

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE.  
Ministère De L'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique  
Université Mouloud MAMMERRI de TIZI-OUZOU.

Faculté de Génie de la Construction.  
Département De Génie Mécanique.



Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme

Master professionnel en Génie Mécanique

Option : Fabrication mécanique et productique

Thème :

# Etude et conception d'un moule d'injection plastique pour enjoliveurs de congélateur ENIEM 225L

Réalisé par:

BABACI Amina

AMRANE Arezki

DJIDJA Nasser

Soutenu le 08-07-2017 devant la commission du jury :

Mr. SAAL	Mohamed	Maître de conference A	President
Mr. ASMA	Farid	Maître assistant A	Encadreur
Mr. BEHTANI	Amar	Maître assistant A	Examinateur
Mr. ZIANI	houcine	Maître assistant A	Examinateur

Promotion: 2017 /2018

## *Remerciements*

Il nous est agréable de remercier les membres de jury, pour nous avoir fait l'honneur d'examiner ce mémoire qu'ils trouvent ici l'expression de notre profond respect.

Nous désirons exprimer notre reconnaissance à Mr. TOUABI pour la confiance qu'il nous a accordée en proposant ce sujet que nous avons mené à bien grâce à son aide, à ses conseils éclairés et à sa disponibilité.

Nous tenons aussi à exprimer nos vifs remerciements à notre promoteur Mr. Asma pour avoir bien voulu nous encadrer et pour ses précieux conseils et orientation. Nous le remercions pour avoir su partager son expérience et sa passion.

## *Dédicaces*

*Il nous est agréable de saisir cette occasion pour dédier ce travail à toute notre famille:*

 *Nos parents.*

 *Nos frères et sœurs.*

 *Tous nos amis (es) et tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin.*

# Sommaire

Introduction générale.....	1
présentation de l'entreprise .....	2

## **Chapitre I : Matières plastiques**

1. Introduction.....	7
2. Définition et origines de la matière plastique .....	7
2.1. Définition de la matière plastique.....	7
2.2. Organique des polymères .....	7
2.3. Origine de la matière plastique .....	8
3. Les familles des matières plastiques .....	8
3.1. Thermoplastiques.....	8
3.2. Les thermodurcissables.....	9
4. Comparatif des caractéristiques des principaux plastiques utilisés en injection.....	10
4.1. Le Polyéthylène basse densité – PEBD.....	10
4.2. Le Polyéthylène haute densité – PEHD.....	11
4.3. Le Polypropylène homo – PPH .....	11
4.4. Le Polypropylène copolymère – PPC.....	11
4.5. Le Polystyrène cristal – PS .....	12
4.6. Le Polystyrène choc - PS choc .....	12
4.7. L'Acrylonitrile-Butadiène-Styrène – ABS.....	12
4.8. Le Polyméthacrylate de Méthyle – PMMA.....	12
4.9. Le Polyéthylène Téréphtalate – PET .....	13
4.10. Le Polyamide 6 - PA6 .....	13
4.11. Le Polyamide 6 chargé 30% fibres de verre - PA6 30%FV .....	13
4.12. Le Polyoxyde de Méthylène – POM .....	13
4.13. Le Polycarbonate – PC .....	14
4.14. Les thermoplastiques élastomères - TPE de type SEBS - copolymère bloc styrénique hydrogéné .....	14
4.15. Les Bioplastiques à base de ressources végétales .....	15
5. Conclusion .....	17

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

1. Introduction.....	18
2. L'injection.....	19

3.	L'extrusion.....	20
3.1.	L'extrudeuse mono-vis.....	20
3.2.	Les phases d'extrusion.....	21
4.	Le thermoformage.....	22
4.1.	Principe du thermoformage.....	22
4.2.	Les machines de thermoformage.....	23
4.3.	Les phases du thermoformage.....	23
5.	Le roto-moulage.....	25
5.1.	Le principe du roto-moulage.....	25
5.2.	Machines de roto-moulage.....	25
5.3.	Les phases du roto-moulage.....	26
6.	Le calandrage.....	27
6.1.	Le principe du calandrage.....	27
6.2.	Les chaînes de calandrage.....	28
7.	L'injection soufflage.....	29
8.	L'extrusion soufflage.....	30
9.	Détails sur l'injection.....	30
9.1.	Presse d'injection.....	31
9.2.	Différentes presses d'injection.....	31
9.2.1.	Presse horizontale.....	31
9.2.2.	Presse verticale.....	32
9.3.	Les différentes parties ou unités d'une presse.....	33
9.3.1.	Unité d'injection.....	34
9.3.2.	Unité de fermeture.....	34
9.3.3.	Le moule.....	34
9.4.	Les Phases De Cycle.....	35
10.	Conclusion.....	37

### **Chapitre III : Conception et choix du moule**

1.	Introduction.....	38
2.	Définition d'un moule d'injection.....	38
3.	Les différents moules d'injection plastique.....	39
3.1.	Moule à deux plaques.....	39
3.2.	Moule à trois plaques.....	40
3.3.	Moule à tiroir.....	41

3.4.	Moule à coquilles.....	41
3.5.	Moule à canaux chauffant.....	42
4.	Fonction d'un moule d'injection plastique .....	43
4.1.	Fonction alimentation .....	43
4.2.	Fonction mise en forme .....	43
4.3.	Fonction éjection .....	43
4.4.	Fonction régulation thermique.....	43
4.5.	Fonction guidage / positionnement.....	43
4.6.	Fonctions manutention, stockage, sécurité et liaison machine .....	43
5.	Alimentation du moule .....	44
5.1.	Système d'alimentation du moule .....	45
5.2.	Description du système d'alimentation .....	45
5.3.	Rôle de système d'alimentation.....	45
5.4.	Composition du système d'alimentation .....	45
5.4.1.	La buse .....	45
5.4.2.	La carotte.....	46
5.4.3.	Le seuil d'injection.....	47
6.	Equilibrage des écoulements dans le canal .....	51
7.	La matière .....	52
8.	La presse .....	53
9.	Systèmes de refroidissement.....	54
9.1.	Circuit de refroidissement .....	54
9.2.	Description du circuit de refroidissement.....	54
9.3.	Temps de refroidissement.....	54
9.4.	Temps de cycle .....	55
10.	Éjection de la pièce .....	55
10.1.	Types d'éjection .....	55
10.2.	Choix des éjecteurs.....	56
11.	Les métaux des moules .....	58
12.	conclusion.....	59

## **Chapitre IV : calcul et vérification**

1.	Introduction.....	60
2.	Choix de la machine.....	60
2.1.	La capacité d'injection.....	60

2.2.	Calcul de la force de fermeture.....	61
2.3.	La puissance de plastification (C) .....	62
2.4.	La distance entre colonnes.....	63
2.5.	Épaisseur minimale du moule.....	63
2.6.	Caractéristiques techniques de la presse 650T .....	64
3.	Étude thermique du moule .....	65
3.1.	Principe de refroidissement .....	65
3.3.	Temps de cycle .....	66
3.4.	Calcul de la quantité de chaleur à extraite de la pièce.....	66
4.	Détermination de la consommation horaire de liquide .....	67
4.1.	Détermination de la longueur totale de refroidissement.....	67
4.2.	Calcul du coefficient de transfert thermique .....	68
5.	Résistance des matériaux .....	69
5.1.	Resistance du plan de joint au matage.....	69
5.2.	Vérification des colonnes de guidages de la batterie d'éjection au cisaillement.....	70
5.3.	Vérification des vis de fixation du porte empreinte mobile et des tasseaux au cisaillement.....	70
5.4.	Vérification des vis de fixation de la semelle mobile avec les tasseaux au cisaillement:	
	71	
5.5.	Vérification des vis de fixations à utiliser sur chacune des semelles du moule .....	71
6.	Le choix des ressorts .....	72
7.	Conclusion .....	74
	Conclusion générale .....	75

### **Les annexes**

annexe 1.....	76
annexe 2.....	77
annexe3.....	78
annexe 4.....	79
bibliographie .....	81

# Liste des Figures

Figure 1 : Organigramme de l'entreprise ENIEM.....	5
Figure 2 : Organigramme de l'unité froid. ....	6
Figure 3 : Répartition des matières plastiques .....	10
Figure 4 : Répartition des procédés de mise en forme des matières plastiques par taux. ....	18
Figure 5 : Exemples de pièces obtenus par injection plastique.....	19
Figure 6 : Principe de l'injection plastique .....	19
Figure 7 : Article obtenu par extrusion (profilés) .....	20
Figure 8 : Extrudeuse mono-vis. ....	21
Figure 9 : Les phases d'extrusion.....	21
Figure 10 : Objets mis en œuvre par thermoformage.....	22
Figure 11 : Formage par vide .....	22
Figure 12 : Formage par vide et air comprimé.....	22
Figure 13 : Les machines de thermoformage .....	23
Figure 14 : Les phases du thermoformage .....	24
Figure 15 : Articles mis en œuvre par roto-moulage.....	25
Figure 16 : Exemple de poste de roto-moulage.....	25
Figure 17 : les différentes phases d'obtention d'une pièce par roto-moulage.....	27
Figure 18 : Articles mis en œuvre par calandrage.....	27
Figure 19 : Schéma de principe d'une chaîne de calandrage. ....	28
Figure 20 : Différents types de chaînes de calandrage.....	28
Figure 21 : Injection soufflage. ....	29
Figure 22 : Extrusion soufflage .....	30
Figure 23: Presse d'injection.....	31
Figure 24 : Presse horizontale .....	32
Figure 25 : Presse verticale .....	33
Figure 26 : Dispositif d'une presse d'injection .....	33
Figure 27 : Système vis-piston .....	34
Figure 28 : Remplissage .....	35
Figure 29 : Maintien/compactage.....	36
Figure 30 : Refroidissement .....	36
Figure 31 : Ouverture du moule .....	37
Figure 32 : Les différentes parties d'un moule d'injection plastique.....	38
Figure 33 : vue en 3D d'un moule d'injection plastique.....	38
Figure 34 : Moule à deux plaques .....	39
Figure 35: Moule à trois plaques.....	40
Figure 36 : Moule à tiroir .....	41
Figure 37 : Moule à coquilles .....	41
Figure 38 : Moule multi-empreintes Canal chaud – bloc chaud .....	42
Figure 39 : Moule multi-empreintes Alimentation mixte : canaux chauds + canaux froids ....	42
Figure 40 : Schéma des différentes fonctions d'un moule .....	44
Figure 41 : Système d'alimentation du moule. ....	44
Figure 42 : La buse.....	46
Figure 43 : Carotte normale. ....	46
Figure 44 : Seuils éventail.....	47
Figure 45 : Seuil en tunnel .....	48

Figure 46 : Seuil annulaire .....	48
Figure 47 : Seuil capillaire. ....	49
Figure 48 : Seuil en nappe. ....	49
Figure 49 : Seuil à plusieurs étages. ....	50
Figure 50 : Seuil en sous-marin.....	51
Figure 51 : Seuil en masse ou direct. ....	51
Figure 52 : Disposition des empreintes dans un moule.....	52
Figure 53 : Presse KraussMaffei de forte puissance .....	53
Figure 54 : Petite presse KraussMaffei .....	53
Figure 55 : Circuit de refroidissement des plaques de moules .....	54
Figure 56 : les temps de cycle. ....	55
Figure 57 : Ejecteur à lame. . ....	56
Figure 58 : Ejecteur tubulaire.....	57
Figure 59 : Éjecteur cylindrique.....	57
Figure 60 : Ejection des carottes .. ....	58
Figure 61 : enjoliveur .....	61
Figure 62 : carotte .....	61
Figure 63 : Schéma d'un plateau d'une presse 650T .....	63
Figure 64 : Caractéristiques dimensionnelles de la presse 650T .....	64
Figure 65 : Graphe des enthalpies en fonction de la température. ....	67
Figure 66 : porte empreinte coté fixe .....	69
Figure 67 : Schéma de la partie fixe.....	69
Figure 68 : Présentation de la colonne de guidage d'éjection.....	70
Figure 69 : Schéma de dimensionnement d'un Ressort .....	73
Figure 70 : Classification des ressorts par couleur.....	73

## Liste des tableaux

Tableau 1: Classement des Principales matières plastiques.....	9
Tableau 2 : Caractéristiques des principales matières plastiques.....	16
Tableau 3 : Classification et des métaux pour la construction des moules .....	59
Tableau 4: Capacité d'injection.....	60
Tableau 5 : La pression d'injection (Tonnes/Cm <sup>2</sup> ) . ....	62
Tableau 6 : caractéristiques de la presse 650 T .....	64
Tableau 7: Les températures régulées. ....	65
Tableau 8 : valeurs du diamètre du canal de refroidissement .....	68

# LISTE DES SYMBOLES

PE : polyethylene  
PS : polystyrene  
PVC : polychlorure de vinyle  
PP : Polypropylene  
ABS : Acrylonitrile Butadiene Styrene  
PEhd : Polyethylene haute densite  
PEbd : Polyethylene basse densite  
e : epaisseur  
L : longueur  
Lc: longueur totale des canaux  
f<sub>L</sub> : facteur correctif  
P : pression dans la cavite  
S : Surface  
F<sub>0</sub>: force d'ouverture du moule  
F<sub>s</sub>: force de serrage  
F<sub>v</sub>: la force de verrouillage  
F : effort normal  
σ: contrainte  
[τ]<sub>cis</sub> : limite de cisaillement admissible  
K : Coefficient de securite  
Spj : surface du plan de joint  
Re : limite elastique du materiau  
σ<sub>F</sub> : limite de fatigue  
t<sub>R</sub> : temps de refroidissement  
t<sub>i</sub> : temps d'injection  
t<sub>m</sub> : temps de maintien  
t<sub>e</sub> : temps d'ejection  
t<sub>o</sub> : temps d'ouverture  
t<sub>f</sub> : temps de fermeture  
D : diffusivite thermique du plastique  
T<sub>i</sub> : temperature de la matiere a l'injection  
T<sub>m</sub>: temperature moyenne du moule au cours du cycle  
T<sub>e</sub> : temperature de la matiere a l'ejection  
Q<sub>H</sub> : quantite de chaleur a evacuer  
M : masse de la grappe moulee  
M : masse de la piece  
H<sub>i</sub> : enthalpie de la matiere a la temperature d'injection  
H<sub>e</sub> : enthalpie de la matiere a la temperature d'ejection  
G<sub>H</sub> : consommation horaire de liquide  
C<sub>F</sub> : capacite calorifique du fluide de refroidissement

Ts – Tee : l'échauffement admissible du fluide de refroidissement  
dc : diamètre des canaux  
V<sub>F</sub> : vitesse moyenne du fluide dans les canalisations  
ρ<sub>f</sub> : masse volumique du fluide de refroidissement  
Lc : longueur totale des canaux  
h : coefficient de transfert thermique  
Tc : température des parois des canaux  
Tf : température du fluide au centre du canal  
d : diamètre  
c : puissance de plastification  
Pr : nombre de Prandtl  
Re : nombre de Reynolds  
λ : conductivité de l'eau  
n : le nombre de sections cisillées  
H : hauteur

# INTRODUCTION GENERALE

De nos jours, les pièces thermoplastiques occupent une place grandissante dans notre univers quotidien selon qu'il s'agisse de l'automobile, de l'ameublement ou de l'électroménager... Dans chacun de ces domaines hyper segmentés et fortement concurrentiels. Les changements de design deviennent si fréquents et obligatoires.

Afin d'améliorer sa gamme de produits, l'entreprise ENIEM (Entreprise Nationale de l'Industrie de l'Electroménager) a eu recours à la rénovation du design de ces derniers. Pour pouvoir effectuer ces changements, la maîtrise des outils technologiques actuels est nécessaire, comme l'utilisation des logiciels de conception et de fabrication.

Et le congélateur ENIEM 225L est l'un des produits visés par l'entreprise pour l'amélioration. Parmi les modifications apportées à ce congélateur, le changement de forme des enjoliveurs.

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

Et pour cela le bureau d'étude de l'entreprise, nous a confié dans le cadre de l'exécution du mémoire de fin d'études, la conception d'un moule pour l'obtention de ces enjoliveurs.

L'objectif de cette étude est de cerner les matières plastiques et le procédé de mise en œuvre par injection, puis de concevoir les pièces, les empreintes et le moule en utilisant un logiciel de conception CAO.

Cette étude est devisée en quatre principaux chapitres :

- Dans le premier chapitre, on présente l'aspect général des matières plastiques.
- Ensuite, dans le deuxième chapitre, on présentera les techniques de mise en œuvre de ces matériaux.
- La conception du moule de l'étude et les calculs de vérifications correspondants seront traités dans le troisième et le quatrième chapitre.

Le dossier technique contenant les dessins de définition des différentes pièces ainsi que le dessin d'ensemble, constitue la dernière partie de ce travail.

# Présentation de l'entreprise

## 1. Présentation de l'Entreprise Nationale des Industries Electroménagères ENIEM

L'entreprise nationale des industries électroménagères ENIEM est née après la restriction de l'entreprise mère 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 Mohammadia (ULM), entrée en production en février 1979. le 02 janvier 1983 dont cette dernière a été datée en août 1971.

En 1989, l'entreprise a connu une baisse brusque de production due à la concurrence du marché. Cette situation a provoquée sa transformation en société par action dans le but d'améliorer la recherche et le développement de ses produits à l'échelle nationale avec capital de 40.000.000DA.

Avec un capital social de 2.957.500.000 DA, détenu en totalité par la société de gestion de participation «Industries Electrodomestique» (INDELEC).

Connu aujourd'hui le leader de l'électroménagère en Algérie et ce la dans divers domaines tels que :

- Climatisation, cuisson, réfrigération et conservation à (Oued Aissi).
- Sanitaire (Meliana).
- Filiale lampe (Mohammedia).

Elle est située à la zone industrielle AISSAT IDIR de Oued Aissi à 7 Km du chef lieu de la wilaya Tizi-Ouzou à la proximité de la route nationale, ce qui facilite son accès. Sa direction générale est située à la sortie de sud ouest de la ville de Tizi-Ouzou.

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).

# Présentation de l'entreprise

- L'unité sanitaire (US).
- La filiale FILAMP.

## 2. Les produits de L'ENIEM

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

- Les réfrigérateurs petit 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).

## 3. Principales missions et activités de l'entreprise

### 3.1. 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.

### 3.2. 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.

### 3.3. 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 :

## Présentation de l'entreprise

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

### 3.4. Unité climatiseur

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

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

### 3.5. Unité sanitaire

La filiale des matériels sanitaires, située à Miliana, dans la wilaya de Aïn Defla est entrée en production en 1979 pour la fabrication sous licence RIA (Allemagne) de matériels sanitaires. Acquis par l'entreprise ENIEM en l'an 2000. EIMS 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:

Cette unité assure aussi la commercialisation de ses produits et dispose pour la fabrication de pièces en tôle.

### 3.6. Filiale FILAMP

L'Unité Lampes de Mohammedia (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».

# Présentation de l'entreprise

## Organisation générale de l'ENIEM

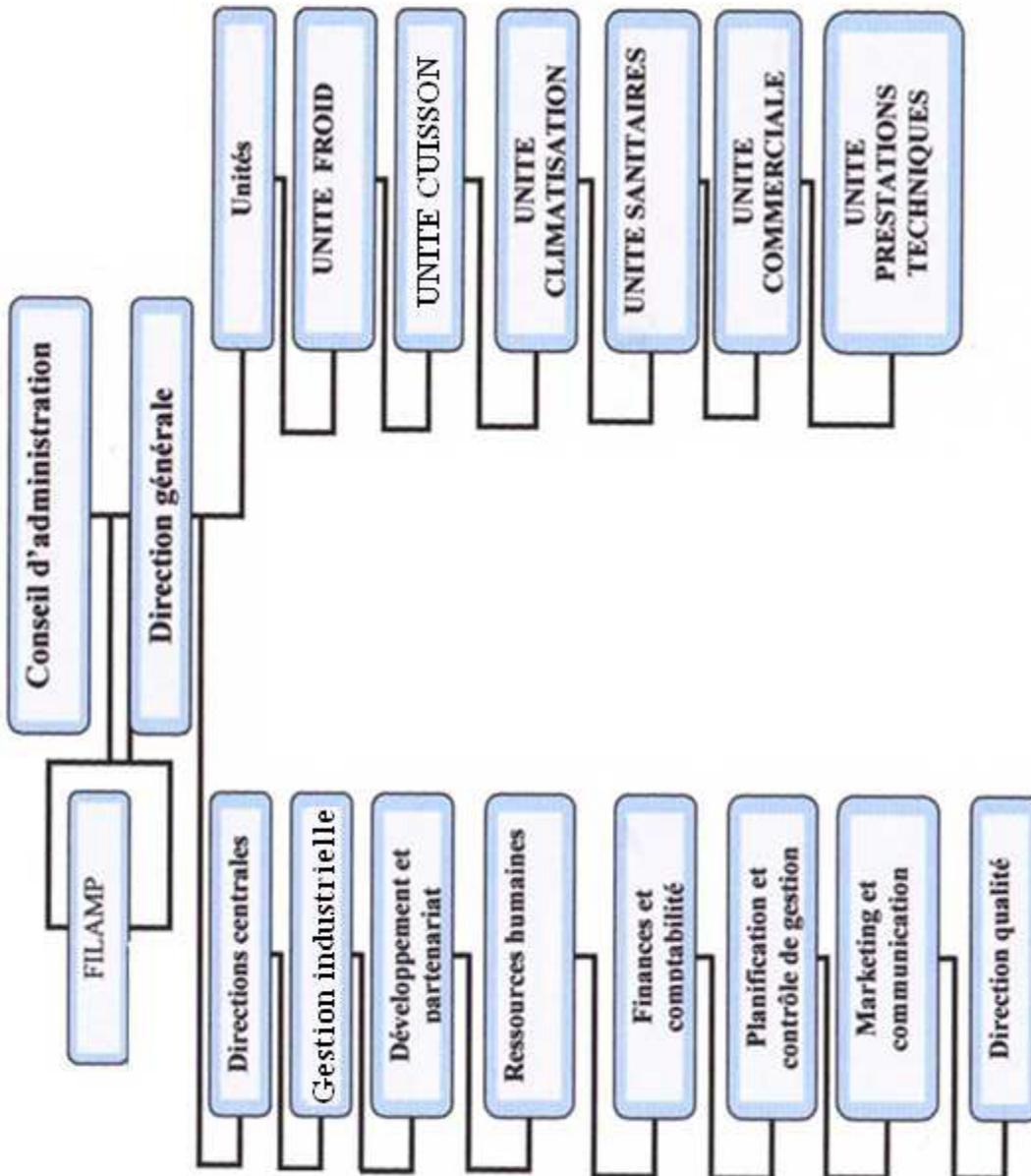


Figure 1 : Organigramme de l'entreprise ENIEM.

# Présentation de l'entreprise

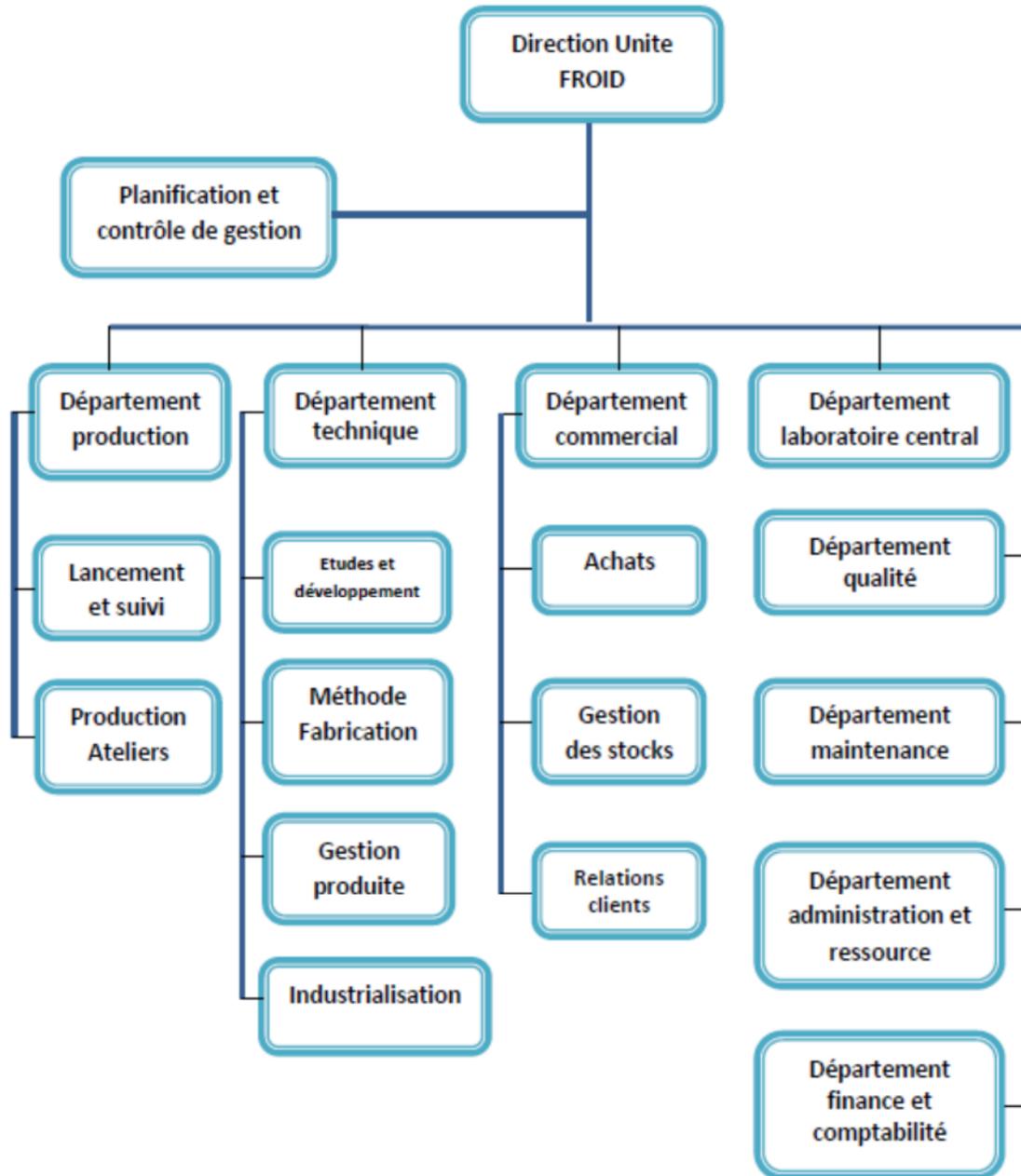


Figure 2 : Organigramme de l'unité froid.

# **Chapitre I**

## **Matières plastiques**

## 1. Introduction

Les matières plastiques font désormais partie de notre quotidien. Certains polymères ont été découverts fortuitement. Une matière plastique ou en langage courant un plastique est un mélange contenant une matière de base (un polymère) qui est susceptible d'être moulé, façonné, en général à chaud et sous pression, afin de conduire à un semi-produit ou à un objet.

Les matières plastiques couvrent une gamme très étendue de matériaux polymères synthétiques ou artificiels.

On peut observer aujourd'hui sur un même matériau des propriétés qui n'avaient jamais auparavant été réunies, par exemple la transparence et la résistance aux chocs.

Généralement, les polymères industriels ne sont pas utilisés à l'état « pur », mais mélangés à des substances miscibles ou non dans la matrice polymère.

## 2. Définition et origines de la matière plastique [14], [10] et [18]

### 2.1. Définition de la matière plastique

Le terme « plastique » décrit une grande variété de composés organiques obtenus par synthèse chimique. Produites essentiellement à partir du pétrole, les matières plastiques sont l'un des symboles du XXe siècle, La bakélite (1909) est le plus ancien plastique entièrement synthétique.

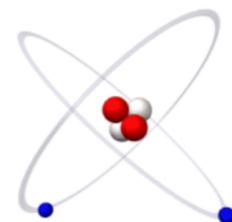
Il existe également des plastiques naturels : poix, latex, bitume, brai, résines, laques, ambre, écaille, corne, et des plastiques d'origine animale généralement extraite du lait et utilisé dans la fabrication des produits médicaux.

La matière plastique est composée principalement de polymères, qui a la propriété de se mettre en forme facilement par moulage, extrusion, coulage après un chauffage modéré (100- 300 °C).

### 2.2. Organique des polymères

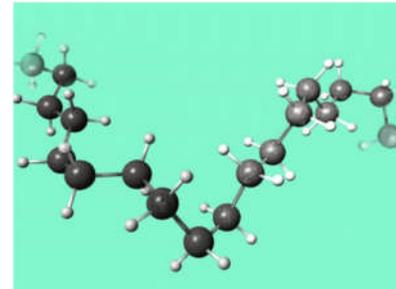
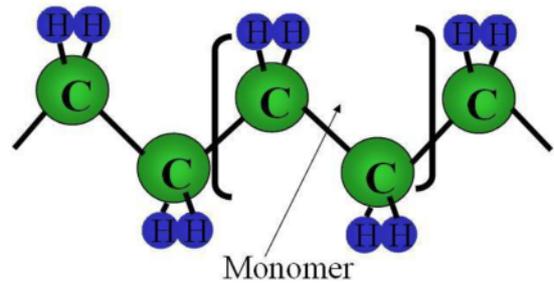
La matière plastique obéit aux lois de la chimie organique, les matières plastiques sont toutes à base des dérivés du carbone, elles sont classées dans les composés organiques.

- **les molécules** : la matière est composée d'éléments de base appelés - Molécules. La molécule est définie comme étant la plus petite partie du corps, c'est-à-dire la quantité minimale de matière présentant des propriétés physiques et chimiques de ce corps.
- **les atomes** : Une molécule peut être décomposée en éléments plus petits appelés Atomes. Cette décomposition entraîne un changement des propriétés. L'atome est la plus petite partie d'un corps pur électriquement neutres.
- **Les particules** : L'atome peut lui-même être décomposé en particules électriquement chargées ou neutres. Ces particules sont indivisibles.
  - Le proton : particule élémentaire chargée positivement.
  - Le neutron : particule élémentaire électriquement neutre.
  - L'électron : particule élémentaire chargée négativement.



Les éléments atomiques ont une valeur qui rentre dans la composition des diverses matières : H : Hydrogène, C: carbone, N: Azote, O : Oxygène, S = Soufre, F : Fluor, Si : Silicium, Cl : Chlore).

- **Les monomères** sont les unités chimiques de base, ou molécules, des matières plastiques. Ils sont construits autour des atomes de carbone (C), et contiennent des atomes d'hydrogène (H), d'oxygène (O), d'azote (N), chlore (Cl), soufre (S), fluor (F)...
- **Les polymères** : Sous l'action de la pression, de la chaleur et d'un catalyseur, les molécules, ou monomères, se regroupent entre elles pour former de longues chaînes appelées polymères, ou macromolécules. Une macromolécule peut contenir de plusieurs centaines à plusieurs millions de monomères



### 2.3. Origine de la matière plastique

La matière plastique utilisée par les industrielles sous plusieurs nuances et noms elle est constituée principalement d'un polymère, un adjuvant et un additif.

Ces différents composés sont introduits dans le polymère de base pour améliorer les propriétés mécanique, physiques, chimiques et thermique (résistance aux chocs, résistance au courant électrique, résistance au vieillissement, résistance aux hydrocarbures).

Les dosages des différents composants doivent être précis. L'action de la chaleur assure la transformation vers la matière première définitive.

## 3. Les familles des matières plastiques

### 3.1. Thermoplastiques.

C'est de loin la famille la plus utilisée : ils représentent près de 90 % des applications des matières plastiques. Ils sont moins fragiles, plus faciles à fabriquer (machine à injecter et cadences élevées) et permettent des formes plus complexes que les thermodurcissables.



Ils existent sous forme rigide ou souple, compacte ou en faible épaisseur, sous forme de feuille très mince (film...), de revêtement, expansé ou allégé...

#### Propriétés principales.

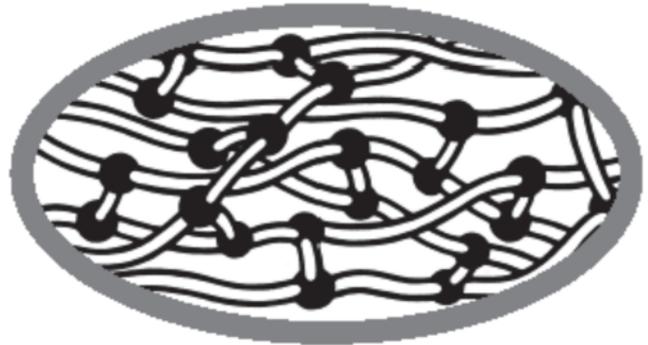
Ils ramollissent et se déforment sous l'action de la chaleur. Ils peuvent, en théorie, être refondus et remodelés un grand nombre de fois tout en conservant leurs propriétés ; ils sont comparables à la cire ou à la paraffine.

Insensibles à l'humidité, aux parasites, aux moisissures (sauf polyamides) ils peuvent être fabriqués dans une gamme de couleurs très étendue.

Inconvénients : fluage élevé ; coefficient de dilatation linéaire élevé, entraînant un retrait important au moment du moulage ; combustible ; sensible aux ultraviolets.

### 3.2. Les thermodurcissables

Ils ne ramollissent pas et ne se déforment pas sous l'action de la chaleur. Une fois créée il n'est plus possible de les remodeler par chauffage. Au moment de la mise en œuvre, ils ramollissent dans un premier temps, puis durcissent de manière irréversible sous l'action prolongée de la chaleur.



#### Propriétés principales.

Ils présentent une bonne tenue aux températures élevées (> 200°C), aux attaques chimiques, une meilleure résistance au fluage que les thermoplastiques (conservent une meilleure stabilité dimensionnelle dans le temps), une bonne rigidité pour un prix de matière première peu élevé et faible retrait au moulage.

Inconvénients : mise en œuvre moins pratique et plus lente que les thermoplastiques ; pas de moulage par injection et cadences de fabrication assez faibles.

Tableau 1: Classement des Principales matières plastiques

Les matières plastiques			
	De grande diffusion	Techniques	A hautes performances
	Prix faible (commodités)	Prix moyen (Polymères technique )	Prix élevé (Polymères hautes performances)
<b>thermoplastique</b>	PE PP PS PVC	ABS PMMA PUR	PA PC POM
<b>thermodurcissables</b>	PF MF-UF	PUR	PTFE PCTFE PVDF PSU PPS
			SI PI

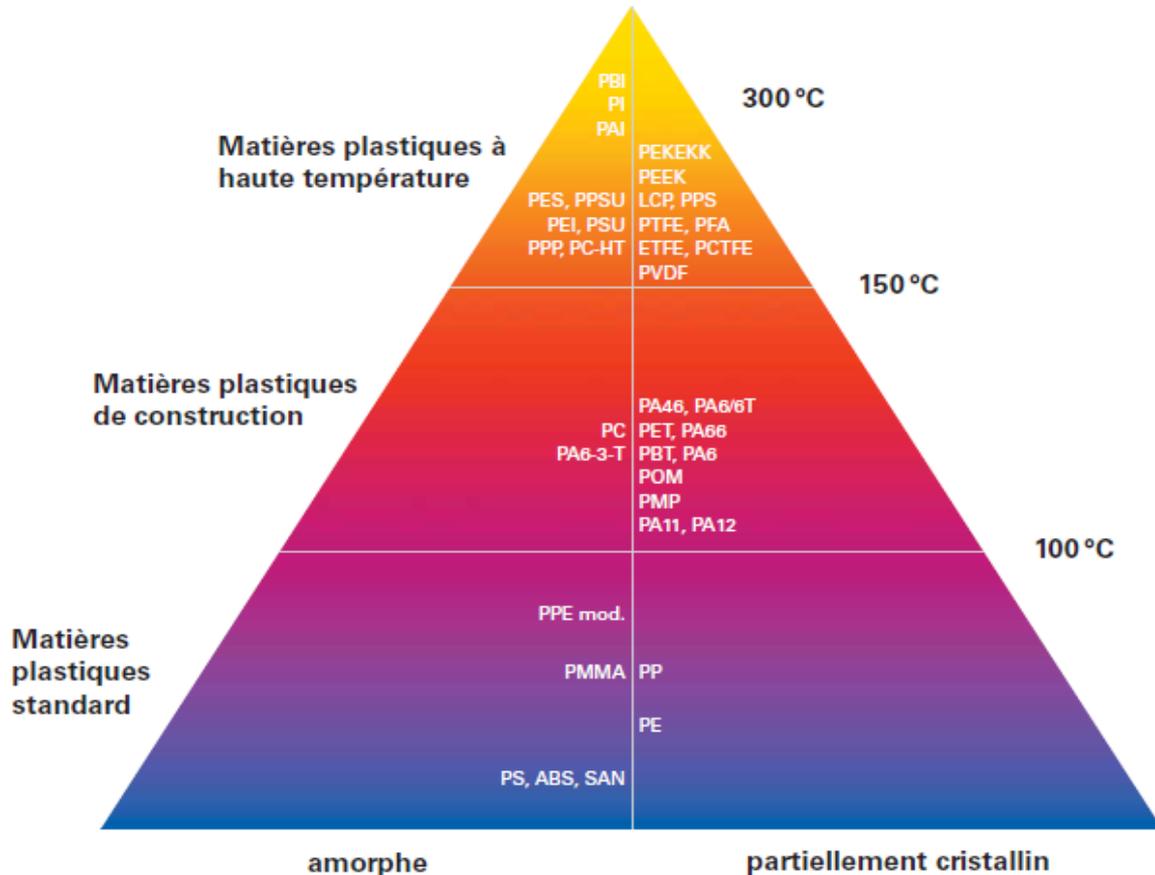


Figure 3 : Répartition des matières plastiques [14]

## 4. Comparatif des caractéristiques des principaux plastiques utilisés en injection [03], [10], [18]

### 4.1. Le Polyéthylène basse densité – PEBD

Le PEBD est un thermoplastique souple semi-cristallin. Il est notamment utilisé pour la fabrication de film, de tuyau souple, de jouet, de flacon souple...

#### *Points forts*

- Grade Alimentaire
- Grande inertie chimique
- Incassable
- Souple
- Pas de reprise d'humidité

#### *Points faibles*

- Difficile à coller
- Peu de résistance mécanique
- Se fissure facilement sous la contrainte
- Mauvaise tenue à la chaleur

#### 4.2. Le Polyéthylène haute densité – PEHD

Le PEHD est un thermoplastique semi-rigide et semi-cristallin. Il est notamment utilisé pour la fabrication de bidon de produits chimiques, de jouet, de glissière...

##### *Points forts*

- Identiques à celui de PEBD
- Meilleure rigidité que le PEBD
- Anti-adhérent
- Tenue chimique

##### *Points faibles*

- Identiques à celui de PEBD

#### 4.3. Le Polypropylène homo – PPH

Le PPH est un thermoplastique rigide semi-cristallin. Il est principalement utilisé dans le secteur de la cosmétique, de la pharmaceutique, l'agroalimentaire, les bidons, l'électronique, salon de jardin...

##### *Points forts*

- Grande rigidité
- Transparence
- Bonne résistance aux produits chimiques
- Bonne résistance aux hautes températures
- Bonne résistance à la flexion, effet charnière
- Bonne tenue mécanique, rigidité

##### *Points faibles*

- Collage difficile
- Soudage haute fréquence impossible
- Fragile à basse température

#### 4.4. Le Polypropylène copolymère – PPC

LE PPC est un thermoplastique très souple de la famille des semi-cristallins. Il est utilisé dans l'agroalimentaire, l'automobile et le médical.

##### *Points forts*

- Identiques à celui de PEBD
- Transparence
- Bonne résistance aux chocs

##### *Points faibles*

- Identiques au PPH

#### 4.5. Le Polystyrène cristal – PS

Le PS est un thermoplastique transparent avec une structure amorphe. Il est particulièrement utilisé pour la vaisselle jetable, les éléments décoratifs, le boitage économique...

##### *Points forts*

- Bonne rigidité mais cassant
- Bel aspect brillant
- Surface dure de bel aspect
- Coût réduit

##### *Points faibles*

- Mauvaise tenue température
- Cassant
- Très mauvaise résistance chimique
- Electrostatique

#### 4.6. Le Polystyrène choc - PS choc

Idem au PS cristal mais opaque et plus résistant aux chocs.

#### 4.7. L'Acrylonitrile-Butadiène-Styrène – ABS

L'ABS, un thermoplastique de la famille des amorphes, est un des plastiques les plus utilisés pour les pièces d'aspect. Il est notamment utilisé dans l'ameublement, la décoration, l'automobile. Electroménager, l'extrusion, les revêtements de réfrigérateurs...

##### *Points forts*

- Bonne résistance à la rayure
- Bel aspect brillant ou satiné
- Bonne rigidité et résistance aux chocs
- Facilité de marquage
- Bonne résistance à la température

##### *Points faibles*

- Opaque
- Mauvaise résistance chimique
- Electrostatique
- Mauvaise tenue aux UV

#### 4.8. Le Polyméthacrylate de Méthyle – PMMA

Le PMMA est un thermoplastique amorphe. Couramment appelé Plexiglas, il est apprécié pour sa très bonne transparence. Ses utilisations sont principalement dans l'optique, l'automobile, la menuiserie, le médical...

##### *Points forts*

- Très bonne transparence
- Bonne tenue aux UV
- Brillance et dureté remarquable
- Bonnes caractéristiques

##### *Points faibles*

- Fragilité
- Rayable et cassant
- Tenue à la chaleur limitée

#### 4.9. Le Polyéthylène Téréphtalate – PET

Le PET est un thermoplastique semi-cristallin transparent. Il est utilisé dans de nombreux secteurs dont: les bouteilles d'eau, les emballages agroalimentaire, la cosmétique...

##### *Points forts*

- Transparence
- Propriétés mécaniques
- Résistance à la déchirure
- Résistance chimique
- Alimentaire

##### *Points faibles*

- Faible tenue température
- Soudage haut fréquence impossible

#### 4.10. Le Polyamide 6 - PA6

Le PA6 est un thermoplastique semi-cristallin. Couramment appelé Nylon, le PA6 est utilisé dans la pièce technique nécessitant une bonne résistance. Ainsi il se retrouve dans l'automobile, la pièce mécanique dans l'industrie, le photovoltaïque.

##### *Points forts*

- Faible coefficient de frottement
- Bonne propriété mécanique
- Bonne résistance thermique
- Bonne isolation électrique

##### *Points faibles*

- Opacité
- Sensible aux UV
- Fragilité à sec
- Faible résistance aux acides

#### 4.11. Le Polyamide 6 chargé 30% fibres de verre - PA6 30%FV

Le PA6 30%FV est un PA6 avec un ajout de fibres de verre. Il a ainsi les mêmes caractéristiques que le PA6 (Nylon) et grâce à sa charge une meilleure rigidité.

#### 4.12. Le Polyoxyde de Méthylène – POM

Le POM est un thermoplastique de la famille des semi-cristallins. Ce matériau aux excellentes propriétés techniques a de nombreuses applications notamment dans l'automobile, la pièce technique pour l'industrie, le sport...

***Points forts***

- Grande rigidité et dureté
- Bonnes propriétés mécaniques
- Bonne résistance aux frottements
- Bonne résistance aux hydrocarbures
- Excellente élasticité, effet ressort

***Points faibles***

- Opacité
- Sensible aux UV
- Combustible

**4.13. Le Polycarbonate – PC**

Le PC est un thermoplastique transparent de structure amorphe. Ce plastique est notamment utilisé dans l'électroménager, l'automobile, les boîtiers pour l'électronique.

