

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté de génie de la

construction

Département de génie

mécanique



Mémoire de Fin D'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master en

Génie Mécanique option : Fabrication

Mécanique et productive

Thème

***Etude et Conception d'un moule à injection
plastique pour une poulie rideau-store***

Encadre par :

Mr. Asma Farid

Réalisé par :

➤ ***Nekrouche Ramdane***

➤ ***Yamani Nassim***

Promotion : 2021-2022

REMERCIEMENT

Nous tenons à exprimer notre sincères reconnaissances à l'égard de tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce Travail, particulièrement à notre promoteur Mr ASMA FARID pour sa disponibilité, ses conseils, ses suggestions.

Nos remerciements vont également aux responsables et

A tous les enseignants qui nous ont aidés énormément dans la réalisation de notre projet, ainsi qu'à tous ceux qui ont participés de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

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

DÉDICACES

Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents qui m'ont soutenu tout au long de ma vie, qui m'ont orienté dans le bon chemin et qui ont tout fait pour que je réussisse, que dieu vous garde de tout malheur.

A mes très chères sœurs : Asma et Nesma.

Et ma petite nièce : Liliana.

A toutes ma familles Yamani et Hasnoui.

A tous mes amis (es) : Yacin, Amine la piece, Pinou, Essaid.

A tous mes amis qui ont quitté le pays : Nabil, Tarik, Yanis, Abde Slam, et mon cousin Abde Slam.

*Et sans oublier notre très chère promo
2021/2022.*

Nassim

DÉDICACES

*Je dédie ce modeste travail A mes très chers parents
qui m'ont toujours soutenu Tout au long de ma vie, qui
m'ont orienté dans le bon Chemin et qui ont tout fait
pour que je réussisse, que Dieu vous garde.*

*A mes très chères frères: Ouamar et syfax.
A ma très chères sœur : lynda.*

A toute ma famille.

*A tous mes amis (es) Bougou, Mahmoud, Jugurta, Samy,
Moumouh, et à tous ceux que j'aime.*

Et sans oublie notre très chère promo 2021/2022.

Ramdane

SOMMAIRE
REMERCIEMENTS
DEDICACES
LISTE DES FIGURES
LISTE DES TABLEAUX
LISTE DES SYMBOLES :
PRESENTATION DU SUJET

Introduction générale

Chapitre I: Généralité sur les matériaux plastique

I. Introduction :	1
II. Définition des matières plastiques :	1
II.1 Les différents groupes de matières plastiques :	1
II.1.1 Les thermoplastiques (Les thermoplastes) :	1
II.1.2 Les thermodurcissables (Les duroplastes) :	2
II.1.3 Les élastomères :	2
II.2 Les propriétés et comportement des matières plastiques :	2
II.2.1 Propriétés thermiques et physiques :	2
II.2.2 Propriétés mécaniques :	3
II.2.3 Propriétés chimiques :	4
II.3 Amélioration des propriétés des matières plastiques :	4
II.4 Domaine d'application de la matière plastique:	4
II.5 La présentation des matières plastiques :	6
III Le recyclage des matières plastiques:	6

IV	Présentation du Polypropylène :.....	8
IV.1	Caractéristiques générales du polypropylène :.....	9
IV.2	Propriétés thermiques :.....	9
IV.3	Autre Propriétés	9
IV.4	Conditions de mise en œuvre :.....	10
V	Conclusion :.....	10

Chapitre II: Mise en forme des matériaux plastique

I	Introduction :.....	11
II	Les procédés industriels de fabrication :.....	11
II.1	L'injection :	11
II.2	Injection soufflage :.....	12
II.3	L'extrusion :	13
II.4	Le thermoformage :	14
II.5	Rotomoulage :.....	15
II.6	Le calandrage :.....	16
II.7	Impression 3D :	17
III	Détail sur l'injection :	18
III.1	Le processus de moulage par injection :	18
III.2	Composants de la Machine de moulage par injection :.....	20
III.3	Les différentes parties ou unités d'une presse :.....	22
III.3.1	Unité d'injection :.....	22
III.3.2	Unité de fermeture :.....	24
III.3.3	Le moule :.....	25
IV	Le choix d'une presse :.....	26
IV.1	Les différents types de presse à injecter :.....	26
IV.1.1	Presse à injection horizontale :.....	26

IV.1.2 Presse verticale :.....	27
V Défauts d'injection :.....	27
V.1 Retassures :.....	27
V.2 Ligne de soudure :.....	28
V.3 Bulles :.....	28
V.4 Brûlure - effet diesel :.....	29
V.5 Points Noirs :.....	29
V.6 Délaminage :.....	30
V.7 Bavure :	30
V.8 Pièce moulée incomplet.....	31
V. 10 Gauchissement.....	31
V.11 Tirage de fil :	32
VI Conclusion :.....	32

Chapitre III : Conception du moule et CFAO

I. Introduction :.....	33
II. Conception d'un moule thermoplastique:	33
II.1 Nomenclature de moule :.....	34
II.2 Les différentes familles de moules :.....	35
II.2.1 Moule à deux plaques :.....	35
II.2.2 Moule à tiroir :	36
II.2.3 Moule à coquilles :	37
II.2.4 Moule à canaux chauds:	38
III Fonctions d'un outillage d'injection :	38
III.1 Le nombre et la disposition d'empreintes :	39
III.2 Canaux d'alimentation :	42
III.3 Fonction alimentation :.....	45

III.4 Les différents canaux d'alimentation :	45
III.5 Les type de seuil d'injection :	46
III.5.1 Définition :	46
III.5.2 Positionnement optimum du seuil :	48
III.6 Fonction éjection :	48
III.6.1 Choix du dispositif d'éjection :	49
IV La matière :	49
IV.1 Avantages particuliers :	51
IV.2 Précautions limites d'emploi :	51
IV.3 Utilisations les plus courantes :	51
V. Matériaux pour la fabrication des moules :	52
V.1 Les aciers utilisés:	53
VI. Conception des pièces :	54
VI.1. Règles de conception pour l'injection plastique :	55
VII. L'éventation :	59
IIX. Thermique du moule :	59
IX Introduction à la CFAO :	60
IX.1 Définition de la CAO :	60
IX.2 Application	61
IX.2.1 Conception de la pièce moulée :	61
IX.2.2 Conception du moule :	61
IX.2.3 Assemblage des pièces du moule :	62
IX.2.4 Mise en plans des pièces du moule :	63
X. Conclusion :	64
Chapitre IV: Calculs et vérifications	
I. Introduction :	65

II. Choix de la machine :	65
II.1 La capacité d'injection :	65
II.1.1 La masse de la pièce :	66
II.1.2 La masse de la carotte :	66
II.2 Calcul de la force de fermeture.....	67
II.3 La puissance de plastification (C) :	69
II.4 La distance entre colonnes :	73
II.5 Epaisseur minimale du moule :	74
III. Le bilan thermique :	74
III.1 Temps de refroidissement :	75
III.2 Temps de cycle :	75
IV Résistance des matériaux :	76
IV.1 Résistance du plan de joint au matage:	76
IV.2 Vérification des vis de fixation du porte empreinte mobile, des tasseaux et la plaque semelle au cisaillement :	77
IV.3 Vérification des vis de fixation du porte empreinte fixe, et la plaque semelle au cisaillement :	78
IV.4 Résistance des colonnes de guidage au cisaillement :	79
V. Le choix des ressorts :	80
VI Conclusion :	83
Conclusion générale	84
Referance Bibliographique	
Mis en plans	

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Evaluation de la consommation des polymères.....	5
Figure 2 : Signe de recyclage général	7
Figure 3 : Schéma du principe de mise en œuvre.....	11
Figure 4 : procédé d'injection	12
Figure 5 : Injection Soufflage	13
Figure 6 : procédé d'extrusion	14
Figure 7 : procédé de thermoformage	15
Figure 8 : Rotomoulage.....	16
Figure 9 : Le calandrage.....	17
Figure 10 : impression 3D	18
Figure 11 : Déroulement du cycle d'injection.....	19
Figure 12 : Différentes zones de la vis.....	21
Figure 13 : presse à injection	21
Figure 14 : unité d'injection.....	23
Figure 15 : Unité de fermeture	24
Figure 16 : Moule a injection plastique.....	25
Figure 17 : presse injection horizontal	26
Figure 18 : presse injection verticale.....	27
Figure 19 : défaut Retassure.....	28
Figure 20 : ligne de soudure.....	28
Figure 21 : petites bulles d'air.....	29
Figure 22 : brulure.....	29
Figure 23 : point noirs	30
Figure 24 : Délaminage	30
Figure 25 : bavure.....	31
Figure 26 : pièce moulée incomplète.....	31
Figure 27 : Gauchissement	32
Figure 28 : Tirage de fil.....	32
Figure 29 : Nomenclature de moule.....	34

Figure 30 : Moule à deux plaques	36
Figure 31 : Moule a tiroir	37
Figure 32 : Moule a coquille	37
Figure 33 : Moule à canaux chauds.....	38
Figure 34 : Disposition circulaire des empreintes dans un moule.....	40
Figure 35 : Disposition linéaire des empreintes dans un moule.....	41
Figure 36 : Autre système de disposition	42
Figure 37 : Canaux d'alimentation.....	46
Figure 38 : Structure moléculaire	50
Figure 39 : conception d'une pièce sur solidworks.....	61
Figure 40 : utilisation de l'outil de moulage sur solidworks.....	62
Figure 41 : Assemblage sur solidworks	63
Figure 42 : Mise en plans sur solidworks.....	63
Figure 43 : caractéristique de la poulie	66
Figure 44 : Caractéristique de la carotte	67
Figure 45 : La surface de la poulie	68
Figure 46 : Rapport Solid Works plastique.....	71
Figure 47 : Schémas d'un plateau d'une presse 75T.....	73
Figure 48 : Caractéristiques dimensionnelles de la presse 75T (i3).....	74
Figure 49 : La section du plan de joins.	76
Figure 50 : Porte empreinte mobile.....	77
Figure 51 : Porte empreinte fixe.....	78
Figure 52 : Partie fixe.....	80
Figure 53 : Batterie d'éjection.....	81
Figure 54 : Classification des ressorts par couleur.....	82

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Domaines d'applications des polymères.....	5
Tableau 2 : Propriétés thermiques du polypropylène	9
Tableau 3 : Propriétés thermiques du polypropylène	9
Tableau 4 : Caractéristiques technologiques du polypropylène.....	9
Tableau 5 : Conditions de mise en œuvre de polypropylène	10
Tableau 6 : canaux d'alimentation	43
Tableau 7 : Matériaux pour la fabrication des moules.....	53
Tableau 8 : Capacité d'injection	65
Tableau 9 : La pression d'injection	68
Tableau 10 : Caractéristiques techniques de la presse 75T.....	69
Tableau 11 : Résumé de rapport d'analyse	71

LISTE DES SYMBOLES :

MOCN : machines-outils à commande numérique

CFAO : conception et fabrications assistées par ordinateur
CAO : conception assistée par ordinateur

FAO : fabrication assistée par ordinateur

PE : polyéthylène

PS : polystyrène

PVC : polychlorure de vinyle

Tg : point de température de transition vitreuse (°c)

Tf : point de fusion (°c)

PP : Polypropylène

ABS : Acrylonitrile Butadiène Styène

PEhd : Polyéthylène haute densité

PEbd : Polyéthylène basse densité

e : épaisseur (mm)

L : longueur (mm)

Lc: longueur totale des canaux (mm)

S : Surface (mm²)

F0: force d'ouverture du moule (N)

Fs: force de serrage (N)

Fv: la force de verrouillage (N)

F : effort normal (N)

σ : contrainte (Mpa)

$[\tau]_{\text{cis}}$: limite de cisaillement admissible (Mpa)

K : Coefficient de sécurité (pas d'unité)

S_{pj} : surface du plan de joint (mm^2)

R_e : limite élastique du matériau (Mpa)

t_R : temps de refroidissement (s)

t_i : temps d'injection (s)

t_m : temps de maintien (s)

t_e : temps d'éjection (s)

t_o : temps d'ouverture (s)

t_f : temps de fermeture (s)

T_i : température de la matière à l'injection ($^{\circ}\text{C}$)

T_m : température moyenne du moule au cours du cycle ($^{\circ}\text{C}$)

T_e : température de la matière à l'éjection ($^{\circ}\text{C}$)

M : masse de la grappe moulée (g)

d_c : diamètre des canaux (mm)

L_c : longueur totale des canaux (mm)

d: diamètre (mm)

c : puissance de plastification (kg/h)

n: le nombre de sections cisillées

H : hauteur (mm)

Introduction générale

En ces temps si, les pièces thermoplastiques occupent une large et grandissante place au sein de notre univers quotidien tous domaines confondu automobiles, aménagement et tous types d'ustensiles du quotidien, et la course à l'innovation et amélioration des designs devient la priorité primordiale de tous le marcher de production.

Dans cette lutte acharnée de concurrences, la recherche et l'optimisation du cout de revient et du temps de production du produit devint alors une nécessité, ce qui revient à dire que la maitrise et la connaissance des outils technologiques les plus performant est prioritaire, comme l'utilisation des logiciels de conception et de fabrication.

On nous a confié dans le cadre de l'exécution de notre mémoire de fin d'études, la conception et la fabrication d'un moule d'injection plastique pour une Poulie de rideau store. Cette dernière étant en plastique et obtenue par le procédé d'injection.

Notre objectif dans 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 (SOLIDWORKS).

Nous avons organisé notre travail en quatre chapitres afin de bien cerne le travail. Après une introduction générale sur le sujet, vient le chapitre I qui présente l'étude des matières plastiques, puis les procédés de mise en œuvre de ces dernières sont présentés dans le deuxième chapitre. Ensuite, la conception du moule répartie en deux parties :

Une partie théorique notée chapitre III, dans laquelle nous avons traité les équipements et les méthodes nécessaires à la conception et fabrication assistée par ordinateur (CFAO), ensuite nous aborderons la partie calcul au chapitre IV.

Enfin, nous terminerons par les dessins de définitions et le dessin d'ensemble qui seront présentés après conclusion générale.

PRESENTATION DU SUJET

Élément du volet roulant à manœuvre par sangle. La poulie se trouve dans le coffre à l'extrémité du tube d'enroulement. La sangle vient se fixer et s'enrouler dessus pour entraîner la rotation de l'axe. La sangle va venir ensuite s'enrouler autour de la poulie et celle-ci sera reliée à l'axe afin de pouvoir enrouler et dérouler le tablier de votre volet roulant.

Afin de réaliser cette poulie, nous avons mis à notre disposition une ancienne poulie, avec les modifications à lui apporter à sa forme et sa matière.

Le but du sujet est de concevoir et fabriquer un moule à injection plastique pour la réalisation d'une poulie (dont les plans sont présentés ci-après), ainsi que son traitement sur logiciels de conception et de fabrication assistés par ordinateur (CFAO).

Chapitre I
Généralité sur les matériaux
plastique

I. Introduction :

Une matière plastique ou plastique dans le langage courant est un mélange comprenant un matériau de base (polymère) qui peut être moulé, façonné, généralement à chaud et sous pression, pour produire un produit ou un objet semi-fini. Le mot « plastique » vient de plasticité. Les plastiques couvrent une très large gamme de matériaux polymères synthétiques ou artificiels. Aujourd'hui, on peut observer les mêmes propriétés matérielles qui n'ont jamais été combinées auparavant, telles que la transparence et la résistance aux chocs.

Les textiles (fils et fibres) et les élastomères eux-mêmes ne sont pas des matières plastiques.

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

Structure typique d'une formule : Matière plastique = polymère brut (résine de base) + charge + plastifiant + additif.

Il existe un grand nombre de chirurgiens plasticiens, certains connaissent un très grand succès commercial. Les plastiques se présentent sous de nombreuses formes : pièces moulées par injection, tuyaux, films, fibres, tissus, mastics, revêtements, etc. Ils existent dans de nombreux domaines, même dans les domaines les plus avancés technologiquement.

II. Définition des matières plastiques :

La matière plastique ou familièrement appelée plastique désigne un mélange contenant une matière de base organique naturelle ou synthétique susceptible d'être moulée, mise en forme généralement à chaud et sous pression, pour produire des produits semi-finis ou finis. Le mot « plastique » vient de ductilité ou plasticité. Les matières plastiques recouvrent une très large gamme de matériaux synthétiques et artificiels.

II.1 Les différents groupes de matières plastiques :

II.1.1 Les thermoplastiques (Les thermoplastes) :

Un thermoplastique est un matériau qui se ramollit lorsqu'il est suffisamment chauffé mais qui durcit lorsqu'il est refroidi. Par conséquent, ce matériau conserve toujours de manière réversible sa thermoélasticité d'origine. L'état ramolli permet leur déformation mécanique, qui est figée par refroidissement. Cette qualité rend le matériau recyclable, à condition que le matériau ne se dégrade pas thermiquement et que la contrainte de cisaillement mécanique de l'éventuel processus de moulage n'altère pas la structure moléculaire. C'est le cas des verres,

des métaux, et généralement des macromolécules unidimensionnelles, à structure linéaire ou ramifiée, issues de la chimie organique (es. PE, PVC, PA).

II.1.2 Les thermodurcissables (Les duroplastes) :

La transformation des thermodurcissables implique une polymérisation, qui est irréversible et aboutit à un produit fini solide, souvent rigide. Ce dernier est infusible et donc non transformable, ce qui l'empêche d'être recyclé. Il est généralement préparé par réticulation, deux composants, dont l'un est généralement une "résine" réagissent sous l'action de la chaleur en présence de réactifs (catalyseurs et accélérateurs de polymérisation). La structure tridimensionnelle (réseau) formée est stable, thermomécanique et chimiquement résistante.

II.1.3 Les élastomères :

Comme les plastique, les élastomères font partie de la famille des polymères. Aujourd'hui, le terme "élastomère" est couramment utilisé pour désigner tous les caoutchoucs, c'est-à-dire les substances macromoléculaires naturelles ou synthétiques ayant une élasticité caoutchouteuse. Le mot "caoutchouc" vient du mot indien cahuchu ("bois qui pleure"), et rappelle ainsi les origines du caoutchouc naturelle, principalement issu d'Hévéa brasiliensis, soit synthétique, issu de la pétrochimie. Les élastomères trouvent de nombreuses applications dans la vie de tous les jours et ont leur place dans l'industrie.

II.2 Les propriétés et comportement des matières plastiques :

Le comportement des polymères se caractérise par une très grande diversité. En effet des polymères rigides, cassants, ductiles ou caoutchouteux se retrouvent d'un point de vue technique dans les mêmes conditions d'utilisation.

II.2.1 Propriétés thermiques et physiques :

➤ **Inflammabilité** : C'est le point faible des plastiques, ils se détruisent en température élevée et se cassent à basses température.

➤ **Résistance thermique** : La chaleur fait perdre aux matières plastiques leurs caractéristiques mécaniques jusqu'à les décomposer, par contre, le froid leur fait perdre souplesse

➤ **Résistance au feu** : Elle est déterminée par le temps pendant lequel un élément continue de jouer son rôle avant de céder sous l'action des flammes. Les matériaux sont classés en trois catégories:

- SF stable au feu: seule la tenue mécanique est requise.
- PF pare flamme : en plus de la résistance mécanique, l'élément doit être étanche aux flammes et ne pas dégager de gaz inflammables
- CF coupe-feu : en plus des critères précédents, la face non exposée au feu ne doit pas s'échauffer à plus de 1400°C en moyenne.

➤ **Isolation thermique** : Ce sont des mousses de matières plastiques qui possèdent les plus bas coefficients de transmission de chaleur.

II.2.2 Propriétés mécaniques :

➤ **Résistance à la traction** : Généralement pour les plastiques à l'état compact, la résistance varie entre 10 et 80 MPA, alors que pour les plastiques renforcés elle se situe entre 200 et 800 MPA

➤ **Résistance à la compression** : Le comportement des plastiques à la compression, présente une résistance beaucoup plus élevée qu'à la traction (50 à 100% de plus).

➤ **Élasticité** : La résistance élastique (module) des plastiques voisine les 3000 MPA, ce qui situe ces matériaux entre les bois et les caoutchoucs. Certaines charges peuvent amener quelques thermoplastiques à 160 Gpa.

➤ **Allongement** : avoisine 150% en général, il peut atteindre 400 à 800% avant rupture pour certains produits comme les fils ou les fibres synthétiques.

II.2.3 Propriétés chimiques :

➤ **Humidité** : Certains plastiques absorbent naturellement de l'eau. D'une façon générale, le taux d'humidité fait varier les caractéristiques mécaniques et dimensionnelles des plastiques.

➤ **Toxicité** : Tous les plastiques n'ont pas le label alimentaire ; il existe une législation assez contraignante à ce sujet. Certains plastiques peuvent provoquer chez des sujets sensibles certains troubles: allergies, inflammations, asthme, etc...

➤ **Sensibilité aux agents extérieurs** : Les matières plastiques offrent en général une bonne résistance aux produits chimiques (acides, bases, solvants). L'eau peut les dégrader à la longue. Les plastiques sont insensibles aux bactéries, champignons et parasites.

II.3 Amélioration des propriétés des matières plastiques :

En introduisant différents composés dans le polymère de base pour améliorer les propriétés physiques et chimiques de la matière plastique (résistance aux chocs, résistance au courants, résistance au vieillissement, etc.), la quantité des différents composants doit être précise (des additifs sont ajoutés à 10 % de la composition finie ; Les additifs sont présents dans les ingrédients finis à moins de 10 %, parfois moins de 1%). L'action de la chaleur assure la conversion en matière première finale. Nous préciserons, par le biais d'additifs ou d'adjuvants, tout produit susceptible d'améliorer une ou plusieurs propriétés du plastique utilisé comme matrice (c'est-à-dire enduit sur armature). La proportion d'additifs dans la composition finie dépasse de 10%.

II.4 Domaine d'application de la matière plastique:

Contrairement à d'autres matériaux encore très focalisés sur une seule activité, ces matériaux polymères sont présents dans tous les domaines d'activité : automobile, construction navel et aéronautique, électronique de puissance, électroménager, sport et loisirs, santé, textile, agriculture, emballage... explique avoir augmenté leur consommation à l'échelle mondiale(graphique et tableau ci –dessous).

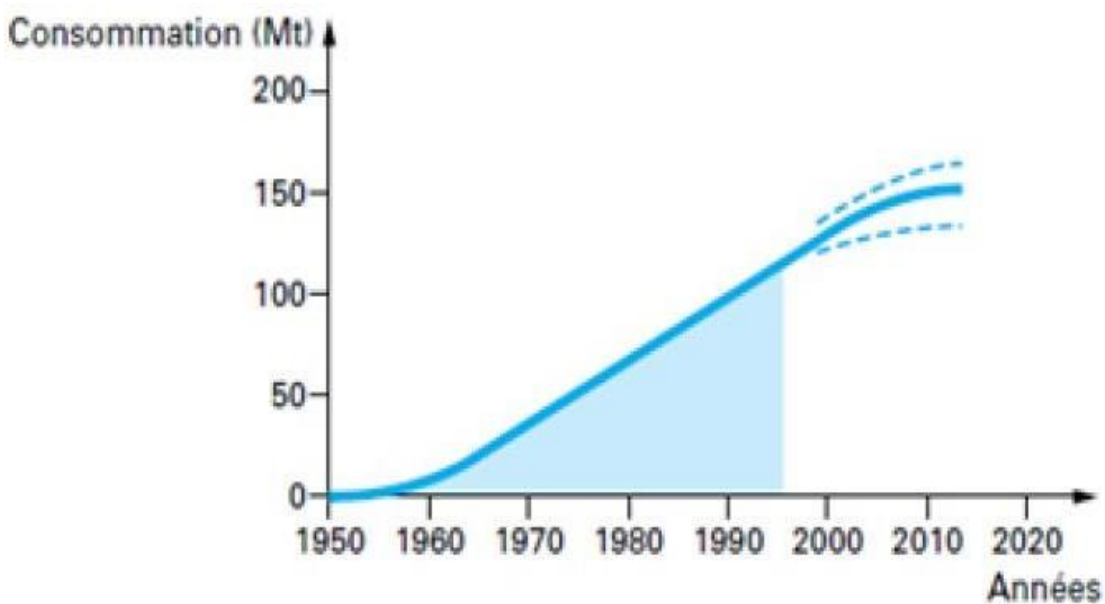


Figure 1 : Evaluation de la consommation des polymères

Tableau 1 : Domaines d’applications des polymères

<i>Domaine</i>	<i>Application</i>	<i>Polymère</i>
Electricité et électronique	<ul style="list-style-type: none"> - Isolant d’appareillages - Circuit imprimés - Carters d’appareils 	<i>Polystères</i> Epoxydes Phénoliques PS, ABS, PP
Automobile	<ul style="list-style-type: none"> - Coussin, volant, pare-chocs - Filtre, batterie, climatiseur - Réservoir d’essence - Garniture interne 	PP PEHD PVC
Bâtiments et travaux public	Canalisation d’eaux, raccord pour tube. décoration lumineaire Tuyaux et profils, tubes électrique	PVC rigide PS PEBD
Emballage et conditionnement	Sac cabas, sac poubelle, articles injectés	- PE BD

	Couvercles, boîtages - Bouteilles, feuilles, films	- ABS - ABS - PVC
Agriculture	- Serre, paillage, ensilage, bâchage, poterie, florale et cagette - Drainage, arrosage	- PE - PVC
Santé	- Proche à sang, gang d'examen, masque pour oxygénothérapie - Piston de seringue getable, éléments de prothèse orthopédique - Paroi de rein artificiel	- PV C - PEHD - ABS

II.5 La présentation des matières plastiques :

La Forme commerciale : on les trouve sous différentes formes :

En poudre : Polychlorure de vinyle (PVC)

En granulés : la majorité des thermoplastique

En billes : Polystyrène expansé (PS)

En résine liquide : la majorité des thermodurcissables

En résine pâteuse : Silicones

III Le recyclage des matières plastiques:

De 1950 à 2015, 8,3 milliards de tonnes de plastique ont été produites dans le monde. 2,5 milliards de tonnes sont utilisées, 500 millions de tonnes ont été recyclées, 800 millions de tonnes ont été incinérées et 4,6 milliards de tonnes ont été mises en décharge. Aux Etats-Unis, un total de 35,4 millions de tonnes ont été collectées en 2017, dont 8,5% ont été recyclées, 15,8% incinérées et 75,7% mises en décharge. En 2020, un total de 29,5 millions de tonnes de déchets plastique a été collecté dans l'UE, ainsi qu'en Norvège, au Royaume-Uni et en Suisse. De ce nombre, 34,6% ont été recyclés, 42% ont été récupérés grâce à l'énergie recyclée et 23,4% ont été mis en décharge. Entre 2006 et 2018, la collecte a augmenté de 19%, le recyclage a augmenté de 100%, la valorisation énergétique a augmenté de 77% et le volume des décharges a diminué de 44%.



Figure 2 : Signe de recyclage général



PETE PETE ou PET : polyéthylène téréphtalate : utilisé habituellement pour les bouteilles d'eau minérale et de jus de fruits, les emballages, les blisters, les rembourrages potentiellement dangereux pour l'usage alimentaire.



HDPE HDPE ou PEHD : polyéthylène haut densité : certaines bouteilles, flacons, et d'une façon plus générale emballage semi-rigides. Considérés comme sans danger pour l'usage alimentaire.



V V ou PVC : polychlorure de vinyle : utilisé pour les canalisations, tubes, meubles de jardin, revêtements de sol, profilés pour fenêtre, volets, bouteilles de détergents, toiles cirées.

Potentiellement dangereux pour l'usage alimentaire.



LDPE LDPE ou PEBD : polyéthylène basse densité : bâches, sacs poubelle, sachets, films, récipients souples. Considéré comme sans danger pour l'usage alimentaire.



PP PP : polypropylène : utilisé dans l'industrie automobile (équipement, pare-chocs), jouets, et dans l'industrie alimentaire (emballages). Considéré comme sans danger pour l'usage alimentaire.



PS PS : polystyrène : plaques d'isolation thermique pour le bâtiment, barquettes alimentaires (polystyrène expansé), couverts et gobelets jetables, boîtiers de CD, emballages (mousses et films), jouets, ustensiles de cuisine, stylos, etc. Potentiellement dangereux, surtout en cas de combustion (contient du styrène).



OTHER OTHER ou O : tout plastique autre que ceux appelés de 1 à 6. Inclut par exemple les plastiques à base de polycarbonate ; potentiellement toxique.

IV Présentation du Polypropylène :

Le polypropylène(PP), comme le polyéthylène (PE), le chlorure de polyvinyle (PVC) et le polystyrène(PS), est un thermoplastique largement répandu. Sa production représente plus d'un cinquième de la production totale de plastique. Son développement extraordinaire au cours des dernières décennies est attribué à l'amélioration continue des procédés de fabrication industrielle, à ses propriétés intéressantes dont sa température de fusion (130 à 170°C), ainsi qu'à sa copolymérisation de différentes manières et à l'ajout des charges et de renforts. Le polypropylène est utilisé dans presque tous les domaines, notamment l'emballage, l'industrie automobile, l'électroménager, le sanitaire et le textile.

IV.1 Caractéristiques générales du polypropylène :

- ✓ Bonne stabilité thermique
- ✓ Légèreté
- ✓ Indéchirable
- ✓ Résistance haut température
- ✓ Sans danger pour les enfants
- ✓ Ecologique
- ✓ Rigide
- ✓ Solide et durable
- ✓ Ne vieillit pas
- ✓ 100% recyclable

IV.2 Propriétés thermiques :

Les polypropylènes (PP) brûlent même en l'absence de la flamme bleutée

Tableau 2 : Propriétés thermiques du polypropylène

PROPRIETES	UNITES	POLYPROPYLENE
Température de fusion	°C	168-169
Température transition vitreuse	°C	-10
Température fragilisation	°C	100
Température TFC	°C	100
Température résistance continue	°C	95

IV.3 Autre Propriétés

Tableau 3 : Propriétés thermiques du polypropylène

	Polypropylène	PVC	Polystyrène
Solidité	2	1	5
Résistance à la chaleur	1	2	4
Rigidité	1	2	1
Clarté	2	2	1
Environnement	1	5	4

Tableau 4 : Caractéristiques technologiques du polypropylène

Masse Volumique (g/cm ³)	Résistance Aux Chocs A 0°C (j/m)	Résistance A la Flexion (MPA)	Résistance A la Compression (MPA)	Allongement A la Rupture (%)	Module D'élasticité (MPA)
0,905-0,9	2,2	-	200-800	800-1000	1200-1000

IV.4 Conditions de mise en œuvre :*Tableau 5 : Conditions de mise en œuvre de polypropylène*

Température De la Matière à Injecter (°C)	Température Du moule (°C)	Pression D'injection (Bar)	Vitesse D'injection (m/s)	Préchauffage (°C)
220	60 à 70	400 à 800	Elevée	60 à 70

V Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons pu constater que la matière plastique nous offre une large panoplie de possibilités d'utilisation et d'exploitation dans divers domaines ; en vue de sa très grande maniabilité et possibilité que nous offre cette dernière étant donné de leur propriété chimique, mécanique ou bien physique répondent à toute sorte d'exigence de l'industrie moderne ; sans oublier de citer leur coût de revient (très abordable) et un aspect très valorisant qui est la possibilité de recyclage.

Chapitre II

Mise en forme des matériaux plastique

I Introduction :

La technologie de transformation du plastique dépend de la nature du polymère et de la destination du produit fini. Plusieurs méthodes sont fréquemment utilisées pour fabriquer des pièces et des objets en polymère. Les principaux procédés industriels de fabrication sont : le moulage par injection, l'extrusion, le thermoformage, le calandrage, le rotomoulage, et

II Les procédés industriels de fabrication :

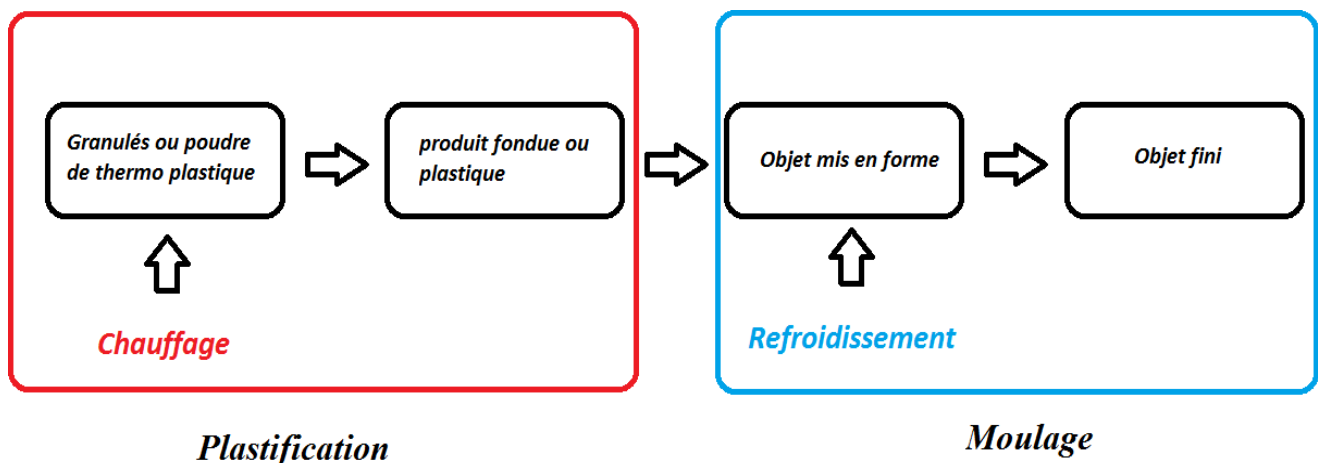


Figure 3 : Schéma du principe de mise en œuvre.

II.1 L'injection :

Cette opération consiste à transfuser par le biler d'une presse à injecter la matière comprimée, chauffée et ramollie dans un moule prédéfini qui lui confèrera sa forme finale. Ce procédé, une fois les résines versées dans une trémie (un réservoir), en suite mixer, chauffer et compresser nous donne une pâte fondante et homogène à l'aide d'une vis sans fin, la matière est poussée avec pression vers l'orifice connecté à un moule fermé, pour enfin épouser la forme du moule. Après acquisition, la matière refroidit et se solidifie, nous donnant une pièce fine, à l'issue de ces étapes la pièce est éjectée.

Le moulage à injection plastique est une des méthodes les plus utilisées dans l'industrie (automobile, jouets ou bien électroniques) en raison de sa grande vitesse de production et très grande échelle pour réaliser des pièces plus ou moins complexes et de qualités très satisfaisantes. Les principales matières plastiques utilisées pour l'injection sont le polyéthylène (PE), le polypropylène (PP) et le polychlorure de vinyle (PVC).

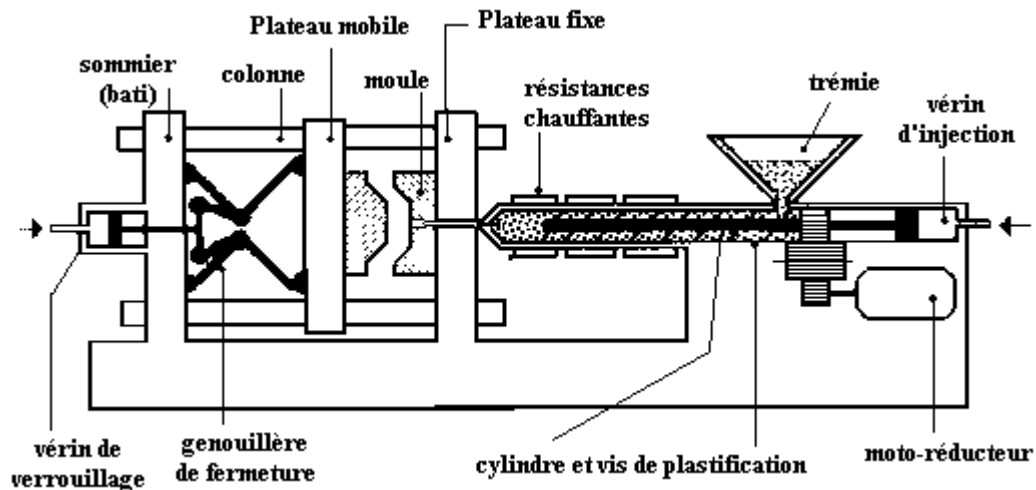


Figure 4 : procédé d'injection

II.2 Injection soufflage :

Ce procédé consiste à combiner la technique d'injection avec celle du soufflage.

