

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

UNIVERSITE MOULOU 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 Spécialité : Fabrication Mécanique et Productique

### Thème

Etude et conception d'un moule à injection  
plastique pour barrette de connexion (domino)

*Dirigé et encadré par :*

*Mr: BEHTANI .A*

*Mr: MANKOUR .S*

*Présenté par :*

*Mr: KEMKEM Yougourthene*

*Mr: IHAMOUTENE Amar*

**2016 / 2017**



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

UNIVERSITE MOULOU 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 Spécialité : Fabrication Mécanique et Productique

### Thème

Etude et conception d'un moule à injection  
plastique pour barrette de connexion (domino)

*Dirigé et encadré par :*

*Mr: BEHTANI .A*

*Mr: MANKOUR .S*

*Présenté par :*

*Mr: KEMKEM Yougourthene*

*Mr: IHAMOUTENE Amar*

**2016 / 2017**



## Remerciements

Nous tenons à exprimer notre sincère reconnaissance à l'égard de tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail, particulièrement à nos deux promoteurs **Mr A.BEHATANI** et **Mr S.MANKOUR** pour leurs disponibilité, leurs conseils et suggestions.

Nos remerciements vont également aux Ingénieurs et techniciens de l'entreprise **ENIEM (Unité de prestation technique)** qui nous ont aidés énormément dans la réalisation de notre projet, ainsi qu'à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

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



# DEDICACES

*Je dédie ce travail à :*

*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 bénisse et vous garde;*

*A ma chère grand-mère MALHA paix a son âme*

*A ma très chère sœur Cylia ;*

*A mon frère Aghiles ;*

*A ma chère Lynda ;*

*A La petite Maya ;*

*A mon binôme et ami Amar le bled et toute sa famille ;*

*A toute ma famille ;*

*A tous mes amis(es) et tous ceux que j'aime ;*

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

*Yugurten.*



# DEDICACES

*Je dédie ce travail à :*

*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 bénisse et vous garde;*

*A mes très chères sœurs ;*

*A mes très chers frères;*

*A mon binôme et ami Yugurten tamurt et toute sa famille ;*

*A toute ma famille ;*

*A tous mes amis(es) et tous ceux que j'aime ;*

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

*Amar.*

# Sommaire

❖ **Présentation de l'entreprise**

❖ **Présentation de sujet**

❖ **Introduction générale**

## **Chapitre I : Généralités sur les polypropylènes.**

<b>I- Introduction .....</b>	<b>01</b>
<b>II- Définitions .....</b>	<b>01</b>
<b>III- Normalisation .....</b>	<b>02</b>
<b>IV- Propriétés d'usage.....</b>	<b>02</b>
<b>IV.1) Propriétés physique . .....</b>	<b>03</b>
<b>IV.2) Propriétés mécaniques. ....</b>	<b>03</b>
<b>IV.3) Caractéristiques en traction et flexion répétée. ....</b>	<b>04</b>
<b>IV.4) Propriétés chimiques-corrosion. ....</b>	<b>04</b>
<b>IV.5) Propriétés thermique.....</b>	<b>04</b>
<b>IV.6) Propriétés électriques.....</b>	<b>05</b>
<b>IV-7) Stabilité dimensionnelle.....</b>	<b>06</b>
<b>IV.8) Traitement et revêtement de surface.....</b>	<b>06</b>
<b>V) Application évolution, commercialisation. ....</b>	<b>06</b>
<b>V.1) Principales application. ....</b>	<b>06</b>
<b>V.2) Limitation d'emploi et réglementation.....</b>	<b>06</b>
<b>V.3) L'évolution du matériau. ....</b>	<b>07</b>
<b>V.4) Commercialisation. ....</b>	<b>07</b>
<b>VI) Recyclage.....</b>	<b>07</b>
<b>- Conclusion.....</b>	<b>08</b>

## **Chapitre II : procédés de mise en œuvre.**

<b>I- Introduction.</b> .....	<b>09</b>
<b>II- Mise en œuvre</b> .....	<b>09</b>
<b>II-1 Extrusion</b> . .....	<b>09</b>
<b>II-2 Extrusion-Etirage</b> .....	<b>09</b>
<b>II-3 Soufflage de fibres à l'état fondu.</b> .....	<b>10</b>
<b>II-4 Thermoformage</b> .....	<b>11</b>
<b>II-5 Extrusion-soufflage de corps creux</b> .....	<b>11</b>
<b>III- le procédé d'injection</b> . .....	<b>12</b>
<b>III-1 les différentes parties ou unités d'une presse d'injection</b> . .....	<b>13</b>
<b>III-1-1 L'unité d'injection</b> . .....	<b>13</b>
<b>III-1-1-1 Caractérisation du système d'injection.</b> .....	<b>16</b>
<b>III-2 Description de l'unité de fermeture/verrouillage d'une presse à injecté les thermoplastiques</b> .....	<b>16</b>
<b>III-2-1 L'unité de fermeture hydraulique.</b> .....	<b>17</b>
<b>III-2-2 L'unité de fermeture mixte (fermeture/ouverture par genouillère, verrouillage hydraulique).</b> .....	<b>18</b>
<b>III-2-3 L'unité de fermeture mécanique</b> .....	<b>18</b>
<b>III-2-4 Caractérisation d'un système de fermeture</b> .....	<b>19</b>
<b>III-3 Moule</b> .....	<b>20</b>
<b>IV- Les différentes phases du cycle d'injection</b> .....	<b>20</b>
<b>V- les différentes presses d'injection</b> .....	<b>21</b>
<b>VI- Le choix d'une presse.</b> .....	<b>22</b>
<b>-Conclusion.</b> .....	<b>22</b>

# **Chapitre III : Conception des moules d'injection plastique.**

<b>I- Introduction.....</b>	<b>23</b>
<b>II. Définition du moule à injection .....</b>	<b>23</b>
<b>III. Facteurs influençant la conception .....</b>	<b>23</b>
<b>IV- Terminologie des moules . .....</b>	<b>24</b>
<b>V- Les différents familles des moules .....</b>	<b>25</b>
<b>V-1 Introduction . .....</b>	<b>25</b>
<b>V-2 Moule à deux plaques .....</b>	<b>25</b>
<b>V-3 Moule à trois plaques . .....</b>	<b>26</b>
<b>V-4 Moule à tiroir . .....</b>	<b>27</b>
<b>V-5 Moule à canaux chauds .....</b>	<b>27</b>
<b>VI- Fonctions d'un outillage d'injection .....</b>	<b>29</b>
<b>VI-1 Introduction . .....</b>	<b>29</b>
<b>VI-2 La Fonction alimentation .....</b>	<b>29</b>
<b>VI-2-1 Définition .....</b>	<b>29</b>
<b>VI-2-2 Les différents types de buses moules . .....</b>	<b>30</b>
<b>VI-2-3 Buses Directes . .....</b>	<b>30</b>
<b>VI-2-4 Forme des Canaux d'alimentation . .....</b>	<b>31</b>
<b>VI-2-5 Equilibrage des écoulements dans le canal . .....</b>	<b>33</b>
<b>VI-2-6 Types de seuil des canaux .....</b>	<b>34</b>
<b>VI-3 Fonction mise en forme .....</b>	<b>36</b>
<b>VI-3-1 Introduction . .....</b>	<b>36</b>
<b>VI-3-2 Les dépouille .....</b>	<b>36</b>
<b>VI-3-2-1 les valeurs des dépouilles .....</b>	<b>36</b>
<b>VI-3-3 Le retrait . .....</b>	<b>37</b>
<b>VI-3-4 L'éventation . .....</b>	<b>38</b>

<b>VI-4 Fonction éjection</b> .....	<b>38</b>
<b>VI-4-1 Introduction</b> .....	<b>38</b>
<b>VI-4-2 Le rôle de l'éjection</b> .....	<b>39</b>
<b>VI-4-3 Les différents éjecteurs existants..</b> .....	<b>39</b>
<b>VI-5 Fonction régulation thermique (refroidissement)</b> .....	<b>41</b>
<b>VI-5-1 Introduction</b> .....	<b>41</b>
<b>VI-5-2 Les trous de refroidissement</b> .....	<b>41</b>
<b>VI-5-3 Les rainures de refroidissement</b> .....	<b>42</b>
<b>VI-5-4 Temps de refroidissement</b> .....	<b>43</b>
<b>VI-6 Fonction, guidage et positionnement</b> .....	<b>43</b>
<b>VI-6-1 Introduction</b> .....	<b>43</b>
<b>VI-6-2 Centrage moule/presse</b> .....	<b>44</b>
<b>VI-6-3 Centrage du plan de joint moule (Partie Mobile,Partie</b> <b>Fixe</b> .....	<b>45</b>
<b>VI-6-4 Le guidage des parties fixe et mobile du moule.....</b>	<b>46</b>
<b>VI-7 Fonctions manutention, stockage, sécurité et liaison machine.....</b>	<b>47</b>
<b>VI-8 Les métaux des</b> .....	<b>49</b>
<b>VII Dimensionnement</b> .....	<b>50</b>
<b>VII-1 Matière</b> .....	<b>50</b>
<b>VII-2 Détermination du nombre de cavités.....</b>	<b>50</b>
<b>VII-3 Calcul de la force de fermeture du moule.....</b>	<b>51</b>
<b>VII-4 Détermination de la surface projetée</b> .....	<b>51</b>
<b>VII-5 Détermination du poids de la moulée</b> .....	<b>52</b>
<b>VII-6 Temps de cycle.....</b>	<b>53</b>
<b>VII-7 Dégazage du moule</b> .....	<b>53</b>
<b>VIII Conception de la pièce</b> .....	<b>53</b>
<b>IX Epaisseur des parois.....</b>	<b>54</b>
<b>X Réalisation de la contre-dépouille</b> .....	<b>54</b>

X-1 Type de mise en forme .....	54
<b>XI Mise en œuvre des tiroirs .....</b>	<b>55</b>
XI-1 Type de tiroirs .....	55
XI-2 Verrouillage des tiroirs .....	55
XI-2-1 Types de verrous.....	55
XI-3 Commandes des tiroirs .....	56
XI-3-1 Commande par doigts de démoulage .....	56
XI-3-1-1 Le recul du tiroir .....	56
XI-3-2 Commande par levier coudé .....	57
XI-4 Guidage des tiroirs.....	57
<b>XII Fixation du moule .....</b>	<b>58</b>
XII-1 Fixation par vis .....	58
XII-2 Fixation par Bridage .....	58
<b>XIII Descriptions de notre moule .....</b>	<b>62</b>
XIII-1 les éléments du moule .....	62
XIII-1-1 Partie fixe .....	62
XIII-1-2 Partie mobile.....	63
XIII-2 Les aciers utilisés .....	64
XIII-3 Fonctionnement .....	64
<b>-Conclusion .....</b>	<b>64</b>

# Chapitre IV : Calculs et vérifications sur le cycle d'injection

<b>I- Introduction.....</b>	<b>65</b>
<b>I-1 Le choix de la machine .....</b>	<b>65</b>
<b>I-2 Fiche technique de produit .....</b>	<b>65</b>
<b>I-3 Fiche technique de pp.....</b>	<b>66</b>
<b>II- Capacité d'injection .....</b>	<b>66</b>
<b>1)Le poids de la pièce.....</b>	<b>66</b>
<b>2)La masse de la carotte.....</b>	<b>67</b>
<b>3)Le masse de la moulée.....</b>	<b>67</b>
<b>III- La force de fermeture de la machine.....</b>	<b>68</b>
<b>IV- La puissance de plastification .....</b>	<b>69</b>
<b>V- Distance entre colonne .....</b>	<b>72</b>
<b>VI- Le bilan thermique.....</b>	<b>72</b>
<b>VII - Vérification a la résistance des matériaux.....</b>	<b>74</b>
<b>VII-1 Résistance des plaques de la partie fixe du moule .....</b>	<b>75</b>
<b>VII - 2 vérifications des éléments de guidage et de fixation aux efforts de cisaillement .....</b>	<b>78</b>
<b>VII.2.1 Résistances des colonnes de guidage au cisaillement .....</b>	<b>78</b>
<b>VII-2-2 Vérification des vis de fixation de la semelle fixe, porte empreinte fixe et tasseaux au cisaillement .....</b>	<b>79</b>
<b>VII.2.3 Vérification des vis de fixation de la semelle mobile et porte empreinte mobile au cisaillement .....</b>	<b>80</b>
<b>VIII- Choix du vérin .....</b>	<b>81</b>
<b>VIII-1 forme de montage .....</b>	<b>82</b>
<b>VIII-2 Principe de fonctionnement .....</b>	<b>82</b>
<b>-Conclusion .....</b>	<b>83</b>

## **Chapitre V : CFAO**

<b>I- Introduction .....</b>	<b>84</b>
<b>II- Définition de la CFAO .....</b>	<b>84</b>
<b>III- Organigramme expliquant la démarche de la CFAO .....</b>	<b>85</b>
<b>IV- La CAO (conception assistée par ordinateur).....</b>	<b>86</b>
<b>IV-1 Origine de la CAO.....</b>	<b>86</b>
<b>IV-2 Définition de la Conception Assistée par Ordinateur .....</b>	<b>86</b>
<b>IV-3 Modèles de représentation en CAO .....</b>	<b>87</b>
<b>IV-3-1 Modélisation fil de fer.....</b>	<b>87</b>
<b>IV-3-2 Modélisation surfacique .....</b>	<b>87</b>
<b>IV-3-3 modélisation solide.....</b>	<b>88</b>
<b>IV-4 Application .....</b>	<b>88</b>
<b>V- Fabrication assistée par ordinateur FAO.....</b>	<b>89</b>
<b>V-1 Définition .....</b>	<b>89</b>
<b>V-2 Le G-code ou langage machine.....</b>	<b>90</b>
<b>VI Machine et outils à commande numérique .....</b>	<b>92</b>
<b>VI-1 Classification des machines outil à commandes numérique .....</b>	<b>92</b>
<b>VI-2 Eléments de base d'une MOCN .....</b>	<b>93</b>
❖ <b>Conclusion générale</b>	
❖ <b>Dessins de conception</b>	
❖ <b>Bibliographie</b>	
❖ <b>Annexes</b>	

# PRESENTATION DE L'ENTREPRISE

## I) Historique :

L'Entreprise Nationale des Industries de l'Electroménager (ENIEM) est issue de la restructuration organiques de la SONELEC (société nationale de fabrication et de montage et de commercialisation des produits électroménagers) et disposait a sa création de :

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

En 1989, l'entreprise ENIEM est devenue une société par actions au capital de 40.000.000 DA

Avec un capital social de 2.957.500.000 DA, détenu en totalité par la société de gestion de participation << Industrie Electrodomestique >> (INDELEC). Son siège social est à TIZI OUZOU. Ses unités de production issues de l'ex CAM sont implantées au niveau de la zone industrielle << Aissat Idir >> son unité commerciale et située également à la zone industrielle Aissat Idir, sa filiale Lampes est implantée à Mohammedia.

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

Actuellement, l'entreprise est constituée de :

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

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

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

Les réfrigérateurs petit et grand modèle (RPM & RGM)

Le congélateur Vertical

Le combiné

Cuisinières 4 et a 5 feux

Climatiseurs type fenêtre et split-système

Ces produits sont destiné au grand public et la distribution se fait par des agents dont la liste se trouve au niveau de l'unité commerciale (Département vente) .

## **II) Principales missions et activités de l'entreprise :**

### **a) Direction générale :**

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

### **b) Unité froid**

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

Transformation des tôles,

Traitement et revêtement de surfaces ( peinture, plastification),

Injection plastique et polystyrène,

Fabrication de pièces métalliques,

Isolation,

Thermoformage

Assemblage

### **c) Unité cuisson :**

La mission principale de l'unité est de produire et développer la cuisson a gaz électrique ou mixte et tout produit de technologie similaire, Ses activités sont :

Transformation de la tôle.

Traitement et revêtement de surface ( Zingage, Chromage).

Assemblage

### **d) Unité Climatiseur**

La mission globale de l'unité est de développer les produits de climatiseurs.

Ses activités sont :

Transformation

Traitement et revêtement de surface ( peinture)

Assemblage

### **e) Unité sanitaire**

L'unité sanitaire de miliana est acquise par l'entreprise ENIEM en l'an 2000. Elle n'entre pas dans le champ de certification de l'entreprise

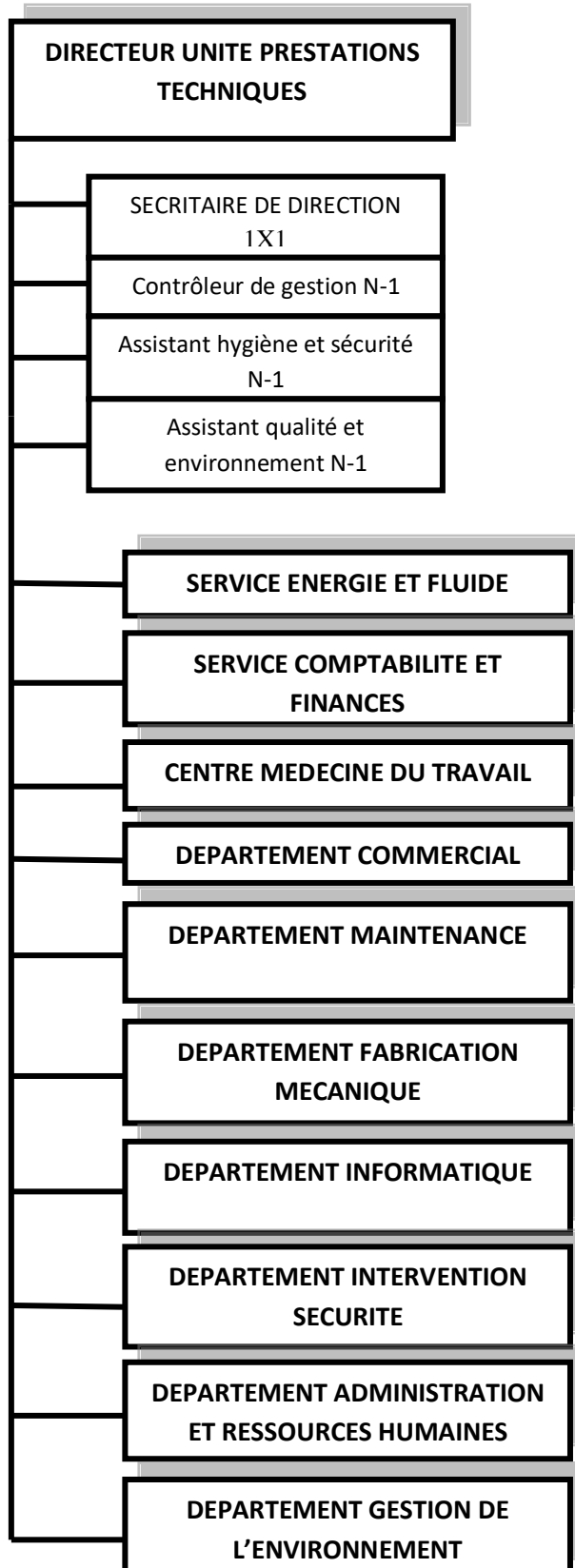
La mission globale de l'unité est de produire et développer les produits sanitaire ( baignoires,lavabos...).

### **f) Filiale Filamp :**

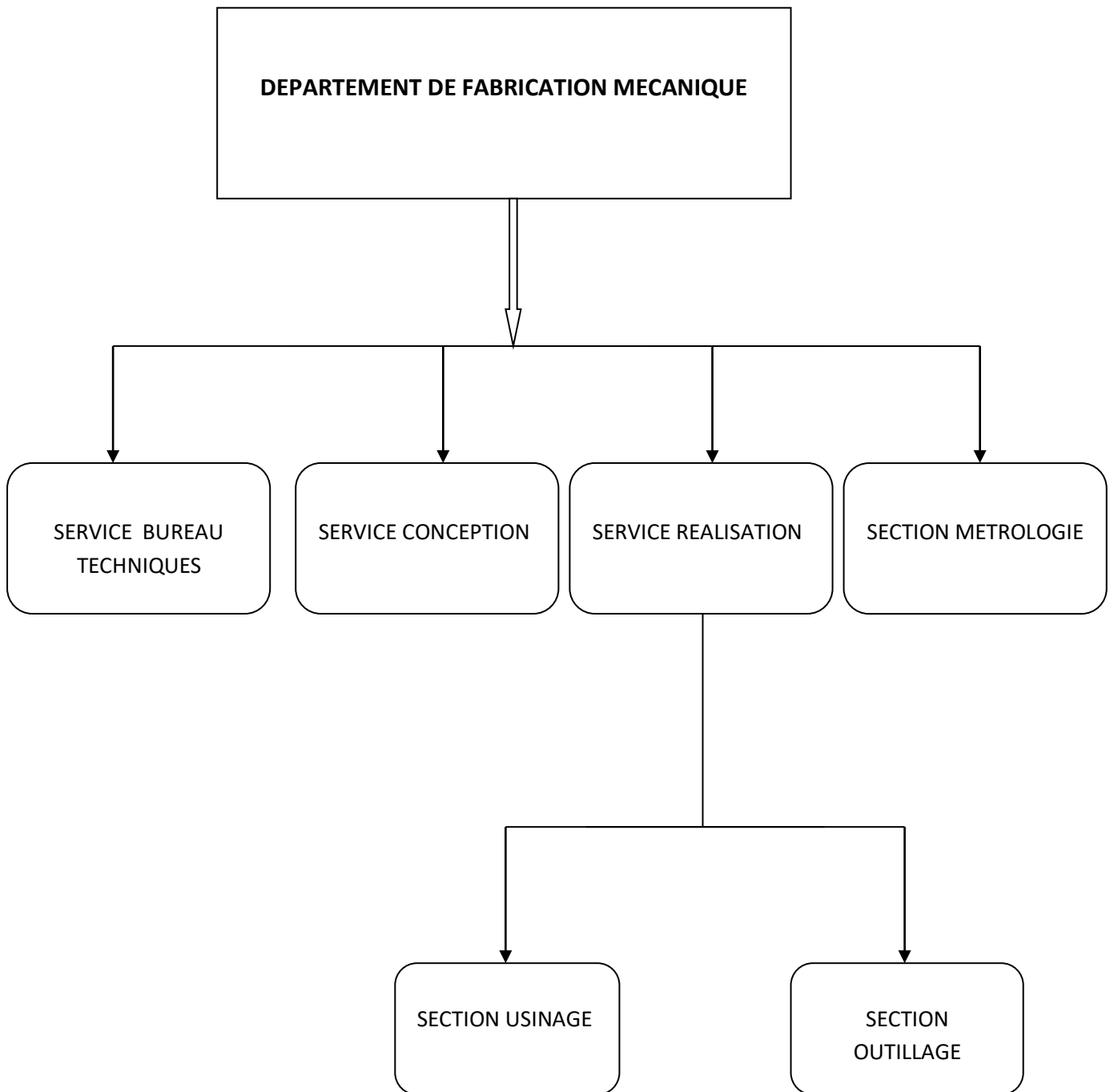
L'unité Lampes de Mohammedia (ULM) qui a démarré en février 1979 pour fabriquer des lampes d'éclairage domestique ainsi que des lampes réfrigérateurs est devenue filiale a 100% ENIEM le 01/01/1997. Cette filiale dest denommé <<FILAMP>>



## ORGANIGRAMME GENERALE DE L'UNITE PRESTATIONS TECHNIQUES



**ORGANIGRAMME DU DEPARTEMENT DE FABRICATION MECANIQUE**



## Présentation du sujet

L'entreprise ENIEM possède des grands moyens matériels et humains, elle est dotée d'une grande compétence et expérience dans le domaine de la conception et la fabrication mécanique, en plus de sa production locale d'appareils électroménagers, l'entreprise **ENIEM** travaille en sous-traitances avec d'autres entreprises privées et/ou publics, qui sont de plus en plus nombreux à venir pour concevoir, fabriquer et rectifier des pièces et/ou outils mécanique.

Parmi ces clients, l'entreprise **DOMILEC** spécialisée dans la fabrication de matériels électrique qui a fait une demande de conception et de réalisation d'un moule à injection plastique pour **barrettes de connexion (domino)**.

Afin de réaliser notre projet de fin d'étude le bureau d'étude du département de fabrication mécanique, unité de prestation technique, nous a proposé ce moule comme sujet.

Le but du sujet est de concevoir et réaliser ce moule à injection plastique en rapportant des améliorations au moule déjà conçu, ainsi que son traitement sur le logiciel de conception et de fabrication (CFAO)

La barrette de connexion est faite en **polypropylène PP** et contient **douze dominos** comme l'indique la figure ci-dessous.



# INTRODUCTION GENERALE

Durant les soixante dernières années, les matériaux polymères ont beaucoup évolué avec une expansion de production mondiale qui atteint les 140 million tonne par an, désormais on les trouve dans divers domaines a savoir l’emballage, le bâtiment, les équipements électriques et électroniques

Le monde d’aujourd’hui vit une situation de concurrences, cela nous mène à produire Au plus bas coût possible et dans un temps réduit. Pour cela, on recherche des méthodes plus réalistes et plus adaptées. La maitrise des outils technologiques actuels est nécessaire, comme l’utilisation des machines à commande numérique, les logiciels de conception et de fabrication.

L’entreprise ENIEM nous a confié dans le cadre de l’exécution de notre mémoire de fin d’étude, l’étude et conception d’un moule a injection plastique pour barrettes de connexion (domino)

L’objectif de cette étude est de cerner les matières plastiques et le procédé de mise en œuvre par injection, puis de concevoir les pièces, et le moule en utilisant un logiciel de conception CAO (SOLIDWORKS) tout en générant des programmes de fabrications de porte empreintes par un logiciel de fabrication FAO (CAMWORKS)

Nous avons organisé notre travail en cinq chapitres afin de bien le mener. Après une Introduction générale sur le sujet, vient le chapitre I qui présente les generalité sur le polymère utilisé (polypropylène) , puis les procédés de mise en œuvre du plastique en général et l’injection plastique en particulier sont présentés dans le deuxième chapitre.

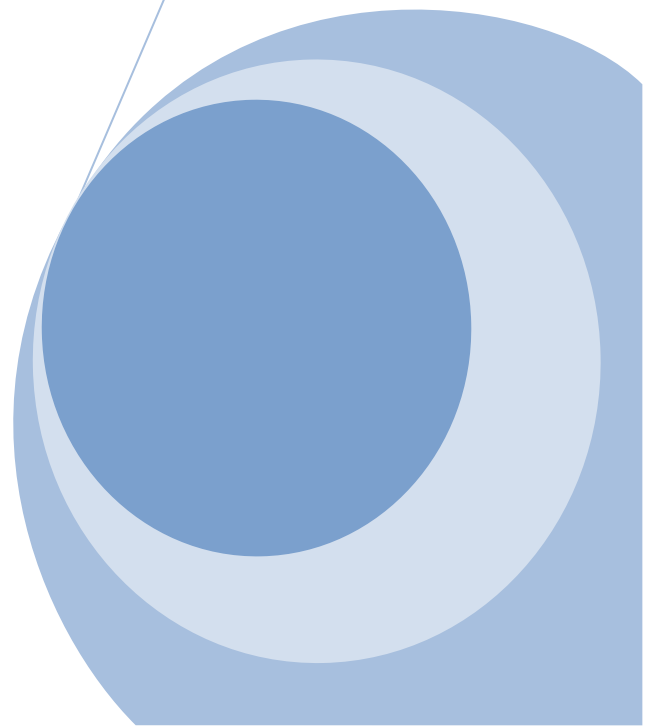
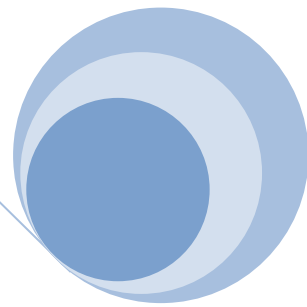
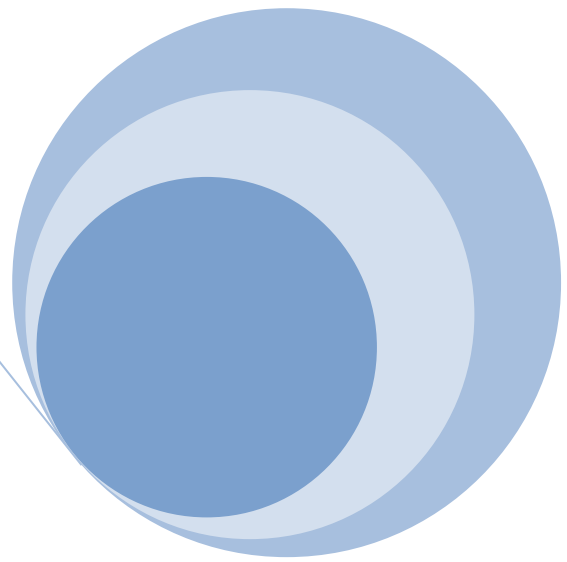
Ensuite, la conception du moule répartie en trois parties :

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

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

# CHAPITRE I

## GENERALITES SUR LE POLYPROPYLENE



# ***CHAPITRE I***

GENERALITES SUR LE POLYPROPYLENE

---

# Chapitre I Généralités sur le Polypropylène

---

## I- Introduction :

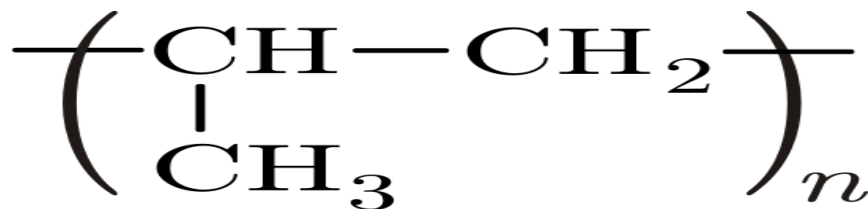
Le polypropylène (PP) est, comme le polyéthylène (PE), le poly (chlorure de vinyle) (PVC) et le polystyrène (PS) un thermoplastique de grande diffusion. Sa production représente plus du cinquième de la production totale des matières plastiques.

Son développement exceptionnel au cours des dernières décennies est dû à une amélioration constante des procédés industriels de fabrication, à ses propriétés intéressantes dont sa température de fusion (130 à 170 °C), à la possibilité de faire varier largement ses propriétés en le copolymérisation de différentes manières et en lui ajoutant charges et renforts.

Le polypropylène est utilisé dans presque tous les secteurs et en particulier dans l'emballage, l'industrie automobile, l'électroménager, le sanitaire et le textile.

## II- Définitions :

Les polypropylènes sont des matériaux thermoplastiques semi-cristallins obtenus par la polymérisation du propylène [1].



**Figure1** : Structure en polypropylène.

Ils existent sous trois formes suivantes qui dépendent du mode d'organisation des groupes méthyle par rapport au plan de la chaîne :

- **Polypropylène isotactique** : les groupes méthyle sont repartis du même côté de la chaîne macromolécule
- **Polypropylène syndiotactique** : les groupes méthyle sont disposés alternativement de part et d'autre de la chaîne macromolécule
- **Polypropylène atactique** : dans ce cas la répartition des groupes méthyle est aléatoire industriellement le polypropylène n'est intéressant que sous sa forme isotactique dont le taux d'isotacticité se situe entre 90 et 98%. Le polypropylène atactique a quelques applications industrielles limitées.

L'isotacticité est obtenue par l'emploi de catalyseur ionique de type Ziegler (chlorure de titane/ dérivé de chlorure d'aluminium) des stéréospécifiques.

# Chapitre I Généralités sur le Polypropylène

---

Des procédés faisant appel à ces catalyseurs de très hautes activités et stéréospécificité dans le propylène liquide ou gazeux, supplantent le procédé classique de polymérisation en suspension dans un hydrocarbure inerte.

Les polypropylènes isotactique se répartissent en trois familles qui sont les suivantes :

- **Les homopolymères** : ils sont obtenus par polymérisation d'un seul monomère, le propylène. Les homopolymères ont une grande rigidité et une faible tenue au choc à froid
- **Les copolymères statistiques** : ils sont obtenus par copolymérisation du propylène et de l'éthylène. L'ordre de succession des unités monomères dans la chaîne obéit aux lois du hasard. Ces copolymères, plus souples, sont caractérisés par de bonnes propriétés optiques en film et une tenue au choc moyenne sous forme de pièces injectées.
- **Les copolymères séquencés** : (ou à bloc) : ils sont obtenus par polymérisations successives du propylène puis de l'éthylène. Le matériau obtenu est un alliage réalisé in situ matrice polypropylène/nodule de polyéthylène. Ces copolymères sont caractérisés par une excellente tenue au choc à froid, au détriment de la rigidité.

## III- Normalisation[2]:

Après avoir consulté le site des normes ISO on a trouvé ceci 'ISO 19069-1:2015 établit un système de désignation des matériaux thermoplastiques polypropylène (PP) qui peut être utilisé comme base pour les spécifications.

Les types de plastique polypropylène sont différenciés les uns des autres par un système de classification fondé sur des niveaux appropriés des propriétés de désignation:

- a) module d'élasticité en traction,
- b) résistance au choc, et
- c) indice de fluidité à chaud en masse (MFR),

Des informations concernant les paramètres du polymère de base, l'application prévue et/ou la méthode de mise en œuvre, les propriétés importantes, les additifs, les colorants, les charges et les matériaux de renfort.

L'ISO 19069-1:2015 est applicable à tous les homopolymères et aux copolymères du propylène ayant une teneur en autres monomères 1-oléfiniques inférieure à 50 % (m/m), ainsi qu'aux mélanges de polymères contenant au moins 50 % (m/m) des polymères mentionnés ci-dessus.

Elle s'applique aux matériaux prêts à l'emploi normal sous forme de poudre, de grains ou de granulés, non modifiés ou modifiés par des colorants, des additifs, des charges, etc.

Par contre, L'ISO 19069-1:2015 ne s'applique pas au caoutchouc à base de propylène.

# Chapitre I Généralités sur le Polypropylène

## IV- Propriétés d'usage :

Les propriétés des Polypropylène sont étroitement liées à leur structures. Les paramètres caractéristiques sont le degré de cristallinité ou l'indice d'isotacticité, leurs compositions chimiques : homopolymères, copolymère statistique ou séquencé, leur masse moléculaire et leur distribution en masse moléculaire [1]

### IV.1) Propriétés physique[3] :

Le polypropylène est le plus léger des thermoplastiques usuels : sa masse volumique est de  $0.905 \text{ g.cm}^{-3}$ . Les pièces refroidies rapidement présentent une densité plus basses et une structure cristalline plus fine. Le taux de cristallinité varie entre 60 et 70% et est influencé par la structure moléculaire et les traitements thermiques.

La perméabilité dépend essentiellement du taux de polymère atactique car la pénétration des gaz se produit essentiellement au niveau de la phase amorphe.

### IV.2) Propriétés mécaniques [3]:

Propriétés	unités	PP homopolymère		PP copolymère séquencé		PP copolymère statistique
Masse volumique	$\text{g/cm}^3$	0.905	0.900	0.900	0.900	0.900
Indice de fluidité _230°C 2.16Kg_	$\text{g/10min}$	2.5	50	3	40	5
Contrainte à la traction au seuil d'écoulement	MPA	32	–	24	24	24
Allongement à la rupture	%	800-1000	–	800-1000	–	–
Rigidité en torsion à 100°C	MPA	–	80	48	70	29
Module d'élasticité en traction	MPA	1200-1000	–	1000	–	–
Température de fragilité à froid	°C	20	20	-35	-2	0

Tableau1 : propriétés mécaniques des PP.

## ❖ **Rigidité :**

Le polypropylène homopolymères présentent une rigidité élevée à la température ambiante. La rigidité du polypropylène homopolymère à 100°C est comparable à celle d'un polyéthylène basse densité à température ambiante. Par conséquent, les objets en polypropylène peuvent être stérilisés à la vapeur de manière répétée.

## ❖ **Résistance au choc :**

Le comportement au choc du polypropylène dépend de sa composition, de sa masse moléculaire, de l'orientation moléculaire et du degré de cristallinité.

La résistance au choc d'un polypropylène augmente avec sa masse moléculaire et varie dans le même sens que la température. La tendance à la fragilité apparaît d'autant plus vite que la masse moléculaire est faible.

Dans le cas de l'application à basse température, il y a lieu d'utiliser des copolymères séquencés qui conservent de bonnes propriétés à températures inférieures à 0°C.

## **IV.3) Caractéristiques en traction et flexion répétée :**

La cristallinité élevée de PPI lui confère de bonnes propriétés en traction. Le comportement du PPI est fortement influencé par la vitesse d'étirage, de la façon suivante :

-si elle faible, après la déformation élastique, l'étirement a lieu jusqu'à la rupture après un allongement 800 à 1200 %. Pendant cette deuxième étape, la résistance augmente du fait de l'orientation parallèle des chaînes ;

- si elle est élevée ou moyennement élevée, la rupture a lieu dans la zone de déformation élastique ou après la déformation élastique dans la zone de striction

Le Polypropylène a d'excellente propriété en flexion répétée, d'où son utilisation pour la réalisation de chaînière à la pièce injectée.

## **IV.4) Propriétés chimiques-corrosion :**

- Les polypropylènes possèdent une très grande stabilité chimique. A des températures inférieures à 60°C, ils sont pratiquement insolubles. Ils ne sont attaqués ni par les acides, ni par les bases, ni par les solutions de sels. Ils sont insolubles dans l'eau et sont reconnus utilisables pour des applications alimentaires
- Le polypropylène présentant une excellente résistance à la fissuration sous contraintes en présence de savons, détergents, alcools.
- La bonne résistance à l'oxydation est réduite au contact du cuivre et de ses alliages.
- Le polypropylène à l'état naturel sont sensibles à la dégradation par les rayons ultraviolets. Les producteurs proposent en réalisant à la demande des produits stabilisés.

## IV.5) Propriétés thermique :

La température de fusion théorique du polypropylène homopolymère totalement isotactique varie d'après la littérature entre 185°C et 200°C. De manière pratique, pour les produits commerciaux, en raison de la présence de fractions atactiques. Le polypropylène isotactique obtenu par synthèse ZIEGLER-NATTA à 165°C sous forme cristallographique la plus commune (monoclinique  $\alpha$ ) et à 151°C pour la forme allotropique  $\beta$  (pseudo-hexagonale) les propriétés mécanique associées a ces deux phases étant différentes.

Le polypropylène isotactique fond entre 145°C et 160°C, une température plus basse que celle de son homologue Ziegler-Natta à cause des régiodéfauts (défaut d'insertion de monomère inexistant pour les Ziegler-Natta) et du niveau d'isotacticité intramoléculaire compris entre 95% et 99%

Les polypropylènes syndiotactique commercial (80% tacticité) , fond entre 130°C et 135°C tandis que le polymère 100% syndiotactique fondrait à une température proche de 160 à 170°C ; la température de fusion théorique est de l'ordre de 220°C.

Dans le cas des copolymères statistiques, ils possèdent une température de fusion plus faible, due à la diminution de la cristallinité et elle varie entre 125°C a 160° suivant la concentration en comonomère

Les polypropylènes sont classés M4, tenue au feu suivant la norme NF P 92-501

En l'absence de contrainte, le polypropylène homopolymère peut supporter une température de 140°C, ce qui autorise des stérilisations répétées. Cette température décroît sous charge.

## IV.6) Propriétés électriques [1]:

Le polypropylène est d'excellents isolants électriques pour des conditions variées d'ambiance

Propriétés	Unités	Polypropylène Homo et copolymère
Permittivité relative a $10^6$ HZ	—	2 ,2 - 2,3
Facteur de perte diélectrique à $10^6$ HZ		$3 \cdot 10^{-4}$
Rigidité diélectrique	Kv/mm	40
Résistivité transversale	$\Omega \cdot \text{cm}$	$>10^{16}$

**Tableau2** : propriétés électriques du polypropylène.

## IV-7) Stabilité dimensionnelle[4]:

Ces polymères cristallins présentant un retrait important dont il faut tenir compte au moulage

### IV.8) Traitement et revêtement de surface :

Le polypropylène n'est pas teignable en l'état, son affinité tinctorielle peut être améliorée soit par l'utilisation de polypropylène greffé, soit par l'adjonction d'adjuvants spéciaux. Mais généralement, le polypropylène est coloré dans la masse par mélanges-maitres ou coloré à sec à la mise en œuvre.

Après traitement préalable de la surface, le polypropylène est aisément imprimable  
Le polypropylène est métallisable sous vide et par galvanoplastie après attaque de la surface (bain sulfo-chromique)

## V) Application évolution, commercialisation [1] :

### V.1) Principales application :

La consommation est à l'ordre de 6.4 millions de tonnes. Le textile tissé et non tissé et les films d'emballage représentant de 60% du marché, l'automobile et l'emballage assurent de leur côté 31% des débouchés

#### ▪ **Textile**

Dans le domaine du textile, sa faible densité, sa haute ténacité et son imputrescibilité font du polypropylène homopolymère le matériau de choix. Mais il faut rappeler son inaptitude à la teinture en l'état.

#### ▪ **Emballage**

Dans le domaine de l'emballage, le PPI est présent sous forme de films extrudés, de récipients à parois minces injectés, de barquettes thermoformées ou corps creux.

#### ▪ **Automobile**

Dans le domaine de l'automobile, les pièces injectées sont le marché le plus important et toujours l'un des plus porteurs

- **Dans la carrosserie**, le polypropylène est adopté pour les pare-chocs, les panneaux de protections latéraux
- **Sous le capot**, le PPI est utilisé pour les bacs d'accumulateur en copolymère séquencé, les conduits de chauffage ou de climatisation, support de batterie ou radiateur

### V.2) Limitation d'emploi et réglementation :

- Les polypropylènes en l'état sont sensibles à la dégradation thermique. Les producteurs introduisant au moment de la fabrication des stabilisants chaux qui assurent la protection de produits lors de sa mise en œuvre et de son utilisation ultérieure.

# Chapitre I Généralités sur le Polypropylène

---

- Ils sont également sensible a la dégradation par rayonnement ultraviolet. Ainsi, dans le cas d'articles devant avoir une durée de vie prolongée et exposés a l'extérieur, les producteurs introduisant, a la demande les stabilisants ultraviolet.
- Les PPI sont alimentaires lorsqu'il n'entre dans leur composition que des substances autorisées par la réglementation internationale de la répression des fraudes pour l'élaboration des matériaux destinés a être mis en contact avec des denrées alimentaires.
- Enfin, les producteurs fournissent des éléments sur la compatibilité de leurs qualités avec des différentes substances chimiques.

## V.3) L'évolution du matériau :

⇒ Les principaux domaines de développement du PPI sont les suivants :

- Les pièces injectées en particulier pour l'automobile, les biens ménagers, l'ameublement
- Les thermoplastique renforcés estampables pour l'automobile ;
- L'emballage sous forme de films, de feuilles Co-extrudées pour thermoformage, de corps creux soufflés multicouches.

## V.4) Commercialisation [4]:

### ▪ Type et forme :

Les produits sont commercialisés sous forme de granulés

### ▪ Délais et quantités :

Les livraisons sont lieu sous les formes et quantités suivantes :

- Soit en sac de 25Kg, sous forme de palette  $\geq 1.2$  t
- Soit en vrac, par camion  $\geq 22$  t

## VI) Recyclage [4] :

Le recyclage du PP pose le même genre de problèmes que celui des PE, cependant les usages sont différents. Il n'y a pratiquement pas de sacs en PP

Ni de flacons, au contraire du PE. Les pièces massives sont en revanche bien

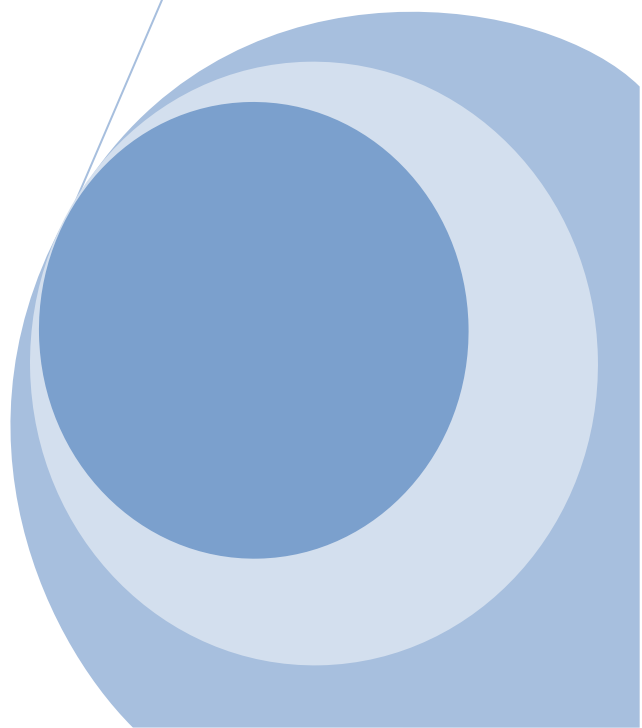
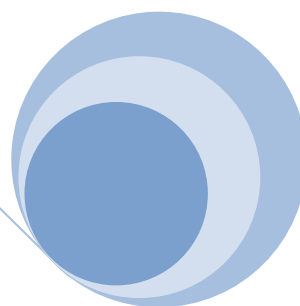
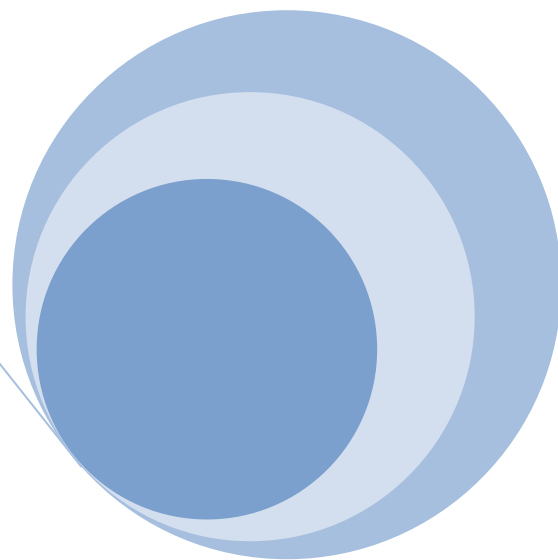
Présentes en particulier dans l'automobile ; pour cette raison, le recyclage des pare-chocs est pratiqué (broyage et mise en forme après éventuels ajouts de stabilisants). Le recyclage de ces pièces par le constructeur est facilité par la nature connue du matériau. Les constructeurs contraints au recyclage par la réglementation ont été amenés à choisir des matériaux plus faciles à traiter, c'est l'une des raisons de l'abandon des thermodurcissables dans cette application.

## **VII-CONCLUSION :**

Dans ce chapitre, nous avons étudié les caractéristiques des polypropylènes qui constituent la matière de notre pièce qui est << Barrettes de connexion >> car la bonne connaissance des caractéristiques de la matière est une clé qui nous amène à une bonne conception et meilleure réalisation.

# CHAPITRE II

PROCEDES DE MISES EN ŒUVRE DU  
POLYPROPYLENE



## I- Introduction :

Les polypropylènes se mettent aisément en œuvre par les techniques classiques employées dans la transformation des thermoplastiques.

L'aptitude rhéologique à la mise en œuvre et le premier critère de sélection pour adopter une technique donnée de transformation.

Le control rhéologique le plus répandu est la mesure de l'indice de fluidité IF : débit de matière en gramme pour 230C° a travers un capillaire aux dimensions imposées par des normes, sous une charge de 2.16 Kg.

## II- Mise en œuvre :

### II-1 Extrusion [1]:

La mise en œuvre des polypropylènes par extrusion exige des vis suffisamment longues ; la longueur doit être au moins vingt fois le diamètre : vis 20D le taux de compression est en général supérieur a 3.

Les températures d'extrusion se situent entre 210°C et 300°C selon l'application

L'extrusion du PPI est le point de départ de différentes techniques de mise en œuvre .

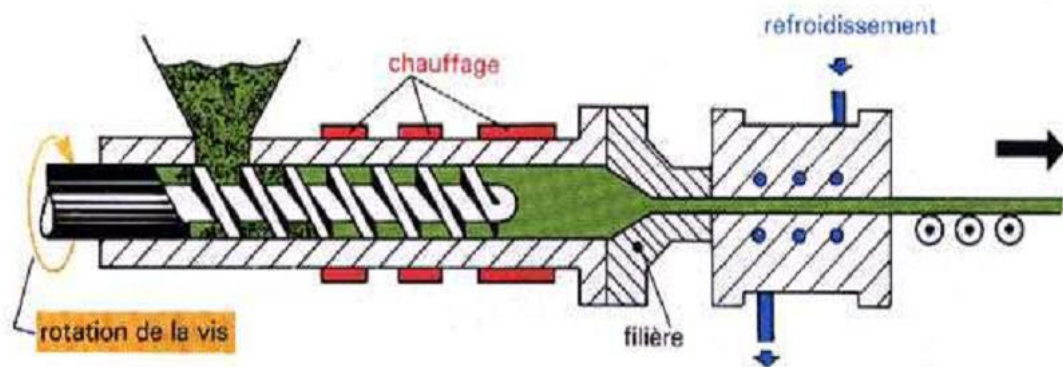


Figure2 : Principe de fonctionnement de l'extrusion.

### II-2 Extrusion-Etirage [5]:

L'extrusion-étirage concerne toutes les applications ou un profilé extrudé est ensuite mono-orienté à une température inférieure à la température de fusion du matériau. La mono-orientation se traduit par une augmentation considérable de la résistance à la rupture, plus décuplée, et un abaissement très important de son allongement à la rupture, divisé par 100

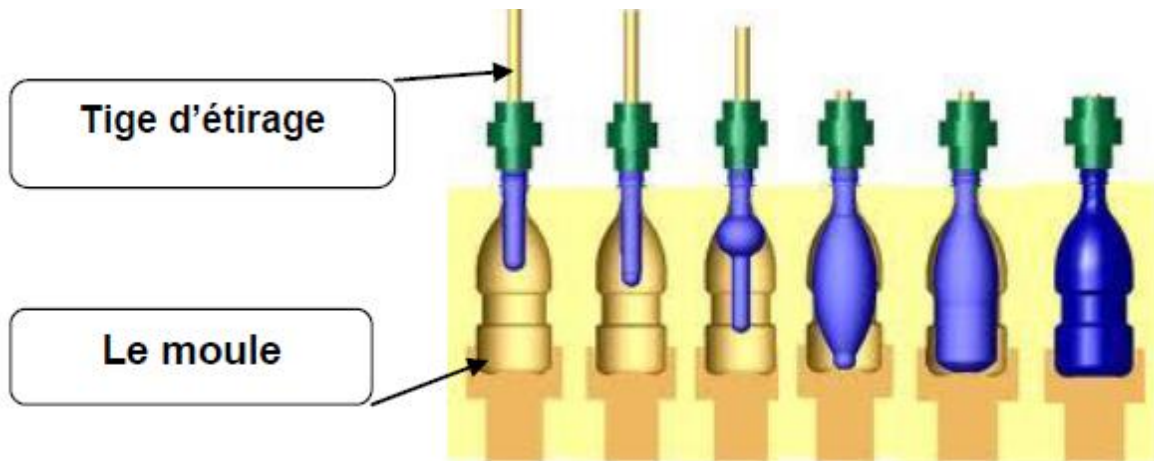


Figure3 : Extrusion-étirage.

### II-3 Soufflage de fibres à l'état fondu [5]:

Dans ce procédé un non-tissé est obtenu par la projection, sur une bande transporteuse ou sur un rouleau collecteur, de fibrilles de PP fondues sous l'action d'un flux d'air chaud (de 30°C à 100°C au-dessus de la température d'extrusion) convergent ; insufflé à la haute vitesse (6000 m/min) à travers un anneau entourant la filière. Les fibrilles de diamètre moyen de l'ordre de 3 à 7  $\mu\text{m}$  inférieur à 1dtex, sont enchevêtrées, ce qui assure la cohésion du non tissé résultant. La masse surfacique de ces non-tissés peut être très basses : 5g/m<sup>2</sup> comparé à 10 à 20 g/m<sup>2</sup> pour les non tissés classiques décrits ci-dessus ; les grades PP utilisés pour cette application sont ceux de très haute fluidité

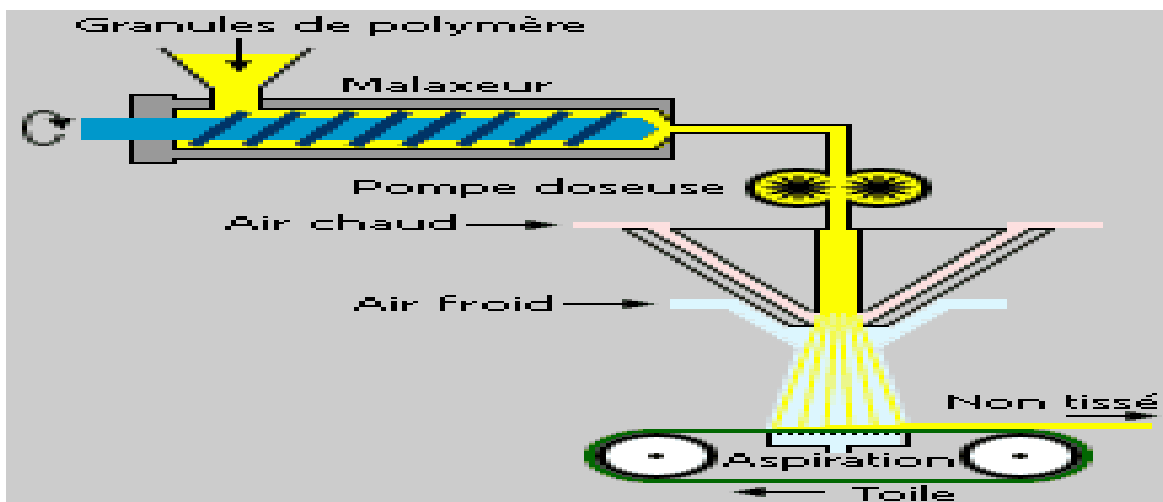


Figure4 : Principe de soufflage de fibre (non-tissé)

### II-4 Thermoformage :

Le thermoformage du PP est jusqu'à présent très limité. La difficulté de thermoformer le polypropylène vis-à-vis des polymères concurrents, PS et PET amorphe, est actuellement partiellement contournée. En effet, on trouve maintenant sur le marché des polypropylènes HMS qui sont utilisés dans certains procédés de thermoformage.

Les grades à haut niveau de rigidité (High cristallinité PP, HCPP) permettent l'obtention de parois minces avec un bon niveau de rigidité tout en conservant les avantages du polypropylène, une bonne résistance chimique, des propriétés organoleptiques.

Bien sûr, la coextrusion permet d'adapter aisément les propriétés barrière d'emballage rigide thermoformé. D'autre part, la feuille thermoplastique peut être formée d'une structure alvéolaire, la mousse. Des mousses de densité 0.9 à 0.6 sont obtenues avec des agents gonflants chimiques, celles de densité inférieure à 0.3 sont produites uniquement avec des polypropylènes HMS [5]

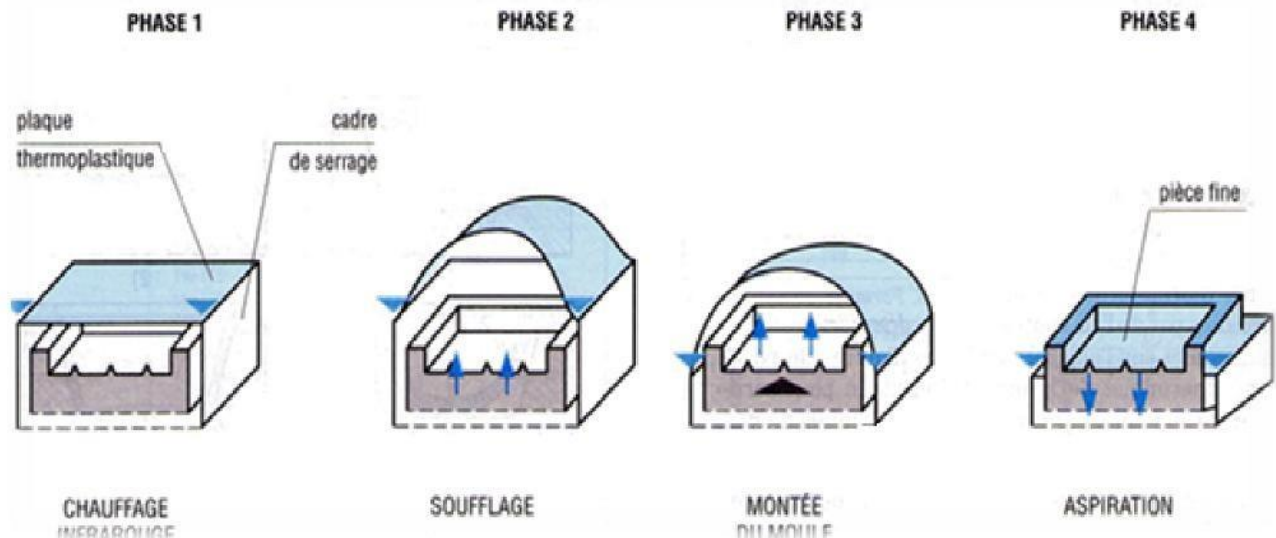


Figure 5 : principe de fonctionnement de thermoformage.

### II-5 Extrusion-soufflage de corps creux :

Pour obtenir une bonne transparence, des procédés d'extrusion-soufflage avec orientation multidirectionnelle ont été mis au point. Les copolymères statistiques, avec agents clarifiants du type dérivés du diméthyle sorbitol, sont recommandés pour leurs bonnes propriétés optiques, ils entrent en compétition avec le PET dans certains secteurs : flacons transparents pour l'hygiène, les produits d'entretien ménager, alimentaire et pharmaceutique, les grades HMS PP permettent l'extrusion soufflage de récipient de volume plus important.

Les grades utilisés (homopolymère et copolymère séquencé) ont des indices de fluidité bas ; la coextrusion avec EVOH notamment est possible et le récipient ainsi obtenu peut être

## Chapitre II procédés de Mise en œuvre des polypropylènes

stérilisés par un traitement a haute température. Une progression importante est attendues pour cette techniques actuellement encore embryonnaire

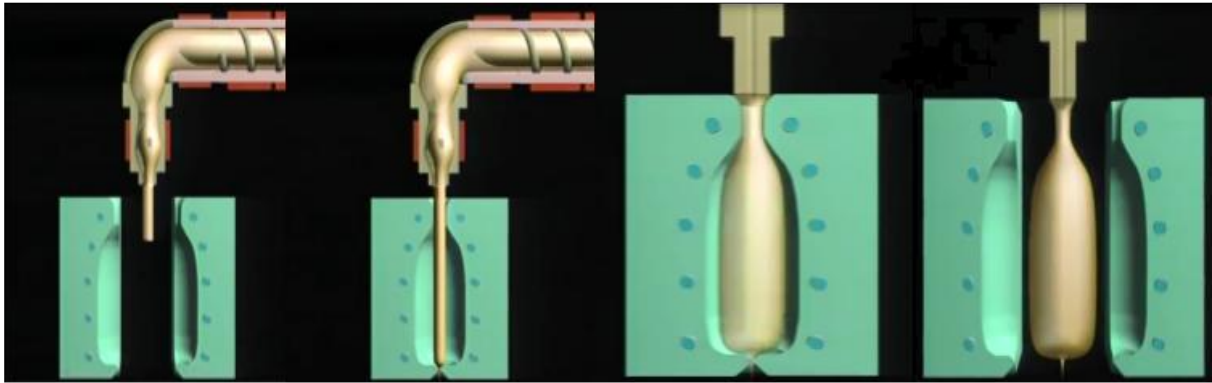


Figure6 : Extrusion-soufflage

### III- le procédé d'injection [4] :

Le procédé de moulage par injection est le procédé que nous allons utiliser pour la mise en forme de la pièce en **PP** qui fait objet de notre étude. Ce procédé nécessite l'utilisation d'une machine dite presses à injecter.

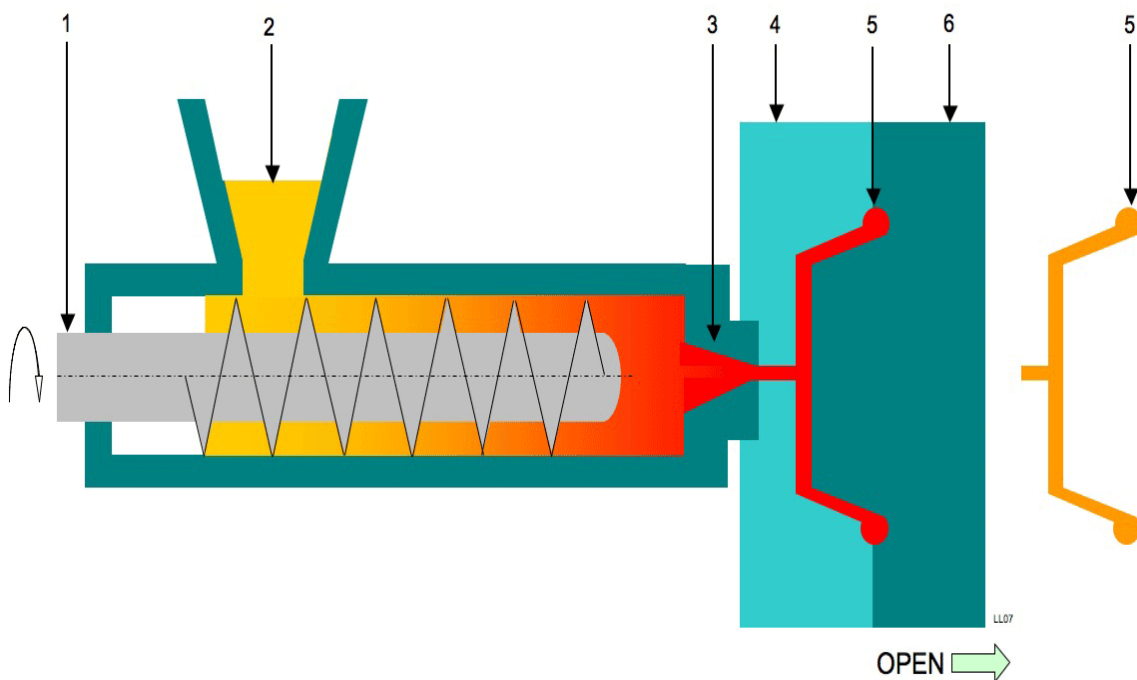


Figure7 : Schéma de principe d'une presse à injecter.