***Points forts***

- Transparent
- Bonne résistance aux chocs
- Bon isolant électrique
- Plastique alimentaire
- Bonne tenue à la température

***Points faibles***

- Sensible à la fissuration
- Mauvaise résistance aux produits chimiques

**4.14. Les thermoplastiques élastomères - TPE de type SEBS - copolymère bloc styrénique hydrogéné**

Les thermoplastiques élastomères sont déclinés en une multitude de références et de duretés différentes suivant les applications. Il remplace dans de nombreux cas le caoutchouc. Ces plastiques sont utilisés dans de nombreux secteurs d'activités comme l'automobile, l'alimentaire, l'industrie....

***Points forts***

- Grande étendue de dureté de souple à dur
- Bonne résistance mécanique
- Bonne tenue à la température et UV
- Plastique alimentaire
- Effet "Soft touch"
- Surmoulage possible sur d'autres plastiques rigides

***Points faibles***

- Opaque
- Prix assez élevé
- Sensible à la déchirure

#### **4.15. Les Bioplastiques à base de ressources végétales**

Par exemple le PLA – Poly Acide Lactique, qui est une résine thermoplastique issue de ressources végétales renouvelables et est certifiée compostable. (issus de maïs, pomme de terre...) Application emballage, médical, horticulture, industrie.....

***Points forts***

- Matériaux renouvelables

***Points faibles***

- Prix assez élevé
- Propriétés mécaniques

Tableau 2 : Caractéristiques des principales matières plastiques [14]

Principales matières plastiques																				
		symbole	(1) aspect	densité	températures limites (°C)	caractéristiques mécaniques				résistance chimique				(3) exemples d'emploi						
						R <sub>r</sub> (daN/mm <sup>2</sup> )	E (daN/mm <sup>2</sup> )	A%	chocs IZOD entaillés	acides		bases alcalis			(2) solvants	(2) huiles	(2) usinage	(2) moulage		
										(2) forts	(2) faibles	(2) forts	(2) faibles							
thermoplastiques	polyéthylène	basse densité	PE-LD	TRL-OQ	0,92	100	0,5-3	20-40	200-600	ne casse pas	F	B	B	B	B	B	B	B	1-2	
		haute densité	PE-HD	TRL-OQ	0,96	120	2-4	80-180	20-80		F	B	B	B	B	B	B	B	3-4	
	polypropylène		PP	TRP-OQ	0,91	130	3-7	140-200	250-600	7-25	F	B	B	B	B	B	B	B	1-3 6	
	polychlorure de vinyle	rigide	PVC	TRP-OQ	1,38	70	4-6	150-350	5-80	2-100		B	B	B	B	S	B	B	B	1-3
		souple		TRP-OQ	1,20	70	1-3	1-4	150-450											1
	polystyrène		PS	TRL-OQ	1,05	80	3-7	200-320	5-75	3-20	F	B	B	B	S	B	F	B	B	1-2 3-5
	ABS*		ABS	TRL-OQ	1,10	110	3-6	200-250	10-50	10-50	F	B	B	B	S	B	B	F	B	1-2 3
	poly (méthacrylate de méthyle)		PMMA	TRP-OQ	1,20	85	5-9	220-320	4-10	2-3	F	B	S	F	F	B	B	S	B	2-3 5-6
	acétate de cellulose		CA	TRP-OQ	1,30	90	3-6	80-250	20-50	6-45	S	F	F	F		B	B	B	B	1-2 3-5
	polyamide		PA	TRP-OQ	1,15	160	5-10	90-280	15-300	3-50	S	B	B	B	B	B	B	B	B	1-3 4
	polycarbonate		PC	TRP-OQ	1,20	130	5-7	240-280	80-120	65-100	F	B	S	F	F	B	B	B	B	1-2 5
	polyoxyméthylène		POM	TRL-OQ	1,40	90	6-7	300	35-75	5-15	S	B	F	F	B	B	B	B	B	1-3 4
polytétrafluoroéthylène		PTFE	OQ	2,20	+260 -200	2-4	35-80	250-500	16	B	B	B	B	B	B	B	B	B	4-6	
thermodurcissables	phénoplastes**		PF	TRP-OQ	1,3	190	3-6	270-800	1-3		S	F	S	S	S		B	B	1-2	
	polyesters		UP	TRP-OQ	1,2	190	5-15	280-400	1-3	8-100	S	F	S	F	F		F	B	B	2-3
	polyépoxydes		EP	TRL-OQ	1,5	280	2-12	250-400	2-15	2-50	F	B	F	B	B	B	B	B	B	2-3 6
	polyimides		PI		1,6	250	2-10	250-500	2-10		B	B	B	B	B	B	B	B	B	1-7
	silicones		SI	OQ	1-2	230	2-5	350-800	1-5		F	B	F	F	F	F	F	F	B	7

(1) TRL : translucide  
TRP : transparent  
OQ : opaque

(2) B : bon  
F : faible à moyen  
S : mauvais (soluble)

(3) 1 : pièces mécaniques (engrenages, cames, rotors)  
2 : petits carters, boîtiers, jouets, petit outillage  
3 : grands bâtis, cuves, containers, réservoirs, coques  
4 : pièces de frottement (coussinets, paliers, glissières)  
5 : pièces pour l'optique (vitres, luminaires, diffuseurs)  
6 : applications chimiques, thermiques  
7 : enrobage, étanchéité, isolant

\* acrylonitrile styrène acrylate  
\*\* résine phénol formaldéhyde

## **5. 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**

## 1 Introduction

Comme pour les métaux, les produits en matières plastiques peuvent être fabriqués par enlèvement de matière, par pliage et par soudage. Ces techniques de transformation restent cependant marginales.

Généralement l'obtention des pièces de formes données est faite par des procédés de mise en forme permettant de réaliser des séries importantes ou de produit en continu. Pour les matières thermoplastiques, on emploiera principalement les procédés suivants :

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

Ces procédés sont aussi utilisés pour les matières thermodurcissable, mais qui nécessitent une attention particulière pour la température, d'autres procédés prennent place comme la compression.

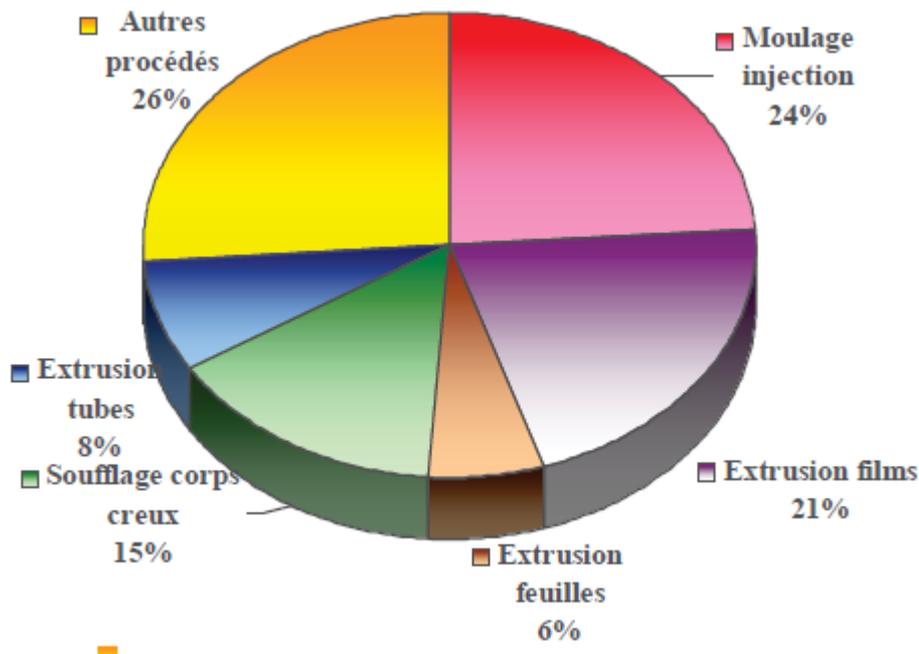


Figure 4 : Répartition des procédés de mise en forme des matières plastiques par taux [14].

## 2 L'injection

Le procédé injection est destiné à produire très rapidement des objets en très grandes quantités. Cette technique permet d'obtenir en une seule opération des pièces finies en matière plastique, de formes complexes, dans une gamme de poids allant de quelques grammes à plusieurs kilogrammes [14].



Figure 5 : Exemples de pièces obtenus par injection plastique.

- **Principe de l'injection plastique**

La matière, en granulés, ramollie par la chaleur est injectée dans un moule sous forte pression. Après refroidissement ces moules permettent la réalisation d'objets de dimensions et formes variables, ainsi que de pièces techniques très complexes et de grandes précisions.

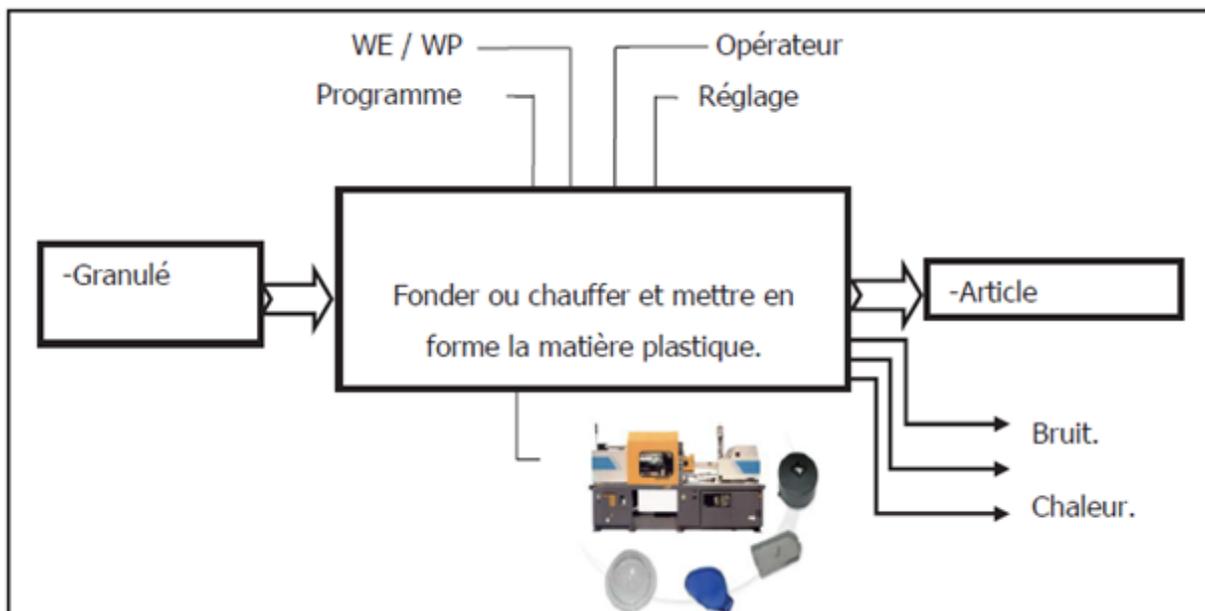


Figure 6 : Principe de l'injection plastique

### 3 L'extrusion [14]

L'extrusion est un procédé très utilisé en plasturgie puisque la majorité des matières thermoplastiques est au moins extrudée une fois lors de sa préparation, néanmoins d'autres sortent sous forme d'objets finis.

L'extrusion est largement utilisée pour la fabrication des produits semi-ouvrés tels que : plaques, feuilles, tubes.



Figure 7 : Article obtenu par extrusion (profilés)

#### 3.1 L'extrudeuse mono-vis

Une extrudeuse mono-vis est constituée d'une vis sans fin en rotation à l'intérieur d'un fourreau chauffé. Ce système assure les trois fonctions suivantes.

- **Une fonction de convoyage** : le polymère descendant de la trémie sous forme de poudre ou de granulés est compacté et convoyé : c'est le principe de la vis d'Archimède ;
- **Une fonction de plastification** : le passage de l'état solide à l'état liquide est réalisé progressivement grâce à la fois à la chaleur fournie par conduction et à la dissipation d'énergie de cisaillement ;
- **Une fonction de pompage** : le diamètre de la vis augmente entre la zone d'alimentation et la zone terminale de l'extrudeuse, ce qui aboutit à mettre le polymère liquide en pression pour obtenir un débit régulier dans la filière.



Figure 8 : Extrudeuse mono-vis.

### 3.2 Les phases d'extrusion

Dans l'extrudeuse, la matière est ajoutée dans la trémie sous forme de poudre ou de granulés.

La trémie alimente en continu le cylindre chauffé contenant une vis rotative. La vis assure à la fois le chauffage, le malaxage, la mise en pression et le dosage du polymère qui est refoulé sous pression dans la tête d'extrusion. La tête contient une filière qui donne la forme approximative de la pièce dont le polymère est ensuite refroidi à l'eau ou à l'air pour prendre sa forme finale.

Les dispositifs de tirage entraînent le polymère qui se refroidit, soit pour l'enrouler en bobine, soit pour permettre de le couper à la longueur.

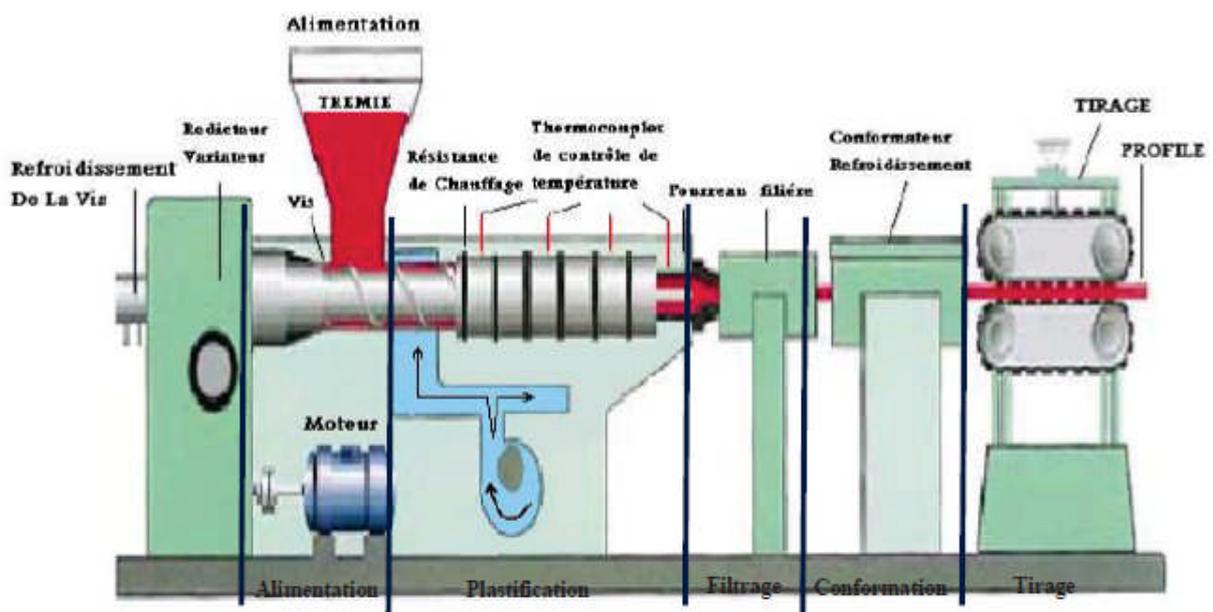


Figure 9 : Les phases d'extrusion

## 4 Le thermoformage [15]

Le thermoformage est un procédé de transformation qui utilise des produits semi-finis tels que des feuilles et des plaques et les transforme en objets finis à large domaine d'applications comme les carrosseries, planches à voile, bateaux, vasques de luminaires, vitres blindées, panneaux publicitaires, emballages de produits alimentaires et d'articles de consommation.



Figure 10 : Objets mis en œuvre par thermoformage.

### 4.1 Principe du thermoformage

Le thermoformage est la technique consistant à former à l'aide d'un moule, une feuille de plastique ramollie par chauffage. La feuille ainsi déformée épouse la forme du moule et en refroidissant conserve sa forme.

La technique de thermoformage utilise des produits semi-ouvrés (plaques et feuilles rigides en thermoplastiques) pour les transformer en objets tridimensionnels.

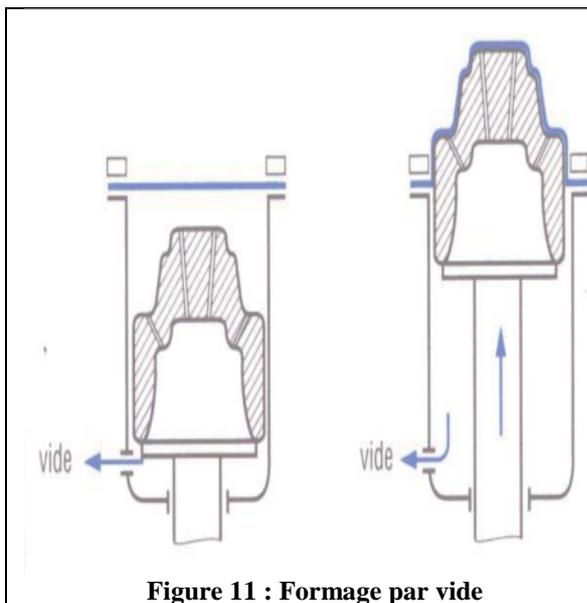


Figure 11 : Formage par vide

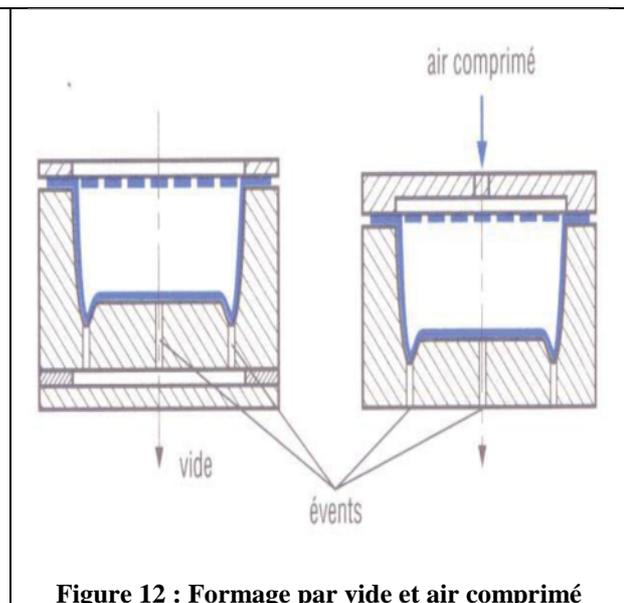


Figure 12 : Formage par vide et air comprimé

## 4.2 Les machines de thermoformage

Une machine de thermoformage est généralement constituée d'un poste de chauffage, d'un poste de formage, d'un poste de découpe et d'un poste d'empilage.

Actuellement, ces machines sont équipées d'automates ou commandés par ordinateur assurant le réglage et le suivi des principales opérations et une reproductibilité fiable du cycle de formage pour que les objets thermoformés aient la qualité requise.



Figure 13 : Les machines de thermoformage

## 4.3 Les phases du thermoformage

La feuille de plastique est tendue sur un cadre chargé de la maintenir et chauffée par des résistances. Une fois ramollie, le moule situé en dessous de la feuille est remonté. On crée alors une dépression entre la feuille et le moule en aspirant l'air grâce à une pompe à vide. La pression atmosphérique située au-dessus de la feuille plaque alors la feuille sur le moule. On peut résumer le cycle de mise en forme en thermoformage par les phases suivantes :

- 1- Chauffage de la plaque thermoplastique préalablement fixée à l'endroit approprié de la machine.
- 2- Une fois la température de thermoformage est atteinte, retraitement des appareils de chauffage et élévation du plateau portant le moule générant ainsi une pression sur la plaque ramollie sous l'action de la chaleur.
- 3- Aspiration d'air (entre la plaque et le moule) pour que la feuille adhère au moule.
- 4- Refroidissement de la plaque thermoformée et descente du moule.

En fait, il existe trois grandes techniques de base pour obtenir ce résultat :

- L'évacuation d'air pour que la feuille adhère au moule (Exemple ci-dessous).
- L'utilisation d'air pressurisé pour pousser la feuille contre le moule (Thermo-compression)
- L'utilisation d'une force mécanique assistée par tampon (Emboutissage à chaud)

Ces techniques peuvent être employées ensemble dans tout équipement de formage standard selon le modèle de la pièce à former.

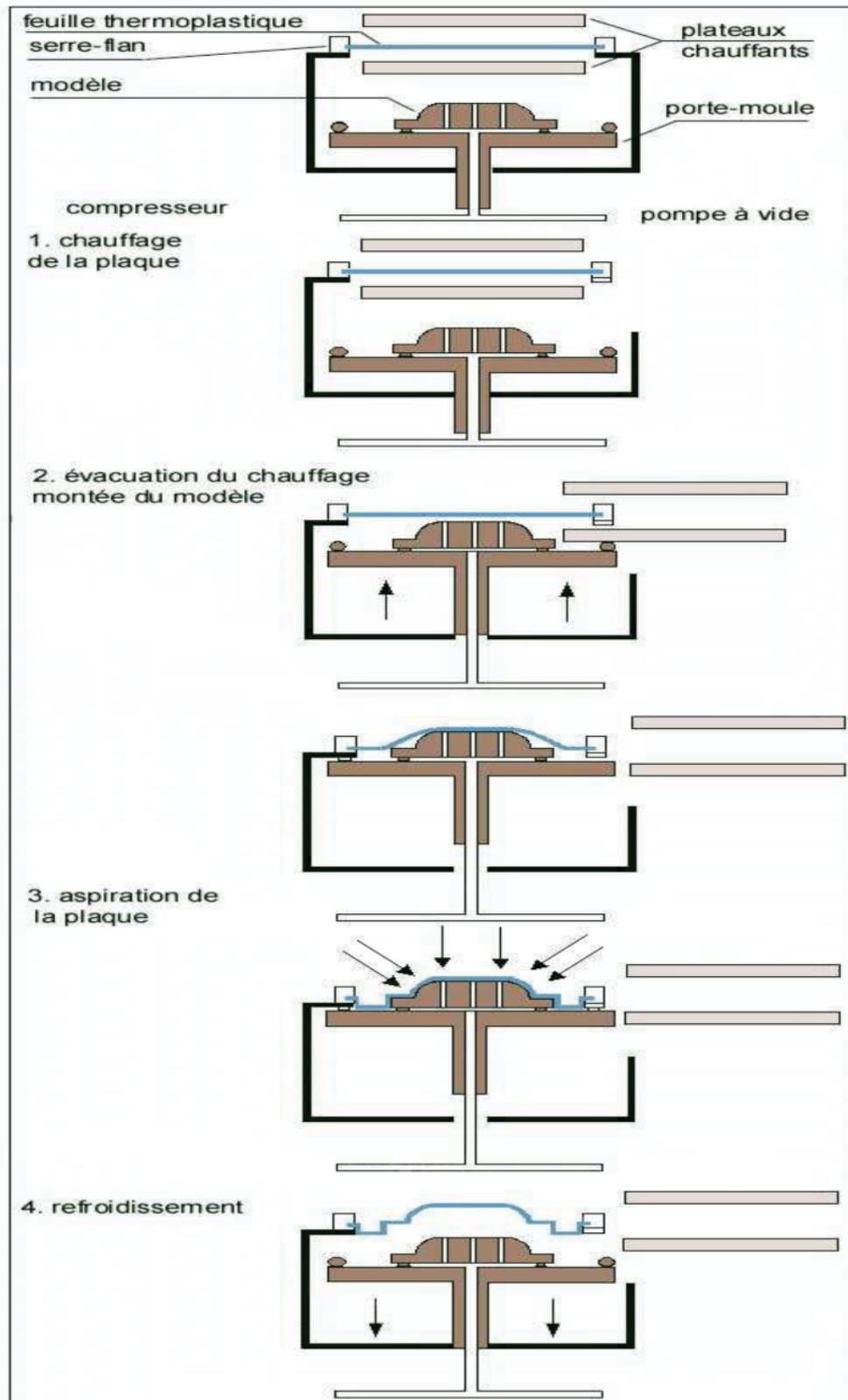


Figure 14 : Les phases du thermoformage

## 5 Le roto-moulage

Le moulage par rotation est une méthode de transformation des polymères permettant la production d'articles creux avec des contenances très diversifiées (de quelques dixièmes de litre à des milliers de litres). Le moulage par rotation permet de produire des petites et des grandes séries de pièces.



Figure 15 : Articles mis en œuvre par roto-moulage

### 5.1 Le principe du roto-moulage

Le principe de cette méthode de transformation consiste à introduire de la matière (sous forme de poudre) dans un moule qu'on chauffe et qu'on introduit en double rotation. La matière fondue parvient ainsi à couvrir toutes les parois du moule et épouse alors sa forme. Le polymère le plus utilisé en Roto-moulage est le PE (90% des applications) ; PP, PC, PA, PVC sont également utilisés. Pour être roto-moulé le PE doit être sous forme poudre avec une taille des particules entre 100 à 500  $\mu\text{m}$ .

### 5.2 Machines de roto-moulage

Un poste de roto-moulage doit assurer principalement la rotation du moule autour de deux axes perpendiculaires. Le temps de cycle est important en comparaison aux autres procédés (15-40 minutes par cycle); donc ces postes ont une faible cadence de production.



Figure 16 : Exemple de poste de roto-moulage.

### 5.3 Les phases du roto-moulage

Le procédé est basé sur la rotation d'un moule chauffé dans un four sur deux axes perpendiculaires. Durant la rotation, tous les points de la surface interne du moule occupent toutes les positions de l'espace et sont périodiquement en contact avec le produit.

Le procédé comprend 4 phases principales :

Phase	Désignation	Description
<b>Phase 1</b>	<b>Chargement et fermeture du moule.</b>	Un moule formé en général de 2 demi-coquilles, l'une fixe, l'autre mobile. La partie fixe est chargée de poudre de matière plastique ou de plastisol liquide, dont le poids correspond à celui de la pièce à obtenir. Le moule est alors fermé au moyen de raccords rapides. La partie fixe du moule a été au préalable, montée sur un système mécanique, qui lui permet de tourner autour de 2 axes perpendiculaires.
<b>Phase 2</b>	<b>Le chauffage du moule jusqu'à la température de bonne fusion</b>	L'ensemble moule matière, est mis en mouvement planétaire et la poudre de matière plastique ruisselle par gravité sur les parois. Les vitesses de rotation étant faibles l'effet de la force centrifuge est négligeable.
<b>Phase 3</b>	<b>La solidification de la matière</b>	A la fin de la période de chauffage la matière thermoplastique est à une température supérieure à son point de fusion, et sa consistance reste visqueuse, il faut donc la refroidir. Cela se fait en projetant sur le moule de l'air frais et/ou un brouillard d'eau. Lorsque la matière est arrivée en dessous de sa température de cristallisation ou de solidification, on continue à la refroidir jusqu'à ce qu'elle soit manipulable.
<b>Phase 4</b>	<b>Le démoulage</b>	La pièce obtenue, est suffisamment rigide et froide, on ouvre les raccords rapides, on soulève la partie mobile du moule et on extrait la pièce qui reproduit exactement l'architecture interne du moule. La pièce est ainsi prête pour la finition ou l'assemblage avec d'autres pièces.

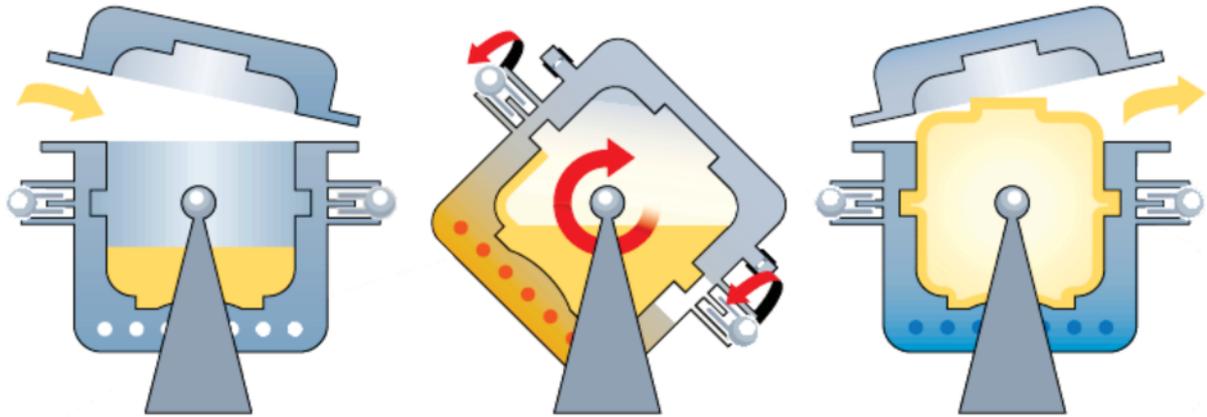


Figure 17 : les différentes phases d'obtention d'une pièce par roto-moulage

## 6 Le calandrage

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.

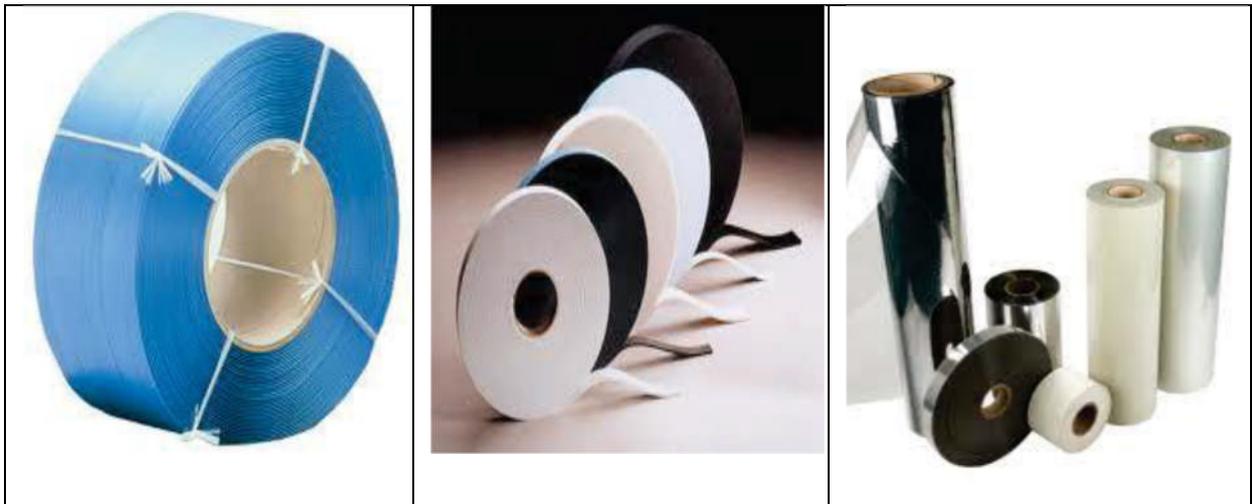


Figure 18 : Articles mis en œuvre par calandrage.

### 6.1 Le principe du calandrage

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 récente 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.

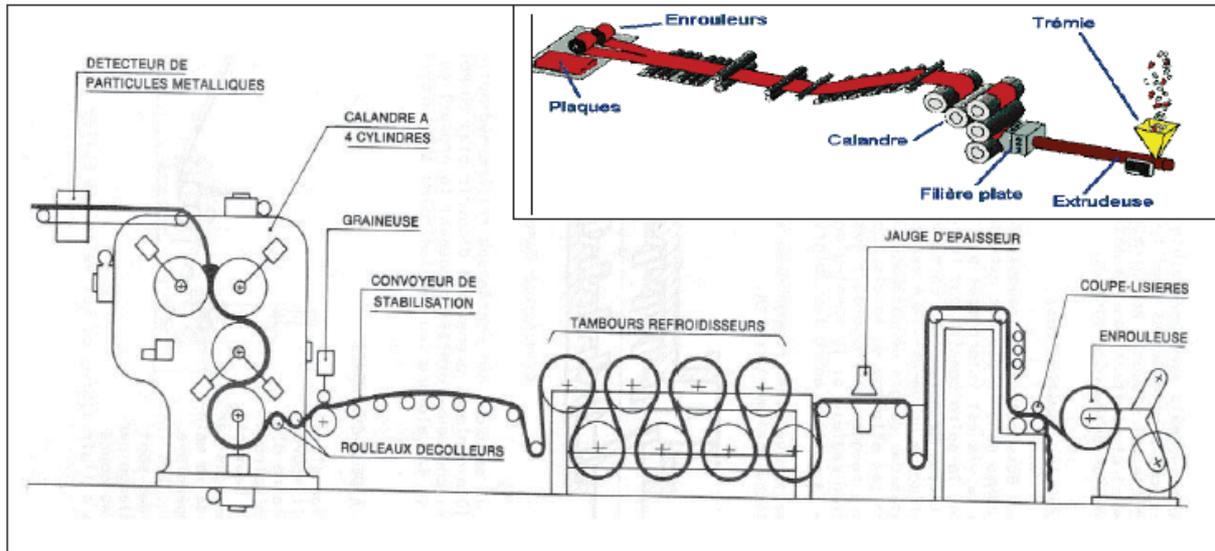


Figure 19 : Schéma de principe d'une chaîne de calandrage.

## 6.2 Les chaînes de calandrage

Suivant la nature du matériau à calandrer on distingue deux types de chaînes de calandrage :

- Une chaîne de calandrage-alimentation par mélangeur interne (technique généralement utilisée dans le cas du PVC).
- Une chaîne de calandrage-alimentation par extrudeuse.

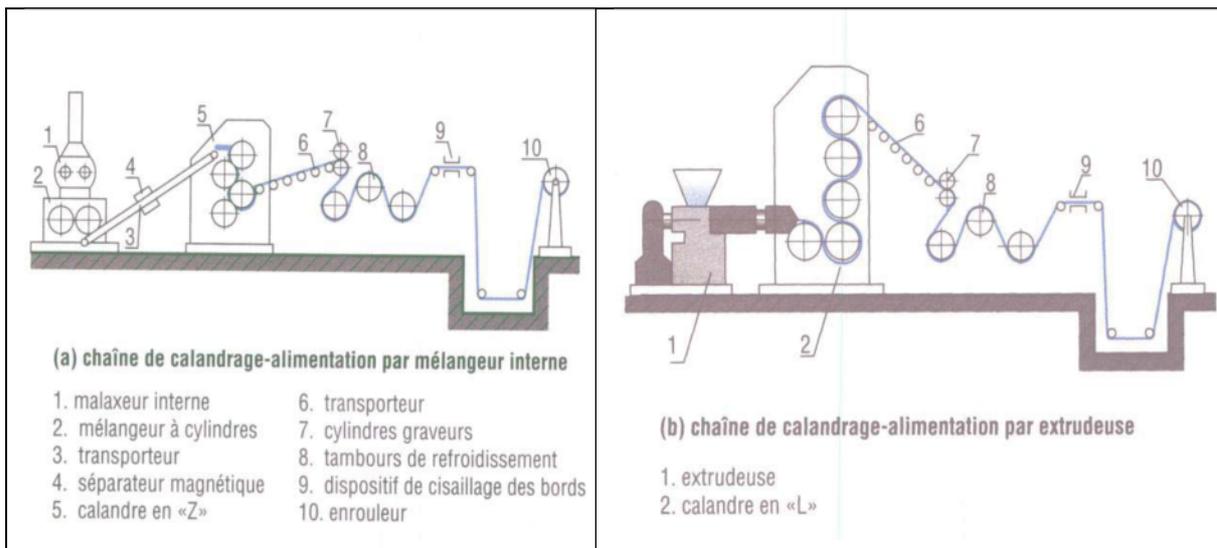


Figure 20 : Différents types de chaînes de calandrage.

## 7 L'injection soufflage

L'injection-soufflage est un procédé de mise en forme de matériaux polymères thermoplastiques qui est utilisé pour fabriquer des corps creux, tels que des flacons et bouteilles.

Ce procédé consiste à combiner la technique d'injection avec celle du soufflage. La matière est injectée pour former une « éprouvette » (préforme) qui peut intégrer le vissage final de la pièce. La préforme peut être stockée, transportée ou directement réchauffée pour être ensuite soufflée à la forme voulue. L'éprouvette est alors enfermée dans un moule de soufflage en deux demi-coquilles ayant la forme désirée. Une extrémité de la préforme est pincée. De l'air comprimé (le plus souvent) est ensuite injecté dans la cavité par l'orifice de la préforme afin de plaquer la matière contre l'empreinte refroidie et figer la pièce dans sa forme finale.

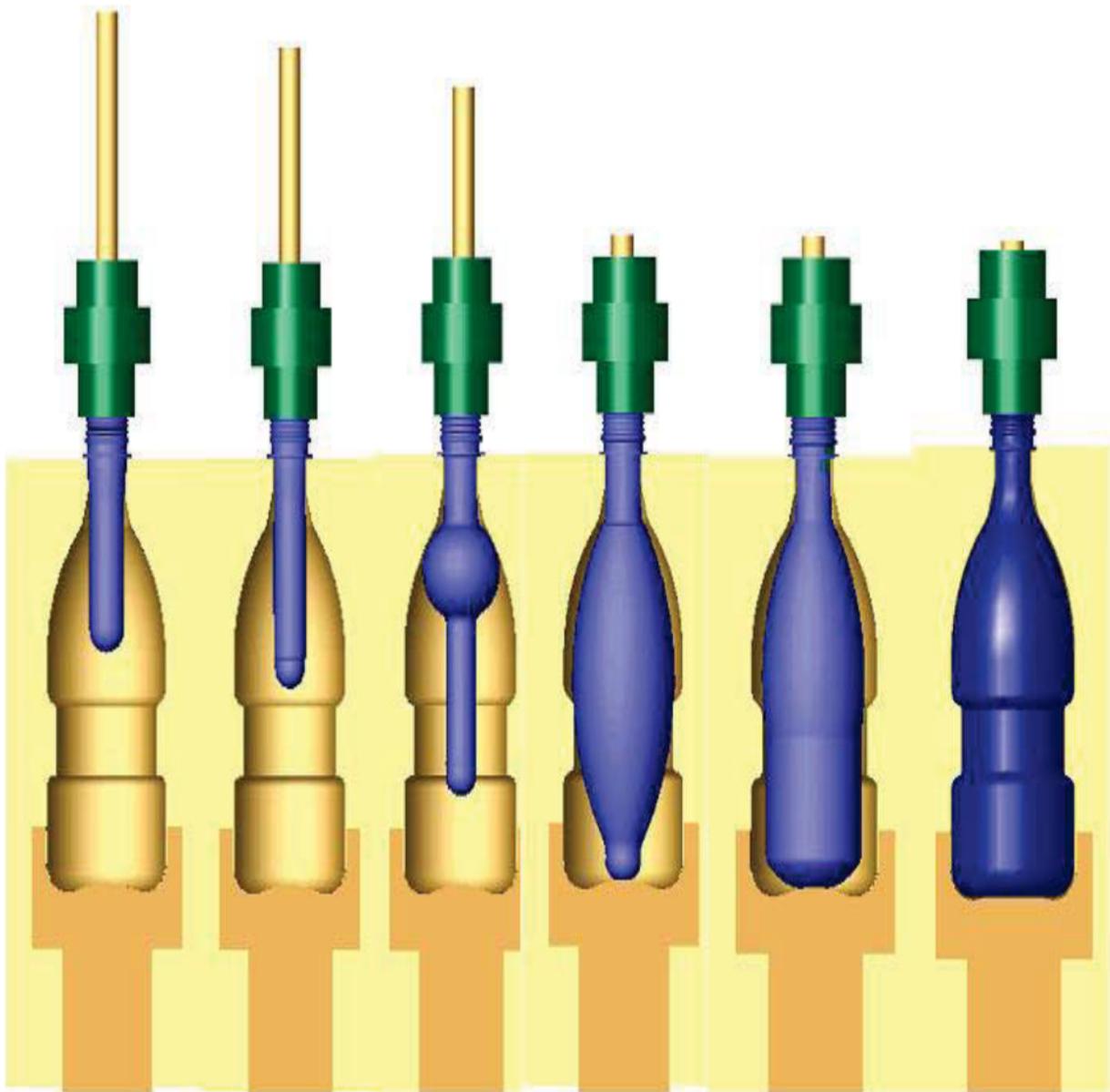


Figure 21 : Injection soufflage.

## 8 L'extrusion soufflage

Permet de réaliser des films d'épaisseur inférieure à 0,2 mm. Une filière annulaire (pouvant atteindre 1,80 m de diamètre) produit une gaine dans laquelle on admet de l'air sous pression. Le gonflage permet d'étirer la matière et d'obtenir l'épaisseur désirée.

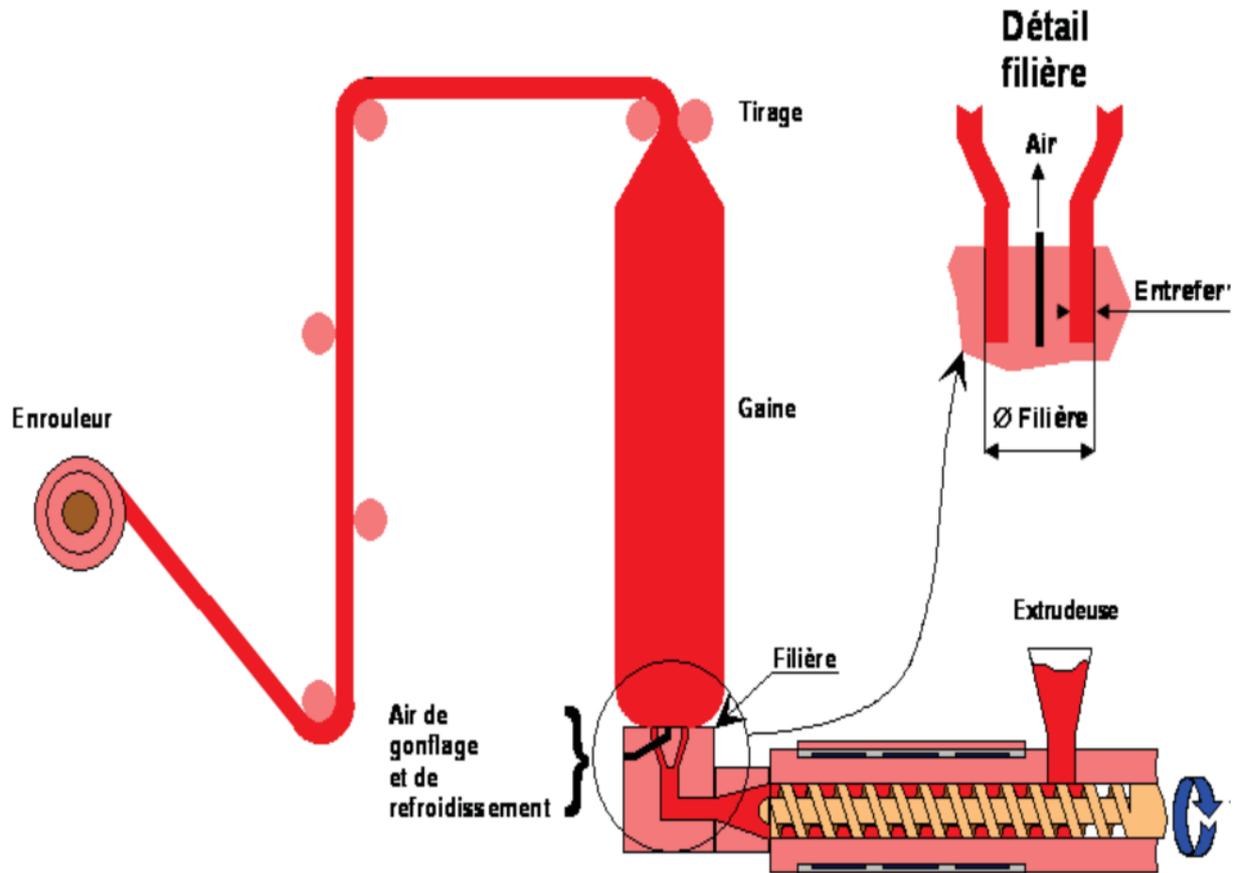


Figure 22 : Extrusion soufflage

## 9 Détails sur l'injection

Parmi tous les procédés qu'on a énumérés, l'injection plastique est le procédé le plus utilisé pour l'obtention de la plupart des pièces en plastique.