Dans un premier temps, la matière est injectée pour former une paraison (préforme) également surnommée 'chaussette', dont la forme évoque un « tube à essai ». Les col de la préforme a déjà sa forme définitive : c'est la partie qui sert à tenir la future bouteille pendant l'opération de soufflage, elle ne peut donc pas être elle-même déformée. Par ailleurs, s'il est prévu de mettre un bouchon, la forme de col intègre le système de fixation, par exemple le pas de vis : le procédé d'injection est idéal pour obtenir des formes complexes.

La préforme est stockée et transportée vers le site de soufflage. Elle est ensuite réchauffée et soufflée à la forme voulue. Certaines entreprises enchainent les deux opérations sur le même site, mais les entreprises d'injection et les entreprises de soufflage sont en général différentes :

- L'injection est effectuée par un ou plusieurs sous-traitants, spécialisés dans l'injection plastique.
- Le soufflage est effectué par le fabricant du produit qui sera dans la bouteille, il existe d'ailleurs des chaînes complètes de soufflage-remplissage.

D'un point de vue pratique :

- Le fait d'enchaîner les opérations permet de ne pas avoir à réchauffer trop la préforme pour le soufflage, mais pose le problème de la maîtrise de la température ;
- Par ailleurs, contrairement à d'autres applications d'injection, le polymère doit ensuite être énormément déformé et ne doit donc pas cristalliser au niveau du corps, ce qui impose de travailler avec un moule refroidi ; le préforme sort donc relativement froide, ce qui relativise l'économie de chauffage attendue ;

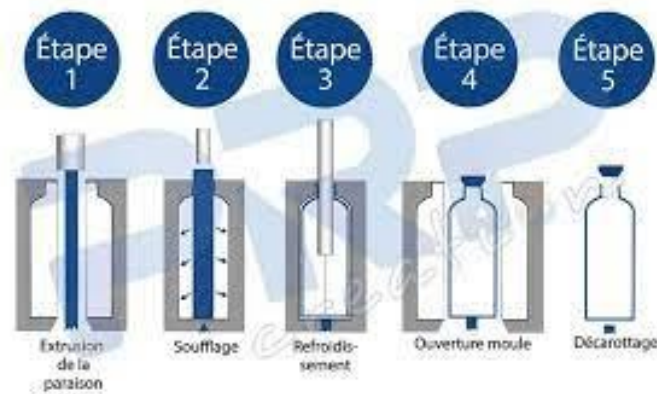


Figure 5 : Injection Soufflage

II.3 L'extrusion :

L'extrusion est une technologie de transformation de matériaux thermoplastiques qui permet Les produits finis ou semi-finis sont obtenus par un processus continu. Cette La technologie, avec des modifications d'équipement appropriées, peut élargir la classification Fabriquer des objets et élargir la gamme de produits des pièces rigides et flexibles aux Fabrication de plaques, feuilles, films, objets creux, granulés plastifiés, Câbles toronnés et multicolores, films et feuilles laminés, profils expansés et réduire etc... Presque tous les matériaux thermoplastiques sont extrudés au moins une fois au cours de leur production Prêt, mais seule une partie sort comme produit fini. Presser est Largement utilisé dans la fabrication de particules et de composés, qui sont ensuite Autres procédés (ex : moulage par injection) et produits semi-finis, ex : tôles, Feuille, film, tube, etc.

Quel que soit le principe de fonctionnement, chaque extrudeuse effectue trois actions Principal: - Il transporte la matière du point d'alimentation au moule le long du cylindre,
 - il se plastifie du fait du brassage et de la chaleur apportée de l'extérieur,
 - Il augmente progressivement la pression du matériau et la force à travers la matrice Cela lui donne une forme qui est ensuite fixée par refroidissement.

Il existe plusieurs types de systèmes d'extrusion basés sur un, deux ou plusieurs travaux Mécanismes à vis et sans vis. Bien que toutes les machines aient leurs avantages et Inconvénient, la grande majorité des extrudeuses de l'industrie sont composées de machines Utilisez une et deux vis.

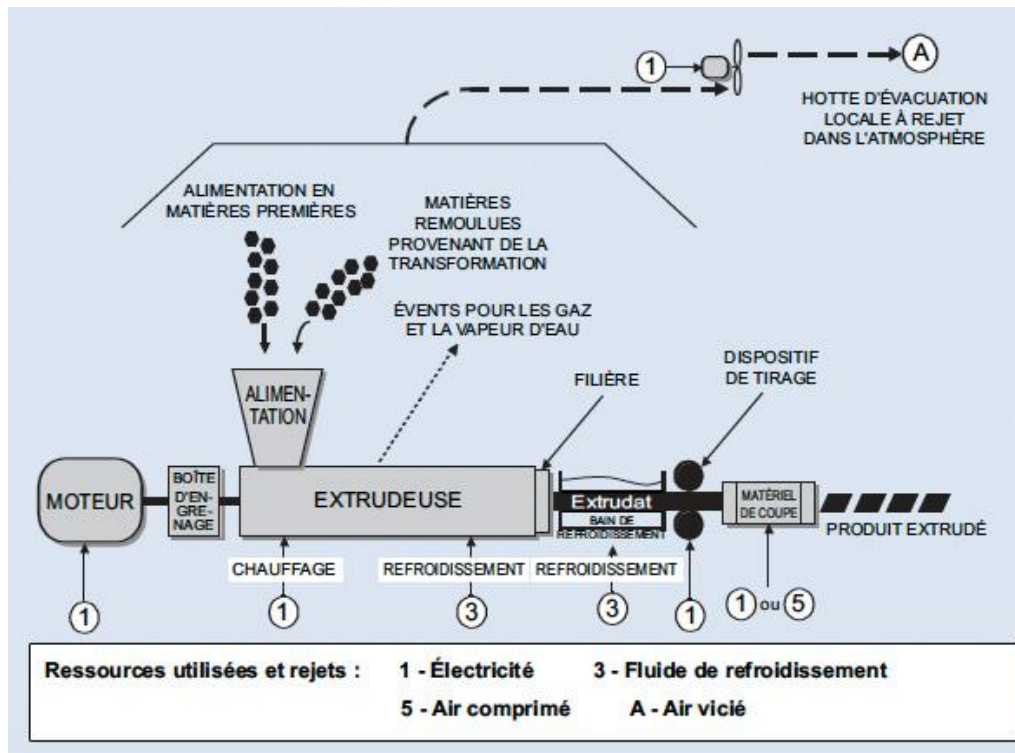


Figure 6 : procédé d'extrusion

II.4 Le thermoformage :

Le thermoformage consiste à chauffer une feuille, ou une plaque, à une température permettant sa fusion dans un moule dont elle épouse la forme par action d'une différence de pression entre ses deux faces. Après refroidissement, on obtient l'objet désiré. La mise en forme s'effectue généralement par une pression d'air sur la feuille, ou une dépression d'air sous cette dernière, souvent assistée mécaniquement par un poinçon. C'est un procédé de transformation « basse pression », qui impose de faibles contraintes à la feuille. Les matériaux ne peuvent donc être formés que lorsque leurs propriétés mécaniques ont chuté, dans la zone du plateau caoutchoutique pour les polymères amorphes et dans la zone de la température de fusion pour les semi-cristallins. Le thermoformage permet de réaliser des objets d'épaisseurs très variables, de quelques dizaines de micromètres à plus d'un centimètre, de travailler à très hautes cadences de production, avec des outillages bon marché, qui compensent le handicap du coût de la matière première, un semi-produit.

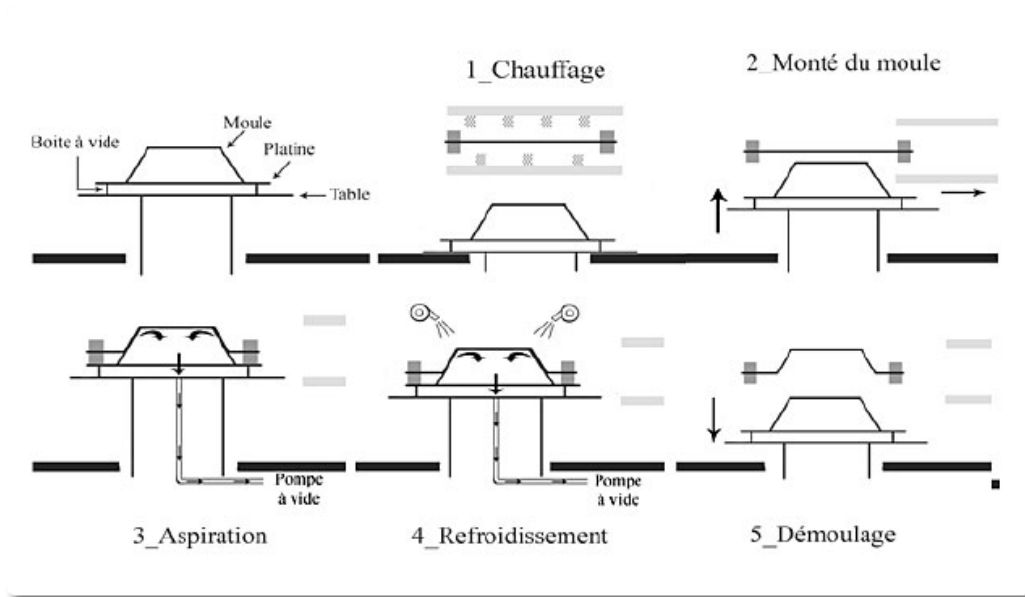


Figure 7 : procédé de thermoformage

II.5 Rotomoulage :

Le rotomoulage est un procédé de transformation des matières plastiques qui permet principalement la réalisation de pièces creuses de grandes dimensions, sans reprise, ni lignes de soudure. Ce procédé est connu depuis une cinquantaine d'années, mais son utilisation est restreinte à des pièces peu ou pas techniques : silos, balises, jouets.

Les entreprises de rotomoulage sont généralement de petites sociétés, utilisant un savoir-faire empirique, et qui sont peu génératrices d'innovations. Les inconvénients majeurs du rotomoulage sont aujourd'hui le temps de cycle et le non maîtrise du procédé. Or de nouveaux marchés, notamment l'automobile, ayant des exigences de productivité, de rendement et de qualité se profilent. Afin de saisir l'opportunité offerte par ces nouveaux marchés, il est nécessaire d'améliorer l'adéquation entre le procédé de rotomoulage et le matériau.

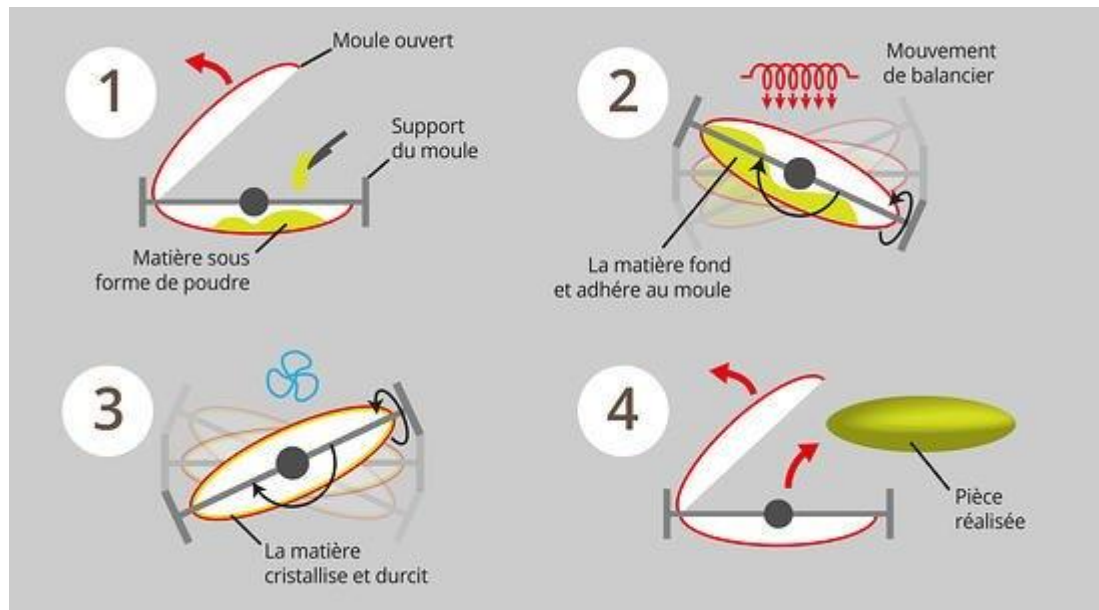


Figure 8 : Rotomoulage

II.6 Le calandrage :

L'extrusion Calandrage est un processus qui permet la fabrication et l'assemblage d'une feuille thermoplastique sur un support en une seule étape. Il est possible de grainer la feuille au cours de cette seule étape.

Elle permet de travailler différentes matières : PVC, TPU (thermoplastiques polyuréthane), polyamide, mais également TPO (thermoplastiques polyoléfine).

Extrusion Calandrage : Procédé continu au cours duquel la matière plastique est introduite sous forme de granulés. Chauffée, la matière fondue sort de l'extrudeuse par une filière sous la forme d'une feuille. Le passage dans une calandre permet le contre collage (sur un support: textile, mousse,...) et le grainage.

- Ces derniers ont de nombreux avantages :
- Recyclage de produit
- Gain de poids : par leur faible densité
- Stabilité dans le temps (absence de plastifiant)
- Tenue chimique
- Capacité de transformation par thermoformage,
- Thermocompression,

- Thermo gainage...

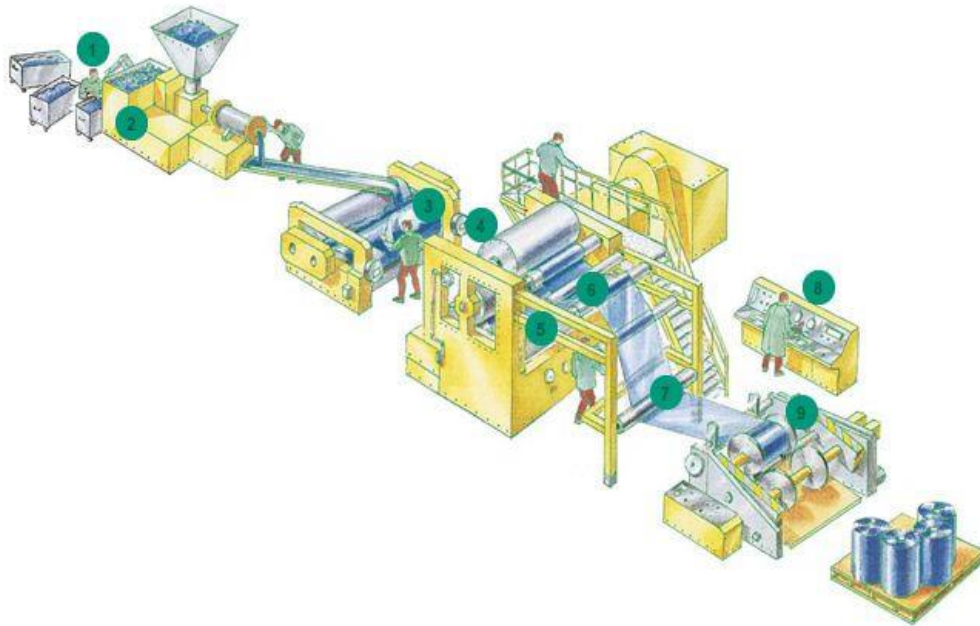


Figure 9 : Le calandrage

II.7 Impression 3D :

L'impression 3D est une technologie de fabrication d'objets et de structures en trois dimensions. Il s'agit d'une technique dite de fabrication additive (FA), ou Additive Manufacturing (AM) en anglais, par opposition aux méthodes de fabrication soustractive comme le fraisage CNC. En impression 3D, l'objet final est construit par dépôt de couches de matière les unes sur les autres, tandis que les technologies soustractives retirent de la matière pour "sculpter" un objet. Pour créer un objet solide, l'imprimante 3D dépose de la matière sur le lit d'impression en suivant le modèle contenu dans un fichier 3D, souvent au format STL. Le matériau d'impression le plus commun est le plastique fondu (PLA ou ABS en général) utilisé comme consommable sous forme de bobine de filament par les imprimantes 3D à dépôt de fil fondu (dites FFF pour Fused Filament Déposition ou FDM pour Fused Deposition Modeling).

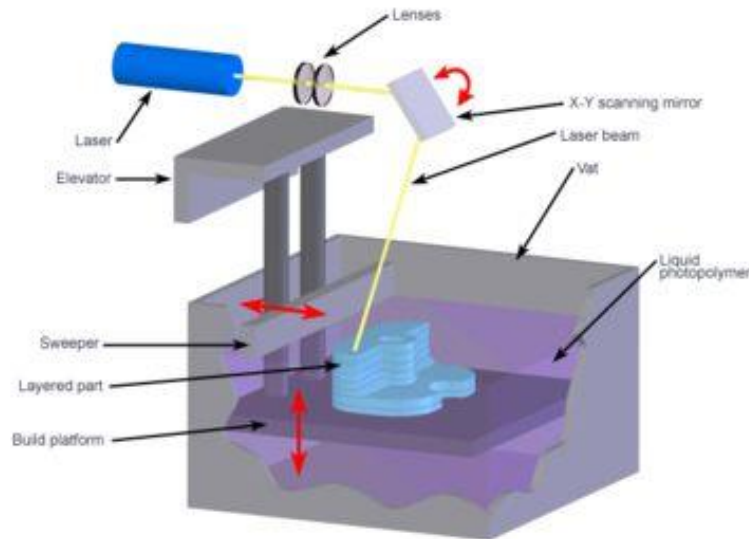


Figure 10 : impression 3D

III Détail sur l'injection :

Le moulage par injection est une méthode de formation d'un produit en plastique à partir de thermoplastiques en poudre. Pour ce faire, le matériau est introduit dans une chambre chauffée par l'intermédiaire d'un composant de la machine, appelé trémie, afin de le rendre mou et de le forcer à entrer dans le moule à l'aide d'une vis. Tout au long de ce processus, la pression doit être constante jusqu'à ce que le matériau soit durci et prêt à être retiré du moule. Il s'agit de la méthode la plus courante et la plus préférable pour fabriquer des produits en plastique de toute complexité et de toute taille. Le moulage par injection permet de fabriquer en masse des pièces en plastique tridimensionnelles de haute précision.

III.1 Le processus de moulage par injection :

Les étapes du processus de moulage par injection commencent par l'alimentation d'un polymère à travers une trémie vers un baril qui est ensuite chauffé à la température suffisante pour le faire couler, puis le plastique fondu qui a été fondu sera injecté sous haute pression dans le moule, le processus est communément appelé injection. Après l'injection, la pression sera appliquée aux deux plateaux de la machine de moulage par injection (plateaux mobiles et fixes) afin de maintenir l'outil de moulage ensemble, puis le produit est mis à refroidir, ce qui l'aide dans le processus de solidification. Une fois que le produit a pris sa forme, les deux plateaux

s'éloignent l'un de l'autre pour séparer l'outil de moulage, ce que l'on appelle l'ouverture du moule, et enfin le produit moulé est éjecté ou retiré du moule. Et le processus se répète.

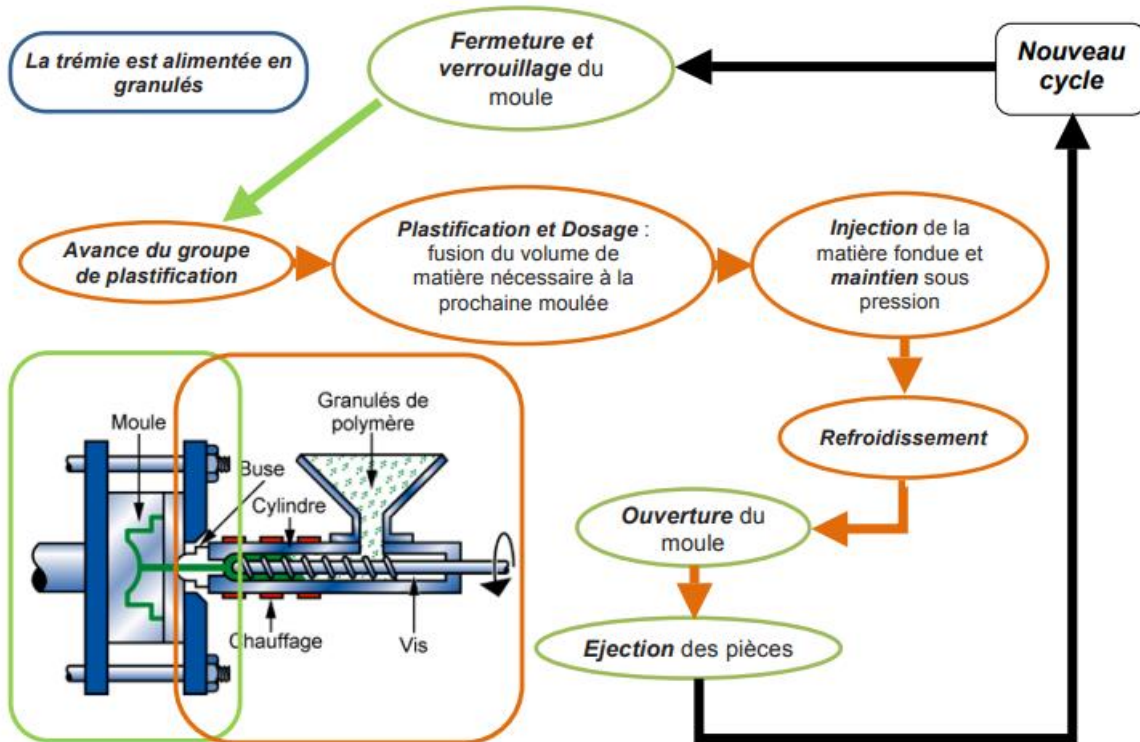


Figure 11 : Déroulement du cycle d'injection

Le cycle de moulage commence par la rétraction de la plaque d'éjection, suivie de la fermeture du moule. L'unité d'injection fait fondre la résine polymère et injecte le polymère fondu dans le moule. La machine de moulage par injection alimentée par un piston utilise un plongeur à commande hydraulique pour pousser le plastique à travers une zone chauffée. La matière fondue converge vers une buse et est injectée dans le moule.

La masse fondue est forcée dans le moule en deux ou trois étapes :

➤ **Étape 1** : Phase de remplissage

- Au cours de cette étape, les cavités du moule sont remplies de résine fondue. Lorsque le matériau est poussé vers l'avant, il passe sur un écarteur, ou torpille, à l'intérieur du baril, ce qui provoque un mélange. Cette étape est déterminée par une vitesse

d'injection (taux), une pression et un temps. La vitesse d'injection est la vitesse à laquelle le plongeur avance.

➤ **Étape 2** : Étape de l'emballage

➤ Lorsque la matière fondue entre dans le moule, elle se refroidit et provoque un rétrécissement. L'étape d'emballage est nécessaire pour forcer une plus grande quantité de matière fondue dans le moule afin de compenser le rétrécissement.

➤ **Étape 3** : Phase d'attente

➤ Lorsqu'il n'est plus possible de forcer le matériau dans le moule, la matière fondue peut encore s'échapper par l'entrée. L'étape de maintien applique des forces contre le matériau dans la cavité jusqu'à ce que l'entrée gèle pour empêcher la fuite de la matière fondue. Dans certaines machines, l'emballage et le maintien sont combinés en une seule seconde étape ou étape de maintien.

III.2 Composants de la Machine de moulage par injection :

La machine de moulage par injection se compose de la trémie, de la vis, du baril et de la buse d'injection.

Trémie : Dans le processus de moulage, les matières plastiques sont fournies sous la forme de petits granulés. La trémie sert de support à ces granulés. Les granulés sont ensuite acheminés par gravité de la trémie vers le baril.

Le baril : La principale utilité du baril est de servir de support à la vis. Le baril est composé de bandes chauffantes qui fonctionnent comme un enregistreur de température pour chaque section du baril.

La vis : Également connue sous le nom de vis à mouvement alternatif, elle est utilisée pour comprimer, fondre et transporter la matière plastique. La vis se compose de trois zones : la zone d'alimentation, la zone de transition et la zone de compression.

La zone de dosage. Dans la zone d'alimentation, les matières plastiques ne subiront aucun changement et resteront sous forme de granulés qui seront transférés dans la zone suivante, la zone de transition, où la fusion des granulés se produira et où les matières plastiques fondues seront transférées dans la zone suivante, la zone de dosage, où la matière fondue sera prête à être injectée.

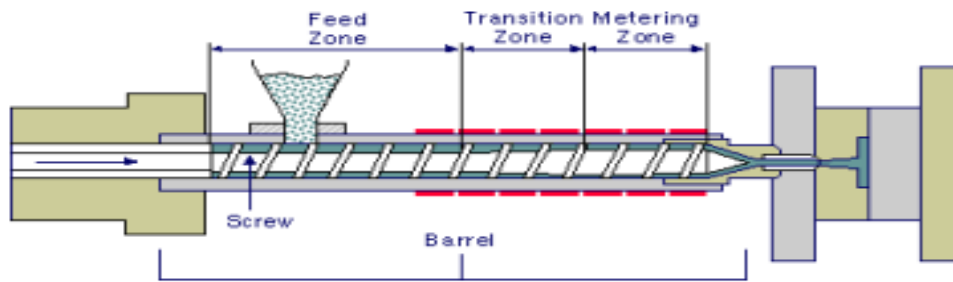


Figure 12 : Différentes zones de la vis

La buse : La fonction principale de la buse est de relier le canon à la douille de coulée qui, à son tour, forme un joint entre le moule et le canon. Il est essentiel que la température de la buse soit réglée sur la température de fusion des matériaux.

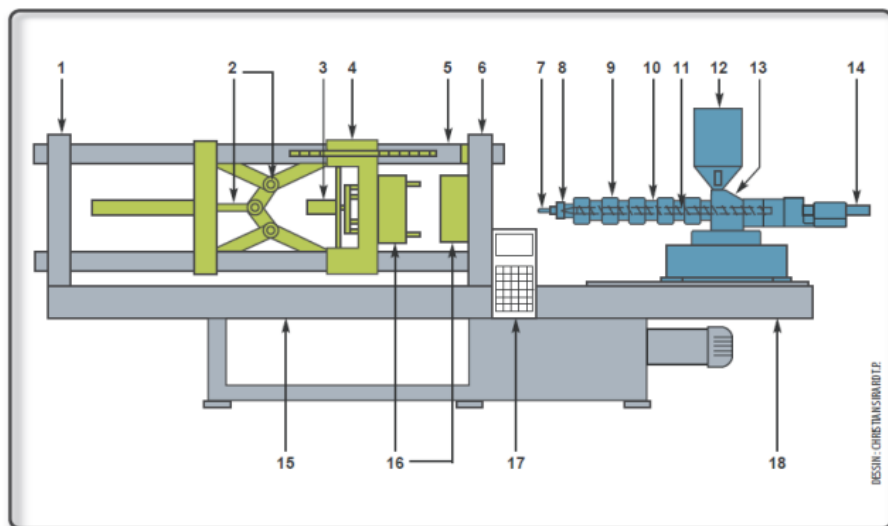


Figure 13 : presse à injection

- 1- Plateau arrière fixe
- 2- Mécanisme de fermeture - genouillère et vérin
- 3-Éjecteur
- 4-Plateau mobile
- 5- Colonne de guidage
- 6-Plateau fixe d'injection
- 7-Buse d'injection

- 8- Tête du baril
- 9- Bande chauffante
- 10-Baril d'injection
- 11- Vis
- 12-Trémie d'alimentation
- 13- Goulotte d'alimentation
- 14- Motorisation de la vis
- 15- Décharge des pièces
- 16- Moule
- 17- Console de commande
- 18- Bâti

III.3 Les différentes parties ou unités d'une presse :

Une presse à injecter se compose de deux parties :

- Unité de fermeture
- Unité d'injection
- Moule

III.3.1 Unité d'injection :

L'unité d'injection assure les tâches suivantes :

- Recevoir la matière première
- Plastifier d'une manière homogène une quantité de matière solide
- Etablir le contact entre l'outillage et l'unité d'injection
- Injecter la matière plastifiée dans l'outillage dans des conditions prédéfinies
- L'unité d'injection a pour but, d'amener un matériau, sous forme de granulés ou de poudre à température ambiante, à un mélange pâteux et homogène à la température de transformation et transporter une certaine quantité de matière devant la vis d'injection.

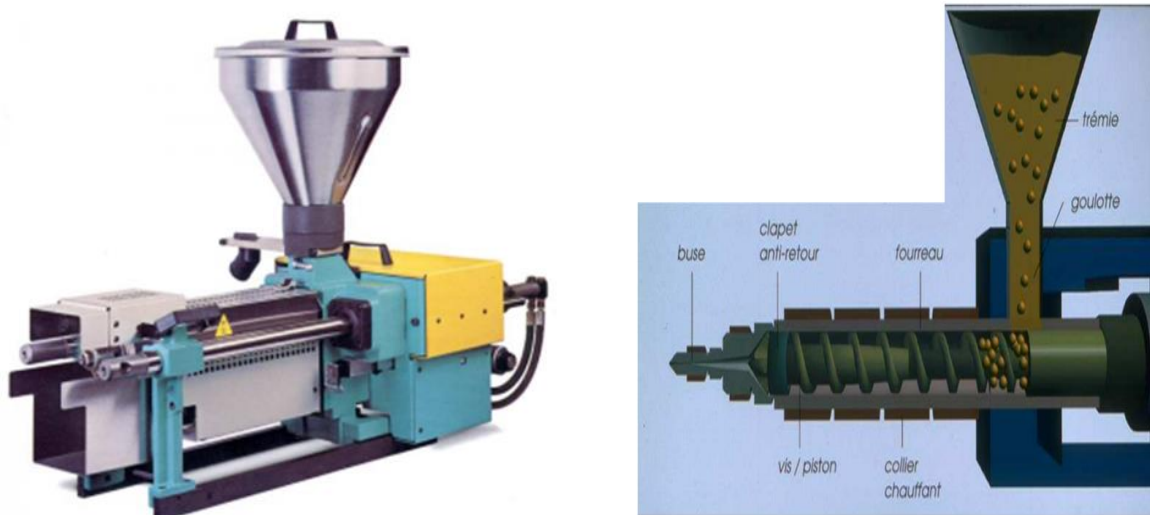


Figure 14 : unité d'injection

Les principales caractéristiques d'une presse à injecter sont décrites par la norme **EUROMAP**. Cette norme permet d'identifier une presse à injecter

H 310-1000

H : presse à injection horizontale

310 : volume théorique injectable maxi en **cm³**

1000 : force de verrouillage maxi en **KN**

Sa composition est comme suit :

Buse : La buse permet le contact entre le groupe d'injection et le groupe d'ouverture / fermeture

Clapet anti-retour : Laisser passer la matière vers l'avant durant le dosage Empêcher le refoulement vers l'arrière

Vis / piston : La vis par la variation de sa forme remplit trois fonctions importantes :

- Une zone d'alimentation

- Une zone de travail généralement conique (compression)
- Une zone d'homogénéisation ou de pompage généralement cylindrique

Fourreau : Le fourreau est la pièce qui entoure la vis d'injection.

Collier chauffant : Ils permettent de chauffer le fourreau.

Goulotte : La goulotte a pour rôle de canaliser la matière à un endroit précis, tel un entonnoir.

Trémie : La trémie est l'endroit où sont placés les granulés de matière plastique.

III.3.2 Unité de fermeture :



Figure 15 : Unité de fermeture

Ce 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. Les fonctions principales de l'unité de fermeture sont :

- ✓ Le centrage du moule par diamètre de centrage du plateau fixe de la presse.
- ✓ La fixation du moule par bridage sur les plateaux de la presse.
- ✓ Le guidage du plateau mobile et du sommier par l'intermédiaire des colonnes de guidage.
- ✓ La fermeture et l'ouverture du moule par le vérin d'approche en basse pression avec des vitesses lentes ou rapides.
- ✓ La sécurité moule ou outillage.

- ✓ Le verrouillage et déverrouillage du moule par le vérin de verrouillage en haute pression avec une vitesse lente.

LA FORCE DE FERMETURE S'EXPRIME EN TONNE 1T = 10 KN

➤ Caractéristiques de l'unité de fermeture

L'unité de fermeture se caractérise par :

- ✓ La force de verrouillage exprimée en **KN**.
- ✓ La course d'ouverture maxi L'épaisseur mini et maxi du moule.
- ✓ Le passage entre colonnes.
- ✓ Les dimensions des plateaux Le diamètre de centrage moule.
- ✓ Les vitesses, pressions, courses des mouvements de fermeture et d'ouverture.
- ✓ La course d'éjection Le bridage moule.
- ✓ Les options telles que les noyaux hydrauliques et l'éjection pneumatique.

III.3.3 Le moule :



Figure 16 : Moule a injection plastique

Un moule est un outil qui reçoit et transforme les matériaux liquide, plus ou moins fluide comportant une cavité destine à le mettre en forme en vue d'obtenir un objet dont le dessin

préalablement conçu.

L'opération de démoulage peut avoir lieu lorsque les matières thermoplastiques de la pièce a fabriquée a été refroidit et a atteint un seuil de rigidité suffisante.

Ce refroidissement est assuré par des circuits qui sont implantés autour de la cavité de la pièce à moulée.

IV Le choix d'une presse :

Le choix d'une presse dépend essentiellement, des critères suivants :

- La capacité d'injection
- La capacité de plastification
- L'encombrement entre colonnes
- La force de fermeture
- Epaisseur minimale du moule (fermeture maximale des plateaux)

IV.1 Les différents types de presse à injecter :

En effet il existe plusieurs types de presse à injecter comme : presse vertical, presse horizontale, Presse d'angle et bi-matière et spécial, généralement la nomination suit le sens d'injection.

IV.1.1 Presse à injection horizontale :

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



Figure 17 : presse injection horizontal

IV.1.2 Presse verticale :

Cette situation donne à la presse un faible encombrement au sol, mais la hauteur est gênante pour l'alimentation en matière. La stabilité laisse à désirer, du fait de la faible surface au sol. L'automatisation n'est pas aisée, car l'éjection des pièces est généralement manuelle. Elle garde tout son intérêt, dans le moulage de pièces avec insert.



Figure 18 : presse injection verticale

V Défauts d'injection :

V.1 Retassures :

Le mot retassure vient du mot retrait, en effet quand on injecte un matériau chaud, celui-ci est dilaté et quand il se refroidit, il se rétracte.

Afin de compenser ce retrait, il faut appliquer une pression pendant la phase maintien. On les trouve en général aux endroits de surépaisseur

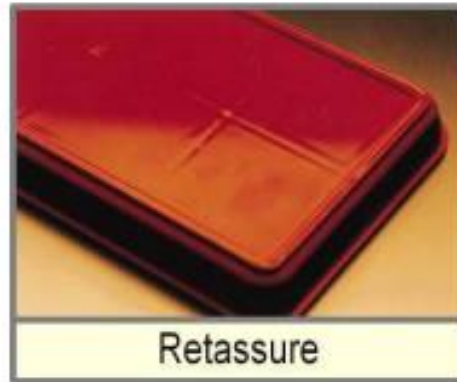


Figure 19 : défaut Retassure

V.2 Ligne de soudure :

La ligne de soudure se forme à la jonction du flux de matière (flux qui contourne un obstacle pendant le remplissage du moule) et engendre une zone de fragilisation.