Légende :

1. Vis de plastification contrôlée par la presse
  2. Trémie d'alimentation
  3. Buse d'injection
  4. Partie fixe du moule
  5. Empreinte/pièce
  6. Partie mobile du moule
- 1+2+3 = Cylindre de plastification (ensemble vis-fourreau).

### III-1 les différentes parties ou unités d'une presse d'injection [2] :

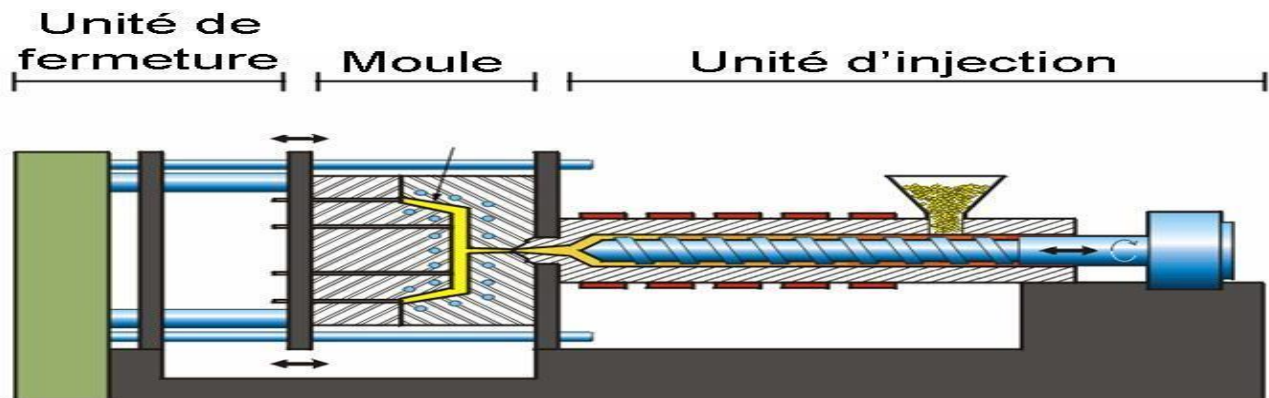
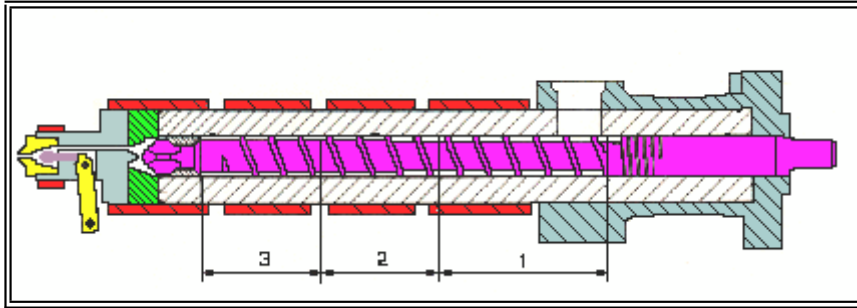


Figure8 : Dispositif d'une presse d'injection.

#### III-1-1 L'unité d'injection[4] :

Le groupe de plastification - injection permet de fluidifier le polymère puis de l'injecter. La qualité de la plastification est liée, d'une part à la stabilité de la température du polymère fondu cycle après cycle, d'autre part à l'homogénéité de la masse fondue.

Le principe de la mise en fusion du polymère est identique à celui qui est utilisé dans la technique de transformation par extrusion. Nous nous inspireront des états de la recherche dans ce dernier domaine principalement afin d'explicitier le phénomène de plastification.



**Figure9:** les différentes zones de l'unité d'injection

Les zones sont indiquées comme suit :

1. Zone d'alimentation
2. Zone de compression
3. Zone de pompage

**a) La zone d'alimentation :**

Elle est également appelée zone solide. Le polymère est mis au contact de la vis par gravité à partir d'une trémie d'alimentation ou en force à l'aide d'un dispositif de gavage.

La rotation de la vis assure la mise en pression des granulés ou de la poudre de polymère. Celui-ci reste en grande partie à l'état solide jusqu'à son approche vers la zone de compression. En effet, la température du fourreau est relativement faible à cet endroit et le temps de séjour du polymère dans cette zone reste court. Il ne favorise pas l'amorçage de la fusion de la résine.

Les difficultés qui sont rencontrées dans cette zone concernent l'adhérence du polymère sur la vis de plastification et la face intérieure du fourreau. Les deux exemples qui suivent, concernent des cas extrêmes afin de mieux appréhender les difficultés du problème.

**Premier cas** le coefficient de frottement entre le polymère et la vis est élevé ; le coefficient de frottement entre le polymère et le fourreau est faible.

Dans son mouvement de rotation, la vis entraîne le polymère qui glisse sur le fourreau. La résine et la vis sont solidaires. Le débit de l'unité de plastification est donc compromis.

**Second cas** il est opposé au premier cas.

Le coefficient de frottement entre le polymère et la vis est faible.

Le coefficient de frottement entre le polymère et le fourreau est élevé.

Le système "vis-matière" se comporte comme un semble "vis-écrou". Le polymère est donc entraîné en masse vers l'avant du groupe de plastification. Ces hypothèses de travail assurent un débit de plastification important. Néanmoins, elles peuvent provoquer un couple résistant trop élevé sur la vis. Ce phénomène peut entraîner la rupture de cette dernière.

La solution technologique adoptée est mitigée. Elle entraîne la réalisation de vis de plastification dont l'état de la surface est de grande qualité.

La pérennité de la qualité de surface est obtenue à l'aide de traitements de surface divers traitement thermique, métallisation, etc.

## Chapitre II procédés de Mise en œuvre des polypropylènes

L'intérieur des fourreaux peut parfois présenter des usinages particuliers (rainurage) afin d'améliorer de manière artificielle le rendement de la machine. Cette solution technologique est rare dans le domaine de l'injection [1]

### b) La zone de compression[4]:

La fusion du polymère est réalisée le long de cette zone. Plusieurs observations en laboratoire ont mis évidence différents processus de plastification.

Trois processus de plastification peuvent être observés

- la plastification par l'arrière du filet
- la plastification par l'avant du filet
- la plastification mixte (à la fois par l'avant et l'arrière du filet)

La plastification par l'arrière du filet. Correspond phénomène le plus souvent généré avec un groupe de plastification en bon état. Ce phénomène est fréquent jeu faible entre vis et fourreau qui autorise des débits de plastification élevés .

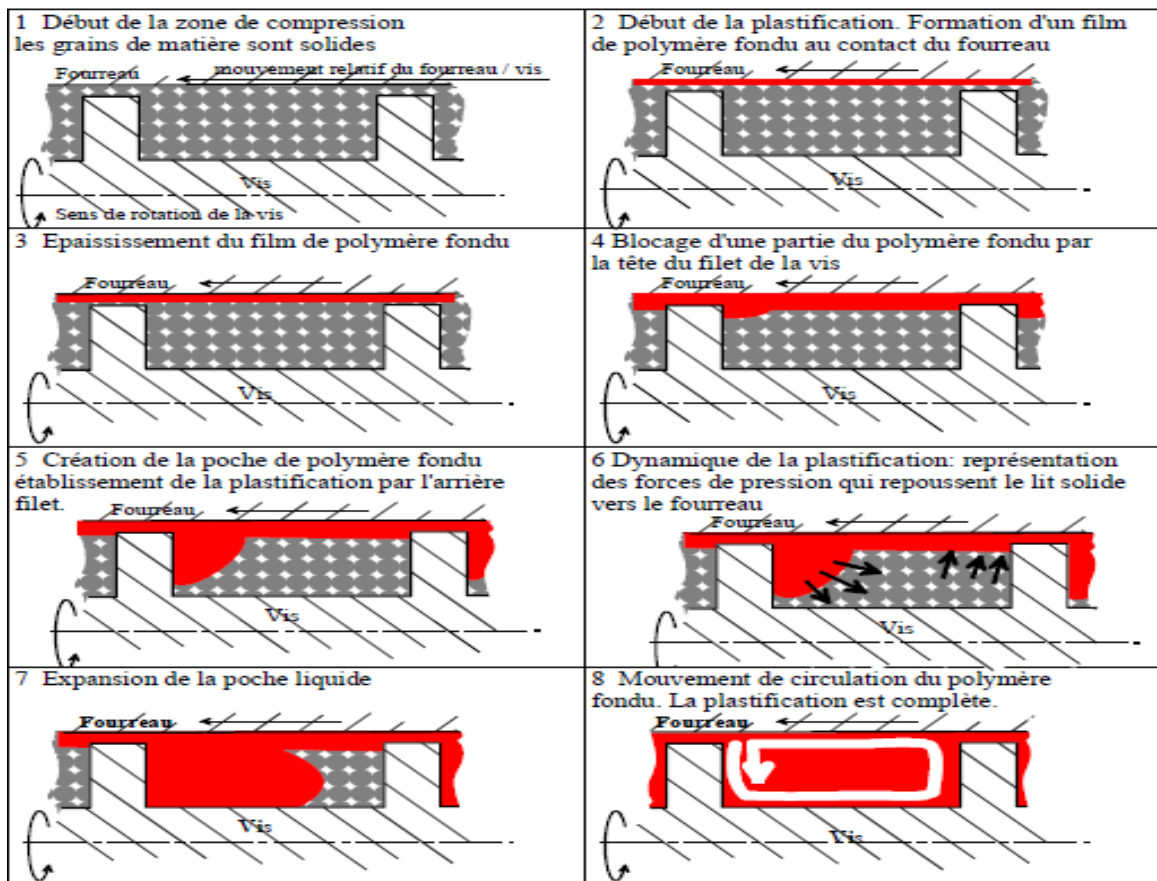


Figure10 : Principe de fonction de la plastification par l'arrière du filet.

### c) La zone de pompage :

Cette zone terminale met en pression le polymère. Le mouvement relatif de la vis et du fourreau permet augmenter la pression du polymère. Il assure l'écoulement de la résine vers l'avant du système vis-fourreau.

---

## Chapitre II procédés de Mise en œuvre des polypropylènes

---

Le débit de polymère provient de la superposition d'un écoulement de Poiseuille de refoulement d'une part et d'un écoulement de cisaillement d'autre part.

L'ensemble de plastification d'une presse d'injection travaille de manière discontinue. En effet, le groupe d'injection remplit deux rôles

- la préparation d'une quantité de matière plastifiée encore appelée phase de dosage ou de plastification

- le transfert du polymère dans l'outillage c'est à dire la phase d'injection.

### I-1-1-1 Caractérisation du système d'injection:

- **La capacité d'injection :**

C'est le volume maximal que peut offrir le cylindre d'injection.

- **La capacité de plastification horaire :**

Varie avec la nature du plastique. Les valeurs données par les constructeurs ont été obtenues souvent avec du polystyrène standard.

- **La pression maximal d'injection :**

Détermine la force de poussée maximale du système vis-piston qui est exercée sur le plastique pour le refouler dans le moule.

- **Le dégazage :**

Dans certains cas bien spécifiques, est très utile pour avoir la possibilité d'évacuer le gaz produit pendant la plastification.

### III-2 Description de l'unité de fermeture/verrouillage d'une presse à injecté les thermoplastiques [6] :

Le principe de fonctionnement de cette partie de machine est simple. En effet, deux objectifs sont à atteindre

- d'une part la fermeture/ouverture de l'outillage
- d'autre part le verrouillage de ce dernier.

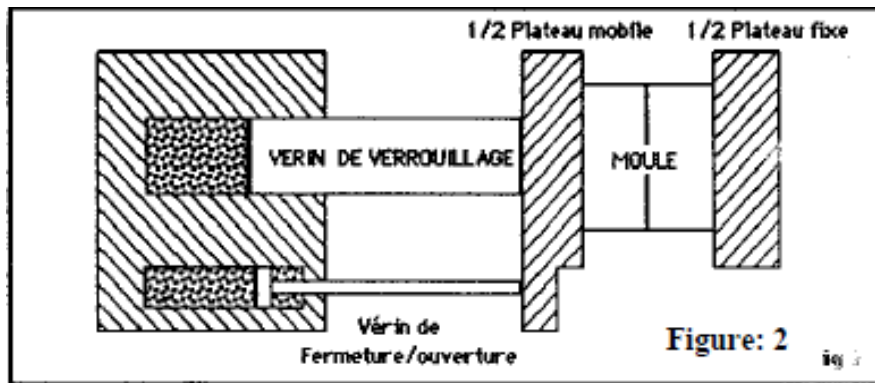
La fermeture/ouverture du moule est un mouvement de grande amplitude. Il est fait à grande vitesse avec des forces faibles. A l'inverse, le verrouillage est un mouvement de faible amplitude mais de puissance élevée, sa capacité d'un système de fermeture est définie à l'aide de trois paramètres

- la force de verrouillage disponible (de 1 à 10000 tonnes)
- les dimensions du plateau porte-moule (surface comprise entre  $1\text{dm}^2$  et  $6\text{m}^2$ )
- La course d'ouverture et l'épaisseur moule maxi et mini

Les différents dispositifs de verrouillage se distinguent par la technologie employée. De manière générale trois catégories d'unité de fermeture sont définies; (figures 11, 12 et 13).

### III-2-1 L'unité de fermeture hydraulique[2]:

Les mouvements de fermeture, ouverture et le verrouillage sont exécutés uniquement avec un actionneur hydraulique (vérin)



**Figure11** : L'unité de fermeture hydraulique

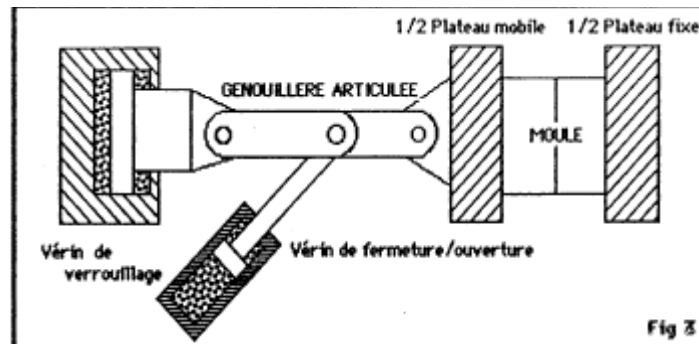
**Avantages :**

- contrôle direct et très bonne stabilité de la force de verrouillage
- effort de verrouillage central qui entraîne une bonne répartition des pressions
- faible coût du système de fermeture

**Inconvénients :**

- taille importante des pièces en mouvement
- volumes d'huile déplacés importants
- mouvements de fermeture/ouverture lents (amortissement difficile en fin de course)

### III-2-2 L'unité de fermeture mixte (fermeture/ouverture par genouillère, verrouillage hydraulique):



**Figure12** : fermeture/ouverture par genouillère.

**Avantages :**

- vitesse de fermeture/ouverture élevée (application en grande série)
- faible consommation d'huile
- effort de verrouillage central
- contrôle direct de la force de verrouillage

**inconvénients-** au delà de 600 tonnes le dimensionnement de la genouillère se traduit par un encombrement élevé.

- coût élevé

- faible fiabilité due à la complexité du mécanisme et de la commande

### III-2-3 L'unité de fermeture mécanique :

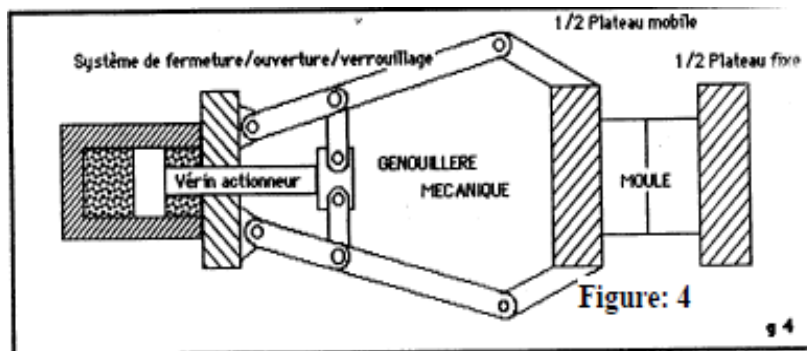


Figure13 : L'unité de fermeture mécanique

**Avantage :**

- vitesse de fermeture/ouverture relevée (application en grande série)
- déformations axiales faibles
- fiabilité importante

**Inconvénients :**

- contrôle difficile de la force de verrouillage
- chocs sur le plan de joint
- fatigue mécanique des articulations
- flexion du plateau mobile

Le système de fermeture à genouillère est celui qui offre le plus d'avantages

-Le groupe de fermeture/ouverture joue un rôle passif en regard de la notion de qualité en injection. Son rôle essentiel consiste à supporter l'outillage d'une part et interdire l'ouverture de ce dernier d'autre part.

Le dernier point est essentiel. En effet, le remplissage de l'empreinte du moule définit un régime de pression. Ce dernier est rapporté à la surface du plan de joint de l'outillage. Une force minimale de verrouillage est nécessaire pour maintenir le moule fermé lors de l'injection.

Les presses d'injection représentent des investissements importants. Les outillages coûtent aussi très. Il est intéressant d'adapter au mieux un moule et une machine d'injection.

Cela explique l'apparition de logiciels qui simulent les écoulements du polymère dans les outillages. Le calcul des champs de pression qui apparaissent dans le moule, permet d'optimiser le réseau d'alimentation de l'empreinte et de choisir une machine adaptée à la production.

De la même manière, la cadence de production et la géométrie de l'outillage permettent de définir les capacités minimales du groupe de plastification. Ces derniers peuvent plastifier et injecter, selon leur taille, de quelques grammes à cent kilogrammes de polymère. La pression de ce dernier peut s'élever jusqu'à 2500 bars. [2]

### III-2-4 Caractérisation d'un système de fermeture[6] :

➤ **Force de fermeture :**

La force de fermeture est la force nécessaire pour maintenir le moule fermé lors de l'injection. Cette force est calculée par rapport à la pression exercée dans le moule pendant l'injection. Elle doit être supérieure à la pression d'injection. Il est obligatoire d'exercer un verrouillage du moule, sinon lors de l'injection, il se produit une ouverture et du toilage sur les pièces. La pression de verrouillage doit-être de 20 à 25% supérieur à la pression d'injection [2].

➤ **Course de fermeture ou d'ouverture :**

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

➤ **Dimensions des plateaux :**

Elles fixent les valeurs extrêmes possibles pour l'une des dimensions transversales du moule. Et nous assure la fixation du moule.

➤ **Epaisseur du moule minimale :**

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

➤ **Epaisseur du moule maximale :**

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

➤ **La force d'éjection :**

C'est la force que le système d'éjection peut développer.

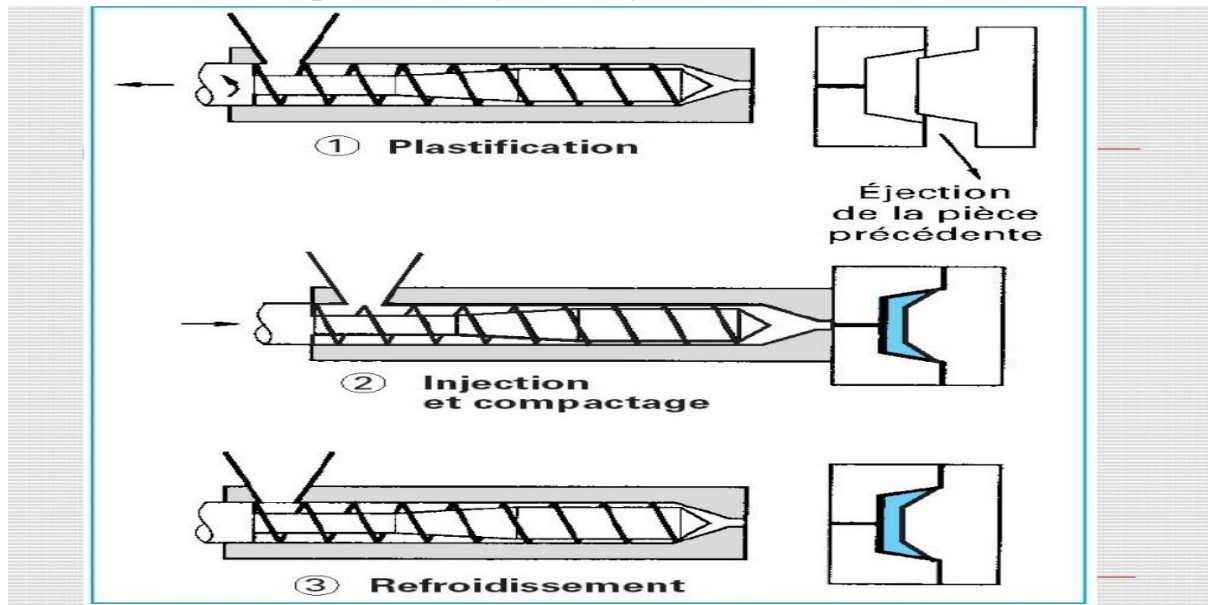
### III-3 Moule[2] :

D'une façon générale , un moule est un outil de transformation comportant une cavité destinée à recevoir un matériaux liquide , plus ou moins fluide , et à le mettre en forme en vue d'obtenir un objet dont le dessin a été déterminé à l'avance[1] .

L'opération de démoulage peut avoir lieu lorsque, pour les matières thermoplastiques, la pièce fabriquée a acquis par refroidissement le plus souvent une rigidité suffisante.

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

### IV- Les différentes phases du cycle d'injection [4]:



**Figure14** : Les différentes phases du cycle d'injection.

⇒ Le polymère est fondu dans un dispositif vis-fourreau, mais dans lequel la vis possède une possibilité de mouvement supplémentaire.

⇒ Dans un premier temps, la buse à l'extrémité du fourreau étant obturée, la vis tourne en reculant et le polymère fondu s'accumule en tête de vis.

⇒ Une fois que la quantité de polymère nécessaire à la fabrication de la pièce a été fondue. La buse s'ouvre et la vis se transforme en piston qui injecte à la grande vitesse de polymère chaud dans un moule fermé et froid : c'est la phase de remplissage durant laquelle les pressions engendrées sont considérables du fait de la forte viscosité du polymère mais également des grandes vitesses d'injection.

⇒ Le refroidissement du polymère est lent du fait de sa faible conductivité thermique. Il est donc possible de compenser en partie la variation de volume spécifique du polymère en continuant à injecter du polymère liquide sous forte pression : c'est la phase de compactage.

Certaines phases du cycle d'injection peuvent, bien entendu, se dérouler simultanément. Il est possible d'achever le refroidissement d'une pièce dans le moule tout en débutant la plastification du polymère pour la fabrication de la pièce suivante.

Les difficultés de l'injection des polymères tiennent aux facteurs suivants :

- la réalisation du moule : positionnement des canaux et des seuils d'injection, réalisation de noyaux mobiles, optimisation de l'état de surface
- l'adéquation de la presse à injecter à la pièce à réaliser : force de fermeture de moule suffisante ;
- l'optimisation du polymère et des paramètres d'injection : éviter la dégradation, maîtriser la cristallisation et l'orientation dans la pièce, limiter leurs déformations après éjection.

---

## Chapitre II procédés de Mise en œuvre des polypropylènes

---

Les phénomènes physiques dont on doit rendre compte sont très riches et les modèles résultants ont donc des caractéristiques complexes :

- géométries complexes,
- procédé instationnaire,
- forte vitesse d'injection donc puissance dissipée élevée,
- gradient thermique marqué dans l'épaisseur de la pièce,
- écoulement compressible (notamment au cours du compactage),
- phénomènes de cristallisation et d'orientation très hétérogènes.

Ces modèles sont des outils utiles pour le concepteur de moule et l'utilisateur de presses à injecter, ils permettent :

- optimisation du moule et notamment la localisation des seuils d'injection,
- l'optimisation des paramètres de mise en œuvre,
- la prévision des structures, des déformations résiduelles et des propriétés

### **V- les différentes presses d'injection [2] :**

Il existe plusieurs presses d'injection plastique : presse à piston, à vis sans fin, à plateau tournant; et à fermeture horizontale et injection verticale et vis versa ; en principe suivant le sens d'injection, on distingue deux configurations de presse possible :

#### **❖ Presse horizontal :**

Dans la presse horizontale, le moule est difficile à mettre en place, il prend une position verticale par rapport à l'axe de la vis ou du piston qui est horizontal son ouverture provoque alors la sortie immédiate de la pièce par gravité après éjection, d'où un gain de temps est automatisé possible de l'emballage des produits fabriqués.

#### **❖ Presse vertical :**

Dans ce cas, la presse a moins d'encombrements, l'axe de la vis est vertical et l'ouverture du moule est dans un plan horizontal. Ce type de presse s'utilise pour des moules comportant des insertions de prisonniers métallique mais le démoulage de la pièce nécessite un transfert. Cette presse préoccupe peu de place au sol.

### **VI- Le choix d'une presse[2]:**

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)

## Chapitre II procédés de Mise en œuvre des polypropylènes

---

Le temps de cycle d'une pièce est aussi conditionné par la vitesse d'injection, la vitesse d'ouverture/fermeture ainsi que la vitesse d'éjection. Cela est appelé le cycle de moulage par injection

### **-Conclusion :**

La production des polymères augmente de plus en plus et cela grâce à la grande demande mondiale en cette matière ; pour satisfaire cette large demande, des entreprises utilisent des procédés très compliqués, ce que montre ce chapitre.

L'industrie des polymères dans nos jours utilise souvent le procédé d'injection car il permet la production en série des pièces avec une grande précision, d'ailleurs c'est le procédé qu'on a utilisé pour réaliser notre pièce.



The page features a minimalist design with three blue circles of varying sizes. Each circle is composed of three concentric layers: a dark blue center, a medium blue ring, and a light blue outer ring. Two thin, light blue lines intersect at the top left, forming a large 'V' shape that frames the circles. The circles are positioned in the upper right and lower right areas of the page.

## **CHAPITRE III**

**CONCEPTION DES MOULES D'INJECTION  
PLASTIQUE**

## I- Introduction :

Pour obtenir une pièce par injection plusieurs ressources sont utilisées, outre le personnel qualifié pour des opérations de réglages, contrôle et suivi, on trouve les presses d'injection plastique, qui peuvent être horizontale, verticale, bi-vis ou des presses spéciales, enfin le moule qui constitue le composant de base puisqu'il offre à la matière la forme de la pièce voulue.

Dans ce qui suit on tente de développer les techniques de conception des moules d'injections des thermoplastique, cette conception doit intégrer toutes les fonctions dans sa réalisation par le choix de l'alimentation, du bloc empreinte, de l'éjection, du refroidissement, de la cinématique, de l'adaptation à la machine et des fonctions sécurité et maintenance et de manutention. Cette étude doit fournir le dessin d'ensemble, la nomenclature des éléments constitutifs avec les aciers et les traitements.

Selon la nature du polymère à former et son comportement aux conditions de mise en forme, des moules spéciaux sont réalisés afin d'obtenir un produit répondant aux exigences voulues. La nature du polymère nous conduit à mettre en évidence la particularité du moyen de sa mise en forme [7] :

- Moules à injection
- Moules à thermo sets
- Moules à élastomères (caoutchoucs)
- Moules à mousses ou Expandeurs

Dans cette présente étude, nous allons concentrer notre intérêt sur les moules à injection.

## II- Définition du moule à injection :

Un moule d'injection plastique est un ensemble mécanique de très grande précision qui permet de fabriquer des milliers de pièces en injectant de la matière plastique en fusion dans des empreintes prévues à cet effet. Cette conception fait appel à des méthodologies complexes et bien spécifiques.

## III- Facteurs influençant la conception :

Les facteurs influençant la conception d'un moule et le choix des solutions sont à retenir par les intervenants dans le cycle de vie d'un moule

- Concepteur moule : spécialiste des dessins d'étude moule (CAO), de l'organisation du moule, de sa cinématique et avoir une bonne connaissance des éléments standards et de leur utilisation. Il doit aussi maîtriser le choix des aciers, la thermique et des améliorations de l'aspect et des performances de la pièce injectée (tensions internes, ligne de soudure, brûlures). [8]
- Le spécialiste de l'usinage adapté au moule : parcours d'outil en CNC, faisabilité en électro érosion, contrôle et métrologie.
- Le processus d'exploitation : le responsable de production, les régleurs qui veillent au démarrage, réglages et la production et le service de maintenance associé.

Ces facteurs influençant forment l'environnement du moule ils peuvent être des familles suivantes :

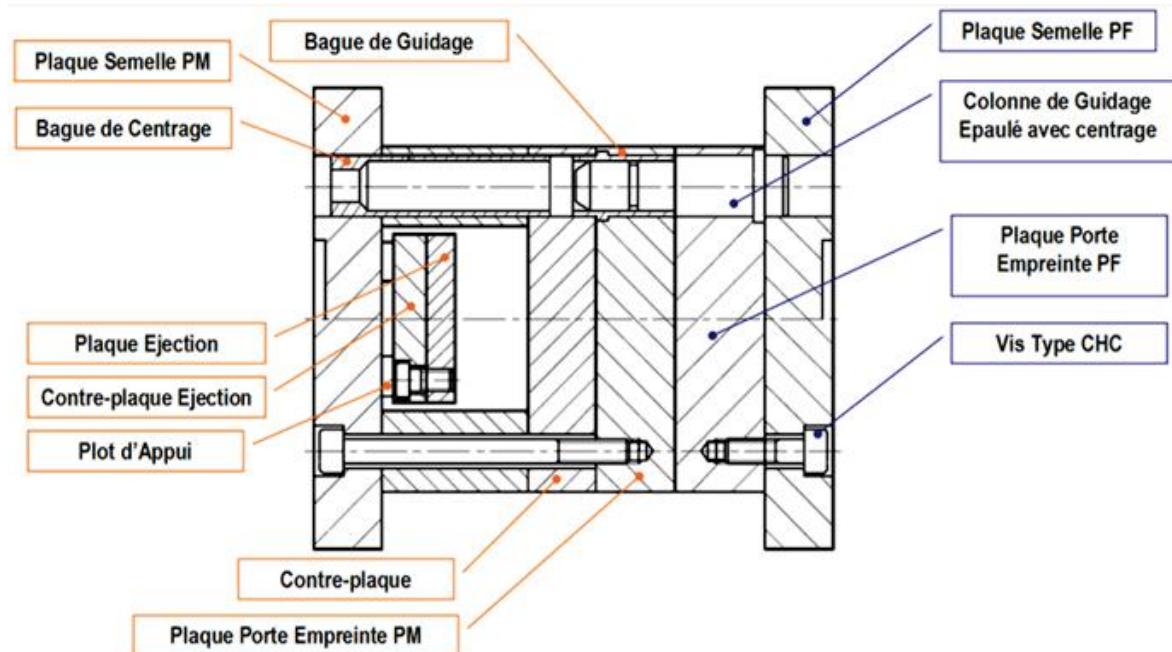
- **Pièce** : formes, poids, épaisseur, nombre, cadence, tolérances, versions, aspect.
- **Facteurs humains** : les idées nouvelles.
- **Matière** : caractéristiques rhéologiques et thermiques, coloration, nature, prix.
- **Le mouliste** : le parc machine, la capacité des machines.
- **Le délai** : utilisation de carcasse standard avec l'empreinte rapportée en prétraité.
- **Les facteurs économiques** : l'investissement, l'amortissement.
- **La presse** : le parc disponible, le montage.

## Chapitre III conception des moules d'injection plastique.

- **La main d'œuvre** : qualification, disponibilité, habitudes, coût.
- **Les accessoires** : robots, tapis, convoyeur, régulateur, frigo .

### IV- Terminologie des moules :

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



**Figure 15:** Les différentes parties d'un moule d'injection plastique. [8]

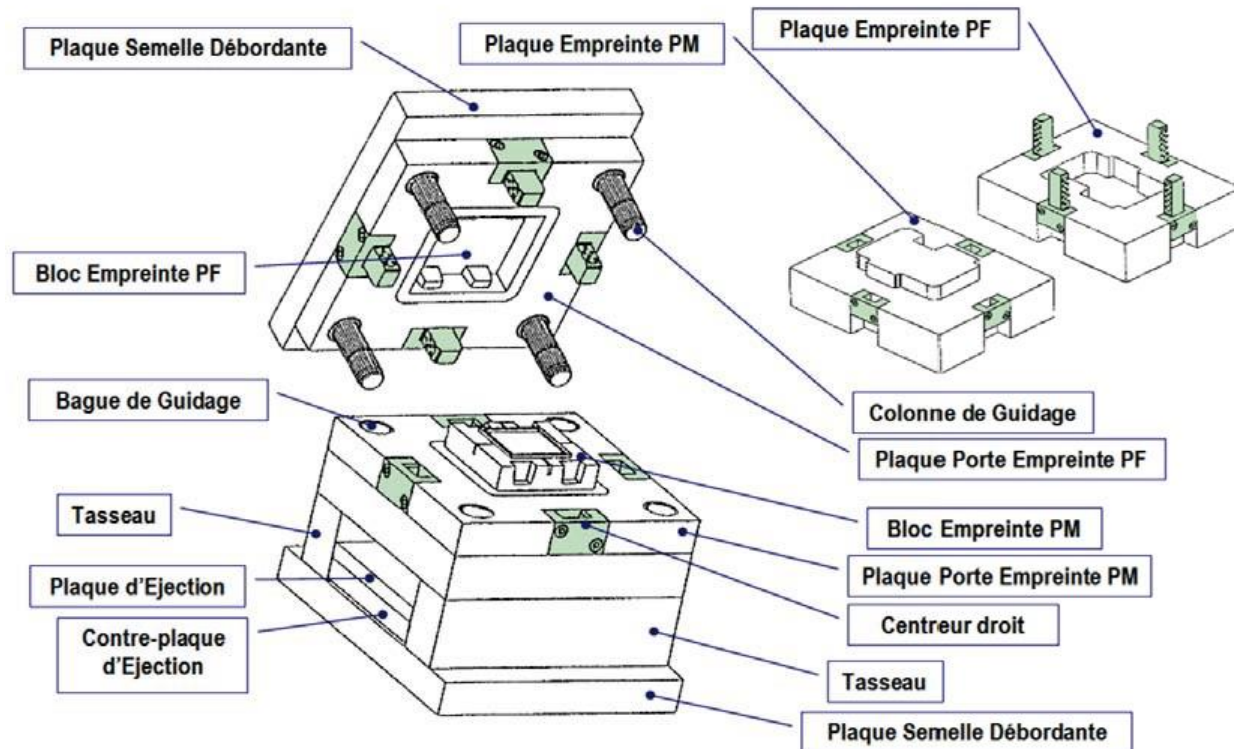


Figure16 : Une vue en 3D d'un moule d'injection plastique

## V- Les différentes familles des moules :

### V-1 Introduction :

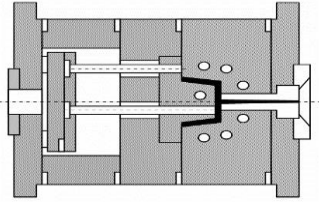
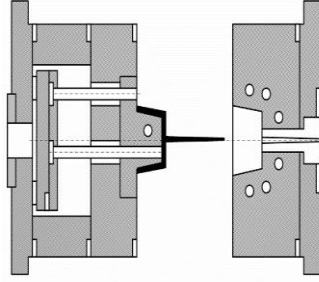
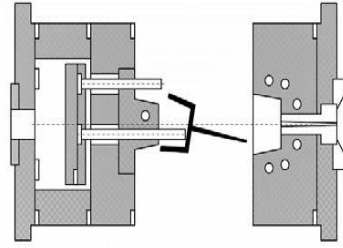
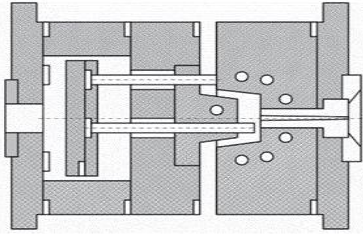
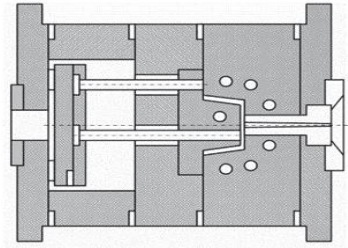
Un moule doit généralement remplir des fonctions, de moulage, éjection, guidage et refroidissements, plusieurs familles de moules trouvent leurs justifications en fonction du.

- Le nombre d'empreintes (1, 2, 4, 8, 16, 32 ...). [3]
- Son architecture : nombre de plaques, tiroirs, coquilles
- Le système d'alimentation : carotte perdue, canaux chauffants
- Le type d'alimentation des empreintes : pin point, en masse, en parapluie, sous-marine, en ligne, en "n" points
- L'éjection des pièces (par éjecteur, bloc d'éjection ou autres)
- La régulation de la température
- La durée de vie (choix des matériaux)
- En fonction de ces paramètres on site les grandes familles de moules sont :
- Moule standard (cylindrique ou cubique)
- Moule 3 plaques, Moule multi plaque
- Moule à dévêtissage
- Moule à tiroir, Moule à coins

## Chapitre III conception des moules d'injection plastique.

### V-2 Moule à deux plaques :

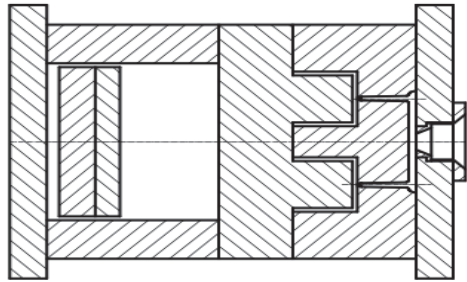
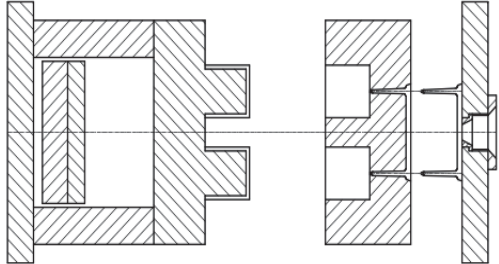
Le tableau suivant illustre le fonctionnement d'un moule à deux plaques, par les schémas associés.

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

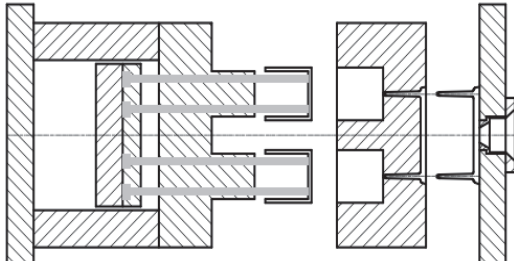
**Tableau3** : le fonctionnement d'un moule à deux plaques.

### V-3 Moule à trois plaques :

Le tableau suivant illustre le fonctionnement d'un moule à trois plaques, également on rencontre dans l'industrie des moules à plusieurs plaque utilisant le même principe, la chronologie des ouvertures, se fait les priorités définis par le concepteur, principalement on a un plan de joint carottes et un plan de joint pièce. [8]

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

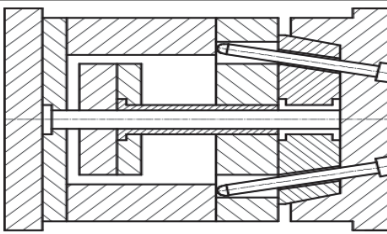
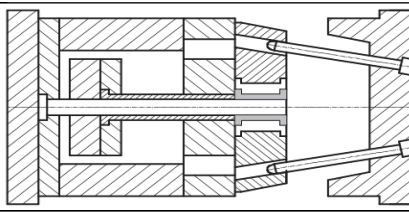
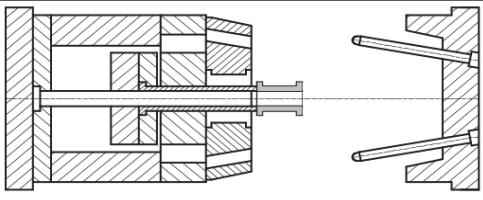
## Chapitre III conception des moules d'injection plastique.

<p>Ejection de l'article, par les batteries d'éjection (des éjecteurs cylindriques).</p>	
--	--

**Tableau4** : Illustration de fonctionnement d'un moule à trois plaques.

### V-4 Moule à tiroir :

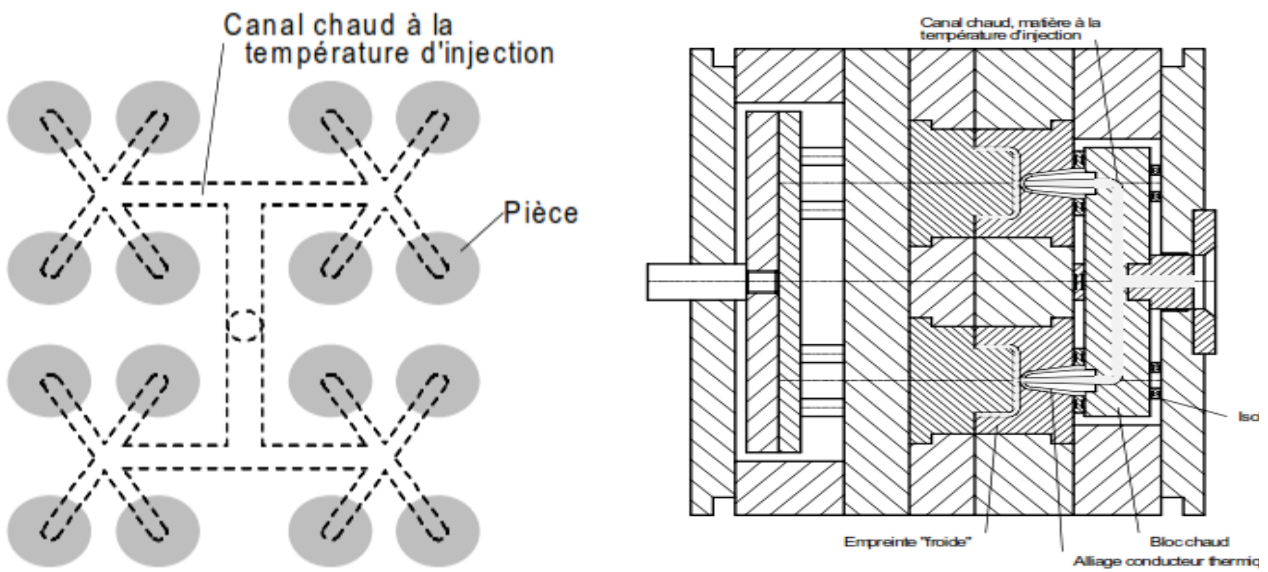
Les moules à tiroir et à les moules à coins forment des solutions particulières pour permettre d'injecter des pièces présentant des contre dépouilles, leur fonctionnement est présenté par le tableau suivant : [8]

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

**Tableau5** : fonctionnement de moule à tiroir.

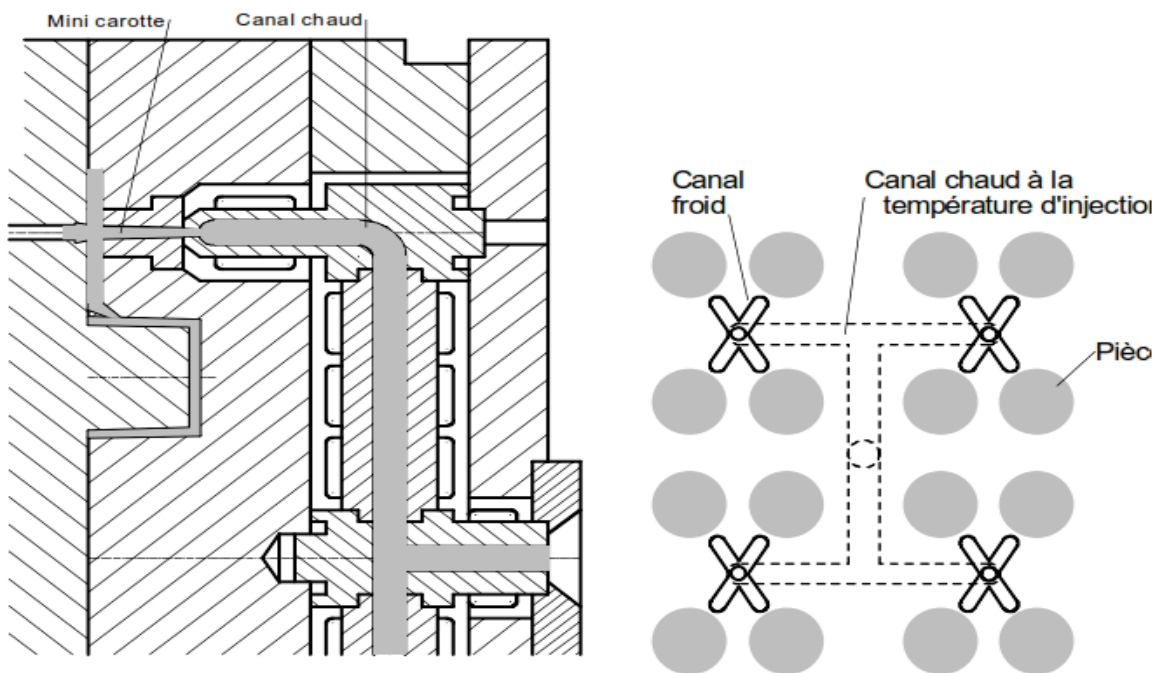
### V-5 Moule à canaux chauds :

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. [2, 9]



**Figure17 :** Moule multi-empreintes Canal chaud – bloc chaud.

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



**Figure18 :** Moule multi-empreintes Alimentation mixte : canaux chauds + canaux froids.

### VI- Fonctions d'un outillage d'injection :

#### VI-1 Introduction :

La majorité des moules sont fabriqués à partir des éléments standard 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. [9, 10]

- **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 recentrer pour que les parties moulantes de la pièce soit en correspondance entre les différentes parties du moule.
- **Fonctions manutention, stockage, sécurité et liaison machine** : Ces fonctions assure la relation correcte entre la presse et les différents périphériques ainsi que le stockage et la manutention des moules.

#### VI-2 La Fonction alimentation :

##### VI-2-1 Définition :

Elles assurent le transfert de la matière fondue sortie de l'unité de plastification par la buse « machine » jusqu'à la pièce par la buse « Outillage » soit directement ou par un canal d'alimentation.

Pour certains cas, la buse outillage est directement remplacé par la buse machine (suppression de la carotte, généralement pour les outillages 3 plaques). Pour certains cas particulier, la buse outillage ou buse directe, est définie par la matière injectée.

Le transfert peut se faire au plus proche de la pièce grâce à des systèmes dit : « BLOC CHAUD »

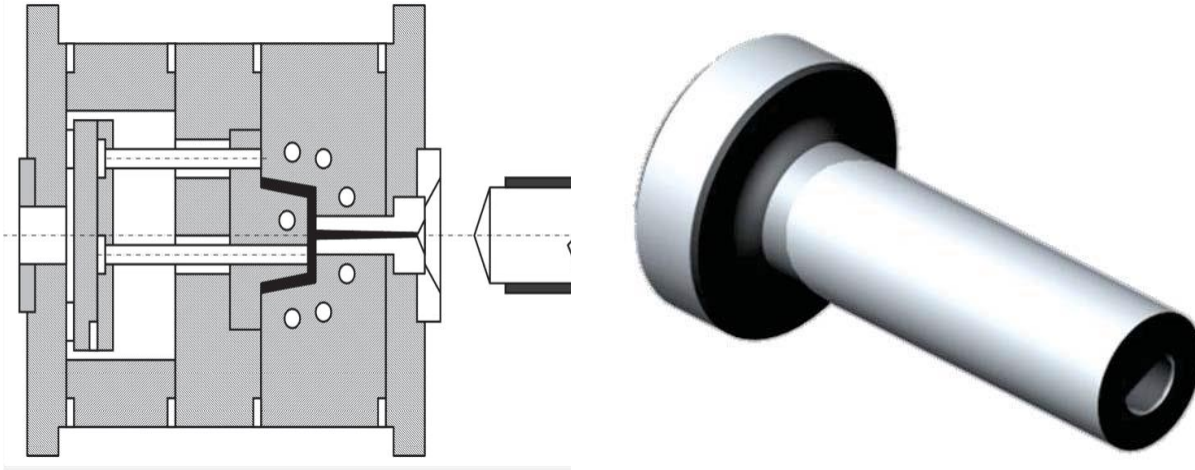


Figure19 : Principe d'alimentation buse machine-buse moule.

### VI-2-2 Les différents types de buses moules :

On distingue plusieurs types de buse moule en fonction de la pièce, la matière et le moule.

- Buses Directes
- Buses Chauffantes Directes.
- Buses Chauffantes à Obturation.
- Blocs Chauds et Busettes d'alimentation directes
- Blocs Chauds et Busettes à Obturation

### VI-2-3 Buses Directes :

On a choisi de présenter cette famille des buses d'injection directe puisque c'est la plus répandue dans le marché dont les caractéristiques générales :

- Ce sont les plus utilisées.
- Possibilité d'injecter directement sur la pièce mais nécessite une reprise (coupe de la carotte) ou directement sur le canal d'alimentation au plan de joint.
- Elles comportent une dépouille suffisante, un état de surface polie et une dureté de minimum 55HRC.
- Le  $\varnothing$  d'entrée doit être supérieur au  $\varnothing$  de la Buse machine
- Généralement  $\varnothing 4$  pour les petites pièces et  $\varnothing 8$  pour les grosses pièces
- Une régulation efficace est nécessaire autour de la buse pour que le cycle de démoulage ne dépende pas du temps de refroidissement de la carotte.

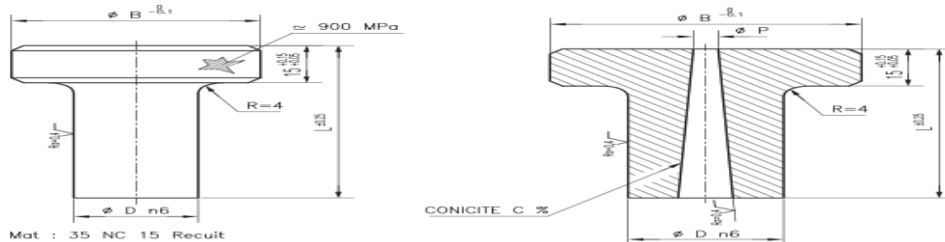


Figure20 : Gamme de buse moule

## Chapitre III conception des moules d'injection plastique.

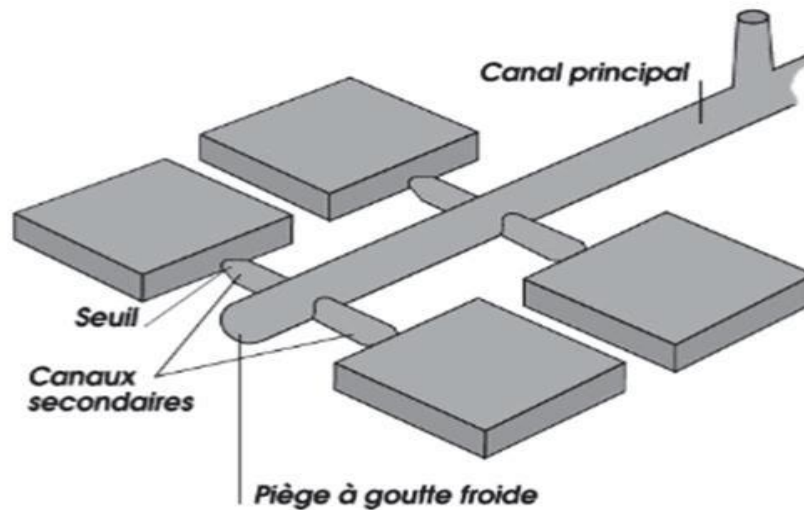
GAMME DISPONIBLE										
B	50		40		40		40		50	
C%	8%		8%		Non percé		5%		Non percé	
D	25		20		20		20		25	
REFERENCE L	P	606	P	616	P	618	P	619	P	620
55	4		4				3			
60	4		4				3			
63	4		4				4			
75	4		4				4			
80	4		4				4			
100	4		4		--		4		--	
125	4		4				4			

**Tableau6** : Gamme de buse moule et paramètres de choix<sup>1</sup>.

### VI-2-4 Forme des Canaux d'alimentation :

Le canal d'alimentation est composé principalement de: [8]

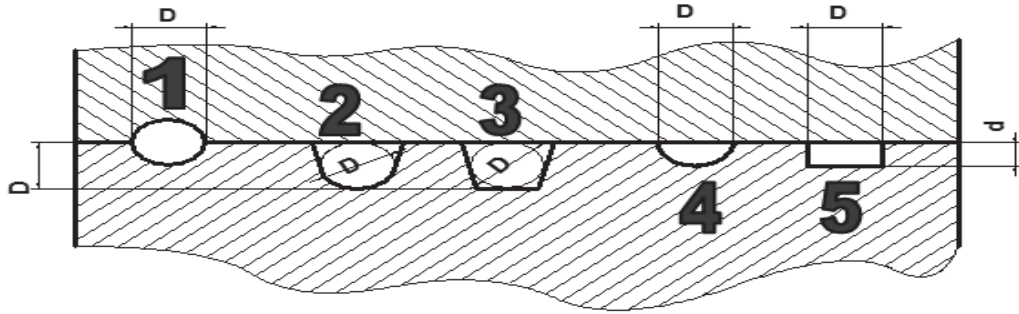
- La carotte
- Le canal principal
- Les canaux secondaires
- Les seuils



**Figure21** : Composition d'un canal d'alimentation de moule.

<sup>1</sup> RABOURDIN Industrie : gamme des buses d'injection

## Chapitre III conception des moules d'injection plastique.



**Figure22 :** Les différents types de canaux d'alimentation et leurs usinages associés-

		Avantages	Inconvénients
1	Canal cylindrique	<ul style="list-style-type: none"> <li>-C'est le canal le plus performant,</li> <li>-Il offre une section d'écoulement maximale pour un périmètre minimal.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Usinage sur 2 plaques du moule.</li> <li>Cependant avec les machines à commande numérique cet inconvénient disparaît.</li> <li>-Utilisation difficile avec les moules 3 plaques.</li> <li>-Impossibilité dans le cas de canaux sous chariot</li> </ul>
2	Canal cylindrique plus dépouille pour déporter le plan de joint	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Usinage sur une seule plaque</li> <li>-Utilisation avec les moules 3 plaques.</li> <li>-Idéal pour le choix de canaux sous chariot</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Difficulté pour la réalisation de l'outil spécial : affutage délicat.</li> <li>-Obligation d'utilisation d'outil nonstandard</li> <li>-Perte de matière par rapport au canal rond</li> </ul>
3	Canal trapézoïdal	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Usinage sur une seule plaque</li> <li>-Utilisation avec les moules 3 plaques.</li> <li>-Outil spécial plus facile à affuter</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Perte de matière par rapport au canal rond</li> <li>-Obligation d'utilisation d'outil non-standard</li> </ul>
4	Canal ½ cylindrique	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Simplicité d'usinage</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mauvais écoulement</li> </ul>
5	Canal rectangulaire	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Facilité d'exécution</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Mauvais démoulage</li> <li>-Mauvais écoulement</li> </ul>

**Tableau7 :** Critères de choix des différents types de canaux.

### VI-2-5 Equilibrage des écoulements dans le canal :

Les caractéristiques des canaux d'alimentations sont :

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

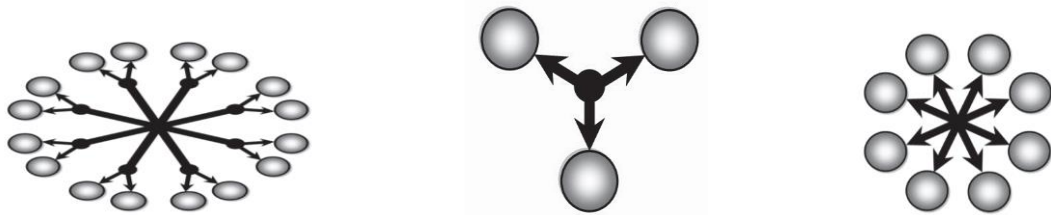


Figure23 : Disposition circulaire des empreintes dans un moule

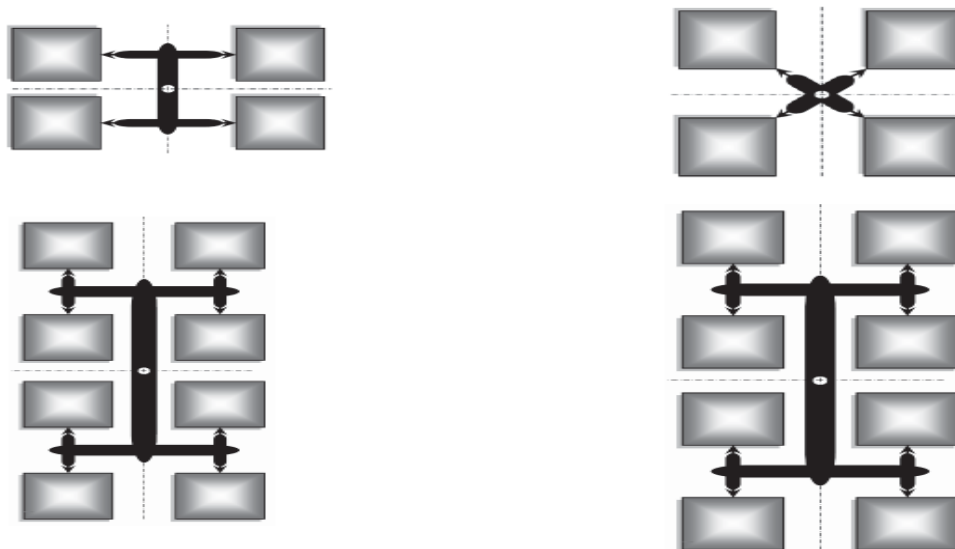


Figure24 : Disposition linéaire des empreintes dans un moule.

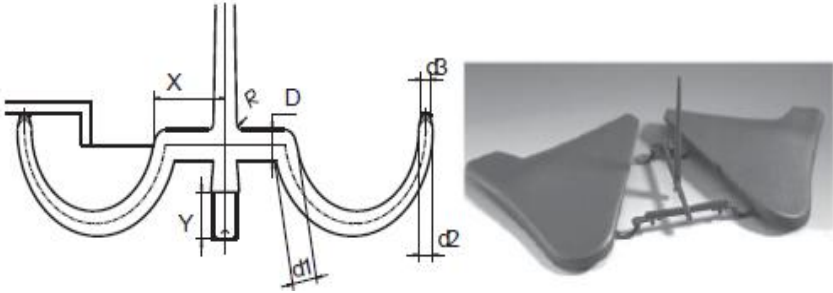
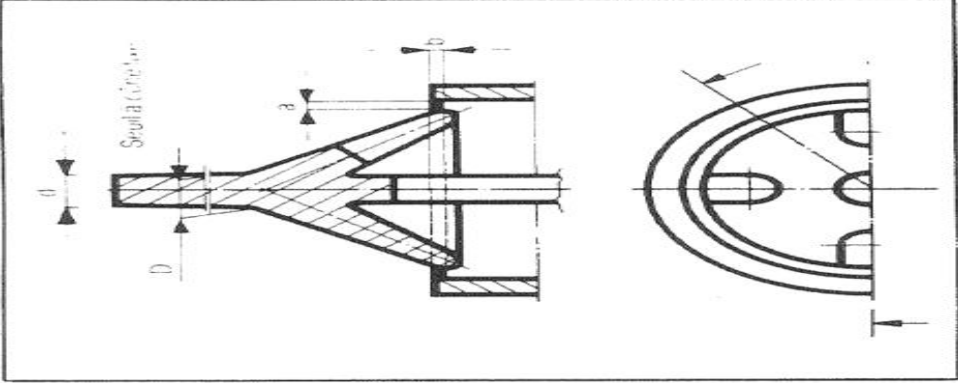
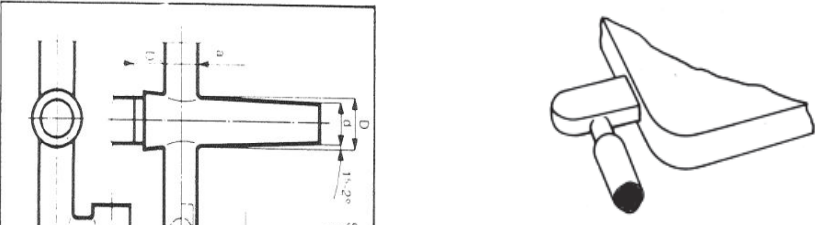
# Chapitre III conception des moules d'injection plastique.