Le matériau thermoplastique est préalablement rendu liquide par chauffage. Il est alors injecté sous haute pression. Jusqu'à 1800 bar, dans la cavité du moule. On doit ensuite attendre que la matière plastique soit suffisamment froide et rigide avant d'ouvrir le moule et d'en éjecter la pièce sans risque de déformation, l'ensemble de ces étapes est assuré par une machine qui s'appelle : Presse d'injection [1].

## 9.1 Presse d'injection

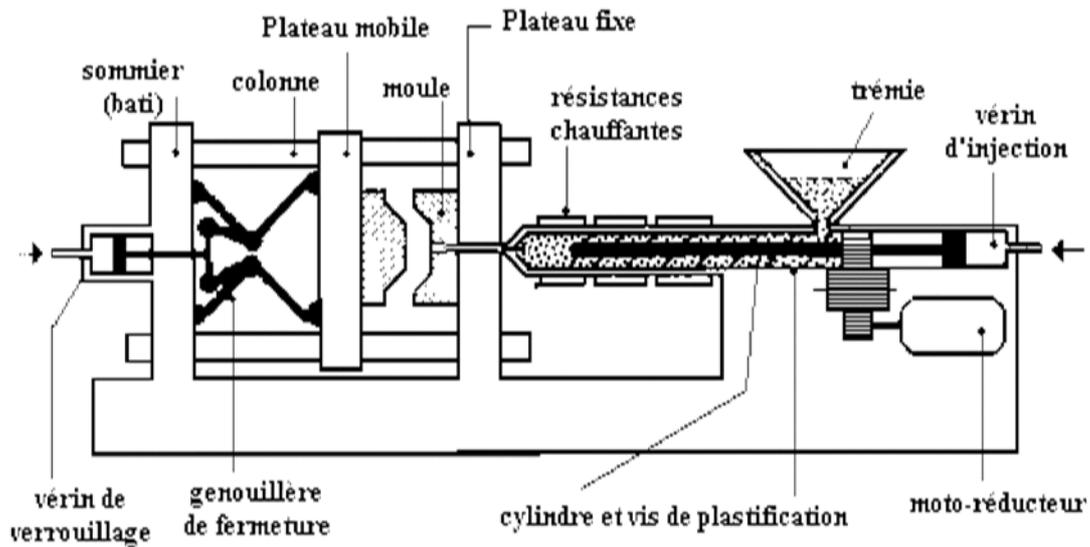


Figure 23: Presse d'injection

## 9.2 Différentes presses d'injection

Il existe plusieurs presses d'injection plastique, mais on distingue deux configurations.

### 9.2.1 Presse horizontale

La machine de moulage par injection horizontale est le type le plus courant. Sa partie de serrage de moule d'injection se trouve à la même position horizontale au centre de la ligne et son moule s'ouvre horizontalement. Ses caractéristiques sont : un petit corps, facile à utiliser et réparer. Son barycentre est bas, son installation stable. Suite à la confection du produit, on peut utiliser la force gravitationnelle pour le faire descendre automatiquement, ainsi l'éjection immédiate de la pièce. Opération entièrement automatisée facilement réalisable. Ses défauts sont : l'installation de moule est plutôt difficile, l'insertion de pièce peut inclinée ou faire tomber le moule, la surface d'occupation de sol est plutôt grande. A présent, de nombreuses machines de moulage par injection sur le marché utilisent cette forme.

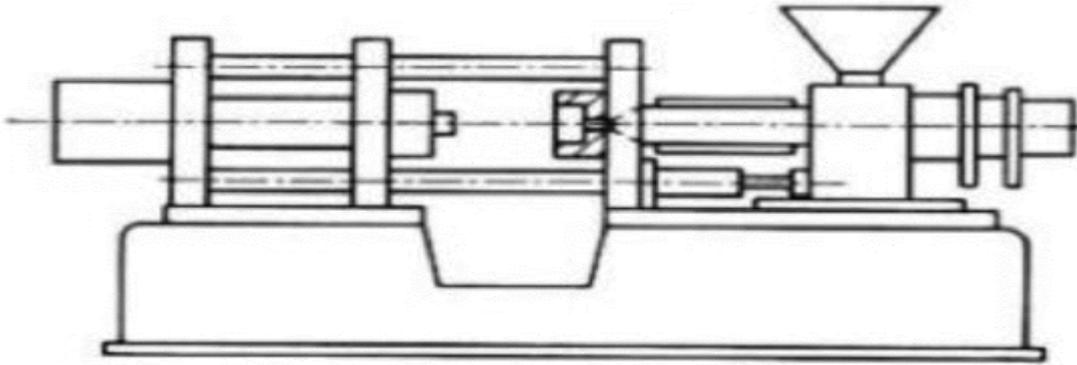


Figure 24 : Presse horizontale

**Principales caractéristiques :**

- Bien que ce soit une machine de grande envergure, comme son corps est bas, aucune limite de hauteur n'est impliquée pour son installation dans l'usine.
- Comme le produit descend automatiquement, il n'est pas nécessaire d'utiliser de robot industriel, pour réaliser un façonnage automatique.
- Comme le corps est bas, l'alimentation en matériaux est pratique, l'inspection et la réparation sont faciles.
- Le moule doit être installé grâce à un chariot-grue.
- Si plusieurs machines sont en parallèle ou en série, les produits peuvent être facilement récoltés par un convoyeur à bande pour l'emballage.
- Les cadences de travail sont très élevées.

**9.2.2 Presse verticale**

Elle a un encombrement au sol limité mais la hauteur peut devenir gênante et la stabilité laisse à désirer. La mise en place du moule est malaisée, le chargement de la trémie peu commode et les organes supérieurs sont peu accessibles. Les cadences élevées ne sont guère possibles, l'automatisation est plus difficile car les pièces ne tombent plus d'elles-mêmes. Pratiquement ce type de machine garde son intérêt dans les fabrications de pièces avec insertions, car le moule est très accessible et les prisonniers tiennent souvent en place par gravité. Les surmoulages sont également faciles ainsi que la fabrication de certaines pièces de précision [2].

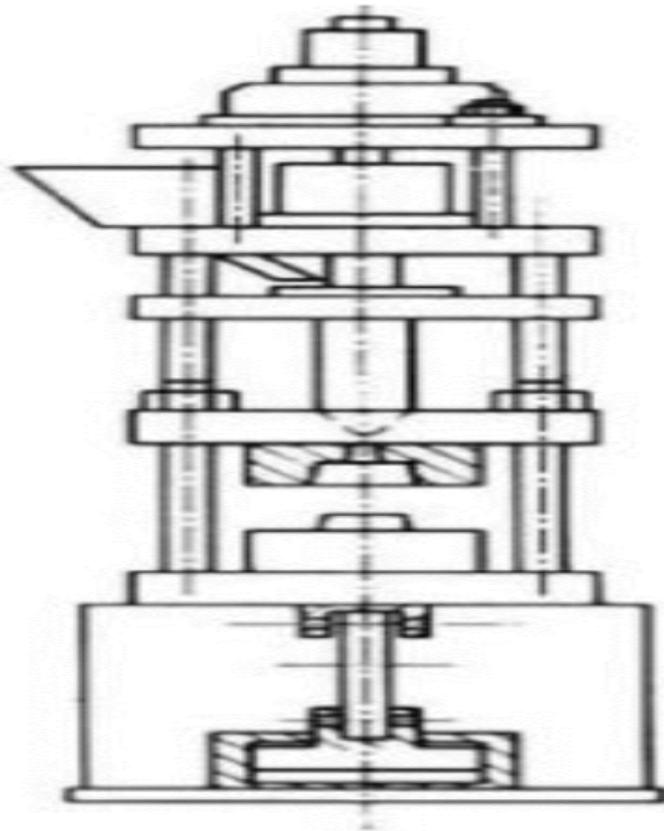


Figure 25 : Presse verticale

### 9.3 Les différentes parties ou unités d'une presse

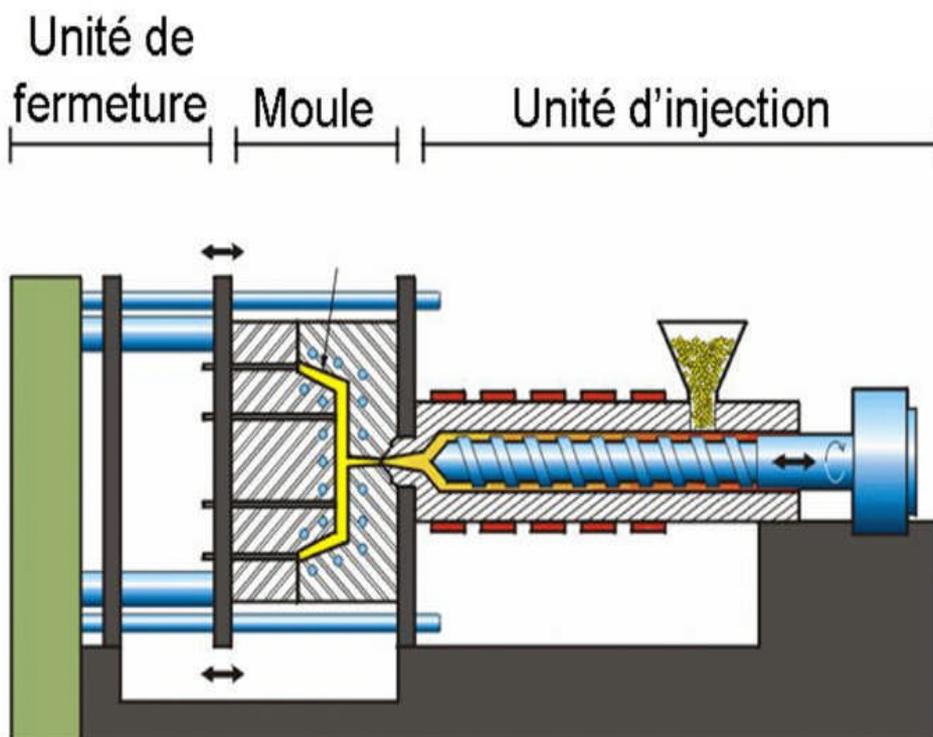


Figure 26 : Dispositif d'une presse d'injection

### 9.3.1 Unité d'injection

Cette partie de la presse, comporte le groupe injecteur, et c'est là, que se produit la plastification, qui se résume dans, le dosage, injection/purge.

Le dispositif vis-piston remplit les deux fonctions de plastification et d'injection en un seul mécanisme.

- **Phase de plastification :**

La vis tourne pour faire fondre et homogénéiser les granulés qui viennent de la trémie.

Elle achemine la matière plastique faire l'avant de la vis par intermédiaire du clapet pour la stocker.

A fur et à mesure que l'on stocke la matière, la vis recule.

- **Phase d'injection :**

La vis avance, le clapet se plaque sur son siège. La matière ne peut plus refluer vers l'arrière. La matière est injectée dans le moule.

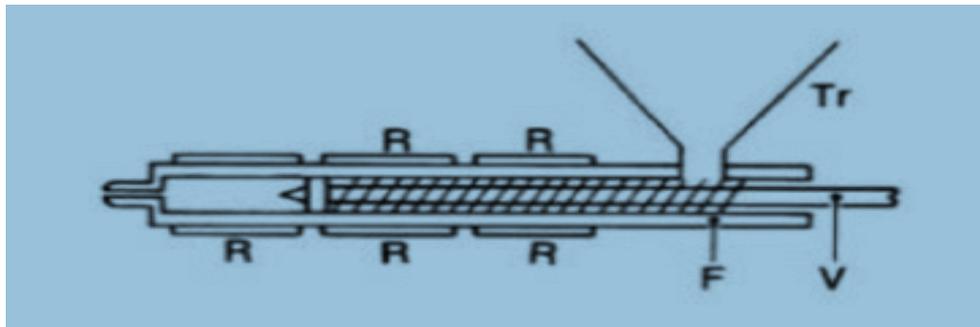


Figure 27 : Système vis-piston

### 9.3.2 Unité de fermeture

Ce système assure les fonctions, fermeture, verrouillage, ouverture et démoulage. Le dispositif de manœuvre des plateaux porte-moule doit assurer l'ouverture, la fermeture et le verrouillage du moule avec une force suffisante pour s'opposer à l'ouverture du moule pendant l'injection. Ce groupe comprend deux plateaux : l'un est mobile, l'autre est fixe. La force de fermeture est la force nécessaire pour maintenir les deux parties du moule fermées pendant son remplissage sous haute pression. Ces fonctions importantes peuvent être assurées de différentes manières soit mécanique, hydraulique ou mixte.

### 9.3.3 Le moule

la matière plastifiée par une vis dans un cylindre chauffé est injectée sous pression dans un moule, au contact du métal froid, elle se solidifie et conserve les forme de l'empreinte, le moule joue un rôle essentiel dans l'injection, c'est lui qui assure la mise en forme de la matière, la partie fixe du moule comporte, une plaque porte empreinte femelle, quatre colonnes de guidage, une plaque semelle, une buse d'injection, et une bague de

centrage, quant à la partie mobile, elle comporte, une plaque porte empreinte male, des bagues de guidage des colonnes, des tasseaux, une batterie d'éjection composée de deux plaque et d'éjecteurs cylindrique, et enfin, une plaque semelle.

## 9.4 Les Phases De Cycle

### a- Remplissage :

- Le moule est fermé.
- La vis avance rapidement en jouant le rôle du piston.
- Transfert de la matière dans le moule.
- Formation d'une gaine solide au contact des parois du moule.

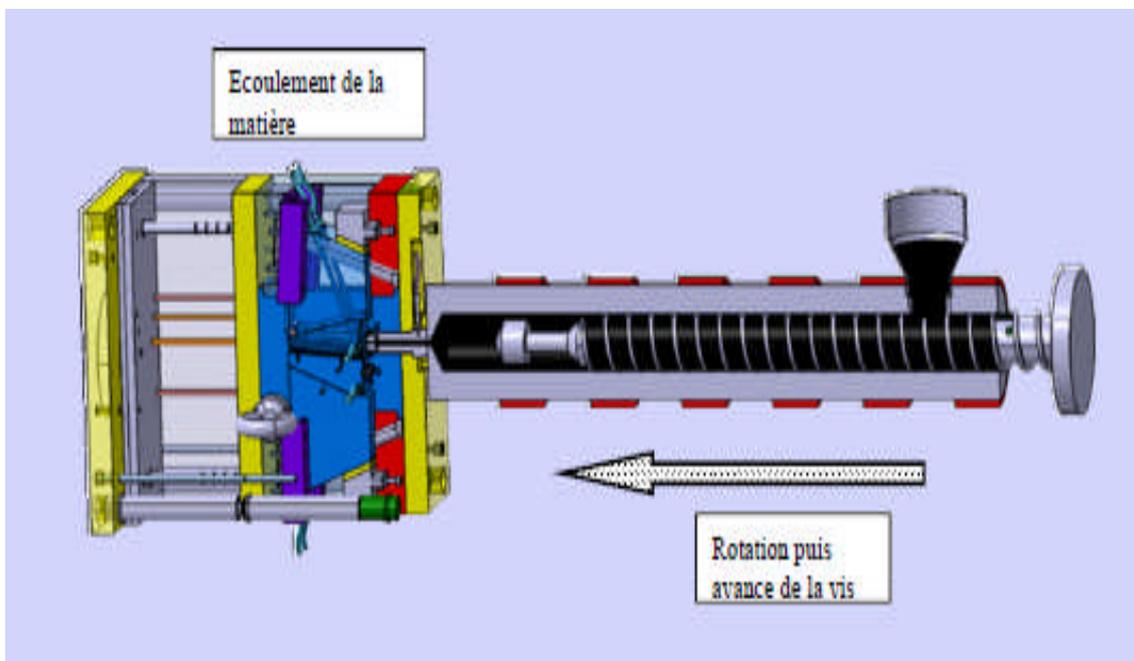


Figure 28 : Remplissage

### b- Maintien/compactage :

- Le moule est ferme.
- L'empreinte est remplie.
- La vis avance lentement en jouant le rôle de piston.
- Transfert de matière dans le moule pour compenser les pertes de volume spécifique.

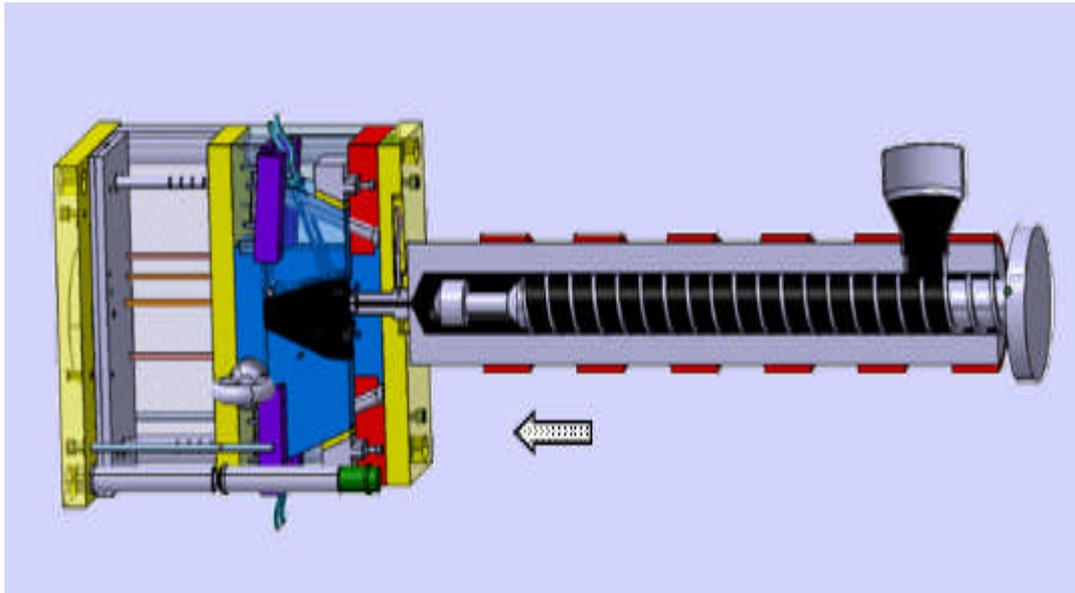


Figure 29 : Maintien/compactage

**c- Refroidissement :**

- Le moule est ferme.
- Les seuils sont gelés.
- L'unité de plastification recule.
- Mise en rotation de la vis.
- Accumulation de matière à l'état pâteux en tête de vis (dosage).
- Echanges thermiques.

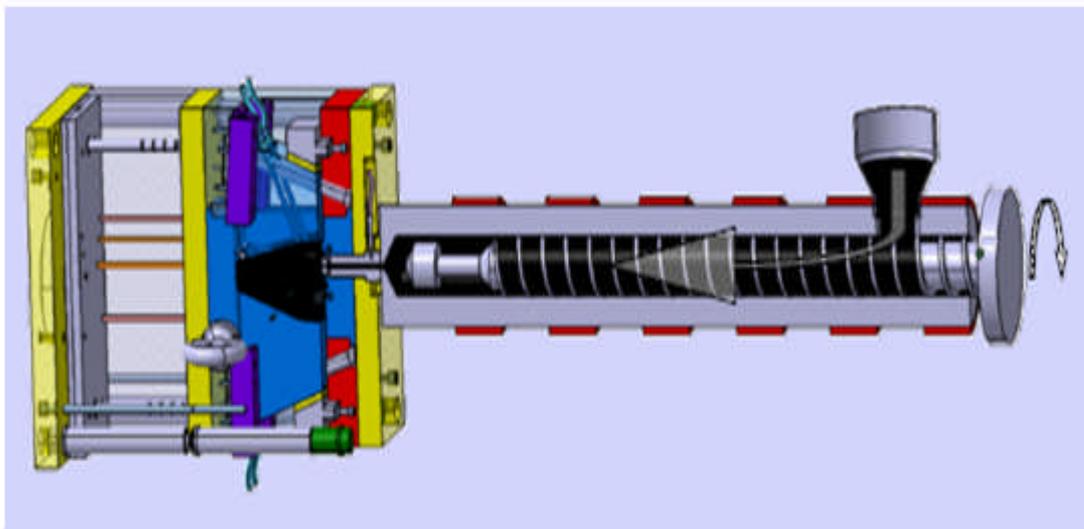


Figure 30 : Refroidissement

**d- Ouverture du moule :**

- La pièce atteint la température d'éjection.
- Le moule s'ouvre.
- les tiroirs se déplacent.
- le système d'éjection avance.
- la pièce est évacuée du moule.
- Fermeture du moule.

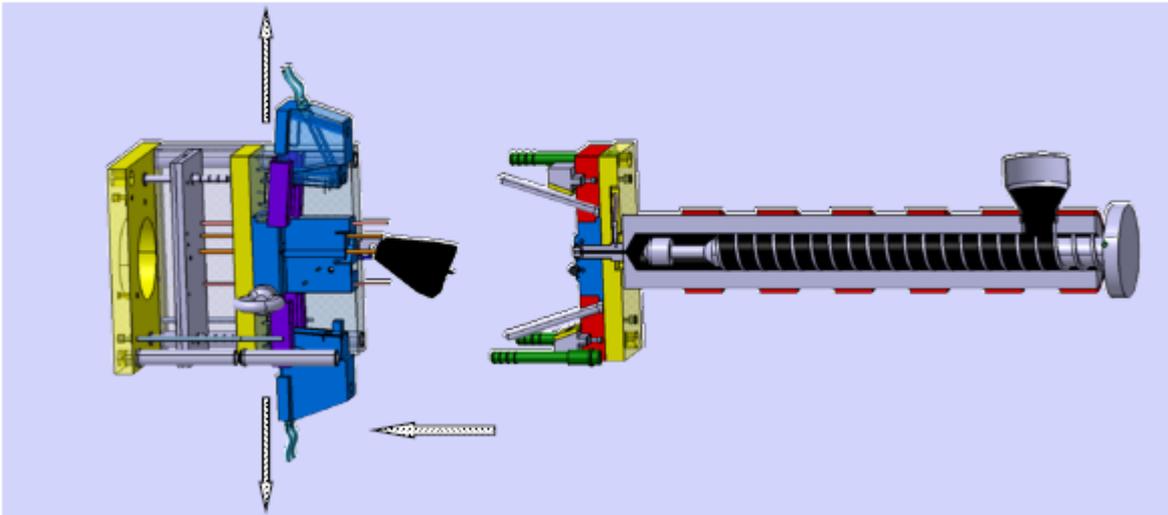


Figure 31 : Ouverture du moule

**10 Conclusion**

Les procédés de mise en œuvre des matières plastiques cités précédemment, nous permettent l'obtention des produits finis ou semis finis avec une cadence journalière importante. De plus, pour changer la forme d'un produit il suffit de changer le moule, ce qui permet aux domaines qui utilisent cette matière d'évoluer leurs produits avec des nouvelles formes et des designs attirants.

## **Chapitre III**

### **Conception et choix du moule**

## 1 Introduction

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

## 2 Définition d'un moule d'injection

Le moule est l'outil utilisé en injection des matières plastiques, qui remplit plusieurs fonctions et il a pour but de donner à la matière une forme finale nommée pièce. Un moule est constitué principalement de composants illustrés par les figures suivantes [14] :

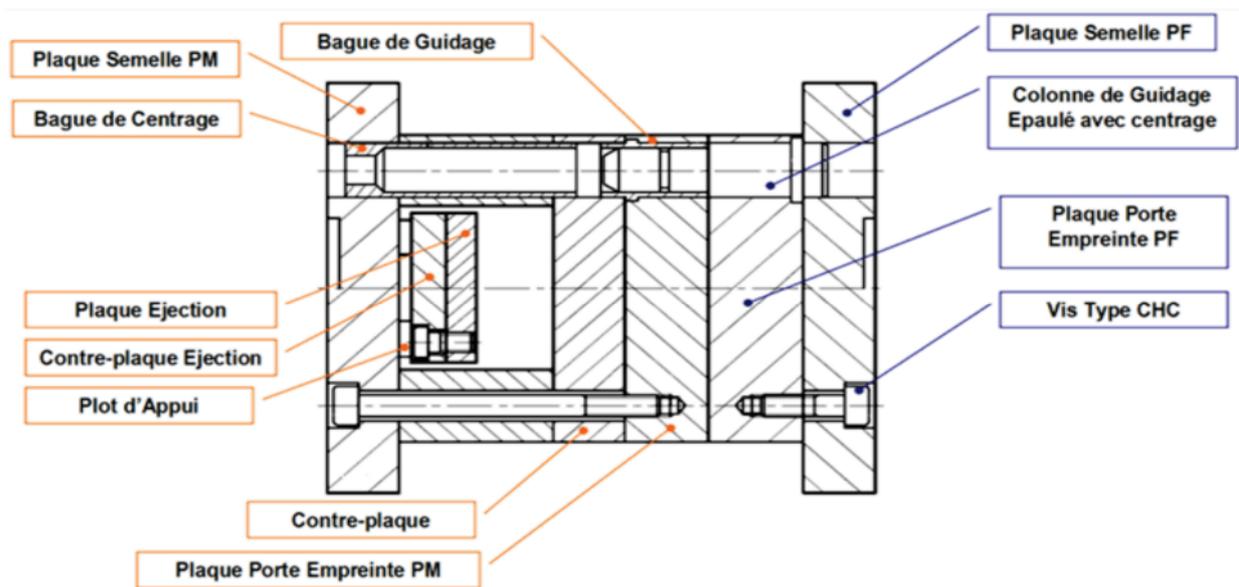


Figure 32 : Les différentes parties d'un moule d'injection plastique

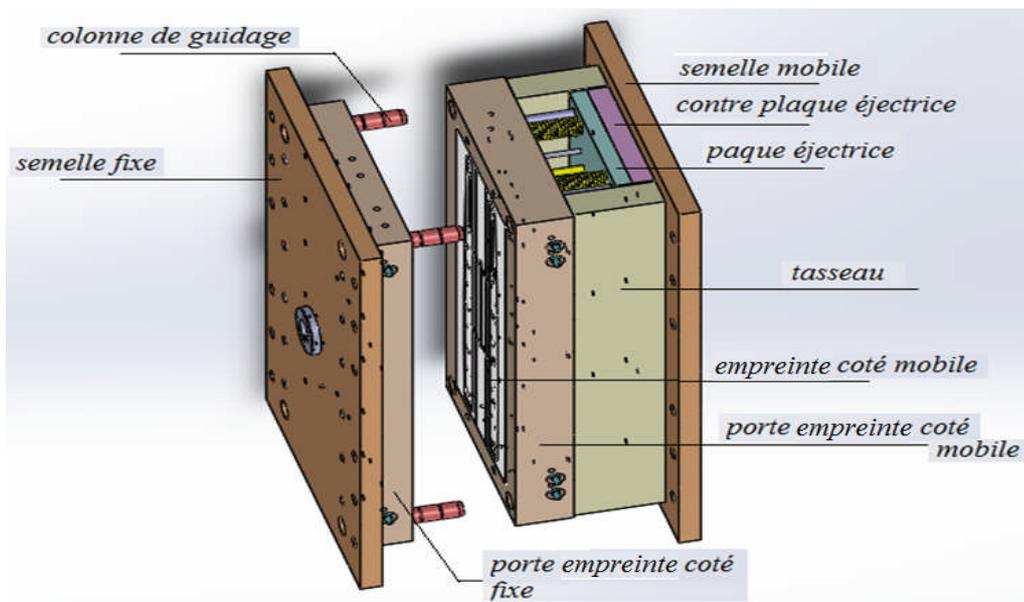


Figure 33 : vue en 3D d'un moule d'injection plastique

### 3 Les différents moules d'injection plastique

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)

Parmi les modèles les plus utilisés, on cite:

#### 3.1 Moule à deux plaques

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

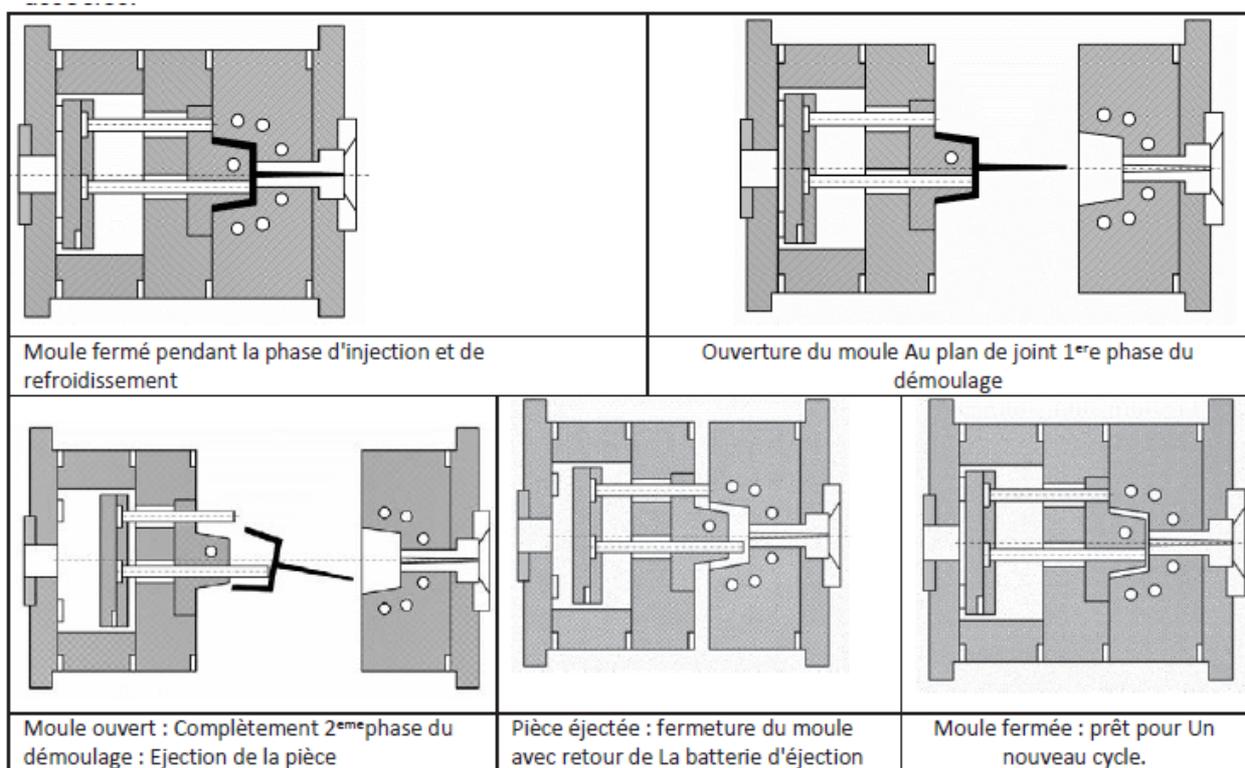


Figure 34 : Moule à deux plaques

### 3.2 Moule à trois plaques

Le tableau suivant [12] 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 définies par le concepteur, principalement on a un plan de joint carottes et un plan de joint pièce.

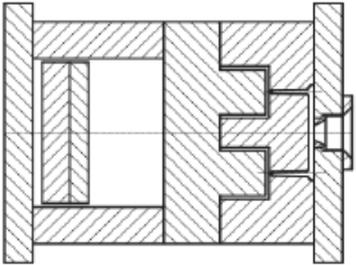
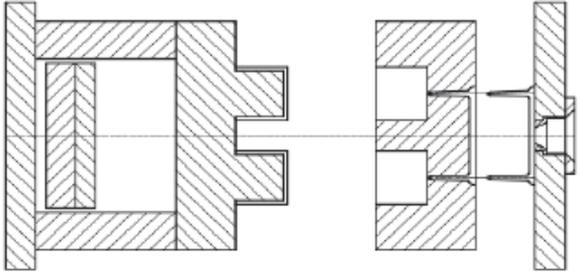
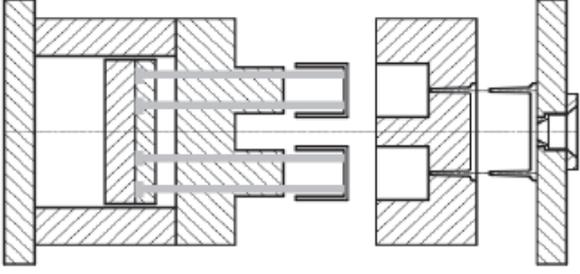
<p>le moule à 2 plans de joint :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- un plan de joint pour la carotte</li> <li>- un plan de joint pour la pièce.</li> </ul>	
<p>1ère ouverture au niveau du plan de joint carotte (impératif pour une bonne casse du point d'injection) 2ème ouverture au niveau du plan de joint pièce</p>	
<p>Ejection de la piece, par les batteries d'éjection (des éjecteurs cylindriques).</p>	

Figure 35: Moule à trois plaques

### 3.3 Moule à tiroir

Les moules à tiroir et à les moules à coins forment des solutions particulières pour permettre d'injecter des pièces présentant des contre dépouilles, leur fonctionnement est présenté par le tableau suivant [12]:

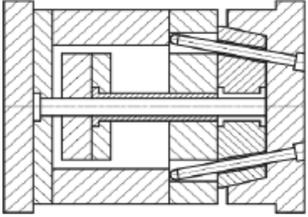
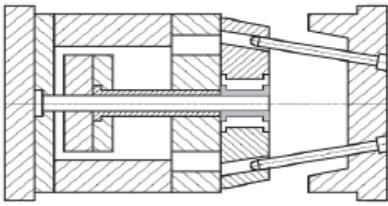
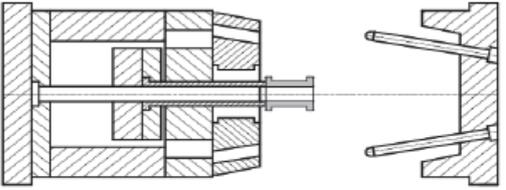
<p>moule fermé et deux plaques portes empreintes fermées.</p>	
<p>la partie du moule recule, les doigts de démoulage guident les deux plaques portes empreintes lors de leurs ouvertures par l'intermédiaire des ressorts.</p>	
<p>Les batteries d'éjection avance sous l'effet du vérin et les éjecteurs tubulaire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

Figure 36 : Moule à tiroir

### 3.4 Moule à coquilles

Ce moule permet de réaliser les contre dépouilles extérieures, mais il est toujours demandé de prendre soins de la fermeture du moule et surveiller la fermeture de la machine.

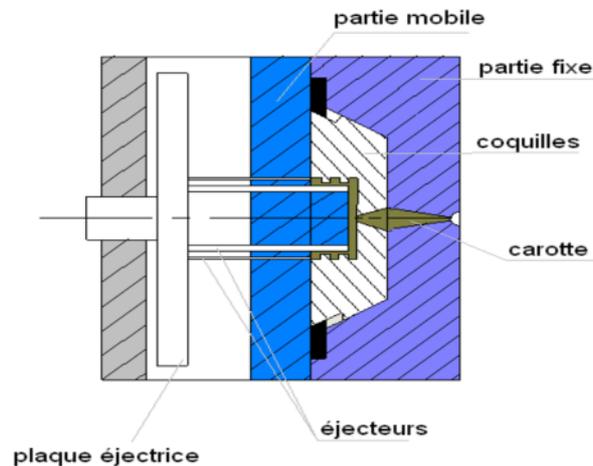


Figure 37 : Moule à coquilles [3]

### 3.5 Moule à canaux chauffant

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.

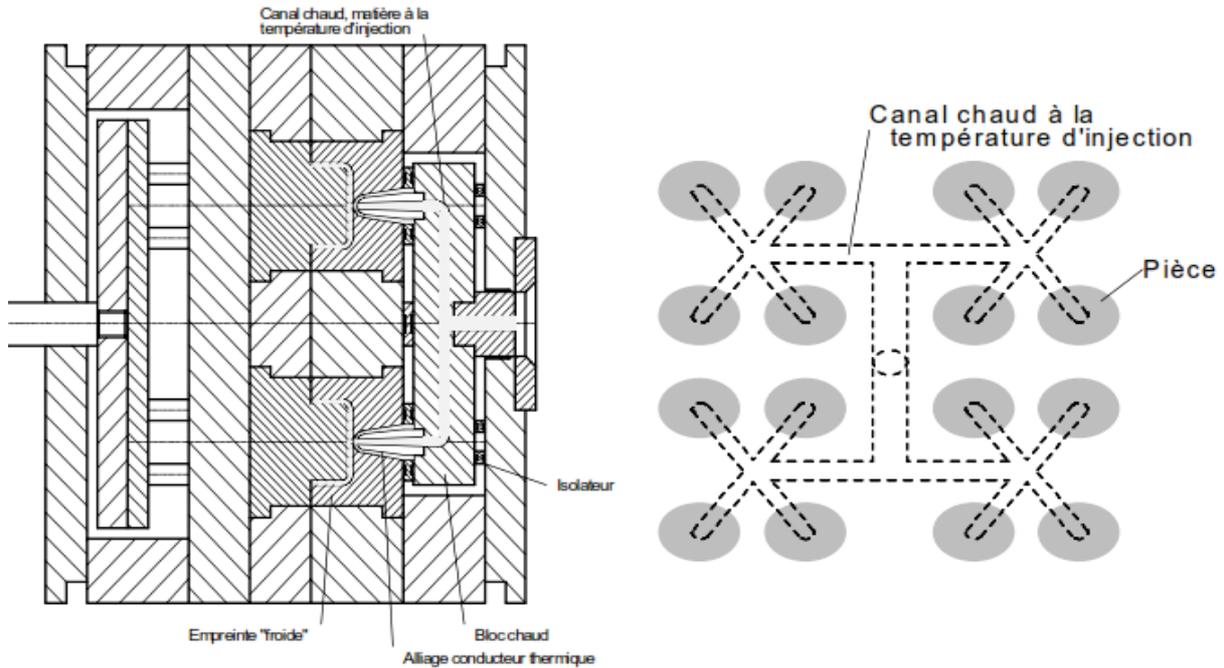


Figure 38 : Moule multi-empreintes Canal chaud – bloc chaud

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.

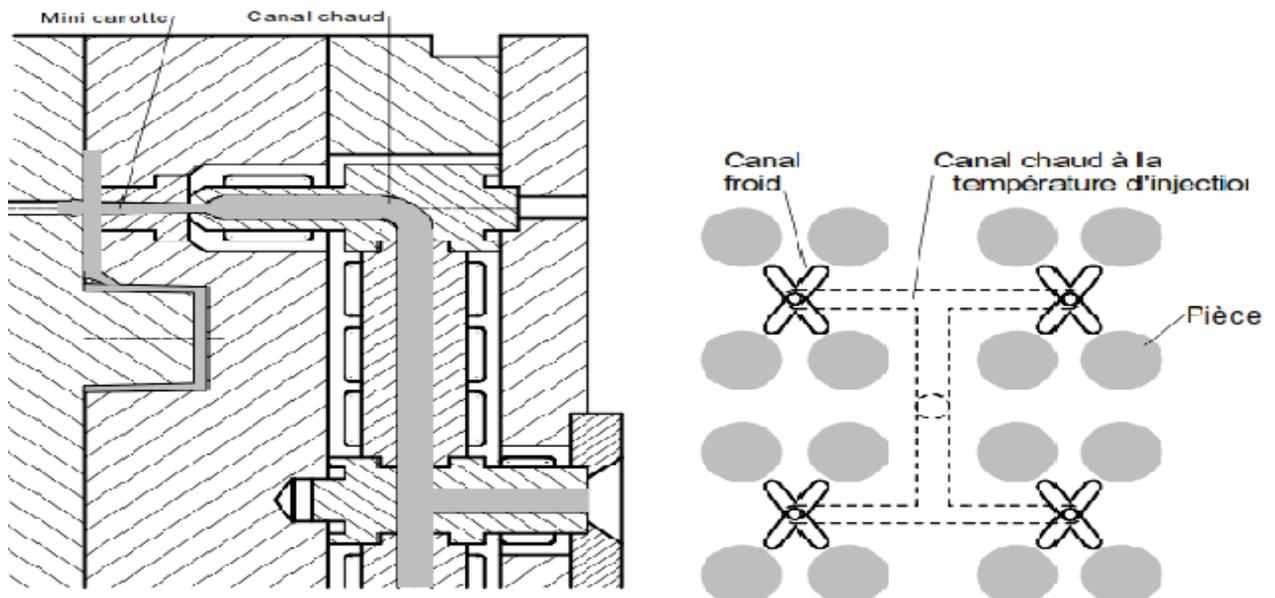


Figure 39 : Moule multi-empreintes Alimentation mixte : canaux chauds + canaux froids

## 4 Fonction d'un moule d'injection plastique

Chaque moule, quel que soit son type, se compose ou fait appel à un certain nombre de sous-ensemble fonctionnel pour remplir les fonctions suivantes :

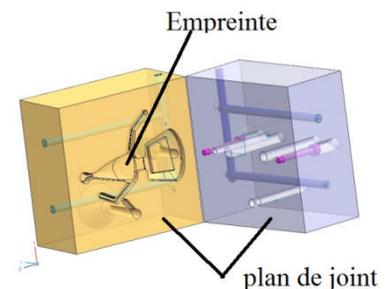
### 4.1 Fonction alimentation

La fonction alimentation a pour but de transférer la matière plastifiée du fourreau de la presse vers l'empreinte du moule. Les points d'alimentation (points d'injection) sont reliés à un ou plusieurs canaux d'alimentation communs, aboutissant à leur tour au canal central d'injection dans lequel la matière, une fois solidifiée, prend le nom de « carotte ». Et la matière parcourra le chemin suivant [6] :

- La buse d'injection.
- Le reçu de la buse du moule.
- Les canaux d'alimentations.
- Les points d'injection.
- Les formes de la pièce.

### 4.2 Fonction mise en forme

La forme de la pièce est creusée dans les éléments appelés bloc empreinte fixe et bloc empreinte mobile. Elle se sépare au niveau du plan de joint.



### 4.3 Fonction éjection

Pour démouler les pièces plastiques, il faut souvent faire des mouvements plus ou moins complexes puis l'éjecter pour sortir la pièce de l'outillage.

### 4.4 Fonction régulation thermique

La matière entre en fusion dans les parties moulantes. Il faut donc la refroidir pour qu'elle se solidifie. C'est souvent le refroidissement qui est le temps le plus important dans un cycle de moulage.

### 4.5 Fonction guidage / positionnement

Le moule étant composé de plusieurs parties séparées par le plan de joint, à la fermeture du moule celui-ci doit être guidé et recentré pour que les parties moulantes de la pièce soit en correspondance entre les différentes parties du moule.

### 4.6 Fonctions manutention, stockage, sécurité et liaison machine

Ces fonctions assure la relation correcte entre la presse et les différents périphériques ainsi que le stockage et la manutention des moules.

