

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE MOULOD MAMMERI TIZI-OUZOU
FACULTE DE GÉNIE DE LA CONSTRUCTION
DÉPARTEMENT DE GÉNIE MECANIQUE**



Mémoire de fin d'études

**En vue de l'obtention du diplôme master professionnel génie
mécanique**

Spécialité : Constructions Mécanique

Thème

**Conception et étude d'un moule à deux
empreintes (enjoliveur supérieure pour un
nouveau réfrigérateur)**

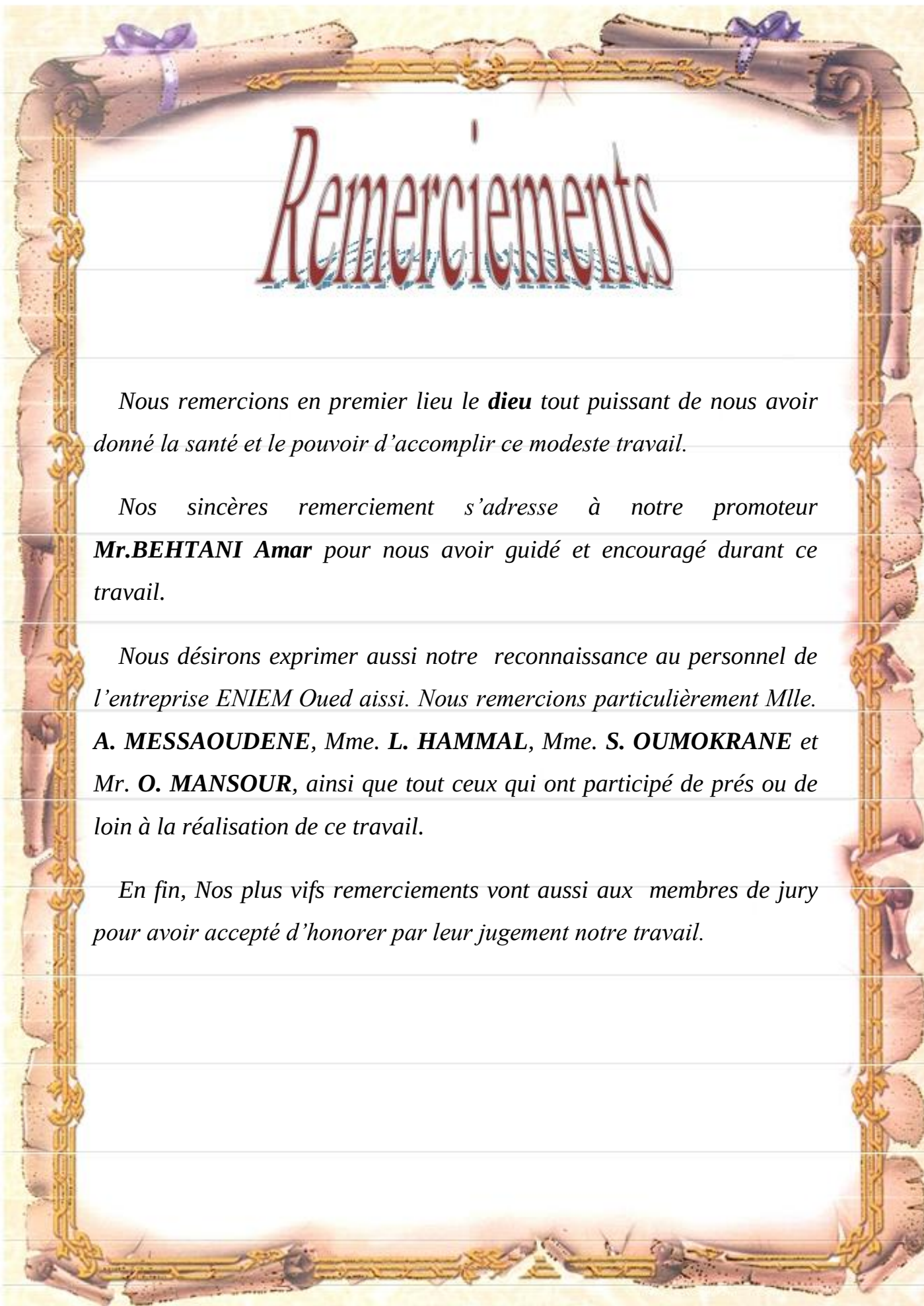
Encadré par :

Mr. BEHTANI Amar

Présenté par :

- **RAMDANI Aghilas**
- **BEY Abderrahmane**

Promotion: 2020/2021



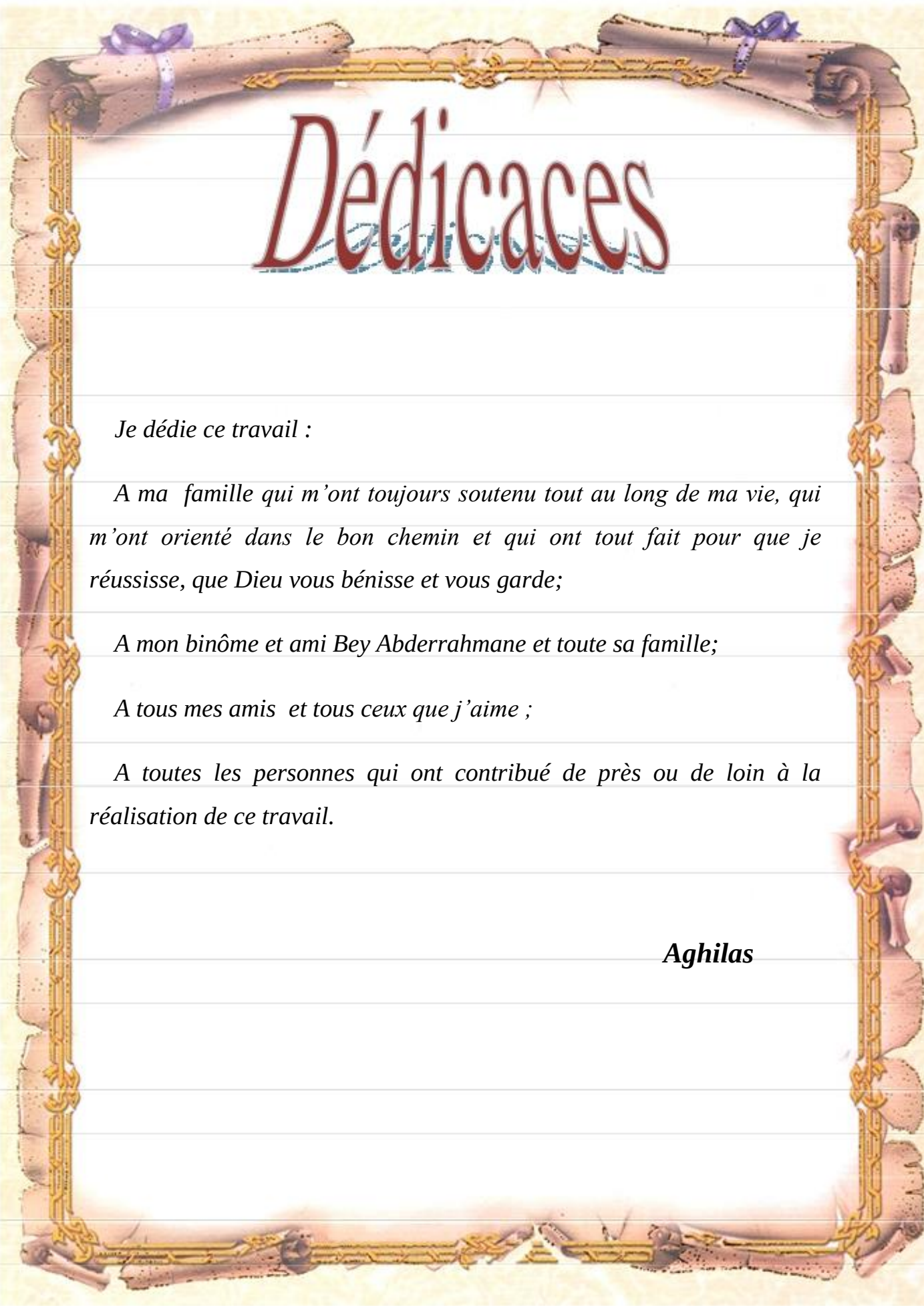
Remerciements

*Nous remercions en premier lieu le **dieu** tout puissant de nous avoir donné la santé et le pouvoir d'accomplir ce modeste travail.*

*Nos sincères remerciement s'adresse à notre promoteur **Mr.BEHTANI Amar** pour nous avoir guidé et encouragé durant ce travail.*

*Nous désirons exprimer aussi notre reconnaissance au personnel de l'entreprise ENIEM Oued aissi. Nous remercions particulièrement Mlle. **A. MESSAOUDENE**, Mme. **L. HAMMAL**, Mme. **S. OUMOKRANE** et Mr. **O. MANSOUR**, ainsi que tout ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

En fin, Nos plus vifs remerciements vont aussi aux membres de jury pour avoir accepté d'honorer par leur jugement notre travail.



Dédicaces

Je dédie ce travail :

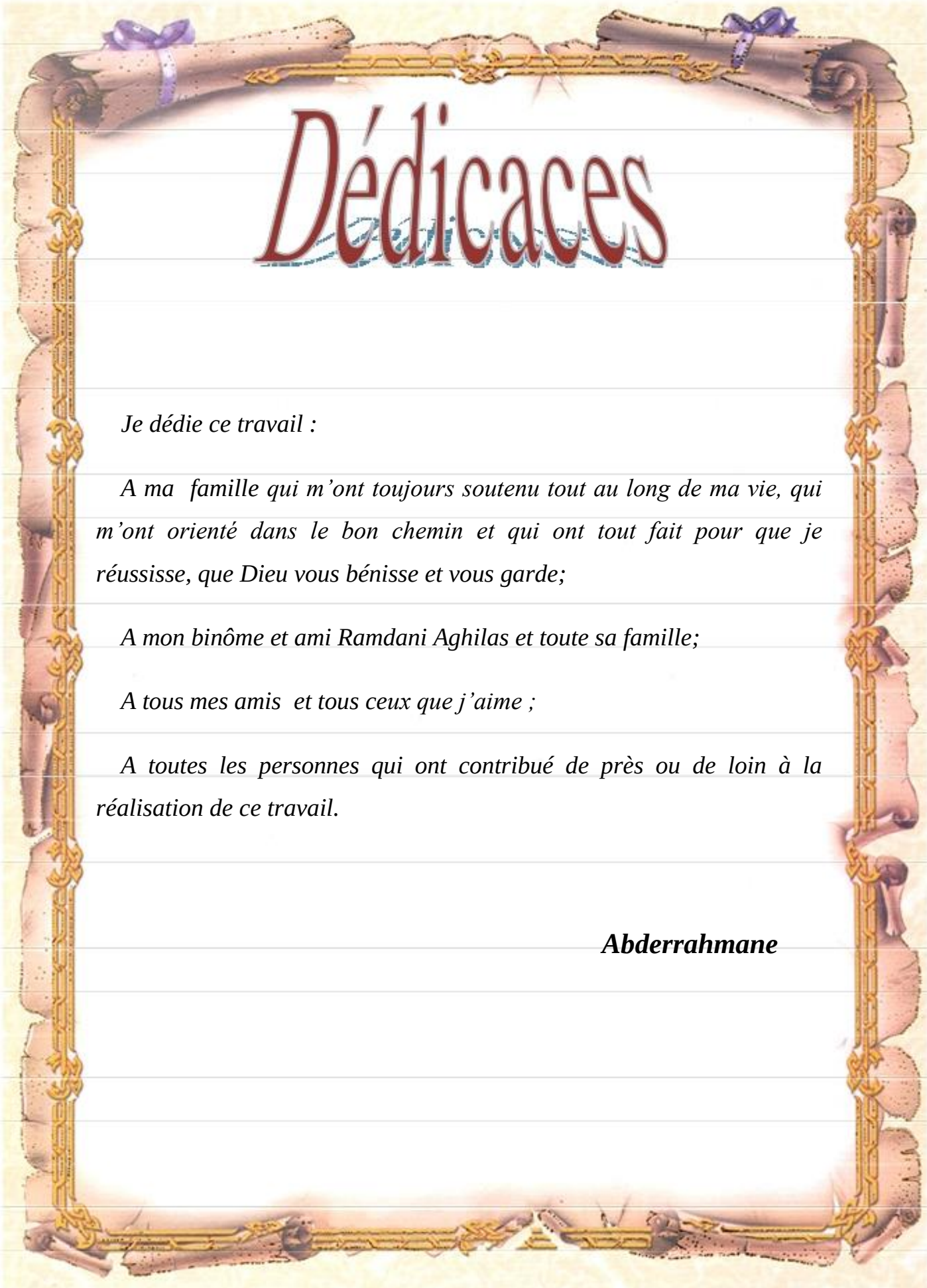
A ma famille qui m'ont toujours soutenu tout au long de ma vie, qui m'ont orienté dans le bon chemin et qui ont tout fait pour que je réussisse, que Dieu vous bénisse et vous garde;

A mon binôme et ami Bey Abderrahmane et toute sa famille;

A tous mes amis et tous ceux que j'aime ;

A toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Aghilas



Dédicaces

Je dédie ce travail :

A ma famille qui m'ont toujours soutenu tout au long de ma vie, qui m'ont orienté dans le bon chemin et qui ont tout fait pour que je réussisse, que Dieu vous bénisse et vous garde;

A mon binôme et ami Ramdani Aghilas et toute sa famille;

A tous mes amis et tous ceux que j'aime ;

A toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Abderrahmane

SOMMAIRE

Liste des figures.....	VIII
Liste des tableaux.....	XII
Liste des symboles.....	XIII
Introduction générale.....	1
Présentation de l'organisme d'accueil.....	3

❖ *Chapitre I : Généralité sur les matières plastiques*

Introduction	10
I.1 Historique de la matière plastique	10
I.2 Les origines	12
I.2.1 Origine animale	12
I.2.2 Origine végétale	12
I.2.3 Origine naturelle	13
I.3 Les Plastiques	14
I.3.1 Les polymères	14
I.3.1.1 Définitions	15
I.4 Propriétés des matériaux polymères	16
I.4.1 Propriétés mécaniques	16
I.4.2 Propriétés physiques	17
I.4.3 Propriétés chimiques	17
I.5 Les composants du Matière Plastique.....	18
I.6 Le cycle de production des matières plastiques (obtention du granulé)	22
I.7 Les grandes familles de la matière plastique	23
I.7.1 Les thermoplastiques	23
I.7.2 Les thermodurcissables	24
I.7.3 Les Élastomères	24
I.8 Le plastique industriel, désignation et caractéristique	24
I.8.1 Les Polyoléfines	25
I.8.2 Les Polyvinyliques	25

I.8.3	Les Polystyréniques	26
I.8.4	Le polypropylène PP	27
I.8.5	Les Polyacryliques et polyméthacryliques	27
I.8.6	Les Polyamides	28
I.8.7	Les polycarbonates	28
I.8.8	Les cellulosiques	29
I.8.9	Les polyesters linéaires	29
I.8.10	Les polyfluorethenes	30
I.8.11	Les polyacetals	31
I.8.12	Les polysulfones	31
I.8.13	Le polysulfure de phénylene	32
I.8.14	Le polyoxyphénylene modifié (PPO)	32
I.9	Copolymères acrylonitrile-butadiène-styrène (ABS)	33
I.9.1	Généralités	33
I.9.2	Propriétés	33
I.9.3	Applications	34
	Conclusion	34

❖ *Chapitre II : Mise en œuvre des matières plastiques*

	Introduction.....	35
II.1	Comment choisir le bon procédé de fabrication ?	35
II.1.1	La forme de la pièce	35
II.1.2	Quantité/Prix	35
II.1.3	Délai de réalisation	36
II.1.4	Matériau	36
II.2	Les Moulages	36
II.2.1	Le moulage par compression	36
II.2.2	Le moulage par transfert	37
II.2.3	L'injection	38
II.2.4	Moulage par injection soufflage	40
II.2.5	Moulage au contact	41
II.2.6	Moulage sous vide	43

II.2.7	Moulage par rotation	44
II.2.8	Moulage par réaction : Réaction injection Molding (RIM)	44
II.2.9	Moulage par expansion	45
II.3	Les extrusions	47
II.3.1	Extrusion soufflage	48
II.3.2	Extrusion gonflage	49
II.3.3	Le calandrage	50
II.4	Autre technique	51
II.4.1	Enduction	51
II.4.2	Enroulement filamentaire	52
II.4.3	Moulage par pultrusion	52
II.4.4	Thermoformage	53
II.4.4.1	Technique du thermoformage	54
II.4.5	Impression 3D	55
II.5	Détail sur le moulage par injection	56
II.5.1	Historique	56
II.5.2	Procédé de moulage par injection	57
II.5.3	Fonctionnement d'une presse à injection	58
II.5.4	Les caractéristiques d'une presse à injection	59
II.5.5	Les différentes presses d'injection	61
II.5.5.1	Presse horizontale	61
II.5.5.2	Presse verticale	62
II.5.6	Les principales unités d'une presse d'injection	62
II.5.6.1	Partie injection	63
II.5.6.2	Unité de verrouillage	64
II.5.6.3	Le moule	67
II.5.7	Le cycle de moulage par injection	68
Conclusion		68

❖ *Chapitre III : Conception et choix du moule*

Introduction	69
III.1 Cahier des charges	69
III.1.1 Présentation de l'ensoupleur supérieur	69
III.1.2 Caractéristique de matériaux de la pièce	70
III.1.3 L'emplacement de la pièce	70
III.2 Les différentes familles des moules à injection plastique	71
III.2.1 Moule à deux plaques	71
III.2.2 Moule à trois plaques	72
III.2.3 Moule à tiroir	73
III.2.4 Moule à canaux chauds	74
III.2.5 Moule à coquilles	75
III.3 Les fonctions d'un moule à injection plastique	76
III.3.1 Fonction mise en forme	76
III.3.1.1 Forme de la pièce injectée	76
III.3.1.2 Règles de dessin	76
III.3.1.2.1 Retrait	76
III.3.1.2.2 Notion de dépouilles et contre dépouilles	77
III.3.1.2.3 Congés	78
III.3.1.2.4 Localisation des traces de moulage	78
III.3.1.3 Choix des plans de joint	78
III.3.1.3.1 Le plan de joint	78
III.3.1.3.2 La ligne de joint	80
III.3.2 Fonction alimentation	81
III.3.2.1 Nombre et disposition des empreintes dans un moule	81
III.3.2.2 Technique d'alimentation.....	81
III.3.2.2.1 Canaux d'alimentation	81
III.3.2.2.2 Le point d'injection	84
III.3.2.2.3 Les types de seuil d'injection	85
III.3.2.2.4 La buse d'injection	88
III.3.3 Fonction refroidissement	90

III.3.3.1	Circuit de refroidissement	90
III.3.3.2	Conception des circuits de refroidissement	90
III.3.3.2.1	Le temps de cycle	90
III.3.3.2.2	Le temps de refroidissement	90
III.3.4	Fonction démoulage	91
III.3.4.1	Choix du dispositif d'éjection	91
III.3.4.2	Les différents types d'éjecteur	91
III.3.5	Problème de démoulage	93
III.3.6	Dégazage du moule	93
III.3.7	Fixation du moule	94
III.3.7.1	Fixation par vis	94
III.3.7.2	Bridage	95
III.3.8	Matériaux utilisés pour la fabrication des moules	95
III.4	Choix de moules	96
III.4.1	Constituant de moule	97
III.4.1.1	Partie fixe	97
III.4.1.2	Partie mobile	98
III.4.1.3	Eléments standards	98
Conclusion		102

❖ *Chapitre IV : Calcul et vérification*

Introduction		103
IV.1	Etude par DFMXpress (application de pièces SolidWorks)	103
IV.1.1	Epaisseur minimale de paroi	103
IV.1.2	Epaisseur maximale de paroi	103
IV.1.3	Résultats de l'étude Analyse épaisseur	104
IV.2	Choix du procédé de fabrication d'une pièce	105
IV.3	Choix de la presse de l'injection	105
IV.3.1	La capacité d'injection	105
IV.3.2	La masse de la moulée (M)	106
IV.3.3	Force de fermeture du moule	106
IV.3.3.1	Calcul de la force de fermeture	106

IV.3.3.2	La force de verrouillage (tonnes /cm ²).....	106
IV.3.3.3	Calcule de la force de fermeture	107
IV.3.4	La puissance de plastification (C)	108
IV.3.4.1	Calcul du temps de cycle	108
IV.3.4.2	Calcul du Temps de refroidissement	109
IV.3.4.3	Calcul des temps d'ouverture, de fermeture et d'éjection	110
IV.3.4.4	Le temps de maintien	111
IV.3.4.5	Le temps d'éjection	111
IV.3.4.6	Calcul du temps d'injection de la matière	112
IV.3.5	D'autres conditions à vérifier	114
IV.3.5.1	La condition de la course maximale de foulage	114
IV.3.5.2	Dimensions minimales du moule	115
IV.3.5.3	La condition de la distance entre colonnes	116
IV.3.5.4	Vérification des paramètres du moule et de réglage de la presse d'injection	117
IV.3.5.5	La vitesse de rotation maximale de la vis	117
IV.3.5.6	Dimensionnement des circuits de refroidissement	117
IV.3.5.6.1	Calcul de la quantité de chaleur à extraire de la pièce	117
IV.3.5.6.2	Calcul de la longueur du système de refroidissement	119
IV.3.5.6.3	Calcul des paramètres de cette équation	120
IV.3.5.6.3.1	Calcul de la température de sortie de l'eau Tse	120
IV.3.5.6.3.2	Calcul du débit de l'eau	120
IV.3.5.6.3.3	Calcul de Ke	122
IV.3.5.6.3.4	Calcul de Kp	124
IV.3.5.6.3.5	Calcul de $\Delta\theta_e$	125
IV.3.5.6.3.6	Calcul de $\Delta\theta_p$	125
IV.4	Resistance des matériaux	126
IV.4.1	Poids des pièces constituant le moule	126
IV.4.2	Résistance des éléments du moule au matage dû à la force de fermeture ..	127
IV.4.2.1	Condition de résistance au matage	127
IV.4.2.2	Résistance des pièces de la partie fixe	129
IV.4.2.2.1	Semelle fixe	129
IV.4.2.2.2	Porte empreinte fixe	129

IV.4.2.3	Résistance des plaques de la partie mobile	130
IV.4.2.3.1	Semelle mobile	130
IV.4.2.3.2	Porte empreinte mobile	131
IV.4.2.3.3	Les tasseaux	132
IV.4.3	Résistance des colonnes de guidage au cisaillement	133
IV.4.4	Vérification des colonnes de guidages de la batterie d'éjection au cisaillement	134
IV.4.5	Résistance des 18 vis CHC au cisaillement dû au poids de l'empreinte fixe et de porte empreint fixe	135
IV.4.6	Vérification des vis de fixation de la semelle mobile, les tasseaux avec le porte empreinte mobile au cisaillement	136
IV.4.7	Vérification des vis de fixation utilisées sur chacune des semelles du moule	137
IV.4.8	Choix des ressorts	138
Conclusion.....		140
Conclusion générale.....		141
Bibliographie.....		142

Liste des figures

Figure 1 : Organisation de l'entreprise ENIEM..	6
Figure 2 : Organisation de l'unité de froide.	7

❖ Chapitre I : Généralité sur les matières plastiques

Figure 3 : La pétrochimie.	14
Figure 4 : Les types de polymère.	16
Figure 5 : Composant de polymère.	18
Figure 6 : Le rôle de composantes additives.	20
Figure 7 : Le rôle des composants adjuvants.	22
Figure 8 : Le cycle de production des matières plastiques.	23
Figure 9 : Produits en polyoléfine.	25
Figure 10 : Produits en pvc.	26
Figure 11 : Produits en polystyrène.	26
Figure 12 : Produits en polypropylène.	27
Figure 13 : Produits en Polyacryliques et polyméthacryliques.	27
Figure 14 : Produits en polyamide.	28
Figure 15 : Produits en Polycarbonates.	28
Figure 16 : Produits en cellulose.	29
Figure 17 : Feutrine en polyester.	30
Figure 18 : Produits en polyfluorethènes.	30
Figure 19 : Roulement plastique AC607-GL (Polyacétal avec billes en verre).	31
Figure 20 : Polysulfone Médical – Pharmaceutical.	31
Figure 21 : Ecrou hexagonal (PPS).	32
Figure 22 : Rotor de pompe à polyuréthane.: Rotor de pompe à polyuréthane.	32
Figure 23 : Formule de l'ABS.	33

❖ *Chapitre II : Mise en œuvre des matières plastiques*

Figure 24 : Principe du moulage par compression.	37
Figure 25 : Principe de moulage par transfert.	38
Figure 26 : Cycle d'injection.	40
Figure 27 : Principe de moulage par injection soufflage.....	41
Figure 28 : Principe du moulage au contact.	42
Figure 29 : Moulage sous vide.	43
Figure 30 : Le processus rotomoulage en 4 étapes.....	44
Figure 31 : Procédé RIM.	45
Figure 32: Bille de polystyrène expansée.	46
Figure 33 : Emballages en polystyrène expansé.....	47
Figure 34 : Procédé de mise en œuvre par extrusion.....	47
Figure 35 : Principe de l'extrusion soufflage.....	49
Figure 36 : principe de l'extrusion gonflage.....	49
Figure 37 : Articles mis en œuvre par calandrage.	50
Figure 38 : Schéma de principe d'une chaîne de calandrage.	51
Figure 39 : Procédé de la technique d'enduction.	51
Figure 40 : Description du processus d'enroulement filamenteux.	52
Figure 41 : Moulage par pultrusion.	53
Figure 42 : Principe du thermoformage.	54
Figure 43 : Exemples des imprimant 3D.....	56
Figure 44 : John Wesley Hyatt 1837-1920.....	56
Figure 45 : Les premières boules de billard.	56
Figure 46 : La première machine avec vis à injection.....	57
Figure 47 : Modern machine d'injection plastique.....	57
Figure 48 : Schéma d'une presse à injection de plastique horizontale.....	58
Figure 49 : Vis de plastification et course de dosage.	60
Figure 50 : Presse horizontale.	61
Figure 51 : Presse verticale.	62
Figure 52 : schéma d'une presse à injecter.....	63
Figure 53 : Unité d'injection.	64
Figure 54 : Exemple d'une unité de fermeture.	65

Figure 55 : Différents systèmes de fermeture.....	66
--	-----------

❖ *Chapitre III : Conception et choix du moule*

Figure 56 : Structure d'un moule.	67
Figure 57 : enjoliveur supérieur.	69
Figure 58 : Réfrigérateur TN2000.....	70
Figure 59 : Moule multi-empreintes Canal chaud – bloc chaud.	74
Figure 60 : Moule multi-empreintes Alimentation mixte : canaux chauds + canaux froids.	75
Figure 61 : Moule à coquille.	75
Figure 62 : Forme non dépouillée.	77
Figure 63 : Forme dépouillée.	77
Figure 64 : Forme en contre dépouille.	78
Figure 65 : Position du plan de joint.	79
Figure 66 : Plan de joint incliné.	79
Figure 67 : ligne de joint auxiliaire.	80
Figure 68 : Systèmes de canaux équilibrés.	83
Figure 69 : Systèmes de canaux non équilibrés.	83
Figure 70 : exemple pour 8 empreintes (sans et avec goutte froide).....	83
Figure 71 : Représentation d'un canal d'alimentation.	84
Figure 72 : Seuil en masse ou direct.....	85
Figure 73 : Seuil annulaire.	85
Figure 74 : Seuil conique ou en éventail.	86
Figure 75 : Seuil capillaire.	86
Figure 76 : Seuil en nappe.	86
Figure 77 : Seuil sous-marin.....	87
Figure 78 : Seuil à tunnel courbe.....	87
Figure 79 : Contact courbé entre buse de la presse et buse d'injection.....	89
Figure 80 : Contact courbé entre buse de presse et buse d'injection.....	89
Figure 81 : Circuit de refroidissement des plaques de moules.	91
Figure 82 : Ejecteur tubulaire.	92
Figure 83 : Ejecteur à lame.....	92
Figure 84 : Event.	94

Figure 85 : Procédé de Bridage.	95
--	----

❖ *Chapitre IV : Calcul et vérification*

Figure 86 : Constituant du moule.	97
Figure 87 : la moulé (carotte + enjoliveurs).	106
Figure 88 : Mesure de la surface projetée par solidworks.	107
Figure 89 : Présentation du temps de cycle.	109
Figure 90 : Propagation de la matière injectée durant le temps de remplissage.	112
Figure 91 : Gain de temps de cycle lors d’une haute cadence.	113
Figure 92 : Caractéristiques dimensionnelles de la presse 650T (i54).	115
Figure 93 : Schémas du plateau de la presse 650T (i54).	116
Figure 94 : Variation de la Chaleur massique de différents polymères / Température (°C).	118
Figure 95 : Dimensions du canal.	122
Figure 96 : Semelle supérieure - Static - Contraintes.	129
Figure 97 : Porte empreinte - Static - Contraintes.	130
Figure 98 : Semelle inférieure - Static - Contraintes.	131
Figure 99 : Port noyau - Static - Contraintes.	131
Figure 100 : Tasseau - Static - Contraintes.	132
Figure 101 : Schéma de la partie fixe.	133
Figure 102 : Présentation de la colonne de guidage d’éjection.	135
Figure 103 : Résistance des 8 vis CHC de la partie mobile au cisaillement.	136
Figure 104 : Schéma de dimensionnement d’un Ressort.	138
Figure 105 : Classification des ressorts par couleur.	139

Liste des tableaux

❖ *Chapitre I : Généralité sur les matières plastiques*

Tableau 1 : Dates importantes de découvertes.	12
Tableau 2 : Représentation et dénomination des quatre polymères synthétiques les plus utilisés.	15

❖ *Chapitre III : Conception et choix du moule*

Tableau 3 : Cahier de charge de la pièce.....	69
Tableau 4 : Le fonctionnement d'un moule à deux plaques.	72
Tableau 5 : Le fonctionnement d'un moule à trois plaques.	73
Tableau 6 : Le fonctionnement d'un moule à tiroire.....	73
Tableau 7 : Caractéristique des matières plastique.	76
Tableau 8 : Forme des canaux.....	82
Tableau 9 : Choix des matériaux.....	96

❖ *Chapitre IV : Calcul et vérification*

Tableau 10 : Résultats de l'étude Analyse epaisseur par SolidWorks.	104
Tableau 11 : Capacité d'injection.	105
Tableau 12 : La pression d'injection (tonne /cm ²).	107
Tableau 13 : Gradeurs thermique et paramètres d'injection.	110
Tableau 14 : Conditions de moulage par injection plastique.	111
Tableau 15 : Déférentes caractéristiques techniques de la Presse 650 T (i54).	114
Tableau 16 : Valeurs du diamètre du canal (dc).....	121
Tableau 17 : Poids des pièces constituant le moule.	126
Tableau 18 : Valeurs indicatives du coefficient de sécurité.....	128

LISTE DES SYMBOLES

ENIEM : Entreprise Nationale de l'Industrie de l'Electroménager

CAO : conception assistés par ordinateur

CAM : Complexe d'Appareils Ménagers

PS : Polystyrène

PE : Polyéthylène

PVC : polychlorure de vinyle

PP : Polypropylene

ABS : Acrylonitrile Butadiene Styrene

PA : Polyamide

UV : Ultraviolet

PEHD : Polyéthylène haute densité

PEBD : Polyéthylène basse densité

e : épaisseur

L : Longueur

Lc : Longueur totale des canaux

P : Pression dans la cavité

S : Surface

K : Coefficient de sécurité

N : Effort normal

F : Force de fermeture de moule

σ : Contrainte

C : Puissance de plastification

[τ] CIS : Contrainte de cisaillement admissible

S : Coefficient de sécurité

Re : Limite élastique du matériau

Rpe : resistance pratique à l'extension

σ_e : Limite de fatigue

tr : Temps de refroidissement

ti : Temps d'injection

tm : Temps de maintien

te : Temps d'jection

to : Temps d'ouverture

tf : Temps de fermeture

Tm : Température de la matière a l'injection

Te : Température de la matière a l'jection

QM : Quantité de chaleur a évacuer

Mp : Masse de la grappe moulée

Hi : enthalpie de la matière à la temperature d'injection

He : enthalpie de la matière à la temp rature d'jection

dc : diamètre des canaux

ρ : Masse volumique du fluide de refroidissement

LC : Longueur totale des canaux

Tc : température des parois des canaux

Te : température de fluide au centre du canal

λ : Coefficient de conductibilité thermique du matériau du moul

L : longueur de l' élément

D : diamètre

N : le nombre de section cisailées

α : Coefficient de transmission /circuit de refroidissement

V: vitesse de circulation des fluides

K : Coefficient de transmission thermique.

$\Delta\theta$: Differences de température de l'empreinte par rapport au circuit de refroidissement

Introduction générale

L'utilisation des matières plastiques se développe régulièrement à un rythme soutenu, supérieur à celui de l'industrie, en investissant dans de nombreux domaines, auparavant les matériaux traditionnels, tels que le métal, le bois, le verre, etc. [1]

Les propriétés mécaniques, physiques et chimiques particulières des plastiques conduisent à des principes de conception et des méthodes de mise en œuvre spécifiques.

Le monde d'aujourd'hui est dans une situation concurrentielle, ce qui nous amène à produire au moindre coût possible en peu de temps. Pour cela, nous recherchons plus la réalité est plus appropriée. Il est nécessaire de maîtriser les outils techniques actuels, tels qu'utiliser des machines outil à commande numérique, des logiciels de conception et la fabrication, le prix revient et le délai de mise sur le marché dépendent également des machines disponibles et de procédé choisi.

Le moulage par injection thermoplastique est l'un des procédés de moulage les plus utilisés pour la mise en forme des polymères. Il est généralement utilisé pour produire des pièces de voitures, électroménagers, articles de sport, santé ...etc., en grande série, et des pièces dans le domaine aéronautique en petites séries. Il peut être produit à faible coût et à grande vitesse, et forte régularité, et d'une façon automatique, grand nombre de pièces et concurrence forme complexe.

L'entreprise ENIEM fait face à une concurrence importante sur le marché de l'électroménager. De jour après jour les changements de conception deviennent si fréquents. Pour certains de ses marchés, elle est obligée d'améliorer ses produits ou de concevoir de nouveaux, et pour cela le bureau d'étude de l'entreprise nous a confié dans le cadre de l'exécution du mémoire de fin d'étude, l'étude et la conception d'un moule à injection plastique pour l'obtention de l'enjouliveur supérieure d'un nouveau réfrigérateur TN2000.

Notre travail est divisé en quatre principaux chapitres :

Le premier chapitre : contient une généralité sur la matière plastique

Le second chapitre : Procédés de mise en forme des matières plastiques,

Le troisième chapitre : conception ; rôle et définition des pièces du moule, les dessins de définition des pièces, dessin global du moule

Le quatrième chapitre : calcule et vérification : (cahier des charges : dessin de définition de la pièce, données de l'entreprise, contraintes imposées par l'entreprise ...)

Présentation de l'organisme d'accueil

Entreprise Nationale des Industrielles de l'Electroménager

I. Historique :

L'entreprise Nationale des industries de l'électroménager (ENIEM) est issue de la restructuration organique de la SONELEC (société nationale de fabrication et de montage et de commercialisation des produits électroménagers) et disposait à sa création de :

- Complexe d'Appareils Ménagers (CAM) de TIZI OUZOU, entrée en production en juin 1977.
- Unité Lampes de Mohammedia (ULM), entrée en production en février 1979.

En 1989, l'entreprise ENIEM est devenue une société par actions au capital de 40.000.000DA. Avec un capital social de 10.279.800.000 DA, détenu en totalité par la société de gestion de participation « Industries Electrodomestique » (INDELEC). Son siège social est à TIZI OUZOU. Ses unités de production issues de l'ex CAM sont implantées au niveau de la zone industrielle « Aissat idir ». Son unité commerciale est située également à la zone industrielle « Aissat Idir ». Sa filiale lampes est implantée à Mohammedia.

Le champ d'activité de l'entreprise ENIEM consiste en la conception, la fabrication et la commercialisation des produits électroménagers, ainsi que la prise en charge de la fonction service après-vente.

Actuellement, l'entreprise ENIEM est constituée de :

- La direction générale (DG).
- L'unité froid (UF).
- L'unité cuisson (UCuis).
- L'unité climatisation (UCL).
- L'unité prestation technique (UPT).
- L'unité commerciale (UC).
- L'unité sanitaire (US).
- La filiale FILAMP.

L'effectif de l'entreprise (hors FILAMP et l'unité sanitaire) est de 2830 agents au 31 décembre 2003.

L'entreprise ENIEM aujourd'hui a une importante gamme de production, ces produits sont :

- Les réfrigérateurs petits et grand modèle (RPM et RGM).
- Le congélateur vertical.
- Le combiné.
- Cuisinières à 4 et à 5 feux.
- Climatiseurs

Ces produits sont destinés au grand public et la distribution se fait par des agents agréés dont la liste se trouve au niveau de l'unité commerciale

(Département vente).

II. Situation géographique :

Le complexe, premier fabricant national d'appareils ménagers, peut être classé parmi les plus grandes unités de productions industrielles du pays. Son siège social se situe au chef-lieu de la Wilaya de Tizi-Ouzou, à proximité de l'ancienne gare routière.

La superficie totale du complexe s'étale sur 5,5 Hectares.

Les unités de production Froid, Cuisson et Climatisation sont implantées à la zone industrielle Aissat Idir de Oued-Aissi, distante de 7 km du chef-lieu de la wilaya.

La filiale sanitaire est installée à Miliana, wilaya de Ain Defla et la filiale lampe à Mohammadia, wilaya de Mascara.

III. Objet social et champ d'activité :

ENIEM est leader de l'Electroménager en Algérie, elle possède des capacités de production et une expérience de plus 30 ans dans la fabrication et le développement dans les différentes branches de l'électroménager ; notamment :

- Les appareils ménagers domestiques.
- Les appareils des collectivités.
- Les lampes d'éclairage.

- Les produits sanitaires.

Elle assure également la commercialisation et le service après-vente de ses appareils.

IV. principales missions et activités de l'entreprise :

IV.1 Direction générale :

La direction générale est responsable de la stratégie et du développement de l'entreprise. Elle exerce son autorité hiérarchique et fonctionnelle sur l'ensemble des directions et des unités.

IV.2 Unité froid :

La mission globale de l'unité est de produire et développer les produits froids domestiques. Ses activités sont :

- Transformation des tôles.
- Traitement et revêtement de surface (peinture, plastification).
- Injection plastique et polystyrène.
- Fabrication de pièces métalliques.
- Isolation.
- Thermoformage.
- Assemblage.

IV.3 Unité cuisson :

La mission principale de l'unité est de produire et développer la cuisson à gaz électrique ou mixte et tout produit de technologie similaire.

Ses activités sont :

- Transformation de la tôle.
- Traitement et revêtement de surface (Zingage, Chromage).
- Assemblage.

IV.4 Unité climatiseur :

La mission globale de l'unité est de développer les produits de climatisation. Ses activités sont :

- Transformation.

Organisation générale de l'ENIEM

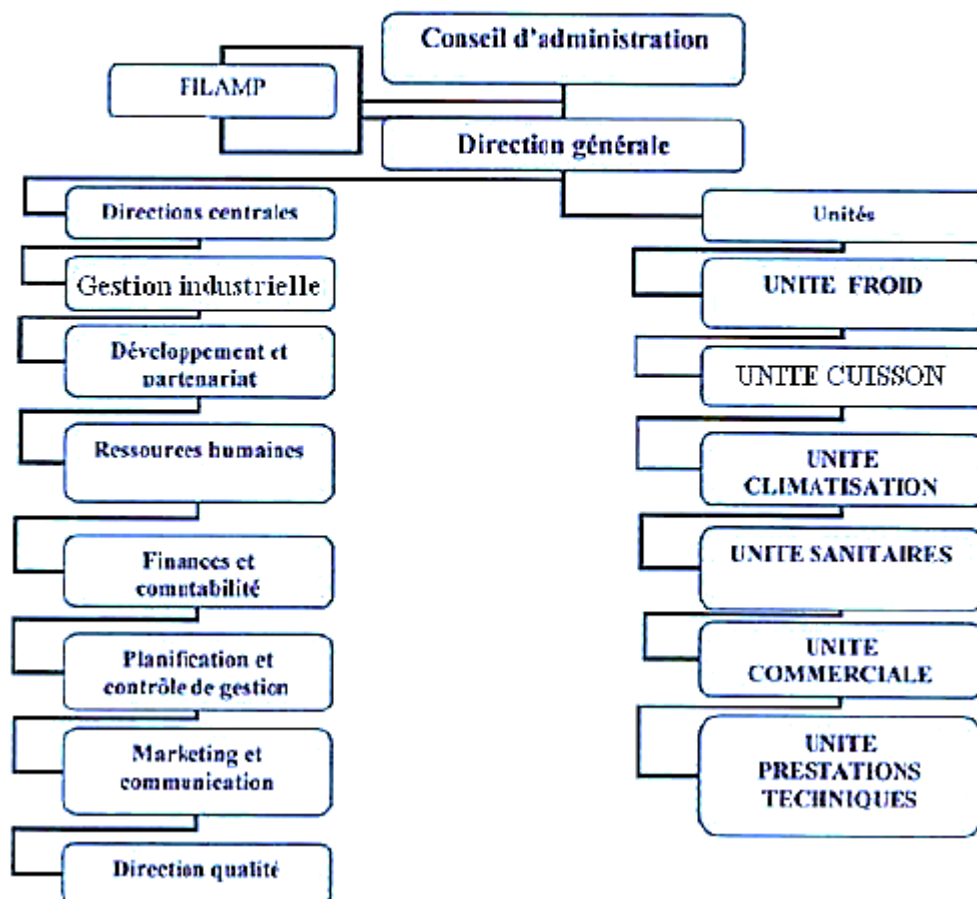


Figure 1 : Organisation de l'entreprise ENIEM..

- Traitement et revêtement de surface (peinture).
- Assemblage.

IV.5 Unité sanitaire :

L'unité sanitaire de Miliana est acquise par l'entreprise ENIEM en l'an 2000.

Elle n'entre pas dans le champ de certification de l'entreprise.

La mission globale de l'unité est de produire et développer les produits sanitaires (baignoires, lavabos ...).

IV-6) Filiale Filamp :

L'Unité Lampes de Mohammadia (ULM) qui a démarré en février 1979 pour fabriquer des lampes d'éclairage domestique ainsi que des lampes de réfrigérateurs est devenue filiale à 100% ENIEM le 01/01/1997. Cette filiale est dénommée « FILAMP ».

Organigramme de l'unité froid :

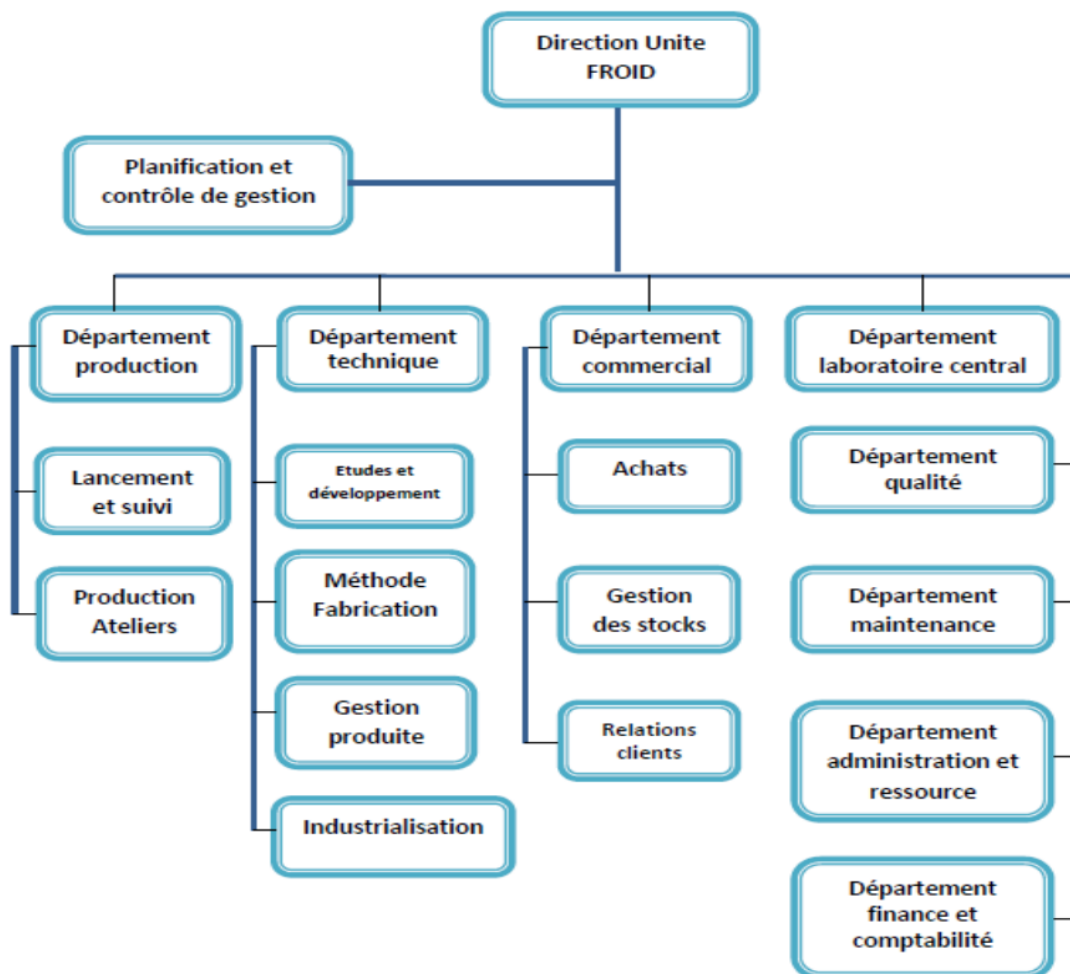


Figure 2 : Organisation de l'unité de froide.

V. Politique de l'entreprise :

ENIEM est certifiée ISO 14001/2004 ENVIRONNEMENT et ISO 9001/2008 QUALITÉ.

V.1 Politique qualité :

L'entière satisfaction durable du client constitue pour l'entreprise l'objectif essentiel. Face aux enjeux économiques, l'**ENIEM** a mis en œuvre et développé un système de management de la qualité conforme au référentiel international ISO 9001/2008.

Cette politique qualité basée sur l'amélioration continue des processus se manifeste par la volonté de la Direction Générale à :

- Comprendre les besoins présents et futurs de ses clients et y répondre efficacement en mettant à leur disposition des produits et services compétitifs.
- Développer la culture de l'entreprise et le professionnalisme de son personnel.
- Améliorer en continue l'efficacité du système de management de la qualité.

V.1.1 Engagement de la direction :

Pour mettre en œuvre sa politique, la Direction Générale de l'ENIEM s'engage à :

- Se conformer aux exigences légales et réglementaires en vigueur.
- Appliquer et respecter les dispositions et procédures établies.
- Fournir les ressources nécessaires à l'atteinte des objectifs.

V.1.2 Ses objectifs :

Pour aboutir les missions précitées, l'ENIEM se fixe les objectifs suivants :

- Accroître la satisfaction des clients.
- Améliorer les compétences du personnel.
- Réduire les rebuts.
- Augmenter la valeur de la production.
- Améliorer le chiffre d'affaires.

V.2 Politique environnementale :

La politique environnementale de l'ENIEM s'inscrit dans le développement durable en intégrant un management proactif dans le domaine de la protection de l'environnement. Pour y parvenir, l'ENIEM se base sur la prévention de toute pollution, la préservation des ressources, la sensibilisation et la formation, la responsabilité et l'implication de son personnel. Pour cela, l'ENIEM a décidé de s'engager dans une démarche volontaire d'amélioration continue en mettant en place un système de management environnemental selon le référentiel ISO 14001/2004. La direction générale met à disposition les moyens nécessaires à la réussite de ce projet.

V.2.1 Engagements :

- Respecter les exigences légales et réglementaires en vigueur.
- Prévenir et maîtriser les risques de pollutions qui peuvent être générés par ses activités.
- Améliorer la gestion des déchets (papier, emballages, consommables informatiques,

déchets, des processus...).

- Rationaliser les consommations d'énergies.
- Améliorer la communication avec les parties intéressées (interne et externe).
- Continuer la formation pour améliorer la compétence du personnel.
- Continuer l'amélioration de l'efficacité du Système de Management

Environnemental.

- Mener des revues de direction.

V.2.2 Objectifs et cibles environnementaux :

Dernièrement en 2012 l'ENIEM a fixé des objectifs et cibles environnementaux :

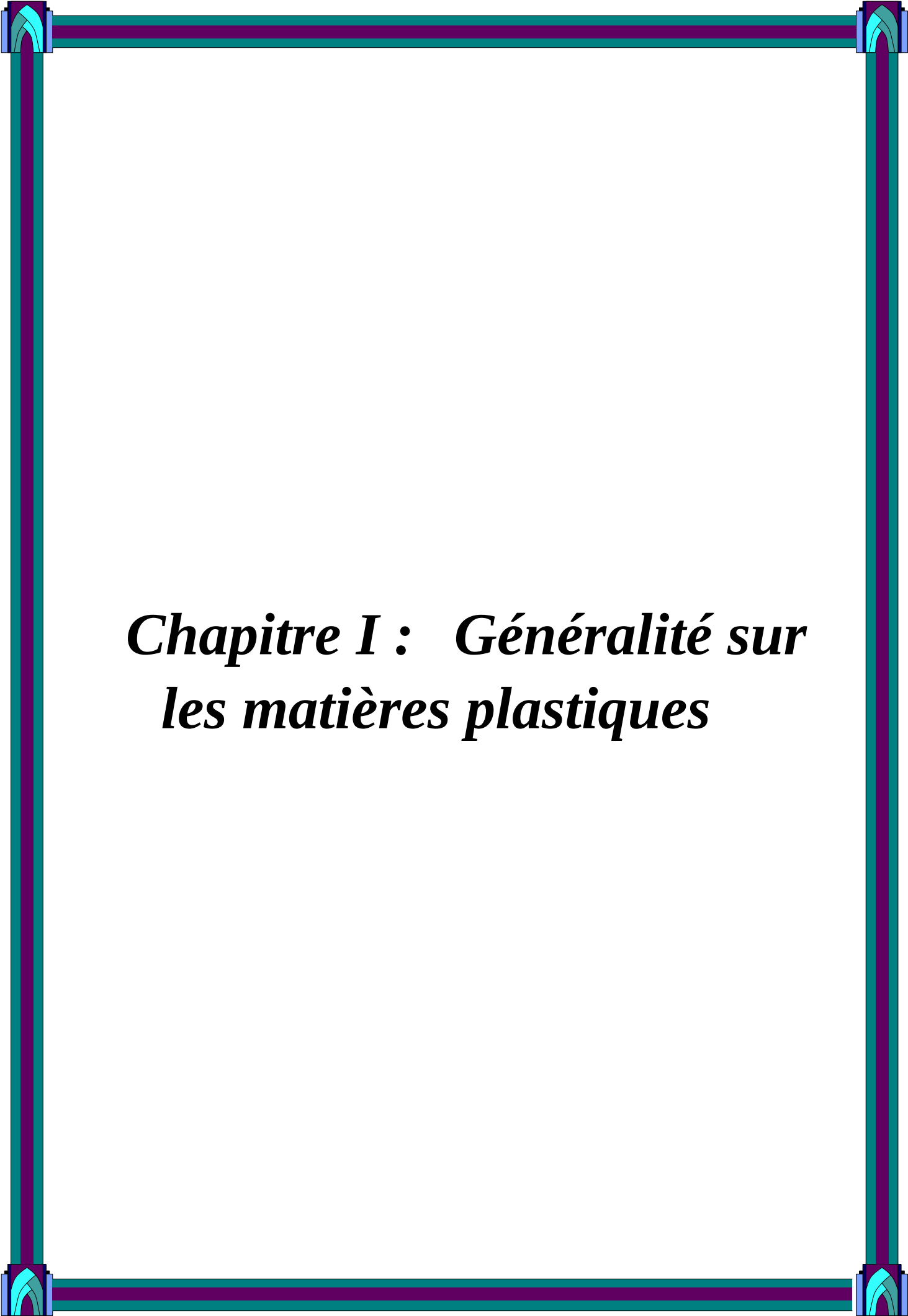
- **Objectifs :**

En conformité avec sa politique environnementale, l'ENIEM se fixe pour l'année 2012 les objectifs suivants :

- L'amélioration de la gestion des déchets.
- La rationalisation de la consommation des énergies et fluides.
- La prévention des risques de pollution.
- La sensibilisation des parties intéressées.
- La formation du personnel sur l'environnement.

- **Cible :**

- Réduire les déchets générés de 1%.
- Elever le niveau de tri des déchets de 2%.
- Réduire les stocks morts de 4 %.
- Ratio consommation d'eau/Production < 20 M3/tonne.
- Ratio consommation d'énergie électrique/Production < à 635 KWh/tonne.
- Ratio consommation de gaz/Production < à 1,76 kTh/tonne.
- Mesurer les rejets atmosphériques.
- Former 200 agents sur l'environnement.
- Continuer la sensibilisation des fournisseurs, agents agréés et les sous- traitants sur l'environnement.



Chapitre I : Généralité sur les matières plastiques

Introduction :

Les plastiques font désormais partie de notre quotidien. Certains polymères ont été découverts par hasard. Plastique ou dans le langage courant, le plastique est un mélange contenant un matériau de base (polymère) qui peut être moulé, façonné, généralement sous haute température et pression, pour fabriquer des produits ou objets semi-finis. Le plastique recouvre une très large gamme de matériaux polymères synthétiques ou artificiel. Nous pouvons maintenant observer les mêmes propriétés matérielles qui n'ont jamais été combinées auparavant, telles que la transparence et la résistance aux chocs. Les textiles (fils et fibres) et les élastomères ne sont pas des plastiques. Généralement, les polymères industriels ne sont pas utilisés à l'état « pur », mais sont utilisés en combinaison avec des matériaux qui peuvent être miscibles ou non miscibles dans la matrice polymère.

❖ Structure typique d'une formule : [2]

Matière plastique = polymère(s) brut(s) (résine(s) de base) + charges + plastifiant(s) + additifs.

Il y a beaucoup de plastique, certains ont connu un grand succès commercial. Les plastiques se présentent sous de nombreuses formes : pièces moulées par injection, tuyaux, films, fibres, tissus, mastics, revêtements, etc. Ils existent dans de nombreux domaines, même les domaines techniques les plus avancés.

I.1 Historique de la matière plastique : [3]

L'histoire des plastiques commence en 1869. Après un concours pour trouver une matière naturelle en ivoire destinée à remplacer le billard, les frères HYATT (USA) ont développé le produit original végétal (bois, coton) de CELLULOID (ou nitrocellulose). C'est ainsi qu'est né le premier matériau plastique.

Pendant quarante ans, le celluloid a été la seule matière plastique jusqu'en 1909, lorsque des chimistes belges ont produit le premier plastique entièrement synthétique : la BAKELITE l'âge du plastique était né. Elle n'a jamais cessé de faire des progrès extraordinaires.

Les plastiques sont en fait nés avec le siècle. En effet, à la fin du siècle dernier, seules quelques matières plastiques étaient artisanales plutôt qu'à l'échelle industrielle, dont les plus

importantes étaient à base de matières naturelles :

- Celluloïd
- Galaris

En 1909, le chimiste belge Backeland découvre la résine formaldéhyde, développée sous le nom de « bakélite » depuis 1920, qui marque véritablement le début de l'ère plastique.

De 1920 à 1940, on assiste au développement de ces résines de condensation « phénol/formol », qui contribue à l'essor de la production d'électricité grâce à leurs propriétés isolantes.

De 1940 à 1955, l'utilisation à grande échelle des matières premières thermoplastiques est née et développée dans l'industrie française. Il s'agit d'un polychlorure de vinyle plastifié, qui a été utilisé comme substitut du caoutchouc pendant la guerre et ne peut être importé.

Aux Etats-Unis, le premier polyamide "nylon" semble avoir remplacé les fibres textiles naturelles, notamment la soie.

Après la guerre, le polychlorure de vinyle rigide, de par sa bonne résistance chimique aux acides et aux alcalis, a contribué au renouveau de l'industrie chimique, et a concurrencé avec succès l'acier inoxydable dans les applications à moyenne température pour la fabrication de réservoirs de stockage ou de canalisations de transport de produit.

En 1950, on assiste au développement du transport automobile et à la demande croissante de pétrole comme source d'énergie. Ensuite, "l'industrie pétrochimique" a donné naissance à une variété de matériaux thermoplastiques, ces matériaux sont dérivés d'oléfines carbonisées, obtenues par craquage de produits pétroliers :

- Éthylène, benzène, propylène, phénol, cumène, etc...

Tous ces produits servent de base à de nombreux aboutissant plus ou moins directement à la synthèse de matières plastiques.

Tableau 1 : Dates importantes de découvertes. [3]

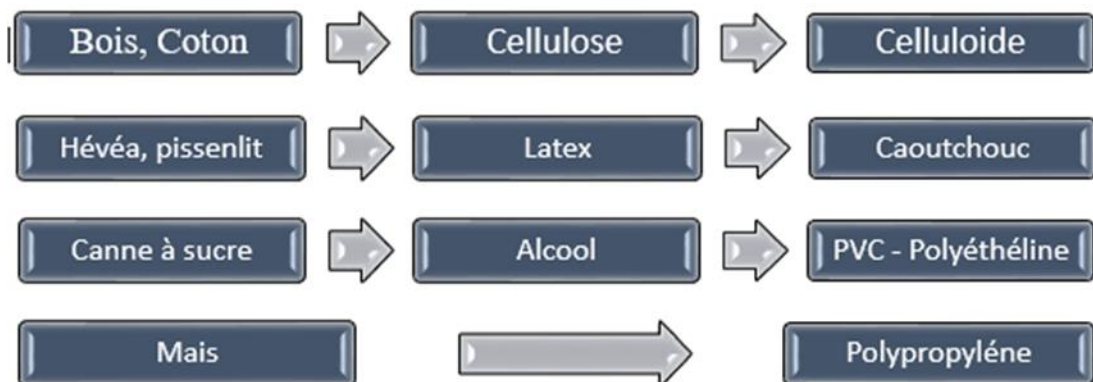
1913	PVC	Par le professeur allemand KLATTE
1924	PLEXIGLAS	Par BARKER et SKINNER
1933	POLYSTYRENE	Par WUFF en Allemagne
1935	POLYETHYLENE	En Grande Bretagne par FAWCETT ET GIBSON
1938	TEFLON	Par ROY J. PLUNCKETT Ingénieur chez DU PONT DE NEMOURS
1946	ABS	Aux USA
1954	POLYPROPYLENE	Par l'italien NATTA

I.2 Les origines : [3]

I.2.1 Origine animale :

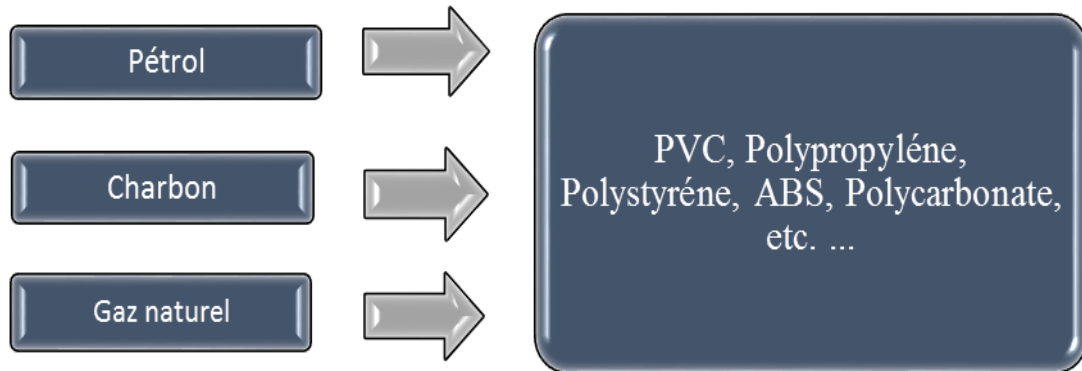


I.2.2 Origine végétale :



I.2.3 Origine naturelle :

(Représentant 90% de la production des matières plastique)



On remarque que :

- Le pétrole (55%)
- Le charbon (35%)
- Le gaz naturel (10%)

Sont les trois origines essentielles des matières plastiques

Par la pétrochimie on obtient :

- Des bitumes
- Des huiles lourdes
- Des kérosènes
- Des naphthas
- Des essences
- Des échers de pétrole

C'est à partir de naphthas que l'on extrait les produits de base des matières plastique.