## VI-2-6 Types de seuil des canaux :

Nous pouvons distinguer plusieurs types de seuil :

Type de seuil	Schéma associé
Seuil direct	
Seuil Capillaire	
Seuil dit Sousmarin ou en Tunnel	

## Chapitre III conception des moules d'injection plastique.

<p>Seuil dit en Courge ou Tunnel courge</p>	
<p>Seuil dit Entrée Conique</p>	
<p>Seuil dit Indirect</p>	 <p style="text-align: center;"><b>Seuil à Patte</b></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>

**Figure25** : Les types de seuil des canaux.

## VI-3 Fonction mise en forme :

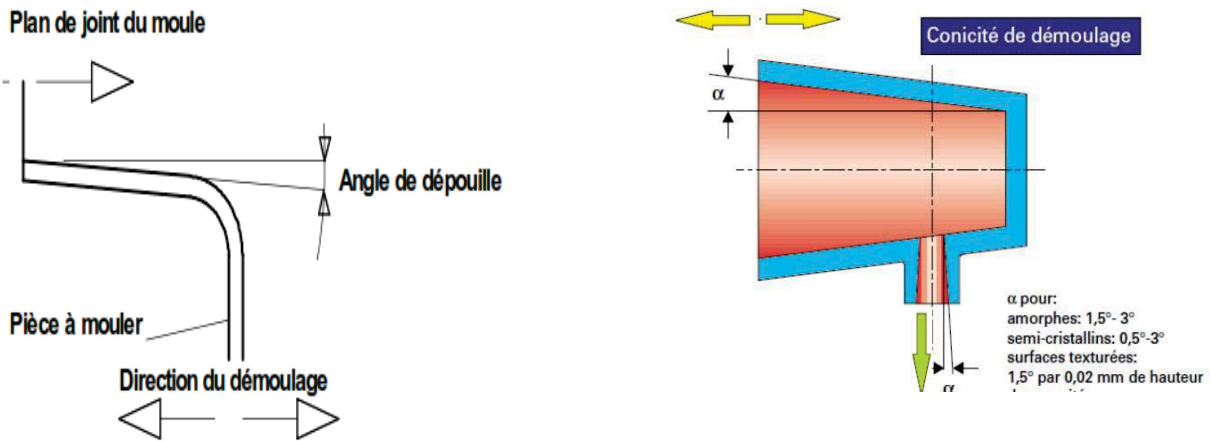
### VI-3-1 Introduction :

Les formes de la pièce, sa disposition dans l'outillage, orientent sur les dépouilles nécessaires au démoulage correcte de la pièce. Dans certains cas, le démoulage ne se fait pas naturellement et ces contre-dépouilles nécessitent un élément rapporté particulier. Ces éléments mobiles par rapport au reste de l'empreinte sont réalisés soit mécaniquement, soit hydrauliquement. Ces mouvements permettent de classer l'outillage suivant un type (cales montantes, noyaux, etc.).

### VI-3-2 Les dépouille : [3]

Pour faciliter le démoulage de la pièce, le moule doit avoir des dépouilles qui doivent être Intégrées dans la forme de la pièce. La dépouille dépend essentiellement de l'état de surface de la pièce et de la précision de la géométrie des surfaces (grainage, poli glace, planéité, Rectitude...).

Dans une moindre mesure la dépouille dépend aussi de l'élasticité du thermoplastique



**Figure26 :** Les Dépouilles qui faciliter le démoulage de la pièce choix et valeurs.

#### VI-3-2-1 les valeurs des dépouilles :

Thermoplastiques	Dépouilles °
-polystyrène choc	<b>1</b>
- ABS	<b>0.5</b>
- PE	<b>0.5</b>
-PP	<b>0.3</b>
-POM	<b>0.5</b>
- PEPT	<b>1</b>

**Tableau8 :** valeurs des dépouilles

Pour faciliter le démoulage, une dépouille de 0.5 à 2° est recommandée.

La conicité est choisie également en fonction de la hauteur de la pièce.

### VI-3-3 Le retrait :

On entend par retrait les processus qui conduisent à la réduction des dimensions de la pièce par rapport à celles du moule froid.

Le retrait exerce une influence directe sur les dimensions d'une pièce moulée par injection. Un retrait différentiel provoque des déformations (gauchissement ou voilage).

Lors de la conception des pièces on doit appliquer un coefficient de correction des dimensions de l'empreinte qui tiennent compte du retrait de la matière.

La représentation schématique du retrait de moulage  $R_m$ , du post-retrait  $Pr$  et du retrait total  $R_t$

Le retrait de moulage est indiqué en %  $R_m = \frac{M_f - L}{M_f} \times 100$

La diminution de volume de la pièce moulée n'est pas encore terminée. Le retrait se poursuit dans le temps et tend vers une valeur "définitive" d'autant plus vite atteinte que la température de stockage est élevée. [8]

Ce phénomène, essentiellement dû à une post-cristallisation, est appelé Post-retrait  $Pr$ .

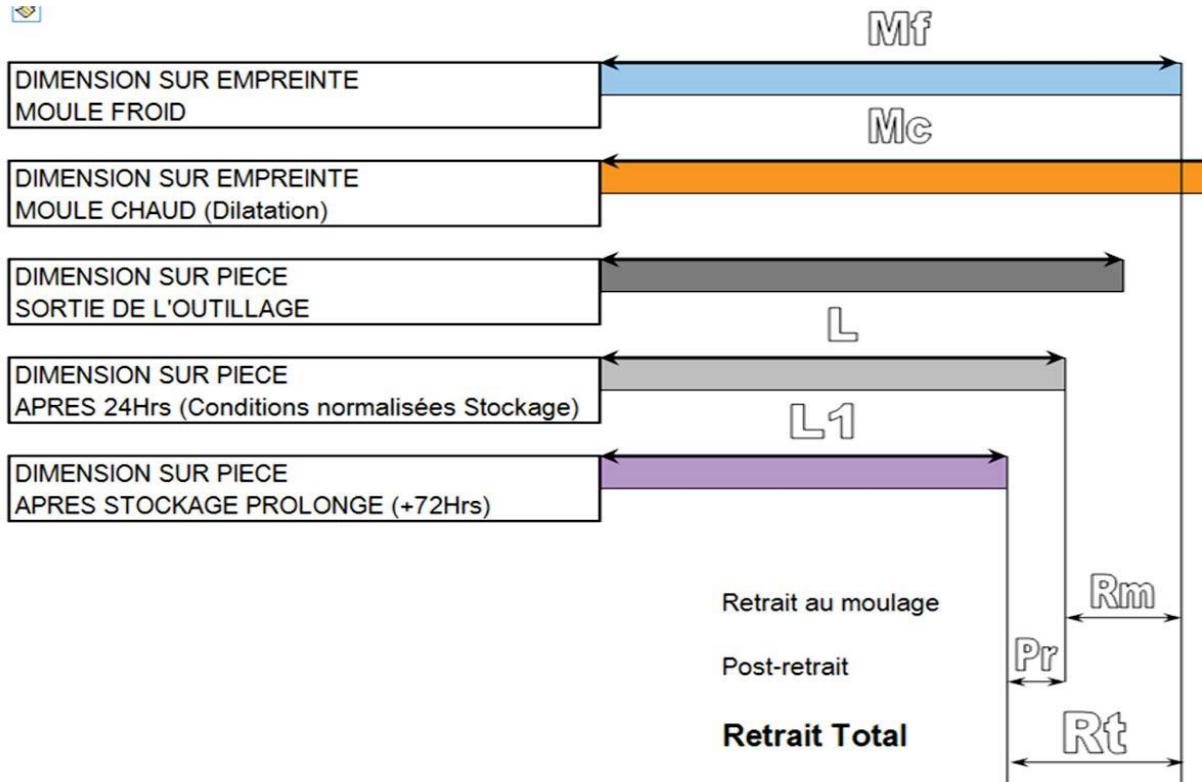
Selon la norme DIN 53464, on entend par post-retrait la différence calculée entre la cote  $L$  de la pièce moulée et la cote  $L_1$  de cette même pièce après un traitement ultérieur à une température donnée.

Le post-retrait est indiqué en %  $Pr = \frac{L - L_1}{L} \times 10$

Le post-retrait des matières plastiques partiellement cristallines est toujours inférieur au retrait de moulage.

La somme du retrait de moulage et du post-retrait est appelé retrait total  $R_t$ .

$$R_t = R_m + Pr \dots \dots \dots (III.3)$$



**Figure27** : Diagramme récapitulatif des retraits.

### VI-3-4 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. [10]

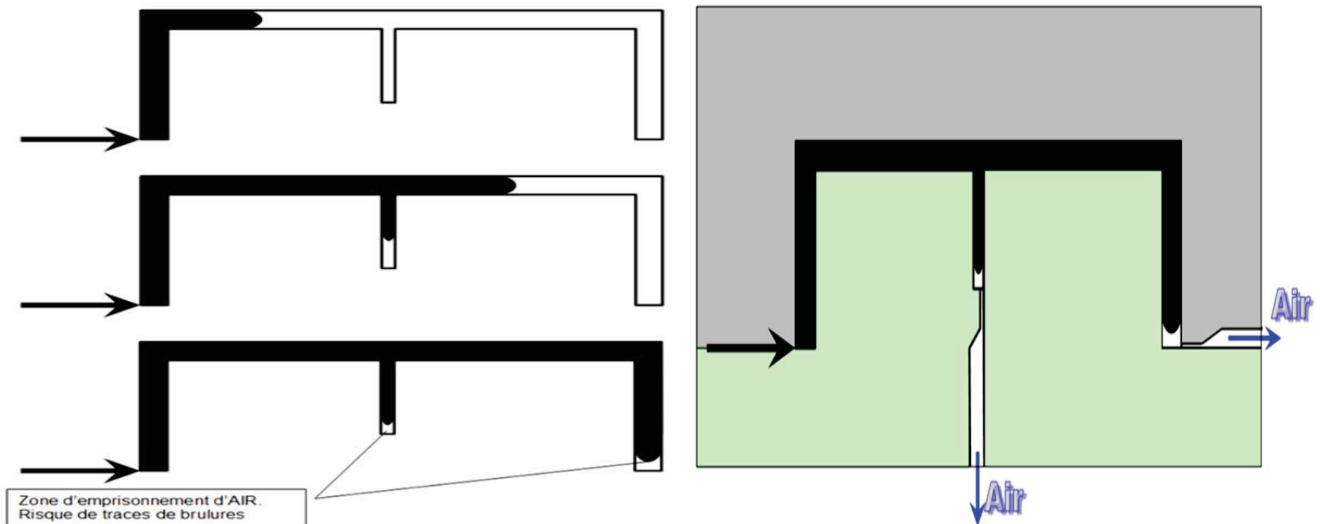


Figure28 : Les problèmes d'éventation et les solutions d'échappement de l'air.

### VI-4 Fonction éjection :

#### VI-4-1 Introduction :

Cette fonction assure l'extraction correcte des pièces et suivant besoin de leur système d'alimentation hors de l'outillage. L'étude des plans de joint et du sens de démoulage détermine la partie de l'outillage sur laquelle s'opérera la retenue globale de la pièce. Cette partie est dans la plupart des cas la partie mobile où sont implantés les dispositifs d'éjection de pièce :

- Hydraulique
- Pneumatique
- Mécanique

Grace à l'action de la presse ou par un système indépendant. Il peut arriver de devoir positionner l'éjection coté fixe. Il est aussi possible de faire de séquence d'éjection avec multibatterie d'éjection pour éjecter la carotte avant la pièce ou inversement ou bien d'autres possibilités existent.

Cette fonction prend en compte les paramètres suivants.

- Les possibilités mécaniques du polymère.
- Un calcul d'effort d'éjection peut être fait faisant entrer en compte.
- Les formes et dimensions des zones de retenues.
- Éjection par Bloc d'éjection ou pavé d'éjection et es défauts à éviter

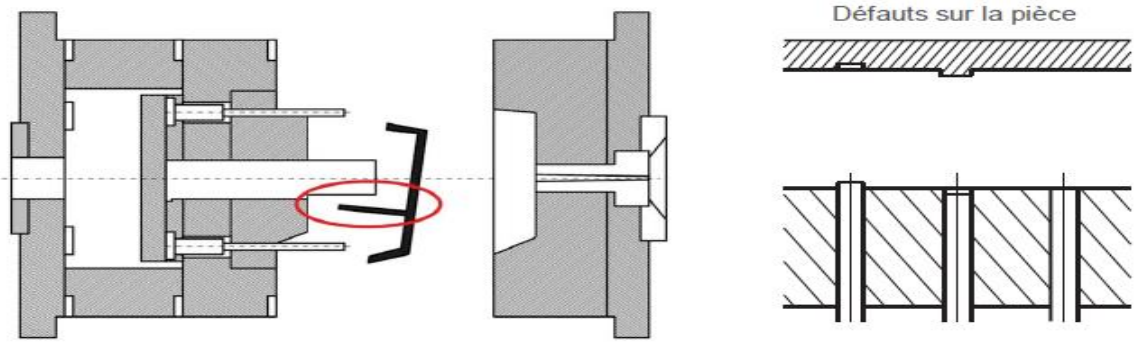


Figure29 : Rôle d'éjecteur.

### VI-4-2 Le rôle de l'éjection :

Les fonctions associées aux éjecteurs peuvent être :

- Démouler la pièce après ouverture du plan de joint.
- Remise à zéro des plaques d'éjection.
- De démoulage de la carotte par un arrache carotte.
- De retenir la carotte lors de la séparation des plaques.
- D'évents ou de Soupape.
- D'accroche lors de mouvement latéraux.

### VI-4-3 Les différents éjecteurs existants : [11]

Parmi ces modes d'éjection énumérés précédemment, on distingue le mode d'extraction par des éjecteurs. C'est le mode le plus répandu pour l'extraction de pièces de taille moyenne et présentant une paroi relativement épaisse. Parmi les éjecteurs les plus utilisés, on distingue ceux représentés dans la figure suivante :

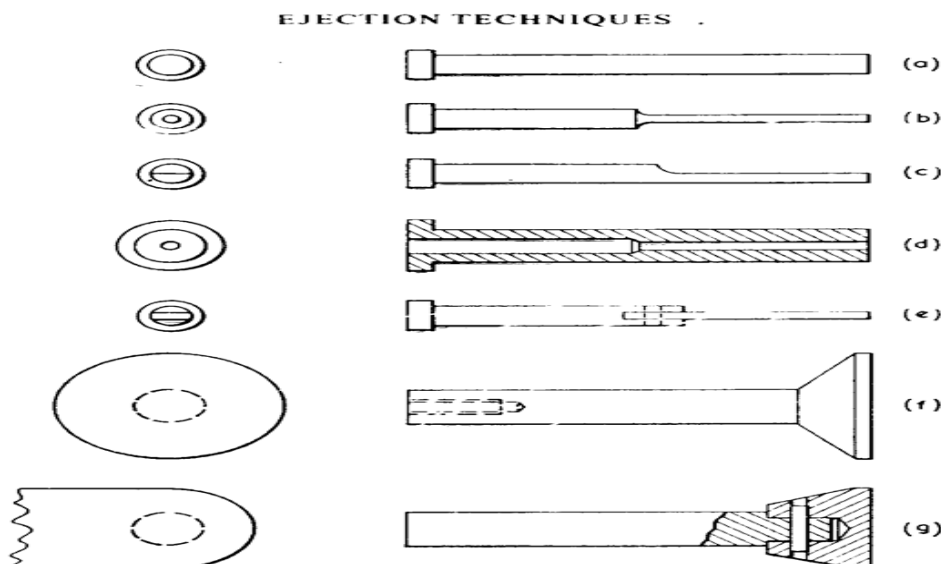


Figure30 : Différentes types d'éjecteurs plus utilisés.

## Chapitre III conception des moules d'injection plastique.

---

### Légende :

- a. Ejecteur tige;
- b. Ejecteur épaulé ;
- c. Ejecteur en D ;
- d. Ejecteur tubulaire ;
- e. Ejecteur en lame ;
- f. Tige à valve ;
- g. Tige avec barre

### a. Ejecteur tige:

Une simple tige appelée éjecteur, le type le plus simple et le plus populaire. Il a la forme d'un poinçon cylindrique lisse.

### b. Ejecteur double tige:

Utilisé dans des systèmes exigeant un éjecteur à petit diamètre ( $< 3$  mm). A noter qu'une tige ayant un rapport de  $L/D$  important a tendance à se fléchir, donc maintenir la partie fine de la tige minimale.

**c. Ejecteur à section en forme de D:** Utilisé principalement pour le démoulage d'objets en forme de boîtes et aux parois minces.

**d. Ejecteur tubulaire:** Utilisé pour l'éjection de pièces de formes suivantes :

- Circulaires ou tubulaires
- Quelconques ayant des bosses circulaires
- Quelconques contenant une partie tubulaire autour d'un noyau

**e. Ejecteur en forme de lame :** Utilisé pour l'éjection de pièces très minces, telles que les nervures et d'autres projections qui ne peuvent pas être éjectées, d'une manière satisfaisante, par le type courant d'éjecteur.

**f. Valve éjection :** C'est fondamentalement une tige de grand diamètre. Elle est normalement utilisée pour l'éjection de pièces relativement grandes, dans des situations où un éjecteur simple n'est pas utilisable.

**g. Ejection annulaire:** Utilisée principalement pour l'extraction d'objets de forme cylindrique. Limitée au moule à une ou deux empreintes seul 'extraction à l'aide de plaque est plus économique pour moule multi empreintes.

**h. Ejection à l'aide de barre:** Il est particulièrement approprié aux pièces minces en forme de boîte. Une simple barre est utilisée, au lieu de plusieurs tiges, le long de chaque côté de la pièce. Tâches d'éjecteurs réduites au minimum.

**i. Ejection à l'aide de plaque:** Utilisée principalement pour l'extraction d'objets de forme cylindrique.

**j. Ejection annulaire:** Utilisée principalement pour l'extraction d'objets de forme cylindrique. Limitée au moule à une ou deux empreintes seulement. L'extraction à l'aide de plaque est plus économique pour moule multi empreintes.

## Chapitre III conception des moules d'injection plastique.

---

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

**k.1 Arrache-carotte :** La carotte est extraite de la buse en même temps que les canaux. L'arrachement est effectué par une queue d'aronde prévue sur l'éjecteur carotte.

✓ **Types d'arrache-carotte :**

La carotte est extraite de la buse en même temps que les canaux. L'extraction s'effectue de la manière suivante :

- Poussée de la carotte et des canaux.
- Poussée de la carotte après son extraction du conduit (retenue par coin).
- Arrachement de la carotte de la buse (retenue par queue d'aronde).

### **VI-5 Fonction régulation thermique (refroidissement) :**

#### **VI-5-1 Introduction :**

Assurer la régulation de l'outillage pour permettre une solidification correcte du polymère. Cette fonction est nécessaire pour obtenir une structure optimale du polymère injecté et un temps de production minimum. Ces deux objectifs sont généralement contradictoires. La réalisation de cette fonction est assurée par la circulation dans l'outillage (circuits de régulations) d'un fluide caloporteur.

#### **VI-5-2 Les trous de refroidissement :**

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. Les diamètres couramment utilisés vont de Ø6, Ø8, Ø10, Ø12 au-delà les diamètres créés un flux laminaire néfaste à l'absorption des calories. L'importance du standard des raccords de raccordement peut aussi jouer sur le dimensionnel.

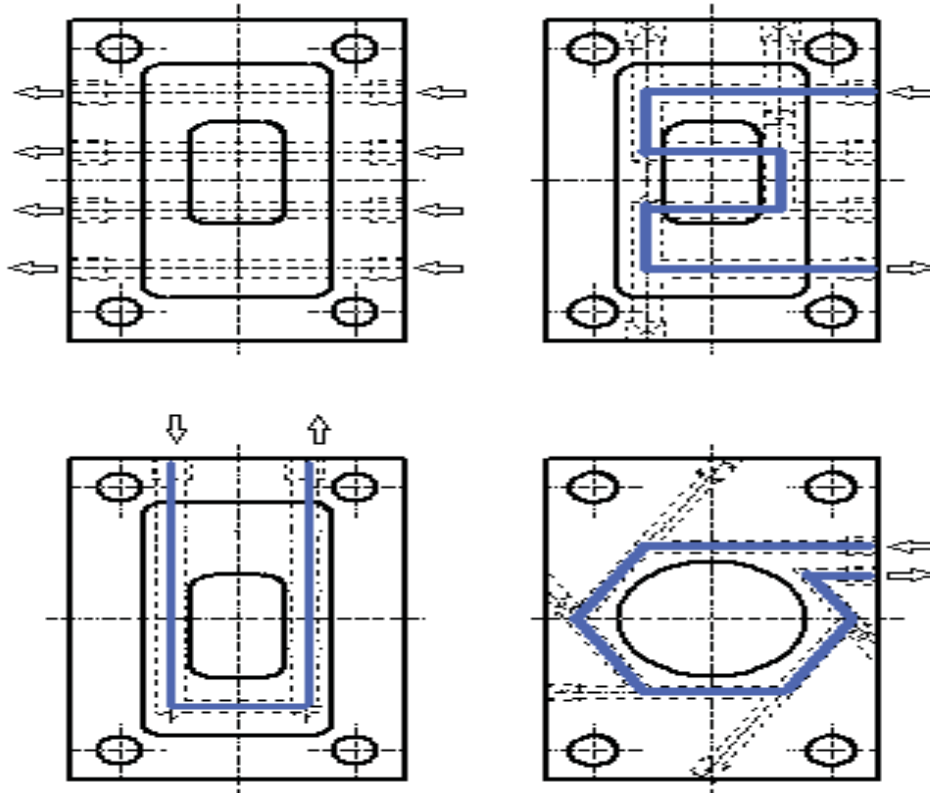


Figure31 : Circuit de refroidissement des plaques de moules.

### VI-5-3 Les rainures de refroidissement :

Une autre technique consiste à faire des rainures soit sur un fond, soit sur le périmètre d'une pièce circulaire.

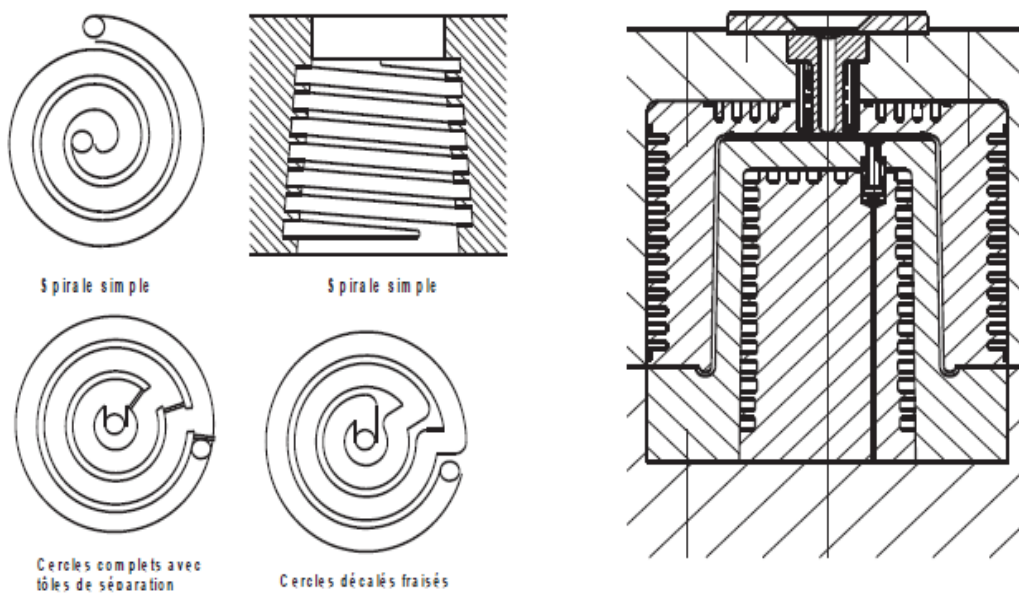


Figure32 : rainures de refroidissement.

### VI-5-4 Temps de refroidissement :

C'est le temps mis par la matière injectée pour atteindre sa température maximale autorisant le démoulage. L'échange de chaleur entre la matière plastique et le fluide de refroidissement se fait grâce à la conduction thermique. Dans notre cas l'expression du temps de refroidissement  $t_R$  est donnée par la formule suivante:

Avec :

$$t_r = \frac{e^2}{D \cdot \pi^2} \cdot \text{Ln} \left[ \frac{8}{\pi^2} \times \frac{T_i - T_m}{T_e - T_m} \right] \dots \dots \text{(voir annexe 2)}$$

$e$  : épaisseur de la pièce moulée en mm

$D$  : diffusivité thermique du plastique  $m^2/s$ ,

$T_m$  : température moyenne du moule

$T_i$  : température de la matière à l'injection,

$T_e$  : température de la matière à éjecter

### VI-6 Fonction, guidage et positionnement :

#### VI-6-1 Introduction :

Le moule étant composé de plusieurs parties séparées par le plan de joint, à la fermeture du moule celui-ci doit être guidé et recentrer pour que les parties moulantes de la pièce soit en correspondance entre les différentes parties du moule. Cette fonction assure le guidage et le positionnement de la partie mobile de l'outillage par rapport à la partie fixe. [8, 10]

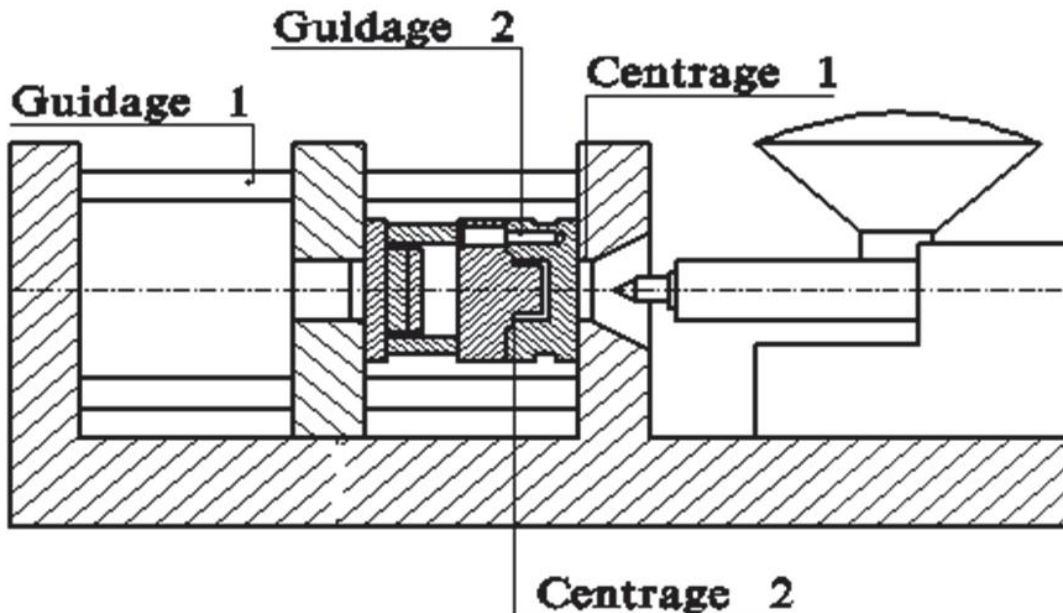


Figure33 : Les centrages et les guidages à assurer sur une presse/moule.

## Chapitre III conception des moules d'injection plastique.

Bilan des centrages et des guidages :

- Guidage 1 : Mouvement linéaire du plateau mobile sur les colonnes presse
- Guidage 2 : Mouvement de la Partie Mobile (PM) avec la Partie Fixe (PF) de l'outillage
- Centrage 1 : Mise à l'axe de l'Axe Outillage sur l'Axe Presse
- Centrage 2 : Mise à l'axe de l'Axe de la Partie Mobile (PM) avec l'Axe de la Partie Fixe (PF) de l'outillage

### VI-6-2 Centrage moule/presse :

Présentation des formes de Bague de centrage sans épaulement et Bague de centrage épaulée. Elle est propre à la configuration de la presse.

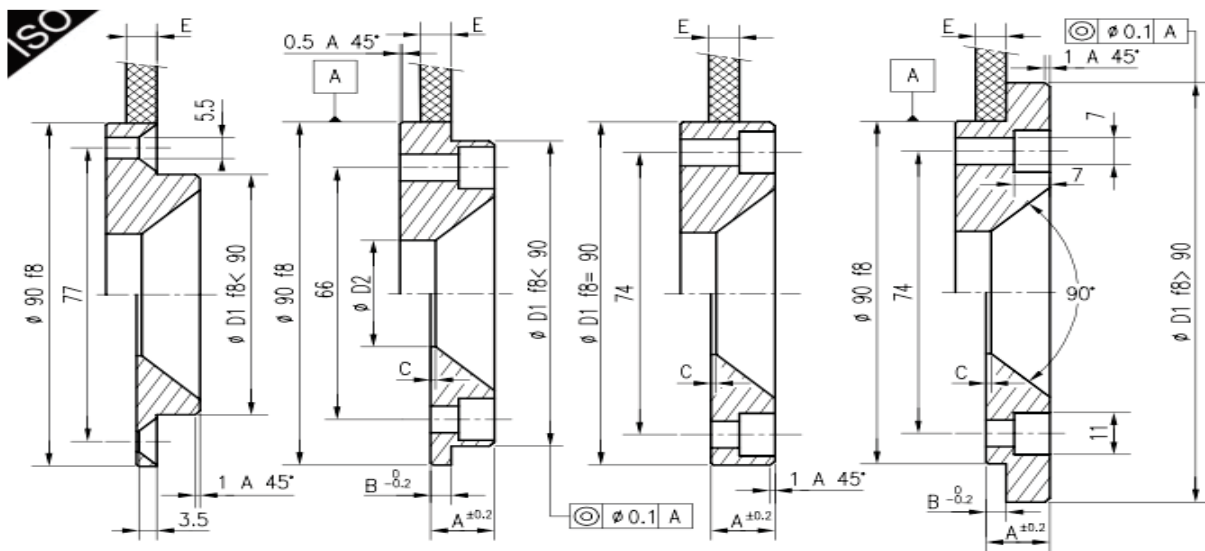
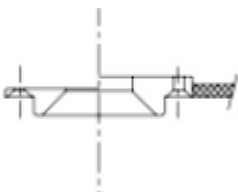
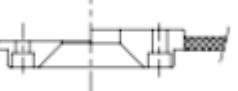

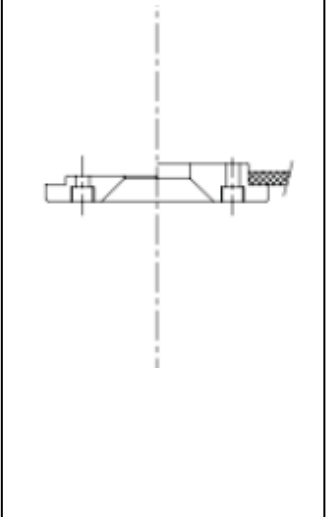


Figure 34 : Bagues de centrage du moule.

### GAMME DISPONIBLE

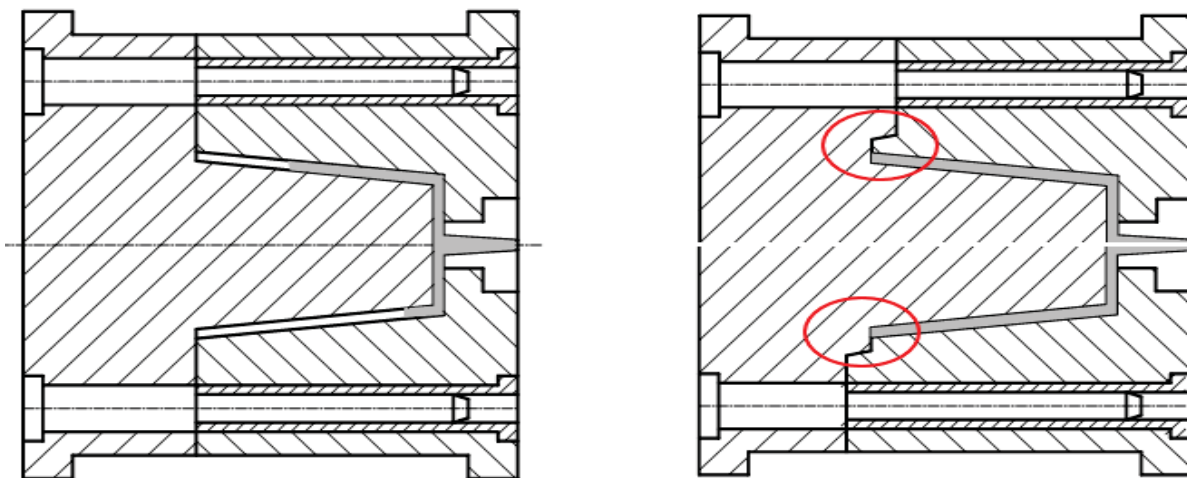
Forme	B	C	E	A	D2								
					25	28	32	40					
	4	1	-	12.5	60								
						10	7	6	18.5				
						14	11	10	22.5				
	4	1	-	12.5	63								
						10	7	6	18.5				
						14	11	10	22.5				
	4	1	-	12.5	80								
						10	7	6	18.5				
						14	11	10	22.5				

	-	1	-	12.5	90				
	-	7	6	18.5					
	-	11	10	22.5					
	4	1	-	12.5	100				
	10	7	6	18.5					
	14	11	10	22.5					
	4	1	-	12.5	110				
	10	7	6	18.5					
	14	11	10	22.5					
	4	1	-	12.5	125				
	10	7	6	18.5					
	14	11	10	22.5					
	4	1	-	12.5	160				
	10	7	6	18.5					
	14	11	10	22.5					

**Tableau9** : choix et dimension des Bagues<sup>2</sup>.

### VI-6-3 Centrage du plan de joint moule (Partie Mobile / Partie Fixe) :

La pression dans l'empreinte peut entraîner un glissement entre la partie fixe et la partie mobile. Le centrage évite le glissement entre les deux parties du moule. Les formes de l'empreinte dans le moule peuvent faire s'excentrées la partie mobile de la partie fixe sous l'effet de la pression matière.



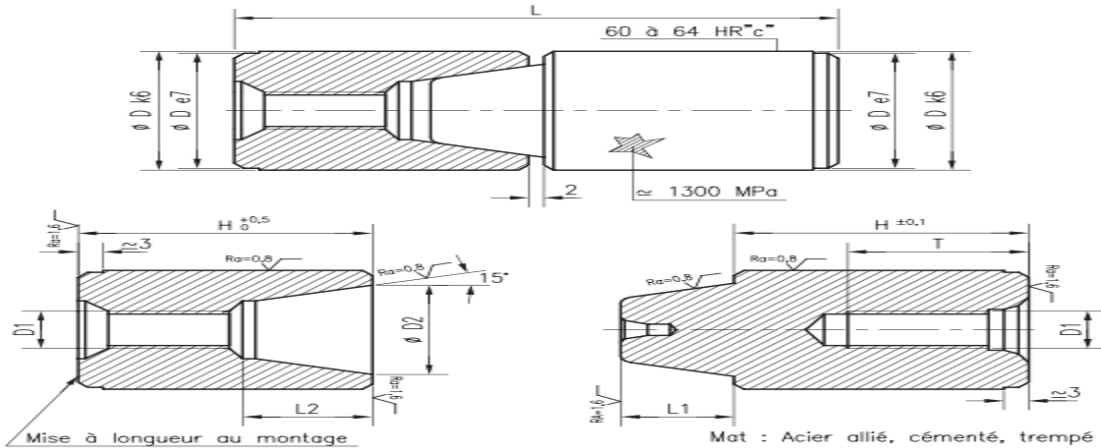
**Figure35** : Centrage par le plan de joint incliné du moule.

<sup>2</sup> RABOURDIN Industrie : gamme des bagues de centrage.

## Chapitre III conception des moules d'injection plastique.

Pour éviter une excentration des deux parties du moule, on procède à un recentrage :

- Soit par un "cône"
- Soit par des faces inclinées.
- Soit par des centreurs coniques ou droits.



**Figure36 : Centreur conique des moules.**

GAMME DISPONIBLE							
<b>T</b>	12	13	20	20	24	24	24
<b>L2</b>	8	10	14	15	21	26	26
<b>L1</b>	5	8	10	12	15	20	20
<b>D2</b>	8	11	14	18	24	30	40
<b>L</b>	40	50	64	64	80	100	100
<b>H</b>	19	24	31	31	39	49	49
<b>D1</b>	M4	M5	M8	M8	M10	M10	M12
<b>D</b>	12	16	20	25	32	40	50
<b>REF.611</b>							

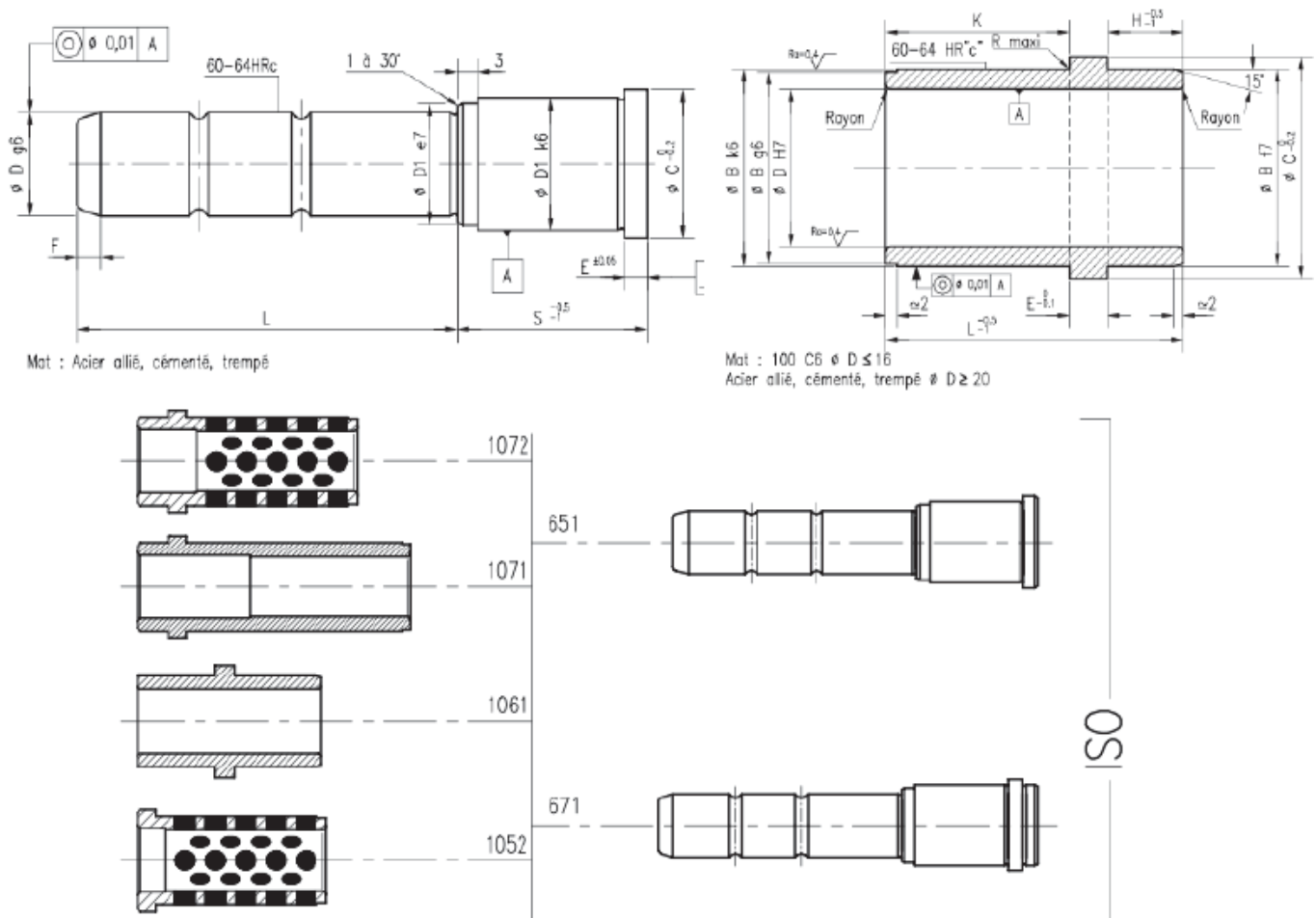
**Tableau 10 : dimension Centreur conique des moules<sup>3</sup>.**

### VI-6-4 Le guidage des parties fixe et mobile du moule :

Le guidage et le positionnement seront obtenus suivant les tolérances imposées à la pièce et aux parties rentrantes fragiles ou non, par différents systèmes :

- Soit un ensemble de colonnes et douilles de guidage permettent d'assurer la fonction complète,
- Soit un ajout de centreurs coniques ou droit seront nécessaires afin d'assurer cette fonction avec plus de précision.

<sup>3</sup> RABOURDIN Industrie : gamme des centreurs coniques



**Figure37** : Colonnes et bague de guidage des parties fixe et mobile des moules<sup>4</sup>.

### VI-7 Fonctions manutention, stockage, sécurité et liaison machine :

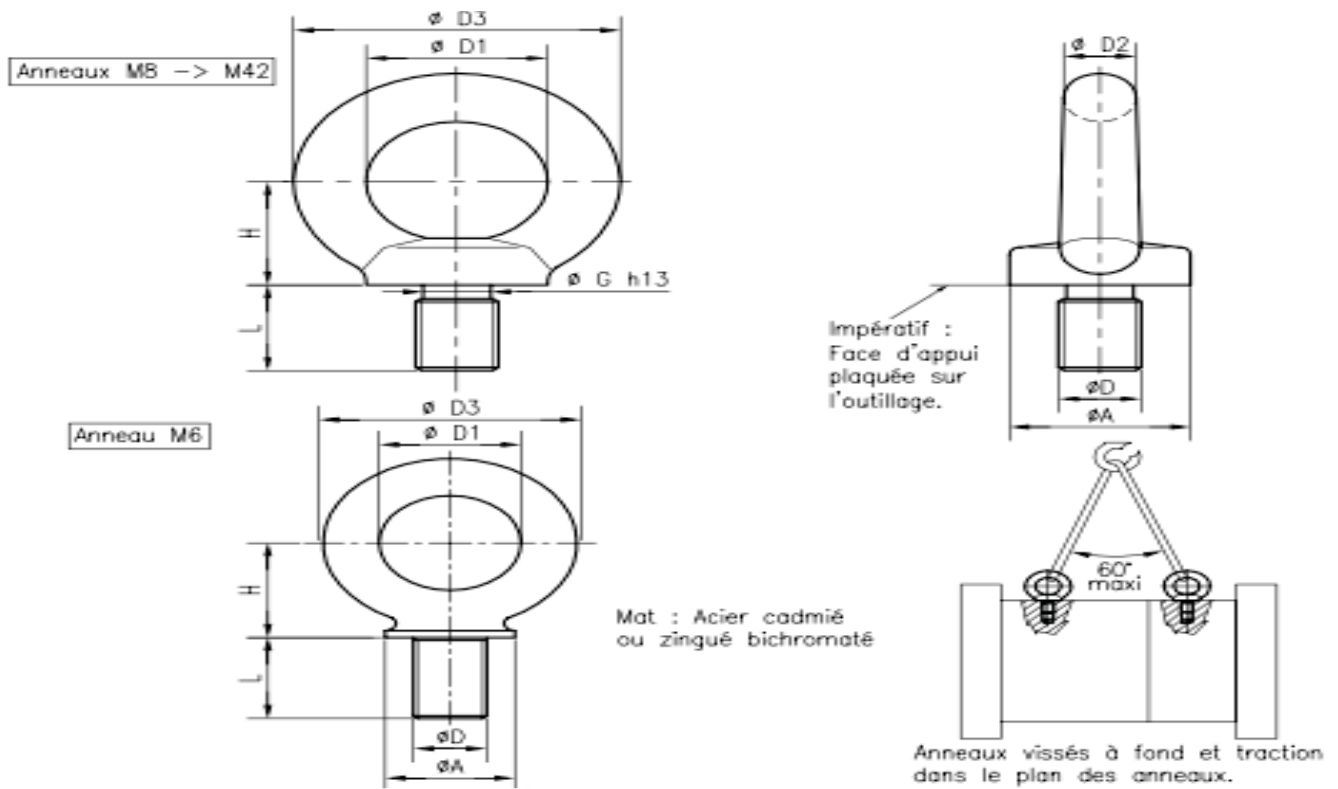
Afin d'éviter toute détérioration de l'outillage, il est impératif qu'à la fermeture du moule le dispositif d'éjection soit rentré. Les systèmes permettant le retour de la batterie d'éjection sont:

- Les ressorts
- Les vérins
- Les éjecteurs de remise à zéro
- Les capteurs

En outre des solutions constructives sont mise en place pour assurer la manutention des moules pour le stockage et les opérations de maintenances et de fin de série.

<sup>4</sup> RABOURDIN Industrie : gamme des Colonnes et des bagues de guidage.

## Chapitre III conception des moules d'injection plastique.

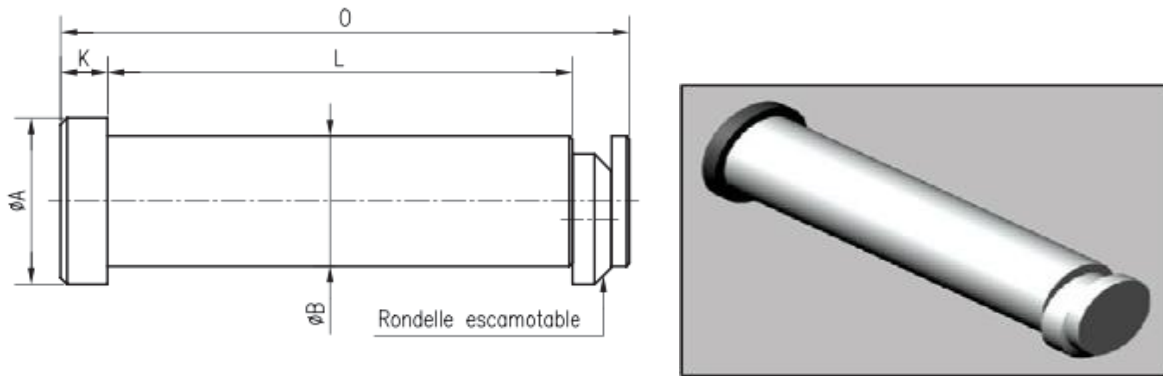


GAMME DISPONIBLE																
D-ISO	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24	27	30	33	36	39	42
Leverage	50	95	170	240	340	500	600	830	1050	1270	1650	2600	3200	3700	4300	5000
daN / anneau	70	140	230	340	390	700	900	1200	1500	1800	2500	3600	4300	5100	6100	7000
<b>D3</b>	36	36	45	54	63	63	72	72	90	90	90	108	108	126	126	144
<b>D1</b>	19.5	20	25	30	35	35	40	40	50	50	50	60	60	70	70	80
<b>L</b>	24	15	15	18	25	25	30	30	36	36	36	45	45	54	54	63
<b>H</b>	19	18	22	26	30	30	35	35	45	45	45	55	55	65	65	75
<b>G</b>	--	6	7.7	9.4	11	13	14.6	16.4	19.6	19.6	22	25	28	30.3	33.3	35.6
<b>A</b>	20	20	25	30	35	35	40	40	50	50	50	65	65	75	75	85
<b>D2</b>	8.25	8	10	12	14	14	16	16	20	20	20	24	24	28	28	32
<b>D-ISO</b>	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>20</b>	<b>22</b>	<b>24</b>	<b>27</b>	<b>30</b>	<b>33</b>	<b>36</b>	<b>39</b>	<b>42</b>
<b>REF. 1022</b>																

Figure38 : Anneau de levage des moules<sup>5</sup>.

<sup>5</sup> RABOURDIN Industrie : gamme des solutions de manutention et de bridage

## Chapitre III conception des moules d'injection plastique.



GAMME DISPONIBLE				
O	154	197.5	247.5	309
L	132	170	212	265
K	6	8	10	12
Force maxi. Kg	6300	10000	16000	25000
A	40	50	63	80
Code MABEC	P953 254 770	P953 255 870	P953 256 670	P953 257 470
<b>B</b>	<b>32</b>	<b>40</b>	<b>50</b>	<b>63</b>
<b>REF. 5930</b>				

Figure39 : Système de bridage des moules<sup>6</sup>.

### VI-8 Les métaux des moules : [2]

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

Les outils employés pour la transformation des matières plastiques sont essentiellement sollicités par des pressions et une usure importante.

Certains types de matières plastiques peuvent également être à l'origine de sollicitations par corrosion. Les différentes matières plastiques et les différents procédés de transformation nécessitent que l'acier à outils présente certaines propriétés définies, par exemple :

Matières	Propriétés requise	Acier préconisé
Polypropylène PP Polystyrène PS	Production de masse a faible coût. Bonne aptitude au polissage aptitude au chromage, nickelage	<b>35CDM7</b> avec éventuellement 0.07% S <b>40CMD8</b>
Matière neutre, petite cavités	Bonne aptitude au polissage Réalisation de surfaces grenées	<b>55CND4</b> <b>55CNDV6</b> <b>55CNDV5</b>

<sup>6</sup> RABOURDIN Industrie.

## Chapitre III conception des moules d'injection plastique.

Matière non corrosive à taux de charge croissant du haut vers le bas	Bonne résistance aux chocs Bonne aptitude à l'usinage Bonne résistance à l'usure Bonne aptitude au polissage	<b>45NCD16</b> <b>Z38CDV85</b> <b>Z160CVD12</b>
Résines neutres très chargées Très petites cavités (30 à 60% de fibre de verre). Très petites cavités.	Très forte résistance à l'érosion et à l'abrasion. Bonne aptitude au polissage	<b>Acier rapide PM</b>
Matière technique PEEK, PPS, PES, PEI	Bonne résistance à l'usure et à la chaleur (300°C à 500°C)	<b>Acier rapide PM</b> <b>HS652</b> <b>HS654</b>
Matière corrosive PVC, ABS, PBT	Bonne tenue à la corrosion Bonne aptitude au polissage Bonne à très bonne résistance à l'usure	<b>Z10 CD17-4</b> <b>Z35 CD 17</b> <b>Z40 à Z60C14</b> <b>Z100 CD17</b>
Matière haute qualité (disques optique, applications alimentaires ou médicales.	Bonne aptitude à l'usinage et au polissage, bonne tenue à la corrosion	<b>45/46 HRC</b> <b>45/50 HRC</b>

**Tableau11** : Classification et des métaux pour la construction des moules.

### VII Dimensionnement :

Les dimensions de la pièce pour la quelle nous allons concevoir et réaliser un moule comporte :

- Ces dimensions linéaires et les épaisseurs en chaque point de sa paroi
- Son volume (cm<sup>3</sup>)
- Son poids (g)

#### VII-1 Matière :

Le **pp** présentant les caractéristiques techniques suivantes :

- La température de transformation **T<sub>i</sub> = 220°C** (voir ANNEXE 2)
- La température moyenne d'extraction **T<sub>e</sub> = 100°C** (voir ANNEXE 2)
- La masse volumique **ρ = 0.905g/cm<sup>3</sup>**
- La conductivité thermique **λ = 0.22 W.m-1.k-1** (voir ANNEXE 2)
- La diffusivité **a=6.22 10-8 m<sup>2</sup>** (voir ANNEXE 2)
- Le facteur de retrait : **0.1 à 0.4%**

#### VII-2 Détermination du nombre de cavités [5] :

Une fois, le type du moule défini en fonction de la pièce à obtenir, il est nécessaire de déterminer ses dimensions afin de choisir la presse appropriée si on dispose d'un parc machine variable, ou bien de définir les dimensions du moule adaptables à la presse disponible. Les dimensions du moule sont fonction du nombre de cavités dont il dispose. Ce dernier est étroitement

## Chapitre III conception des moules d'injection plastique.

lié à la cadence de production. De ce fait, nous pouvons établir une relation entre ces paramètres de production afin de faciliter le calcul du nombre de cavités (n)

$$n \geq \frac{C}{T \times H \times S}$$

Avec :

n : Nombre de cavités du moule.

C : Cadence de production ; taux de production par an.

T : Nombre de jours de production par an.

H : Nombre d'heures de production par jour.

S : Nombre de cycles effectués par la machine en une heure de production.

### VII-3 Calcul de la force de fermeture du moule :

La force de fermeture du moule est fonction de la face projetée du modèle et de la pression moyenne dans la cavité. La valeur de cette force peut être déterminée à partir de la relation suivante :  $[F] = \gamma * S$  Avec :  $\gamma$ : la pression moyenne dans la cavité (fonction des dimensions du modèle, de la matière et de la complexité de sa forme).

- S : la somme des surfaces projetées du (des) modèle(s) et du système de distribution [cm<sup>2</sup>]

La valeur de ce facteur «  $\gamma$  » est déterminée dans le tableau suivant :

Matériau polymère	Pression interne moyenne dans la cavité « $\gamma$ » [T/cm <sup>2</sup> ]	
	Pièces de géométries simples	Pièces à grand parcours à fluctuation d'épaisseur
PE-PP	0.3 à 0.4	0.4 à 0.5
HIS-PA6	0.35 à 0.45	0.45 à 0.55
AS- ABS	0.4 à 0.5	0.5 à 0.6

Tableau12 : Pression moyenne dans la cavité en fonction du matériau et les complexités géométriques<sup>7</sup>.

### VII-4 Détermination de la surface projetée :

Le modèle présente des surfaces gauches sur le plan de projection, ce qui nécessite la projection de ces faces en question sur un plan auxiliaire afin de déterminer l'aire de projection. Soit :

- Sm : La valeur de la surface projetée de la pièce [cm<sup>2</sup>]

- Sd : La valeur de la projection du système de distribution d'une empreinte [cm<sup>2</sup>]

D'où la valeur de l'aire de projection pour l'ensemble des empreintes est :

<sup>7</sup> Aide mémoire matière plastiques 2em édition.

## Chapitre III conception des moules d'injection plastique.

$$S = 2(Sm + Sd)..... (III.6)$$

### VII-5 Détermination du poids de la moulée :

Toute presse à injecter possède une capacité d'injection propre. Le parc de presses à injecter dont dispose le client présente les capacités d'injection illustrées dans le tableau ci-dessous.

Machine	PE (g)	PS (g)
350T	680	855
150T	120	230
75T	83	105
25T	36	45

**Tableau13** : Choix de la presse en fonction du poids de la moulée en PP et PS<sup>8</sup>.

Afin de définir la presse à utiliser, il est nécessaire de déterminer le poids de la moulée. Pour cela, on procède comme suit :

#### ✓ Détermination du poids de la pièce :

$$Me = \rho \times Ve$$

Avec ;

me : poids de tube

$\rho$  : la densité du copolymère utilisé (pp)

ve : volume de l'enjoliver (déterminé par propriétés de masse en SolidWorks)

#### ✓ Détermination du poids de la carotte

$$mc = \rho \times vc$$

Avec :

✓ mc : poids de la carotte (g)

✓ vc : volume de la carotte (cm<sup>3</sup>)

Avec :  $Vc = V1 + V2$

Et ;

✓ v1 : le volume des canaux d'alimentation de la carotte.

✓ V2 : le volume tronconique de la carotte.

<sup>8</sup> Aide mémoire matière plastiques 2em édition.

$$\begin{cases} dV_2 = 2\pi r dr l_c \\ V_2 = \int_{r_p}^{r_g} 2\pi l_c r dr \dots\dots\dots (*) \end{cases}$$

Après intégration (\*) $\Rightarrow$

$$V_2 = \pi l_c (r_g^2 - r_p^2)$$

### VII-6 Temps de cycle :

Un cycle complet peut se décomposer de la manière suivante :

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

### VII-7 Dégazage du moule: [12]

Au cours du remplissage du moule, il y a nécessité d'évacuer l'air prisonnier dans l'empreinte du moule et ce grâce aux éjecteurs et au plan de joint. Une évacuation insuffisante de l'air gêne le remplissage et peut même donner lieu à des carbonisations vu la température élevée de l'air lors d'une injection rapide pour un processus d'évacuation plus faible. Il est nécessaire de procéder à l'usinage d'évents supplémentaires qui peuvent être réalisés sur le plan de joint, sur les éjecteurs ou sur les parties rapportées dans le moule. L'air est généralement évacué par le plan de joint, mais dans certains cas, il est nécessaire de procéder à l'usinage d'évents supplémentaires.

## VIII Conception de la pièce :

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.

### IX Epaisseur des parois :

L'épaisseur des parois doit être uniforme, et elle est définie par les contraintes et sollicitations auxquelles elle va être soumise ainsi qu'aux conditions suivantes :

- contraintes internes, déformations (retrait)
- géométrie de la pièce.
- uniformité de la matière.
- aspect extérieur.
- mouillabilité du matériau.
- coût de la matière première.

Le passage d'une épaisseur à une autre doit être réalisé d'une manière aussi régulière que possible en supprimant les changements brusques de section. Les épaisseurs des pièces doivent être limitées, il faut avoir recours le plus souvent aux renforts (nervure, bossage) pour augmenter la rigidité .

#### 1. Nervure :

Le but des nervures est de renforcer une pièce donnée et d'améliorer sa rigidité. Le choix de l'épaisseur des nervures est fonction des dimensions des autres éléments.

#### 2. BOSSAGE :

Les bossages prévus pour recevoir des éléments d'assemblage (vis, goupille) forment des surépaisseurs. Les bossages situés directement sur une paroi latérale entraînent la création de bulles et retassures.TI

### X -Réalisation de la contre-dépouille[2] :

Les problèmes rencontrés souvent dans les moules proviennent de l'extraction des pièces présentant des contre-dépouilles

Les formes en contre-dépouille doivent être dégagées des éléments de mise en forme avant l'action des éjecteurs, et pour faire face à ces problèmes, des solutions de mise en forme de ces faces sont proposées.

#### X-1 Type de mise en forme :

##### - Mise en forme par tiroir :

Le tiroir amovible en translation sont réalisés pour réaliser des trous, des orifices ou forme latérale qui ne peuvent être extraites directement.

##### - Mise en forme par vérin :

Les broches latérales sont montées sur des tiroirs et sont commandées par un système de pignon et crémaillère et actionnées par un vérin avant l'ouverture du moule.

##### - Mise en forme par dévissage :

Les formes filetées internes ou externes sont extraites, soit par dévissage soit par arrachement direct suivant la résistance de la matière plastique.

### XI Mise en œuvre des tiroirs:

La mise en œuvre des tiroirs sur les moules est conditionnée par la forme et les dimensions des éléments de contre dépouilles.

Le matériau en contact avec le thermoplastique doit être identique à celui de l'empreinte pour ne pas introduire des défauts locaux d'échange thermique

#### XI-1 Type de tiroirs :

Types	Descriptions
<b>Tiroirs latéraux</b>	Les tiroirs latéraux se dégagent en translation au moment de l'ouverture du moule ; l'éjection de la pièce est réalisée après leur dégagement.
<b>Tiroirs intérieurs</b>	Les tiroirs intérieurs participent à la mise en forme des bossages intérieurs ou de trous débouchant. L'extraction de la pièce est aidée par le tiroir ; ensuite l'éjection s'effectue par un jet d'air comprimé. La batterie d'éjection écarte les tiroirs intérieurs et participe à l'éjection du produit.

Tableau14 : type de tiroirs

#### XI-2 Verrouillage des tiroirs : [2]

Les formes de verrouillage des tiroirs qui travaillent dans de mauvaises conditions (matage) doivent être bien dimensionnées pour éviter des déformations. Dans certains cas, les verrous sont renforcés d'une plaque de pression en acier traité.

##### XI-2-1 Types de verrous :

###### a) Verrous usinés :

Les plaques de pression servent également à diminuer les retouches à réaliser sur les moules après plusieurs milliers de cycles de moulage.

###### b) Les verrous rapportés :

Sont encastrés par tenon dans la plaque pour éviter la rupture par cisaillement des vis de fixation.

### XI-3 Commandes des tiroirs :

#### XI-3-1 Commande par doigts de démoulage :

Le doigt de démoulage déplace le tiroir en translation au moment d'ouverture ou de la fermeture du moule. Le verrou bloque le tiroir en position avant l'injection. Le doigt de démoulage ne supporte pas les efforts internes du moule pendant l'injection. La longueur du doigt de démoulage est fonction du déplacement demandé au tiroir.

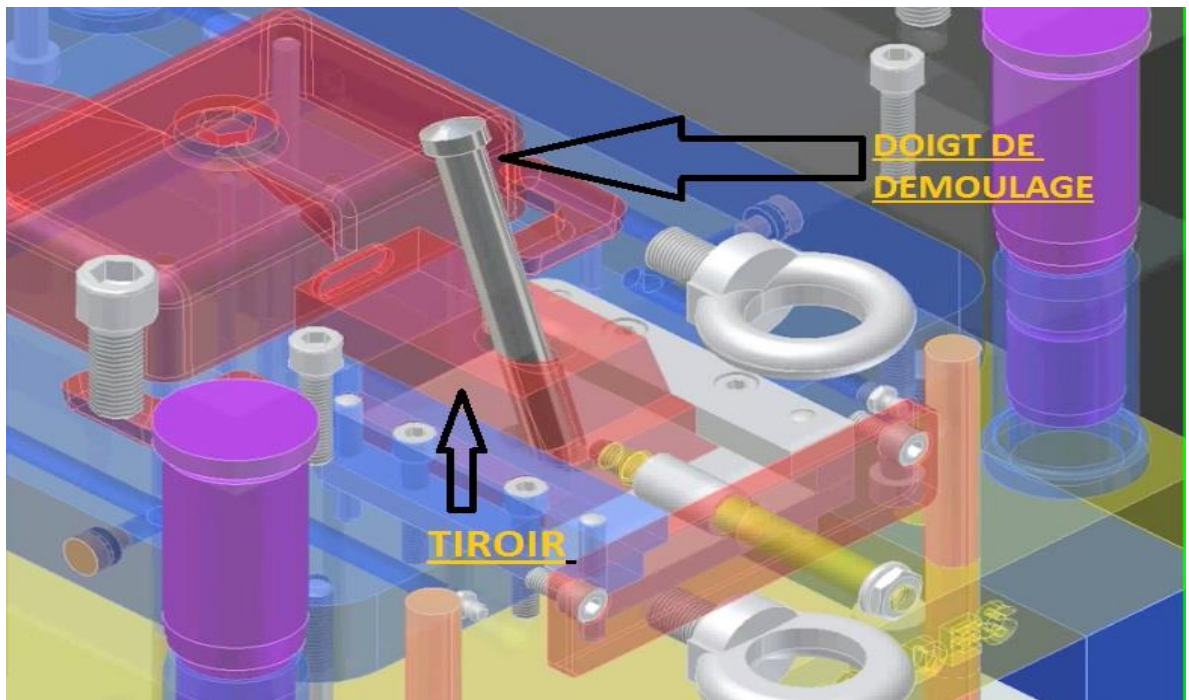


Figure 40 : Tiroir a doigt de démoulage.