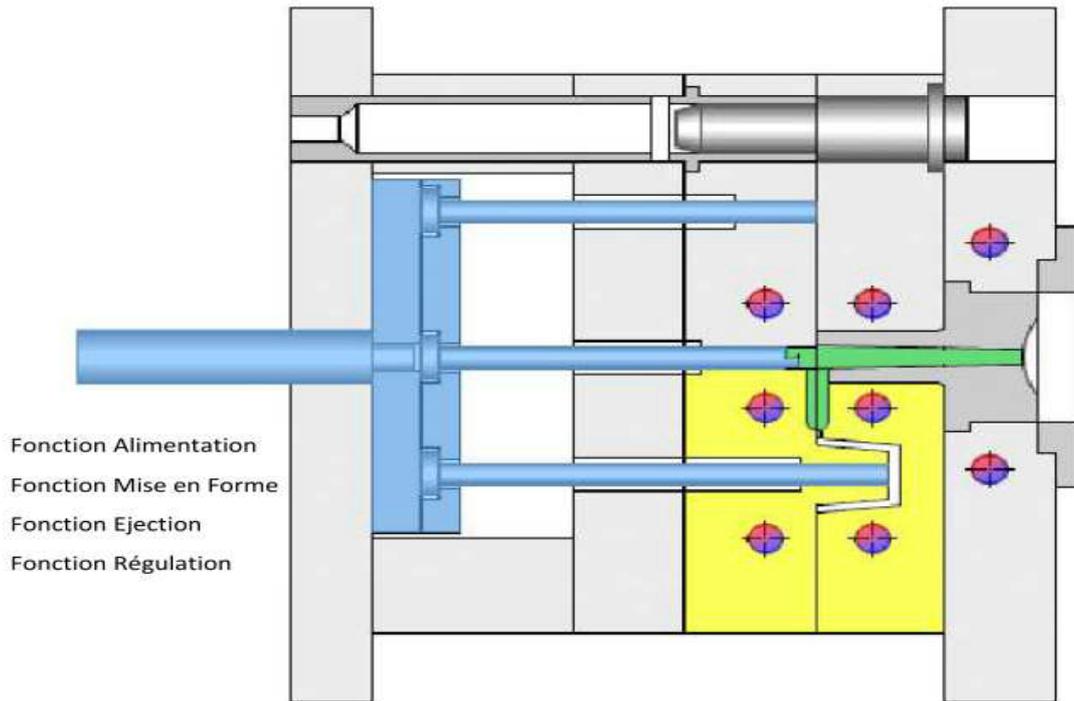


Figure 40 : Schéma des différentes fonctions d'un moule

## 5 Alimentation du moule

L'injection de la matière plastique, à l'état visqueux, vers l'empreinte est assurée à partir de la buse du moule par un réseau de canaux.

Pour économiser la matière et faciliter son écoulement, on applique la formule suivante pour la détermination de la section des canaux d'alimentation. [13]

$$S = K.M.L.$$

Avec :

$S$  = Section du moule ( $m^2$ )

$K$  = Viscosité de la matière ( $m/kg$ )

$M$  = Masse de la pièce ( $kg$ )

$L$  = Longueur du canal

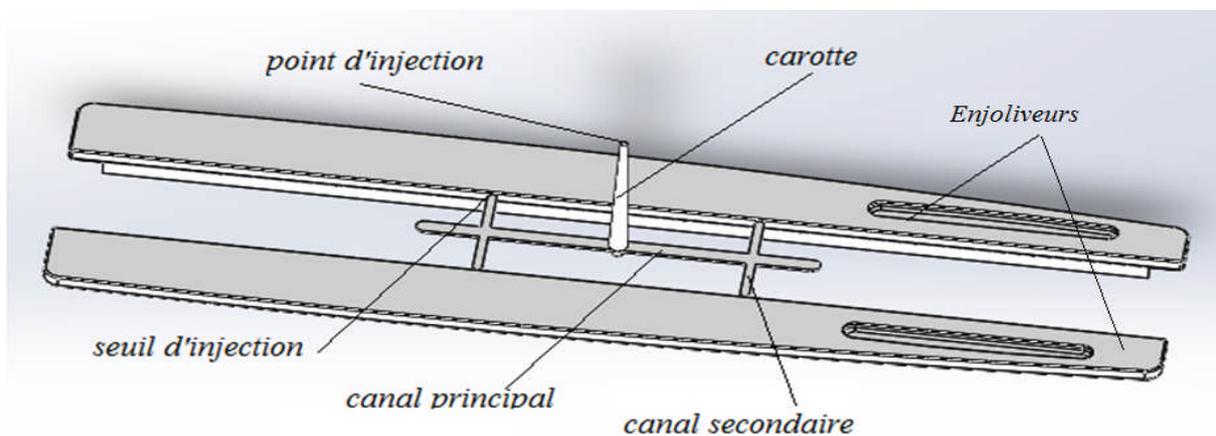


Figure 411 : Système d'alimentation du moule.

## 5.1 Système d'alimentation du moule

L'injection de la matière plastique, à l'état visqueux, vers l'empreinte est assurée à partir de la buse du moule par un réseau de canaux et on peut distinguer deux façons d'alimentation.

## 5.2 Description du système d'alimentation

Le système d'alimentation sert au passage de la matière fondue du cylindre de plastification à l'empreinte du moule.

## 5.3 Rôle de système d'alimentation

Le rôle du système d'alimentation doit répondre aux critères suivants :

- Matière à mouler entraînant le moins possible la formation de ligne de soudure.
- Moindre gêne pour le flux de matière.
- Moindre sollicitation du poids total d'injection.
- Démoulage facile de la pièce injectée.
- Longueur de canal la plus courte possible, afin de limiter les pertes de pression, de température et de matière.
- Section assez grande afin de permettre une pression de maintien efficace pendant tout le temps de solidification.
- L'injection ne doit, dans la mesure du possible pas influencer le temps de cycle.
- Liaison avec la plus grande épaisseur de parois de la pièce injectée.

## 5.4 Composition du système d'alimentation

### 5.4.1 La buse

Elle supporte l'appui du nez de presse. L'étanchéité à ce niveau doit être parfaite. Le contact se fait plus souvent selon deux rayons. Le rayon de la buse du moule étant supérieur par rapport à celui du nez de presse. Le canal de la buse de presse doit être cylindrique et inférieur au début de la cheminée du moule. Un éjecteur central court avec contre dépouille est souvent placé au bas de la cheminée. Il permet de recevoir la goutte froide et le maintien de la grappe en partie mobile [3].

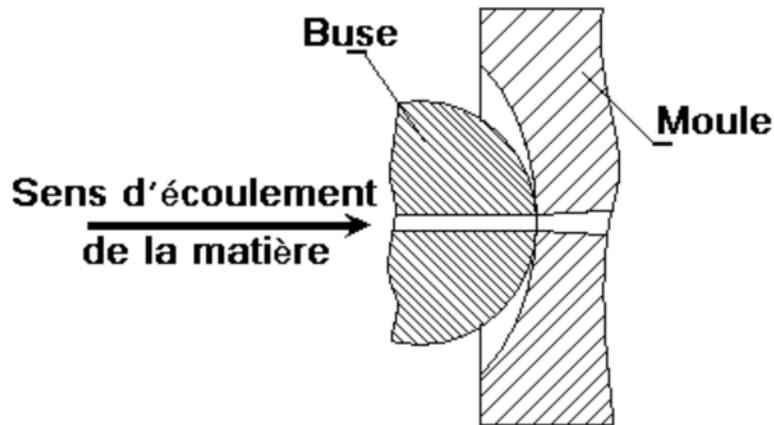


Figure 42 : La buse.

### 5.4.2 La carotte

La carotte conduit la matière plastique depuis l'orifice d'entrée du moule jusqu'au plans de joint.

Elle est perpendiculaire aux plans de joint.

Exemple :

#### **Carottes directes [13]**

Les carottes directes sont employées le plus souvent avec des canaux chauds, ainsi que sur les prototypes. Cette méthode consiste à aligner la cavité avec la carotte ou sous le canal chaud. Elles sont utilisées pour les matières à mouler sensibles à la température visqueuses et pièces à parois épaisses de haute valeur technique. Elles présentent des avantages et des inconvénients

#### **- Avantages**

- Bonne qualité.
- Bonne stabilité dimensionnelle.

#### **-Inconvénients**

- Usinage après arrachage de la carotte.
- Point d'injection visible.

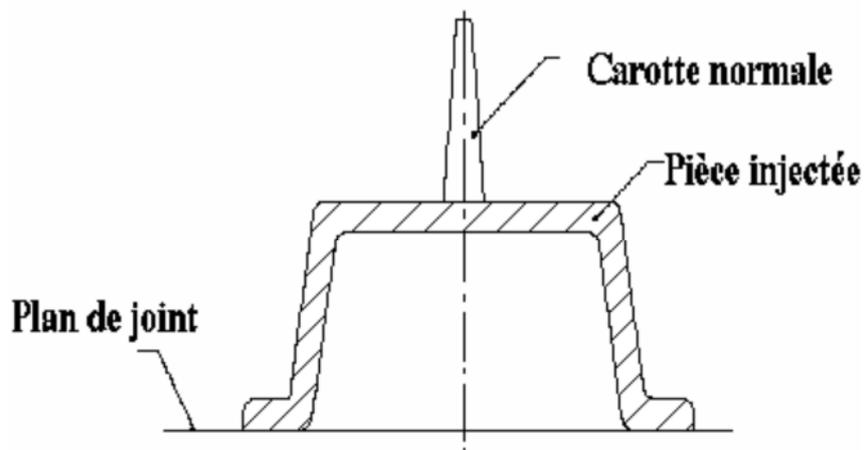


Figure 43 : Carotte normale.

### 5.4.3 Le seuil d'injection

Le canal d'alimentation communique avec l'empreinte par un seuil d'injection, dont la section est nettement rétrécie par rapport à celle des canaux de distribution. Qui permet d'alimenter l'empreinte du moule et son choix doit tenir compte de son emplacement [17], [13] et [14].

#### 5.4.3.1 Les critères du seuil d'injection

L'endroit, le type, et les dimensions d'un seuil sont influencés par beaucoup de facteurs :

- la géométrie et la taille du produit moulé.
- son esthétique.
- le mode de remplissage.
- les propriétés mécaniques prédéfinies du produit.
- le sens de démoulage ainsi que les caractéristiques de la matière utilisée.

#### 5.4.3.2 Les différents modes d'alimentation

On distingue plusieurs modes d'alimentation

##### a. Seuils éventail :

**a.1. Utilisation :** Pièce de rotation symétrique avec emplacement latéral du noyau.

##### a.2. Avantages

- Peut permettre un dégrappage automatique
- Eviter les lignes de soudures et donc les chutes de résistance.
- Permet un écoulement équilibré de la matière autour du noyau.

##### a.3. -Inconvénients

- Usinage après arrachage de la carotte.
- Déchets
- Opération de reprise

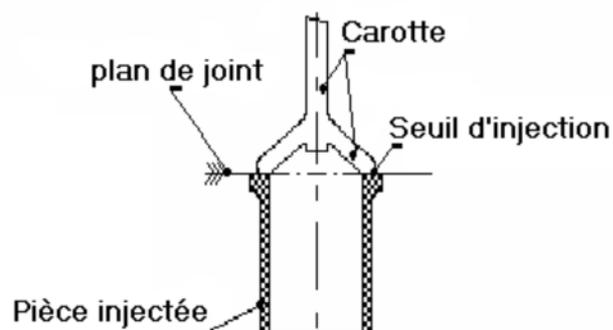


Figure 44 : Seuils éventail

**b. Seuils en tunnel**

**b.1. Utilisation**

Petites pièce des moules à plusieurs empreintes aussi que matières élastiques.

**b.2. Avantages :**

-Démoulage automatique de la carotte

**b.3. Inconvénients :**

- Ne convient pas a toutes les matières
- Ne convient que pour des pièces simples car grande perte de pression
- Usinage couteux.

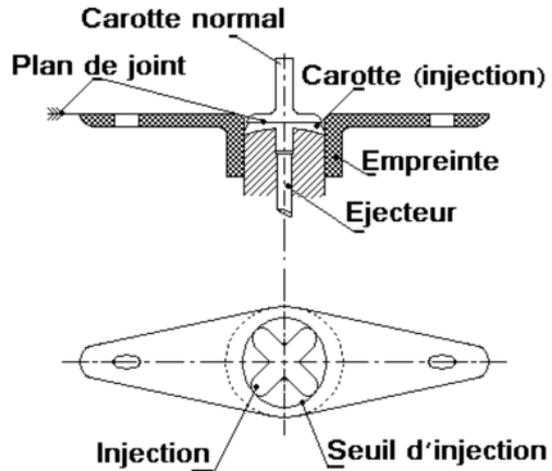


Figure 45 : Seuil en tunnel

**c. Seuils annulaire**

**c.1. Utilisation**

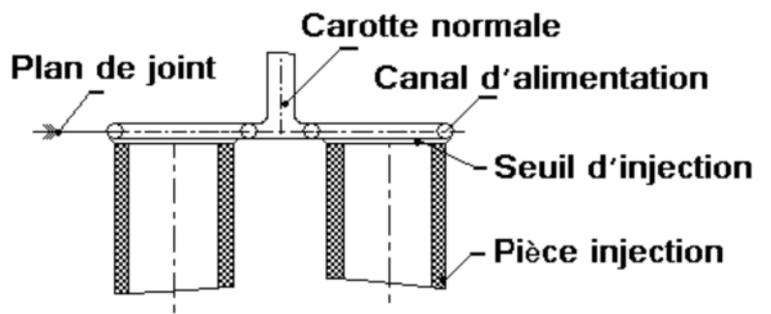
Pièces en forme d’anneaux ou coquilles avec emplacements latéraux.

**c.2. Avantages**

- Même épaisseur de parois en circonférence.
- Remplissage uniforme de l’empreinte.

**c.3. Inconvénients**

- Usinage après arrachage de la carotte.
- Opération de reprise pour enlever la carotte.



**Injection annulaire**

Figure 46 : Seuil annulaire

**d. Seuils en nappe**

**d.1. Utilisation**

Pour l’injection de pièces plates ou de grandes surfaces qui doivent présenter un voilage minimal. Elles sont utilisées comme plaques ou baquettes.

### d.2. Avantages

- Pas de ligne de soudure.
- Bonne qualité.
- Bonne stabilité dimensionnelle.

### d.3. Inconvénients

- Esthétisme.
- Usinage après arrachage de la carotte.
- Opération de reprise.

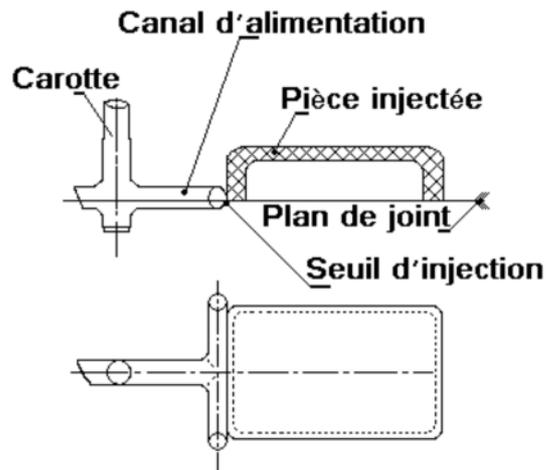


Figure 47 : Seuil en nappe.

## e. Seuils capillaire

### e.1. Utilisation

- Le profil du seuil capillaire est tubulaire, carré, ou rectangulaire. Ce seuil peut être représenté dans la face frontale ou latérale de l'empreinte.
- Moule multi-empreintes avec injection centrale.

### e.2. Avantages

- Démoulage automatique de la carotte.
- faible trace sur la pièce.

### e.3. Inconvénients

- Uniquement pour les matières fluides.
- Perte élevée à cause de volume de la carotte.
- Coût du moule élevé.

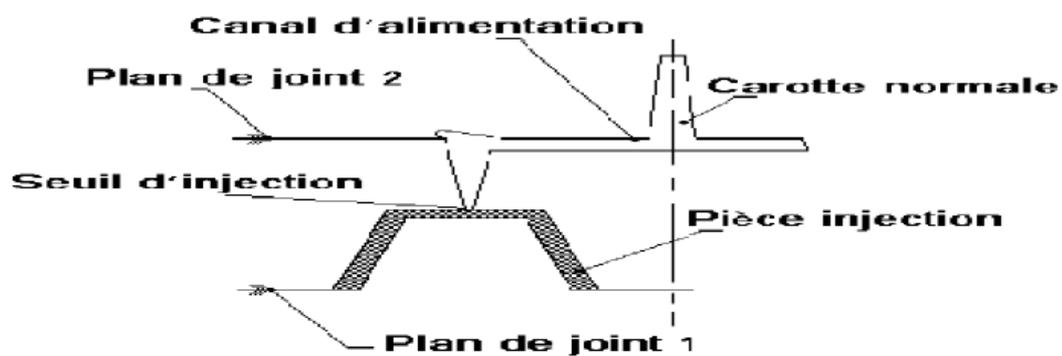


Figure 48 : Seuil capillaire.

## f. Seuils à plusieurs étages

### f.1. Utilisation

Pièce plate avec petit poids dans moule à plusieurs étages.

### f.2. Avantages et Inconvénients

-Meilleure utilisation de la capacité plastification de la machine.

### f.3. Inconvénients

-Grande perte de volume de carotte.

-Coût de moule élevé.

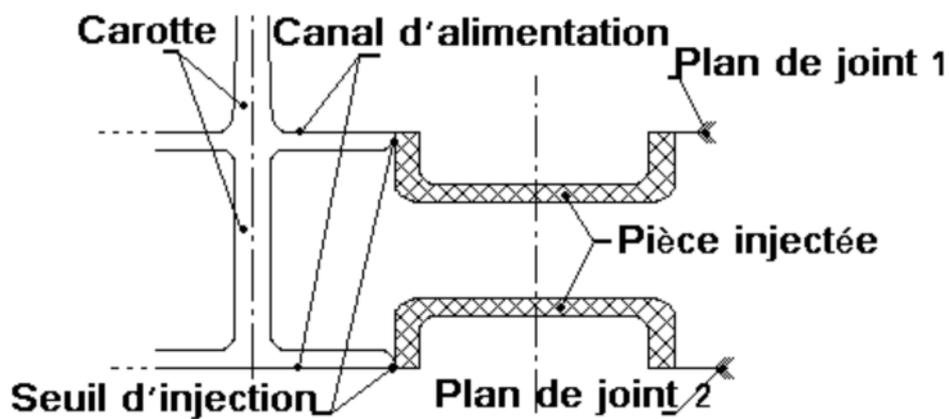


Figure 49 : Seuil à plusieurs étages.

## g. Seuils en sous-marin

### g.1. Utilisation

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

### g.2. Avantages

-D'égrappage automatique

-l'une des méthodes les plus employées car ils se détachent d'eux-mêmes

### g.3. Inconvénients

-Uniquement pour les pièces simples car

-grosse perte de pression

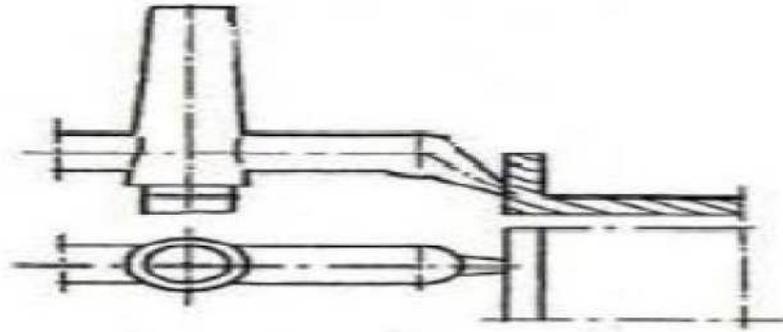


Figure 50 : Seuil en sous-marin.

## h. Seuils en masse ou direct

### h.1. Utilisation

Pour les matières visqueuses.

### h.2. Avantages et Inconvénients

- Très bon remplissage.
- Bonne stabilité dimensionnelle de la pièce.

### h.3. Inconvénients

- Opération de reprise pour enlever la carotte.
- Trace non esthétique sur la pièce.

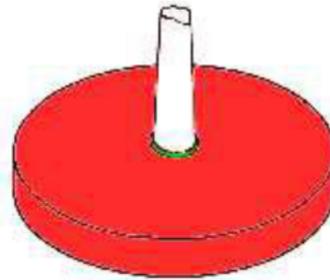


Figure 51 : Seuil en masse ou direct.

## 6 Equilibrage des écoulements dans le canal

Les caractéristiques des canaux d'alimentations sont [13]:

- Le canal principal doit être supérieur au diamètre d'entrée de la buse outillage pour faciliter la phase maintien lors de l'injection.
- La dimension des canaux dépend généralement du diamètre du seuil.
- On utilise 2 à 3 fois le diamètre seuil pour le diamètre du canal d'alimentation du seuil.
- Pour limiter l'effet des pertes de charges, le ratio entre le canal principal et les canaux secondaires doit être de : diamètre Principal = 1.3 à 1.5 fois le diamètre Secondaires

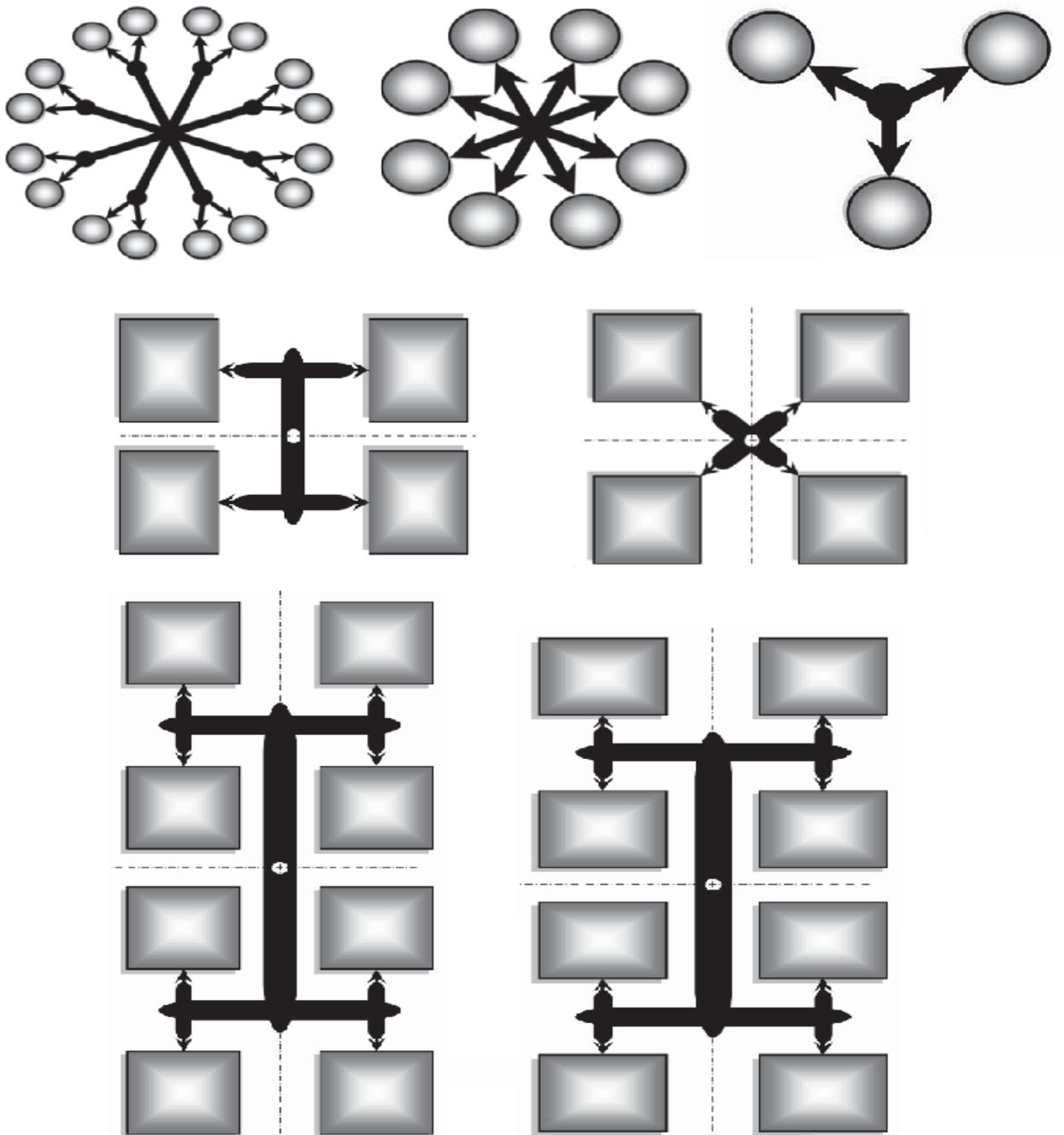


Figure 52 : Disposition des empreintes dans un moule.

## 7 La matière

La désignation de la matière dépend des propriétés suivantes :

- Température de transformation.
- Coefficient de retrait.
- Temps de refroidissement qui impose le temps de cycle donc la cadence du moulage.

## 8 La presse

La presse complète (figures 53 et 54 : exemples de presses KraussMaffei) comporte les systèmes d'injection et de fermeture adaptés aux pièces à produire et aux polymères utilisés de façon à satisfaire les contraintes techniques dans des conditions économiques acceptables.

Les dimensions des presses varient évidemment avec leur puissance, pouvant atteindre, par exemple, des dimensions au sol de  $16 \times 5$  m pour une hauteur de 4 m dans le cas d'une presse de 34 000 kN. [15]

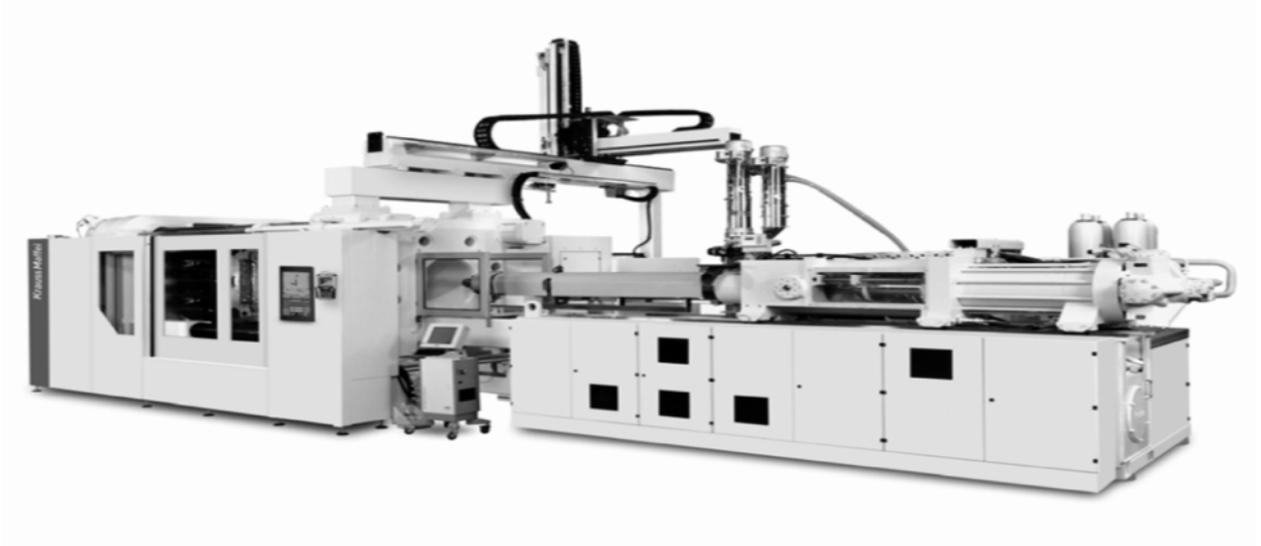


Figure 53 : Presse KraussMaffei de forte puissance



Figure 54 : Petite presse KraussMaffei

## 9 Systèmes de refroidissement

Le processus de moulage par injection des thermoplastiques en fusion est toujours suivi d'un refroidissement avant éjection.

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

### 9.1 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 [8]. La chaleur doit être extraite du matériau thermoplastique jusqu'à ce qu'il ait atteint l'état stable recherché pour pouvoir être démoulée. 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 du démoulage.

### 9.2 Description du circuit de refroidissement

Le système de refroidissement peut être un simple circuit linéaire ou en spirale. Pendant le refroidissement, la pièce peut subir une déformation ou un gauchissement dû à une différence de vitesse de refroidissement suivant la partie du moule [3]. Cette déformation peut être supprimée par une variation de température.

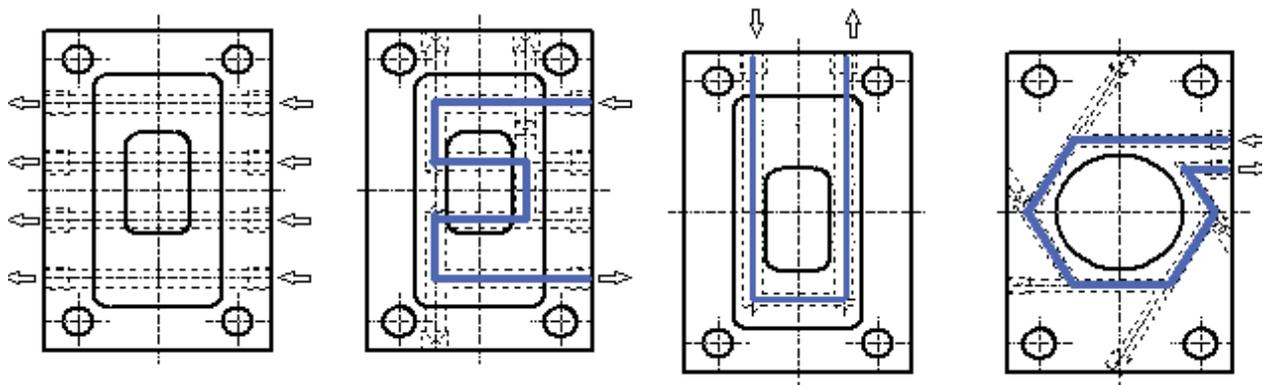


Figure 55 : Circuit de refroidissement des plaques de moules [14]

### 9.3 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.

## 9.4 Temps de cycle

La durée du cycle est essentiellement liée à la nature de la matière injectée, à la qualité des pièces à réaliser ainsi qu'aux vitesses de chauffe et de refroidissement.

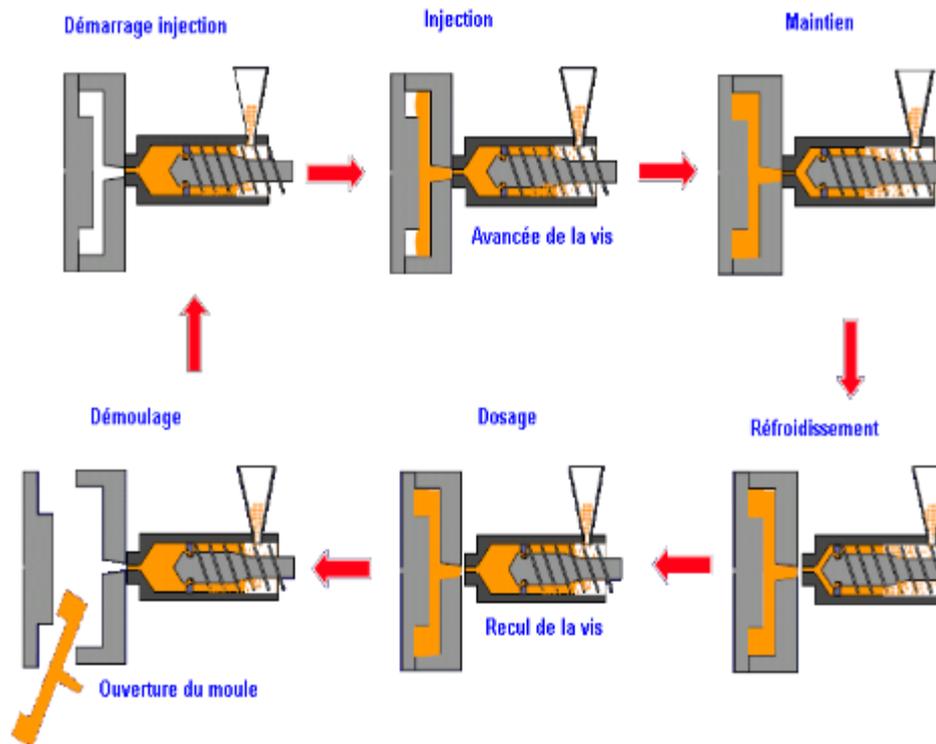


Figure 56 : les temps de cycle.

## 10 Éjection de la pièce

Le plan de joint est la surface qui libère la carotte à l'ouverture du moule et la surface de contact entre l'empreinte fixe et l'empreinte mobile.

On peut trouver un ou plusieurs plans de joint dans un moule. Les facteurs qui influent sur le nombre de plan sont :

- Géométrie de la pièce.
- Nombre d'empreinte.
- Type d'injection.
- Principe de démoulage.

### 10.1 Types d'éjection [16]

#### a. Ejection coté bloc mobile

Sous l'effet du retrait, les pièces moulées se contractent sur les formes moulantes en saillie. Les noyaux sont montés du côté de la partie mobile.

### b. Ejection de contre-dépouille

Les contre-dépouilles sont placées de préférence du côté du bloc mobile. Les tiroirs animés d'un mouvement de translation sous l'action des doigts de démoulage dégagent les contre-dépouilles.

### b. Éjection par dévêtis sage

Les pièces avec des encastremets profonds placés du côté mobile sont éjectées par une plaque dévêtis sage. Le retrait peut bloquer la pièce dans le moule.

### c. Ejection coté bloc axe

Suivant la position du point d'injection, l'éjection par plaque de dévêtis sage peut être reportée sur la plaque fixe. Ce procédé est appelé également éjection inversée

### d. Ejection annulaire

Pour l'éjection des pièces comprenant des encastremets de petites dimensions, le dispositif d'éjection par plaque de dévêtis sage peut être accompagné d'un éjecteur annulaire.

## 10.2 Choix des éjecteurs

### a. 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. [16]

Si :

- ❖  $e < 2,5$  ; éjecteur  $\varnothing 3$ .
- ❖  $e = 3$  ; éjecteur  $\varnothing 5$ .
- ❖  $e = 3$  ; éjecteur  $\varnothing 10$ .

### b. Ejecteur à lame

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

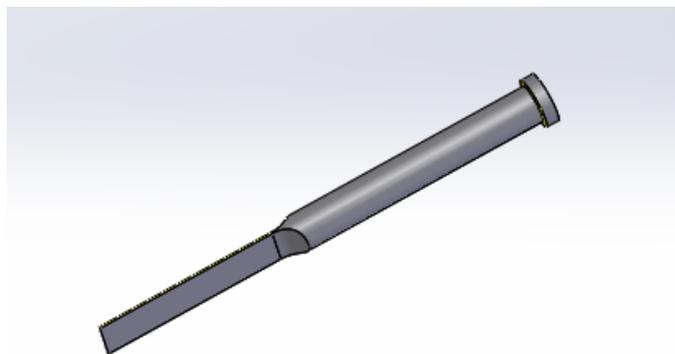


Figure 57: Ejecteur à lame. [16]

### c. Éjecteur tubulaire

L'éjection tubulaire est employée pour les pièces présentant un encastrement assez profond. Un éjecteur tubulaire associé à une broche permet de réaliser facilement des trous ou formes en creux.

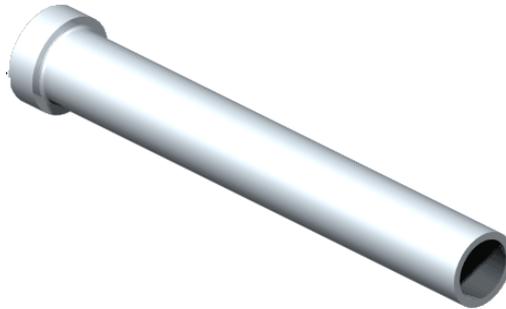


Figure 58 : Éjecteur tubulaire

### d. Éjecteur cylindrique

Sous l'effet du retrait, les pièces moulées se contractent sur les formes moulantes en saillie, pour cela des éjecteurs cylindriques sont montés du côté de la partie mobile pour l'éjection.

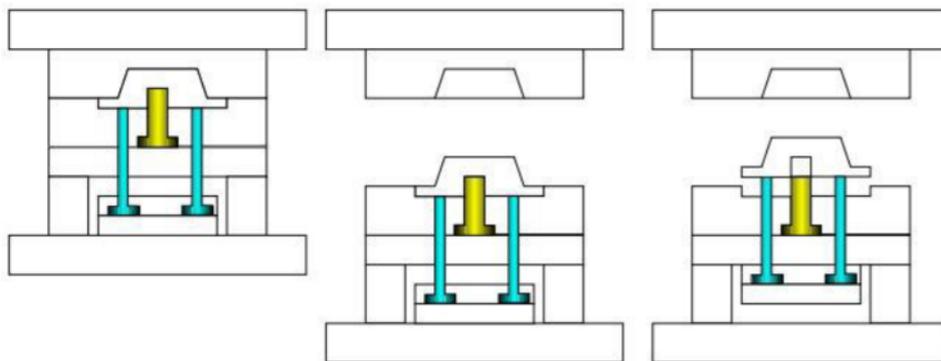


Figure 59 : Éjecteur cylindrique

### e. Ejection des carottes

Au cours de chaque cycle d'injection, la carotte accrochée aux canaux d'alimentation doit être dégagée de la buse du moule. Mais elle a tendance à adhérer au conduit tronconique. La solution retenue consiste à laisser la carotte sur la grappe démoulée avec les canaux. [16]

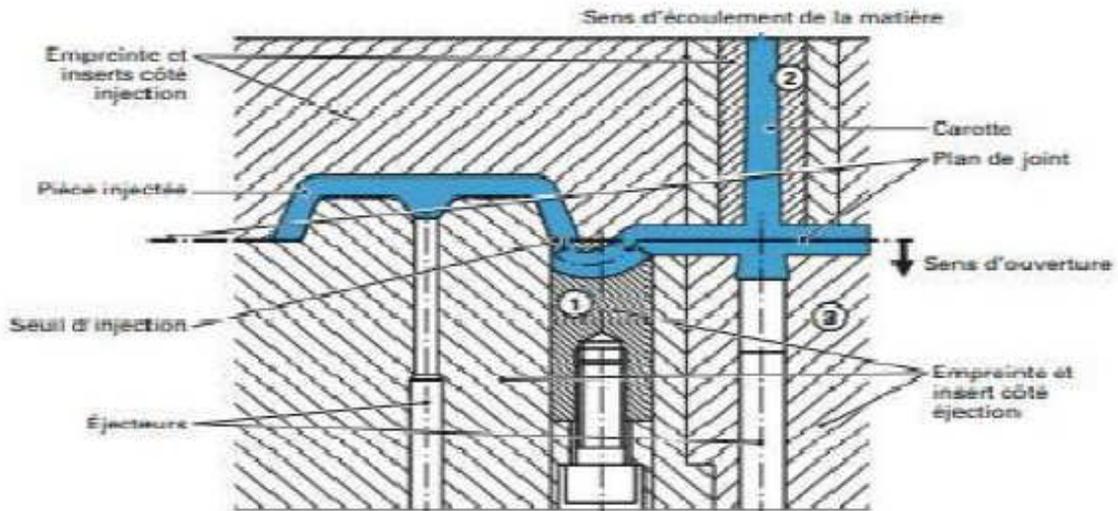


Figure 60 : Ejection des carottes [7].

## 11 Les métaux des moules [14]

Les exigences de plus en plus sévères auxquelles doivent satisfaire les outils utilisés pour la transformation des matières plastiques nécessitent la mise au point spécifique d'aciers à outils présentant des caractéristiques d'utilisation déterminées en fonction des différentes applications.

Les outils employés pour la transformation des matières plastiques sont essentiellement sollicités par des pressions et une usure importante. Certains types de matières plastiques peuvent également être à l'origine de sollicitations par corrosion.

Tableau 3 : Classification des métaux pour la construction des moules

<b>Eléments du moule</b>	<b>Matières</b>	<b>Désignations</b>
<b>Pièce moulée</b>	<b>ABS</b>	
<b>Semelle mobile</b>	<b>C 45</b>	
<b>Semelle fixe</b>	<b>C 45</b>	
<b>Empreinte mobile</b>	<b>X 19 Ni Cr Mo 6</b>	
<b>Porte empreinte mobile</b>	<b>17NiCrMo 6</b>	
<b>Empreinte fixe (noyau)</b>	<b>X 19 Ni Cr Mo 6</b>	
<b>Porte empreinte fixe</b>	<b>17NiCrMo 6</b>	
<b>Buse d'injection</b>	<b>35 Ni Cr 15</b>	<b>Recuit</b>
<b>Bague de centrage</b>	<b>Bronze</b>	
<b>Plaque éjectrice</b>	<b>C 48</b>	
<b>Contre plaque éjectrice</b>	<b>C 48</b>	
<b>Tasseau</b>	<b>C 35</b>	
<b>Colonne de guidage</b>	<b>Acier allié</b>	
<b>Douille de guidage épaulé</b>	<b>Bronze</b>	<b>Trempé, cémenté</b>
<b>Douille de guidage d'éjection</b>	<b>Bronze</b>	
<b>Ejecteur pièce</b>	<b>C 48</b>	
<b>Ejecteur arrache carotte</b>	<b>C 48</b>	
<b>Ejecteur lame</b>	<b>C 48</b>	
<b>Colonne de guidage</b>	<b>C45</b>	
<b>Renfort</b>	<b>C35</b>	
<b>Ressort</b>	<b>51 Si 7</b>	
<b>Tétine</b>	<b>Bronze</b>	
<b>Goupille</b>	<b>Acier non allié</b>	<b>Trempé</b>

## 12 Conclusion

A partir de ce chapitre, on peut déduire que pour une bonne conception d'un moule d'injection plastique, le concepteur doit suivre toutes les étapes nécessaires ; du choix du moule, son architecture puis ses différents types et usage ; car le meilleur choix des paramètres de conception nous garantit un produit fini de bonne qualité.

Le bon choix de ces paramètres, offre au concepteur la possibilité de concevoir le moule le plus approprié.

# **Chapitre IV**

## **Calcul et vérification**

## 1. Introduction.

Lors de la conception d'un moule, il convient de passer par des opérations de calcul, pour déterminer les pressions à manipuler, ainsi que les efforts, la quantité de matière plastique injectable dans le but de choisir la presse. On détermine aussi le nombre des empreintes et on choisit les autres paramètres pour bien concevoir le moule.

## 2. Choix de la machine

Le choix de la presse est déterminé à partir de plusieurs facteurs tels que :

- Capacité d'injection
- Force de fermeture
- Puissance de plastification
- Distance entre colonnes
- Épaisseur minimale du moule.

