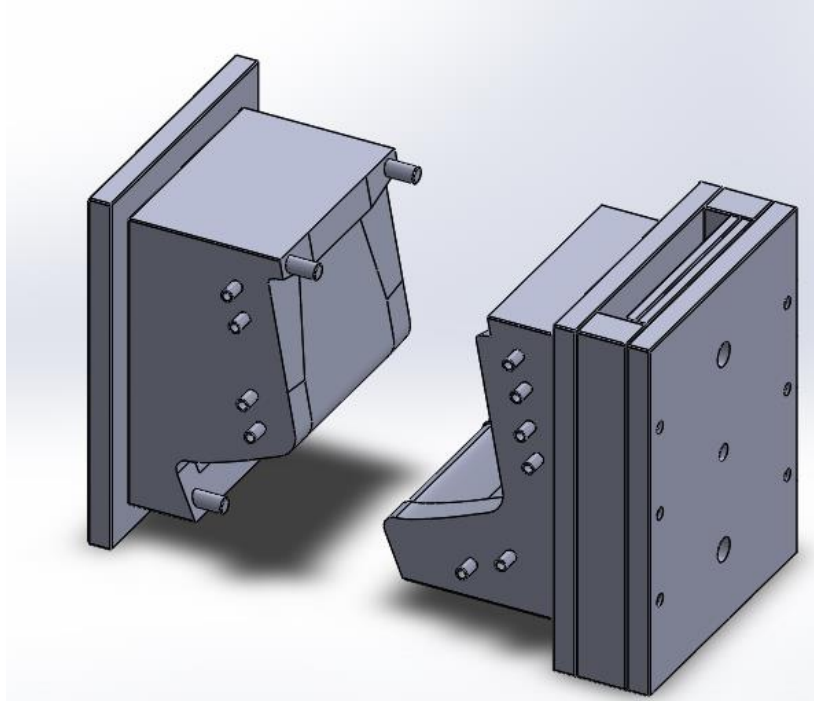


Figure IV-17: Conception de moule en SolidWorks.

IV.5.1 Architecture du moule

L'architecture d'un moule à injection plastique standard comprend certaines parties

❖ Partie fixe :

1) Éjecteur : Autrement appelé doigt de rupture, il s'agit d'une partie d'un moule d'injection qui pousse la pièce moulée hors de l'empreinte fixe pendant le démoulage. Cela permet à la pièce d'être facilement retirée sans l'endommager.

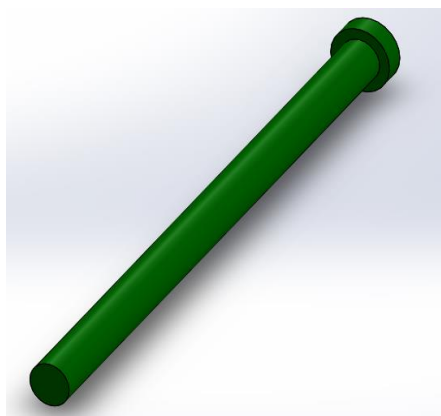


Figure IV-18: éjecteur.

2) Buse d'injection : Les buses d'injection dans les moules d'injection plastique sont des composants qui permettent l'injection contrôlée de plastique fondu dans la cavité du moule. Elles jouent un rôle important dans le processus d'injection, assurant un remplissage précis des cavités et la formation de pièces en plastique de haute qualité.

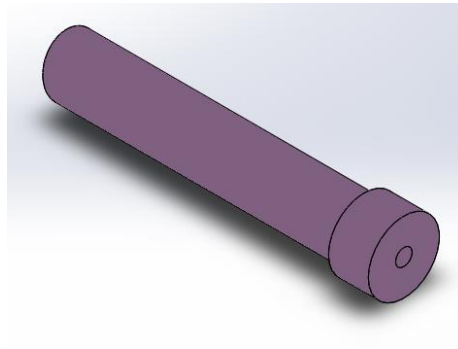


Figure IV-19:buse d'injection.

3) Bague de centrage : La couronne de centrage fait partie du moule d'injection plastique et assure un alignement précis entre les empreintes fixes et mobiles. Elle joue un rôle clé dans la production de pièces en plastique de haute qualité et aux dimensions précises.

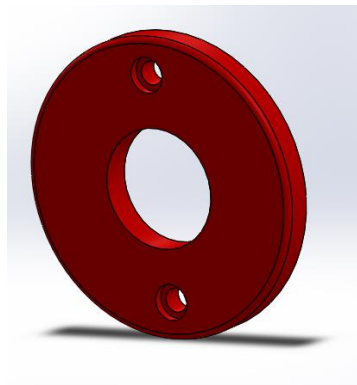


Figure IV-20:Bague de centrage.

4) Bague de guidage D40 : Ce composant est utilisé dans les moules d'injection plastique pour garantir un mouvement linéaire précis et régulier entre les cavités mobiles et fixes (avec un diamètre intérieur de 40 mm).

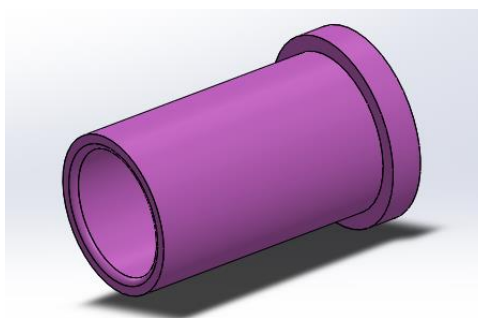


Figure IV-21:Bague de guidage D40.

5) Tasseaux : Ce sont des composants utilisés pour soutenir et guider les noyaux et les inserts dans les moules d'injection plastique, garantissant un alignement précis et stable pendant le processus d'injection. Ils contribuent à la formation de pièces moulées de haute qualité et à la durabilité des moules.

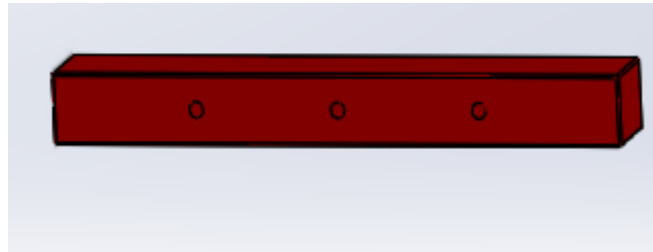


Figure IV-22:Tasseaux.

6) Plaque éjectrice : La plaque d'éjection d'un moule à injection plastique est installée dans l'empreinte fixe du moule et est équipée de broches d'éjection permettant de retirer la pièce en plastique du moule après la solidification du matériau. Elle revêt un rôle crucial dans le processus d'injection plastique en permettant le retrait efficace et précis des pièces moulées.

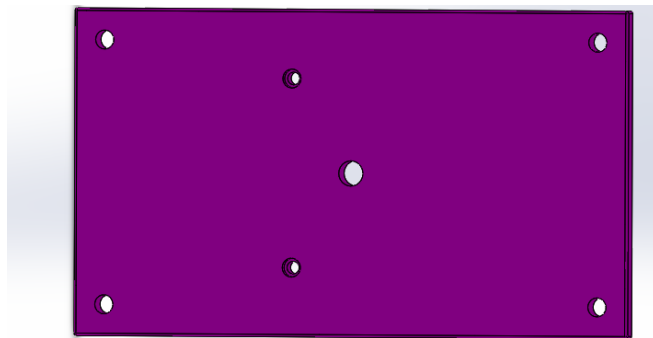


Figure IV-23:Plaque éjectrice.

7) Semelle fixe : Elle fait référence à une plaque ou une base rigide qui supporte et maintient les composants du moule. Elle assure la stabilité du moule et joue un rôle important dans le processus d'injection plastique.

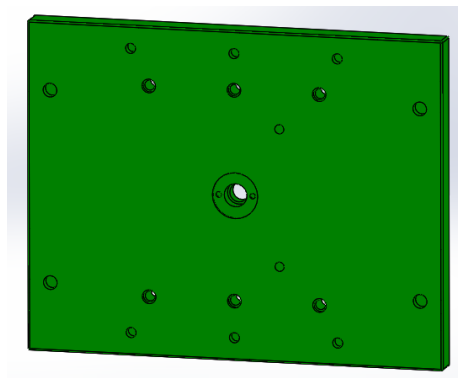


Figure IV-24:Semelle fixe.

❖ Partie mobile

1) Colonne de guidage : Autrement appelés piliers de guidage, ce sont des composants des moules d'injection plastique qui maintiennent un alignement précis entre les empreintes fixes et mobiles. Ils assurent un mouvement de moule fluide et précis, contribuant ainsi à la qualité des pièces produites et à la longévité des moules.

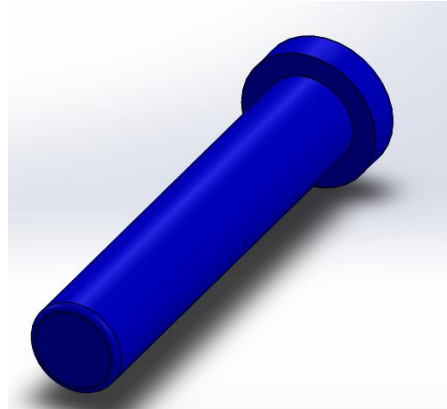


Figure IV-25: Colonne de guidage.

2) Semelle mobile : C'est est la partie du moule d'injection plastique qui se déplace avec l'emprunt mobile pour permettre un mouvement synchronisé des éléments du moule pendant le processus d'injection.

Aide à maintenir un alignement précis et à assurer la qualité de la coulée.

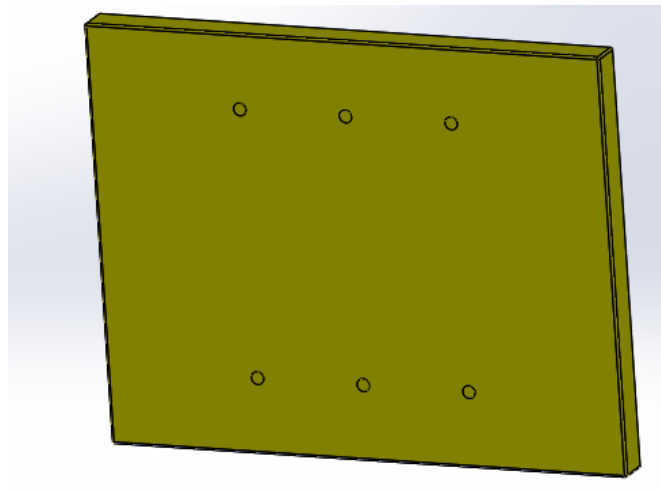


Figure IV-26 : Semelle mobile.

3) Vis CHC :

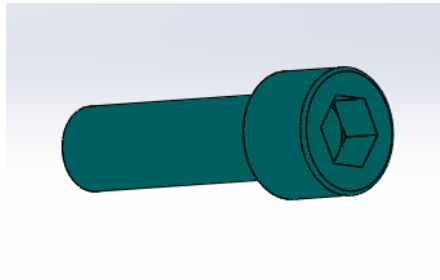


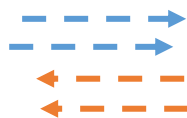
Figure IV-27: Vis CHC.

IV.5.2 Refroidissement de moule

Les canaux de refroidissement à l'intérieur du moule sont conçus pour être proches de la surface des cavités. Comme l'aluminium est un bon conducteur de chaleur, les canaux peuvent être moins complexes que ceux des moules en acier.

- **Température de l'eau entrante** : Généralement entre 15 et 30 degrés Celsius, selon le type de plastique et les exigences du processus de refroidissement.

- **Température de l'eau sortante** : Elle sera plus élevée après avoir absorbé la chaleur du moule, avec généralement une différence de température de 5 à 10 degrés Celsius entre l'eau entrante et sortante.



Température de l'eau entrante : **20°C.**

Température de l'eau sortante : **30°C.**

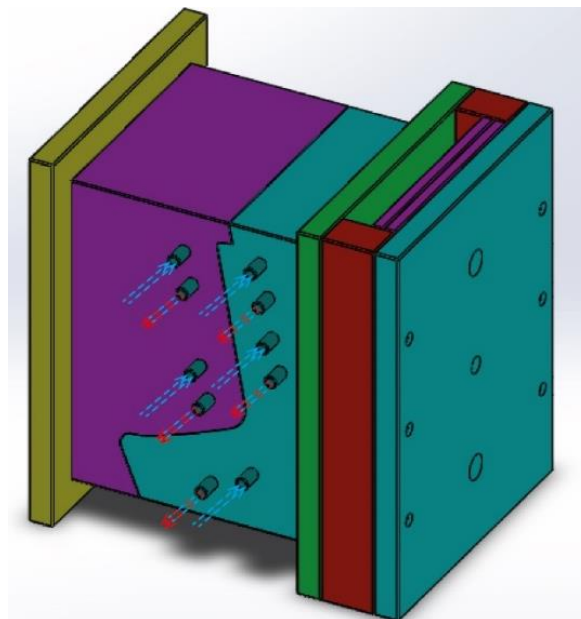


Figure IV-28 : Refroidissement de moule.

IV.5.3 Description de moule

La Figure IV-29 ci-dessous indique les composants du moule d'injection plastique pour la chaise.

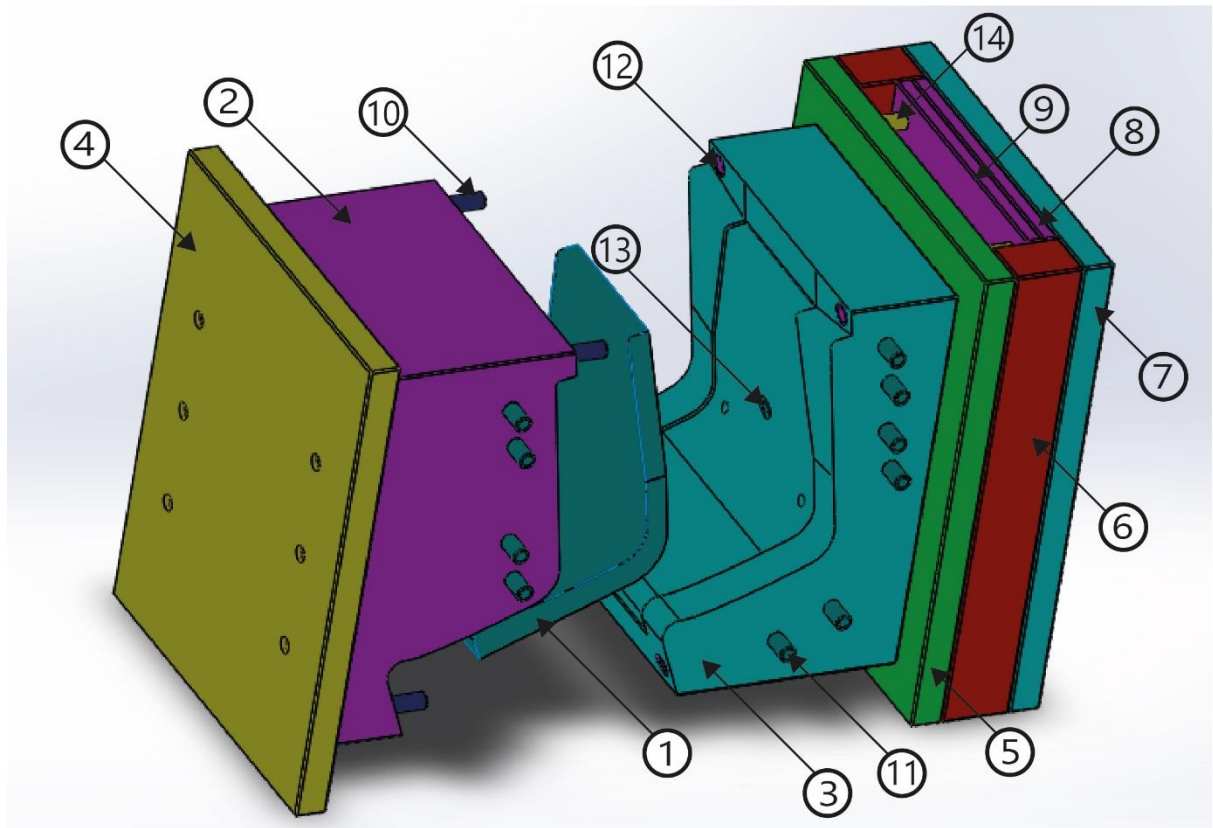


Figure IV-29: Moule d'injection plastique état ouvert.