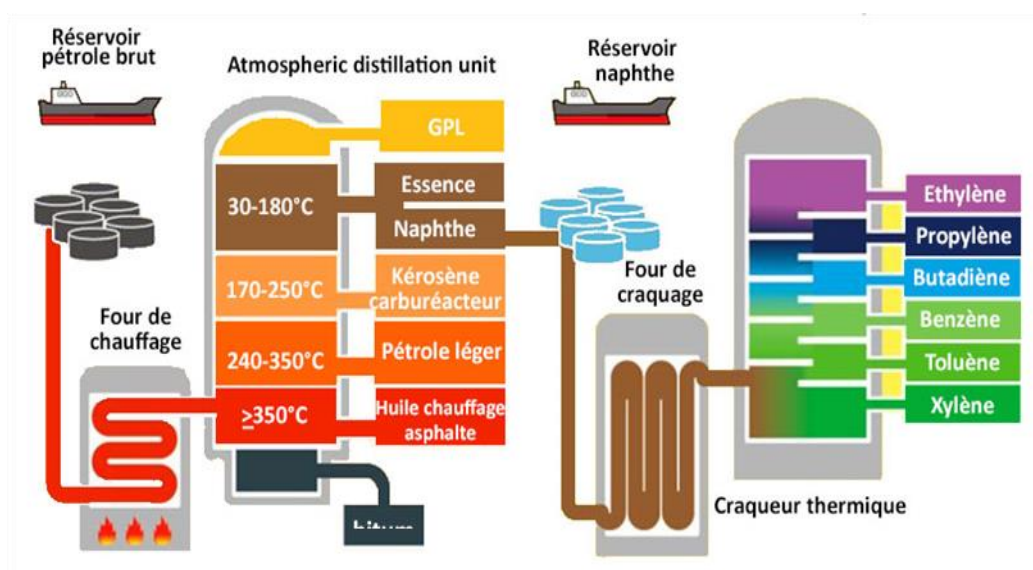


Figure 3 : La pétrochimie.

I.3 Les Plastiques : [4]

En fait, le plastique est un mélange très complexe qui peut contenir jusqu'à une dizaine de composants. Les plus importants d'entre eux sont les polymères et leurs noms qui confèrent aux plastiques des propriétés physico-chimiques. 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 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.

I.3.1 Les polymères :

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

I.3.1.1 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... en grand nombre.

Elle est issue de l'assemblage d'un grand nombre d'unités répétitives que l'on nomme monomères. Dans le cas des polymères de synthèse, cet assemblage est obtenu par un procédé de polymérisation, qui consiste à préparer la macromolécule en établissant des liaisons covalentes entre les monomères à l'aide d'une réaction chimique. Le polymère peut alors être représenté en indiquant uniquement la structure chimique du motif de répétition et le nombre de motifs (Tableau 2).

La nomenclature officielle suit les recommandations de l'Union Internationale de Chimie Pure et Appliquée (IUPAC). Elle consiste à nommer le motif de répétition suivant la nomenclature de la chimie organique, mettre ce nom entre parenthèse et le faisant précéder du préfixe poly (Tableau 2). D'une manière générale on utilise aussi l'appellation poly(monomère).

Tableau 2 : Représentation et dénomination des quatre polymères synthétiques les plus utilisés. [4]

Monomère	Polymère	Nom IUPAC	Nom courant	Abréviation
HC_2CH_2	$\left(\begin{array}{c} * \text{CH}_2 \\ \text{CH}_2 * \end{array} \right)$	polyméthylène	polyéthylène	PE
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH} \\ \quad \\ \text{---} \quad \text{---} \\ \\ \text{CH}_3 \end{array}$	$\begin{array}{c} * \left(\text{CH}_2\text{CH} \right) \\ * \text{CH}_3 \end{array}$	poly (1méthyléthylène)	polypropylène	PP
$\begin{array}{c} \text{H}_2\text{C} \quad \text{CH} \\ \quad \\ \text{---} \quad \text{---} \\ \\ \text{Cl} \end{array}$	$\begin{array}{c} \left(\begin{array}{c} * \text{CH}_2 \\ \text{CH}_n * \\ \text{Cl} \end{array} \right)$	polychloroéthylène	Polychlorure de vinyle	PVC
$\begin{array}{c} \text{---} \text{CH} \\ \\ \text{HC}_2 \quad \text{C}_6\text{H}_5 \end{array}$	$\begin{array}{c} * \left(\begin{array}{c} \text{CH}_2 \quad \text{CH} \\ \text{C}_6\text{H}_5 \end{array} \right) * \end{array}$	poly (1phényléthylène)	polystyrène	PS

Il existe 3 types de polymères :

- ❖ **Polymères naturels** : (cuir ; l'os...)
- ❖ **Polymères artificiels** : (modification chimique des polymères naturels)
- ❖ **Polymères synthétiques** : (issu de chimie macromoléculaire)



Polymères



Polymères artificiels



Polymères synthétiques

Figure 4 : Les types de polymère.

I.4 Propriétés des matériaux polymères : [5]

I.4.1 Propriétés mécaniques :

Les propriétés mécaniques des matériaux polymères dépendent de la position de la température expérimentale par rapport à la température caractéristique (fusion, transition vitreuse et température de transition secondaire). Les propriétés dites mécaniques sont implicites dans l'environnement et sont généralement traitées conjointement avec les propriétés thermomécaniques. Bien que les températures caractéristiques appartiennent au domaine de la physique, nous discuterons ici de leur mesure.

Des mesures effectuées en étirement et en flexion déterminent les valeurs de module de la zone élastique, la zone élastique non linéaire, au-delà de la zone récupérable et de la fracture.

Les mesures de résistance aux chocs sont effectuées à température ambiante et à basse température, et le dispositif d'impact essaie de simuler au mieux différentes conditions d'impact réelles.

Les mesures de résistance à l'usure et de dureté sont basées sur les techniques des métallurgistes.

La déformation dans le temps sous une charge donnée est une mesure du fluage, qui est liée à la viscoélasticité et à l'équivalence temps/température ; la localisation de la transition vitreuse, notamment pour les polymères semi-cristallins, est essentielle. L'emplacement de la transition sous le premier verre est également important.

La limite de l'essai de fluage et l'influence de la température est l'essai de déformation thermique, qui peut donner une bonne compréhension de la résistance du matériau dans un court laps de temps mais à des températures élevées.

I.4.2 Propriétés physiques :

En ce qui concerne la densité ou l'absorption d'humidité, les propriétés physiques du matériau polymère sont la moyenne des propriétés physiques de ces composants.

Sinon, ces matériaux ne sont généralement pas uniformes et il n'y a pas de règles supplémentaires pour prédire les propriétés en fonction des propriétés des composants.

I.4.3 Propriétés chimiques :

Le comportement chimique du matériau dépend dans une large mesure des propriétés chimiques du composant polymère, mais aussi de son accessibilité aux réactifs externes. Par conséquent, il est nécessaire de tout se rappeler des caractéristiques physiques. Dans ce qui suit, nous discuterons des effets des substances chimiques sur les matériaux solides, puis discuterons du comportement au feu, c'est-à-dire de l'attaque chimique de l'air à haute température.

Il est à noter que la différence entre dissolution et attaque chimique est claire en théorie et que la solution doit conserver intacte la structure chimique du produit. Cependant, le réactif utilisé comme solvant peut être un agent de gravure chimique. Par conséquent, l'acide formique ou l'acide chloroacétique peut se dissoudre le PA 66, tout d'abord, fait fonctionner la liaison hydrogène et le groupe fonctionnel amide ; à des températures plus élevées, ils provoqueront la rupture de la liaison, provoquant ainsi une dégradation chimique du polymère.

I.5 Les composants du Matière Plastique : [6]

Une résine à mouler est composée en général d'un nombre important de produit : la matière de base (le polymère), les charges (0 à 60%), le colorant (1 à 5%), les adjuvants (0 à 3%), les stabilisants (1 à 2%), les plastifiants (0 à 50 %). Il est donc indispensable d'être très prudent sur les propriétés des plastiques qui peuvent varier dans des proportions importantes suivant le taux de résine pure. (Baisse des propriétés mécaniques, migrations des plastifiants etc....)

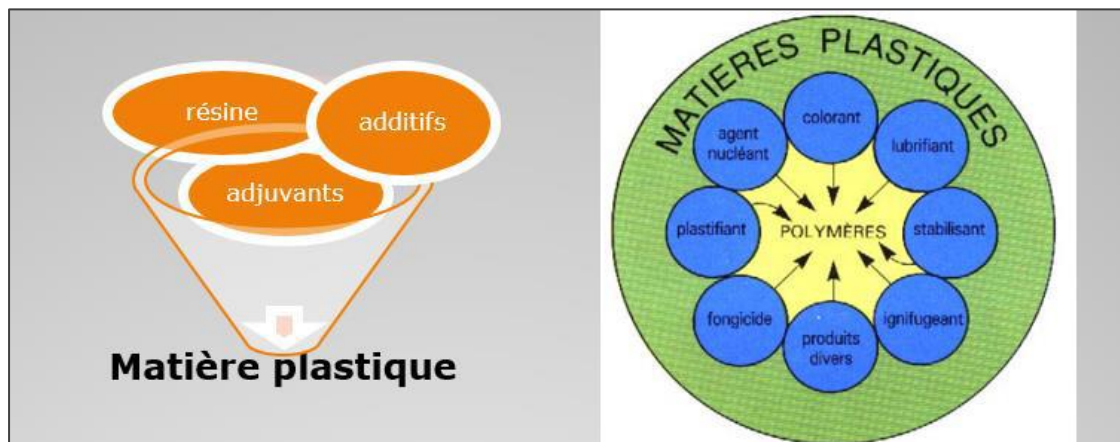


Figure 5 : Composant de polymère.

a. Les additifs :

Les additifs sont :

- Les charges
- Les renforts
- Les plastifiants
- Les agents gonflants (structure allégée)

Ce sont des composés qui sont introduits dans les polymères afin d'améliorer les propriétés physiques (mécaniques, thermiques...), les propriétés chimiques et leur mise en œuvre.

Les composés incorporés à moins de 5% sont appelés « adjuvants ». Ceux incorporés à plus de 5% sont appelés « additifs »

Un polymère sous sa forme brute n'a pas, en général, les qualités requises pour l'application à laquelle il est destiné. Il va donc falloir ajouter au plastique des additifs qui vont jouer essentiellement sur l'esthétique, la stabilité (chimique, UV, chaleur et longévité...), le prix de revient et la plasticité.

80 % du marché des additifs concerne les polyoléfines, les styréniques et le PVC.

Les polyoléfines contiennent en moyenne 1 à 2 % d'additifs et le PVC en contient en moyenne 10 %. Pour les additifs du PVC,

Parmi les additifs, les charges sont des composés inertes, en général minéraux, tels que le carbonate de calcium naturel ou précipité, le talc, le kaolin... destinés à améliorer les propriétés mécaniques, l'état de surface et également à réduire le prix de revient.

Une des fonctions des additifs est aussi de freiner l'oxydation des polymères qui provoque un jaunissement, une perte de transparence éventuelle, l'apparition de craquelures en surface et qui joue sur les propriétés mécaniques en diminuant la flexibilité éventuelle, la résistance à la traction. Cette oxydation est accélérée par la température et les UV. Des additifs vont donc piéger les radicaux formés en réagissant avec eux et/ou en absorbant l'énergie UV. Une famille importante d'additifs, les "Hals" (Hindered Amines Light Stabilizers) empêche l'action des radicaux :

:

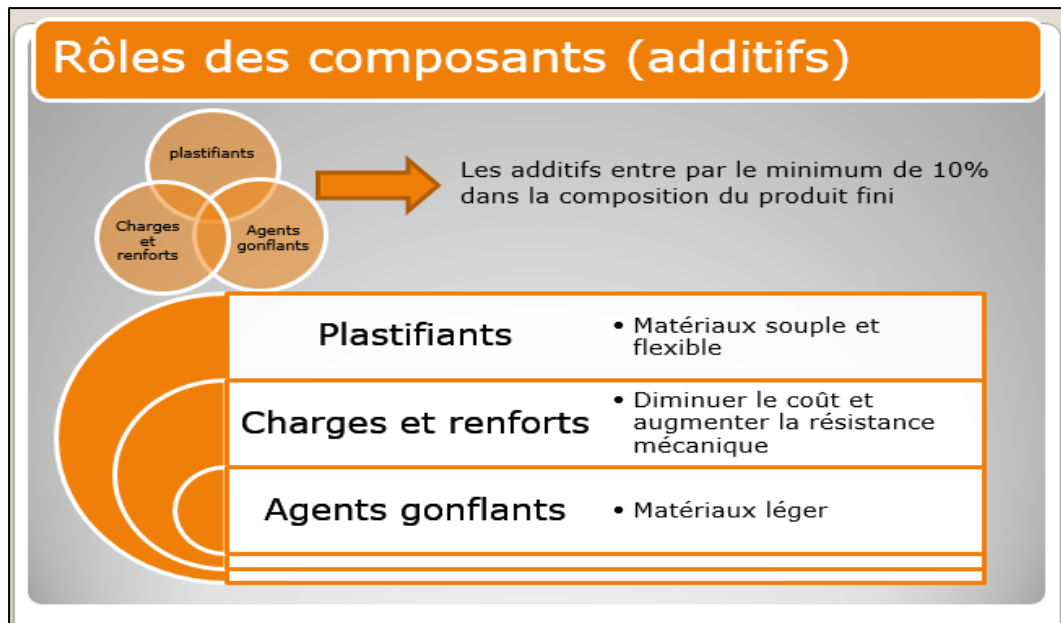


Figure 6 : Le rôle de composantes additives.

b. Les adjuvants :

Les adjuvants sont :

❖ Les colorants ou pigments :

Les colorants sont des substances organiques solubles dans la matrice polymère. Du fait de leur solubilité, on a une mauvaise résistance au solvant organique. De plus, ils sont sensibles aux températures élevées de transformation, ce qui peut entraîner un changement de couleur. Grâce à leurs solubilités, on peut réaliser des produits colorés transparents.

Les pigments sont des composés minéraux ou organiques sous forme polyvalent insoluble dans la matrice polymère. Ils sont caractérisés par une bonne stabilité à long terme et une bonne tenue aux températures de transformation dans le cas de pigments minéraux.

❖ Les antis UV :

Ces produits sont utilisés lorsque l'on a besoin de protéger la pièce des rayons UV afin d'éviter une décomposition photochimique des chaînes macromoléculaires.

Pour éviter ces phénomènes, on peut utiliser le noir de carbone qui transforme les UV en chaleur. Les pièces seront de couleurs noires.

Les absorbeurs sont des molécules qui absorbent les UV en se mettant à vibrer. On peut également envisager, pour des protections plus faibles, des produits réfléchissants. Une protection chromage fera barrière aux UV

❖ **Les ignifugeants :**

Sous l'action de la chaleur, le produit se décompose en émettant un gaz qui fait écran entre la matière et l'oxygène de l'air, empêchant ou retardant la combustion.

Ces produits peuvent être des dérivés halogénés, phosphatés... Ils sont souvent toxiques et opaques.

Note : Les recherches actuelles tendent vers la création de polymère répondant aux normes, sans apport d'ignifugeant et dégageant peu ou pas de gaz toxiques.

❖ **Les antis oxydants :**

Ils permettent de retarder l'oxydation thermique au cours de la transformation et de l'utilisation. Ce sont des molécules qui réagissent avec l'oxygène à la place du polymère.

❖ **Les lubrifiants :**

Deux types de lubrifiants peuvent être incorporés aux polymères : les lubrifiants internes ou externes. Les plus utilisés sont internes. Ils améliorent l'écoulement du polymère et peuvent améliorer le démoulage des pièces.

❖ **Les fongicides :**

Ils sont destinés à inhiber l'attaque des polymères par les organismes vivants.

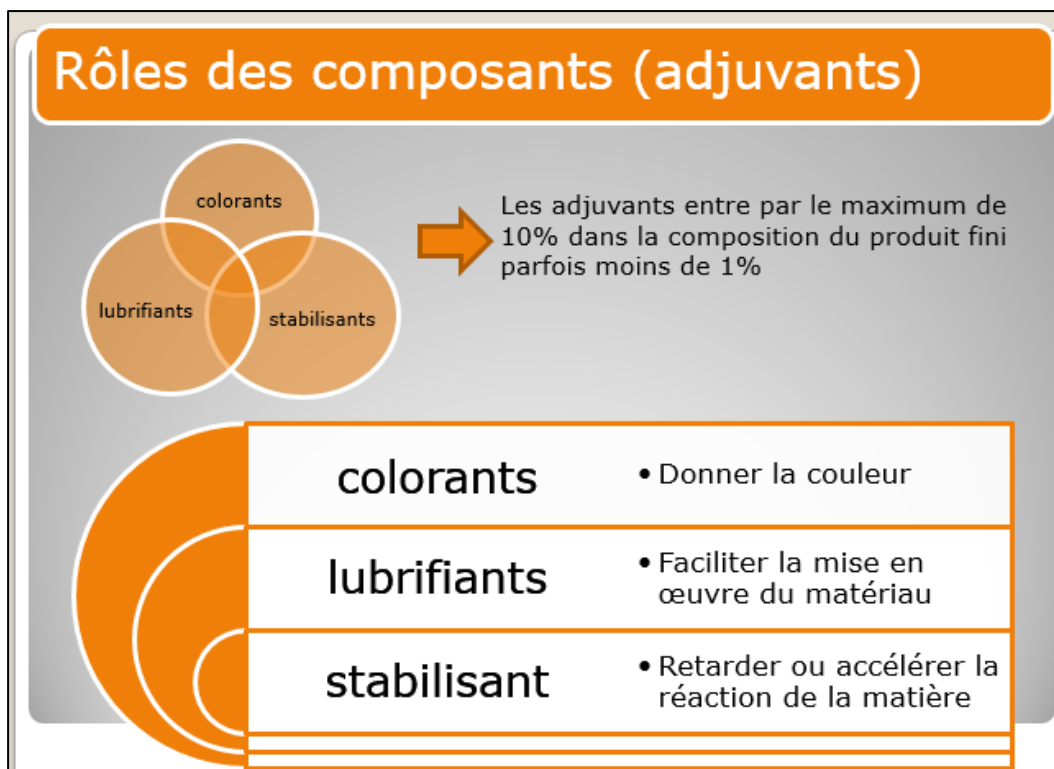


Figure 7 : Le rôle des composants adjuvants.

I.6 Le cycle de production des matières plastiques (obtention du granulé) : [6]

Un matériau constitué de granulés plastiques contient au moins un produit thermoplastique et se présente sous forme de petits grains. Les granulés sont fondus, extrudés ou moulés, pour fabriquer des objets en PE, PP, PS, etc...

C'est un produit semi-fini souvent utilisé en plasturgie, notamment pour les procédés d'extrusion et d'injection ; cette forme est très pratique à stocker, à manipuler, et bien adaptée aux processus (remplissage aisé des machines et malaxage facilité).

La mise en œuvre d'une matière plastique utilise souvent des granulés plastiques. Elle comprend plusieurs étapes, décrites ci-dessous.

➤ Production des granulés :

- Synthèse de la résine, le plus souvent par polymérisation³, puis formulation (ajout de substances telles que charges, plastifiants et additifs en proportions définies) ;
- Compoundage⁴ : mise en forme du formulât (se présentant par exemple sous forme de boudins en sortie de malaxeur) par extrusion au travers d'une filière à trous circulaires, puis coupe des cordons refroidis et séchage pour fabriquer des granulés

de 1 à 5 millimètres de diamètre.

➤ Utilisation des granulés par le transformateur :

- Livraison : les granulés peuvent être emballés en vrac dans des sacs plastiques de 25 kg, dans des big-bangs ou dans des octabins, placés sur palette. Pour les grosses quantités, l'alimentation automatique des machines se fait à partir d'un silo ;
- Les granulés hygroscopiques [PA, ABS, PBT, PMMA, etc.] subissent un pré séchage avant la mise en forme afin d'éviter tout défaut lié à l'humidité sur les pièces plastiques ;
- Mise en forme à chaud (la matière est de nouveau fondue) et sous pression pour obtenir le produit fini (l'objet). Une matière plastique recyclable peut subir un broyage pour être ensuite refondue et réutilisée.

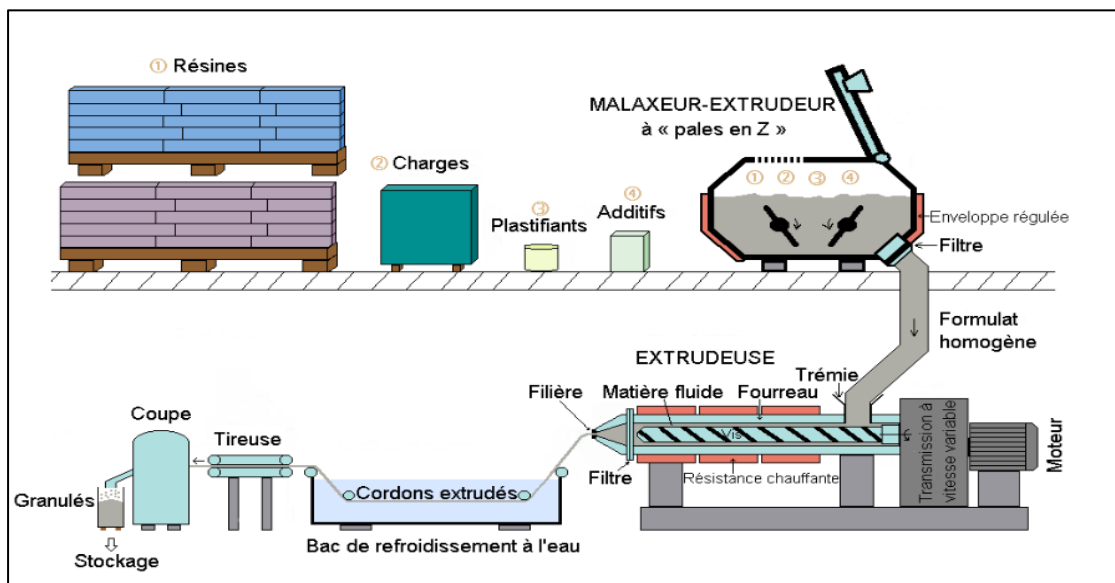


Figure 8 : Le cycle de production des matières plastiques.

I.7 Les grandes familles de la matière plastique : [6]

I.7.1 Les thermoplastiques :

Sous l'effet de la chaleur, les thermoplastiques ramollissent et deviennent souples. On peut alors leur donner une forme qu'ils garderont en refroidissant.

La transformation est réversible et renouvelable un grand nombre de fois, les thermoplastiques sont ainsi facilement recyclables. Cependant ils ne sont pas biodégradables et ont une « durée de vie » de plusieurs centaines d'années.

Ce sont les matières plastiques les plus utilisées (notamment PE et le PVC).

- La température de « ramollissement » étant moins élevée que celle du verre, les thermoplastiques ne peuvent pas être utilisés avec des produits chauds (comme par exemple la confiture qui, encore très chaude, sera mise dans des pots de verre)
- Les sacs plastiques en PEHD se froissent facilement sous la main, avec un bruit craquant et reviennent spontanément à sa forme d'origine, les sacs en PEBD se froissent sans bruit et se percent facilement et ont un toucher plus « soyeux ».

I.7.2 Les thermodurcissables :

Ces plastiques prennent une forme définitive au premier refroidissement : ils deviennent durs et ne se ramollissent plus une fois moulés. La technique de fabrication est difficile à mettre en œuvre mais elle produit des matériaux très solides et très résistants aux agressions chimiques et à la chaleur. Les aminoplastes sont les plastiques thermodurcissables les plus utilisés.

I.7.3 Les Élastomères :

Les élastomères sont élastiques : ils se déforment et tendent à reprendre leur forme initiale et supportent de très grandes déformations avant rupture. Ce ne sont pas réellement des « plastiques ».

Issu du latex d'Hévéas (arbre d'Amazonie), le caoutchouc naturel est resté longtemps le seul élastomère connu mais les méthodes modernes de fabrication ont permis d'obtenir une grande diversité de matériaux en ajoutant des additifs, accélérateurs, agents protecteurs (anti UV, anti oxygène, ...) et en les combinant à d'autres matériaux (métaux, textiles, autres plastiques...).

Les élastomères présentent des caractéristiques bien spécifiques : grande élasticité, bonne étanchéité, fort pouvoir amortissant... Employés essentiellement en tant que pneumatiques, on les utilise également sous la forme de joints, de tubes et tuyaux, de membranes, de dispositifs antivibratoires, ... dans de nombreux domaines d'activités : automobile, industrie, aéronautique, médecine.

I.8 Le plastique industriel, désignation et caractéristique : [6]

Afin de mieux définir les variétés qu'offre cette matière, d'autre gamme de matières plastiques sont séparées à l'intérieur de ces trois grandes familles Les thermoplastiques abritent :

I.8.1 Les Polyoléfines :

Composé du Polyéthylène (PE), l'une des matières plastiques la plus courante, de formule chimique C_2H_4 , des copolymères éthylène, l'acétate de vinyle et enfin le polypropylène.



Figure 9 : Produits en polyoléfine.

I.8.2 Les Polyvinyliques :

Se dit polyvinyliques les matières plastiques comme le polychlorure de vinyle (PVC) ou encore le polyalcool vinylique (PVAL), résine blanche soluble dans l'eau froid utilisé comme colles industrielles ou encore de liants de couchage pour papier-cartons. Dans cette catégorie on rencontre également le poli-acétate de Vinyle (PVAC) formé d'un polymère à base de résine transparente. Son utilisation se limite à des fins commerciales et entre dans la composition des peintures ou des vernis à séchage rapide. On rencontre le PVAC sous forme de granulés, de berlingots mais aussi sous forme de perles.

Le polybutyral/polyformal et le polychlorure de vinylidène sont également regroupés sous ce terme. Ils sont utilisés dans les industries, composant principalement les films plastiques ou le papier-aluminium pour le polychlorure de vinylidène et différents vernis pour câbles en cuivre ou d'aluminium.



Figure 10 : Produits en pvc.

I.8.3 Les Polystyréniques :

Les Polystyréniques ne désignent que deux matière plastiques : le polystyrène (PS) et les copolymères styréniques, amélioration du PS.

Contrairement aux autres gammes de matière plastique, nous pouvons penser que celle-ci abritent peu de matières plastiques mais cette apparence est trompeuse. Il existe différents types de Polystyrène et de copolymère. Commençons par le polystyrène : le polystyrène standard (aussi appelé cristal du fait de sa transparence) très rigide et fragile, le polystyrène choc, plus souple que le précédent, le polystyrène chaleur, plus résistant aux hautes températures et enfin le polystyrène expansé sous forme de bulles de gaz.

Les copolymères styréniques, quant à eux, servent à fabriquer, par exemple, des boîtiers d'ordinateurs, des filtres à café, des bocaux, des emballages cosmétiques, des capots d'aspirateurs et même des brosses à dents. Il regroupe aussi des dérivés comme le styrène-acrylonitrile (SAN) et l'Acrylonitrile-butadiène-styrène (ABS).



Figure 11 : Produits en polystyrène.

I.8.4 Le polypropylène PP :

Le polypropylène est l'un des polymères les plus polyvalents. Il sert à la fois comme thermoplastique et comme fibre. Comme thermoplastique il sert à fabriquer des boîtes à aliments qui résistent au lave-vaisselle. C'est possible parce qu'il ne fond pas en dessous de 160°C. Comme fibre, le polypropylène est utilisé pour faire des revêtements de sol intérieur et extérieur, du type de ceux que l'on trouve autour des piscines et des golfs miniatures. Le polypropylène est bon pour les revêtements extérieurs parce qu'il est très facile à colorer, et parce qu'il n'absorbe pas l'eau. Structurellement c'est une polyoléfine, et il est similaire au polyéthylène, seulement sur un carbone sur deux de la chaîne principale il y a un groupe méthyle attaché. Le polypropylène peut être fabriqué à partir du monomère propylène par polymérisation Ziegler-Natta et par polymérisation par catalyse par un métallocène.



Figure 12 : Produits en polypropylène.

I.8.5 Les Polyacryliques et polyméthacryliques :

Cette famille se compose seulement de deux matières plastiques : le polyméthacrylate de méthyle (PMMA) et le polyacrylonitrile (PAN). Utilisé comme fibres synthétiques et films alimentaires, ce dernier, peut être filé du fait de sa solubilité dans certains solvants.

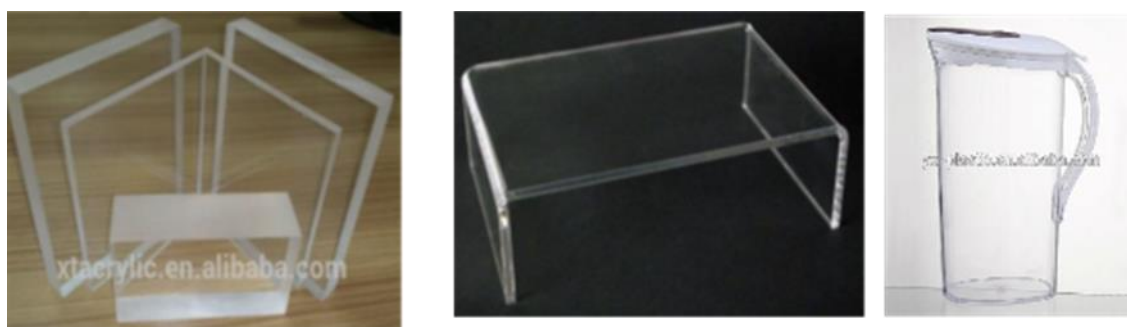


Figure 13 : Produits en Polyacryliques et polyméthacryliques.

I.8.6 Les Polyamides :

Seuls les polyamides (PA) eux même compose ce groupe. Les polyamides sont des polymères contenant des motifs amides, formant alors une longue chaîne. L'amide est un groupe caractéristique de forme $O=C-NR_1R_2$ que l'on peut voir ci-dessous. Le chiffre suivant leurs différentes abréviations réfère au nombre d'atome de carbone présent dans les monomères d'acide et d'amine qui les composent (PA 6, PA 11, PA 12, etc....). Si les polyamides servent principalement à fabriquer des fibres textiles sous forme de nylon, ils sont également utilisés pour produire des interrupteurs, des prises électriques, des engrenages, des vis, des appareils électro-ménagers, des seringues ou des pièces d'équipement automobile, et peuvent intégrer les cycles de recyclage des matières plastiques.



Figure 14 : Produits en polyamide.

I.8.7 Les polycarbonates :

Composés obtenus à partir de diphénylolpropane ou de bisphénol A, les polycarbonates (PC) sont des matériaux à usage technique, très rigides et peu combustibles. Livrés sous la forme de granulés, de plaques, de feuilles ou de films, ils entrent dans la composition des disques compacts, des casques de moto ou des vitrages de sécurité et peuvent intégrer une ligne de recyclage plastique.

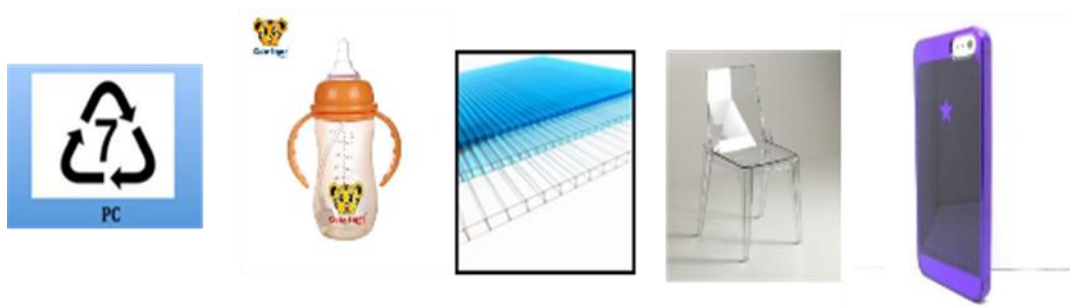


Figure 15 : Produits en Polycarbonates.

I.8.8 Les cellulosiques :

Avec l'acétate de cellulose (CA) les industriels bénéficient d'une matière transparente, souple et stable, qui leur permet de fabriquer notamment des fibres, des vernis ou des films photographiques. Avec le nitrate de cellulose (CN), que l'on utilisait autrefois pour faire du celluloïd (considéré comme trop instable aujourd'hui), ils produisent diverses laques, peintures, encres, colles ou certains revêtements artificiels.



Figure 16 : Produits en cellulose.

I.8.9 Les polyesters linéaires :

Le polyéthylène téréphtalate (PETP ou PET), le polybutylène téréphtalate (PBTB) et le polytétraméthylène (PTMT) sont trois polyesters linéaires principaux, c'est-à-dire des produits synthétisés à partir d'éthylène-glycol ou de butylène-glycol. Contenant peu d'adjuvants, ils furent d'abord utilisés pour fabriquer des fibres textiles ou des films (comme le terphane), avant que leur résistance à l'abrasion, aux huiles, aux solutions salines et aux chocs ne conduise l'industrie plastique à inclure le PET dans la composition de rubans, de composants électroniques et de bouteilles (PET recyclable), et le PBTB dans celle de pièces mécaniques ou isolantes, soumises à des températures élevées. Le recyclage du PET (ou plus particulièrement le recyclage des bouteilles en plastique) figure parmi les nombreuses activités de Paprec dans le domaine du traitement des déchets plastiques. Recycler des bouteilles en plastique, c'est aussi permettre la fabrication de sacs de couchage, de textiles automobiles, et bien évidemment de nouvelles bouteilles.



Figure 17 : Feutrine en polyester.

I.8.10 Les polyfluorethenes :

Il existe trois types de polyfluoréthènes : le polytétrafluoréthène (PTFE), le polychlorotrifluoréthylène (PCTFE) et le polyfluorure de vinylidène (PVDF). Le PTFE se présente sous la forme d'une poudre blanche granulaire. Sa résistance à la chaleur est très bonne même s'il n'est pas un véritable thermoplastique (au-delà d'une certaine température, il se transforme en gel irréversible), et il s'illustre notamment par une absorption d'eau quasi nulle, des propriétés antiadhésives, une flexibilité élevée et une bonne résistance à la lumière ainsi qu'aux intempéries. On l'utilise pour fabriquer des revêtements antiadhésifs, des tuyaux, des paliers, des coussinets, des joints et des fibres textiles techniques.

Le PCTFE de son côté, est commercialisé sous deux formes distinctes : des hauts-polymères plastiques (sous forme de granulés ou de poudre) et des bas polymères liquides. LE PVDF est quant à lui une matière très récente, encore en développement. Plus stables



Figure 18 : Produits en polyfluorethenes.

thermiquement et chimiquement que le PTFE, tous deux servent également à fabriquer certains types de revêtements artificiels.

I.8.11 Les polyacétals :

Le polyoxyméthylène (POM) et ses copolymères associés sont seuls au sein de la famille des polyacétals. Rigide, extrêmement résistant, notamment aux solvants organiques et aux fortes charges, et bon conducteur électrique, le POM est livré commercialement sous forme de poudres à mouler, de granulés et de semi-produits (barres, bâtons, tubes etc.).

Il sert à fabriquer des engrenages, des vis, des biellettes, des pièces de frottement, des éléments de robinetterie ou des pièces d'outillage portatif ...



Figure 19 : Roulement plastique AC607-GL (Polyacétal avec billes en verre).

I.8.12 Les polysulfones :

Macromolécules contenant du dioxyde de soufre, Les polysulfones, comme le Sulfover ou le Surfil (noms commerciaux), permettent la fabrication de peintures ou de vernis. Ils offrent une bonne résistance aux bases chimiques, aux acides, aux huiles et aux graisses.



Figure 20 : Polysulfone Médical – Pharmaceutical.

I.8.13 Le polysulfure de phényle :

Matière plastique particulièrement sombre et rigide, ce polysulfure résiste bien à la chaleur ou aux produits chimiques. Il est employé pour fabriquer des pièces anticorrosion, des ustensiles culinaires ou des revêtements anti-adhérents.



Figure 21 : Ecrou hexagonal (PPS).

I.8.14 Le polyoxyphényle modifié (PPO) :

Le PPO modifié est une matière plastique délicate à transformer. Il doit donc être altéré, et mélangé avec du polystyrène avant d'être utilisé par les industriels, d'où son nom.



Figure 22 : Rotor de pompe à polyuréthane.: Rotor de pompe à polyuréthane.

I.9 Copolymères acrylonitrile-butadiène-styrène (ABS) : [5]

I.9.1 Généralités :

Copolymères obtenus par greffage de styrène et d'acrylonitrile sur du polybutadiène – procédés en émulsion ou en masse –, les produits obtenus sont opaques mais brillants, avec des propriétés mécaniques et de résistance chimique supérieures à celles des polystyrènes choc. Les nodules de 50 à 500 nm sont dispersés dans la matrice de copolymère styrène-acrylonitrile (SAN). La faible dimension des nodules permet d'avoir une surface brillante, ce qui n'est pas le cas avec le PS choc. On distingue les ABS « standard », « semi-chaud » et « chaud », comme pour le PS ; la gamme des températures est ici de 85 à 115 °C.

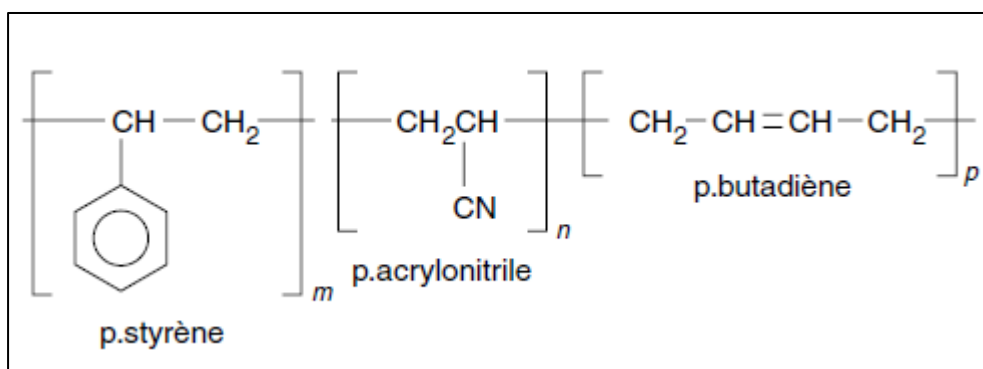


Figure 23 : Formule de l'ABS.

I.9.2 Propriétés :

Les critères de choix pour les ABS sont la tenue thermique, la résistance aux chocs et la fluidité en fondu. Comme pour le PS choc ce sont les tailles et la quantité de nodules, le taux de réticulation de l'élastomère, la taille des greffons qui gouvernent les propriétés mécaniques et de mise en œuvre.

On peut rendre antistatique la surface des ABS par la formulation. On ajoute des anti-UV pour les applications à l'extérieur.

Les ABS sont très peu hygroscopiques. Les esters, éthers, cétones, les hydrocarbures chlorés ou aromatiques ainsi que les acides minéraux concentrés font gonfler les ABS. Les autres produits organiques (huiles, graisses, hydrocarbures aliphatiques, acides dilués) n'attaquent pas les ABS.

Sauf pour la formulation ignifugée, les ABS brûlent, mais sans goutter.

I.9.3 Applications :

La mise en œuvre des ABS s'effectue par injection, extrusion, extrusion soufflage, et thermoformage (130 à 180 °C).

L'industrie automobile utilise les ABS pour des pièces de carrosserie, des boîtiers de feux de signalisation, des panneaux intérieurs.

On utilise les ABS pour produire des pièces de radio, de télévision, de téléphone, des boîtiers d'électroménager et de jouets, de l'ameublement de bureau (machines de bureautique, sièges, armoires, etc.).

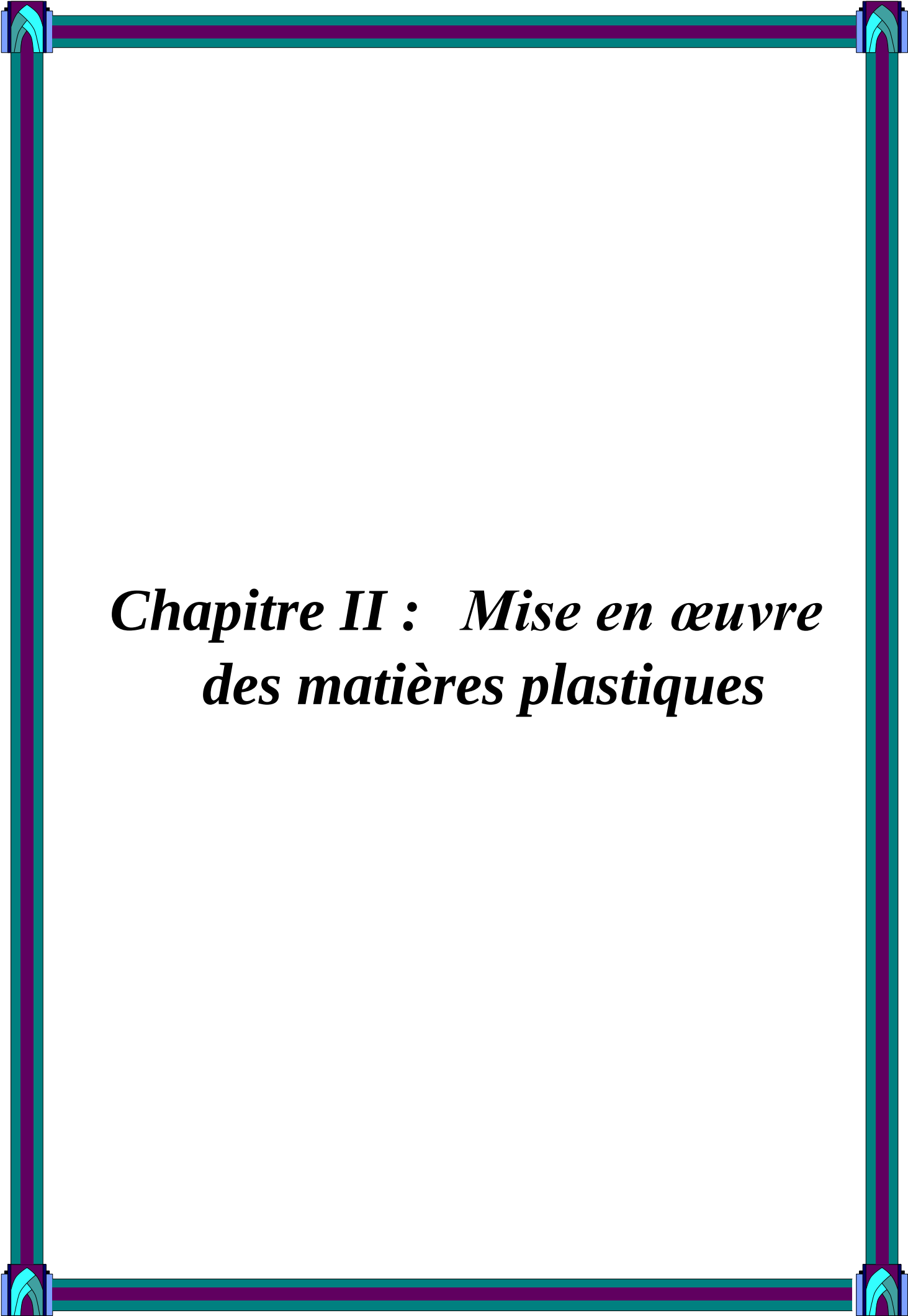
Polymères fondus, procédés de transformation majoritaires, les épaisseurs les plus courantes sont de l'ordre de 0,7 à 3 mm, mais des conditions spéciales de mise en œuvre permettent d'élargir cette plage de 0,3 à 10 mm

Les fortes épaisseurs entraînent :

- un prix de matière élevé ;
- une augmentation des temps de transfert thermique et des durées de cycle ;
- un retrait important avec risques de retassures, porosités, soufflures...

Conclusion :

Dans ce chapitre, on a conclu que les matières plastiques sont des matériaux très utilisés dans divers domaines, et cela à cause de leurs propriétés (physiques, chimiques et mécaniques) qui répondent aux différentes exigences, telles que leurs poids très légers, leurs états de surface et leurs coûts de revient.



Chapitre II : Mise en œuvre des matières plastiques

Introduction :

Le but de mise en œuvre des matières plastiques est de donner au matériau une certaine forme et en même temps de lui appliquer une certaine microstructure pour obtenir un objet avec les caractéristiques requises. C'est un métier qui nécessite une parfaite maîtrise des paramètres expérimentaux (composition du matériau, température, pression, vitesse de refroidissement, etc.). La technologie diffère selon le matériau (résistance, utilisation, etc.).

La transformation a pour but dans des conditions techniques, économiques et écologiques satisfaisantes :

- Donner au polymère la forme et l'aspect requis pour obtenir les pièces ou produits semi-finis à fabriquer ;
- Conserver la forme et l'apparence jusqu'à la mise en service (et après) ;
- Amener les caractéristiques physiques, mécaniques et sensorielles au stade requis.

Les principaux procédés de fabrication industrielle sont :

Injection, moulage par injection-soufflage, extrusion, thermoformage, calandrage, rotomoulage, compression et autres techniques rarement utilisées telles que le revêtement, l'enroulement filamentaire, la pultrusion et le moulage par réaction

II.1 Comment choisir le bon procédé de fabrication ? :

Lors du choix d'un procédé de fabrication, les facteurs suivants doivent être pris en compte :

II.1.1 La forme de la pièce :

La pièce comporte-t-elle des pièces internes compliquées ou nécessitent-elles des tolérances serrées ? Les options de fabrication possibles peuvent être limitées par la géométrie de la pièce. Il peut également être nécessaire d'effectuer une optimisation de la conception pour la fabrication (DFM design for manufacturing) pour rendre sa production plus économique.

II.1.2 Quantité/Prix :

Quel est le nombre total de pièces ou la production annuelle que vous prévoyez de fabriquer ? Le coût initial des outils et des réglages pour certains procédés est élevé, mais le

coût de chaque pièce produite est très faible. En revanche, le coût de démarrage d'un petit processus par lots peut être inférieur, mais en raison de temps de cycle plus longs, d'une automatisation réduite et d'opérations manuelles plus importantes, le coût de chaque pièce reste le même ou augmente à mesure que la production totale augmente, ou diminué.

II.1.3 Délai de réalisation :

Combien de temps voulez-vous produire les pièces ? Certains procédés permettent de fabriquer des pièces en 24 heures, tandis que d'autres nécessitent un mois au plus en raison des outils et des réglages nécessaires à la production en série.

II.1.4 Matériau :

À quel type de pression et de contrainte vos pièces doivent-elles résister ? Le meilleur matériau pour une application donnée est déterminé par de nombreux facteurs. Il faut trouver un équilibre entre coût, fonctionnalité et contraintes esthétiques. Considérez les caractéristiques idéales recherchées pour votre application et comparez-les aux résultats possibles d'un processus donné.

II.2 Les Moulages :

II.2.1 Le moulage par compression :

- **Principe : [1]**

Le principe de base consiste à comprimer sous forte pression le polymère suffisamment ramolli pour lui faire prendre la forme de l'empreinte d'un moule chauffé. Dans une deuxième étape, le polymère est solidifié soit par refroidissement, pour les thermoplastiques, soit par réticulation, pour les thermodurcissables.

La procédure finale de moulage dépend donc de la nature du polymère à mouler :

- S'il s'agit d'un thermoplastique, il faut d'abord le chauffer pour l'amener à un état rhéologique permettant sa mise en forme, l'élimination de l'air occlus, la cohésion des différents flux et/ou des particules de matière.

Lorsque la pièce est assez fluide et homogène, il faut la refroidir suffisamment pour permettre le démoulage sans l'altérer. Ce processus uniquement physique, assuré par le refroidissement du moule, est d'autant plus long que la pièce est épaisse et que les polymères, sauf exception, sont mauvais conducteurs de la chaleur ;

- S'il s'agit d'un thermodurcissable, silicone par exemple, il faut d'abord le chauffer, comme dans le cas précédent, pour l'amener à un état rhéologique permettant sa mise en forme, l'élimination de l'air occlus, la cohésion des différents flux et/ou de particules de matière. En plus, lorsque la pièce est convenablement fluidifiée et homogène, il faut continuer à la chauffer pour déclencher et assurer la réticulation ou le durcissement ou la vulcanisation jusqu'à un stade suffisant pour obtenir un niveau de propriétés mécaniques permettant le démoulage sans altérer la pièce. Ce processus, uniquement chimique, est assuré par le chauffage du moule et est d'autant plus long que la pièce est épaisse et que les polymères, sauf exception, sont mauvais conducteurs de la chaleur. En plus, la matière en contact avec la surface du moule réticule plus vite et plus intensément que le cœur de la pièce, ce qui pose des problèmes importants d'anisotropie. Si le démoulage est opéré avant la réticulation complète, une post-réticulation, en étuve par exemple, pourra apporter le complément nécessaire de réticulation.

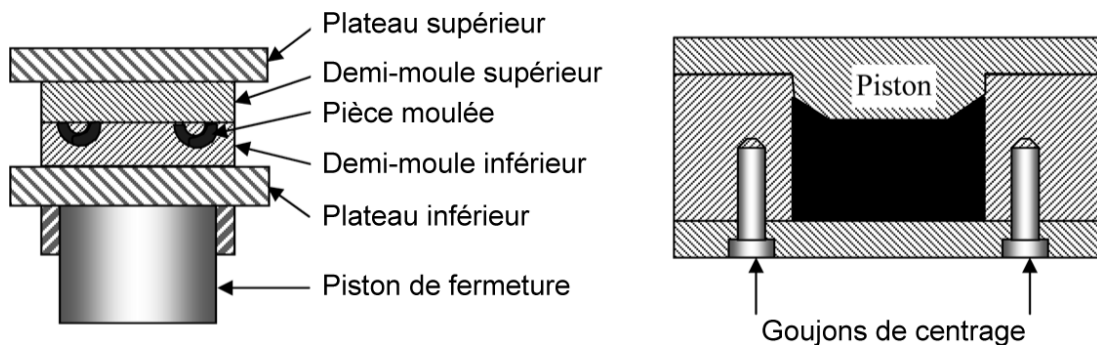


Figure 24 : Principe du moulage par compression. [1]

II.2.2 Le moulage par transfert :

Le moulage par transfert est une méthode de moulage thermodurcissable largement utilisée dans la fabrication de dispositifs électroniques tels que les circuits intégrés, les condensateurs et les diodes. Le processus consiste à ramollir le plastique en le chauffant et en le pressurant dans la chambre de transfert, puis en le poussant dans un moule fermé à travers l'orifice de décharge et le canal d'injection sous haute pression pour le traitement final. Cette méthode a l'avantage important de permettre une cohérence dimensionnelle.

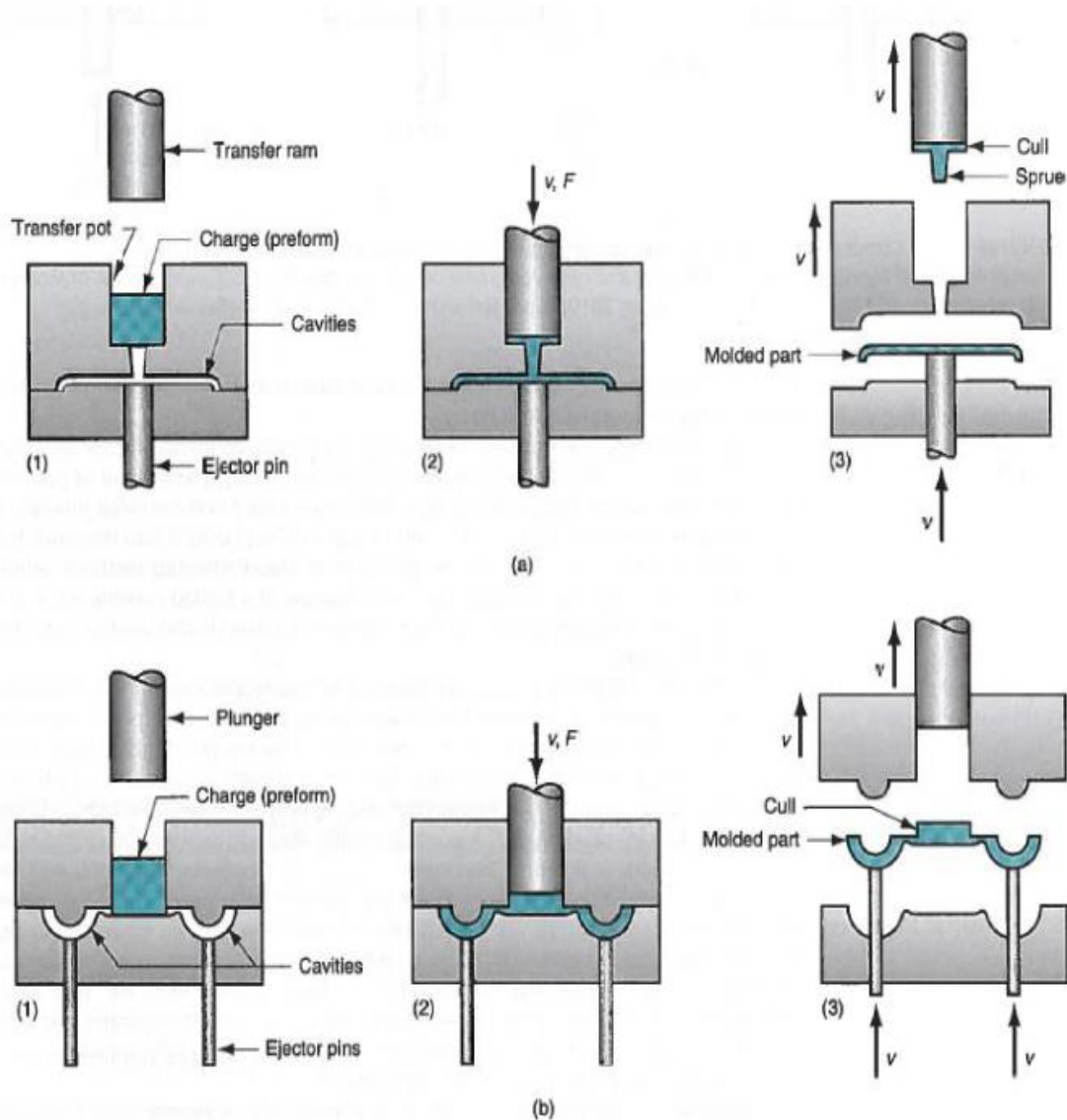


Figure 25 : Principe de moulage par transfert.

(a) : Transfert par matrice

(b) : Transfert par l'outil (plunger).

II.2.3 L'injection :

- **Procédé de mise en œuvre par injection plastique : [6]**

La matière plastique avant transformation se présente sous forme de petit granulé dépassant rarement le quelques millimètres. Ces granulés servent à alimenter la vis de plastification (type vis sans fin).

Celle-ci est chauffée et régulée en température via le fourreau de plastification. La rotation de la vis de plastification (entraînée par un moteur hydraulique) et l'action conjuguée

de la température du fourreau permet de ramollir les granulés de matière plastique les amenant jusqu'à un état de visqueux.

Cette matière est acheminée à l'avant de la vis de plastification donnant ainsi une réserve de matière prête à être injectée (c'est ce que l'on appelle la phase de dosage).

Viens ensuite la phase d'injection dynamique ou la matière présente à l'avant de la vis de plastification, est injectée sous forte pression à l'intérieur d'un moule (ou cavité) présentant la forme de la pièce souhaitée. Le moule est régulé à une température inférieure à la température de transformation (allant de 15°C à 130°C dans certains cas).

La 3e étape est la phase de maintien, où l'on applique une pression constante durant un temps déterminé afin de continuer à alimenter les empreintes malgré que celle-ci soit remplie. Ceci afin de palier au retrait de la matière durant est refroidissement. La pièce est refroidie durant quelques secondes puis éjectée.

Un nouveau cycle peut commencer Paramètres et réglages : Les temporisations principales à régler sont :

- Le dosage, l'injection, l'ouverture, la fermeture, l'éjection, la post pression.

Autres paramètres :

- Température du fourreau, température de la matière, température du moule injection
- Pressions durant l'injection et durant le maintien, la contrepression, la vitesse de rotation de la vis, la course de dosage
- Courses d'ouvertures et d'éjections etc.

Cycle d'injection :

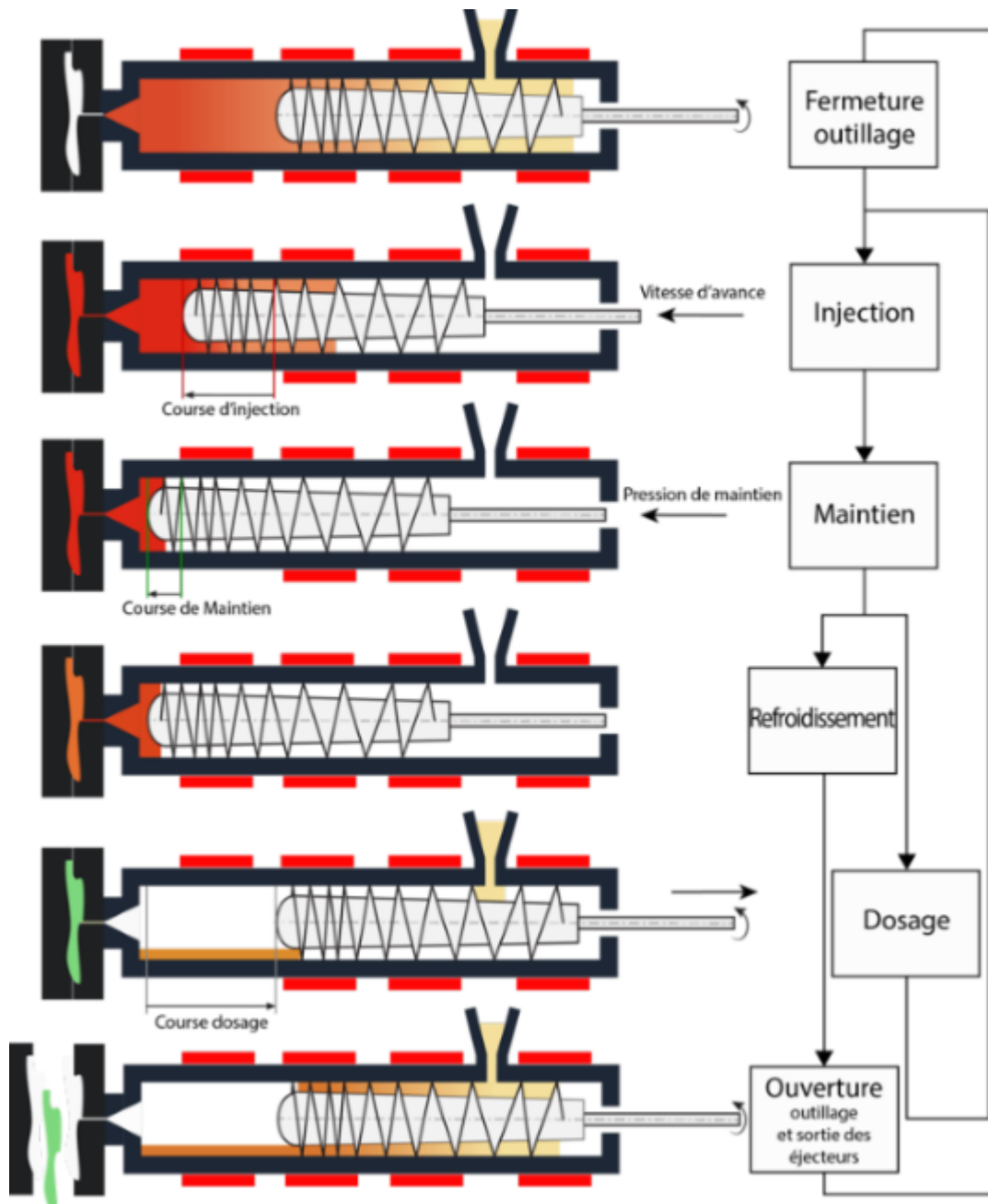


Figure 26 : Cycle d'injection.

II.2.4 Moulage par injection soufflage : [6]

Le procédé d'Injection-Soufflage permet de réaliser des corps creux qui présentent de bonnes propriétés mécaniques.

Il se décompose en 2 phases distinctes :

- Une première phase d'injection. Cette phase consiste à injecter une préforme (Éprouvette) dans un moule d'injection.

· Une deuxième phase de soufflage. Cette phase consiste à souffler la préforme dans un moule.

Cette technique est principalement utilisée pour les thermoplastiques. Le cycle de fabrication comprend 5 étapes :

Les différentes étapes :

- Injection de préformes. Cela doit être fait à ce stade de la fabrication de l'objet.
- La préforme encore chaude (120 °C-200 °C) est transférée dans le moule de soufflage
- Soufflage. L'air comprimé est introduit à travers le noyau portant la préforme
- La pièce est démoulée, puis transférée à l'aide du noyau sur le poste d'éjection
- Ejection.

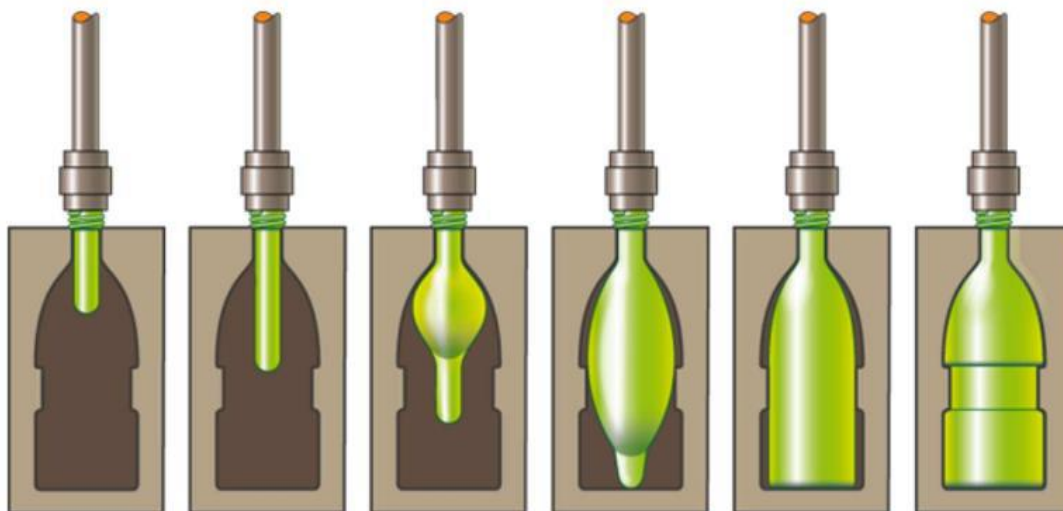


Figure 27 : Principe de moulage par injection soufflage.