#### XI-3-1-1 Le recul du tiroir :

Il existe deux types d'ouverture

##### a. Ouverture classique :

Le recul est calculé en fonction de l'angle de l'inclinaison du doigt ( $\alpha$ ) de démoulage et de la hauteur du tiroir

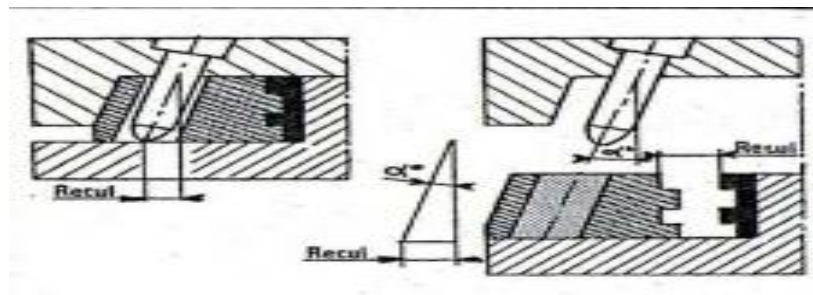
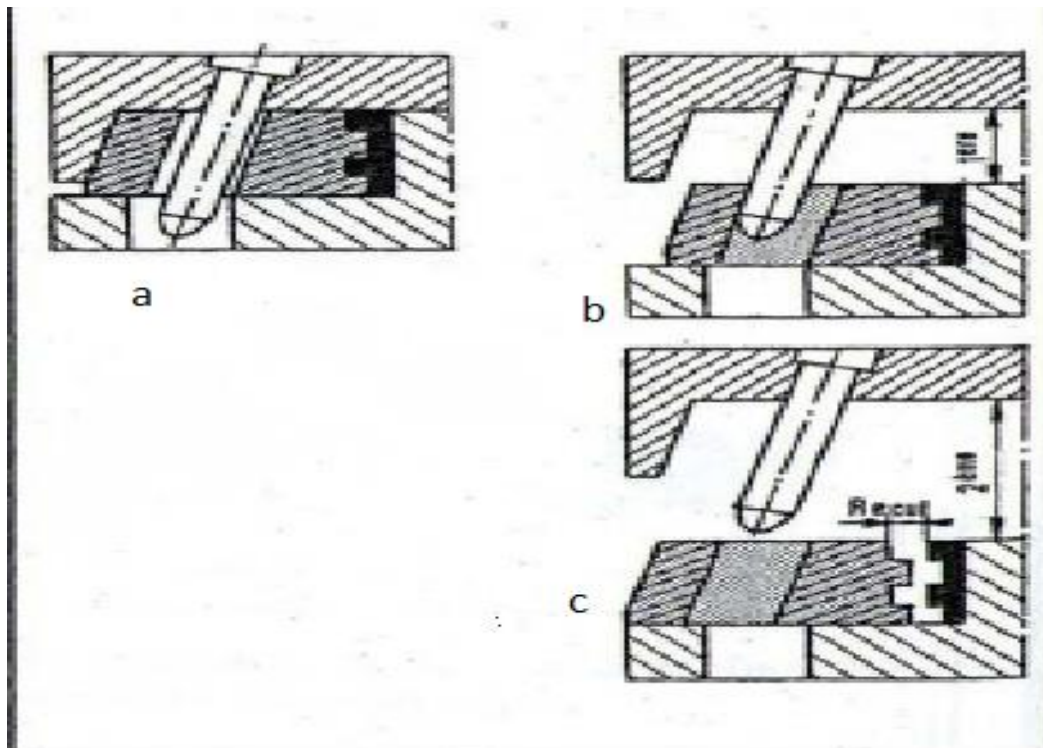


Fig.41 inclinaison du doigt du démoulage en ouverture classique

### b. Ouverture retardée :



a : tiroir verrouillé

b : 1ere ouverture du moule le tiroir reste en position

c : 2em ouverture du moule, le tiroir recule

Les deux ouvertures se réalisent à la suite, sans temps d'arrêt dans le cycle.

Pour effectuer cette ouverture retardée, l'alésage réalisé dans le tiroir est plus grand que le diamètre du doigt de démoulage.

### XI-3-2 Commande par levier coudé :

Le levier coudé en acier forgé déplace le tiroir en translation au moment de l'ouverture du moule. Le verrou bloque le tiroir au moment de l'injection de la matière plastique

### XI-4 Guidage des tiroirs :

Les tiroirs pendant leurs recul doivent être guidés avec précision afin de prendre leur place pendant la fermeture du moule.

## Chapitre III conception des moules d'injection plastique.

Tiroirs courts	<p>Liaison glissière prismatique en té</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. té rapporté par vis</li> <li>2. té taillé dans la masse guidé par glissière rapportée</li> <li>3. glissière rapporté dans la carcasse</li> <li>4. lardons rapporté dans la carcasse</li> </ol>	
Tiroirs longs	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. les glissières et le lardon central sont rapportés</li> <li>2. les glissières se rapprochant du centre sont rapportées</li> <li>3. les glissières rapportées sont en appui sur le tenant</li> </ol>	

**Tableau 15** : Type de guidage pour tiroir.

### XII Fixation du moule [2]:

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

#### XII-1 Fixation par vis :

❖ **Avantage:**

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

❖ **Inconvénients:**

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

#### XII-2 Fixation par Bridage :

C'est aussi le procédé qui demande le plus de soin et d'attention lors du montage. On peut citer deux catégories de bridage :

## XII.2.1 : Bridage mécanique :

- **Bride forgée courte avec assise de serrage** : réglable, traité, galvanisé et passivé en bleu.

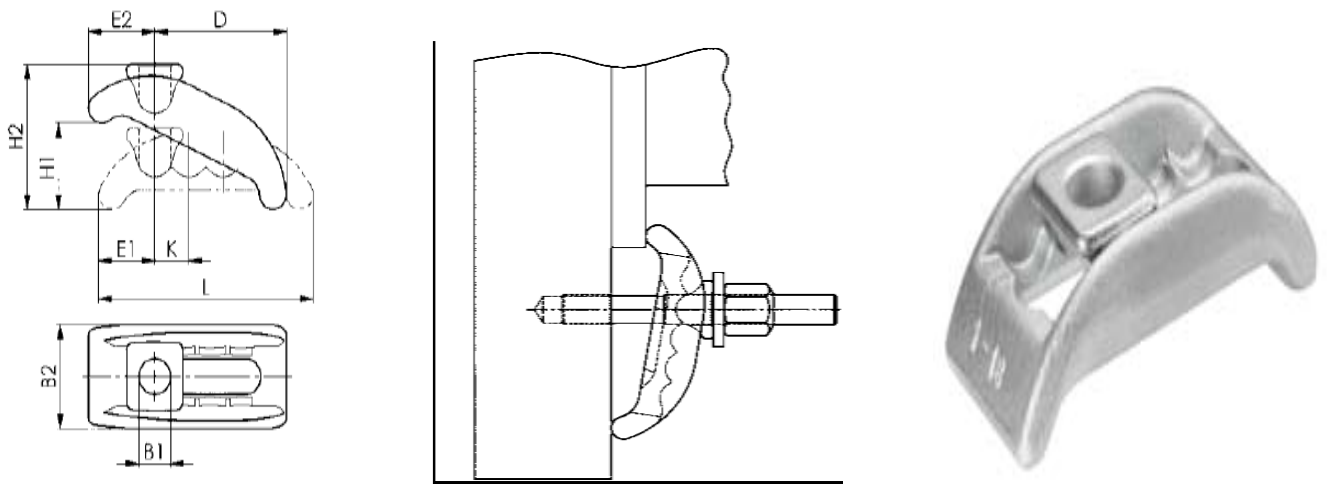


Figure 42 : Bride forgée courte avec assise de serrage

- **Bride à fourche simple** ; acier de traitement, peint

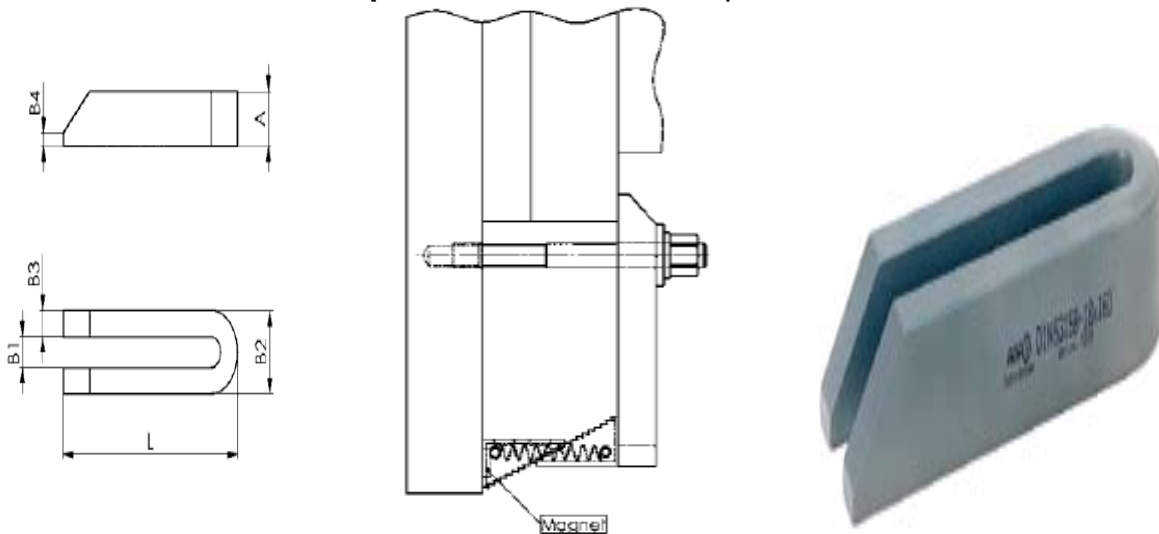
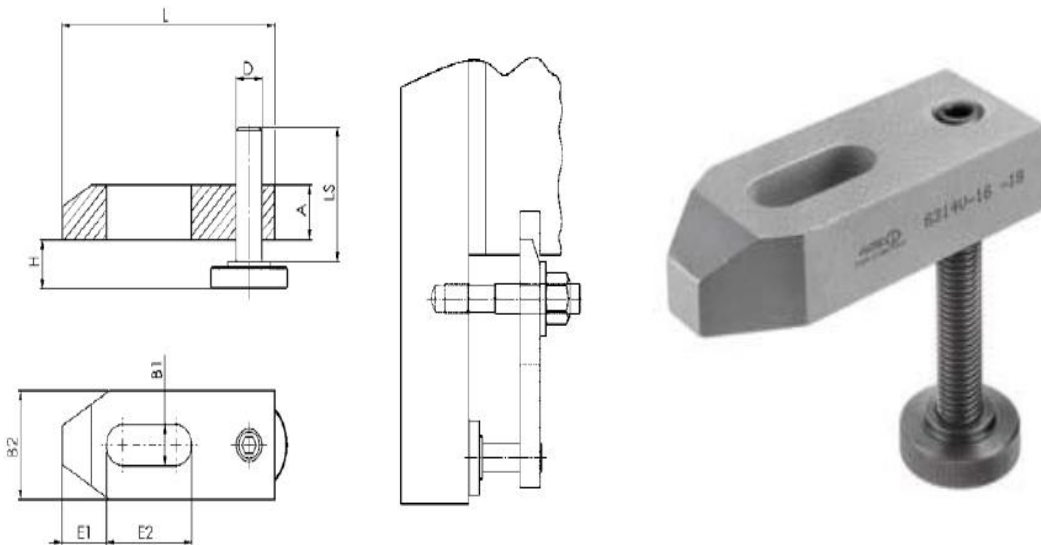


Fig.43. Bride à fourche simple

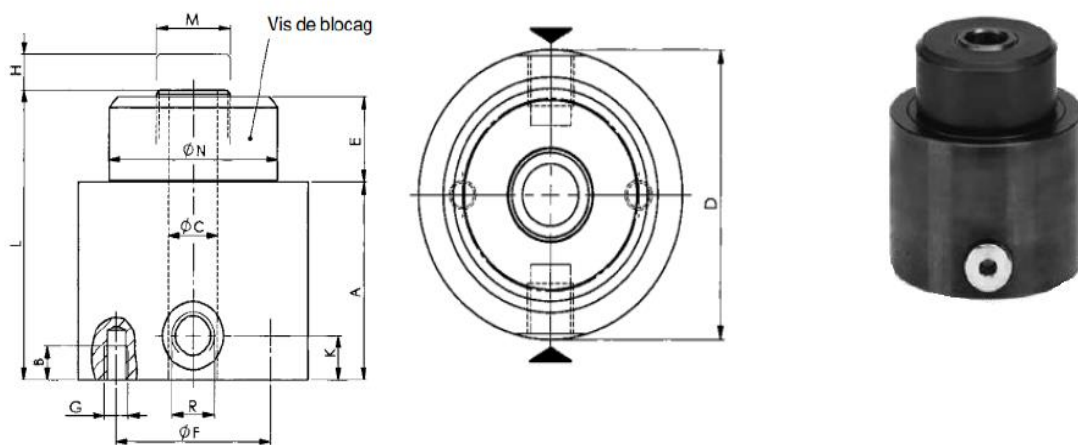
- **Brides droites avec vis d'appui réglable** : acier de traitement, peint.



**Figure 44** : Brides droites avec vis d'appui réglable

### XII.2.2. Bridage hydraulique

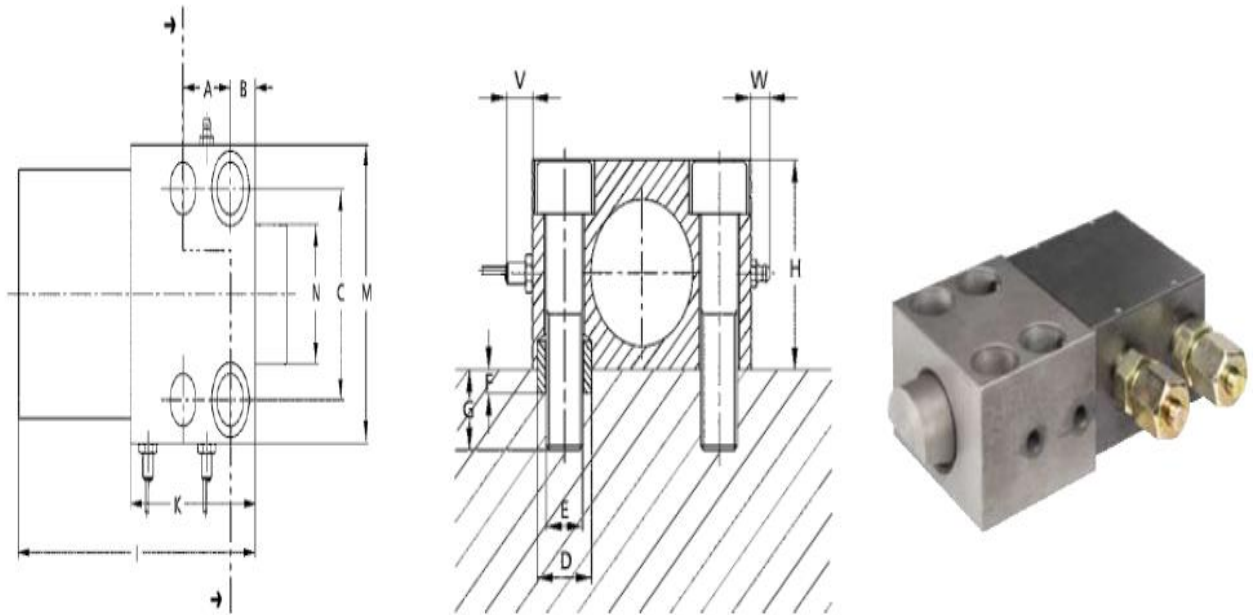
- **Écrou hydraulique, freiné** : à simple effet, à rappel par ressort



**Figure 45** : Écrou hydraulique, freiné

## Chapitre III conception des moules d'injection plastique.

- **Mors de serrage, hydraulique** : à double effet. Pression de service max. 350 bar (400 bar\*)



**Figure 46** : Mors de serrage, hydraulique

### XIII- Descriptions de notre moule :

#### XIII-1 les éléments du moule :

Le moule qu'on a conçu est constitué de deux parties, fixe et mobile :

##### XIII-1-1 Partie fixe :

C'est l'ensemble de pièce tel que :

- Semelle fixe
- Tasseau
- Batterie éjectrices
- Contre plaque électrique
- Plaque support
- Colonne de guidage de la batterie ejectrice
- Colonne de rappel
- Arrache carotte
- Ejecteurs cylindrique
- Plaque éjectrice
- Porte en empreinte mobile
- Tiroirs
- Portes tiroirs
- Conduit d'alimentation
- Inserts
- Glissières
- Plaques d'usure
- Butées
- Pipettes de raccordement
- Douilles de guidages

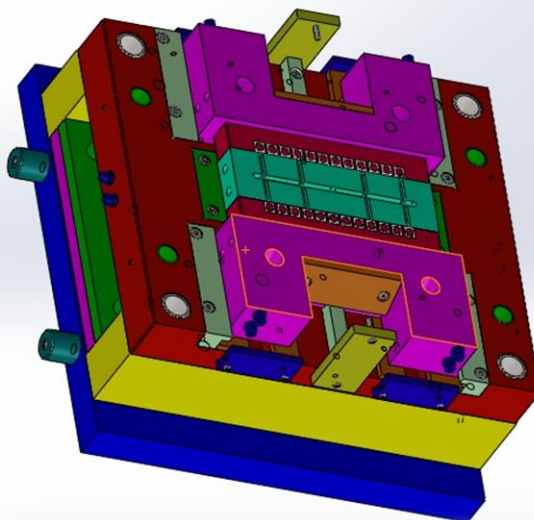


Figure 47 : Partie fixe du moule.

### XIII-1-2 Partie mobile :

C'est l'ensemble de pièces comme :

- Semelle mobile
- Porte empreinte mobile
- Empreinte mobile
- Sabots
- Colonnes de guidages
- Doigts de démoulage
- Pipettes de raccordement
- Bague de centrage
- Buse d'injection

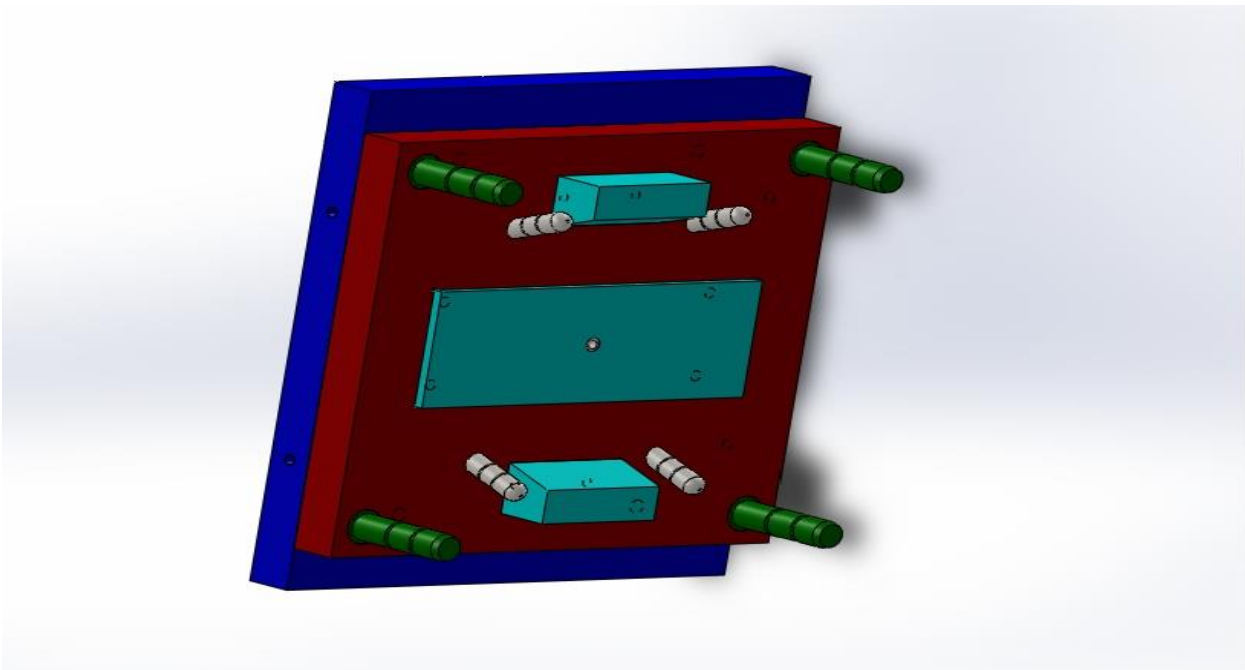


Figure48 : Partie mobile du moule.

## Chapitre III conception des moules d'injection plastique.

---

### XIII-2 Les aciers utilisés :

Type d'acier	Pièces
<b>XC48</b>	Semelle fixe, semelle mobile, tasseaux, porte tiroir, plaque support, batterie ejectrice, plot d'appuis, butée, plaque support
<b>X38CrMoV5-1</b>	Tiroir, empreinte mobil, inserts, plaque ejectrice, conduit d'alimentation, buse d'injection
<b>16NiCr4</b>	douille de guidage, douille de guidage pour batterie ejectrice, et douille de guidage pour colonne de rappel
<b>16MnCr5</b>	Colonne de guidage, doigt de démoulage et colonne de guidage pour batterie ejectrice.
<b>34CrMo4</b>	Bague de centrage
<b>Bronze</b>	Plaque d'usure, pipette de raccordement, tuyauterie
<b>42CD4</b>	Glissières

### XIII-3 Fonctionnement :

Lors de la fermeture du moule, sa partie mobile engendre le déplacement du tiroir de la partie fixe et cela grâce à l'inclinaison des doigts de démoulage, une fois que le moule est complètement fermé c'est la que commence la phase d'injection.

À la fin de cette dernière la partie mobile se retire en dégageant simultanément avec elle les deux tiroirs, une fois l'ouverture est faite un vérin développe une force qui déplace les éjecteurs carotte et la plaque éjectrice pour assurer l'éjection de la pièce.

### -Conclusion :

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

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

The page features a decorative graphic on the right side consisting of three blue circles of varying sizes, each with a gradient from dark to light blue. Two thin blue lines intersect at the top right, forming a large 'V' shape that frames the circles. The text is positioned on the left side of the page.

# **CHAPITRE IV**

**CALCULS ET VERIFICATIONS**

### I- Introduction :

Dans le cas de ce présent mémoire, nous avons pour objectif la conception et réalisation d'un moule à injection plastique pour les barrettes de connexion (dominos).

Afin d'obtenir une pièce de qualité requise, il est nécessaire de faire des calculs de vérifications sur le cycle de l'injection présenter dans le chapitre précédent

### I-1 Le 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.

Afin de déterminer la presse nécessaire à la production de produit :

- La fiche technique de la pièce comportant le groupe dimensionnel de celle-ci (dimensions linéaires, volume, poids).
- Fiche technique du polymère pp
- Détermination du nombre de pièce par moulée.
- Le planning de répartition de la production.
- Cadence de production journalière (nombre de cycle par heure de la machine).
- La force nécessaire pour maintenir le moule fermé durant la phase de remplissage pour éviter le retour de matière et les flashes.
- Capacité de moulage de la presse et ce par la détermination du poids de la moulée.
- L'encombrement du moule

### I-2 Fiche technique de produit :

Le groupe dimensionnel de la pièce pour la quelle nous allons concevoir et réaliser un moule comporte :

- ❖ Les dimensions linéaires et les épaisseurs en chaque point de sa paroi (voir le plan de la pièce).
- ❖ Son poids déterminé par la relation suivant  $m = \rho \times v$

### I-3 Fiche technique de pp :

Le **pp** présentant les caractéristiques techniques suivantes :

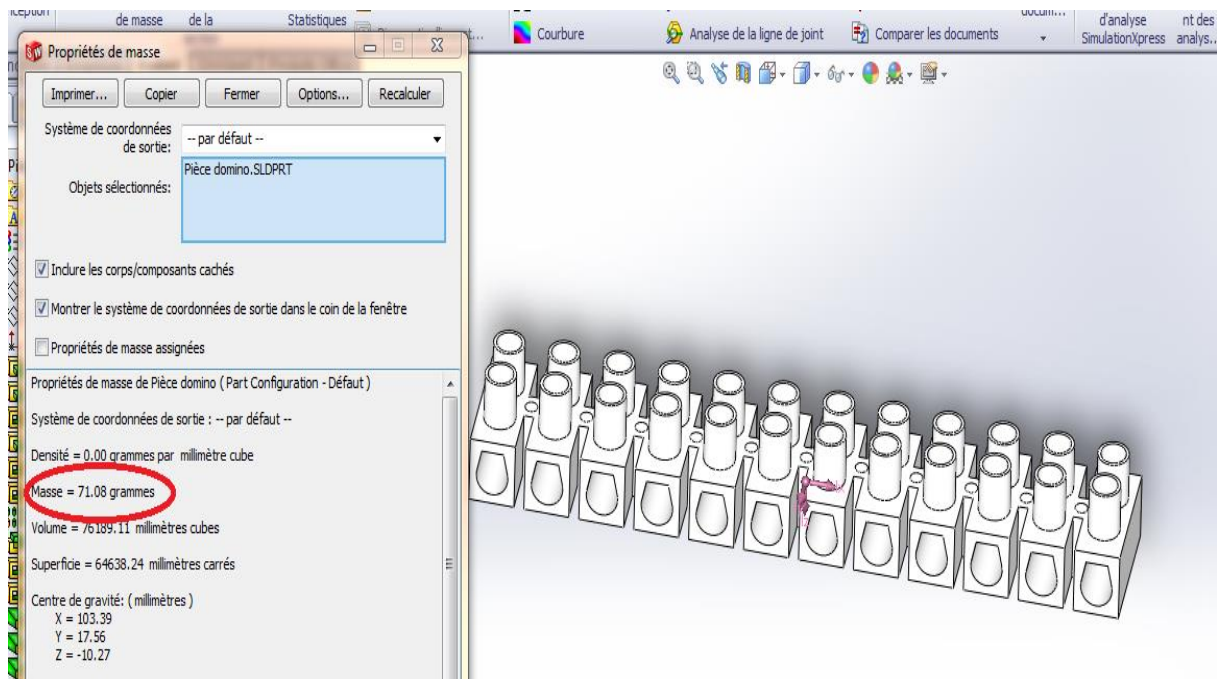
- La température de transformation **Ti = 220°C** (ANNEXE2)
- La température moyenne d'extraction **Te = 100°C** (ANNEXE 2)
- La masse volumique  **$\rho = 0.905 \text{ g/cm}^3$**
- La conductivité thermique  **$\lambda = 0.22 \text{ W.m}^{-1}.\text{k}^{-1}$**  (voir ANNEXE2)
- La diffusivité  **$a = 6.8 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2$**  (voir ANNEXE 2)
- Le facteur de retrait : **0.1 à 0.4%**

### II- Capacité d'injection :

#### 1) Le poids de la pièce :

Le poids de notre pièce est donné par le logiciel de conception SolidWorks, en sachant que la masse volumique de **PP** est de  $1.05 \text{ g/cm}^3$

Son poids est de **71,08g**



**Figure 49** : Barrette de connexion (domino)

### 2) La masse de la carotte :

Le poids de cette carotte est de **24.24 g**

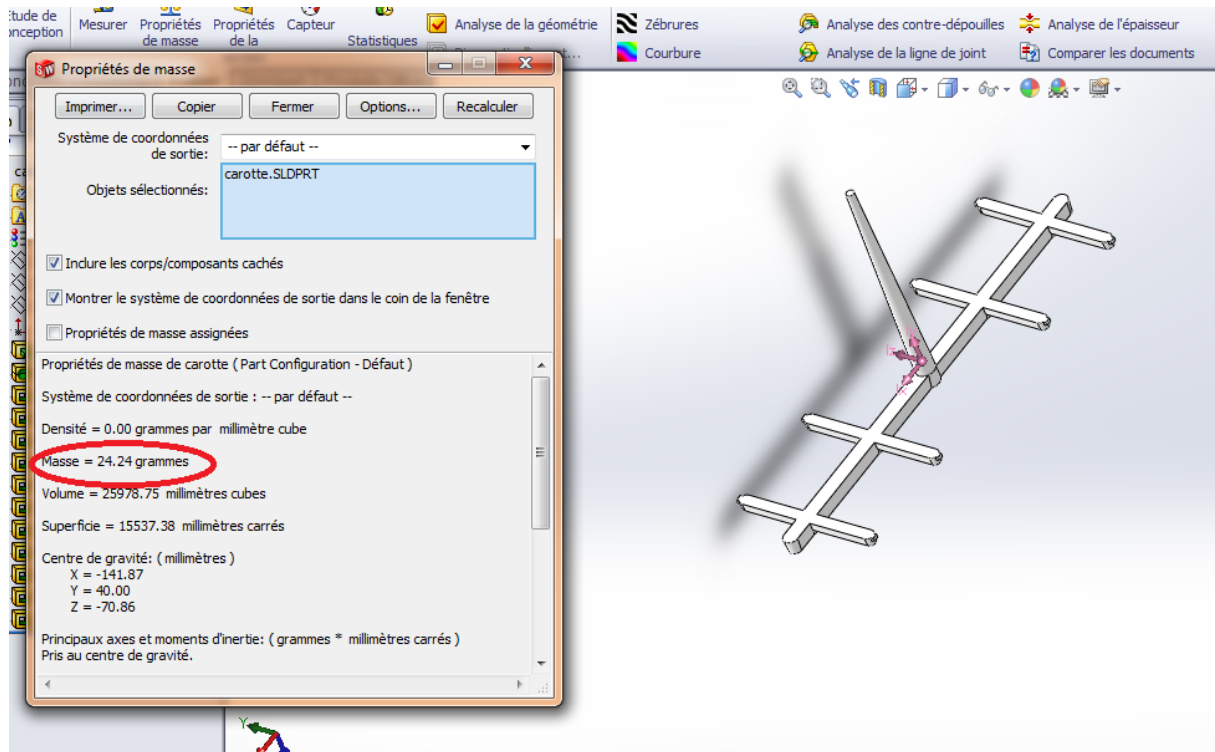


Figure 50 : masse de la carotte

### 3) Le masse de la moulée (M) :

Nous avons déterminé dans le chapitre III précédent, l'équation qui nous facilite le calcul du nombre de cavités (n) du moule qui fait projet de notre étude.

$$n \geq \frac{C}{T * H * S} \dots\dots\dots$$

Le client de l'ENIEM souhaite réaliser un taux de production de 500 000 selon les exigences du cahier des charges :

- T = 320 JOURS/AN
- H = 7H/Jour
- S = 120 Cycles/ Heures
- C= 500 000

$$n \geq \frac{500\,000}{320 \times 7 \times 120}$$

$$\Rightarrow n \geq 1.86$$

Donc on peut fabriquer deux empreintes n=2.

## Chapitre IV : Calculs et vérifications

Implique la masse de la moulée est la somme de deux fois la masses de la piece + la masse de la carotte

$$\Rightarrow M = 71.08 \times 2 + 24.24 = 166.4 \text{ g}$$

Du tableau (num) on constate que les machines qui peuvent injecter cette quantité de matiere sont : 150T, 220T et 350T

### III- La force de fermeture de la machine :

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** : la force de fermeture du moule (T)

**K** : coefficient de sécurité (1.5 a 2)

**F<sub>v</sub>** : force de verrouillage (T)

Dont **F<sub>v</sub> = P.S**

Avec :

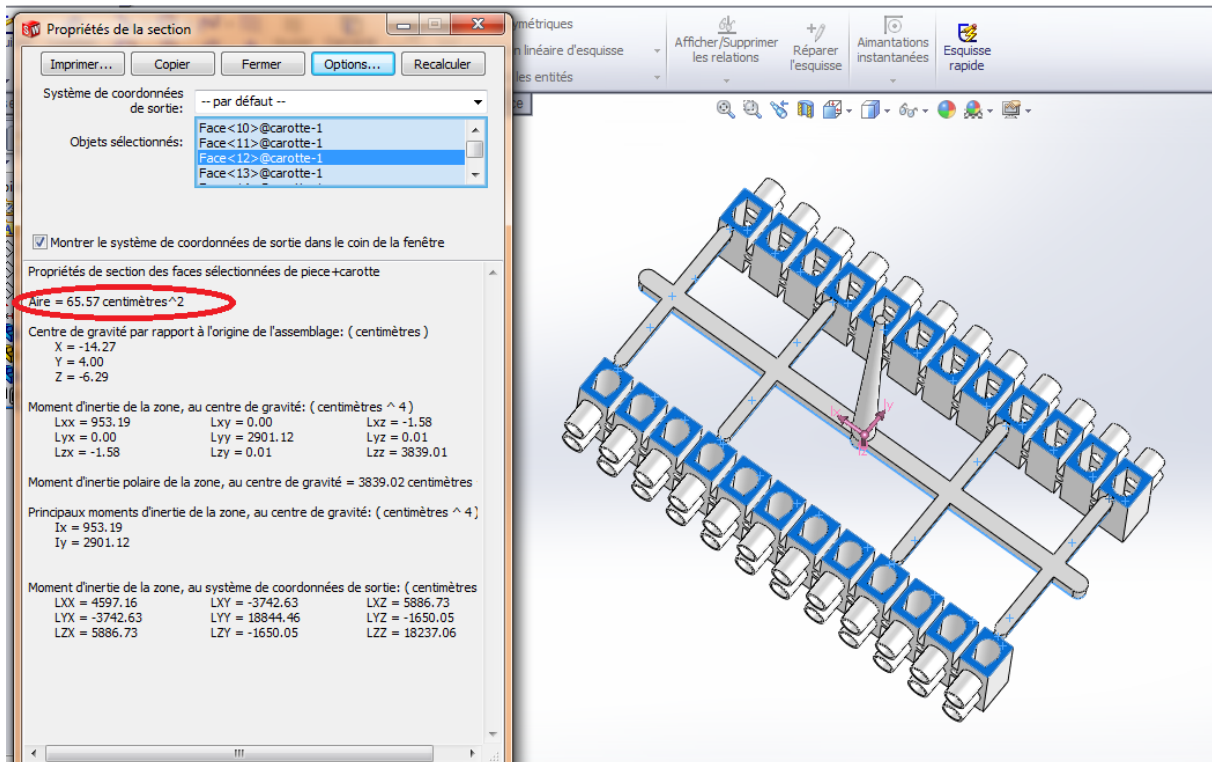
**P** : la pression moyenne d'injection **P=0.4** tonne/cm<sup>2</sup> [4].

Matières	La pression intérieure moyenne (dans la normalité) (tonnes /cm <sup>2</sup> )	Grand parcours de fluctuation (forme compliquée) (tonnes /cm <sup>2</sup> )
PE, PP	0,3 à 0,4	0,4 à 0,5

**Tableau.16** : pression d'injection [4].

**S** : la surface projetée cm<sup>2</sup>, donnée par le logiciel solidworks :

$$S = 65.57 \text{ cm}^2$$



**Figure 51 : surface projetée**

Application numérique :

$$F_v = 65.57 \times 0.4 = 26.22 \text{ T}$$

$$\Rightarrow F = 26.22 \times 2 = 52.45 \text{ T}$$

Donc on a besoin d'une machine qui peut injecter une masse de 166.4g et une force de fermeture de 52.45 T, il en résulte que la presse devant être de 150 T

### IV- La puissance de plastification (C):

Même si la machine 150T peut injecter 166.4 g, on doit vérifier sa capacité de plastification (la quantité de matière plastifiée par heure) qui est en fonction du poids de la pièce moulée et du temps de cycle.

$$c = \frac{p \times n \times 3600}{t_c}$$

**C** : puissance de plastification [Kg/H]

**P** : poids de la pièce moulée en [g]

**Tc** : temps de cycle en [sec]

Dont :

$$\mathbf{T_c = t_r + t_i + t_m + t_e + t_o + t_f}$$

Avec :

Tr : temps de refroidissement (26.25 sec)

Ti : temps d'injection (remplissage) (2.63 sec)

Tm : temps de maintien pression (4.44)

Te : temps d'éjection (1sec)

To : temps d'ouverture de moule (5sec)

Tf : temps de fermeture moule (5sec)

Le temps de cycle (sec) est donné par le logiciel de conception solidworks (solidworks Plastics) (voir le rapport dans l'annexe 03)

$$\mathbf{T_c = 26.25 + 2.63 + 4.44 + 1 + 5 + 5 = 44.32 \text{sec}}$$

Donc : notre machine doit plastifier :  $c = \frac{0.166 \times 2 \times 3600}{44.32} = 27.03 \text{kg/h}$

Cette condition est vérifiée puisque notre machine peut injecter 70kg/h.

## Chapitre IV : Calculs et vérifications

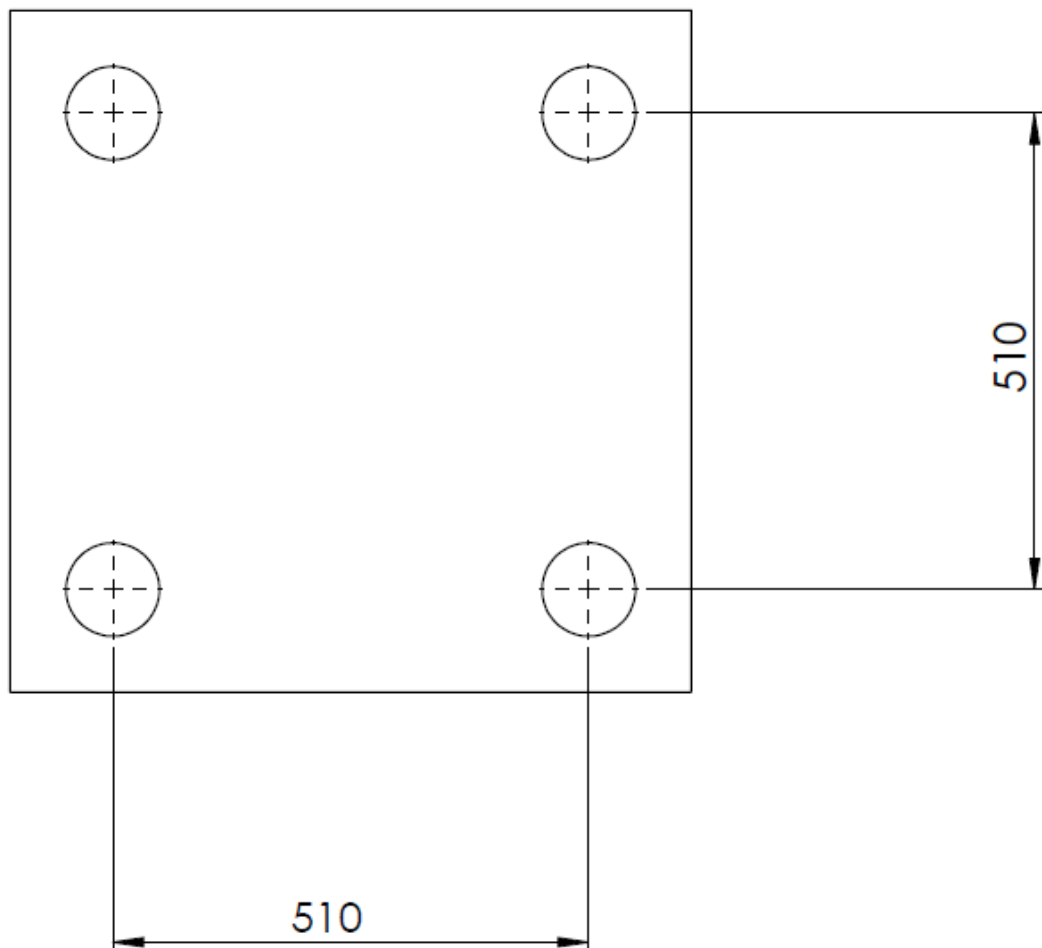
<b>Symbole d'injection</b>	<b>i 3</b>
<b>Symbole de cylindre</b>	<b>A</b>
<b>Pression d'injection</b>	<b>1850 Kg/cm<sup>2</sup></b>
<b>Taux d'injection</b>	<b>140 cm<sup>3</sup>/sec</b>
<b>Quantité d'injection</b>	<b>PS 150 g</b>
	<b>PE 120g</b>
<b>Diamètre de la vis</b>	<b>36 mm</b>
<b>Puissance de plastification</b>	<b>70 kg/h</b>
<b>Puissance de serrage</b>	<b>150 tonnes</b>
<b>Puissance d'ouverture</b>	<b>24 tonnes</b>
<b>Vitesse Max. de rotation de la vis</b>	<b>350 tr/m</b>
<b>Intervalle des tirants</b>	<b>510x510 mm</b>
<b>Dimension de la plaque matrice</b>	<b>730x730 mm</b>
<b>Course de serrage</b>	<b>660mm</b>
<b>Epaisseur Min. du moule</b>	<b>190 mm</b>
<b>Ouverture</b>	<b>850 mm</b>
<b>Puissance de foulage ( hydraulique)</b>	<b>4.6 tonnes</b>
<b>Course de foulage</b>	<b>80 mm</b>
<b>Quantité d'huile d'usage</b>	<b>670 litres</b>
<b>Moteur destiné a la pompe</b>	<b>22 Kw</b>
<b>Capacité de réchauffer</b>	<b>6.4 Kw</b>
<b>Dimension de la machine ( L x l x e )</b>	<b>5.4x1.4x2.2</b>
<b>Poids de la presse</b>	<b>7 tonnes</b>

**Tableau 16 : Caractéristiques de la presse de 150 T**

### V) Distance entre colonne :

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 figure 50

Les dimensions de notre moule sont : **546 x 496mm**



**Figure 52** : Schéma d'un plateau d'une presse de 150 T.

### VI- 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.

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

## ❖ Temps de refroidissement :

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

Donc la relation pour calculer le temps de refroidissement est donnée comme suit :

$$t_r = \frac{e^2}{D \cdot \pi^2} \cdot \text{Ln} \left[ \frac{8}{\pi^2} \times \frac{T_i - T_m}{T_e - T_m} \right]$$

Avec :

e: Epaisseur moyenne de la pièce :( e=1 mm)

D: la diffusivité thermique du PP : (D = λρ.c(en m<sup>2</sup>/s))

Dont :

λ : est la conductivité thermique du matériau, :( λ = 0,177 W·m<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>)

ρ: est la masse volumique du matériau, :(ρ=933 kg·m<sup>-3</sup>)

c: est la chaleur spécifique du matériau, :(c =1350 J·kg<sup>-1</sup>·K<sup>-1</sup>)

Propriété	Valeur	Unités
Masse volumique	890	kg/m <sup>3</sup>
Limite de traction	27.6	N/mm <sup>2</sup>
Limite de compression suivant X		N/mm <sup>2</sup>
Limite d'élasticité		N/mm <sup>2</sup>
Coefficient de dilatation thermique suivant X		/K
Conductivité thermique	0.147	W/(m·K)
Chaleur spécifique	1881	J/(kg·K)
Rapport d'amortissement du matériau		S.O.

**solidworks**

**Figure 53** : Propriétés du PP sur Solidworks

$$\text{AN : } D = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} = \frac{0.177}{939 \times 1350}$$

$$= 9,28 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$$

Ti: température d'injection : (Ti=230°C)

Te: température d'éjection : (Te=95°C)

Tm: température du moule : (Tm=50°C)

$$T_r = \frac{10^{(-5)}}{3.14^2 \times 9.28} 10^8 \times \ln \left[ \frac{8}{3.14^2} \left( \frac{230 - 50}{95 - 50} \right) \right] = 21.33 \text{ sec}$$

### VII - Vérification a la résistance des matériaux :

Afin de vérifier la résistance du moule aux conditions de travail, il est nécessaire de définir le comportement de quelques éléments à ces efforts. La force de fermeture qu'exerce une presse à injection est égale à son tonnage. Partant de ce principe, la presse à **150T** fournit une force de fermeture de 150 T.

Sachant que : 150T = **1500 KN** = **150x10<sup>4</sup>N**

**Condition de résistance :**

$$\sigma_e = \frac{F}{S} \leq R_{pe} \dots \dots \dots$$

Avec :

$$R_{pe} = \frac{Re}{s}$$

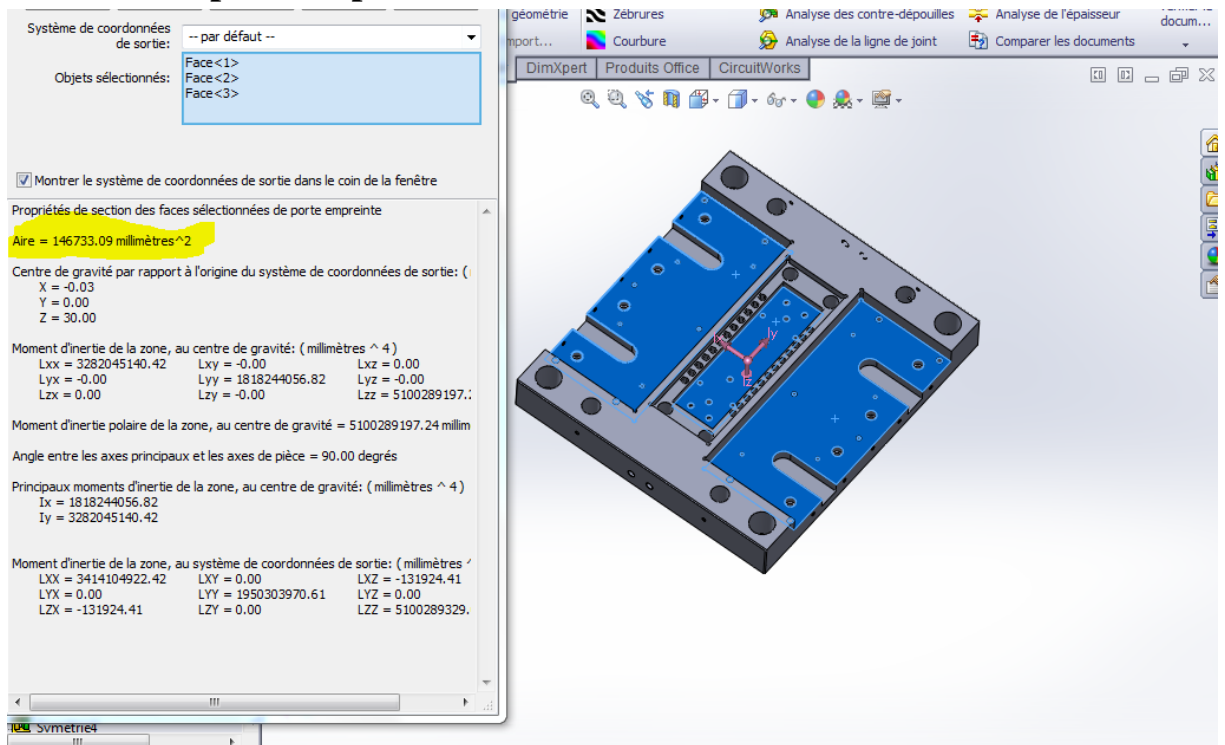
- **Re** : résistance limite à la traction (Re =370 N/mm<sup>2</sup> pour les aciers ).
- **s** : coefficient de sécurité (s = 2,2).
- **S** : surface soumise au matage
- **S = L x E** avec **L** et **E** sont respectivement la longueur et la largeur de l'élément soumis décrivant la surface matée.

**AN :**

$$R_{pe} = \frac{370}{2.2} = 168.2 \text{ N/mm}^2$$

## VII-1 Résistance des plaques de la partie fixe du moule :

### ➤ résistance du porte empreinte fixe :



**Figure 54** : surface du porte empreinte fixe soumise au matage donnée par solidworks.

Surface soumise au matage  $s=146733.09\text{mm}^2$

$$\sigma_e = \frac{F}{S} = 150 \times 10^4 / 146733$$

$$\sigma_e = 10.22 \text{ N/mm}^2 \leq R_{pe}$$

- ✓ Puisque la condition est vérifiée le porte empreinte fixe résistera au matage

### ➤ Résistance de la semelle fixe :

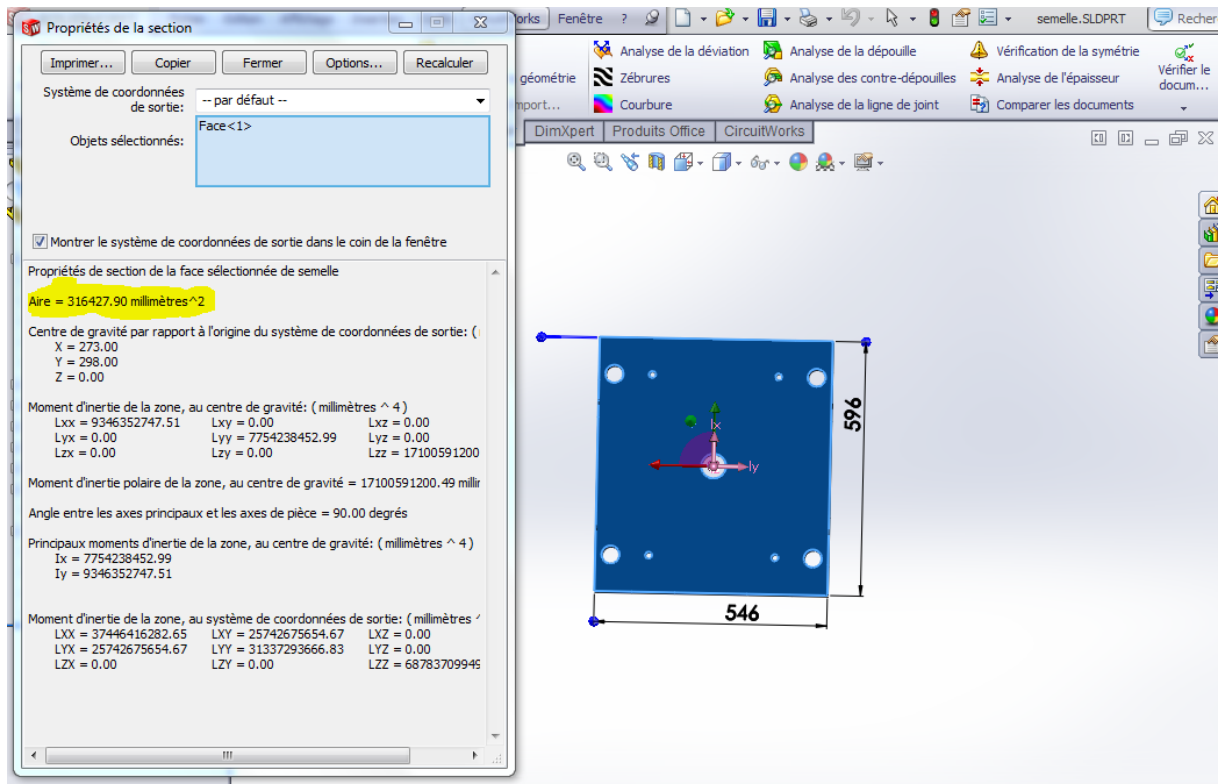


Figure 55 : surface de la semelle fixe.

$$S = 316427.90 \text{ mm}^2$$

$$\sigma_e = 150 \cdot 10^4 / 316427.90$$

$$\sigma_e = 4.74 \text{ N/mm}^2$$

✓ La condition est vérifiée

### ➤ Résistances des tasseaux :

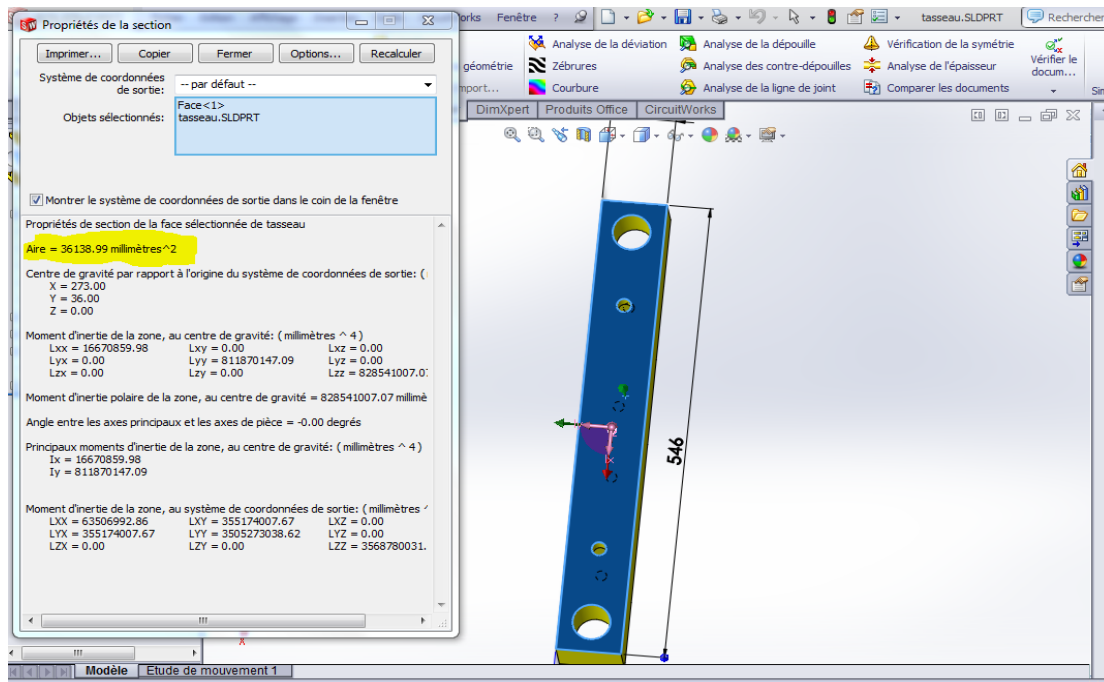


Figure 56 : surface soumise au matage du tasseau.

Sachant que :  $S = 36138.99 \text{ mm}^2$

$$\sigma_e = 150 \times 10^4 / 36138.99$$

$$\sigma_e = 41.5 \text{ N/mm}^2$$

✓ la condition est vérifiée

### • Résistance des plaques de la partie mobile du moule :

#### ➤ Résistance de la semelle mobile :

Cet élément aussi présente les mêmes dimensions extérieures que la semelle fixe, la valeur de la contrainte exercée étant la même, cet élément résiste au matage.

#### ➤ Résistance de porte empreinte mobile :

Même cet élément aussi présente les mêmes dimensions extérieures que le porte empreinte fixe, la valeur de la contrainte exercée étant la même, cet élément résiste au matage.

### VII - 2 vérifications des éléments de guidage et de fixation aux efforts de cisaillement :

#### VII-2-1 Résistances des colonnes de guidage au cisaillement :

Les colonnes de guidages sont soumises à l'effort de cisaillement dû au poids de la partie mobile lors de la manutention.

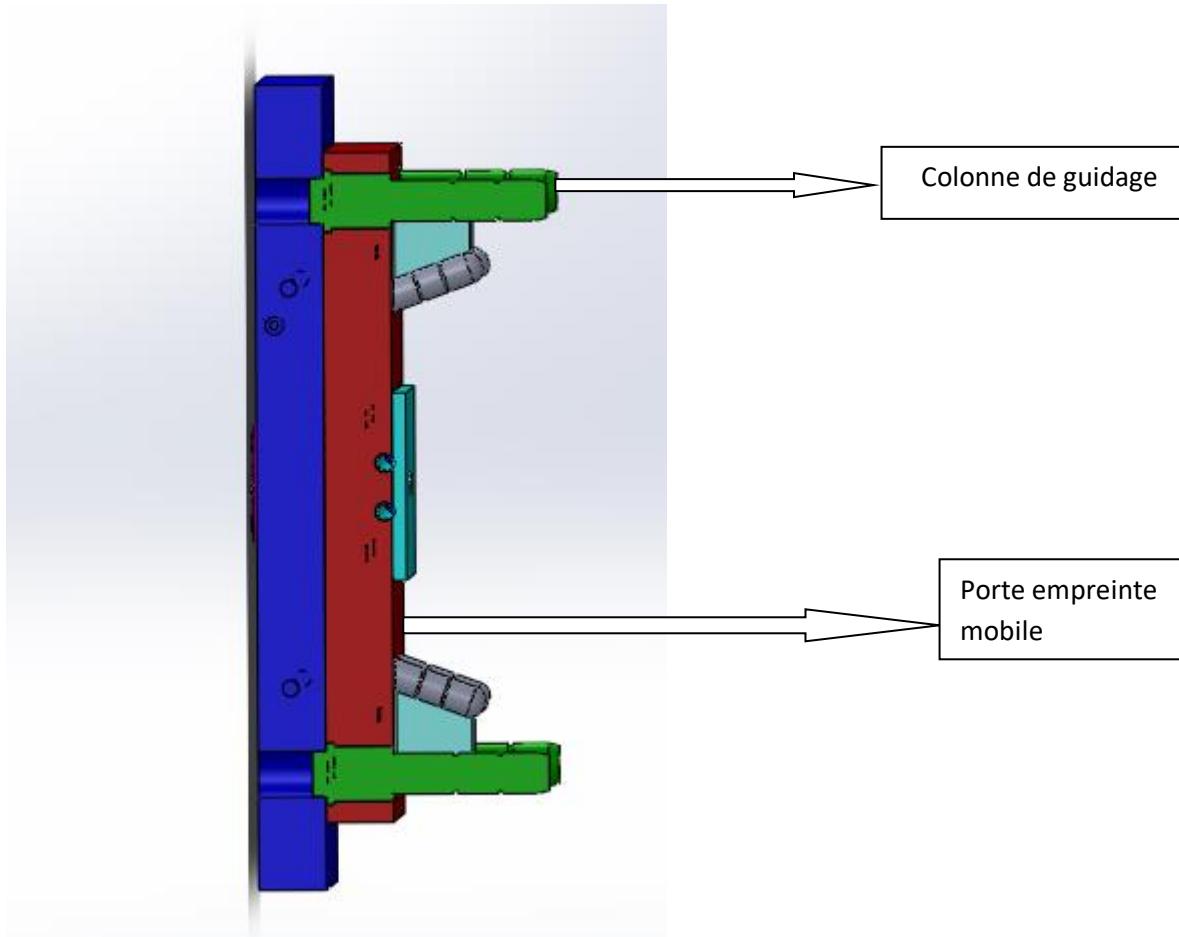


Figure 57 : position de colonne de guidage

Condition de résistance :

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

$$[\tau]_{\text{cis}} = \frac{\sigma_e}{k} \cdot 0,8 = \frac{1300}{2} \times 0,8 = 520 \text{ N/mm}^2$$

Avec :

- $\sigma_e$  : limite élastique du matériau ;  $\sigma_e=1300 \text{ N/mm}^2$
- $k$  : coefficient de sécurité ; on prend  $k=2$
- $F$  : effort normal (poids de la partie fixe),  $F=1107 \text{ N}$
- $S$  : section de la colonne ( $\text{mm}^2$ )
- $n$  : le nombre de sections cisillées.  $n=4$

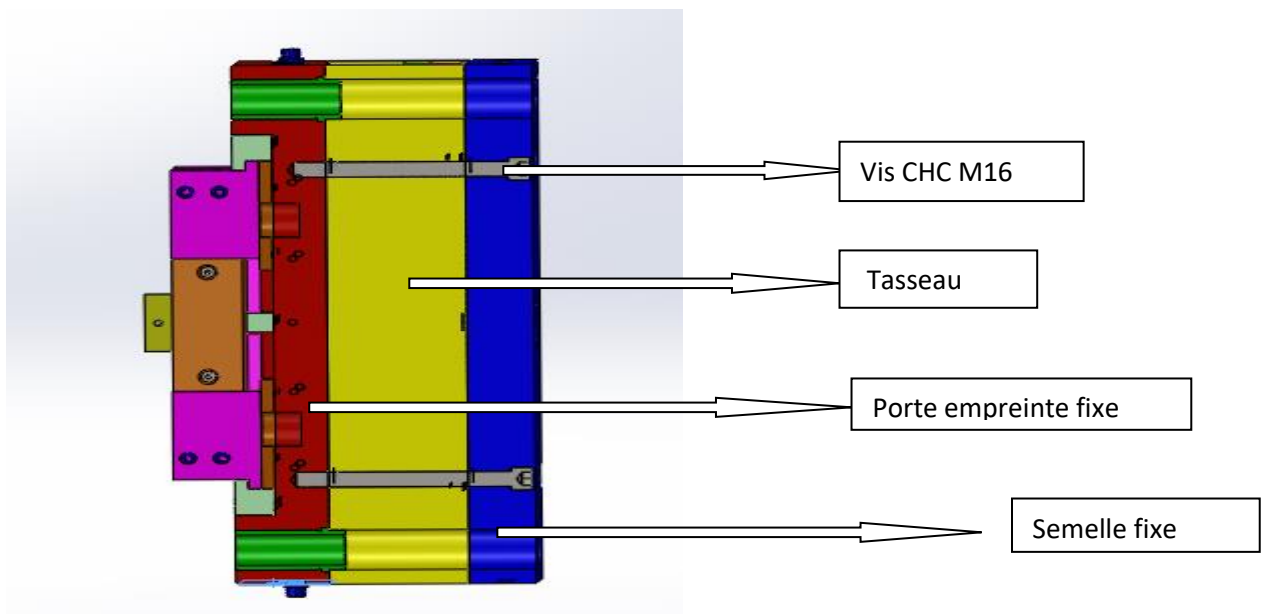
$$S = \frac{3.14 \times 1746}{4} = 1370.6 \text{ mm}^2$$

A.N

$$\tau = \frac{1107}{4 \times 1370.6} = 0.20 \text{ N/mm}^2$$

⇒ La condition est vérifiée.