Tableau IV-2 : Terminologie des éléments constituant l'outillage.

N°	Designation	N°	Designation
01	Pièce moulée.	08	Contre plaque d'éjection.
02	Empreinte mobile.	09	Ejecteur.
03	Empreinte fixe.	10	Colonne de guidage.
04	Semelle mobile.	11	Tétine.
05	Semelle fixe.	12	Bague de guidage D40.
06	Tasseau.	13	Buse d'injection
07	Plaque arrière coté injection.	14	Ejecteur ressort.

IV.6 Matériau utilisé pour fabriquer la pièce

Il s'agit du composite ABS : polymère technique très utilisé.

ABS ayant les caractéristiques suivantes :

Tableau IV-3: Les caractéristiques de l'ABS.

Retrait	0,4% à 0,7%
Masse volumique	1,05g/cm ³
Pression d'injection	500 bars à 1000 bars
Température d'injection	180°C à 250°C
Température de moule	50°C à 85°C

IV.6.1 Avantages et inconvénients de la matière l'ABS

L'ABS (Acrylonitrile Butadiene Styène) est un polymère thermoplastique largement utilisé dans de nombreux domaines en raison de ses propriétés spécifiques. Voici quelques avantages et inconvénients de ce matériau :

1) Les Avantages

- **Résistance aux chocs** : L'ABS est connu pour sa résistance aux chocs, ce qui le rend idéal pour les applications où la durabilité est importante, comme les pièces automobiles, les valises, les jouets, etc.
- **Facilité de transformation** : L'ABS est facile à mouler et à usiner, ce qui le rend adapté à la fabrication de pièces complexes par moulage par injection.
- **Bonne résistance à la chaleur** : Il peut résister à des températures relativement élevées sans se déformer, ce qui le rend adapté à des applications nécessitant une certaine stabilité thermique.
- **Bonne rigidité et ténacité** : L'ABS offre un bon équilibre entre rigidité et ténacité, ce qui le rend polyvalent pour une gamme d'applications.

2) Les inconvénients

- **Coût potentiellement élevé** : Comparé à d'autres plastiques, l'ABS peut être plus cher, ce qui peut influencer sa viabilité économique dans certaines applications.

IV.7 Matériau utilisé pour fabriquer les deux empreintes du moule

Pour les moules d'injection plastique, les alliages d'aluminium les plus couramment utilisés sont généralement ceux de la série 7000, en particulier l'alliage d'aluminium 7075.

L'aluminium 7075 offre une excellente résistance mécanique, une bonne résistance à la corrosion et une bonne usinabilité, ce qui en fait un choix populaire pour les moules d'injection plastique. Ce matériau est capable de supporter les contraintes et les températures élevées associées au processus d'injection plastique tout en conservant une certaine durabilité.

IV.7.1 Avantages et inconvénients

Utiliser l'alliage d'aluminium 7075 pour fabriquer des moules d'injection plastique comporte des avantages et des inconvénients spécifiques :

1)Avantages

- **Résistance élevée** : L'aluminium 7075 offre une grande résistance mécanique, capable de supporter les contraintes associées au processus d'injection plastique.
- **Usinabilité** : Malgré sa robustesse, l'aluminium 7075 est relativement facile à usiner, permettant la création de moules avec des détails précis.
- **Légèreté** : Sa légèreté facilite la manipulation et réduit les coûts de transport et de manutention.
- **Bonne conductivité thermique** : Permet un refroidissement efficace du plastique fondu, améliorant les temps de cycle.
- **Résistance à la corrosion** : Offre une bonne résistance à la corrosion, prolongeant la durée de vie du moule.

2)Inconvénient

- **Coût élevé** : L'aluminium 7075 est généralement plus cher que d'autres matériaux, augmentant le coût initial de fabrication.
- **Moins durable que l'acier** : Bien qu'il soit résistant, il est moins durable que l'acier, limitant sa durée de vie dans des applications très exigeantes.
- **Limitations de température** : Peut avoir des limites de température inférieures à certains autres matériaux, restreignant son utilisation dans des environnements à température élevée.

IV.8 Simulation

IV.8.1 Simulation de la pièce

La simulation dans le programme SolidWorks est un processus d'utilisation d'outils logiciels pour analyser et tester virtuellement les modèles 3D afin de vérifier les performances, la durabilité et l'efficacité avant la fabrication réelle.

IV.8.1.1 Les étapes de la simulation dans le programme SolidWorks

1) Définir du matériau de la pièce

Pour l'étude réalisée, nous utiliserons matériau ABS :

SW Matériaux → Pastique → ABS → Appliquer → Fermer.

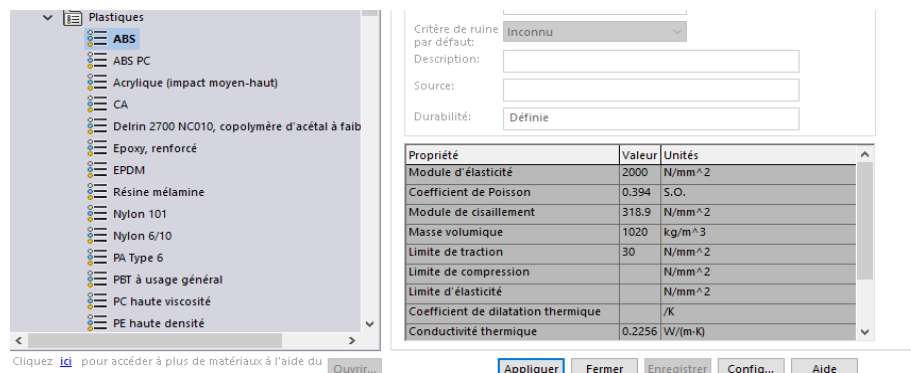


Figure IV-30 : Définition du matériau de la pièce.

2) Définir les fixations de la pièce

Nous fixons la chaise dans SolidWorks comme elle est fixée en réalité.

Fixtures (clic droit) → Fixe Géométrie → sélection de la face dans la racine du ciseau par un clic direct sur celle-ci dans la zone graphique → OK

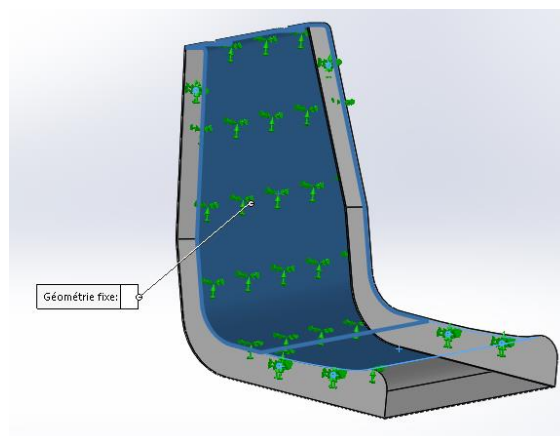


Figure IV-31: Définir les fixations de la pièce.

3) Définir des charges appliquées sur la chaise

Nous appliquons une force de 1000 N à la chaise :

SW Arbre d'analyse de simulation → Charges externes → Force

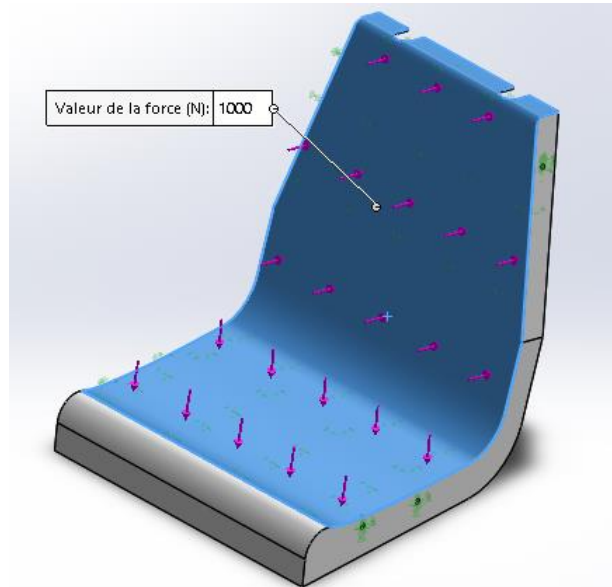


Figure IV-32:charge appliquée sur la chaise.

4)Créer le maillage

En SolidWorks, "Créer le maillage" consiste à diviser un modèle en petits éléments finis. Ce processus permet de simuler et d'analyser le comportement mécanique du modèle sous différentes contraintes et charges.

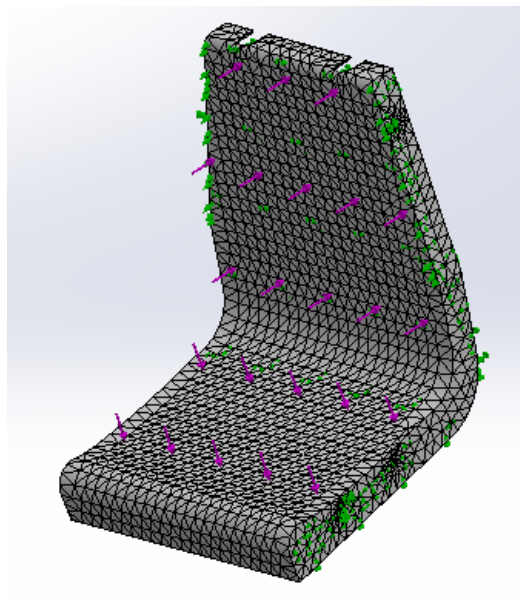


Figure IV-33:Créer le maillage.

IV.8.2 Résultats de la simulation

IV.8.2.1 La contrainte Von Mises

La contrainte de Von Mises est une mesure de la contrainte résultante dans un matériau soumis à des charges externes. En SolidWorks, elle est utilisée pour évaluer la sécurité des conceptions en ingénierie. Elle est dérivée des composantes principales des contraintes et fournit une seule valeur représentative de la contrainte équivalente dans le matériau. Cette valeur équivalente est comparée à la limite de résistance du matériau pour déterminer s'il y a un risque de déformation permanente ou de rupture.

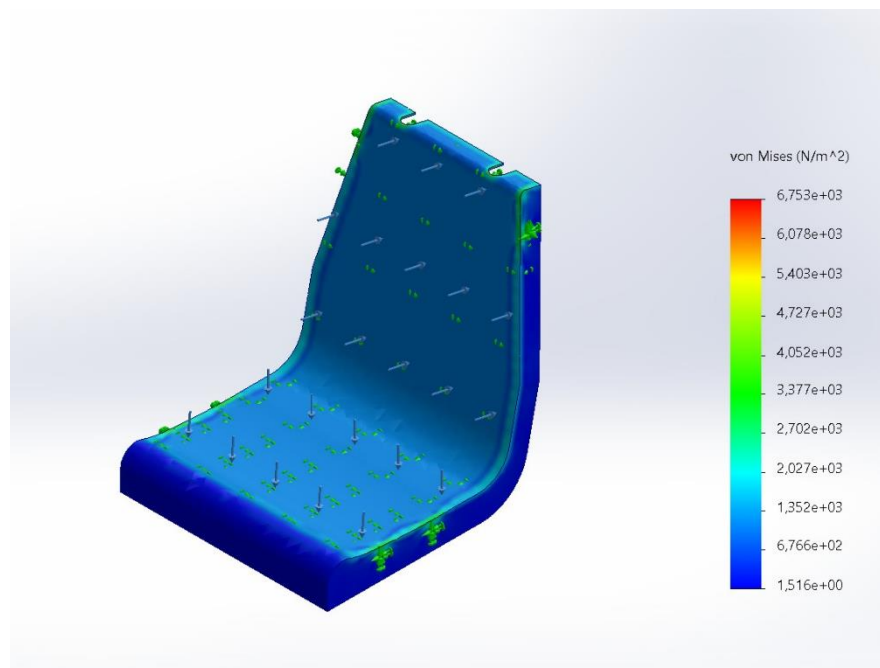


Figure IV-34: contraintes Von Mises en SolidWorks.

Il semble que les résultats de la simulation dans SolidWorks, soient prometteurs, avec la plupart des résultats affichés en bleu, indiquant généralement une zone où les pressions sont dans des plages acceptables. Il semble que la limite maximale de contrainte de Von Mises de $6,753 \times 10^3 \text{ N/m}^2$ se situe dans une plage raisonnable compte tenu de la force appliquée de 1000 N. Cela suggère que la chaise peut supporter cette charge sans subir de dommages excessifs. De plus, la contrainte minimale de Von Mises de $1,516 \text{ N/m}^2$ indique que même les zones les moins sollicitées restent dans les limites des contraintes acceptables. En résumé, les résultats suggèrent que la chaise peut supporter la force appliquée sans risque de déformation.

- La contrainte maximale de Von Mises : $6,753 \times 10^3 \text{ N/m}^2$.
- La contrainte minimale de Von Mises : $1,516 \text{ N/m}^2$.

IV.8.2.2 Les Déplacements

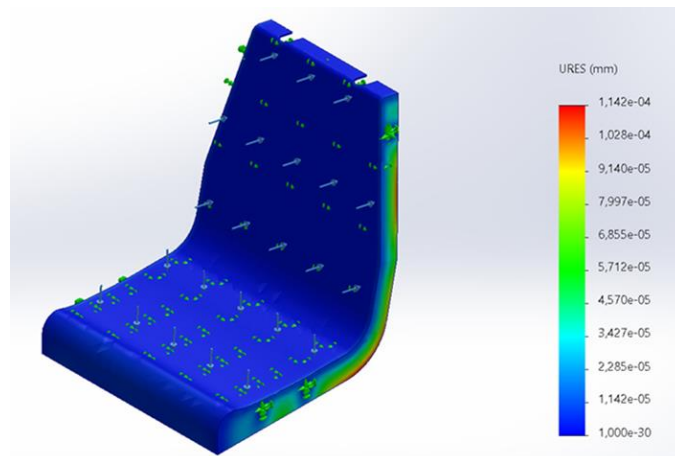


Figure IV-35: Déplacements de la pièce moulée en SolidWorks.

- Déplacement maximale : 1.142×10^{-4} mm.
- Déplacement minimale : 1×10^{-30} mm.

La Déplacements de la pièce moulée est très acceptable.