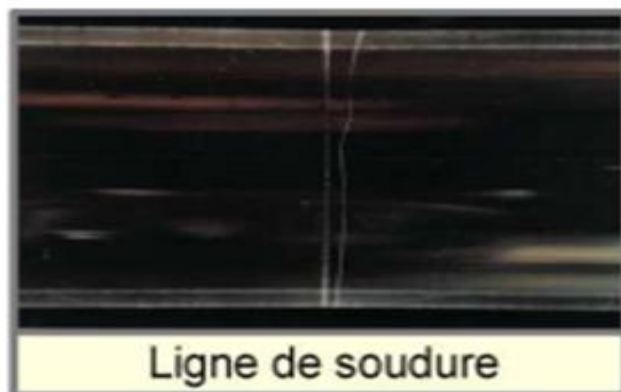


Figure 20 : ligne de soudure

V.3 Bulles :

Les bulles sont visibles uniquement dans les matières transparentes. Elles se caractérisent soit par une dépression (bulles de vide - retrait interne), soit par un léger gonflement (bulles de gaz).

La cause peut être une décomposition locale induisant des gaz qui, à l'injection forment des poches ou peut provenir du dosage quand le fourreau avale de l'air en même temps que les granulés.



Figure 21 : petites bulles d'air

V.4 Brûlure - effet diesel :

Il s'agit d'une auto-inflammation d'air et (ou) de gaz monomère qui n'ont pas pu s'échapper du moule lors de l'injection, introduisant sur les pièces des traces de matière carbonisée. On les rencontre en général en fin de remplissage, aux lignes de soudure, Pour les éliminer il est impératif de créer des événements dans le moule avec mise à l'air libre. Une brûlure apparaît également quand les événements sont bouchés.



Figure 22 : brulure

V.5 Points Noirs :

Petits points qui apparaissent sur les surfaces des pièces moulées. Ils peuvent provenir de diverses causes telles que la pollution de la matière avant transformation; la conséquence d'une

décomposition locale dans le fourreau (stagnation ou surchauffe dû à un séjour trop long de la matière dans le fourreau) ou d'un mauvais nettoyage du système d'alimentation matière et des appareils d'étuvage.



Figure 23: point noirs

V.6 Délaminage :

La pièce présente à la rupture des stratifications qui ressemblent à des couches de feuilles. Elles ne sont pas adhérentes les unes aux autres. On pourrait les comparer à une pâtisserie comme le " millefeuille ". Ce défaut provient en général d'un mélange de matière ou d'un moule trop froid (la peau se solidifie par rapport à la veine liquide).



Figure 24 : Délaminage

V.7 Bavure :

Fuite de matière liquide qui, en se solidifiant, laisse sur la pièce moulée des excédents de matière. On rencontre des bavures lors de l'ouverture du moule pendant

l'injection, lorsqu'il y a un mauvais ajustement des éléments de l'empreinte, lorsque le moule est usé et quand il y a un mauvais réglage de la sécurité moule.



Figure 25 : bavure

V.8 Pièce moulée incomplet

Remplissage incomplet de l'empreinte, notamment à la fin du parcours de coulée ou aux emplacements de faible épaisseur dû à une vitesse d'injection trop lente ou à une matière pas assez fluide.



Figure 26 : pièce moulée incomplète

V. 10 Gauchissement

Les pièces moulées ne sont pas planes et ne s'adaptent pas entre elles. Cela provient d'une différence d'épaisseur de paroi qui entraîne des vitesses d'écoulement différentes, d'une mauvaise régulation de l'outillage et d'un temps de refroidissement trop court (matière pas assez solidifiée lors de l'éjection pièce).



Figure 27 : Gauchissement

V.11 Tirage de fil :

Longs fils fins sortant de la buse ou du canal chaud.



Figure 28 : Tirage de fil

VI Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons pu constater que le processus de mise en œuvre des matières thermoplastiques est un des procédés les plus diversifiés dans l'industrie moderne, grâce à sa cadence de production effrénée et sa maniabilité de production qui se lie au design du moule. Le panel de possibilités des producteurs n'a de limite que leur imagination.

Chapitre III : Conception du moule et CFAO

I. Introduction :

Le moule se constitue d'un ensemble de pièces et systèmes mécaniques de très grande précision, qui permet de fabriquer des milliers de pièces en injection de matière plastique en fusion dans des empreintes prévues à cet effet, il est utilisé sur une machine appelée presse à injecter. Un moule est constitué de deux parties principales, une partie fixe pour l'injection de matière et l'autre mobile pour la fermeture du moule. Quand le moule est fermé, la surface de contacts entre ces deux parties est appelée plan de joint, c'est au niveau de ce plan que la pièce devra se démouler, la difficulté est de définir physiquement sa position, pour ne pas laisser de traces sur la pièce moulée, les deux parties doivent s'emboîter parfaitement pour établir l'étanchéité lorsque le moule fermé est sous pression. La conception de ce moule nécessite des méthodes et des fonctions d'étude complexes et spécifiques que nous allons traiter dans ce chapitre.

II. Conception d'un moule thermoplastique:

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

- 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).

II.1 Nomenclature de moule :

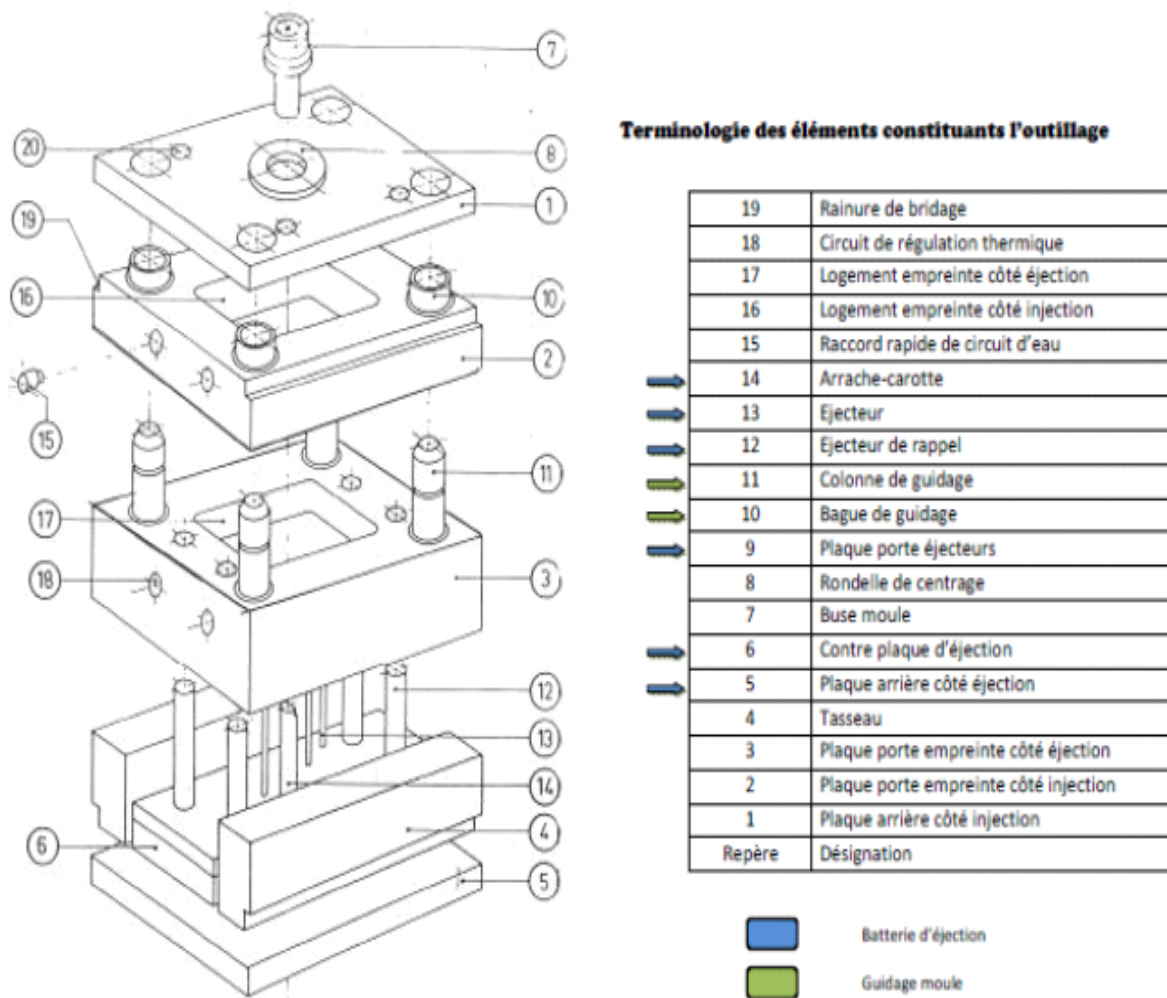


Figure 29 : Nomenclature de moule

- La buse moule : permet le passage de la matière du fourreau vers l’empreinte.
- La rondelle de centrage : Permet le centrage du moule sur les plateaux de la machine (presse), dans le but de centrer la buse moule à la buse machine.
- Plaque arrière côté injection : Permet de fixer la rondelle de centrage, la buse moule et les bagues de guidage, ainsi que le bridage.
- Bague de guidage : Permet le guidage des colonnes de guidage.
- Plaque porte empreinte côté injection : Permet la fixation de la bague de guidage, contient le circuit de régulation de température.
- Colonnes de guidage : Permet de guider la partie mobile PM sur la partie fixe PF pour aligner parfaitement l’empreinte.

- Plaque porte empreinte côté éjection : Permet la fixation des colonnes de guidage, contient le circuit de régulation.
- Ejecteur de rappel : Permet la remise à zéro de la batterie d'éjection, dans le cas d'une éjection non-attelée.
- Ejecteurs : Permet d'éjecter la pièce quand le moule est ouvert.
- Extracteur de carotte (arrache-carotte) : Permet l'extraction de la carotte, ainsi lors de l'ouverture, la moulée ne reste pas bloquée dans la PF.
- Tasseaux d'éjection : Permet d'obtenir une course optimum de la batterie d'éjection.
- Plaque arrière côté éjection : Permet le blocage en translation de la batterie d'éjection, le bridage du moule sur le plateau mobile et la fixation des tasseaux.
- Batterie d'éjection : Permet la translation des arraches carottes, remise à zéro et éjecteurs. Est composé de la plaque porte éjecteurs et de la contre plaque d'éjection.
- Vis de fixations : Permet de fixer la plaque arrière côté injection sur la plaque porte empreinte côté injection.
- Rainures de bridage : Permet le passage de la bride.
- Raccord rapide du circuit d'eau : Permet un raccord rapide du circuit d'eau.
- Circuit de régulation thermique : permet de réguler le moule avec de l'eau.

II.2 Les différentes familles de moules :

La conception de la pièce et son type d'alimentation sont les facteurs qui déterminent le choix de l'architecture du moule et les difficultés d'usinage et de moulage. En fonction de ces paramètres, on site les grandes familles de moules :

II.2.1 Moule à deux plaques :

Les moules à deux plaques sont les plus simples et les plus fréquents. La plaque A est fixe et la plaque B mobile. La résine fondue est injecte à travers la carotte du côté A, le long d'un canal sur le plan de joint, vers la ou les cavités.

Ces moules sont, en fait, des moules à deux plaques modifiées, avec une plaque centrale entre les plaques mobiles et fixes de la presse. Cette plaque centrale isole les carottes et les canaux des pièces. Lorsque le moule s'ouvre, les pies sont éjectées de la partie mobile. La carotte et les canaux se détachent et restent entre la plaque centrale et la partie fixe.

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

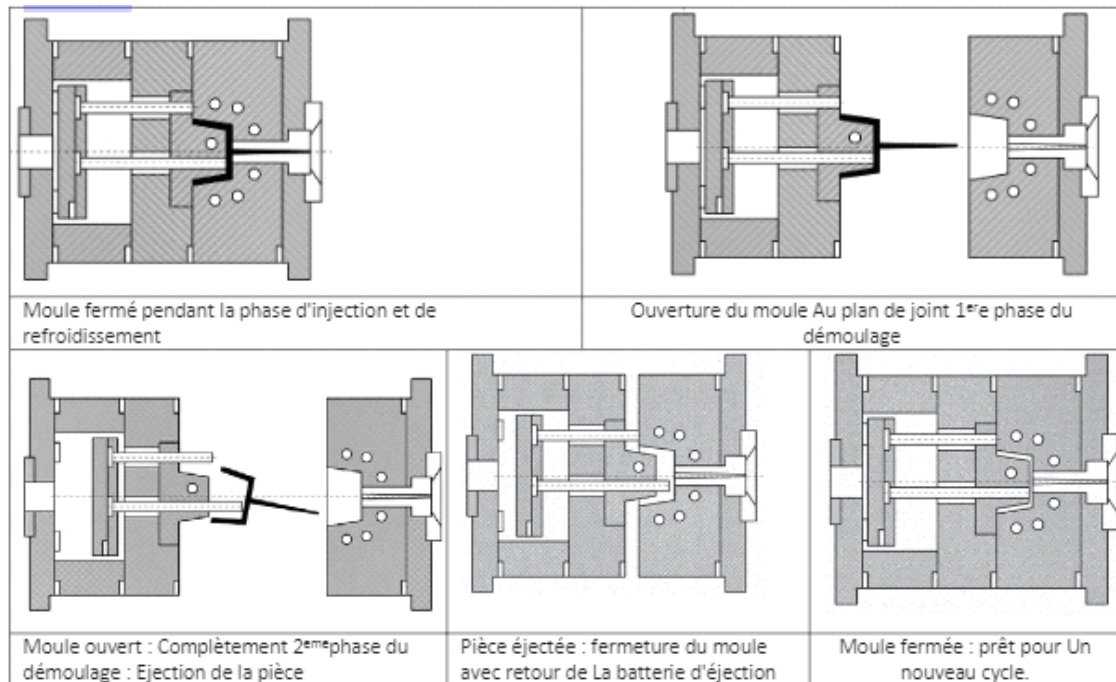


Figure 30 : Moule à deux plaques

II.2.2 Moule à tiroir :

Ce moule permet de sortir des pièces offrant des parties en contre-dépouille ou trou. Le tiroir se retire à l'ouverture de la partie supérieure pour permettre la réjection de la pièce.

Les moules à tiroir et 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 :

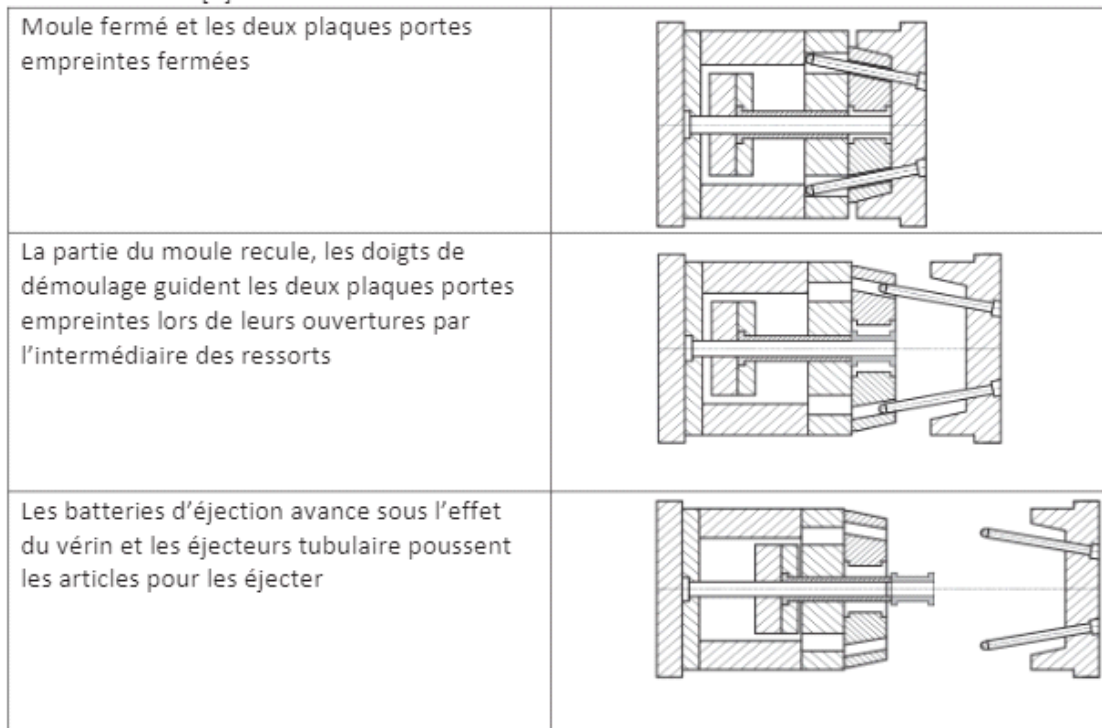


Figure 31 : Moule a tiroir

II.2.3 Moule à coquilles :

Ce moule permet de réaliser des contre-dépouilles extérieures, mais il faut soigner la fermeture du moule et surveiller la fermeture de la machine.

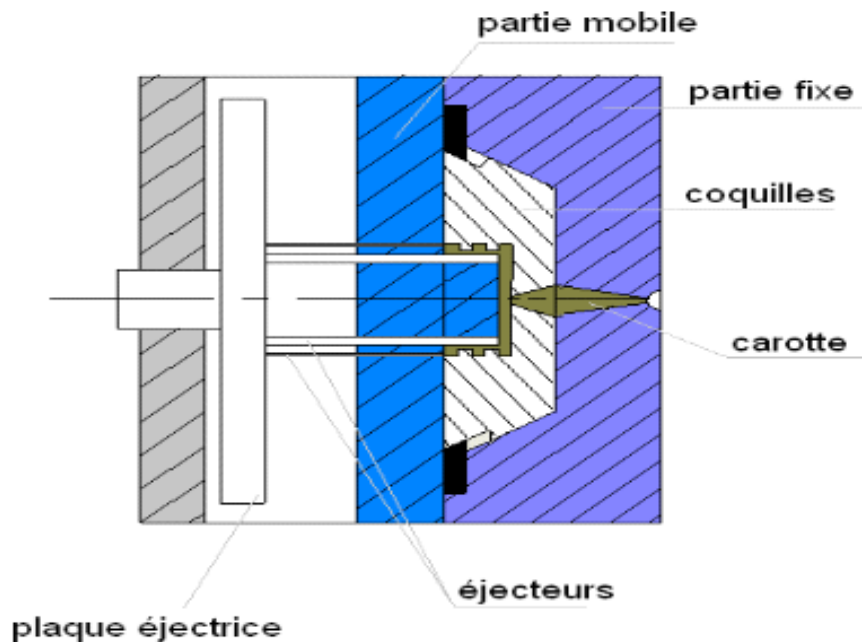


Figure 32 : Moule a coquille

II.2.4 Moule à canaux chauds:

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

Les avantages des canaux chauds :

- réduction du volume de matière engagée, donc réduction de l'énergie consommée pour chauffer le cylindre et plastifier la matière.
- utilisation de presses plus petites car les canaux ne créent pas de force réactions et le volume injecté est inférieur.
- temps de cycle plus court (pas d'attente de refroidissement des canaux),
- plus grand choix pour le positionnement des points d'injection et pertes de pression plus faibles.

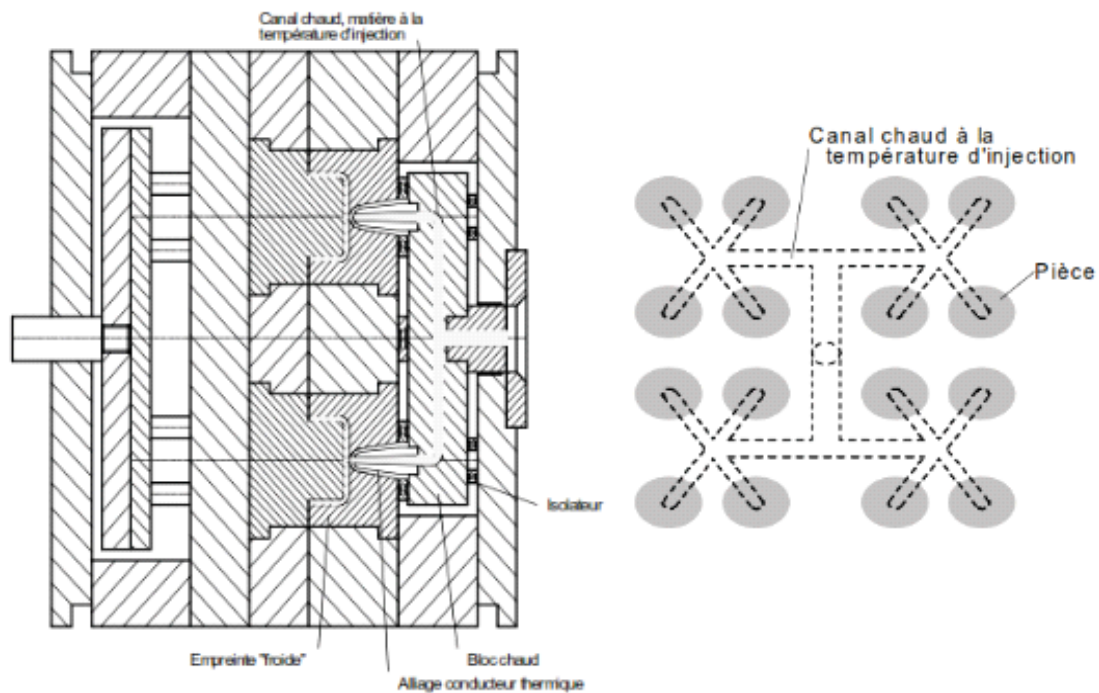


Figure 33 : Moule à canaux chauds

III Fonctions d'un outillage d'injection :

La majorité des moules sont fabriqués à partir des éléments standards vendus dans le marché par différents constructeurs comme DME, HASCO, RABOURDIN, STRACK, etc.

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:

- **Fonction alimentation** : Le moule doit conduire la matière en fusion depuis la buse de presse jusqu'à l'empreinte.
- **Fonction mise en forme** : C'est la forme et les dimensions des parties moulantes qui déterminent la forme et les dimensions de la pièce plastique.
- **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.
- **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.
- **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 soient en correspondance entre les différentes parties du moule.
- **Fonctions manutention, stockage, sécurité et liaison machine** : Ces fonctions assurent la relation correcte entre la presse et les différents périphériques ainsi que le stockage et la manutention des moules.

III.1 Le nombre et la disposition d'empreintes :

Dans un moule d'injection, le nombre d'empreintes est généralement un nombre pair (en dehors des moules mono empreinte) ceci est fait pour des raisons d'équilibrage de remplissage. Le choix du nombre dépend essentiellement de la quantité à produire à la fin de vie du moule.

La forme de la pièce se fait par l'empreinte qui se répartit entre les deux parties (fixe et mobile) du moule et d'autres éléments auxiliaires tel que (tiroirs - cales montantes - noyaux) dans le but de faire des formes en contre dépouilles.

Cette fonction définit les formes de l'empreinte pour obtenir une pièce conforme au cahier de charges fonctionnelles mais surtout une pièce qui soit démoulable sans problèmes.

C'est un des aspects les plus importants de la conception des moules à empreintes multiples, les règles élémentaires à respecter sont :

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

Un système d'alimentation équilibré permet d'éviter :

- Des contraintes internes excessives
- Un retrait irrégulier
- Des écarts de tolérance importants
- Un démoulage difficile
- Une déformation du produit

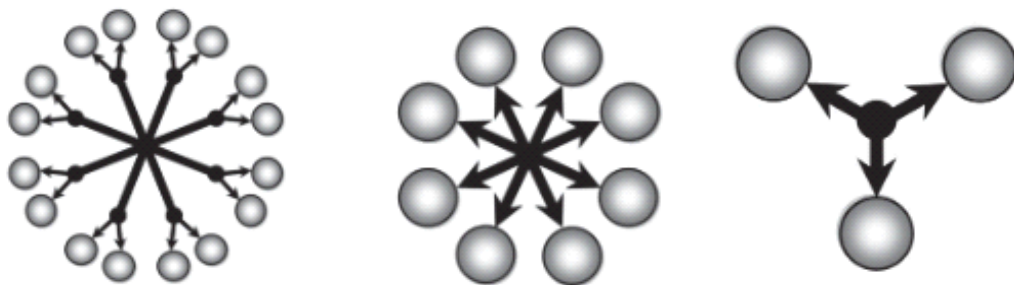


Figure 34 : Disposition circulaire des empreintes dans un moule

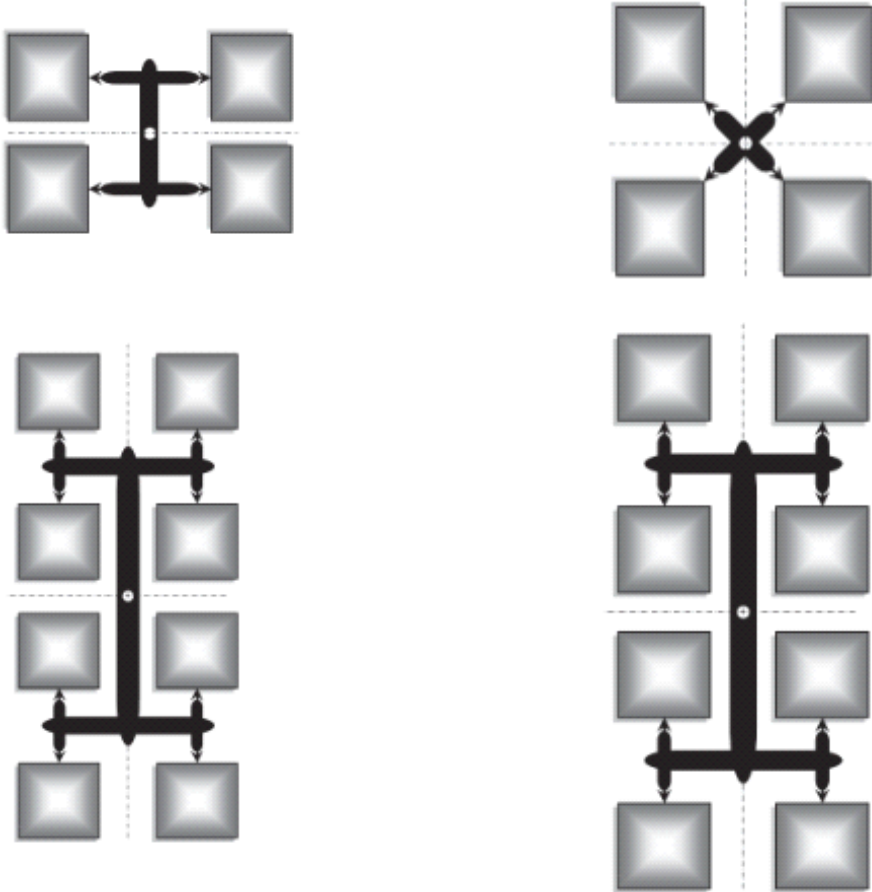


Figure 35 : Disposition linéaire des empreintes dans un moule

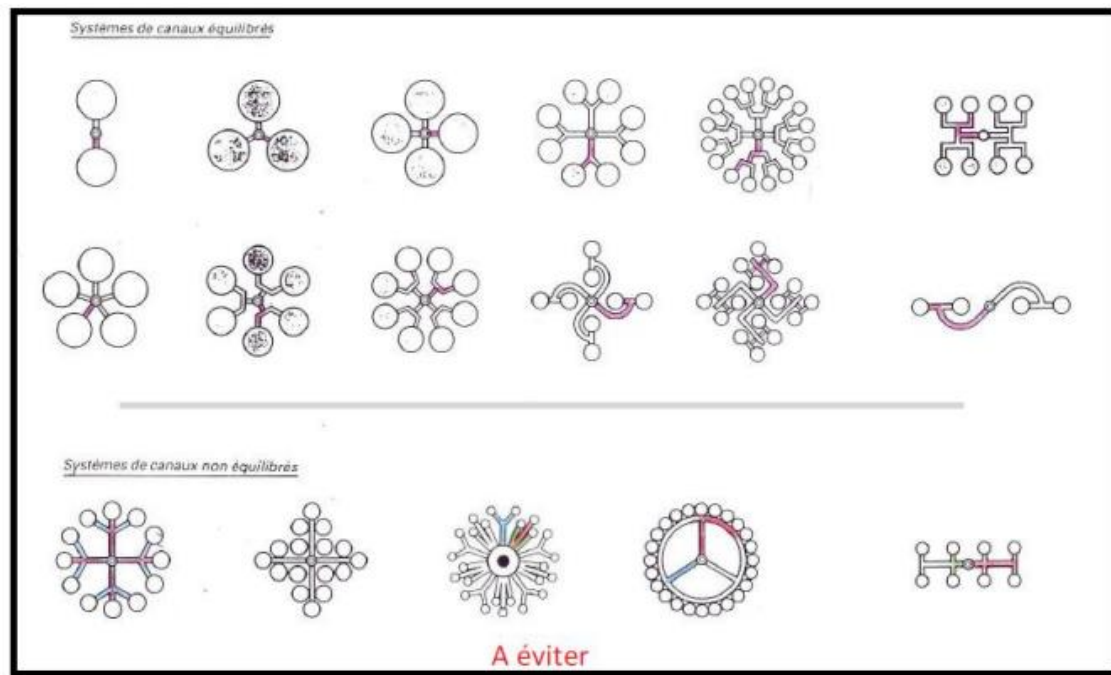


Figure 36 : Autre système de disposition

III.2 Canaux d'alimentation :

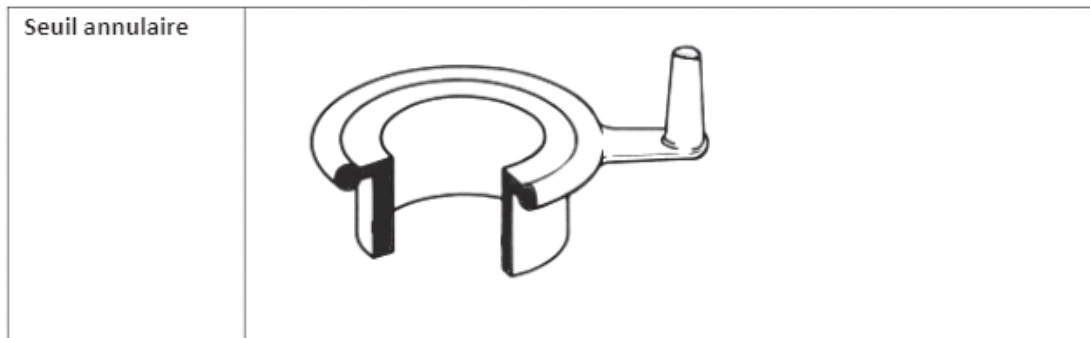
Le système de canaux d'alimentation doit être largement dimensionné et le diamètre du canal d'injection principal doit être au moins de 5 mm.

Les canaux doivent être aussi courts que possible : si les canaux doivent être longs, il faut prévoir un système d'injection à canaux chauds. Voici quelques méthodes d'alimentation (seuil des canaux d'alimentation):

Tableau 6 : canaux d'alimentation

Type de seuil	Schéma associé
Seuil direct	
Seuil Capillaire	
Seuil dit Sous-marin ou en Tunnel	
Seuil dit en Courge ou Tunnel courge	
Seuil dit en Toile	

<p>Seuil dit en Nappe</p>		
<p>Seuil dit en queue de carpe</p>		
<p>Seuil dit Entrée Conique</p>		
<p>Seuil dit Indirect</p>	<p style="text-align: center;">Seuil à Patte</p> <p>Utile pour éliminer les jets et arrachements lorsque d'autres modes d'injection ne peuvent être utilisés et que l'on désire un seuil de petites dimensions. Permet de réduire les contraintes au voisinage du seuil.</p>	



III.3 Fonction alimentation :

La fonction alimentation a pour but de transférer la matière plastifiée du fourreau de la presse, vers l'empreinte du moule. Au cours de ce cheminement, la matière est soumise à différentes contraintes en passant par :

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

III.4 Les différents canaux d'alimentation :

Il existe deux grands types de canaux d'alimentation :

- Les canaux d'alimentation standards : ils sont placés directement dans la plaque du moule et doivent être démoulés comme la pièce après chaque injection. La matière utilisée pour les canaux à chaque injection est perdue.
- Alimentation sans déchets ou canaux chauds : Ils doivent conduire la matière moulée dans l'empreinte sans déperdition de chaleur. Ils sont chauffés séparément de l'outillage (entre 180 °C et 300 °C suivant la matière injectée). Techniquement il faut donc isoler le canal du reste de l'outillage dont la température est nettement inférieure. La matière du canal n'est pas perdue.
- Elle est composée de :

- _ La carotte, la buse
- _ Le canal principal
- _ Les canaux secondaires
- _ Les seuils

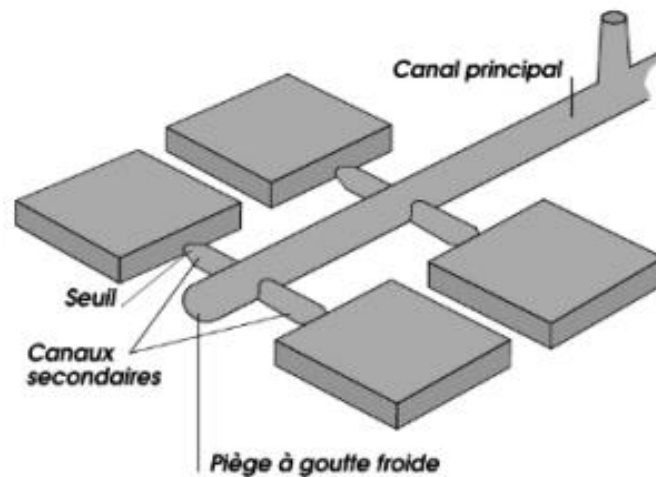


Figure 37 : Canaux d'alimentation

Pour définir correctement l'alimentation d'une empreinte, nous devons, pour Chacun des éléments composant la fonction alimentation, tenir compte de :

- Matière : Caractéristiques (retrait, viscosité...), paramètres de transformation.
- Canaux : Nombre de canaux, Longueur d'écoulement, Formes et sections.
- Buse : Type de moulage retenu (avec ou sans déchets), type de buse, dimensionnement (conicité, longueur, Ø d'entrée...)
- Seuils : Nombre et emplacement, Forme et section.
- Empreinte : Volume de matière à injecter Tps de refroidissement Caractéristiques de la pièce

III.5 Les type de seuil d'injection :

III.5.1 Définition :

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

- **Seuil en masse ou direct** : utilisé pour les matières visqueuses.

Avantages : Très bon remplissage et bonne stabilité dimensionnelle de la pièce.

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

Seuil annulaire :

Utilisé pour la réalisation de pièce cylindrique ayant des noyaux.

Avantages : Remplissage uniforme de l’empreinte.

Inconvénients : Opération de reprise pour enlever la carotte Déchets importants.

Seuil conique ou en éventail :

Utilisé pour les pièces de révolution symétrique avec noyau.

Avantage : Permet un écoulement équilibré de la matière autour du noyau, peut permettre un d’égrappage automatique.

Inconvénient : Déchets Opération de reprise

Seuil capillaire :

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

Avantage : Démoulage automatique et faible trace sur la pièce

Inconvénient : Uniquement pour les matières fluides, Cout du moule élevé

Seuil en nappe :

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

Avantage : Bonne qualité dimensionnelle

Inconvénient : Opération de reprise, Esthétisme

Seuil sous-marin :

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

Avantage : D’égrappage automatique

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

Seuil à tunnel courbe :

Utilisé pour les pièces minces d'aspect

Avantage : D'égrappage automatique

Inconvénient : Usinage couteux

(Ne convient pas à toutes les matières).

III.5.2 Positionnement optimum du seuil :

Toujours cherché à positionner le point d'injection dans la zone présentant la plus grande épaisseur de paroi.

Ne jamais positionner le seuil près de zones soumises à de fortes contraintes.

Pour les pièces longues, le seuil sera si possible positionné longitudinalement, de préférence à une position transversale ou centrale, notamment dans le cas de résines renforcées.