### VII-2-2 Vérification des vis de fixation de la semelle fixe, porte empreinte fixe et tasseaux au cisaillement :



Dans notre assemblage nous avons utilisé des vis CHC M16 en C35 avec une limite élastique de  $\sigma_e=580 \text{ N/mm}^2$

- Condition de résistance :

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

$$\text{Avec } [\tau]_{\text{cis}} = \frac{\sigma_e}{k} \cdot 0,8 = \frac{580}{2} \cdot 0,8 = 232 \text{ N/mm}^2$$

Poids d'un tasseau+ Poids du porte empreinte fixe= 21.97Kg= 220 N (donné par solidworks)

n : nombre de vis = 4

d : diamètre de la vis = 16 mm

$$s : \text{section d'une vis } \left( \frac{\pi \times d^2}{4} \right) = \frac{3.14 \times 256}{4} = 200.96 \text{ mm}^2$$

$$\text{A N: } \tau = \frac{220}{4 \times 200.96} = 0.27 \text{ N/mm}^2$$

✓ condition vérifiée

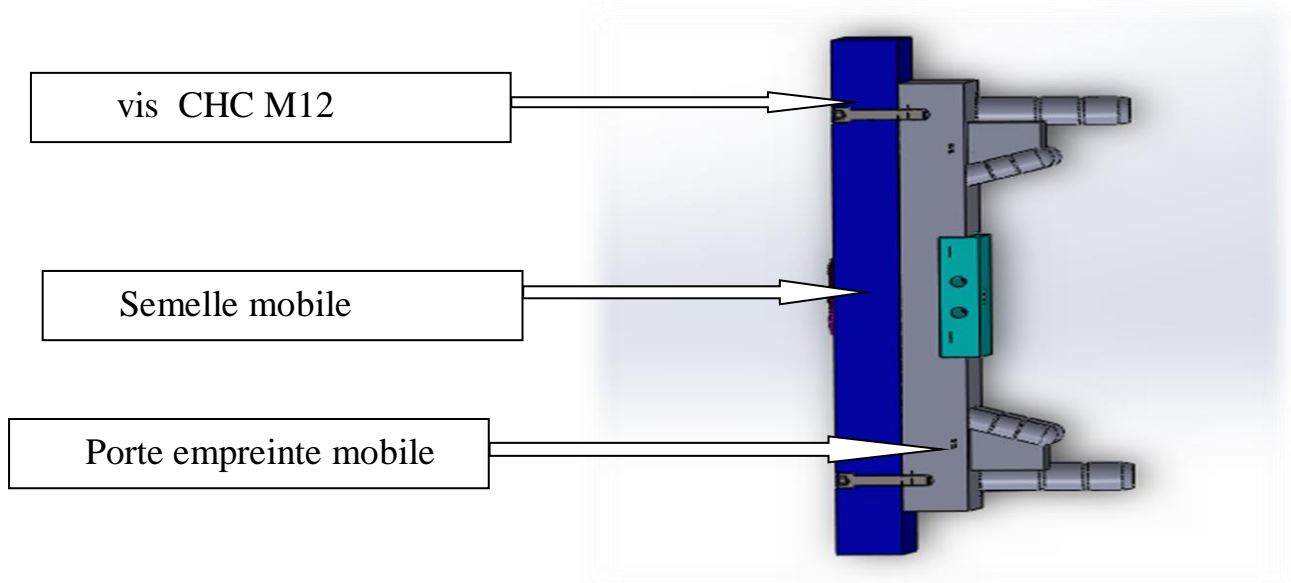
**NB :** Les vis choisies sont très grandes, cependant la longueur nécessaire d'une vis pour assembler les trois pièces n'est pas disponible dans les diamètres inférieurs  $L \geq 160$ .

### VII.2.3 Vérification des vis de fixation de la semelle mobile et porte empreinte mobile au cisaillement:

Dans cet assemblage nous avons utilisé des en C35

Condition de résistance :

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



Poids du porte empreinte et ces composant = 11.06Kg= 111 N (donné par solidworks)

n : nombre de vis = 4

d : diametre de la vis = 12 mm

s : section d'une vis  $(\frac{\pi \times d^2}{4}) = \frac{3.14 \times 144}{4} = 113.04 \text{ mm}^2$

$$\text{A N : } \tau = \frac{111}{4 \times 113.04} = 0.24 \text{ N/mm}^2$$

✓ La condition est verifiée

### VIII- Choix du vérin[6] :

Un **vérin** est un tube cylindrique (le cylindre) dans lequel une pièce mobile (le piston) sépare le volume du cylindre en deux chambres isolées l'une de l'autre. Un ou plusieurs orifices permettent d'introduire ou d'évacuer un fluide dans l'une ou l'autre des chambres et ainsi déplacer le piston.

- **Vérin hydraulique** : utilisant la pression d'un fluide (eau, huile) sur un piston, provoquée par une pompe mécanique ou à main.

### VIII-1 forme de montage :

#### VIII.1.1 Tige piston :

Piston à simple ou à double tige Déterminer le diamètre minimum de la tige requise pour, résister aux forces de flambage, Sélectionner une extrémité de tige et un filetage d'extrémité appropriés, Contrôler les caractéristiques de pression du vérin sélectionné et de la tige de piston.

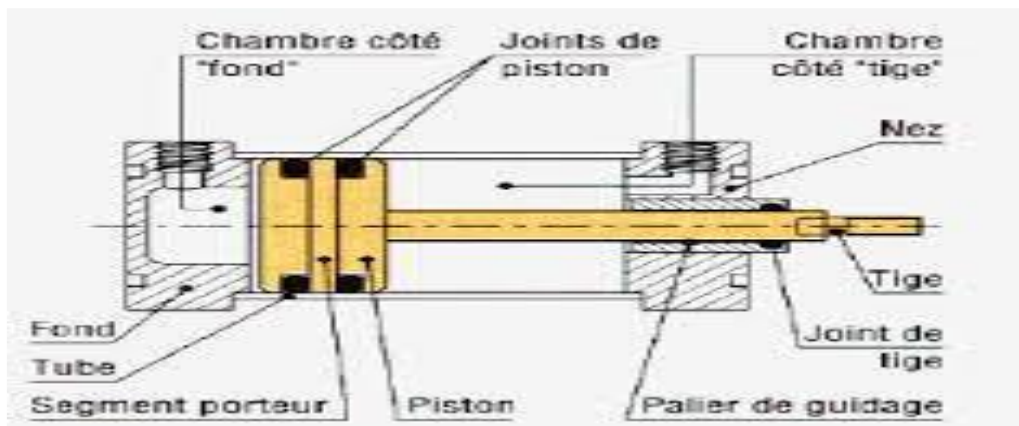
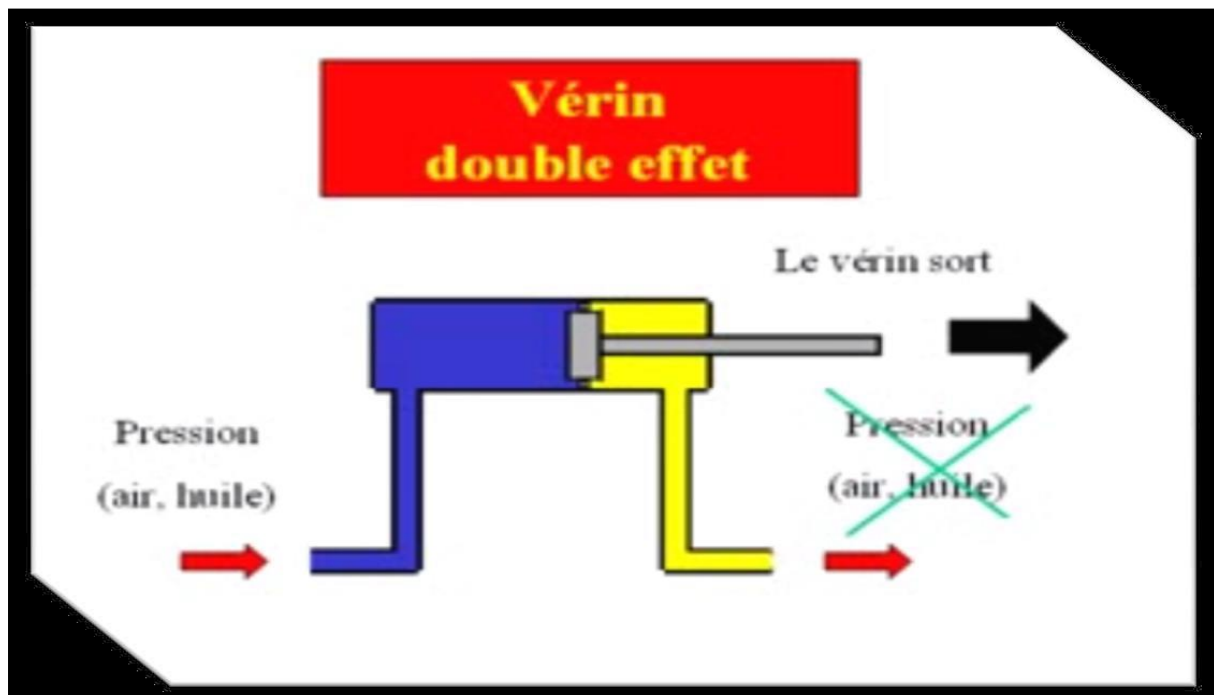


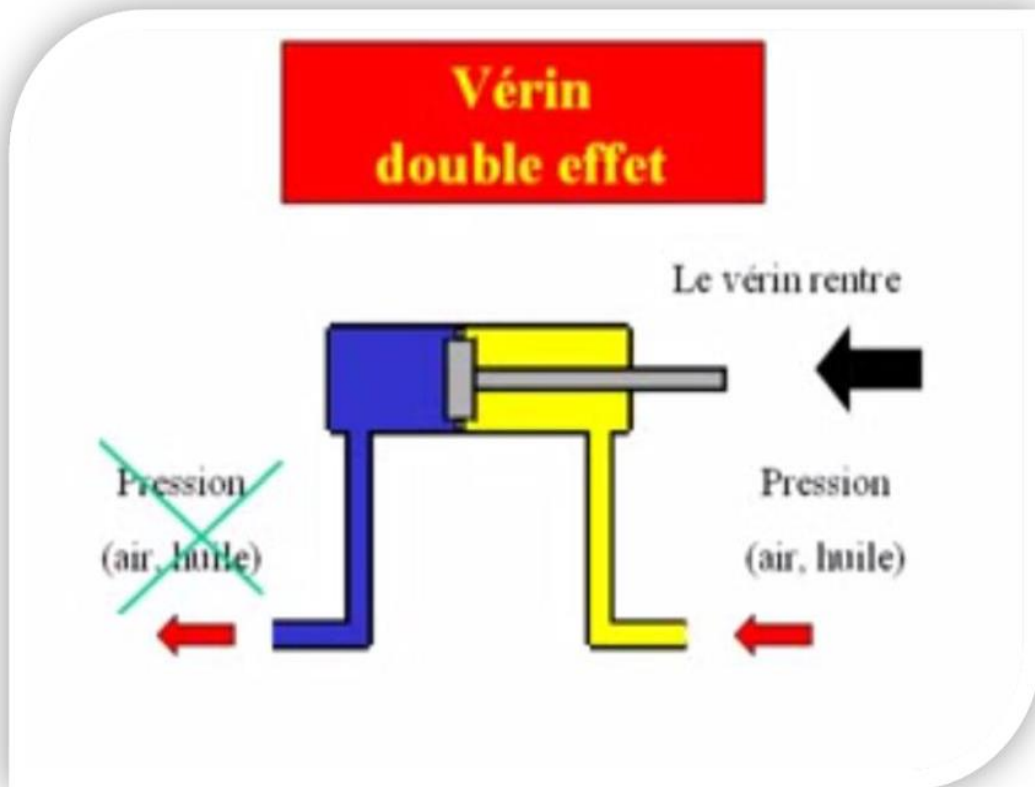
Figure 58 : Vue en coupe d'un vérin hydraulique

### VIII-2 Principe de fonctionnement :

- a) Le vérin sort à l'aide de la pression d'huile exercée :



b) Le vérin rentre à l'aide de la pression d'huile inversé :

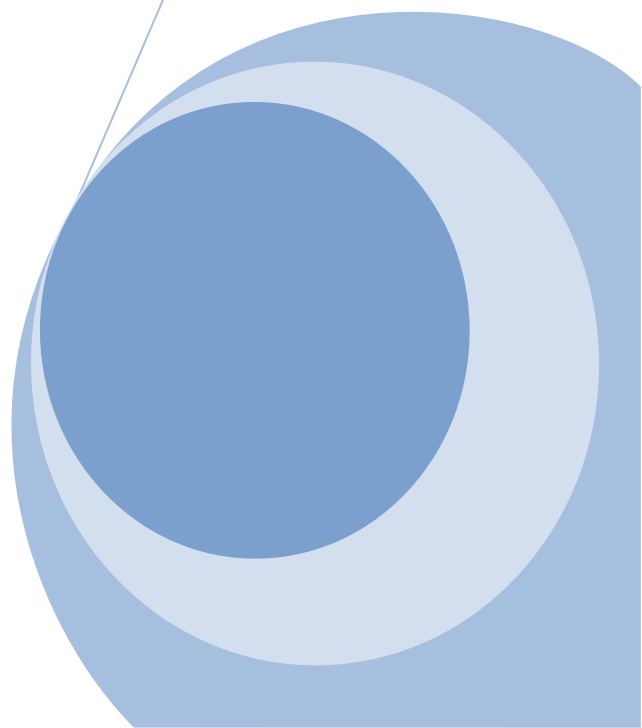
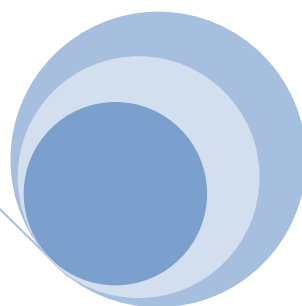
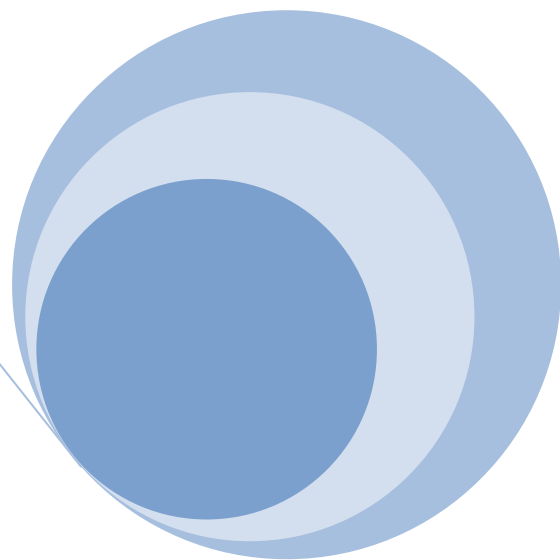


- **Conclusion :**

Cette partie nous a permis de choisir la presse à utiliser et aussi de vérifier le calcul du dimensionnement du moule, la vérification à la résistance des différents éléments agissant lors de l'ouverture et de fermeture du moule. Elle nous a permis aussi, de sélectionner le mode de refroidissement, le choix des aciers et le choix du vérin qui répond à nos besoins et d'autre part, passer avec assurance à la phase de réalisation des plans d'exécution à l'atelier d'usinage.

# CHAPITRE V

CFAO



### I- Introduction :

De nos jours, la plupart des pièces obtenues par injection plastique 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 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. L'historique de la CFAO nous permet d'affirmer que ses débuts remontent aux années 70. Il a été dès lors possible de mettre en place des logiciels spécifiques destinés à résoudre le problème des surfaces complexes pour l'industrie aéronautique et automobile.

Les années 80 ont vu l'arrivée de la représentation 3D volumique (ou solide) qui permet une interprétation non ambiguë des pièces mécaniques.

La représentation 3D volumique se caractérise par la définition des lignes cachées, l'obtention automatique des coupes et sections,...Malgré les progrès technologiques, force est de constater que vers la fin des années 80, la CFAO est restée essentiellement un outil de présentation des pièces et assemblages plutôt qu'un outil de conception. Au début des années 90, une nouvelle approche révolutionne la CFAO traditionnelle. L'idée est de ne plus considérer la géométrie comme l'information de base, mais plutôt d'interpréter la pièce comme un ensemble logique et cohérent de « fonctions mécanique », la géométrie 2D ou 3D n'est plus qu'un attribut de ces fonctions[13].

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

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

### II- Définition de la CFAO:

CFAO Signifie conception et fabrication assistée par ordinateur.

En CFAO, le traitement des informations se fait entièrement de façon, depuis la conception de la pièce jusqu'à l'usinage Informatisée.

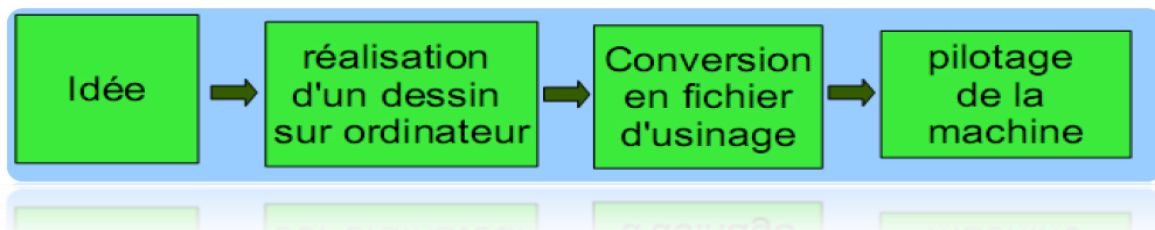


Figure 59 schéma de la CFAO



Comme on vient de le voir, la CFAO se divise en deux domaines distincts mais complémentaire entre eux, la CAO et la FAO, et on va développer chacun d'eux plus en détails dans ce qui suit.

### **IV- La CAO (conception assistée par ordinateur) :**

#### **IV-1 Origine de la CAO :**

L'introduction de l'informatique et son utilisation dans un processus de conception remonte maintenant à plus qu'un quart de siècle. Nous assistons actuellement à une véritable révolution dans ce domaine, ainsi la totalité des bureaux d'études équipés de ces technologies sont maintenant concernés par l'automatisation. Cette évolution est due à plusieurs facteurs dont les trois principaux sont :

- les progrès considérables de la puissance disponible des ordinateurs : en 10 ans, la puissance a été environ multipliée par 10.
- le nombre et la qualité des logiciels, aussi bien ceux à caractères généraux disponibles sur le marché que ceux dits de métier développés par les utilisateurs eux-mêmes.
- la chute importante et continue des prix du matériel, c'est-à-dire ordinateurs, traceurs, etc...
- Les activités dédiées à l'aide à la conception de produits mécanique peuvent être de type :
  - dessin Assistée par Ordinateur (DAO).
  - conception Assisté par Ordinateur (CAO).
  - calcul et optimisation de structures : élasticité, vibrations, thermique, etc...
  - mécanique de fluides et thermiques.
  - calcul de procédés de moulage, forgeage, etc...
  - nomenclature et gestion technique.

#### **IV-2 Dentition de la Conception Assistée par Ordinateur :**

La conception assistée par ordinateur (CAO) comprend l'ensemble des logiciels et 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 des systèmes dont la complexité dépasse la capacité de l'être humain, et d'apprécier 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. Durant notre conception nous avons utilisé le logiciel de conception appelé « SolidWorks ».

### **IV-3 Modèles de représentation en CAO :**

Classiquement, il existe trois modèles de représentation 3D, à savoir :

- modélisation fil de fer.
- modélisation surfacique.
- modélisation solide.

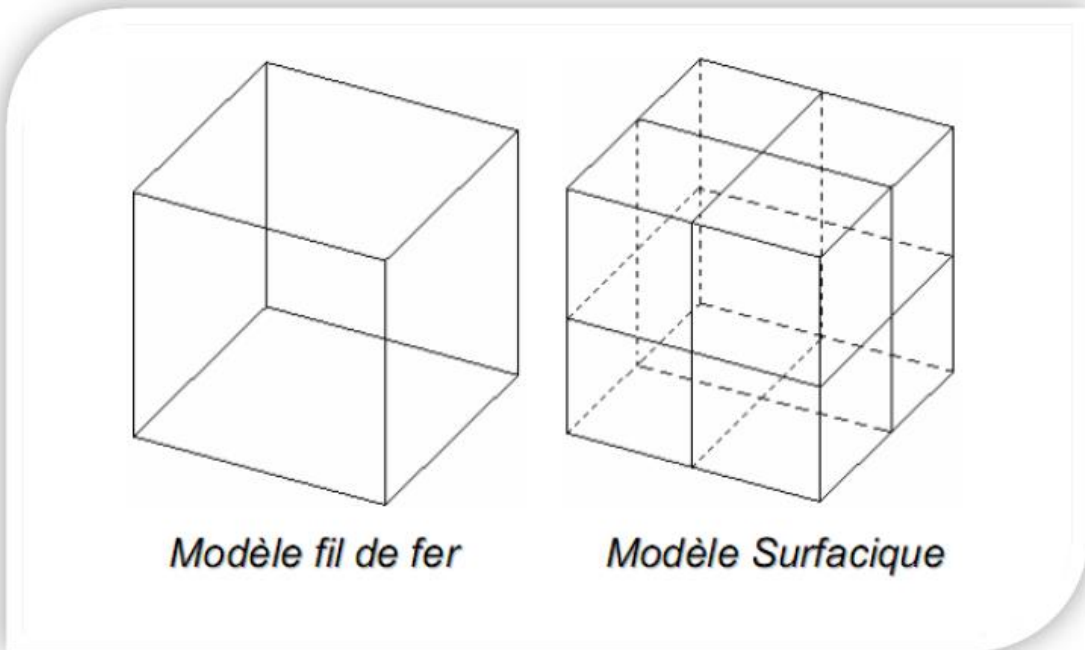
#### **IV-3-1 Modélisation fil de fer :**

Historiquement, c'est la première modélisation d'un objet en 3D. La géométrie est définie uniquement à l'aide d'entités géométriques de bas niveau (sommet et arête) : droites, cercles, arcs de cercle, courbes, etc. Par exemple, avec la modélisation fil de fer (Wireframe), un cube est défini uniquement par ses arêtes et les sommets qui joignent ces arêtes (FIG ...). La pièce n'est donc qu'imparfaitement définie puisqu'il manque la définition exacte des faces et de l'intérieur du cube. Un modèle fil de fer est bon pour la visualisation notamment dans le domaine de l'automobile. Cependant, il est ambigu et incomplet et ne garantit pas l'adressabilité spatiale (le système ne sait pas où se trouve la matière de l'objet). Dans ce cas de modélisation, il est impossible de montrer une vue isométrique en traits cachés, d'ombrer l'objet ainsi réalisé. Ce mode est surtout utilisé pour faire l'esquisse d'un objet.

#### **IV-3-2 Modélisation surfacique :**

Historiquement, c'est la deuxième technique apparue sur le marché mais c'est en fait la première qui a permis une approche 3D plus profonde que la représentation fil de fer. En effet, avec la modélisation surfacique, la pièce est décrite à l'aide des surfaces qui en constituent l'enveloppe : un cube est ainsi décrit par ses 6 faces

L'utilisation des surfaces, permettant de définir totalement l'enveloppe d'une pièce. Cela est importante pour la réalisation du tracé de détail mais peu adaptée au projet ou à l'étude. En effet, dans un modèle surfacique, le système ne sait pas non plus où se trouve la matière ; la surface coupe l'espace en 2 demi-espaces. Comme la définition est continue, il est possible de représenter un objet en vue isométrique avec traits cachés, d'ombrer la pièce ; on obtient un rendu réaliste. Si l'on coupe un cube par un plan, le résultat de la section est représenté par 4 segments de droites. Dans ce modèle on distingue 2 types de surfaces : les surfaces simples et les surfaces complexes. Dans les surfaces simples on trouve les plans, les surfaces d'extrusion et les surfaces de révolution (le cylindre, le cône, la sphère, le tore). Dans les surfaces complexes, on trouve trois grandes familles : les Béziérs ou surfaces à pôles, les B-Splines et les NURBS (Non Uniform Rational B-Spline).



**Figure 60** : Différent mode de représentation (Modèle fil de fer et modèle surfactive)

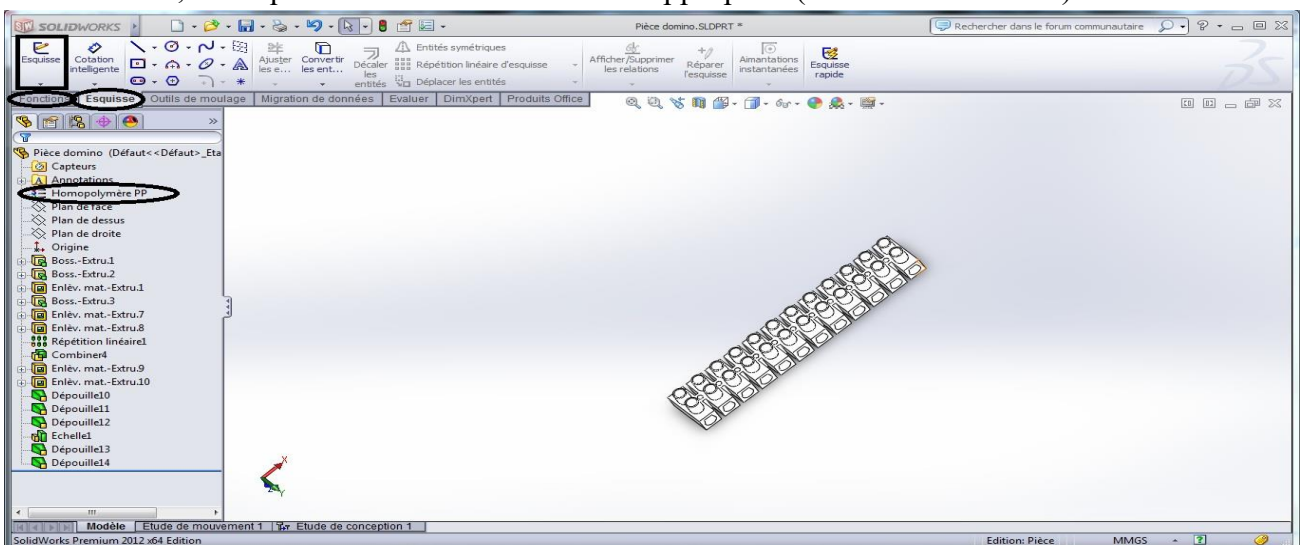
### IV-3-3 modélisation solide :

C'est la technique de représentation d'un objet la plus utilisée. Le solide se caractérise par son aspect homogène 3D, ses limites (le solide occupe un espace fini) et ses frontières qui définissent un intérieur et un extérieur au volume.

### IV-4 Application :

#### a) Conception de la pièce moulée :

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



**Figure 61** : conception d'une pièce sur SolidWorks.

### b) Conception du moule :

Dans cette étape après avoir conçu la pièce et avoir fait l'analyse de la dépouille, nous avons constaté que notre pièce était assez complexe pour réaliser les deux empreintes à l'aide de la fonction « dossier moulage ». Donc nous avons eu recours à une autre technique pour les obtenir.

Cette technique consiste à créer un assemblage à travers la pièce moulée, une fois sur l'assemblage nous avons esquissé un rectangle sur le plan de milieu de la pièce, et avec la fonction ajout de matière nous avons pu avoir un bloc, puis nous avons désigné notre pièce comme noyau à l'aide de la fonction « dossier moulage ».

Et en fin, grâce à l'option configuration, nous avons pu créer d'autres configurations à partir de l'ensemble des deux empreintes obtenues et toutes ces configurations contiennent des éléments constituant nos deux empreintes.

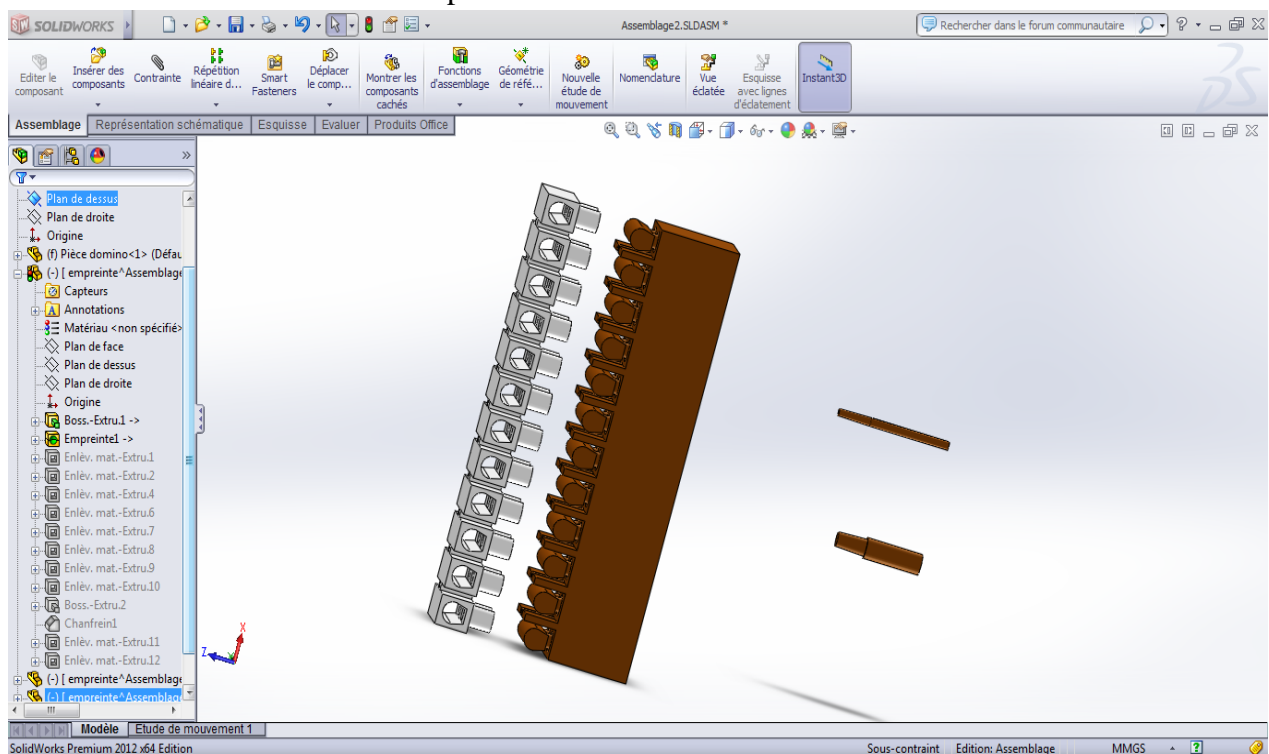


Figure 62 : obtention de l'empreinte du moule avec le dossier assemblage

## V- Fabrication assistée par ordinateur FAO :

### V.1 Définition :

La fabrication assistée par ordinateur est l'opération consistant à automatiser le processus d'usinage en élaborant un fichier contenant un programme de pilotage d'une machine à commande numérique (MOCN), ce fichier (G-CODE) assure une reprise automatique des données définissant les profils de contourage ou celle définissant des surfaces évolutives.

Le modèle 3D de la pièce à usiner étant importé sur le logiciel de FAO, il est possible de passer à la programmation des parcours des outils qui est le cœur des activités de la FAO. Le programmeur crée les parcours en respectant les choix d'outils, vitesses de coupe et d'avance, et

les stratégies d'usinage à mettre en œuvre. Le progiciel de FAO « plaque » les trajectoires des outils choisis sur la modélisation 3D et enregistre celles-ci sous forme d'équations.

Depuis 1990-2000, les progiciels de FAO sont capables de reproduire graphiquement (visualisation volumique) et d'une manière fiable, l'action des outils dans la matière, permettant ainsi au programmeur de vérifier ses méthodes d'usinage et éviter à priori les collisions sur les machines-outils. [13]

Il est possible désormais de modéliser entièrement la machine outil et de visualiser les mouvements des organes mobiles de celle-ci (tête, table, axes rotatifs) lors de la simulation d'usinage : cette possibilité est précieuse lors de la vérification et la validation de parcours en 5 axes, où les risques de collision sont importants par rapport à un usinage plus classique, en 3 axes.

Les logiciels FAO disponibles actuellement sont divers, et offrent de plus en plus d'option et de souplesse d'utilisation, et tout ça grâce à l'aide précieuse de l'informatique et l'évolution exponentielle des supports d'utilisation (micro ordinateur), Parmi ces logiciels FAO on peut citer :

- CAMWORKS
- CATIA
- POWERMILL
- SURFCAM
- GTL de MISSLER
- SMARTCAM
- CADKEY

### **V.2 Le G-code ou langage machine [13] :**

Le G-code est un langage directement utilisable par les MOCN, il regroupe toute une série d'informations concernant le déplacement de l'outil, les conditions de coupe et les caractéristiques techniques de la machine. Malgré les grands efforts de normalisations, les langages machine présentent des différences entre eux, il en résulte la nécessité de les adapter aux particularités de la machine.

#### ➤ **Structure générale du programme :**

Le programme est constitué d'une suite d'actions totalement définies ligne par ligne, et chaque ligne constitue un bloc d'informations.

Chaque bloc comporte des mots qui constituent une information: chaque mot débute par une lettre adresse qui donne un sens physique aux données numériques qui suivent : par exemple X15.500 signifie un déplacement suivant X jusqu'à l'abscisse 15.500, de même S1000 signifie une rotation de la broche fixée à 1000tr/min.

#### ➤ **Lettre adresses :**

Les lettres adresses usuelles sont :

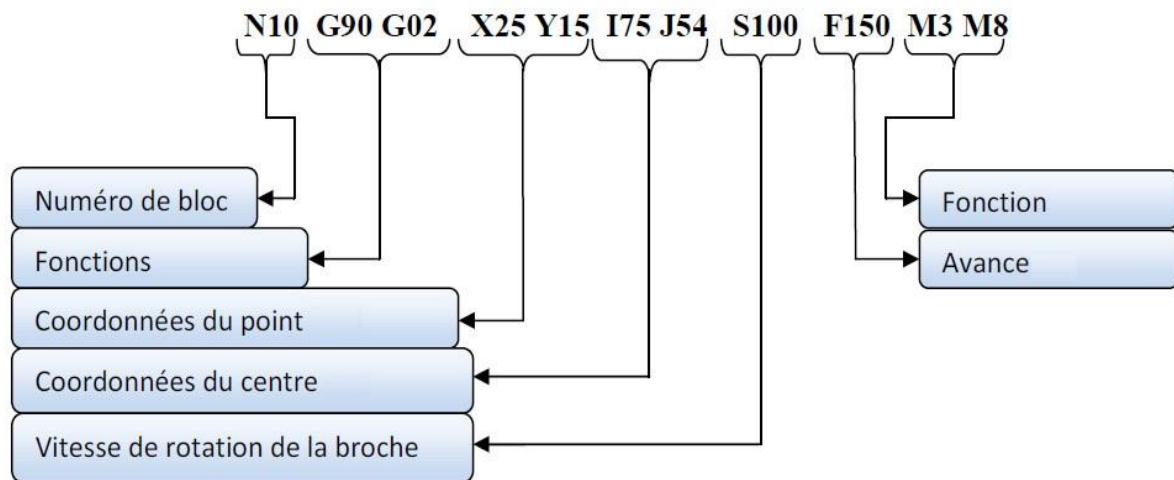
- **N** : pour la numérotation des blocs.
- **G** : pour les fonctions préparatoires.
- **X, Y, Z**: pour les coordonnées principales.
- **A, B, C**: pour les coordonnées angulaires.
- **U, V, W** : pour les déplacements secondaires parallèles à X, Y, Z.
- **I, J, K** : pour les coordonnées du centre d'interpolation.

- **S** : pour la vitesse de rotation.
- **F** : pour la vitesse d'avance.
- **T** : désigne l'outil à utiliser.
- **M** : pour les fonctions auxiliaires.

➤ **Format des données :**

Chaque constructeur spécifie dans son manuel de programmation la façon d'écrire les données numériques allouées aux différentes adresses.

-Voici un exemple de bloc d'informations:



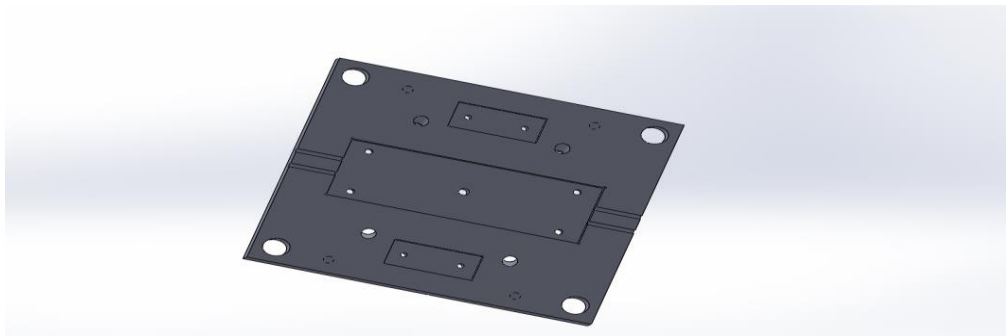
**Figure 63 :** Format G-code.

### **Application :**

Une fois que la conception est achevée on doit passer à la réalisation des pièces vu leurs formes compliquées, leurs précisions dimensionnelles et leurs états de surface.

Le logiciel utilisé lors de la conception est pas équipé d'un système de Simulation d'usinage (FAO) ce qui nous a amené à faire appel à un autre logiciel de FAO « Camworks ».

Vue la taille importante des programmes et leur influence sur le volume du Mémoire, on présente ici qu'un exemple de réalisation (porte empreintes mobile) Dont les programmes seront donnés en annexe 4



**Figure 64 :** porte empreinte mobile.

### **VI Machine et outils à commande numérique :**

La commande numérique est une technique utilisant des données composées de codes alphanumérique pour représenter les instructions géométriques et technologiques nécessaires à conduire une machine ou un procédé, c'est également une méthode d'automatisation des fonctions des machines ayant pour caractéristique principale une très grande facilité d'adaptation à des travaux différents.

Actuellement les principaux constructeurs de MOCN sont :

- NUM
- FANUC
- DMU
- HEIDENHAIN
- MAKINO
- MAZAK
- DMG
- HERMIL
- CINCINNATI

#### **VI.1) Classification des machines outil à commandes numérique :**

On peut classer les MOCN suivant deux critères essentiels qui sont :

- **Mode de déplacement de la table :**
  - Machines à déplacement point à point.
  - Machines à déplacement paraxial.
  - Machines à déplacement continu.
- **Le nombre d'axes commandés simultanément :**
  - Deux axes commandés simultanément.
  - Deux axes commutables
  - Deux axes et demi.
  - Trois axes simultanés.
  - Quatre axes.
  - Cinq axes.

### VI.3) Eléments de base d'une MOCN :

Une machine-outil à commande numérique est composée de deux parties essentielles, la partie commande et la partie opérative :

➤ **Partie commande :**

La partie commande a pour fonction de transformer les informations codées du programme en ordres donnés aux servomécanismes de la partie opérative, pour obtenir les déplacements des organes mobiles. La partie commande est constituée d'une multitude de microprocesseur et d'automates programmables.

➤ **Partie opérative :**

Elle comprend tous les organes physiques mobiles et immobiles de la machine, qui entrent en jeux dans l'usinage de la pièce.

Dans le cas d'une fraiseuse à commande numérique, la partie opérative sera composée de :

- **la table:** support de pièces, mobile selon deux ou trois axes, équipée de systèmes de commande vis et écrou à billes.
- **Les moteurs :** chargés de l'entraînement de la table support de pièce suivant les divers axes et de la rotation de la broche.
- **L'élément de mesure :** ou capteur de position qui renseigne à tout moment la position du mobile sur chaque axe.
- **La dynamo tachymétrie :** qui assure la mesure de vitesse de rotation.

The page features a decorative graphic consisting of three blue circles of varying sizes, each with a gradient from dark to light blue. Two thin blue lines intersect at the top left, forming a large 'V' shape that frames the circles. The text 'CONCLUSION GENERALE' is centered in the middle of the page.

**CONCLUSION GENERALE**



## Conclusion générale

La réalisation de notre projet au sein de l'entreprise ENIEM a été pour nous d'une importance capitale, tant sur le plan pratique et sur le plan théorique, et cela non seulement nous a permis d'élargir nos connaissances dans le domaine de la conception et la réalisation mais aussi comprendre la difficulté de mettre en œuvre les acquis théoriques dans le milieu industriel.

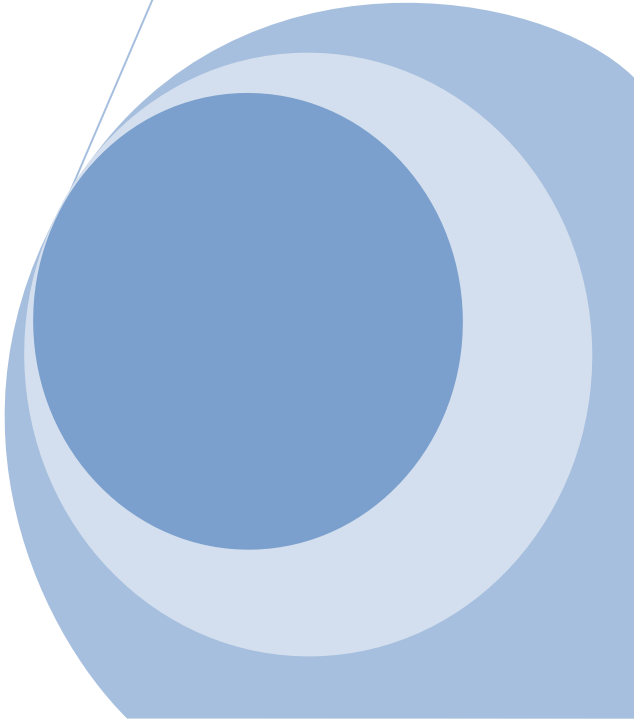
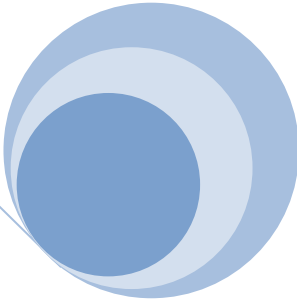
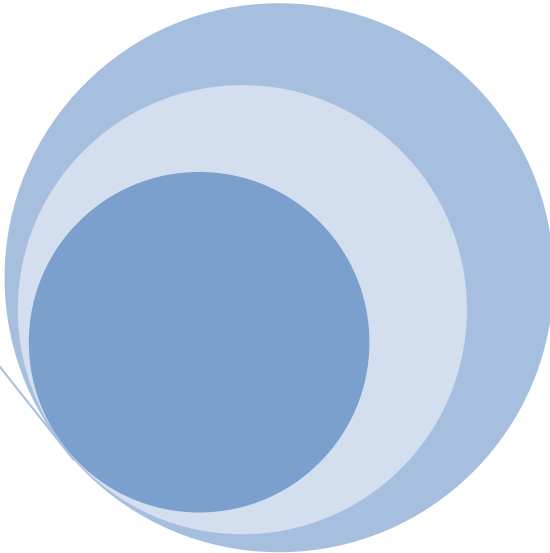
Cette étude nous a permis :

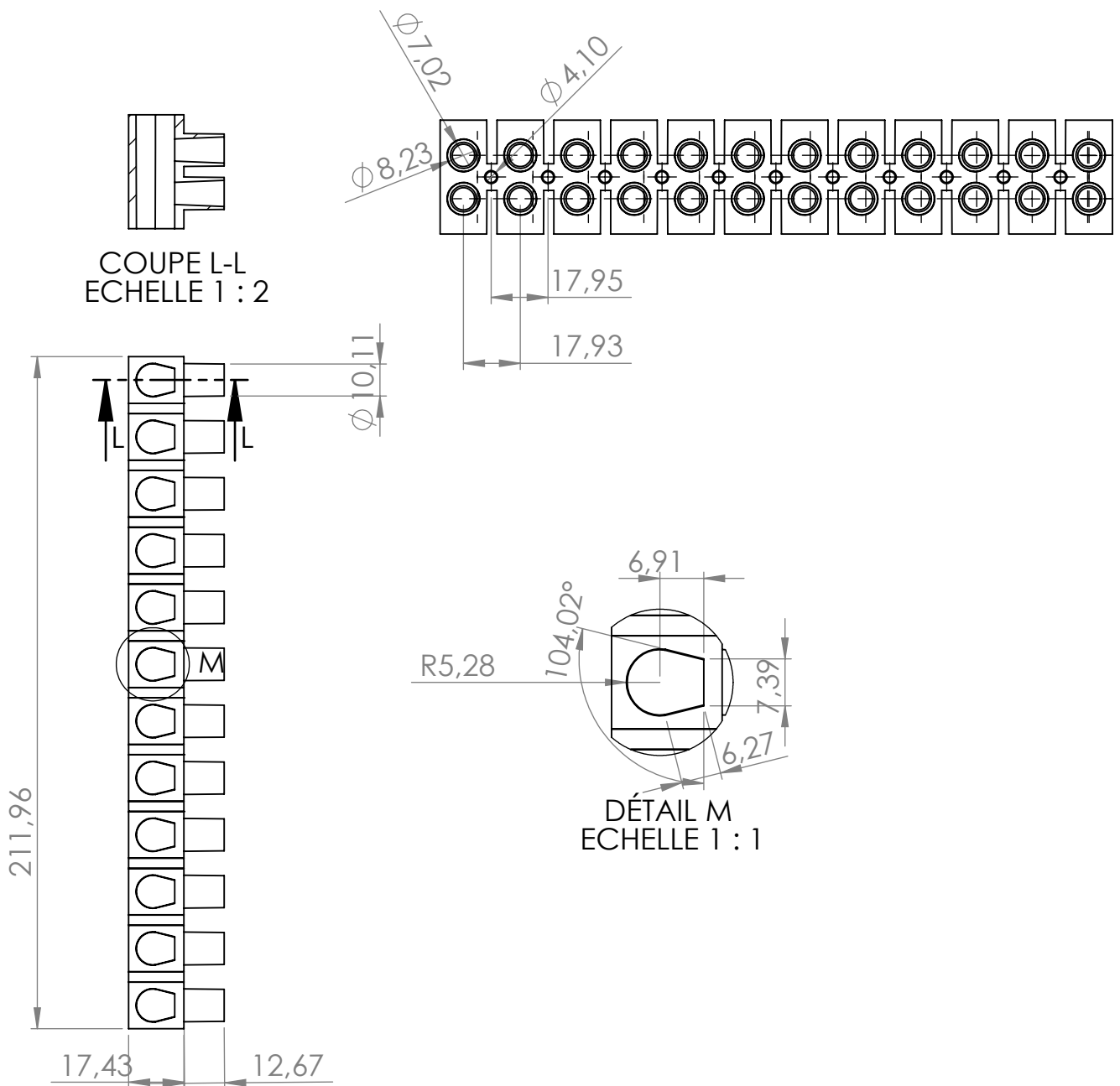
- d'approfondir nos connaissances dans le domaine de la plasturgie et comprendre la raison de son importante place occupée dans les différents secteurs industriels
- de connaître et comprendre le procédé de mise en œuvre de ce matériau en général et le procédé de l'injection plastique en particulier
- de prendre en considération tous les paramètres nécessaires et les éléments influents dans la conception d'un moule à injection plastique ainsi que les matériaux à utiliser.

L'élaboration de ce projet nous a permis de nous familiariser avec le logiciel de la CFAO (Solidworks) et Camworks), de faire des calculs, dimensionnels du moule et des circuits de refroidissement ainsi que les conduits d'alimentation en se référant à des normes industrielles comme « Rabourdin industrie » ainsi qu'à la vérification de la résistance des composants du moule pour assurer son bon fonctionnement.

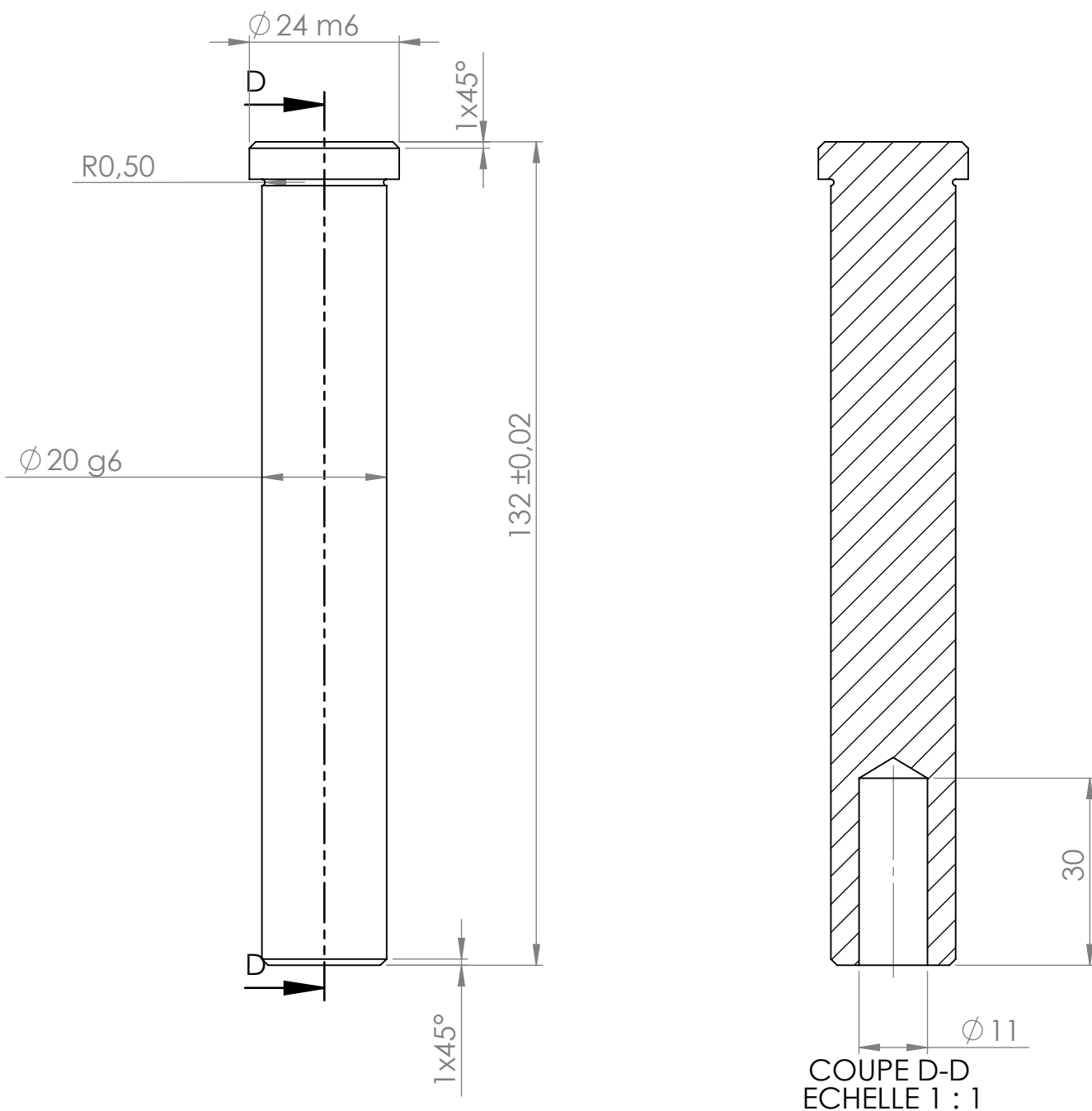
En fin, ce travail était, pour nous, une occasion de faire nos premiers pas dans le vaste terrain de la conception et la fabrication des moules, dans le sens où nous étions amenés à concevoir un moule d'injection plastique qui nous était totalement méconnu auparavant. Pour cerner cette problématique, nous avons effectué une recherche sur le principe de fonctionnement pour nous permettre d'imaginer des solutions adéquates, simples et réalisables dans les limites du cahier des charges.

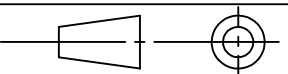
**DESSINS DE  
CONCEPTION**

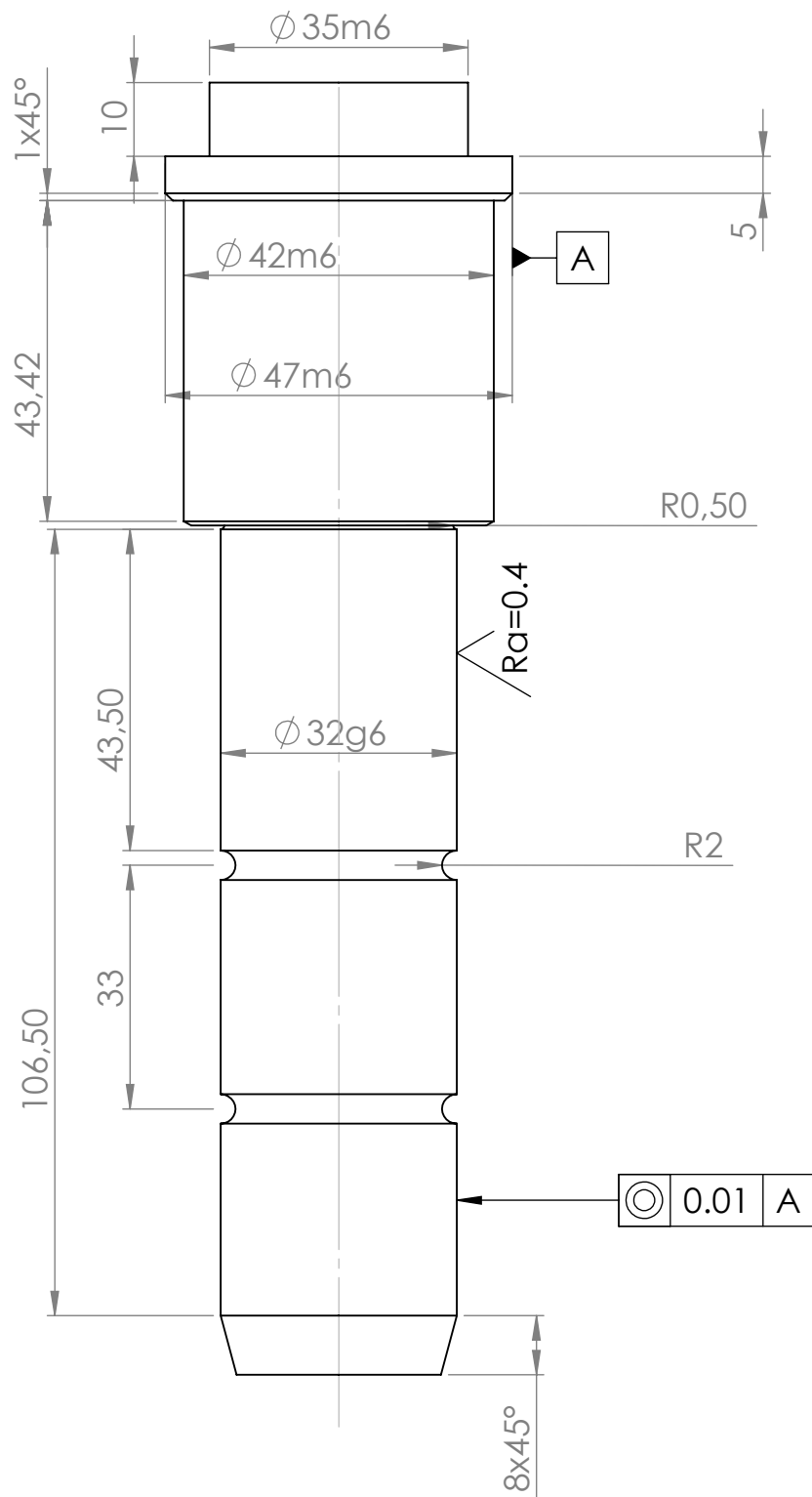


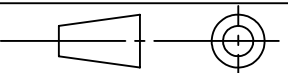


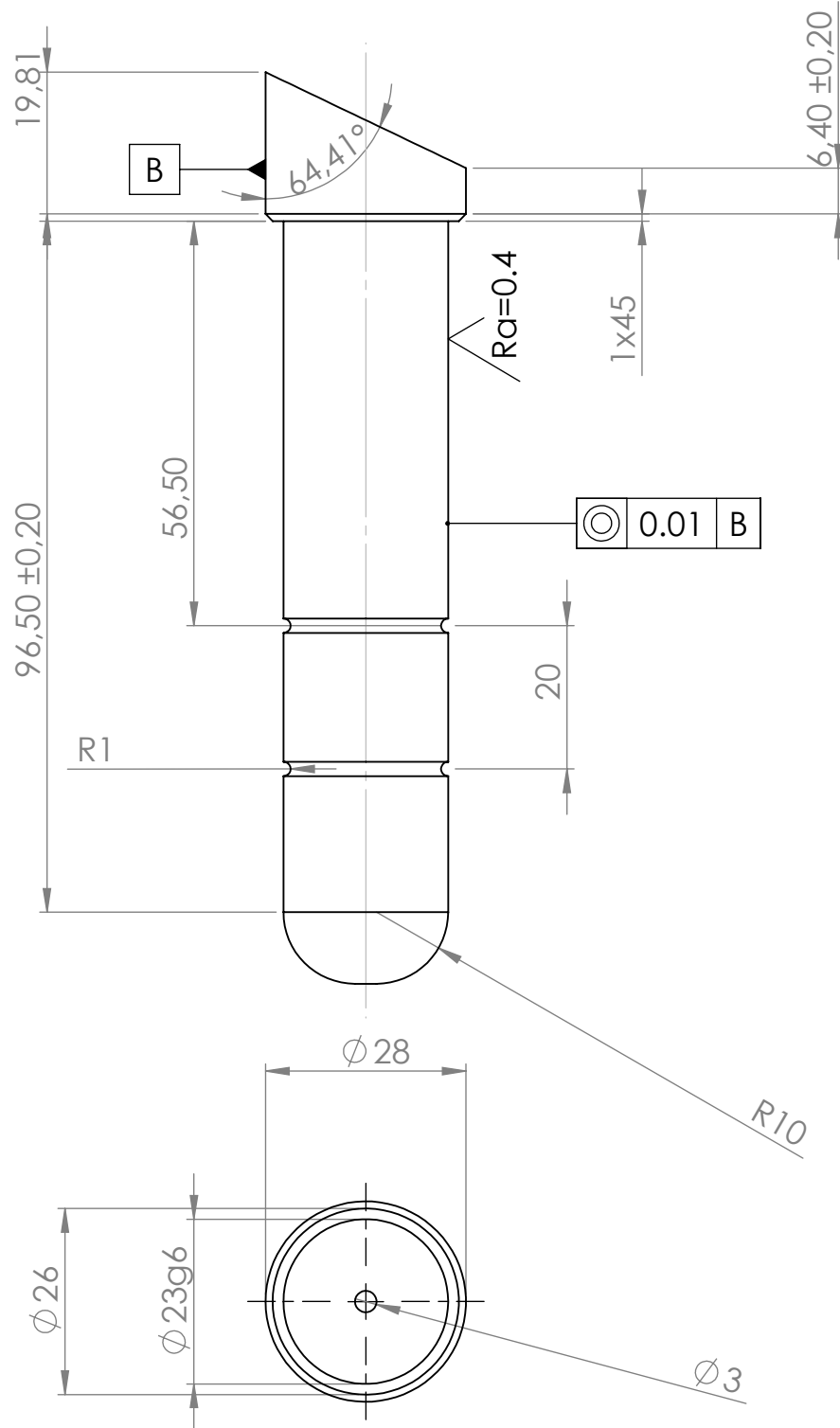
01	02	Piece moulée ( domino)	PP	Retrait de 1 a 2.8%
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		<b>MOULE D'INJECTION PLASTIQUE</b>	Kemkem Yougourthene Ihamoutene Amar	
			projet de fin d'etude 2016/2017	
A4			FMP Master II	
		<b>Université Mouloud Mammeri Tizi ouzou</b>		

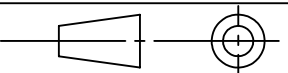


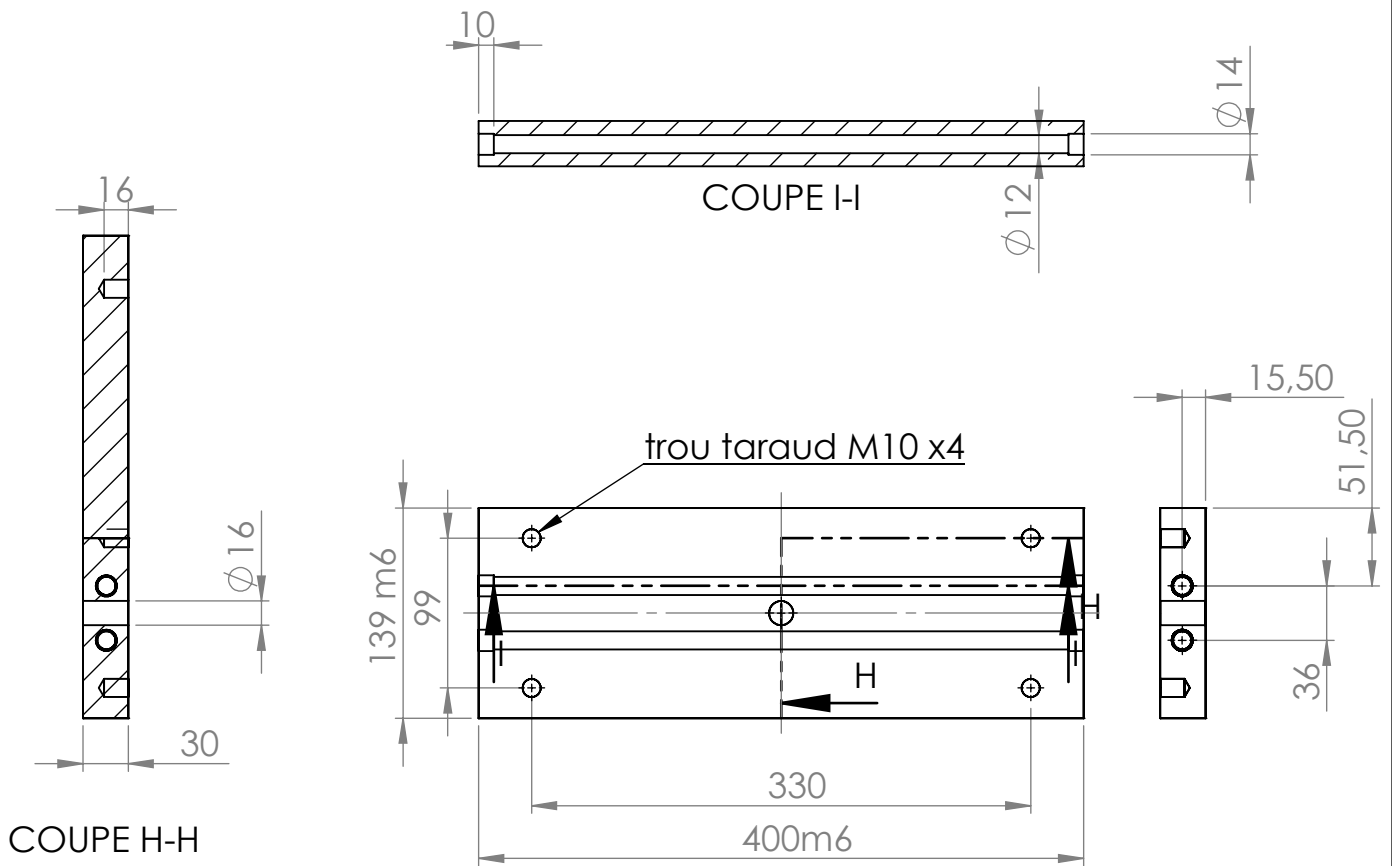
02	04	colonne de rappel	Acier nituré	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		<b>MOULE D'INJECTION PLASTIQUE</b>	Kemkem Yougourthene Ihamoutene Amar	
			projet de fin d'etude 2016/2017	
A4			Université Mouloud Mammeri Tizi ouzou FMP Master II	