IV.8.2.3 Déformations

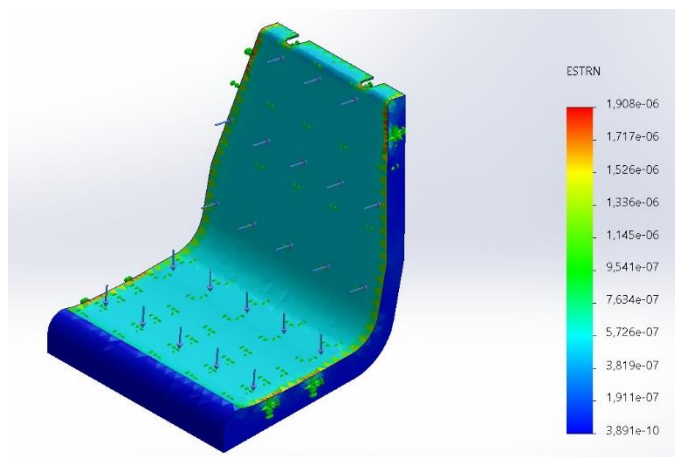


Figure IV-36 : Déformations de la pièce moulée en SolidWorks.

Les résultats de la simulation de déformation dans SolidWorks, avec une force de 1000 Newtons appliquée à la chaise, montrent des déformations extrêmement faibles. La déformation maximale enregistrée est de $1,908 \times 10^{-6}$ mm, et la déformation minimale est de $3,891 \times 10^{-10}$ mm. Ces valeurs indiquent que la chaise est très résistante et rigide sous cette charge, ce qui suggère que le matériau et la conception de la chaise sont efficaces pour supporter des forces importantes sans subir de déformations significatives.

- Déformation maximale : $1,908 \times 10^{-6}$ mm .
- Déformation minimale : $3,891 \times 10^{-10}$ mm .

IV.8.3 Simulation d'un moule

IV.8.3.1 Présentation du Logiciel ABAQUS

ABAQUS est un logiciel de simulation par éléments finis développé par Dassault Systèmes, spécialisé dans l'analyse et la modélisation de structures mécaniques complexes. Il permet aux ingénieurs d'étudier le comportement de différents matériaux et systèmes sous diverses conditions de charge, en simulant des phénomènes physiques tels que la mécanique des solides, la thermique, et la dynamique des fluides. ABAQUS est largement utilisé dans divers secteurs industriels pour optimiser les conceptions, prédire les performances et réduire les coûts associés aux essais physiques.

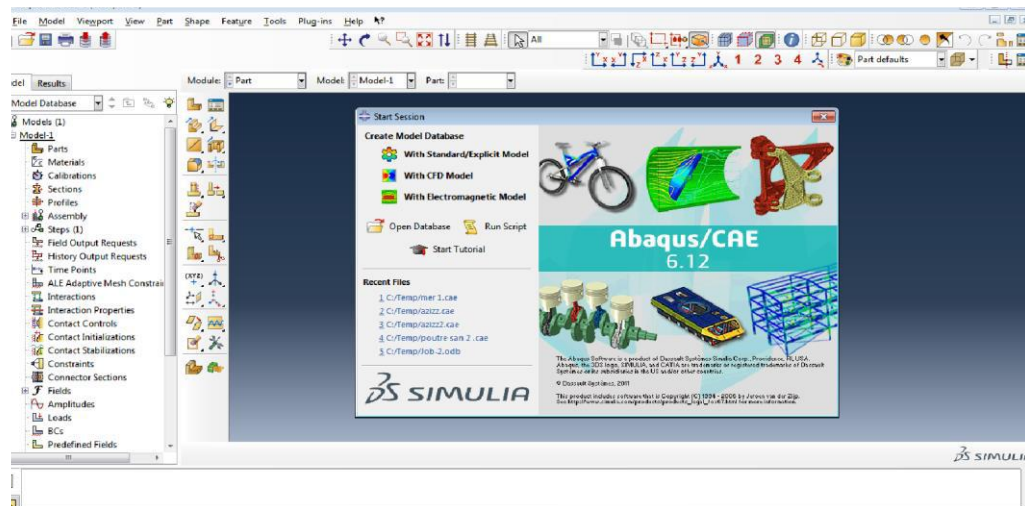


Figure IV-37: Interface de code calcul.

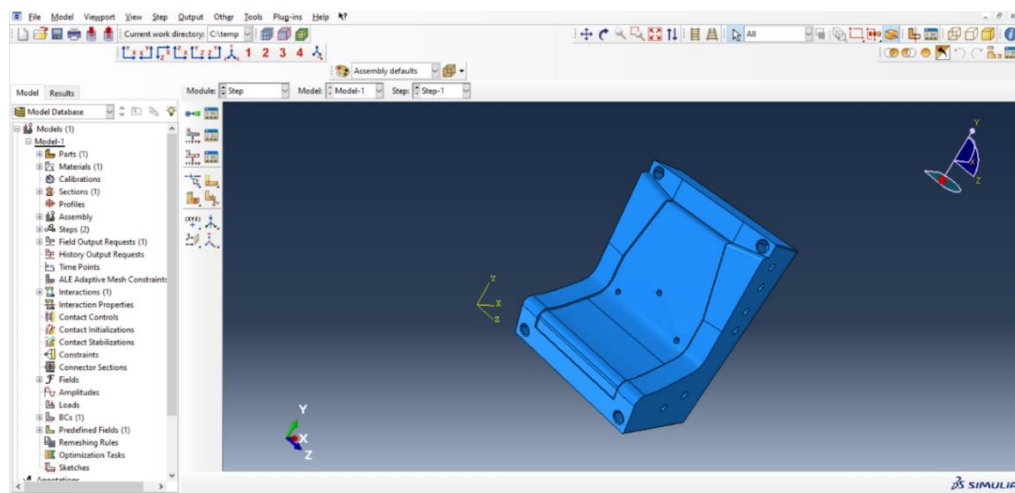


Figure IV-38: Demi-moule fixe en logiciel Abaqus.

IV.8.3.2 Résultant de simulation

Nous avons importé l'un quatrième du demi-moule par logiciel ABAQUS qui on va fait une conception par un autre logiciel SOLIDWORKS premièrement.

❖ Température

La température du moule avant l'injection est de 25°C. Lors de l'injection du plastique ABS fondu à une température de 250°C, la température du moule atteint 70°C. La figure IV-39 ci-dessous montre la concentration de chaleur dans le moule, où la température atteint 70,1°C dans la zone d'injection, tandis que les autres zones restent à une température inférieure à 70°C.

- Température ABS injectée :250°C.
- Température maximale :70,01°C.
- Température minimale :25°C.

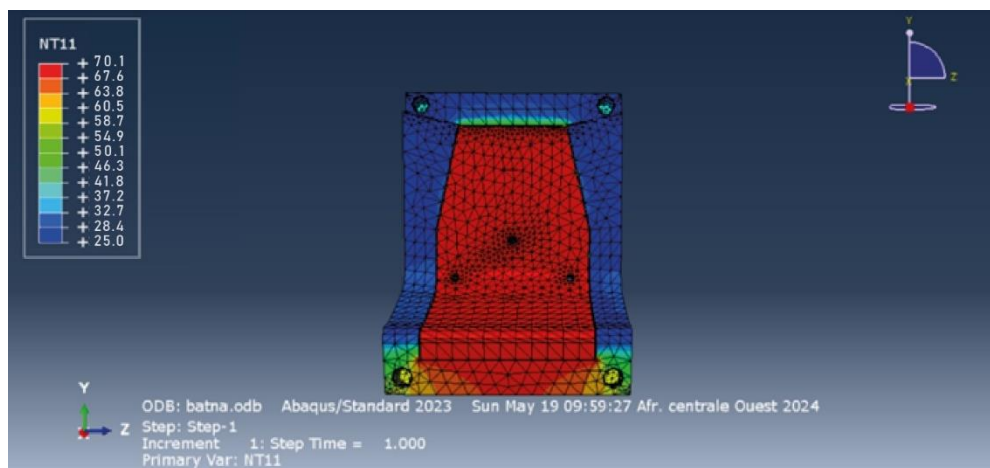


Figure IV-39:Température de moule (vue face).

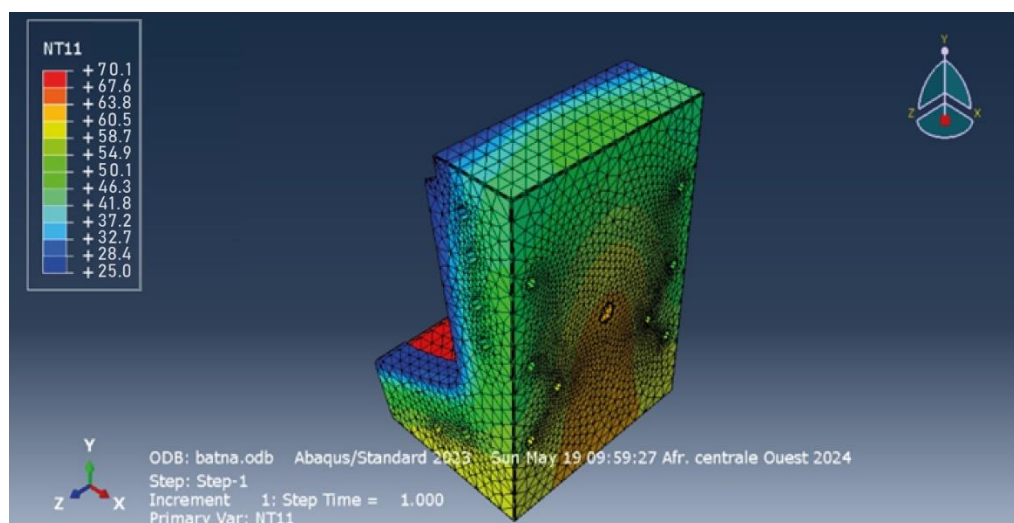


Figure IV-40:Température de moule (vue isométrique).

IV.9 Conclusion

En conclusion, ce chapitre a mis en lumière les processus essentiels de conception et de simulation d'un moule d'injection plastique destiné à la fabrication d'une chaise de bus. En examinant en détail la conception de la chaise, son châssis et son assemblage, ainsi que les étapes de conception du moule, nous avons pu comprendre les exigences techniques nécessaires pour garantir la qualité et la fonctionnalité du produit final. En définissant les éléments clés du moule et en expliquant le processus de refroidissement, nous avons également souligné l'importance de chaque étape dans le processus de fabrication. De plus, en abordant le choix des matériaux pour la chaise et le moule, nous avons pris en compte des considérations cruciales pour la durabilité et la performance du produit. Enfin, grâce aux simulations réalisées dans SolidWorks et Abaqus, nous avons pu anticiper et résoudre efficacement les éventuels problèmes techniques avant le lancement de la production, démontrant ainsi l'importance de l'approche méthodique et de la technologie dans le processus de conception et de fabrication.

CHAPITRE IV

Calcul et vérification

V.1 Introduction :

Lors de la conception d'un moule, il est essentiel de réaliser des calculs pour déterminer les pressions à manipuler, ainsi que les efforts et la quantité de matière plastique injectable, afin de choisir la presse appropriée. On détermine également le nombre d'empreintes et on sélectionne d'autres paramètres pour concevoir le moule de manière optimale.

V.2 Le choix de la machine

Le choix de la machine dépend essentiellement des facteurs suivants :

- La capacité d'injection.
- La force de fermeture.
- La puissance de plastification.
- La distance entre colonnes.
- Epaisseur minimal du moule.

V.2.1 La capacité d'injection

La capacité d'injection est déterminée par le poids de la pièce multiplié par le nombre d'empreintes. Les diverses machines et leurs capacités d'injection sont répertoriées Capacité d'injection dans le tableau V-1 ci-dessous :

Tableau V-1:Capacité d'injection. [28]

Machines	Capacité d'injection (g)	
	Pour le PE	Pour l'ABS
25T	36	45
75T	83	105
150T	180	230
220T	355	450
350T	680	850
550T	1080	1360
650 T	2290	2590

1) Masse de la pièce

La masse de notre pièce peut être directement obtenue à partir des propriétés de masse du logiciel Solid Works, le matériau (ABS).

Poids de la pièce injectée : **$M_p = 1190 \text{ g}$**

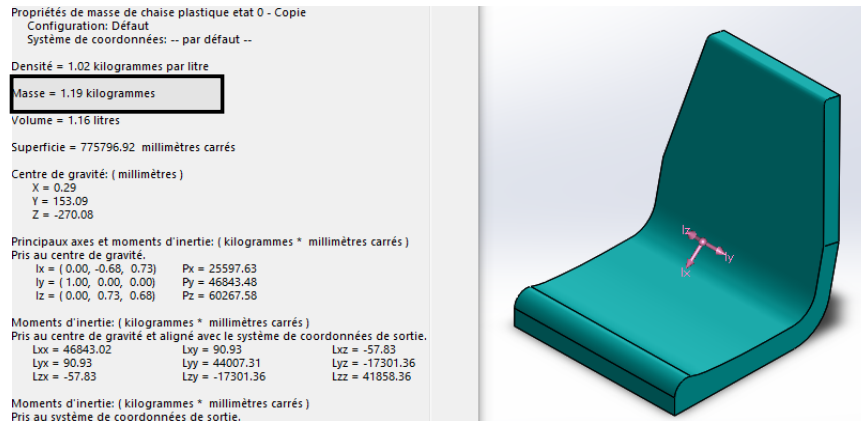


Figure V-1: Masse de la pièce.

2) La masse de la carotte

Le poids de cette carotte est de : **$M_c = 28.85 \text{ g}$**

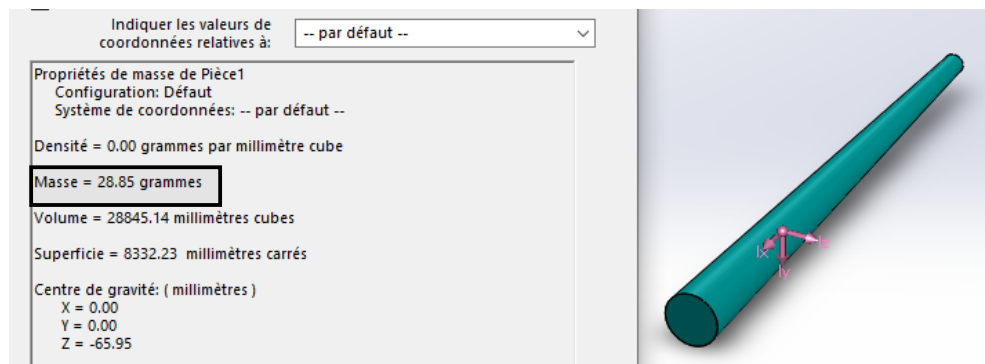


Figure V-2: Masse de la carotte.

3) La masse de la moulée (M)

Puisque notre moule produit une pièce et vole par cycle, donc La machine doit pouvoir injecter une quantité suffisante (M)

$$M = M_c + M_p \rightarrow M = 1190 + 28.85 = 1218.85 \quad \mathbf{M = 1218.85g}$$

Du tableau V-1, on constate que les machines qui peuvent injecter cette quantité de matières sont : 550T et 650T.