### 2.1. 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 [11].

Tableau 4: Capacité d'injection [11]

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

### a. Masse de la pièce

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/cm<sup>3</sup>. Son poids est de 125.3 g.

$$m = 125.3g$$

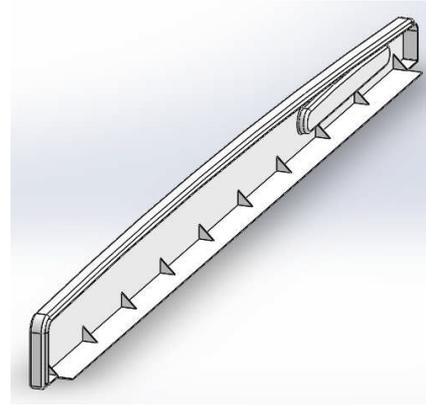


Figure 61 : enjoliveur

### b. La masse de la carotte

Le poids de cette carotte est de **19.14 g**

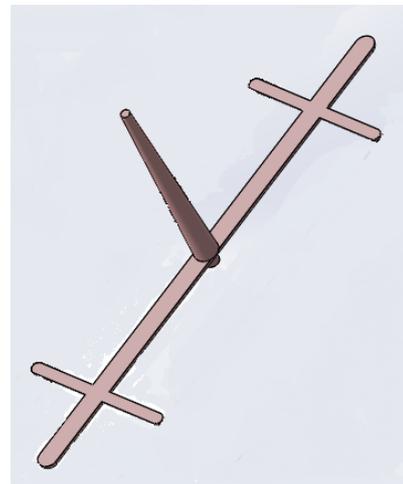


Figure 62 : carotte

### c. 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).

$$M = (125.3 * 2) + 19.14 = 269.74g$$

Du tableau (04), on constate que les machines qui peuvent injecter cette quantité de matières sont : 220T, 350T, 550T et 650T.

## 2.2. Calcul de la force de fermeture

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

**a) la force de verrouillage (tonnes /cm<sup>2</sup>)**

$$Fv = P * S$$

Avec:

$Fv$  : la force de verrouillage (tonnes).

$P$  : la pression moyenne d'injection ;  $P=0,6$  tonnes /cm<sup>2</sup> [voir le tableau suivant].

$S$  : la surface projete (cm<sup>2</sup>) ;  $S= 658.2$  cm<sup>2</sup> .

A.N. 
$$Fv = P * S = 0.6 * 658.2 = \mathbf{394.92 T}$$

Tableau 5 : La pression d'injection (Tonnes/Cm<sup>2</sup>) [11].

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 <b>0.6</b>

**b- La force de fermeture**

$$F = Fv * K$$

Avec :

$Fv$ : force de verrouillage.

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

A.N.

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

On a besoin de 269.24 g de l'ABS (le poids de la carotte inclut) et une force de fermeture de 592.38 tonne ; il en résulte que la presse devant être de **650T**.

**2.3. La puissance de plastification (C)**

Même si la machine 650T peut injecter 269.74g, on doit vérifier sa capacité de plastification (la quantité de matière plastifiée par heure) qui est en fonction du poids de la grappe et du temps de cycle.

Le temps de cycle est égal à 32s (voir le résultat à la page 66).

D'où : notre machine doit plastifier :

$$C = \frac{269.74 * 3600}{32} = \mathbf{30.34 kg/h}$$

Cette condition est vérifiée puisque notre machine plastifie 290 kg/h (voir le tableau N° 06: les caractéristiques de la presse 650T).

## 2.4. La distance entre colonnes

La presse possède quatre colonnes de guidages 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 :

- Largeur 570 mm,
- Hauteur 950 mm.

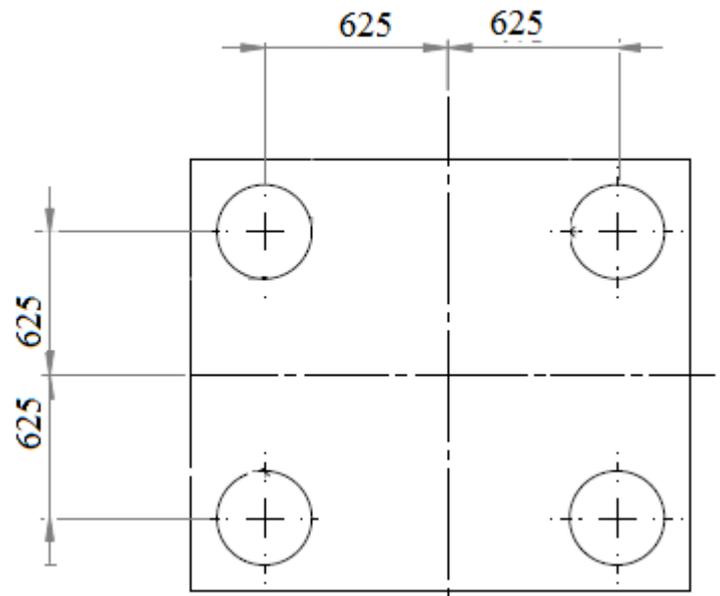


Figure 63 : Schéma d'un plateau d'une presse 650T [11].

## 2.5. Épaisseur minimale du moule

Les caractéristiques dimensionnelles de la presse 650T sont :

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

À partir de là, on voit que l'épaisseur minimale du moule doit être supérieure à 450 mm [notre moule a une épaisseur de 486mm].

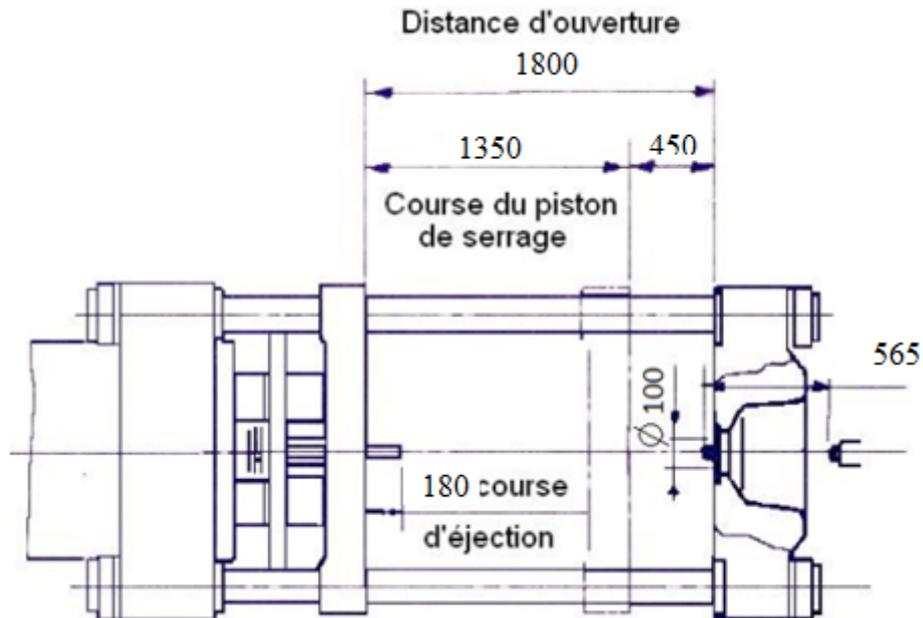


Figure 64 : Caractéristiques dimensionnelles de la presse 650T [11].

## 2.6. Caractéristiques techniques de la presse 650T

Tableau 6 : caractéristiques de la presse 650 T [11]

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

### 3. Étude thermique du moule

Le principe de cette étude est d'établir un bilan thermique de l'ensemble du moule ; puis déduire les caractéristiques qui nous intéressent en l'occurrence la longueur du circuit de refroidissement en passant par le calcul de certaines caractéristiques physiques ou dynamiques.

La chaleur se transmet du produit, initialement portée à une température élevée par conduction à travers le matériau du moule et par convection libre dans l'air ambiant qui entoure le moule.

#### 3.1. Principe de refroidissement

Les réfrigérants tels que l'eau, l'huile et l'air circulent dans des circuits de refroidissements. Le refroidissement par air est assez lent, c'est pour cette raison qu'on utilise l'eau.

Et puisque la température du moule est toujours en fonction de la matière plastique moulée, voici le tableau qui illustre ces différentes températures.

Tableau 7: Les températures réglées [11]

Matières	Températures du moule [°C]
Polystyrène normal	50 à 80
Polystyrène-choc	60 à 70
Styrène	60 à 90
Polyéthylène	50 à 80
Polychlorure de vinyle	70
Polyamides rilsan	40

#### 3.2. Temps de refroidissement [19]

Le temps de cycle est donné par la relation suivante (annexe 1) :

$$tr = \frac{e^2}{\pi^2 * A} \text{Ln} \left[ \frac{8}{\pi^2} \left( \frac{T_i - T_m}{T_e - T_m} \right) \right]$$

Avec :

$e$  : Épaisseur de la pièce ;  $e = 2 \text{ mm}$ ,

$A$  : Diffusivité du polymère de PEHD ;  $A = 8.3 * 10^{-2} \text{ mm}^2 \text{ s}^{-1}$

$T_e$  : Température d'éjection ;  $T_e = 90 \text{ C}^\circ$

$T_m$  : Température du moule ;  $T_m = 70 \text{ C}^\circ$

$T_i$  : Température d'injection ;  $T_i = 250 \text{ C}^\circ$

$$tr = \frac{2^2}{3.14^2 * 8.3 * 10^{-2}} \text{Ln} \left[ \frac{8}{3.14^2} \left( \frac{250 - 70}{90 - 70} \right) \right] = 9.70\text{s} \quad tr \approx 10\text{s}$$

### 3.3. Temps de cycle [06]

Le temps de cycle de presse à l'injection ne se résume pas uniquement au temps de refroidissement de la pièce moulée. Mais il comporte aussi :

$t_i$  : Temps d'injection ;  $t_i = 2 \text{ s}$  (déduit en utilisant solidworks plastique)

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

$t_e$  : Temps d'éjection ;  $t_e = 5 \text{ s}$

$t_o$  : Temps d'ouverture du moule,  $t_o = 5 \text{ s}$

$t_f$  : Temps fermeture du moule,  $T_f = 30 \text{ ou } 50\% \text{ du } T_r$ ;  $t_f = 5 \text{ s}$

$t_r$  : Temps de refroidissement ;  $t_r = 10 \text{ s}$

$$t_c = t_i + t_m + t_r + t_e + t_o + t_f$$

$$t_c = 32 \text{ s}$$

### 3.4. Calcul de la quantité de chaleur à extraite de la pièce [05]

$$Q_H = M.N. \frac{(H_i - H_e)}{t_c}$$

Avec :

M : masse de la matière plastique ;  $M=269.74\text{g}$

N : nombre de cycle de refroidissement horaire ;

$\Delta H$  : enthalpie de moulage et de démoulage

$$\Delta H = H_i - H_e$$

$$T_i = 250^\circ\text{C} \quad H_i = 110 \text{ Kcal/Kg}$$

$$T_e = 90^\circ\text{C} \quad H_e = 25 \text{ Kcal/Kg}$$

**A.N:**

$$Q_H = \frac{269.74 * 10^{-3} * 3600 * 85}{32} = 2579.38 \text{ kcal/h}$$

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

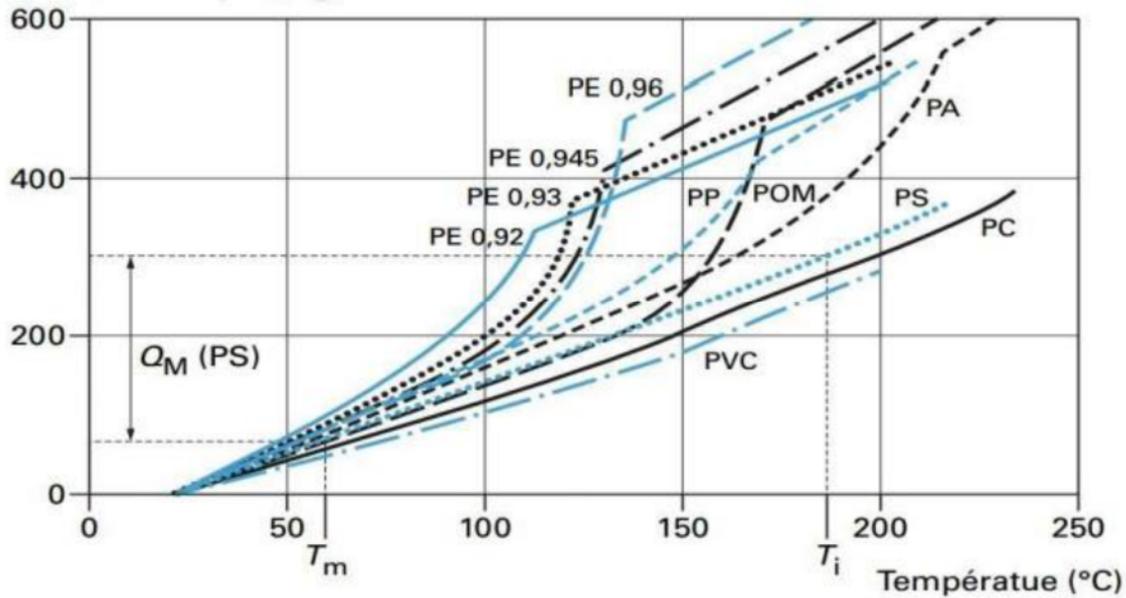


Figure 65 : Graphe des enthalpies en fonction de la température [05]

#### 4. Détermination de la consommation horaire de liquide [19]

$$G_H = \frac{Q_H}{C_F \cdot (T_s - T_{ee})}$$

Avec :

$G_H$  : consommation horaire de liquide en Kg/h.

$Q_H$  : quantité de chaleur à évacuer en Kcal/h.

$C_F$  : capacité calorifique du fluide de refroidissement en Kcal/Kg.

$T_{ee}$  : Température d'entrée d'eau ;  $T_{ee} = 15^\circ\text{C}$

$T_s$  : Température de sortie d'eau ;  $T_s = 25^\circ\text{C}$

$$G_H = \frac{2579.38}{1 \cdot (25 - 15)} = 257.93 \text{ kg/h}$$

##### 4.1. Détermination de la longueur totale de refroidissement [19]

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

$$L_c = \frac{Q_H}{h \cdot \pi \cdot d \cdot (T_c - T_f)}$$

Avec :  $L_c$  : longueur totale des canaux.

$Q_h$  : quantité horaire de chaleur à évacuer.

$h$  : coefficient de transfert thermique.

$d$  : diamètre des canaux.

$T_c$  : température des parois des canaux.

$T_f$  : température du fluide au centre du canal.

Tableau 8 : valeurs du diamètre du canal de refroidissement [06]

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

#### 4.2. Calcul du coefficient de transfert thermique [05]

Le coefficient de transfert thermique  $h$  est en fonction du régime d'écoulement :

$$Re = \frac{V_f \cdot d}{\nu}$$

Avec :

$V_f$  : vitesse du fluide ;  $V_f=5400$  m/h

$Re$  : nombre de Reynolds

$d$  : diamètre du canal ;  $d=10$ mm

$\nu$  : viscosité cinématique de l'eau à la température du film  $T_f$  ;

$\nu=0.0658 \times 10^{-5}$  m<sup>2</sup>/s (annexe 2)

$$T_f = \frac{T_m \cdot T_p}{2} = \frac{20 + 60}{2} = 40^\circ\text{C}$$

$T_m$  : la température moyenne du fluide entre l'entrée et la sortie du tube

$T_p$  : température des parois des canaux du moule.

$$Re = \frac{V_f \cdot d}{\nu} = \frac{5400 \cdot 10^{-2}}{0.0658 \cdot 10^{-5} \cdot 3600} = 2279.63$$

$Re > 2000$  Régime turbulent, d'où :

$$h = 0.04 \cdot (Re \cdot Pr)^{0.75} \frac{\lambda}{d}$$

$Pr$  : nombre de Prandtl,  $Pr = 4,34$

$\lambda$  : Conductivité de l'eau ;  $\lambda = 0.540$  Kcal/h . m . °C

Les valeurs de  $Pr$  et de  $\lambda$  dépendent de la température du fluide, et elles sont prises à la température du film. (Voir l'annexe 2)

$$h = 0.04 \cdot (2279.63 \cdot 4.34)^{0.75} \frac{0.54}{10^{-2}}$$

$$h = 2142.73 \text{ kcal/h. m}^2 \cdot \text{°C}$$

$$L_c = \frac{Q_H}{h \cdot \pi \cdot d \cdot (T_c - T_f)} = \frac{2579.38}{2142.73 \cdot 3.14 \cdot 10^{-2} \cdot (60 - 40)} = 1.91 \text{ m}$$

## 5. Résistance des matériaux

### 5.1. Résistance du plan de joint au matage

$$S_{pj} \geq \frac{F}{0.2 \cdot Re}$$

F : force de frottement du moule est de

$$650T = 6500000 \text{ N}$$

Re = 880 N/mm<sup>2</sup> (pour les aciers faiblement alliés).

S<sub>pj</sub> : surface du plan de joint

$$S_{pj} \geq \frac{F}{0.2 \cdot Re} = \frac{6500000}{0.2 \cdot 880} = 31818 \text{ mm}^2$$

S<sub>pj</sub> est la surface minimale que pourra supporter la force de fermeture, dans notre cas la surface de contact entre les deux portes empreintes est de **134569.2 mm<sup>2</sup>** largement supérieure.

### 1. Résistance des colonnes de guidages au cisaillement :

Le porte empreinte fixe est centré sur la semelle à l'aide de quatre colonnes qui doivent supporter le poids du porte empreinte fixe et l'ensemble des pièces qui le compose.

Condition de résistance

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

$$[\tau]_{cis} = \frac{\sigma_e}{k} \cdot 0.8 = \frac{1300}{2} \cdot 0.8 = 520 \text{ N/mm}^2$$

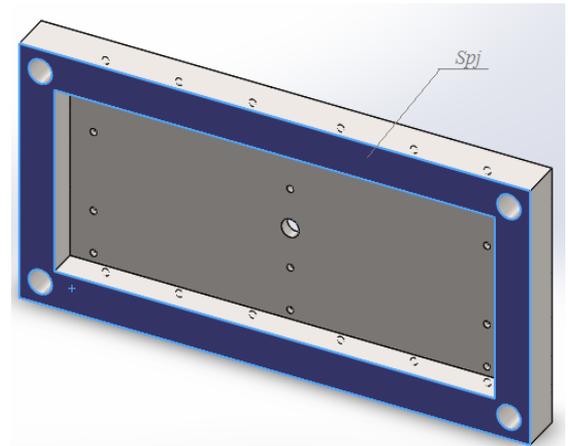


Figure 66 : porte empreinte coté fixe

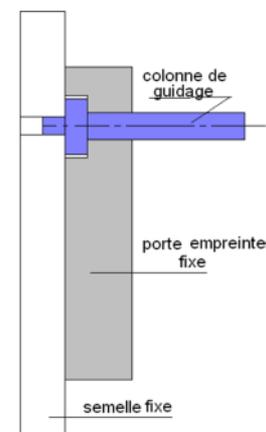


Figure 67 : Schéma de la partie fixe

Avec :

$\sigma_e$  : limite élastique du matériau ;  $\sigma_e=1300 \text{ N/mm}^2$

k : coefficient de sécurité ; on prend  $k=2$ .

F : effort normal (poids du porte empreinte),  $F=1089.27\text{N}$

S : section de la colonne ( $\text{mm}^2$ )

n: le nombre de sections cisailées.

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 40^2}{4} = 1256 \text{ mm}^2$$

A.N :

$$\tau = \frac{1089.2}{4 \cdot 1256} = 0.21 \text{ N/mm}^2 < [\tau]_{cis}$$

## 5.2. 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 :*

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

$$[\tau]_{cis} = \frac{\sigma_e}{k} \cdot 0.8 = \frac{335}{2} \cdot 0.8 = 134 \text{ N/mm}^2$$

Avec :

F : poids de la batterie éjectrice;  $F= 1120.91 \text{ N}$

n : le nombre de sections cisailées ;  $n=8$

D : diamètre de la colonne ;  $d=15\text{mm}$

S : section cisailée.

k : coefficient de sécurité ; on prend  $k=2$ .

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 20^2}{4} = 314 \text{ mm}^2$$

A.N :

$$\tau = \frac{1120.91}{8 \cdot 314} = 0.44 \text{ N/mm}^2 < [\tau]_{cis}$$

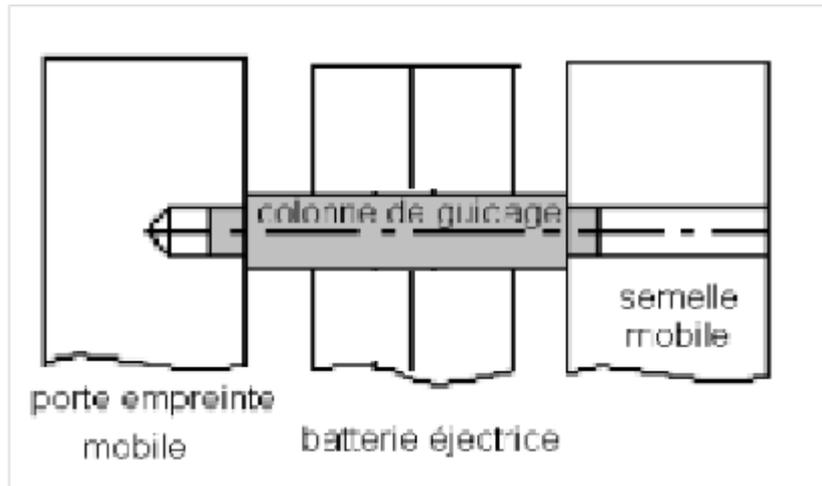
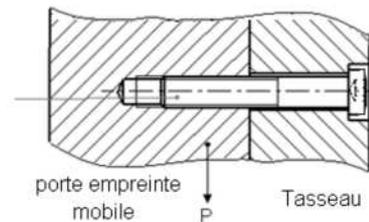


Figure 68 : Présentation de la colonne de guidage d'éjection

### 5.3. Vérification des vis de fixation du porte empreinte mobile et des tasseaux au cisaillement

La condition de résistance :

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



Avec :

N : poids du porte empreinte et de ces composantes ; N=1743N

n : le nombre de vis ; n=6

d : diamètre de vis ; d=20

S : section d'une vis.

$[\tau]_{cis} = 134 \text{ N/mm}^2$

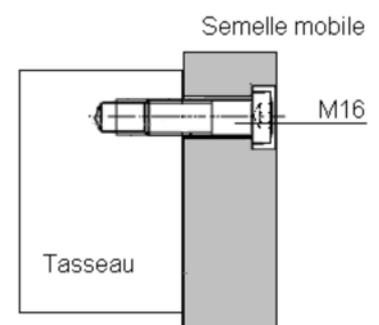
$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3.14 * 20^2}{4} = 314 \text{ mm}^2$$

A.N :

$$\tau = \frac{1743}{6 * 314} = 0.92 \text{ N/mm}^2 < [\tau]_{cis}$$

### 5.4. Vérification des vis de fixation de la semelle mobile avec les tasseaux au cisaillement:

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



**Avec :**

F : poids des tasseaux et du porte empreinte mobile ; F=2600N

n : le nombre de vis ; n=6

d : diamètre de vis ; d=20 mm

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3.14 * 20^2}{4} = 314 \text{ mm}^2$$

A.N :

$$\tau = \frac{2600}{6 * 314} = 1.38 \text{ N/mm}^2 < [\tau]_{cis}$$

### 5.5. Vérification des vis de fixation à utiliser sur chacune des semelles du moule

Les plateaux de la machine ont des trous taraudés (M24) pour recevoir les éléments de fixation du moule (vis de fixation) ; dans le but d'établir de bonnes conditions de travail, il faut s'assurer que le moule est bien fixe sur les deux plateaux de la machine. Pour cela il faut faire un calcul de résistance et recommander. Les vis utilisées sont des vis de diamètre 24mm (M24) à tête hexagonales, en C35 de limite élastique ; Re=335N/mm<sup>2</sup>.

*Condition de résistance au cisaillement*

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

#### ❖ Semelle fixe

N : poids de la partie fixe ; N= 1449N

n : le nombre de vis ; n=12.

d : diamètre de vis ; d=24mm

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3.14 * 24^2}{4} = 452.16 \text{ mm}^2$$

A.N :

$$\tau = \frac{1449}{12 * 452.16} = 0.26 \text{ N/mm}^2 < [\tau]_{cis}$$

On voit que le nombre de vis qu'on a utilisé est très grand, afin d'assurer la fixation de la partie fixe.

#### ❖ Semelle mobile

N : poids de la partie mobile ; N= 1425.11N

n : le nombre de vis ; n=12.

d : diamètre de vis ; d=24mm

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3.14 * 24^2}{4} = 452.16 \text{ mm}^2$$

A.N :

$$\tau = \frac{1425.11}{12 * 452.16} = 0.26 \text{ N/mm}^2 < [\tau]_{cis}$$

## 6. Le choix des ressorts [02]

La presse 650T 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). Pour cela on a utilisé des ressorts qui ont pour but essentiel d'assurer le retour de cette batterie à sa position initiale afin d'éviter l'effort de fermeture du moule sur les colonnes de rappel.

Le choix des ressorts dépend essentiellement de :

- La course d'éjection qui assure le démoulage des pièces (180mm)
- La charge à supporter (Poids de la batterie éjectrice  $P=1120.91 \text{ N}$ ) ;
- L'encombrement ( $d_1=16\text{mm}$ ,  $d=32\text{mm}$ ), voir la figure 69;

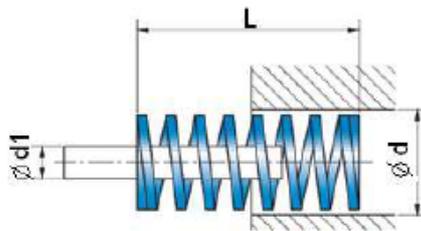


Figure 69 : Schéma de dimensionnement d'un Ressort

L'utilisation d'un seul ressort peut provoquer l'arc-boutement de la batterie, pour cela on a prévu quatre ressorts disposés sur les colonnes de rappels afin d'avoir un bon guidage. Le poids de la batterie est donc reparti sur les quatre (4) 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, donc :

$$F = \frac{1120.91}{4} = 280.2 \text{ N}$$

Pour 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.



Figure 10 : Classification des ressorts par couleur [02]

Le ressort qui répond à nos exigences est un ressort de couleur jaune Ref. 358, et qui a les caractéristiques suivantes (voir l'annexe 4):

- $D1=16\text{mm}$
- $D=32\text{ mm}$
- $F=2677\text{ N}$
- $L=127\text{ mm}$
- $A=127 \times 17\% = 21.59\text{ mm}$
- Section rectangulaire  $S=6 \times 3$

## 7. Conclusion

Cette partie nous a permis de choisir la machine adéquate parmi celles disponibles à l'entreprise, de vérifier la conception proposée du moule, ainsi que le dimensionnement des circuits de refroidissement.

## **Conclusion générale**

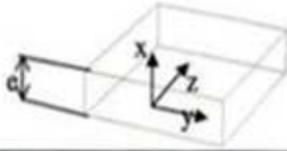
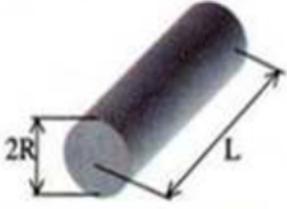
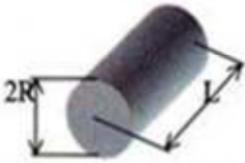
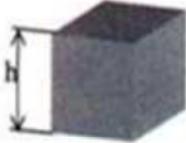
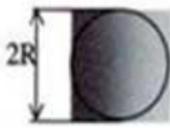
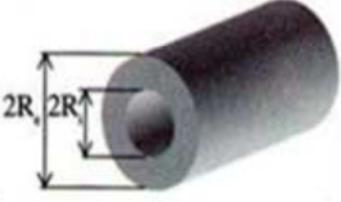
Le travail que nous avons effectué au sein de l'entreprise ENIEM à été d'un apport certain, il nous à permis de confronter nos connaissances théoriques a ce qui se passe réellement dans la pratique, mais aussi d'avoir une idée précise sur le domaine de l'injection plastique, cela nous à aussi permis de tester les connaissances acquises durant notre cursus.

Au cours de notre étude, nous avons cité des informations sur les polymères, leurs caractéristiques ainsi que les procédés de mise en œuvre.

Conte tenu du travail effectué, nous avons constaté que la conception d'un moule d'injection plastique repose essentiellement sur le choix du matériau, la justesse de sa réalisation, de la pièce et de la presse.

Au terme de ce travail, nous estimons que la réalisation du moule d'injection plastique d'un enjoliveur sera à la hauteur des objectifs fixés par l'ENIEM et d'un apport positif surtout du côté économique et contribuera à son évolution.

## ANNEXE 01

Géométrie	Conditions limites	Équation
	Plaque $\dot{Q}_z = 0$ $\dot{Q}_y = 0$	$t_R = \frac{e^2}{D \cdot \pi^2} \ln \left[ \frac{8}{\pi^2} \frac{T_i - T_M}{\bar{T}_e - T_M} \right]$
	Cylindre $\dot{Q}_v = 0$ $\dot{Q}_z = 0$ $L \gg R$	$t_R = \frac{4R^2}{23,14D} \ln \left[ 0,692 \frac{T_i - T_M}{\bar{T}_e - T_M} \right]$
	Cylindre $\dot{Q}_v = 0$ $L \approx R$	$t_R = \frac{1}{\left( \frac{23,14}{4R^2} + \frac{\pi^2}{L} \right) D} \ln \left[ 0,561 \frac{T_i - T_M}{\bar{T}_e - T_M} \right]$
	Cube	$t_R = \frac{h^2}{3D \cdot \pi^2} \ln \left[ 0,533 \frac{T_i - T_M}{\bar{T}_e - T_M} \right]$
	Sphère	$t_R = \frac{R^2}{D \pi^2} \ln \left[ 2 \frac{T_i - T_M}{\bar{T}_e - T_M} \right]$
	Cylindre creux $\dot{Q}_v = 0$ $\dot{Q}_z = 0$	Idem plaque avec $e = (R_e - R_i)$

*Équations pour le calcul des temps de refroidissement [1]*

## ANNEXE 02

Caractéristiques thermiques de l'eau								
Température	$\rho$	$\mu$	$\nu$	$C_p$	$\lambda$	$a$	Pr	$\beta$
°C	Kg/m <sup>3</sup>	Kg/m . s	m <sup>2</sup> /s	j/Kg .K	W/m.k	M <sup>2</sup> /s		1/K
10°	1001	$1,3 \cdot 10^{-3}$	$0,13 \cdot 10^{-5}$	4192	0,586	$13,7 \cdot 10^{-8}$	9,3	$0,88 \cdot 10^{-4}$
20°	1001	$1,0 \cdot 10^{-3}$	$0,101 \cdot 10^{-5}$	4182	0,597	$14,3 \cdot 10^{-8}$	7,02	$2,06 \cdot 10^{-4}$
40°	994,6	$0,651 \cdot 10^{-3}$	$0,0658 \cdot 10^{-5}$	4178	0,628	$15,1 \cdot 10^{-8}$	4,34	$3,72 \cdot 10^{-4}$
Caractéristiques thermiques de l'acier								
	P Kg/m <sup>3</sup>	Cp J/Kg.K	$\lambda$ W/m.K	a m <sup>2</sup> /s				
Acier	7850	0.49	46	0.12				
Acier inoxydable	7900	0.51	16	0.04				

### ANNEXE 03

<b>Eléments du moule</b>	<b>Matières</b>	<b>Désignations</b>
<b>Pièce moulée</b>	<b>ABS</b>	
<b>Semelle mobile</b>	<b>C 45</b>	
<b>Semelle fixe</b>	<b>C 45</b>	
<b>Empreinte mobile</b>	<b>X 19 Ni Cr Mo 6</b>	
<b>Porte empreinte mobile</b>	<b>17NiCrMo 6</b>	
<b>Empreinte fixe (noyau)</b>	<b>X 19 Ni Cr Mo 6</b>	
<b>Porte empreinte fixe</b>	<b>17NiCrMo 6</b>	
<b>Buse d'injection</b>	<b>35 Ni Cr 15</b>	<b>Recuit</b>
<b>Bague de centrage</b>	<b>Bronze</b>	
<b>Plaque éjectrice</b>	<b>C 48</b>	
<b>Contre plaque éjectrice</b>	<b>C 48</b>	
<b>Tasseau</b>	<b>C 35</b>	
<b>Colonne de guidage</b>	<b>Acier allié</b>	
<b>Douille de guidage épaulé</b>	<b>Bronze</b>	<b>Trempé, cémenté</b>
<b>Douille de guidage d'éjection</b>	<b>Bronze</b>	
<b>Ejecteur pièce</b>	<b>C 48</b>	
<b>Ejecteur arrache carotte</b>	<b>C 48</b>	
<b>Ejecteur lame</b>	<b>C 48</b>	
<b>Colonne de guidage</b>	<b>C45</b>	
<b>Renfort</b>	<b>C35</b>	
<b>Ressort</b>	<b>51 Si 7</b>	
<b>Tétine</b>	<b>Bronze</b>	
<b>Goupille</b>	<b>Acier non allié</b>	<b>Trempé</b>

# ANNEXE 04 [02]

358



## RESSORT CHARGE EXTRA FORTE COULEUR JAUNE

RECTANGULAR WIRE DIE SPRING YELLOW COLOUR EXTRA LOAD  
SYSTEM-DRUCKFEDER, GELB

ISO 10243



K	A 17%		B 25%		C Approximatif		D1	D	L	REF. 358		
	N	mm	N	mm	N	mm						
38,8	158	4,3	230	8,3	321	9	5	10	25			
27,9	152	5,4	223	8	328	12			32			
23,7	153	6,5	225	9,5	332	14			38			
19,2	144	7,5	211	11	328	17			44			
16,5	143	8,7	210	12,8	314	19			51			
13,2	144	10,9	211	16	304	23			64			
10,9	141	12,9	207	19	327	30			78			
2,6	138	51,9	198	78,3	304	117			305			
58,5	249	4,3	388	8,3	527	9			6,3	12,5	25	
43,9	239	5,4	351	8	527	12					32	
38	233	6,5	342	9,5	504	14	38					
30,3	227	7,5	333	11	548	18	44					
26,2	227	8,7	334	12,8	524	20	51					
21,2	231	10,9	339	16	572	27	64					
17,1	221	12,9	325	19	547	32	78					
14,5	219	15,1	323	22,3	581	38	89					
12,5	218	17,3	319	25,5	513	41	102					
4,3	223	51,9	328	78,3	488	115	305					
118	502	4,3	738	8,3	1180	10	8	16	25			
89	484	5,4	712	8	1088	12			32			
72,1	488	6,5	685	9,5	1039	14			38			
60,9	456	7,5	670	11	1035	17			44			
52,3	453	8,7	667	12,8	994	19			51			
41,2	448	10,9	659	16	1030	25			64			
34,1	441	12,9	648	19	989	29			78			
29,5	446	15,1	656	22,3	1062	36			89			
25,8	444	17,3	653	25,5	973	38			102			
8,4	436	51,9	641	78,3	1008	120			305			
233	1245	4,3	1831	8,3	2051	7	10	20	25			
224	1219	5,4	1792	8	2240	10			32			
177	1143	6,5	1862	9,5	2124	12			38			
149	1115	7,5	1839	11	2085	14			44			
128	1110	8,7	1832	12,8	2048	16			51			
99	1077	10,9	1864	16	2178	22			64			
81,7	1058	12,9	1852	19	2043	26			78			
69,5	1052	15,1	1848	22,3	2156	31			89			
60,8	1051	17,3	1845	25,5	2182	36			102			
53	1036	19,6	1824	28,8	2226	42			115			
47,5	1028	21,8	1808	31,8	2043	43	127					
43	1015	23,6	1494	34,8	2064	48	139					
39	1008	25,8	1462	38	2028	52	152					
21,2	1099	51,9	1817	78,3	2226	105	305					
374	2037	5,4	2895	8	4118	11	12,5	25	32			
348	2238	6,5	3287	9,5	4428	13			38			
244	1825	7,5	2894	11	3904	16			44			
208	1799	8,7	2848	12,8	3735	18			51			
181	1752	10,9	2578	16	3703	23			64			
131	1690	12,9	2485	19	3421	28			78			
111	1672	15,1	2459	22,3	3425	31			89			
96,3	1670	17,3	2458	25,5	3487	36			102			
85,7	1675	19,6	2484	28,8	3514	41			115			
76,3	1647	21,8	2423	31,8	3685	47			127			
63,5	1641	25,8	2413	38	3429	54	152					
53,9	1631	30,3	2369	44,5	3395	63	178					
47	1622	34,5	2385	50,8	3384	72	203					
30,9	1622	51,9	2358	78,3	3492	113	305					

# ANNEXE 04 [02]

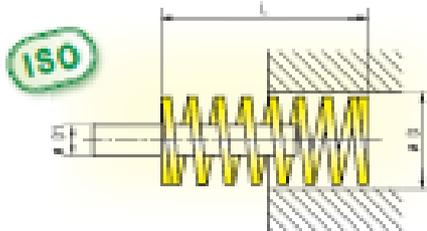
358



## RESSORT CHARGE EXTRA FORTE COULEUR JAUNE

RECTANGULAR WIRE DIE SPRING YELLOW COLOUR EXTRA LOAD SYSTEM-DRUCKFEDER, GELB

ISO 10243



REF. 358 D=40 L=127

358-40-127

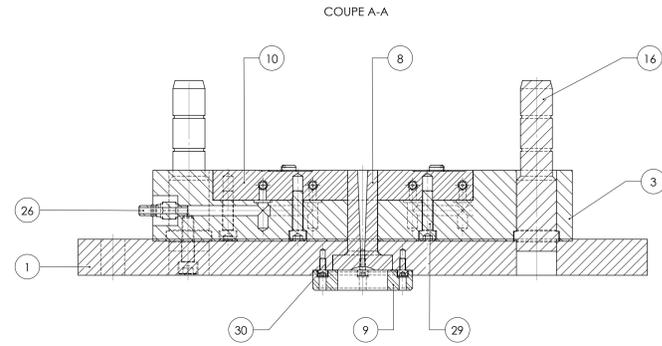


K	A 17 %		B 25 %		C Approximatif		D1	D	L	REF. 358		
	N	mm	N	mm	N	mm						
525	3412	6,5	5018	9,5	6338	12	16	32	38			
424	3175	7,5	4688	11	5368	15			44			
383	3061	8,7	4501	12,8	6001	17			51			
289	2929	10,9	4307	15	5922	22			64			
219	2823	12,9	4152	19	5453	25			75			
180	2726	15,1	4012	22,3	5950	33			89			
155	2686	17,3	3963	25,5	5580	36			102			
140	2737	19,6	4025	28,8	5880	42			115			
124	2677	21,8	3937	31,8	5754	46			127			
102	2636	25,8	3876	38	5712	56			152			
88,2	2669	30,3	3925	44,5	5645	64			178			
76	2623	34,5	3867	50,8	5396	71			203			
63,8	2625	43,2	3881	63,5	5472	90			254			
48	2541	51,9	3736	75,3	5547	103			305			
626	5445	8,7	8007	12,8	10676	17			20	40	51	
487	5299	10,9	7732	15	11201	23					64	
379	4897	12,9	7201	19	10233	27	75					
321	4857	15,1	7142	22,3	9951	31	89					
281	4873	17,3	7166	25,5	10116	36	102					
245	4790	19,6	7044	28,8	9800	40	115					
221	4771	21,8	7017	31,8	9724	44	127					
202	4773	23,8	7020	34,8	10504	52	152					
158	4341	25,8	6384	38	9406	56	178					
146	4476	30,3	6586	44,5	9026	61	203					
132	4555	34,5	6699	50,8	9636	73	254					
107	4620	43,2	6795	63,5	9951	93	305					
87,8	4582	51,9	6695	75,3	9307	106	356					
709	7714	10,9	11344	15	14889	21	25	50			64	
572	7390	12,9	10668	19	14300	25					75	
475	7187	15,1	10569	22,3	13300	28					89	
405	7023	17,3	10326	25,5	13365	33			102			
362	6862	19,6	10120	28,8	13376	36			115			
316	6822	21,8	10033	31,8	13668	43			127			
289	6629	23,8	10043	34,8	13583	47			152			
269	6629	23,8	10043	34,8	13583	47			178			
239	6176	25,8	9082	38	12667	53			203			
187	6463	34,5	9490	50,8	13277	71			254			
153	6607	43,2	9716	63,5	13923	91			305			
127	6585	51,9	9694	75,3	13462	106			356			
842	10879	12,9	15998	19	20208	24			30	63	75	
726	10964	15,1	16154	22,3	20328	28					89	
656	11375	17,3	16726	25,5	20336	31					102	
624	10440	19,6	15353	28,8	20292	36					115	
480	10363	21,8	15240	31,8	20160	42	127					
396	10233	25,8	15048	38	20196	51	152					
338	10137	30,3	14906	44,5	20100	60	178					
287	10249	34,5	15073	50,8	20196	68	203					
258	10147	43,2	14923	63,5	19976	86	254					
194	10069	51,9	14793	75,3	19982	103	305					

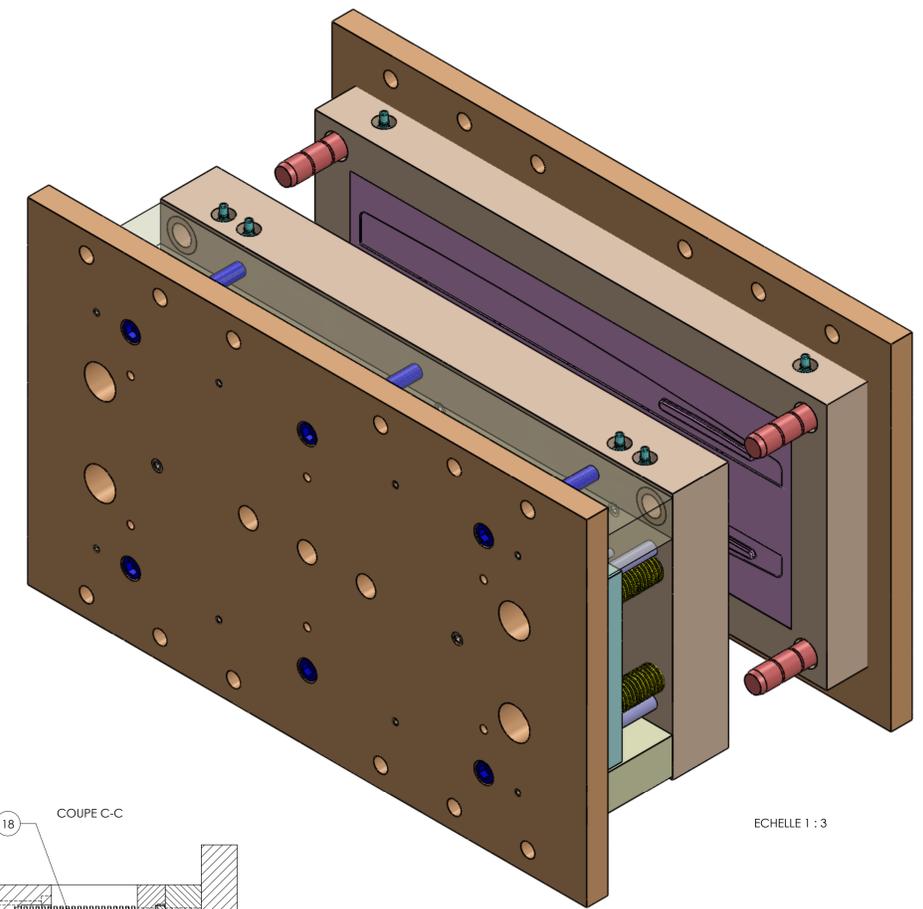
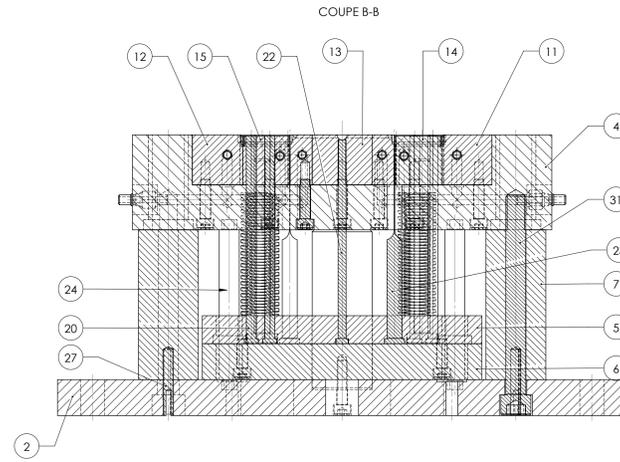
# Bibliographie

- [01] : J-P TROTIGNON, J VERDU, A DOBRACZYNSKY, M PI PERAUD: Matières plastiques structures, propriétés, mise en œuvre et normalisation ; Edition Nathan, 2006.
- [02] : catalogue Rabourdin Industrie, composants standard pour moules et outillages ; 1-52.
- [03] : Jean BOST : Matière plastique : Edition : Tec & Doc, (I ET II).
- [04] : catalogue Rabourdin Industrie, composants standard pour moules et outillages ; 1-50.
- [05] : BIANCHI Ana Maria : Transfert thermique/ ISBN 2-88074-496-2, 2004.
- [06] : Technique de l'ingénieur / Moules pour l'injection des thermoplastiques-Généralités et périphériques / Mise à jour 2012. Edition : Thomas MUNCH.
- [07] : F. CATTEAU, A. FOURAY, C. JACQUEROD, B. MARANDET : Les moules de plasturgie en aluminium / Edition CETIM 2003.
- [08] : Initiation au transfert de chaleur. Edition : SACCADURA
- [09] : CHEVALIER .A : Guide pratique du dessin technique/ Edition : Hachette technique 2004.
- [10] : Marc CARREGA : Aide-mémoire Matières plastiques 2<sup>e</sup> édition
- [11] : Documentation technique ENIEM.
- [12] : GHOUL .S GLAIED .T : Etude et conception d'un moule d'injection pour cheville /Institut Supérieur des Sciences Appliquées et de Technologie de Sousse promotion 2012.
- [13] : P. MOHREN, G. MENGER : guide de construction des outillages d'injection, tome I et II, édition PMP
- [14] : HAMMAMI.T et LOUATI : Cours de PMF des Matières plastiques
- [15] : Michel Biron : Aide-mémoire/ Transformation des matières plastiques
- [16] : Claude CORBET : Mémotech matières plastiques, Edition CASTEILLA , 2001.
- [17] : Ecole supérieure Lazare Schwendi de plasturgie : les moules d'injection / septembre 2008.
- [18] : VARL/ Cours sur les matériaux plastiques : Structure et Propriétés des Polymères.
- [19] : HAMMA Soufiane, LATTARI Sofiane : Etude, conception et réalisation d'un moule d'injection plastique. Mémoire d'ingénieur. Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, Promotion 2009.