II.2.5 Moulage au contact : [7]

Avant moulage, le moule est revêtu d'un agent de démoulage, puis généralement d'une fine couche de résine de surface, souvent colorée, dénommée "gel Coat".

Le moulage est ensuite effectué selon les opérations suivantes :

1. Le moule est enduit avec de la résine catalysée et accélérée, au pinceau ou au rouleau.

2. Le renfort : mat, tissu, etc., est disposé dans le moule. Divers types de renforts peuvent être utilisés suivant les différentes parties de la pièce. Les renforts doivent alors se superposer.
3. Le renfort est ensuite imprégné avec la matrice, puis un ébullage est effectué avec un rouleau cannelé.
4. Après gélification de la première couche, les couches suivantes sont appliquées, en utilisant la même technique. Des inserts peuvent être mis entre ces couches : tubes, vis, écrous, armatures, etc.
5. Le démoulage est ensuite effectué après un temps qui dépend de la résine et de la température (de l'ordre de 10 heures).
6. La polymérisation est ensuite effectuée en milieu ambiant pendant plusieurs semaines. Cette polymérisation peut éventuellement être accélérée par étuvage (par exemple 5 à 10 heures, aux environs de 80 °C).
7. Après polymérisation, on procède à la finition de la pièce : ébarbage, ponçage, éventuellement peinture, etc.

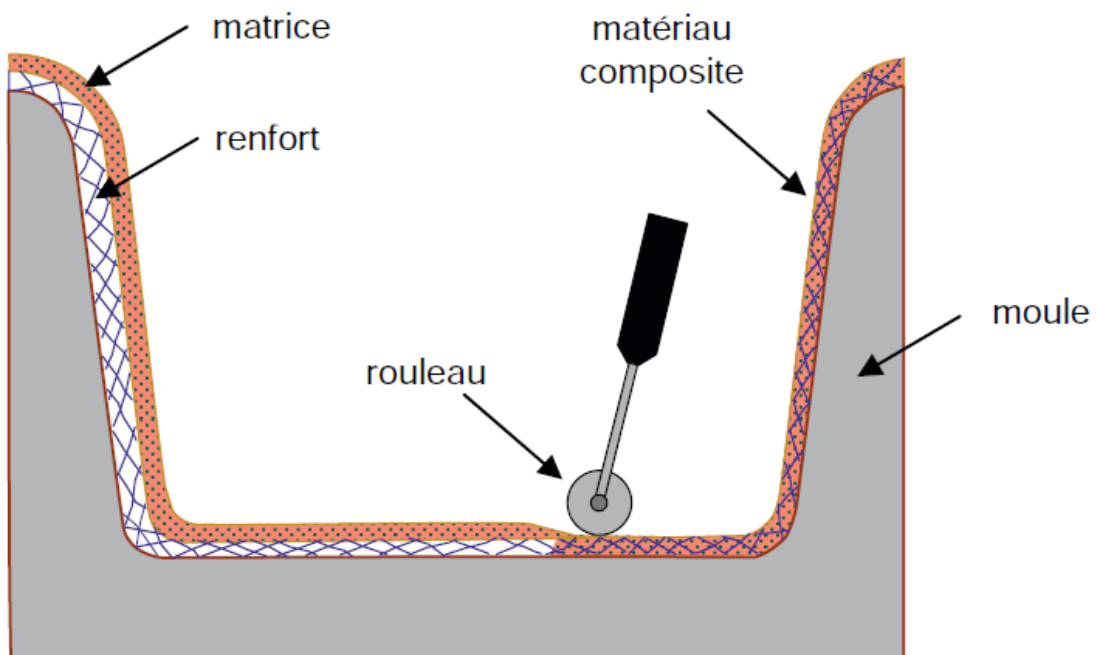


Figure 28 : Principe du moulage au contact. [7]

II.2.6 Moulage sous vide : [7]

Le moulage sous vide consiste à utiliser simultanément le vide et la pression atmosphérique. Après enduction de gel-coat, on dispose le renfort sur un moule rigide, puis on coule la matrice. Le contre-moule, recouvert d'une membrane assurant l'étanchéité (feuille de caoutchouc, nylon, etc.), est ensuite emboîté. Une pompe à vide crée une dépression à travers le moule et le contre-moule poreux, qui étale et débulle la résine. Le contre-moule peut éventuellement être limité à la seule membrane d'étanchéité.

Ce procédé de moulage convient pour la fabrication de pièces en petites et moyennes séries. Il permet d'obtenir de bonnes qualités mécaniques, grâce à une proportion de résine uniforme et à une diminution des inclusions d'air. Dans le cas de l'utilisation d'un contre-moule rigide, un bel aspect de surface est obtenu sur les deux faces. Les cadences de production sont toutefois assez lentes.

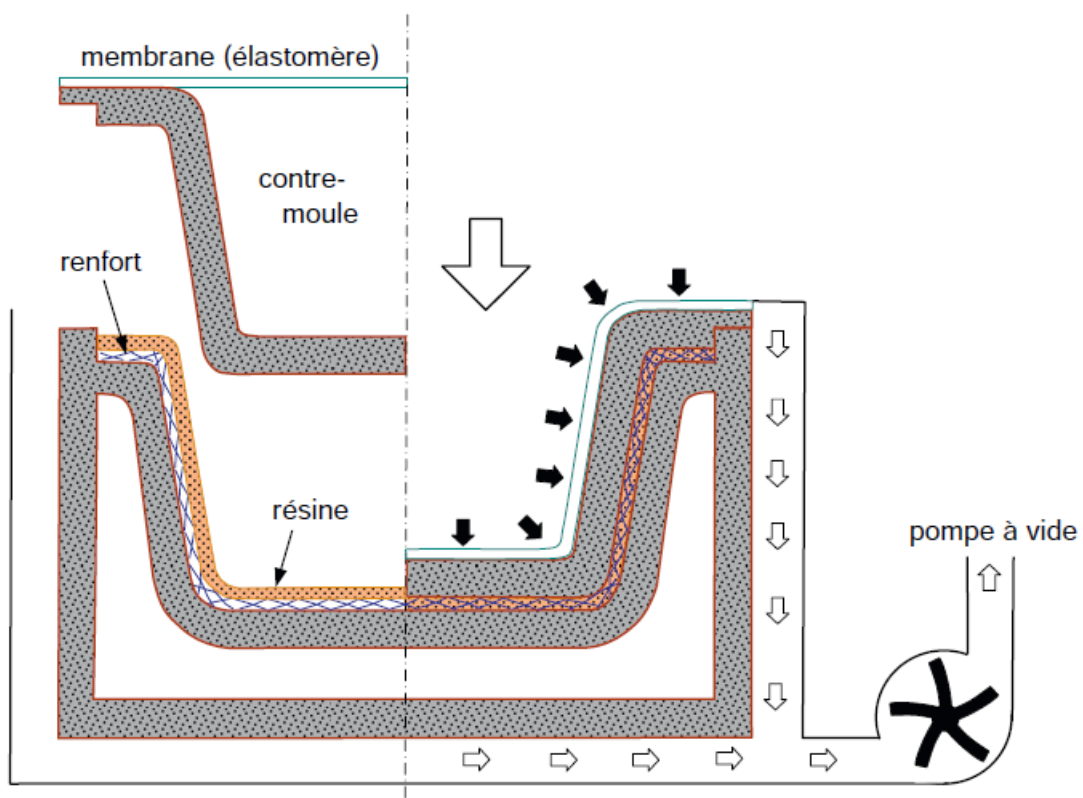


Figure 29 : Moulage sous vide. [7]

II.2.7 Moulage par rotation :

Le rotomoulage est une technologie qui utilise de la poudre de plastique pour fabriquer de nouveaux produits. La matrice est chauffée entre 250°C et 300°C pour faire fondre la poudre. Lorsque le moule tourne autour de deux axes, la matière plastique fondue est déposée uniformément sur les parois du moule. Après refroidissement, le plastique conserve la forme du moule et produit un nouveau produit

- **Processus de rotomoulage :**

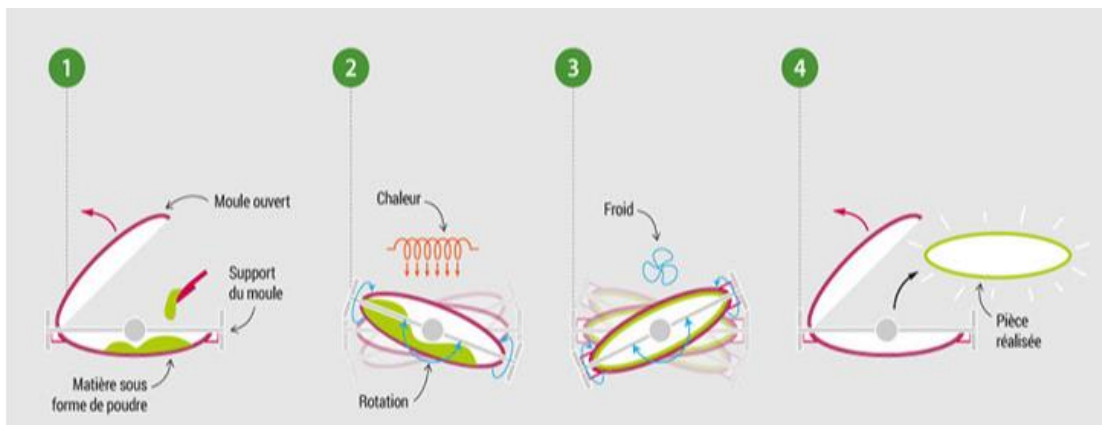


Figure 30 : Le processus rotomoulage en 4 étapes.

- 1) **Chargement** : Polyéthylène en poudre (environ 500 microns) dans le moule avec colorant. Le moule comprend des pièces amovibles pour lui permettre de s'ouvrir.
- 2) **Cuisson** : Le moule tourne autour de deux axes, et le système de chauffage fait que le plastique atteint son point de fusion, le faisant se déposer et coller à la paroi du moule.
- 3) **Refroidissement** : Le moule est refroidi en ajoutant de l'eau ou de l'air froid pour solidifier le matériau. La durée de la phase de refroidissement varie en fonction de facteurs.
- 4) **Démoulage** : Une fois le matériau suffisamment durci, le processus de démoulage peut commencer. Terminez ensuite les pièces, ébavurez, découpez, assemblez, etc..

II.2.8 Moulage par réaction : Réaction injection Molding (RIM) :

Est un procédé de moulage conçu pour produire des pièces en plastique similaires à l'injection mais adaptées aux petites séries.

Le processus consiste à injecter un mélange de deux composants liquides, polyol et isocyanate (et éventuellement d'autres additifs) dans un moule fermé, qui réagit l'un avec l'autre pour former un polymère. Le mélange est à l'état liquide lors de l'injection, qui se fait sur un moule en aluminium basse pression et une presse à faible puissance. Par rapport aux thermoplastiques, les avantages sont nombreux : les thermoplastiques sont injectés à l'état fondu, ils sont donc très visqueux. RIM est donc un véritable substitut au moulage par injection thermoplastique, utilisé pour mouler de petites séries de pièces en plastique, et est plus économique en termes d'investissement en outillage.

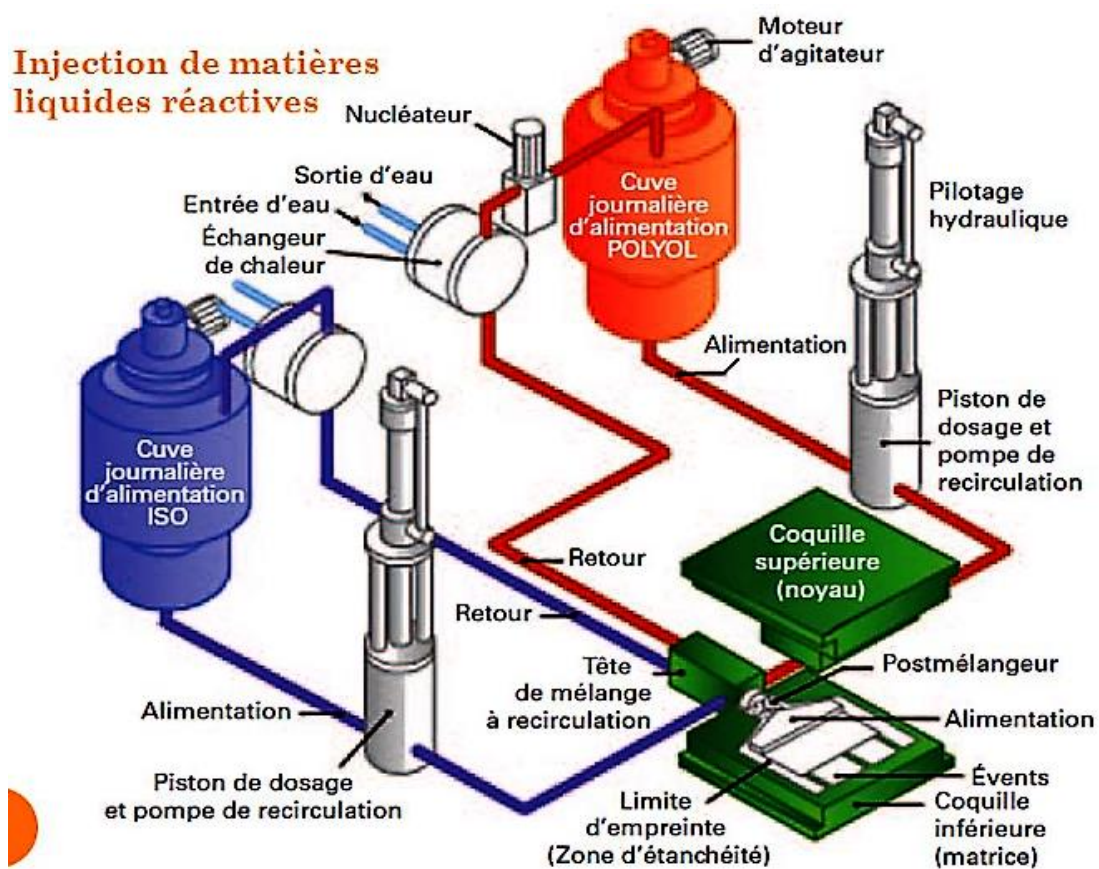


Figure 31 : Procédé RIM.

II.2.9 Moulage par expansion :

- Principe : [6]

Au contact de la vapeur d'eau, la matière plastique (petites graines) se ramollit, alors que le gaz qu'elle contient se dilate : les graines gonflent, comme le pop-corn grâce à l'air

qu'il contient. Cette première expansion est réalisée en usine dans des grandes cuves en inox et permet d'obtenir jusqu'à 30 fois le volume initial des billes de polystyrène.



Figure 32: Bille de polystyrène expansée. [6]

Après séchage des billes pré-expansées, stockées dans un silo, cette matière est introduite dans un moule fermé et est soumise à une nouvelle injection de vapeur d'eau. Le polystyrène est un polymère qui se présente avant transformation sous forme de petites billes non expansées. Elles renferment des micro-inclusions à l'état liquide qui se transforment en gaz lors de l'expansion. Dans une chaudière, en présence de vapeur d'eau, la matière se ramollit et le gaz qu'elle contient se dilate. Les petites billes gonflent, comme du pop-corn, en gardant une forme sphérique régulière. Cette première expansion est réalisée dans de grandes cuves en inox et permet d'obtenir jusqu'à 30 fois le volume initial du polystyrène non expansé. Dans un deuxième temps, après séchage, les billes pré-expansées sont introduites dans un moule fermé et sont soumises à une nouvelle expansion grâce à l'injection de vapeur d'eau. Les billes augmentent de volume et collent les unes aux autres dans le volume intérieur du moule. Cette technique est utilisée pour fabriquer toutes sortes d'emballages en polystyrène expansé : emballages de protection pour appareils fragiles, caisses à poissons, barquettes alimentaires ... Cette technique est surtout utilisée pour fabriquer toutes sortes d'emballages en polystyrène expansé : caisses à poissons, barquettes...



Figure 33 : Emballages en polystyrène expansé.

II.3 Les extrusions :

L'extrusion est l'un des procédés de base pour former des matériaux thermoplastiques granulaires ou pulvérulents. L'extrusion consiste à transporter un polymère solide, puis à le faire fondre et à lui appliquer une pression par l'action d'une vis tournant dans un fourreau chauffant. Le polymère est ensuite forcé à travers la filière d'extrusion puis refroidi, ce qui détermine le type d'extrusion.

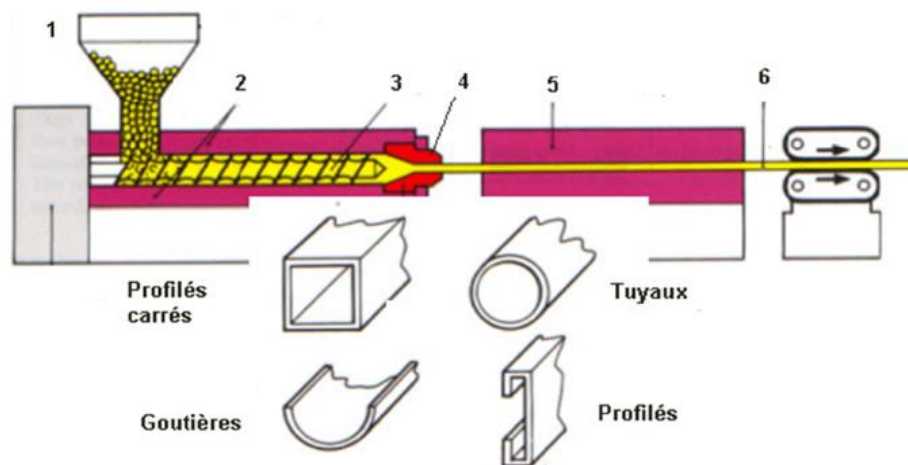


Figure 34 : Procédé de mise en œuvre par extrusion.

- **Principe de l'extrusion :**

- 1) La matière est insérée dans l'extrudeuse (granulé ou poudre)
- 2) Le cylindre chauffant permet de ramollir la matière
- 3) La vis sans fin tourne et permet de fondre et homogénéiser la matière, celle-ci monte en pression en bout de vis
- 4) La matière passe au travers la filière, qui va donner la forme finale du produit
- 5) La matière est refroidie et conformée généralement sous vide (pour conserver les dimensions)
- 6) Les profilés sont tirés en bout de ligne puis coupés à longueur et palettisés.

II.3.1 Extrusion soufflage :

- **Principe : [8]**

L'extrusion-soufflage est un processus qui, utilisant plusieurs types de matériels plus ou moins sophistiqués, permet la production de récipients ou de corps creux, en matériaux thermoplastiques, dans une gamme de capacités pouvant s'étendre de quelques centimètres cubes à 1 000 litres et plus.

Trois étapes principales peuvent être distinguées dans le processus d'extrusion-soufflage :

- Extrusion d'un tube de résine fondue appelé paraison,
- Mise en place de la paraison entre les deux moitiés d'un moule,
- Soufflage de la paraison pour lui faire prendre la forme du moule

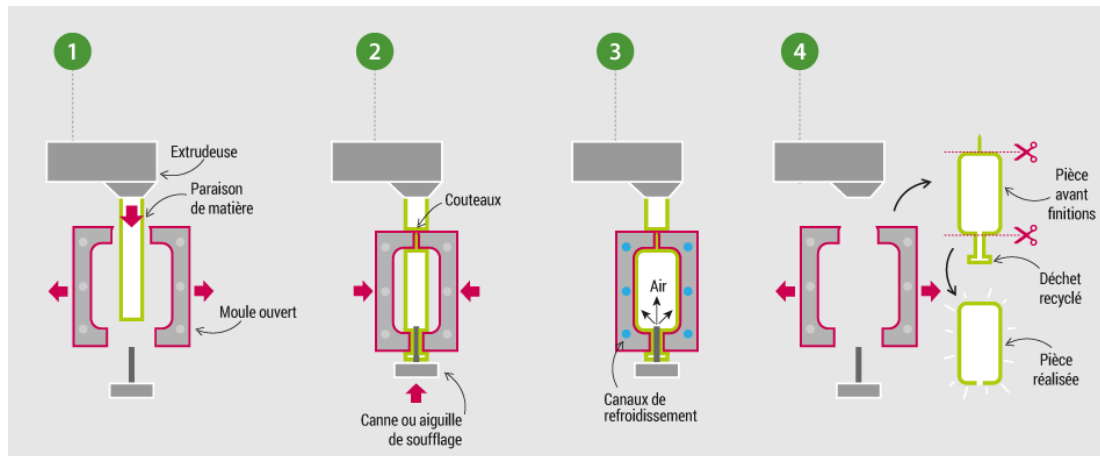


Figure 35 : Principe de l'extrusion soufflage.

II.3.2 Extrusion gonflage :

Est un procédé qui permet de produire des films et des gaines de différentes dimensions et couleurs. Le principe est d'extruder la matière à travers une filière annulaire et d'injecter de l'air au centre de la filière. Il se forme une bulle dont le diamètre correspond à la largeur de la gaine souhaitée. En ajustant la vitesse de traction de la table d'enroulement, une épaisseur variable (de 25 à 100 microns ou plus avec nos équipements) peut être obtenue. Les différents paramètres de réglage sont gérés par des équipements automatisés. Au cours du processus de fabrication, l'opérateur vérifiera régulièrement et veillera à la cohérence des caractéristiques de la gaine (taille, poids au mètre).

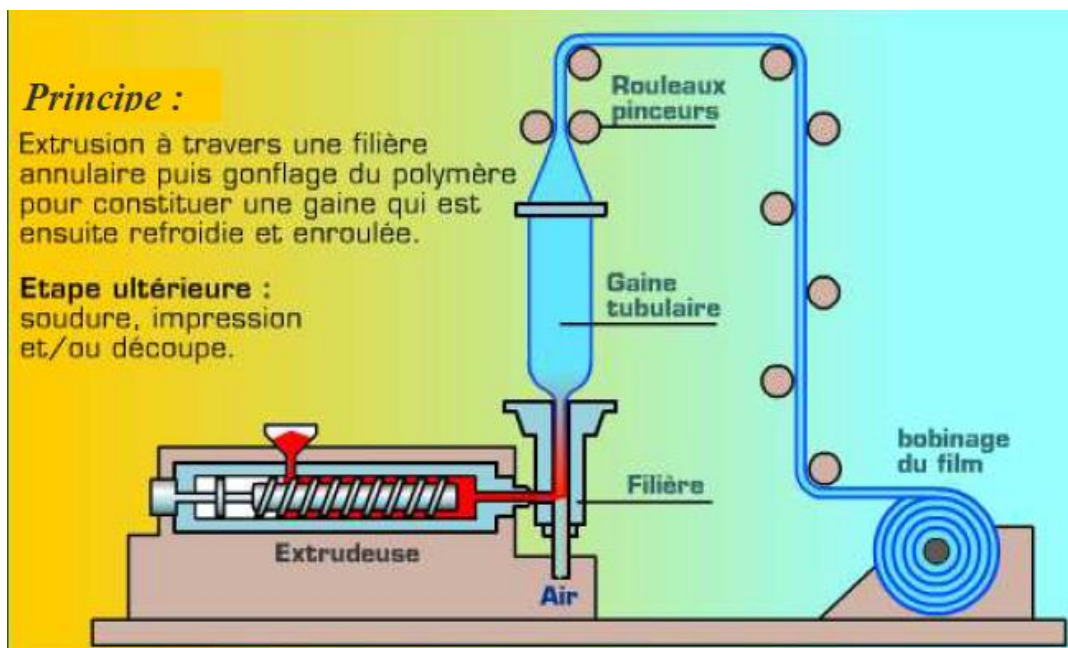


Figure 36 : principe de l'extrusion gonflage.

II.3.3 Le calandrage : [9]

Le calandrage est un procédé de fabrication en continu de films de thermoplastiques par laminage de la matière entre plusieurs cylindres parallèles.

Ces cylindres sont chauffés et entraînés mécaniquement et forment la machine de calandrage qu'on appelle : Calandre. Leur nombre se situe généralement entre 3 et 6 cylindres. La feuille obtenue est étirée puis refroidie avant d'être enroulée.



Figure 37 : Articles mis en œuvre par calandrage. [9]

- **Principe du procédé :**

La matière à calandrer préalablement malaxée et chauffée passe dans la calandre pour être laminée par les cylindres chauffés et tournants. Toutes les bulles d'air sont alors chassées de la matière laminée.

Un détecteur de particules métalliques qui agit par séparation magnétique est prévu à l'entrée de la matière.

Une graineuse et rouleaux décolleurs peuvent être prévus à la sortie de la matière afin de modifier l'aspect de la surface de la feuille.

Un convoyeur de stabilisation sert à transporter et étier le film laminé à la sortie de la calandre. Des tambours refroidissent ce film par action de contact. Une jauge d'épaisseur est également présente sur la chaîne pour mesurer l'épaisseur du film calandré.

A la sortie de la chaîne, des coupe-lisières sont prévues pour la finition par découpage des bords de la feuille à enrouler et enfin, une enrouleuse sert à bobiner le film à stocker. [9]

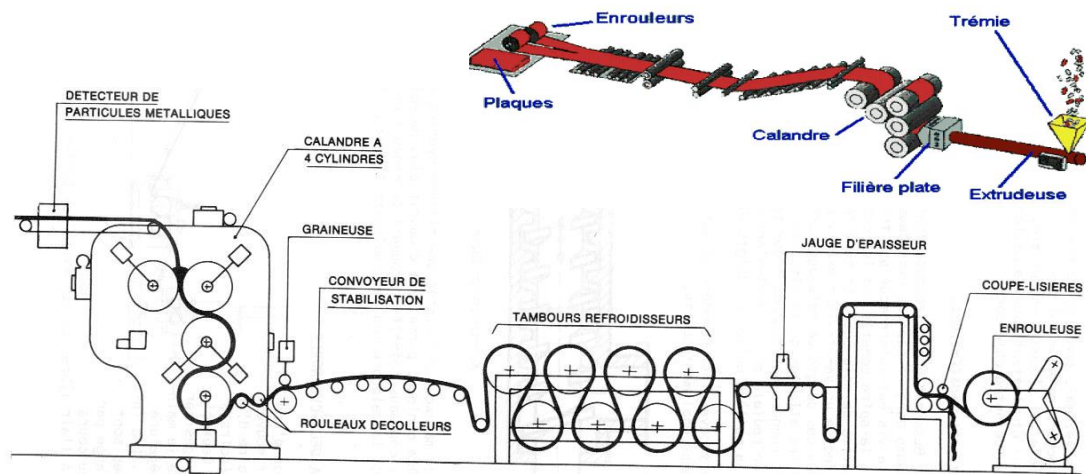


Figure 38 : Schéma de principe d'une chaîne de calandrage. [9]

II.4 Autre technique :

II.4.1 Enduction :

La technique consiste à imprégner le support d'une surface en matière plastique pâteuse. Un rouleau d'enduction est utilisé pour déposer le polymère sur le support, puis l'épaisseur est égalisée en faisant rouler le support enduit sous la lame métallique. Il est possible de réaliser plusieurs enductions en continu pour obtenir des effets variés : la couche de protection puis la couche d'apparence, par exemple : l'application typique de ce procédé est l'enduction de tissus de sièges auto, vêtements, chaussures, meubles, toiles...

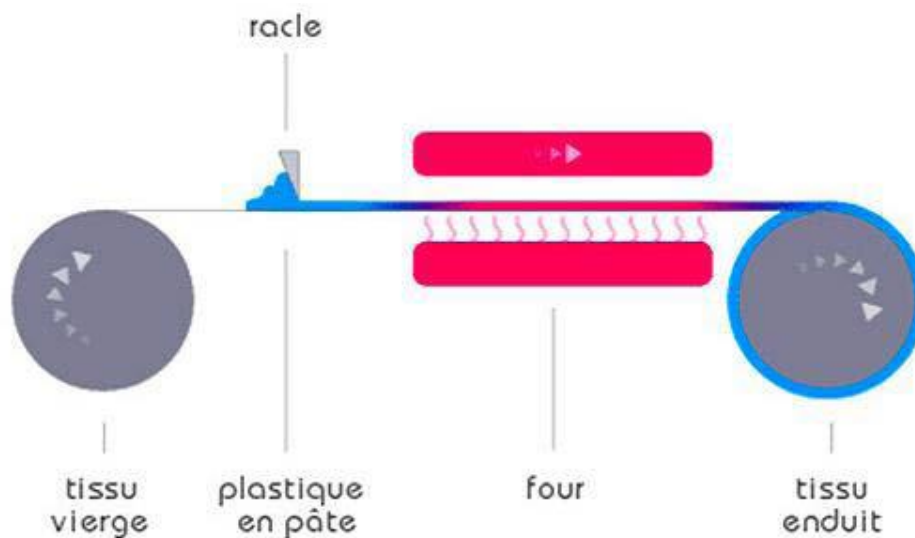


Figure 39 : Procédé de la technique d'enduction.

II.4.2 Enroulement filamentaire : [10]

L'enroulement filamentaire est un procédé automatisé qui permet l'obtention d'un corps creux en bobinant sur un moule (ou mandrin) différents renforts continus imprégnés de résine. Le renfort le plus couramment employé est le « woven roving » qui constitue en fait des couches de renfort tissées, puisqu'on utilise au mieux les propriétés de résistance à la traction des fils. Cette méthode est limitée au moulage des pièces de révolution (tube, cône, réservoir, silo...). Pour les résines thermodurcissables comme pour les thermoplastiques, le renfort est enroulé autour d'un mandrin, soit respectivement après passage dans un bain de résine catalysée ou (relativement récent, 1990) après chauffage. Les fibres sont fabriquées sous forme de filaments de très grande longueur (plusieurs kilomètres) et de très faible diamètre (quelques microns). Ces fibres sont regroupées par milliers pour constituer des mèches (GIRAUD & COLIN, 2007).

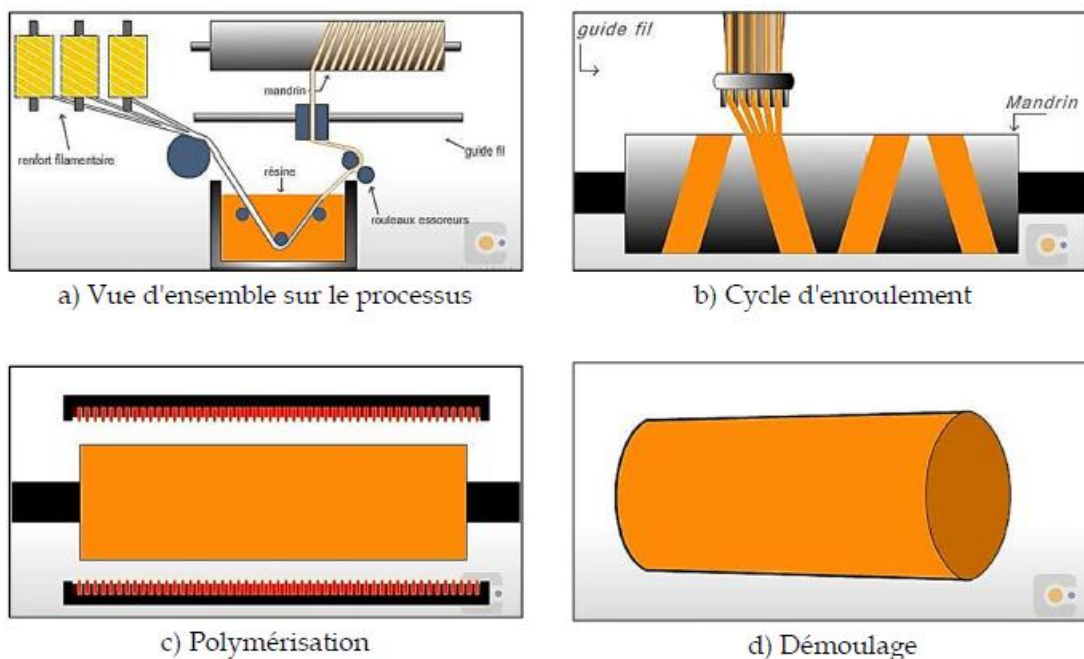


Figure 40 : Description du processus d'enroulement filamentaire. [10]

II.4.3 Moulage par pultrusion : [7]

C'est un procédé résultant du verbe anglais « to pull » qui signifie tirer, et la fin du terme « extrusion » procédé de l'industrie du thermoplastique.

Le procédé de moulage par pultrusion sert pour la fabrication de profilés, rectilignes ou courbes, à section constante, hautement renforcés dans la direction principale.

Dans cette technique, les renforts : fils, stratifils, rubans, etc..., passent dans un bain de résine catalysée ou ils sont imprégnés. Ils traversent ensuite une filière chauffée dans laquelle ont lieu simultanément mise en forme du profilé et polymérisation de la résine.

Ce procédé est applicable aux résines thermoplastiques et thermodurcissables.

Les profilés obtenus ont des caractéristiques mécaniques élevées, compte tenu de la possibilité d'obtenir des proportions de renfort élevées jusqu'à 80% en volume.

Le procédé est adapté aux productions d'assez grandes séries (vitesse de défilement jusqu'à 20 m/h). Il nécessite un investissement important de matériel. Exemple de fabrication : canne à pêche, profilés divers, raidisseurs, etc.

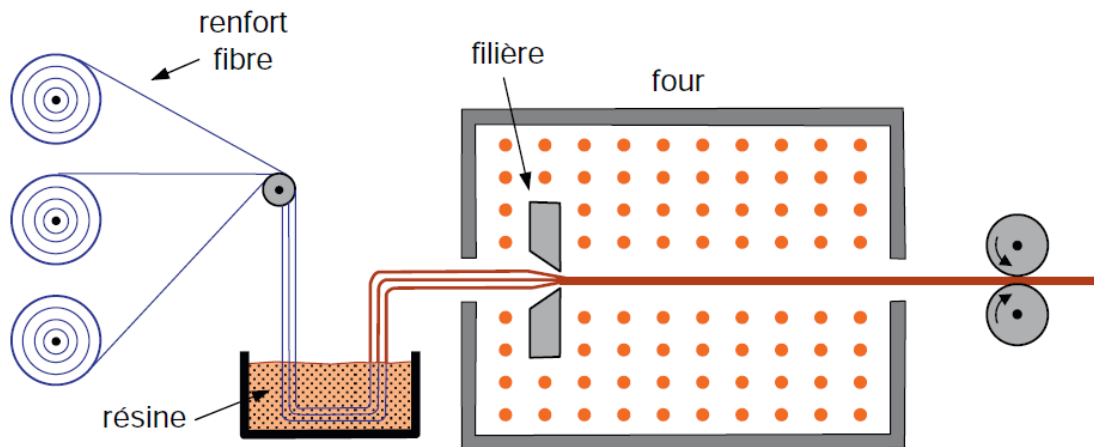


Figure 41 : Moulage par pultrusion. [7]

II.4.4 Thermoformage : [1]

Le thermoformage consiste à plaquer une feuille de thermoplastique ramollie par la chaleur sur les parois d'un moule pour lui en faire prendre la forme. Le formage peut être réalisé par l'action directe du moule sur la feuille de thermoplastique (emboutissage) ou plus souvent par action combinée avec une aspiration ou une pression facilitant la mise en forme.

Après refroidissement partiel ou total, on procède au démoulage et découpage des bords.

II.4.4.1 Technique du thermoformage : [8]

Le cycle de thermoformage classique se compose de cinq étapes :

- Fixation d'une plaque ou d'une feuille rigide sur un cadre,
- Chauffage de la plaque au-dessus de la température de transition vitreuse du polymère

(Chauffage au four ou par IR et fixation ou glissement sur un cadre),

- Formage par aspiration et maintien de la déformation de la feuille jusqu'à la fin du refroidissement,
- Refroidissement de l'objet à la température ambiante,
- Démoulage et découpage des bords s'il est nécessaire.

Bien que la méthode soit relativement simple, l'industrie utilise dans la plupart des cas des machines spéciales pour ce type de mise en œuvre.

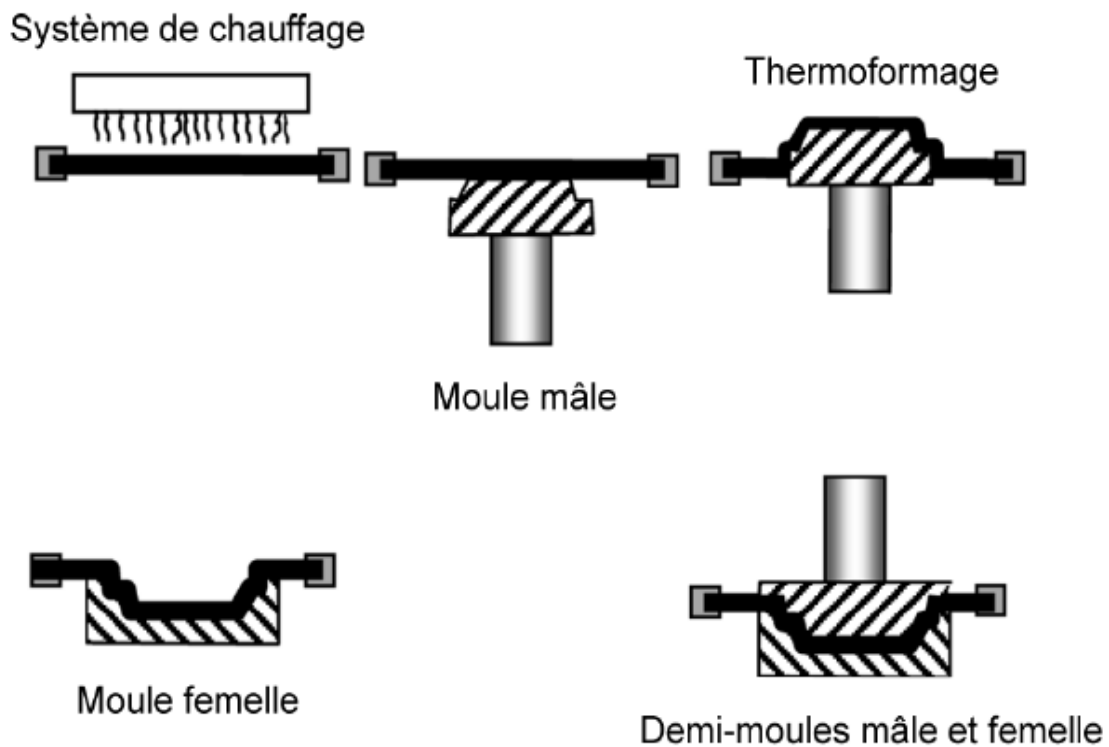


Figure 42 : Principe du thermoformage. [1]

II.4.5 Impression 3D :

L'imprimante 3D fabrique des pièces 3D directement à partir du modèle CAO, en déposant des matériaux couche par couche jusqu'à ce que la pièce soit complètement fabriquée.

❖ Comment fonctionne l'impression 3D ? :

Il y a 3 étapes principales :

- **La première :** est avant l'impression elle-même, c'est-à-dire lors de la préparation d'un fichier 3D de l'objet à imprimer. Le fichier 3D peut être créé à l'aide d'un logiciel de CAO ou de CAO, d'une numérisation 3D ou téléchargé directement depuis un site professionnel. Une fois que vous avez confirmé que votre fichier 3D est prêt à être imprimé, vous pouvez passer à la deuxième étape.
- **La deuxième étape :** concerne le processus d'impression. Tout d'abord, vous devez sélectionner le matériau à utiliser en fonction des propriétés de l'objet. La gamme de matériaux utilisés pour la recherche et le développement de l'impression 3D est très large. Ce dernier comprend différents plastiques, céramiques, résines, métaux, etc... Cependant, l'utilisation la plus courante et la plus facilement disponible consiste à imprimer du plastique, de la résine, du métal, de la céramique ou du sable ; ensuite, de nombreuses options de finition peuvent être ajoutées pour vous permettre de créer le projet que vous souhaitez. D'autres matériaux ne sont actuellement utilisés que dans des expériences menées dans des laboratoires de recherche.
- **La troisième étape :** est pendant l'opération de rangement. Cette dernière est complexe et nécessite des compétences et des matériels spécifiques. Une fois l'objet imprimé, il ne doit pas être distribué ou utilisé, il doit être poncé/sablé, peint/ p pour obtenir son aspect final. Vous devez également considérer la technologie d'impression 3D que vous souhaitez utiliser en fonction du matériau que vous choisissez.



Figure 43 : Exemples des imprimant 3D.

II.5 Detaille sur le moulage par injection :

II.5.1 Historique :

Le moulage par injection plastique est utilisé dans de nombreuses industries, telles que l'automobile, l'électroménager, le médical, l'imprimerie, l'outillage plastique, la défense et l'électronique.

Le moulage par injection a connu une croissance régulière depuis ses débuts à la fin des années 1800. La technique a évolué depuis la production de peignes et de boutons jusqu'aux principaux produits de consommation, industriels, médicaux et aérospatiaux. John Wesley Hyatt inventa un moyen de fabriquer des boules de billard en injectant du celluloïd dans un moule. En 1872, John et son frère Isaiah Hyatt breveté la machine de moulage par injection. La machine était primitive mais il était tout à fait approprié à leurs fins. Il contenait un plongeur de base pour injecter le plastique dans un moule à travers un cylindre chauffé.

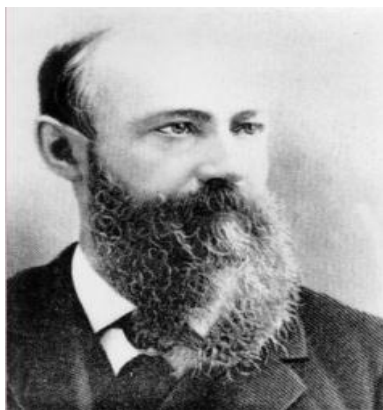


Figure 44 : John Wesley Hyatt 1837-1920.



Figure 45 : Les premières boules de billard.

En 1919, Arthur Eichengrün a développé la première presse de moulage par injection, qu'on peut considérer comme la première machine à injection moderne. Quelques années après, en 1926 Eckert et Ziegler font breveter la première presse à injecter ayant des caractéristiques commerciales. Dans les années 1930 voit l'apparition des premières presses à injecter en France. C'est le début des articles ménagers et jouets en plastiques sur le marché de consommation.

L'industrie s'est développée rapidement dans les années 1940, suite à une demande énorme pour des produits peu coûteux, produits en série. En 1946, l'inventeur américain

James Watson Hendry construit la première machine avec vis à injection, permettant un contrôle beaucoup plus précis sur la vitesse d'injection et la qualité des articles produits. Cette machine permettait d'ajouter du plastique coloré ou recyclé à la matière vierge avant d'être injecté. Aujourd'hui les machines avec vis d'injection représentent la grande majorité de toutes les machines d'injection.

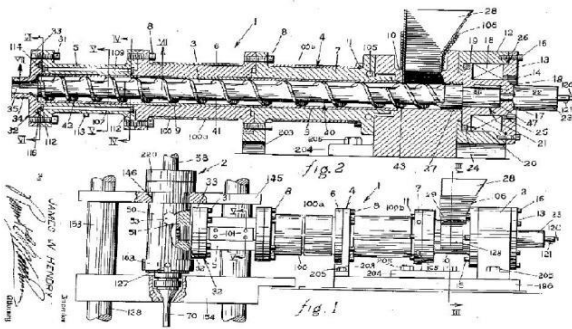


Figure 46 : La première machine avec vis à injection.



Figure 47 : Modern machine d'injection plastique.

II.5.2 Procédé de moulage par injection : [11]

Le procédé de moulage par injection est le remplissage d'une cavité sous pression par un matériau plus ou moins fluide ou visqueux et donc la transformation du matériau en une pièce. Les durées de cycle les plus typiques sont de quelques secondes à plusieurs minutes, selon la taille de la pièce.

La matière plastique, ramollie et mélangée par une vis tournant dans un cylindre chauffant, est injectée sous pression dans un moule fermé refroidi par circulation d'un liquide caloporteur. La pièce est ensuite éjectée du moule.

Pour réaliser des pièces par injection, il faut une presse à injecter sur laquelle un moule est monté, moule qui donnera la forme de la pièce. Une presse à injecter est caractérisée par sa force de fermeture ou tonnage. Les outillages (moules) peuvent être simple ou extrêmement complexes avec plusieurs composantes mobiles. Dans tous les cas ils doivent être fabriqués avec précision. Des centaines de milliers de pièces, voir des millions, peuvent être moulés dans le même outillage.

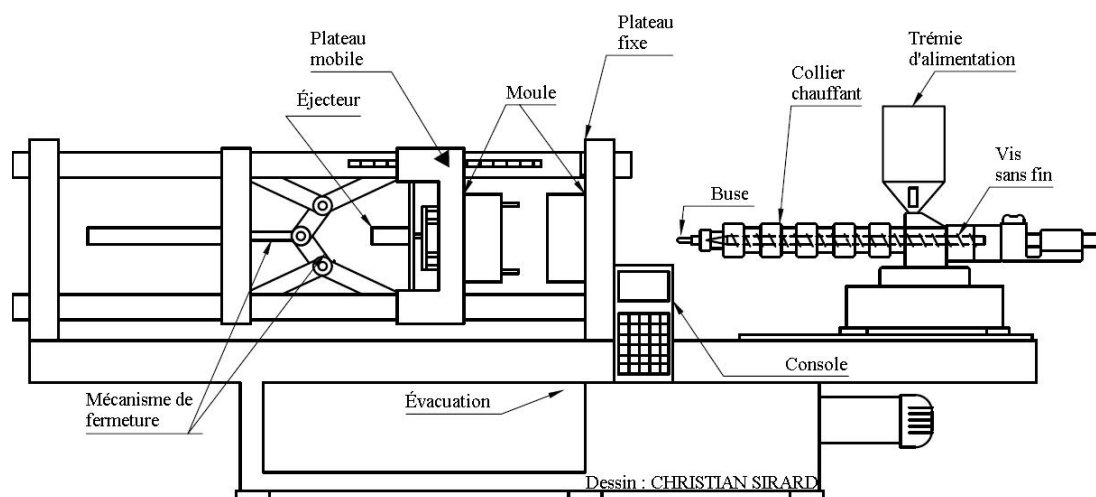


Figure 48 : Schéma d'une presse à injection de plastique horizontale. [11]

II.5.3 Fonctionnement d'une presse à injection : [12]

La figure suivante illustre une presse à injection de plastique horizontale et ses principaux composants.

Une presse à injection de plastique fonctionne généralement de la manière suivante :

La trémie est alimentée en granules de plastique, manuellement ou par un système automatisé. Les granules sont acheminés par gravité, via une goulotte d'alimentation, dans le baril d'injection contenant la vis sans fin. Le plastique est fondu par apport de chaleur dans l'unité d'injection (température pouvant atteindre 200°C) et la matière se déplace dans le baril d'injection grâce à la vis sans fin. Cette vis, en translatant vers le moule, sert aussi de piston pour injecter le plastique fondu sous pression dans les empreintes du moule fermé, à travers la buse communiquant avec un orifice de la partie fixe du moule installée sur le plateau fixe. Les empreintes ont une température pour permettre de refroidir le plastique fondu injecté et de le solidifier. Durant le refroidissement des pièces, la vis sans fin translate vers la trémie pour se charger en granules et se préparer pour la prochaine injection. Après

un délai prédéterminé laissant aux pièces le temps de se solidifier, le moule s'ouvre. Une fois le moule ouvert, les éjecteurs sortent pour extraire les pièces moulées ou les décoller afin de faciliter leur extraction par un robot (équipement périphérique). Une fois les pièces extraites, le mécanisme de fermeture génère le mouvement de fermeture du plateau mobile : la partie mobile du moule se rabat sur sa partie fixe, c'est la fermeture du moule. Le moule fermé est donc prêt à recevoir l'injection de plastique fondu et le cycle reprend.

II.5.4 Les caractéristiques d'une presse à injection : [6]

❖ Force de fermeture :

La force de fermeture est la force nécessaire pour maintenir le moule fermé lors de l'injection. Cette force est calculée par rapport à la pression exercée dans le moule pendant l'injection. Elle doit être supérieure à la pression d'injection. Il est obligatoire d'exercer un verrouillage du moule, sinon lors de l'injection, il se produit une ouverture et du toilage sur les pièces.

NOTE : La pression de verrouillage doit-être de 10 à 25% supérieur à la pression d'injection.

❖ Course de fermeture ou d'ouverture :

Elle conditionne la profondeur maximale des pièces moulables. La course d'ouverture doit être au moins égale au double de cette profondeur. La course de fermeture peut être réglable en vue d'obtenir un gain sur le temps d'ouverture lorsque les pièces produites sont peu profondes.

❖ Passage entre colonnes :

Il détermine la largeur maximale du moule exploitable, à moins d'équiper la presse avec une colonne démontable, solution devenue assez courante.

❖ Dimensions des plateaux :

Elles fixent les valeurs extrêmes possibles pour l'une des dimensions transversales du moule.

❖ **Epaisseur de moule minimale :**

Il est inutile d'obtenir une fermeture complète des plateaux lorsqu'aucun moule n'est monté dessus. La distance entre plateaux en position moule fermée, représente alors le moule d'épaisseur minimale exploitable.

❖ **Epaisseur de moule maximale :**

Si l'on veut conserver, pour la course d'ouverture de la presse, la valeur maximale possible en utilisant un moule plus épais que le moule minimal (cas fréquent), il est nécessaire de prévoir un réglage permettant de reculer le plateau mobile par rapport à la position correspondant à celle du serrage minimal. Ce réglage, ajouté à l'épaisseur, du moule minimal, donne l'épaisseur maximale de moule possible dans ces conditions.

❖ **Surface Frontale ou surface projetée :**

C'est la projection de la matière sur la surface totale des empreintes, y compris la surface des canaux d'alimentation ramenée sur un plan.

❖ **Le volume maximale injectable :**

C'est le volume maximal de la matière qu'on peut injecter dans le moule, sur la surface, y compris le volume des canaux d'alimentation. C'est le volume de la zone de dosage.

Systèmes de plastification haute performance

Les systèmes de plastification des presses d'injection doivent remplir plusieurs exigences. En appliquant un rapport L/D de 22:1 sur les trois diamètres proposés pour chaque unité d'injection, il est ainsi possible de travailler dans les meilleures conditions et d'obtenir ainsi une qualité irréprochable.

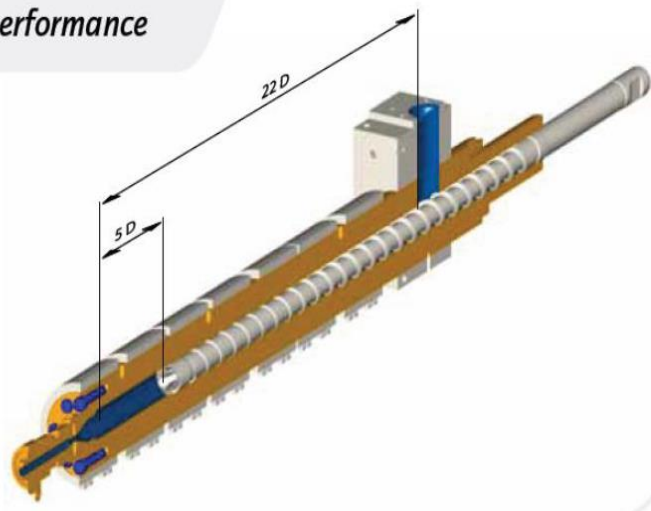


Figure 49 : Vis de plastification et course de dosage.

II.5.5 Les différentes presses d'injection :

Il existe plusieurs types de presse d'injection plastiques, en principe suivant le sens, on distingue deux configurations de presses possibles :

II.5.5.1 Presse horizontale :

Ce type de presse est encore appelé en ligne. L'encombrement au sol est très important, mais cela facilite l'accès à tous les organes. Cela facilite également la mise en place du moule avec un palan. L'éjection des pièces peut être automatisée. Les cadences de travail sont très élevées.

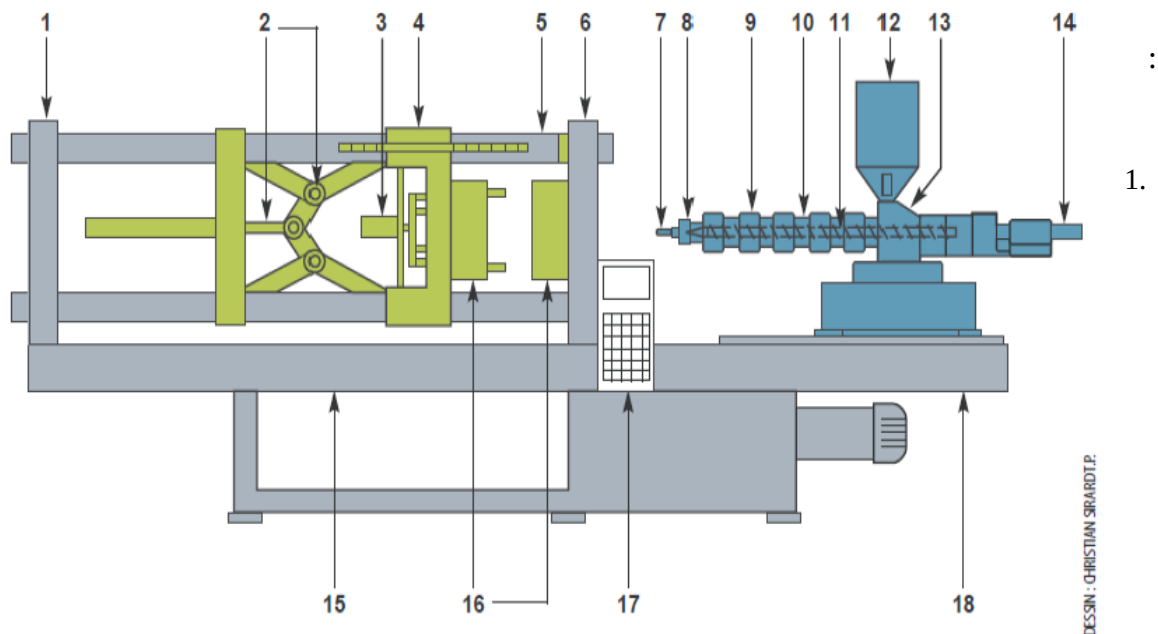


Figure 50 : Presse horizontale.

- | | |
|--|-----------------------------|
| 1. Plateau arrière fixe | 10. Baril d'injection |
| 2. Mécanisme de fermeture - genouillère et vérin | 11. Vis |
| 3. Éjecteur | 12. Trémie d'alimentation |
| 4. Plateau mobile | 13. Goulotte d'alimentation |
| 5. Colonne de guidage | 14. Motorisation de la vis |
| 6. Plateau fixe d'injection | 15. Décharge des pièces |
| 7. Buse d'injection | 16. Moule |
| 8. Tête du baril | 17. Console de commande |
| 9. Bande chauffante | 18. Bâti |

II.5.5.2 Presse verticale :

Cette situation fait que la presse occupe une petite surface, mais la hauteur n'est pas pratique pour l'alimentation. En raison de la faible surface du sol, la stabilité laisse à désirer. L'automatisation n'est pas facile, car l'éjection des pièces est généralement manuelle. Il garde tout intérêt pour le moulage de pièces avec inserts



Figure 51 : Presse verticale.

II.5.6 Les principales unités d'une presse d'injection :

La presse à injecter comprend une unité de plastification/injection et une unité de fermeture, dans laquelle est fixé le moule.

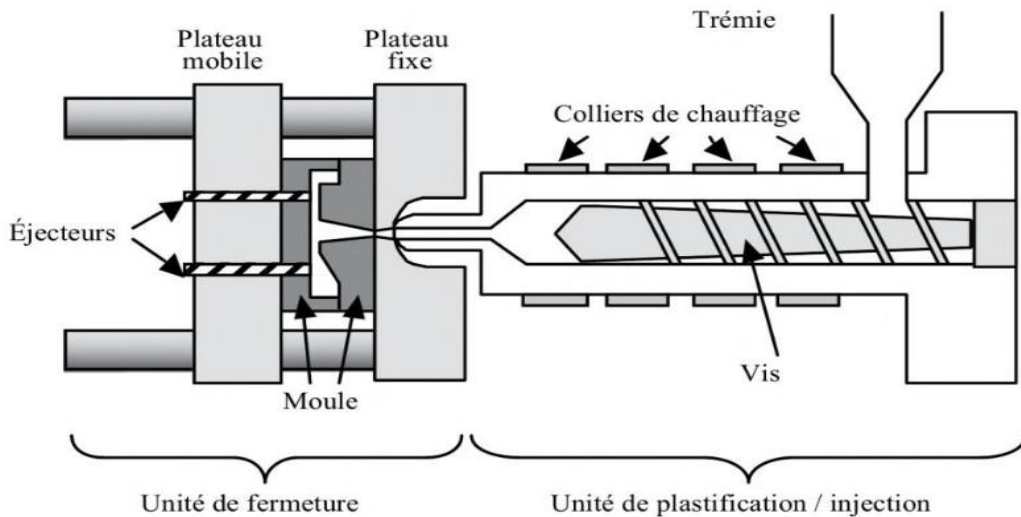


Figure 52 : schéma d'une presse à injecter.

II.5.6.1 Partie injection : [13]

L'unité d'injection est responsable de l'échauffement et de l'injection de la matière du polymère dans un moule, la première partie de cette unité est appelée trémie, elle est constituée de façon à contenir une grande quantité de granulés du polymère, pour le fonctionnement de la trémie ; on entame un premier processus de l'opération et qui consiste à alimenter la machine en matière première, une fois le mécanisme de ce système enclenché on chauffe la matière jusqu'à liquéfaction du polymère. On assure ensuite l'injection du polymère « liquéfié ».

La poussée de la matière est réalisée par un arbre filtré appelé vis avec des gradations de diamètre pour chaque longueur importante, ce dernier aide l'augmentation de la force de poussée de la matière jusqu'au seuil d'injection.

Le refroidissement de cette partie du moule se fait souvent par l'eau, la vis de la machine se déplaçant alternativement selon deux modes : rotation et avancement (ou translation axial) pour réaliser d'augmentation de la poussée de matière plastique avec une grande pression, le tout étant alimenté par un circuit hydraulique, la matière arrive jusqu'au seuil d'injection du moule à l'état fondu. Sous l'effet du frottement se crée une autre forme d'énergie appelée « source de dissipation ».

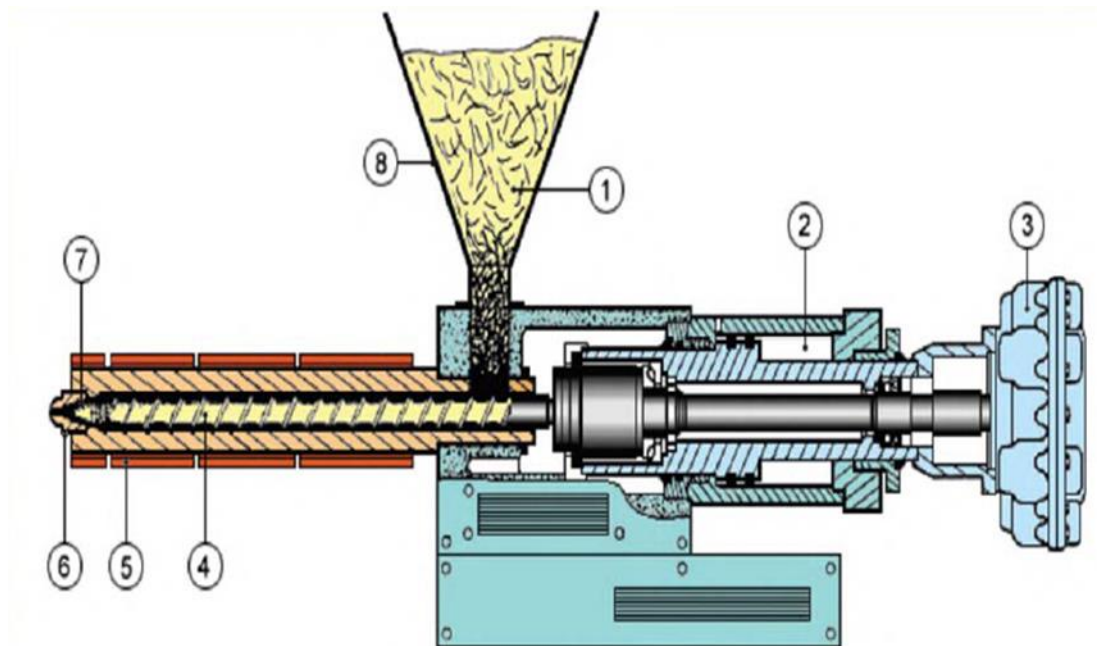


Figure 53 : Unité d'injection.

- 1-Granulés.
- 2-Vérin d'injection.
- 3-Moteur de d'alimentation.
- 4-Vis sans fin.
- 5- Foureau chauffant.
- 6- Buse d'injection.
- 7- Clapet.
- 8- Trémie.