V.2.2 Calcul de la force de fermeture

L'injection de matière à l'intérieur du moule provoque de grandes pressions engendrant des forces qui ont tendance à ouvrir le moule (force de verrouillage), et pour faire face à ces efforts la presse doit appliquer une force de fermeture supérieure.

a) la force de verrouillage (tonnes /cm²) :

$$F_v = P * S \dots\dots\dots(1)$$

Avec :

F_v: la force de verrouillage (tonnes).

P : la pression moyenne d'injection ; P= 0,6 tonnes/cm² [voir le tableau V-2].

S : la surface projetée (cm²) ; S= 658.2 cm² (Valeur donnée par le logiciel SolidWorks).

$$F_v = P * S = 0.6 * 658.2 = 394.92 \quad \quad \quad \mathbf{F_v=394.92T}$$

Tableau V-2 : la pression d'injection (tonnes/cm²)

Matériau	Pression intérieure moyenne (dans la normalité)	Grand parcours de fluctuation (forme compliquée)
PE, PP	0.3 à 0.4	0.4 à 0.5
HIS, PA6	0.35 à 0.45	0.45 à 0.55
PS, AS, ABS	0.4 à 0.5	0.5 à 0.6

b) La force de fermeture :

$$F = F_v * K \dots\dots\dots(2)$$

Avec :

F_v : force de verrouillage.

K : Coefficient de sécurité ; $1.5 \leq k \leq 2$

$$F = F_v * K = 394.92 * 1.5 = 592.38 \quad \quad \quad \mathbf{F=592.38 T}$$

On a besoin de 1218.85g de l'ABS (le poids de la carotte inclut) et une force de fermeture de 592.38 tonne ; il en résulte que la presse devant être de 650T.

V.2.3 La distance entre colonnes

La presse dispose de quatre colonnes de guidage des plateaux sur lesquels le moule sera fixé. Pour cela, une des dimensions transversales du moule doit être inférieure à la distance entre les colonnes.

Les dimensions de notre moule sont :

- Largeur 720mm.
- Hauteur 915mm.

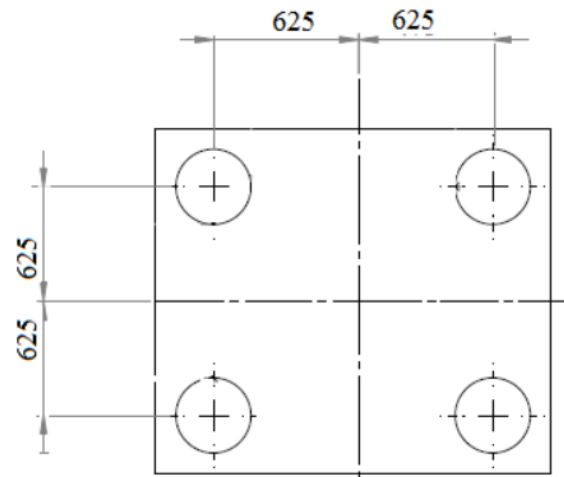


Figure V-3:Schéma d'un plateau d'une presse 650T.

V.2.4 Épaisseur minimale du moule

Les caractéristiques dimensionnelles de la presse 650T sont :

- La distance entre plateaux 1800 mm.
- La course maximale du piston 1350 mm.

À partir de là, on voit que l'épaisseur minimale du moule doit être supérieure à 450 mm [notre moule a une épaisseur de 900mm].

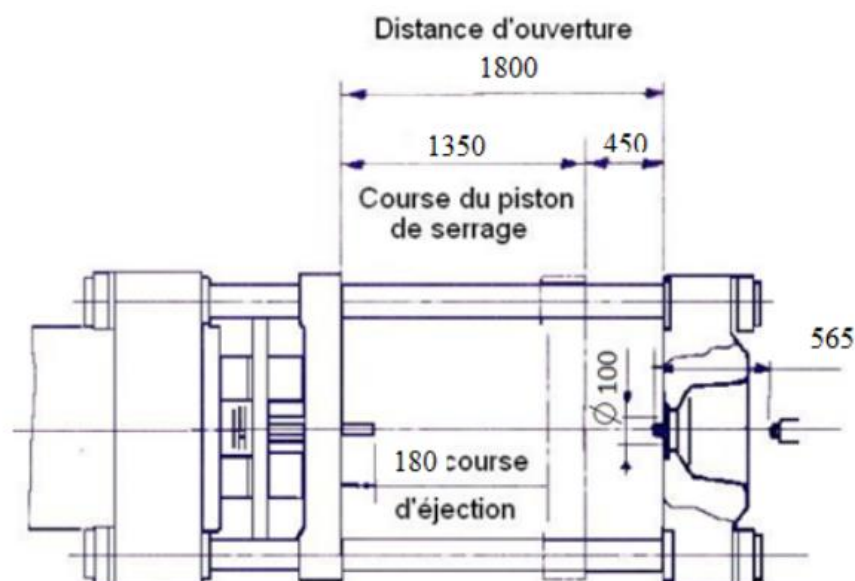


Figure V-4: Caractéristiques dimensionnelles de la presse 650T.

V.2.5 Caractéristiques techniques de la presse 650T

Le principe de cette étude est d'établir un bilan thermique de l'ensemble du moule.

Tableau V-3:Caractéristiques techniques de la presse 650T.

Symbole d'injection	i33
Symbole du cylindre	A
Pression d'injection	1790 Kg/cm ²
Taux d'injection	555 cm ³ /sec
Quantité d'injection	ABS1670 g
Diamètre de la vis	75 mm
Puissance de plastification	ABS 290 Kg/h
Force de serrage	650 Tonnes
Force d'ouverture	40 Tonnes
Vitesse maxi de rotation de la vis	170/154 tr/min
Intervalle des tirants	950x950 mm
Dimension de la plaque matrice	1400x1400 mm
Course de serrage	1350 mm
Epaisseur Mini du moule	450 mm
Ouverture	1800 mm
Force de foulage (hydraulique)	20 Tonnes
Course de foulage	180 mm
Quantité d'huile d'usage	2300 Litres
Moteur destine à la pompe	45 + 45 KW
Capacité du réchauffeur	26.9 KW
Dimension de la machine	(Lx lxH) 10.1 x 2.2 x 2.6 m
Poids de la machine	34 Tonnes

V.3 Étude thermique du moule

Le principe de cette étude est d'établir un bilan thermique de l'ensemble du moule, puis de déduire les caractéristiques qui nous intéressent, en l'occurrence la longueur du circuit de refroidissement, en passant par le calcul de certaines caractéristiques physiques ou dynamiques. La chaleur se transmet du produit, initialement porté à une température élevée, par conduction à travers le matériau du moule et par convection libre dans l'air ambiant qui entoure le moule.

V.3.1 Temps de refroidissement

Le temps de Refroidissement est donné par la relation suivante:

$$tr = \frac{e^2}{\pi^2 * A} \ln \left[\frac{8}{\pi^2} \left(\frac{Ti - Tm}{Te - Tm} \right) \right] \dots\dots\dots(3)$$

Avec :

e : Épaisseur de la pièce : e =3 mm.

A : Diffusivité du polymère de ABS : $8.3 \cdot 10^{-2} \text{mm}^2 \text{s}^{-1}$.

Te : Température d'éjection : $Tm = 90^\circ \text{C}$.

Tm : Température du moule : $Tm = 70^\circ \text{C}$.

Ti : Température d'injection : $Ti = 250^\circ \text{C}$.

$$tr = \frac{3^2}{3.14^2 * 8.3 * 10^{-2}} \ln \left[\frac{8}{3.14^2} \left(\frac{250 - 70}{90 - 70} \right) \right] = 21.96 \quad \mathbf{tr = 22 \text{ s}}$$

V.3.2 Temps de cycle d'injection

Le temps de cycle de la presse à injection ne se limite pas seulement au temps de refroidissement de la pièce moulée. Il inclut également :

ti: Temps d'injection ; 60s

tm : Temps de maintien en pression ; $1 \leq tp \leq 5$; $tp = 5 \text{ s}$

te : Temps d'éjecteur ; $te = 10 \text{ s}$

to : Temps d'ouverture du moule ; $to = 10 \text{ s}$

tf : Temps fermeture du moule ; $Tf = 30 \text{ ou } 50\% \text{ du } Tr$; $tf = 11 \text{ s}$

tr : Temps de refroidissement ; $tr = 22 \text{ s}$

$$tc = ti + tm + te + to + tf + tr \dots\dots\dots(4)$$

$$tc = 10 + 5 + 60 + 10 + 11 + 22 = 118 \quad \mathbf{tc = 118 \text{ s}}$$

La durée du cycle d'injection 118s.

V.3.3 La puissance de plastification (C)

Même si la machine 650T peut injecter 1208.85g, on doit vérifier sa capacité de plastification (la quantité de matière plastifiée par heure) qui est en fonction du poids de la grappe et du temps de cycle.

Le temps de cycle est égal à 118s.

D'où : notre machine doit plastifier :

$$C = \frac{\text{la masse total}}{\text{le temps de cycle}} \dots\dots\dots (5)$$

$$C = \frac{1218.85 \cdot 10^{-3} \cdot 3600}{118} = 37,18 \quad C = 37.18 \text{ Kg /h}$$

V.3.4 Calcul de la quantité de chaleur à extraite de la pièce

$$Q_H = M \cdot N \cdot \frac{(H_i - H_e)}{t_c} \dots\dots\dots (6)$$

Avec :

M : masse de la matière plastique ; M=1218.85 g

N : nombre de cycle de refroidissement horaire ; N=3600/tc

ΔH : enthalpie de moulage et de démoulage $\Delta H = H_i - H_e = 110 - 25 = 85$

Ti = 250 °C **Hi** = 110 Kcal / kg **Te** = 92 °C **He** = 25 Kcal / kg

$$Q_H = \frac{1218.85 \cdot 10^{-3} \cdot 3600 \cdot 85}{118} = 3160.75 \quad Q_H = 3160.75 \text{ Kcal / kg}$$

Cette énergie fournie par le polymère doit être absorbée par le caloporteur.

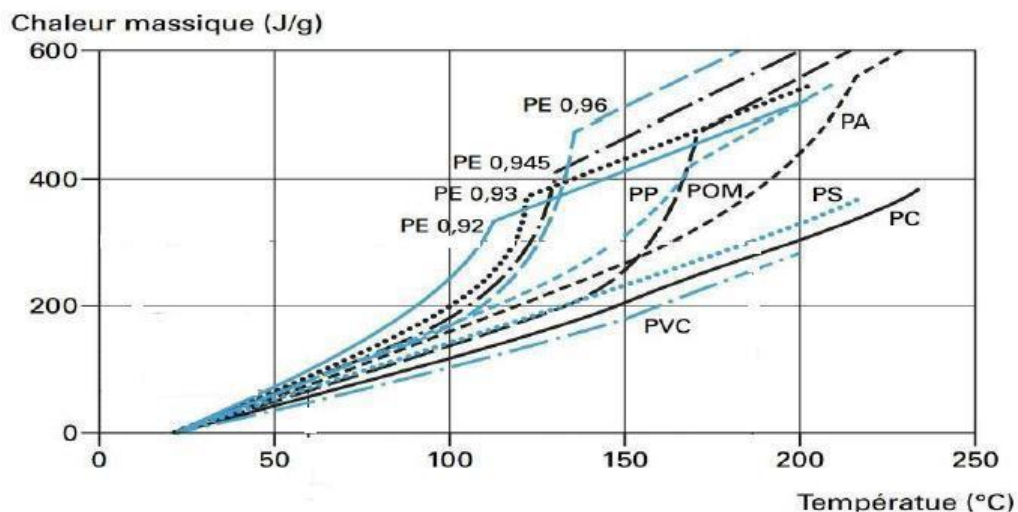


Figure V-5: Graphe des enthalpies en fonction de la température.

V.3.5 La consommation horaire de liquide

Est donné par la relation suivante :

$$G_H = \frac{Q_H}{CF(T_s - T_{ee})} \dots \dots \dots (7)$$

G_H : Consommation horaire de liquide en Kg/h.

CF : Quantité de chaleur à évacuer en Kcal/h.

Q_H : Capacité calorifique du fluide de refroidissement (1Kcal/Kg).

T_{ee} : Température d'entrée d'eau ; $T_{ee}=20^{\circ}\text{C}$

T_s : Température de sortie d'eau ; $T_s = 30^{\circ}\text{C}$

$$G_H = \frac{3160.75}{1(30 - 20)} \quad G_H = 316.075 \text{ Kg/h}$$

V.4 Resistance du plan de joint [33]

$$Spj \geq \frac{F}{0.2 \cdot Re} \dots \dots \dots (8)$$

F : force de frottement du moule est de $650T = 6500\ 000\text{N}$

$Re = 324 \text{ N/mm}^2$ (pour aluminium).

Spj : surface du plan de joint.

$$Spj \geq \frac{6500\ 000}{0.2 \cdot 324} = 100308.64 \text{ mm}^2$$

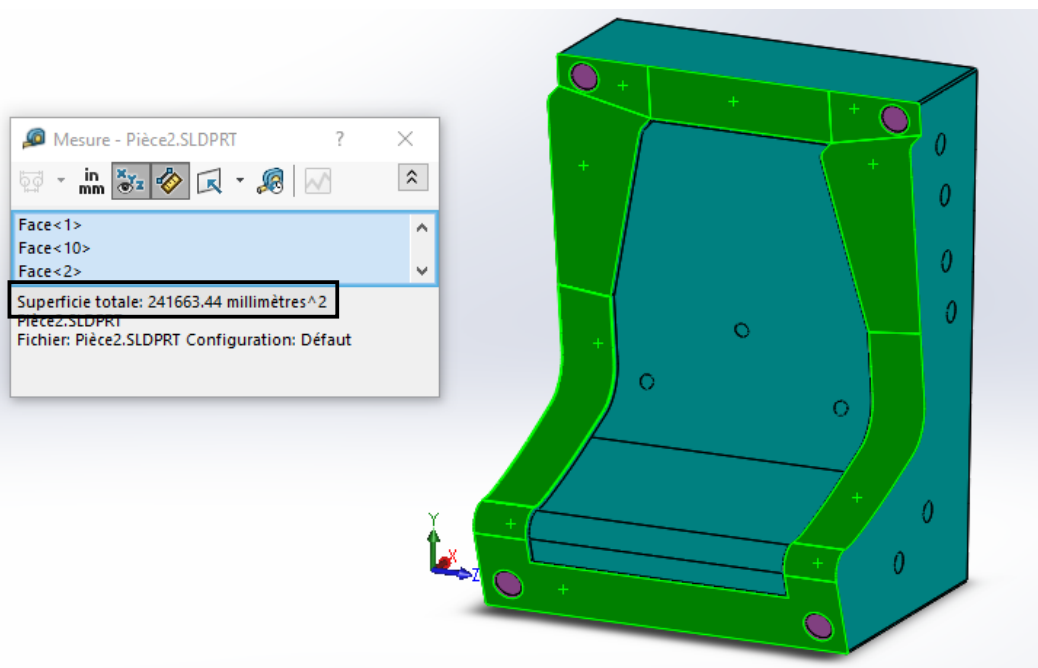


Figure V-6: Surface du plan de joint sur SolidWorks.

Et de lui: 241663.44 > Spj

Spj est la surface minimale que pourra supporter la force de fermeture, dans notre cas la surface de contact entre les deux empreintes est de 241663.44 mm² largement supérieure.