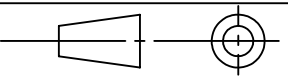


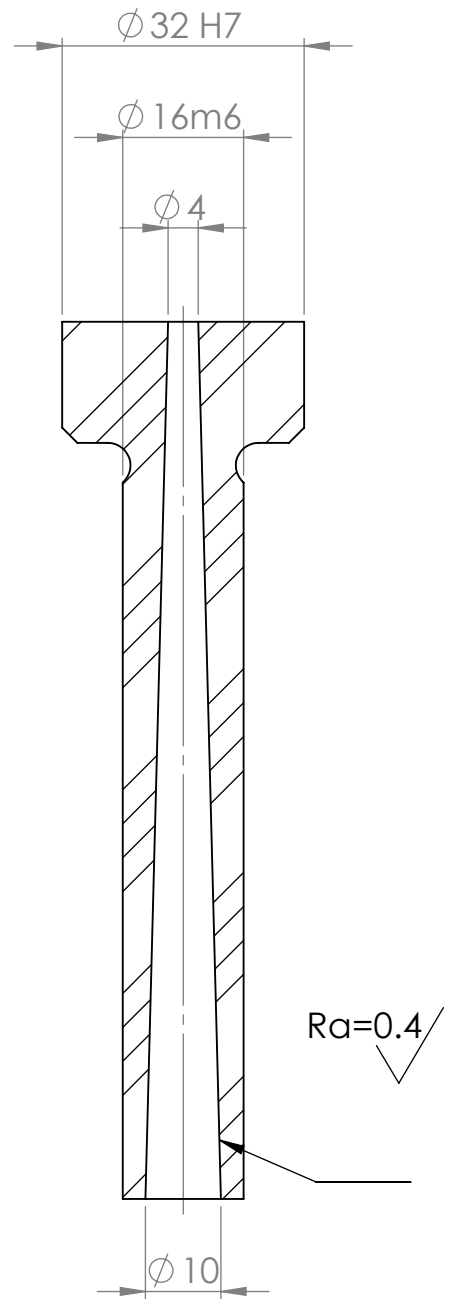
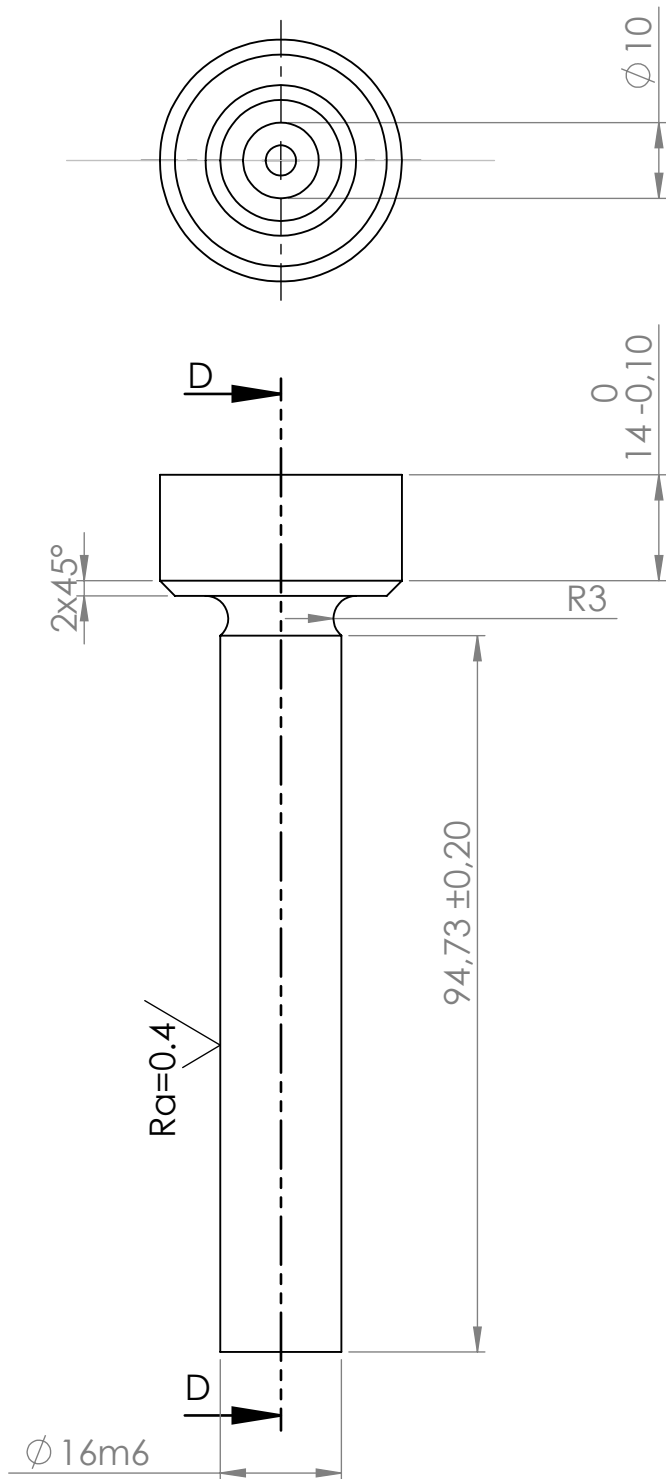
03	04	colonne de guidage	16MnCr5	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		<b>MOULE D'INJECTION PLASTIQUE</b>	Kemkem Yougourthene Ihamoutene Amar	
			projet de fin d'etude 2016/2017	
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi ouzou	FMP Master II	



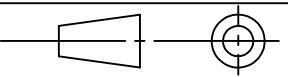
04	04	Doigt de démoulage	16MnCr5	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		<b>MOULE D'INJECTION PLASTIQUE</b>	Kemkem Yougourthene Ihamoutene Amar	
			projet de fin d'etude 2016/2017	
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi ousou	FMP Master II	

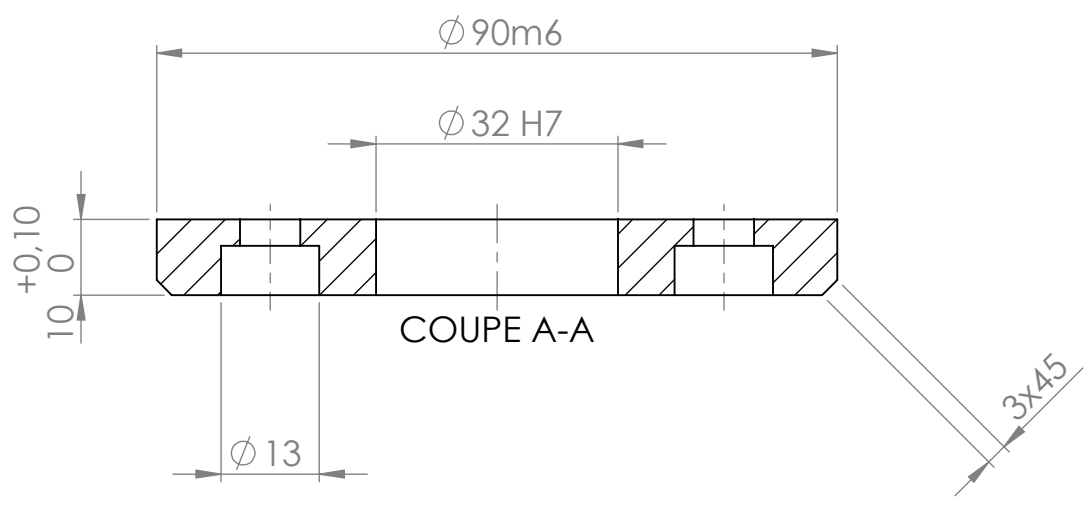
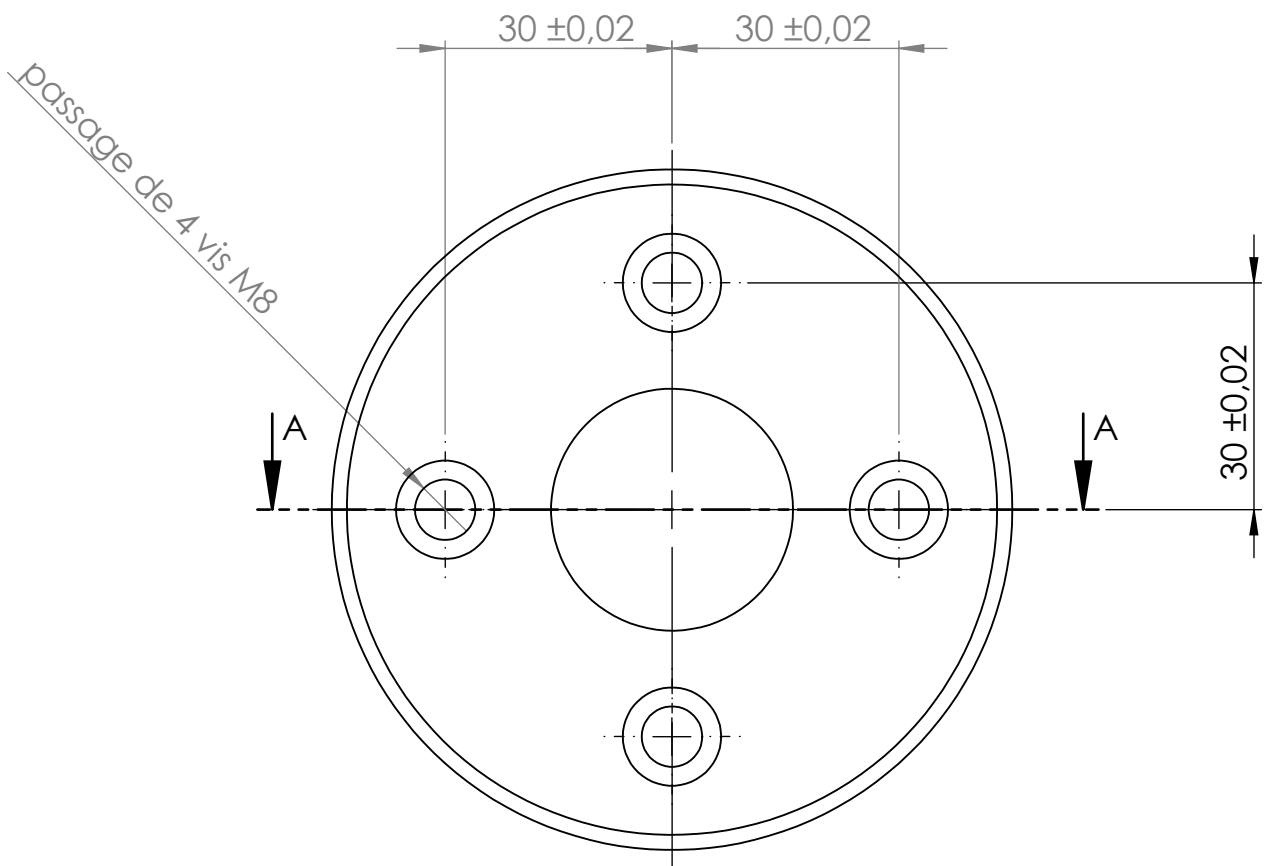


05	01	Empreinte mobile	X38CrMoV5	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:5		<b>MOULE D'INJECTION PLASTIQUE</b>	Kemkem Yougourthene Ihamoutene Amar	
			projet de fin d'etude 2016/2017	
A4			Université Mouloud Mammeri Tizi ouzou FMP Master II	

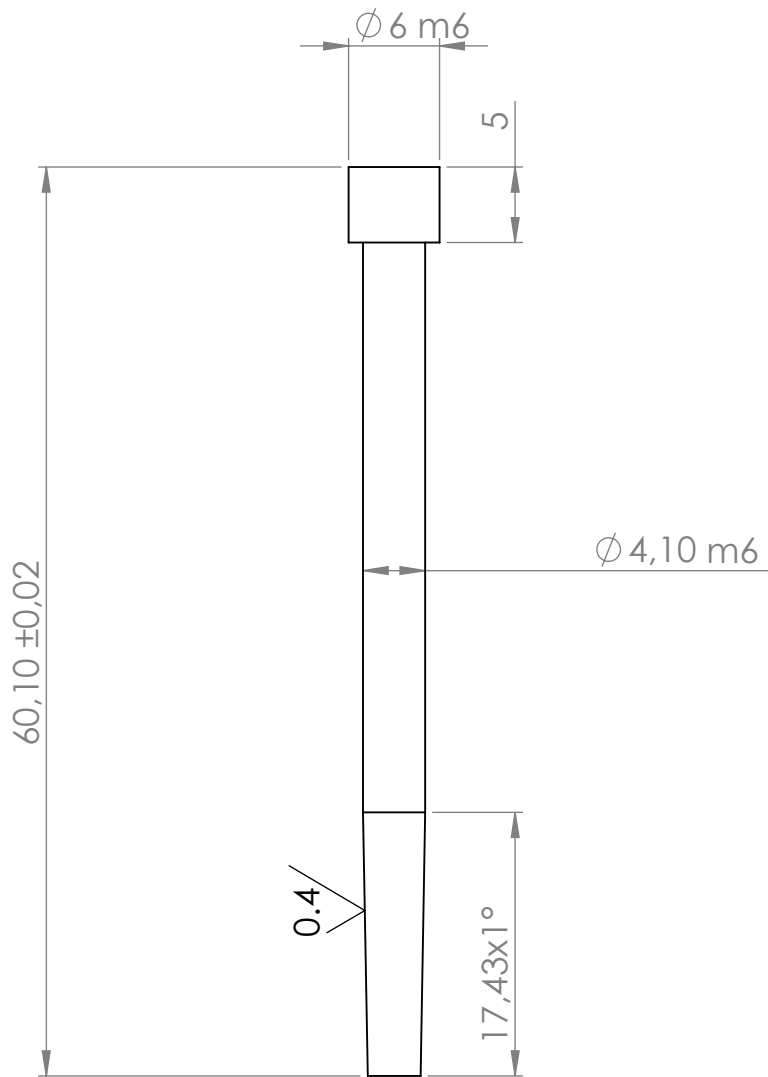


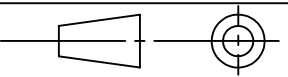
COUPE D-D

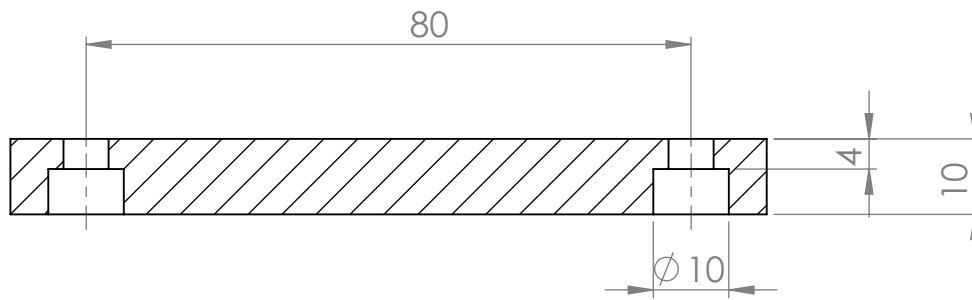
06	01	buse d'injection	X38CrMoV5-1	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		<b>MOULE D'INJECTION PLASTIQUE</b>	Kemkem Yougourthene Ihamoutene Amar	
			projet de fin d'etude 2016/2017	
A4			Université Mouloud Mammeri Tizi ousou FMP Master II	



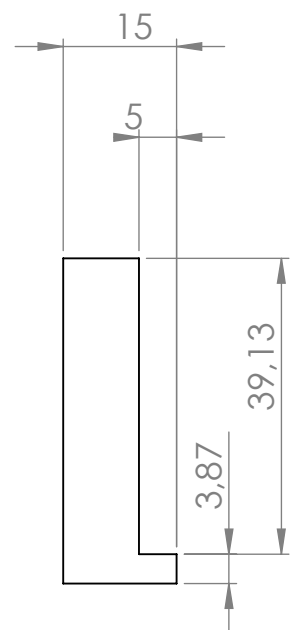
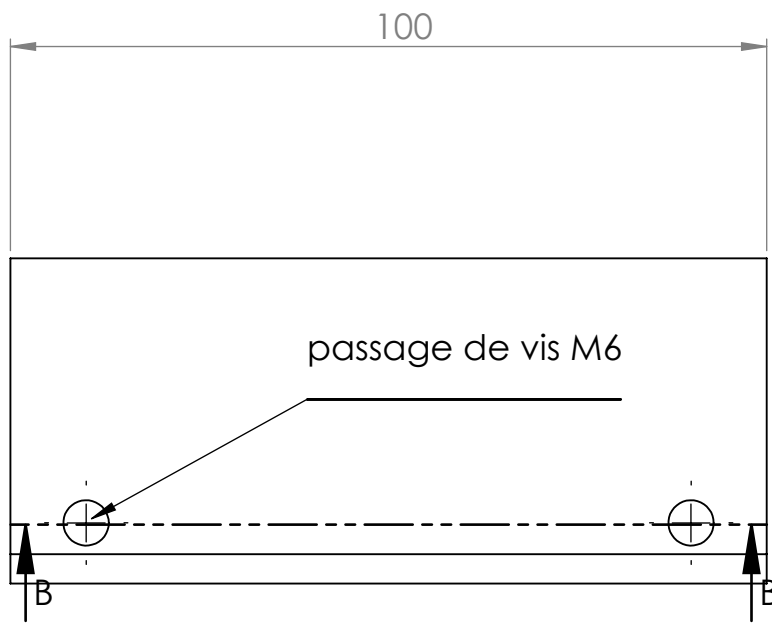
07	01	bague de centrage	34CrMo4	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle:		<b>MOULE D'INJECTION PLASTIQUE</b>		Kemkem Yougourthene Ihamoutene Amar
1:1				projet de fin d'etude 2016/2017
				FMP Master II
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi ouzou		

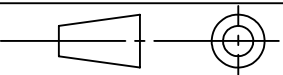


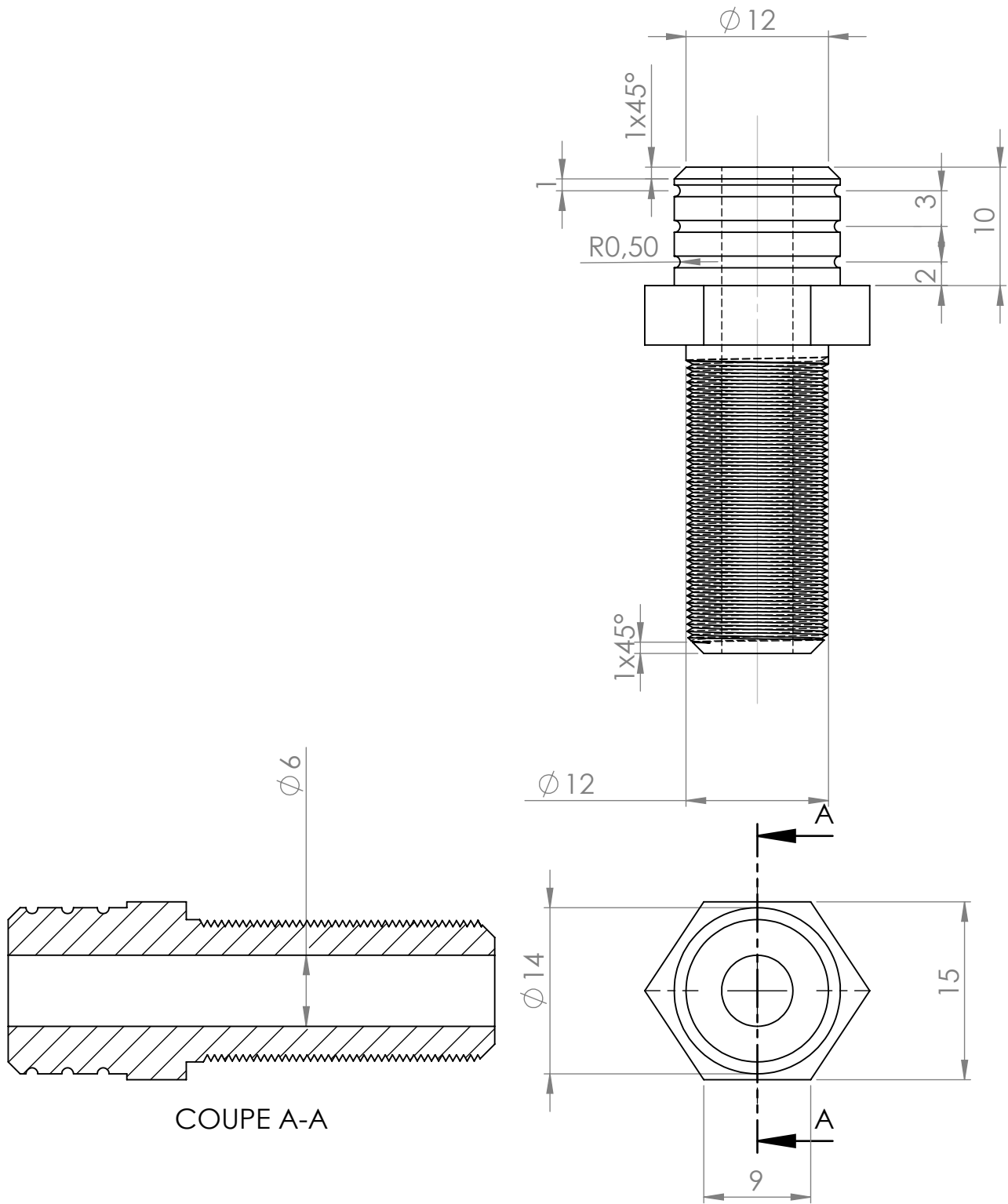
08	22	Tige 2	X38CrMnV5-1	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		<b>MOULE D'INJECTION PLASTIQUE</b>	Kemkem Yougourthene Ihamoutene Amar	
			projet de fin d'etude 2016/2017	
A4			Université Mouloud Mammeri Tizi ousou FMP Master II	

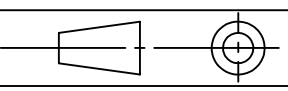


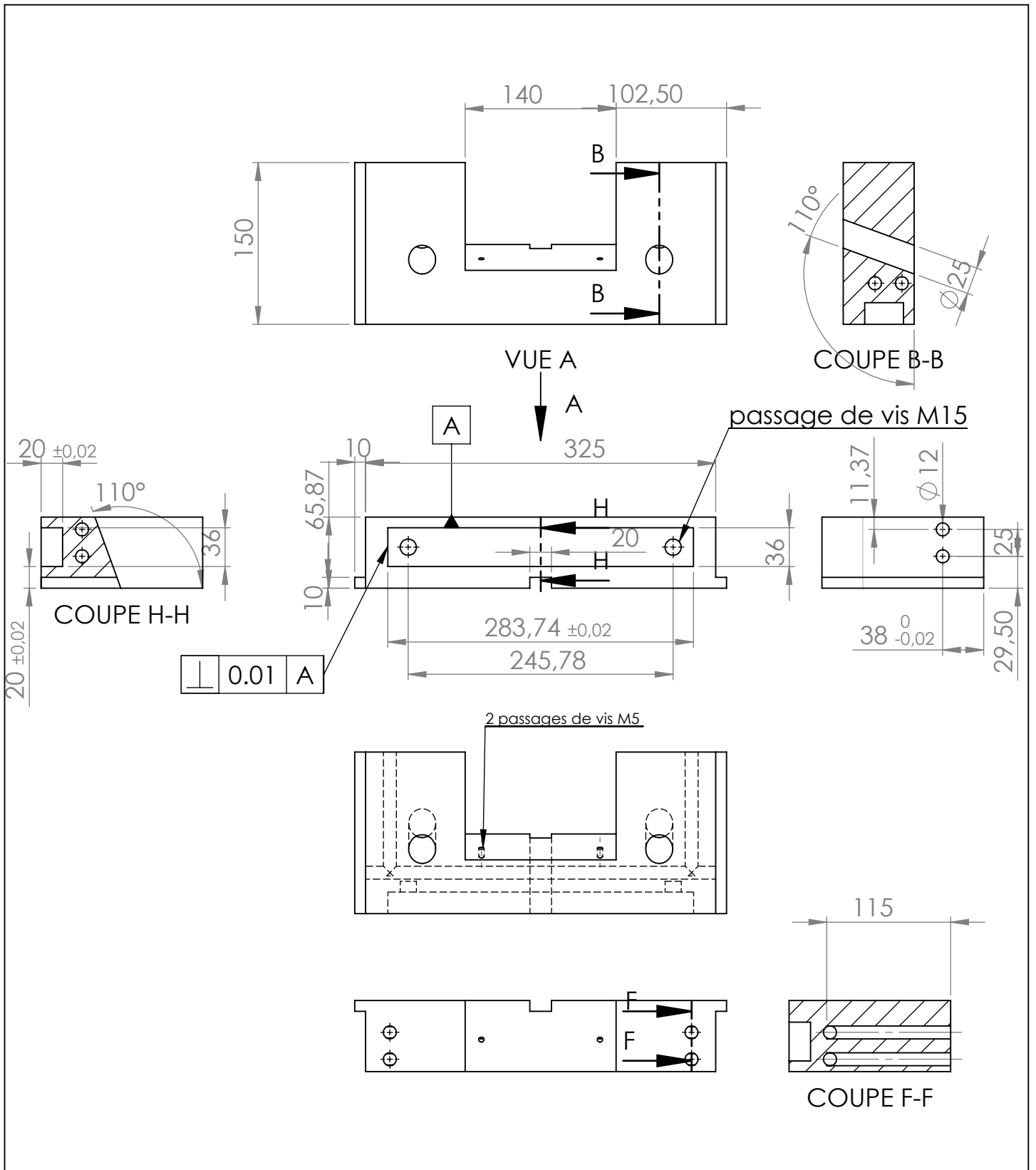
COUPE B-B



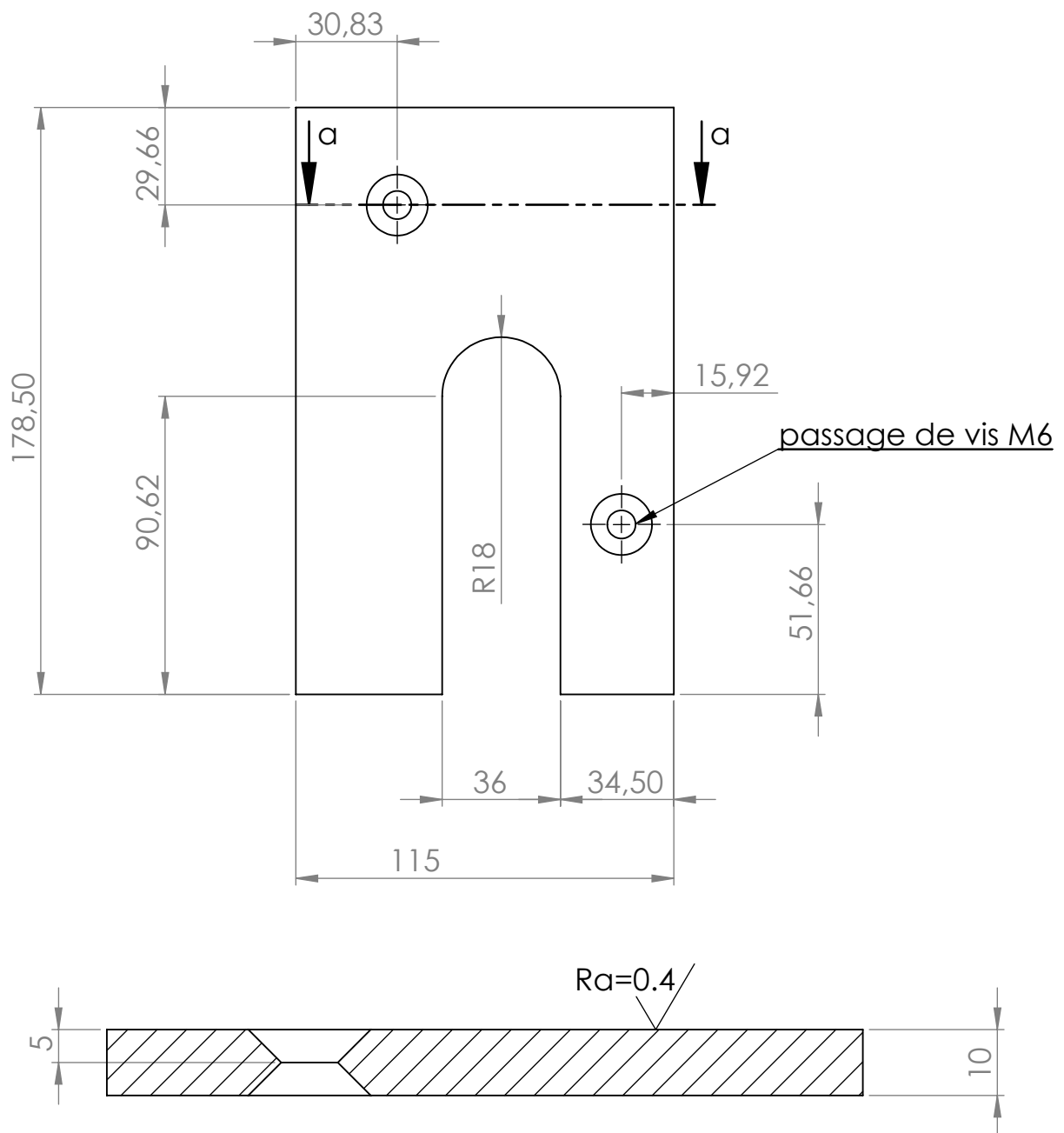
09	04	Butée	XC35	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		<b>MOULE D'INJECTION PLASTIQUE</b>	Kemkem Yougourthene Ihamoutene Amar	
			projet de fin d'etude 2016/2017	
A4			Université Mouloud Mammeri Tizi ousou FMP Master II	



10	16	pipette de raccordement (tétine)	bronze	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		<b>MOULE D'INJECTION PLASTIQUE</b>	Kemkem Yougourthene Ihamoutene Amar	
			projet de fin d'etude 2016/2017	
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi ousou	FMP Master II	



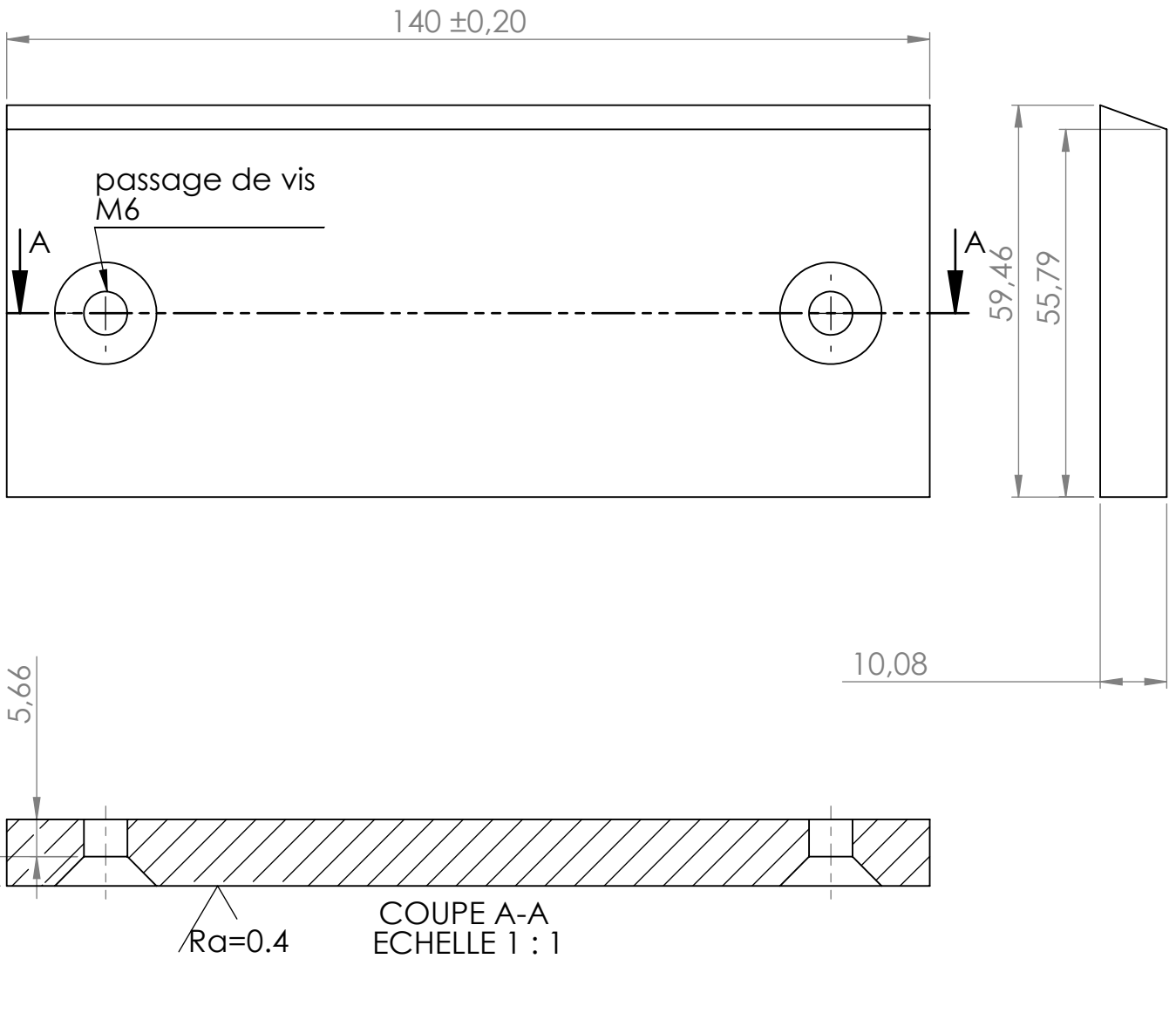
11	02	Porte Tiroir	XC48	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:5		<b>MOULE D'INJECTION PLASTIQUE</b>	Kemkem Yougourthene Ihamoutene Amar	
			projet de fin d'etude 2016/2017	
A4			Université Mouloud Mammeri Tizi ouzou FMP Master II	

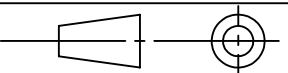


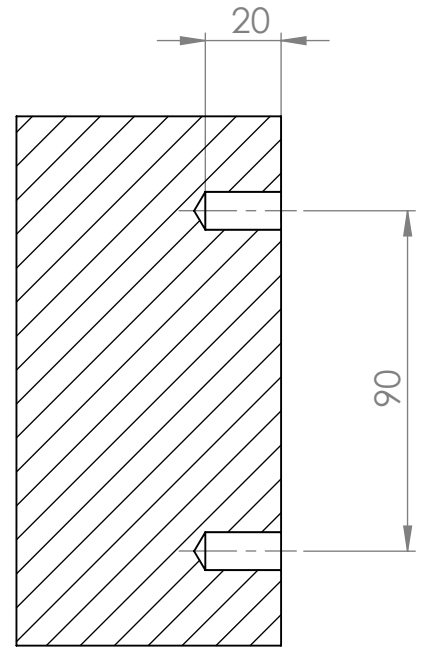
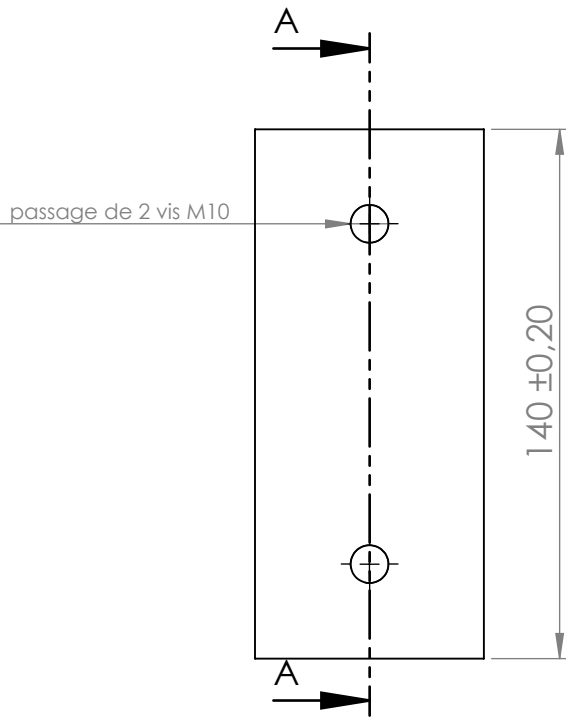
COUPE a-a  
ECHELLE 1 : 1

toute les cotes sont  
tolérées de 0.3

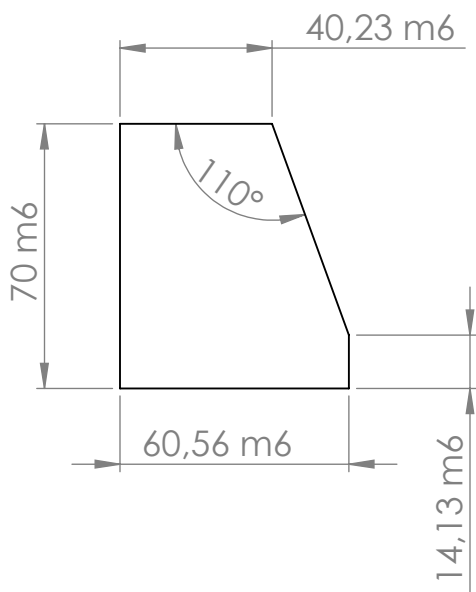
12	04	plaque d'usurel	Bronze	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		<b>MOULE D'INJECTION PLASTIQUE</b>	Kemkem Yougourthene Ihamoutene Amar	
			projet de fin d'etude 2016/2017	
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi ouzou	FMP Master II	

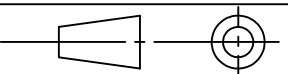


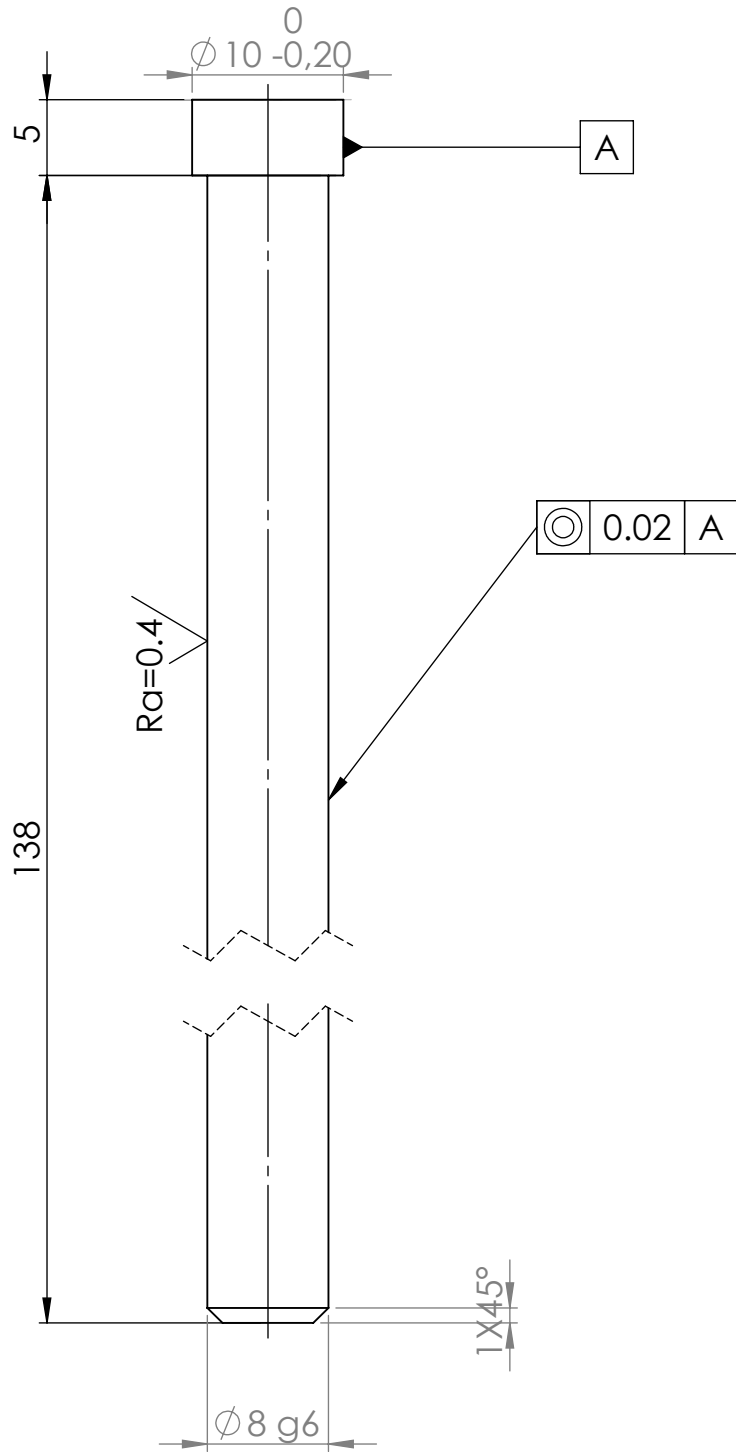
13	02	Plaque d'usure2	Bronze	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		<b>MOULE D'INJECTION PLASTIQUE</b>	Kemkem Yougourthene Ihamoutene Amar	
			projet de fin d'etude 2016/2017	
A4			Université Mouloud Mammeri Tizi ouzou FMP Master II	



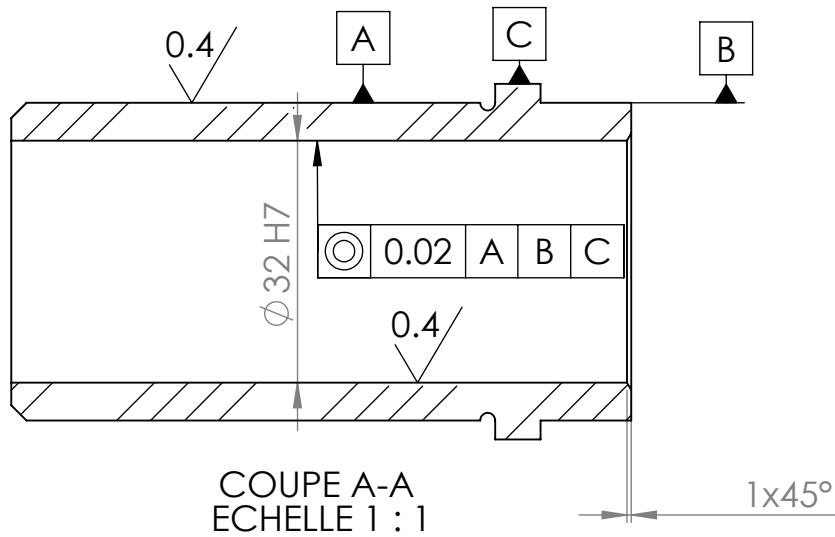
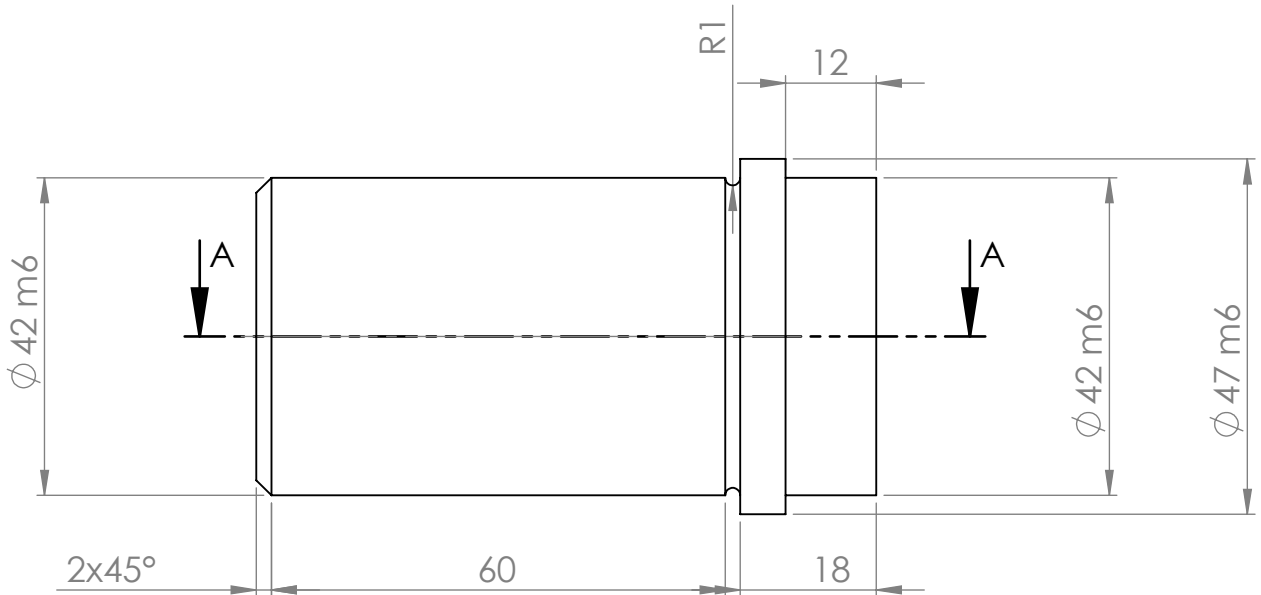
COUPE A-A

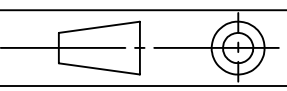


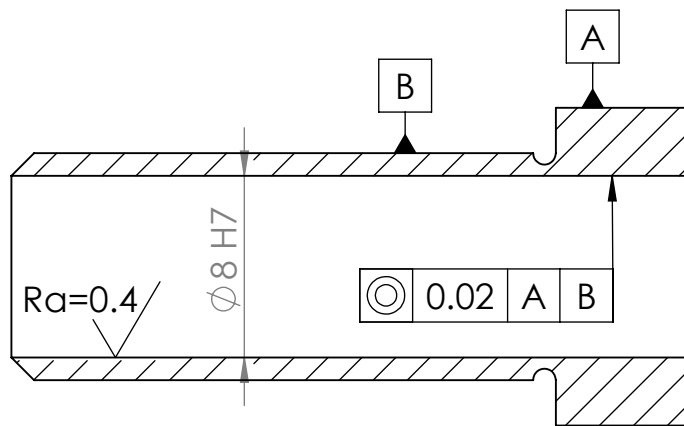
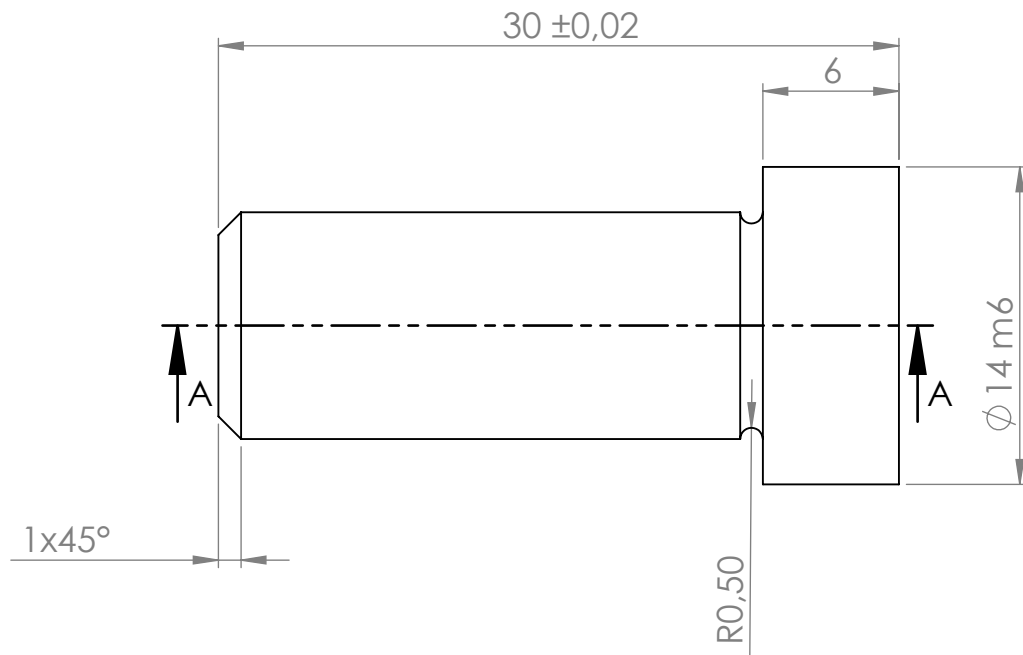
14	02	Sabot	14NiCr12	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		<b>MOULE D'INJECTION PLASTIQUE</b>	Kemkem Yougourthene Ihamoutene Amar	
			projet de fin d'etude 2016/2017	
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi ouzou	FMP Master II	



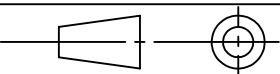
15	04	Arrache carotte	16MnCr5	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 2:1		<b>MOULE D'INJECTION PLASTIQUE</b>	Kemkem Yougourthene Ihamoutene Amar	
			projet de fin d'etude 2016/2017	
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi ousou	FMP Master II	

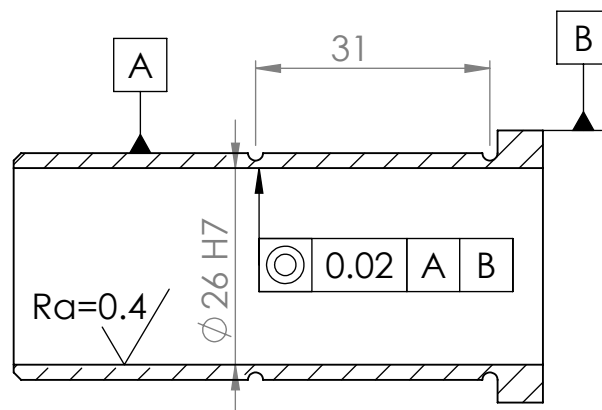
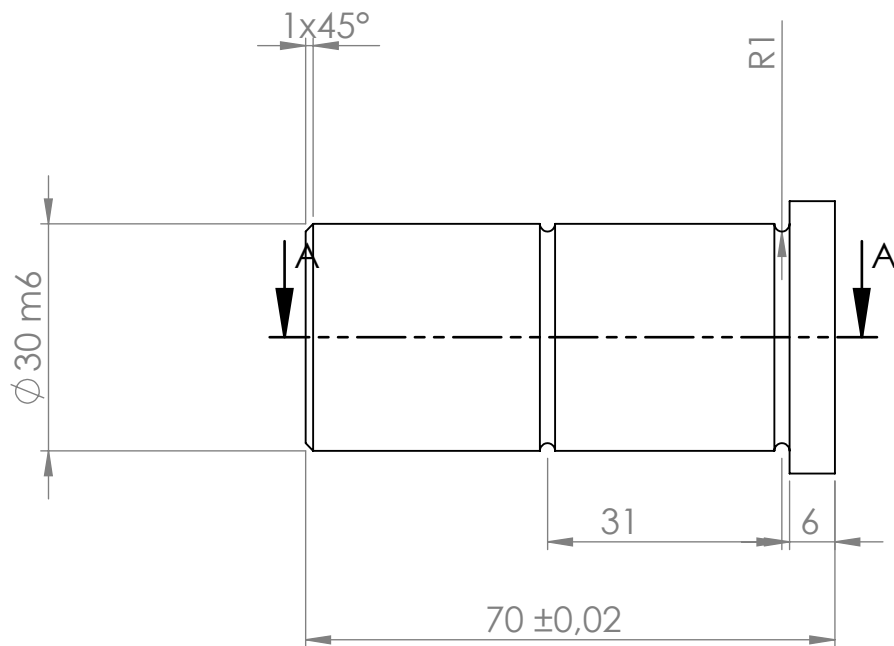


16	04	Douille de guidage	16NiCr4	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		<b>MOULE D'INJECTION PLASTIQUE</b>	Kemkem Yougourthene Ihamoutene Amar	
			projet de fin d'etude 2016/2017	
A4			Université Mouloud Mammeri Tizi ousou FMP Master II	

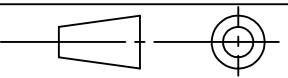


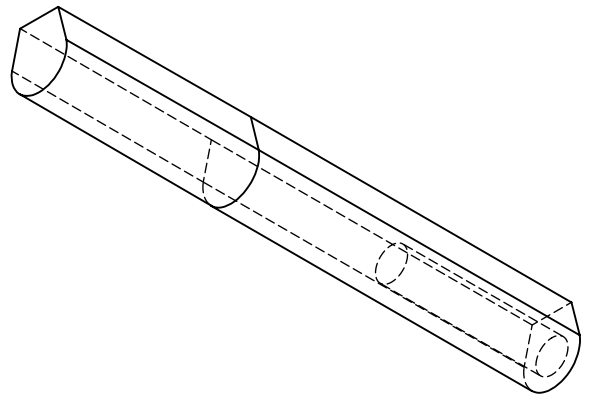
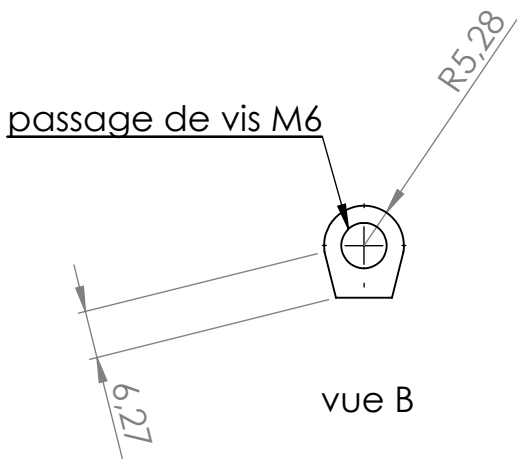
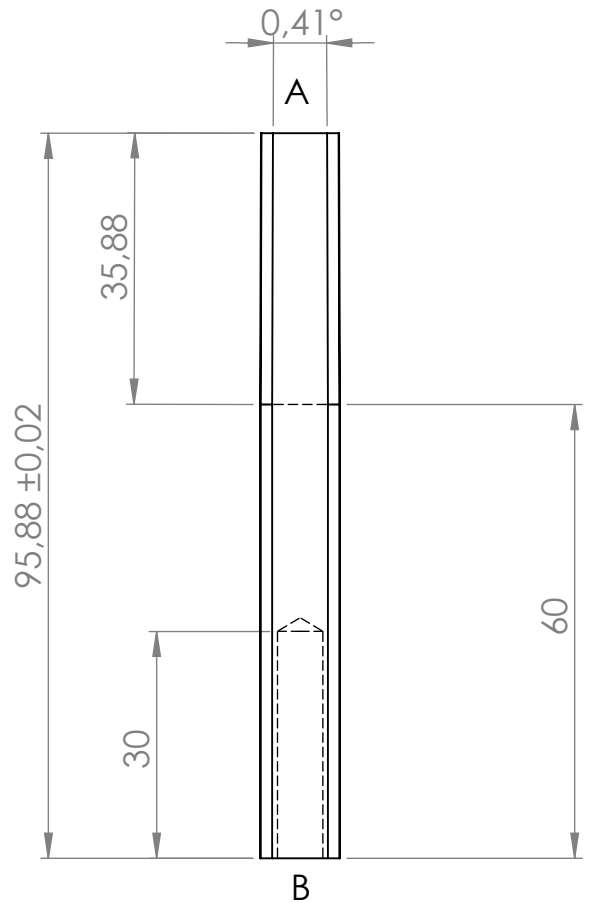
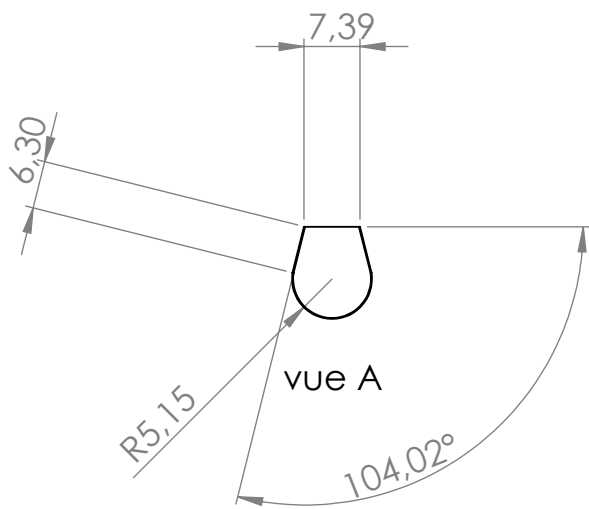
COUPE A-A

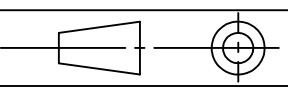
17	04	Douille D8	16NiCr4	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 3:1		<b>MOULE D'INJECTION PLASTIQUE</b>	Kemkem Yougourthene Ihamoutene Amar	
			projet de fin d'etude 2016/2017	
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi ouzou	FMP Master II	



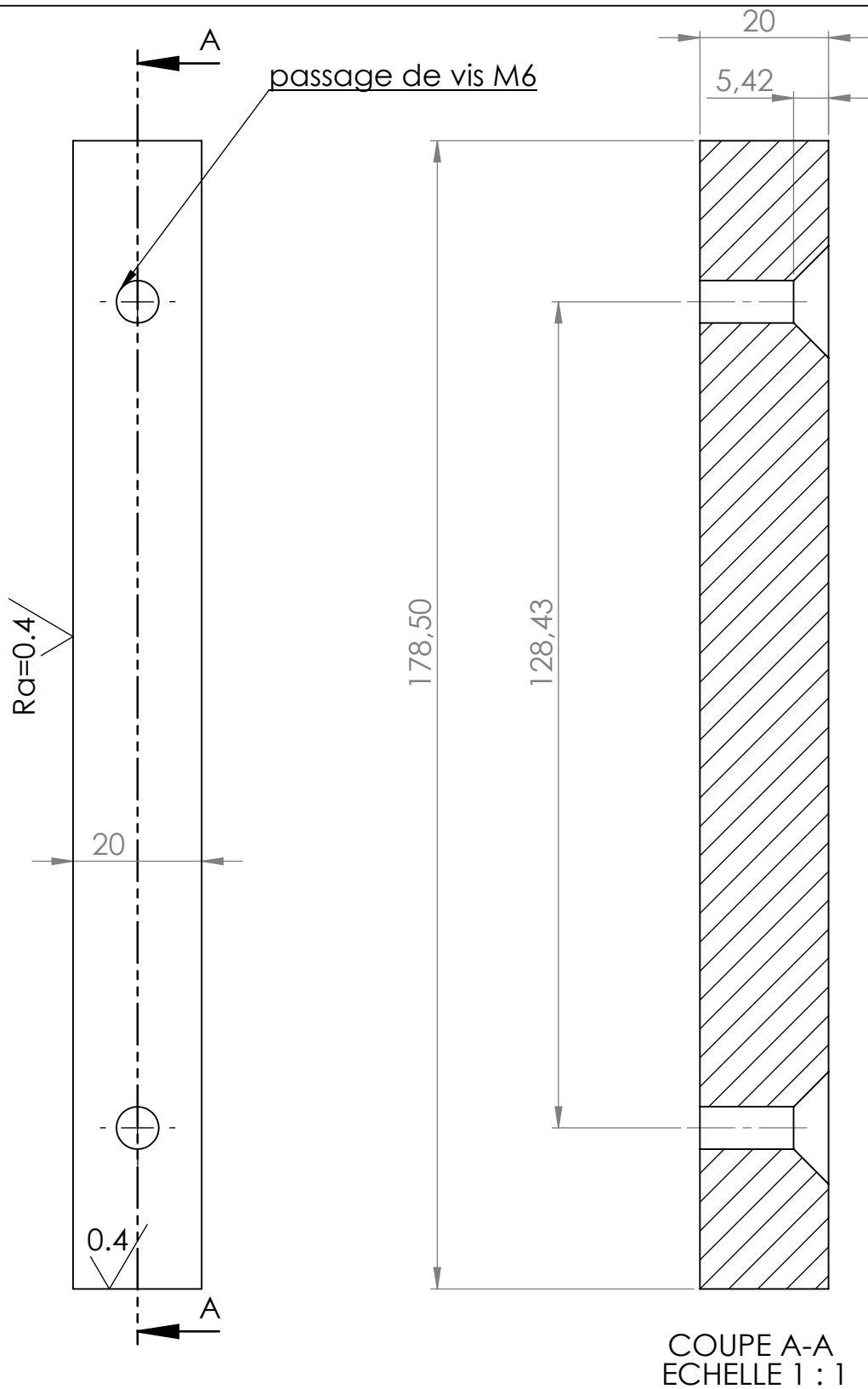
COUPE A-A

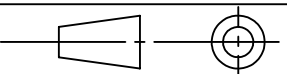
18	04	Douille de guidage D26	16NiCr4	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		<b>MOULE D'INJECTION PLASTIQUE</b>	Kemkem Yougourthene Ihamoutene Amar	
			projet de fin d'etude 2016/2017	
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi ousou	FMP Master II	