❖ **Les fonctions principales de l'unité d'injection sont :**

- Injection
- Maintien
- Dosage

Le volume injectable s'exprime en CM^3

II.5.6.2 Unité de verrouillage : [14]

L'unité de verrouillage opère de manière à assurer la jonction des deux moitiés de moule durant le remplissage et leur séparation pour l'éjection du produit, ces deux étapes respectivement appeler verrouillage et arrachage du moule, sont synchronisées avec l'opération de l'unité d'injection et coordonner via l'unité de commande.

Les deux moitiés de moule sont fixes aux plateaux fixe et mobile de l'unité de verrouillage. Le plateau fixe est statique et usiner avec un alésage au centre destiné à

accueillir la buse de l'unité d'injection lorsque le plateau mobile se déplace le long de la base de l'unité pour ouvrir et fermer le moule.

Le verrouillage commence lorsque le cylindre du dispositif de fermeture se rétracte en faisant pivoter le dispositif de fermeture entre les extrémités des quatre colonnes de verrouillage et l'avant du piston de verrouillage, le piston de verrouillage s'étend ensuite, tenant le moule fermé en transmettant une force suffisante au carter du dispositif de fermeture et aux colonnes de verrouillage fournit la force requise pour déplacer le piston durant les étapes de verrouillage et d'arrachage du moule.

Une fois la résine est solidifiée le moule s'ouvre pour éjecter les pièces terminées.

L'arrachage de moule commence lorsque le piston de verrouillage se rétracte et le carter du dispositif de fermeture fait reculer les colonnes de verrouillage.

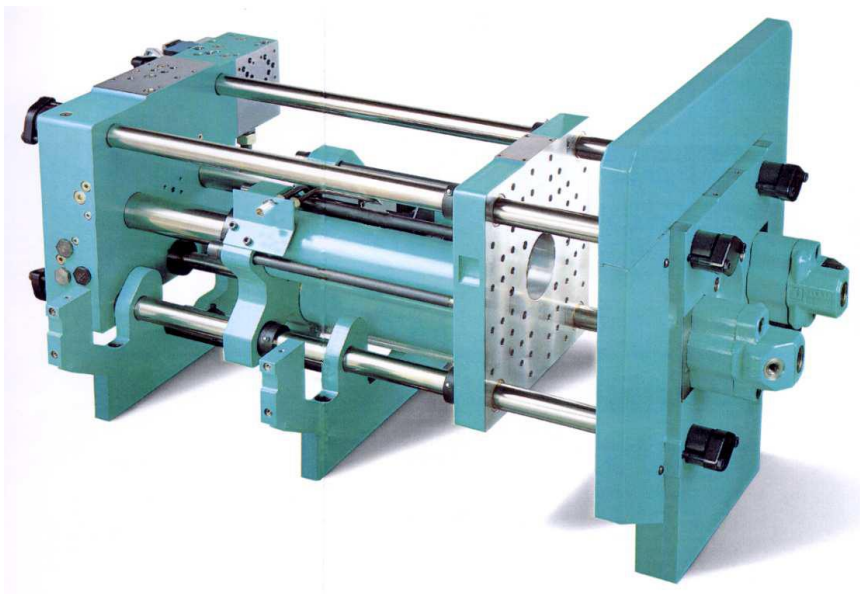


Figure 54 : Exemple d'une unité de fermeture.

❖ **Fermeture mécanique :**

Bien que les mouvements soient assurés par un vérin, elle est appelée mécanique, car l'effort de verrouillage est assuré par les genouillères sur certaine presse lorsque le point d'alignement est dépassé, on peut couper la pression dans le vérin et l'ensemble reste stable.

❖ **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.

❖ **Fermeture mixte :**

Est un compromis entre la fermeture hydraulique et la fermeture mécanique, en effet les mouvements d'ouverture et de fermeture se font uniquement par des genouillères, tandis que le verrouillage est assuré par un ou des vérins hydrauliques.

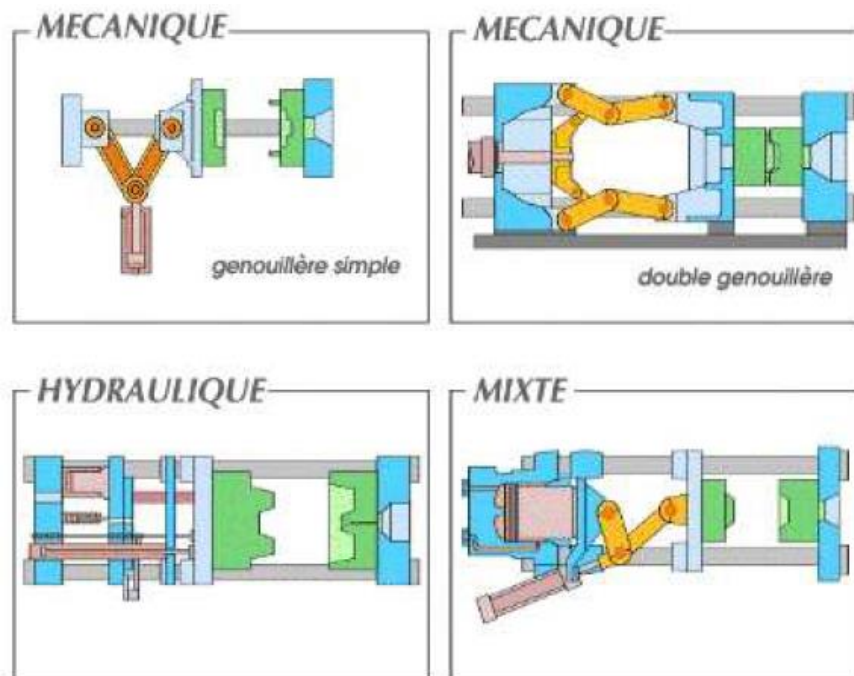


Figure 55 : Différents systèmes de fermeture.

❖ **Les fonctions principales de l'unité de fermeture sont :**

- Fermeture
- Verrouillage
- Déverrouillage
- Ouverture
- Ejection

La force de fermeture s'exprime en TONNE

$$1T = 10 \text{ kN}$$

Son rôle est de :

- Supporter le moule
- Assurer l'ouverture et la fermeture du moule
- Maintenir le moule fermé pendant l'injection.

II.5.6.3 Le moule :

Le moule est la partie la plus importante du processus de moulage par injection. Un moule est une pièce mécanique complexe qui va servir à réaliser un grand nombre de pièces en injectant de la matière plastique ou du métal en fusion dans la cavité prévue à cet effet. Ce moule est utilisé sur une machine appelée presse à injecter. Il est fixé sur le plateau de la presse pour assurer son ouverture, sa fermeture et son verrouillage

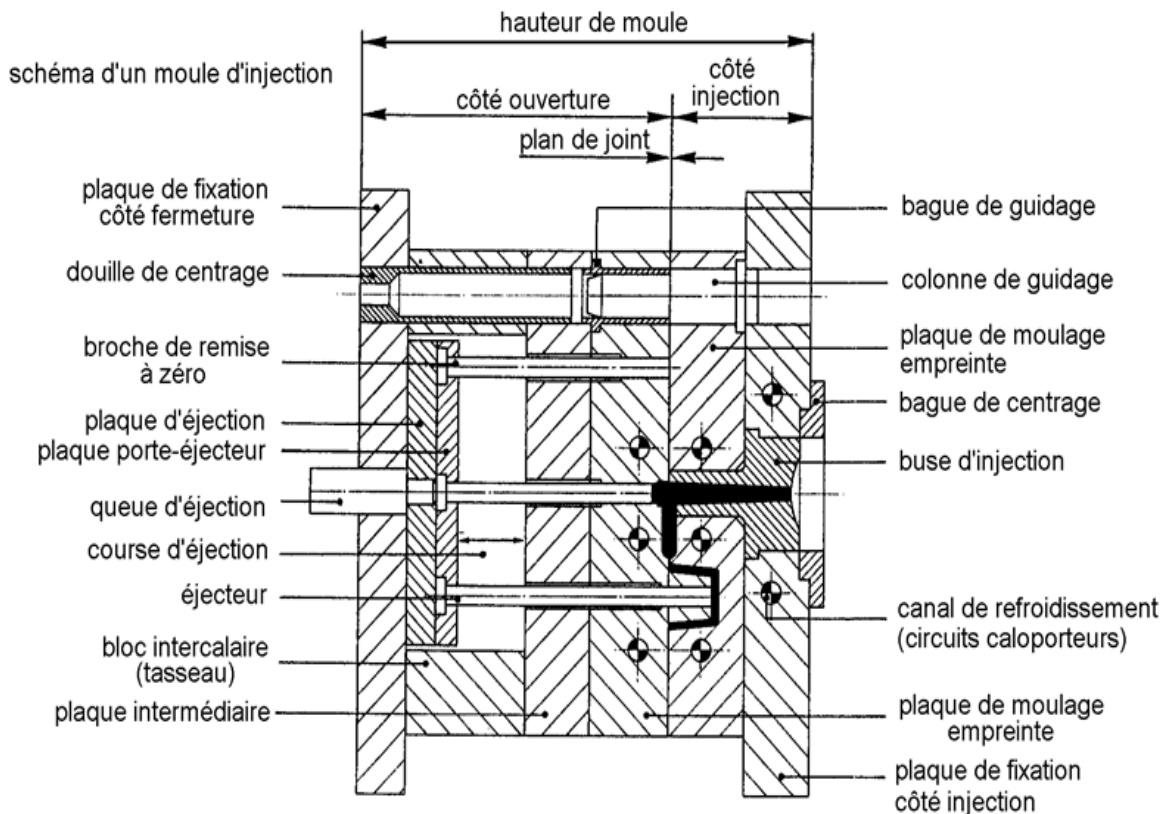


Figure 56 : Structure d'un moule.

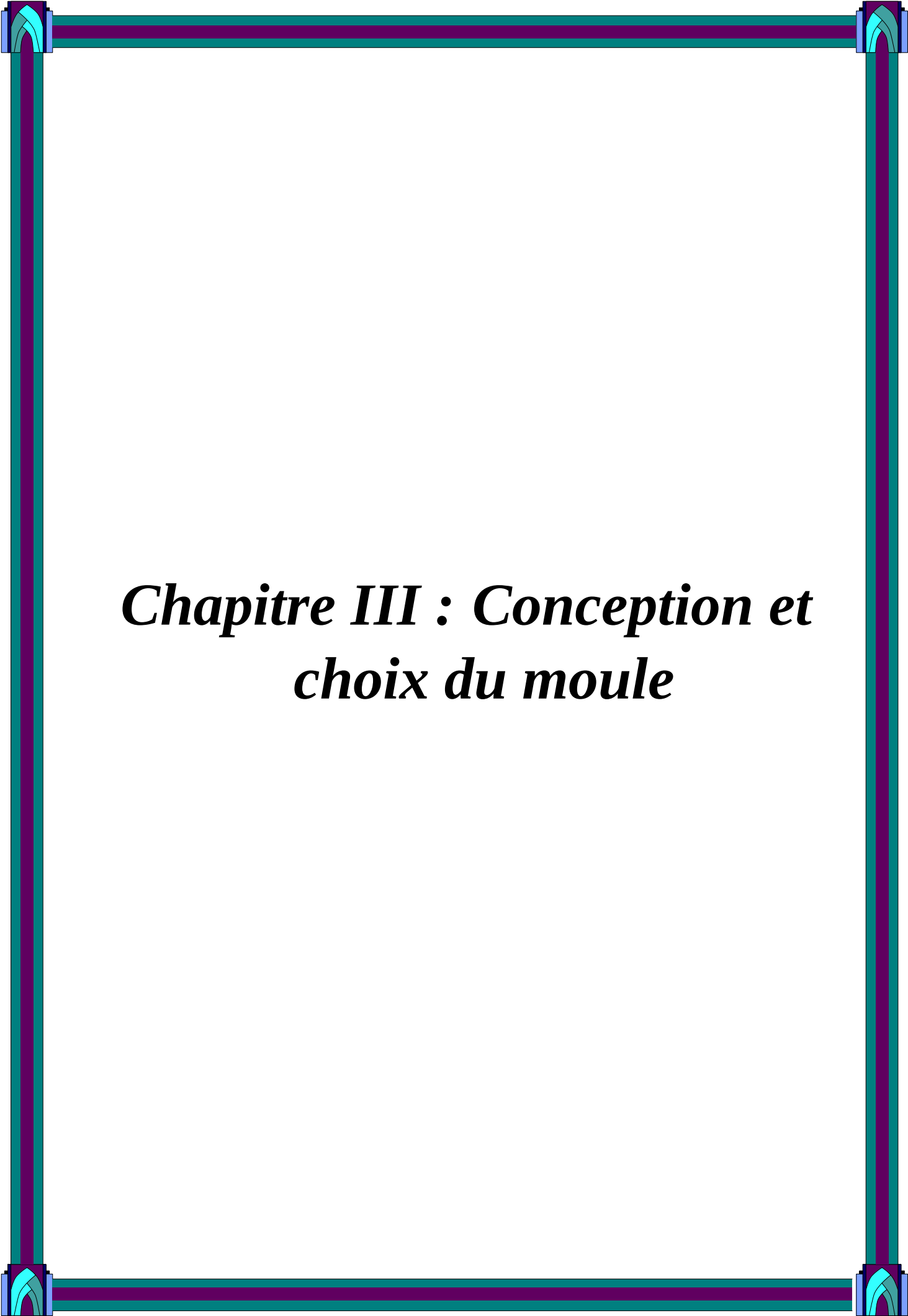
II.5.7 Le cycle de moulage par injection :

- **Le démoulage :** le moule occupe la position de fin d'ouverture qui assure à la pièce l'espace libre pour être éjectée.
- **Fermeture de moule :** ce mouvement commence avec une vitesse lente puis rapide, et se termine de nouveau lentement pour éviter le choc entre les plans de joint et pour donner le temps d'agir au système de sécurité.
- **Verrouillage :** si le système de sécurité n'a décalé aucune anomalie, la commande peut appliquer la force fermeture. Selon système de fermeture, la force est créée par le produit de la surface projetée et de la pression, ou par la mise en contrainte des colonnes.
- **Injection et compactage :** c'est la phase de remplissage de l'empreinte avec la matière plastifiée et le maintien sous pression pour compenser les retraits.
- **Refroidissement :** c'est le temps nécessaire pour que la plastique se solidifie dans le moule. Dans la pratique, on plastifie souvent, pendant ce temps la matière pour le prochain cycle. De plus, si c'est nécessaire au cours de ce temps, on peut séparer la buse du cylindre d'injection du moule.
- **Ouverture du moule :** le plastique étant suffisamment refroidi pour pouvoir être démoulé, la partie mobile du moule s'écarte de la partie fixe.

Pendant le cycle, la plastique fondue se refroidit en passant de la température d'injection (le plus souvent voisine de 200°C ou supérieure) à une température proche de celle du moule, à laquelle l'objet devient solide.

Conclusion :

Les différents procédés de mise en œuvre nous permettant la production en série des pièces avec une grande précision tout type de pièces et de produits finis ou semi finis en plastique.



Chapitre III : Conception et choix du moule

Introduction :

Un moule à injection est un ensemble de pièces métalliques bien assemblées pour remplir une fonction spécifique, et son but est de fabriquer des pièces en plastique de manière automatisée. L'outil se compose d'une partie mobile et d'une partie fixe, séparées par un plan de joint. Un moule est un composant mécanique de très haute précision qui permet de fabriquer des milliers de pièces en injectant de la matière plastique ou du métal en fusion dans une cavité prévue à cet effet. Il est utilisé sur une machine appelée presse à injecter. Le moule se compose de 2 parties principales, une partie fixe pour l'injection de matière et une partie mobile pour la fermeture du moule.

III.1 Cahier des charges :

III.1.1 Présentation de l'enjoliveur supérieur :

Les enjoliveurs supérieurs sont des pièces en plastique (ABS), obtenues par le procédé d'injection, ils se montent sur la partie supérieure de la porte du réfrigérateur tout en lui assurant la rotation par rapport au bâti durant l'ouverture et la fermeture.

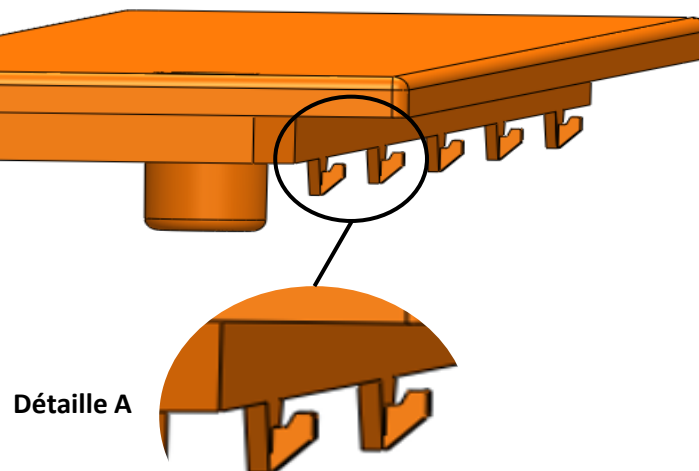


Figure 57 : enjoliveur supérieur.

Tableau 3 : Cahier de charge de la pièce.

Poids (g)	Longueur (mm)	Largeur (mm)	Epaisseur (mm)
229,41	717,97	76,18	2,84

III.1.2 Caractéristique de matériaux de la pièce :

- Point de fusion : 225° C – 245° C
- La capacité thermique massique de l'ABS : $1,8 J^{-1} g^{-1} K^{-1}$
- Coefficient de dilatation linéique : $9,6 * 10^{-6}$
- Conductivité thermique : 0,22 WmK
- Module d' élasticité : 2000 MPa
- Retrait : 0,4% – 0,7%.

III.1.3 L'emplacement de la pièce :

**Enjoliveur
supérieur**

Figure 58 : Réfrigérateur TN2000.

III.2 Les différents familles des moules à injection plastique : [9]

Un moule doit généralement remplir des fonctions, de moulage, éjection, guidage et refroidissements, plusieurs familles de moules trouvent leurs justifications en fonction du :

- Le nombre d'empreintes (1, 2, 4, 8, 16, 32 ...).
- Son architecture : nombre de plaques, tiroirs, coquilles
- Le système d'alimentation : carotte perdue, canaux chauffants
- Le type d'alimentation des empreintes : pin point, en masse, en parapluie, sous-marine, en ligne, en "n" points
- L'éjection des pièces (par éjecteur, bloc d'éjection ou autres)
- La régulation de la température
- La durée de vie (choix des matériaux)

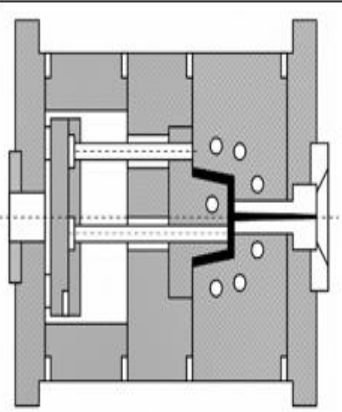
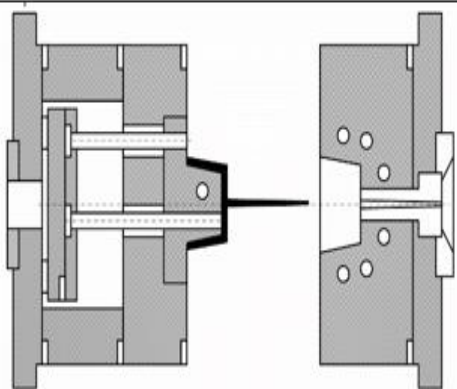
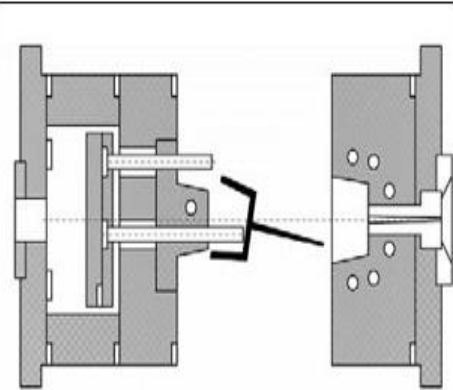
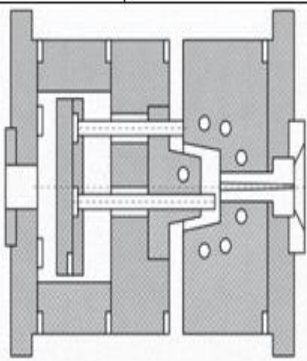
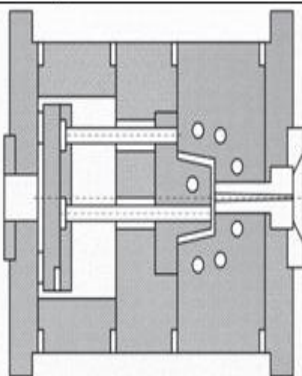
En fonction de ces paramètres on site les grandes familles de moules sont :

- Moule standard (cylindrique ou cubique)
- Moule 3 plaques, Moule multi plaque
- Moule à dévêtissage
- Moule à tiroir, Moule à coins.

III.2.1 Moule à deux plaques :

Le tableau suivant illustre le fonctionnement d'un moule à deux plaques, par les schémas associés.

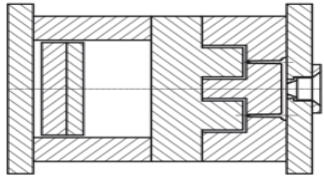
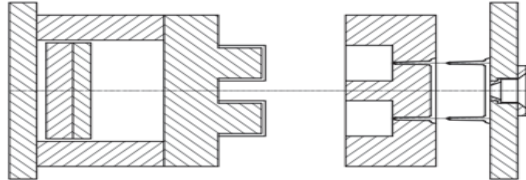
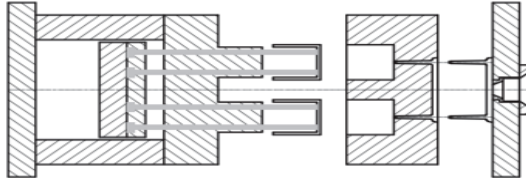
Tableau 4 : Le fonctionnement d'un moule à deux plaques.

			
Moule fermé pendant la phase d'injection et de refroidissement		Ouverture du moule Au plan de joint 1 ^{re} phase du démoulage	
			
Moule ouvert : Complètement 2 ^{ème} phase du démoulage : Ejection de la pièce	Pièce éjectée : fermeture du moule avec retour de La batterie d'éjection	Moule fermée : prêt pour Un nouveau cycle.	

III.2.2 Moule à trois plaques :

Le tableau suivant illustre le fonctionnement d'un moule à trois plaques, également on rencontre dans l'industrie des moules à plusieurs plaque utilisant le même principe, la chronologie des ouvertures, se fait les priorités définis par le concepteur, principalement on a un plan de joint carotte et un plan de joint pièce.

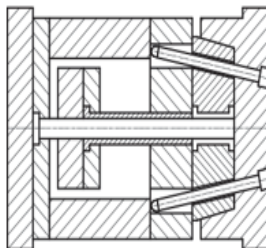
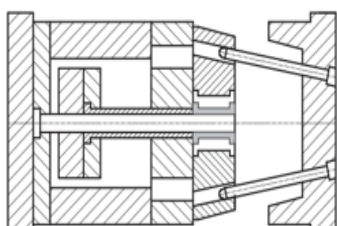
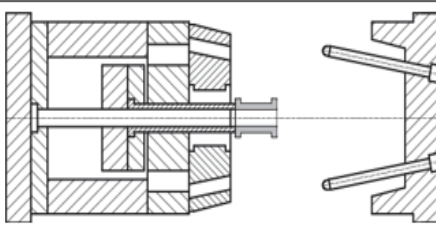
Tableau 5 : Le fonctionnement d'un moule à trois plaques.

le moule à 2 plans de joint : 1 plan de joint pour la carotte 1 plan de joint pour la pièce.	
1ère ouverture au niveau du plan de joint carotte (impératif pour une bonne casse du point d'injection) 2ème ouverture au niveau du plan de joint pièce	
Ejection de l'article, par les batteries d'éjection (des éjecteurs cylindriques).	

III.2.3 Moule à tiroir :

Les moules à tiroir forment des solutions particulières pour permettre d'injecter des pièces présentant des contre dépouilles, leur fonctionnement est présenté par le tableau suivant :

Tableau 6 : Le fonctionnement d'un moule à tiroir.

Moule fermé et les deux plaques portes empreintes fermées	
La partie du moule recule, les doigts de démoulage guident les deux plaques portes empreintes lors de leurs ouvertures par l'intermédiaire des ressorts	
Les batteries d'éjection avance sous l'effet du vérin et les éjecteurs tubulaire poussent les articles pour les éjecter	

III.2.4 Moule à canaux chauds :

La matière dans les canaux de transfert reste à la température de moulage jusqu'à l'entrée de l'empreinte, ce qui se traduit par une diminution des pertes de matière et un gain de productivité, en effet le temps de solidification de la matière n'est plus que celui propre de la pièce, de même que l'on gagne le temps de remplissage du système d'alimentation.

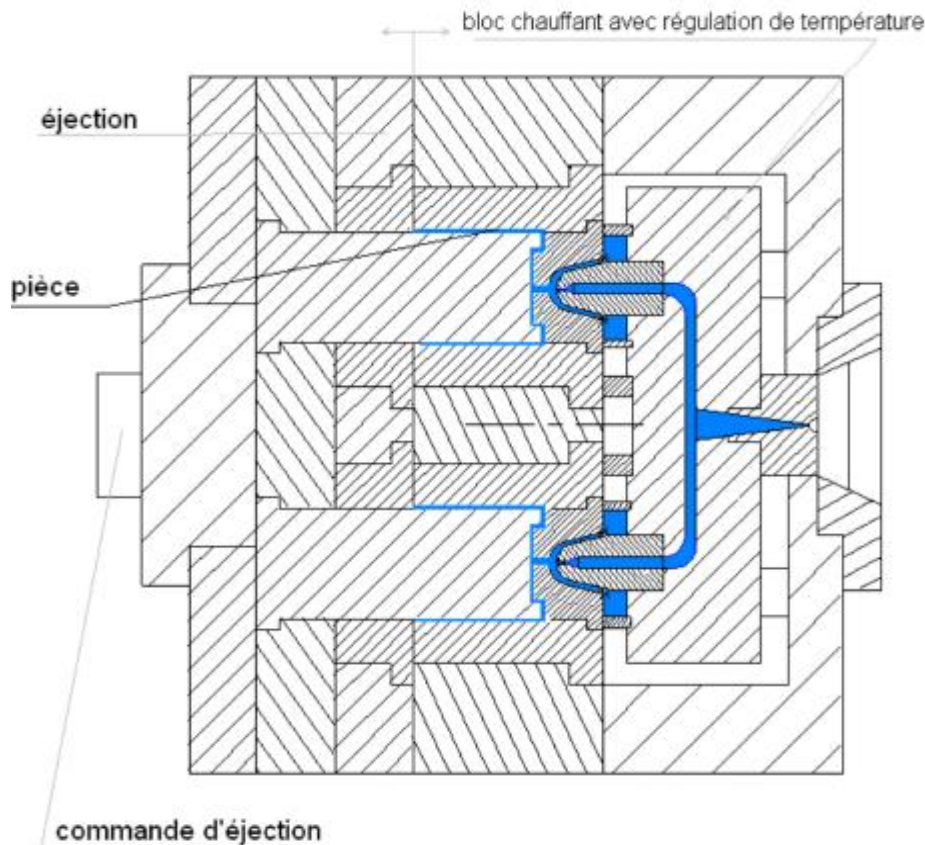


Figure 59 : Moule multi-empreintes Canal chaud – bloc chaud.

Dans cette technique une partie des éléments de transfert garde la matière chaude tandis qu'une autre solidifie des petits canaux (cas des petites pièces ou d'injections latérales décalées de l'axe de la machine). Ce compromis permet de limiter les investissements, notamment sur les busettes. Les petits canaux ne produisant que peu de déchet, ne perturbent pas le temps de refroidissement.

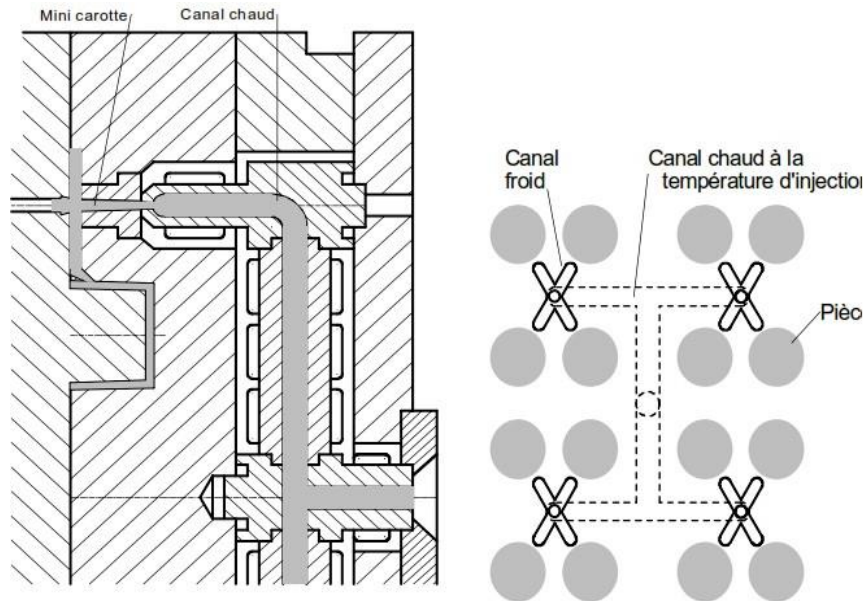


Figure 60 : Moule multi-empreintes Alimentation mixte : canaux chauds + canaux froids.

III.2.5 Moule à coquilles :

Ce moule permet de réaliser les contre dégrossies extérieures, mais il est toujours demandé de prendre soins de la fermeture du moule et surveiller la fermeture de la machine. Les phases d'ouverture de ce type de moule sont similaires à celles du moule à trois plaques, les sens d'ouverture par contre les différencient.

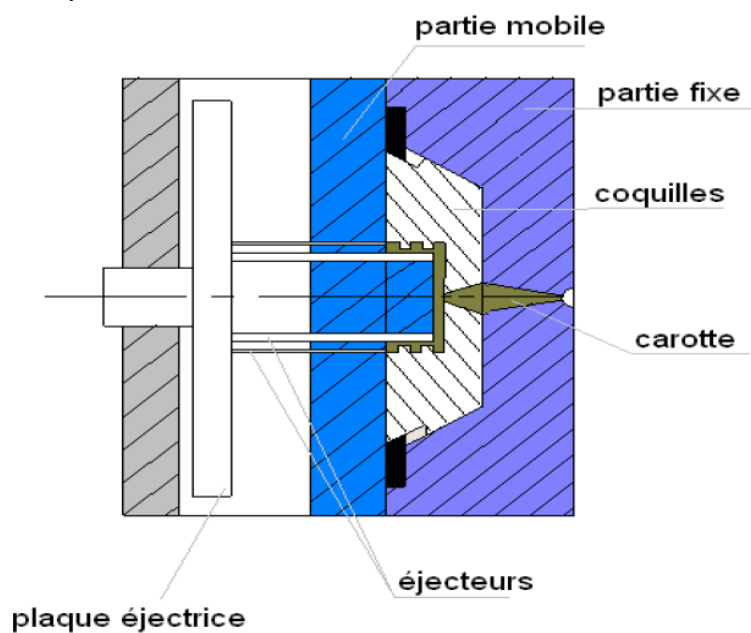


Figure 61 : Moule à coquille.

III.3 Les fonctions d'un moule à injection plastique :

III.3.1 Fonction mise en forme :

Elle doit permettre d'obtenir une pièce conforme au cahier des charges mais surtout une pièce qui soit démoulable sans problème.

III.3.1.1 Forme de la pièce injectée :

La forme de la pièce se fait par l'empreinte qui se répartit entre les deux parties (fixe et mobile) du moule et d'autre éléments auxiliaires tels que (tiroirs-cales montantes-noyaux).

III.3.1.2 Règles de dessin :

III.3.1.2.1 Retrait :

La pièce moulée est plus petite que l'empreinte du moule.

Tableau 7 : Caractéristique des matières plastique.

Désignation	Pression d'injection (en bars)	Température d'injection (en °C)	Température des moules (en °C)	Retrait %	Préchauffage (en °C)	Recuit (en °C)
PVC rigide	1000-1800	170-210	30-60	0.2-0.5		
PVC souple	300	170-200	20-60	1.0-2.5		
PVC .C	1000-1800	180-210	40-80	0.4-0.5		
PS	500-1000	160-250	20-50	0.2-0.6	70-80	
SB	500-1000	160-250	50-70	0.7	70-80	
SAN	500-1000	200-260	40-80	0.5-0.6	70-80	
ABS	500-1000	180-240	50-85	0.4-0.7	75-80	
ASA	500-1000	200-250	60-80	0.4-0.7	70-80	
PMMA	400-1500	200-250	50-90	0.3-0.8	70-100	
ACRYLIQUES	1200-2000	190-250	50-120			
PEBD	500	160-240	20-50	1.2-3.5		
PEHD	1200-1500	240-300	50-70	2-4		
PP	1000-1500	170-270	50-100	0.8-2.0		
PB		>190				
CA	800-1200	165-190	40-70	0.4-0.7	80	
CAB	600-1000	160	40-70	0.2	80	
CP	500-1000	160	40-70	0.2	80	
PA	500-1000	210-290	30-120	0.9-2.2	80	
PTFCE	1600-2500	230-285	90			
FEP	1600-2500	320-360	120-180			
PUDF	1200-1500	200-290	90-100			
PTFE	1200-1500	260-320				

PEIP	1000	250	30-140	0.7-1.0	75-90	
PBTP	1000-1700	230-270	30-60	1.0-2.0	120-160	
Polyaretanes	400-1000	180-200	20-90	1.0-2.0	100-110	80-120
PC	800-1200	280-320	80-120	0.2-0.8	120-130	
POM	800-1700	180-230	50-120	1.0-3.5		110-140
PPO	1000-1400	260-350	25-110	0.5-0.7	110	
PES	1200	330-400	140-160		120-130	
PSO	1200	330-400	100-160		120-130	
PPS	750-1500	310-350	40-180			140

III.3.1.2 Notion de dépouilles et contre dépouilles : [15]

❖ Forme non dépouillée :

Le démoulage est difficile, voire impossible car il y a un frottement important entre les formes moulantes de l'empreinte (poinçon) et la matière solidifiée. Ces frottements sont dus essentiellement au retrait de la matière lors de son refroidissement dans l'empreinte.

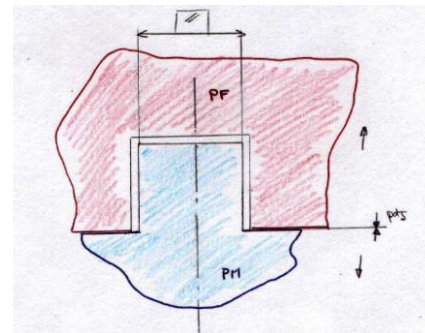


Figure 62 : Forme non dépouillée.

❖ Forme dépouillée :

Mettre des angles de dépouilles facilite le démoulage de l'empreinte. En général les angles de dépouille intérieure sont plus importants que les angles de dépouilles extérieures (retrait)

β : angle de dépouille intérieure.

α : angle de dépouille extérieure.

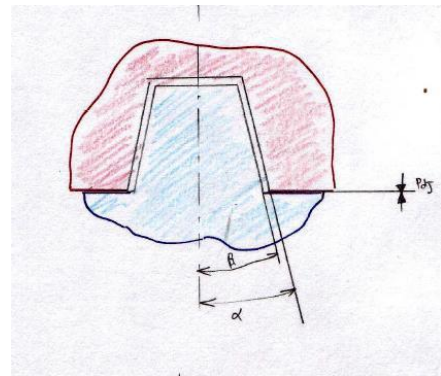


Figure 63 : Forme dépouillée.

❖ **Forme en contre dépouille :**

C'est la surface formant empêchant un démoulage dans une direction perpendiculaire au plan de joint.

Lors de la conception d'une pièce on évitera au maximum les surfaces en contre-dépouille car elles entraînent un moule plus couteux et plus complexe.

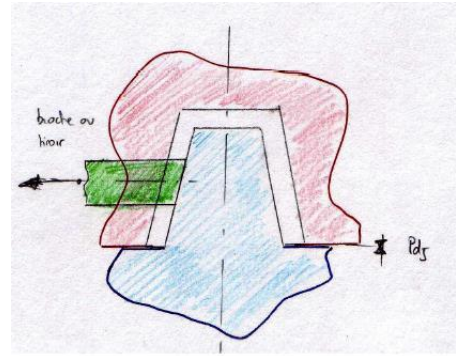


Figure 64 : Forme en contre dépouille.

III.3.1.2.3 Congés :

Des rayons de 0.3 à 0.5 mm à la place des angles vifs.

III.3.1.2.4 Localisation des traces de moulage :

Les traces de lignes de soudure, seuils d'alimentation, éjecteurs, soient localisées dans des endroits peu visibles pour ne pas nuire à l'aspect de la pièce.

III.3.1.3 Choix des plans de joint :

III.3.1.3.1 Le plan de joint :

Il est matérialisé par un plan tangent commun à la partie fixe et à la partie mobile de l'outillage. Il peut être décalé en fonction de l'outillage (tiroirs, poinçon...). Dans certains outillages on peut en avoir plusieurs (moules 3 plaques).

❖ **Position du plan de joint :**

Le plan de joint est tributaire de la géométrie de la pièce, parfois imposé par un petit détail de forme (arrondi, chanfrein...)

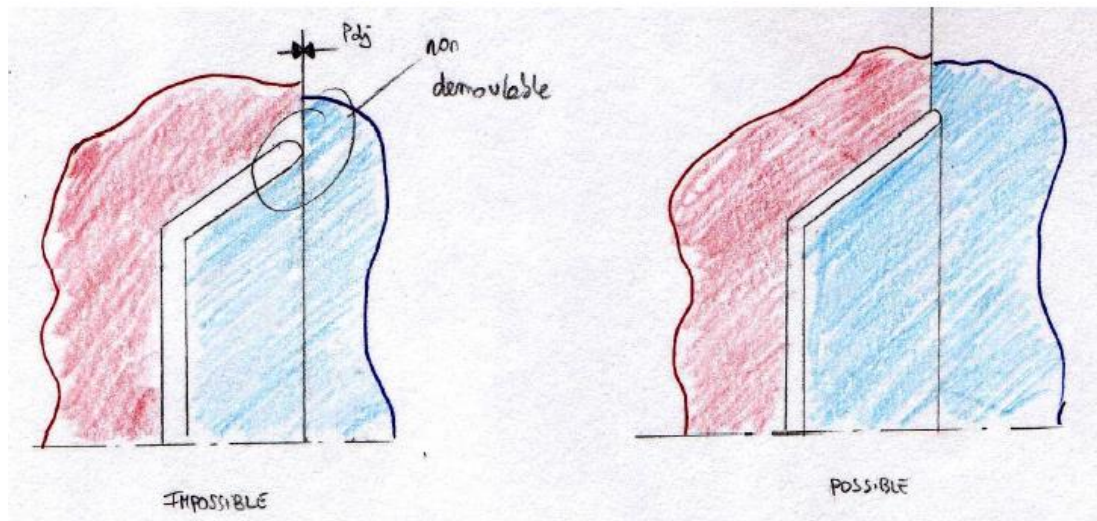


Figure 65 : Position du plan de joint.

Remarque : pour un plan de joint décalé, il faut faire attention aux approches tangentielles lors de la fermeture de l'outillage. Elles engendrent des frottements, des usures, des fuites de matières plastiques, des bavures. Il est préférable si possible les approches obliques.

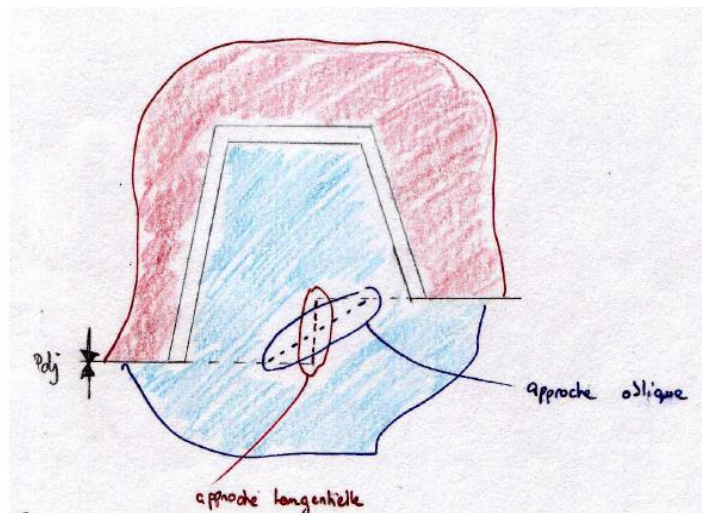


Figure 66 : Plan de joint incliné.

Les facteurs qui influent sur le nombre de plan sont :

- La géométrie de la pièce.
- Le nombre d'empreintes.
- Le type d'injection.
- Le principe de démoulage.

III.3.1.3.2 La ligne de joint :

Les lignes de joints sont des « marques » sur la pièce démoulée qui résultent du contact de différents éléments de l'outillage participant au morcelage de l'empreinte.

Il existe 3 types de lignes de joints :

❖ **La ligne de joint extérieure ou externe :**

On appelle ligne de joint extérieure la trace que le plan de joint de l'outillage laisse sur les pièces. Elle résulte du contact entre la partie mobile et la partie fixe de l'outillage. Elle sera toujours une ligne dite « fermée ». Plus l'outillage sera soigné et de qualité, moins la ligne de joint sera visible.

❖ **La ligne de joint intérieure ou interne :**

On appelle ligne de joint interne la trace que laisse les éléments de formes moulantes tels que les broches, les poinçons et les noyaux. Lorsque ces derniers viennent en contact avec la partie opposée du moule (fermeture).

❖ **La ligne de joint auxiliaire :**

On appelle ligne de joint auxiliaire la trace laissée par les éléments moulants tels que les tiroirs et les cales pentées.

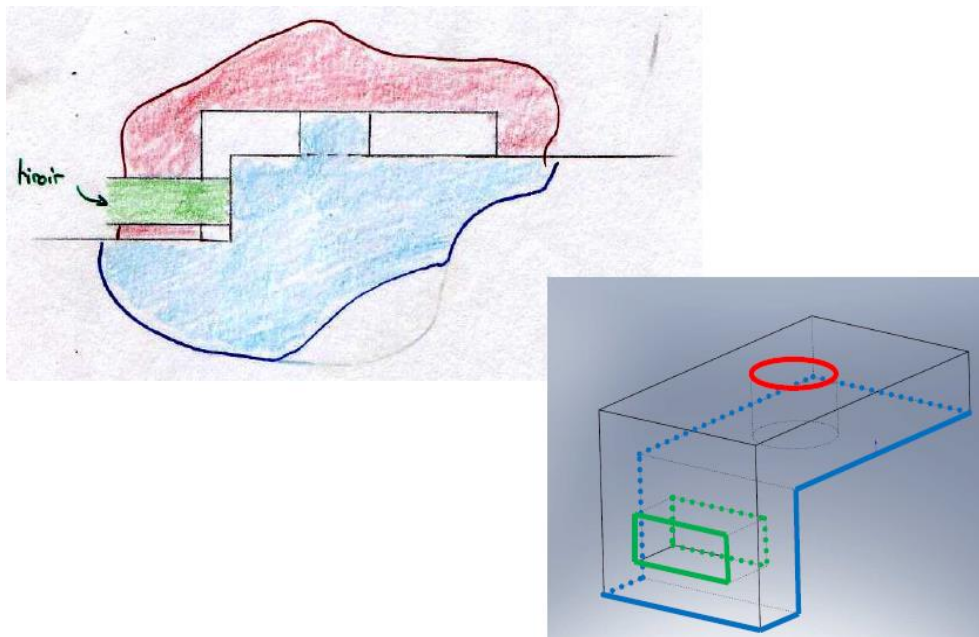


Figure 67 : ligne de joint auxiliaire.

III.3.2 Fonction alimentation :**III.3.2.1 Nombre et disposition des empreintes dans un moule :**

La dimension de l'empreinte doit tenir compte du retrait volumique de la matière à mouler. Le nombre d'empreinte dépend du volume de la pièce, c'est un des aspects les plus importants de la conception des moules à empreintes multiples.

Si la pièce est volumineuse, on se limite à une seule empreinte et si elle est petite, on réalise plus d'une empreinte, selon les possibilités pour produire des grandes quantités de pièces en un temps réduit.

Comme il est aussi fonction de trois critères :

- Capacité d'injection de la machine.
- Distance entre colonnes.
- Distance minimum et maximum entre plateaux et la course du plateau mobile.
- Poids ou le volume maximum injecté.

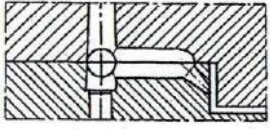
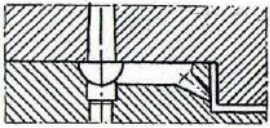
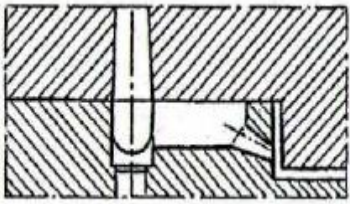
Les règles élémentaires à respecter sont :

- Grouper les empreintes dans un cercle ayant pour centre la carotte.
- Le remplissage des empreintes doit être simultané et à températures identiques.
- Les canaux d'alimentation seront toujours les plus courts possibles.
- Prévoir suffisamment de place entre les empreintes pour la régulation ainsi que l'éjection.
- L'épaisseur des parois entre les différentes empreintes doit être suffisante pour éviter les déformations dues à la pression dans l'empreinte

III.3.2.2 Technique d'alimentation :**III.3.2.2.1 Canaux d'alimentation :**

Ils assurent la conduite de la matière plastique de la buse jusqu'aux seuils ou canaux secondaires.

Tableau 8 : Forme des canaux.

❖ Canaux à section circulaire : ils garantissent un débit maximal de matière et un temps de refroidissement minimal. L'état de surface doit être de bonne qualité pour réduire les pertes de charge.	Cercle :  Demi-cercle : 
❖ Canaux à section trapézoïdale : ils garantissent un débit moyen et un refroidissement plus rapide.	

Lors de la conception des canaux il faut respecter certaines règles :

- Il faut tenir compte d'abord de l'épaisseur de la paroi de la pièce moulée. Le diamètre du canal ne doit à aucun endroit être inférieur à l'épaisseur de la paroi. A partir du point d'injection, le diamètre du canal à chaque ramification doit s'élargir afin de conserver un taux de cisaillement presque constant.

Il faut éviter d'alimenter les empreintes les unes au travers des autres. Les dernières cavités ne recevront que de la matière refroidie.

- Il faut que la longueur des canaux soit la même pour chaque empreinte.
- Afin de limiter les pertes de charges, il faut éviter les changements brusques de direction, et donc placer des congés de raccordement.
- Il faut également réduire au minimum la longueur des canaux. On prendra quelques exemples de dispositions.

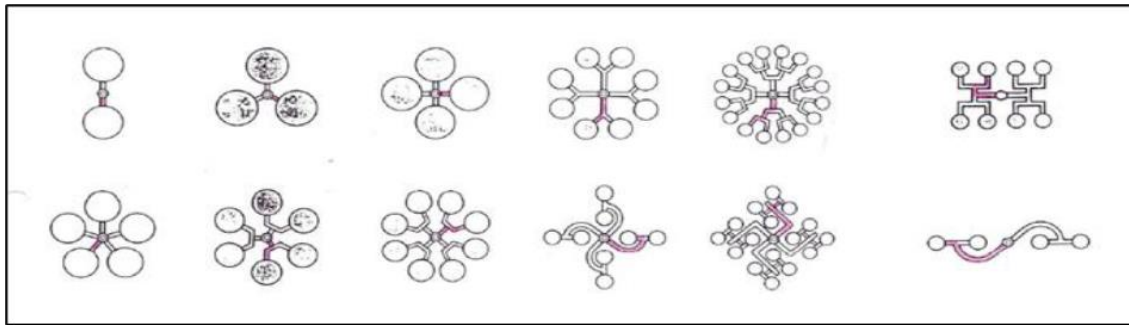


Figure 68 : Systèmes de canaux équilibrés.

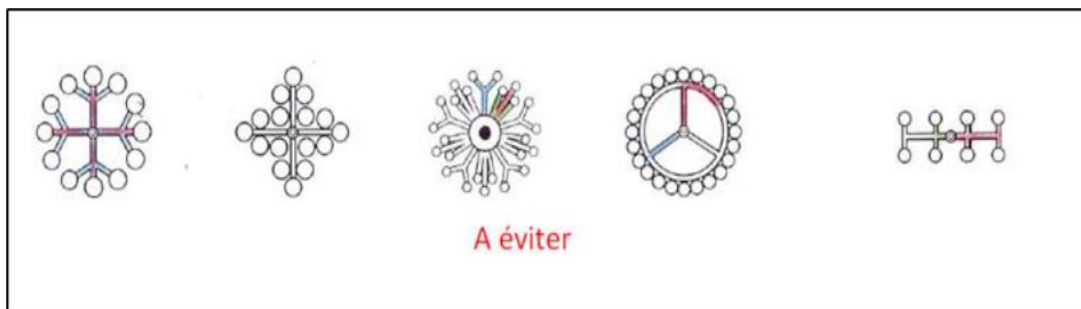


Figure 69 : Systèmes de canaux non équilibrés.

❖ Pour éviter que la goutte froide provenant de la buse n'atteigne le moulage, la carotte doit toujours être prolongée (piège à goutte froide). Cela permet d'intercepter la goutte froide.

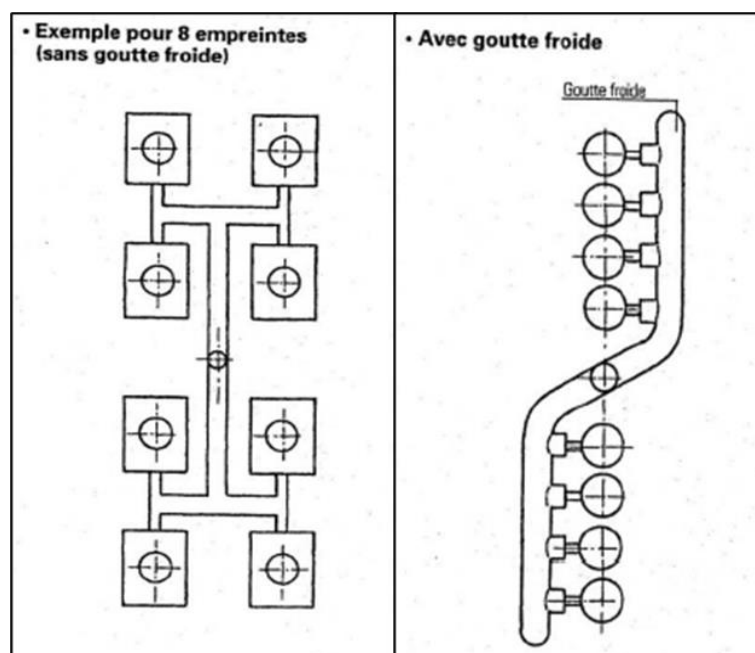


Figure 70 : exemple pour 8 empreintes (sans et avec goutte froide).

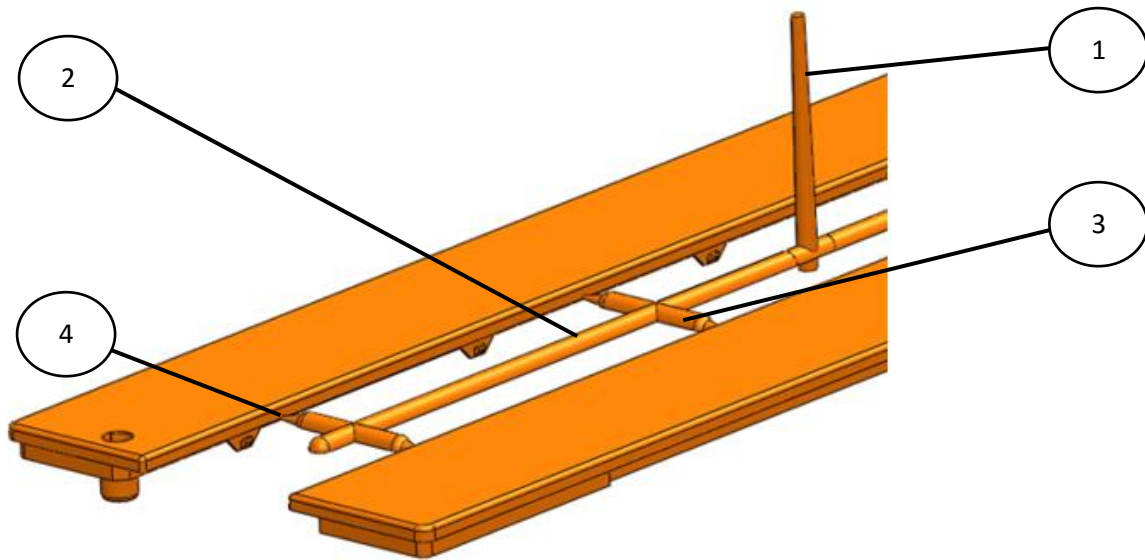


Figure 71 : Représentation d'un canal d'alimentation.

1 Carotte

2 Canal principale

3 Canal secondaire

4 La seuille

III.3.2.2.2 Le point d'injection : [16]

La bonne réalisation d'une pièce est conditionnée par un bon écoulement de la matière ainsi que la bonne fermeture de l'outillage.

Pour cela la position du point d'injection est importante :

- Il doit permettre un écoulement équilibré de la matière et une soudure interne correcte.

Le meilleur point d'injection de la matière est le centre de gravité de la pièce.

- S'il existe un obstacle dans l'empreinte, il est conseillé de placer le seuil en face, de telle façon à diffuser la matière dans l'empreinte par déflexion.

- Placer le seuil sur une cavité de grand volume, en guidant la matière vers les volumes les plus petits.

- La longueur du point d'injection est un facteur particulièrement important. Elle doit être inférieure à 1 mm pour éviter une solidification prématurée à cet endroit.

- En règle générale, l'épaisseur du point d'injection doit être égale à 50 à 75% de l'épaisseur de paroi de la pièce.

III.3.2.2.3 Les types de seuil d'injection : [15]

❖ Définition :

Le seuil d'injection est le point où la matière pénètre dans l'empreinte du moule.

Utilise pour les matières visqueuses

❖ Seuil en masse ou direct :

A : Très bon remplissage

Bonne stabilité dimensionnelle de la pièce

I : Opération de reprise pour enlever la carotte

Trace non esthétique sur la pièce

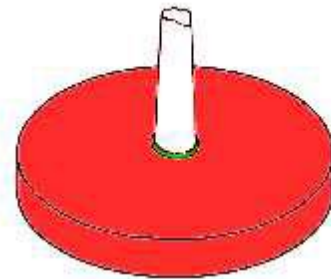


Figure 72 : Seuil en masse ou direct.

❖ Seuil annulaire :

Utilise pour la réalisation de pièce cylindrique ayant des noyaux

A : Remplissage uniforme de l'empreinte

I : Opération de reprise pour enlever la carotte

Déchets importants

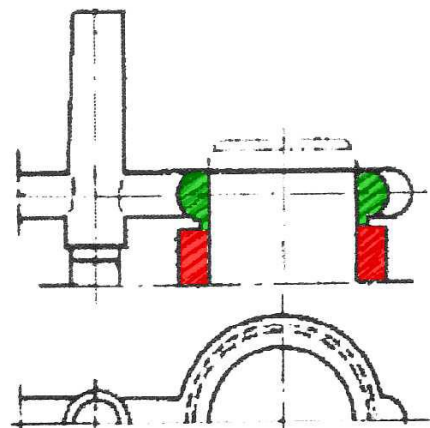


Figure 73 : Seuil annulaire.

❖ **Seuil conique ou en éventail :**

Utilisé pour les pièces de révolution symétrique avec noyau

A : Permet un écoulement équilibré de la matière autour du noyau

Peut permettre un dégrappage automatique

I : Déchets

Opération de reprise

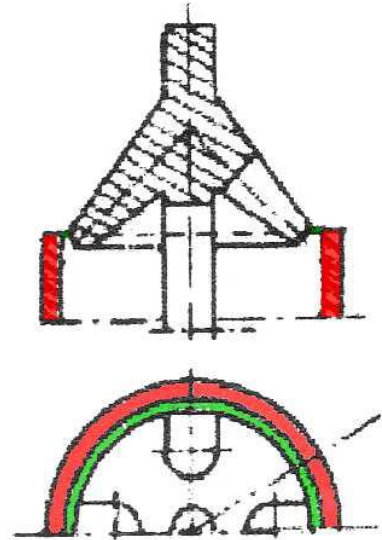


Figure 74 : Seuil conique ou en éventail.

❖ **Seuil capillaire :**

Utilisé avec un moule canaux chauds (sans carotte) ou un moule 3 plaques

A : Démoulage automatique et faible trace sur la pièce

I : Uniquement pour les matières fluides

Coût du moule élevé.

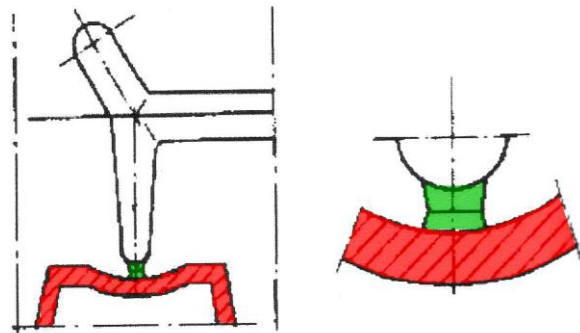


Figure 75 : Seuil capillaire.

❖ **Seuil en nappe :**

Utilisé pour des pièces plates de grande dimension devant présenter un faible voilage

A : Bonne qualité dimensionnelle

I : Opération de reprise

Esthétisme

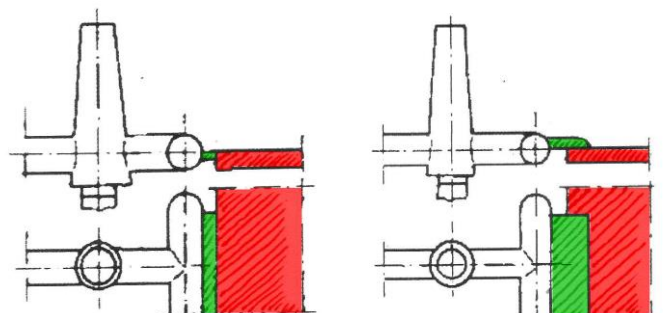


Figure 76 : Seuil en nappe.

❖ **Seuil sous-marin :**

Utilisé pour les petites pièces et dans un but de d'égrappage automatique

A : D'égrappage automatique

I : Uniquement pour les pièces simples car grosse perte de pression

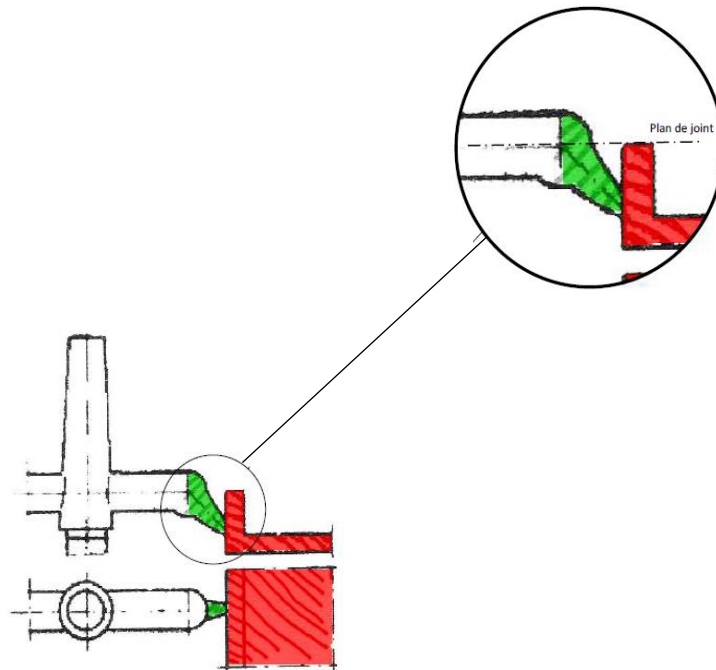


Figure 77 : Seuil sous-marin.

❖ **Seuil à tunnel courbe**

Utilisé pour les pièces minces d'aspect

A : D'égrappage automatique

I : Usinage coûteux

Ne convient pas à toutes les matières

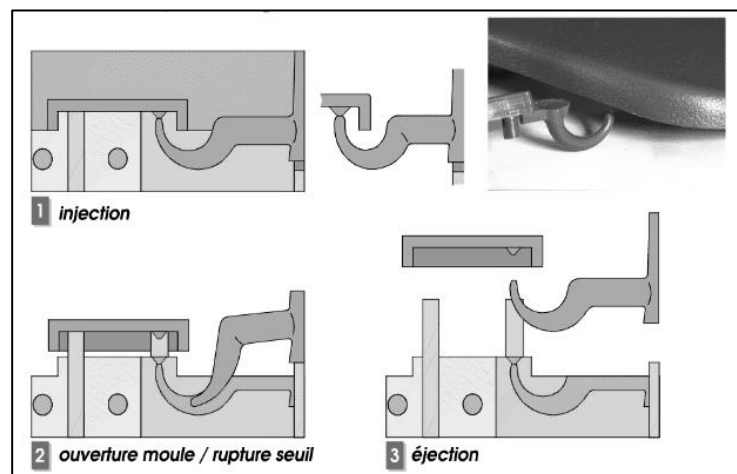


Figure 78 : Seuil à tunnel courbe.