V.5 Résistance des colonnes de guidages au cisaillement

Les colonnes de guidage sont soumises à un effort de cisaillement dû au poids de la partie fixe uniquement lors de la manutention.

$$\tau = \frac{F}{n \cdot S} \leq [\tau]_{\text{cis}} \dots\dots\dots (9)$$

$$[\tau]_{\text{cis}} = \frac{\sigma_e}{k} 0.8 = \frac{1300}{2} 0.8 = 520$$

$$[\tau]_{\text{cis}} = 520 \text{ N/mm}^2$$

Avec

σ_e : Limite élastique du matériau (Acier allié) :

$$\sigma_e = 1300 \text{ N/mm}^2$$

K : coefficient de sécurité on prend $k = 2$

F : effort normal (poids du porte empreinte),

$$F = 1089.27 \text{ N}$$

S: section de la colonne (mm²)

n : nombre de section cisailées

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \dots\dots\dots (10)$$

$$S = \frac{3.14 \cdot 60^2}{4} = 2826 \quad S = 2826 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{1089.27}{4 \cdot 2826} = 0.096$$

$$\tau = 0.096 \text{ N/mm}^2 < [\tau]_{\text{ci}}$$

⇒ La condition est vérifiée.

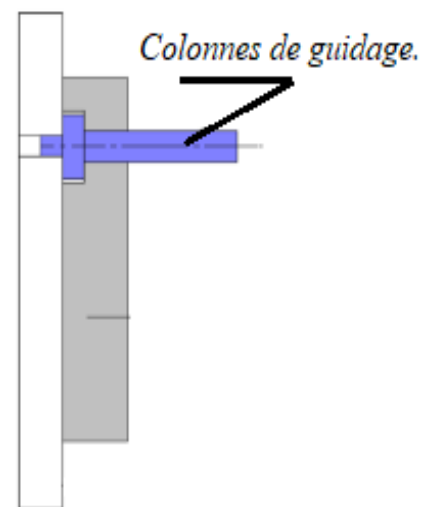


Figure V-7: Colonnes de guidage.

V.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous calculons la masse totale du plastique injecté, puis choisissons la machine d'injection appropriée en fonction du calcul de la force de fermeture et de la détermination de ses propriétés. Ensuite, nous calculons le temps de refroidissement du moule et le temps de cycle. Nous vérifions la puissance de plastification de la machine et, enfin, calculons la quantité de chaleur à extraire de la pièce.

Conclusion Générale

Conclusion générale

Ce mémoire a couvert de manière exhaustive le processus de conception et de simulation d'un moule d'injection plastique pour une chaise de bus scolaire, un composant essentiel du véhicule. Chacun des chapitres a apporté une contribution significative à la compréhension globale et à la réalisation de cet objectif.

Dans le premier chapitre, nous avons présenté l'entreprise, mettant en lumière son historique, sa mission et ses activités principales. Cette introduction a permis de situer le projet dans le contexte industriel de l'entreprise et de comprendre les besoins spécifiques en matière de fabrication de pièces en plastique.

Le deuxième chapitre a été consacré aux généralités sur les matières plastiques. Nous avons exploré les différents types de plastiques utilisés dans l'industrie, leurs propriétés, et les critères de sélection des matériaux en fonction des applications spécifiques. Cela a établi une base solide pour les choix de matériaux dans la conception de notre chaise de bus scolaire.

Dans le troisième chapitre, nous avons détaillé le processus de moulage par injection plastique. Nous avons décrit les différentes étapes de ce procédé, les équipements nécessaires, et les paramètres critiques à contrôler pour obtenir des pièces de haute qualité. Cette partie a fourni un aperçu pratique et technique du procédé de fabrication utilisé pour notre projet.

Le quatrième chapitre a porté sur la conception et la simulation du moule d'injection. Utilisant des outils de CAO comme SolidWorks, nous avons conçu le moule en prenant en compte les spécificités géométriques et mécaniques de la chaise. Des simulations ont été réalisées pour évaluer et optimiser la conception, assurant que le moule pourrait produire des pièces conformes aux spécifications avec une efficacité maximale.

Enfin, le cinquième chapitre a été dédié aux calculs et vérifications nécessaires pour valider notre conception. À l'aide de logiciels comme Abaqus, nous avons effectué des analyses de contraintes et de déformations pour garantir la robustesse et la durabilité du moule. Ces vérifications ont permis d'identifier et de corriger les éventuelles faiblesses de notre conception avant la phase de production.

En conclusion, cette étude a démontré que la conception et la simulation d'un moule d'injection pour une chaise de bus scolaire peuvent être réalisées de manière efficace et précise en suivant une méthodologie rigoureuse. Les résultats obtenus montrent que notre approche permet de produire une pièce de haute qualité tout en respectant les contraintes industrielles et les normes de sécurité. Ce travail offre une base solide pour de futures recherches et applications dans le domaine de la fabrication mécanique et de la productique.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- [1] **Julien HUMBERT** : « Conception, élaboration et production d'agro composite à partir de tourteau de tournesol : étude du procédé d'extrusion-formulation-granulation Et d'injection-moulage », DOCTORAT DE L'UNIVERSITÉ DE TOULOUSE, 2008 Français.
- [2] **DJABALLAH Abdelmalek** : « Contribution à l'étude de la phase post remplissage du moulage par injection », mémoire de magister, département de mécanique, université de Biskra, 2012.
- [3] **HADEF Saddek** : « Étude de l'influence des conditions d'injection sur la qualité des pièces injectées en matière plastique », mémoire de magister, département de mécanique, université de Biskra, 2012.
- [4] **OUACHOUACHE Abdelkrim** : « Conception d'un moule d'injection des pièces en M.P », mémoire de magister, département de mécanique, université Badji-Mokhtar-Annaba, 2018/2019.
- [5] **S. Berkane** : « Étude du retrait des pièces injectées en matière plastique », Thèse de magistère », Université Biskra Algérie, 2006.
- [6] **H. Massé** : « Couplages thermomécaniques lors de la solidification de matériaux Polymères », Thèse de doctorat, Université Bordeaux France, 2000.
- [7] **ABBES Aymen et ABBES Abdelha** : « Étude et conception et simulation d'un moule de presse d'injection plastique » mémoire de magister, département de mécanique, Université ABBAS LAGHROUR Khenchela, 2022-2023.
- [8] Origines plastiques de Jacky Aubry.
- [9] **HAMMA.S et LATTARI.K** : « Etude, conception et réalisation d'un moule d'injection plastique ». Mémoire de magister. Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, 2007
- [10] Les plastiques dans notre vie collège de Monteil 2012
- [11] **HAMMAMI.T et LOUATI** : « Cours de PMF des Matières plastiques ».
- [12] **J-P TROTIGNON, J VERDU, A DOBRACZYNSKY, M PIPERAUD** : « Matières plastiques structures, propriétés, mise en œuvre ET normalisation ; Edition Nathan » 2006.
- [13] Mémoire fin d'étude : « Conception et Fabrication d'un moule à injection plastique d'une grille d'aération Ø100 ». Mémoire d'ingénieur. Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, 2014.
- [14] Mémoire fin d'étude : « Procédure de conception d'un moule à injection plastique d'une multiprise électrique A3 ». UNIVERSITE SAAD DAHLAB BLIDA1 Mémoire d'ingénieur, Promotion 2015/2016.

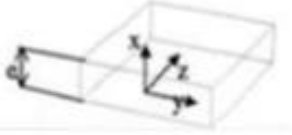
- [15] **SAADA BECHIR** :« Conception de moule d'injection plastique ».
- [16] **H.H. kausch** :« Matièreaux polymère, propriétés mécaniques et physiques ».
- [17] Livre « conception et dessin des moules d'injection" Jean- Marc MAUCOTEL ».
- [18] Phases d'injection des plastiques.
- [19] **KELLOU hadj Ahmed** :« Programmation et commande d'une presse d'injection Horizontale Marque HAITIAN type SA8000II par automate programmable industrielle». Mémoire de magister, département de mécanique, Université de Mohamed EL-Bachir El-IBRAHIMI - Bordj Bou Arreridj, 2021.
- [20] **GASSOU Mostafa et RAHMANI Ahmed** :« Etude de la qualité des pièces fabriquées en moulage par injection », mémoire master professionnel, département de mécanique, UKM Ouargla, 2013.
- [21] **Thuy Linh Pham** : « Plastification en injection des polymères fonctionnels et chargés» Matériaux. INSA de Lyon, Français,2013.
- [22] **ZAIDLE et MANI.B** : « Commande par Automate Programmable Industriel d'une Presse D'injection Horizontale Marque HAITIAN Type SA8000 II : Analyse et Programmation » Mémoire Master Université Mohamed El Bachir El IBRAHIMI Bordj Bou Arreridj, 2016.
- [23] **B. Amina et A. Arezki et D. Nasser** : « Etude et conception d'un moule d'injection plastique pour enjoliveurs de congélateur ENIEM 225L », Mémoire d'ingénieur. Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, 2017/2018.
- [25] Les plastiques dans notre vie collège de Monteil 2012.
- [28] **Laszlo MUZNAY** : « Injection Des Thermoplastiques : Les Presses », Technique De L'ingénieur, A3680
- [29] **Bernie A. Olmstead, Mrtin E. Davis** :« Practical injection Molding », PLASTICS ENGINEERING Éditeur fondateur Donald E. Hudgin Professeur Clemson Université Clemson, Caroline du Sud.
- [30] **GONEI Kasmir** :« Développement D'un Outil De Design Pour La Buse Thermique Des Moules A Canaux Chauds », Thèse De Doctora, Ecole Polytechniques De Montréal Canada, 1999.
- [31] **Claude CORBET** : « Mémotech matières plastiques, Edition CASTELLA », 2001.
- [32] **E. Mathey** : « Optimisation numérique du refroidissement des moules d'injection de Thermoplastiques basés sur la simulation des transferts thermiques par la méthode des éléments frontières », Thèse de doctorat, l'Université Toulouse III, 2004
- [33] **Hakim SIGUERDJIDJENE** :« Polycopie de cours de matériaux », Université M`Hamed Bougera, Boumerdes, Faculté de technologie (Umbb), 2023.

Sites web

- [24] <http://Schwendiplasturgie.free.fr/lycee/cours/Moules%20d%27injection.pdf>
- [26] <https://Conceptec.net/techniques-de-base/conception/moules-et-outils/254-les-typesdes-moule-d-injection-des-plastique>
- [27] <https://www.codexpro.com/les-techniques-de-refroidissement-des-moules-d-injection-plastique>

Annexes

Annexe 1 :

Géométrie	Conditions limites	Equation
	Plaque $Q_z = 0$ $Q_y = 0$	$t_R = \frac{e^2}{D\pi^2} \ln \left[\frac{8}{\pi^2} \frac{T_i - T_M}{T_e - T_M} \right]$
	Cylindre $Q_y = 0$ $Q_z = 0$ $L \gg R$	
	Cylindre $Q_y = 0$ $L \approx R$	
	Cube	
	Sphère	
	Cylindre creux $Q_y = 0$ $Q_z = 0$	

Equation pour le calcul des temps de refroidissement.

Annexe 2 :

649

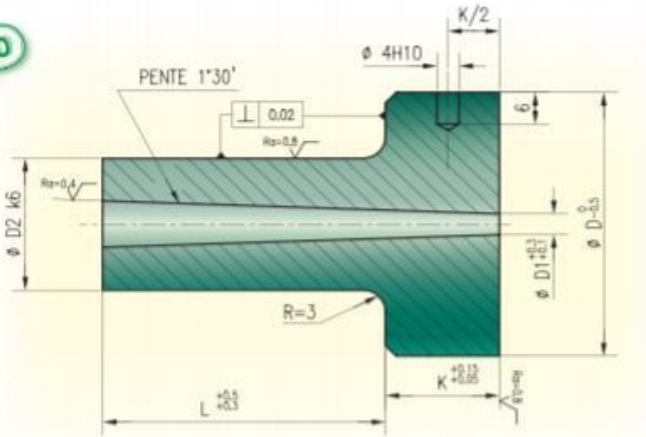
BUSE D'INJECTION

SPRUE BUSHING
ANGIESSBUCHSE

NF ISO 10072



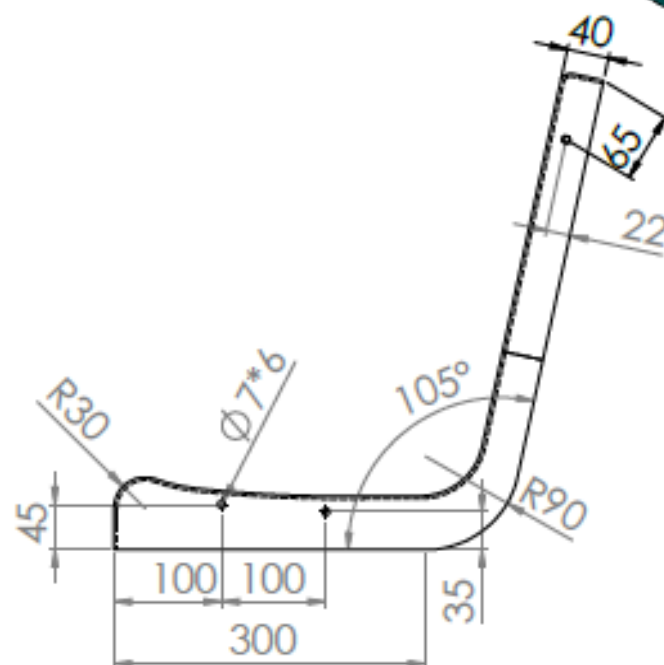
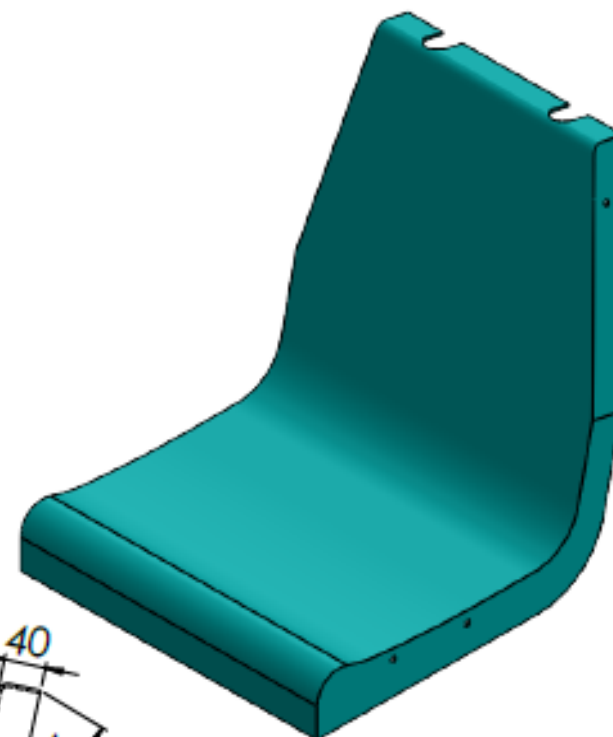
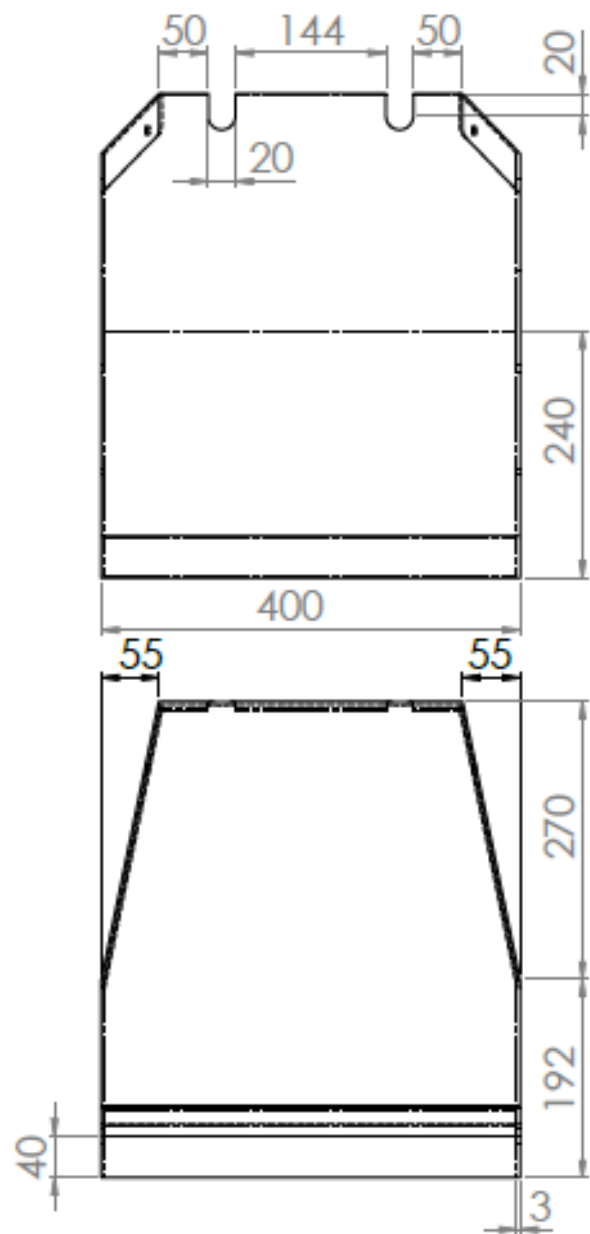
ISO