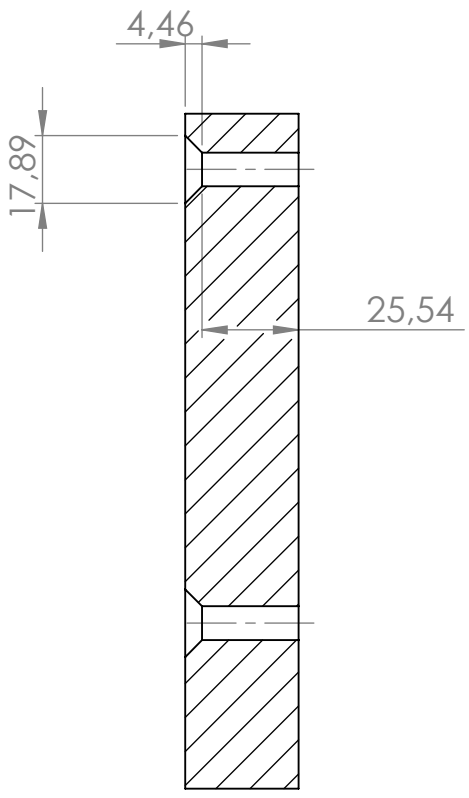
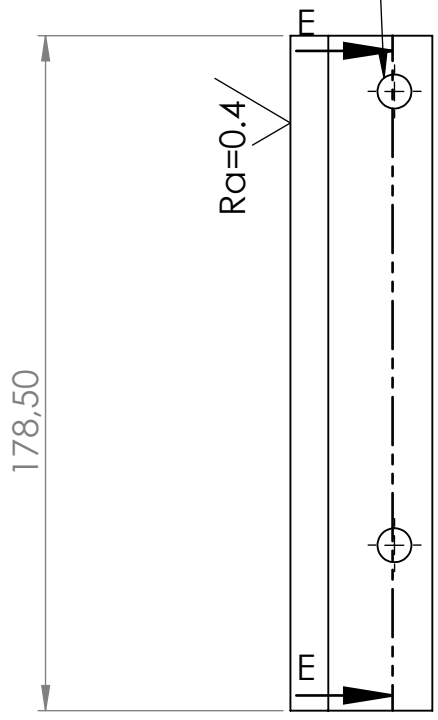
19	24	Insert	X38CrMnV5-1	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		<b>MOULE D'INJECTION PLASTIQUE</b>	Kemkem Yougourthene Ihamoutene Amar	
			projet de fin d'etude 2016/2017	
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi ousou	FMP Master II	



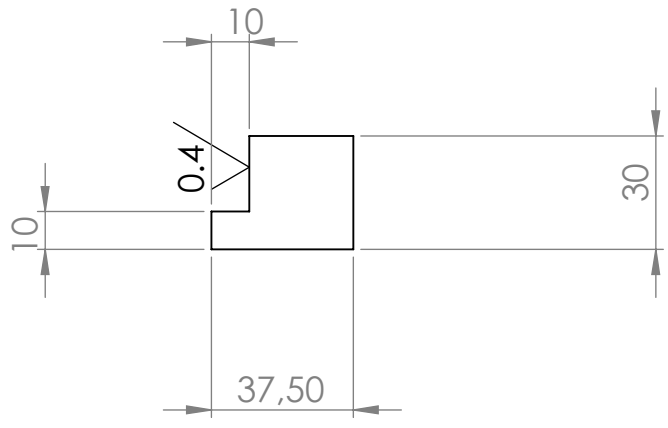


31	02	Glissière II	42CD4	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		<b>MOULE D'INJECTION PLASTIQUE</b>	Kemkem Yougourthene Ihamoutene Amar	
			projet de fin d'etude 2016/2017	
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi ousou	FMP Master II	

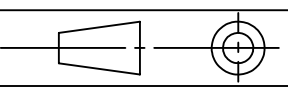
2 passages de vis M6

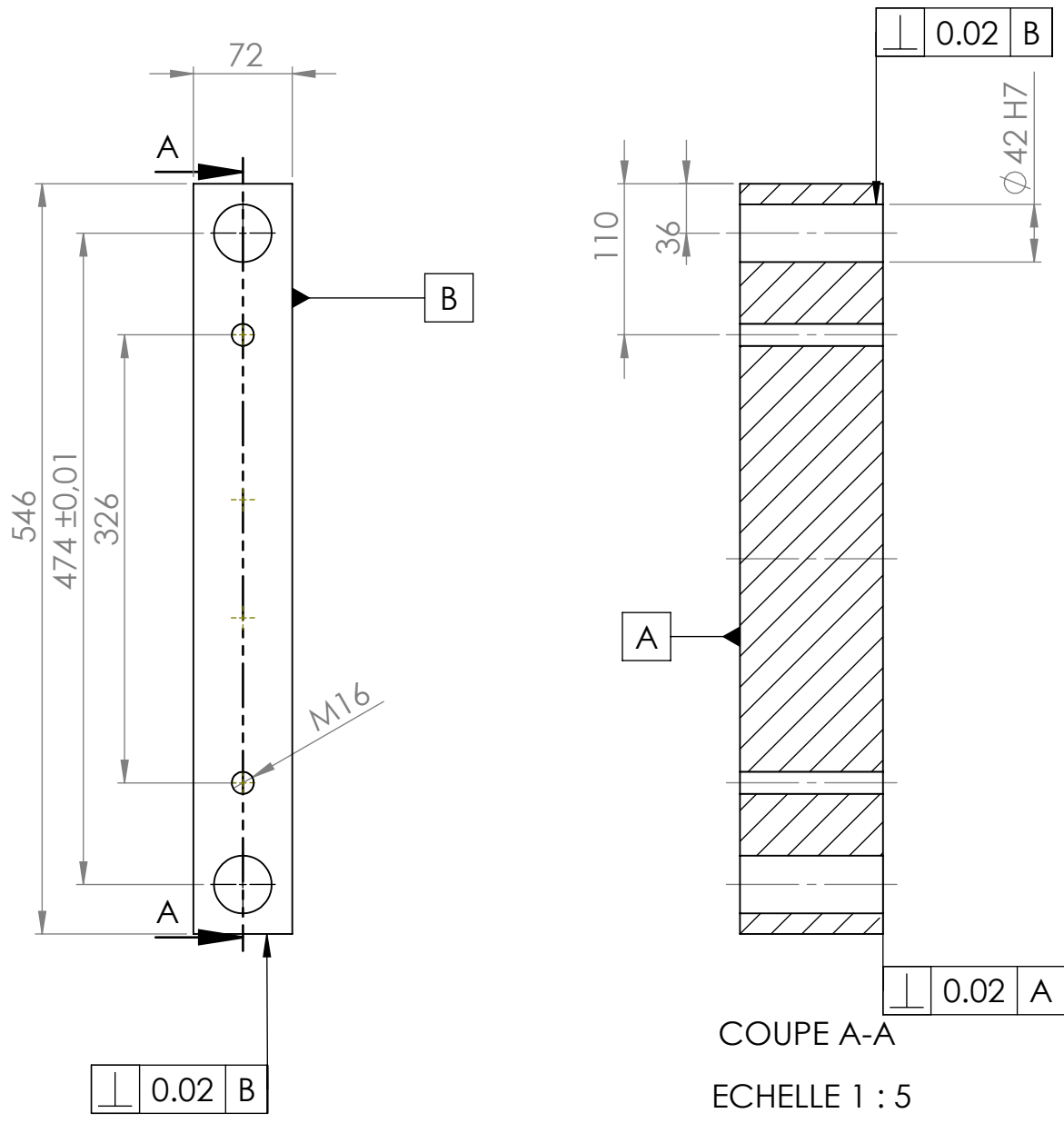


COUPE E-E

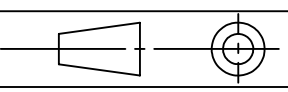


toute les cotes sont tolérées de 0.3

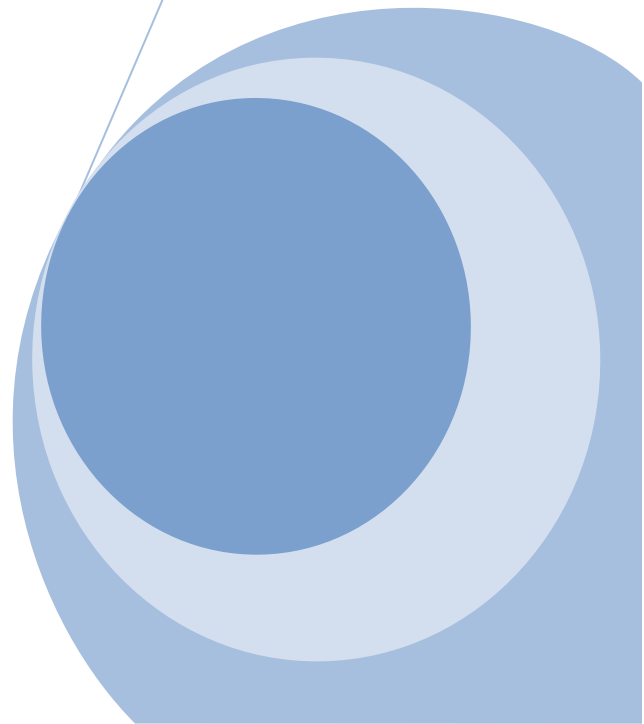
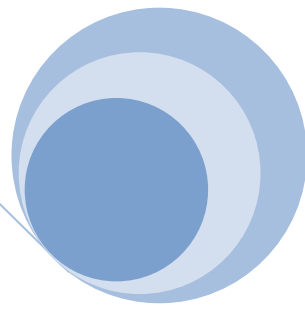
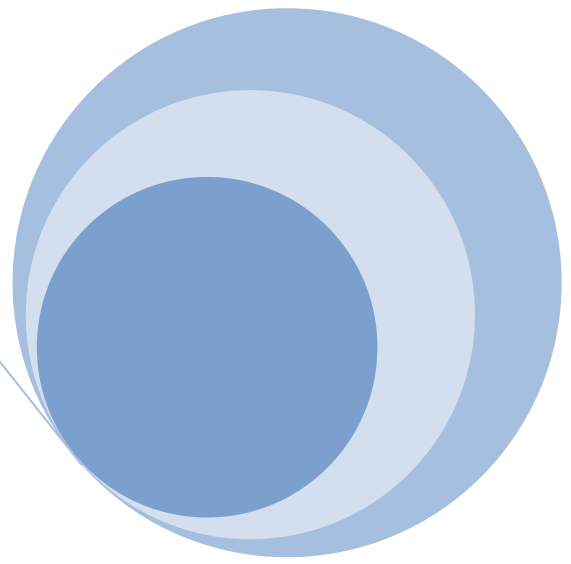
32	04	Glissiere I	42CD4	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		<b>MOULE D'INJECTION PLASTIQUE</b>	Kemkem Yougourthene Ihamoutene Amar	
			projet de fin d'etude 2016/2017	
A4			Université Mouloud Mammeri Tizi ouzou FMP Master II	



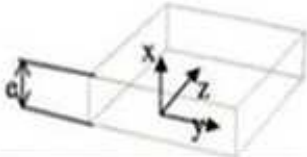
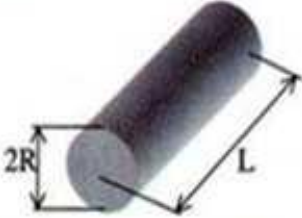

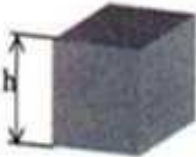
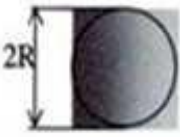
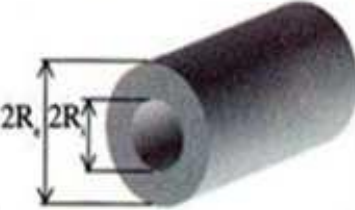
COUPE A-A  
ECHELLE 1 : 5

33	02	tasseau	xc48	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:5		<b>MOULE D'INJECTION PLASTIQUE</b>	Kemkem Yougourthene Ihamoutene Amar	
			projet de fin d'etude 2016/2017	
A4			Université Mouloud Mammeri Tizi ousou FMP Master II	

# ANNEXES



## Annexe : 1

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

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

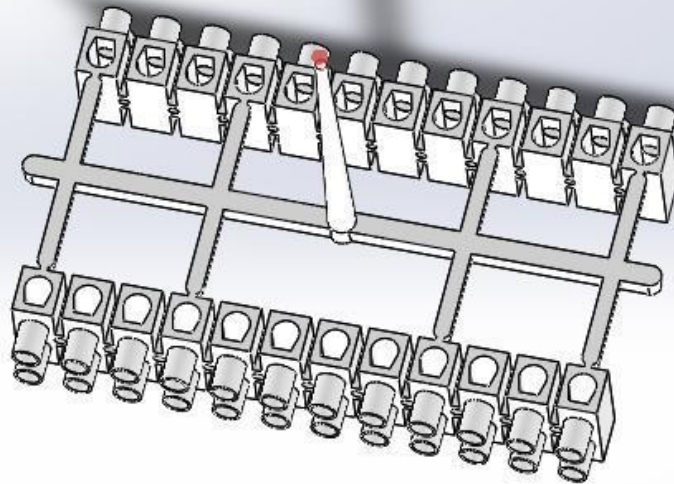


# RAPPORT

## Solide/ Analyse Volumique du Modèle Solide

Modèle Ombre

Type : Volumique  
Élément : 136872  
Nœud : 149867  
Matériau : PP  
Produit : "(P) Generic material / Ger



## 2.1 Modèle

**Nom :** grappe  
**Type:** Volumique  
**Volume :** 175.99 (cm<sup>3</sup>)  
**Poids :** 161.16 (g)  
**Dimensions :**  
  **X:** 230.64 (mm)  
  **Y:** 140.20 (mm)  
  **Z:** 151.88 (mm)

## 2.2 Matière

Nom Groupe = PP  
Nom de Matière = "(P) Generic material / Generic material of PP"  
Température de matière = 230.00 °C  
Température du moule = 50.00 °C  
Température d'éjection = 95.00 °C  
Température de Transition vitreuse = 135.00 °C  
Chaleur Spécifique = 1 3.100000e+007  
Conductivité Thermique = 1 1.500000e+004  
Module d'Elasticité = 2 1.350000e+010 1.350000e+010  
Coeff de Poisson = 2 4.000000e-001 4.000000e-001

## 2.3 Conditions du Process

### FLOW/PACK

Temps de Remplissage = 2.63 sec  
Température d'Injection Matière Principale = 230 °C  
Température Parois Moule = 50 °C  
Pression Max. d'Injection = 100 MPa  
Débit Max. d'Injection = 194 cc/s  
Point de commutation Flow/Pack en % Volume Rempli = 100 %  
Temps de Maintien Pression = 4.44 sec  
Temps Total du Cycle compactage = 26.25 sec  
Temps de Remplissage Auto(1: Oui, 0: Non) = 1  
Temps de Compactage Auto(1: Oui, 0: Non) = 1  
Analyse des Événements(1: Oui, 0: Non) = 0  
Pression Initiale de l'Air dans la Cavité = 0.1 MPa  
Température Initiale de l'Air dans la Cavité = 25 °C

### COOL

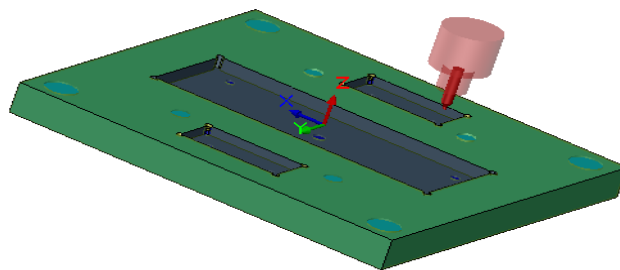
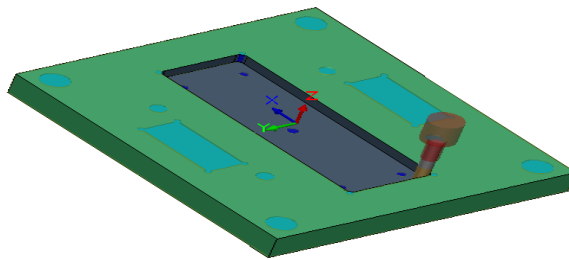
Température d'Injection Matière = 230 °C  
Température Min. Réfrigérant = 25 °C  
Température d'Air = 30 °C  
Temps d'Ouverture Moule = 5 sec  
Débit Moyen Réfrigérant = 150 cc/s  
Type de Contrôle (1:Temp. d'Eject, 2:Temps de Refroidt.) = 1  
Température d'Ejection (Si type de contrôle "1") = 95 °C  
Temps de Refroidissement (Si type control "2") = 26.25 sec

### WARP

Température ambiante = 30 °C

## ANNEXE 4

### Programme d'usinage de porte empreinte mobile donné par Camworks



	N35 X165.75	N71 Y-11.25
O0001	N36 Y35.25	N72 X141.75
N1 G21	N37 X-133.75	N73 Y11.25
N2 (20MM CRB 2FL 38 LOC)	N38 Y43.25	N74 X-133.75
N3 G91 G28 X0 Y0 Z0	N39 X-173.75	N75 Y19.25
N4 T05 M06	N40 Y-43.25	N76 X-149.75
N5 S3323 M03	N41 X173.75	N77 Y-19.25
N6 ( Fraisage d'ébauche1 )	N42 Y43.25	N78 X149.75
N7 G90 G54 G00 X-133.75 Y3.25	N43 X-133.75	N79 Y19.25
N8 G43 Z2.5 H05 M08	N44 Y51.25	N80 X-133.75
N9 G01 Z-10. F185.687	N45 X-181.75	N81 Y27.25
N10 G17 Y-3.25 F742.749	N46 Y-51.25	N82 X-157.75
N11 X133.75	N47 X181.75	N83 Y-27.25
N12 Y3.25	N48 Y51.25	N84 X157.75
N13 X-133.75	N49 X-133.75	N85 Y27.25
N14 Y11.25	N50 Y59.25	N86 X-133.75
N15 X-141.75	N51 X-189.75	N87 Y35.25
N16 Y-11.25	N52 Y-59.25	N88 X-165.75
N17 X141.75	N53 X189.75	N89 Y-35.25
N18 Y11.25	N54 Y59.25	N90 X165.75
N19 X-133.75	N55 X-133.75	N91 Y35.25
N20 Y19.25	N56 X-189.75	N92 X-133.75
N21 X-149.75	N57 Y-59.25	N93 Y43.25
N22 Y-19.25	N58 X189.75	N94 X-173.75
N23 X149.75	N59 Y59.25	N95 Y-43.25
N24 Y19.25	N60 X-133.75	N96 X173.75
N25 X-133.75	N61 G00 Z2.5	N97 Y43.25
N26 Y27.25	N62 Y3.25	N98 X-133.75
N27 X-157.75	N63 Z-7.5	N99 Y51.25
N28 Y-27.25	N64 G01 Z-19.75 F185.687	N100 X-181.75
N29 X157.75	N65 Y-3.25 F742.749	N101 Y-51.25
N30 Y27.25	N66 X133.75	N102 X181.75
N31 X-133.75	N67 Y3.25	N103 Y51.25
N32 Y35.25	N68 X-133.75	N104 X-133.75
N33 X-165.75	N69 Y11.25	N105 Y59.25
N34 Y-35.25	N70 X-141.75	N106 X-189.75

N107 Y-59.25	N143 X-165.75	N178 G90 G54 G00 X3.23 Y64.118
N108 X189.75	N144 Y-35.25	N179 G43 Z3. H01 M08
N109 Y59.25	N145 X165.75	N180 G01 Z-3. F411.48
N110 X-133.75	N146 Y35.25	N181 G41 D21 X1.024 Y66.324 F1234.44
N111 X-189.75	N147 X-133.75	N182 G03 X.6 Y66.5 I-.424 J-.424
N112 Y-59.25	N148 Y43.25	N183 G01 X-195. F1645.92
N113 X189.75	N149 X-173.75	N184 G02 X-198. Y69.5 I0 J3.
N114 Y59.25	N150 Y-43.25	N185 G03 X-200. Y67.5 I-2. J0
N115 X-133.75	N151 X173.75	N186 G02 X-197. Y64.5 I0 J-3.
N116 G00 Z2.5	N152 Y43.25	N187 G01 Y-64.5
N117 Y3.25	N153 X-133.75	N188 G02 X-200. Y-67.5 I-3. J0
N118 Z-17.25	N154 Y51.25	N189 G03 X-198. Y-69.5 I0 J-2.
N119 G01 Z-20. F185.687	N155 X-181.75	N190 G02 X-195. Y-66.5 I3. J0
N120 Y-3.25 F742.749	N156 Y-51.25	N191 G01 X195.
N121 X133.75	N157 X181.75	N192 G02 X198. Y-69.5 I0 J-3.
N122 Y3.25	N158 Y51.25	N193 G03 X200. Y-67.5 I2. J0
N123 X-133.75	N159 X-133.75	N194 G02 X197. Y-64.5 I0 J3.
N124 Y11.25	N160 Y59.25	N195 G01 Y64.5
N125 X-141.75	N161 X-189.75	N196 G02 X200. Y67.5 I3. J0
N126 Y-11.25	N162 Y-59.25	N197 G03 X198. Y69.5 I0 J2.
N127 X141.75	N163 X189.75	N198 G02 X195. Y66.5 I-3. J0
N128 Y11.25	N164 Y59.25	N199 G01 X-.6
N129 X-133.75	N165 X-133.75	N200 G03 X-1.024 Y66.324 I0 J-.6
N130 Y19.25	N166 X-189.75	N201 G40 G01 X-3.23 Y64.118
N131 X-149.75	N167 Y-59.25	N202 G00 Z3.
N132 Y-19.25	N168 X189.75	N203 X3.23
N133 X149.75	N169 Y59.25	N204 Z0
N134 Y19.25	N170 X-133.75	N205 G01 Z-5.833 F411.48
N135 X-133.75	N171 G00 Z2.5	N206 G41 D21 X1.024 Y66.324 F1234.44
N136 Y27.25	N172 Z25. M09	N207 G03 X.6 Y66.5 I-.424 J-.424
N137 X-157.75	N173 G91 G28 Z0	N208 G01 X-195. F1645.92
N138 Y-27.25	N174 (6MM CRB 2FL 19 LOC)	N209 G02 X-198. Y69.5 I0 J3.
N139 X157.75	N175 T01 M06	N210 G03 X-200. Y67.5 I-2. J0
N140 Y27.25	N176 S12000 M03	N211 G02 X-197. Y64.5 I0 J-3.
N141 X-133.75		N212 G01 Y-64.5
N142 Y35.25	N177 ( Fraisage de contour1 )	N213 G02 X-200. Y-67.5 I-3. J0

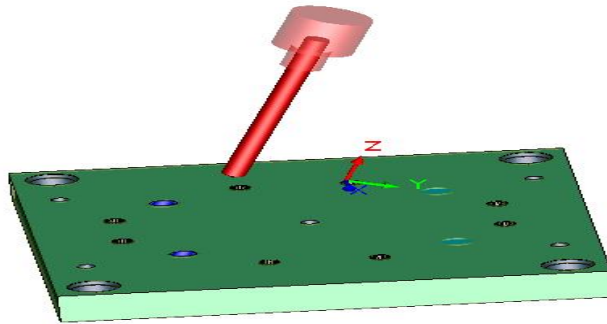
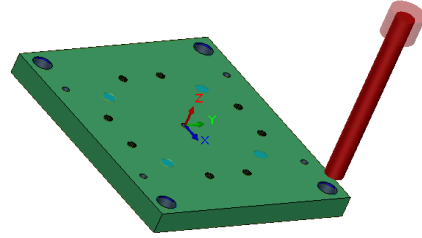
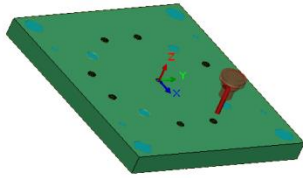
N214 G03 X-198. Y-69.5 I0 J-2.  
N215 G02 X-195. Y-66.5 I3. J0  
N216 G01 X195.  
N217 G02 X198. Y-69.5 I0 J-3.  
N218 G03 X200. Y-67.5 I2. J0  
N219 G02 X197. Y-64.5 I0 J3.  
N220 G01 Y64.5  
N221 G02 X200. Y67.5 I3. J0  
N222 G03 X198. Y69.5 I0 J2.  
N223 G02 X195. Y66.5 I-3. J0  
N224 G01 X-.6  
N225 G03 X-1.024 Y66.324 I0 J-.6  
N226 G40 G01 X-3.23 Y64.118  
N227 G00 Z3.  
N228 X3.23  
N229 Z-2.833  
N230 G01 Z-8.667 F411.48  
N231 G41 D21 X1.024 Y66.324 F1234.44  
N232 G03 X.6 Y66.5 I-.424 J-.424  
N233 G01 X-195. F1645.92  
N234 G02 X-198. Y69.5 I0 J3.  
N235 G03 X-200. Y67.5 I-2. J0  
N236 G02 X-197. Y64.5 I0 J-3.  
N237 G01 Y-64.5  
N238 G02 X-200. Y-67.5 I-3. J0  
N239 G03 X-198. Y-69.5 I0 J-2.  
N240 G02 X-195. Y-66.5 I3. J0  
N241 G01 X195.  
N242 G02 X198. Y-69.5 I0 J-3.  
N243 G03 X200. Y-67.5 I2. J0  
N244 G02 X197. Y-64.5 I0 J3.  
N245 G01 Y64.5  
N246 G02 X200. Y67.5 I3. J0  
N247 G03 X198. Y69.5 I0 J2.  
N248 G02 X195. Y66.5 I-3. J0  
N249 G01 X-.6  
N250 G03 X-1.024 Y66.324 I0 J-.6  
N251 G40 G01 X-3.23 Y64.118  
N252 G00 Z3.  
N253 X3.23  
N254 Z-5.667  
N255 G01 Z-11.5 F411.48  
N256 G41 D21 X1.024 Y66.324 F1234.44  
N257 G03 X.6 Y66.5 I-.424 J-.424  
N258 G01 X-195. F1645.92  
N259 G02 X-198. Y69.5 I0 J3.  
N260 G03 X-200. Y67.5 I-2. J0  
N261 G02 X-197. Y64.5 I0 J-3.  
N262 G01 Y-64.5  
N263 G02 X-200. Y-67.5 I-3. J0  
N264 G03 X-198. Y-69.5 I0 J-2.  
N265 G02 X-195. Y-66.5 I3. J0  
N266 G01 X195.  
N267 G02 X198. Y-69.5 I0 J-3.  
N268 G03 X200. Y-67.5 I2. J0  
N269 G02 X197. Y-64.5 I0 J3.  
N270 G01 Y64.5  
N271 G02 X200. Y67.5 I3. J0  
N272 G03 X198. Y69.5 I0 J2.  
N273 G02 X195. Y66.5 I-3. J0  
N274 G01 X-.6  
N275 G03 X-1.024 Y66.324 I0 J-.6  
N276 G40 G01 X-3.23 Y64.118  
N277 G00 Z3.  
N278 X3.23  
N279 Z-8.5  
N280 G01 Z-14.333 F411.48  
N281 G41 D21 X1.024 Y66.324 F1234.44  
N282 G03 X.6 Y66.5 I-.424 J-.424  
N283 G01 X-195. F1645.92  
N284 G02 X-198. Y69.5 I0 J3.  
N285 G03 X-200. Y67.5 I-2. J0  
N286 G02 X-197. Y64.5 I0 J-3.  
N287 G01 Y-64.5  
N288 G02 X-200. Y-67.5 I-3. J0  
N289 G03 X-198. Y-69.5 I0 J-2.  
N290 G02 X-195. Y-66.5 I3. J0  
N291 G01 X195.  
N292 G02 X198. Y-69.5 I0 J-3.  
N293 G03 X200. Y-67.5 I2. J0  
N294 G02 X197. Y-64.5 I0 J3.  
N295 G01 Y64.5  
N296 G02 X200. Y67.5 I3. J0  
N297 G03 X198. Y69.5 I0 J2.  
N298 G02 X195. Y66.5 I-3. J0  
N299 G01 X-.6  
N300 G03 X-1.024 Y66.324 I0 J-.6  
N301 G40 G01 X-3.23 Y64.118  
N302 G00 Z3.  
N303 X3.23  
N304 Z-11.333  
N305 G01 Z-17.167 F411.48  
N306 G41 D21 X1.024 Y66.324 F1234.44  
N307 G03 X.6 Y66.5 I-.424 J-.424  
N308 G01 X-195. F1645.92  
N309 G02 X-198. Y69.5 I0 J3.  
N310 G03 X-200. Y67.5 I-2. J0  
N311 G02 X-197. Y64.5 I0 J-3.  
N312 G01 Y-64.5  
N313 G02 X-200. Y-67.5 I-3. J0  
N314 G03 X-198. Y-69.5 I0 J-2.  
N315 G02 X-195. Y-66.5 I3. J0  
N316 G01 X195.  
N317 G02 X198. Y-69.5 I0 J-3.  
N318 G03 X200. Y-67.5 I2. J0  
N319 G02 X197. Y-64.5 I0 J3.  
N320 G01 Y64.5  
N321 G02 X200. Y67.5 I3. J0

N322 G03 X198. Y69.5 I0 J2.	N358 ( Fraisage d'ébauche3 )	N394 Y183.2
N323 G02 X195. Y66.5 I-3. J0	N359 G90 G54 G00 X-43.75 Y167.14	N395 X-51.75
N324 G01 X-.6	N360 G43 Z2.5 H05 M08	N396 Y167.14
N325 G03 X-1.024 Y66.324 I0 J-.6	N361 G01 Z-10. F185.687	N397 X-59.75
N326 G40 G01 X-3.23 Y64.118	N362 X43.75 F742.749	N398 Y151.14
N327 G00 Z3.	N363 Y175.2	N399 X59.75
N328 X3.23	N364 X-43.75	N400 Y191.2
N329 Z-14.167	N365 Y167.14	N401 X-59.75
N330 G01 Z-20. F411.48	N366 X-51.75	N402 Y167.14
N331 G41 D21 X1.024 Y66.324 F1234.44	N367 Y159.14	N403 Y151.14
N332 G03 X.6 Y66.5 I-.424 J-.424	N368 X51.75	N404 X59.75
N333 G01 X-195. F1645.92	N369 Y183.2	N405 Y191.2
N334 G02 X-198. Y69.5 I0 J3.	N370 X-51.75	N406 X-59.75
N335 G03 X-200. Y67.5 I-2. J0	N371 Y167.14	N407 Y167.14
N336 G02 X-197. Y64.5 I0 J-3.	N372 X-59.75	N408 G00 Z2.5
N337 G01 Y-64.5	N373 Y151.14	N409 X-43.75
N338 G02 X-200. Y-67.5 I-3. J0	N374 X59.75	N410 Z-11.38
N339 G03 X-198. Y-69.5 I0 J-2.	N375 Y191.2	N411 G01 Z-14.13 F185.687
N340 G02 X-195. Y-66.5 I3. J0	N376 X-59.75	N412 X43.75 F742.749
N341 G01 X195.	N377 Y167.14	N413 Y175.2
N342 G02 X198. Y-69.5 I0 J-3.	N378 Y151.14	N414 X-43.75
N343 G03 X200. Y-67.5 I2. J0	N379 X59.75	N415 Y167.14
N344 G02 X197. Y-64.5 I0 J3.	N380 Y191.2	N416 X-51.75
N345 G01 Y64.5	N381 X-59.75	N417 Y159.14
N346 G02 X200. Y67.5 I3. J0	N382 Y167.14	N418 X51.75
N347 G03 X198. Y69.5 I0 J2.	N383 G00 Z2.5	N419 Y183.2
N348 G02 X195. Y66.5 I-3. J0	N384 X-43.75	N420 X-51.75
N349 G01 X-.6	N385 Z-7.5	N421 Y167.14
N350 G03 X-1.024 Y66.324 I0 J-.6	N386 G01 Z-13.88 F185.687	N422 X-59.75
N351 G40 G01 X-3.23 Y64.118	N387 X43.75 F742.749	N423 Y151.14
N352 G00 Z3.	N388 Y175.2	N424 X59.75
N353 Z25. M09	N389 X-43.75	N425 Y191.2
N354 G91 G28 Z0	N390 Y167.14	N426 X-59.75
N355 (20MM CRB 2FL 38 LOC)	N391 X-51.75	N427 Y167.14
N356 T05 M06	N392 Y159.14	N428 Y151.14
N357 S3323 M03	N393 X51.75	N429 X59.75

N430 Y191.2	N466 X43.75	N502 Y-191.2
N431 X-59.75	N467 Y-183.2	N503 X43.75
N432 Y167.14	N468 X51.75	N504 X59.75
N433 G00 Z2.5	N469 Y-159.14	N505 Y-151.14
N434 Z25.	N470 X-51.75	N506 X-59.75
N435 X43.75 Y-175.2	N471 Y-183.2	N507 Y-191.2
N436 Z2.5	N472 X43.75	N508 X43.75
N437 G01 Z-10. F185.687	N473 Y-191.2	N509 G00 Z2.5
N438 Y-167.14 F742.749	N474 X59.75	N510 Z25. M09
N439 X-43.75	N475 Y-151.14	N511 G91 G28 Z0
N440 Y-175.2	N476 X-59.75	N512 (6MM CRB 2FL 19 LOC)
N441 X43.75	N477 Y-191.2	N513 T01 M06
N442 Y-183.2	N478 X43.75	N514 S12000 M03
N443 X51.75	N479 X59.75	
N444 Y-159.14	N480 Y-151.14	N515 ( Fraisage de contour2 )
N445 X-51.75	N481 X-59.75	N516 G90 G54 G00 X1.449 Y197.85
N446 Y-183.2	N482 Y-191.2	N517 G43 Z3. H01 M08
N447 X43.75	N483 X43.75	N518 G01 Z-3. F411.48
N448 Y-191.2	N484 G00 Z2.5	N519 G41 D21 X1.024 Y198.274 F1234.44
N449 X59.75	N485 Y-175.2	N520 G03 X.6 Y198.45 I-.424 J-.424
N450 Y-151.14	N486 Z-11.38	N521 G01 X-67. F1645.92
N451 X-59.75	N487 G01 Z-14.13 F185.687	N522 Y143.89
N452 Y-191.2	N488 Y-167.14 F742.749	N523 X67.
N453 X43.75	N489 X-43.75	N524 Y198.45
N454 X59.75	N490 Y-175.2	N525 X-.6
N455 Y-151.14	N491 X43.75	N526 G03 X-1.024 Y198.274 I0 J-.6
N456 X-59.75	N492 Y-183.2	N527 G40 G01 X-1.449 Y197.85
N457 Y-191.2	N493 X51.75	N528 G00 Z3.
N458 X43.75	N494 Y-159.14	N529 X1.449
N459 G00 Z2.5	N495 X-51.75	N530 Z0
N460 Y-175.2	N496 Y-183.2	N531 G01 Z-5.783 F411.48
N461 Z-7.5	N497 X43.75	N532 G41 D21 X1.024 Y198.274 F1234.44
N462 G01 Z-13.88 F185.687	N498 Y-191.2	N533 G03 X.6 Y198.45 I-.424 J-.424
N463 Y-167.14 F742.749	N499 X59.75	N534 G01 X-67. F1645.92
N464 X-43.75	N500 Y-151.14	N535 Y143.89
N465 Y-175.2	N501 X-59.75	N536 X67.

N537 Y198.45	N572 G03 X.6 Y198.45 I-.424 J-.424	N608 X-1.449
N538 X-.6	N573 G01 X-67. F1645.92	N609 Z-2.783
N539 G03 X-1.024 Y198.274 I0 J-.6	N574 Y143.89	N610 G01 Z-8.565 F411.48
N540 G40 G01 X-1.449 Y197.85	N575 X67.	N611 G41 D21 X-1.024 Y-198.274 F1234.44
N541 G00 Z3.	N576 Y198.45	N612 G03 X-.6 Y-198.45 I.424 J.424
N542 X1.449	N577 X-.6	N613 G01 X67. F1645.92
N543 Z-2.783	N578 G03 X-1.024 Y198.274 I0 J-.6	N614 Y-143.89
N544 G01 Z-8.565 F411.48	N579 G40 G01 X-1.449 Y197.85	N615 X-67.
N545 G41 D21 X1.024 Y198.274 F1234.44	N580 G00 Z3.	N616 Y-198.45
N546 G03 X.6 Y198.45 I-.424 J-.424	N581 Z25.	N617 X.6
N547 G01 X-67. F1645.92	N582 Y-197.85	N618 G03 X1.024 Y-198.274 I0 J.6
N548 Y143.89	N583 Z3.	N619 G40 G01 X1.449 Y-197.85
N549 X67.	N584 G01 Z-3. F411.48	N620 G00 Z3.
N550 Y198.45	N585 G41 D21 X-1.024 Y-198.274 F1234.44	N621 X-1.449
N551 X-.6	N586 G03 X-.6 Y-198.45 I.424 J.424	N622 Z-5.565
N552 G03 X-1.024 Y198.274 I0 J-.6	N587 G01 X67. F1645.92	N623 G01 Z-11.348 F411.48
N553 G40 G01 X-1.449 Y197.85	N588 Y-143.89	N624 G41 D21 X-1.024 Y-198.274 F1234.44
N554 G00 Z3.	N589 X-67.	N625 G03 X-.6 Y-198.45 I.424 J.424
N555 X1.449	N590 Y-198.45	N626 G01 X67. F1645.92
N556 Z-5.565	N591 X.6	N627 Y-143.89
N557 G01 Z-11.348 F411.48	N592 G03 X1.024 Y-198.274 I0 J.6	N628 X-67.
N558 G41 D21 X1.024 Y198.274 F1234.44	N593 G40 G01 X1.449 Y-197.85	N629 Y-198.45
N559 G03 X.6 Y198.45 I-.424 J-.424	N594 G00 Z3.	N630 X.6
N560 G01 X-67. F1645.92	N595 X-1.449	N631 G03 X1.024 Y-198.274 I0 J.6
N561 Y143.89	N596 Z0	N632 G40 G01 X1.449 Y-197.85
N562 X67.	N597 G01 Z-5.783 F411.48	N633 G00 Z3.
N563 Y198.45	N598 G41 D21 X-1.024 Y-198.274 F1234.44	N634 X-1.449
N564 X-.6	N599 G03 X-.6 Y-198.45 I.424 J.424	N635 Z-8.348
N565 G03 X-1.024 Y198.274 I0 J-.6	N600 G01 X67. F1645.92	N636 G01 Z-14.13 F411.48
N566 G40 G01 X-1.449 Y197.85	N601 Y-143.89	N637 G41 D21 X-1.024 Y-198.274 F1234.44
N567 G00 Z3.	N602 X-67.	N638 G03 X-.6 Y-198.45 I.424 J.424
N568 X1.449	N603 Y-198.45	N639 G01 X67. F1645.92
N569 Z-8.348	N604 X.6	N640 Y-143.89
N570 G01 Z-14.13 F411.48	N605 G03 X1.024 Y-198.274 I0 J.6	N641 X-67.
N571 G41 D21 X1.024 Y198.274 F1234.44	N606 G40 G01 X1.449 Y-197.85	N642 Y-198.45
	N607 G00 Z3.	

N643 X.6	N677 X-70.
N644 G03 X1.024 Y-198.274 I0 J.6	N678 Y-140.89
N645 G40 G01 X1.449 Y-197.85	N679 G80 Z25. M09
N646 G00 Z3.	N680 G91 G28 Z0
N647 Z25. M09	N681 (14mm x 60DEG HSS CENTERDRILL)
N648 G91 G28 Z0	N682 T13 M06
N649 (14mm x 60DEG HSS CENTERDRILL)	N683 S5135 M03
N650 T13 M06	
N651 S5135 M03	N684 ( Foret à centrer2 )
	N685 G90 G54 G00 X0 Y0
N652 ( Foret à centrer1 )	N686 G43 Z25. H13 M08
N653 G90 G54 G00 X-70. Y201.45	N687 G82 G98 R-17. Z-32.794 P1000 F652.167
N654 G43 Z25. H13 M08	N688 G80 Z25. M09
N655 G82 G98 R3. Z-8.464 P1000 F652.167	N689 G91 G28 Z0
N656 Y140.89	N690 (16.0mm JOBBER DRILL)
N657 X70.	N691 T15 M06
N658 Y201.45	N692 S5942 M03
N659 Y-140.89	N693 ( Foret2 )
N660 Y-201.45	N694 G90 G54 G00 X0 Y0
N661 X-70.	N695 G43 Z25. H15 M08
N662 Y-140.89	N696 G83 G98 R-17. Z-54.803 Q2. F799.983
N663 G80 Z25. M09	N697 G80 Z25. M09
N664 G91 G28 Z0	N698 G91 G28 Z0
N665 (10.0mm JOBBER DRILL)	N699 G28 X0 Y0
N666 T14 M06	N700 M30
N667 S8673 M03	
N668 ( Foret1 )	
N669 G90 G54 G00 X-70. Y201.45	
N670 G43 Z25. H14 M08	
N671 G83 G98 R3. Z-18.002 Q2. F1101.555	
N672 Y140.89	
N673 X70.	
N674 Y201.45	
N675 Y-140.89	
N676 Y-201.45	



N1 G21	N34 G41 D23 X-42.102 Y171.17 F366.405	N65 G01 Z-4.8 F125.
N2 (14mm x 60DEG HSS CENTERDRILL)	N35 G17 G03 X-42.002 Y171.273 I0 J.1	N66 G41 D23 X42. Y171.17 F366.405
N3 G91 G28 X0 Y0 Z0	N36 Y171.067 I-2.998 J-.103 F500.	N67 G03 I3. J0 F732.809
N4 T13 M06	N37 X-42.102 Y171.17 I-.1 J.003	N68 G40 G01 X45. F366.405
N5 S5135 M03	N38 G40 G01 X-45. F366.405	N69 G00 Z3.
N6 ( Foret à centrer3 )	N39 G00 Z3.	N70 Z-1.8
N7 G90 G54 G00 X-45. Y171.17	N40 Z25.	N71 G01 Z-7.9 F125.
N8 G43 Z25. H13 M08	N41 Z3.	N72 G41 D23 X42. Y171.17 F366.405
N9 G82 G98 R3. Z-9.33 P1000 F652.167	N42 G01 Z-4.8 F125.	N73 G03 I3. J0 F732.809
N10 X45.	N43 G41 D23 X-48. Y171.17 F366.405	N74 G40 G01 X45. F366.405
N11 Y-171.17	N44 G03 I3. J0 F732.809	N75 G00 Z3.
N12 X-45.	N45 G40 G01 X-45. F366.405	N76 Z25.
N13 G80 Z25. M09	N46 G00 Z3.	N77 Y-171.17
N14 G91 G28 Z0	N47 Z-1.8	N78 Z3.
N15 (10.0mm JOBBER DRILL)	N48 G01 Z-7.9 F125.	N79 G01 Z-11. F125.
N16 T14 M06	N49 G41 D23 X-48. Y171.17 F366.405	N80 G41 D23 X47.898 Y-171.17 F366.405
N17 S8673 M03	N50 G03 I3. J0 F732.809	N81 G03 X47.998 Y-171.067 I0 J.1
N18 ( Foret3 )	N51 G40 G01 X-45. F366.405	N82 Y-171.273 I-2.998 J-.103 F500.
N19 G90 G54 G00 X-45. Y171.17	N52 G00 Z3.	N83 X47.898 Y-171.17 I-.1 J.003
N20 G43 Z25. H14 M08	N53 Z25.	N84 G40 G01 X45. F366.405
N21 G83 G98 R3. Z-38.872 Q2. F1101.555	N54 X45.	N85 G00 Z3.
N22 X45.	N55 Z3.	N86 Z25.
N23 Y-171.17	N56 G01 Z-11. F125.	N87 Z3.
N24 X-45.	N57 G41 D23 X47.898 Y171.17 F366.405	N88 G01 Z-4.8 F125.
N25 G80 Z25. M09	N58 G03 X47.998 Y171.273 I0 J.1	N89 G41 D23 X42. Y-171.17 F366.405
N26 G91 G28 Z0	N59 Y171.067 I-2.998 J-.103 F500.	N90 G03 I3. J0 F732.809
N27 (12MM CRB 2FL 25 LOC)	N60 X47.898 Y171.17 I-.1 J.003	N91 G40 G01 X45. F366.405
N28 T03 M06	N61 G40 G01 X45. F366.405	N92 G00 Z3.
N29 S6557 M03	N62 G00 Z3.	N93 Z-1.8
N30 ( Fraisage de contour3 )	N63 Z25.	N94 G01 Z-7.9 F125.
N31 G90 G54 G00 X-45. Y171.17	N64 Z3.	N95 G41 D23 X42. Y-171.17 F366.405
N32 G43 Z3. H03 M08		
N33 G01 Z-11. F125.		

N96 G03 I3. J0 F732.809	N127 ( Fraisage de contour4 )	N157 Z3.
N97 G40 G01 X45. F366.405	N128 G90 G54 G00 X-45. Y171.17	N158 G01 Z-1.411 F125.
N98 G00 Z3.	N129 G43 Z3. H11 M08	N159 G41 D31 X38.121 Y-169.5 F678.972
N99 Z25.	N130 G01 Z-1.411 F125.	N160 X37.184 Y-170.327
N100 X-45.	N131 G41 D31 X-51.879 Y172.84 F678.972	N161 G03 X37.016 Y-170.67 I.331 J-.375
N101 Z3.	N132 X-52.816 Y172.013	N162 I7.984 J-.5 F1357.944
N102 G01 Z-11. F125.	N133 G03 X-52.984 Y171.67 I.331 J-.375	N163 X37. Y-171.17 I7.984 J-.5
N103 G41 D23 X-42.102 Y- 171.17 F366.405	N134 I7.984 J-.5 F1357.944	N164 X37.016 Y-171.67 I8. J0 F678.972
N104 G03 X-42.002 Y-171.067 I0 J.1	N135 X-53. Y171.17 I7.984 J-.5	N165 X37.184 Y-172.013 I.499 J.031
N105 Y-171.273 I-2.998 J-.103 F500.	N136 X-52.984 Y170.67 I8. J0 F678.972	N166 G40 G01 X38.121 Y-172.84
N106 X-42.102 Y-171.17 I-.1 J.003	N137 X-52.816 Y170.327 I.499 J.031	N167 X45. Y-171.17
N107 G40 G01 X-45. F366.405	N138 G40 G01 X-51.879 Y169.5	N168 G00 Z3.
N108 G00 Z3.	N139 X-45. Y171.17	N169 Z25.
N109 Z25.	N140 G00 Z3.	N170 X-45.
N110 Z3.	N141 Z25.	N171 Z3.
N111 G01 Z-4.8 F125.	N142 X45.	N172 G01 Z-1.411 F125.
N112 G41 D23 X-48. Y-171.17 F366.405	N143 Z3.	N173 G41 D31 X-51.879 Y-169.5 F678.972
N113 G03 I3. J0 F732.809	N144 G01 Z-1.411 F125.	N174 X-52.816 Y-170.327
N114 G40 G01 X-45. F366.405	N145 G41 D31 X38.121 Y172.84 F678.972	N175 G03 X-52.984 Y-170.67 I.331 J-.375
N115 G00 Z3.	N146 X37.184 Y172.013	N176 I7.984 J-.5 F1357.944
N116 Z-1.8	N147 G03 X37.016 Y171.67 I.331 J-.375	N177 X-53. Y-171.17 I7.984 J-.5
N117 G01 Z-7.9 F125.	N148 I7.984 J-.5 F1357.944	N178 X-52.984 Y-171.67 I8. J0 F678.972
N118 G41 D23 X-48. Y-171.17 F366.405	N149 X37. Y171.17 I7.984 J-.5	N179 X-52.816 Y-172.013 I.499 J.031
N119 G03 I3. J0 F732.809	N150 X37.016 Y170.67 I8. J0 F678.972	N180 G40 G01 X-51.879 Y- 172.84
N120 G40 G01 X-45. F366.405	N151 X37.184 Y170.327 I.499 J.031	N181 X-45. Y-171.17
N121 G00 Z3.	N152 G40 G01 X38.121 Y169.5	N182 G00 Z3.
N122 Z25. M09	N153 X45. Y171.17	N183 Z25. M09
N123 G91 G28 Z0	N154 G00 Z3.	N184 G91 G28 Z0
N124 (5MM HSS 90DEG COUNTERSINK)	N155 Z25.	N185 (16MM HSS 90DEG COUNTERSINK)
N125 T11 M06	N156 Y-171.17	
N126 S9546 M03		

N186 T16 M06	N217 X165.	N249 Z3.
N187 S4493 M03	N218 Y49.5	N250 G01 Z-14. F125.
N188 ( Pointage/chanfreinage1 )	N219 G80 Z25. M09	N251 G41 D23 X-162.102 Y-49.5 F366.405
N189 G90 G54 G00 X-45. Y171.17	N220 G91 G28 Z0	N252 G03 X-162.002 Y-49.397 I0 J.1
N190 G43 Z25. H16 M08	N221 (12MM CRB 2FL 25 LOC)	N253 Y-49.603 I-2.998 J-.103 F500.
N191 G82 G98 R3. Z-5.15 P1000 F570.646	N222 T03 M06	N254 X-162.102 Y-49.5 I-.1 J.003
N192 X45.	N223 S6557 M03	N255 G40 G01 X-165. F366.405
N193 Y-171.17	N224 ( Fraisage de contour5 )	N256 G00 Z3.
N194 X-45.	N225 G90 G54 G00 X-165. Y49.5	N257 Z25.
N195 G80 Z25. M09	N226 G43 Z3. H03 M08	N258 Z3.
N196 G91 G28 Z0	N227 G01 Z-14. F125.	N259 G01 Z-4.8 F125.
N197 (14mm x 60DEG HSS CENTERDRILL)	N228 G41 D23 X-162.102 Y49.5 F366.405	N260 G41 D23 X-168. Y-49.5 F366.405
N198 T13 M06	N229 G03 X-162.002 Y49.603 I0 J.1	N261 G03 I3. J0 F732.809
N199 S5135 M03	N230 Y49.397 I-2.998 J-.103 F500.	N262 G40 G01 X-165. F366.405
N200 ( Foret à centrer4 )	N231 X-162.102 Y49.5 I-.1 J.003	N263 G00 Z3.
N201 G90 G54 G00 X-165. Y49.5	N232 G40 G01 X-165. F366.405	N264 Z-1.8
N202 G43 Z25. H13 M08	N233 G00 Z3.	N265 G01 Z-9.4 F125.
N203 G82 G98 R3. Z-11.062 P1000 F652.167	N234 Z25.	N266 G41 D23 X-168. Y-49.5 F366.405
N204 Y-49.5	N235 Z3.	N267 G03 I3. J0 F732.809
N205 X165.	N236 G01 Z-4.8 F125.	N268 G40 G01 X-165. F366.405
N206 Y49.5	N237 G41 D23 X-168. Y49.5 F366.405	N269 G00 Z3.
N207 G80 Z25. M09	N238 G03 I3. J0 F732.809	N270 Z25.
N208 G91 G28 Z0	N239 G40 G01 X-165. F366.405	N271 X165.
N209 (12.0mm JOBBER DRILL)	N240 G00 Z3.	N272 Z3.
N210 T17 M06	N241 Z-1.8	N273 G01 Z-14. F125.
N211 S7228 M03	N242 G01 Z-9.4 F125.	N274 G41 D23 X167.898 Y-49.5 F366.405
N212 ( Foret4 )	N243 G41 D23 X-168. Y49.5 F366.405	N275 G03 X167.998 Y-49.397 I0 J.1
N213 G90 G54 G00 X-165. Y49.5	N244 G03 I3. J0 F732.809	N276 Y-49.603 I-2.998 J-.103 F500.
N214 G43 Z25. H17 M08	N245 G40 G01 X-165. F366.405	N277 X167.898 Y-49.5 I-.1 J.003
N215 G83 G98 R3. Z-33.602 Q2. F917.963	N246 G00 Z3.	N278 G40 G01 X165. F366.405
N216 Y-49.5	N247 Z25.	
	N248 Y-49.5	

N279 G00 Z3.	N310 Z-1.8	N341 G03 X-172.984 Y-49. I.331 J-.375
N280 Z25.	N311 G01 Z-9.4 F125.	N342 I7.984 J-.5 F1357.944
N281 Z3.	N312 G41 D23 X162. Y49.5 F366.405	N343 X-173. Y-49.5 I7.984 J-.5
N282 G01 Z-4.8 F125.	N313 G03 I3. J0 F732.809	N344 X-172.984 Y-50. I8. J0 F678.972
N283 G41 D23 X162. Y-49.5 F366.405	N314 G40 G01 X165. F366.405	N345 X-172.816 Y-50.343 I.499 J.031
N284 G03 I3. J0 F732.809	N315 G00 Z3.	N346 G40 G01 X-171.879 Y-51.17
N285 G40 G01 X165. F366.405	N316 Z25. M09	N347 X-165. Y-49.5
N286 G00 Z3.	N317 G91 G28 Z0	N348 G00 Z3.
N287 Z-1.8	N318 (5MM HSS 90DEG COUNTERSINK)	N349 Z25.
N288 G01 Z-9.4 F125.	N319 T11 M06	N350 X165.
N289 G41 D23 X162. Y-49.5 F366.405	N320 S9546 M03	N351 Z3.
N290 G03 I3. J0 F732.809	N321 ( Fraisage de contour6 )	N352 G01 Z-1.414 F125.
N291 G40 G01 X165. F366.405	N322 G90 G54 G00 X-165. Y49.5	N353 G41 D31 X158.121 Y-47.83 F678.972
N292 G00 Z3.	N323 G43 Z3. H11 M08	N354 X157.184 Y-48.657
N293 Z25.	N324 G01 Z-1.414 F125.	N355 G03 X157.016 Y-49. I.331 J-.375
N294 Y49.5	N325 G41 D31 X-171.879 Y51.17 F678.972	N356 I7.984 J-.5 F1357.944
N295 Z3.	N326 X-172.816 Y50.343	N357 X157. Y-49.5 I7.984 J-.5
N296 G01 Z-14. F125.	N327 G03 X-172.984 Y50. I.331 J-.375	N358 X157.016 Y-50. I8. J0 F678.972
N297 G41 D23 X167.898 Y49.5 F366.405	N328 I7.984 J-.5 F1357.944	N359 X157.184 Y-50.343 I.499 J.031
N298 G03 X167.998 Y49.603 I0 J.1	N329 X-173. Y49.5 I7.984 J-.5	N360 G40 G01 X158.121 Y-51.17
N299 Y49.397 I-2.998 J-.103 F500.	N330 X-172.984 Y49. I8. J0 F678.972	N361 X165. Y-49.5
N300 X167.898 Y49.5 I-.1 J.003	N331 X-172.816 Y48.657 I.499 J.031	N362 G00 Z3.
N301 G40 G01 X165. F366.405	N332 G40 G01 X-171.879 Y47.83	N363 Z25.
N302 G00 Z3.	N333 X-165. Y49.5	N364 Y49.5
N303 Z25.	N334 G00 Z3.	N365 Z3.
N304 Z3.	N335 Z25.	N366 G01 Z-1.414 F125.
N305 G01 Z-4.8 F125.	N336 Y-49.5	N367 G41 D31 X158.121 Y51.17 F678.972
N306 G41 D23 X162. Y49.5 F366.405	N337 Z3.	N368 X157.184 Y50.343
N307 G03 I3. J0 F732.809	N338 G01 Z-1.414 F125.	N369 G03 X157.016 Y50. I.331 J-.375
N308 G40 G01 X165. F366.405	N339 G41 D31 X-171.879 Y-47.83 F678.972	
N309 G00 Z3.	N340 X-172.816 Y-48.657	

N370 I7.984 J-.5 F1357.944	N401 G80 Z25. M09	N433 G83 G98 R3. Z-62.607 Q2. F401.216
N371 X157. Y49.5 I7.984 J-.5	N402 G91 G28 Z0	N434 Y-212.
N372 X157.016 Y49. I8. J0 F678.972	N403 (16.0mm JOBBER DRILL)	N435 X237.
N373 X157.184 Y48.657 I.499 J.031	N404 T15 M06	N436 Y212.
N374 G40 G01 X158.121 Y47.83	N405 S5942 M03	N437 G80 Z25. M09
N375 X165. Y49.5	N406 ( Foret5 )	N438 G91 G28 Z0
N376 G00 Z3.	N407 G90 G54 G00 X-148. Y212.	N439 (20MM CRB 2FL 38 LOC)
N377 Z25. M09	N408 G43 Z25. H15 M08	N440 T05 M06
N378 G91 G28 Z0	N409 G83 G98 R3. Z-25.803 Q2. F799.983	N441 S3594 M03
N379 (16MM HSS 90DEG COUNTERSINK)	N410 X148.	N442 ( Fraisage de contour7 )
N380 T16 M06	N411 Y-212.	N443 G90 G54 G00 X-237. Y212.
N381 S4493 M03	N412 X-148.	N444 G43 Z3. H05 M08
N382 ( Pointage/chanfreinage2 )	N413 G80 Z25. M09	N445 G01 Z-6.3 F125.
N383 G90 G54 G00 X-165. Y49.5	N414 G91 G28 Z0	N446 G41 D25 X-233.601 Y212. F447.387
N384 G43 Z25. H16 M08	N415 (14mm x 60DEG HSS CENTERDRILL)	N447 G03 X-233.502 Y212.103 I0 J.1
N385 G82 G98 R3. Z-6.15 P1000 F570.646	N416 T13 M06	N448 X-233.501 Y211.903 I-3.498 J-.103 F500.
N386 Y-49.5	N417 S5135 M03	N449 G02 X-233.401 Y212. I1 J-.003
N387 X165.	N418 ( Foret à centrer6 )	N450 G01 X-223.6
N388 Y49.5	N419 G90 G54 G00 X-237. Y212.	N451 G03 X-223.5 Y212.101 I0 J.1
N389 G80 Z25. M09	N420 G43 Z25. H13 M08	N452 Y211.899 I-13.5 J-.101
N390 G91 G28 Z0	N421 G82 G98 R3. Z-12.794 P1000 F652.167	N453 X-223.6 Y212. I-1 J0
N391 (14mm x 60DEG HSS CENTERDRILL)	N422 Y-212.	N454 G40 G01 X-237. F447.387
N392 T13 M06	N423 X237.	N455 G00 Z3.
N393 S5135 M03	N424 Y212.	N456 Z25.
N394 ( Foret à centrer5 )	N425 G80 Z25. M09	N457 Y-212.
N395 G90 G54 G00 X-148. Y212.	N426 G91 G28 Z0	N458 Z3.
N396 G43 Z25. H13 M08	N427 (42.0mm JOBBER DRILL)	N459 G01 Z-6.3 F125.
N397 G82 G98 R3. Z-12.794 P1000 F652.167	N428 T18 M06	N460 G41 D25 X-233.601 Y-212. F447.387
N398 X148.	N429 S2430 M03	N461 G03 X-233.502 Y-211.897 I0 J.1
N399 Y-212.	N430 ( Foret6 )	N462 X-233.501 Y-212.097 I-3.498 J-.103 F500.
N400 X-148.	N431 G90 G54 G00 X-237. Y212.	
	N432 G43 Z25. H18 M08	

N463 G02 X-233.401 Y-212. I.1 J-.003	N492 G01 X250.4	N523 G03 X-259.494 Y-211.5 I.346 J-.361
N464 G01 X-223.6	N493 G03 X250.5 Y212.101 I0 J.1	N524 I22.494 J-.5 F1357.944
N465 G03 X-223.5 Y-211.899 I0 J.1	N494 Y211.899 I-13.5 J-.101	N525 X-259.5 Y-212. I22.494 J-.5
N466 Y-212.101 I-13.5 J-.101	N495 X250.4 Y212. I-.1 J0	N526 X-259.494 Y-212.5 I22.5 J0 F678.972
N467 X-223.6 Y-212. I-.1 J0	N496 G40 G01 X237. F447.387	N527 X-259.34 Y-212.85 I.5 J.011
N468 G40 G01 X-237. F447.387	N497 G00 Z3.	N528 G40 G01 X-258.437 Y-213.714
N469 G00 Z3.	N498 Z25. M09	N529 X-237. Y-212.
N470 Z25.	N499 G91 G28 Z0	N530 G00 Z3.
N471 X237.	N500 (5MM HSS 90DEG COUNTERSINK)	N531 Z25.
N472 Z3.	N501 T11 M06	N532 X237.
N473 G01 Z-6.3 F125.	N502 S9546 M03	N533 Z3.
N474 G41 D25 X240.399 Y-212. F447.387	N503 ( Fraisage de contour8 )	N534 G01 Z-1.406 F125.
N475 G03 X240.498 Y-211.897 I0 J.1	N504 G90 G54 G00 X-237. Y212.	N535 G41 D31 X215.563 Y-210.286 F678.972
N476 X240.499 Y-212.097 I-3.498 J-.103 F500.	N505 G43 Z3. H11 M08	N536 X214.66 Y-211.15
N477 G02 X240.599 Y-212. I.1 J-.003	N506 G01 Z-1.406 F125.	N537 G03 X214.506 Y-211.5 I.346 J-.361
N478 G01 X250.4	N507 G41 D31 X-258.437 Y213.714 F678.972	N538 I22.494 J-.5 F1357.944
N479 G03 X250.5 Y-211.899 I0 J.1	N508 X-259.34 Y212.85	N539 X214.5 Y-212. I22.494 J-.5
N480 Y-212.101 I-13.5 J-.101	N509 G03 X-259.494 Y212.5 I.346 J-.361	N540 X214.506 Y-212.5 I22.5 J0 F678.972
N481 X250.4 Y-212. I-.1 J0	N510 I22.494 J-.5 F1357.944	N541 X214.66 Y-212.85 I.5 J.011
N482 G40 G01 X237. F447.387	N511 X-259.5 Y212. I22.494 J-.5	N542 G40 G01 X215.563 Y-213.714
N483 G00 Z3.	N512 X-259.494 Y211.5 I22.5 J0 F678.972	N543 X237. Y-212.
N484 Z25.	N513 X-259.34 Y211.15 I.5 J.011	N544 G00 Z3.
N485 Y212.	N514 G40 G01 X-258.437 Y210.286	N545 Z25.
N486 Z3.	N515 X-237. Y212.	N546 Y212.
N487 G01 Z-6.3 F125.	N516 G00 Z3.	N547 Z3.
N488 G41 D25 X240.399 Y212. F447.387	N517 Z25.	N548 G01 Z-1.406 F125.
N489 G03 X240.498 Y212.103 I0 J.1	N518 Y-212.	N549 G41 D31 X215.563 Y213.714 F678.972
N490 X240.499 Y211.903 I-3.498 J-.103 F500.	N519 Z3.	N550 X214.66 Y212.85
N491 G02 X240.599 Y212. I.1 J-.003	N520 G01 Z-1.406 F125.	N551 G03 X214.506 Y212.5 I.346 J-.361
	N521 G41 D31 X-258.437 Y-210.286 F678.972	N552 I22.494 J-.5 F1357.944
	N522 X-259.34 Y-211.15	

N553 X214.5 Y212. I22.494 J-.5

N554 X214.506 Y211.5 I22.5 J0  
F678.972

N555 X214.66 Y211.15 I.5 J.011

N556 G40 G01 X215.563  
Y210.286

N557 X237. Y212.