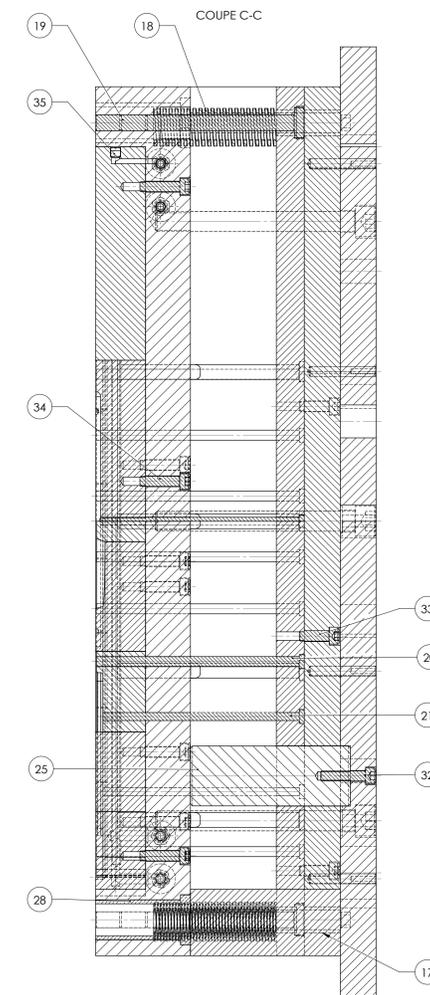
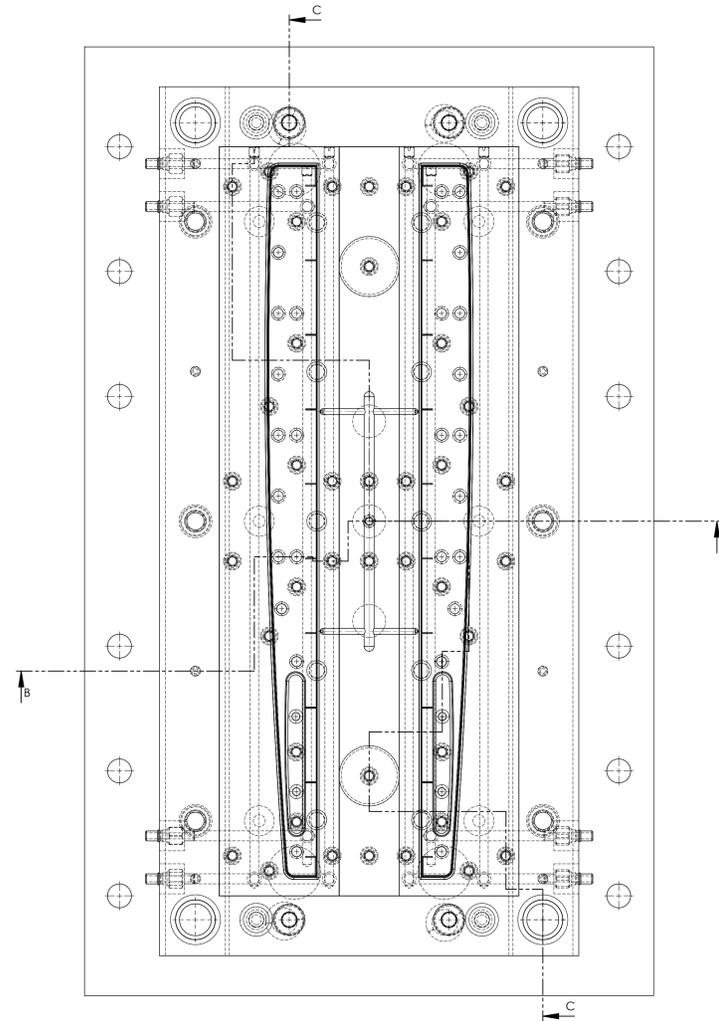
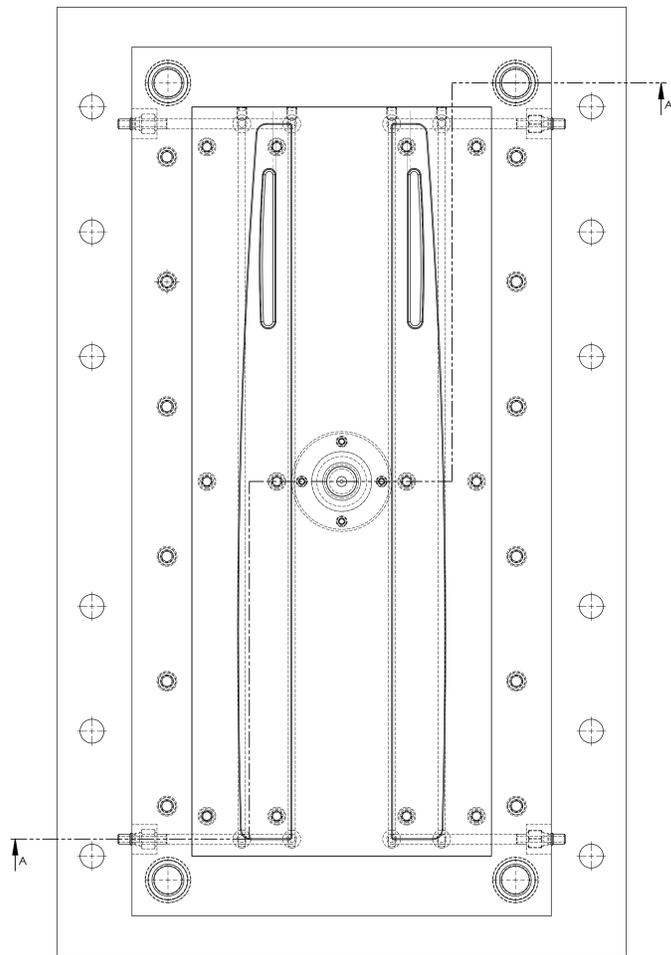
Partie fixe



Partie mobile

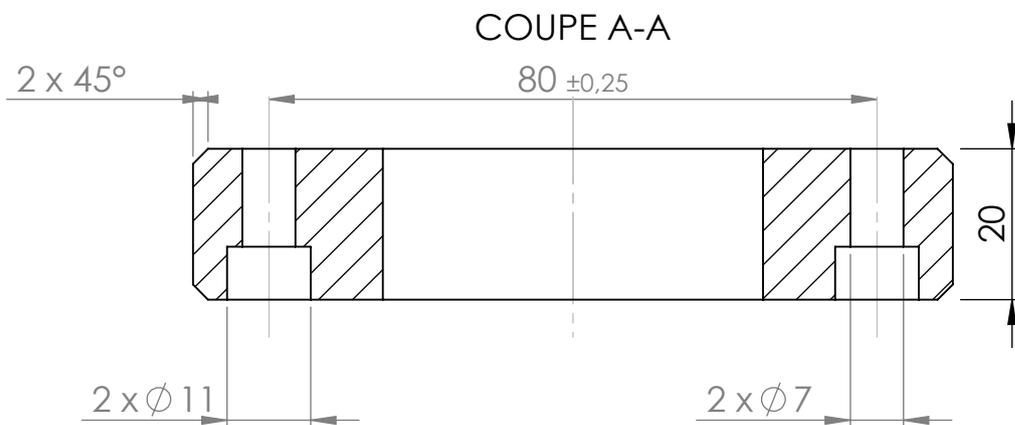
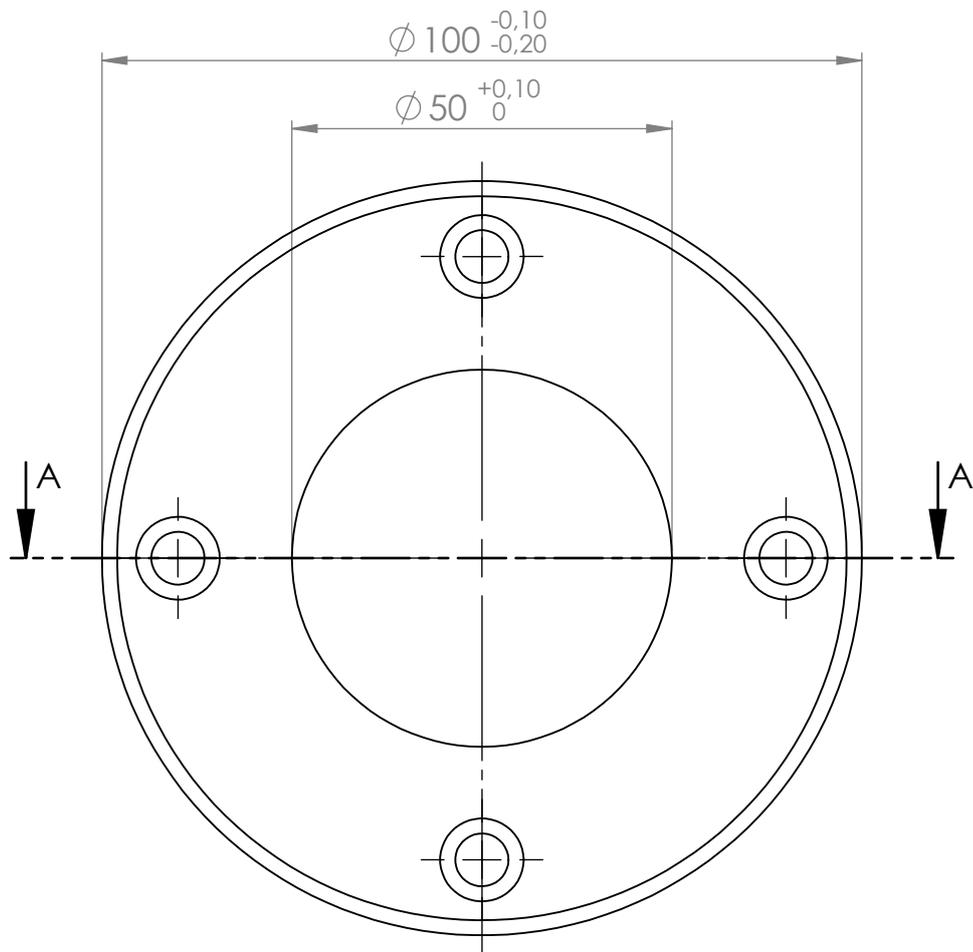


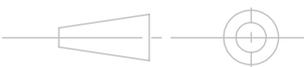
ECHELLE 1 : 3

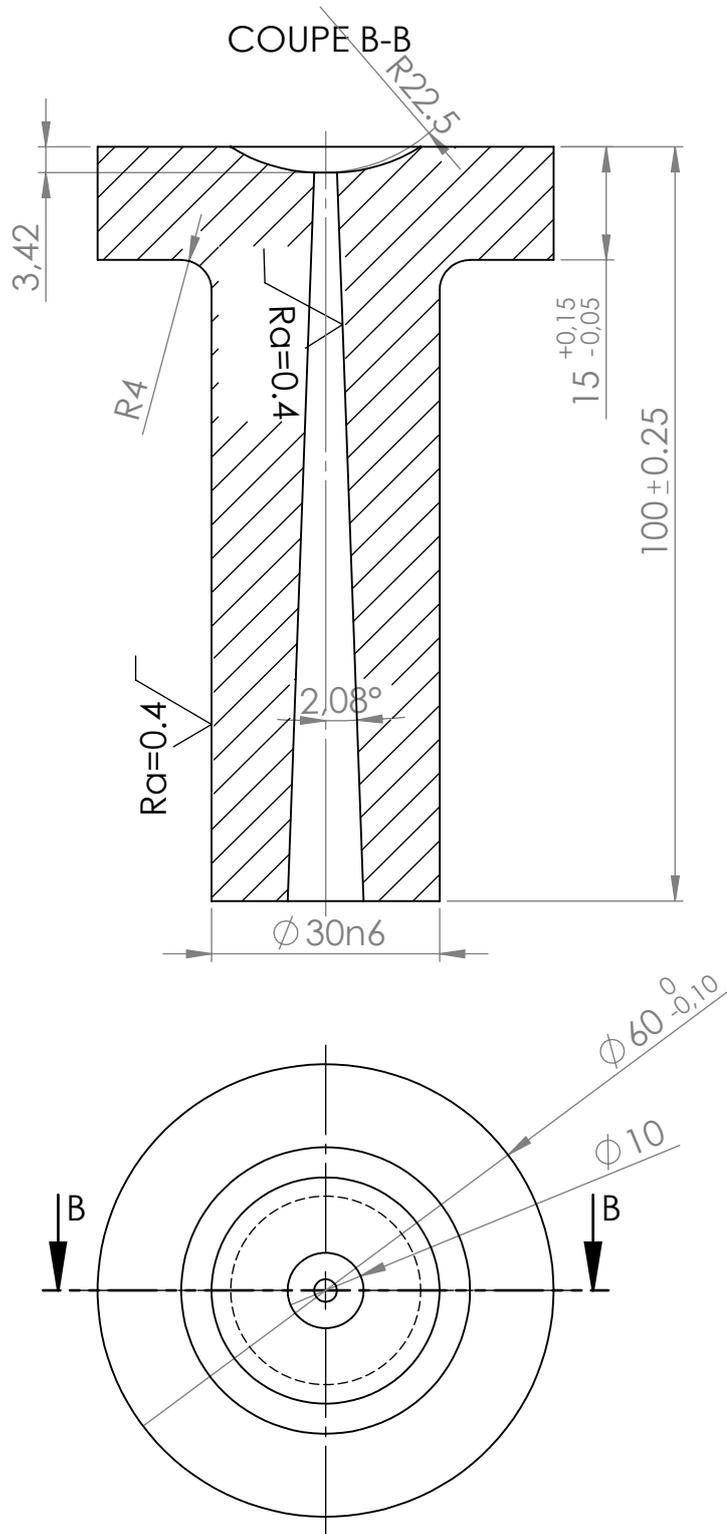


- Paramètres importants:**
- Cotes d'encombrement du moule:
    1. Epaisseur : 486mm
    2. Hauteur : 950mm
    3. Largeur : 570mm
  - La course d'éjection : 180mm
  - La presse utilisée : Presse hydraulique 650T
  - Masse de la moulée (pièces et carotte) : 270g
  - La matière injectée : ABS
  - Temps de cycle environ : 32 sec
  - Poids du moule environ : 770Kg

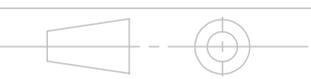
35	10	Vis M10 x12 ISO 7434 sans tête	Acier allié	
34	32	Vis CHC M10 x40	Acier allié	
33	08	Vis CHC M10 x30	Acier allié	
32	04	Vis CHC M10 x45	Acier allié	
31	06	Vis CHC M20 x200	Acier allié	
30	04	Vis CHC M6 x12	Acier allié	
29	12	Vis CHC M12 x45	Acier allié	
28	04	Douille de guidage	Bronze	
27	08	Goupille tasseau	Acier non allié	Trempé
26	12	Téline	Bronze	
25	02	Renfort	C35	
24	01	Colonne de guidage d'éjection C45		
23	10	Ejecteur lame	Acier nitruré	
22	01	Ejecteur carotte	Acier nitruré	
21	08	Ejecteur pièce d=8mm	Acier nitruré	
20	28	Ejecteur pièce d=10mm	Acier nitruré	
19	04	Colonne de guidage du ressort C45		
18	04	Ressort	51Si7	
17	04	Douille de guidage épaulé	Bronze	Cémenté, trempé
16	04	Colonne de guidage	C45	
15	01	Empreinte (insert supérieur 2)	X19NiCrMo 6	
14	01	Empreinte (insert supérieur 1)	X19NiCrMo 6	
13	01	Empreinte (insert plaque milieu)	X19NiCrMo 6	
12	01	Empreinte (insert inférieur 2)	X19NiCrMo 6	
11	01	Empreinte (insert inférieur 1)	X19NiCrMo 6	
10	01	Noyau	X19NiCrMo 6	
09	04	Bague de centrage	Bronze	
08	01	Buse de carotte	35CN 15	Recuit
07	02	tasseaux de renforcement	C35	
06	04	Contre plaque éjectrice	Xc48	
05	01	Plaque éjectrice	XC48	
04	01	Porte empreinte coté mobile	17CrNiMo 6	
03	01	Porte noyau coté fixe	17CrNiMo 6	
02	01	Semelle coté mobile	C45	
01	01	Semelle coté fixe	C45	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle	2:5	Moule d'injection plastique de deux enjoliveurs d'un congélateur ENIEM 225L		AMRANE AREZKI BABACI AMINA DJIDJA NASSER
A0		U M M T O - FGC-GM		24/06/2017

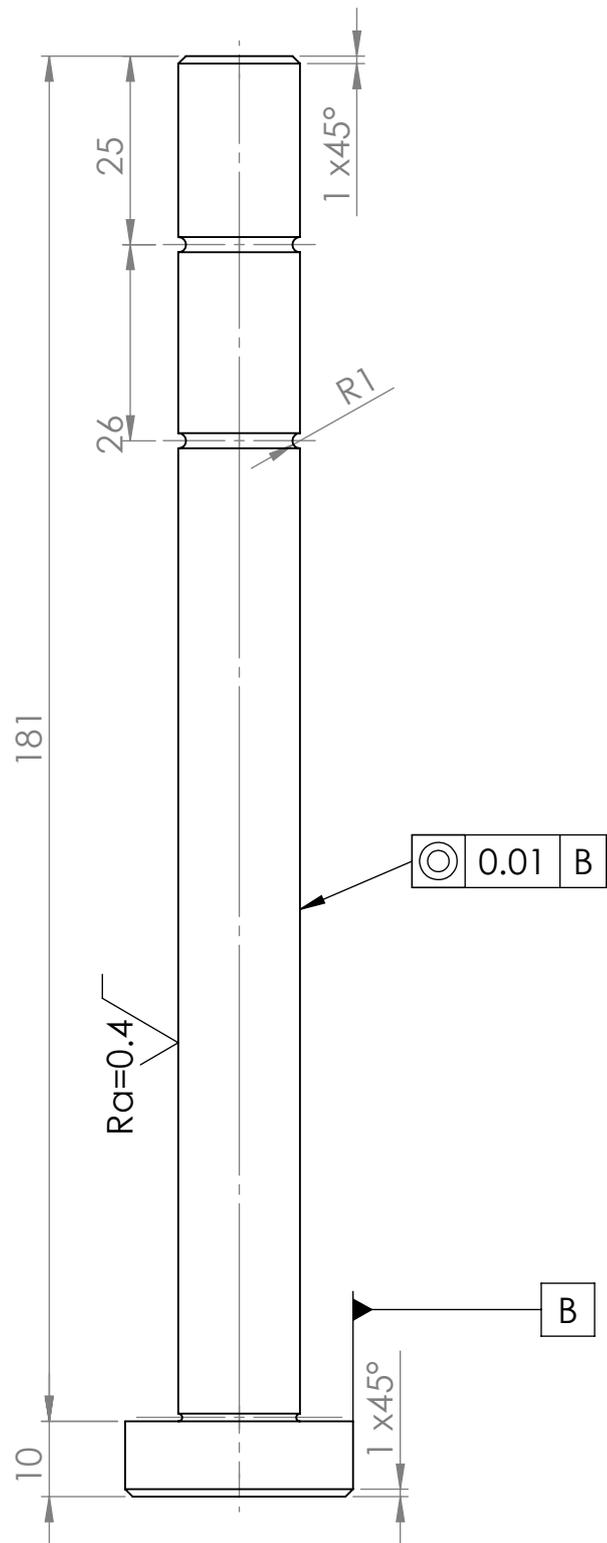


09	1	bague de centrage	Bronze	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L	AMRANE AREZKI BABACI AMINA DJIDJA NASSER	
			18/06/2017	
A4		U M M T O-FGC-GC		

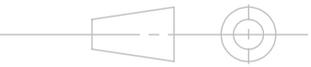


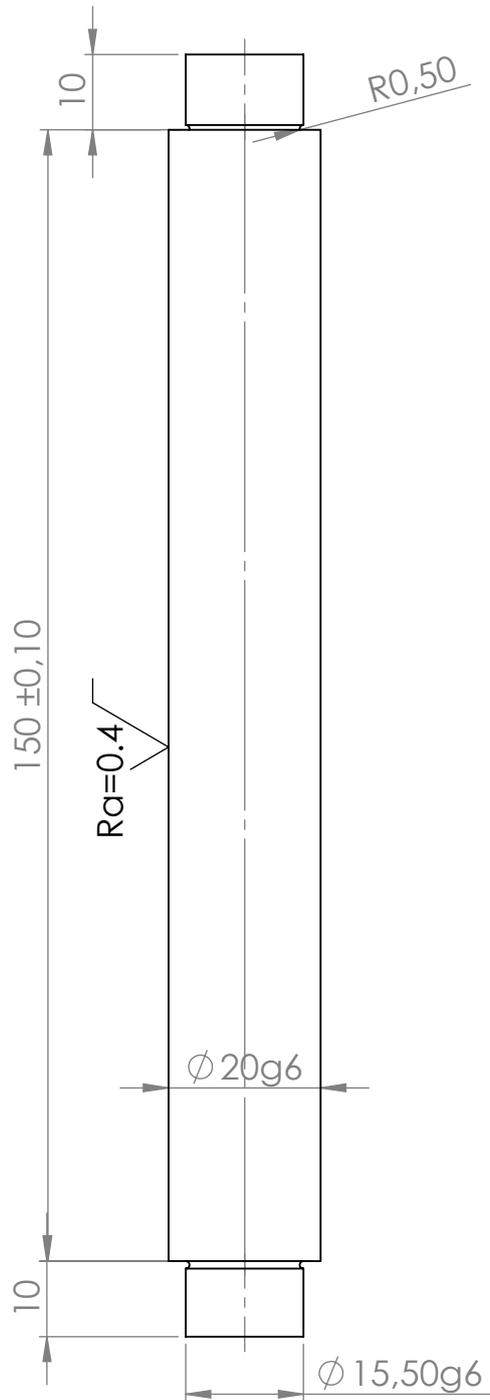
Cotes sans tolérances  
it= ±0.3

08	1	Buse d'injection	35 NC 15	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L	AMRANE AREZKI BABACI AMINA DJIDJA NASSER	
			18/06/2017	
A4		U M M T O-FGC-GM		



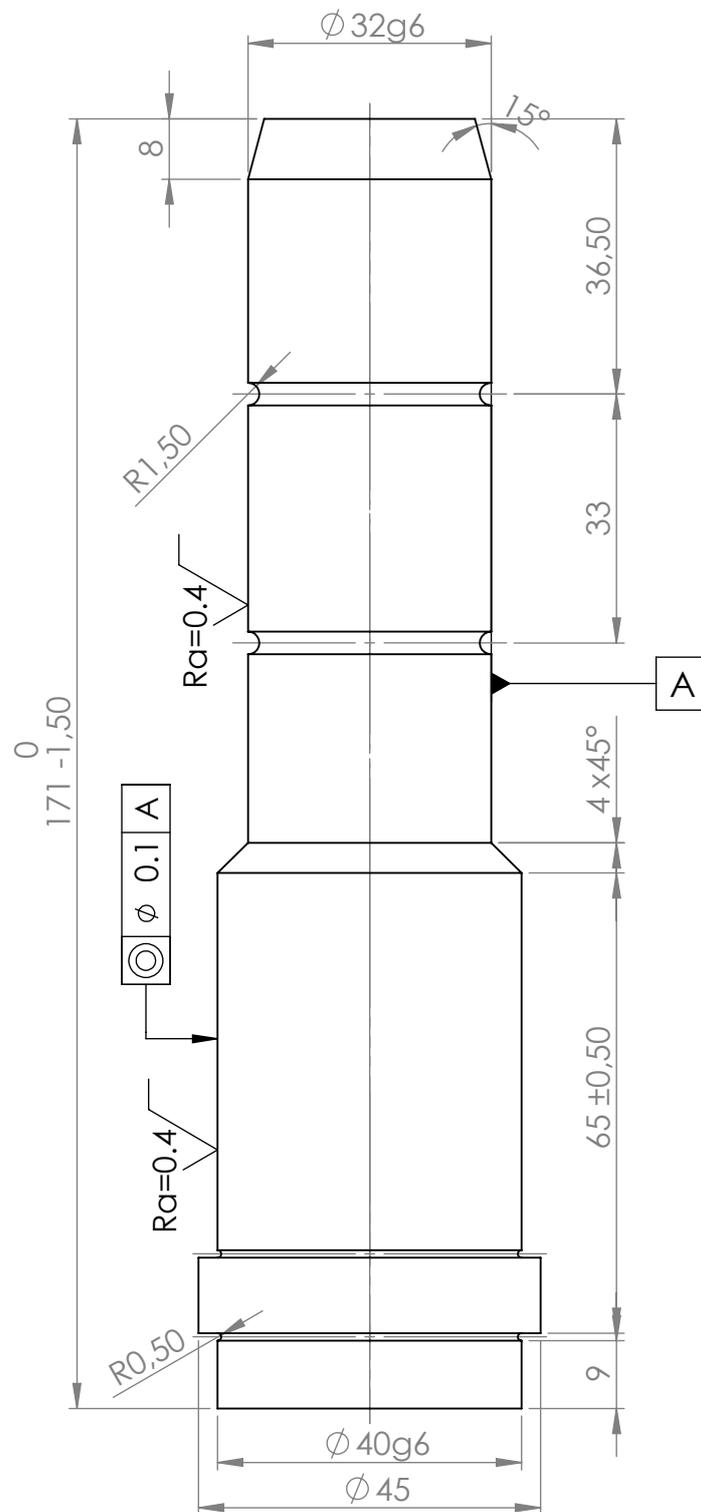
Cotes sans tolérances  
it= ±0.2

19	04	Colonne de guidage du ressort	C 45	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L		AMRANE AREZKI
				BABACI AMINA
A4		U M M T O-FGC-GM		DJIDJA NASSER
				18/06/2017



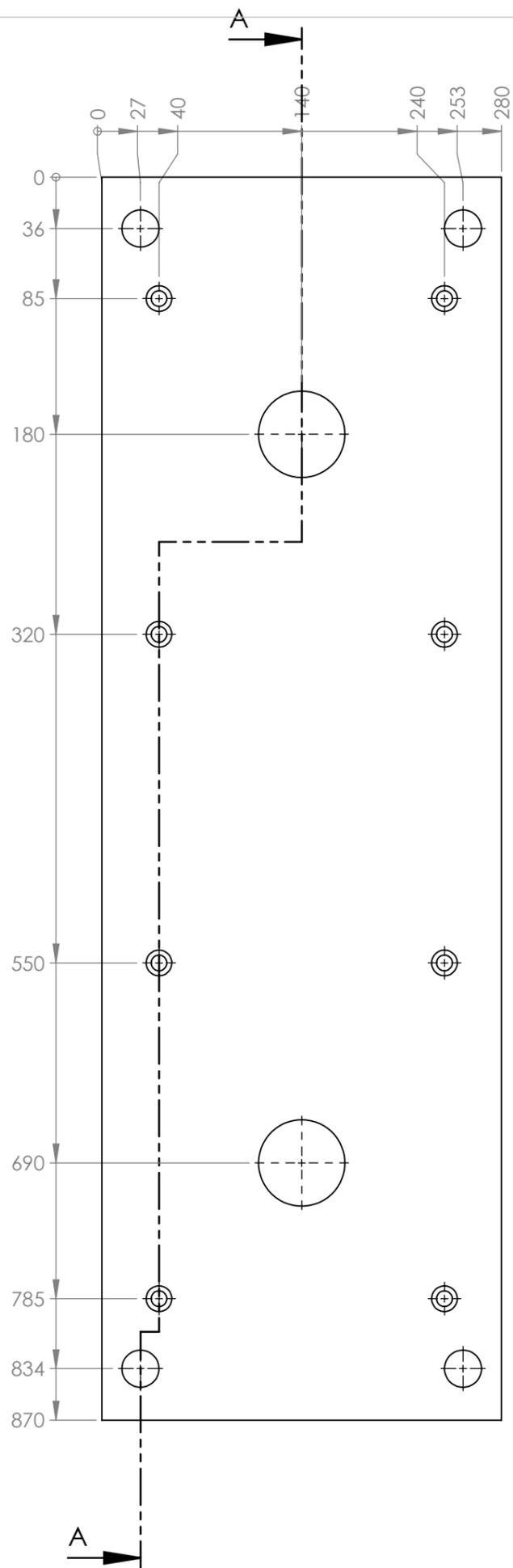
Cotes sans tolérances  
it= ± 0.3

24	04	Colonne de guidage d'éjection	Acier allié	cémenté, trempé
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L	AMRANE AREZKI BABACI AMINA DJIDJA NASSER	
			18/06/2017	
A4		U M M T O-FGC-GM		

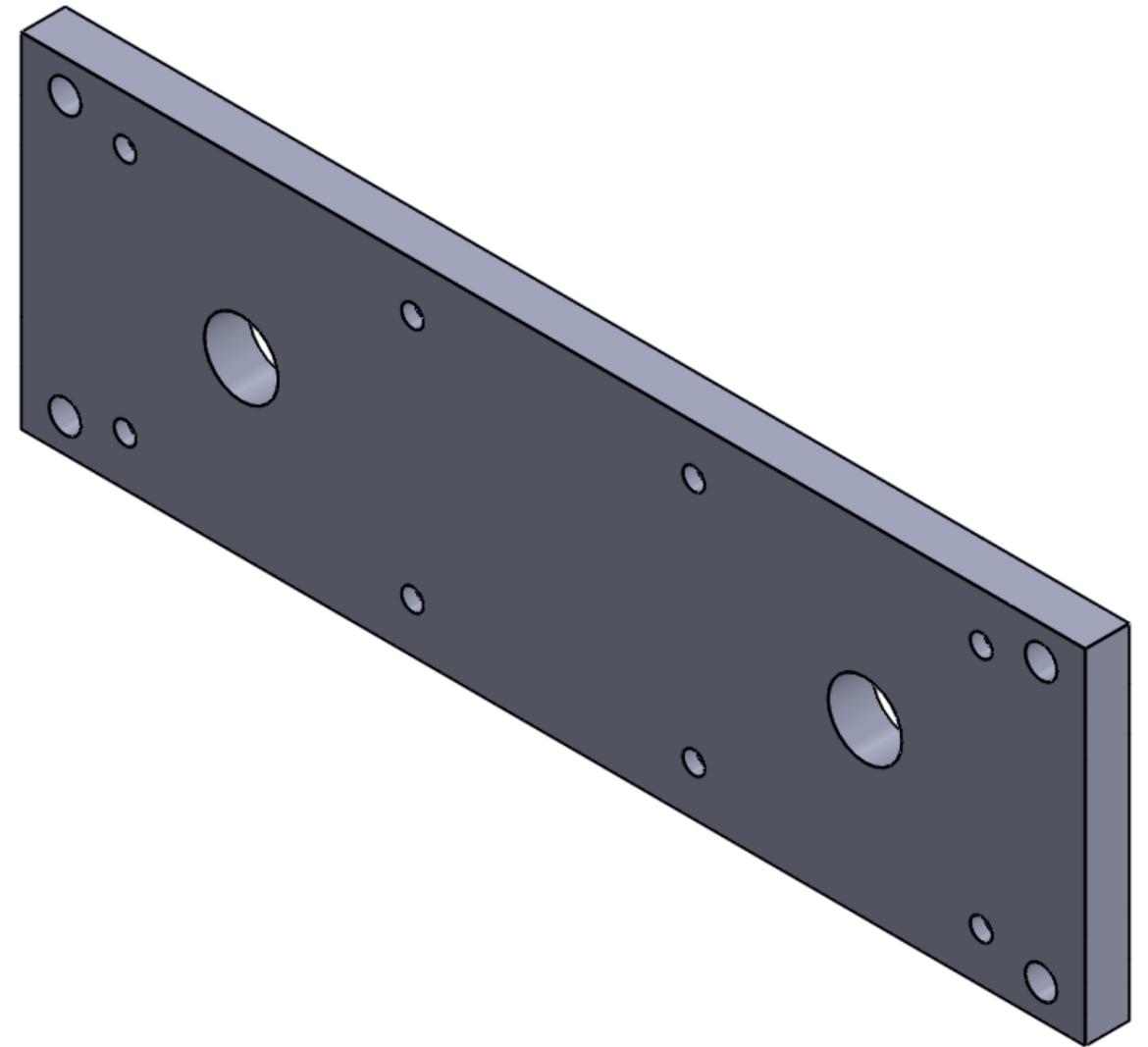
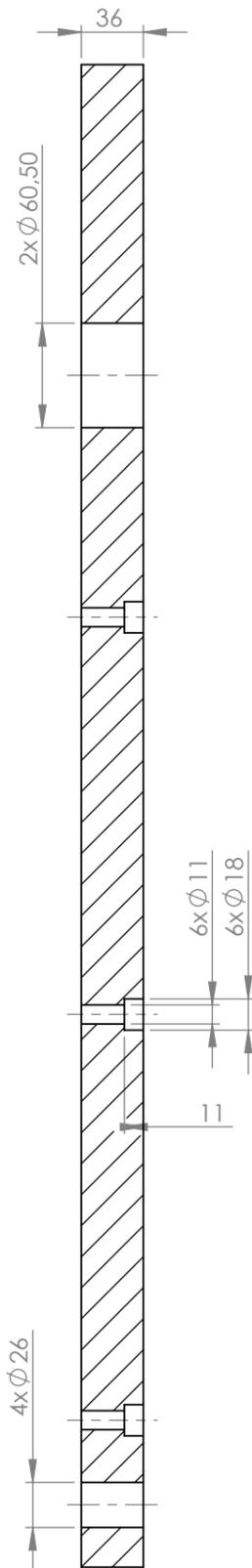


Cotes sans tolérances  
 $it = \pm 0.3$

16	1	Colonne de guidage	Acier allié	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L		AMRANE AREZKI
				BABACI AMINA
A4		U M M T O-FGC-GM		DJIDJA NASSER
				18/06/2017



COUPE A-A

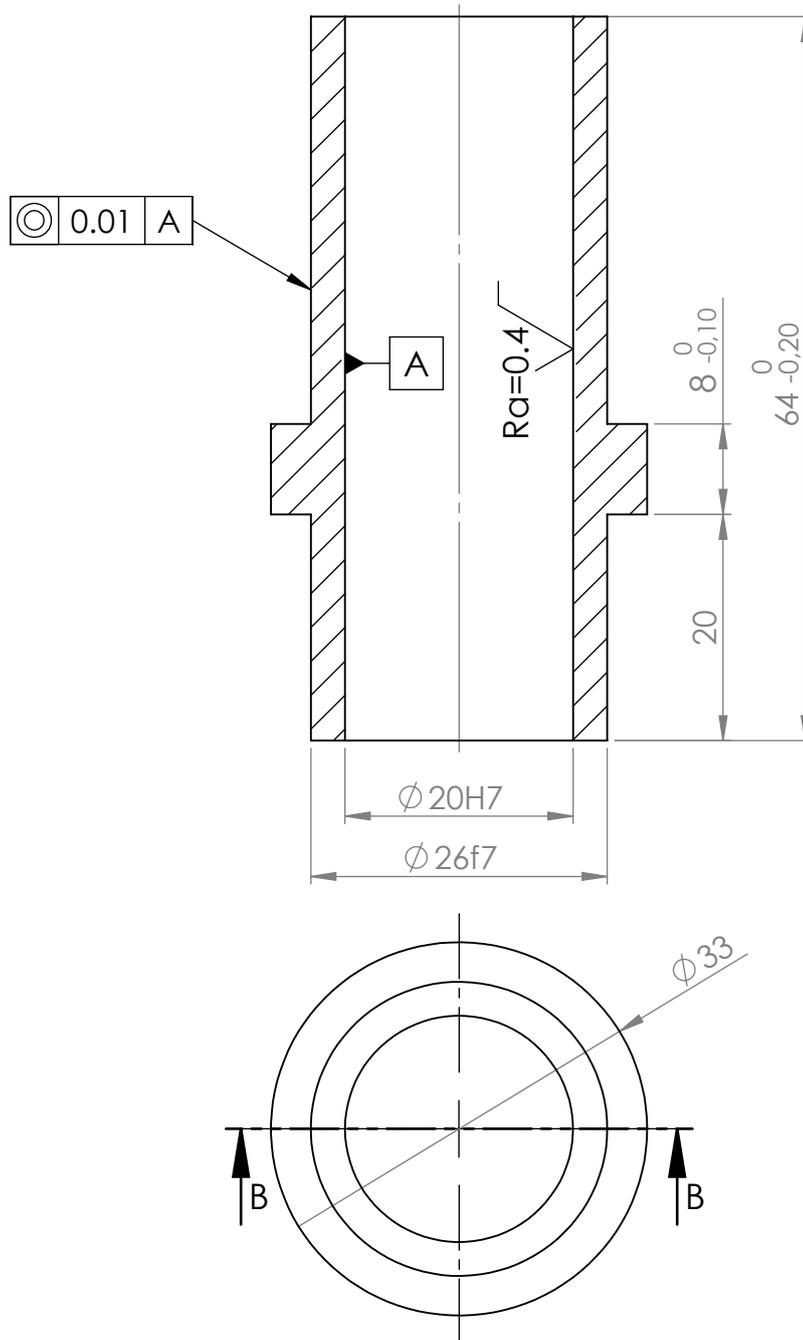


Cotes sans tolérances  
it= ±0.2

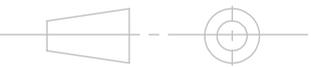
Ra=3.2

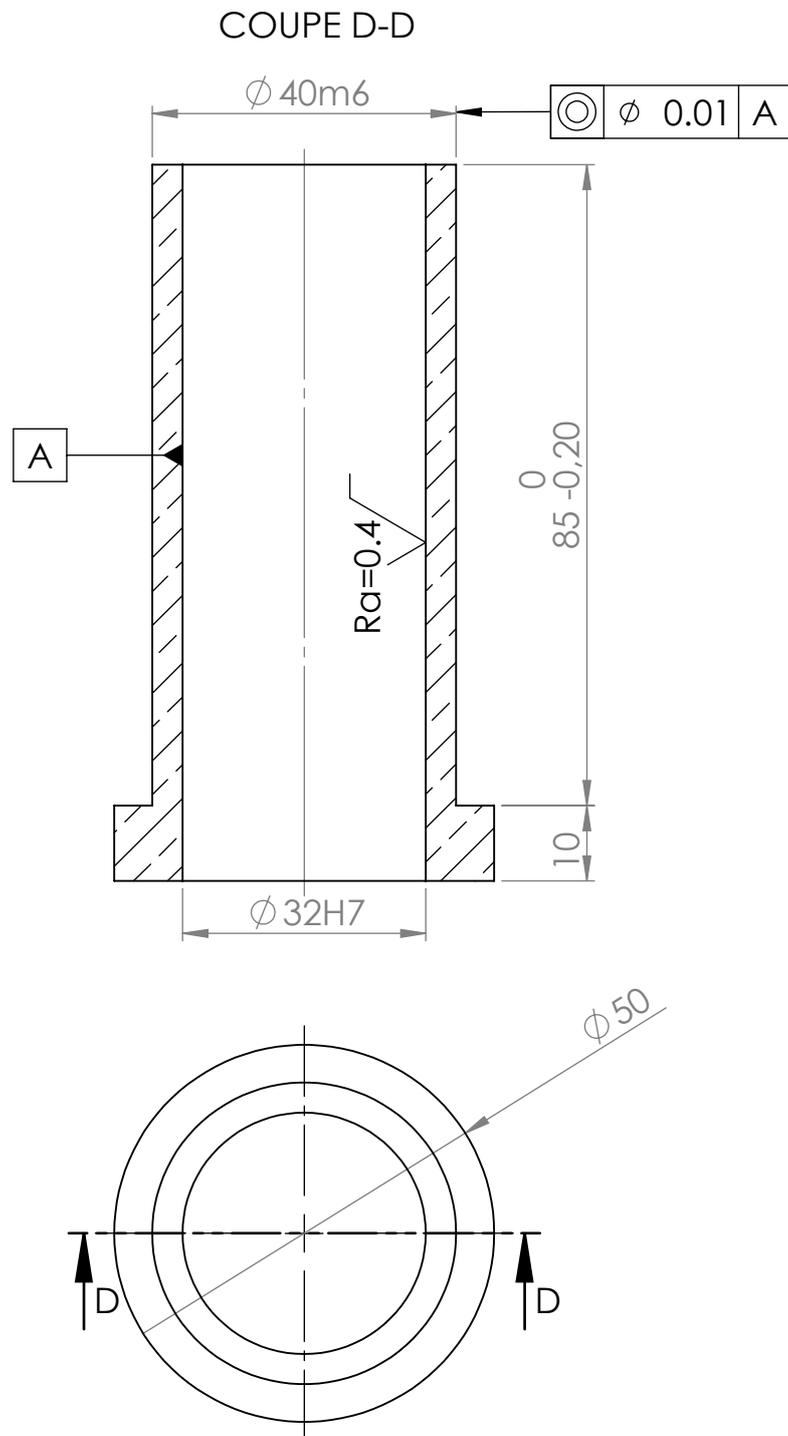
06	1	Contre plaque éjectrice	C 48	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L		AMRANE AREZKI
				BABACI AMINA
				DJIDJA NASSER
				18/06/2017
Echelle 1:4				
A3				U M M T O-FGC-GM