- **Recommandations pour un positionnement optimum du seuil :**
 - Toujours chercher à positionner le point d'injection dans la zone présentant la plus grande épaisseur de paroi.
 - Ne jamais positionner le seuil près de zones soumises à de fortes contraintes.
 - Pour les pièces longues, le seuil sera si possible positionné longitudinalement, de préférence à une position transversale ou centrale, notamment dans le cas de résines renforcées.
 - Si le moule possède deux cavités ou plus, les pièces et leurs points d'injection seront disposés de façon symétrique par rapport à la carotte.
 - Pour les pièces comportant des charnières intégrées, le seuil sera positionné de telle sorte que la ligne de soudure soit éloignée de la charnière. Les interruptions d'écoulement près des charnières doivent être évitées à tout prix.
 - Pour des pièces tubulaires, le fondu devra d'abord remplir la circonférence annulaire à une extrémité, puis la longueur du tube proprement dit. Cette procédure permettra d'éviter l'asymétrie du profil de l'écoulement frontal.
 - Les surfaces apparentes ne devant présenter aucun défaut visuel (comme par exemple des marques de référence) pourront être moulées à partir d'un point d'injection situé sur leur face inférieure, en utilisant une alimentation par seuil sous-marins.
 - Positionner le point d'injection de façon à éviter autant que possible les interruptions de l'écoulement frontal (pièces complexes, moules à empreintes multiples de formes différentes, etc.), même brèves, durant le remplissage.

III.3.2.2.4 La buse d'injection :

Après fermetures du moule, la buse de la machine est forcée contre la buse d'injection pour fermer hermétiquement le point de transition entre la presse et le moule qui est alors soumis à une grande force locale relativement rapide, c'est la raison pour laquelle on utilise des pièces rapportées (inserts).

- Contact plan : rarement utilisé nécessité de grande pression de contact.
- Contact courbé : plus souvent utilisé pour un meilleur contact.

- $dN \geq dS + 1$.

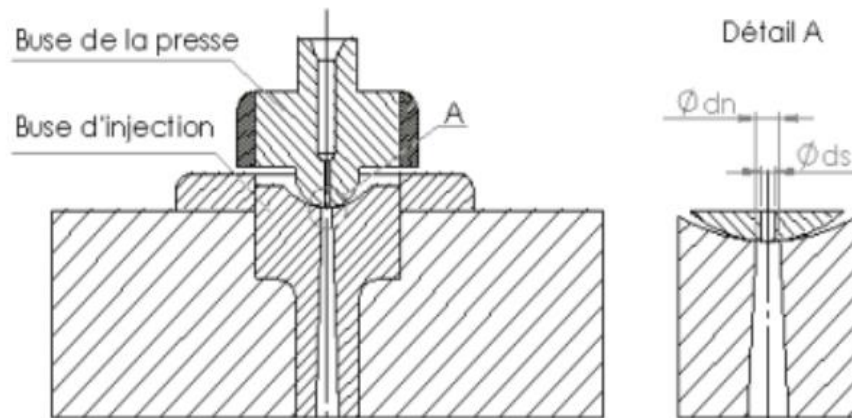


Figure 79 : Contact courbé entre buse de la presse et buse d'injection.

Afin d'extraire la carotte de la buse lors de l'ouverture du moule, il faut :

- Une cheminée de forme conique est croissante.
- Sans aspérités, la cheminée doit avoir une conicité de 4° environ (8%).
- Rayon Buse Moule > Rayon Buse Presse pour éviter les bavures.
- Diamètre de base > Largeur canal primaire ou épaisseur maxi de la pièce.

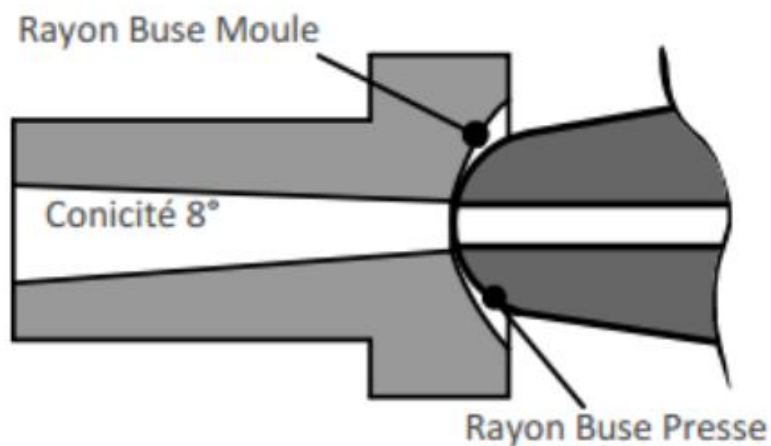


Figure 80 : Contact courbé entre buse de presse et buse d'injection.

III.3.3 Fonction refroidissement :

Le système de refroidissement est formé d'un circuit d'eau fermé, il est intégré à l'intérieur du moule. Le refroidissement (à eau) est réglé suivant les caractéristiques thermiques de la matière plastique.

III.3.3.1 Circuit de refroidissement :

L'échange thermique entre le plastique injecté et le moule est un facteur décisif dans les performances économiques d'un moule d'injection. La chaleur doit être extraite du matériau thermoplastique jusqu'à ce qu'il ait atteint l'état stable recherché pour pouvoir être démoulé. Le temps total de refroidissement intègre la séquence de compactage, même si celle-ci est décomptée séparément, puisque le matériau injecté échange de l'énergie avec le moule dès qu'il est en contact avec la surface moulante.

L'énergie calorifique qu'il faut extraire dépend :

- Du mélange plastique (température, masse, chaleur spécifique).
- De la température de démoulage.

III.3.3.2 Conception des circuits de refroidissement :**III.3.3.2.1 Le temps de cycle :**

Un cycle complet peut se décomposer de la manière suivante :

- Cycle à vide de la machine (mouvement de la presse) donné par les constructeurs ou relevé dans l'atelier.
- Temps de remplissage obtenu théoriquement si on connaît le débit de la presse et le poids de la pièce.
- Temps de refroidissement établi par calcul.
- Pourcentage de temps rajouté ou non en fonction de l'expérience ou des difficultés particulières de démoulage (bossages, nervures, mouvement de coquilles, etc.).

III.3.3.2.2 Le temps de refroidissement :

C'est le temps mis par la matière injectée pour atteindre sa température maximale autorisant le démoulage. L'échange de chaleur entre la matière plastique et le fluide de refroidissement se fait grâce à la conduction thermique.

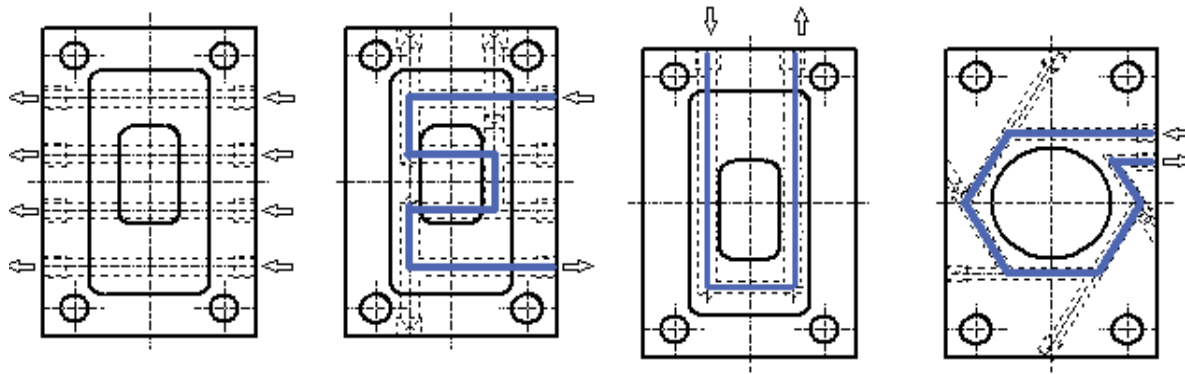


Figure 81 : Circuit de refroidissement des plaques de moules.

III.3.4 Fonction démoulage :

Fait partie du dispositif d'éjection, tous éléments de l'outillage qui permettent d'extraire la ou les pièces en matière plastique de l'empreinte, ainsi que les éléments qui assurent l'extraction des déchets (carottes, canaux...).

III.3.4.1 Choix du dispositif d'éjection :

En fonction de la forme de la pièce, du nombre de pièces, des spécifications du cahier des charges pièce, on choisira un type d'éjection différent :

- Ejecteur cylindrique ou tubulaire.
- Ejecteurs à lames.
- Plaque dévêtisseuse.
- Soupape d'éjection.
- Ejection combiné (associé 2 ou 3 systèmes).
- Ejecteur annulaire.

III.3.4.2 Les différents types d'éjecteur :

❖ Ejecteurs cylindriques :

Les tiges d'éjecteurs cylindriques sont les éléments les plus utilisés pour le démoulage.

Ces éjecteurs doivent être situés judicieusement sur la pièce et en nombre suffisant, de façon à éjecter la pièce sans dommage ni déformation.

❖ **Ejecteurs tubulaires :**

Pour certaines pièces à noyau central cylindrique, l'éjection peut se faire avantageusement à l'aide d'un éjecteur tubulaire ou annulaire. Il s'agit d'un tube qui coulisse sur la broche (qui sert de noyau fixe) et vient pousser la pièce sur une surface plane et circulaire. Solution intéressante mais plus coûteuse qui nécessite un verrouillage en position de la broche centrale.

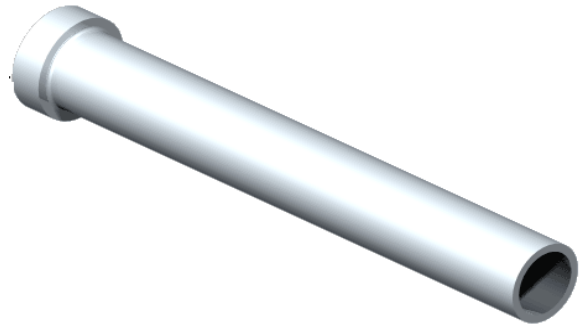


Figure 82 : Ejecteur tubulaire.

❖ **Ejecteur plaque :**

Les pièces à parois minces, déformables peuvent être éjectées par une plaque de dévêtissage.

❖ **Ejecteur latéral :**

Dans le cas d'une éjection latérale, les dimensions des éjecteurs doivent être déterminées en fonction de l'épaisseur de la paroi et de la résistance de la matière Si :

- $e < 2,5\text{mm}$; éjecteur $\varnothing 3$.
- $e = 3$; éjecteur $\varnothing 5$. $e \geq 3$;
- Éjecteur $\varnothing 10$.

➤ **Ejecteur à lame :**

Les lames usinées ou rapportées permettent d'éjecter des pièces peu épaisses. Les éjecteurs à lames doivent être guidés pour éviter les risques de flexion ou de flambage.

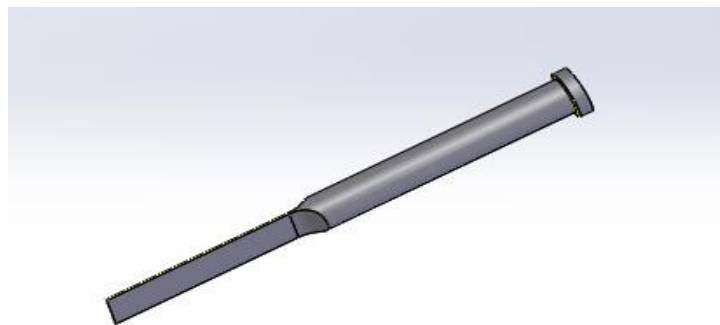


Figure 83 : Ejecteur à lame.

❖ Ejection des carottes :

Lors de l'ouverture du moule, il est nécessaire de s'assurer que la carotte ne reste pas dans la buse d'injection du côté du bloc fixe. La solution retenue consiste à laisser la carotte sur la grappe démoulée avec les canaux.

III.3.5 Problème de démoulage :

L'ouverture du moule ne doit pas exiger d'efforts importants. L'éjection de la pièce ou de la grappe de pièces doit être réalisée avec le minimum d'efforts. Les problèmes rencontrés dépendent :

- Défaut de conception du moule.
- Pression résiduelle provenant d'une pression d'injection très élevée.
- Contraction des pièces sur les noyaux par le retrait.
- Contre-dépouille mal évaluée.
- Matière plastique trop souple.

III.3.6 Dégazage du moule :

Lors de l'injection, la matière plastique prend la place de l'air dans l'empreinte. Dans la majorité des cas, cet échange doit se faire dans un temps très court. Des orifices placés correctement permettront cette évacuation rapide de l'air.

En général, ces événements sont placés sur le plan de joint de l'outillage, autour des broches d'éjection, des noyaux, des éléments rapportés. En fonction de la forme de la pièce, de l'emplacement du point d'injection et de l'écoulement de la matière dans l'empreinte, les événements seront positionnés différemment.

Une évacuation mal conçue, lors d'une injection rapide, provoque une compression d'air considérable à l'intérieur de l'empreinte. Cette augmentation de pression peut conduire à :

- Un retardement du remplissage de l'empreinte.
- Une pression prématurée sur le polymère.
- Des brûlures de polymère (effet diesel).

L'effet diesel : c'est une auto-inflammation de l'air ou de gaz monomère n'ayant pas réussi à s'échapper du moule, provoquant sur les pièces des traces noires (matière carbonisée).

Elles se trouvent en général :

- Proche des lignes de soudures.
- Dans les alvéoles borgnes.
- Sur les bords des pièces.

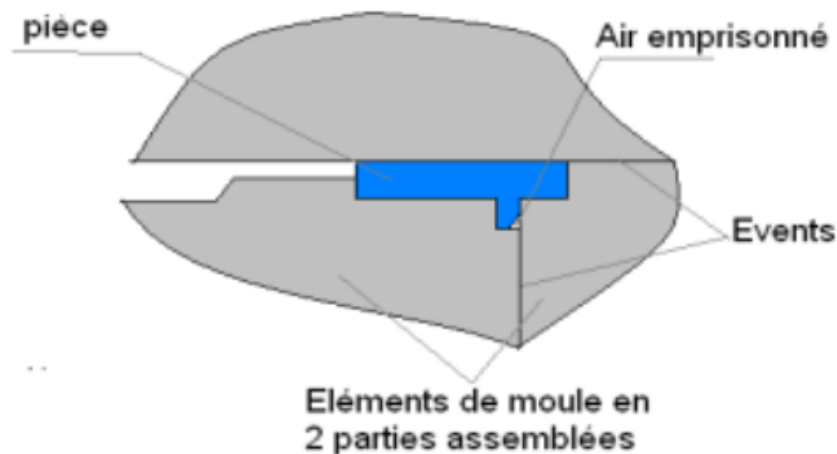


Figure 84 : Event.

III.3.7 Fixation du moule :

Le maintien en position du moule sur les plateaux fixe et mobile est assuré par vis ou brides.

III.3.7.1 Fixation par vis :

❖ Avantage :

Fixation très simple et fiable, il n'y a pas de besoin de cales (la plaque du moule faisant office de cales. Bonne accessibilité pour le serrage.

❖ Inconvénients :

Les trous taraudés doivent avoir des entraxes identiques sur tous les plateaux de presses pour permettre l'interchangeabilité des moules.

III.3.7.2 Bridage :

C'est aussi le procédé qui demande le plus de soin et d'attention lors du montage.

En effet, il faut que la cale qui sert d'appui pour la bride soit de hauteur équivalente à la plaque du moule ou très légèrement supérieure. Sinon le bridage n'est pas solide et les vis risquent de se tordre. Il faut que la vis qui sert à bloquer la bride soit le plus près possible de l'objet à brider.

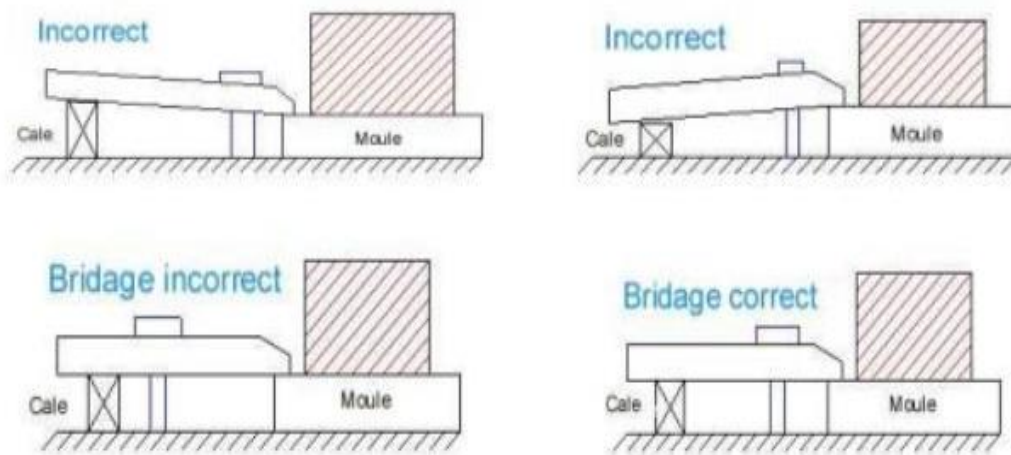


Figure 85 : Procédé de Bridage.

III.3.8 Matériaux utilisés pour la fabrication des moules :

La carcasse d'un moule sera réalisée à partir d'éléments standards en acier prétraité ou traité, proposés par des fabricants comme : DME, HASCO, RABOURDIN...

Le fabricant de l'outillage n'intervient que pour réaliser les blocs ou pavés liés à la réalisation de l'empreinte, la mise en place du système d'éjection et l'obtention des formes en dépouille.

❖ Choix des matériaux :

Le tableau suivant regroupe les différents matériaux constitutifs du moule :

Tableau 9 : Choix des matériaux.

Matériaux	Observation	Emploi
C45 Acier non allié	Acier mi-dur	Plaque éjectrice, contre plaque éjectrice
C35 Acier non allié	Acier mi-dur	Les vis CHC et H
105 W Cr6 Acier faiblement allié	Acier extra-dur Résistance à l'usure par frottement ; dureté élevée ; acier trempable ; travail à chaud	Buse de guidage
S235 Acier à usage général	Acier ordinaire	Bague de centrage, semelle mobile et fixe, plaque de sécurité et tasseaux
36 Ni Mo 16 Acier faiblement allié	Bonne résistance ; résistant à la corrosion ; résistance mécanique à chaud	Ejecteurs, empreintes mobile et fixe, tige de rappel, arrache carotte et goupille, buté de course d'éjection
CC 493 K (Cu Sn 7Zn 4Pb7) Cuivre moulé	Inoxydable	Tétines
X200 Cr12	Résiste à la corrosion ; inoxydable ; trempable	Colonnes de guidage, tige de guidage
42Cr Mo 4	Acier doux	Porte empreinte mobile et fixe

III.4 Choix de moules :

La pièce étudiée comporte des formes présentes des contre-dépouille c'est pour cela on choisit les moules à tiroir qui forment des solutions particulières qui permettent d'injecter facilement notre pièce. (Voir détaille A page 69).

III.4.1 Constituant de moule :

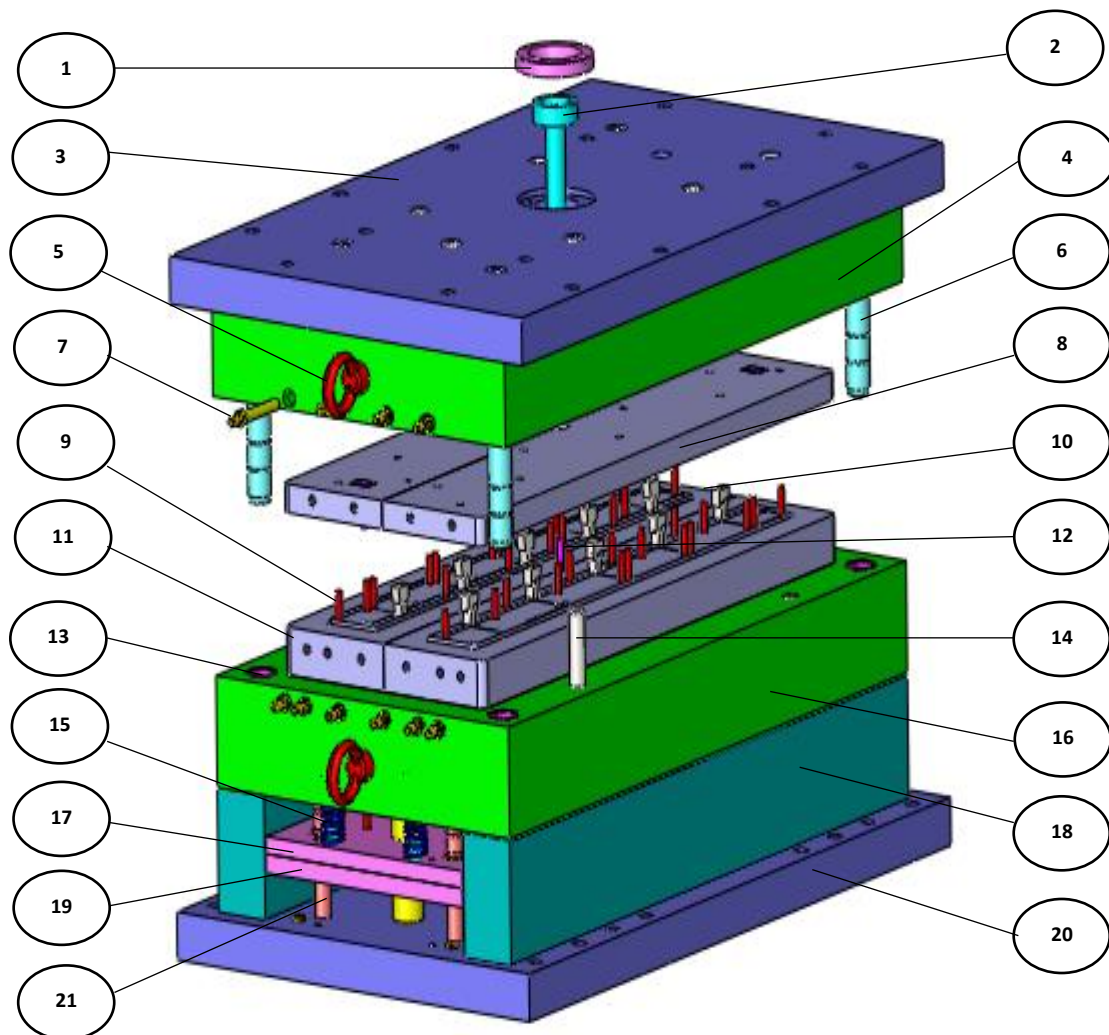


Figure 86 : Constituant du moule.

III.4.1.1 Partie fixe :

- 1) Rondelle de centrage
- 2) Buse moule
- 3) Semelle supérieure
- 4) Plaque porte empreinte
- 5) Anneaux de levage
- 6) Colonne de guidage
- 7) Raccord rapide de circuit d'eau
- 8) L'empreinte

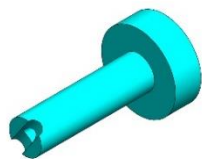
III.4.1.2 Partie mobile :

- 9) Ejecteur cylindrique
- 10) Ejecteur de forme
- 11) Noyau
- 12) Ejecteur arrache-carotte
- 13) Bague de guidage
- 14) Goupille
- 15) Ressort
- 16) Plaque porte noyau
- 17) Plaque d'éjection supérieure
- 18) Tasseau
- 19) Plaque d'éjection inférieure
- 20) Semelle inférieure
- 21) Colonne de guidage batterie

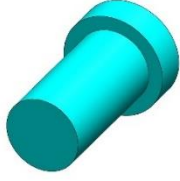
[9, 10, 12, 17, 19] → Batterie d'éjection

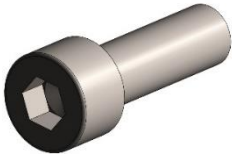
[6, 13, 21] → Guidage moule

III.4.1.3 Eléments standards :

La buse moule	Permet le passage de la matière du fourreau vers l'empreinte.	
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.	

Semelle supérieure	Permet de fixer la rondelle de centrage, la buse moule et les bagues de guidage, ainsi que le bridage.	
Bague de colonne guidage	Permet le guidage des colonnes de guidages.	
Plaque porte empreinte	Permet la fixation de la bague de guidage, contient le circuit de régulation de température.	
Colonne de guidage	Permet de guider la partie mobile (PM) sur la partie fixe (PF) pour aligner parfaitement l'empreinte	
Plaque porte noyau	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.	
Semelle inférieure	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 les différents pièces de moule.	
Connecteur	Permet un raccord rapide du circuit d'eau.	

Le moule est composé de deux parties principales, une partie fixe pour l'injection de la matière et une partie mobile pour la fermeture du moule.

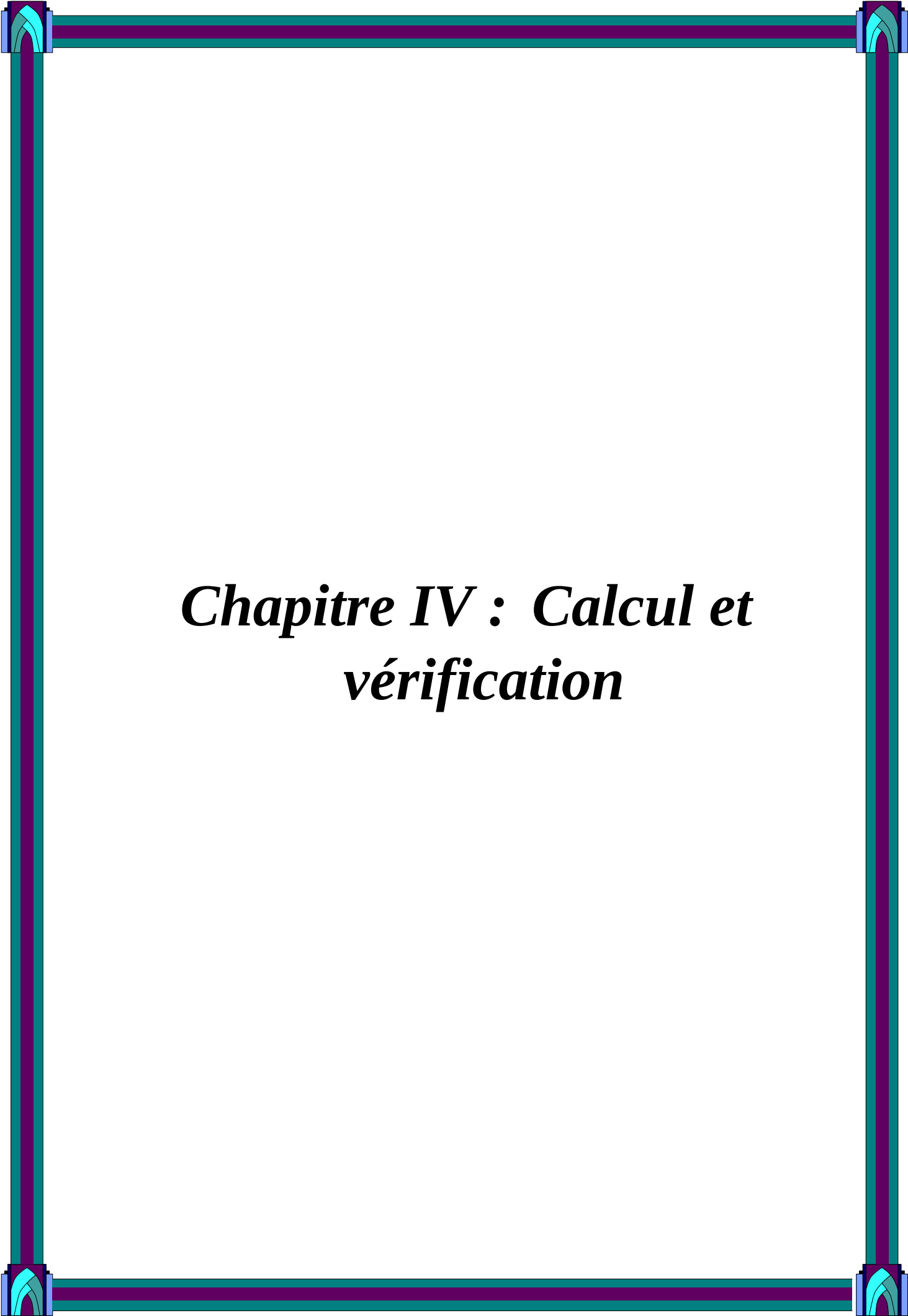
Quand le moule est fermé, la surface de contact entre ses deux parties est appelée plan de joint. C'est au niveau de ce plan de joint que la pièce devra se démouler. La difficulté est de définir physiquement sa position. Il n'est pas toujours plan et il peut avoir des formes complexes.

Pour ne pas laisser de traces sur la pièce moulée, les deux parties doivent s'emboîter parfaitement pour établir l'étanchéité lorsque le moule fermé est sous pression.

Le moulage par injection est généralement employé pour traiter les matériaux thermoplastiques, mais récemment des machines ont été développées pour injecter avec succès les matériaux thermodurcissables.

Conclusion :

Nous avons essayé, dans ce chapitre, d'illustrer les paramètres à prendre en considération lors de conception d'un moule à injection plastique car le bon choix de ces paramètres, offre au concepteur la possibilité de concevoir le moule le plus approprié.



Chapitre IV : Calcul et vérification

Introduction :

Notre étude est conçue pour la réalisation d'un moule d'injection pour un enjoliveur supérieur d'un nouveau réfrigérateur.

Les dimensions et la forme de la pièce sont définies dans le dessin de définition de la pièce.

La matière de la pièce, le procédé de réalisation et les différents outillages du moule sont déterminés dans les chapitres précédents.

Dans ce chapitre, nous intéressent aux éléments suivants :

- Choix de la machine.
- Etude thermique du moule : déterminer la longueur du circuit de refroidissement.
- Calcul de résistance des matériaux des éléments du moule.
- Conception du moule.

IV.1 Etude par DFMXpress (application de pièces SolidWorks) :**IV.1.1 Epaisseur minimale de paroi :**

Des parois trop fines peuvent être responsables de problèmes de remplissage, de contraintes élevées dans le moule, ainsi que de fragilités dans la pièce et de caractéristiques d'isolation médiocres.

IV.1.2 Epaisseur maximale de paroi :

Evitez les parois trop épaisses qui peuvent être à l'origine de problèmes de refroidissement et de défauts tels que des imperfections de surface et des retassures. Des parois épaisses peuvent aussi augmenter la durée du cycle.

IV.1.3 Résultats de l'étude Analyse épaisseur :

Tableau 10 : Résultats de l'étude Analyse épaisseur par SolidWorks.

Options utilisées

Paramètre	Valeur
Type d'analyse	Analyse mince
Epaisseur cible	3,00mm
Couleur de l'épaisseur cible	
Gamme complète de couleurs	Activée
Faces pour analyse locale	61 Face(s)
Résolution	Moyenne

Récapitulatif

Superficie totale analysée	74832,76mm ²
Superficie critique(% de la zone analysée)	39162,77mm ² (52,33%)
Déviation maximale par rapport à l'épaisseur cible	1,92mm
Epaisseur moyenne pondérée sur la zone critique	1,74mm
Epaisseur moyenne pondérée sur la zone analysée	2,84mm
Nombre de faces critiques	50 Face(s)
Nombre de fonctions critiques	14
Epaisseur minimale sur la zone analysée	1,08mm
Epaisseur maximale sur la zone analysée	580,79mm

Données de l'outil SW Analyse Epaisseur :

- L'épaisseur maximale $e_{\max} = 1,92 \text{ mm}$
- L'épaisseur minimale $\min = 1,72 \text{ mm}$ La Condition de l'épaisseur des pièces obtenues par procédé d'injection,

$0.5 \text{ mm} \leq e \leq 6 \text{ mm}$ est vérifiée

IV.2 Choix du procédé de fabrication d'une pièce :

Le choix d'un procédé de fabrication d'une pièce est en fonction de la série, de la géométrie de la pièce et de ses dimensions.

IV.3 Choix de la presse de l'injection :

Pour choisir la machine, on doit déterminer les facteurs suivants :

- Force de fermeture du moule (daN)
- La capacité d'injection (en gramme)
- La pression d'injection (en bars)
- La distance entre colonne.

IV.3.1 La capacité d'injection :

La capacité d'injection dépend du poids de la pièce multiplié par le nombre d'empreintes. Les différentes machines et leur capacité d'injection sont représentées dans le tableau Capacité d'injection.

Tableau 11 : Capacité d'injection.

Machine	Capacité d'injection (g)	
	Pour PE	Pour PS et ABS
25 T	36	45
75 T	83	100
150 T	180	230
220 T	350	450
350 T	680	850
550 T	1080	1360
650 T	2290	2590

IV.3.2 La masse de la moulée (M) :

Puisque notre moule produit dans chaque cycle deux pièces et une carotte, donc la machine doit pouvoir injecter une quantité suffisante (M).

Le poids de notre pièce est donné par le logiciel de conception SolidWorks, en sachant que la masse volumique de l'ABS est de 1,05 g/cm³. Son poids est de **495,25 g**

Du **tableau (10)**, on constate que les machines qui peuvent injecter cette quantité de matières sont : 350T, 550T et 650T.

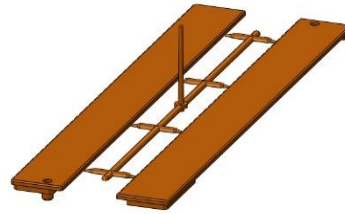


Figure 87 : la moulé (carotte + enjoliveurs).

IV.3.3 Force de fermeture du moule :**IV.3.3.1 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.

IV.3.3.2 La force de verrouillage (tonnes /cm²)

$$Fv = P * Sp$$

Avec :

Fv : la force de verrouillage (tonnes).

P : la pression moyenne d'injection ; $P=0,5$ (tonnes /cm²). (voir tableau 11)

Sp : la surface projeté (cm²) ;

Calcule de Sp :

$$Sp = S_1 + S_2$$

S_1 : la surface projetée de deux enjoliveurs supérieurs

S_2 : la surface projetée de la carotte

$$Sp = 1177,08 \text{ mm}^2$$

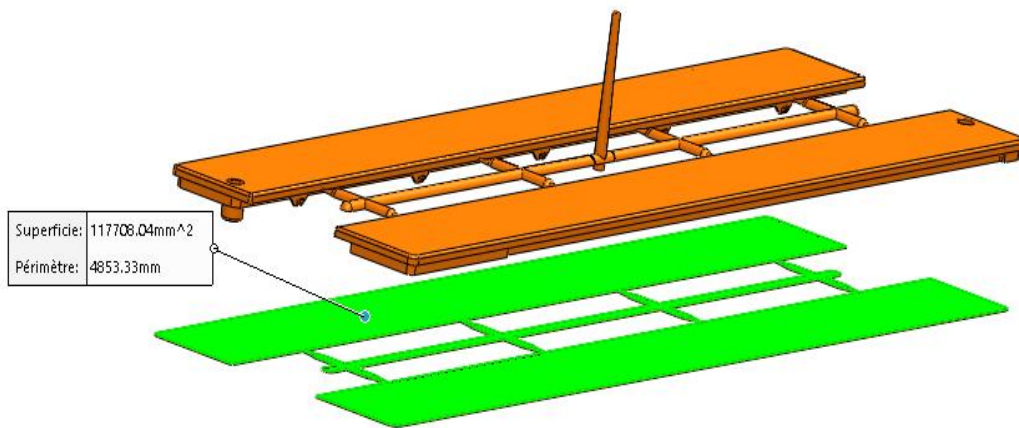


Figure 88 : Mesure de la surface projetée par solidworks.

A.N :

$$Fv = P * Sp = 0,5 * 1177,08 = 588,54 \text{ T}$$

IV.3.3.3 Calcule de la force de fermeture :

Tableau 12 : La pression d'injection (tonne /cm²).

Matière	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

La force de fermeture est donnée par la relation :

$$F = K * F_v$$

F_v : force de verrouillage (daN)

K : coefficient de sécurité ($K = 1,1$) $1 \leq K \leq 2$

$$F = 1,1 * 588,54 = 647,394 \text{ T}$$

On a besoin de **495,25 g** de l'ABS (le poids de la carotte inclut) et une force de fermeture de **647,394 tonnes** ; Ce résultat nous permet d'éliminer aussi la Presse **350T** et **550T**.

On choisit la presse d'injection qui à la pression la plus proche à celle de la grande presse éliminée, bien sûr selon sa disponibilité c.-à-d. si la presse est libre ou pas ; Pour cela en résulte que la presse devra être la Presse **650T**.

IV.3.4 La puissance de plastification (C) :

Même si la machine **650T** peut injecter **495,25g**, 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.

$$C = \frac{\text{masse de la grappe}}{\text{temps de cycle}}$$

IV.3.4.1 Calcul du temps de cycle :

C'est le nécessaire pour fabriquer une pièce de fermeture de moule jusqu'à l'éjection de la pièce c.-à-d. Le temps de cycle est la somme de tous les temps du procédé de l'injection plastique : Temps de fermeture, injection, maintien, refroidissement, ouverture et en fin éjection.

On peut écrire :

$$t_c = \Sigma t + t_F + t_I + t_M + t_R + t_O + t_E$$

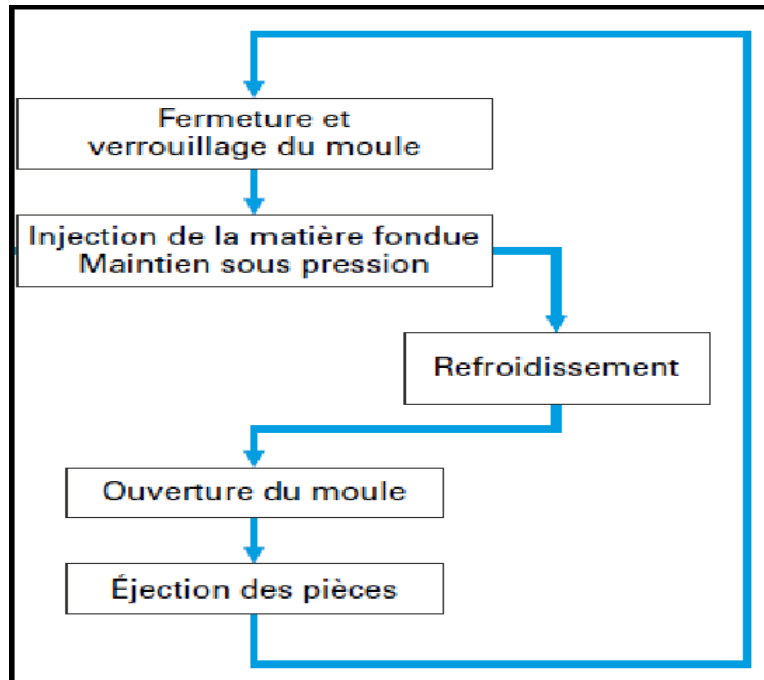


Figure 89 : Présentation du temps de cycle.

IV.3.4.2 Calcul du Temps de refroidissement :

$$t_R = \frac{e^2}{\pi^2 * D} \ln \left[\frac{8}{\pi^2} \left(\frac{T_i - T_m}{T_d - T_m} \right) \right]$$

C'est le temps qui nous indique la période mise en jeu pour le refroidissement partiel de notre pièce. Nous avons inclus le mot partiel parce-que ce refroidissement permet juste à la pièce de se solidifier sur l'empreinte à l'intérieur du moule non pas la ramener à la température ambiante (20°C). C'est pour cela qu'on se réfère à la formule suivante :

e : épaisseur moyenne de la pièce; e = 2,84 mm

D : diffusivité thermique du PS ; $D = 8,3 * 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s} = 8,3 * 10^{-2} \text{ mm}^2/\text{s}$

Ti : température d'injection ; Ti = 250°C.

Td : Température de la moulée au moment du démoulage ; Te = 105°C.

Tm : température du moule ; Tm = 75°C.

Tableau 13 : Gradeurs thermique et paramètres d'injection.

Tableau 6 – Grandeurs thermiques permettant le calcul du temps de refroidissement des pièces injectées (1)

T_d température moyenne d'extraction
 λ conductivité thermique
 a coefficient de diffusion thermique (ou diffusivité)

Matière injectée (2)		T_d (°C)	λ (W · m ⁻¹ · K ⁻¹)	a (10 ⁻⁸ m ² · s ⁻¹)
Cellulosiques	CA.....	80 à 105	0,22	
	CAB	80 à 105	0,21	
	CP	80 à 105	0,22	
Polystyréniques	PS.....	75	0,16	8,3
	SB.....	75	0,17	8,3
	SAN.....	90	0,16	8,3
	ABS.....	100 à 120	0,16	8,3
Autres polymères	PMMA..	80 à 120	0,18	7,0
	PE-BD..	80	0,32 à 0,4	8,2
	PE-HD..	95	0,38 à 0,51	8,6
	PP	100 à 120	0,22	6,2
	PET.....	160 à 180		
	PVC.....	70 à 80	0,16	7,9
	PA-6.....	160	0,35	8,2
	PC.....	160	0,22	10,8
	PUR.....	40 à 60	0,29	

Tableau 4 – Paramètres d'injection de différents thermoplastiques
 T_m , T_i , T_s respectivement température du moule, température d'injection et solidification

	Symbole (1)	T_m (°C)	T_i (°C)	T_s (°C)	$\Delta T = T_i - T_s$	Viscosité		
						bonne	moyenne	faible
POLYMERES AMORPHES	PPO	80	300	120	180			
	PEI	100	370	215	155			
	PMMA	70	245	100	145			
	ABS	75	250	110	140			
	ASA	75	245	105	140			
	SAN	80	255	115	140			
	PS	45	225	100	125			
	SB	70	225	100	125			
	PES	150	350	230	120			
	PSU	150	315	200	115			
	PVC	25	195	100	95			
	PC	90	300	150	150			
	CAB	55	215	140	75			
	TPU (2)	35	210	150	60			
	PE	25	250	140	110			
	PP	25	255	165	90			
	LCP (3)	175	400	330	70			
	PA 11	60	230	175	55			
	PA 12	60	230	175	55			
POLYMERES CRISTALLINS	FEP	150	340	290	50			
	PET	140	285	245	40			
	PBT	60	265	225	40			
	PPS	110	330	290	40			
	PEEK	160	370	334	36			
	PA 6-10	90	250	215	35			
	PA 6	90	250	220	30			
	PA 6-6	90	285	255	30			
	POM	100	200	181	19			

(1) Se reporter au chapitre [A 3 012] Plastiques. Symboles dans le présent traité.

(2) TPU : élastomère thermoplastique de polyuréthane.

(3) LCP : polymères à cristaux liquides.

(1) D'après [1] et [12]

(2) Se reporter l'article [A 3 012] *Plastiques. Symboles*, dans ce traité.

AN :

$$t_R = \frac{(2,84)^2}{(3,14)^2 * 8,3 * 10^{-2}} \ln \left[\frac{8}{(3,14)^2} \left(\frac{250 - 75}{105 - 75} \right) \right]$$

$$t_R \approx 20 \text{ s}$$

IV.3.4.3 Calcul des temps d'ouverture, de fermeture et d'éjection :

Le temps d'ouverture est entre 30% à 50% du temps de refroidissement, et ce dernier est de s ce qui nous donne :

(6s→10s), on a le choix 10 s pour un bon refroidissement.

- Le temps d'ouverture t_O
- Le temps de fermeture t_F

On prend :

$$t_O = t_F = 10 \text{ s}$$

IV.3.4.4 Le temps de maintien :

Le temps de maintien en pression est le temps pendant Lequel la pression d'injection continue d'être appliquée après le remplissage des empreintes.

Cette phase a pour objet de compenser la réduction du volume (le retrait), en raison du refroidissement, par un ajout de matière injectée.

Tableau 14 : Conditions de moulage par injection plastique.

Condition de moulage par injection	
Pression de maintien	30 à 60 % de la pression d'injection
Temps de maintien en pression (s)	1 à 5
Retard de plastification	Réglé de façon que la plastification se termine simultanément avec l'ouverture du moule
Condition moyennes qui doit être adaptées en fonction de la pièce, du moule et de la presse ; d'autre conditions peuvent également être conseillées par le producteur de matière, en fonction de la formulation.	

- Pour optimiser la compensation du retrait on prend le temps de maintien $t_M = 5s$

IV.3.4.5 Le temps d'éjection :

L'éjection se fait à une vitesse constance, ce qui nous permet d'écrire :

$$t_e = \frac{C_e}{V_e}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} V_e : \text{Vitesse d'éjection de la grappe (pour le ABS } V_e = 15 \text{ cm/s)} \\ C_e : \text{Course d'éjection de la grappe} \end{array} \right.$$

On peut la calculer avec la relation suivante ;

$$C_e = Lg + \beta$$

- Lg : largeur de la grappe (la pièce)
- β : une marge de sécurité (entre 10 à 30% de la largeur de la pièce)

Donc :

$$C_{\dot{e}} = 152,36 + \frac{20}{100} \approx 152,56 \text{ mm}$$

AN :

$$t_{\dot{e}} = \frac{C_{\dot{e}}}{V_{\dot{e}}} = \frac{152,56}{150} = 1,02 \text{ s}$$

$$t_{\dot{e}} = 1,02 \text{ s}$$

IV.3.4.6 Calcul du temps d'injection de la matière :

Après avoir déclaré les différents paramètres nécessaires pour lancer la simulation avec application de SolidWorks MolfloXpress (est un outil de simulation de remplissage des pièces à mouler), Nous avons obtenu les résultats suivants : $t_I = 2,84 \text{ s}$

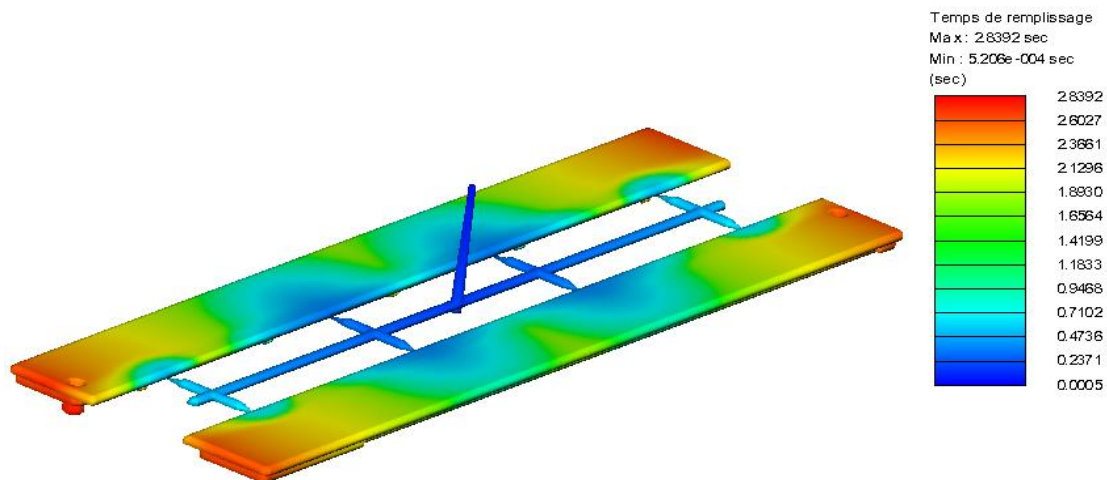


Figure 90 : Propagation de la matière injectée durant le temps de remplissage.

Après la simulation avec cette application, elle nous indique qu'avec le point d'injection choisi, notre pièce sera très facile à remplir et de qualité très acceptable.

En fin le temps de cycle est égal à :

$$t_c = \Sigma t + t_F + t_I + t_M + t_R + t_O + t_E$$

$$t_c = 10 + 2,840 + 5 + 20 + 10 + 1,02$$

$$t_c = 48,86 \text{ s}$$

➡ Notre cycle de moulage est presque traditionnel, on peut augmenter la cadence en superposant les mouvements de la presse et on aura un gain de temps de 10 à 30 %.

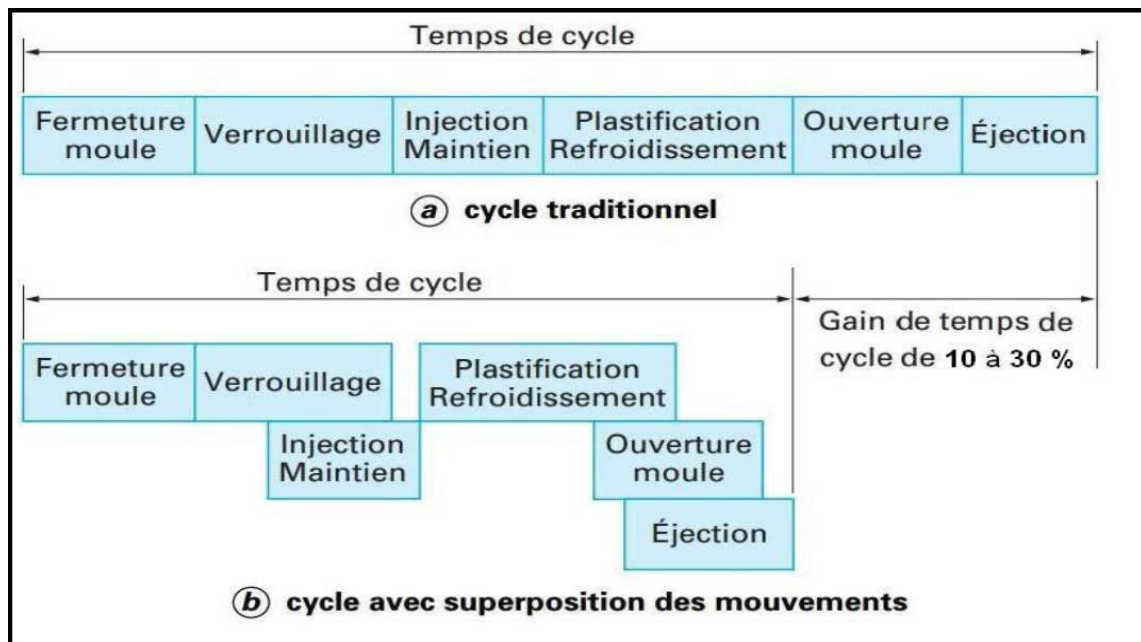


Figure 91 : Gain de temps de cycle lors d'une haute cadence.

Pour une augmentation de 20% de la cadence de production on aura un temps optimal de cycle de moulage qui est égal à :

$$t'_c = t_c - 20\% t_c = 80\% t_c$$

$$t'_c = 0,8 * 48,86 = 39,09 \text{ s}$$

D'où : notre presse **650 T (i54)** plastifiera une quantité :

$$C = \frac{495,25 * 10^{-3}}{39,09/3600} = 45,61$$

$$C = 54,61 \text{ Kg/h}$$

❖ La condition $C \leq C_{max}$ est vérifiée car notre presse peut plastifier **290kg/h**

Tableau 15 : Différentes caractéristiques techniques de la Presse 650 T (i54).

Spécifications 650 T (i54)	
Symbole d'injection	I54
Symbole du cylindre	A
Pression d'injection	1720 kg/cm^2
Taux d'injection	576 cm^3/sec
Quantité d'injection	P.S 2890 Gr
	P.E 2290 Gr
Diamètre de la vis	90 mm
Puissance de la plastification (P.S)	390 kg/h
Puissance de serrage	650 Tonnes
Puissance d'ouverture	40 Tonnes
Vitesse max de rotation de la vis	144/77 tpm
Intervalle des tirants	950 * 950 mm
Dimensions de la plaque matrice	1400 * 1400 mm
Course de serrage	1350 mm
Epaisseur mini de moule	450 mm
Ouverture	1800 mm
Puissance de foulage (Hydraulique)	20 Tonnes
Course de foulage	180 mm
Quantité d'huile d'usage	2300 Litres
Moteur destiné à la pompe	45 + 45 Kw
Capacité du réchauffeur	40.4 Kw
Dimensions de la machine (L*I*H)	10,1 * 2,2 * 2,6 m
Poids de la machine	35 Tonnes

IV.3.5 D'autres conditions à vérifier :

- On a d'autres conditions à respecter telles que :

IV.3.5.1 La condition de la course maximale de foulage :

La course d'éjection de la pièce est $Cé = 152,36 \text{ mm} \leq Cf_{max} = 180 \text{ mm}$ cette condition est vérifiée.

IV.3.5.2 Dimensions minimales du moule :

Les caractéristiques dimensionnelles de la presse 650T (i54) sont :

- La distance entre plateaux de la presse 1800 mm ;
- La course maximale du piston de serrage 1350 mm ;
- La course de la buse (pointe) d'injection 565 mm ;
- La course de foulage ou d'éjection 180 mm ;
- L'encombrement entre les plateaux de la presse 450 mm

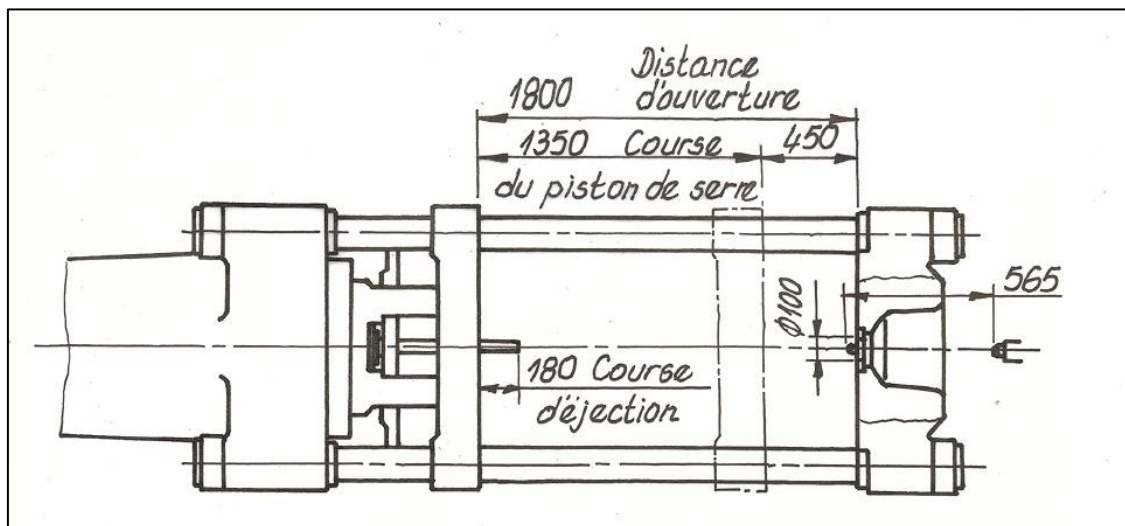


Figure 92 : Caractéristiques dimensionnelles de la presse 650T (i54).

- Le moule doit être dimensionné par rapport aux valeurs caractéristiques dimensionnelles de la presse d'injection 650 T (i54).
 - L'épaisseur minimale de notre moule doit être supérieure à l'encombrement (distance minimale entre les plateaux de la presse) et qui est de : 450 mm
 - Les dimensions minimales des moules sont : 250(H) × 250(V) × 450.
- Notre moule a comme dimensions minimales : 550 (H) × 950 (V) × 452.

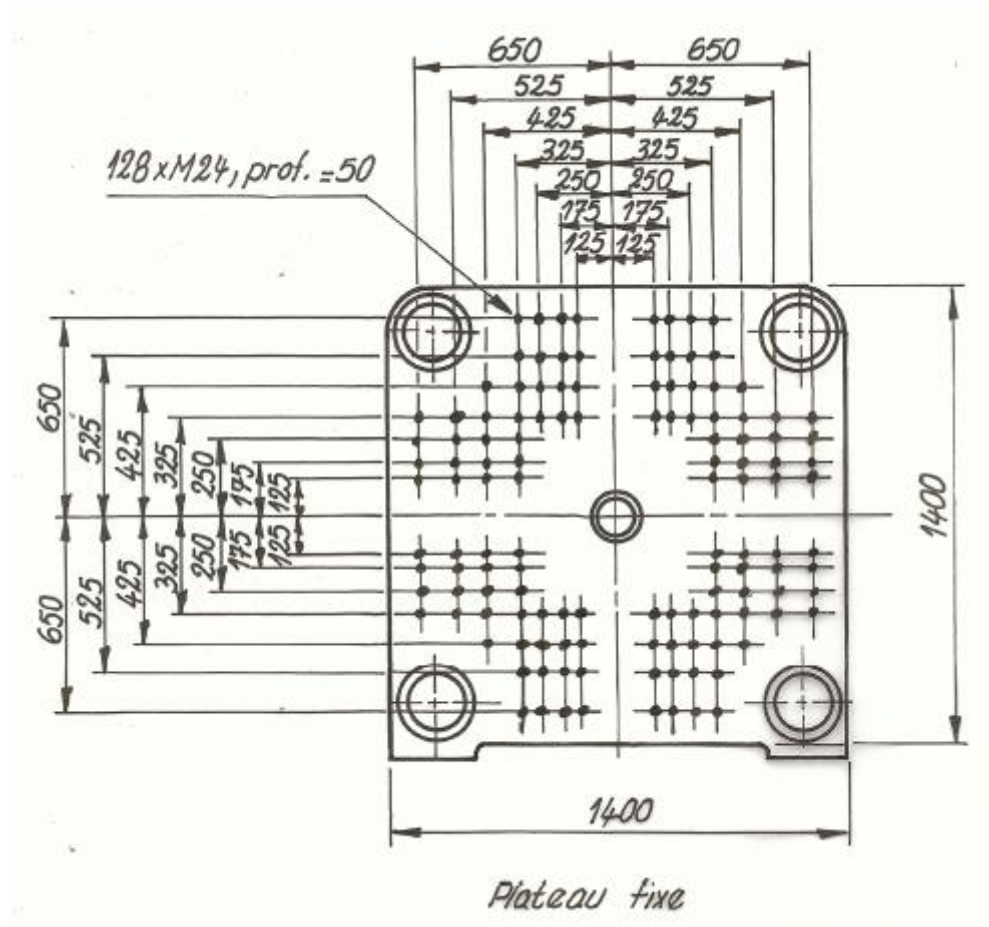


Figure 93 : Schémas du plateau de la presse 650T (i54).

IV.3.5.3 La condition de la distance entre colonnes :

La presse possède quatre colonnes de guidage des plateaux sur lesquels le moule sera fixé. Pour ce faire, l'une des dimensions transversales du moule doit être inférieure à la distance entre colonnes.

Les dimensions de notre moule sont : (est vérifiées)

- Largeur maximale : 550 mm ;
- Hauteur maximale : 950 mm

IV.3.5.4 Vérification des paramètres du moule et de réglage de la presse d'injection :

La température de moulage de ABS est comprise entre 220 et 250 °C

D'après Le paramètre température du collier chauffant de presse 650T (i54) on peut régler la température entre 70 et 360 °C.

Donc :

La condition des températures $T_{ABS} \leq T_{maxi}$ est vérifiée.

IV.3.5.5 La vitesse de rotation maximale de la vis :

La vitesse de rotation maximale de la vis pour l'ABS est de 0,5 m/s ;

La vitesse de rotation maximale de la vis de la presse 650 T (i54) est de 144/77 tr/min.

On a :

$$V_{maxi} = \omega \times R \text{ et } \omega = \frac{2\pi \times N}{60} \longrightarrow V_{maxi} = \frac{\pi \times N}{30} \times R = \frac{\pi \times N \times D}{60}$$
$$V_{maxi} = \frac{\pi \times 144 \times 90.10^{-3}}{60} = 0,67824 \text{ m/s}$$

La condition de la vitesse de rotation maximale de la vis est vérifiée.

IV.3.5.6 Dimensionnement des circuits de refroidissement :**IV.3.5.6.1 Calcul de la quantité de chaleur à extraire de la pièce :**

Ou autrement dit ; la quantité de chaleur dégagée par le polystyrène. Le dimensionnement du canal de refroidissement doit prendre en compte la nécessité d'un écoulement turbulent du fluide caloporteur et celle d'une grande surface d'échange avec l'empreinte.

Un moyen de minimiser les pertes de charges dans l'écoulement du fluide caloporteur consiste à les éviter en dehors des endroits où elles sont nécessaires.

La quantité de chaleur à évacuer dépend du polymère. Sur la figure ci-dessous, Q_M est la quantité de chaleur que l'empreinte doit évacuer pour refroidir 1g de polystyrène de la température T_i à la température T_m .