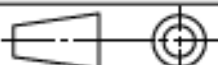


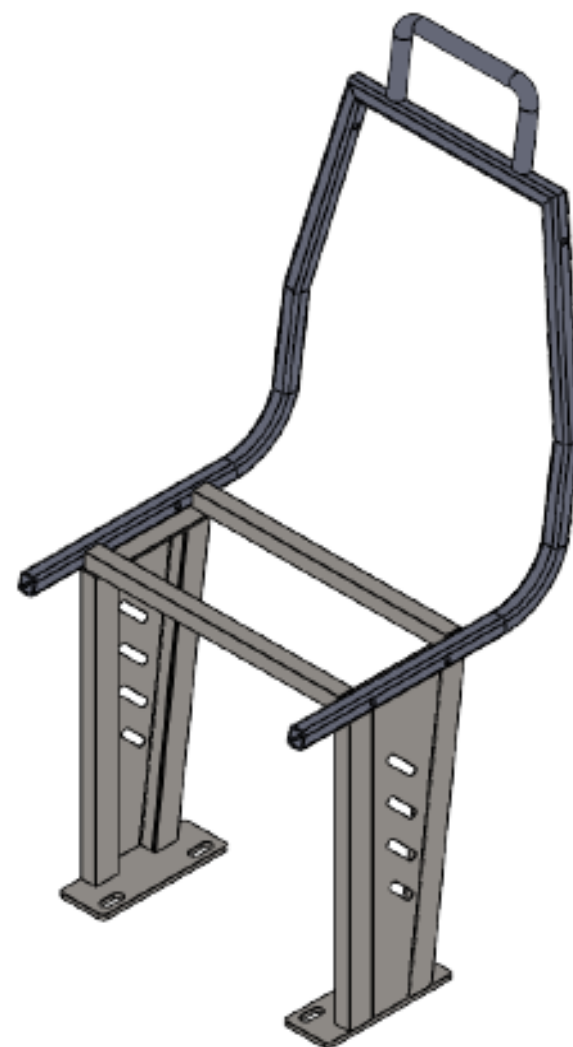
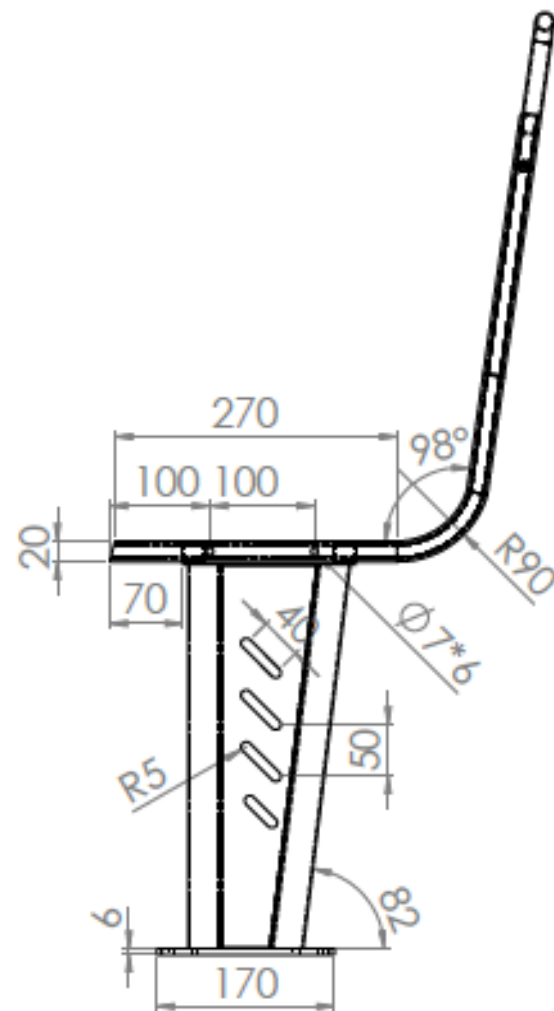
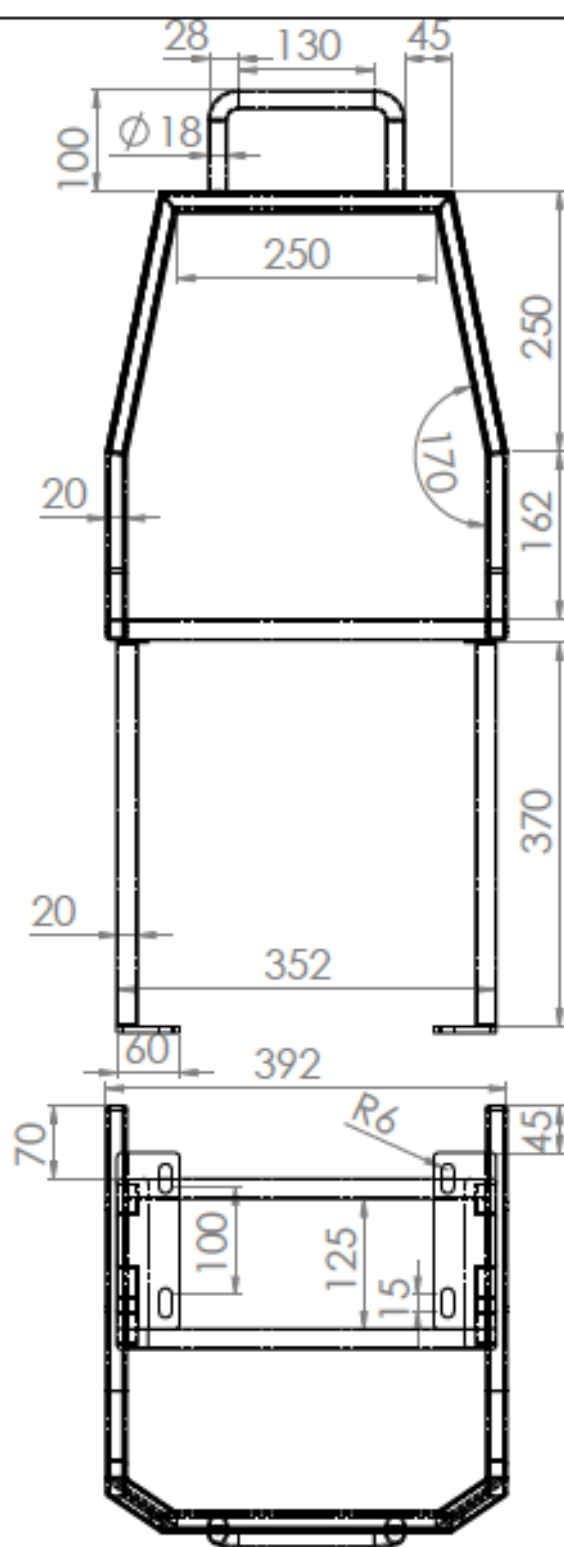
50 HRc ±5

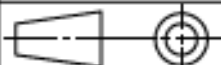
REF. 649 D2=20 D1=4 L=63 mm 649-20-4-63 Fabrications spéciales sur demande
Special manufacture on request
Spezialherstellung auf Anfrage

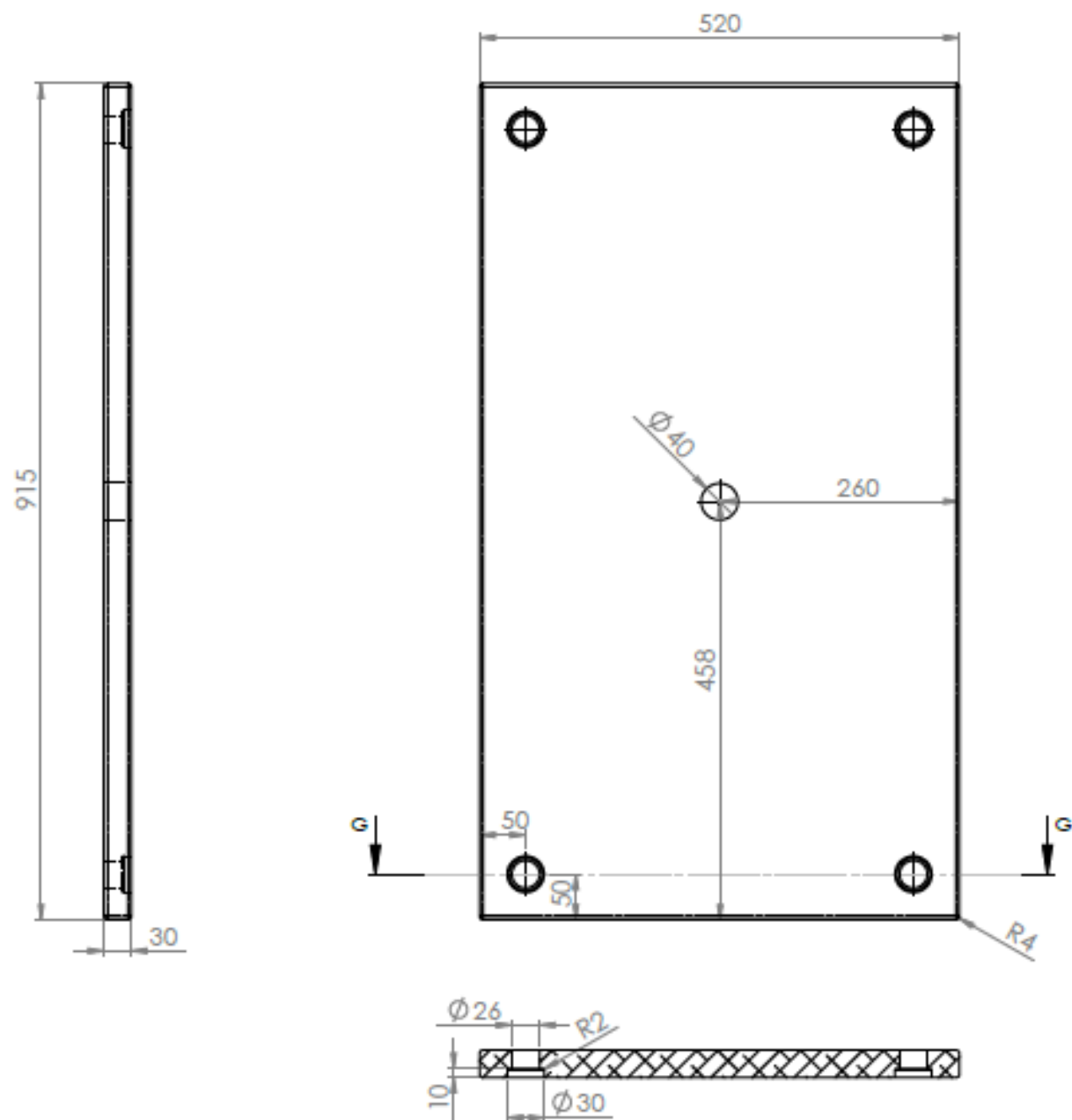
D	K	D1	L	25	32	40	50	63	80	100
28	12	3	12							
32	16	4	16							
40	21	4	20							
50	28	5,5	25							



Echelle: 1/5		Chaise plastique		BASSAID Sofiane
LE:24/05/2024				
			Matér: Plastique (ABS)	TALEB Houssam
			Encadreur : Mr. Hakim siguer	
A3	Master2	FMPM	Université M'HAMED BOUGARA BOUMERDE (UMBB)	



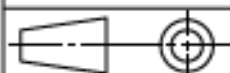
Echelle: 1/5		châssis		BASSAID Sofiane
LE:24/05/2024		Ensemble: châssis de la chaise		
			Matér: acier de construction(\$185)	TALEB Houssam
			Encadreur : Mr. Hakim siguer	
A3	Master2 FMPM	Université M'HAMED BOUGARA BOUMERDE (UMB)		