COUPE B-B



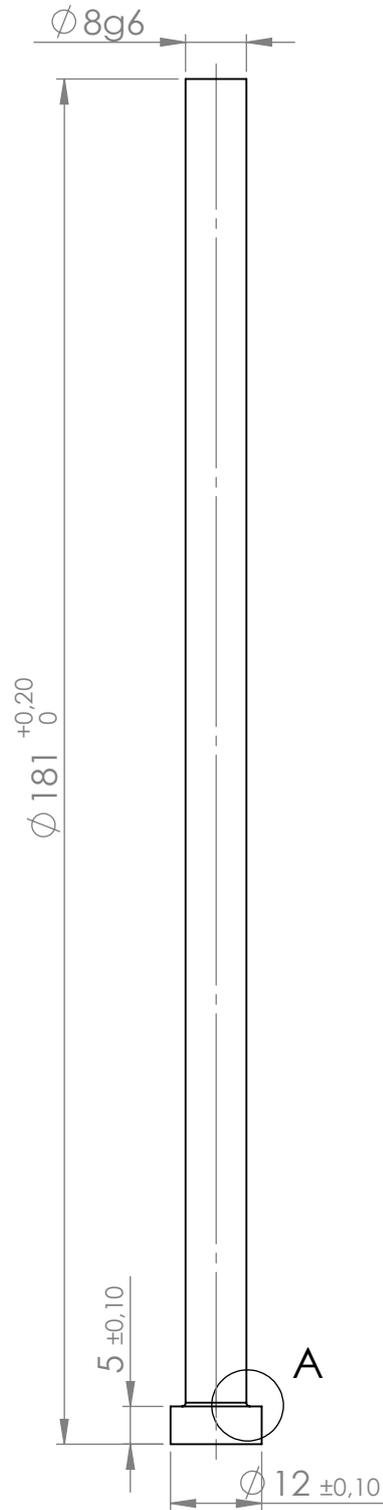
Cotes sans tolérances  
it= ±0.3

17	04	Douille de guidage épaulé	Bronze	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 3:2		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONJELATEUR ENIEM 225L	AMRANE AREZKI BABACI AMINA DJIDJA NASSER	
			18/06/2017	
A4		U M M T O-FGC-GM		

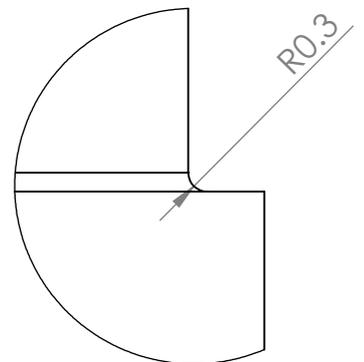


Cotes sans tolérances  
it= ±0.3

28	04	Douille de guidage	Bronze	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L	AMRANE AREZKI BABACI AMINA DJIDJA NASSER	
A4			U M M T O-FGC-GM	18/06/2017

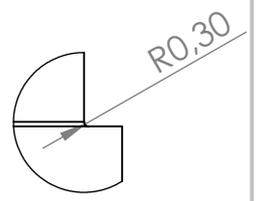
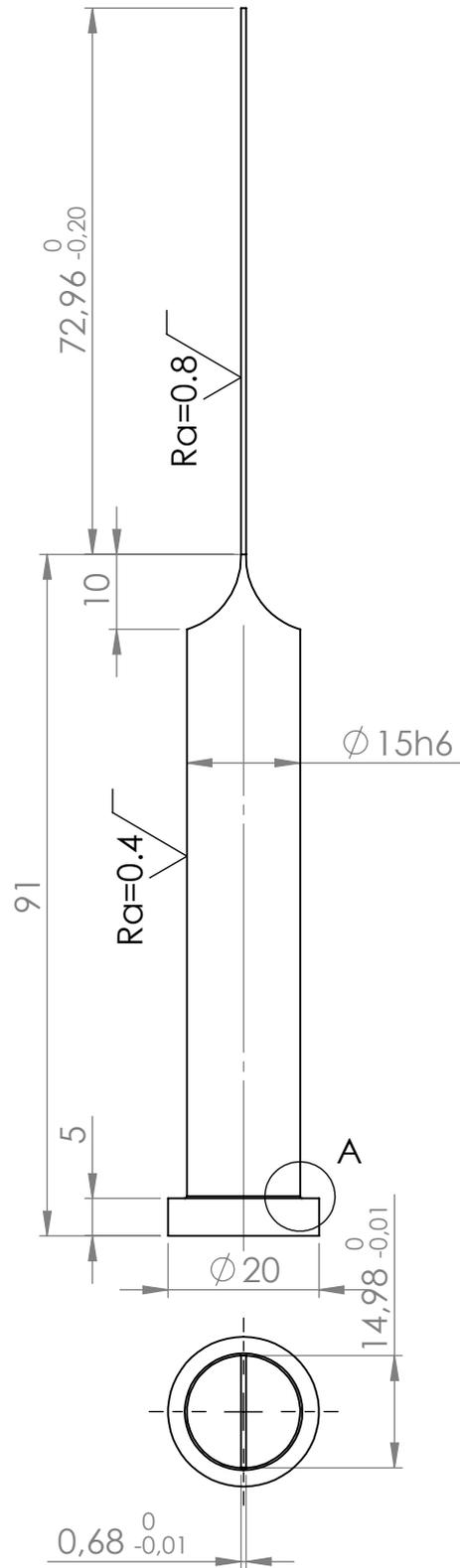


DÉTAIL A  
ECHELLE 5 : 1



Cotes sans tolérances  
it= ±0.3

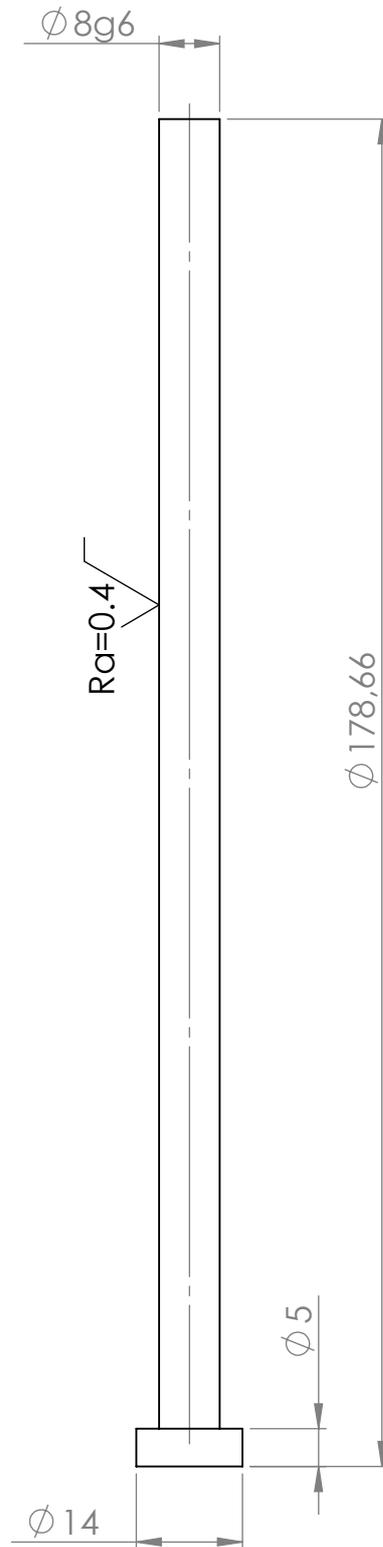
22	1	ejecteur carotte	Acier nitruré	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L	AMRANE AREZKI BABACI AMINA DJIDJA NASSER	
				
A4		U M M T O-FGC-GM	28/05/2017	



DÉTAIL A  
ECHELLE 2 : 1

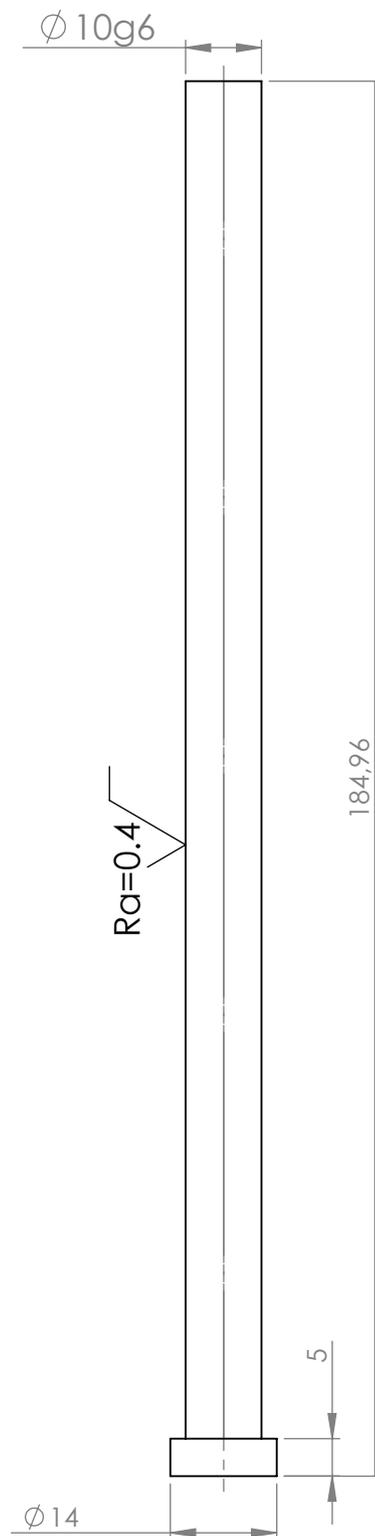
Cotes sans tolérances  
it= ±0.1

32	10	ejécteur lame	Acier nituré	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L		AMRANE AREZKI
				BABACI AMINA
A4		U M M T O-FGC-GM		DJIDJA NASSER
				28/05/2017

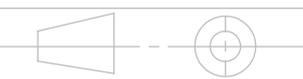


Cotes sans tolérances  
 $i_t = \pm 0.1$

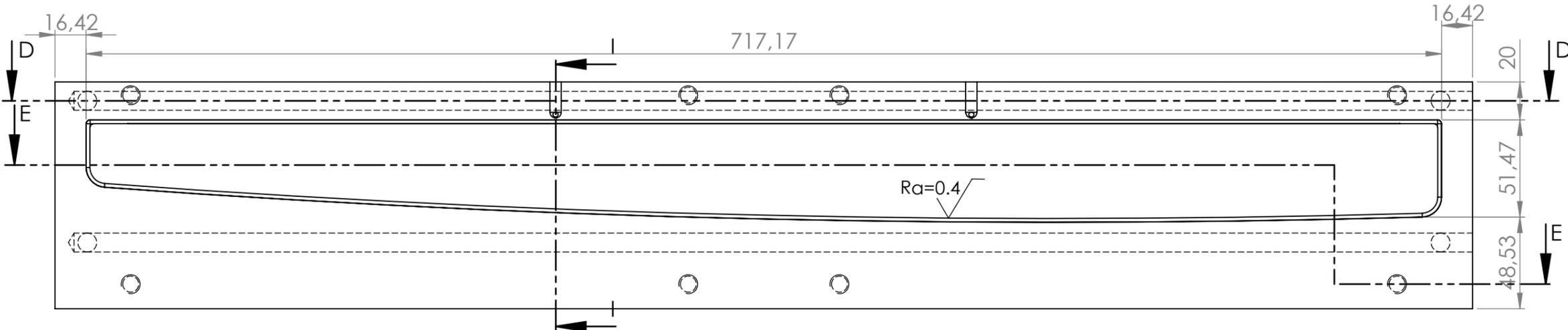
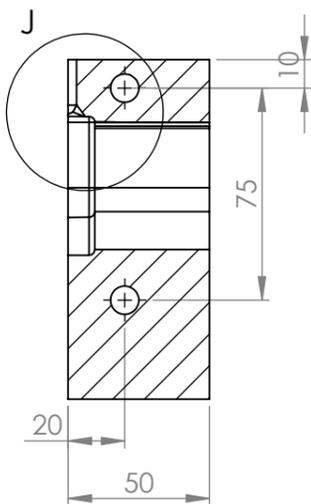
21	08	ejécteur carotte d= 8mm	Acier nituré	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L		AMRANE AREZKI
				BABACI AMINA
A4		U M M T O-FGC-GM		DJIDJA NASSER
				28/05/2017



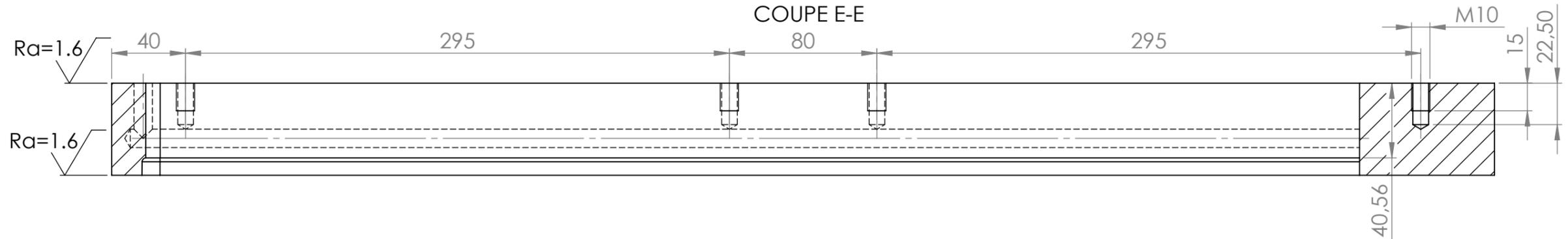
Cotes sans tolérances  
it= ±0.1

20	28	Ejecteur pièce d=10mm	Acier nitruré	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L	AMRANE AREZKI BABACI AMINA DJIDJA NASSER	
				
A4		U M M T O-FGC-GM	28/05/2017	

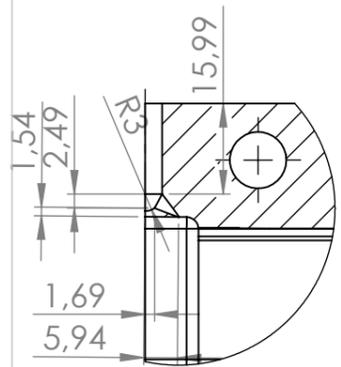
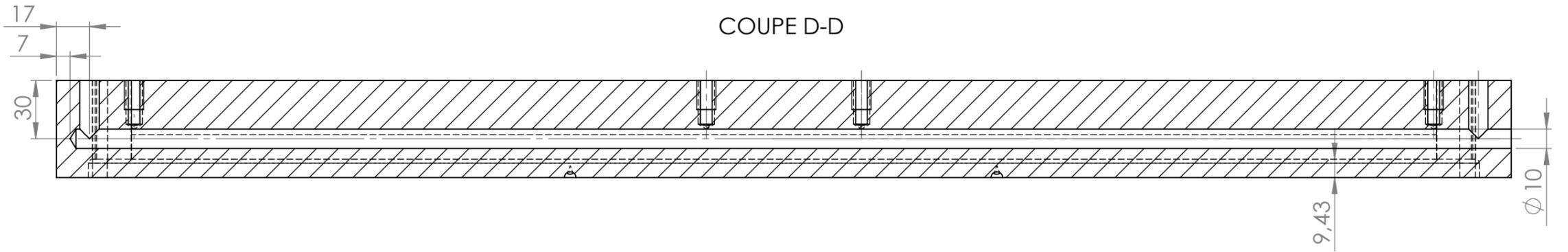
COUPE I-I



COUPE E-E

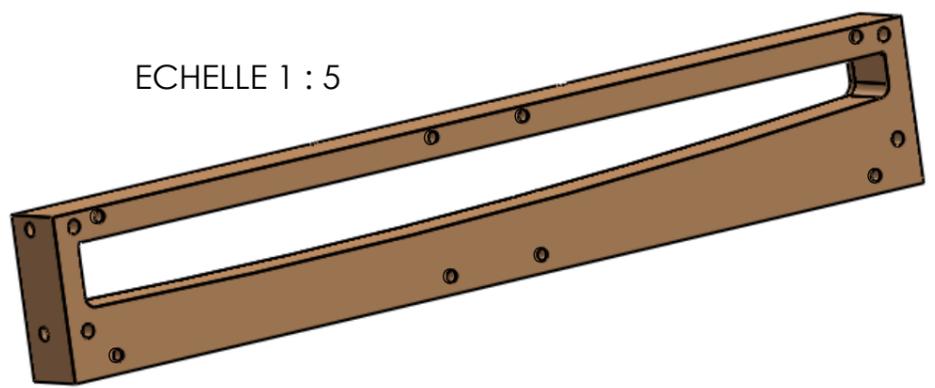


COUPE D-D



DÉTAIL J  
ECHELLE 4 : 5

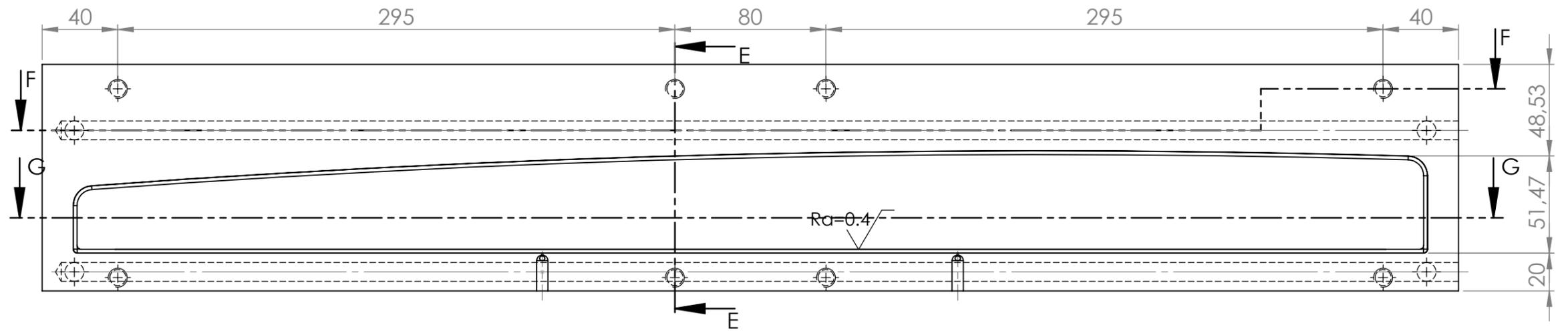
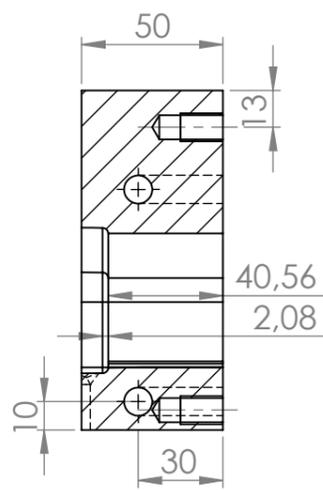
ECHELLE 1 : 5



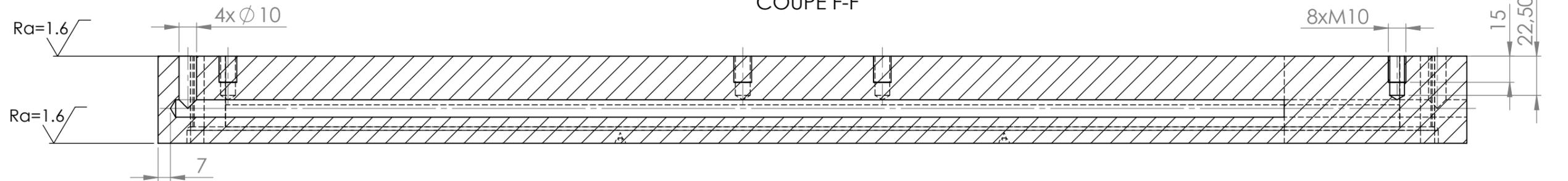
Cotes sans tolérances  
it= ±0.1  
Ra=3.2

Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
11	1	empeinte (Insert inferieur 1)	X19NiCrMo 6	
Echelle 2:5		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L		AMRANE AREZKI
A3				BABACI AMINA
		U M M T O-FGC-GM		DJIDJA NASSER
				18/06/2017

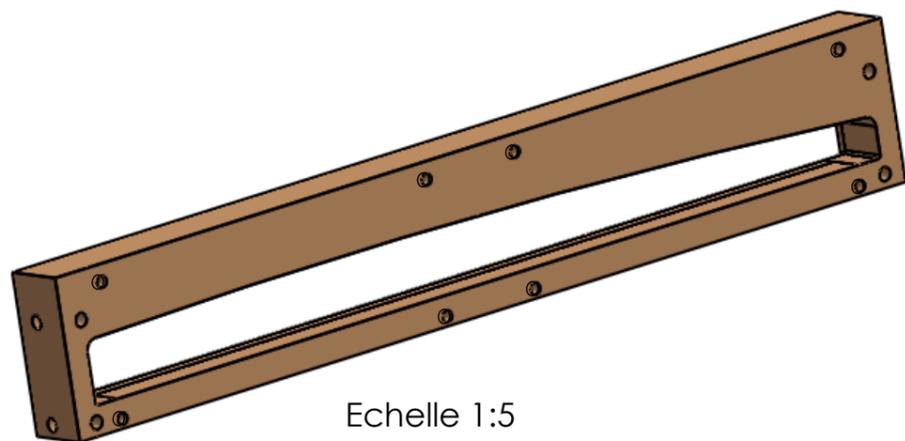
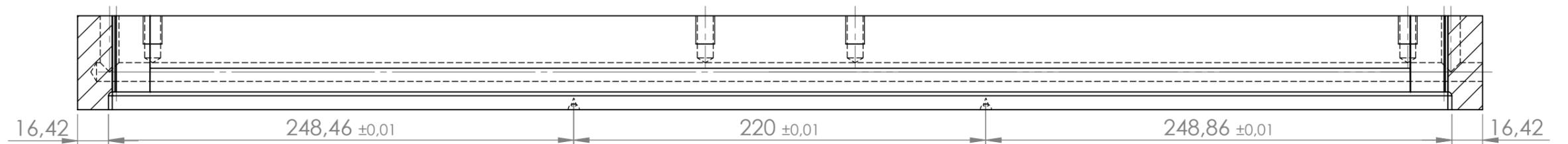
COUPE E-E



COUPE F-F



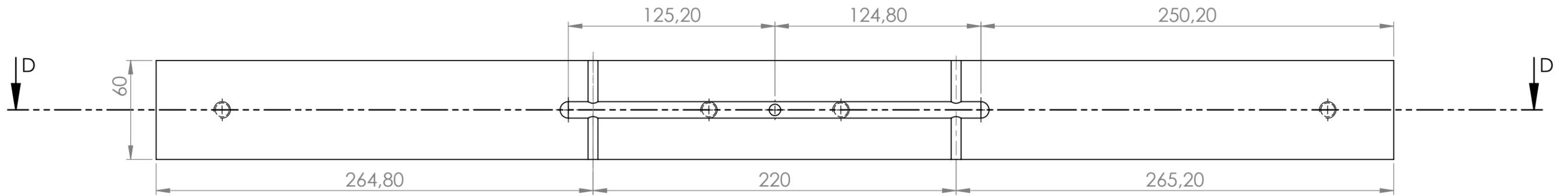
COUPE G-G



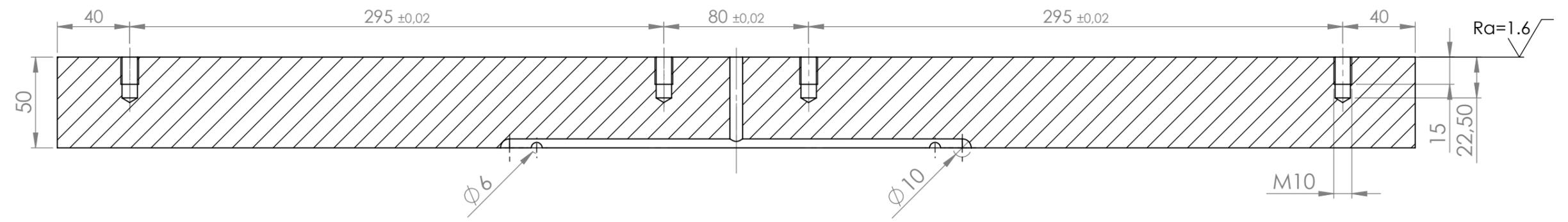
Echelle 1:5

Cotes sans tolérances  
 $it = \pm 0.1$   
 $Ra = 3.2$

Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
14	1	Empeinte (Insert inferieur 2)	X19NiCrMo 6	
Echelle 2 : 5		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L	U M M T O-FGC-GM	AMRANE AREZKI
A3				BABACI AMINA
				DJIDJA NASSER
				18/06/2017



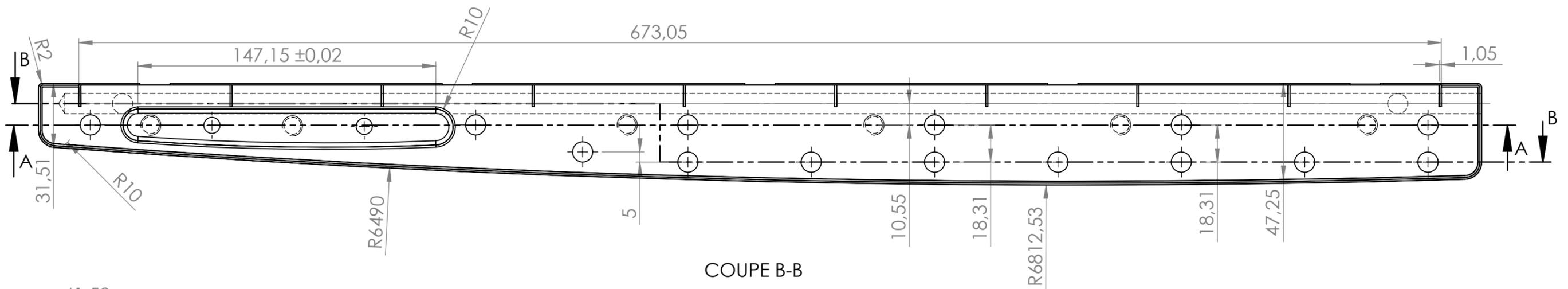
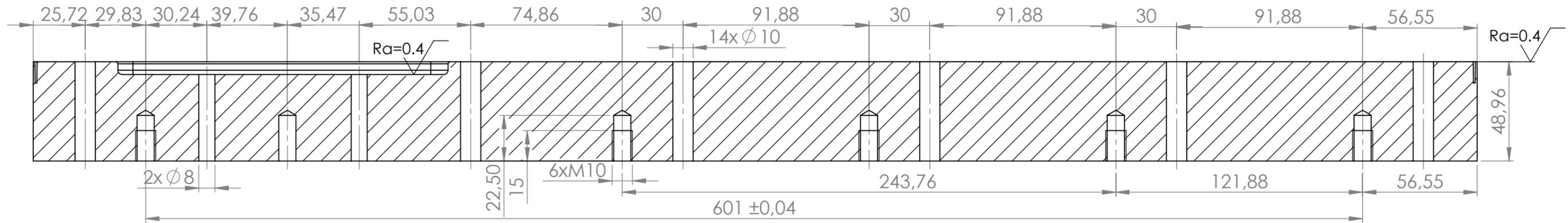
COUPE D-D



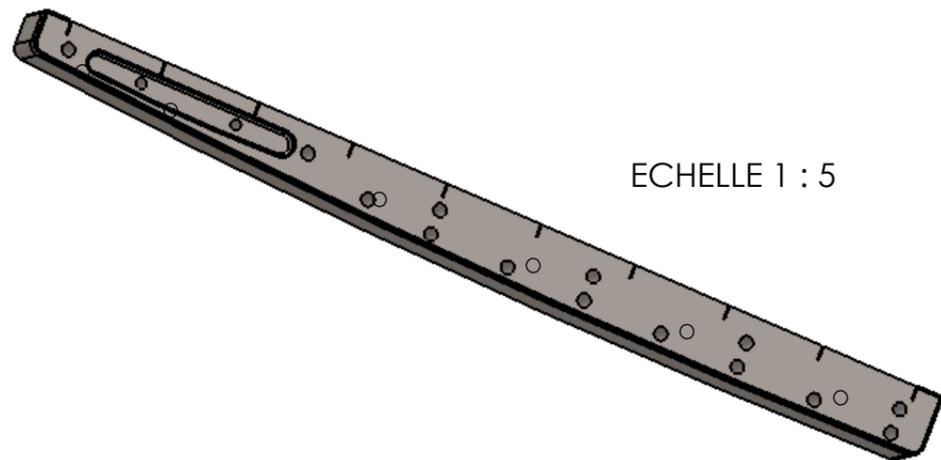
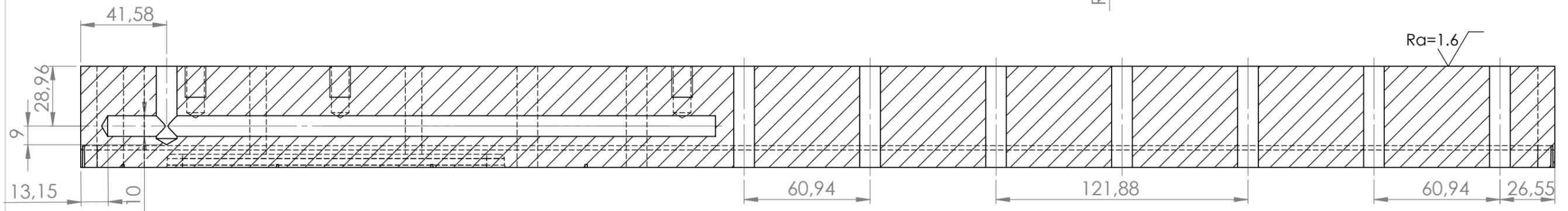
Cotes sans tolérances  
 $it = \pm 0.1$   
 $Ra = 3.2$

13	1	Insert empreinte(plaque milieu)	X19NiCrMo 6	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
		Echelle 2:5	MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L	AMRANE AREZKI BABACI AMINA DJIDJA NASSER
		A3		
			U M M T O-FGC-GM	18/06/2017

COUPE A-A

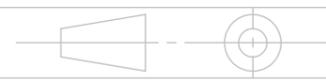


COUPE B-B



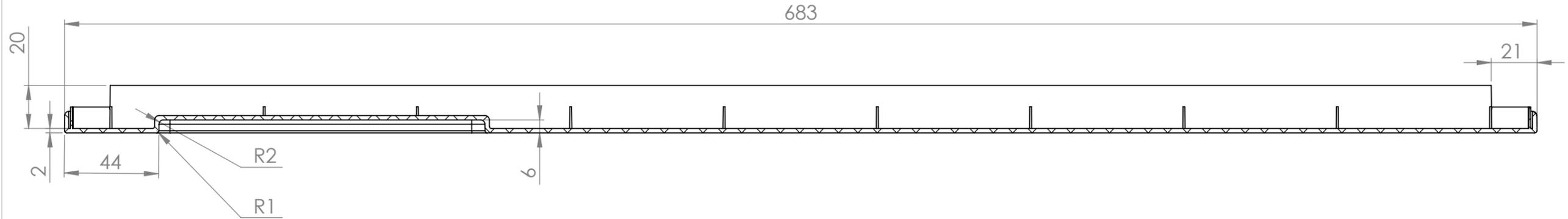
ECHELLE 1 : 5

Cotes sans tolérances  
 $it = \pm 0.1$   
 $Ra = 3.2$

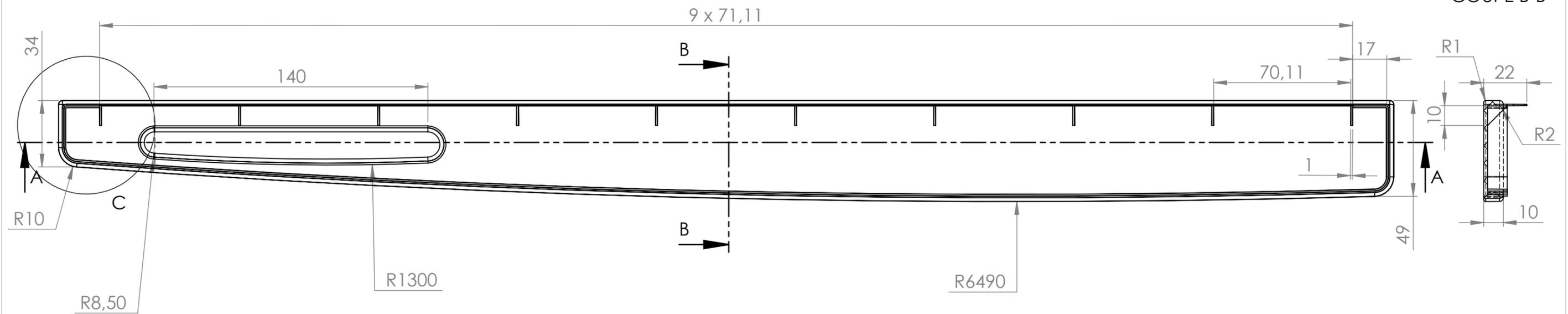
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
1	1	Empeinte (insert supérieur 2)	X19NiCrMo 6	
Echelle 1 : 2			Moule d'injection plastique de deux enjoliveurs d'un congélateur ENIEM 225L	AMRANE AREZKI
A3				UMMTO
				DJIDJA NASSER
				28/05/2017



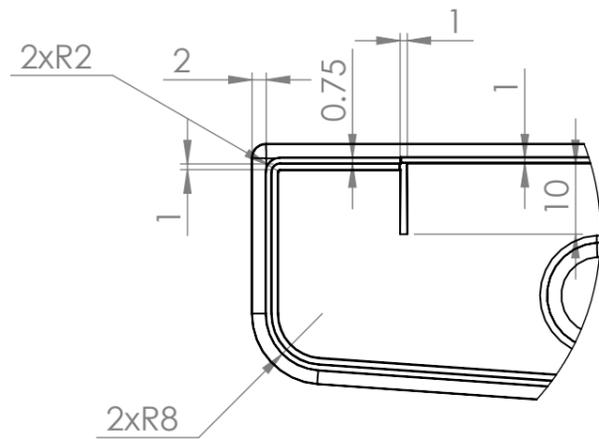
COUPE A-A



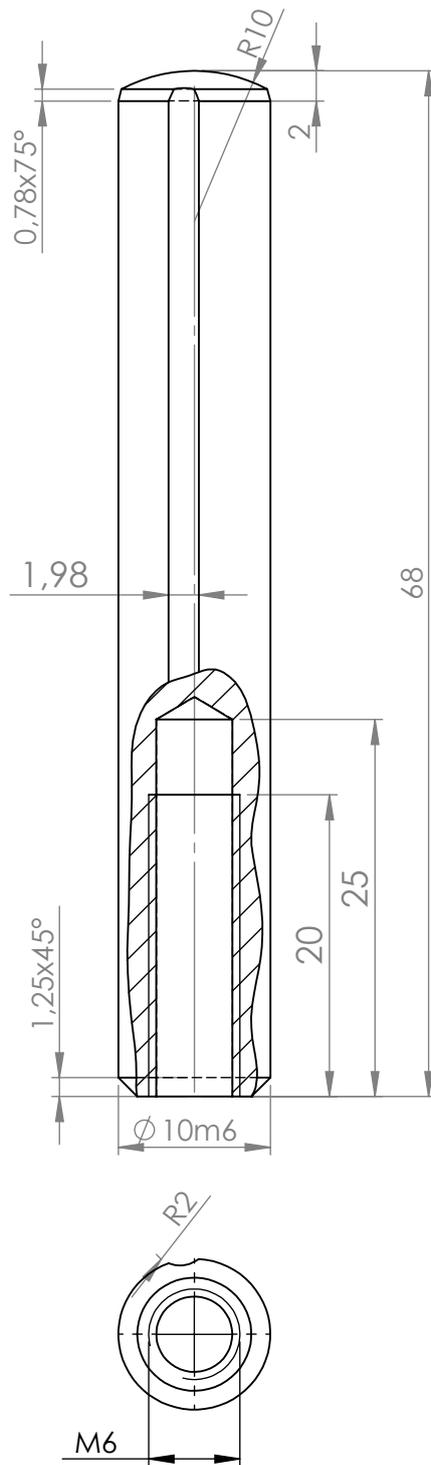
COUPE B-B



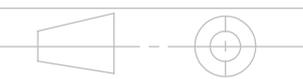
DÉTAIL C

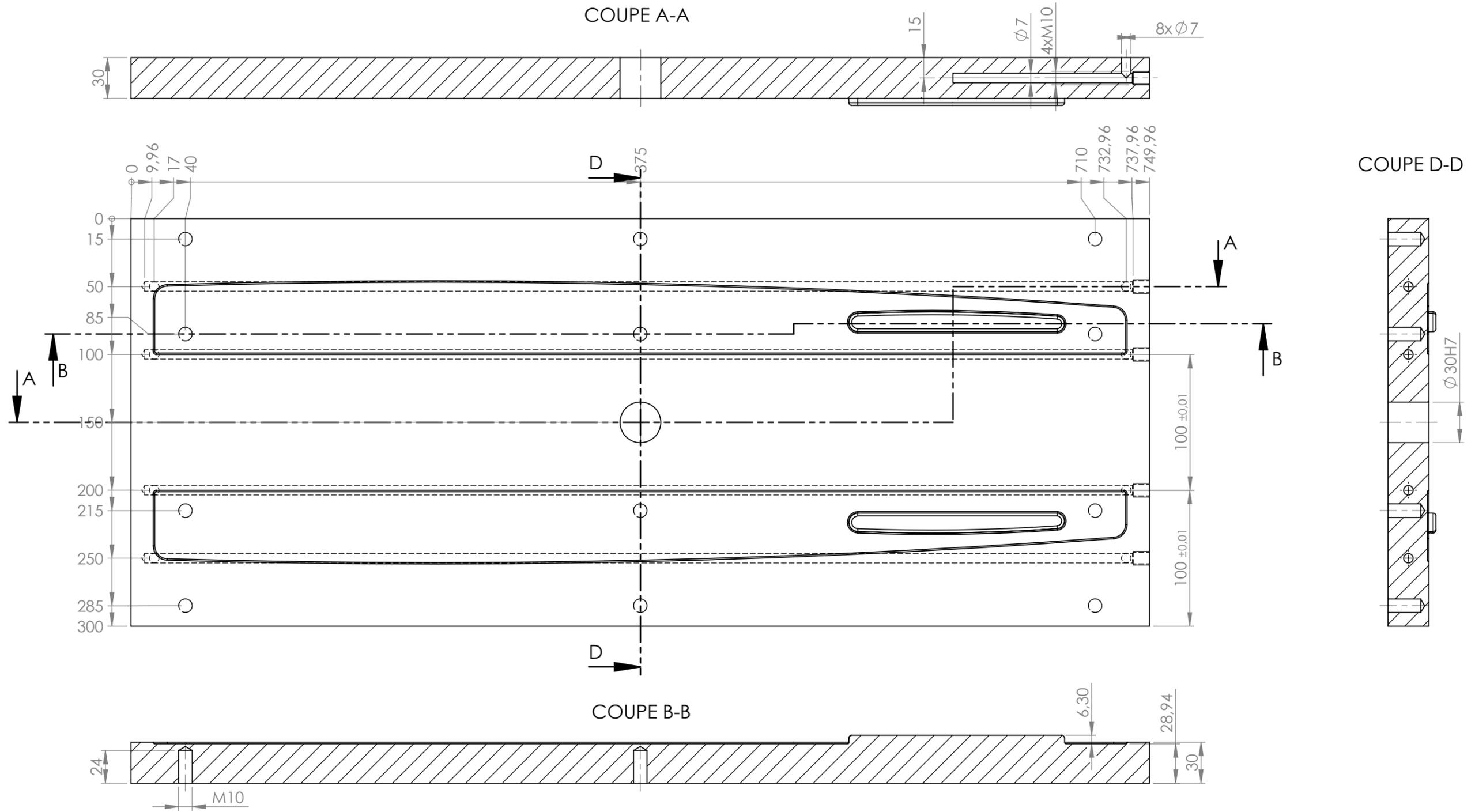


1	02	Enjoliveur	ABS	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
				AMRANE AREZKI
				BABACI AMINA
				DJIDJA NASSER
				18/06/2017
Echelle		Moule d'injection plastique pour enjoliveurs d'un congélateur ENIEM 225L		
1:2				
A3		U M M T O		



Cotes sans tolérances  
 $it = \pm 0.3$

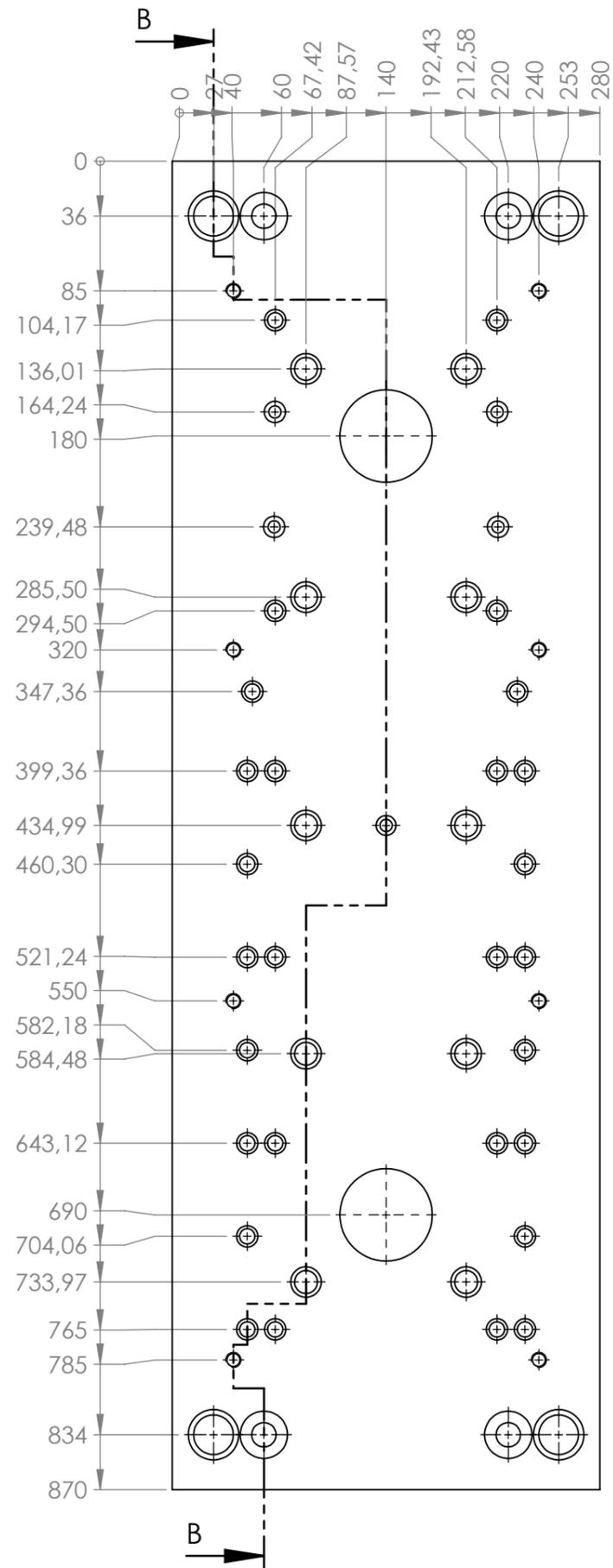
27	08	Goupille tasseau	Acier non allié	trempe
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L		AMRANE AREZKI BABACI AMINA DJIDJA NASSER
				28/05/2017
A4		U M M T O-FGC-GM		