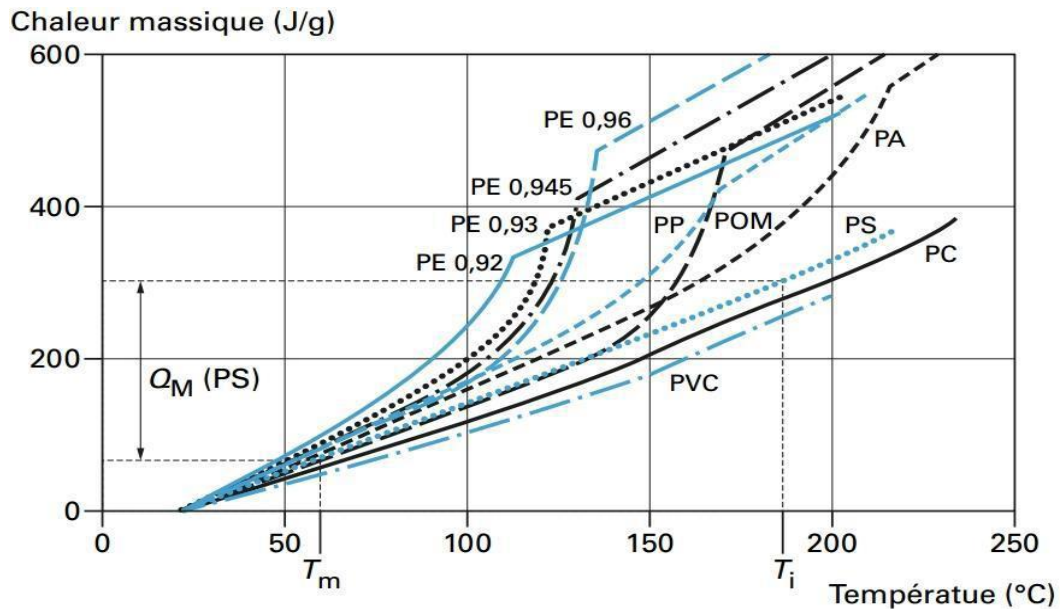


Figure 94 : Variation de la Chaleur massique de différents polymères / Température (°C).

Calculons la chaleur dégagée par la moulée :

$$Q_M = \frac{3600}{t_c} * M_p * (H_i - H_e)$$

M_p : Masse de la matière injectée (moulée) ;

H_i : Enthalpie à la température d'injection ;

H_e : Enthalpie à la température d'ouverture du moule ;

Notre ABS appartient à la famille des polystyrènes. En faisant référence au graphe de la variation de l'enthalpie, on tire les valeurs suivantes :

$$T = 250^\circ \longrightarrow H_i = 107,48 \text{ Kcal /h}$$

$$T = 120^\circ \longrightarrow H_e = 91,59 \text{ Kcal /h}$$

AN :

$$QM = \frac{3600}{38,09} * (495,25 \times 10^{-3} * (107,48 - 51,59))$$

$$QM = 2616,07 \text{ Kcal/h}$$

- Cette quantité de chaleur (**QM**) doit être absorbée par le matériau constituant le moule et le fluide de refroidissement (eau).

IV.3.5.6.2 Calcul de la longueur du système de refroidissement :

Ce paramètre se calcule à partir de la surface active des canaux, fonction du diamètre, qui est nécessaire à l'évacuation de chaleur :

$$L = \frac{QM - (Kp \cdot Sp \cdot \Delta\theta p)}{Ke \cdot \pi \cdot d \cdot \Delta\theta e}$$

QM : la quantité de chaleur (déjà calculé)

Kp : Coefficient du transfert thermique entre le produit et l'air extérieur via le matériau du moule.

Sp : Surface du produit en contact avec le moule ; $Sp = 0,36m^2$

$\Delta\theta p$: Différence de température moyenne logarithmique entre le produit et l'air ambiant.

Ke : Coefficient de transfert thermique global entre le produit et l'eau de refroidissement via le matériau du moule.

$\Delta\theta e$: Différence de température moyenne logarithmique entre le produit et l'eau.

d : diamètre de la tubulure.

IV.3.5.6.3 Calcul des paramètres de cette équation :**IV.3.5.6.3.1 Calcul de la température de sortie de l'eau T_{se} :**

On a :

$$QM = De * Cpe * (Ts_e - Te_e) + M * (T_2 - T_1) * Cm$$

Avec :

$De * Cpe * (Ts_e - Te_e)$: L'augmentation de l'enthalpie de l'eau

$M * (T_2 - T_1) * Cm$: L'augmentation de l'enthalpie du matériau du moule.

Où :

De : débit de l'eau (Kg/h).

Cpe : Chaleur spécifique de l'eau = 1 Kcal/Kg°C

Ts_e : Température de sortie de l'eau.

Te_e : Température d'entrée de l'eau = 20°C

M : Masse du matériau par cycle de moulage [Kg/h]

T_2 : Température finale du matériau du moule

T_1 : Température initiale du matériau du moule.

Cm : Chaleur massique du matériau du moule.

On suppose que la température du moule ne changera pas durant le cycle du moulage.

Donc l'expression devient :

$$QM = De * Cpe * (Ts_e - Te_e)$$

D'où la valeur Ts_e :

$$Ts_e = \frac{QM}{De * Cpe} + Te_e$$

IV.3.5.6.3.2 Calcul du débit de l'eau :

On a :

$$De = V * \rho * S$$

Avec :

D_e : Débit massique de l'eau de refroidissement.

ρ : La masse volumique de l'eau = 1000Kg/m³

V : Vitesse de l'eau ; $V = 1,5 \text{ m/s} = 5400 \text{ m/h}$ (Valeur recommandée)

S : Section de passage de l'eau.

$$S = \frac{\pi * D^2}{4}$$

Avec :

d : Diamètre de canal de refroidissement

Le diamètre des canaux de refroidissement est déterminé en fonction de l'épaisseur de la pièce comme indiqué dans le tableau ci-dessous :

Tableau 16 : Valeurs du diamètre du canal (d_c).

Diamètre des canaux de refroidissement en fonction de l'épaisseur de la pièce	
Epaisseur (mm)	Diamètre (mm)
< 2	8 à 10
2 à 4	10 à 12
4 à 6	12 à 15

On a l'épaisseur de la pièce qu'est égal à 2.84 mm (entre 2à4) ainsi en prend :

$$d = 10 \text{ mm}$$

$$S = \frac{3,14 * (10 * 10^{-3})^2}{4} = 0,0000785 \text{ m}^2$$

Donc :

$$De = 5400 * 1000 * 0,0000785 = 423,9 \text{ Kg/h}$$

A présent, il est possible de déterminer la température de sortie de l'eau des canaux de refroidissement du moule.

$$Ts_e = \frac{(2616,07)}{(423,9 * 1)} + 5 = 11,17$$

$$Ts_e = 11,17^{\circ}C$$

IV.3.5.6.3 Calcul de Ke :

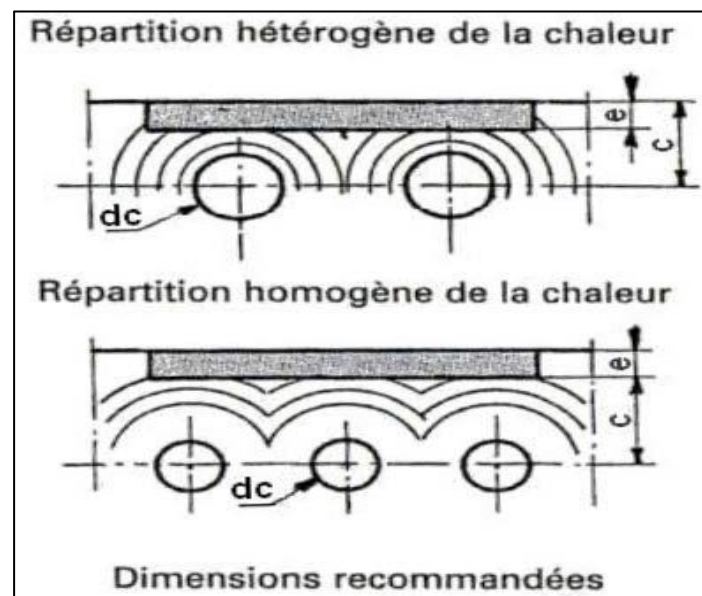


Figure 95 : Dimensions du canal.

$$Ke = \frac{1}{\frac{1}{\alpha e} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{e}{\lambda}}$$

δ_1 : Distance entre produit et conduite de refroidissement = 20 mm

λ_1 : Conductivité thermique du matériau du moule ; $\lambda_1 = 70 \text{ Kcal/ mh } ^\circ\text{C}$

λ : Conductivité thermique de ABS ; $\lambda = 512 \text{ Kcal/ mh } ^\circ\text{C}$

e : Epaisseur de la pièce ; $ep = 2,84 \text{ mm}$

αe : coefficient de transfert de chaleur par convection de l'eau (dépend du nombre de Reynolds Re).

$$Re = \frac{V * D}{Ve}$$

Avec :

V : Vitesse de l'eau ; $V = 5400 \text{ m/h}$ (Valeur recommandée)

d : Diamètre de la tubulure ($d = 11 * 10^{-3} \text{ m}$)

Ve : Viscosité cinématique de l'eau ; $Ve = 0,0022 \text{ m}^2/\text{h}$

$$Re = \frac{5400 * 11 * 10^{-3}}{0,0022} = 27000$$

$$Re = 27\ 000$$

Cette valeur montre que l'écoulement de l'eau dans le circuit de refroidissement est turbulent. ($Re > 2300$) Par conséquent αe sera donné par la relation suivante :

$$\alpha e = 0,024 * (\lambda_e) * (v_e)^{-0,8} * (v)^{0,8} * (d)^{-0,2} * \sqrt[3]{\frac{Ve * Cpe}{\lambda_e}}$$

Avec :

λ_e : Conductivité thermique de l'eau ; $\lambda_e = 0,544 \text{ Kcal/ mh } ^\circ\text{C}$

Cpe : Chaleur spécifique de l'eau ; $Cpe = 1 \text{ Kcal/ Kg } ^\circ\text{C}$

Ve : Viscosité cinématique de l'eau ; $Ve = 0,0022 \text{ m}^2/\text{h}$

d : Diamètre de la tubulure ($d = 11 \cdot 10^{-3} \text{ m}$)

V : Vitesse de l'eau ; $V = 5400 \text{ m/h}$ (Valeur recommandée)

AN :

$$\begin{aligned}\alpha_e &= 0,024 \cdot 0,544 \cdot (0,0022)^{-0,8} \cdot (5400)^{0,8} \cdot (0,11)^{-0,2} \cdot 0,159321576 \\ &= 663,41 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}\end{aligned}$$

Ainsi :

$$Ke = \frac{1}{\frac{1}{66,41} + \frac{0,02}{70} + \frac{0,00284}{512}}$$

$$Ke = 448,98 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

IV.3.5.6.3.4 Calcul de Kp :

$$Kp = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_a} + \frac{\delta_2}{\lambda_1} + \frac{e}{\lambda}}$$

Avec :

α_a : coefficient de transfert de chaleur par convection. $\alpha_a = 15 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$

δ_2 : Distance entre produit et paroi extérieure du moule ; 325 mm

AN :

$$Kp = \frac{1}{\frac{1}{15} + \frac{0,325}{70} + \frac{0,00284}{512}}$$

$$Kp = 14,02 \text{ Kcal/m}^2 \text{ h } ^\circ\text{C}$$

IV.3.5.6.3.5 Calcul de $\Delta\theta_e$:

$$\Delta\theta_e = \frac{(T_{ip}-T_{se}) - (T_{fp}-T_{ee})}{Ln \left(\frac{(T_{ip}-T_{se})}{(T_{fp}-T_{ee})} \right)}$$

Avec :

$T_{ip} = 250^\circ\text{C}$ (température initiale du produit ou température d'injection)

$T_{fp} = 75^\circ\text{C}$ (température finale du produit ou température du moule)

$T_{ee} = 5^\circ\text{C}$ (température d'entrée de l'eau)

$T_{se} = 11.17^\circ\text{C}$ (température de sortie de l'eau)

$$\Delta\theta_e = \frac{(250 - 11,17) - 75 - 5}{Ln \left(\frac{(250 - 11,17)}{(75 - 5)} \right)} = 137,57$$

$$\Delta\theta_e = 137,57^\circ\text{C}$$

IV.3.5.6.3.6 Calcul de $\Delta\theta_p$:

$$\Delta\theta_p = \frac{(T_{fp}-T_{ip})}{Ln \left(\frac{(T_a-T_{fp})}{(T_a-T_{ip})} \right)}$$

Avec :

T_a : température ambiante qui est égale à 20°C

Enfin, en remplaçant les valeurs calculées des paramètres QM , Kp , Sp , $\Delta\theta_p$, Ke et de $\Delta\theta_e$ dans la relation précédente, on détermine la longueur minimale disponible du circuit de refroidissement.

$$L = \frac{2616,07 - (14,02 * 0,36 * 122,31)}{448,98 * 3,14 * 0,01 * 137,57}$$

$$L = 1,03 \text{ m}$$

IV.4 Resistance des matériaux :

Afin de vérifier la résistance du moule aux conditions de travail, il est nécessaire de définir le comportement de quelques pièces sollicitées mécaniquement.

IV.4.1 Poids des pièces constituant le moule :

Le poids est déterminé par la relation suivante

$$P = \rho * V$$

Avec :

P : le poids de la pièce : [daN].

ρ : masse volumique : [daN/cm³].

V : volume : [dm³].

Tableau 17 : Poids des pièces constituant le moule.

Les pièces	Les matières	Le Volume (dm ³).	masse volumique (daN/dm ³).	Le poids (daN)
Semelle fixe	S235	25,73	7,95	204,70
Porte empreinte fixe	42CrMo4	32,51	7,95	258,63
Empreinte fixe	36NiCrMo16	6,49	7,95	51,63
Semelle mobile	S235	25,434	7,95	202,38
Porte empreinte mobile	42CrMo4	34,74	7,95	276,42

Empreinte mobile	36NiCrMo16	11,98	7,95	95,33
Plaque éjectrice	C45	4,62	7,95	36,73
Contre plaque éjectrice	C45	5,27	7,95	41,89
Les tasseaux	S235	16,66	7,95	132,48

IV.4.2 Résistance des éléments du moule au matage dû à la force de fermeture :

La force exercée par les plateaux de la machine sur les différentes plaques du moule, engendre des contraintes à l'intérieur du moule provoquant des déformations caractérisées d'une plaque à une autre.

La force de fermeture qu'exerce une presse à injection est égale à son tonnage. Partant de ce principe, la presse à 650T fournit une force de fermeture de 650T.

Donc la force de fermeture F du moule est de 650T.

$$650T = 650\,000\text{Kg} \rightarrow F = 6\,500\,000\text{N}$$

IV.4.2.1 Condition de résistance au matage :

$$\sigma \leq [\sigma]$$

$$\sigma = \frac{F}{S} \leq R_{pe} \quad \text{Avec :} \quad R_{pe} = \frac{Re}{s}$$

Où : **Re** : résistance limite à la traction ($Re = 370 \text{ N/mm}^2$ pour les aciers).

s : coefficient de sécurité ; Il est choisi de façon à ce qu'en cours de fonctionnement normal, les contraintes normales maximales ne dépassent pas la limite élastique Re du matériau. D'après le tableau ci-dessous : **s** = 2

Tableau 18 : Valeurs indicatives du coefficient de sécurité.

Valeur indicatives				
S	Charge exercée sur la structure	Contraintes dans la structure	Comportement du matériau	Observations
$1 < s \leq 2$	Régulières et connues	Connues	Testés et connues	Fonctionnement constant sans à-coups
$2 < s \leq 3$	Régulières et assez bien connues	Assez bien connues	Testés et connues moyennement	Fonctionnement usuel avec légers chocs et surcharges modérées
$3 < s \leq 4$	Moyennement connues	Moyennement connues	Non testé	
	Mal connues ou incertaines	Mal connues ou incertaines	Connues	

S : surface soumise au matage

$S = \ell \times e$ avec : (ℓ) et (e) sont respectivement la longueur et l'épaisseur de l'élément

$$\mathbf{AN} : Rpe = \frac{370}{2,2} = 168,18 \text{ N/m m}^2$$

$$Rpe = 168,18 \text{ N/m m}^2$$

IV.4.2.2 Résistance des pièces de la partie fixe :

IV.4.2.2.1 Semelle fixe :

Avec : $F=650\,000\text{N}$

$e = 50\text{ mm}$ $\ell = 950\text{ mm}$

$$S = \ell \times e \longrightarrow S = 50 * 950 = 47500\text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{6500000}{47500} = 136,84\text{ N/mm}^2$$

la condition est vérifiée. Semelle fixe résiste au matage.

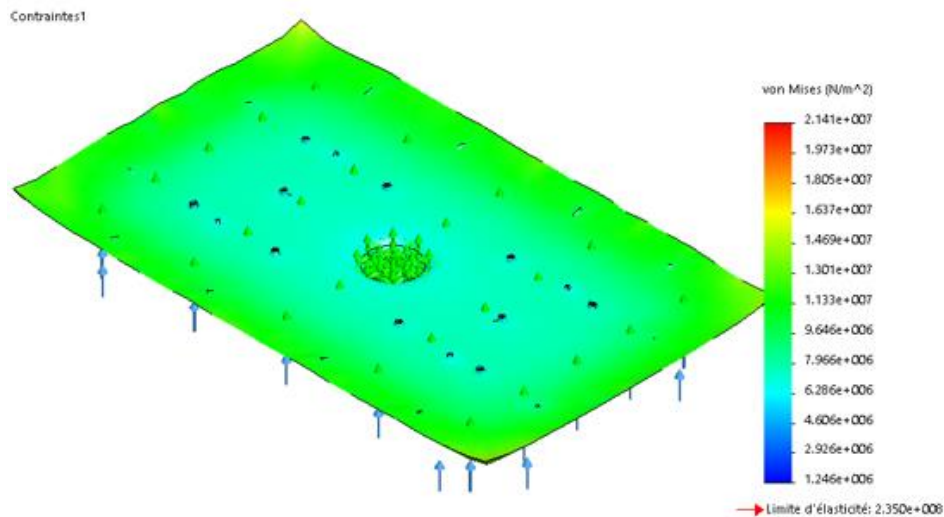


Figure 96 : Semelle supérieure - Static - Contraintes.

IV.4.2.2.2 Porte empreinte fixe :

Avec : $e = 96\text{ mm}$ $\ell = 896\text{ m}$

$$S = \ell \times e \longrightarrow S = 96 * 896 = 62720\text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{6500000}{86016} = 75,57/\text{mm}^2\text{ N}$$

la condition est vérifiée. Porte empreinte mobile résiste au matage

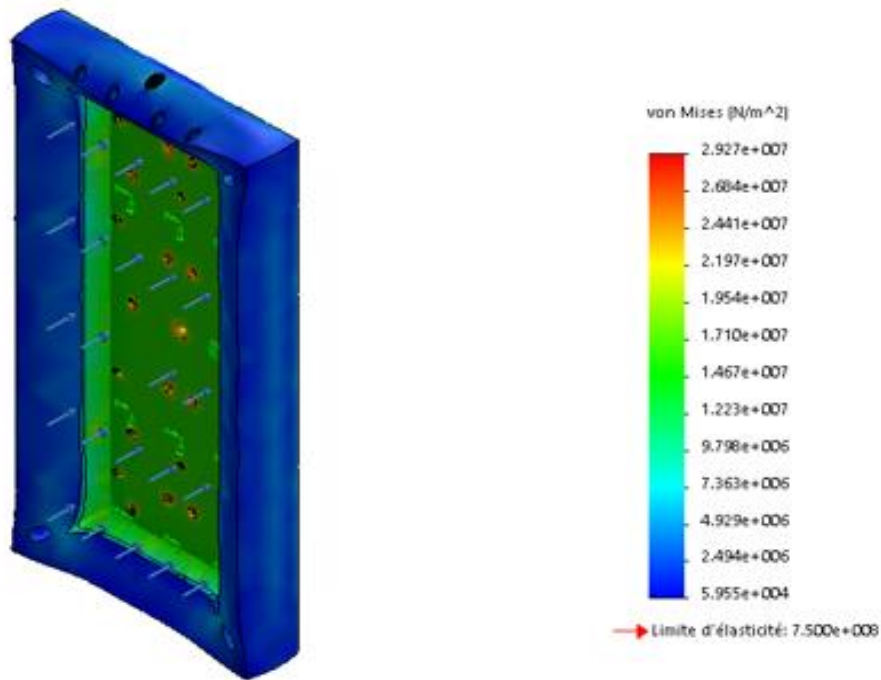


Figure 97 : Porte empreinte - Static - Contraintes.

IV.4.2.3 Résistance des plaques de la partie mobile :

IV.4.2.3.1 Semelle mobile :

Avec : $e = 50 \text{ mm}$ $\ell = 950 \text{ mm}$

$$S = \ell \times e \longrightarrow S = 50 * 950 = 47500 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{6500000}{47500} = 136,84 \text{ N/mm}^2$$

la condition est vérifiée. Semelle mobile résiste au matage.

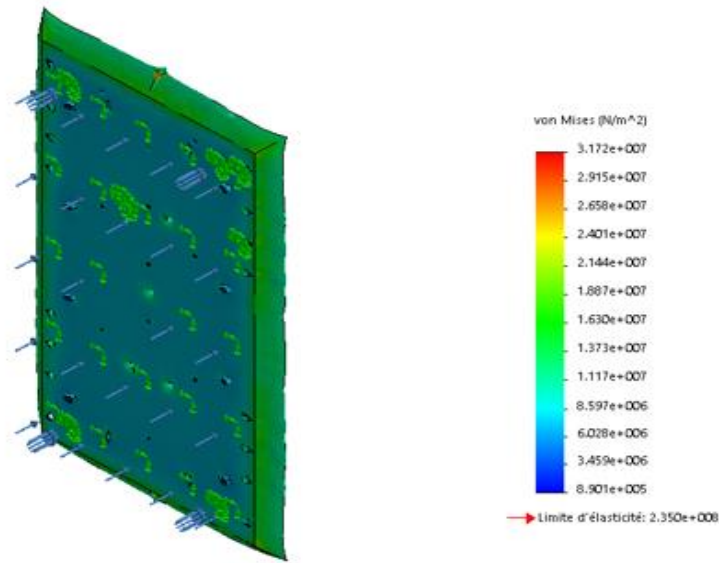


Figure 98 : Semelle inférieure - Static - Contraintes.

IV.4.2.3.2 Porte empreinte mobile :

Avec : $e = 116 \text{ mm}$ $\ell = 896 \text{ m}$

$$S = \ell \times e \longrightarrow S = 116 * 896 = 103936 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{6500000}{103936} = 62,54 \text{ N/mm}^2$$

la condition est vérifiée. Porte empreinte mobile résiste au matage.

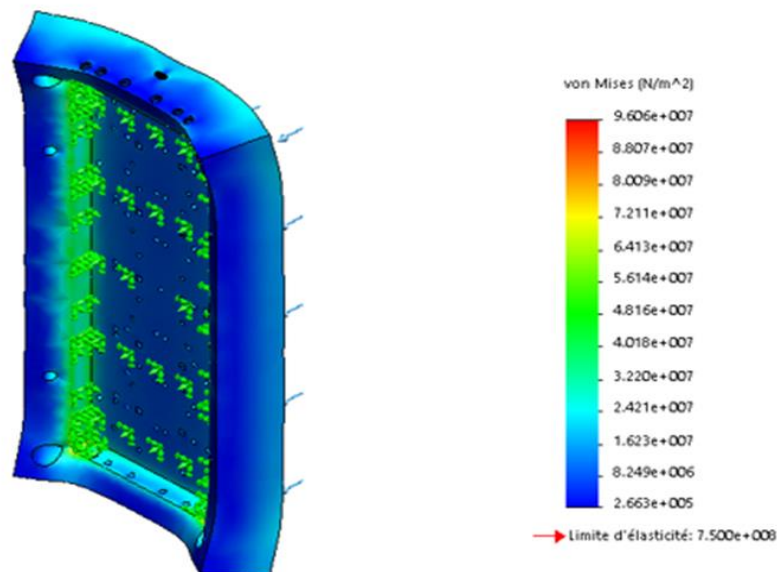


Figure 99 : Port noyau - Static - Contraintes.

IV.4.2.3.3 Les tasseaux :

Avec : $e = 130 \text{ mm}$ $\ell = 896 \text{ m}$

$$S = \ell \times e \longrightarrow S = 130 \times 896 = 116480 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{6500000}{116480} = 55,80 \text{ N/mm}^2$$

la condition est vérifiée. Le tasseau résiste au matage.

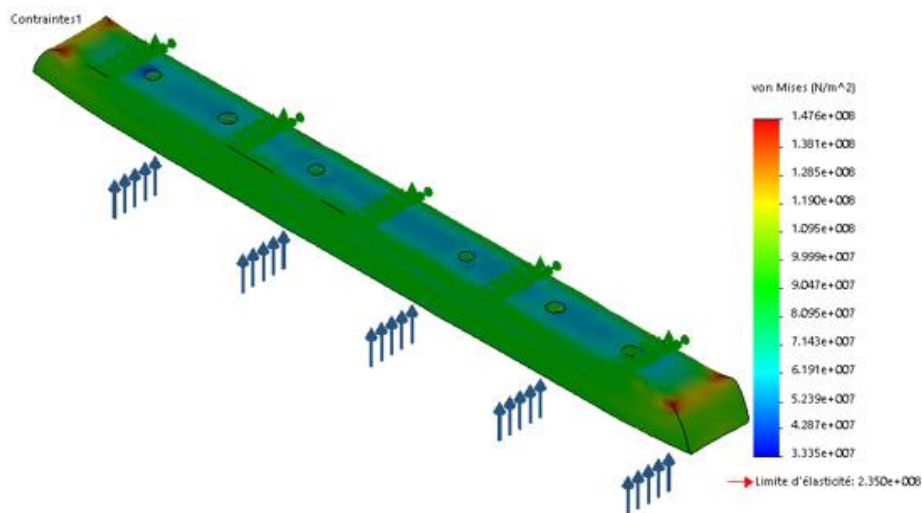


Figure 100 : Tasseau - Static - Contraintes.

Toutes les conditions sont vérifiées, ainsi les éléments constituant le moule résistent au matage dû à la force de fermeture du moule.

IV.4.3 Résistance des colonnes de guidage au cisaillement :

Le moule comporte quatre colonnes de guidage dont le poids est considéré négligeable par rapport à celui du moule.

Considérons que les colonnes de guidages supportent la totalité du poids du moule.

De ce fait, nous modélisons ces éléments en poutres encastrées d'un côté soumises à un effort de cisaillement dû au poids de la partie fixe lors de la manutention seulement.

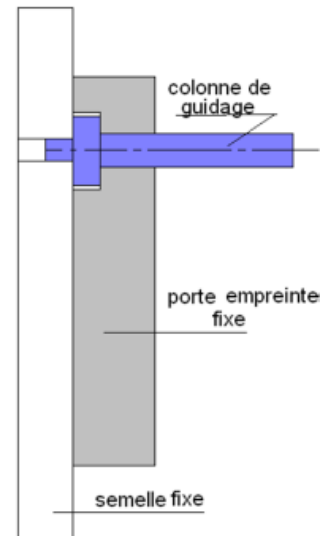


Figure 101 : Schéma de la partie fixe.

Le poids de la partie fixe est de :

Porte empreinte = 253,56 daN = 2535,6 N

Empreinte = 50,62 daN = 506,2 N

Condition de résistance s'écrit :

$$\tau = \frac{F}{S \cdot n} \leq [\tau]_{cis}$$

AN : $[\tau] = \frac{\sigma_e}{K} * 0,8 = \frac{1300}{2,2} * 0,8 = 472,73 \text{ N/mm}^2$

Avec :

S : Section de la colonne ; d diamètre de la colonne de $\varnothing 30 \text{ mm}$;

n : nombre de sections cisillées (n = 1).

N : Nombre de colonnes cisillées (N = 4)

σ_e : contrainte de la limite élastique ($\sigma_e = 1300 \text{ N/mm}^2$)

K : coefficient de sécurité (K = 2,2).

F : poids de la partie fixe ; F = 3006,7 N

$$S = \frac{\pi * 30^2}{4} = 706,5 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{3006,7}{4 * 706,5} = 1,064 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau]_{cis}$$

La condition est vérifiée.

IV.4.4 Vérification des colonnes de guidages de la batterie d'éjection au cisaillement :

Les colonnes de guidage des plaques électrique sont soumises au cisaillement cause par le poids P de la batterie d'éjection.

La condition de résistance :

$$\tau = \frac{F}{n * S} \leq [\tau]_{cis}$$

$$[\tau] = \frac{\sigma_e}{k} * 0,8 = \frac{370}{2,2} * 0,8 = 134,55 \text{ N/mm}^2$$

Avec :

F : poids de la batterie éjectrice : F = 819,7 N

n : le nombre de sections cisillées ; n = 8

D : diamètre de la colonne ; d = 20mm

S : section cisillée.

k : coefficient de sécurité ; on prend k = 2,2

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 * 20^2}{4} = 314 \text{ mm}^2$$

A.N :

$$\tau = \frac{819,7}{8 * 314} = 0,33 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau]_{cis}$$

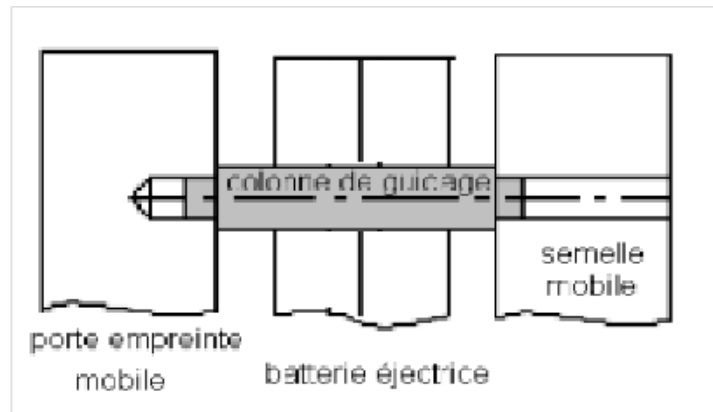


Figure 102 : Présentation de la colonne de guidage d'éjection.

IV.4.5 Résistance des 18 vis CHC au cisaillement dû au poids de l'empreinte fixe et de porte empreint fixe :

Condition de résistance s'écrit :

$$\tau = \frac{F}{n * s} \leq [\tau]_{cis}$$

$$[\tau] = \frac{\sigma_e}{k} * 0,8 = \frac{370}{2,2} * 0,8 = 134,55 \text{ N/mm}^2$$

Avec :

n : nombre de vis (n = 18).

K : coefficient de sécurité (K = 2,2).

d : diamètre de la tige de rappel ; d = 16mm

F : poids de l'empreinte fixe et de la porte empreinte fixe ; F = 3041,8 N

S : Section cisailée, $S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 * 16^2}{4} = 200,96 \text{ mm}^2$

AN :

$$\tau = \frac{3041,8}{18 * 200,96} = 0,84 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau]_{cis} \quad \text{La condition est vérifiée}$$

IV.4.6 Vérification des vis de fixation de la semelle mobile, les tasseaux avec le porte empreinte mobile au cisaillement :

Condition de résistance :

$$\tau = \frac{F}{n * S} \leq [\tau]_{cis}$$

Avec :

n : nombre de vis ; (n = 8).

d : diamètre de la vis; d = 16mm

F : poids des tasseaux, de la contre plaque et du porte empreinte mobile

$$F = 5984,9N$$

S : Section de la vis,

$$S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 * 16^2}{4} = 200,96 N/mm^2$$

AN :

$$\tau = \frac{5984,9}{8 * 200,96} = 3,72 N/mm^2 \leq [\tau]_{cis}$$

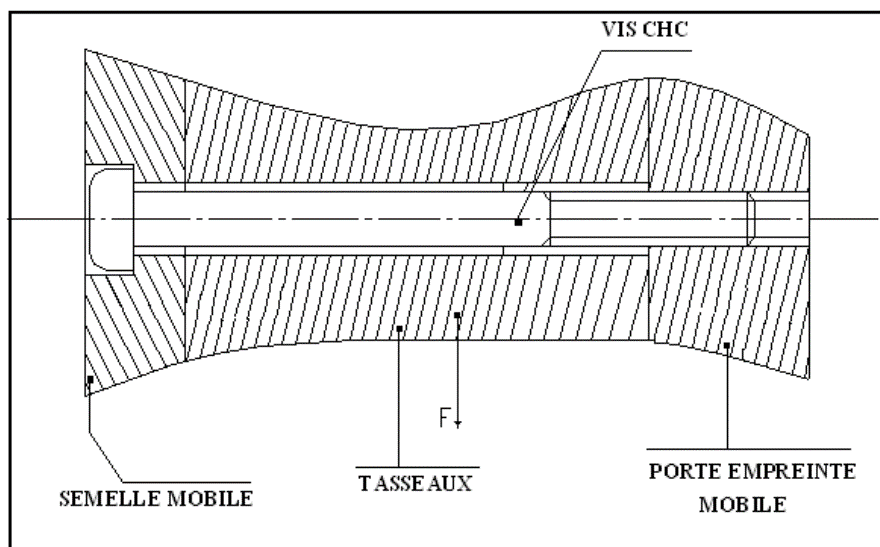


Figure 103 : Résistance des 8 vis CHC de la partie mobile au cisaillement.

IV.4.7 Vérification des vis de fixation utilisées sur chacune des semelles du moule :

Les plateaux de la machine ont des trous taraudés (M24). Pour recevoir les éléments de fixation du moule dans le but d'établir de bonnes conditions de travail, il faut s'assurer que le moule est bien fixé sur les deux plateaux de la machine.

Pour ce faire, un calcul de résistance est recommandé.

Les vis utilisées ont un diamètre de 18mm, en C35 de limite élastique $Re = 335 N/mm^2$

Condition de résistance :

$$\tau = \frac{F}{n * S} \leq [\tau]_{cis}$$

Avec :

n : nombre de vis : (n = 6).

d : diamètre de la vis : d = 20 mm

F : poids de la semelle : 2006,9 N

S : Section de la vis, $S = \frac{\pi d^2}{4} = \frac{3,14 * 20^2}{4} = 314 \text{ mm}^2$

- Semelle fixe :

$$F = 2006,9 \text{ N}$$

$$\tau = \frac{2006,9}{6 * 314} = 1,07 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau]_{cis}$$

- Semelle mobile :

$$F = 1983,8 \text{ N}$$

$$\tau = \frac{1983,8}{6 * 314} = 1,053 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau]_{cis}$$

IV.4.8 Choix des ressorts :

La presse mécanique utilisée est d'un tonnage de 650, elle n'est pas équipée d'un système de retour de la batterie éjectrice (une tige filetée sur l'extrémité du piston d'éjection de la machine), des ressorts ont été utilisés pour assurer le retour de cette batterie à sa position initiale. Le choix de ces ressorts dépend essentiellement des paramètres suivants :

- La course d'éjection qui assure le démoulage des pièces
- La charge à supporter (Poids de la batterie éjectrice)
- L'encombrement.

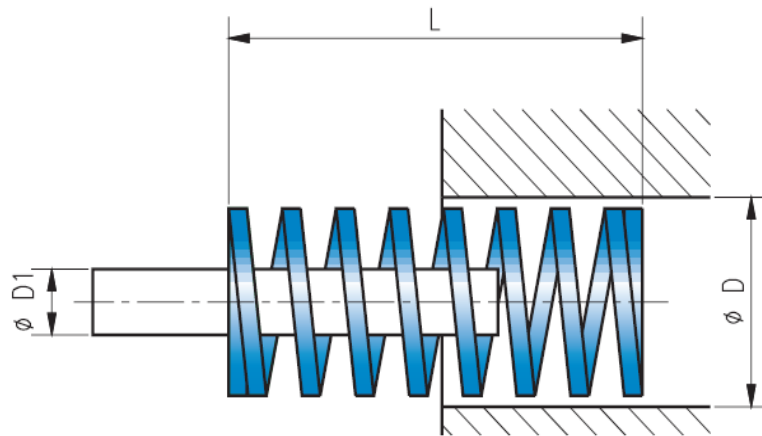


Figure 104 : Schéma de dimensionnement d'un Ressort.

L'utilisation d'un seul ressort peut provoquer l'arc-boutement de la batterie, pour cela on a prévu huit ressorts disposés sur les colonnes de rappels afin d'avoir un bon guidage. Le poids de la batterie est donc reparti sur les huit (8) ressorts.

L'effort de rappel (F) que doit exercer un ressort est égal au poids total de la batterie sur le nombre de ressorts utilisés qui est calculé comme suit :

$$F = \frac{819,7}{8} = 102,46 \text{ N}$$

le dimensionnement du ressort qui supportera l'effort (F), il est nécessaire de consulter des abaques. Ces abaques classent les ressorts par couleur qui signifie le type de charge comme le montre la figure suivante.

		Charge extra légère couleur « Violet» Réf.324
	ISO	Charge légère couleur « Vert» Réf.355
	ISO	Charge moyenne couleur « Bleu» Réf.356
	ISO	Charge forte couleur « Rouge» Réf.357
	ISO	Charge extra forte couleur « jaune» Réf.358
		Charge hyper forte couleur « bronze» Réf.359

Figure 105 : Classification des ressorts par couleur.

Le ressort qui répond à nos exigences est un ressort de couleur bleu Réf.356, et qui a les caractéristiques suivantes :

$$D1 = 16\text{mm}$$

$$D = 32 \text{ mm}$$

$$F = 1499\text{N}$$

$$L = 102 \text{ mm}$$

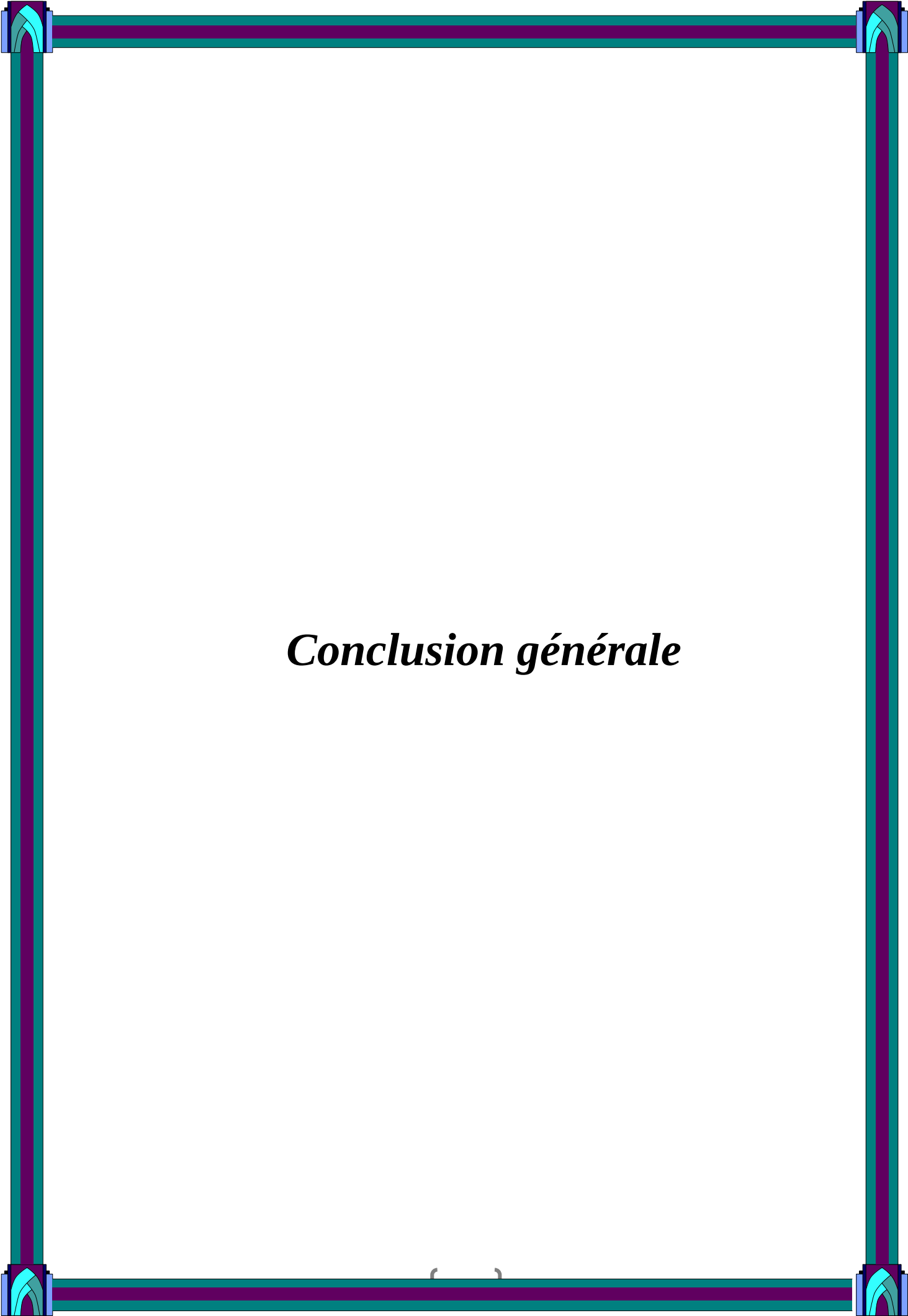
$$A = 102 * 25\% = 25,5 \text{ mm}$$

$$\text{Section rectangulaire } S = 6,4 * 4$$

Conclusion :

Cette partie nous a permis de choisir la machine adéquate parmi celles disponibles à l'entreprise,

Aussi nous a permis de vérifier le calcul du dimensionnement du moule, le calcul du circuit de refroidissement et la vérification à la résistance des différents éléments agissant lors de l'ouverture et de la fermeture du moule.



Conclusion générale

Conclusion Générale

Cette recherche nous permet d'élargir nos connaissances dans différents domaines, à savoir les conventions de nouveaux produits et concepts de design, et de voir la position de croissance des plastiques dans divers domaines de l'industrie.

De plus, nous essayons de comprendre le processus mis en œuvre grâce au moulage par injection qui nous permet d'avoir des produits finis de haute qualité, des formes très complexes et des cadences de production de masse élevées, et d'en savoir plus sur les moules et leur conception et matériaux et leur fabrication.

Bien que notre stage à l'ENIEM, dans le cadre de l'exécution de notre projet de fin d'études, nous soit d'une grande utilité, notamment au niveau pratique et théorique, ce projet nous permet d'utiliser un outil informatique de conception mécanique : Solid Works. A l'aide de ce logiciel, nous pouvons facilement concevoir la forme des enjoliveurs, puis soustraire son empreinte et concevoir le moule et ses différents paramètres, puis en faire un montage complet.

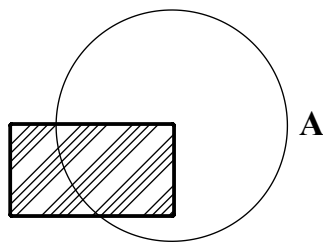
De plus, ce projet nous permet d'approcher la réalité du monde du travail des grandes entreprises et nous donne l'opportunité de toucher à des domaines larges de la construction mécanique.

Nous espérons que la réalisation du produit et du moule deviendra effective du côté de l'entreprise (ENIEM), et ce profil reste un document important qui servira de référence pour les futures promotions.

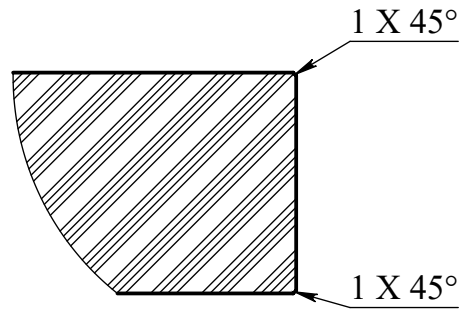
Bibliographie

- [1] B. Michel, Aide-mémoire transformation des matières plastiques, Paris, 2010.
- [2] <http://b2b.partcommunity.com/community/knowledge/fr/detail/2269/plastic>.
- [3] J. Aubry, «Les matières plastiques,».
- [4] J. HUMBERT, "Conception ,élaboration et production d'agrocomposite à partir de tourteau de tournesol :étude du procédé d'extrusion-formulation-granulation et d'injection-moulage".Doctorat de l'université de Toulouse, 2008.
- [5] M. Carrega, Aide-mémoire matières plastiques. ,Paris, 2005
- [6] S. BECHIR, Cours conception de moule d'injection plastique..
- [7] J.-M. Berthement, Matériaux composites et comportement mécanique et analyse des structures., Paris: Lavoisier, 2012.
- [8] M. Melas, Etat de l'art concernant les grands procédés de mise en oeuvre des matières plastiques issues de processus de régénération de déchets, Janvier 2003.
- [9] B. Said, T. Hammami et H. Louati Cours de PMF des matières plastiques..
- [10] M. Haddad, Développement d'un procédé d'enroulement filamentaire adapté aux matériaux composites sandwich et caractérisation mécanique des matériaux, thèse pour obtenir le grade de doctorat, 2018.
- [11] J.-l. Charvolon, Conception des pièces plastiques injectées, Paris: Lavoisier, 2013.
- [12] Yuvin Chinniah, S. Joclyn, B. Aucourt, R. Bourbonnière : Presse à injection de plastique ayant des équipements périphériques sécurisés lors des interventions de maintenance ou de production, Canada, 2014.
- [13] C. Fouad, Contribution à la modélisation de transfert de chaleur du remplissage d'un moule thèse magistère Université de Batna, 2009.

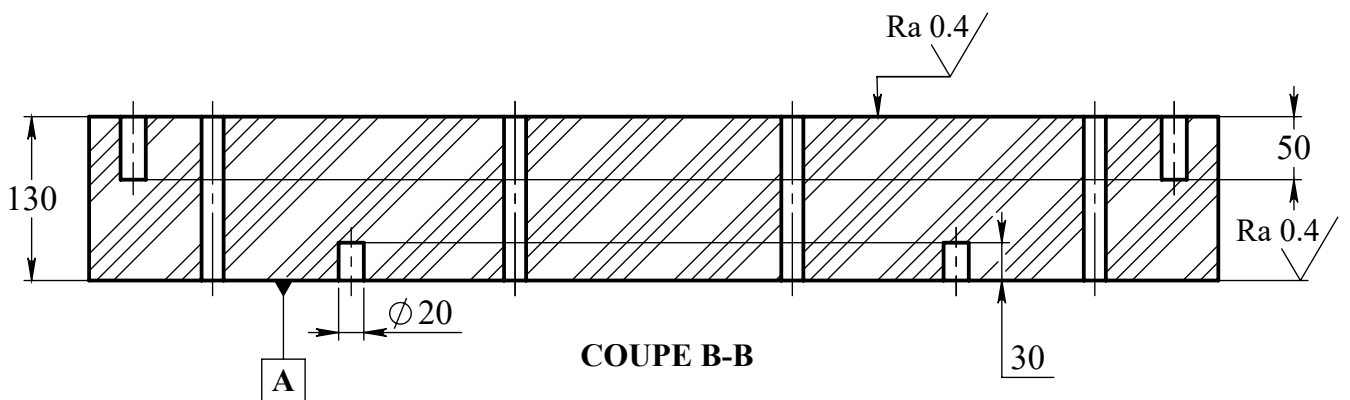
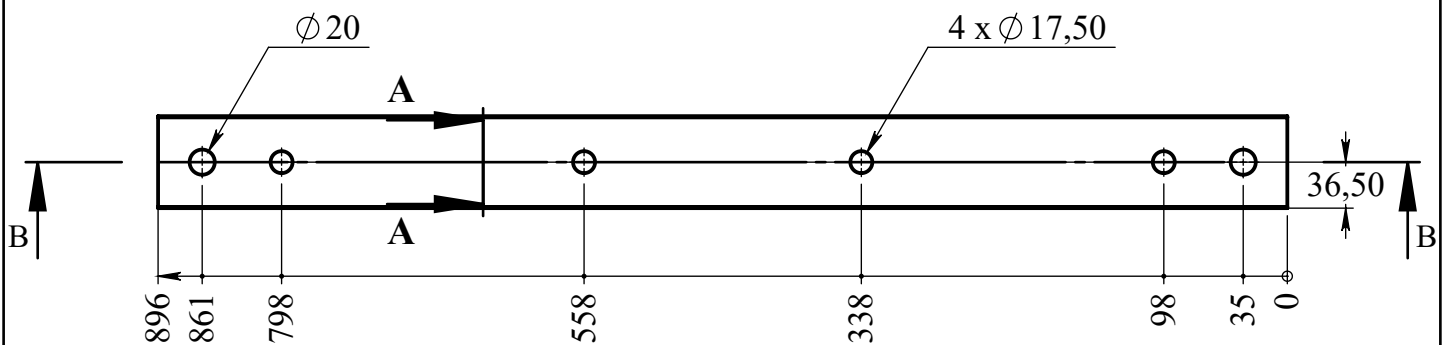
- [14] B. Hicham, Etude technologique et la maintenance préventive d'une presse à injection plastique, Mémoire présenté pour l'obtention du diplôme de master, Béjaia, 2016/2017.
- [15] Documentation de l'ENIEM.
- [16] C. Corbert, Mémotech matières mlastique, Edition Castella, 2001.



COUPE A-A

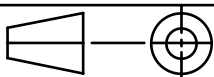


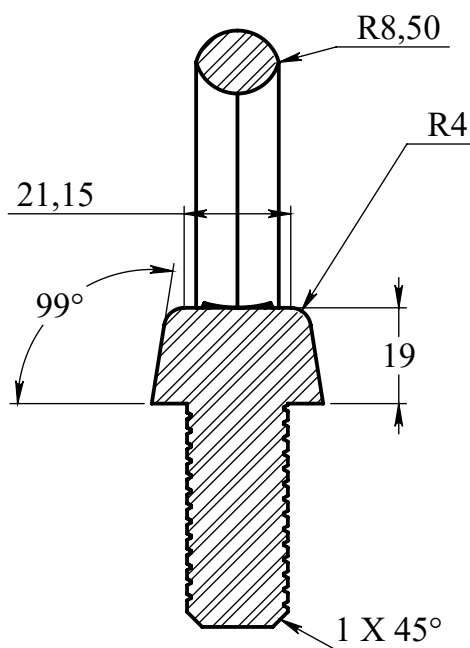
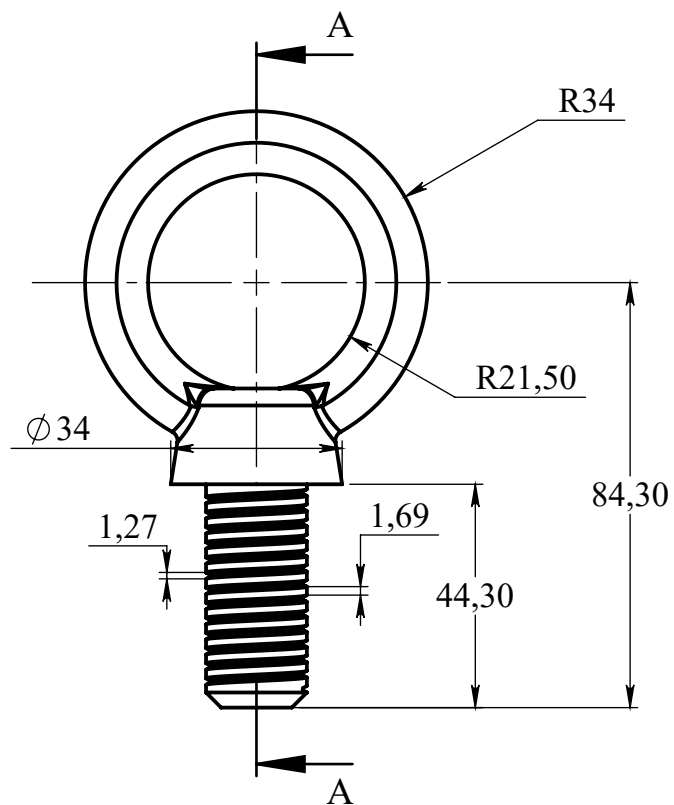
DÉTAIL A
ECHELLE 1 : 2.5



COUPE B-B

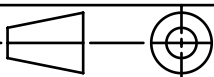
IT = ± 0.05
Ra = 3,2 sauf indication

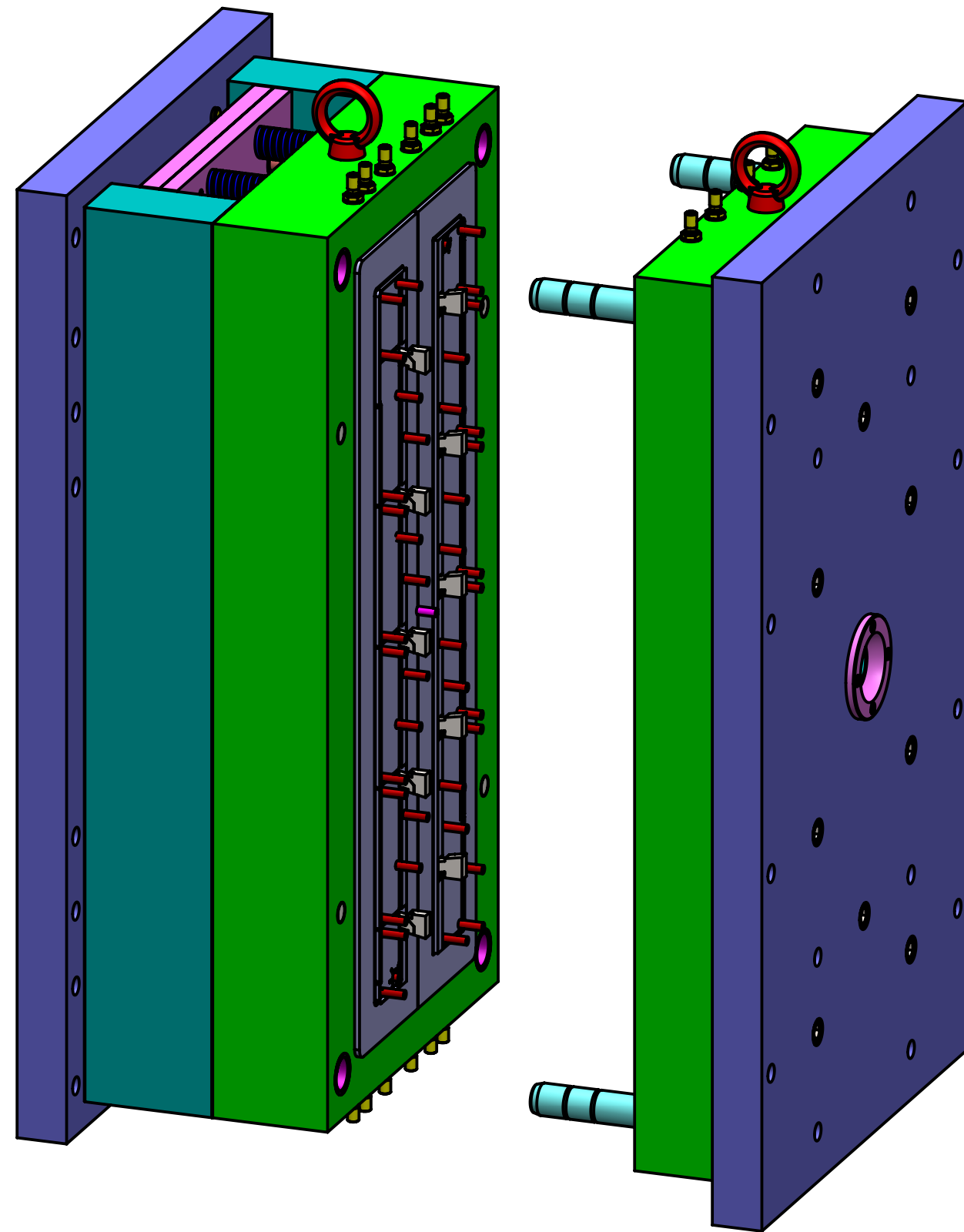
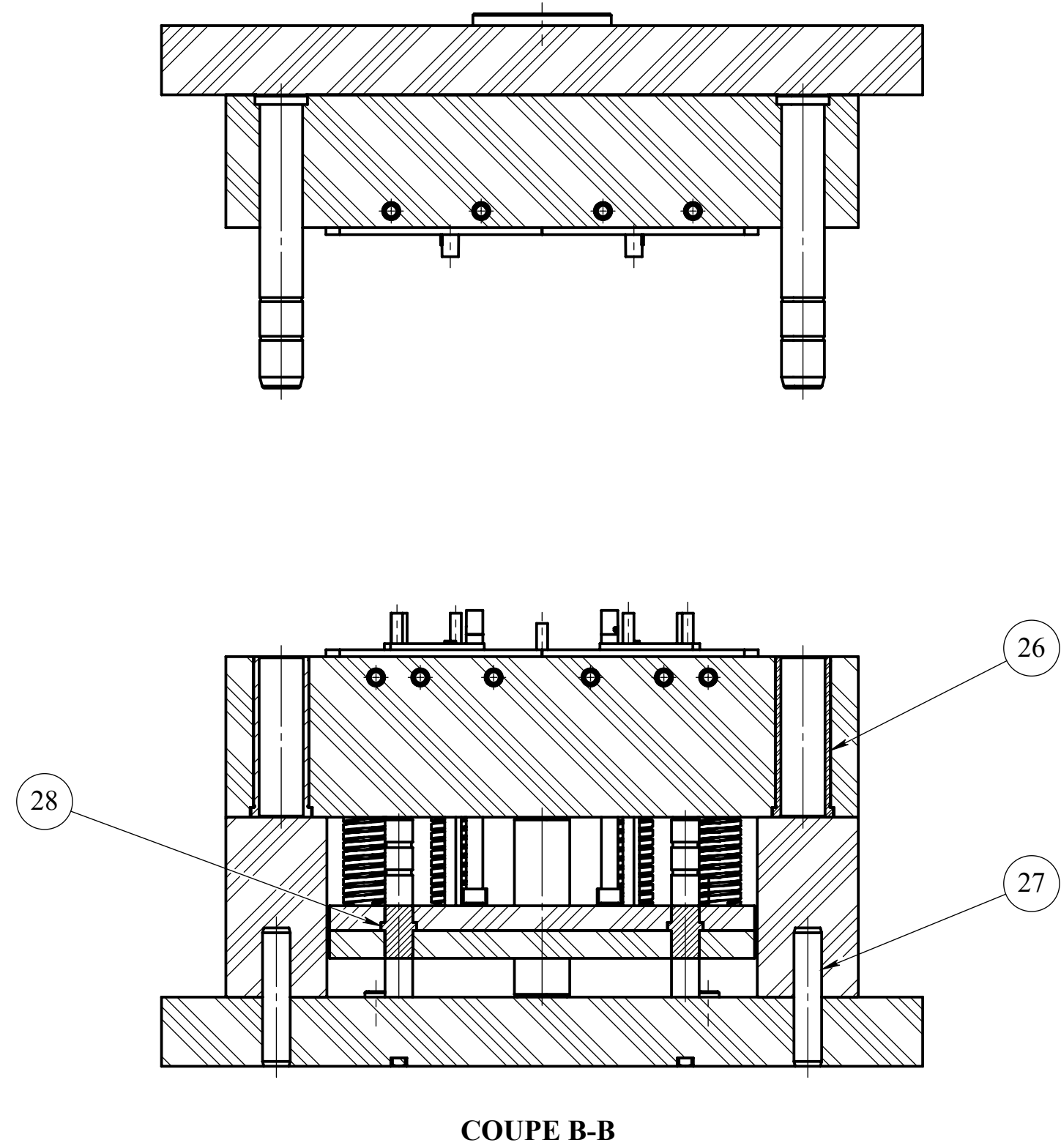
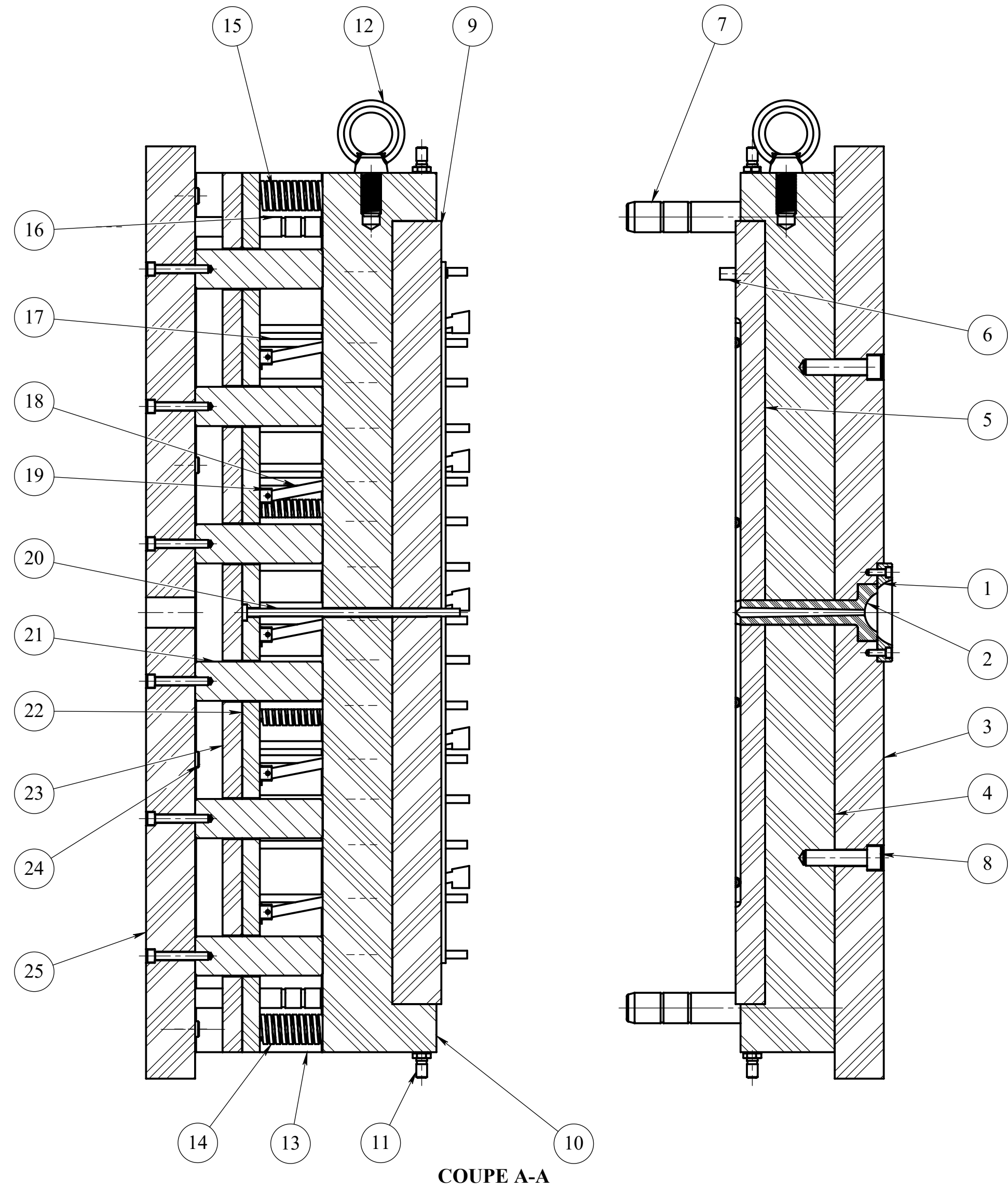
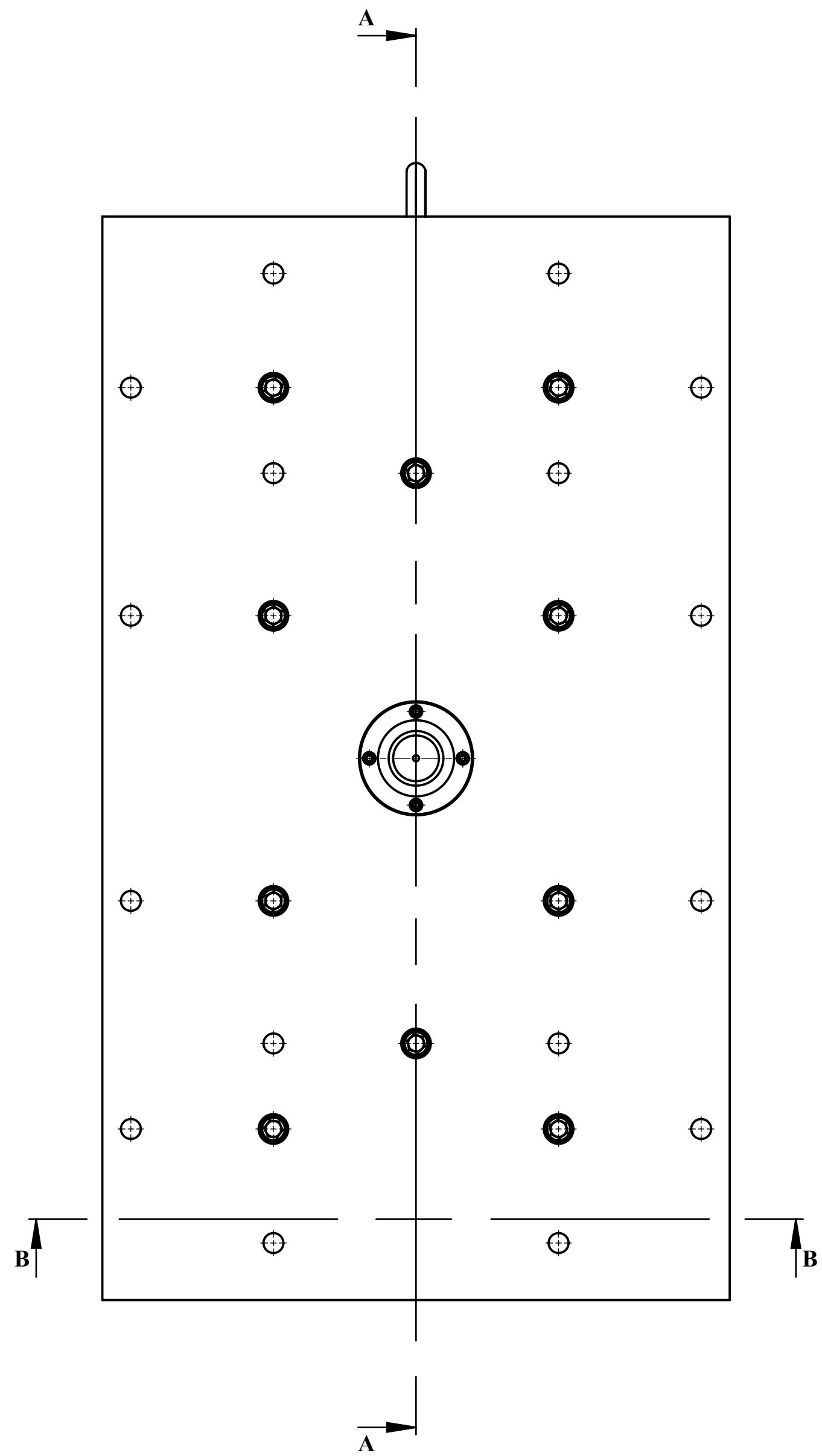
2	13	Tasseau		S235	
Nbr	Rep	Désignation		Matière	
Echelle 1 : 6		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPERIEUR D'UN NOUVEAU REFREGERATEUR			Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
					Pro : 2021
A4		Université Mouloud Mammeri			20/10/2021