COUPE G-G
ECHELLE 1 : 5

Echelle: 1/5

LE:29/05/2024



A3 Master2 FMPM

Contre plaque d'éjection

Ensemble:moule d'injection

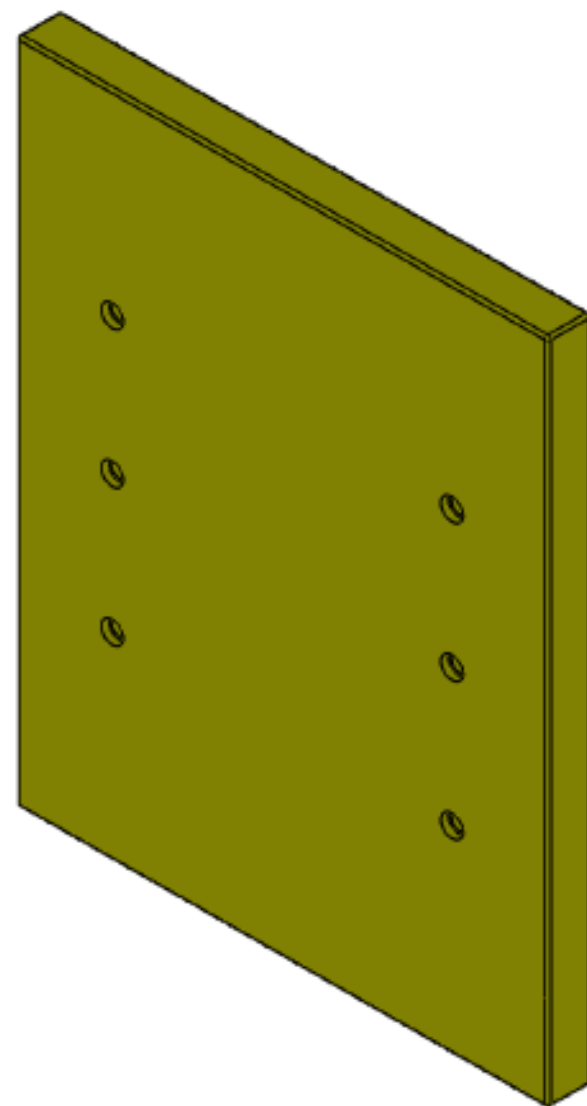
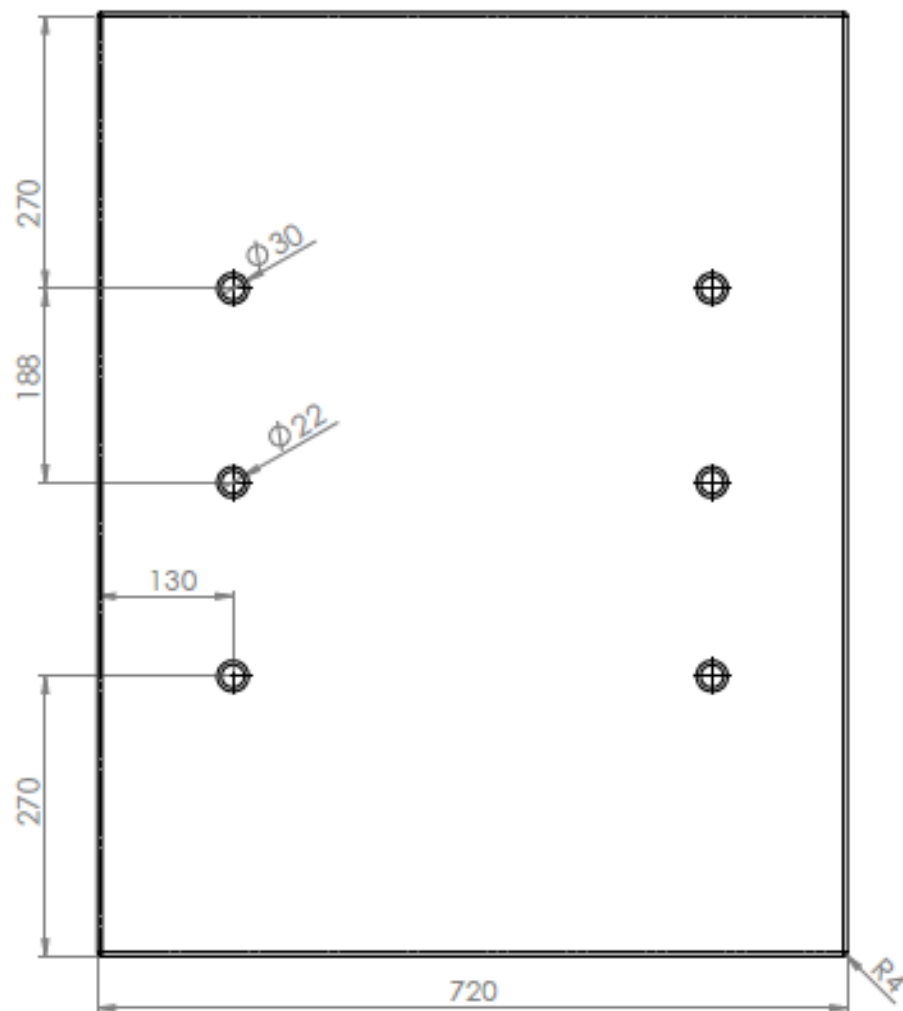
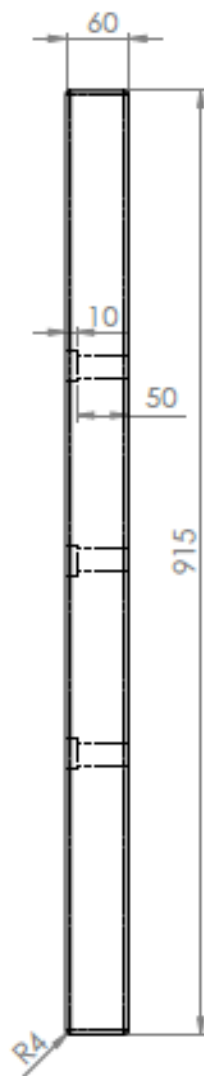
Matér: C45

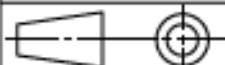
Encadreur : Mr. Hakim siguer

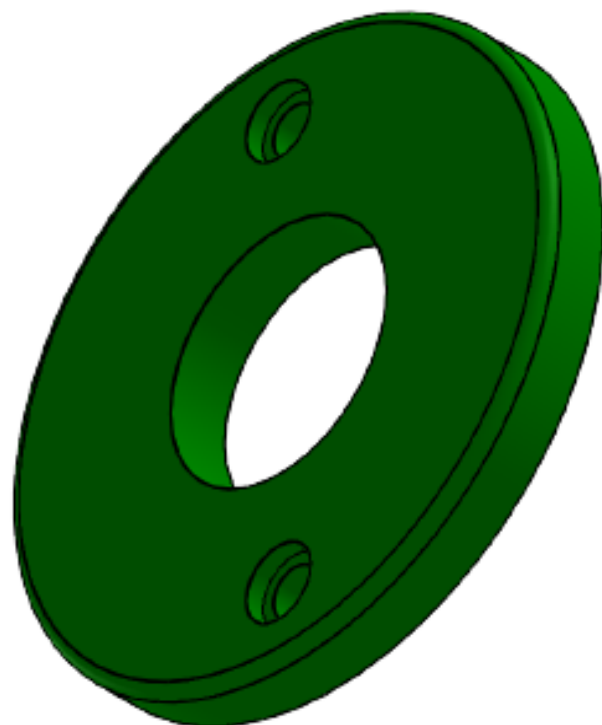
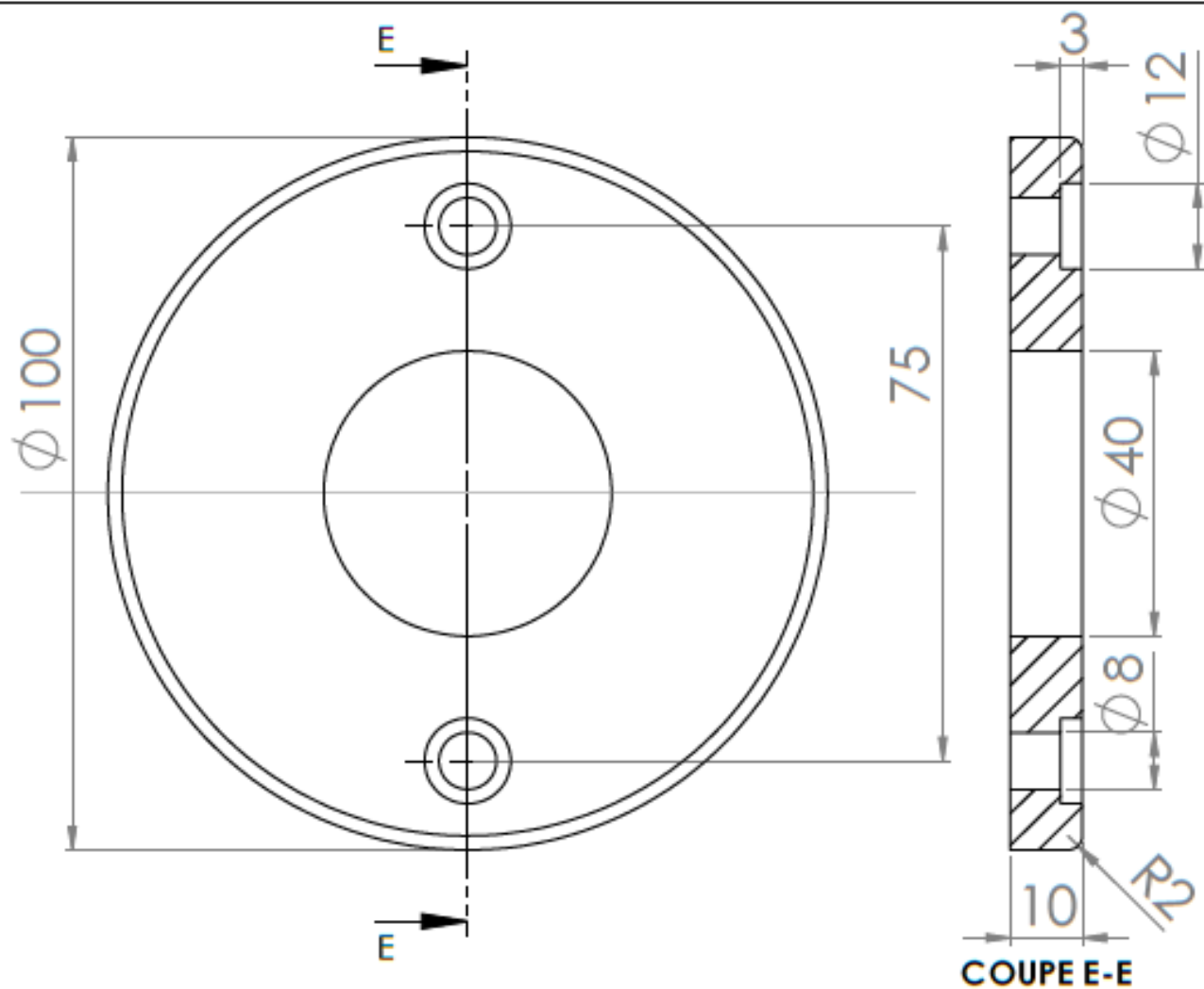
BASSAID
Sofiane

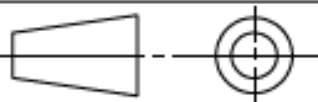
TALEB
Houssam

Université M^HAMED BOUGARA BOUMERDE (UMBB)

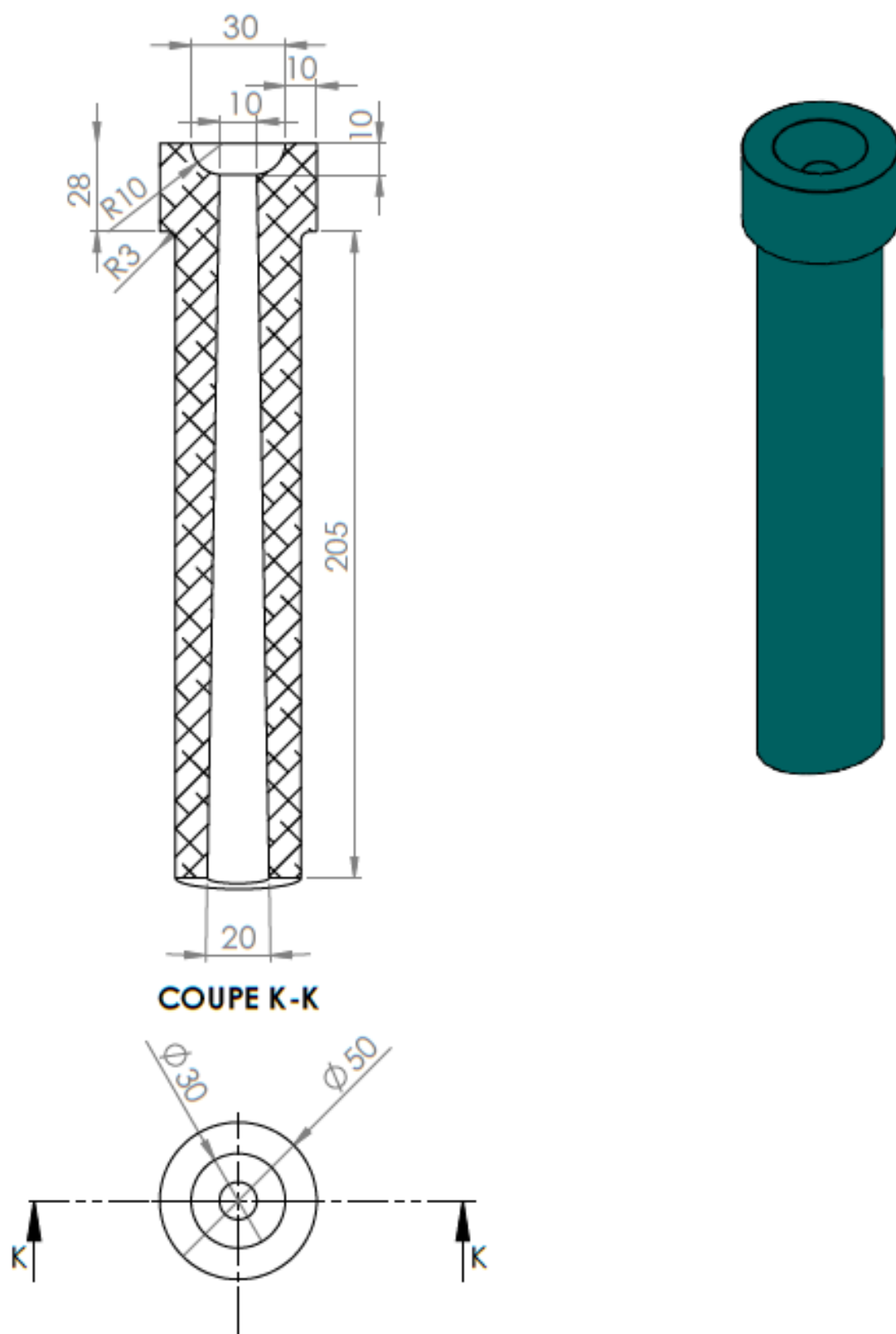


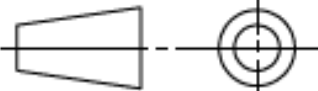
Echelle: 1/5		Semelle mobile		BASSAID Sofiane
LE:24/05/2024		Ensemble:moule d'injection		
			Matér: S235	TALEB Houssam
			Encadreur : Mr. Hakim siguer	
A3	Master2	FMPM	Université M'HAMED BOUGARA BOUMERDE (UMBB)	