Si le moule possède deux cavités ou plus, les pièces et leurs points d'injection seront disposés de façon symétrique par rapport à la carotte.

Pour les pièces comportant des charnières intégrées, le seuil sera positionné de telle sorte que la ligne de soudure soit éloignée de la charnière. Les interruptions d'écoulement près des charnières doivent être évitées tout prix.

Pour des pièces tubulaires, le fondu devra d'abord remplir la circonférence annulaire à une extrémité, puis la longueur du tube proprement dit. Cette procédure permettra d'éviter l'asymétrie du profil de l'écoulement frontal.

Les surfaces apparentes ne devant présenter aucun défaut visuel (comme par exemple des marques de référence) pourront être moulées à partir d'un point d'injection situé sur leur face inférieure, en utilisant une alimentation par seuil sous-marins.

Positionner le point d'injection de façon à éviter autant que possible les interruptions de l'écoulement frontal (pièces complexes, moules à empreintes multiples de formes).

III.6 Fonction éjection :

La plupart des pièces réalisées par injection plastique resteraient dans le moule après son ouverture et ne seraient pas évacuées sous l'effet de la gravité seule si aucun système d'éjection n'existait.

Plusieurs systèmes ont donc été conçus afin d'aider l'extraction de la pièce à l'ouverture du moule :

Les éjecteurs sont des barres métalliques cylindriques pleines (parfois creuses) qui, lors de l'ouverture du moule, viennent pousser la pièce plastique pour l'extraire du moule. Il s'agit de la technique d'éjection la plus utilisée car elle peut s'appliquer à quasiment toutes les pièces plastiques. Les traces des éjecteurs sont souvent visibles sur la pièce et sont considérées comme "inesthétiques". Les concepteurs de pièces injectées s'arrangent alors pour que ces traces d'éjecteurs se situent sur la partie cachée de la pièce plastique lors de son utilisation.

Les plaques devétisseuse : La fonction de la plaque dévétisseuse est la même que celle des éjecteurs. Il s'agit d'une plaque qui va venir pousser sur les bords d'une pièce. Ces bords doivent donc se situer dans un même plan. L'avantage principal d'une plaque dévétisseuse est le fait qu'aucune marque n'est réellement visible sur la pièce finie.

III.6.1 Choix du dispositif d'éjection :

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

- Ejecteur cylindrique ou tubulaire
- Ejecteurs à lames
- Plaque dévétisseuse
- Soupape d'éjection
- Ejection combine (associe 2 ou 3 systèmes)
- Ejecteur annulaire

IV La matière :

Tous les thermoplastiques peuvent être moulés par injection. Certains thermodurcissables et silicones liquides sont également compatibles avec le procédé d'injection plastique.

Ils peuvent également être renforcés avec des fibres, des particules de caoutchouc, des minéraux ou des agents ignifugés pour modifier leurs propriétés physiques. Par exemple, la fibre de verre peut être mélangée avec les granulés dans des proportions de 10 %, 15 % ou 30 %, ce qui donne des pièces plus rigides.

Les matières les plus souvent employées sont :

1. Polystyrène (P.S)
2. Polypropylène (P.P)
3. polyéthylène (P.E)
4. Polycarbonate (P.C)
5. Polyamide (P.A)
6. Acrylonitrile Butadiène Styène (A.B.S)
7. Polyoxyméthylène (P.O.M)
8. Polychlorure de Vinyle (P.V.C)
9. Polyméthacrylate de méthyl (P.M.M.A)
10. Styène Acrylonitrile (S.A.N)
11. Polyoxyphénylène modifié(P.P.O.m)
12. Polytéraphalate d'éthylène(P.E.T)

Dans notre cas, on a opté pour le Polypropylène (P.P)

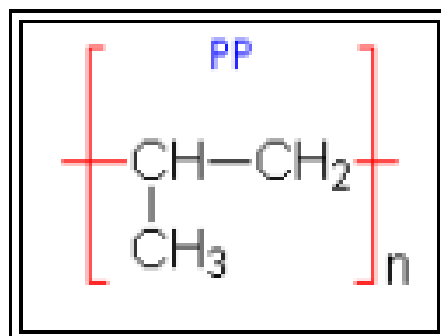


Figure 38 : Structure moléculaire

Découverte en 1957

Origine : Propylène + éthylène

Structure : Cristalline

Retrait : 1% à 2.8%

Densité : 0.900

Mise en œuvre : Injection

T° de Moulage : 210° à 300° C

T° du moule : 20° à 90°

Temps d'étuvage : aucun

IV.1 Avantages particuliers :

- Extraordinaire résistance à la flexion
- Excellentes propriétés électriques
- Bonnes propriétés mécaniques
- Très bonne résistance aux produits chimiques
- Possibilité fibrillation

IV.2 Précautions limites d'emploi :

- Inserts en cuivre et manganèse déconseillés
- Fragilité à la basse température (limite 0°)
- Mauvaise tenue au vieillissement (nécessité adjuvants)
- Jaunissement à la lumière (stabilisants)
- Retrait non homogène

IV.3 Utilisations les plus courantes :

- Pièces industrielles (automobile : bonne résistance à la température et aux produits chimiques)
- Equipement ménager
- Corps creux, bouchage tubes, tuyaux eau chaude
- Bandes de cerclage
- Composants électriques et électroniques

Selon le type de pièces à réaliser, il faut un Polypropylène avec des grades différents, ou des additifs comme du P.P chargé de talc. Il existe deux familles de P.P.

1. Les homopolymères : le même motif chimique se répète à l'infini (ex : A.A.A.A.A.A)
2. Les copolymères : qui est un mélange de deux produits différents (ex : A.B.A.B.A.B)

V. Matériaux pour la fabrication des moules :

Ces matériaux doivent avoir :

- une bonne résistance à l'abrasion causée par le frottement des charges contenues dans la matière injectée et le mouvement des éléments mobiles de l'empreinte.
- une bonne usinabilité et une bonne aptitude au polissage sont indispensables pour faciliter le respect du cahier des charges concernant l'état de surface des éléments moulants et la réalisation des formes complexes.
- une précision et une stabilité dimensionnelle correcte après les traitements thermiques dont il faut connaître les effets, compte tenu des dimensions et des tolérances de l'outillage dont dépend l'un des éléments de calcul du retrait de la pièce injectée.
- une résistance à la corrosion chimique indispensable à cause des produits dégagés par l'injection de certaines matières plastiques (PVC, acétate de cellulose, PTFE...).
- une bonne conductivité thermique : cas des métaux, contrairement aux résines chargées avec lesquelles on observe des cycles d'injection très longs malgré l'incorporation de circuits de refroidissement.

Le plus souvent, les aciers sont les plus utilisés pour la fabrication des moules. Par un choix et un traitement thermique judicieux, on obtient des éléments résistant à la fatigue et aux contraintes mécaniques, ainsi que des surfaces polies et dures s'opposant très bien à l'abrasion.

Le mode de fabrication de moule amène les moulistes à choisir des aciers faciles à usiner et à polir, en tenant compte, pour le choix et l'usinage, des traitements thermiques envisagés.

V.1 Les aciers utilisés:

Tableau 7 : Matériaux pour la fabrication du moule

Application	Matériaux	État	Résistance ou Dureté	Observation
Carcasse et cales diverses	C 45 XC 38 XC 48	Trempe ou revenu	85-105 daN/mm ²	Traité pour les plaques formant le plan de joint et grandes séries.
Empreintes	40CMD8 35NCD16 Z50CDV5 Z200C12	Trempe Cémentation	80-180 daN/mm ²	Bonne résistance Haute limite élastique

Tiroirs	Z50CDV5 80Mn8 55Ni Cr7	Trempe	80-180 daN/mm ²	Ou acier sulfurisé Pré-traité
Plaques porte empreintes	40CMD8	Trempe	100-120 daN/mm ²	Pré-traité
Plaques dévétisseuses	42CD5	Revenue		
Éléments mobiles	16NC6 100 C 6 40Ni Cr15 45Si Cr Mo6 35Ni Cr 6	Trempe Nitruration Cémentation	100-200 daN/mm ²	Pièce de commerce Bonne résistance à l'usure

VI. Conception des pièces :

Les formes de la pièce à réaliser afin de répondre au cahier des charges vont dépendre :

De la fonction à remplir : supporter les efforts, isolation électrique et thermique

Des conditions de fabrication : séries importantes ou non ;

Du choix du matériau : thermoplastique, thermodurcissable...

Du procédé de fabrication : injection, compression, thermoformage, ...

Leur conception consiste à réaliser une pièce qui sera à la fois :

La plus légère possible

La plus facile à mouler : conception la plus simple du moule.

La plus facile à assembler : si elle est composée de plusieurs éléments.

La plus résistante : résistance aux chocs et au vieillissement.

VI.1. Règles de conception pour l'injection plastique :

Utiliser une épaisseur de paroi constante

Creuser les sections épaisses

Ajouter des transitions douces

Ajoutez des congés sur toutes les arêtes

Ajouter des angles de dépouille

Le dessin de la pièce doit être établi en accord avec le Transformateur en fonction de la matière, du matériel et des conditions d'utilisation de la pièce, Les règles qui suivent sont forcément générales et peuvent ou doivent être modifiées suivant les conditions particulières du cas concret à étudier.

- **RETRAIT** : Par retrait on entend la différence des dimensions entre le moule froid et la pièce injectée refroidie (environ 24 heures après le démoulage). Il s'exprime généralement en pourcentage par rapport aux cotes du moule. Le processus de rétraction est généralement plus accentué et plus compliqué avec les matières cristallines ou partiellement cristallines qu'avec les matières amorphes. En outre, avec les matières plus ou moins cristallines, on peut affirmer qu'en dehors du retrait la différence de retrait et poste retrait joue également un rôle important. Si après un refroidissement une pièce moulée est exposée à une température importante élevée il se produit en général un poste retrait dû à une recristallisation et à un équilibrage des tensions internes. Les dimensions de la pièce finie diminuent.

Exemples de retraits :

ABS : 0,6 % acrylonitrile butadiène styrène

ASA : 0.5% acrylonitrile butadiène acrylique

PE-LD : 2.5 % ;

PE-HD : 2.5 %

PP : 2% polypropylène

PP GF30 : 0.6% polypropylène chargé avec 30% de fibre de verre

PA6 1.8% polyamide 6

PA66 2% polyamide 6.6

PA66 GF30 0.5% polyamide 6.6 chargé avec 30% de fibre de verre

PC 0.7% polycarbonate

PMMA 0.5% polymetacrylate de méthyle

POM 2% polyoxymethylene

PVDF 2.5% polyfluorure de vinylidene

ABS PC 0.6% alliage ABS + PC

SEBS 2% styrène butadiène styrène (souple, toucher soft)

TPE 1% polyester thermoplastique élastomère

TPU 1% polyuréthane thermoplastique élastomère

- **DÉPOUILLES** : La dépouille peut être indispensable pour permettre le démoulage de la pièce : en moyenne, l'angle de dépouille est de l'ordre de 1 degré. Il peut être plus faible pour les petites pièces: 0,5 ou même 0,2°. Mais devra être augmenté pour les pièces profondes : jusqu'à 2 ou 3°. Des conditions spéciales de moulage, par exemple, cycles plus longs, permettent d'abaisser l'angle de dépouille.
- **CONTRE DÉPOUILLE** : Si la souplesse de la matière ne permet pas le démoulage, il faut que le moule comporte des parties mobiles convenables pour permettre le démoulage, ce qui augmente le coût et le risque d'apparition de traces aux plans de jonction de ces parties mobiles.
- **ÉPAISSEURS** : les épaisseurs sont définies normalement par les propriétés mécaniques à long terme corrigées d'un facteur de sécurité. Les épaisseurs les plus courantes sont de

0,7 à 3 mm, mais des conditions spéciales de mise en œuvre permettent d'élargir cette plage de 0,3 mm à 10 mm, Les fortes épaisseurs entraînent.

- A. un prix de matière élevé,
- B. une augmentation des durées de cycle,
- C. un retrait important avec risques de retassures, porosités, soufflures. Dans la mesure du possible, il est souhaitable de prévoir des nervures de renfort pour ramener les épaisseurs à des valeurs raisonnables.

Les trop faibles épaisseurs provoquent :

- A. une solidification trop rapide qui ne permet pas l'écoulement de la matière sur de longs trajets.
- B. des risques de fragilité.

Les variations d'épaisseurs dans une même pièce sont à éviter. Toutefois, si elles sont impératives, elles doivent être progressives : zone inclinée de pente 3 pour 1, ou congé de rayon important 5 mm par ex ou combinaison des deux techniques.

Les nervures permettent de palier aux trop fortes épaisseurs.

Elles doivent être :

1. si possible parallèles au sens d'écoulement,
 2. de plus faible épaisseur que la paroi à renforcer : par ex. 0,3 à 0,6 fois l'épaisseur de cette paroi.
 3. comporter des découpes contre le gauchissement si elles sont de longueur importante.
- **CONGES** : La présence d'angles vifs est une cause importante de rupture des pièces et perturbe l'écoulement de la matière. Des rayons de 0,3 à 0,5 mm à la place des angles vifs réduisent déjà considérablement les concentrations de contrainte et améliorent notablement la résistance structurelle.
 - **EQUILIBRAGE DES FLUX, SYMETRIE DES PIECES** : Ces 2 conditions sont nécessaires pour éviter gauchissements et distorsions.

- **ELEMENTS DE GRANDE LONGUEUR** : Sources de gauchissement, flambage, etc. : dans la mesure du possible, il faut essayer de les morceler par des événements, encoches
- **ELEMENTS DE GRANDE SURFACE** : Ont tendance à gauchir et si le galbe ne peut être maintenu, il faut prévoir des raidisseurs.
- **LOCALISATION DES TRACES DE MOULAGE** : il est souhaitable que les traces de lignes de soudure, seuils d'alimentation, éjecteurs, soient localisées dans des endroits peu visibles pour ne pas nuire à l'aspect de la pièce.
- **INSERTS** : Les inserts peuvent être incorporés directement au moulage ou posés ultérieurement dans des logements prévus. La pose au moulage est, en général, évitée surtout avec les plastiques non chargés à cause des différences de coefficient de dilatation métal/plastique. De plus, la pose de l'insert ralentit les cadences. Dans tous les cas, il faudra prendre un certain nombre de précautions pour le dessin du logement.

Les inserts ne doivent pas être placés trop près des bords ni des lignes de soudure, l'épaisseur de matière autour de l'insert doit être suffisante et du même ordre que le reste de la pièce, le moletage doit s'arrêter aussi loin que possible de la surface pour éviter l'effet d'entaille.

Les inserts doivent répondre à un certain nombre d'impératifs:

1. métal compatible avec le plastique : le PA qui absorbe l'humidité entraîne la rouille de l'acier ordinaire, le cuivre est catalyseur d'oxydation des PE et PP, le zinc, l'aluminium et le bronze sont à éviter avec les POM, etc.
 2. leur forme doit permettre leur ancrage dans la matière pour s'opposer à l'arrachement : pans, gorges, plats, moletage, crénelage ...
 3. Les angles vifs pouvant servir d'amorce de rupture, sont à proscrire.
 4. Pour les inserts posés après moulage le diamètre du trou doit être calculé suivant les instructions des fournisseurs.
- **TOLERANCES** : La précision des pièces dépend de la matière utilisée, de la précision du moule et de tous les facteurs de mise en œuvre de la matière : traitements thermiques aux diverses étapes, pression d'injection, contraintes de démoulage, déformations au stockage. Il ne faut donc prévoir des tolérances étroites que pour les cotes qui le nécessitent absolument, car le prix de revient augmente rapidement.

A titre d'exemple pour une matière et une pièce données, le coût peut passer de 100 pour des tolérances normales à 170 pour des tolérances serrées et à 300 pour des tolérances très serrées.

VII. L'éventation :

Le remplissage de la cavité, par le polymère, chasse l'air qui s'y trouve. Sans possibilité d'échappement de celui-ci, l'air sous pression s'échauffe. La température atteinte peut provoquer des brûlures sur la pièce (effet diesel). Il est donc nécessaire de réaliser des mises à l'air libre des empreintes et de tous les endroits de fin de remplissage (nervures, clips, etc.) que l'on souhaite remplir correctement. Les éléments rapportés permettent également d'éventer l'outillage. Un jeu de 0.02-0.03 est étanche au passage du polymère mais pas à l'air.

IX. Thermique du moule :

Dans les procédés d'injection de pièces en thermoplastique, la qualité des pièces mises en forme ainsi que le temps de cycle du procédé sont fortement conditionnés par la phase de solidification du polymère dans la cavité moulante. L'analyse des transferts de chaleur pendant cette phase, conduit à investiguer le positionnement optimal des sources froides ainsi que leurs intensités. Notre approche est basée sur un positionnement du type « conformal cooling » des canaux de refroidissement, puis sur une méthode de contrôle optimal pour déterminer les flux de chaleur à évacuer en régime périodique établi.

On refroidit les moules par rapport à la température d'injection du polymère. Bien souvent la température des moules est comprise entre 40°C et 100°C. La plupart du temps on perce des trous pour faire circuler un liquide de refroidissement.

La régulation de la température de l'outillage se fait à travers un liquide caloporteur qui peut être :

- L'eau pour des températures faibles (eau à 15 °C)
- L'huile pour des températures allant à 130 °C

Ce liquide est envoyé à travers des canaux percés dans la carcasse de l'outillage et les empreintes en utilisant un thermorégulateur.

IX Introduction à la CFAO :

La plupart des pièces on nos jours sont obtenues par injection plastique, elles ont des formes très complexes, et la compréhension de tous les détails d'un dessin en 2D est presque impossible. Ce qui engendre la difficulté de concevoir et de fabriquer les empreintes de ce type de pièces. D'où la nécessité d'utiliser l'outil informatique « CFAO ».

La conception et la fabrication assistées par ordinateur CFAO, se définit comme l'ensemble des aides informatique au bureau d'études, de l'établissement d'un cahier de charges relatif à un nouveau produit jusqu'à la génération des documents et des fichiers nécessaire à la fabrication.

La technique utilisée permet à l'homme et à la machine d'être liés pour résoudre un problème en utilisant au mieux les compétences de chacun.

Les logiciels CFAO actuellement disponibles sur le marché sont divers et parmi eux on peut citer :

- CATIA de Dassault Systèmes (qui est le support de notre partie pratique)
- UNIGRAPHICS de MAC DONEL DOUGLAS
- TOPSOLID
- PRO/ENGINEER
- EUCLID de Marta Data Vision

La CFAO se divise en deux domaines distincts mais complémentaire entre eux, la CAO et la FAO, dans notre cas en vas ce focalisé plus précisément sur la CAO.

IX.1 Définition de la CAO :

La conception assistée par ordinateur (CAO) comprend l'ensemble des logicielset des techniques de modélisation géométrique permettant de concevoir, et de tester virtuellement des produits.

Lorsqu'un système est affecté d'un nombre trop grand de paramètres, il devient difficile de tout contrôler. La CAO permet de concevoir et éclaircir des systèmes dont la complexitédépasse la capacité de l'être humain à prendre en compte ces nombreux facteurs, et de pré visualisé

globalement le comportement de l'objet créé avant même que celui-ci n'existe. En CAO, on ne dessine pas, on construit virtuellement un objet capable de réagir dans son espace réel selon des lois régies par le logiciel. Le résultat, appelé maquette numérique qui constitue alors un véritable prototype évolutif et interactif.

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

IX.2 Application

IX.2.1 Conception de la pièce moulée :

En premier lieu nous avons utilisé les commandes du logiciel SolidWorks tel que : Esquisses, fonctions pour concevoir notre poulie avec les modifications nécessaires, ainsi que l'attribution de la matière appropriée (le PP dans notre cas).

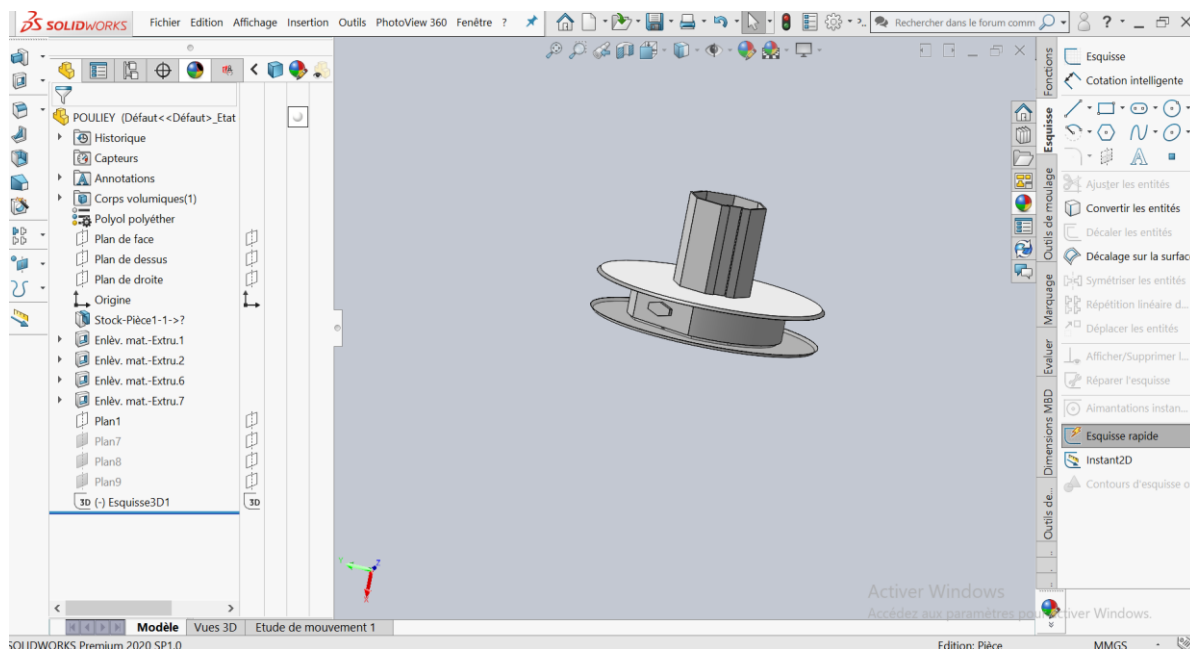


Figure 39 : conception d'une pièce sur solidworks.

IX.2.2 Conception du moule :

Dans cette étape nous avons commencé par la création des deux empreintes, l'utilisation de la fonction « outil de moulage » est indispensable, une fois dedans nous avons introduit un facteur de retrait et nous sommes passé à l'analyse de dépouille et à la spécification des lignes et plans de joint ; enfin la fonction « esquisse » et « volume noyau » nous a permis le

dimensionnement final de nos deux empreintes fixe et mobile, ensuite nous avons réalisé nos tiroirs, et nous avons conçu le reste des pièces constituant le moule en trois dimensions (3D) de manière à assurer les fonctions objectives et les normes de construction.

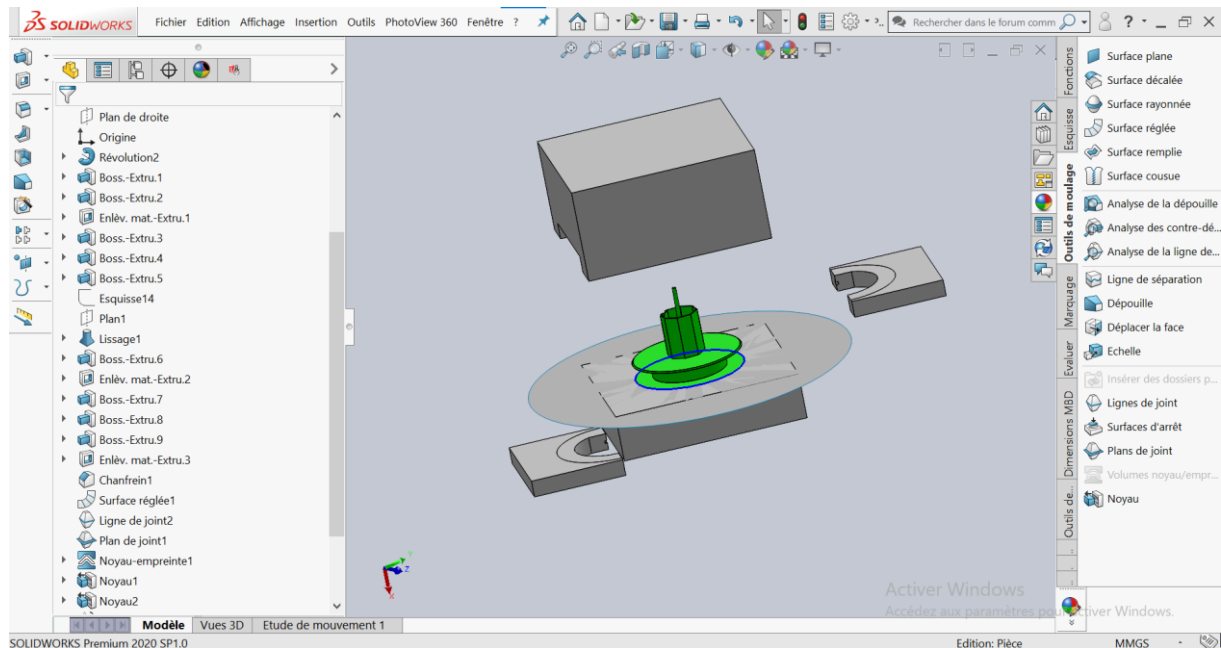


Figure 40 : utilisation de l'outil de moulage sur solidworks.

IX.2.3 Assemblage des pièces du moule :

L'utilisation de la commande assemblages nous a permis d'effectuer le montage de toutes les pièces en formant un moule complet et la détection des interférences qui peuvent exister entre les pièces assemblées.

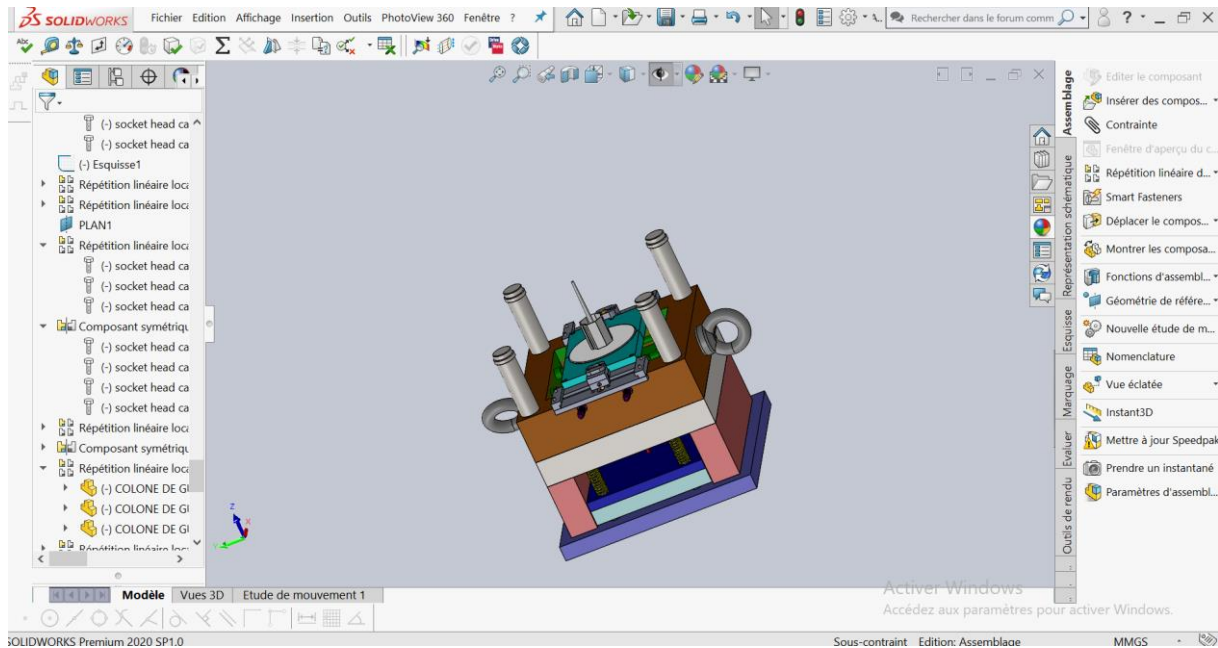


Figure 41 : Assemblage sur solidworks

IX.2.4 Mise en plans des pièces du moule :

En cette étape la commande de Solidworks de mis en plans nous a permis de réaliser des vus en deux dimension du moule et de tous ces composants avec les cotations, les tolérances et ajustements adapté à la réalisation du moule et nous aide à visualiser tous ces composants en détails.

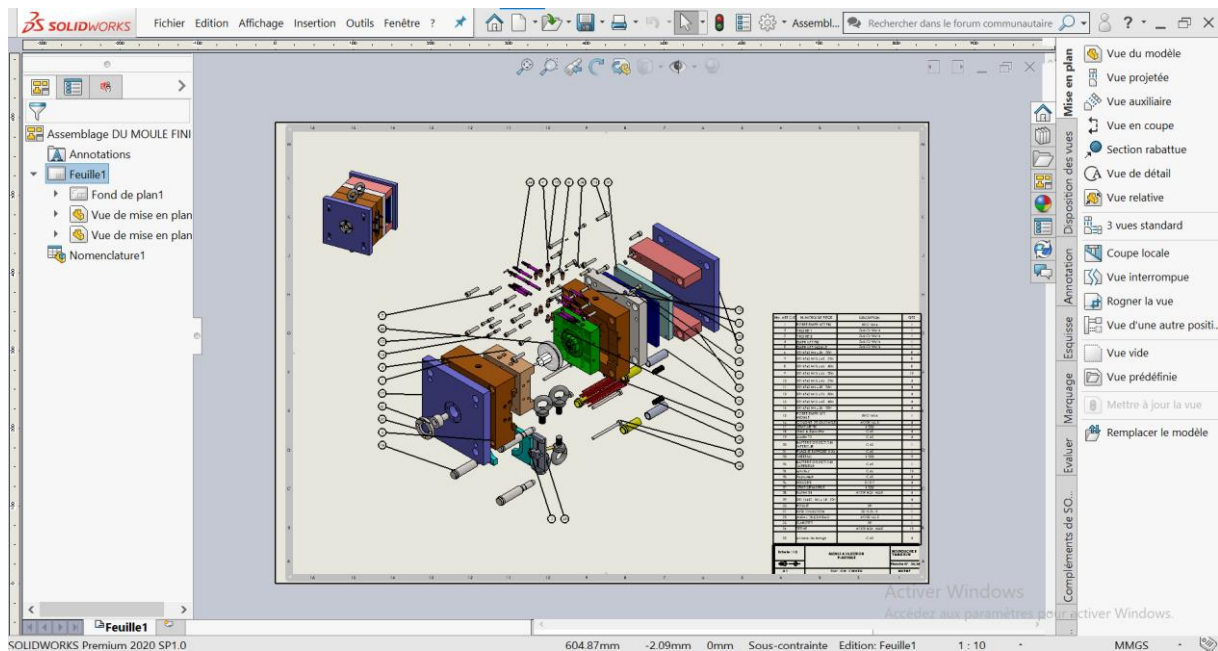


Figure 42 : Mise en plans sur solidworks.

X. Conclusion :

Dans ce chapitre ont conclu que la conception d'un moule à injection plastique nécessite ou impose au concepteur une grande maîtrise et connaissance des paramètres de conception afin d'optimise le rendu finale du travail voulu.

Chapitre IV

Calculs et vérifications

I. 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.

II. 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.

II.1 La capacité d'injection :

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

Tableau 8 : Capacité d'injection

Machine	Capacité d'injection (gramme)
	Pour le PP
25T	36
75T	83
150T	180
220T	355
350T	680

II.1.1 La masse de la pièce :

Le poids de notre pièce est donné par le logiciel de conception Solid Works, en sachant que la masse volumique de PP est de 890 Kg/m^3 . Sa masse est de $M= 46.40 \text{ g}$.

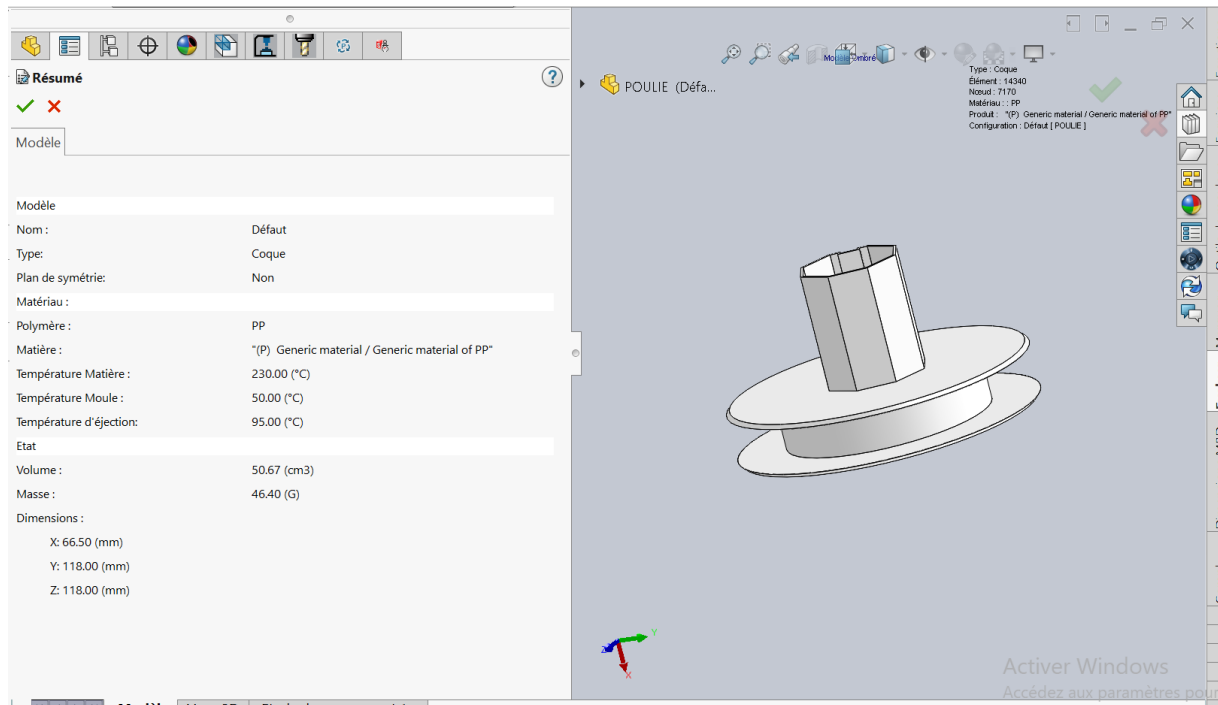


Figure 43 : caractéristique de la poulie

II.1.2 La masse de la carotte :

Le poids de cette carotte est de 2.90g

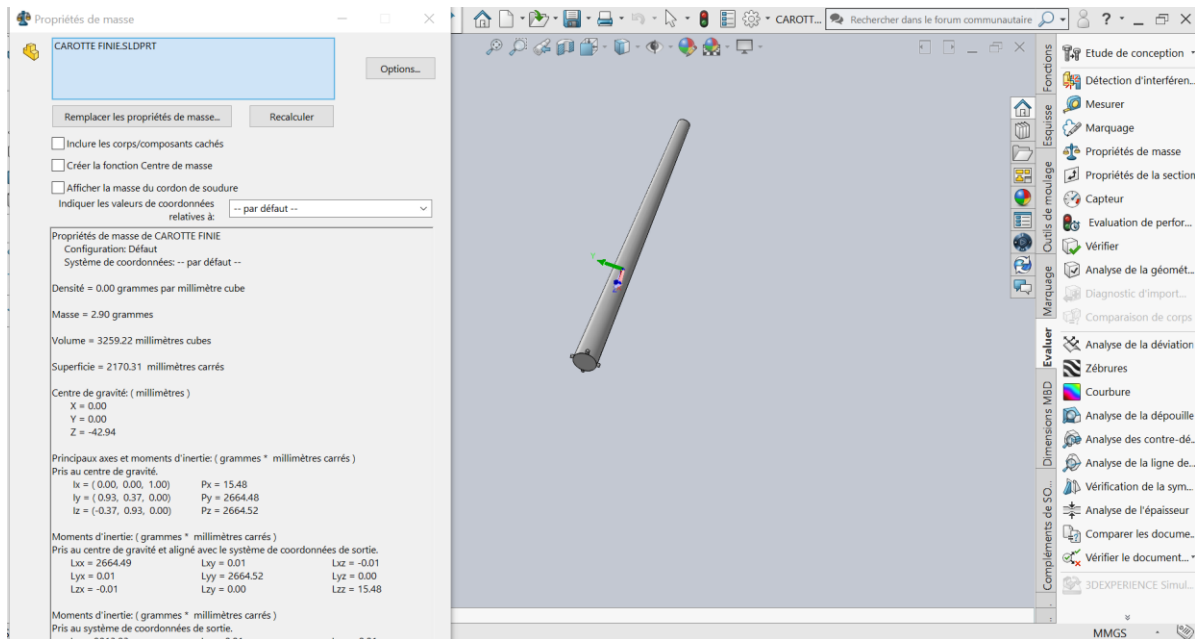


Figure 44 : Caractéristique de la carotte

II.1.3 La masse de la moulée :

Puisque notre moule produit dans chaque cycle qu'une seule pièce et une carotte, donc la machine doit pouvoir injecter une quantité suffisante (M).

$$M = 46.40 + 2.90 = 49.5 \text{ g}$$

II.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.