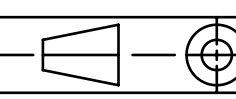


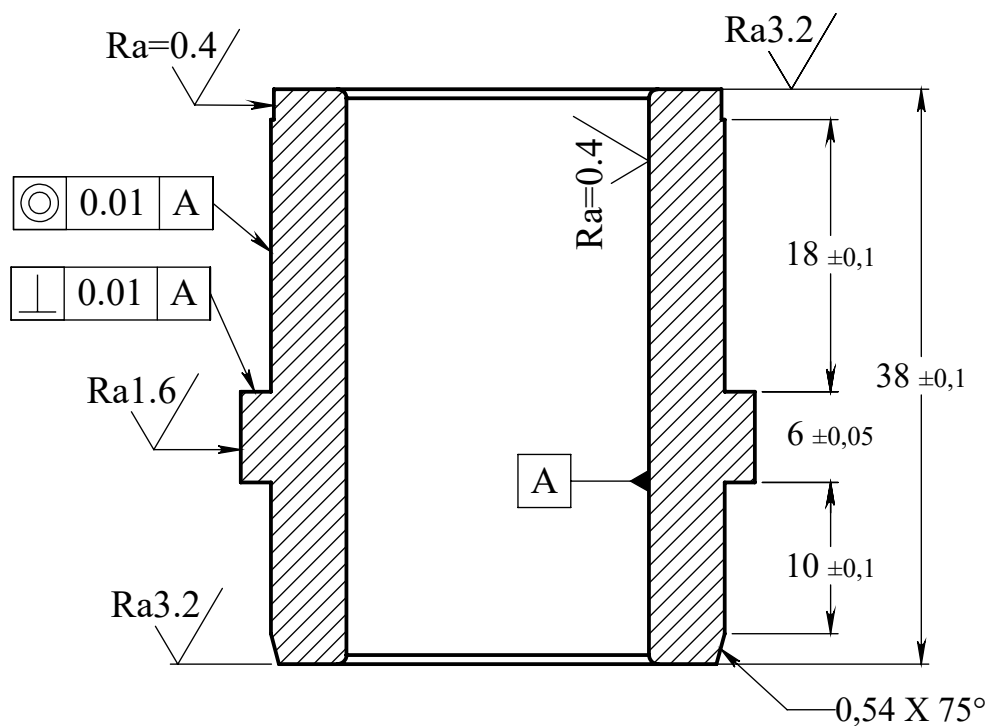
COUPE A-A

IT = ± 0.1
Ra = 3,2 sauf indication

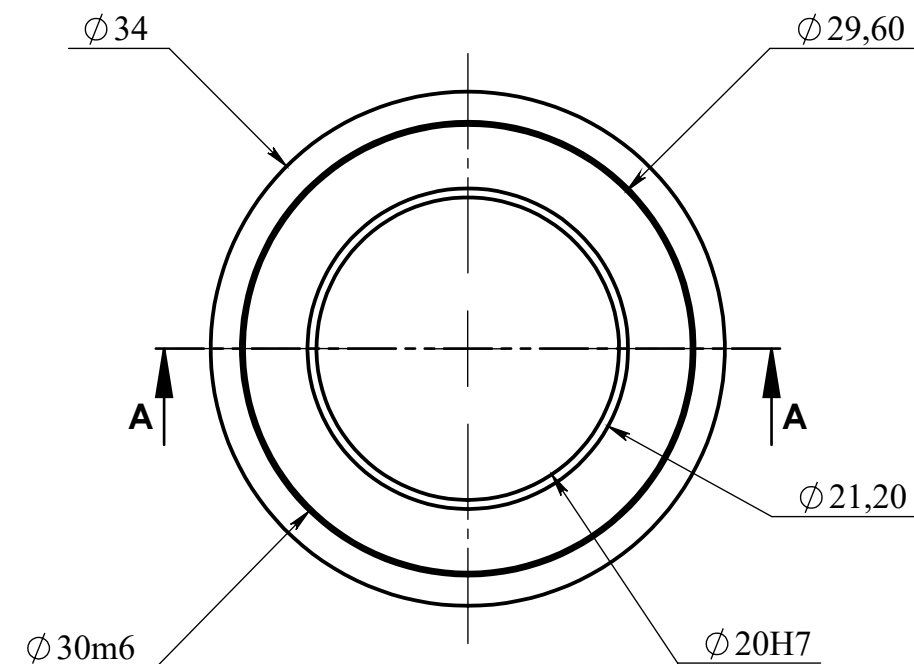
12	2	Aneau de levage	S235
Rep	Nbr	Désignation	Matière
Echelle 1 : 1.5		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPERIEUR D'UN NOUVEAU REFREGERATEUR	Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
			Pro : 2021
A4			20/10/2021
		Université Mouloud Mammeri	



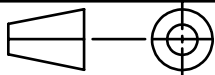
28	4	Bague de colone de gidage battrie	105 WCr6
27	18	Goupille cylindrique	16 Ni MO 16
26	4	Bague de colone de gidage	105 WCr6
25	1	Semelle inférieur	S235
24	8	Buté de course d'éjection	36 Ni CrMo16
23	1	Plaque éjectrice inferieur	C45
22	1	Plaque éjectrice supérieur	C45
21	6	Tasseau de renfort	S235
20	1	Ejecteur arrache carrote	36 Ni CrMo16
19	10	Support	36 Ni CrMo16
18	10	Ejecteur de forme	36 Ni CrMo16
17	34	Ejecteur cylindrique	36 Ni CrMo16
16	8	Colone de rappel	36 Ni CrMo16
15	4	Colone de gidage battrie	36 Ni CrMo16
14	8	Rosot	51 Si 7
13	2	Tasseau	S235
12	2	Anneau de levage	S235
11	10	Raccord rapide de circuit d'eau	CC 493K
10	1	Porte noyau	42 Cr Mo4
9	2	Noyau	36 Ni CrMo16
8	42	Vis de fixation	C35
7	4	Colone de gidage	X 200 Cr 12
6	2	Emprainte II	36 Ni CrMo16
5	2	Emprainte I	36 Ni CrMo16
4	1	Porte empreinte	42 Cr Mo4
3	1	Semelle supérieure	S235
2	1	Buse moule	105 WCr6
1	1	Rondale de centrage	S235
Rep	Nbr	Disignation	Matière
Ehelle 1 : 4  A1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPÉRIEUR D'UN NOUVEAU REFRIGERATEUR Université Mouloud Mammeri	Rialiser par: Randani Aghilas Bey Abderrahmane Pro : 2021 25/10/2021

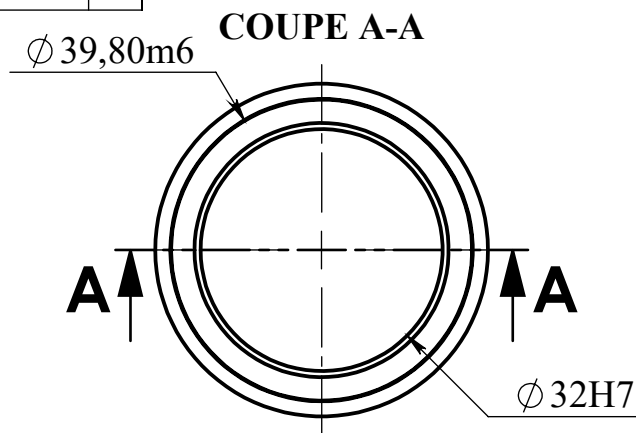
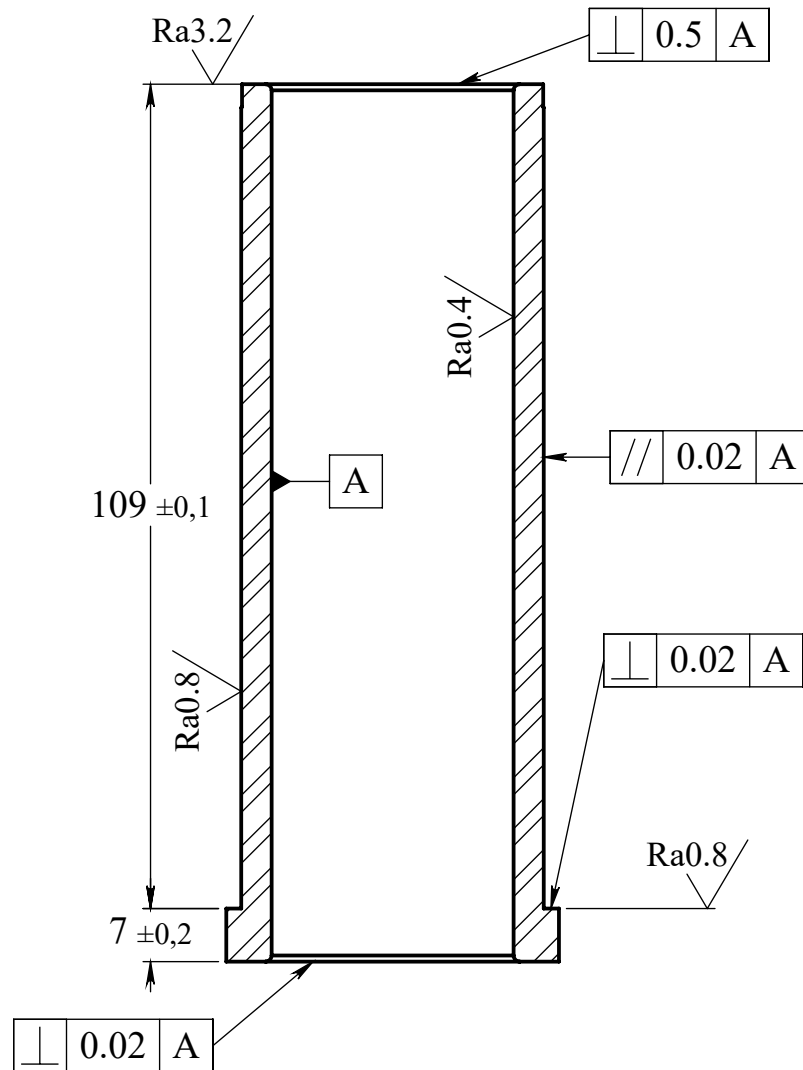


COUPE A-A

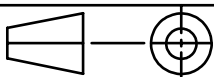


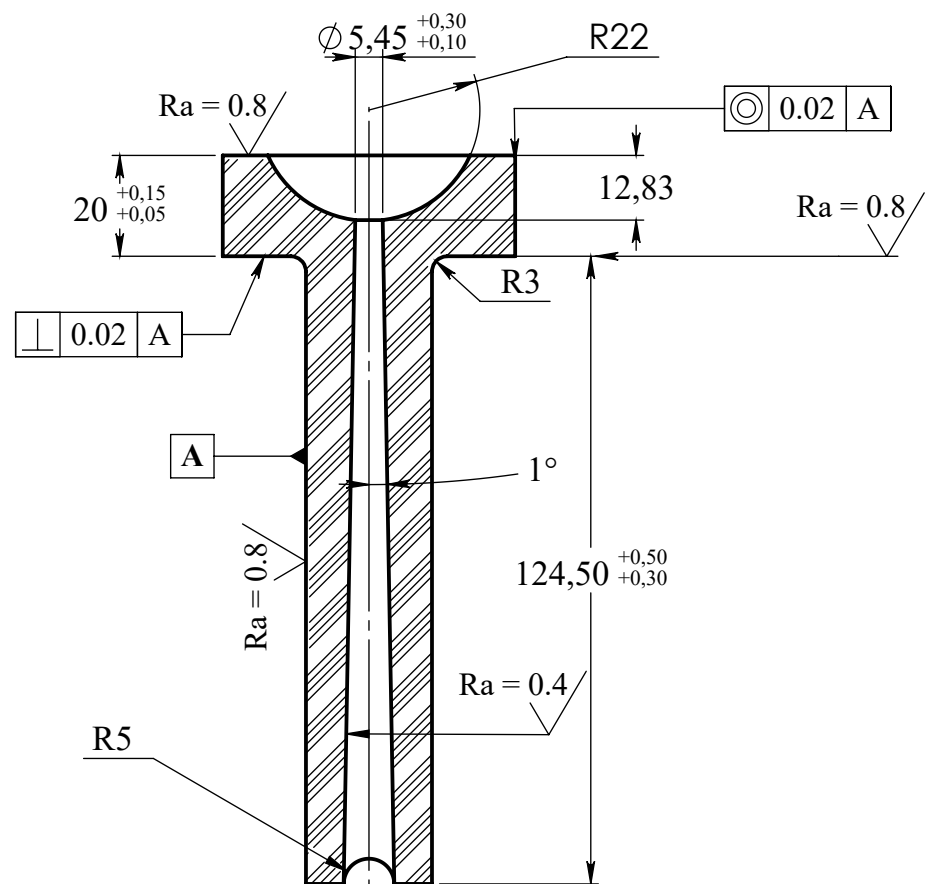
(IT = ±0.3 ; Ra = 1.6) sauf indication

28	04	Bague	105 W Cr6
Rep	Nbr	Désignation	Matière
Echelle 2 : 1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPERIEUR D'UN NOUVEAU REFREGERATEUR	Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
			Pro : 2021
A4			Université Mouloud Mammeri
			20/10/2021

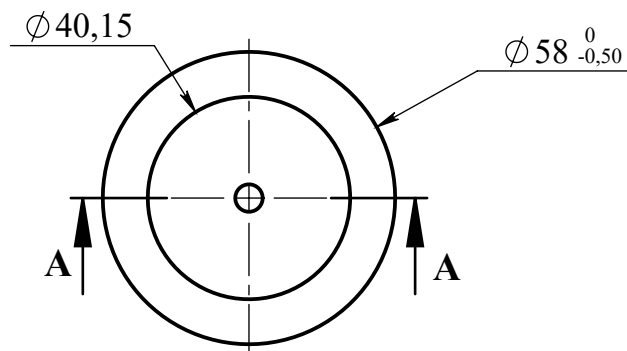


(IT = ±0.02 ; Ra = 1.6) sauf indication

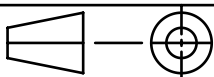
26	04	Bague de colonne de guidage	105 W Cr6
Rep	Nbr	Désignation	Matière
Echelle 1 : 1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPERIEUR D'UN NOUVEAU REFREGERATEUR	Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
			Pro : 2021
A4		Université Mouloud Mammeri	20/10/2021

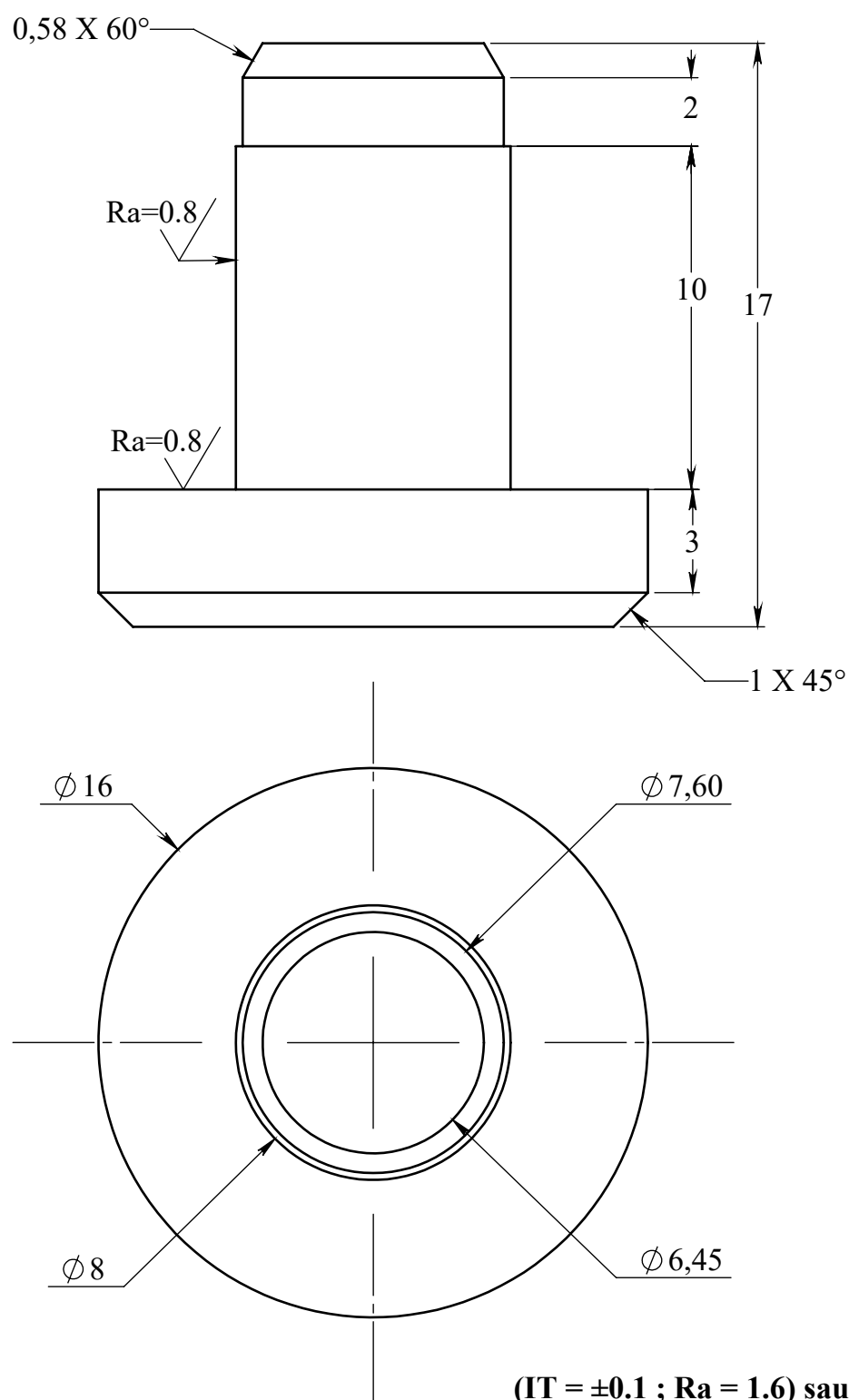


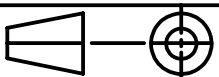
COUPE A-A

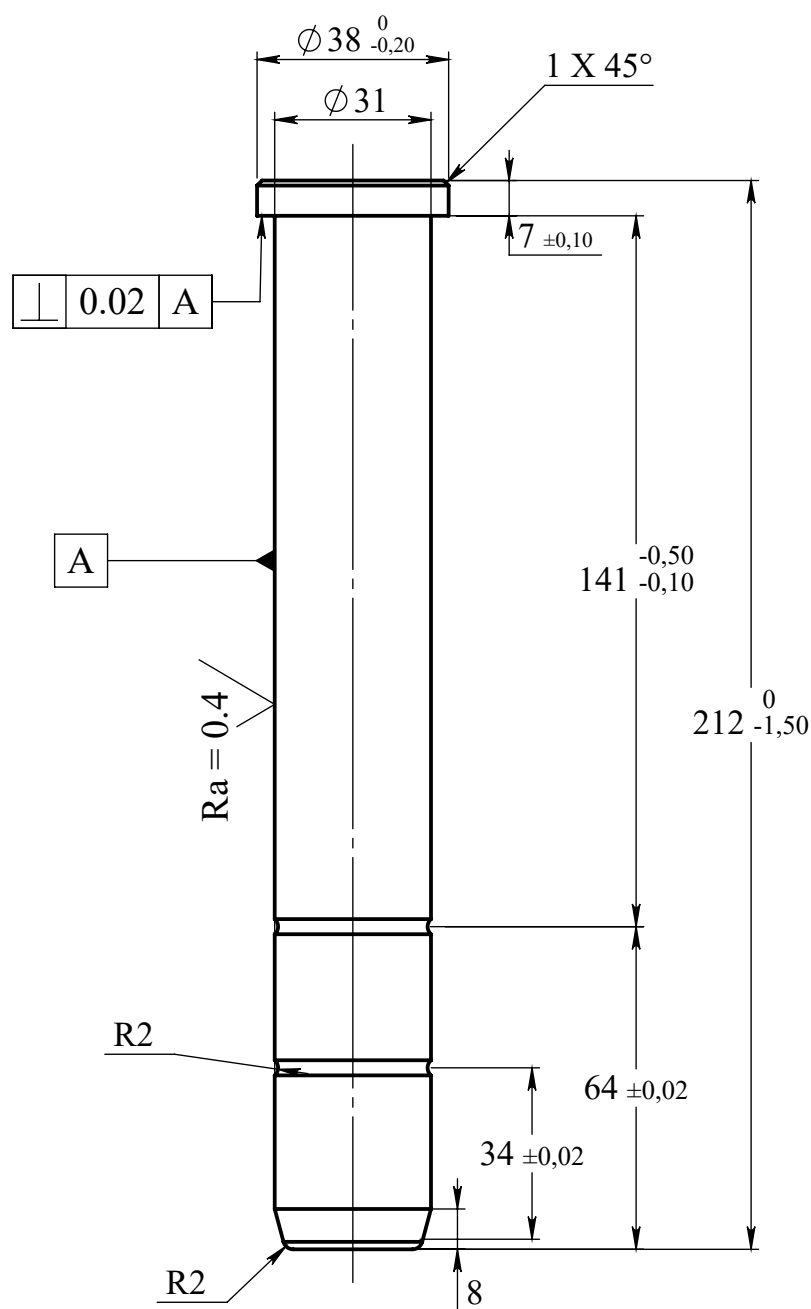


IT = ± 0.05 sauf indication
Ra = 3,2 sauf indication

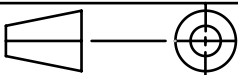
2	1	Buse moule	105 WCr6
Rep	Nbr	Désignation	Matière
Echelle 1 : 1,5		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPERIEUR D'UN NOUVEAU REFREGERATEUR	Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
			Pro: 2021
A4		Université Mouloud Mammeri	20/10/2021

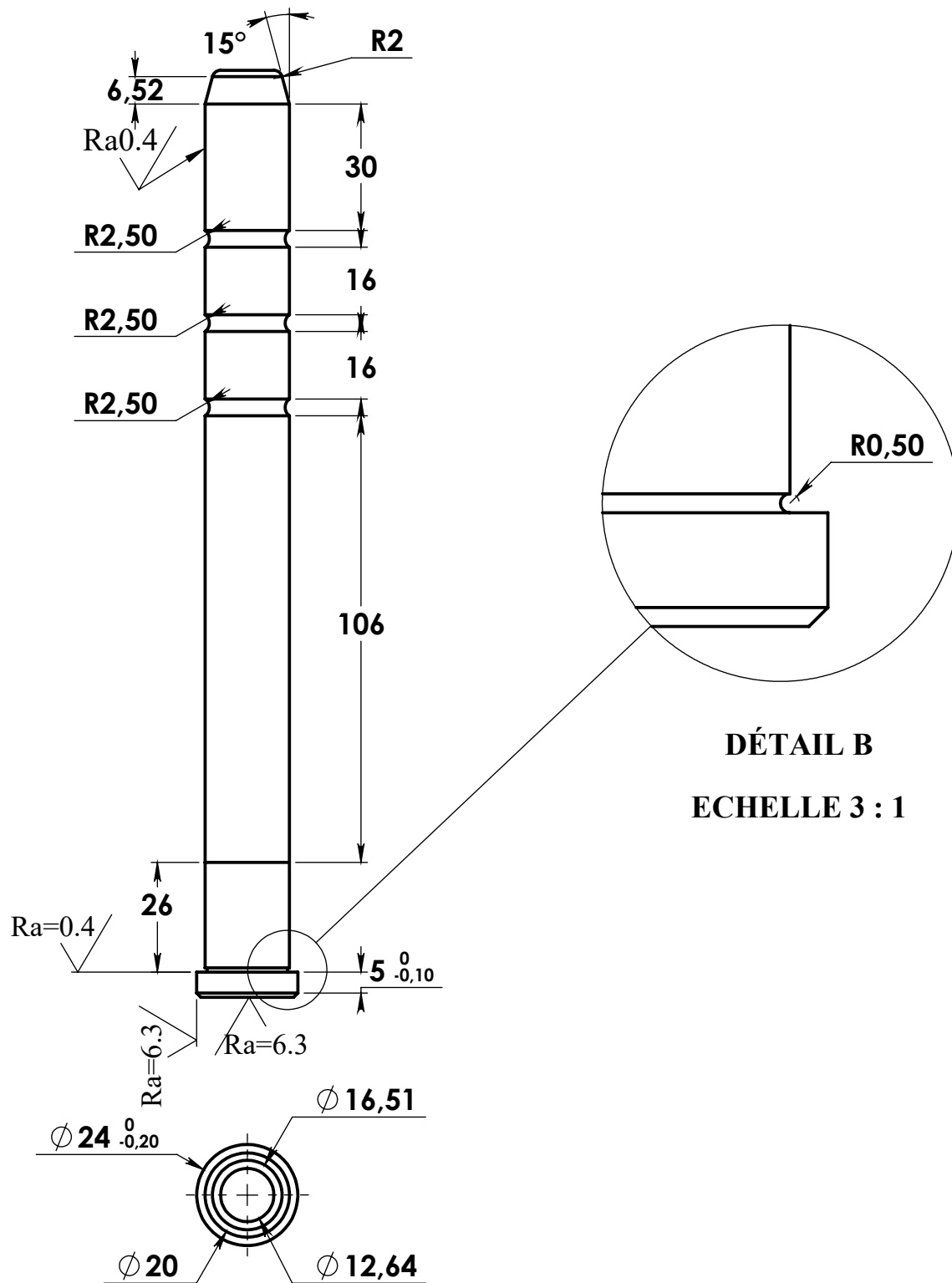


24	08	Butée de course d ejection	36 Ni Cr Mo16
Rep	Nbr	Désignation	Matière
Echelle 5 : 1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPERIEUR D'UN NOUVEAU REFREGERATEUR	Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
			Pro : 2021
A4			20/10/2021
		Université Mouloud Mammeri	

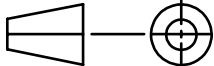


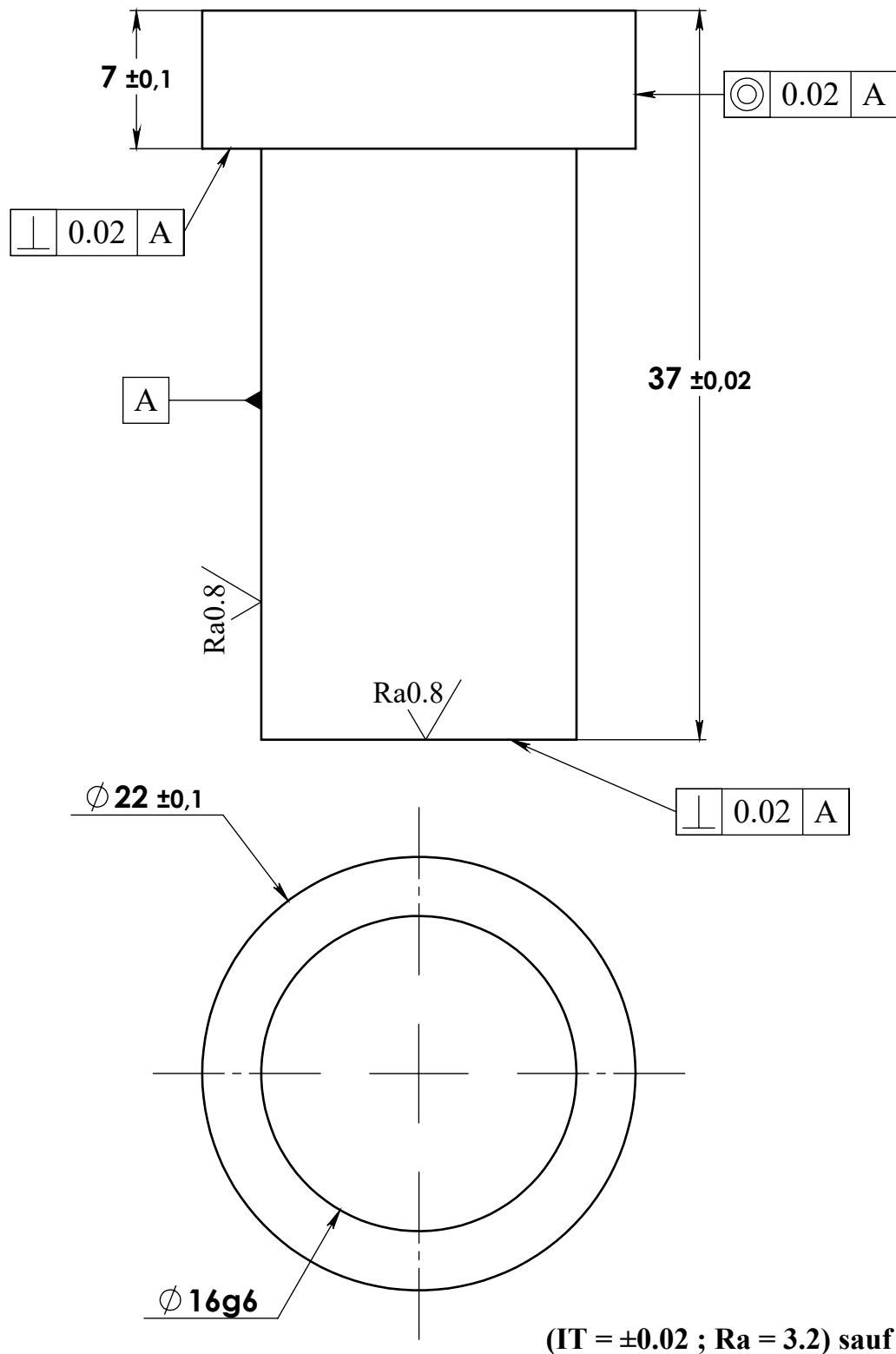
IT = ± 0.1 sauf indication
Ra = 3,2 sauf indication

7	4	Colone de guidage	X 200 Cr 12
Rep	Nbr	Désignation	Matière
Echelle 1 : 1.5		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPÉRIEUR D'UN NOUVEAU REFRIGERATEUR	Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
			Promo :2021
A4			01/11/2021
		Université Mouloud Mammeri	

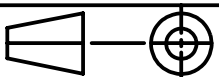


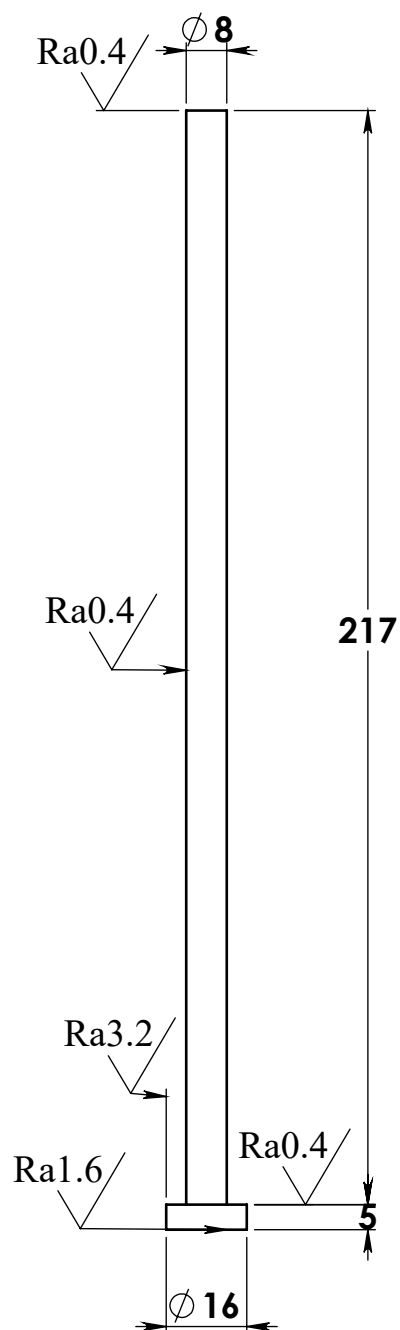
(IT = ± 0.1 ; Ra = 3.2) sauf indication

15	04	Colonne de guidage batterie	X 200 Cr12
Nbr	Rep	Désignation	Matière
Echelle 1 : 1.5		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPERIEUR D'UN NOUVEAU REFREGERATEUR	Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
			Pro : 2021
A4		Université Mouloud Mammeri	20/10/2021

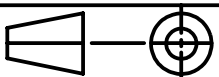


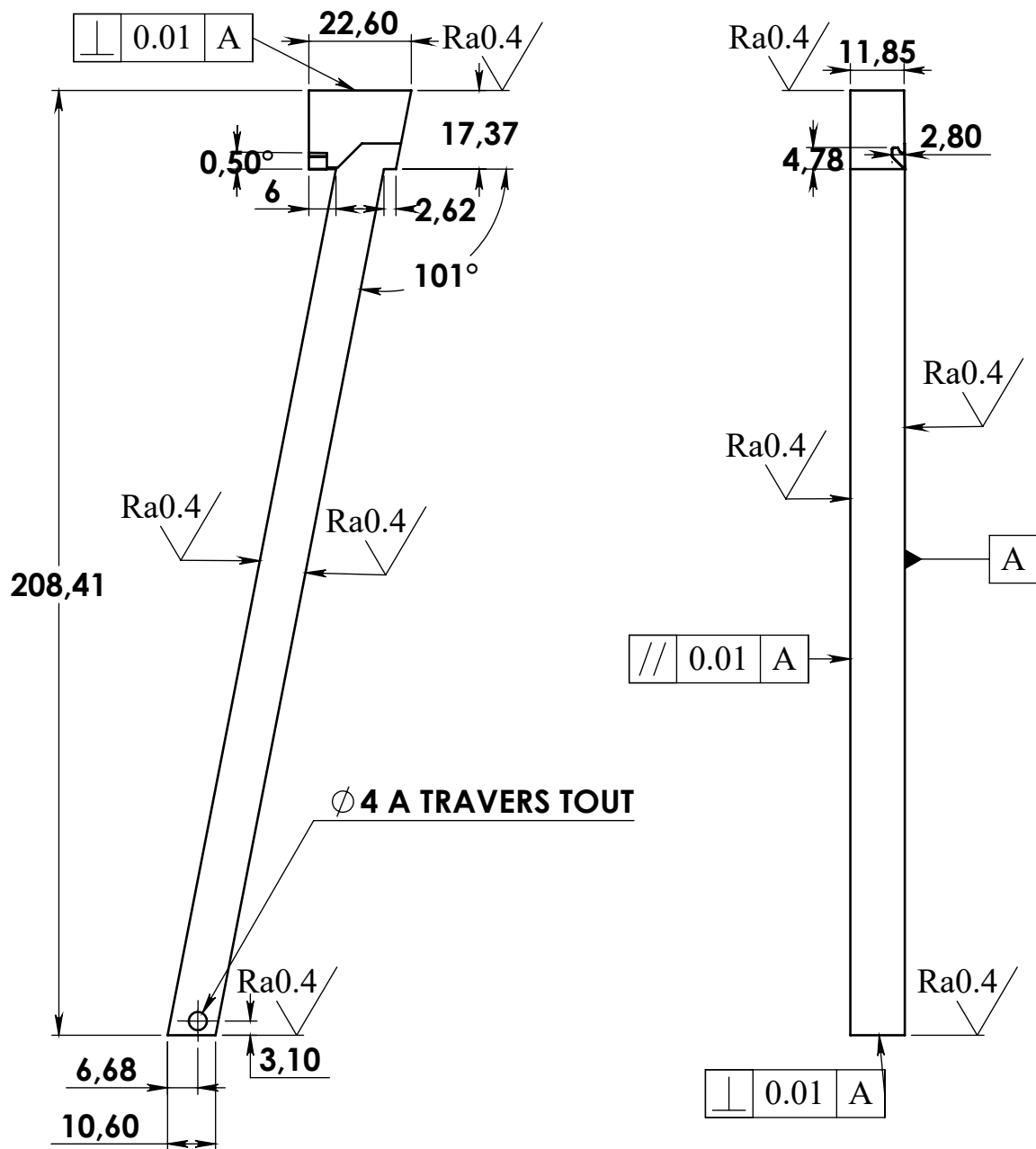
(IT = ± 0.02 ; Ra = 3.2) sauf indication

16	04	Tige de rappel	36 Ni Cr Mo16
Rep	Nbr	Désignation	Matière
Echelle 3 : 1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPERIEUR D'UN NOUVEAU REFREGERATEUR	Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
			Pro : 2021
A4			20/10/2021
		Université Mouloud Mammeri	

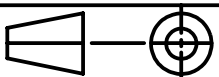


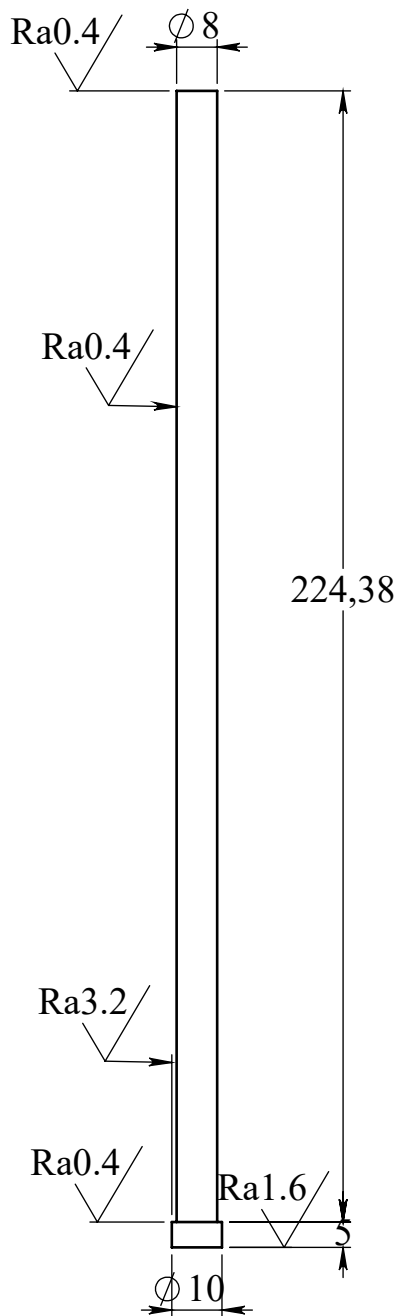
IT = ± 0.05 sauf indication

20	01	Ejecteur Arrache Carrote	36 Ni Mo 16
Rep	Nbr	Désignation	Matière
Echelle 1 : 1.5		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPERIEUR D'UN NOUVEAU REFREGERATEUR	Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
			Pro : 2021
A4		Université Mouloud Mammeri	20/10/2021

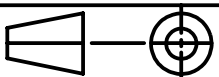


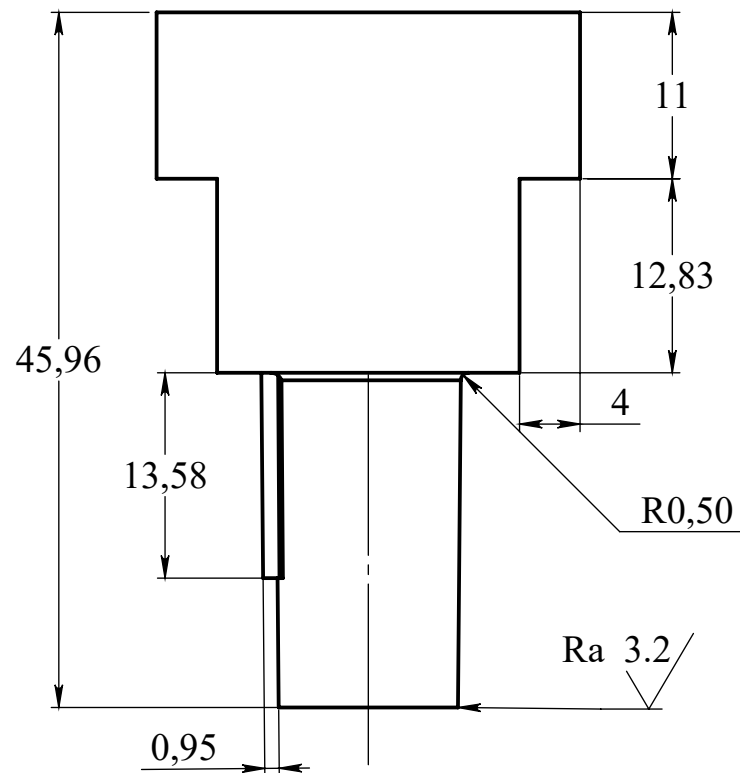
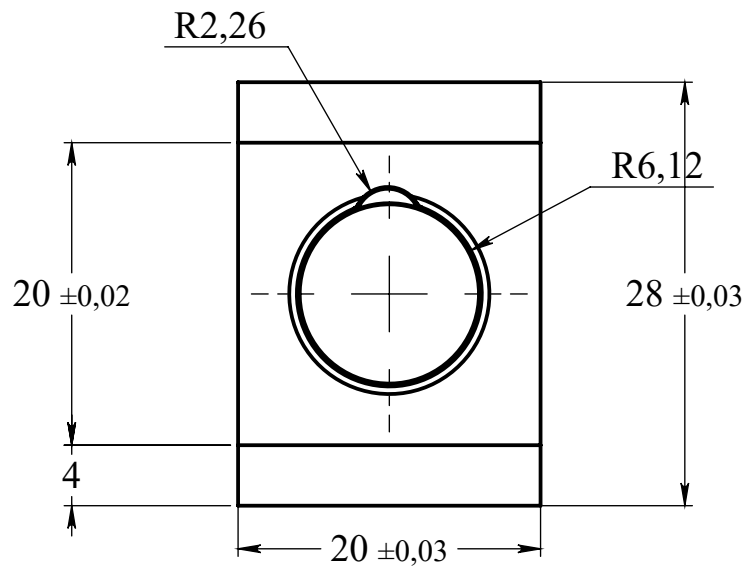
(IT = ±0.01 ; Ra = 0.4) sauf indication

18	10	Ejecteur de forme	36 Ni Mo 16
Rep	Nbr	Désignation	Matière
Echelle 1 : 1.5		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPERIEUR D'UN NOUVEAU REFREGERATEUR	Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
			Pro : 2021
A4			20/10/2021
		Université Mouloud Mammeri	

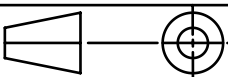


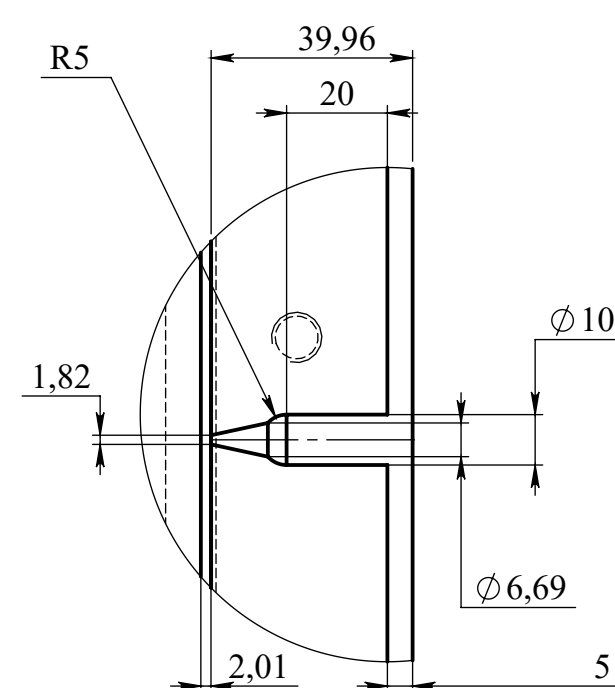
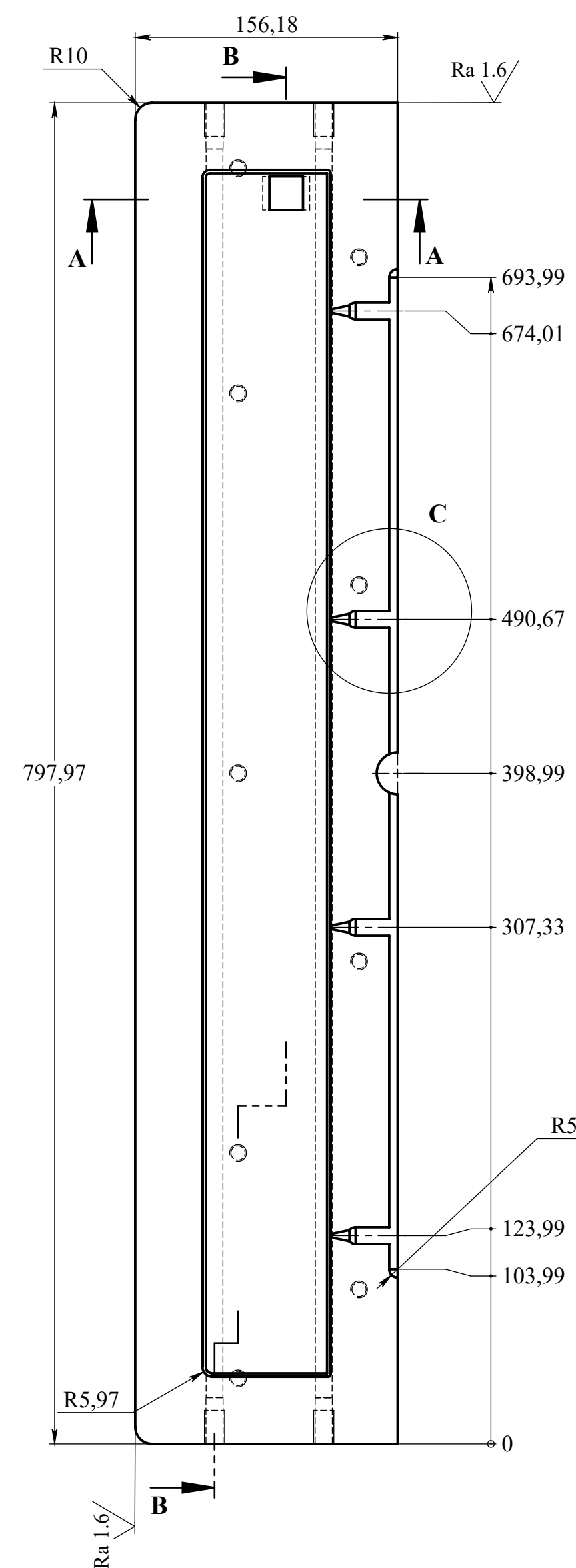
IT = ± 0.05 sauf indication

17	34	Ejecteur Cylindrique	36 Ni Mo 16
Rep	Nbr	Désignation	Matière
Echelle 1 : 1.5		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPERIEUR D'UN NOUVEAU REFREGERATEUR	Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
			Pro : 2021
A4			20/10/2021
		Université Mouloud Mammeri	

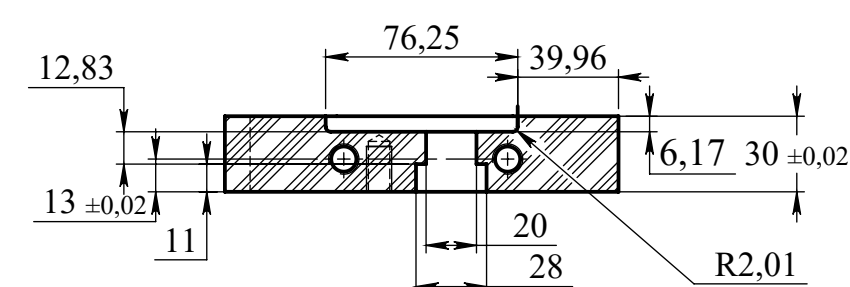


IT = ± 0.01 sauf indication
Ra = 0,4 sauf indication

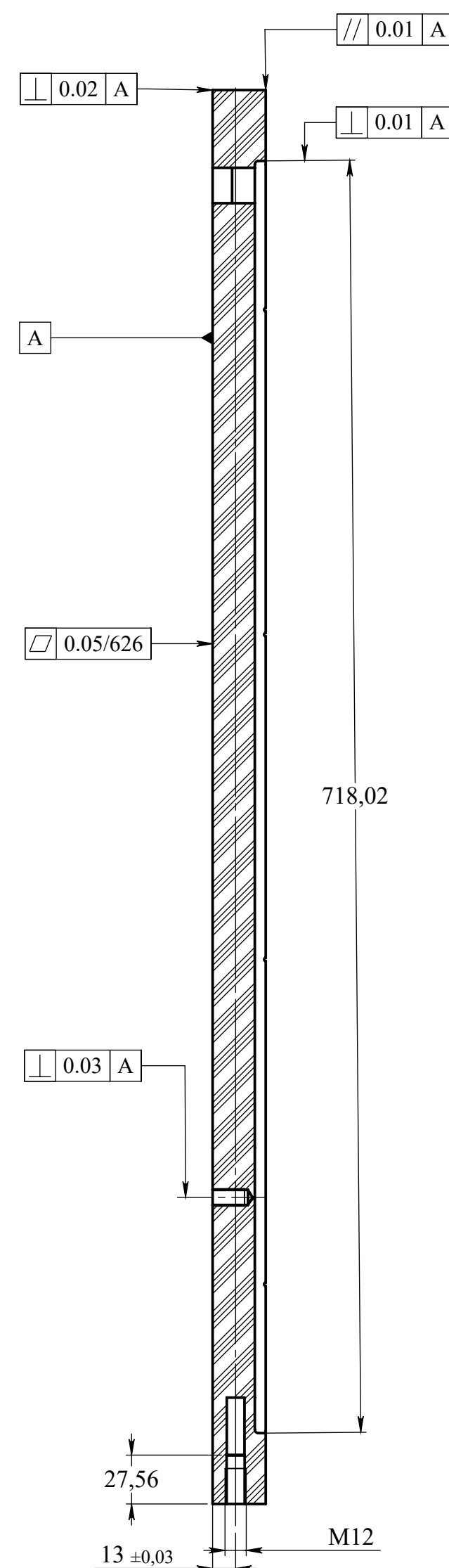
6	2	Emprainte II	36 Ni CrMo 16
Rep	Nbr	Désignation	Matière
Echelle 2 : 1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPERIEUR D'UN NOUVEAU REFREGERATEUR	Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
			Pro : 2021
A4		Université Mouloud Mammeri	20/10/2021



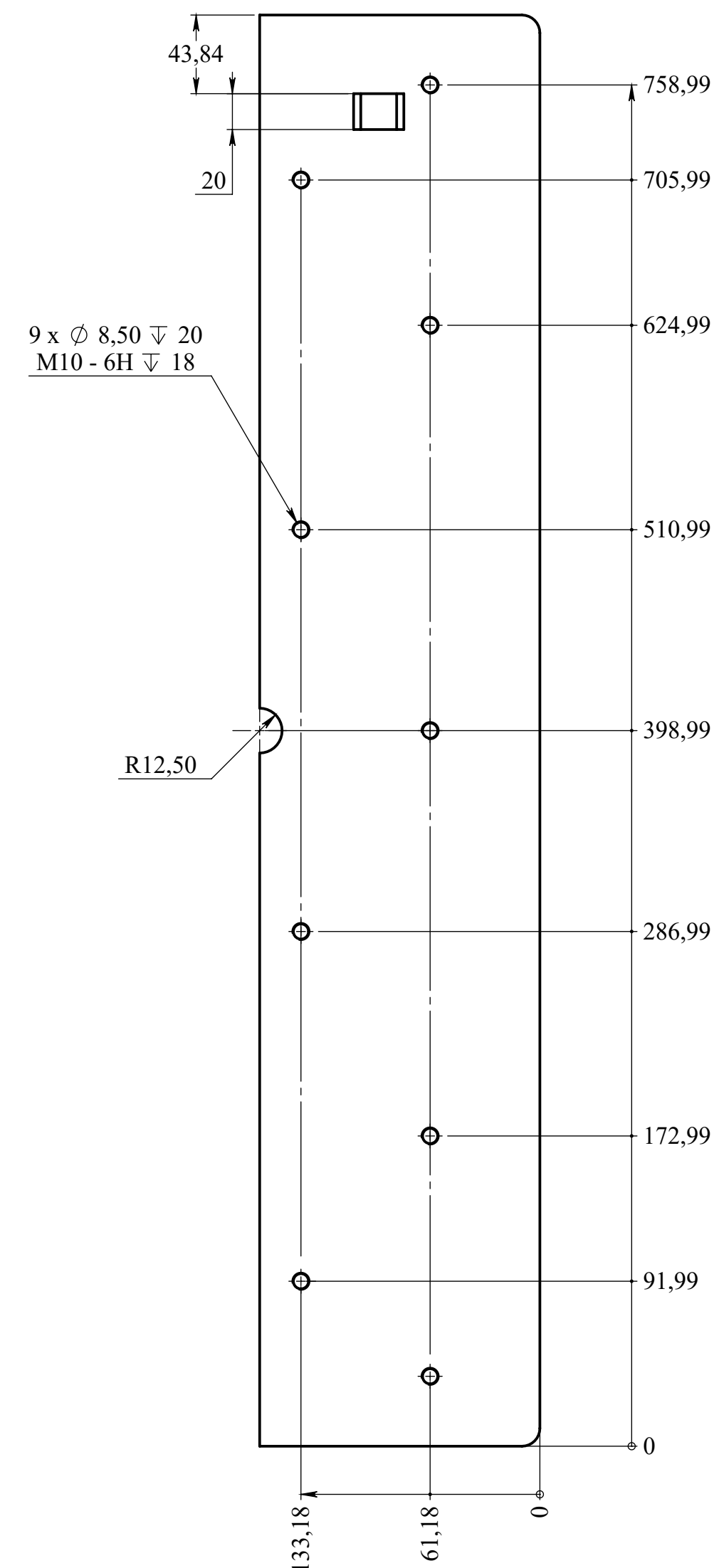
DÉTAIL C
ECHELLE 2 : 3



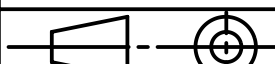
COUPE A-A

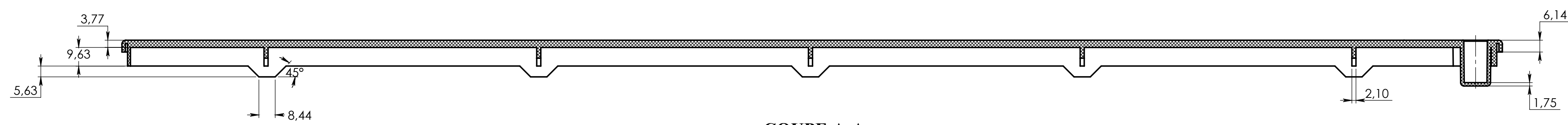
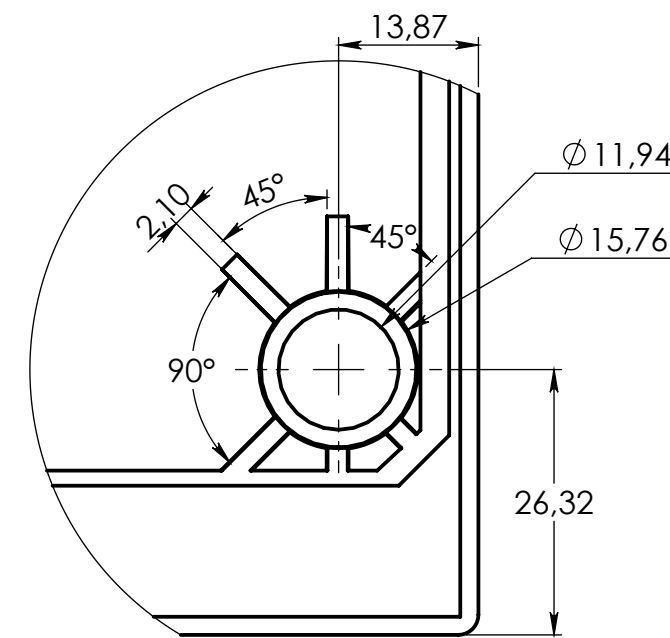
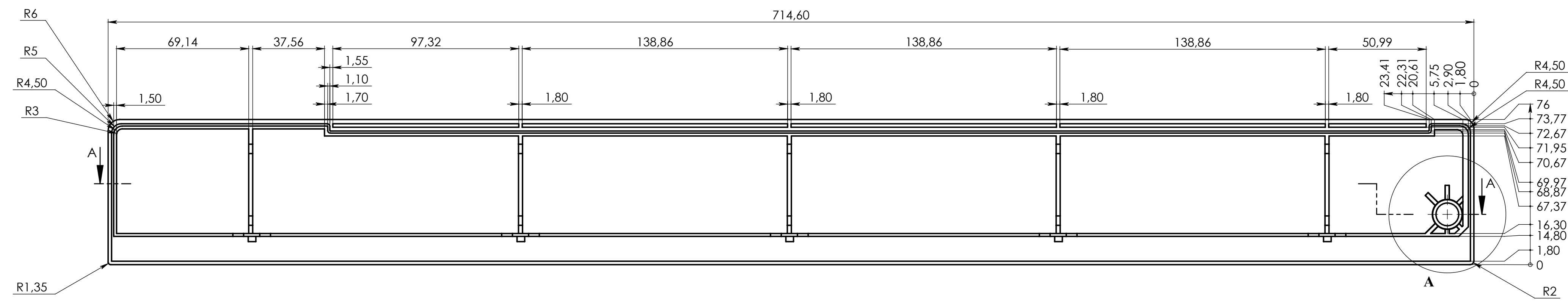