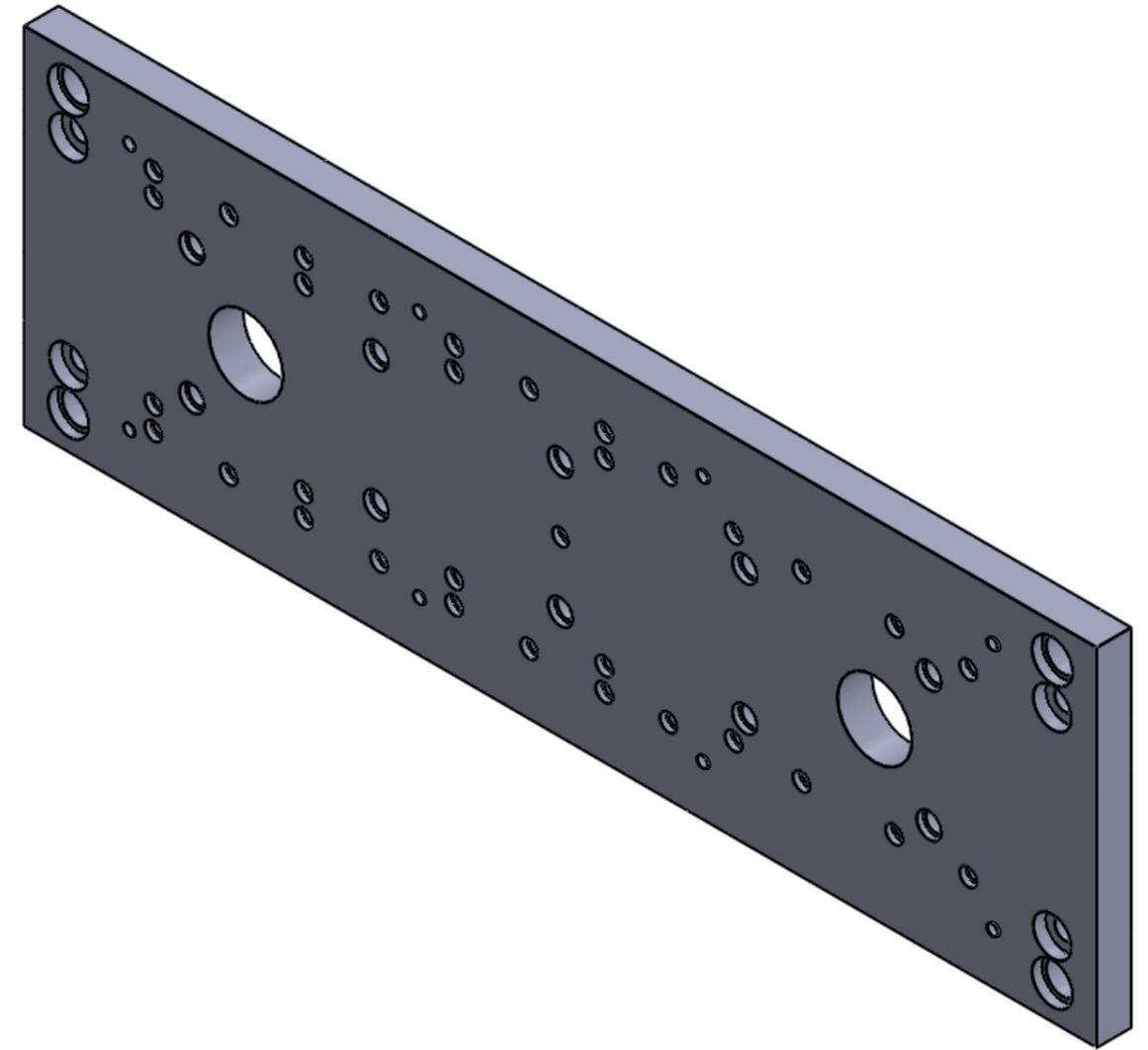
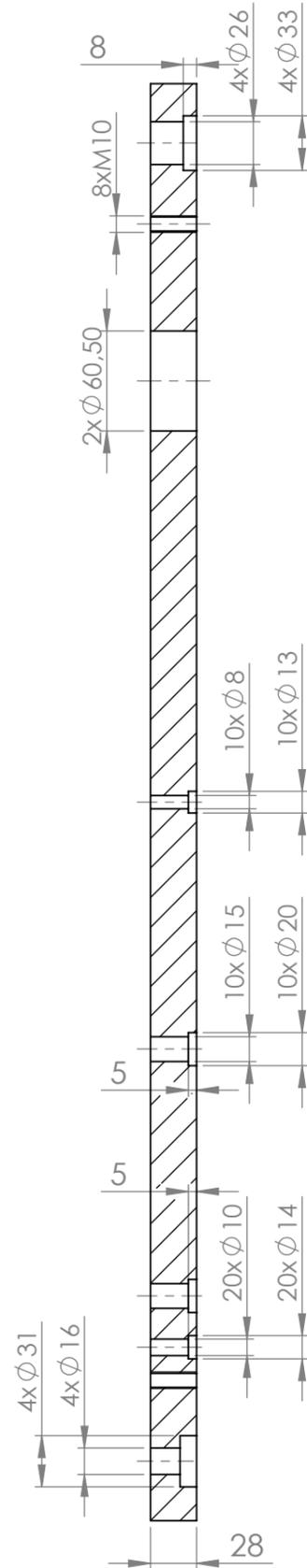
Cotes sans tolérances  
it= ±0.1

Ra=3.2

Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
10	1	Noyau (coté fixe)	X19NiCrMo 6	
Echelle 1:3		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L		AMRANE AREZKI BABACI AMINA DJIDJA NASSER
A3				
U M M T O-FGC-GM			18/06/2017	

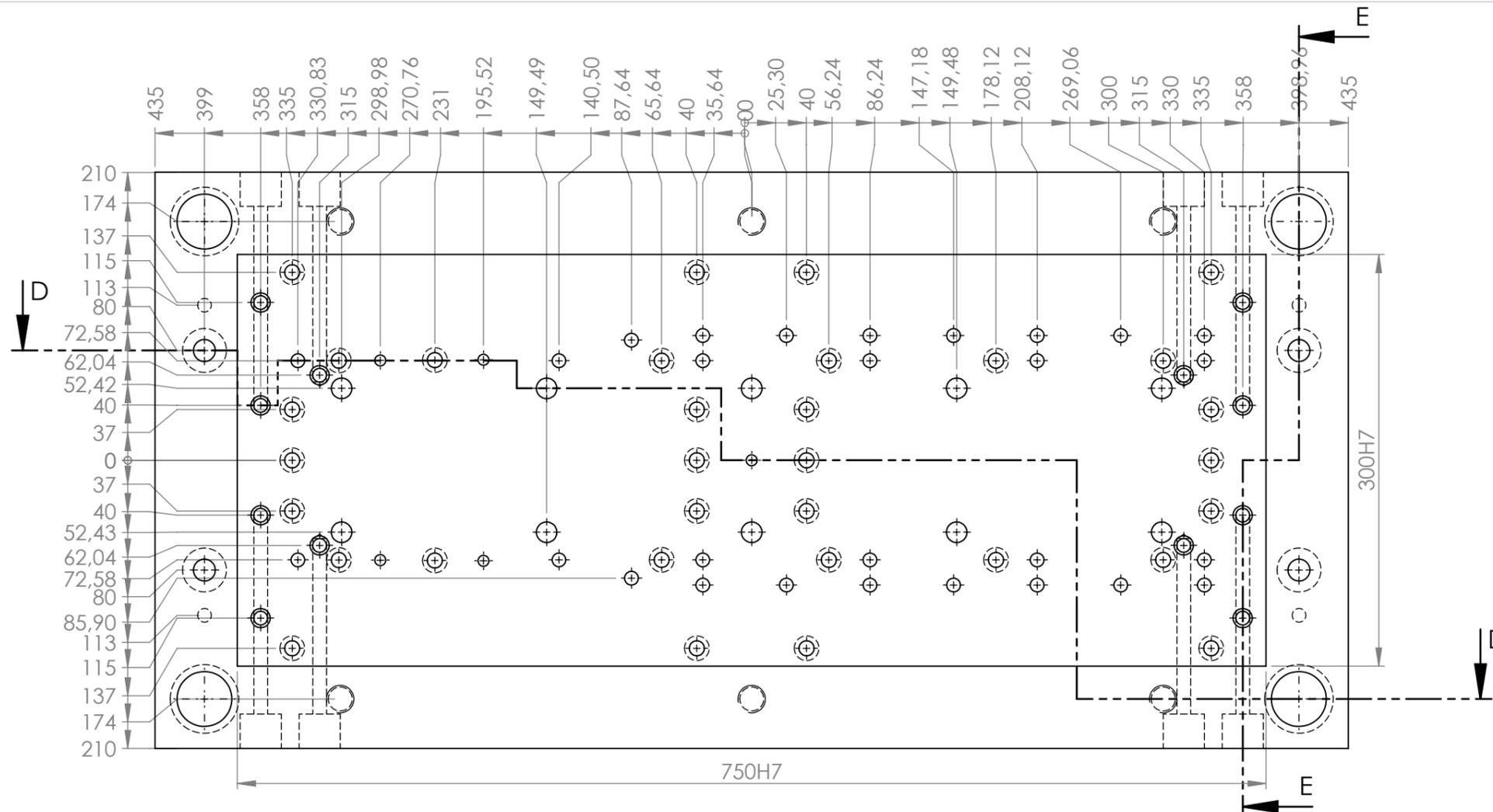


COUPE B-B

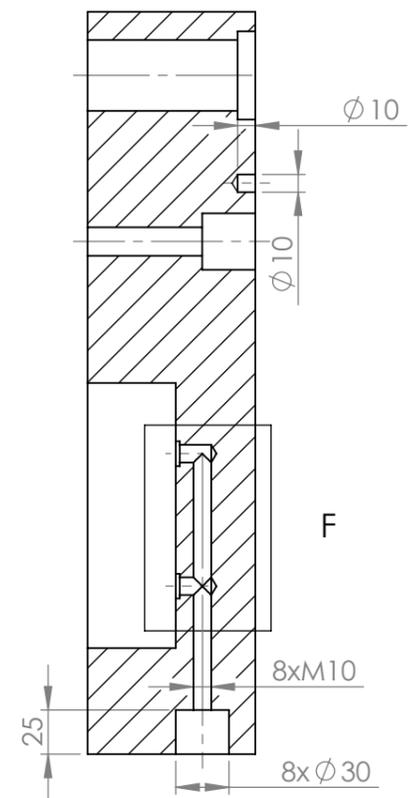


Cotes sans tolérances  
 $it = \pm 0.2$   
 $Ra = 3.2$

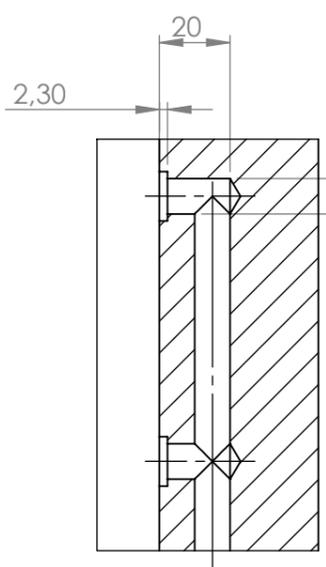
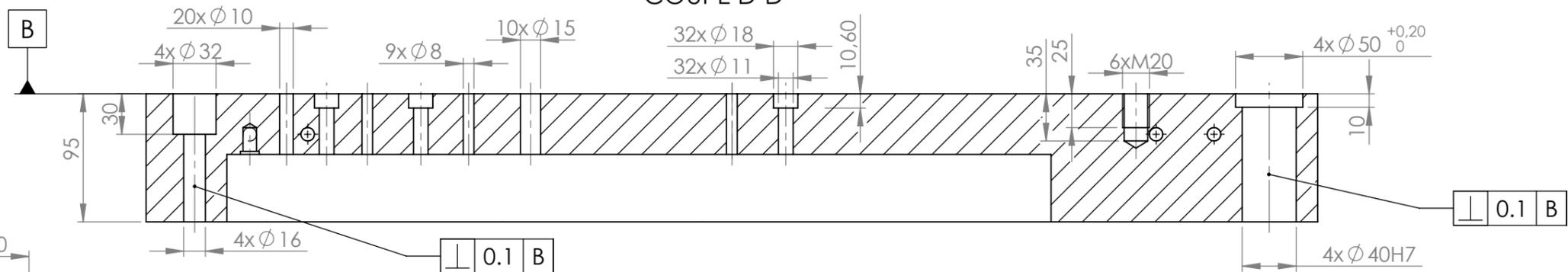
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
15	1	plaque éjectrice	C 48	
Echelle 1:4		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L		AMRANE AREZKI
A3				BABACI AMINA
		U M M T O-FGC-GM		DJIDJA NASSER
				18/06/2017



COUPE E-E



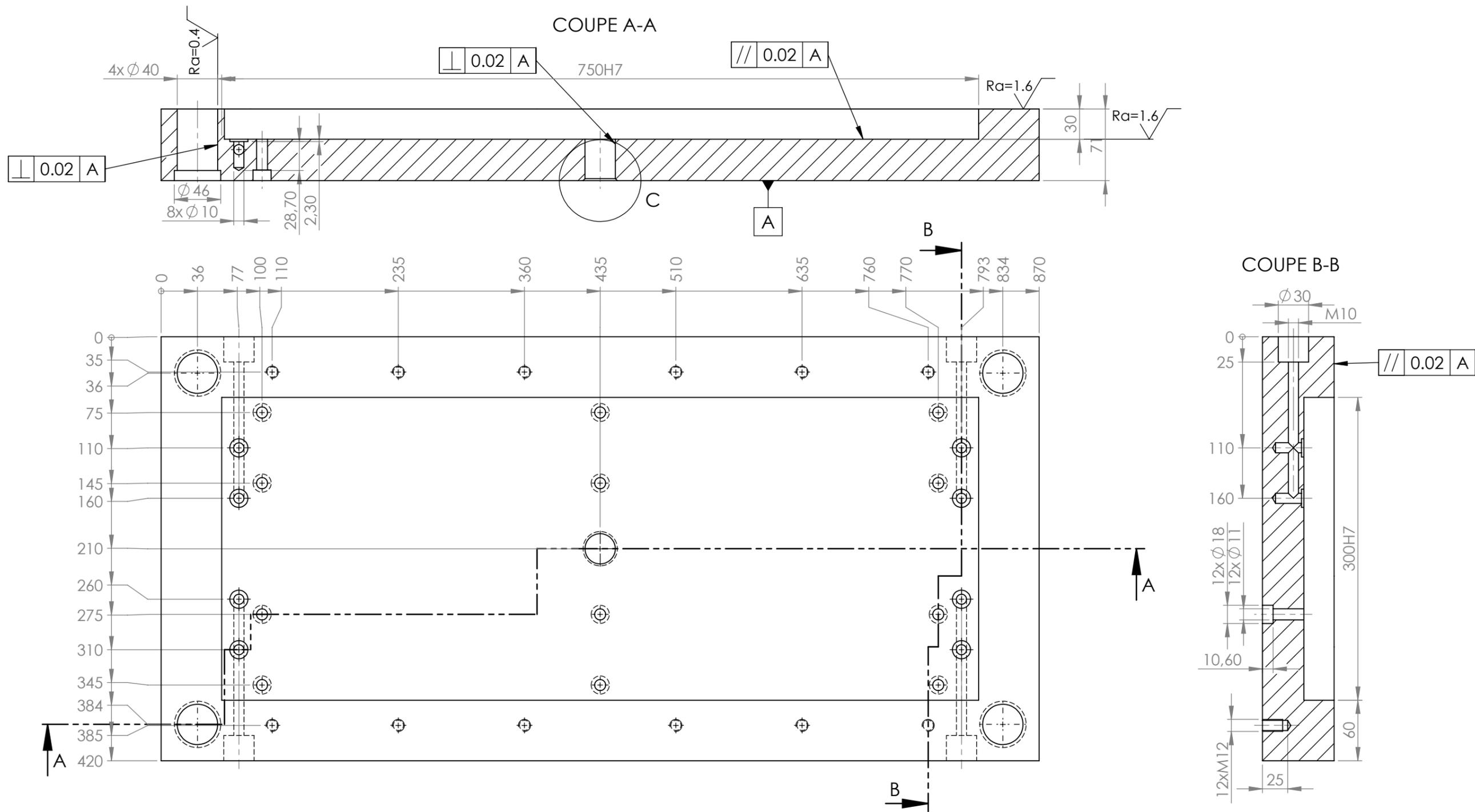
COUPE D-D



DÉTAIL F  
ECHELLE 1 : 2

Cotes sans tolérances  
it= ±0.1  
Ra=3.2

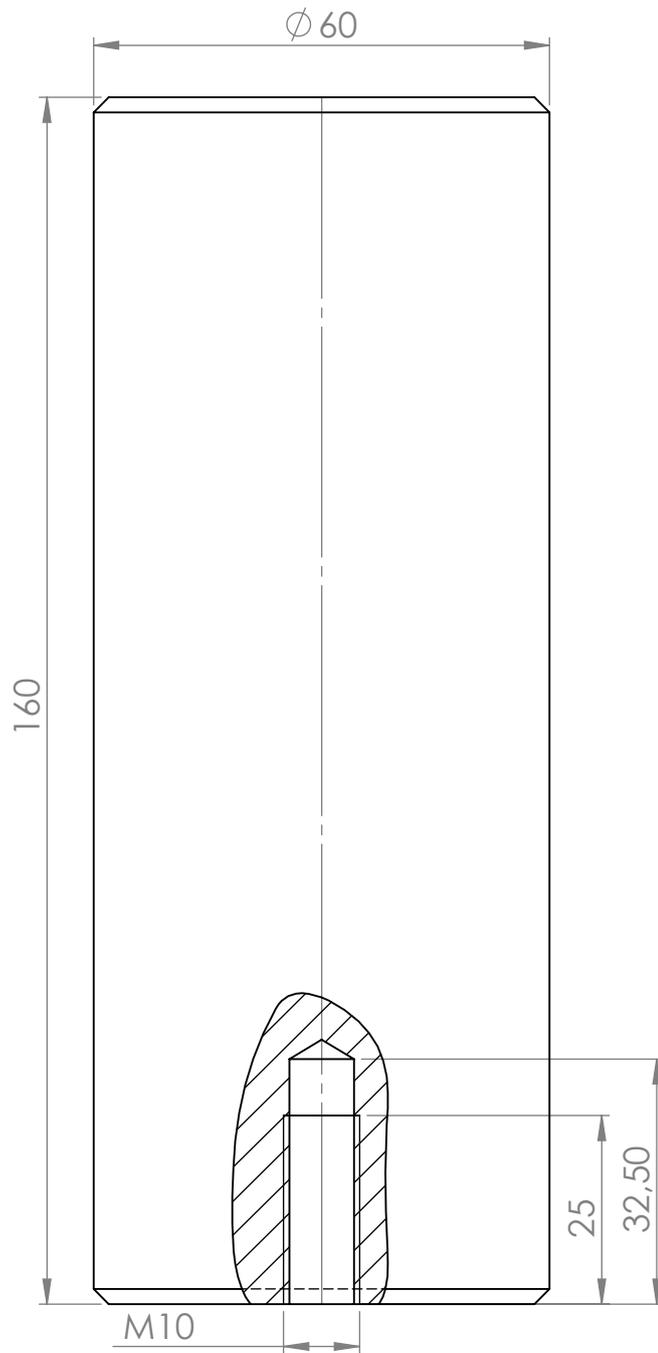
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
04	1	Porte empreinte coté mobile	17Ni Cr Mo 6	
Echelle		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L	U M M T O-FGC-GM	AMRANE AREZKI BABACI AMINA DJIDJA NASSER
1:4				
A3				
				18/06/2017



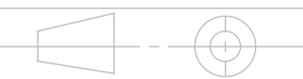
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
03	1	Porte noyau coté fixe	17Ni Cr Mo 6	
		<b>MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L</b>		<b>AMRANE AREZKI BABACI AMINA DJIDJA NASSER</b>
		<b>U M M T O-FGC-GM</b>		<b>18/06/2017</b>

Echelle  
1:4

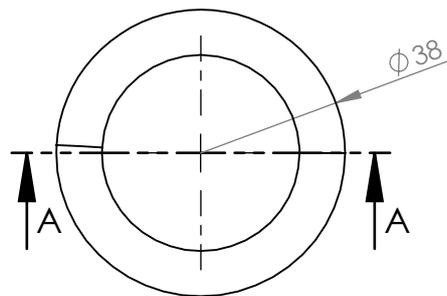
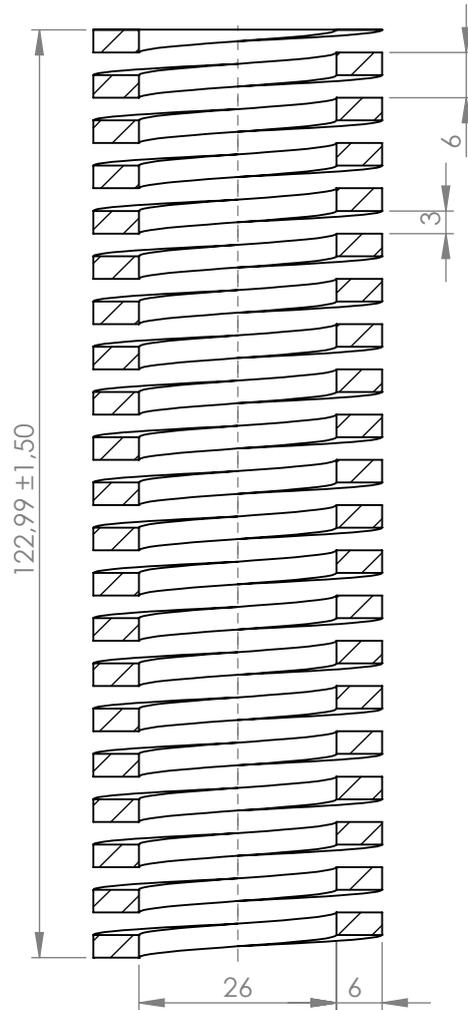
A3



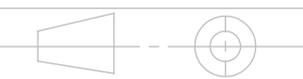
Cotes sans tolérances  
 $it = \pm 0.3$

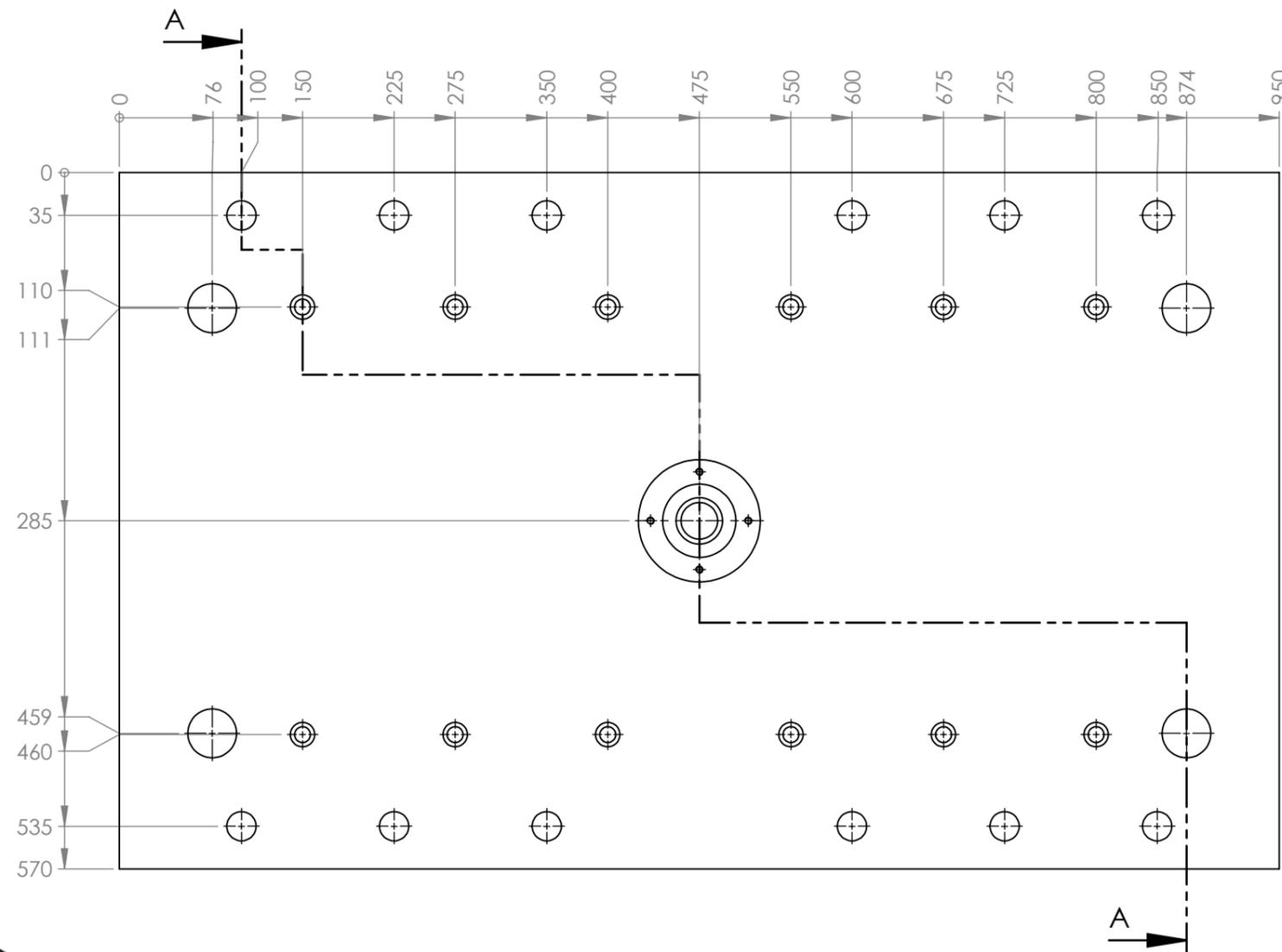
25	02	renfort	C 35	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L		AMRANE AREZKI
				BABACI AMINA
A4		U M M T O-FGC-GM		DJIDJA NASSER
				18/06/2017

COUPE A-A

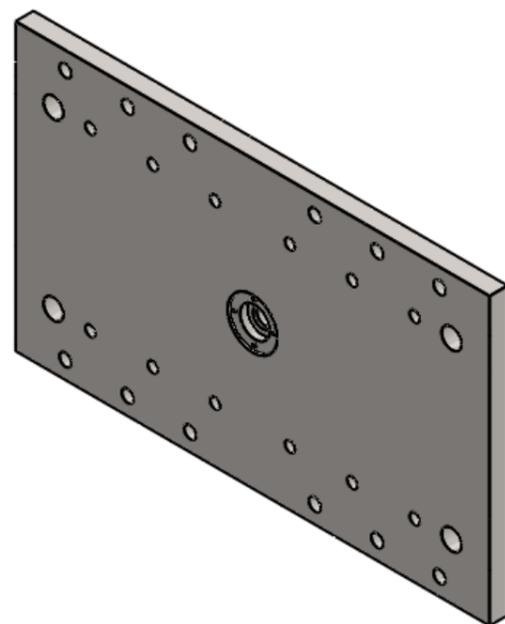
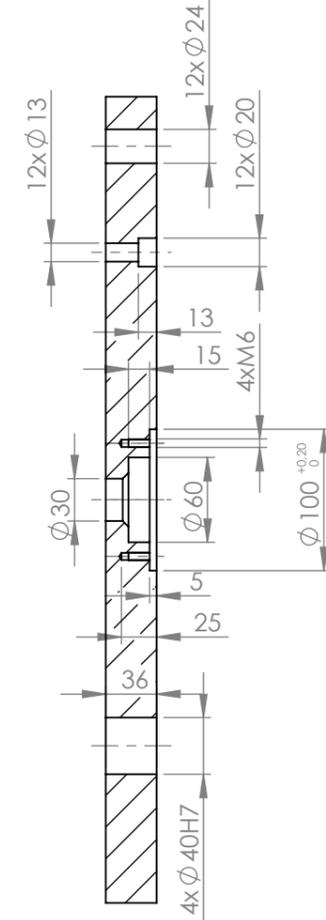


Cotes sans tolérances  
 $it = \pm 0.3$

18	04	ressort	51 Si 7	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L	AMRANE AREZKI BABACI AMINA DJIDJA NASSER	
			18/06/2017	
A4		U M M T O-FGC-GM		



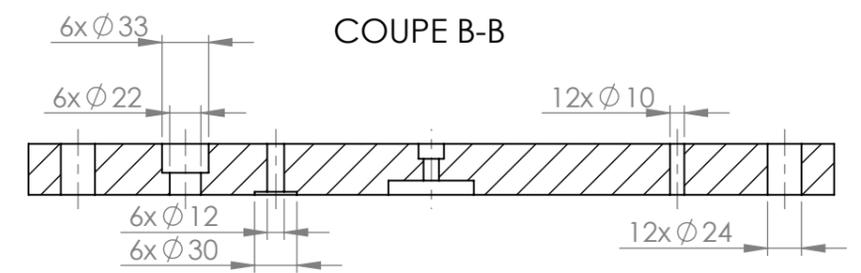
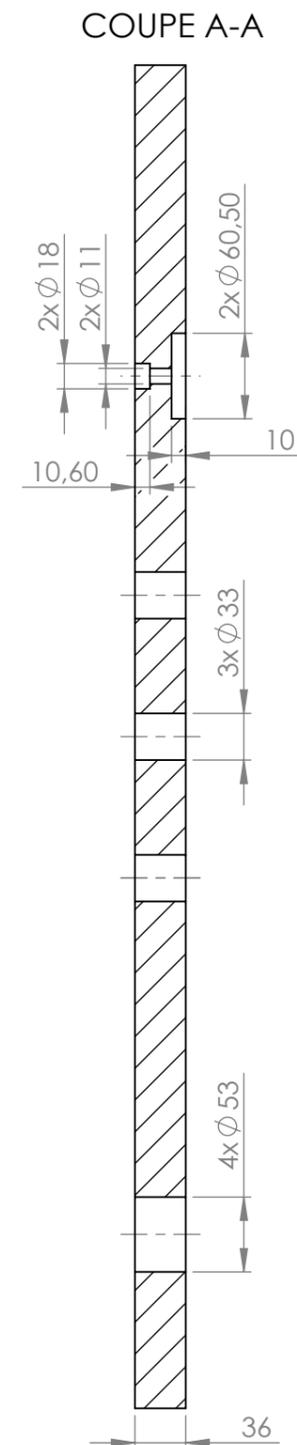
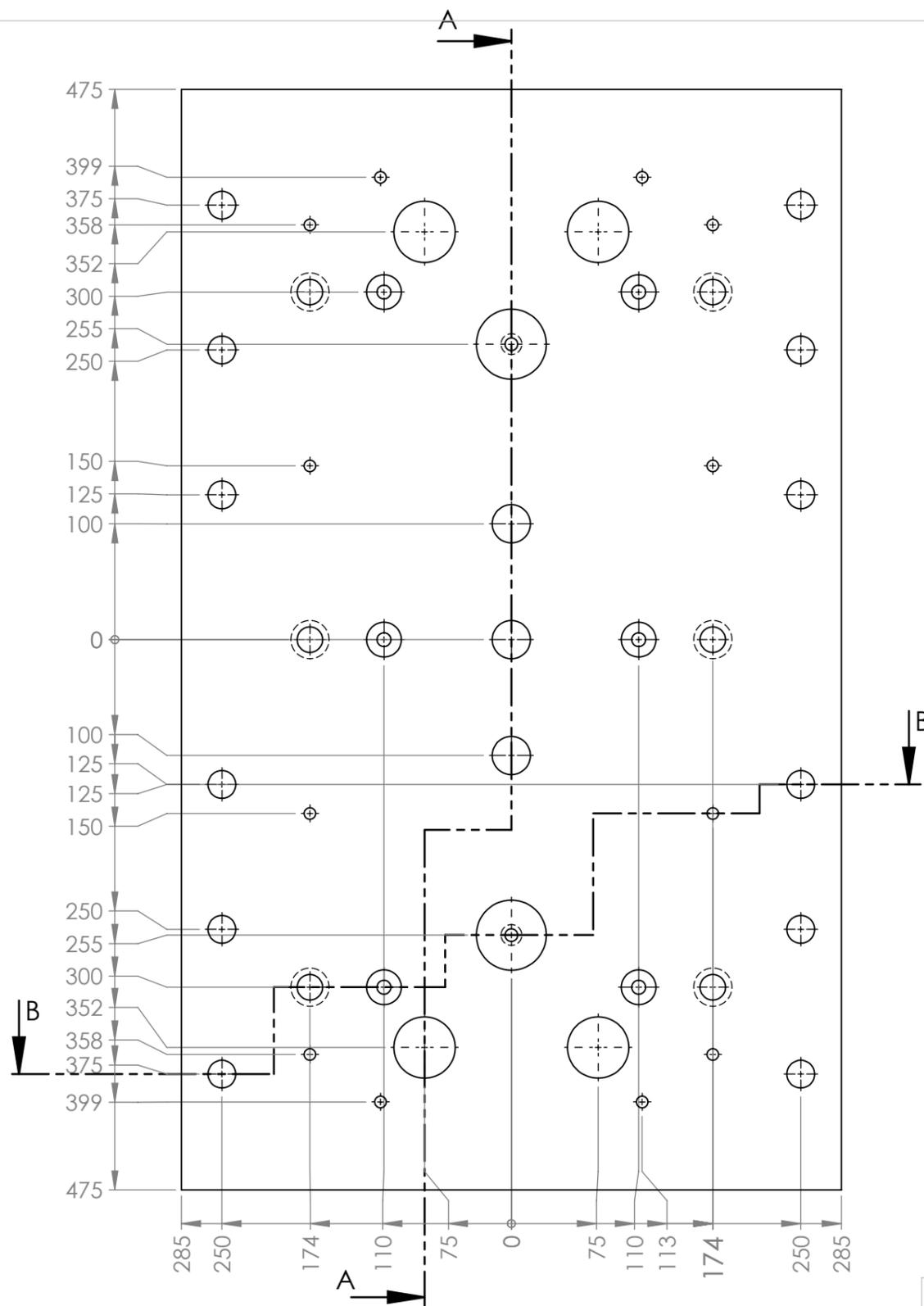
COUPE A-A



Cotes sans tolérances  
it= ±0.3

Ra=3.2

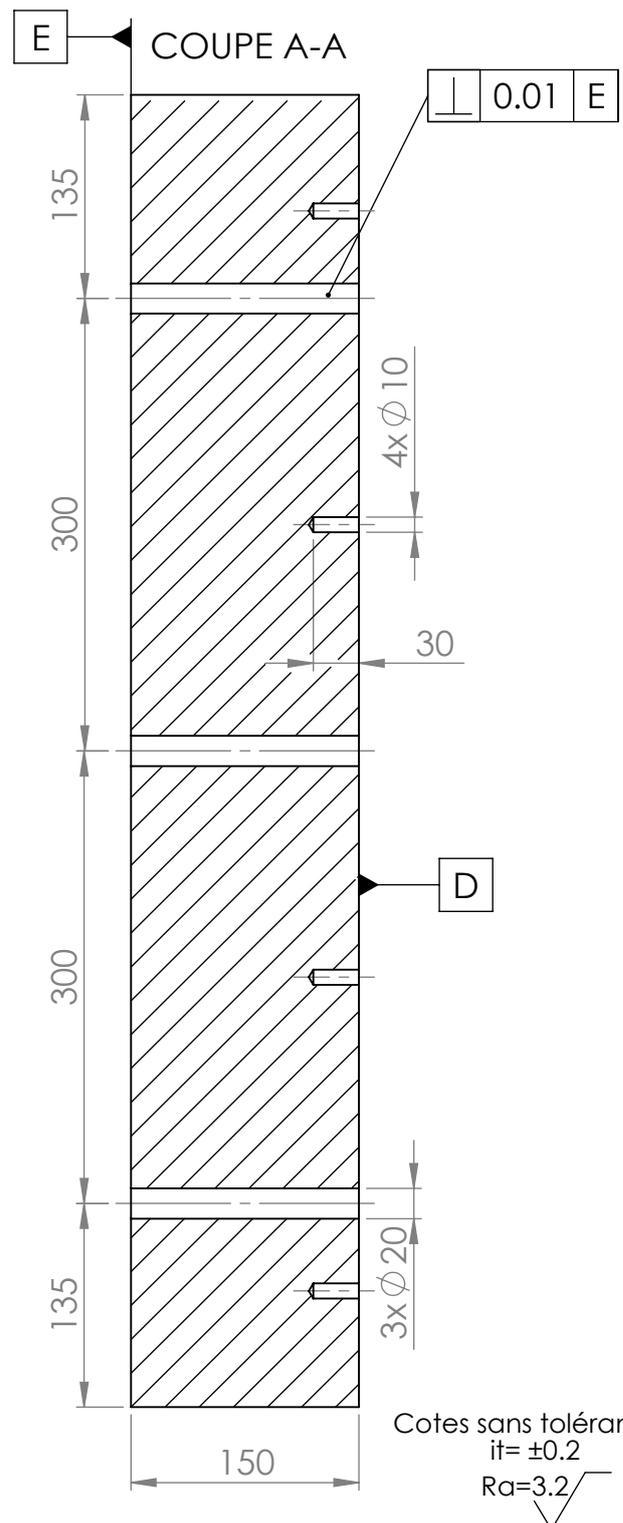
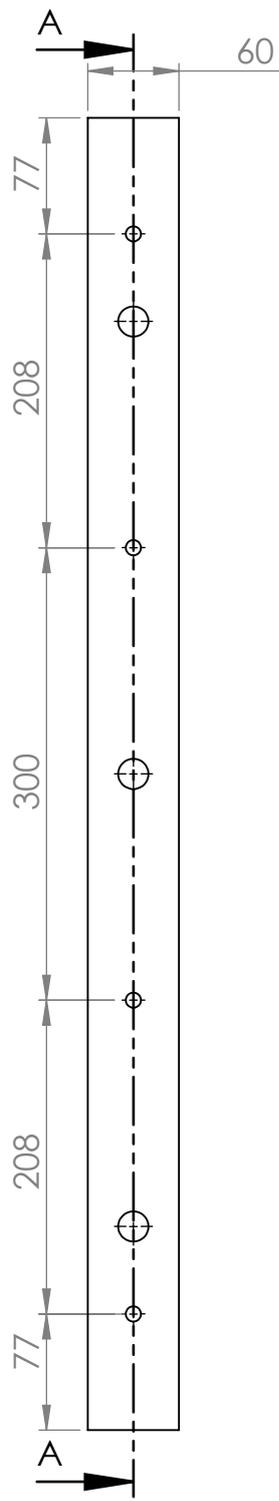
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
1	1	Semelle coté fixe	C 45	
Echelle 1:5		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L		AMRANE AREZKI
A3				BABACI AMINA
		U M M T O-FGC-GM		DJIDJA NASSER
				18/06/2017



Cotes sans tolérances  
it= ±0.3

Ra=3.2

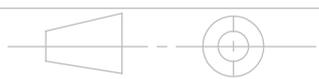
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
02	1	Semelle coté mobile	C 45	
Echelle 1:5		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L		AMRANE AREZKI
A3				U M M T O-FGC-GM
				DJIDJA NASSER
				18/06/2017

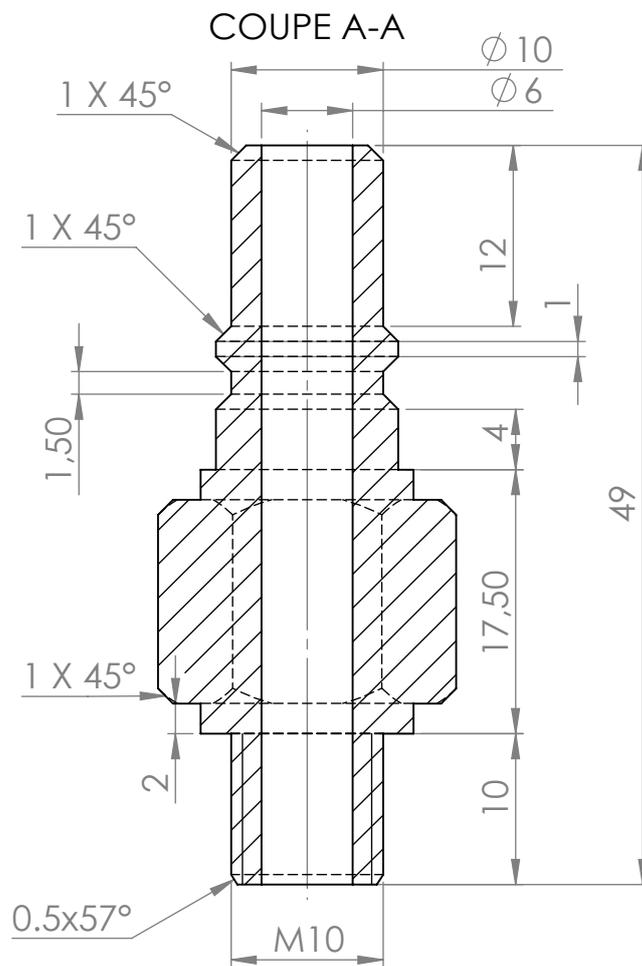
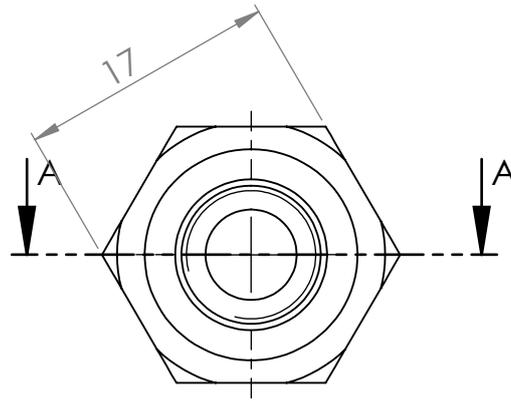


// 0.1 E D

Cotes sans tolérances  
 $it = \pm 0.2$   
 $Ra = 3.2$

07	02	tasseau	C 35	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:5		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L	AMRANE AREZKI BABACI AMINA DJIDJA NASSER	
A4			U M M T O-FGC-GM	28/05/2017





Cotes sans tolérances  
it= ±0.3

26	12	Tétine	Bronze	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 2:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR ENJOLIVEURS D'UN CONGELATEUR ENIEM 225L	AMRANE AREZKI BABACI AMINA DJIDJA NASSER	
			18/06/2017	
A4		U M M T O-FGC-GM		