La force de fermeture: $F = F_v \cdot K$

Avec :

F : Force de fermeture du moule en tonne (T).

K : Coefficient de sécurité (1,5 à 2)

FV : force de verrouillage [T]

Dont :

FV = P . S

Avec:

P: la pression moyenne d'injection ; **P= 0,4** (tonnes /cm2)

Tableau 9 : La pression d'injection

Matières	La pression intérieure moyenne (dans la normalité) ((tonnes /cm2))	Grand parcours de fluctuation (forme compliquée) ((tonnes /cm2))
PE, PP	0,3 à 0,4	0,4 à 0,5

S : la surface projeté (cm2), donné par le logiciel de conception solid Works ;

S = 103.08 cm2.

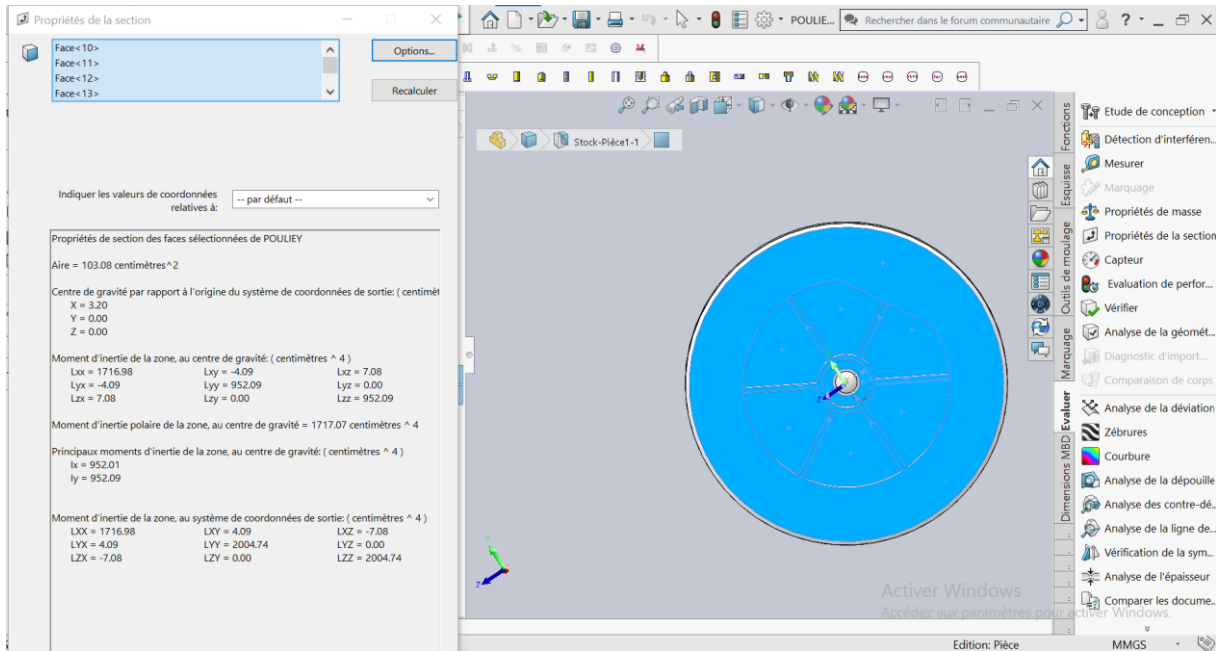


Figure 45 : La surface de la poulie

A.N :

$Fv = P * S = 0.4 * 103.08 = 41.23 T$

Donc : AN : $F = F_v \cdot K = 49.5 \times 1.5 = 74.25 \text{ T}$

On a besoin de 49.5 g de PP et une force de fermeture de 74.25 tonne, il en résulte que la presse devant être de

75 T. Voir le tableau (*Tableau.8*).

II.3 La puissance de plastification (C) :

Même si la machine 75T peut injecter 49.5 g, 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.

D'où :

$$C = \frac{p \times 3600}{T_c}$$

Avec :

C : puissance de plastification [kg/h]

P : poids de la pièce moulée [g]

T_c : temps de cycle [sec],

Le temps de cycle (sec) est donné par le logiciel de conception solid works (solid works plastics) : égal à 28.27 sec.

$$C = \frac{49.5 \times 3600}{28.27} = 6303.5 \text{ g/h} = 6.3 \text{ Kg/h}$$

Cette condition est vérifiée puisque notre machine plastifie 50 kg/h (voir les caractéristiques de la presse (*Tableau.10*))

Tableau 10 : Caractéristiques techniques de la presse 75T

Symbol d'injection	i 2
Symbol de cylinder	A
pression d'injection	2030 Kg/cm ²
Taux d'injection	87 Cm ² /sec
Quantité d'injection	Ps 83 g PE 105 g
Diamètre de la vis	32mm
Puissance de plastification (PS)	50 Kg/h
Puissance de serrage	75 tonnes
Puissance d'ouverture	6.3 tonnes
Vitesse max.de rotation de la vis	380 tr/min
Intervalle des tirants	360×360 mm
Dimensions de la plaque matrice	540×540 mm
Course de serrage	460 mm
Epaisseur minimale du moule	170 mm
Ouverture	630 mm
Puissance de foulage (hydrolique)	2.7 tonnes
Course de foulage	70 mm
Quantité d'huile d'usage	360 litres
Moteur destiné à la pompe	15 kW
Capacité de réchauffeur	6.6 kW
Dimension de la machine (L*I*H)	4.5×1.2×2.1
Poids de la presse	4 tonnes

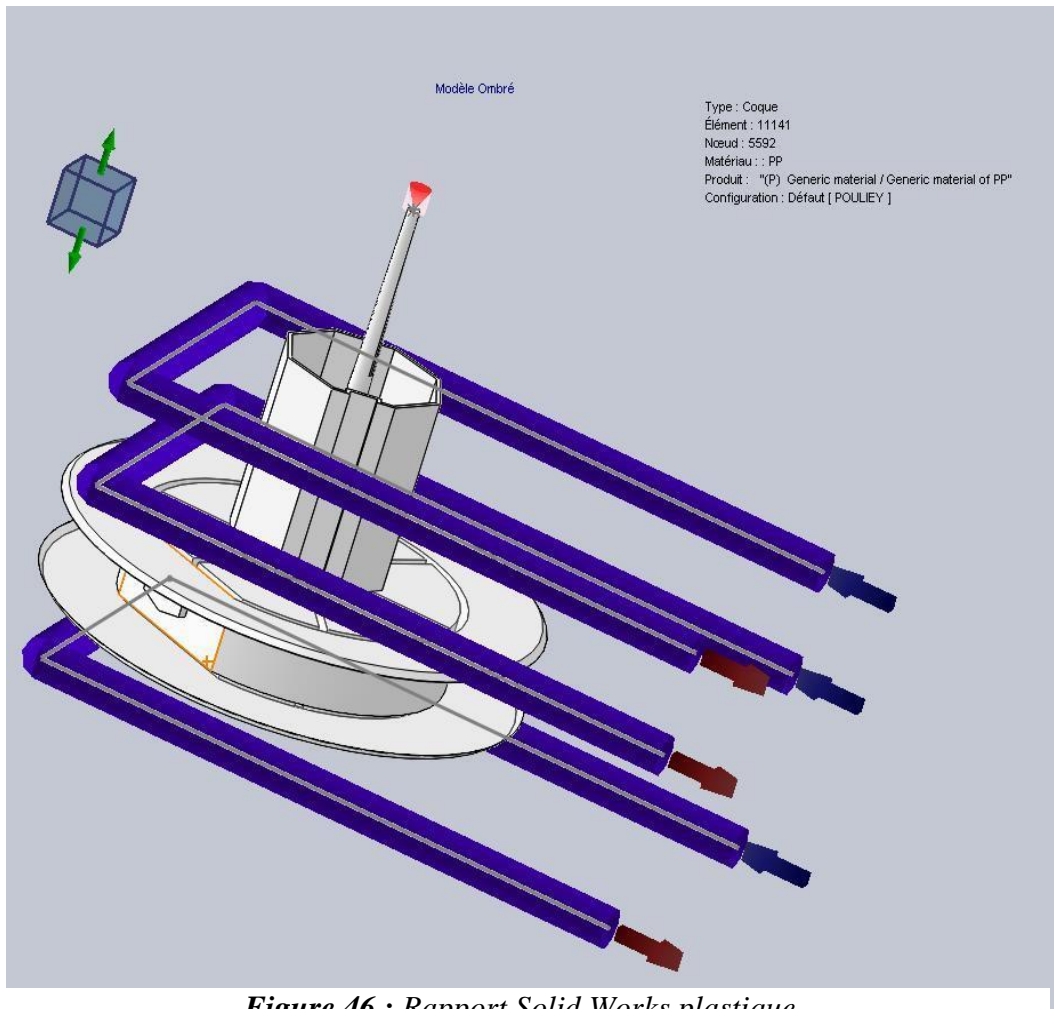


Figure 46 : Rapport Solid Works plastique

Tableau 11 : Résumé de rapport d'analyse

Temps de remplissage	1.44 sec
Température d'Injection Matière Principale	230 °C
Température Parois Moule	50 °C
Pression d'Injection Limite	100 MPa
Limite Débit	194 cc/s
Point de commutation Débit/Compactage (% volume rempli)	100 %

Temps de compactage automatique (1 : Oui, 0 : Non)	1
Analyse des événements (1 : Oui, 0 : Non)	0
Pression Initiale de l'Air dans la Cavité	0.101 MPa
Température Initiale de l'Air dans la Cavité	30 °C
Critère de température pour les arrêts-matière (1 : Oui, 0 : Non)	1
Critère de température pour les arrêts-matière	135 °C
Limite de la force de fermeture	75 Tonne
Temps Total du Cycle compactage	14.44 sec

Force de fermeture	60.3200 Tonne
Force de Fermeture X-dir.	60.3200 Tonne
Force de Fermeture Y-dir.	27.5500 Tonne
Force de Fermeture Z-dir.	28.7000 Tonne
Pression d'injection requise	32.6200 Mpa
Température Centrale Max	230.2200 °C
Température Moyenne Max	210.4800 °C
Température globale max.	232.1300 °C
Contraintes de Cisaillement Max	0.2900 Mpa
Taux de Cisaillement Max	30058.2600 1/sec
Temps de Refroidissement	7.2500 sec
Temps CPU	93.69 sec
Temps de cycle	28.27 sec
 - 1. Temps de remplissage	1.44 sec
 - 3. Temps d'Ouverture Moule	5.00 sec

II.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. Comme illustré sur la *Fig.47*

Les dimensions de notre moule sont :

Largeur 296 mm

Longueur 296 mm

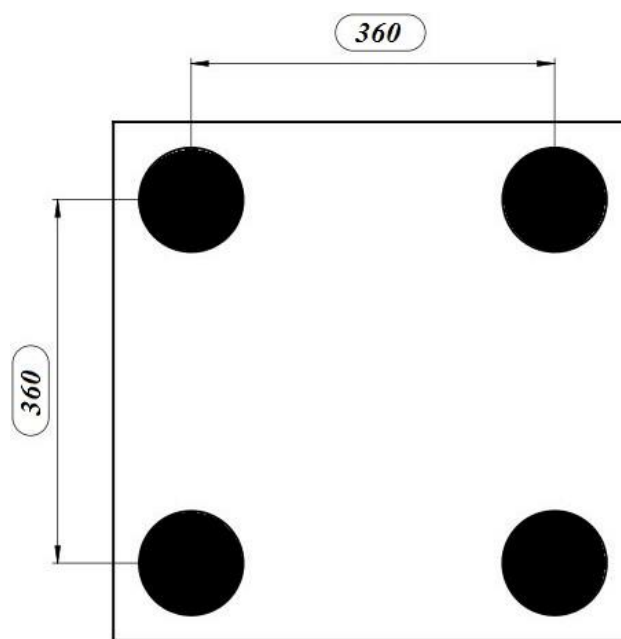


Figure 47 : Schémas d'un plateau d'une presse 75T.

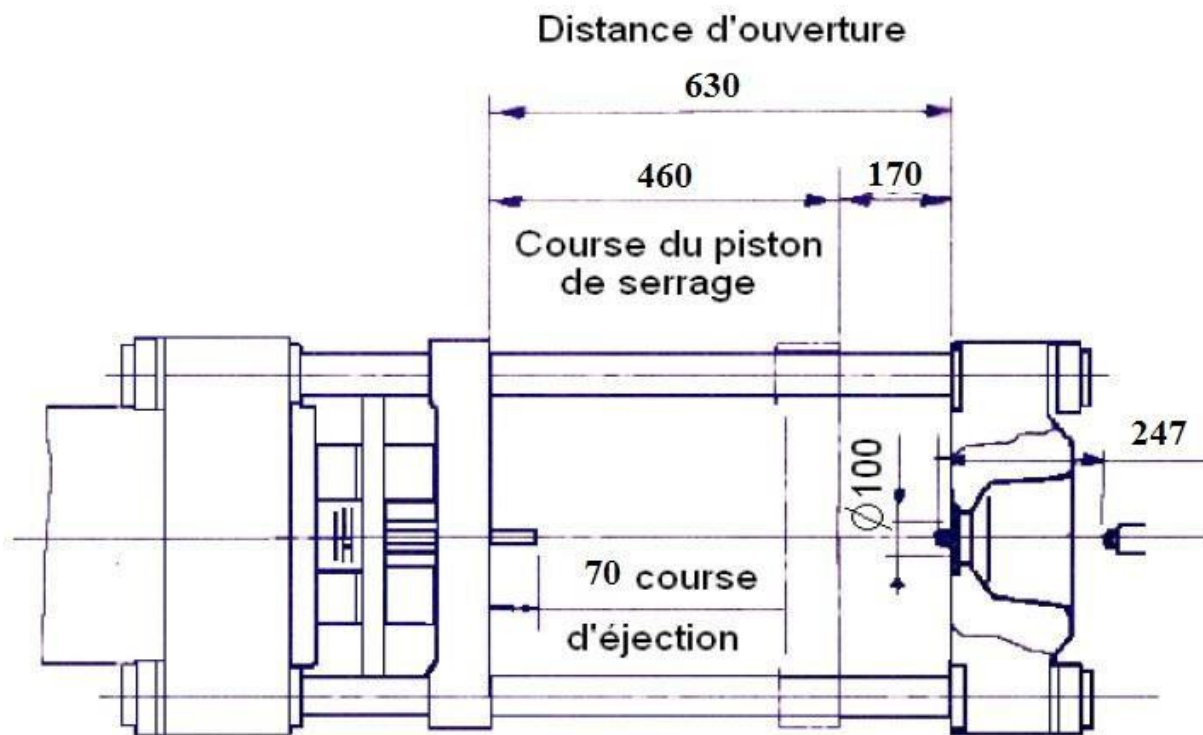


Figure 48 : Caractéristiques dimensionnelles de la presse 75T (i3).

II.5 Epaisseur minimale du moule :

Les caractéristiques dimensionnelles de la presse 75T sont :

- La distance entre plateaux 630 mm
- La course maximale du piston 170 mm

A partir de là, on voit que l'épaisseur minimale du moule doit être supérieure à 170mm (Notre moule a une épaisseur de 182 mm).

III. Le bilan thermique :

Tous les résultats sont donnés avec l'hypothèse que la pièce moulée est une plaque de longueur infinie. C'est-à-dire que les dimensions transversales sont très grandes devant l'épaisseur, l'évacuation de la chaleur se fait perpendiculairement à celle-ci, c'est pour cela qu'on va négliger le transfert de chaleur par conduction et par rayonnement.

Dans cette présente étude on supposera que le fluide caloporteur doit à lui seul évacuer toute l'énergie fournie par le polymère.

- **Remarque**

Puisque la quantité de chaleur dégagée par le polystyrène et automatiquement portée par le fluide caloporteur qui est l'eau dans notre cas, d'où il suffira de calculer juste la quantité de chaleur dégagée par le polystyrène.

III.1 Temps de refroidissement :

Le temps de refroidissement est déterminé par la relation ci-dessous :

$$Tr = \frac{e^2}{\pi^2 \times D} \text{Ln} \left[\frac{8}{\pi^2} \frac{Ti - Tm}{Te - Tm} \right]$$

Avec : (ces résultats sont donnés par le logiciel SolidWorks)

e : épaisseur moyenne de la pièce ; e=1.8 mm

D : la diffusivité thermique de PP ; D = 8.78 .10-8 m2/s

Ti : température d'injection ; Ti=230°C

Te : température d'éjection ; Te=70°C Tm : température du moule ; Tm= 50 C

A.N :

$$Tr = \frac{1.8^2}{\pi^2 \times 8.78 \cdot 10^{-8}} \text{Ln} \left[\frac{8}{\pi^2} \frac{230 - 50}{70 - 50} \right] = 7.44 = 7.25 \text{ sec}$$

III.2 Temps de cycle :

Le temps de cycle (tc) d'une presse d'injection ne se résume pas uniquement au temps de refroidissement de la pièce moulée, mais il est composé de : (ces résultats sont donnée par le logiciel SolidWorks)

tr : temps de refroidissement (7.25s)

ti : temps d'injection (1.44 s)

tm : temps de maintien (4.58s)

te : temps d'éjection (5s)

to : temps d'ouverture (5s)

tf : temps de fermeture (5s)

$$T_c = T_r + T_i + T_m + T_e + T_o + T_f$$

Le temps de cycle est : $T_c = 28.27$ sec

IV Résistance des matériaux :

IV.1 Résistance du plan de joint au matage:

$$S_{pj} \geq \frac{F}{0.2 \times R_e}$$

Avec :

F : Force de fermeture du moule est de $75T=750\ 000N$.

$R_e = 580$ N/mm² (pour les aciers non alliés).

S_{pj} : surface du plan de joint

0.2 : coefficient de sécurité

$$S_{pj} \geq \frac{F}{0.2 \times R_e} = \frac{750000}{0.2 \times 580} = 6465.5 \text{ mm}^2$$

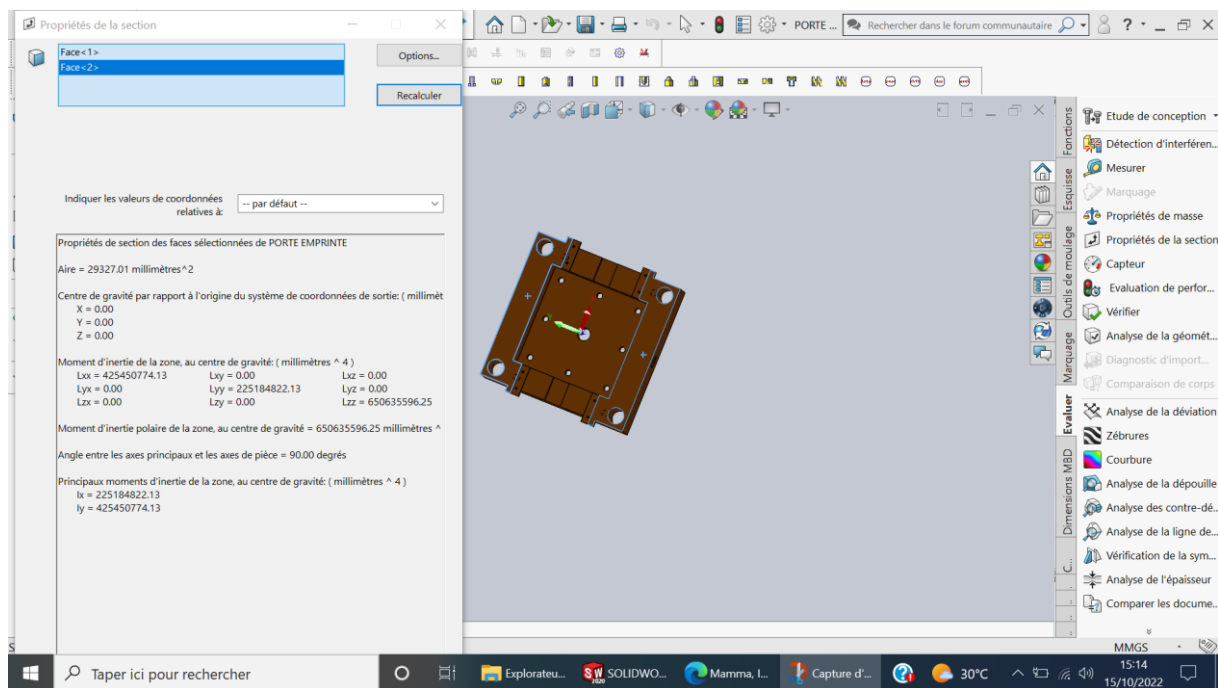


Figure 49 : La section du plan de joints.

Spj 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 29327.01 mm² largement supérieure.

IV.2 Vérification des vis de fixation du porte empreinte mobile, des tasseaux et la plaque semelle au cisaillement :

Condition de résistance :

$$\tau = \frac{F}{n \times S} \leq [\tau] \text{ cis}$$

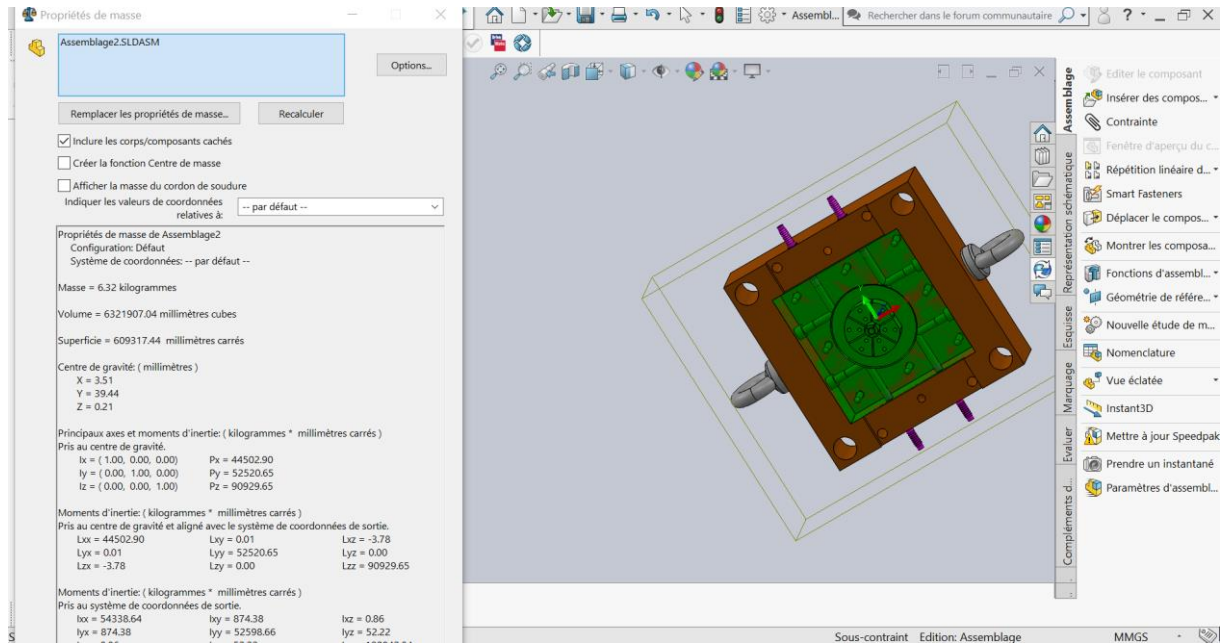


Figure 50 : Porte empreinte mobile

Avec :

P : poids du porte empreinte et de ces composantes 62 N

Masse = 6.32 Kg.

F : poids du porte empreinte et de ces composants

n : nombre de vis = 4

S : section d'une vis

d : diamètre d'une vis = 12

$$S = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3.14 \times 12^2}{4} = 113.04 \text{ mm}^2$$

$$\tau]cis = \frac{\sigma e}{k} 0.8 = \frac{335}{2} \times 0.8 = 134 \text{ N/mm}^2$$

Avec :

σe : limite élastique du matériau (C45), $\sigma e = 335 \text{ N/mm}^2$

k : coefficient de sécurité

A.N :

$$\tau = \frac{62}{4 \times 113.04} = 0.13 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau] cis$$

La condition est vérifiée.

IV.3 Vérification des vis de fixation du porte empreinte fixe, et la plaque semelle au cisaillement :

Condition de résistance :

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

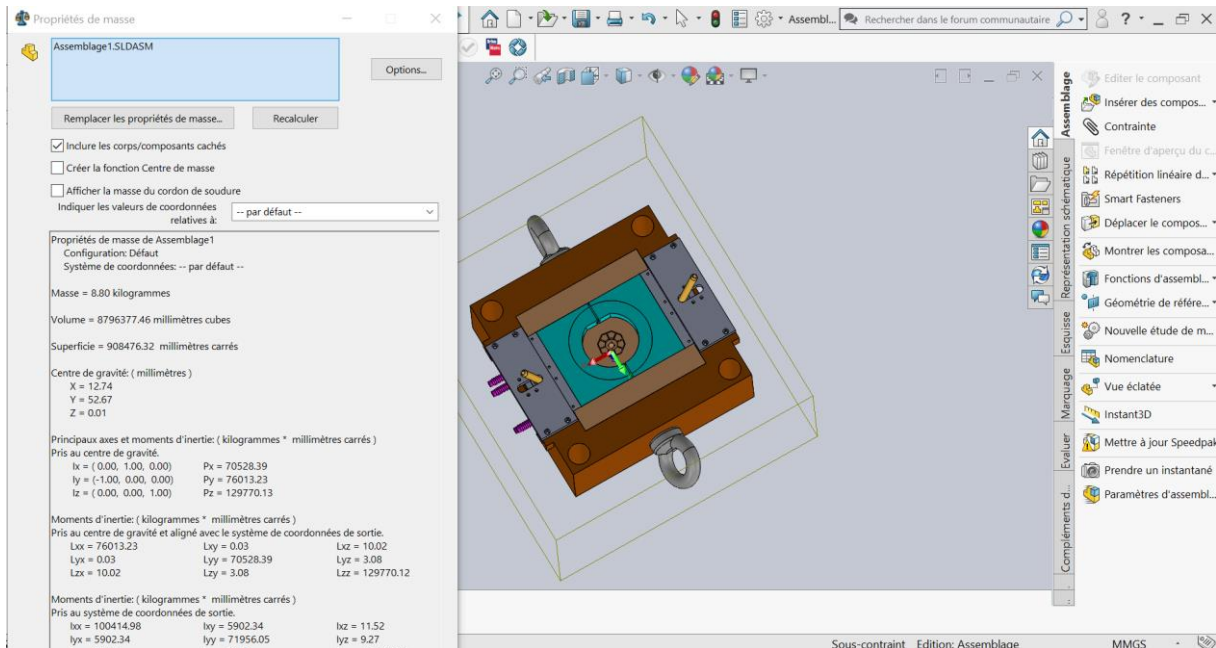


Figure 51 : Porte empreinte fixe

Avec :

P : poids du porte empreinte et de ces composantes 86.33 N

Masse = 8.8 Kg.

F : poids du porte empreinte et de ces composants

n : nombre de vis = 4

S : section d'une vis

d : diamètre d'une vis = 12

$$S = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3.14 \times 12^2}{4} = 113.04 \text{ mm}^2$$

$$\tau]_{\text{cis}} = \frac{\sigma e}{k} 0.8 = \frac{335}{2} \times 0.8 = 134 \text{ N/mm}^2$$

Avec :

σe : limite élastique du matériau (C45), $\sigma e = 335 \text{ N/mm}^2$

k : coefficient de sécurité

A.N :

$$\tau = \frac{86.33}{4 \times 113.04} = 0.19 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau]_{\text{cis}}$$

La condition est vérifiée.

IV.4 Résistance des colonnes de guidage au cisaillement :

Condition de résistance :

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

$$\tau]_{\text{cis}} = \frac{\sigma e}{k} 0.8 = \frac{300}{2} \times 0.8 = 120 \text{ N/mm}^2$$

Avec :

σ_e : limite élastique du matériau (ACIER ALLIE), $\sigma_e = 300 \text{ N/mm}^2$

k : coefficient de sécurité

F : effort normal (poids du porte empreint fixe + empreinte fixe), $F = 428.3\text{N}$

S : section de la colonne (mm^2)

n : nombre de section cisillées

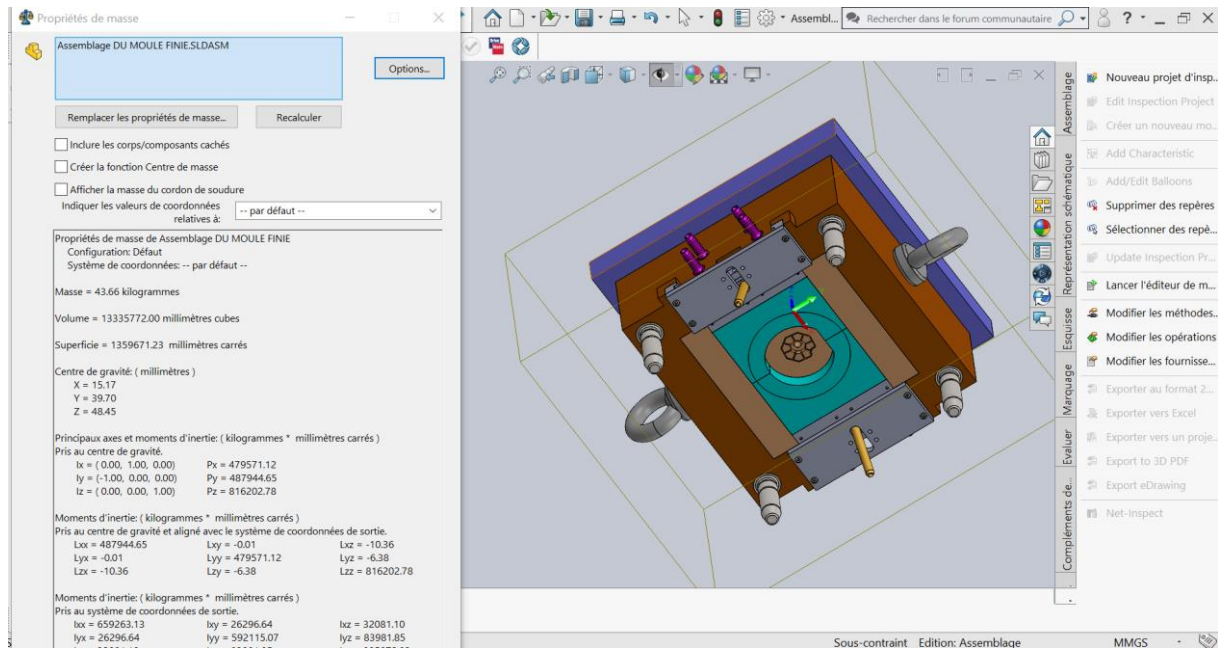


Figure 52 : Partie fixe

A.N :

$$S = \frac{\pi \times d^2}{4} = \frac{3.14 \times 32^2}{4} = 803.84 \text{mm}^2$$

$$\tau = \frac{428.3}{4 \times 803.84} = 0.13 \text{N/mm}^2 \leq [\tau] \text{ cis}$$

La condition est vérifiée.

V. Le choix des ressorts :

La presse 75T n'est pas équipée d'un système de retour de la batterie éjection (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 (12 à 13 mm)
- La charge à supporter (Poids de la batterie d'éjection $F=79.75N$)
- L'encombrement ($d1=12.5mm$, $d2=25mm$),

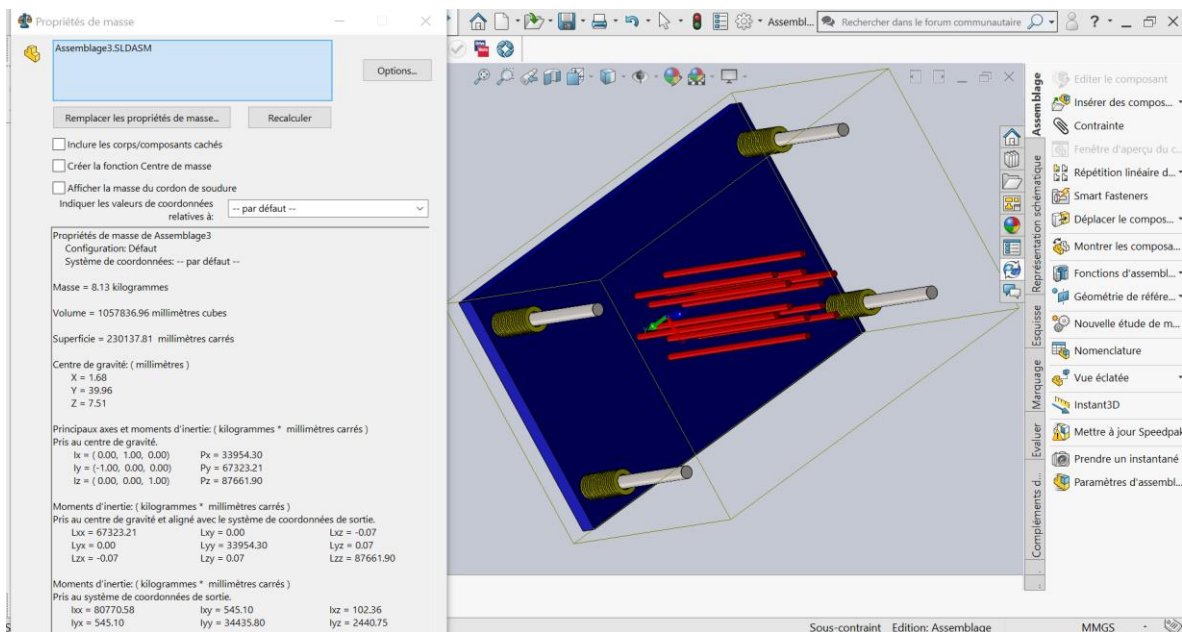


Figure 53 : Batterie d'éjection

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 :



Figure 54 : Classification des ressorts par couleur

$$F = \frac{79.75}{4} = 19.94N$$

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.

Le ressort qui répond à nos exigences est un ressort de couleur violet Réf.324 et qui a les caractéristiques suivantes :

D1=12.5mm

D=25 mm F=440.44 N

L=44 mm

A=44 x 35%= 15.4 mm

Section rectangulaire S=3.2x 4.6.

VI Conclusion :

Nous avons pu dans cette partie ou dans ce chapitre vérifier et calculer les paramètres adéquats pour le choix de notre machine à injection et ces nombreuses caractéristiques, ainsi que les dimensions requises à l'élaboration de notre moule et ces composants, la résistance de ces derniers aux différentes contraintes et effort qu'ils subissent lors de l'opération d'injection et aussi le calcul du cycle d'injection, de refroidissement.