COUPE B-B

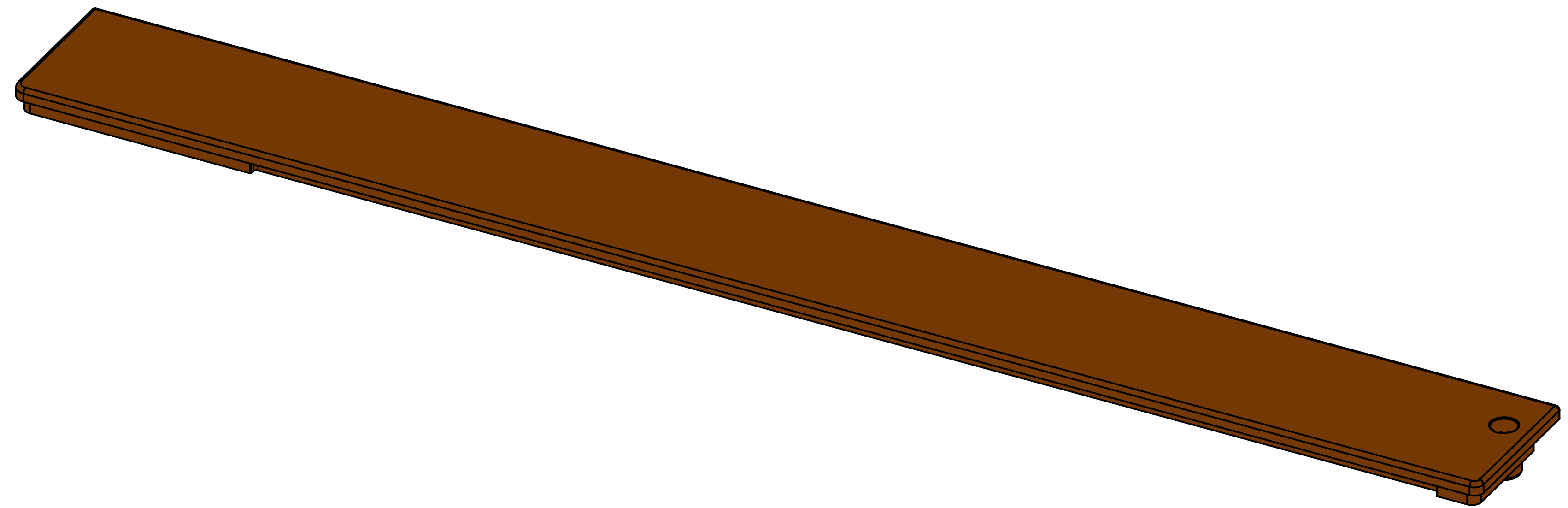
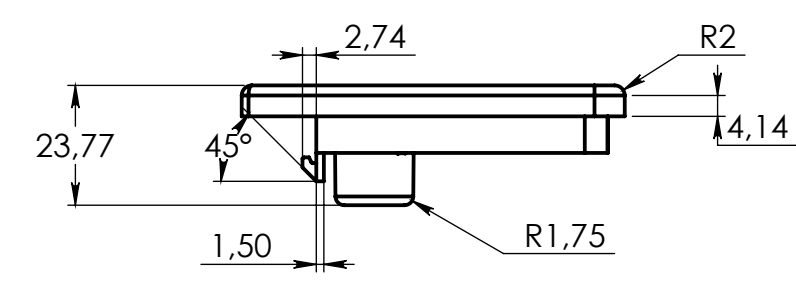


IT = ± 0.01 sauf indication
Ra = 0,4 sauf indication

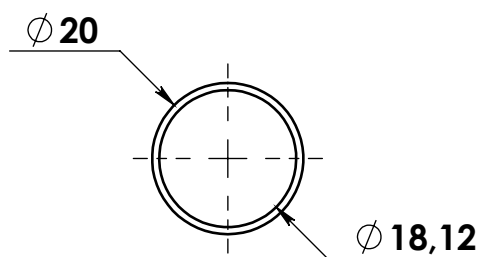
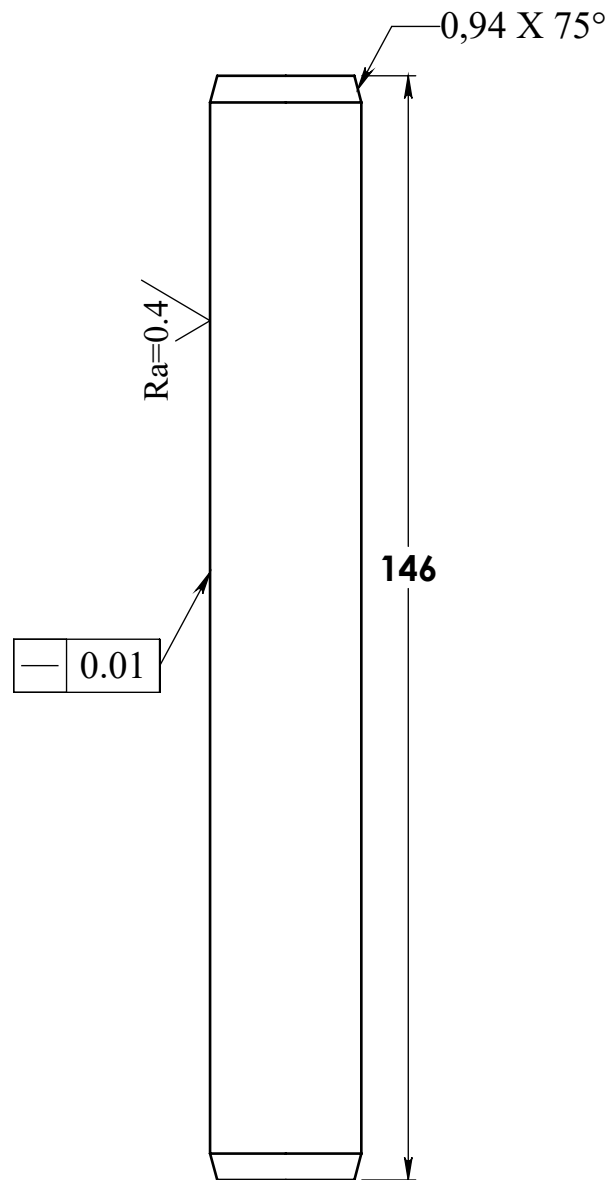
5	2	Emprainte I	36 Ni CrMo16
Rep	Nbr	Désignation	Matière
Echelle 1 : 3		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPERIEUR D'UN NOUVEAU REFREGERATEUR	Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
			Pro:2021
A2			21/10/2021
		Université Mouloud Mammeri	



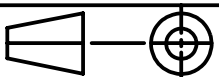
COUPE A-A

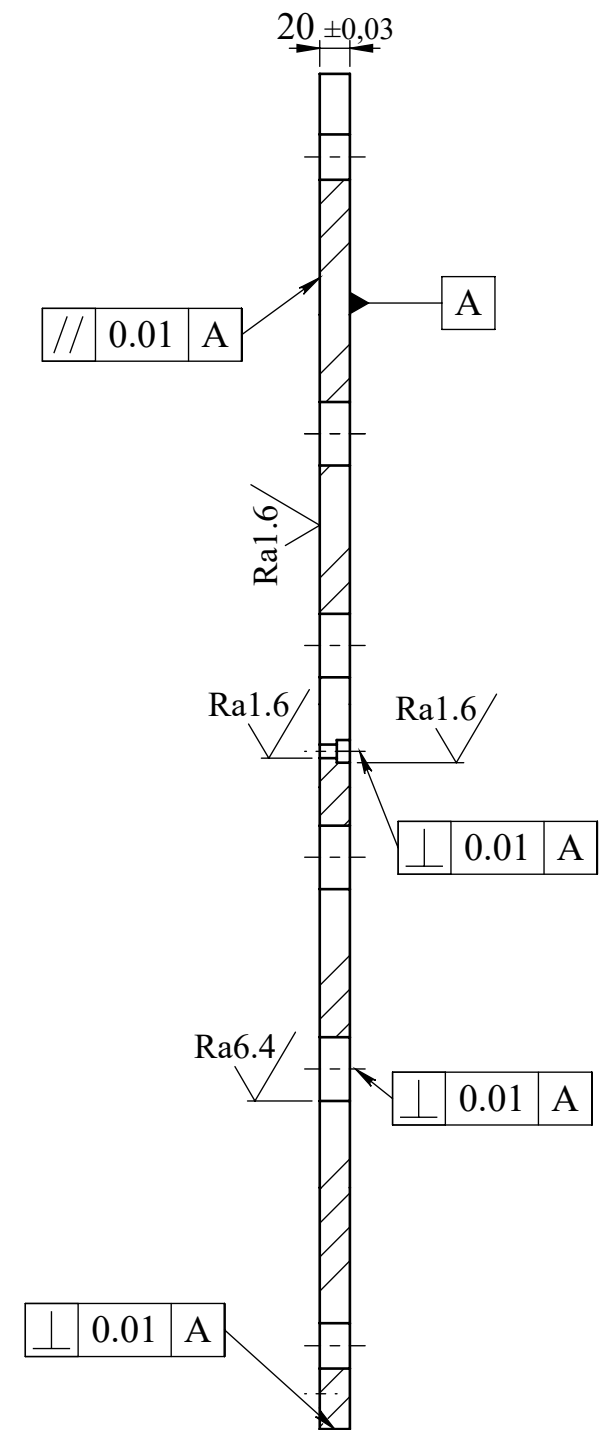
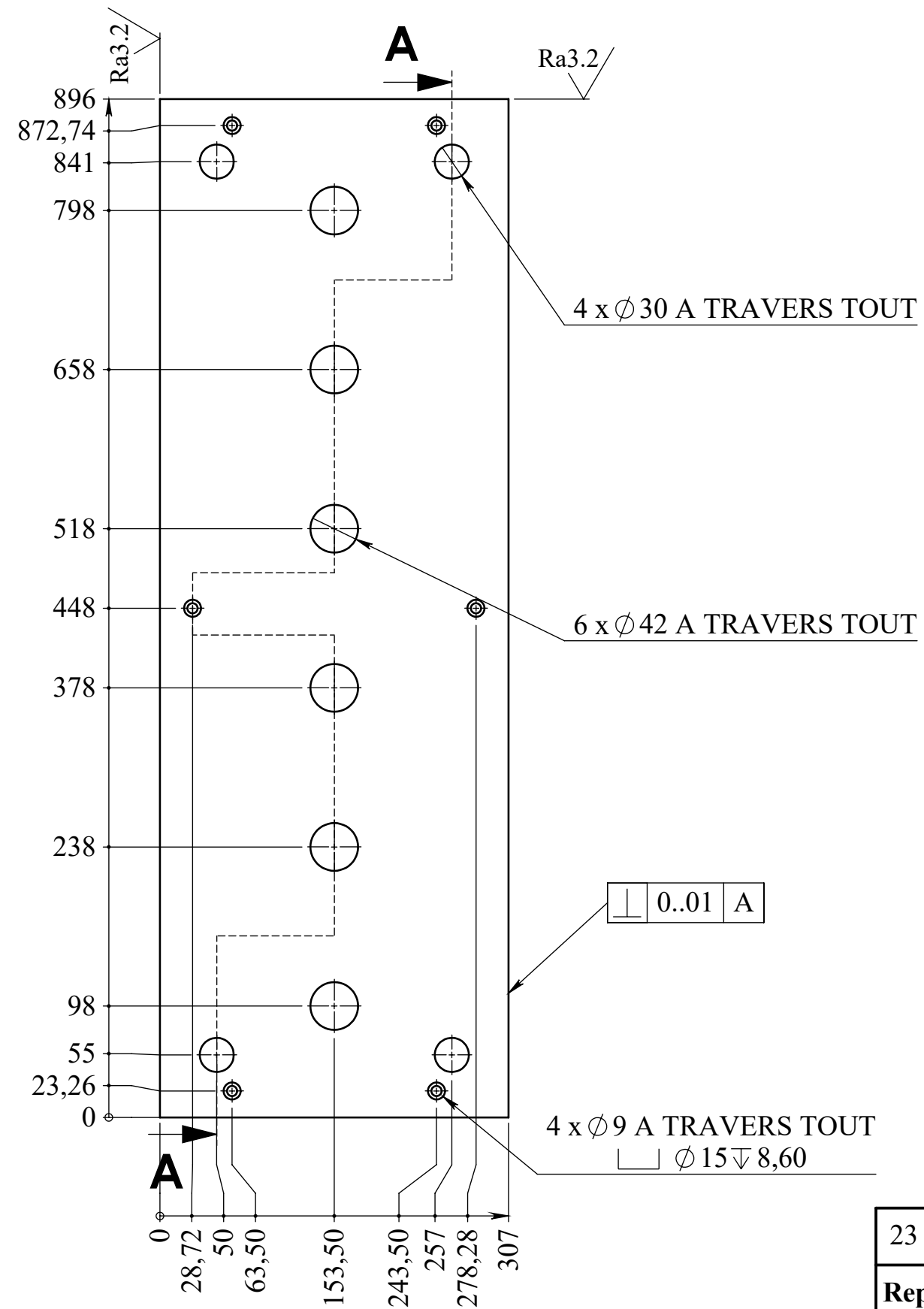


2	Enjoliveur supérieur	ABS
Nbr	Disignation	Matière
Ehelle 1 : 1.5	MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPÉRIEUR D'UN NOUVEAU REFRIGERATEUR	Réaliser par: Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
		Pro : 2021
A1		Université Mouloud Mammeri
		25/10/2021

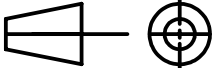


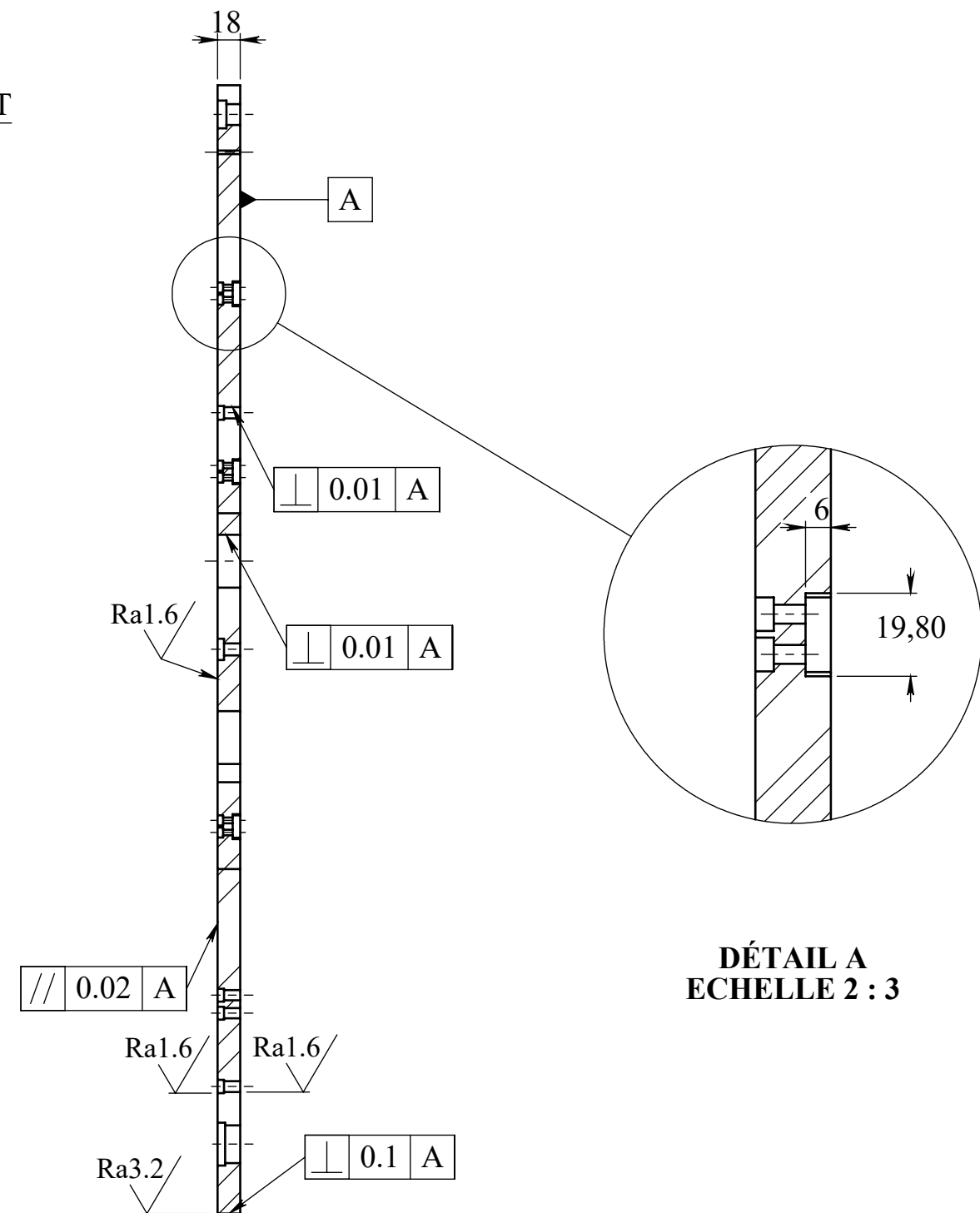
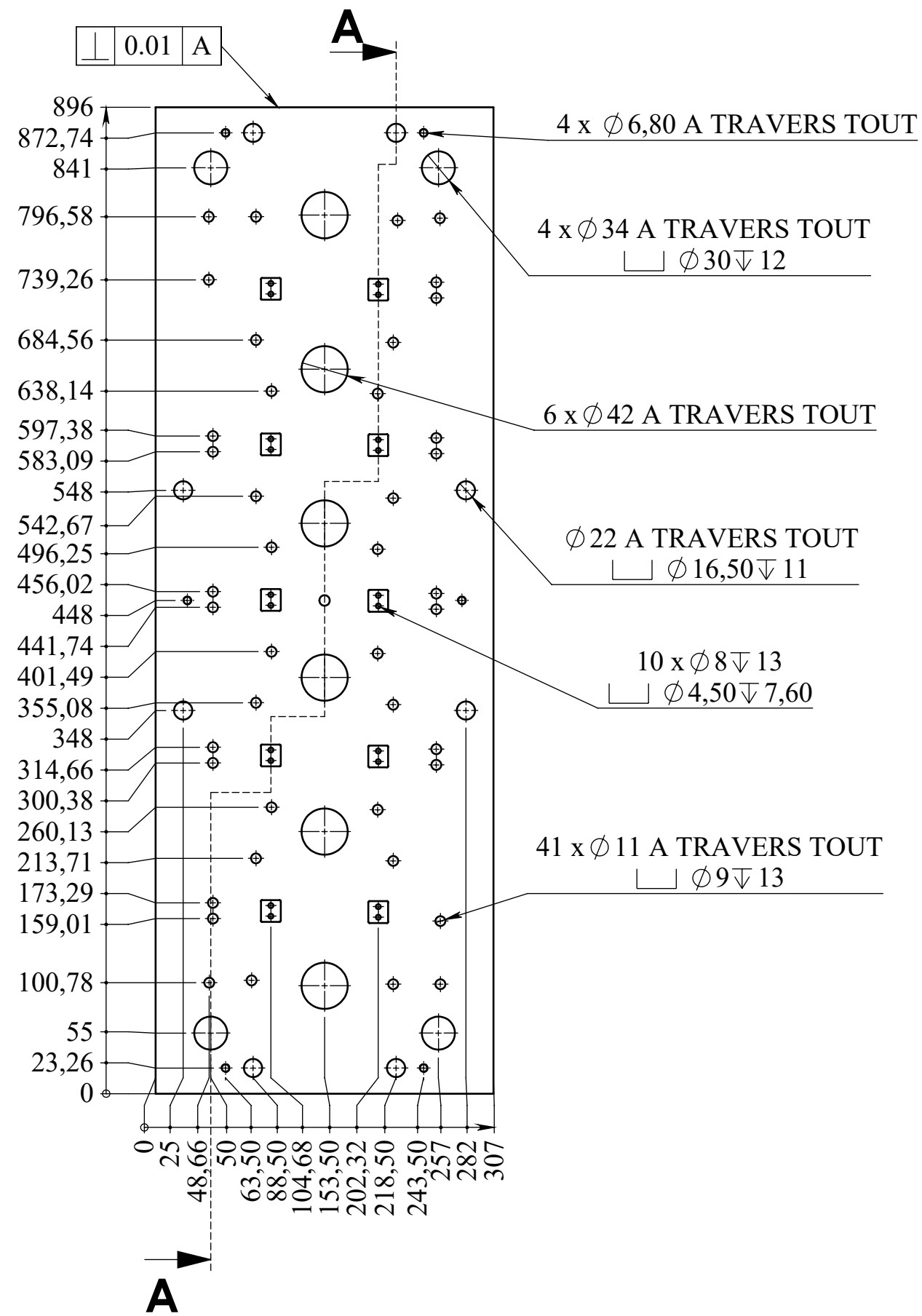
(IT = ±0.05 ; Ra = 1.6) sauf indication

27	08	Goupille cylindrique	36 Ni Cr Mo16
Rep	Nbr	Désignation	Matière
Echelle 1 : 1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPERIEUR D'UN NOUVEAU REFREGERATEUR	Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
			Pro : 2021
A4			20/10/2021
		Université Mouloud Mammeri	



COUPE A-A
(IT = ±0.01 ; Ra = 3.2) sauf indication

23	01	Plaque éjectrice inférieure	S235
Rep	Nbr	Désignation	Matière
Echelle 1 : 5		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPERIEUR D'UN NOUVEAU REFREGERATEUR	Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
			Pro:2021
A3			21/10/2021
		Université Mouloud Mammeri	

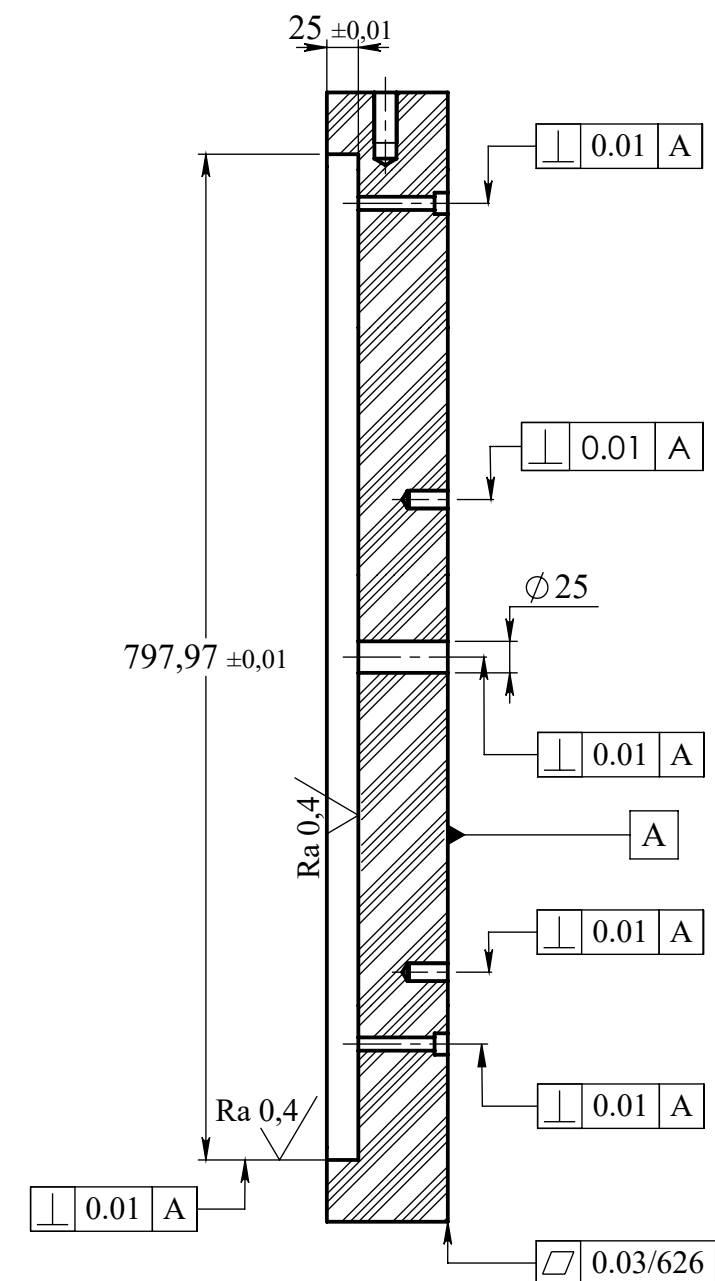
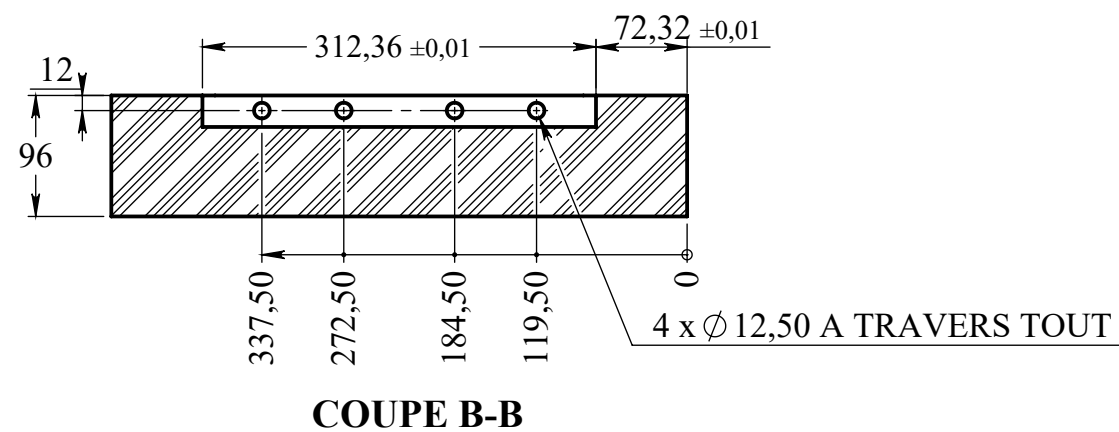
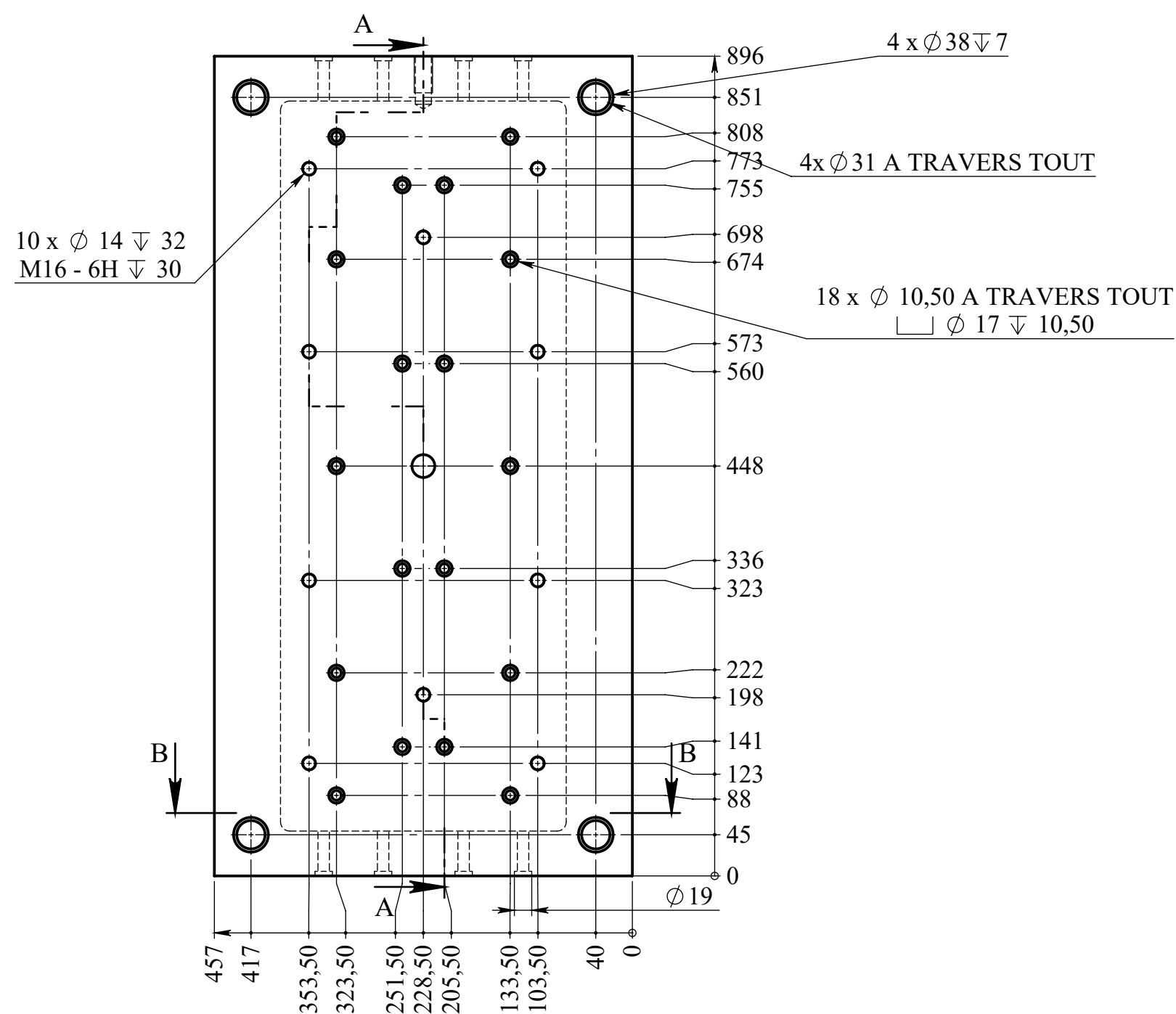


DÉTAIL A
ECHELLE 2 : 3

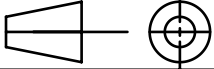
COUPE A-A

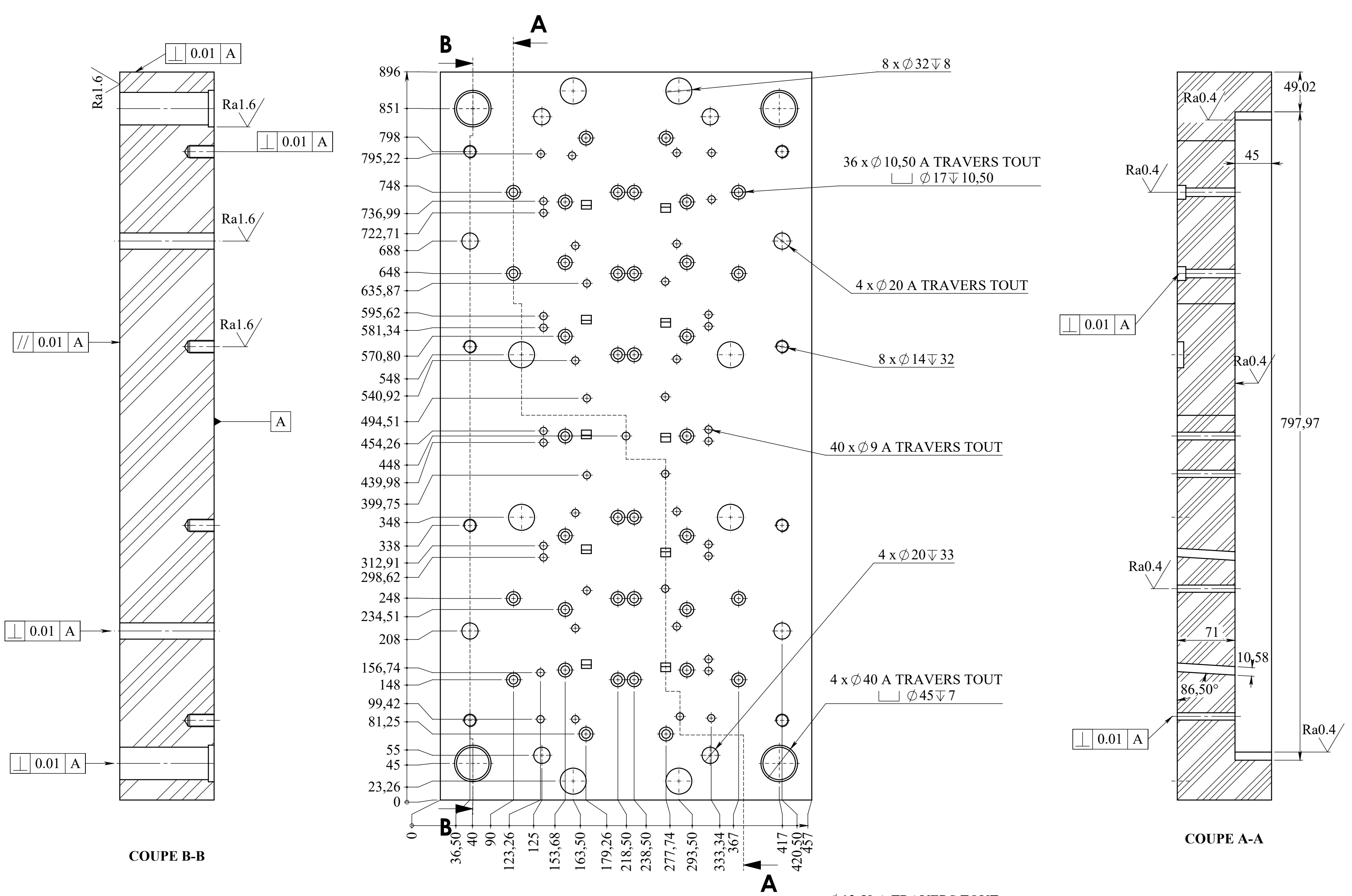
(IT = ±0.01 ; Ra = 1.6) sauf indication

22	01	Plaque éjectrice supérieure	S235
Rep	Nbr	Désignation	Matière
Echelle 1 : 5		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPERIEUR D'UN NOUVEAU REFREGERATEUR	Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
			Pro : 2021
A3			21/10/2021
		Université Mouloud Mammeri	

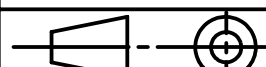


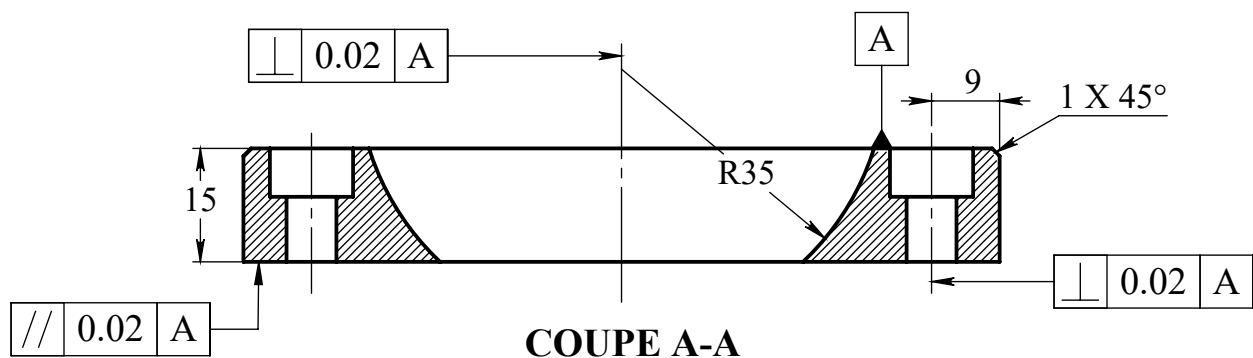
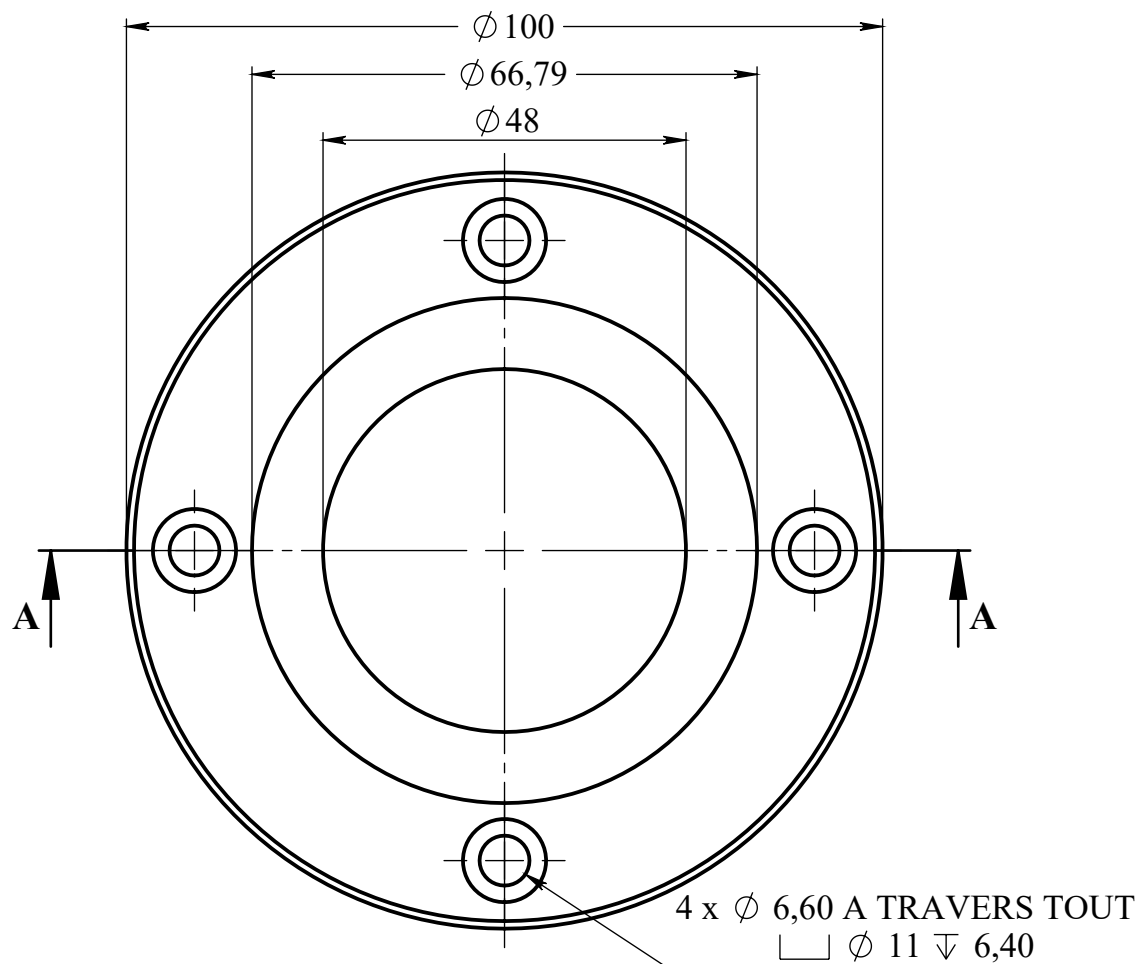
IT = ± 0.05 sauf indication
Ra = 3,2 sauf indication

4	1	Porte empreinte	42 CrMo 4
Rep	Nbr	Désignation	Matière
Echelle 1 : 6		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPERIEUR D'UN NOUVEAU REFREGERATEUR	Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
			Pro:2021
A3			21/10/2021
		Université Mouloud Mammeri	

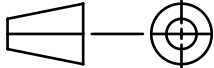


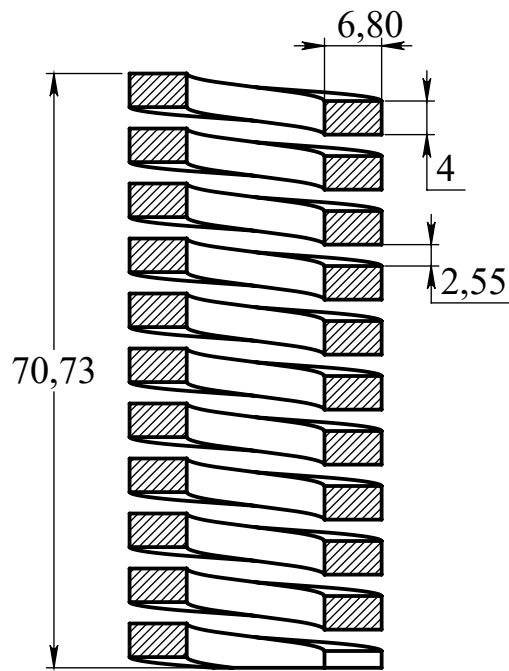
(IT = ±0.01 ; Ra = 1.6) sauf indication

10	01	Porte noyau	42 Cr MO 4
Rep	Nbr	Désignation	Matière
Echelle 1 : 3,5		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPERIEUR D'UN NOUVEAU REFREGERATEUR	Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
			Pro:2021
A2			21/10/2021
		Université Mouloud Mammeri	

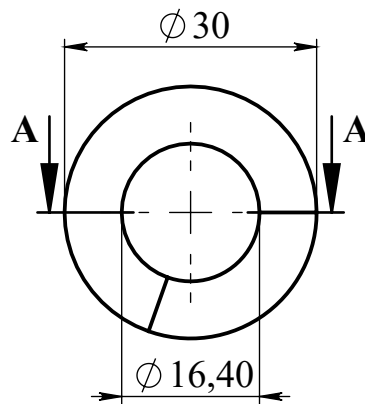


IT = ± 0.1 sauf indication
Ra = 3,2

1	1	Rondale de centrage	S235
Rep	Nbr	Désignation	Matière
Echelle 1 : 1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPÉRIEUR D'UN NOUVEAU REFRIGERATEUR	Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
			Pro : 2021
A4		Université Mouloud Mammeri	20/10/2021

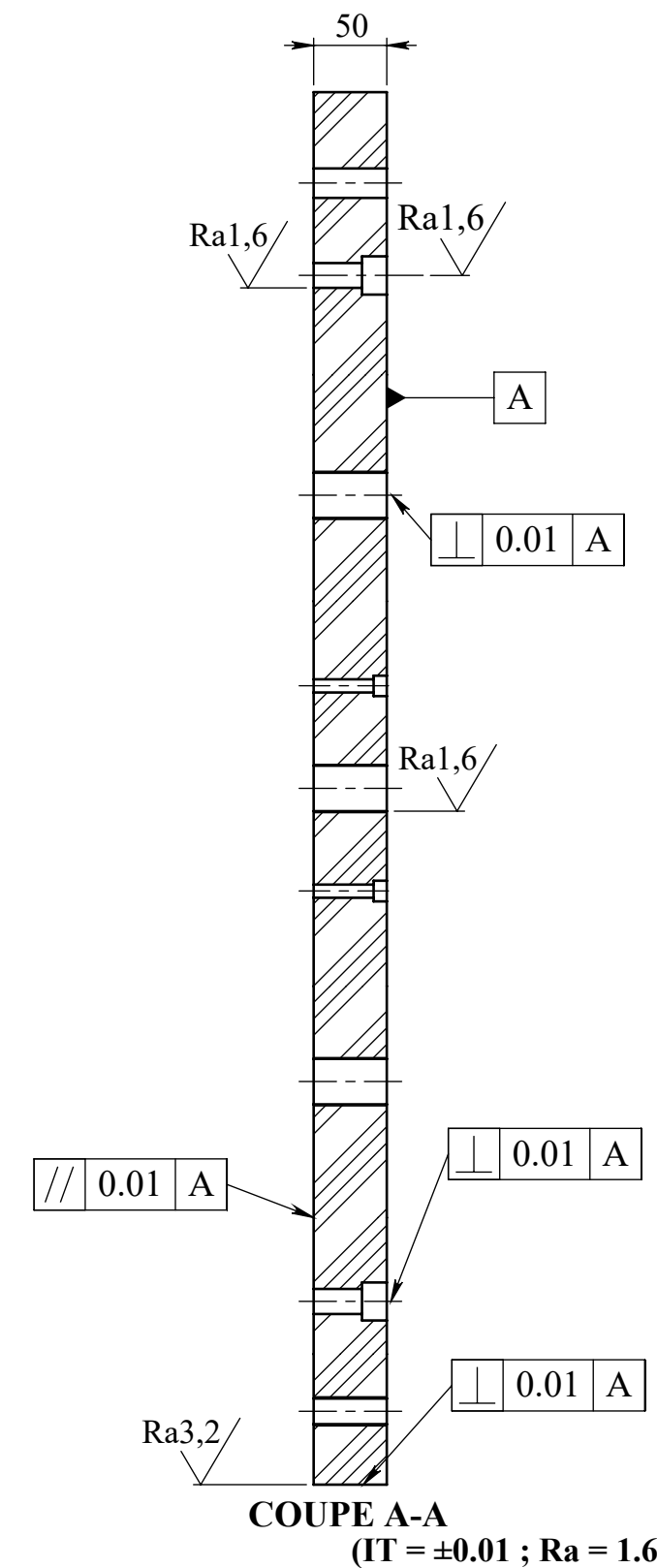


COUPE A-A

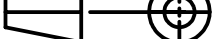


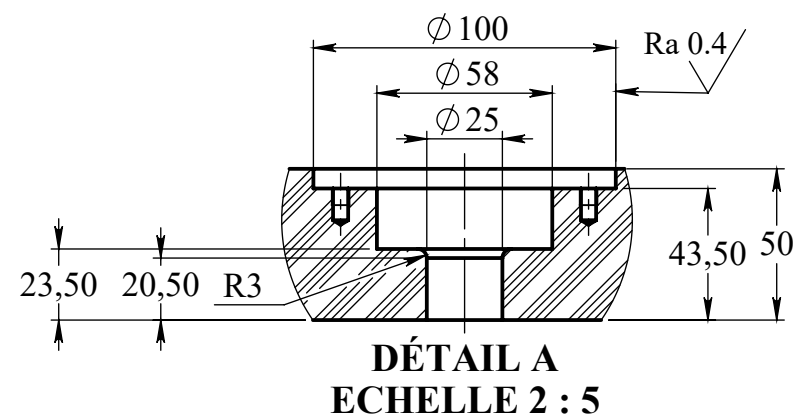
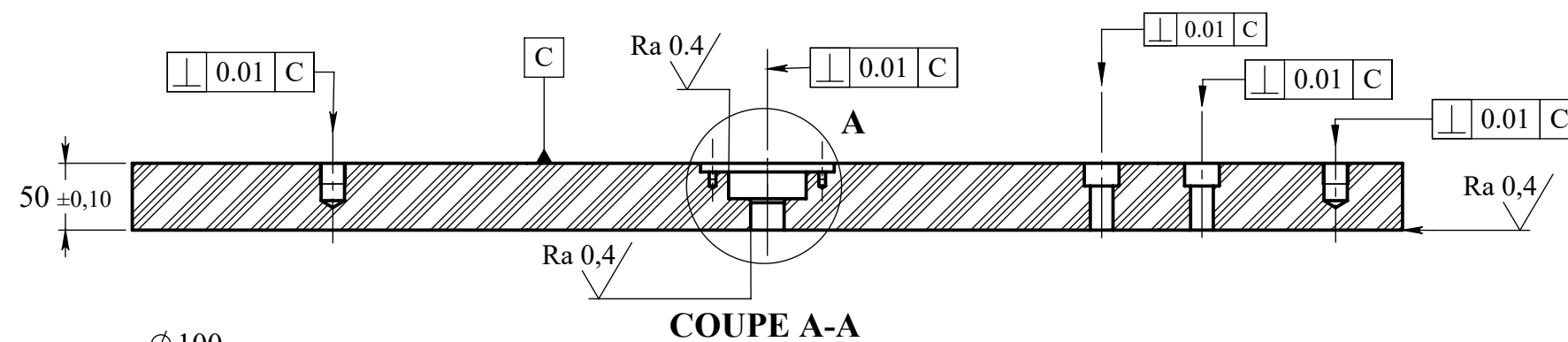
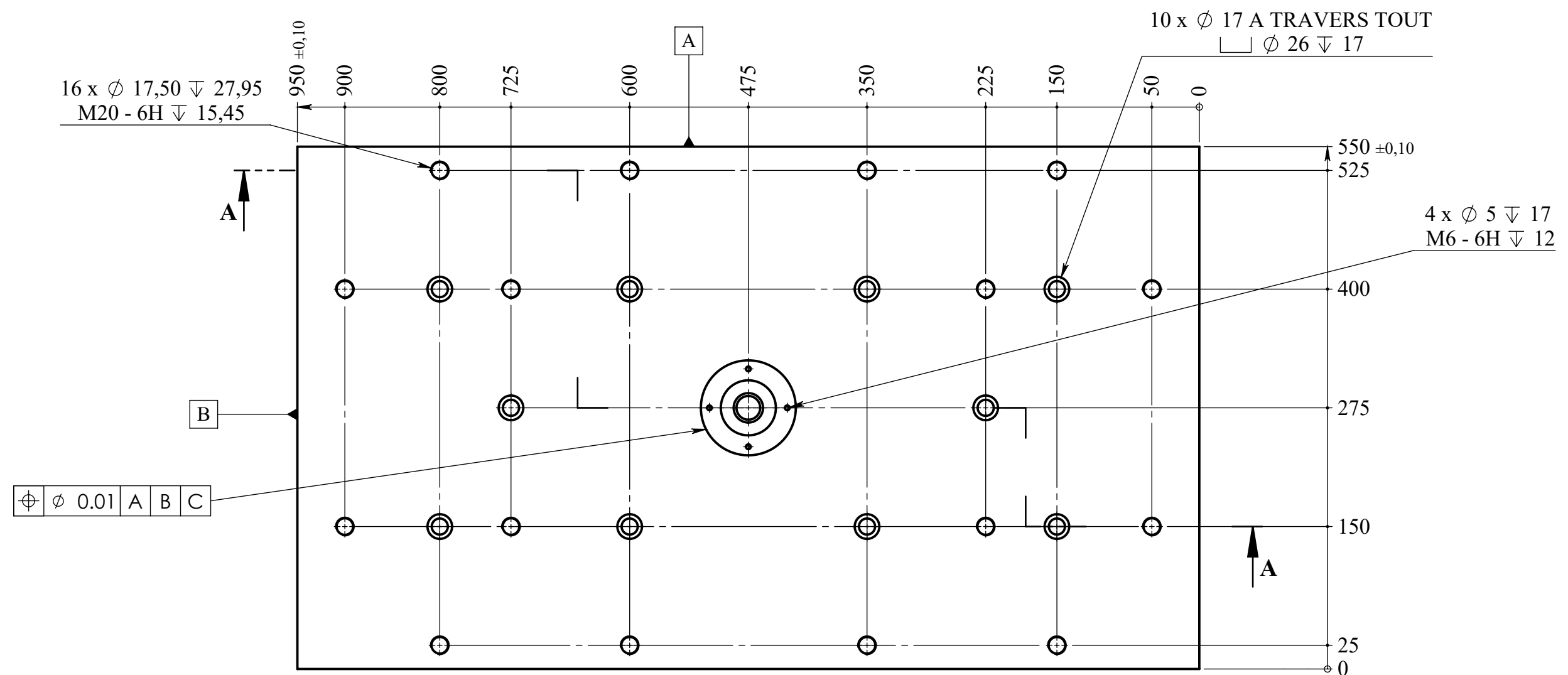
IT = ± 0.1
Ra = 3.2

14	8	Rossort	51 Si 7
Rep	Nbr	Désignation	Matière
Echelle 2 : 1,8		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPERIEUR D'UN NOUVEAU REFREGERATEUR	Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
			Pro : 2021
A4		Université Mouloud Mammeri	20/10/2021

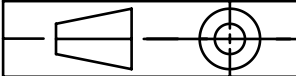


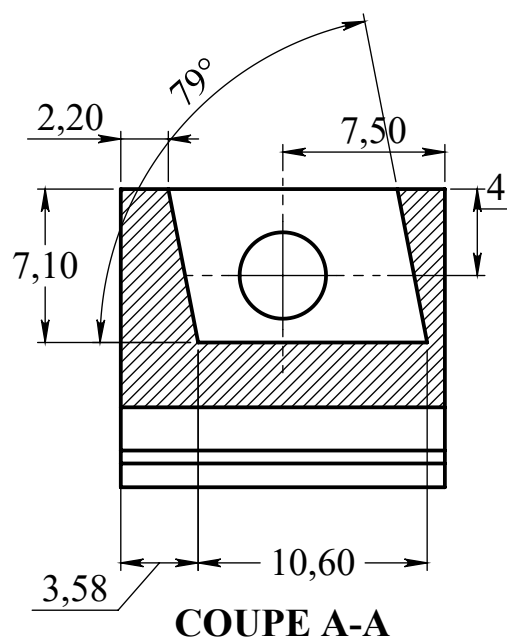
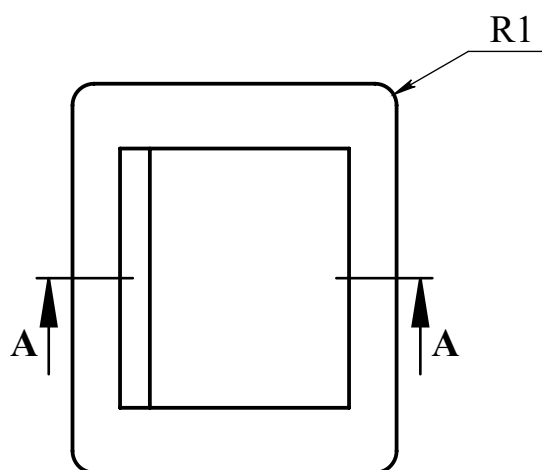
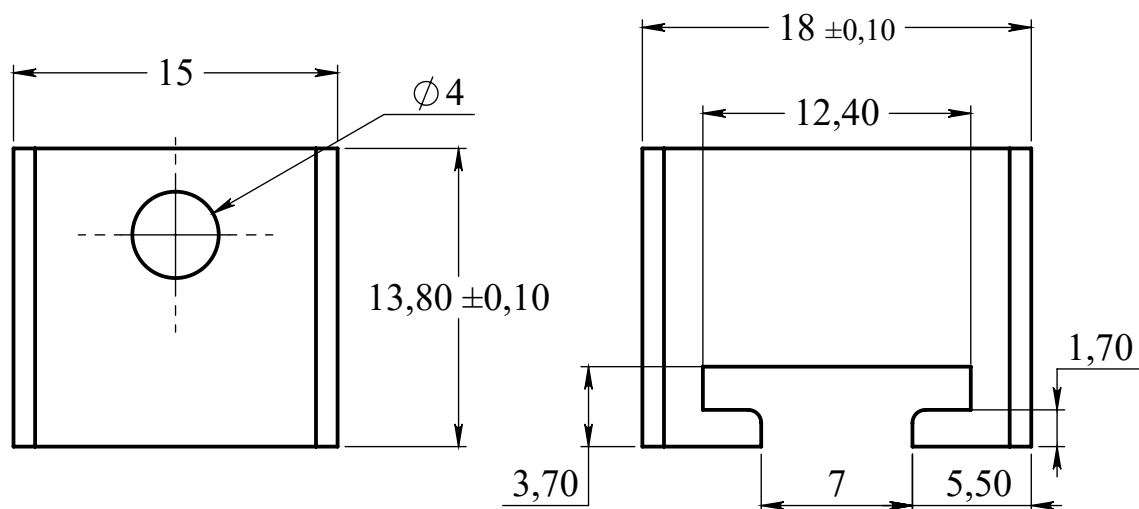
COUPE A-A
(IT = ±0.01 ; Ra = 1.6) sauf indication

25	01	Semelle inférieure	S235
Rep	Nbr	Désignation	Matière
Echelle 1 : 5		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPERIEUR D'UN NOUVEAU REFREGERATEUR	Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
			Pro : 2021
A3			21/10/2021
		Université Mouloud Mammeri	

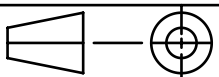


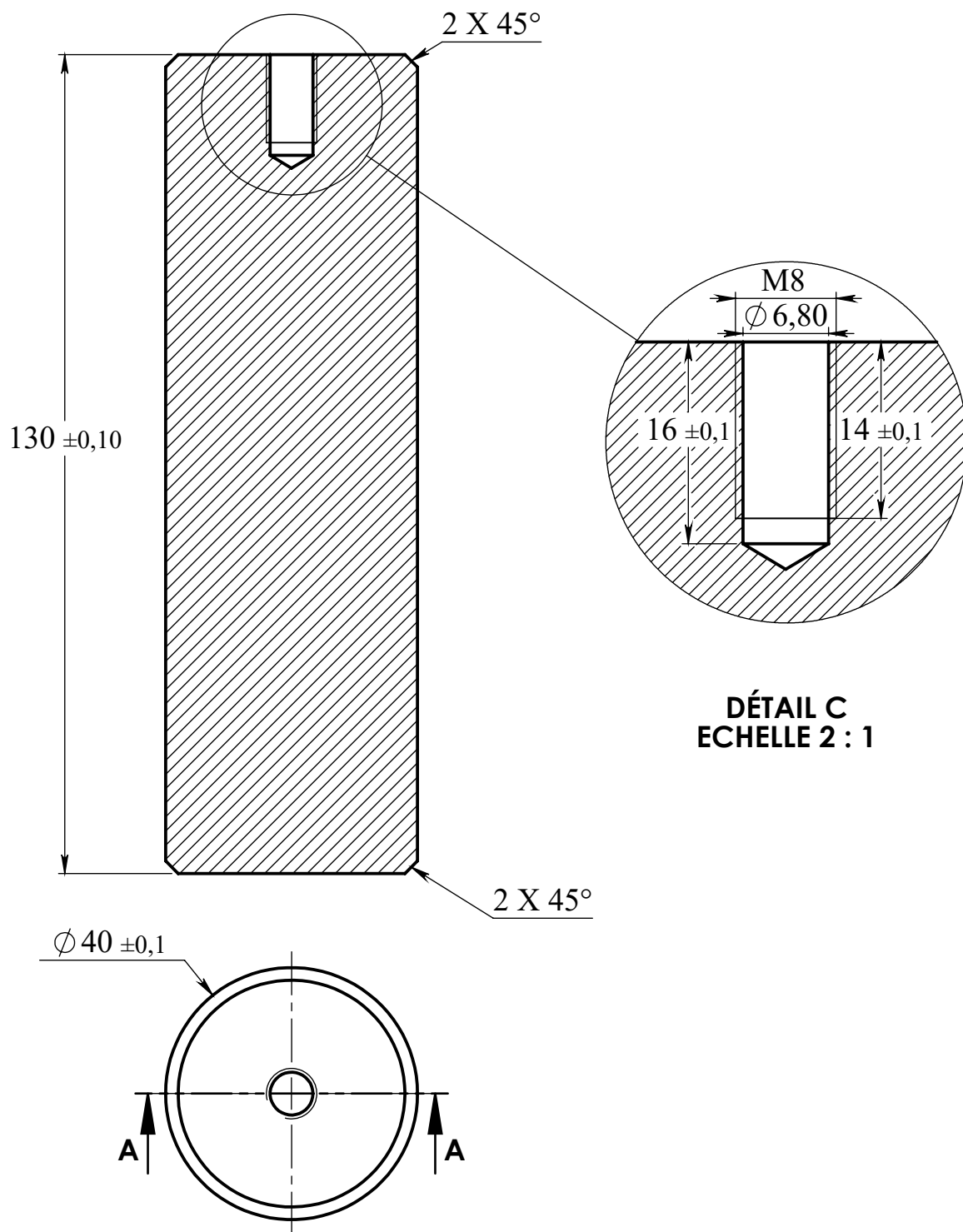
IT = ± 0.05 sauf indication
Ra = 3,2 sauf indication

3	1	Semelle superieur	S235
Rep	Nbr	Désignation	Matière
Echelle 1 : 5		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPERIEUR D'UN NOUVEAU REFREGERATEUR	Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
			Pro:2021
A3			21/10/2021
		Université Mouloud Mammeri	



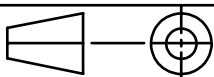
IT = $\pm 0,05$ sauf indication
Ra = 3,2 sauf indication

19	10	Support	36 Ni CrMo16
Rep	Nbr	Désignation	Matière
Echelle 4 : 1,4		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPERIEUR D'UN NOUVEAU REFREGERATEUR	Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
			Pro : 2021
A4			20/10/2021
		Université Mouloud Mammeri	



COUPE A-A

(IT = 0.1 ; Ra = 1.6) sauf indication

21	06	Tasseaux renfort		S235	
Rep	Nbr	Désignation			Matière
Echelle 1 : 1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEUR SUPERIEUR D'UN NOUVEAU REFREGERATEUR			Réaliser par : Ramdani Aghilas Bey Abderrahmane
					Pro : 2021
A4		Université Mouloud Mammeri			20/10/2021