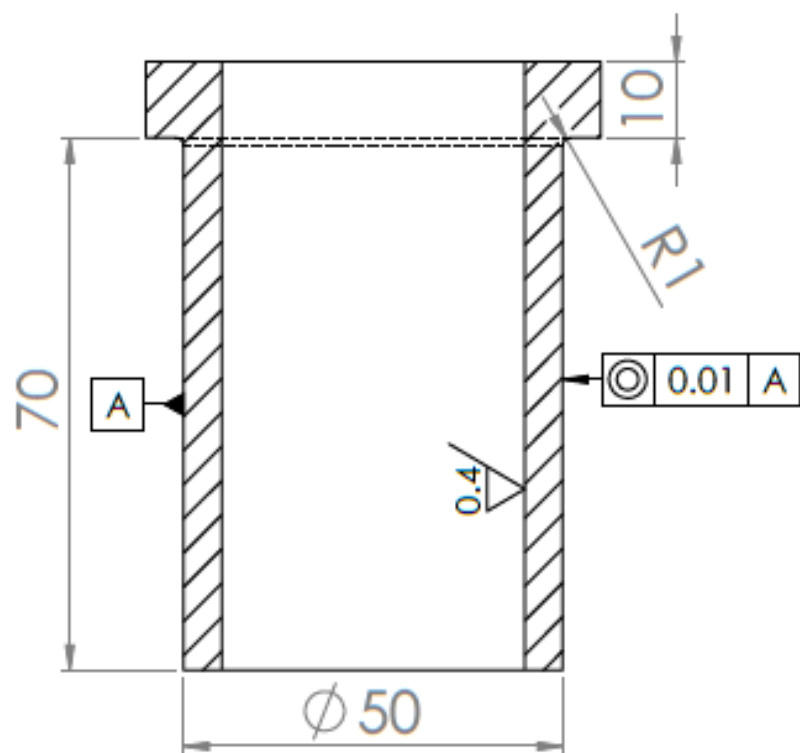
Echelle: 1/1			Bague de centrage		BASSAID Sofiane
LE:25/05/2024				Ensemble:moule d`injection	
				Matiér: S235	TALBE Houssam
				Encadreur : Hakim siguer	
A4	Master2	MFMP	Université M'HAMED BOUGARA BOUMERDES (UMBB)		



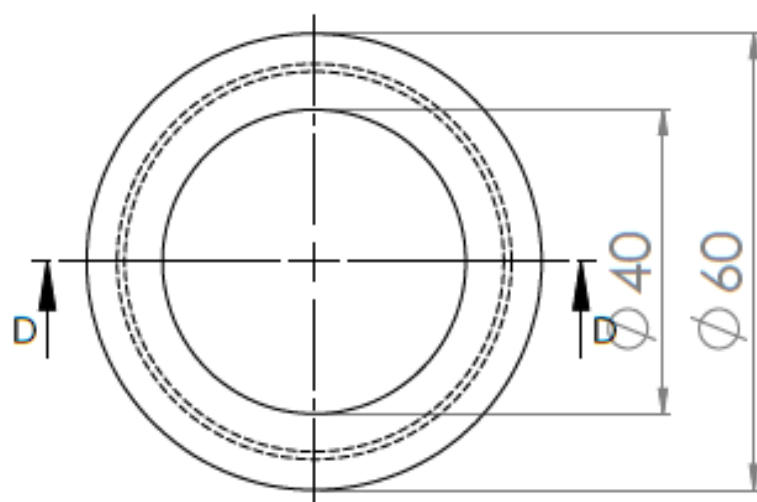
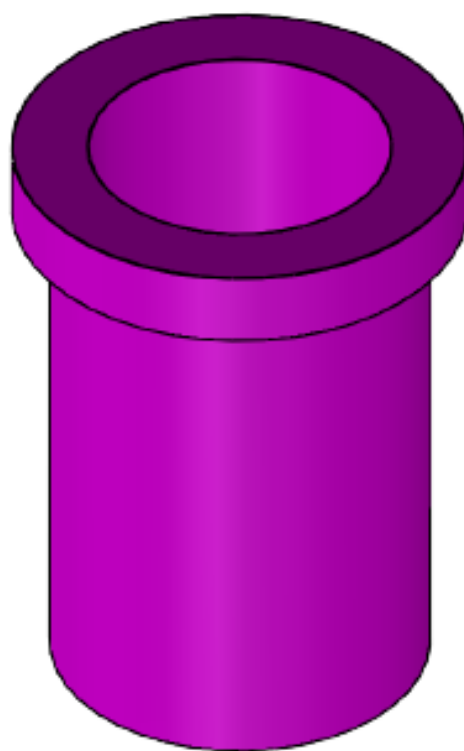


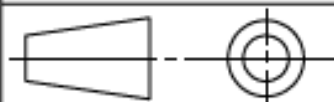
Echelle: 1/2			Buse d'injection		BASSAID Sofiane
LE:28/05/2024				Ensemble:moule d`injection	
				Matiér: 105W Cr6	TALBE Houssam
				Encadreur : Hakim siguer	
A4	Master2	MFMP	Université M'HAMED BOUGARA BOUMERDES (UMBB)		

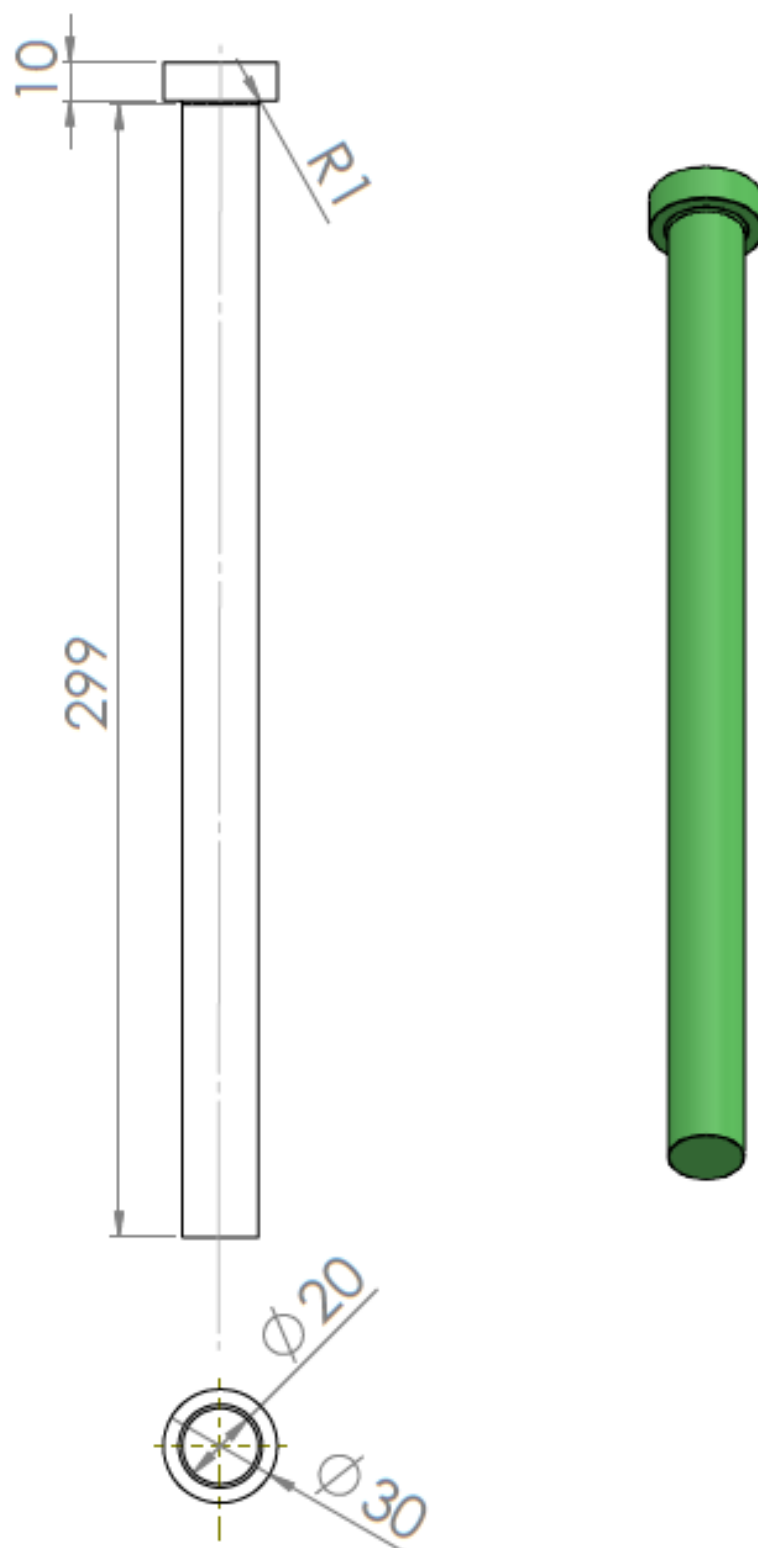




COUPE D-D

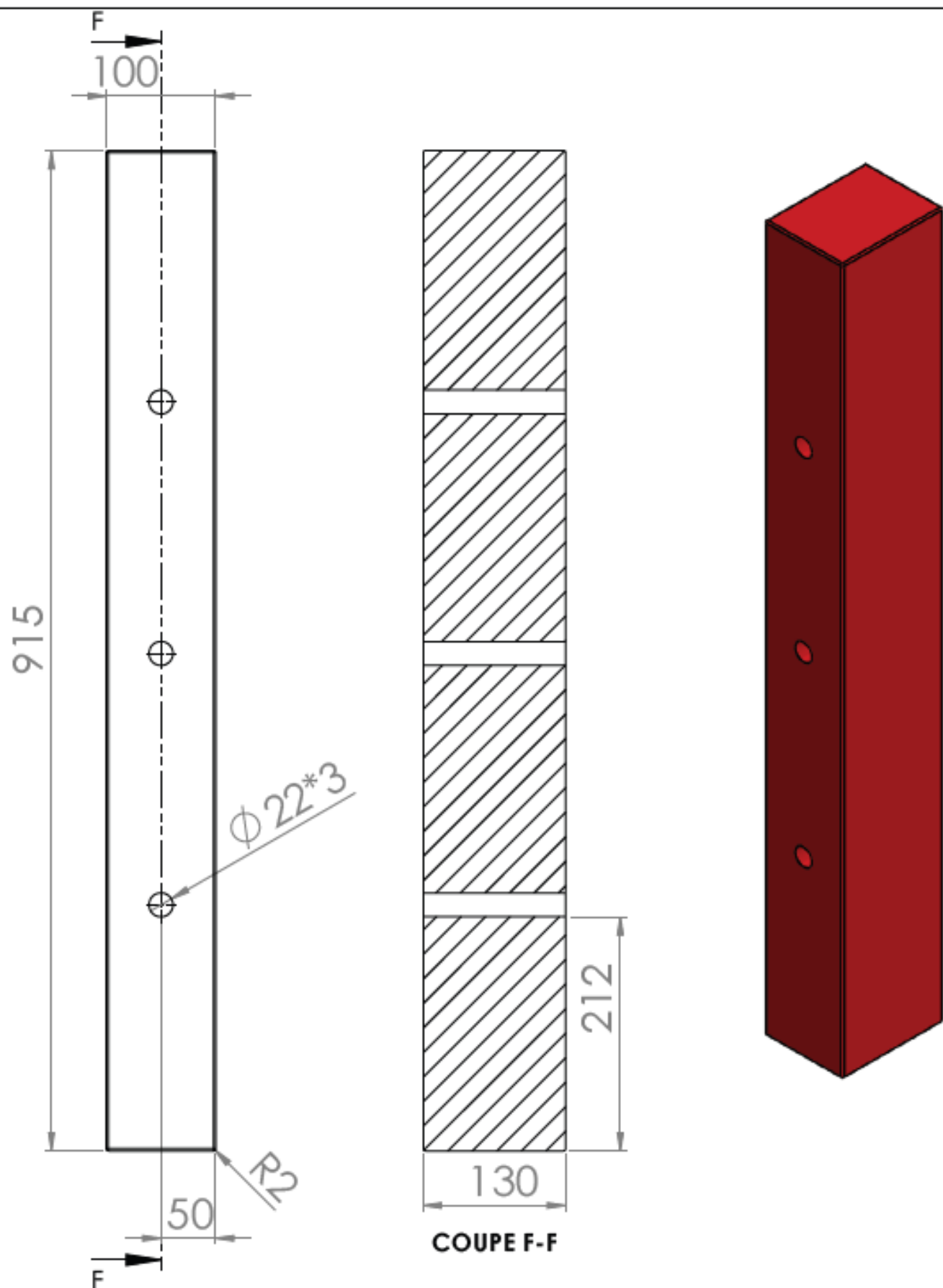


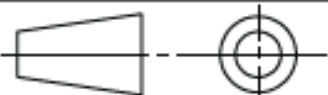
Echelle: 1/1			Bague de guidage		BASSAID Sofiane
LE:25/05/2024				Ensemble:moule d`injection	
				Matiér: X200Cr12	
				Encadreur : Hakim siguer	
A4	Master2	MFMP	Université M'HAMED BOUGARA BOUMERDES (UMBB)		

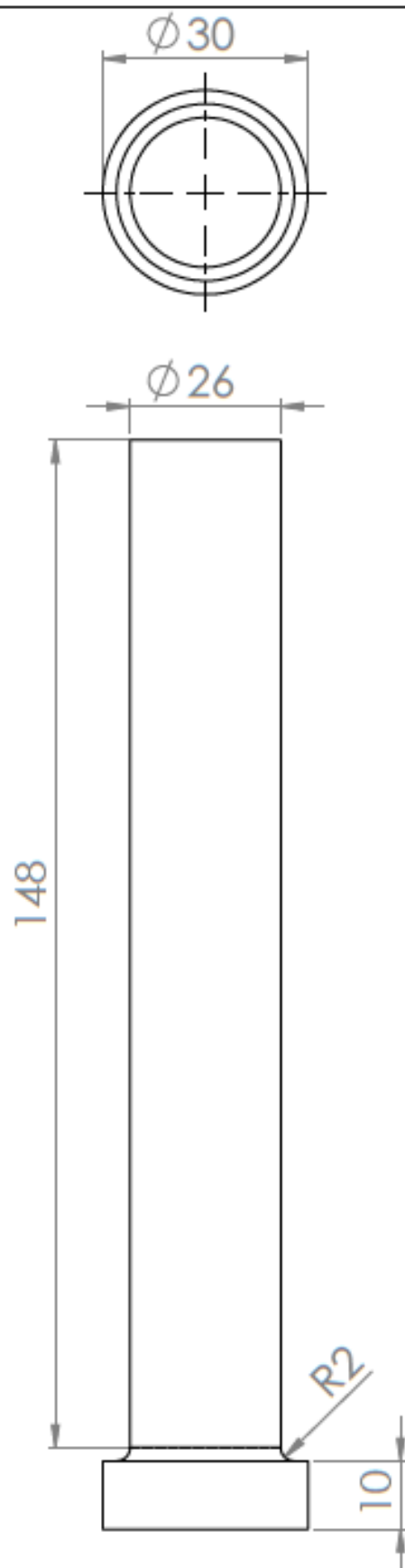


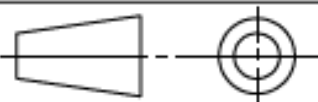
Echelle: 1/2			Ejecteur pièce		BASSAID Sofiane TALBE Houssam
LE:25/05/2024				Ensemble:moule d`injection	
				Matiér: 36NiCrMo16	
				Encadreur : Hakim siguer	
A4	Master 2	MFMP	Université M'HAMED BOUGARA BOUMERDES (UMBB)		





Echelle: 1/5			Tasseau		BASSAID Sofiane
LE:25/05/2024			Ensemble:moule d`injection		
				Matiér: XC38	TALBE Houssam
				Encadreur : Hakim siguer	
A4	Master2	MFMP	Université M'HAMED BOUGARA BOUMERDES (UMBB)		



Echelle: 1/1			Ejecteur ressort		BASSAID Sofiane	
LE:25/05/2024				Ensemble:moule d`injection		
				Matiér: 12Ni Cr12	TALBE Houssam	
				Encadreur : Hakim siguer		
A4	Master2	MFMP	Université M'HAMED BOUGARA BOUMERDES (UMBB)			