Conclusion générale

La réalisation de notre projet de fin d'étude nous a permis de nous confrontée à nos lacunes et de pouvoir élargir, corrigée, amélioré et de tester les connaissances acquises durant notre cursus.

Nous avons pu constater le rôle et l'importance d'une bonne étude de conception dans l'industrie moderne, cela nous a permis de nous plonger dans ce domaine très riche de connaissances et surtout de nous familiarise avec le logiciel de conception **SolideWorks** et la panoplie de possibilités et de commodités que nous offre ce dernier dans notre travail d'étude plus précisément le domaine d'injection plastique.

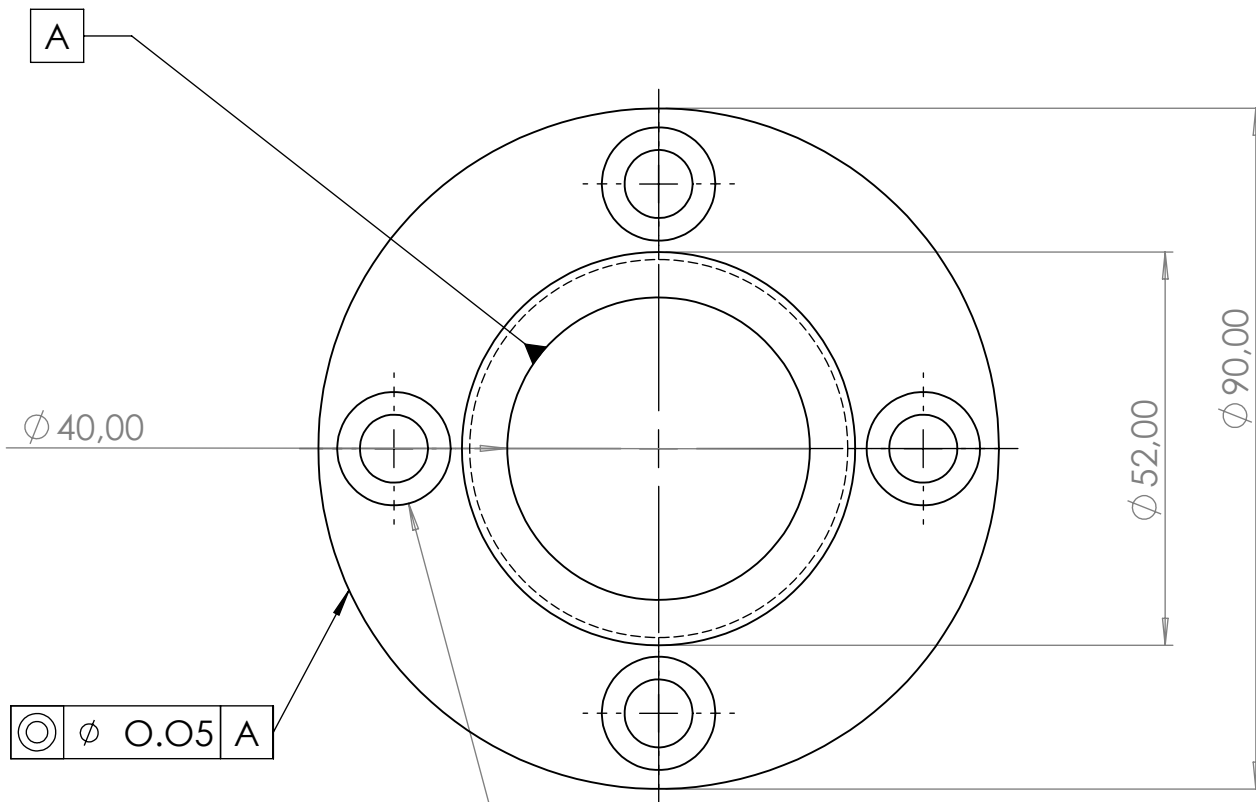
En dernier, ce travail a été pour nous une très bonne occasion de réaliser nos premier pas dans l'immensité du domaine de conception de moule qui était pour nous jusqu'à présent totalement flou et méconnu, et afin de cernée cette problématique, nous avons réalisé une recherche dans le but de pouvoir essayer au mieux d'imaginer les solutions les plus adéquates, réalisables et simples que possible.

Références
BIBLIOGRAPHIQUES

Références Bibliographique

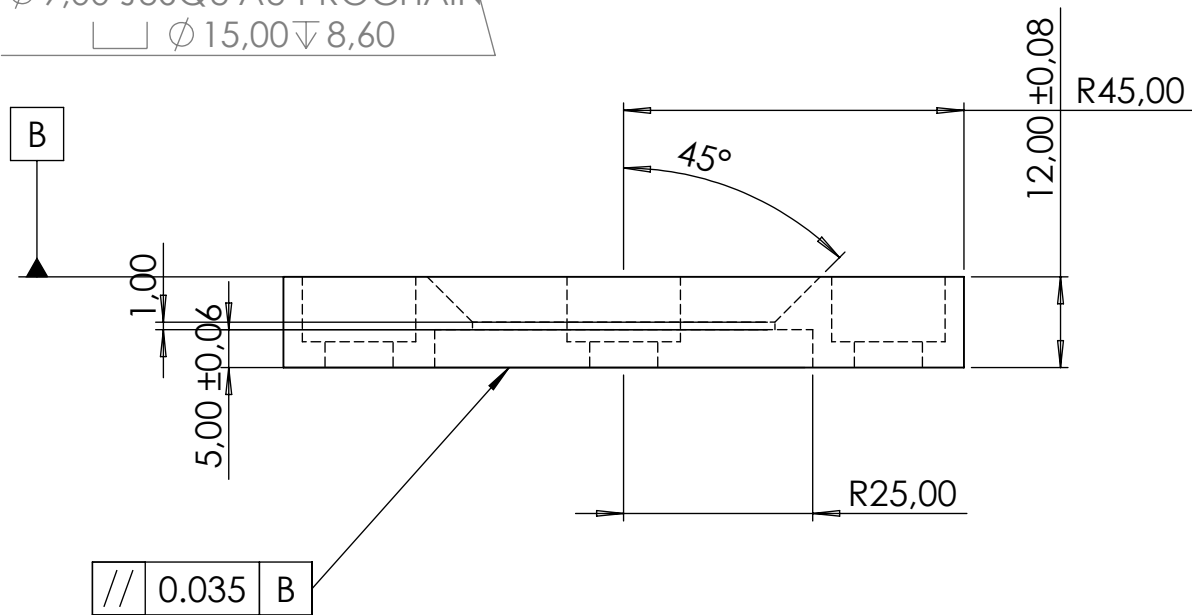
- *Mr MAMMA Idir, Mr OUZZOUG Kaci, Mr OUDAHMANE Oussama :Etude, conception et réalisation d'un moule d'injection plastique. Mémoire d'ingénieur. Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, Promotion 2014.*
- *ANDRE CHEVALIER, Guide du dessinateur industriel, Edition HACHETTE, 2004.*
- *Aide-mémoire Injection des matières plastiques (Jean-François Pichon, Christophe Guichou)*
- *SITES INTERNET*
 - ✓ https://plastisem.fr/doc/Guide_injection_plastique_Plastisem.pdf
 - ✓ <https://www.technologuepro.com/cours-conception-moules-sb/chapitre-3-conception-moule-injection-plastique.pdf>
 - ✓ <https://ia803407.us.archive.org/34/items/technologie/Aide-m%C3%A9moire%20Injection%20des%20mati%C3%A8res%20plastiques-min.pdf>
 - ✓ https://www.mcours.net/cours/pdf/info/Cours_les_moules.pdf

**MISE
EN PLANS**

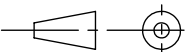


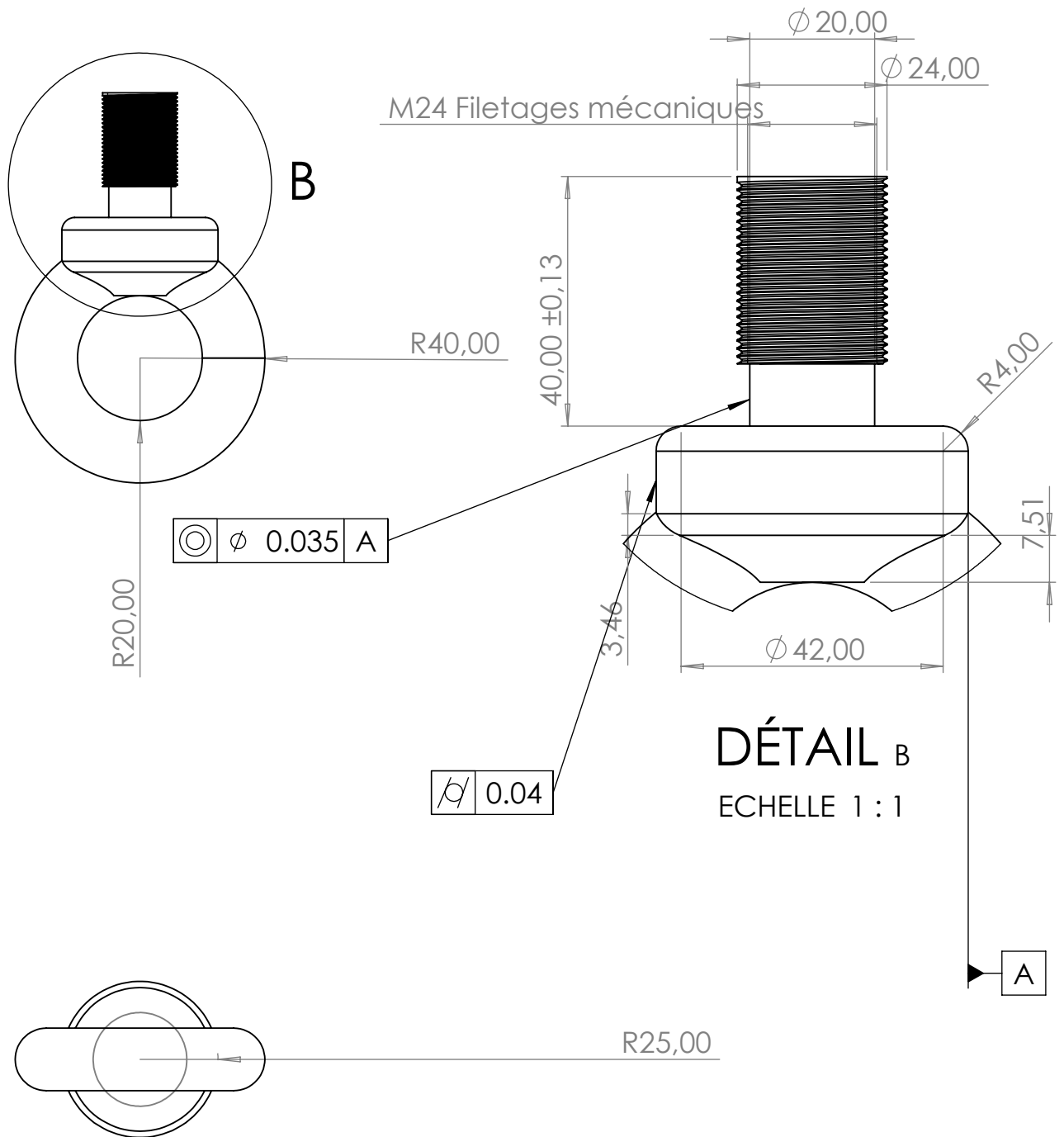
$\phi 0.05$ A

$\phi 9,00$ JUSQU'AU PROCHAIN
 $\phi 15,00 \nabla 8,60$

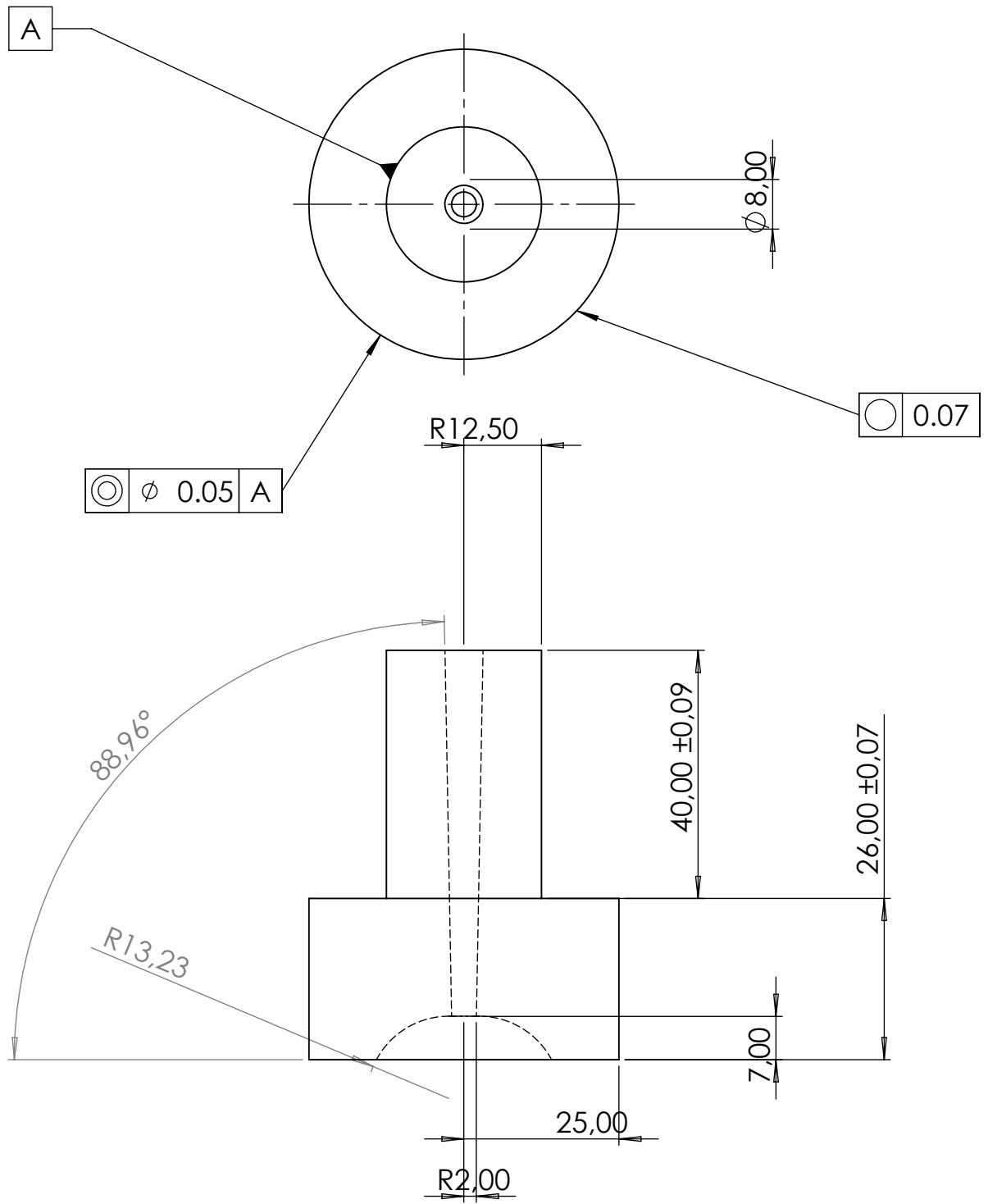


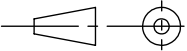
// 0.035 B

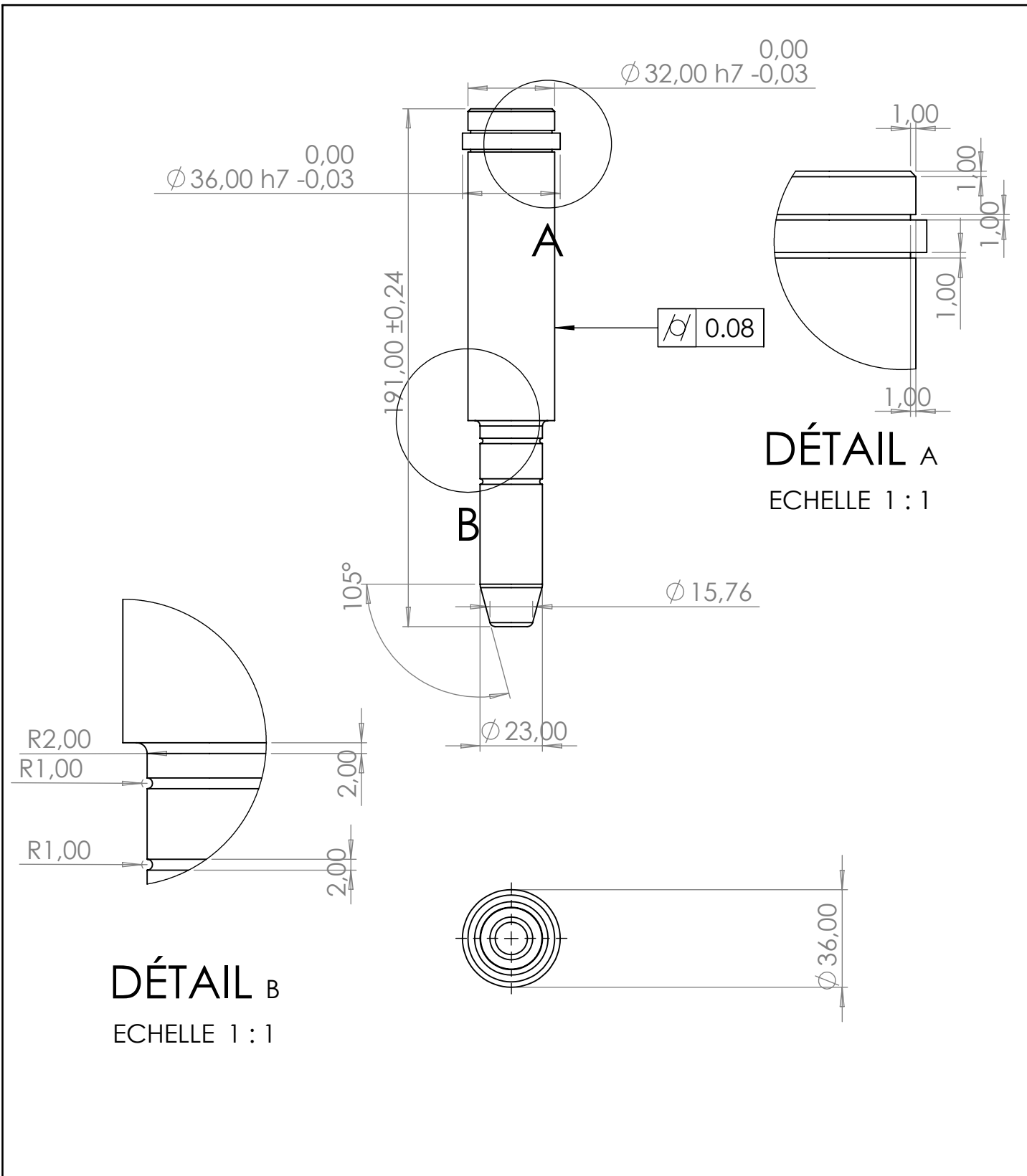
32	1	ANNAUX DE CENTRAGE	Acier allié	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1:1		MOULE A INJECTION PLASTIQUE		NEKROUCHE.R YAMANI.N
				Planche N° : 1/25
A4		FGC - GM - UMMTO		M2 FMP



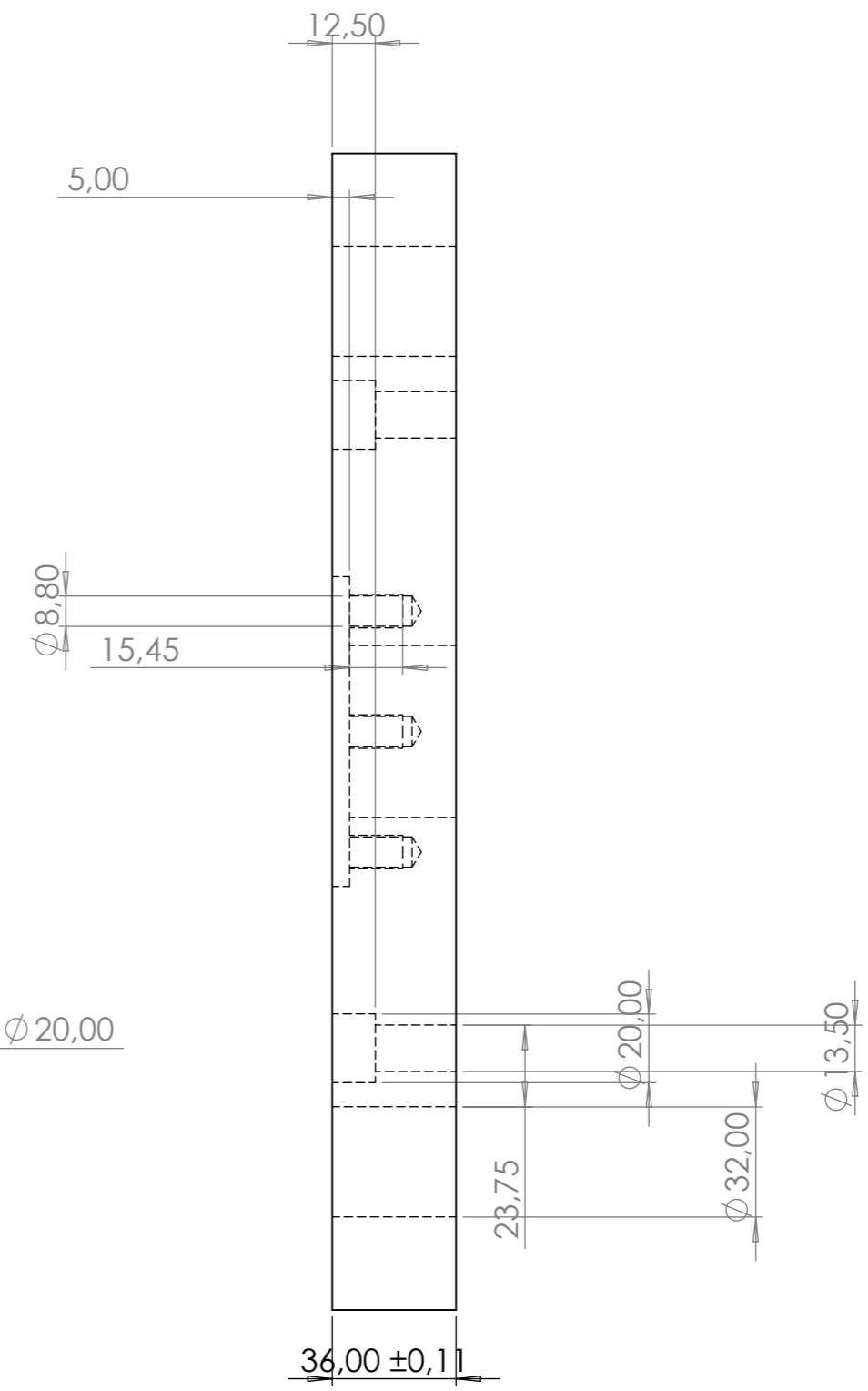
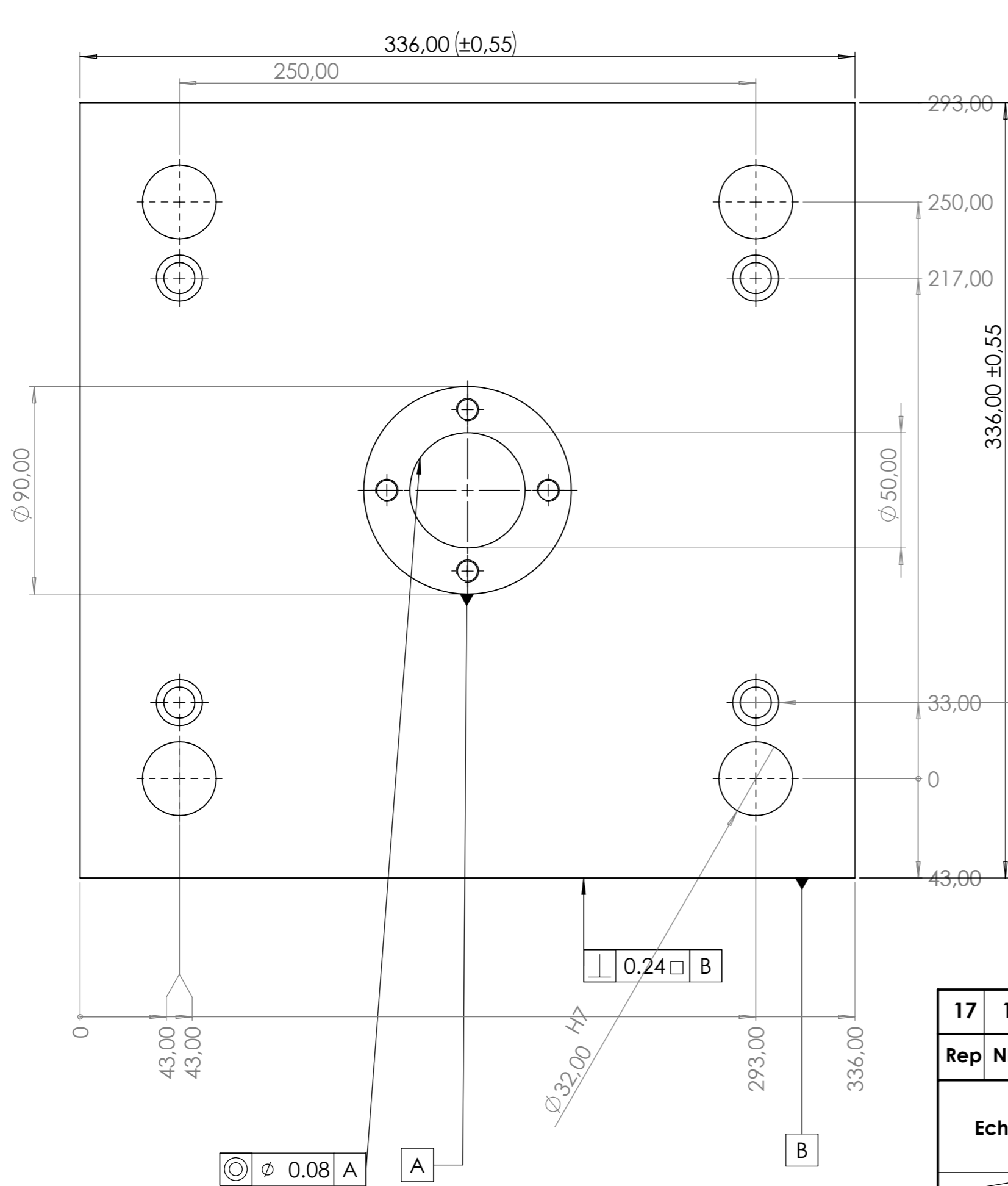
35	4	ANNAU DE LEVAGE	Acier allié	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1:2		MOULE A INJECTION PASTIQUE		NEKROUCHE.R YAMANI.N
				Planche N° : 2/25
A4		FGC - GM - UMMTO		M2 FMP



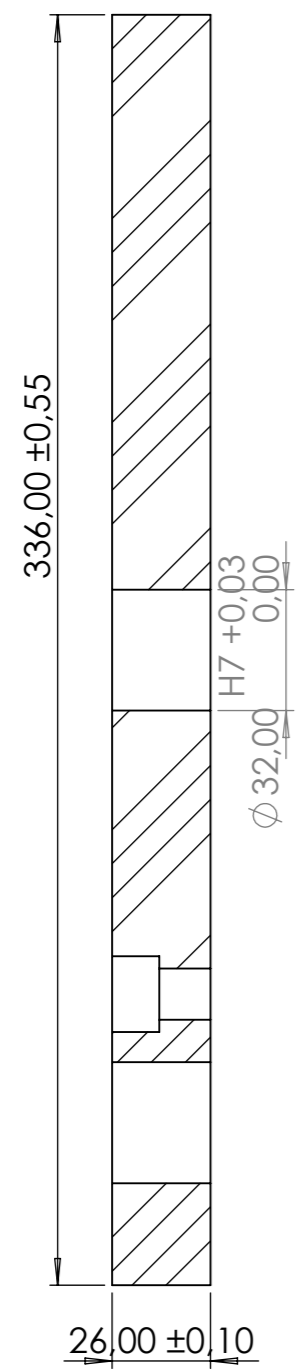
31	1	BUSE D'INJECTION	35 Ni Cr 15	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1:1		MOULE A INJECTION PLASTIQUE		NEKROUCHE.R YAMANI.N
				Planche N° : 3/25
A4		FGC - GM - UMMTO		M2 FMP



16	4	colone de guidage	Acier allié	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1:2		MOULE A INJECTION PLASTIQUE	NEKROUCHE.R YAMANI.N	
			Planche N° : 4/25	
A4		FGC - GM - UMMTO	M2 FMP	

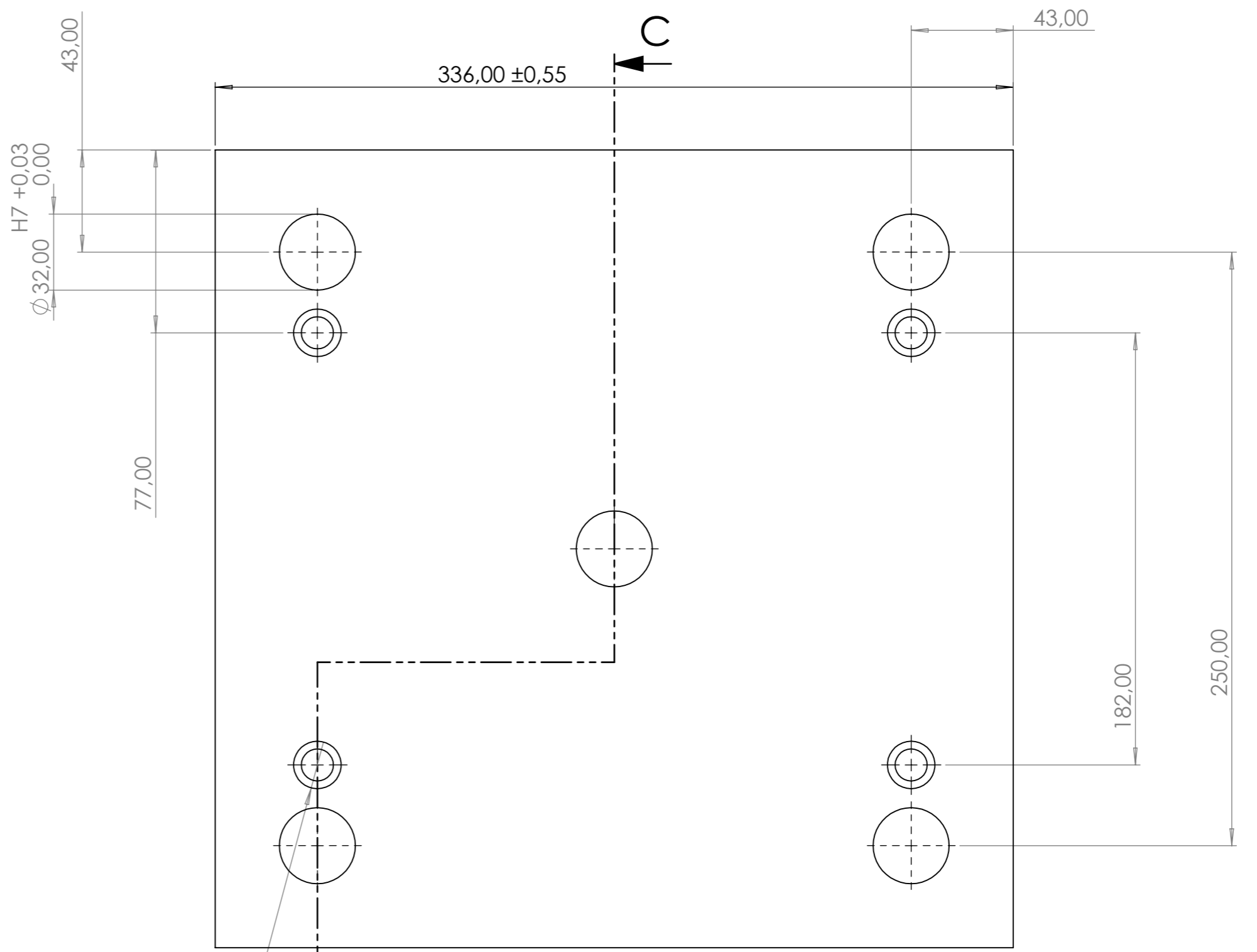


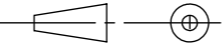
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
17	1	Semelle fixe	S235	
Echelle : 1:2		MOULE A INJECTION PLASTIQUE	NEKROUCHE.R YAMANI.N Planche N° : 5/25	
A 3				

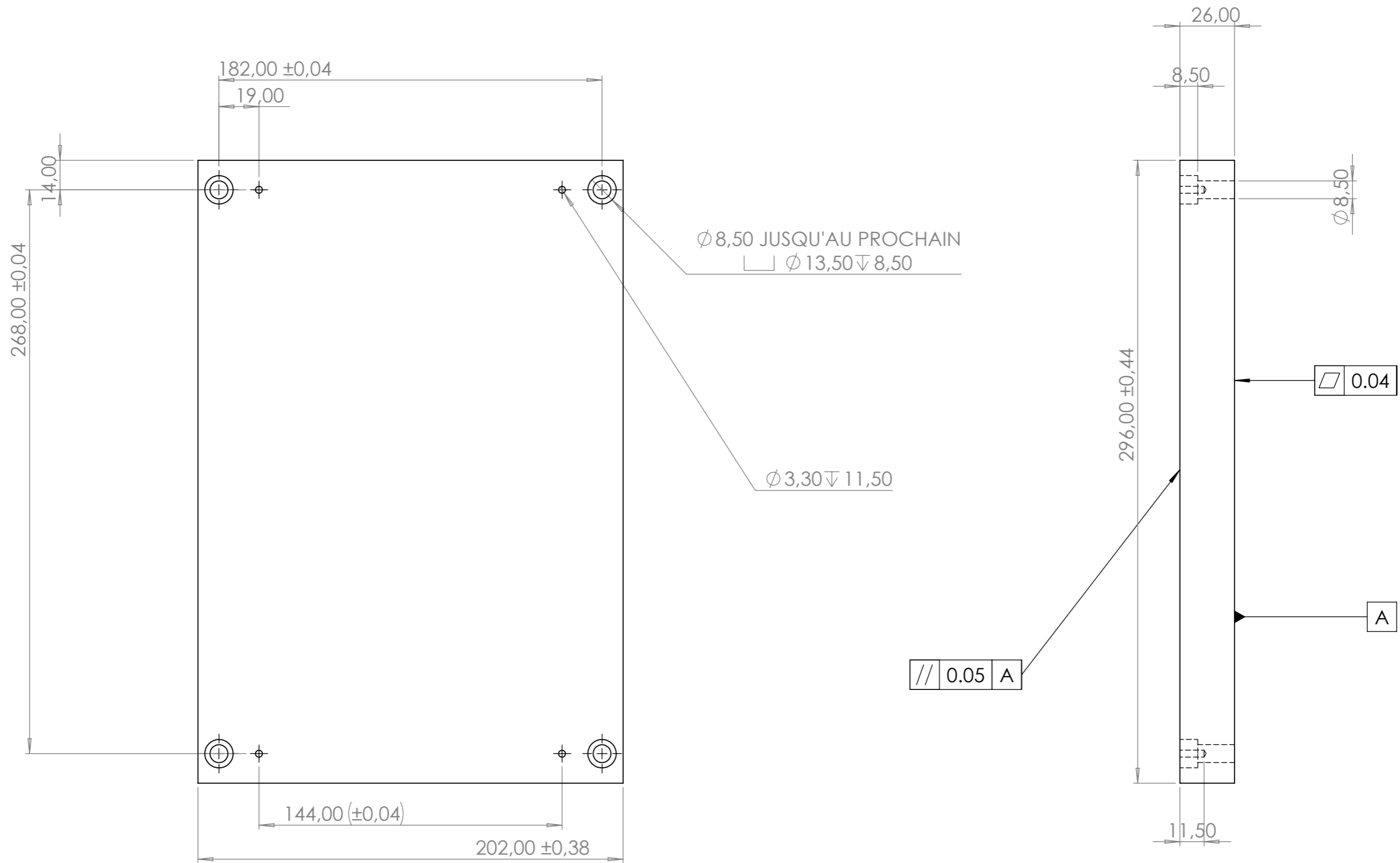


COUPE C-C
Echelle 1 : 2

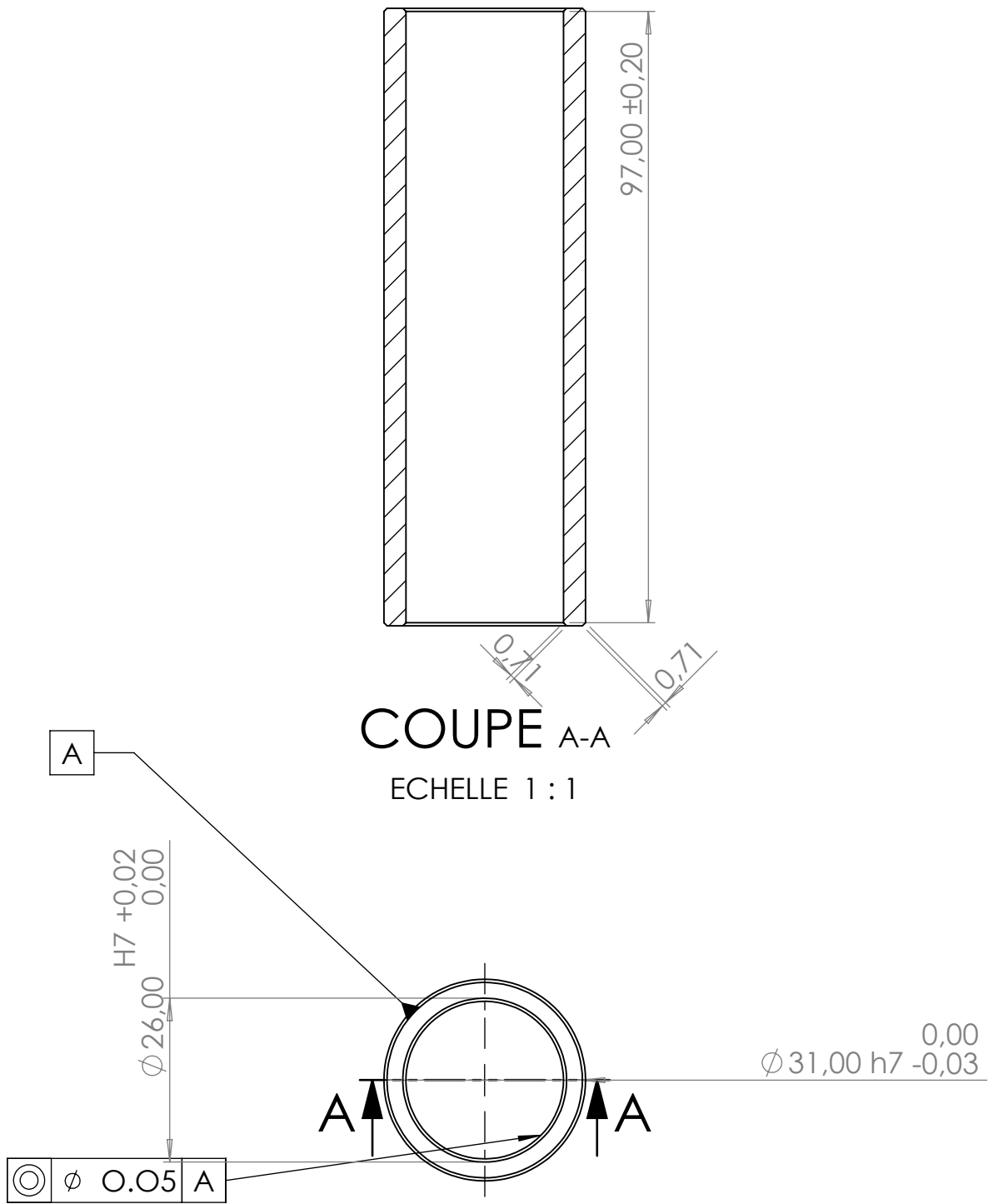
∅ 13,50 JUSQU'AU PROCHAIN
 ∅ 20,00 ∇ 12,50



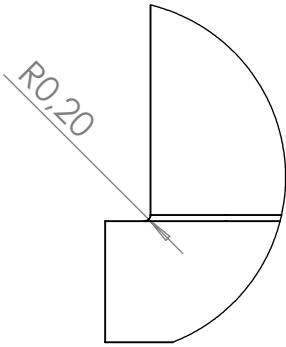
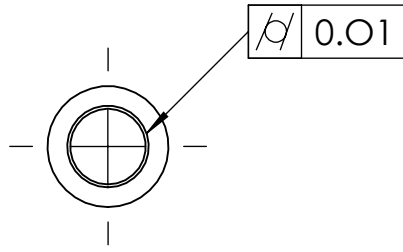
27	1	Semelle mobile	S235	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle : 1:2		MOULE A INJECTION PLASTIQUE		NEKROUCHE.R YAMANI.N
				Planche N° : 6/25
A 3		FGC - GM - UMMTO		M2 FMP



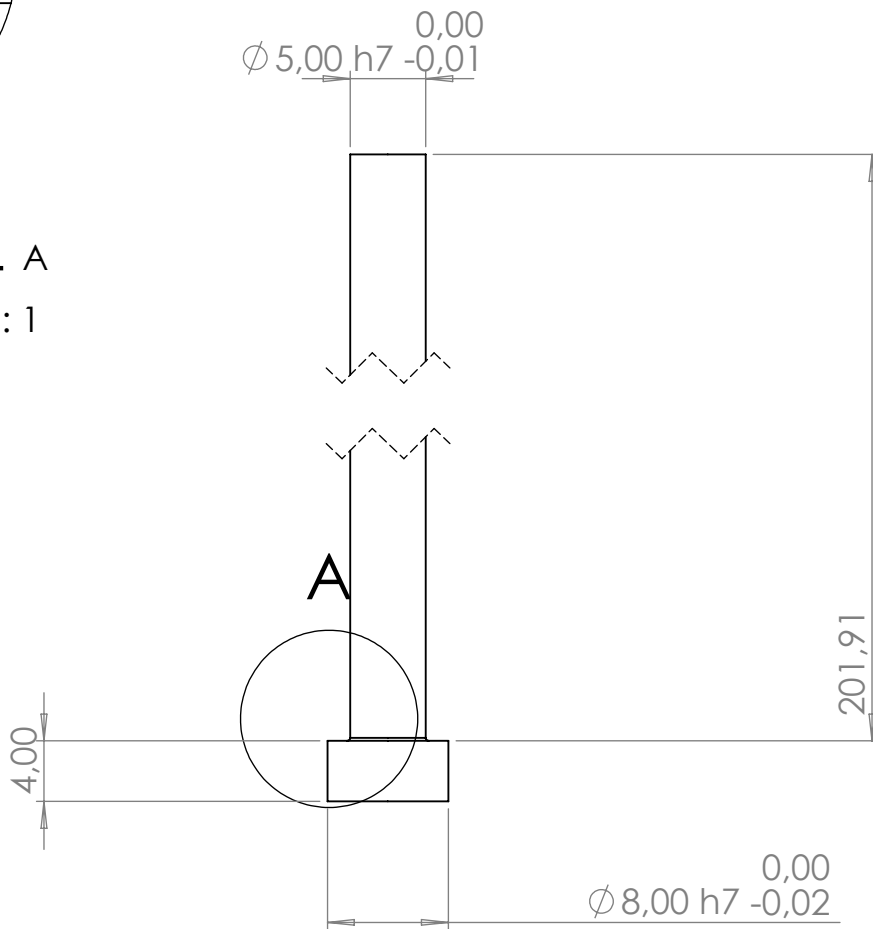
20	1	Batterie d'éjection inferieur	C45	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle : 1:2		MOULE A INJECTION PLASTIQUE		NEKROUCHE.R YAMANI.N
				Planche N° : 7/25
A 3		FGC - GM - UMMTO		M2 FMP



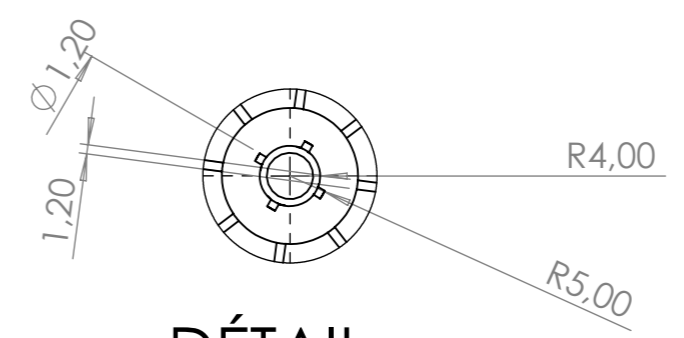
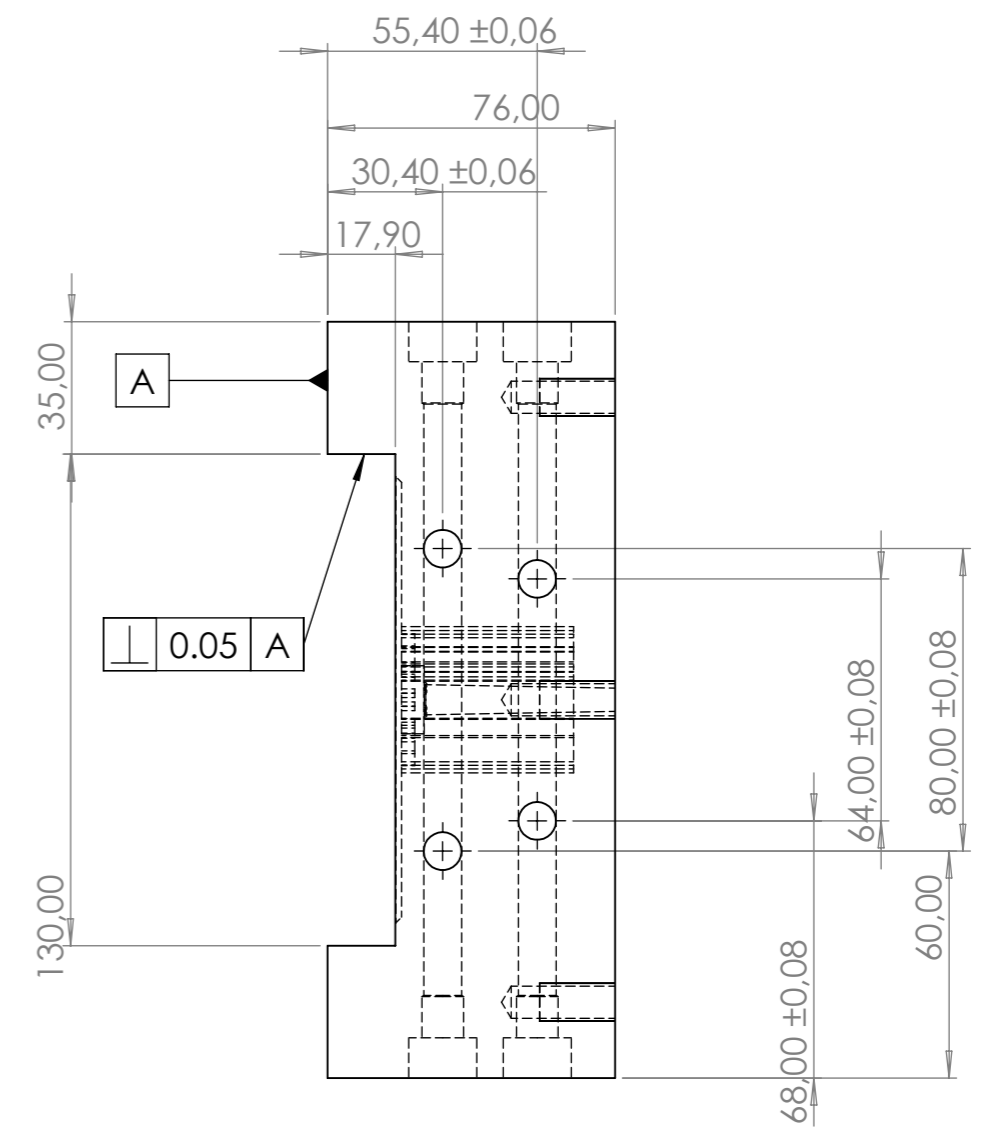
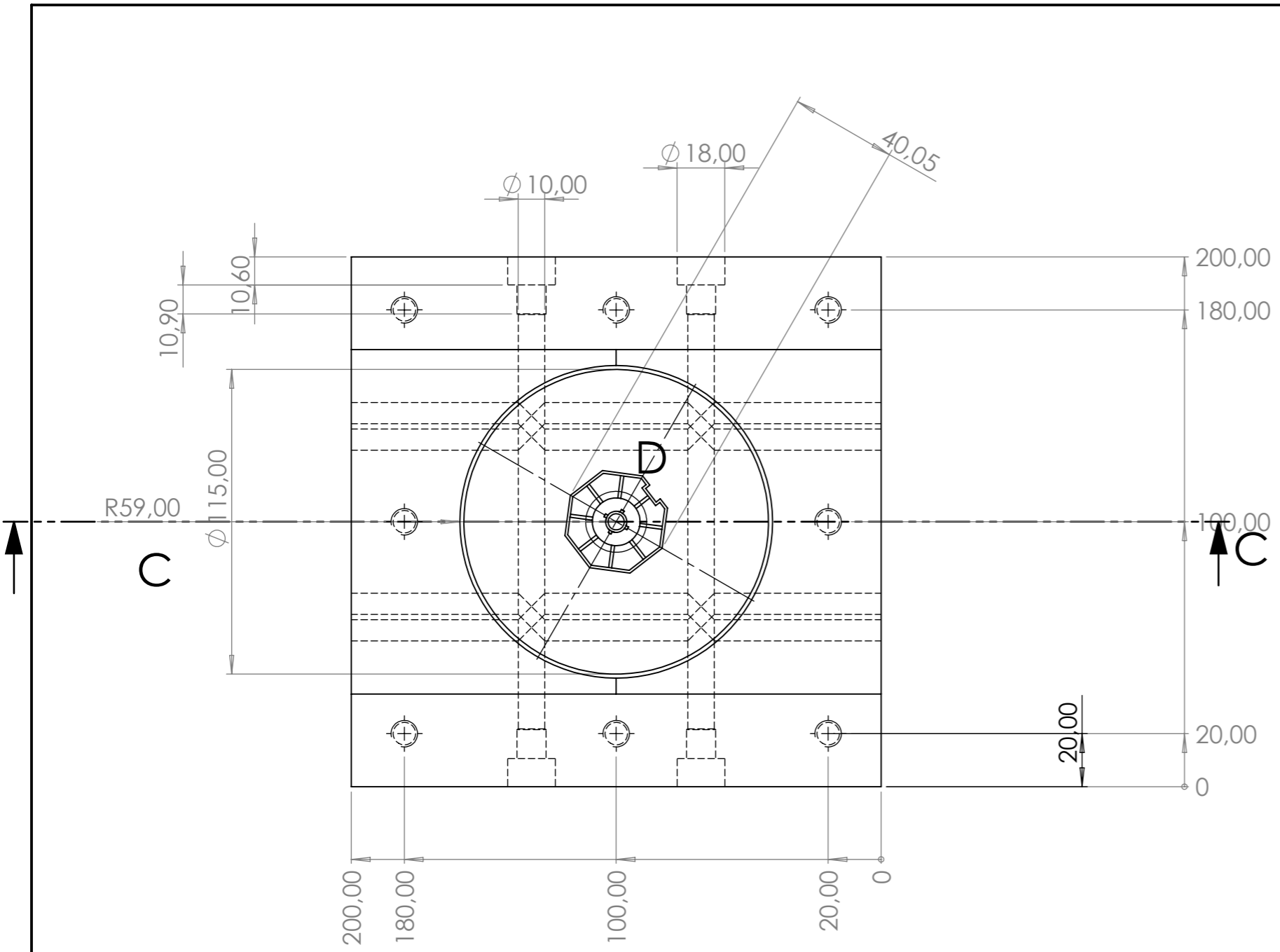
19	4	DOUILLE TD	C45	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1:1		MOULE A INJECTION PLASTIQUE	NEKROUCHE.R YAMANI.N	
			Planche N° : 8/25	
A4		FGC - GM - UMMTO	M2 FMP	



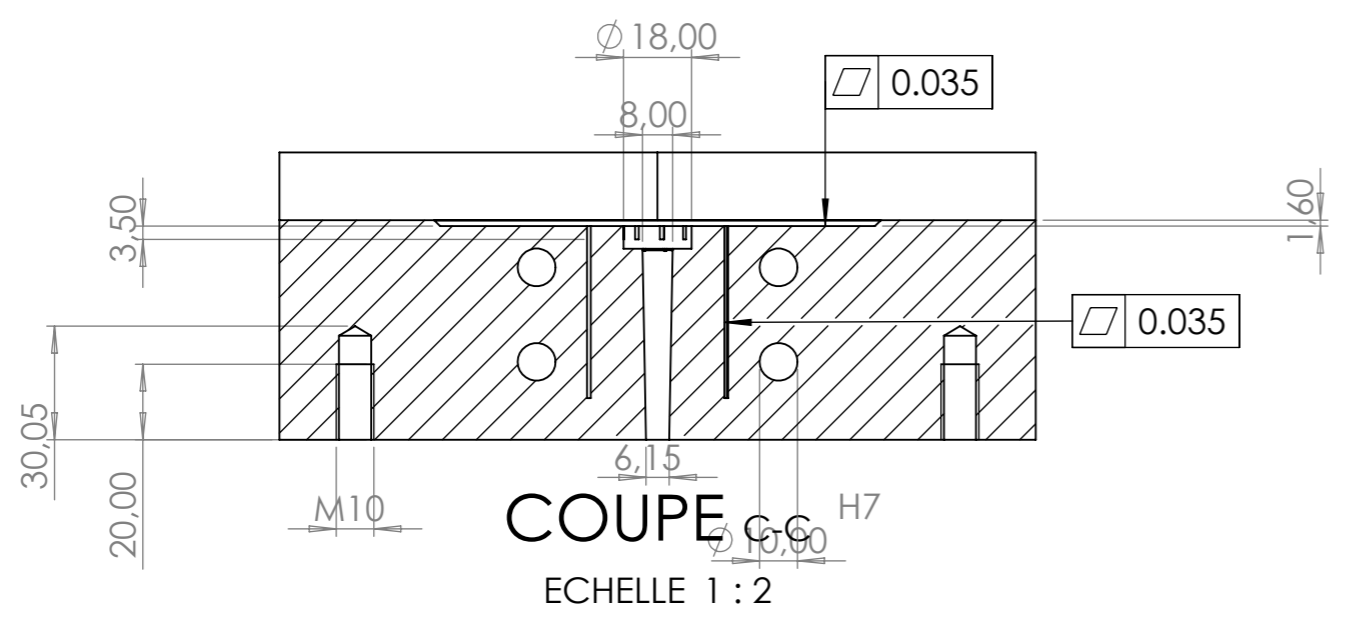
DÉTAIL A
ECHELLE 4 : 1



24	12	EJECTEUR	C48	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:4:1		MOULE A INJECTION PLASTIQUE		NEKROUCHE.R YAMANI.N
				Planche N° : 9/25
A4		FGC - GM - UMMTO	M2 FMP	

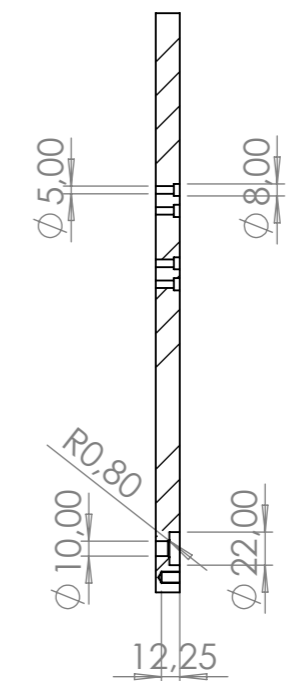
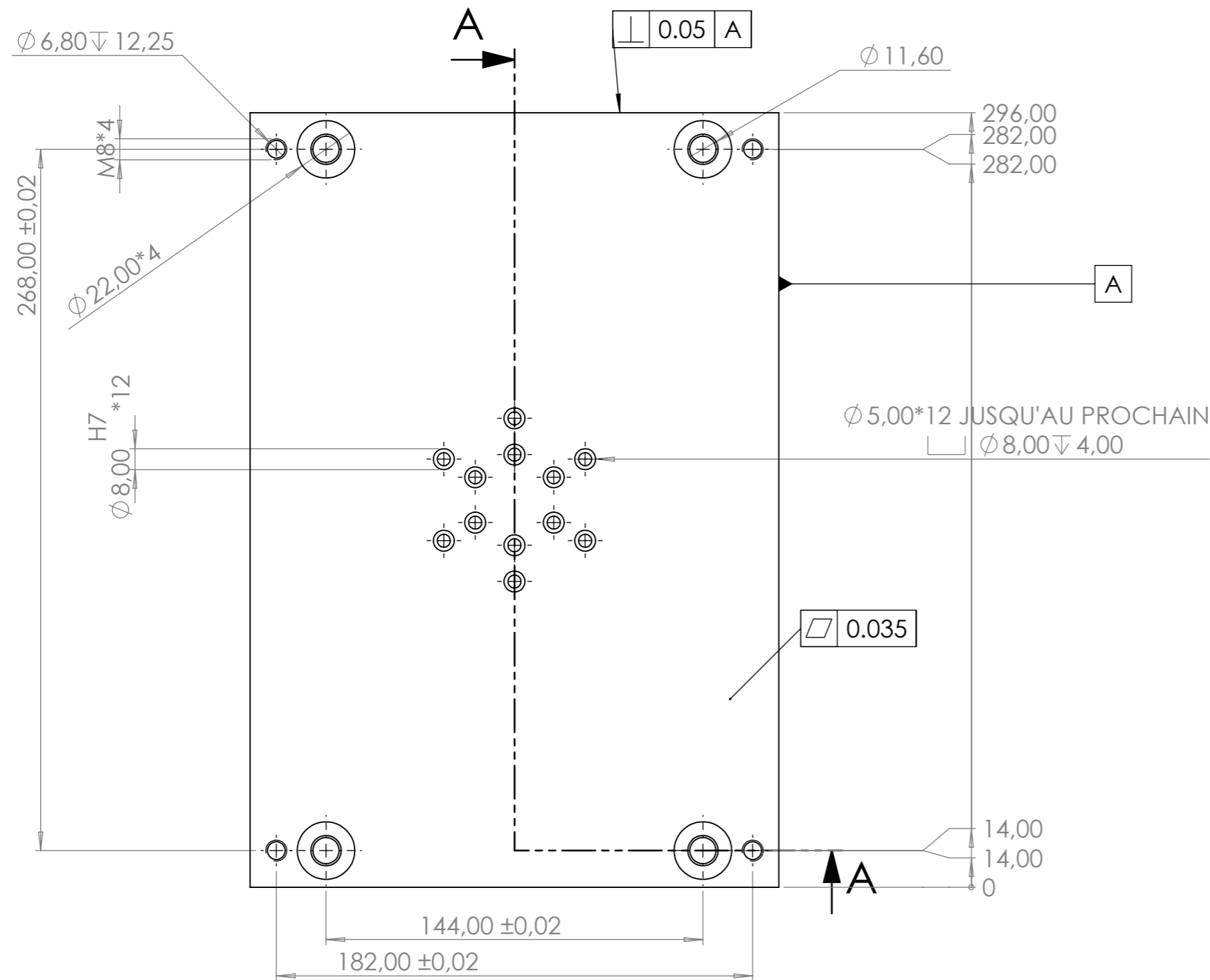


DÉTAIL D
Echelle 1 : 1

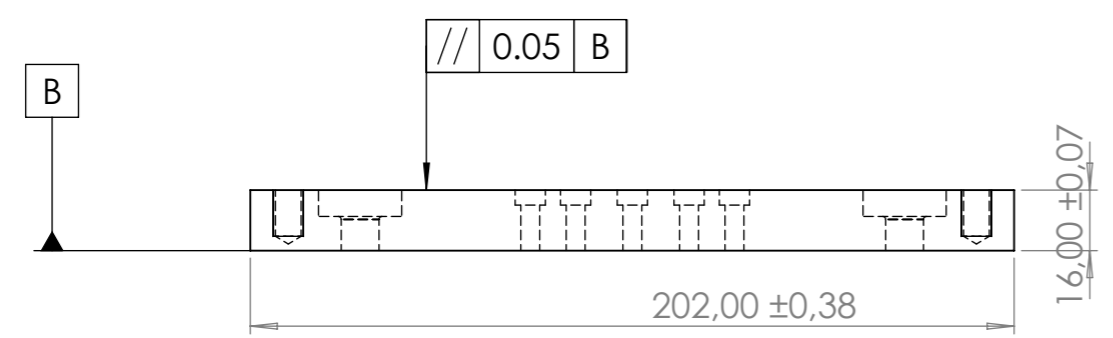


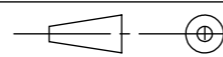
COUPE C-C
Echelle 1 : 2

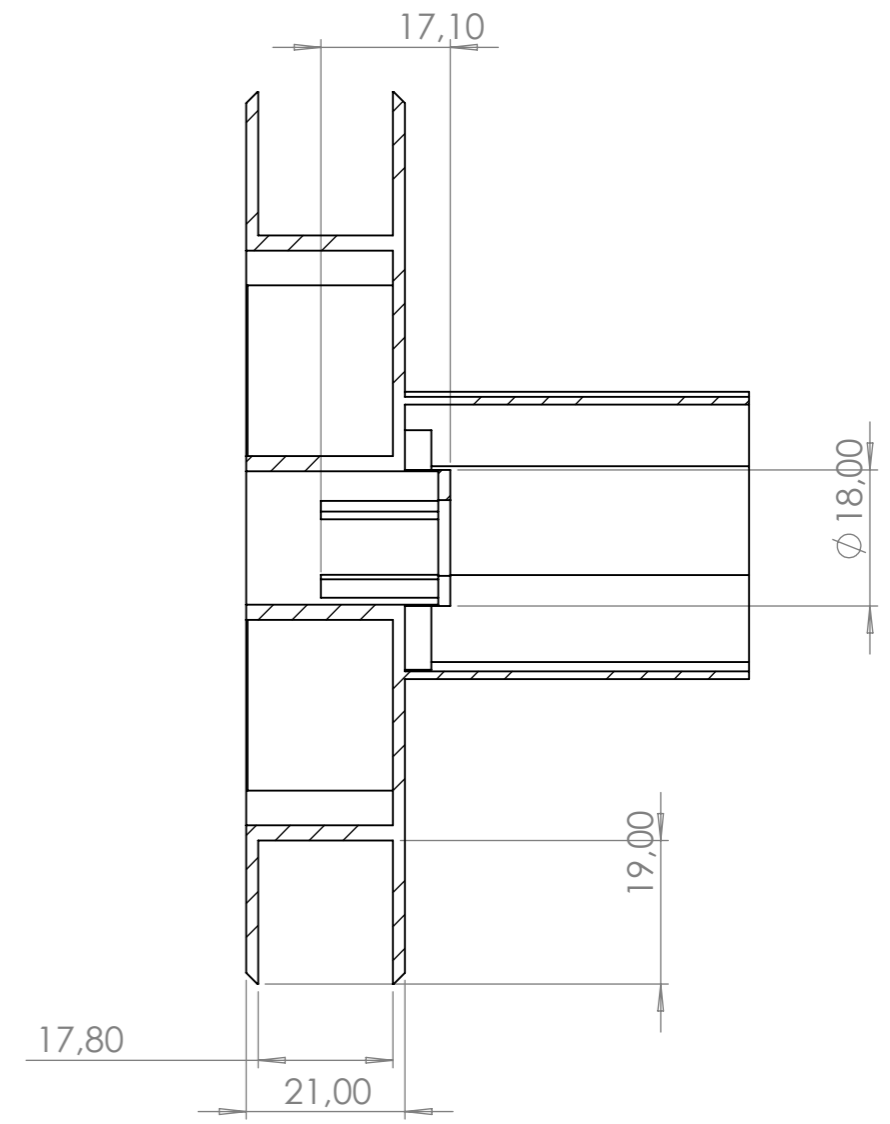
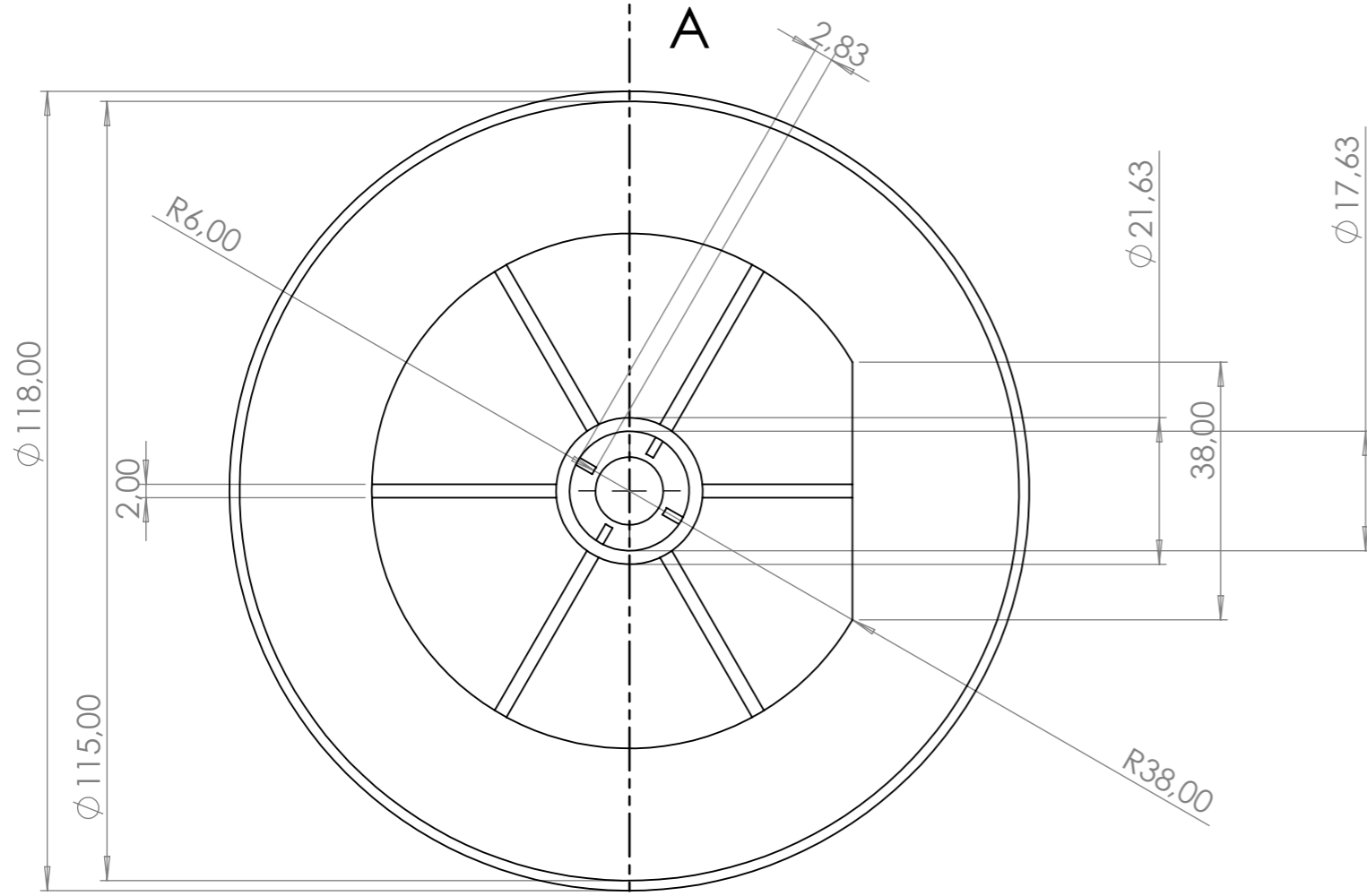
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
4	1	EMPREINTE FIX	36Ni Cr Mo16	
Echelle : 1:2		MOULE A INJECTION PLASTIQUE		NEKROUCHE.R YAMANI.N
A 3				FGC - GM - UMMTO
				Planche N° : 10/25



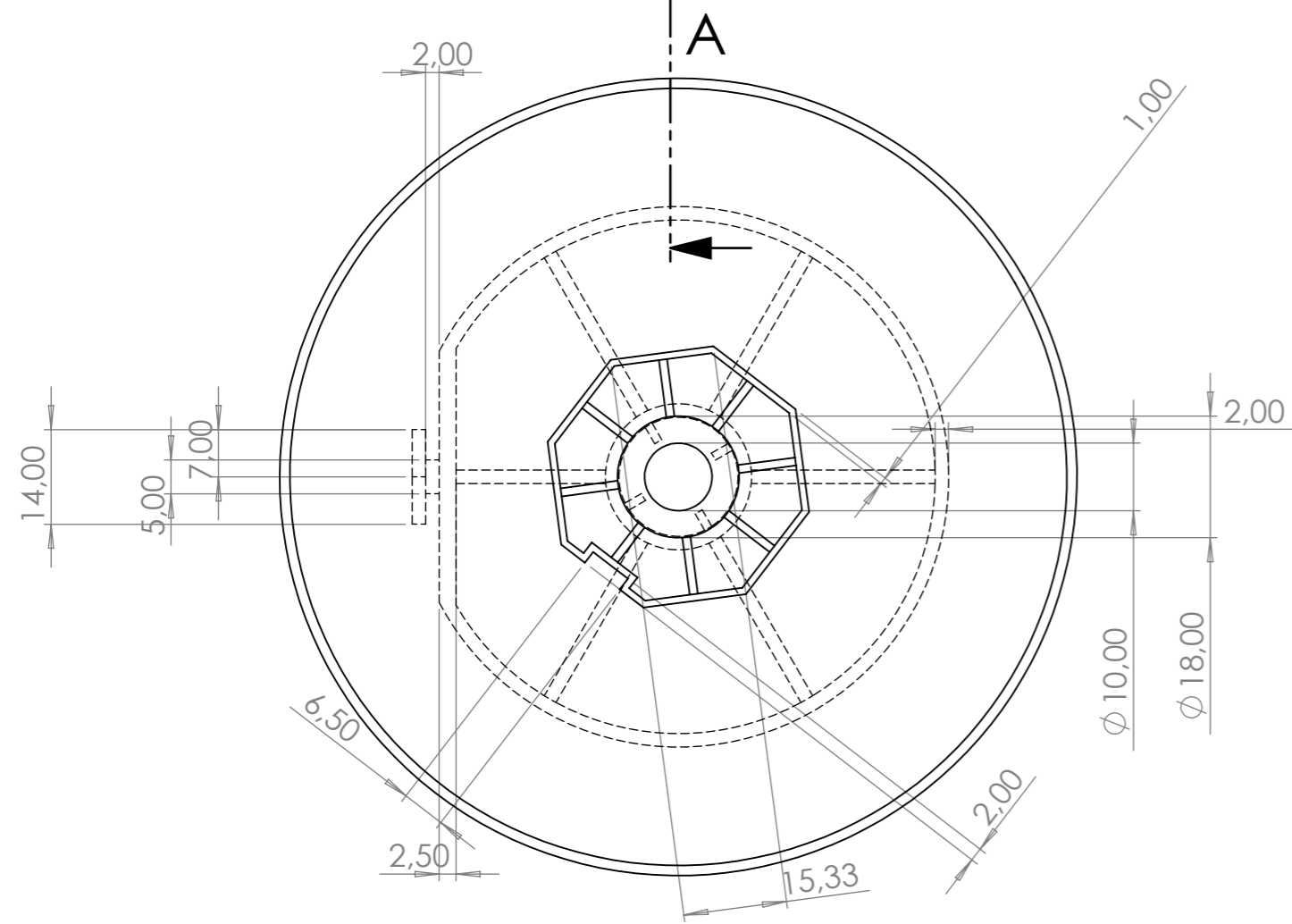
COUPE A-A
Echelle 1 : 5

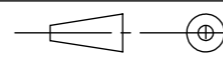


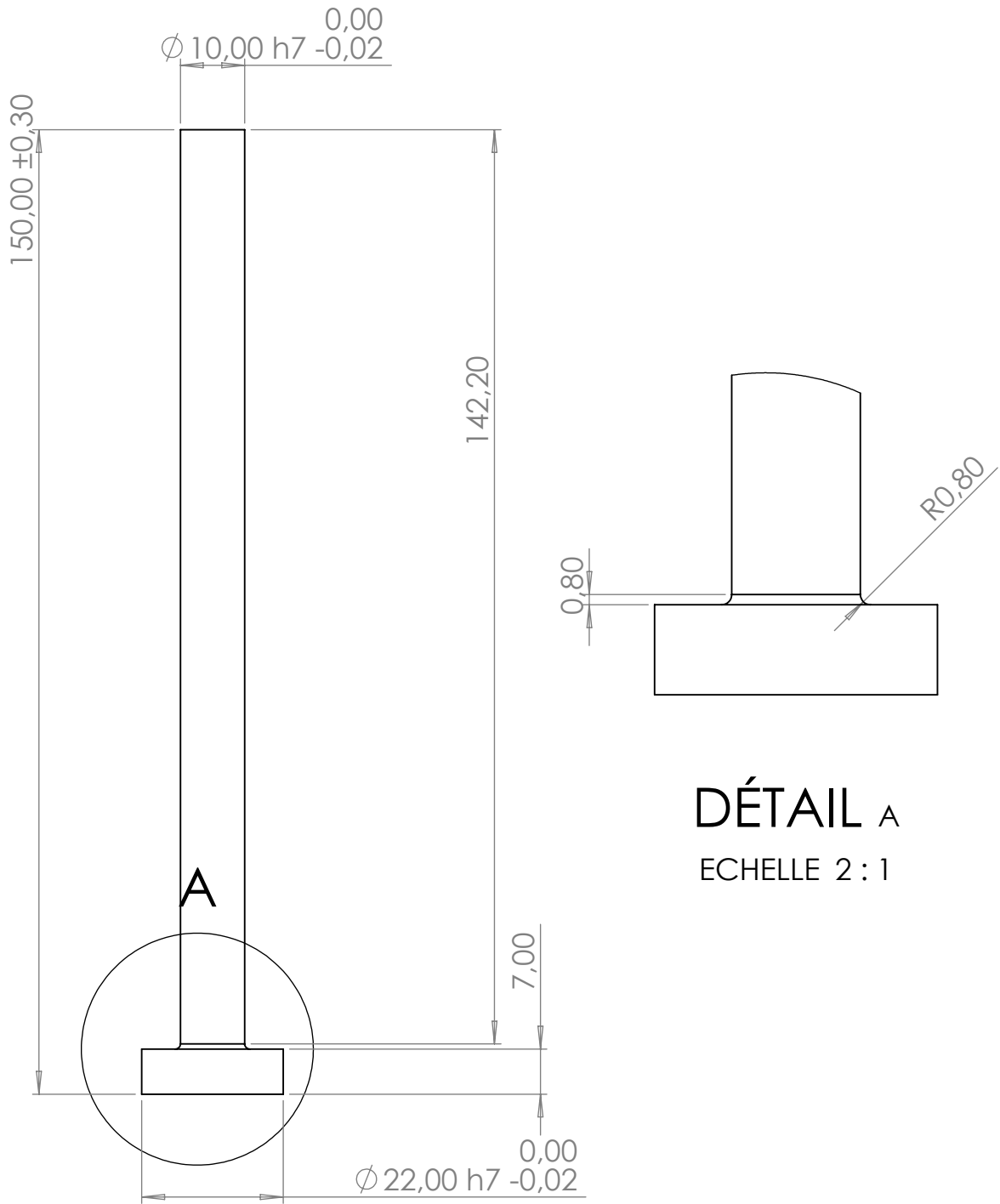
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
23	1	Batterie d'éjection superieur	C 45	
Echelle : 1:2		MOULE A INJECTION PLASTIQUE		NEKROUCHE.R YAMANI.N
				Planche N° : 12/25
A 3		FGC - GM - UMMTO		M2 FMP



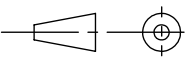
COUPE A-A
ECHELLE 1 : 1

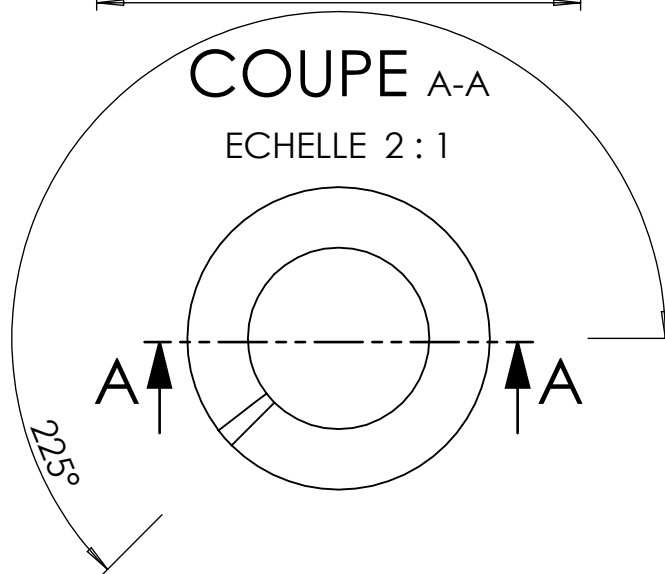
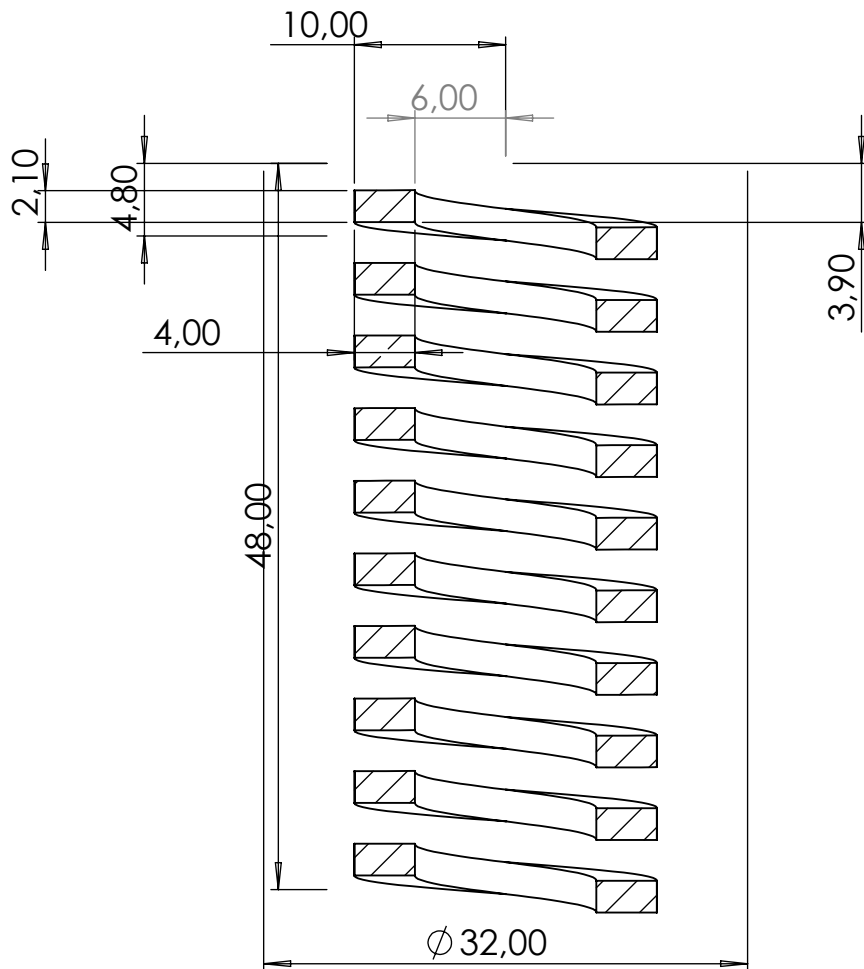


Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
30	1	POULIE	PP	
Echelle : 1:1		MOULE A INJECTION PLASTIQUE	FGC - GM - UMMTO	NEKROUCHE.R YAMANI.N
				Planche N° : 16/25
A 3				M2 FMP

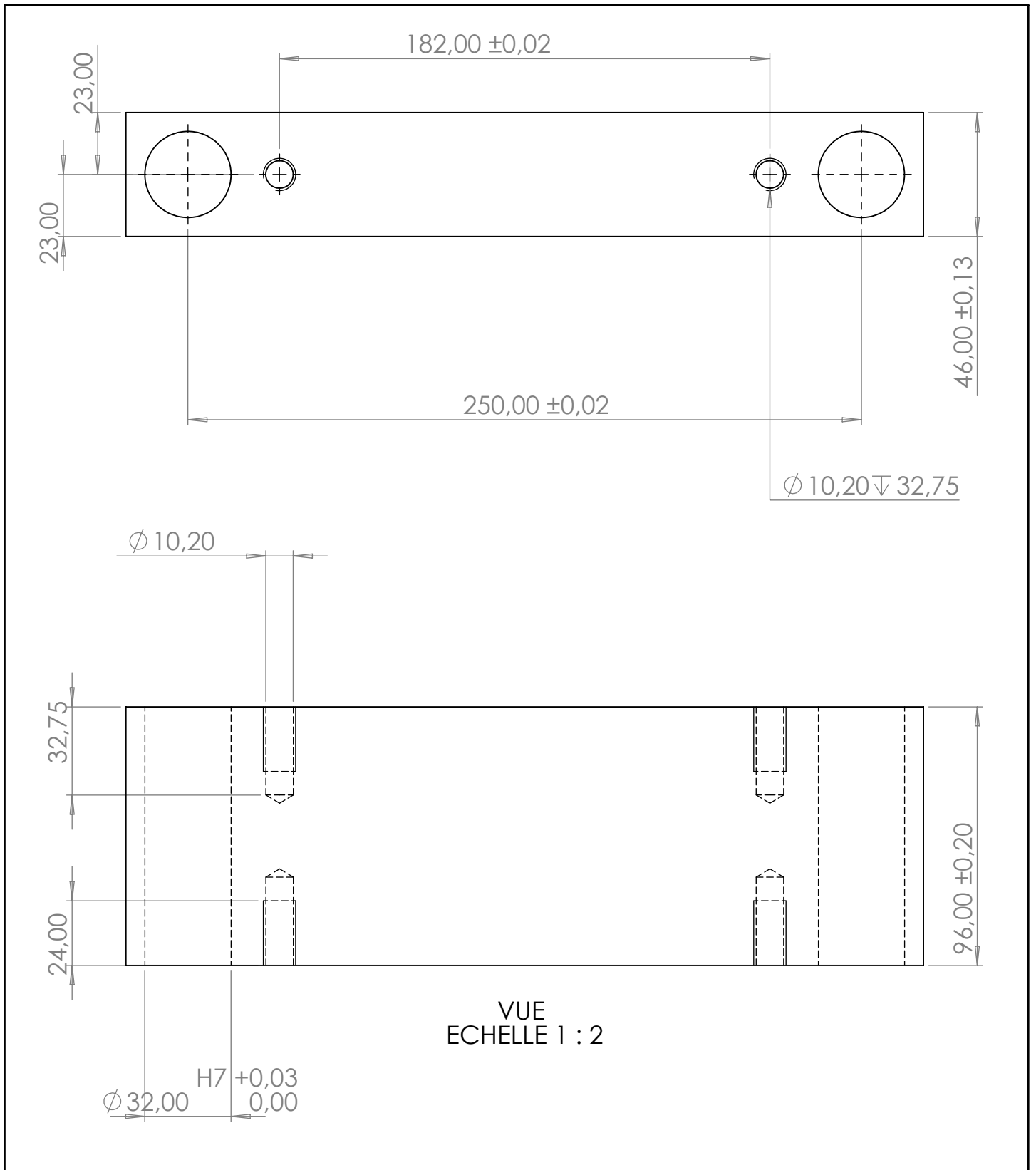


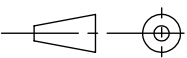
DÉTAIL A
ECHELLE 2 : 1

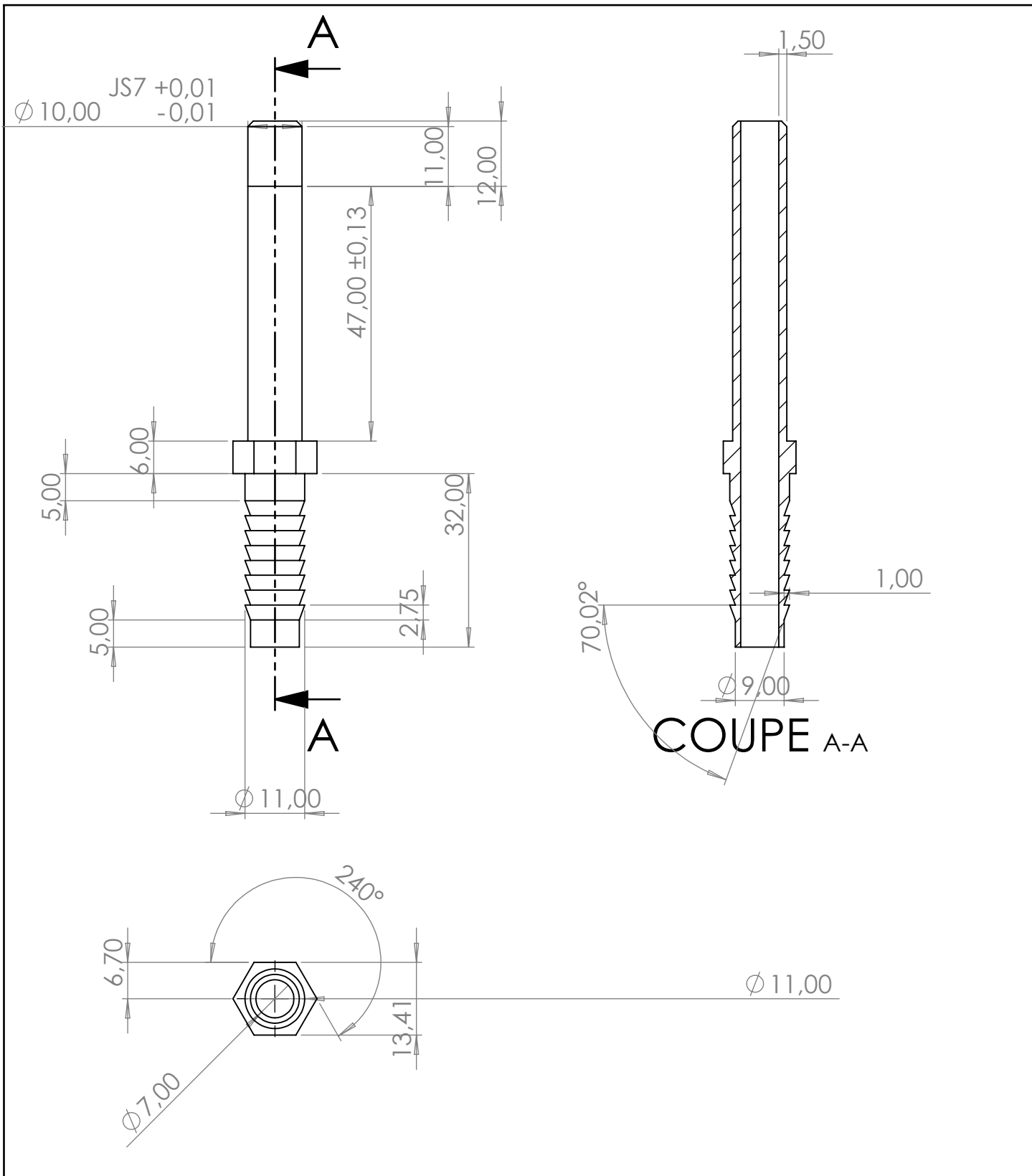
25	4	REPOUSSOIR	C 45	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1:1		MOULE A INJECTION PLASTIQUE	NEKROUCHE.R YAMANI.N	
			Planche N° : 17/25	
A4		FGC - GM - UMMTO	M2 FMP	

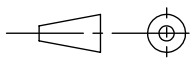


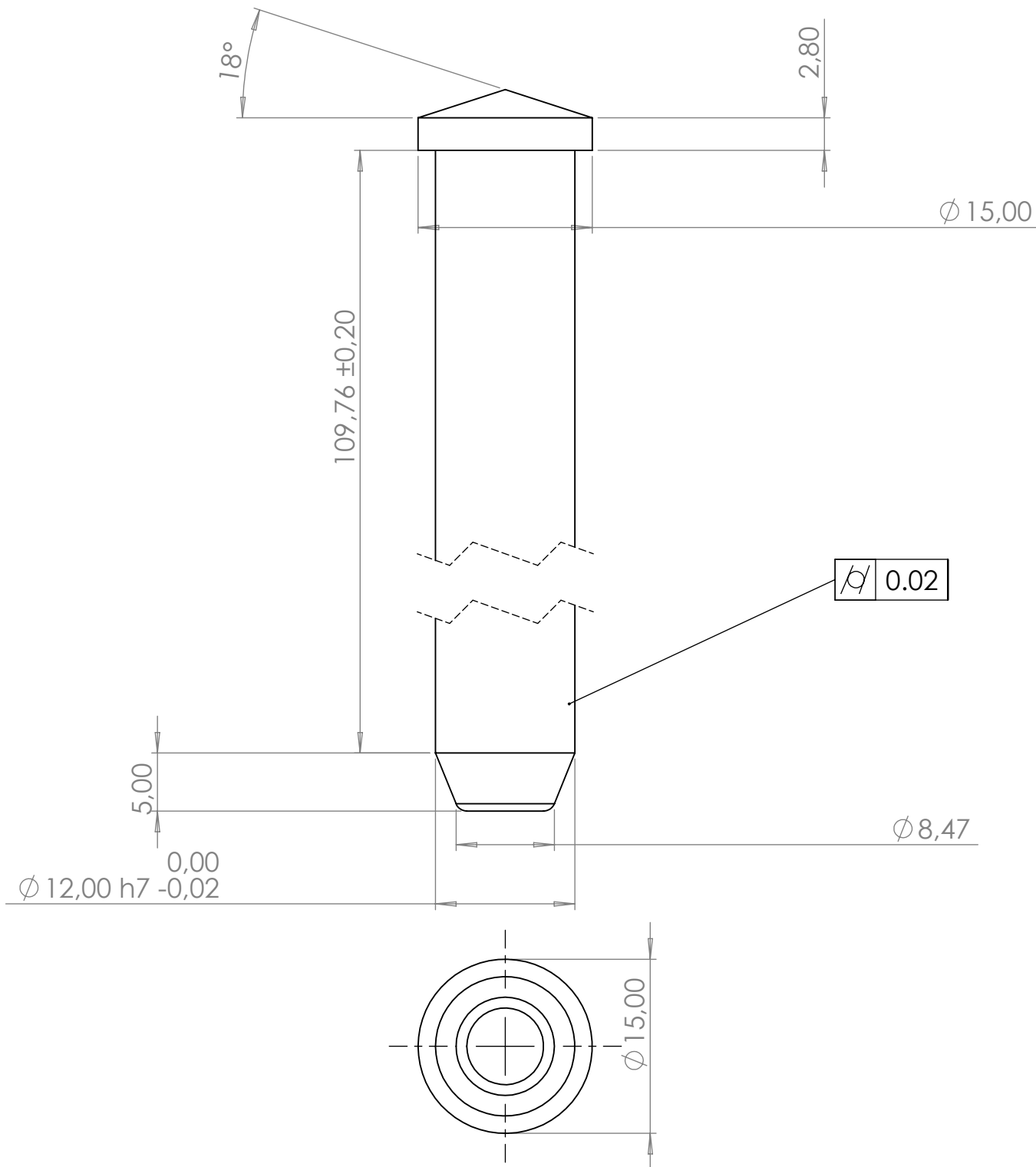
26	4	RESSORT	51 Si 7	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:2:1		MOULE A INJECTION PLASTIQUE	NEKROUCHE.R YAMANI.N	
			Planche N° : 22/25	
A4		FGC - GM - UMMTO	M2 FMP	

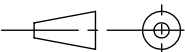


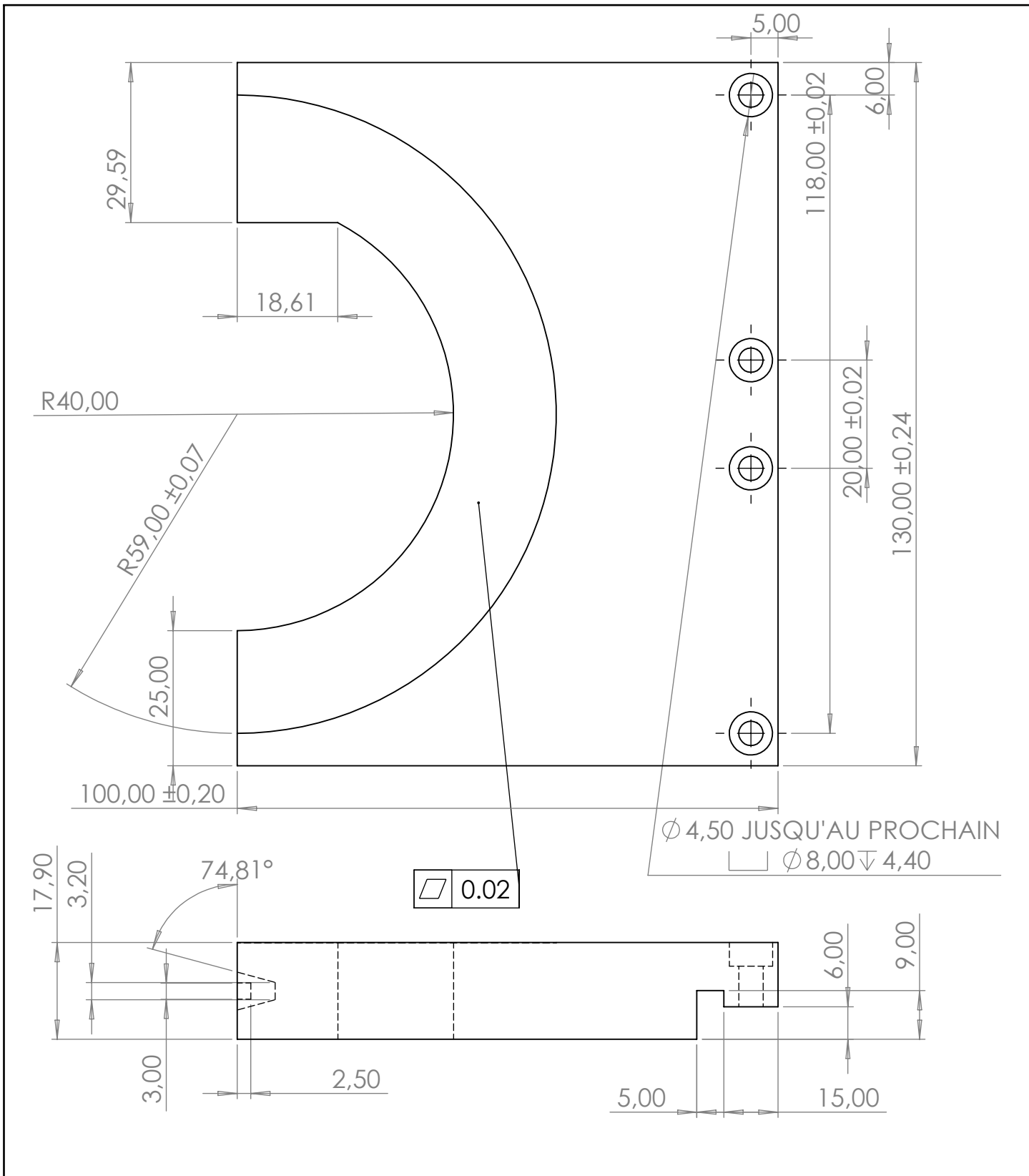
22	2	TASSEAU	S 235	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1:2		MOULE A INJECTION PLASTIQUE		NEKROUCHE.R YAMANI.N
				Planche N° : 18/25
A4		FGC - GM - UMMTO		M2 FMP



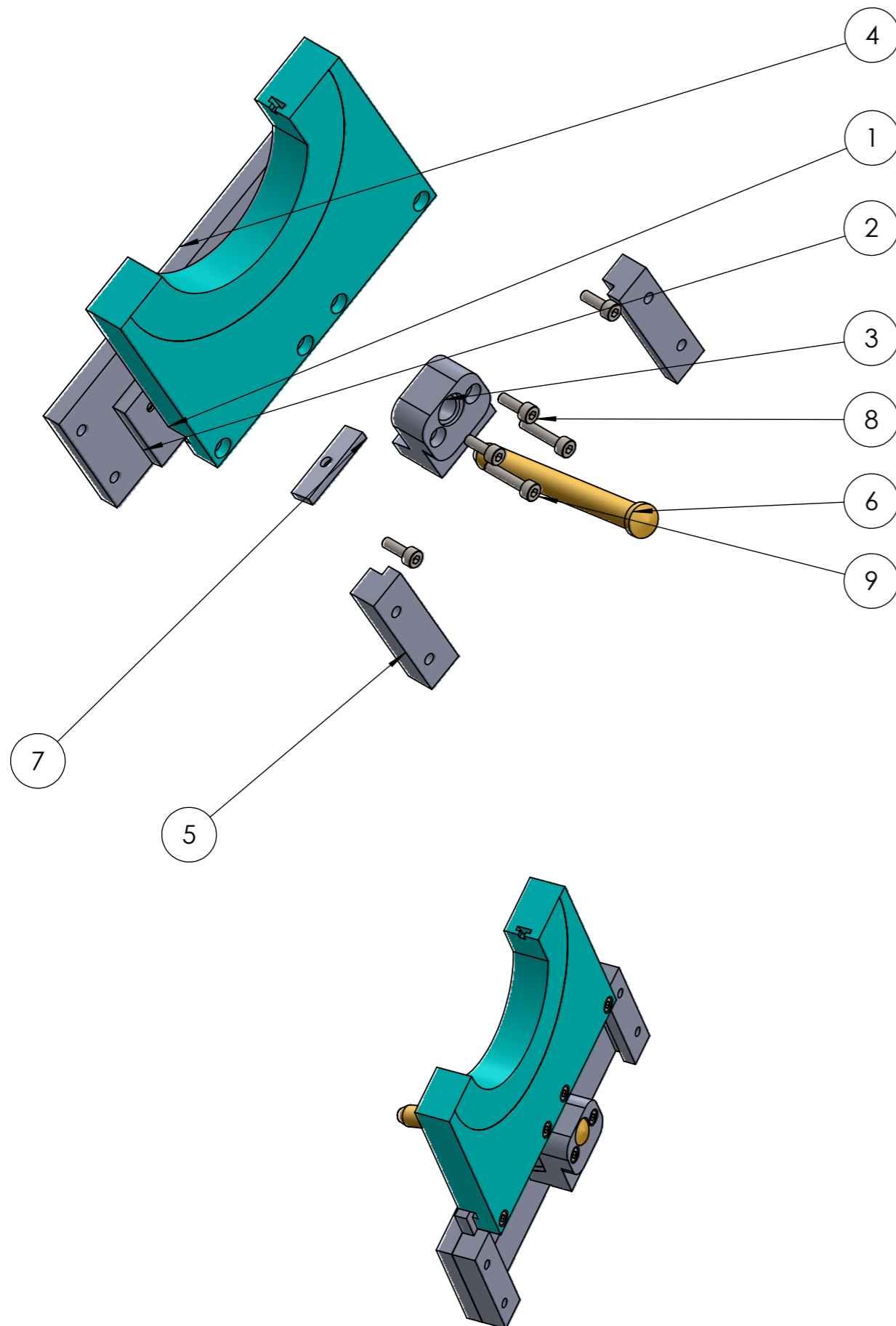
34	12	TETINE	Bronze	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1:A		MOULE A INJECTION PLASTIQUE		NEKROUCHE.R YAMANI.N
				Planche N° : 19/25
A4		FGC - GM - UMMTO	M2 FMP	



	2	TIGE DE GUIDAGE	C 45	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:2:1		MOULE A INJECTION PLASTIQUE		NEKROUCHE.R YAMANI.N
				Planche : 20/25
A4		FGC - GM - UMMTO		M2 FMP



	2	TIROIRE	36Ni Cr Mo16	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:1:1	MOULE A INJECTION PLASTIQUE		NEKROUCHE.R YAMANI.N	
			Planche N° : 21/25	
A4	FGC - GM - UMMTO		M2 FMP	



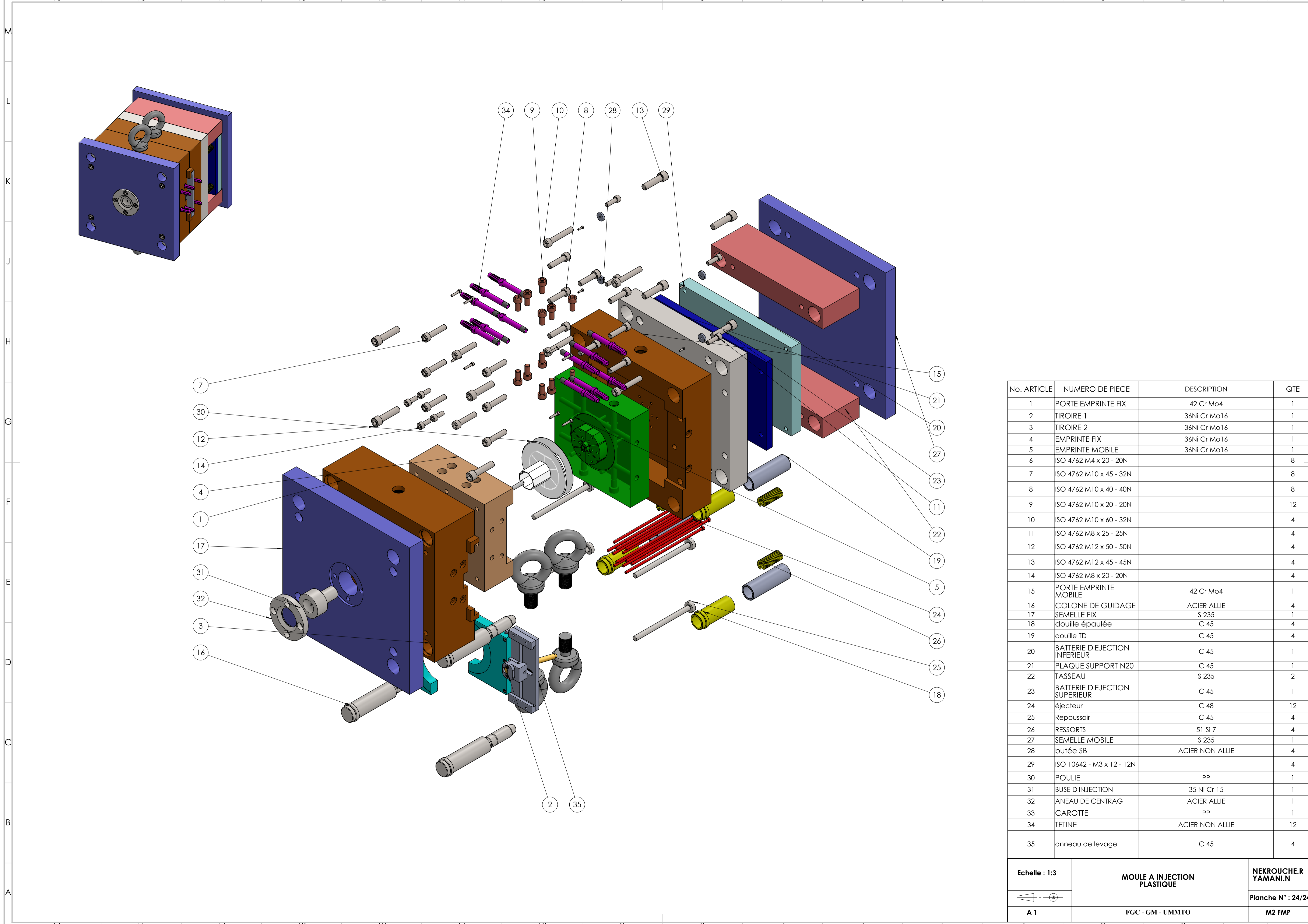
No. ARTICLE	NUMERO DE PIECE	DESCRIPTION	QTE
1	tiroire droit	36Ni Cr Mo16	1
2	E 3013_12_32		1
3	E3026_11_32		1
4	E3160_64_50		1
5	E3117_12_6_50		2
6	E 1032_12x120	C 45	1
7	e3030_11_32		1
8	ISO 4762 M4 x 12 - 12N		4
9	ISO 4762 M4 x 20 - 20N		2

Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
2	2	SOUS ASSEMBLAGE TIROIRE		
		MOULE A INJECTION PLASTIQUE		NEKROUCHE.R YAMANI.N
				PLACHE : 23/25
		FGC - GM - UMMTO		M2 FMP

Echelle : 1:2



A 3



No. ARTICLE	NUMERO DE PIECE	DESCRIPTION	QTE
1	PORTE EMPRINTE FIX	42 Cr Mo4	1
2	TIROIRE 1	36Ni Cr Mo16	1
3	TIROIRE 2	36Ni Cr Mo16	1
4	EMPRINTE FIX	36Ni Cr Mo16	1
5	EMPRINTE MOBILE	36Ni Cr Mo16	1
6	ISO 4762 M4 x 20 - 20N		8
7	ISO 4762 M10 x 45 - 32N		8
8	ISO 4762 M10 x 40 - 40N		8
9	ISO 4762 M10 x 20 - 20N		12
10	ISO 4762 M10 x 60 - 32N		4
11	ISO 4762 M8 x 25 - 25N		4
12	ISO 4762 M12 x 50 - 50N		4
13	ISO 4762 M12 x 45 - 45N		4
14	ISO 4762 M8 x 20 - 20N		4
15	PORTE EMPRINTE MOBILE	42 Cr Mo4	1
16	COLONE DE GUIDAGE	ACIER ALLIE	4
17	SEMELLE FIX	S 235	1
18	douille épaulée	C 45	4
19	douille TD	C 45	4
20	BATTERIE D'EJECTION INFÉRIEUR	C 45	1
21	PLAQUE SUPPORT N20	C 45	1
22	TASSEAU	S 235	2
23	BATTERIE D'EJECTION SUPÉRIEUR	C 45	1
24	éjecteur	C 48	12
25	Repoussoir	C 45	4
26	RESSORTS	51 Si 7	4
27	SEMELLE MOBILE	S 235	1
28	butée SB	ACIER NON ALLIE	4
29	ISO 10642 - M3 x 12 - 12N		4
30	POULIE	PP	1
31	BUSE D'INJECTION	35 Ni Cr 15	1
32	ANEAU DE CENTRAG	ACIER ALLIE	1
33	CAROTTE	PP	1
34	TETINE	ACIER NON ALLIE	12
35	anneau de levage	C 45	4

Echelle : 1:3	MOULE A INJECTION PLASTIQUE	NEKROUCHE.R YAMANI.N
		Planche N° : 24/24
A 1	FGC - GM - UMMTO	M2 FMP