N558 G00 Z3.

N559 Z25. M09

N560 G91 G28 Z0

N561 (25MM HSS 90DEG  
COUNTERSINK)

N562 T19 M06

N563 S2980 M03

N564 ( Pointage/chanfreinage3 )

N565 G90 G54 G00 X-237. Y212.

N566 G43 Z25. H19 M08

N567 G82 G98 R3. Z-12.5 P1000  
F431.514

N568 Y-212.

N569 X237.

N570 Y212.

N571 G80 Z25. M09

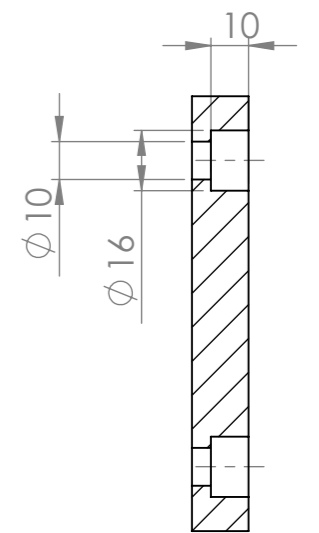
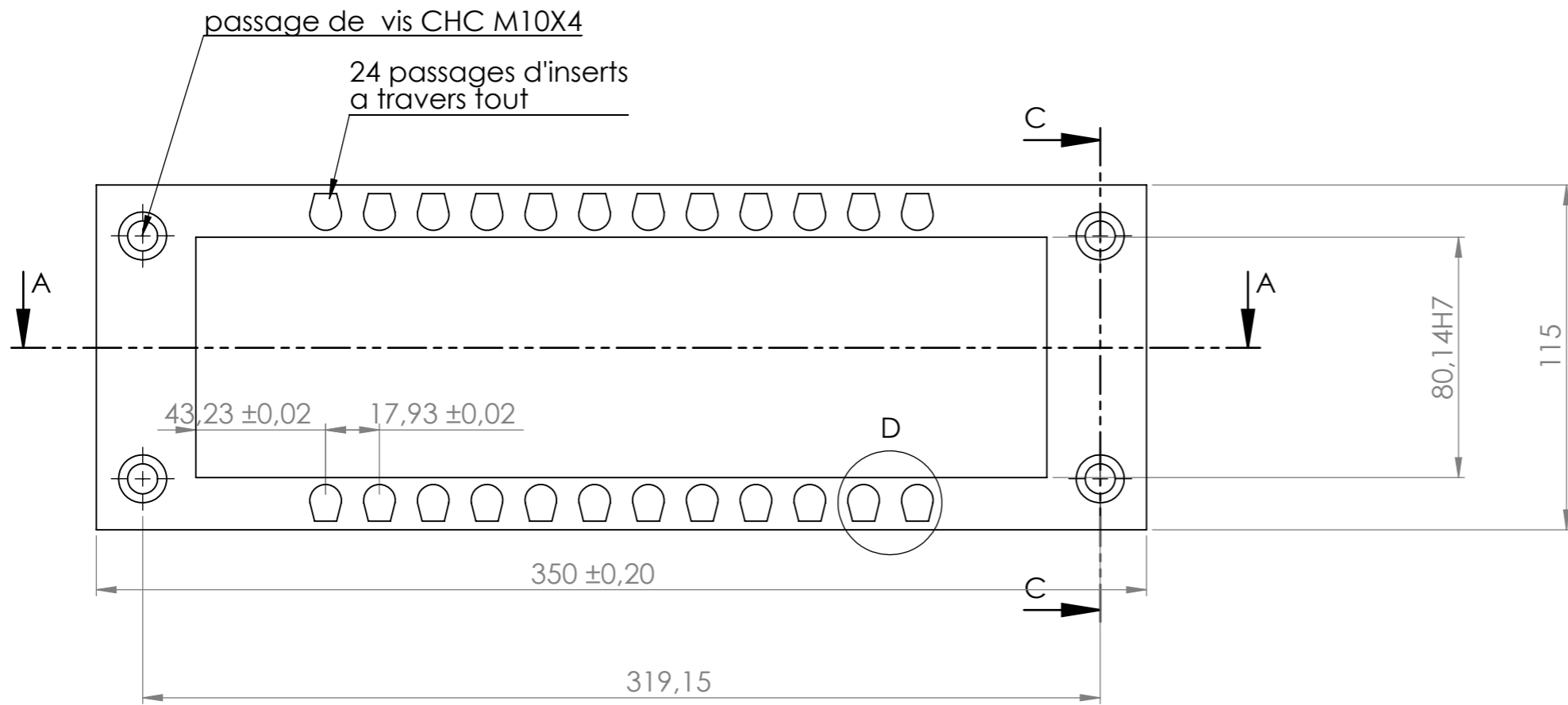
N572 G91 G28 Z0

N573 G28 X0 Y0

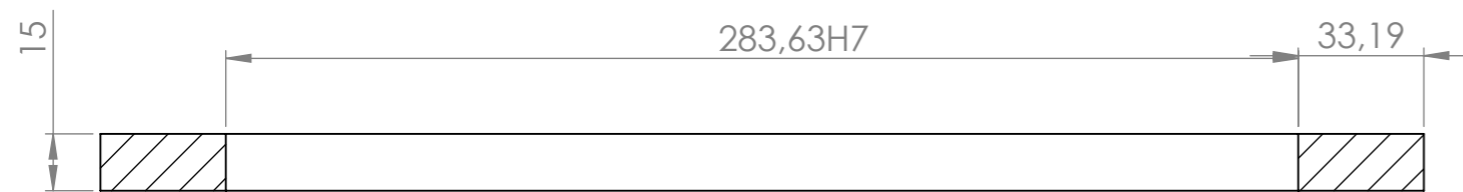
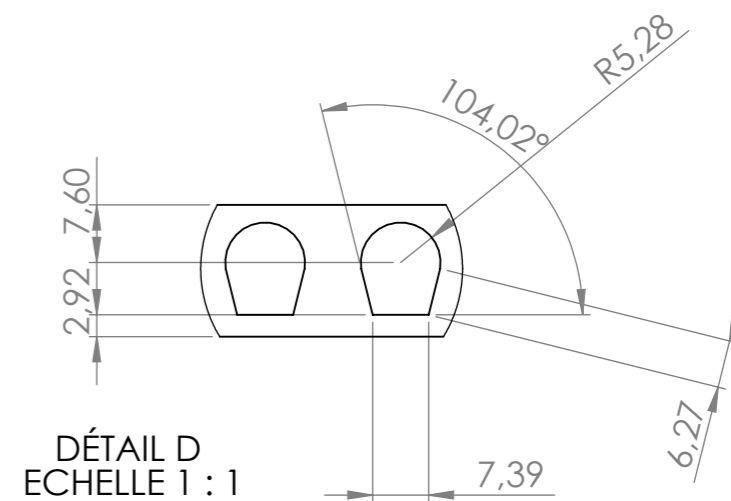
N574 M30

## BIBLIOGRAPHIE


- [1] Aide mémoire matière plastiques 2em édition usine nouvelle DUNOD de Marc Carrega
- [2] Memotech matière plastique 2em edition de claude robert, 2001
- [3] J. F.PICHON, Aide mémoire- injection des matières plastique, 2001: Dunod.
- [4] J-P TROTIGNON, J VERDU, A DOBRACZYNSKY, M PIPERAUD: Matières plastiques structures, propriétés, mise en oeuvre et normalisation ; Edition Nathan, 2006.
- [5] S. CHOUALI :Conception et Fabrication d'un moule à injection plastique. Mémoire université mouloud mammeri 2012
- [6] techniques de l'ingénieur
- [7] MAMMA IDIR, OUAZZOUG KACI, OUDAHMANE OUSSAMA conception et fabrication d'un moule a injection plastique d'une grille d'aeration Univeristé Mouloud Mammeri TIZI OUZOU 2014
- [8] C F P, concevoir un produit injecté, Lyon: Centre de Formation de la Plasturgié, 2002.
- [9] RABOURDIN INDUSTRIE Composants standard pour moule et outillages.
- [10] C.CORBET, Mémotech en matières plastiques, Paris : educalivre, 2001
- [11] J-P TROTIGNON, J VERDU, A DOBRACZYNSKY, M PIPERAUD : matières plastiques structures, propriétés, mise en œuvre et réalisation ; édition nathan, 2006
- [12] HOCINE étude, conception et réalisation d'un moule d'injection plastique / mémoire d'ingénieur / université mouloud mammeri tizi ouzou , promotion 2009.
- [13] AMROUHE YACINE, BOULAUCHE AMAR etude conception et fabrication d'un moule a injection plastique pour tube de dégivrage pour réfrigérateur ENIEM, Université mouloud Mammeri de tizi ouzou, 2014



COUPE C-C



COUPE A-A

21	01	Plaque éjectrice	XC38CrMo V5-1	
Rep	Nbr	Désignation	Matiere	Observation
		<p><b>Moule injection plastique</b></p> 		kemkem yougourthene ihamoutene amar
				projet de fin d'etude 2016/2017
		<b>A3</b>	université MOULOU D Mammerie tizi ouzou	master II FMP

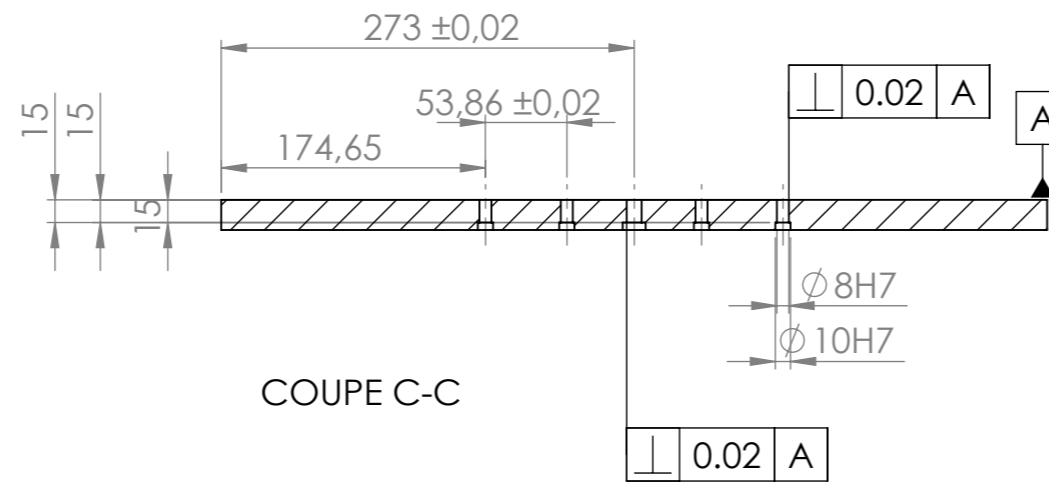
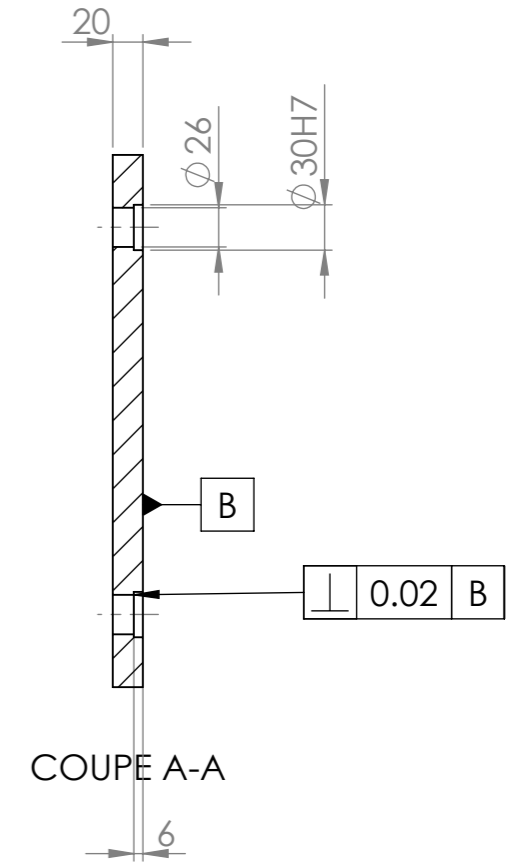
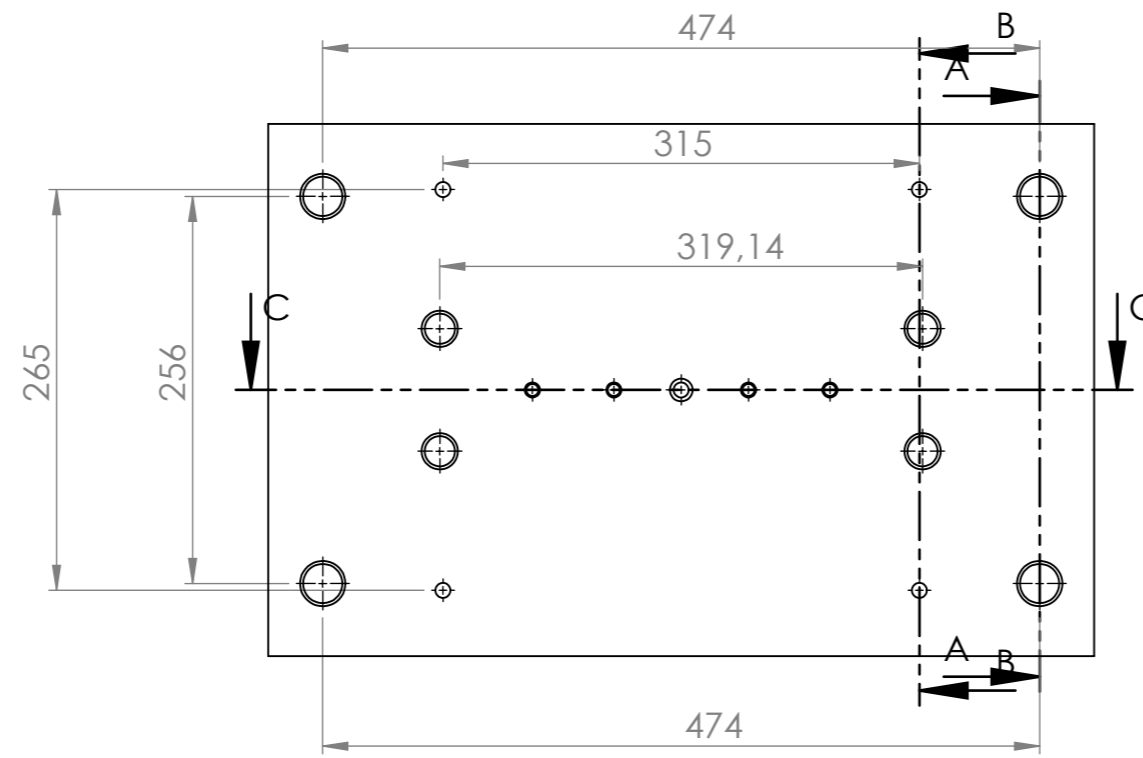
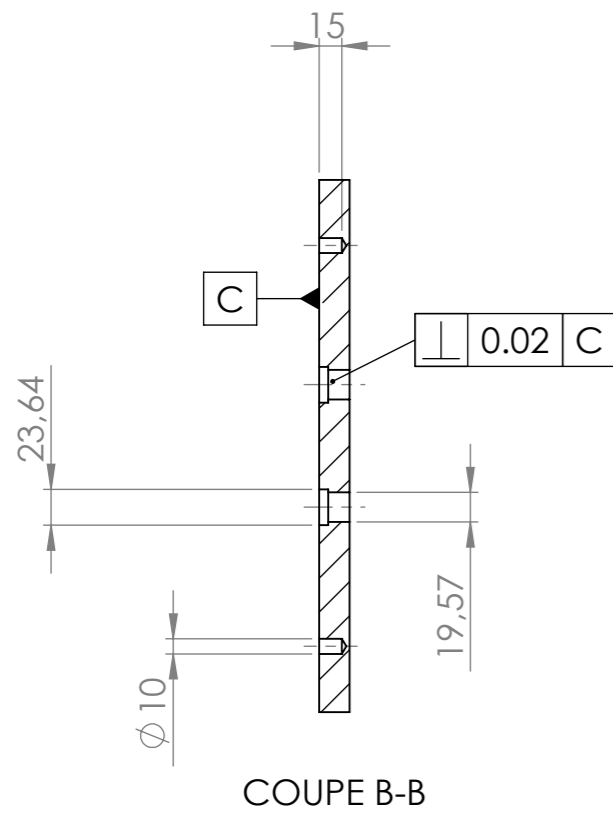
Echelle :  
1:2

**Moule injection plastique**

projet de fin d'etude  
2016/2017

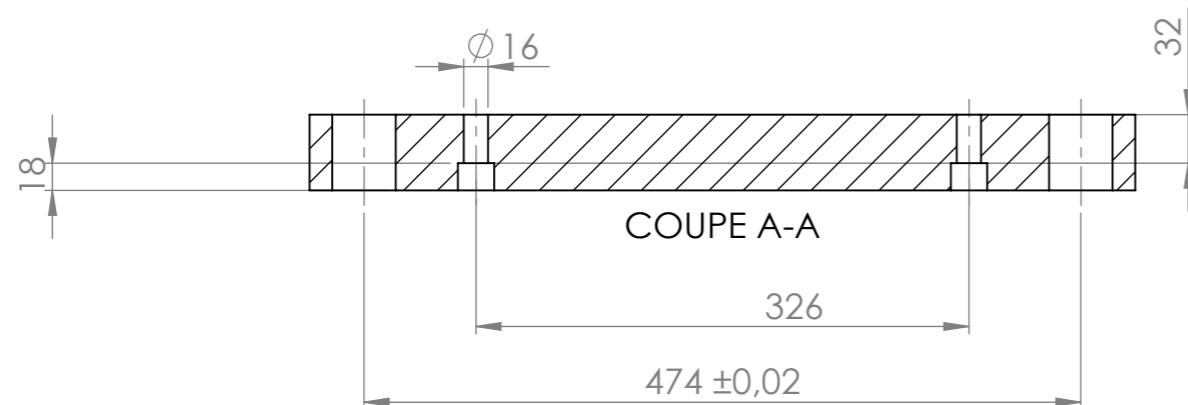
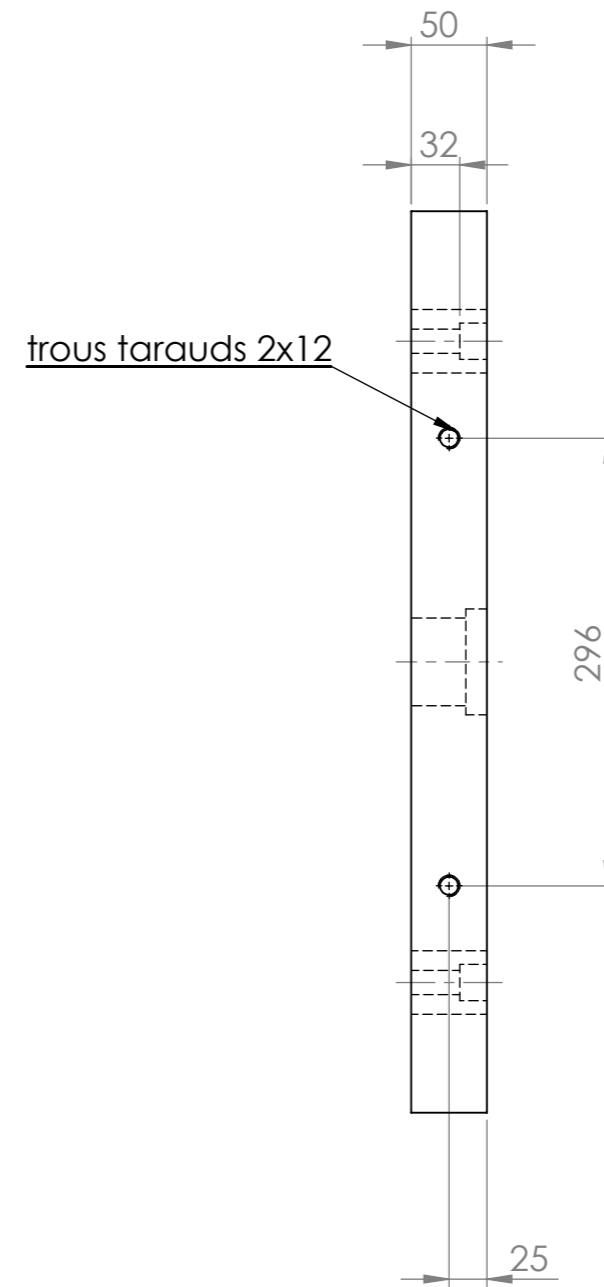
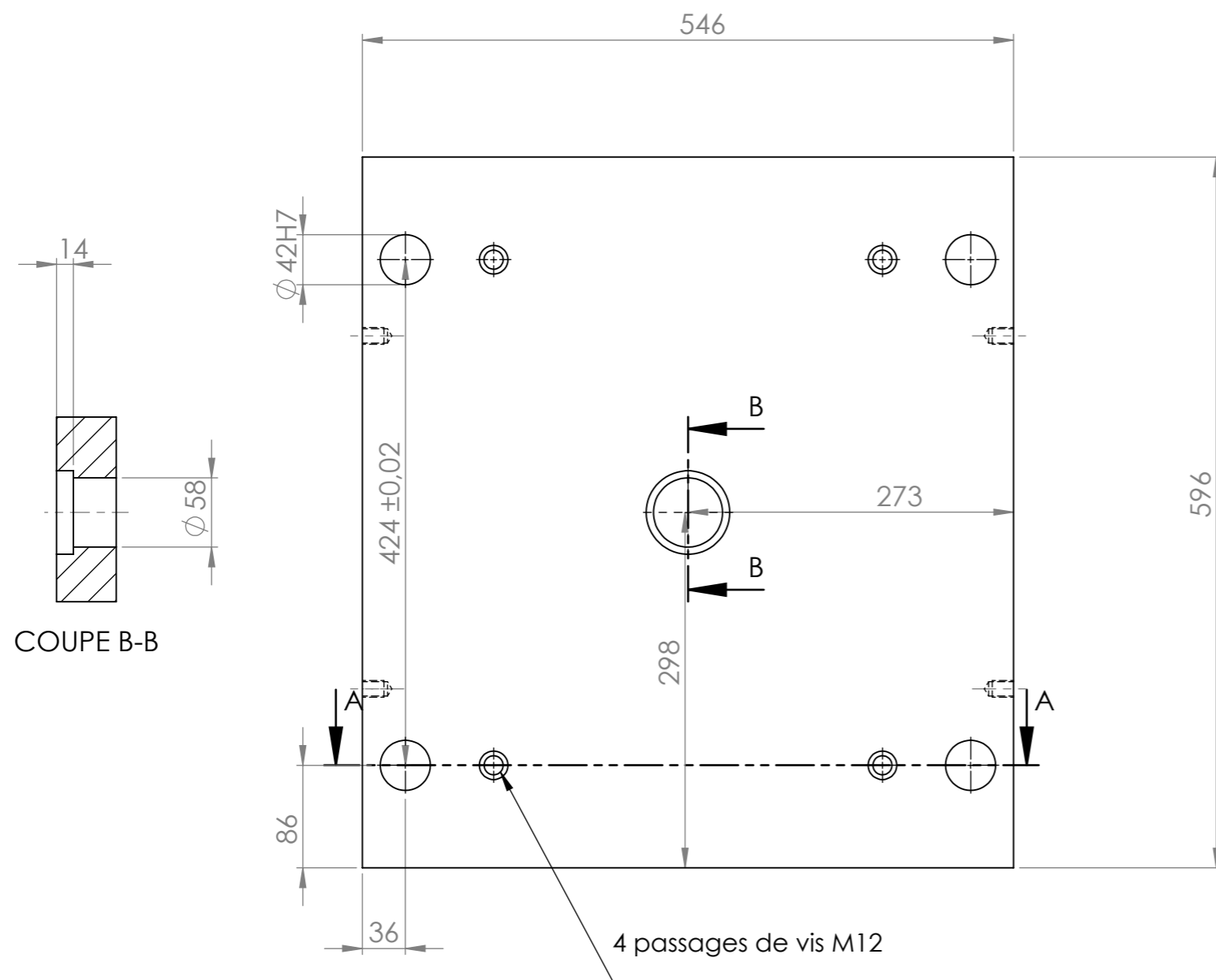
université MOULOU D Mammerie tizi ouzou

master II FMP

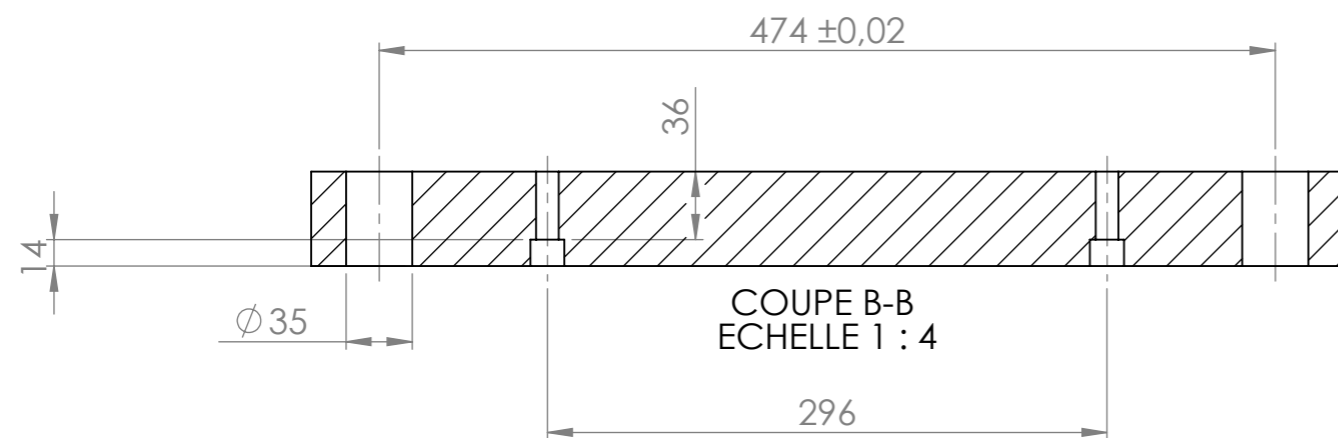
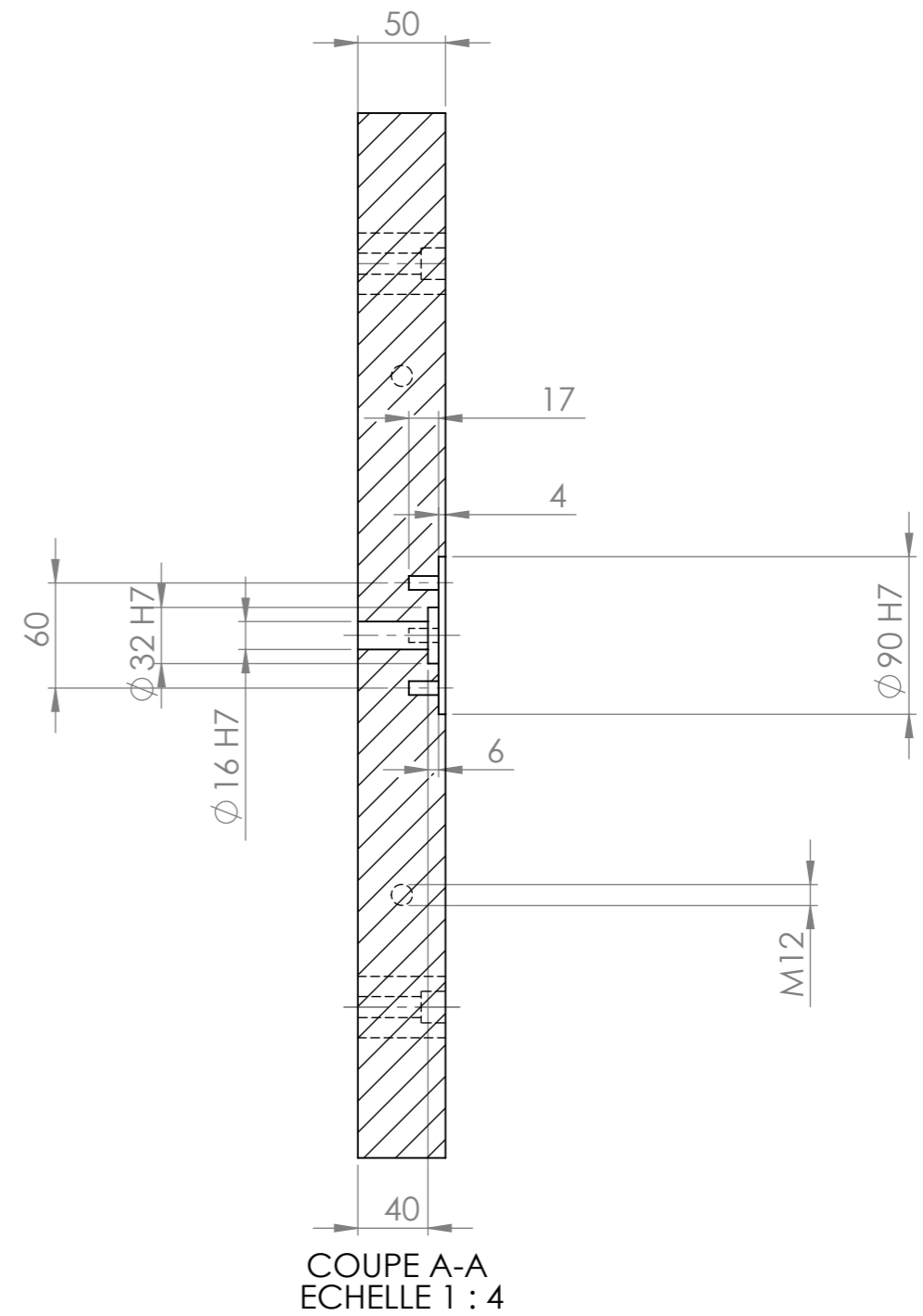
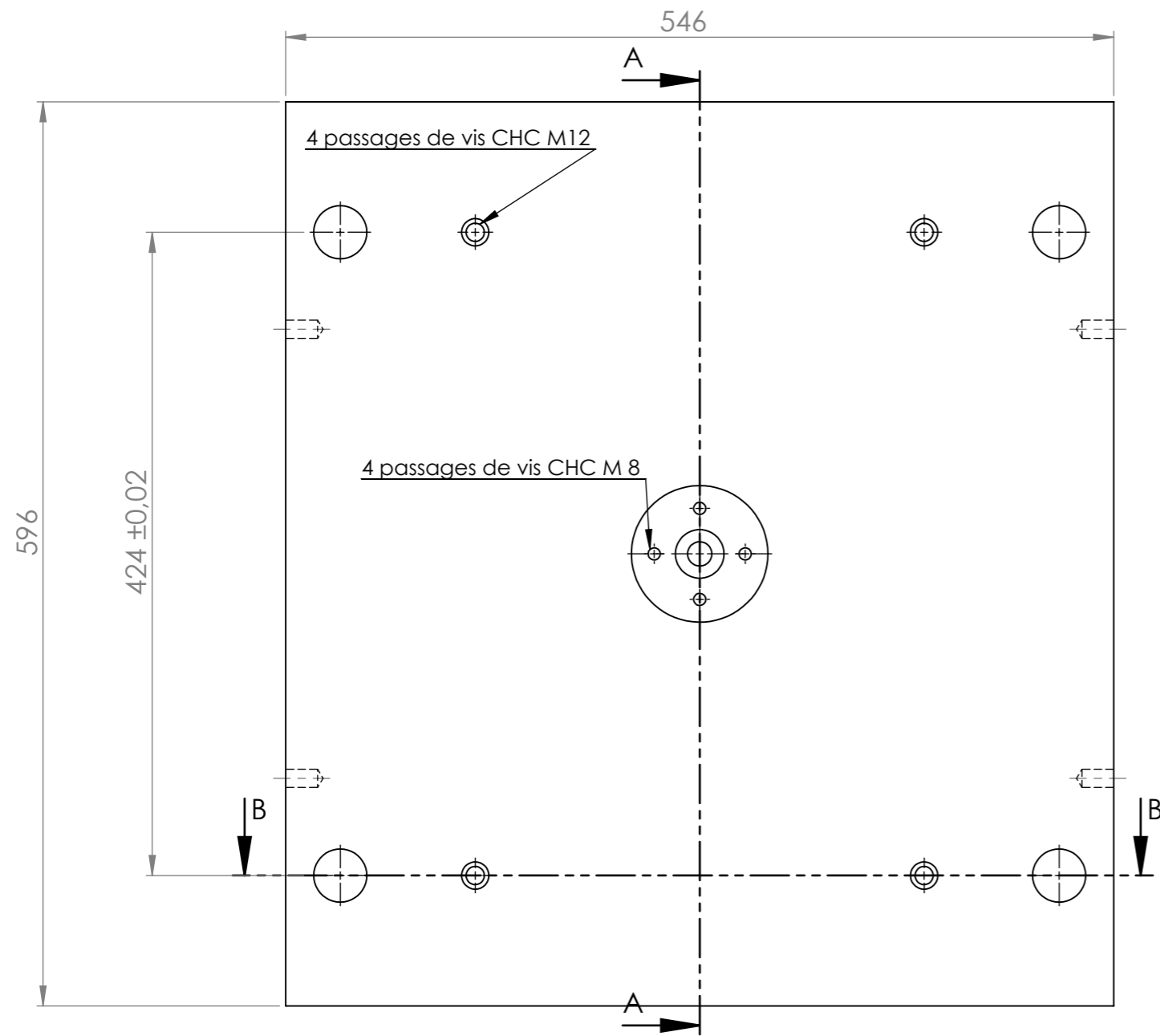


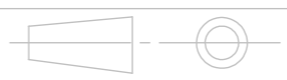
22	01	Batterie éjectrice	XC48	
<b>Rep</b>	<b>Nbr</b>	<b>Désignation</b>	<b>Matiere</b>	<b>Observation</b>
			<b>Moule injection plastique</b>	kemkem yougourthene ihamoutene amar
				projet de fin d'etude 2016/2017
			université MOULOU D Mammerie tizi ouzou	master II FMP

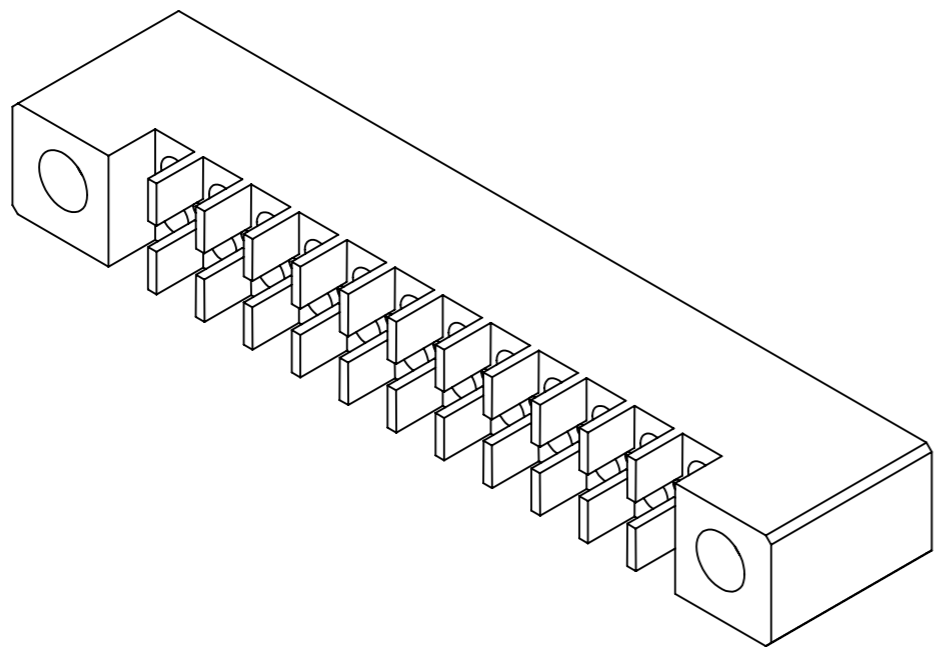
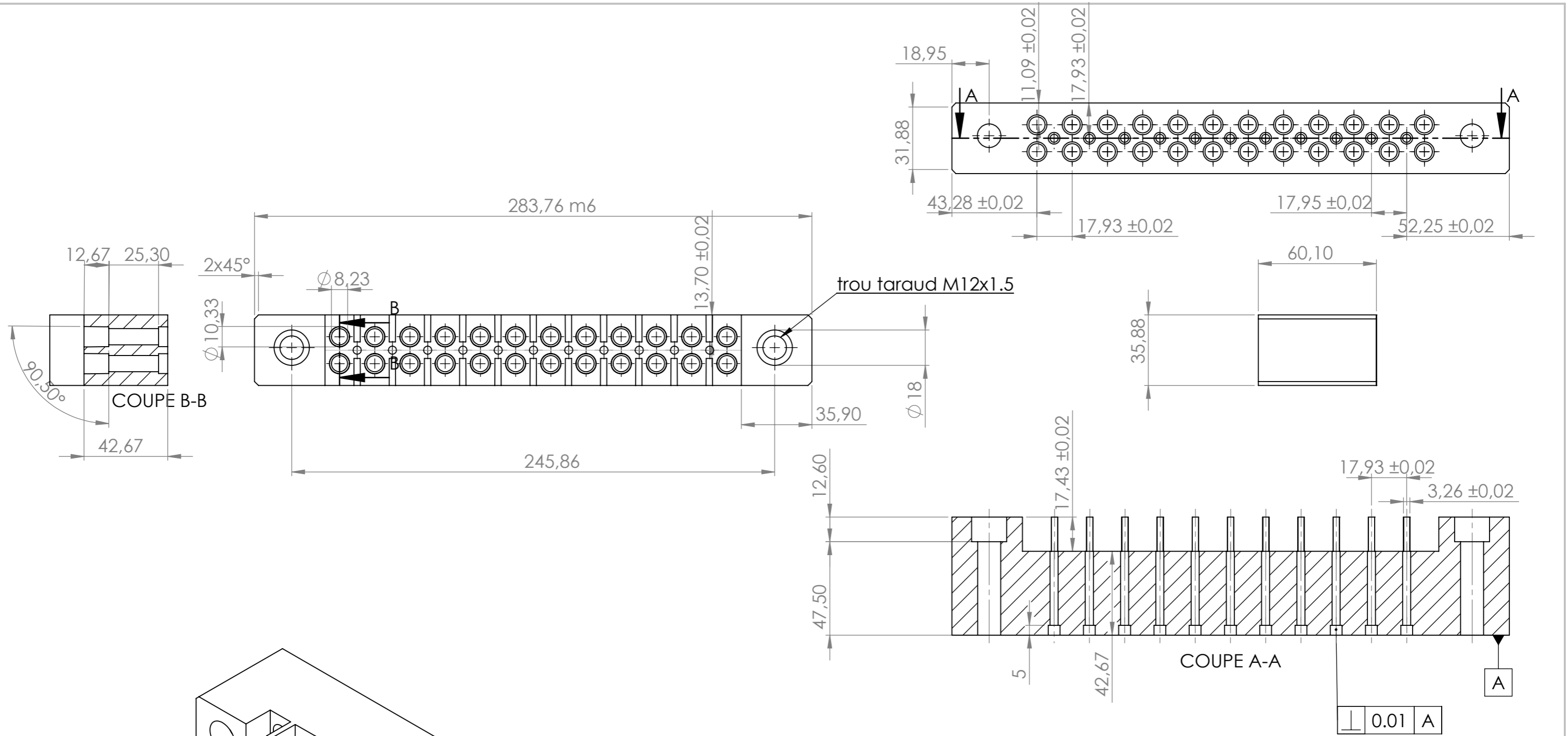




24	01	semelle fixe	XC48	
Rep	Nbr	Désignation	Matiere	Observation
Echelle :		Moule injection plastique		kemkem yougourthene ihamoutene amar
1:5				
A3		université MOULOU D Mammerie tizi ouzou		projet de fin d'etude 2016/2017
				master II FMP



25	01	semelle mobile	XC48	
Rep	Nbr	Désignation	Matiere	Observation
Echelle : 1:4		Moule injection plastique		kemkem yougourthene ihamoutene amar
				projet de fin d'etude 2016/2017
A3		université MOULOU D Mammerie tizi ouzou		master II FMP

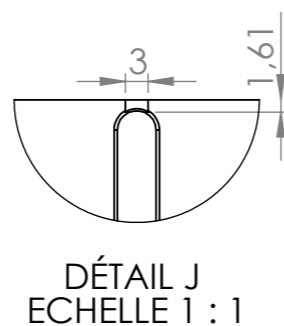
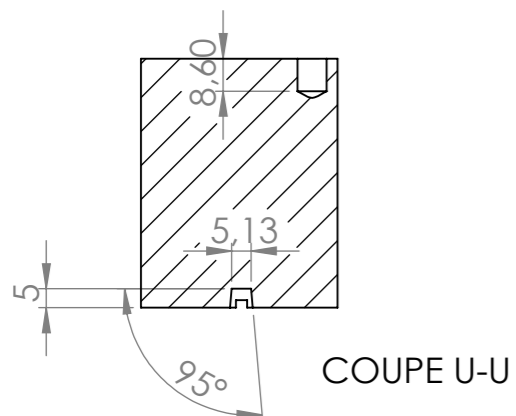
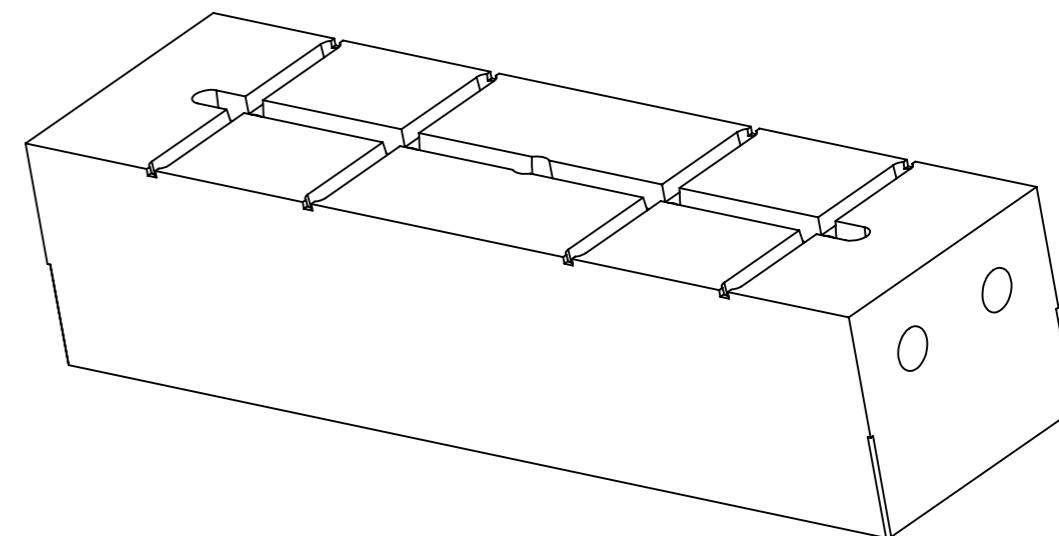
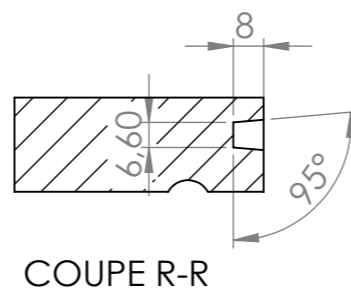
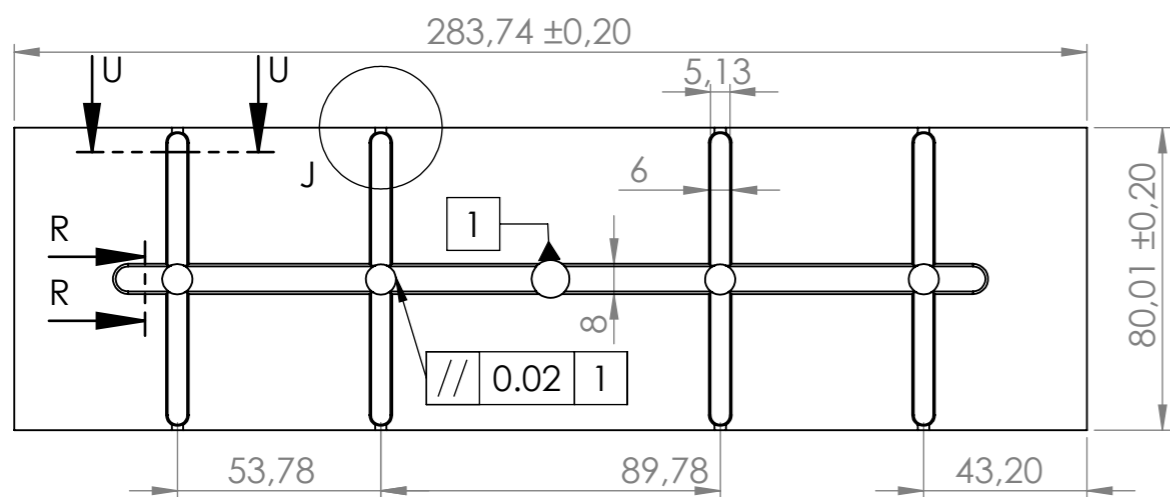
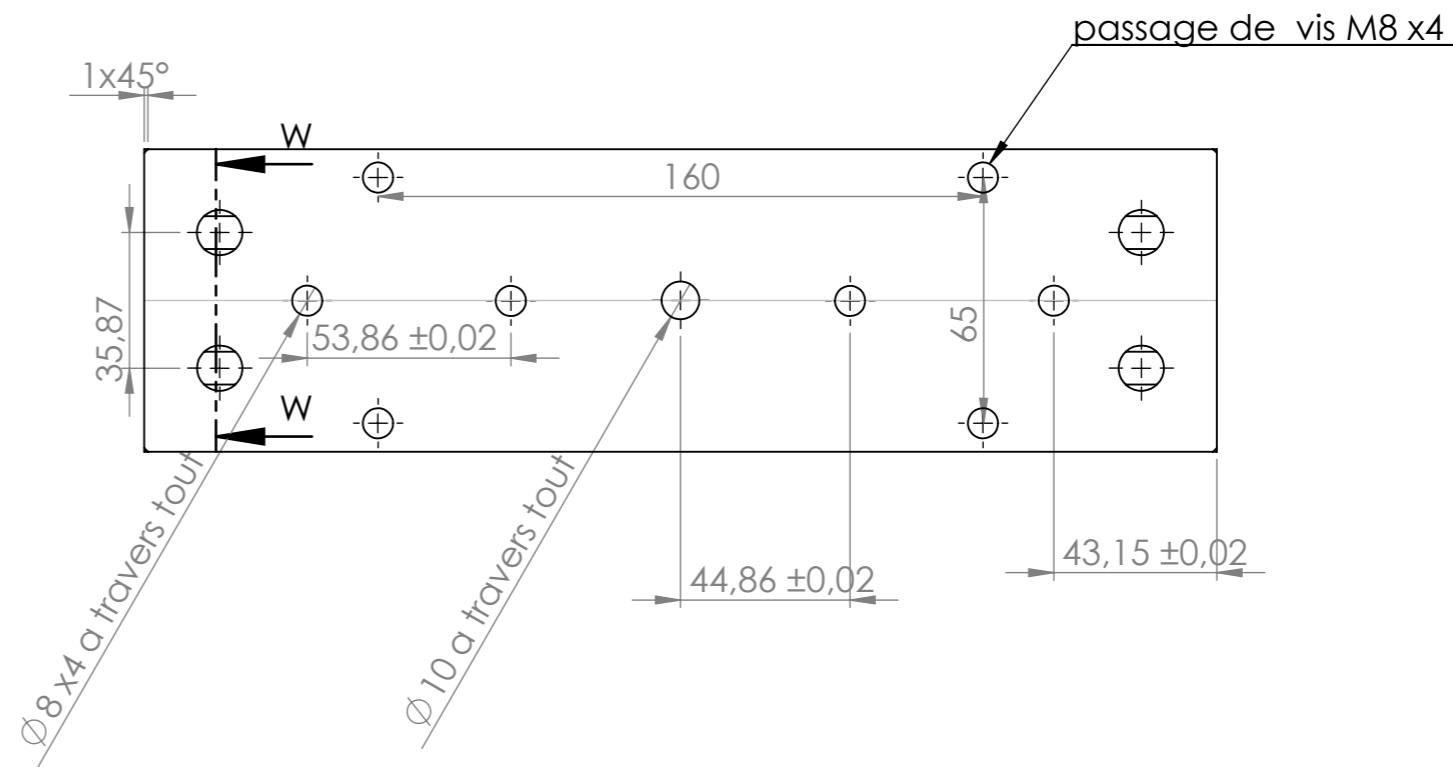
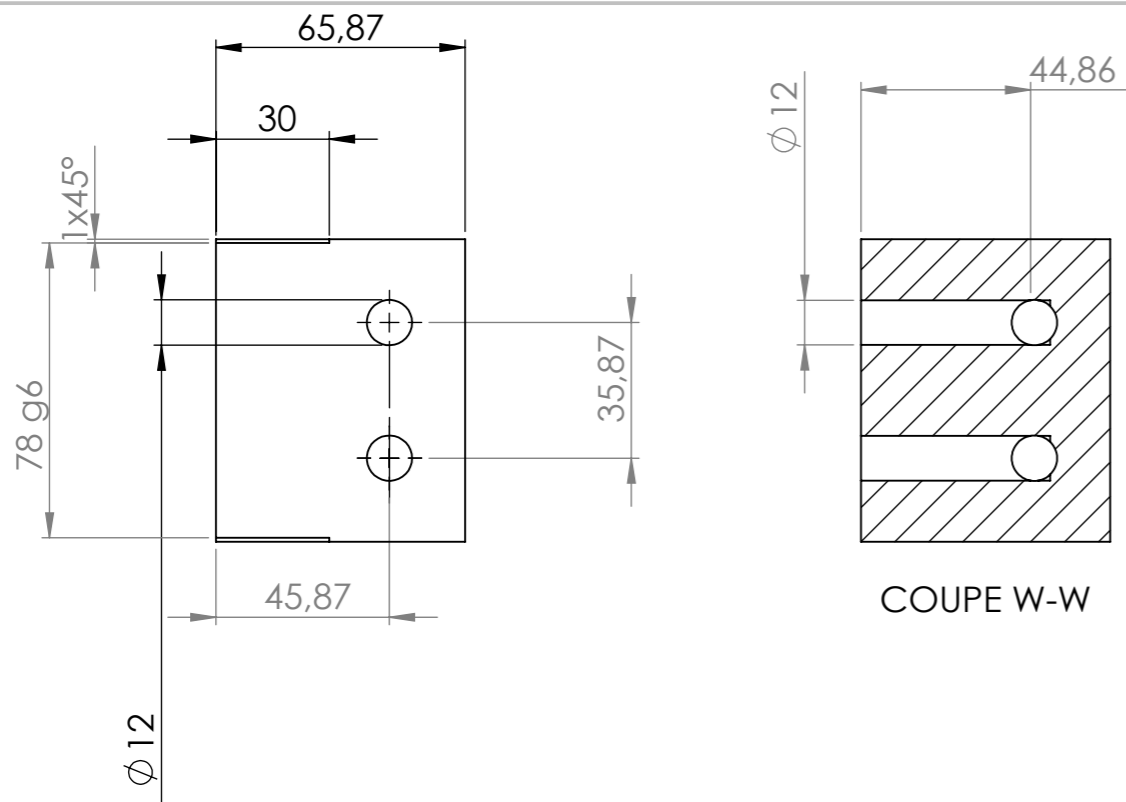


26	02	Tiroir	X38CrMoV5-1	
<b>Rep</b>	<b>Nbr</b>	<b>Désignation</b>	<b>Matiere</b>	<b>Observation</b>
			<b>Moule injection plastique</b>	kemkem yougourthene ihamoutene amar
				projet de fin d'etude 2016/2017
			université MOULOU D Mammerie tizi ouzou	Master II FMP

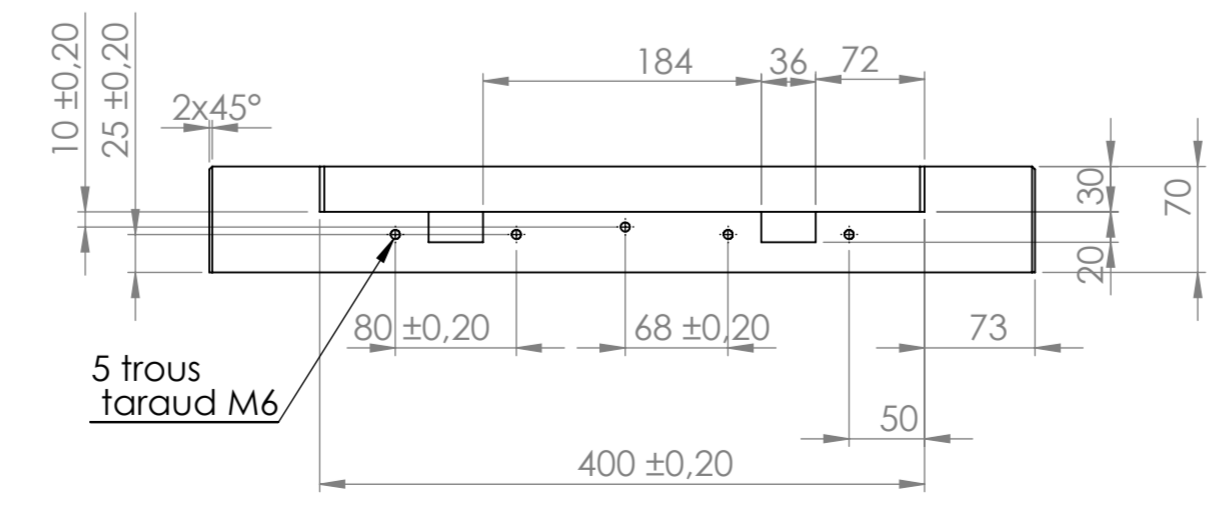
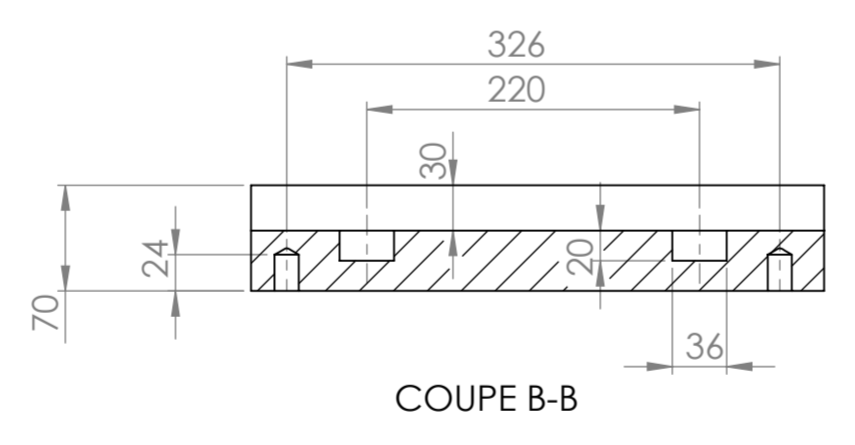
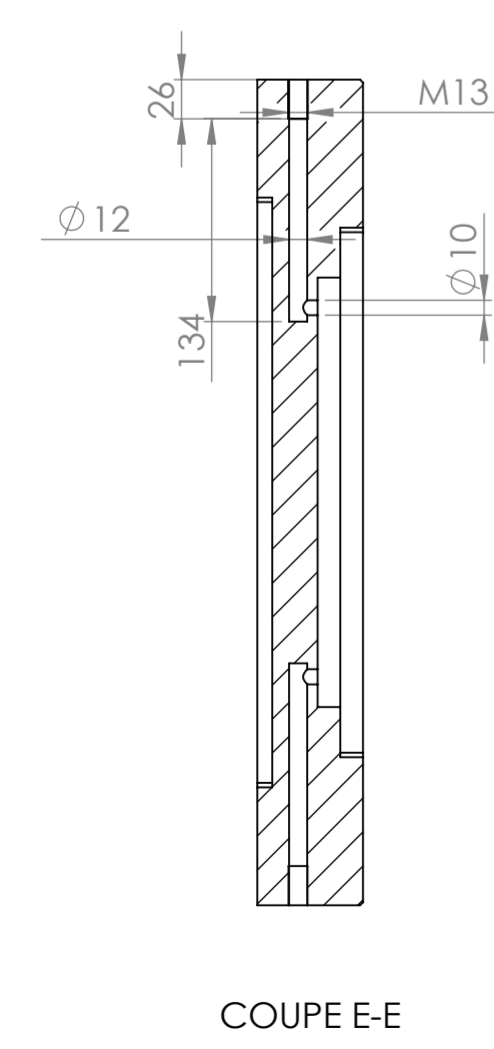
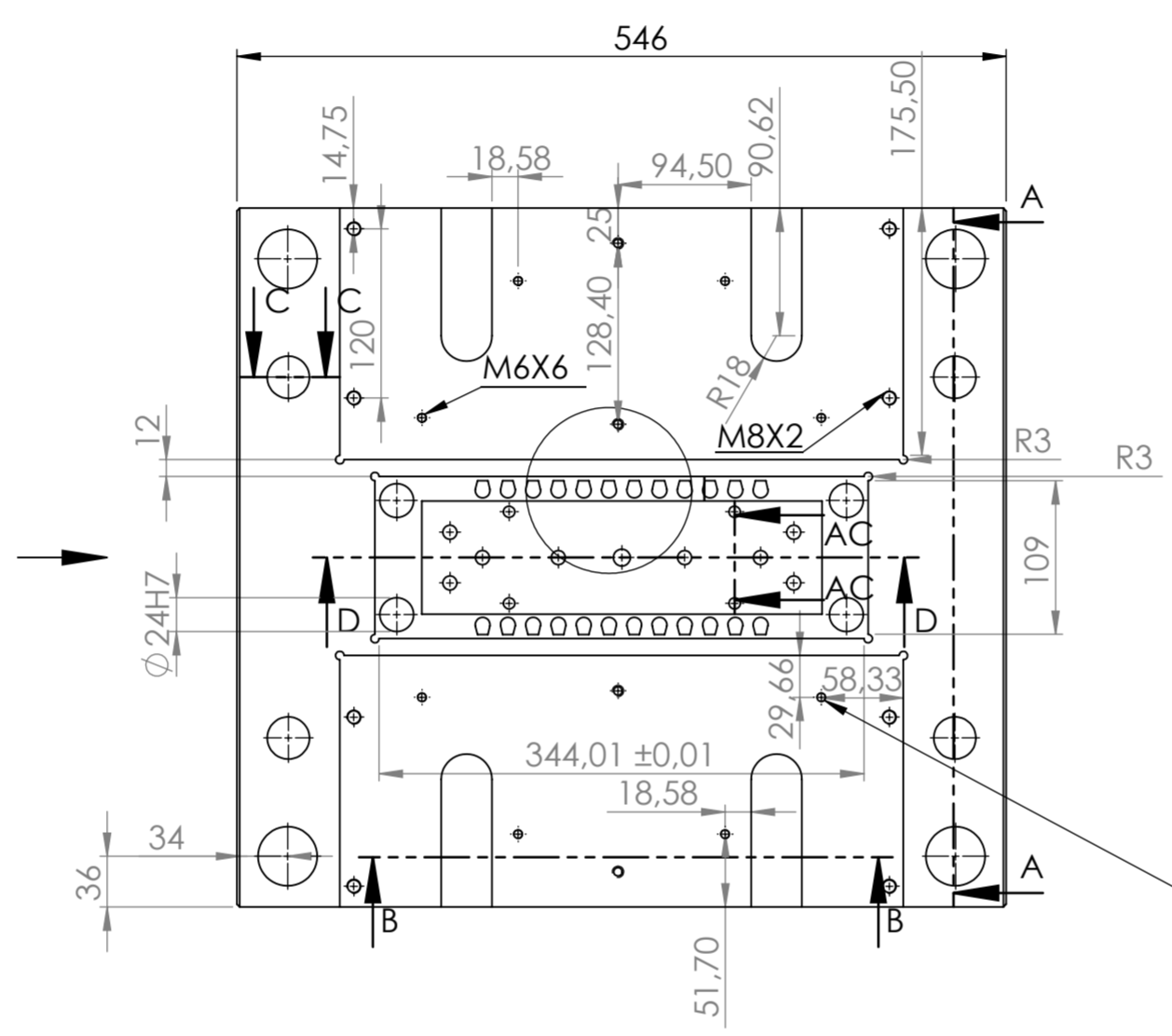
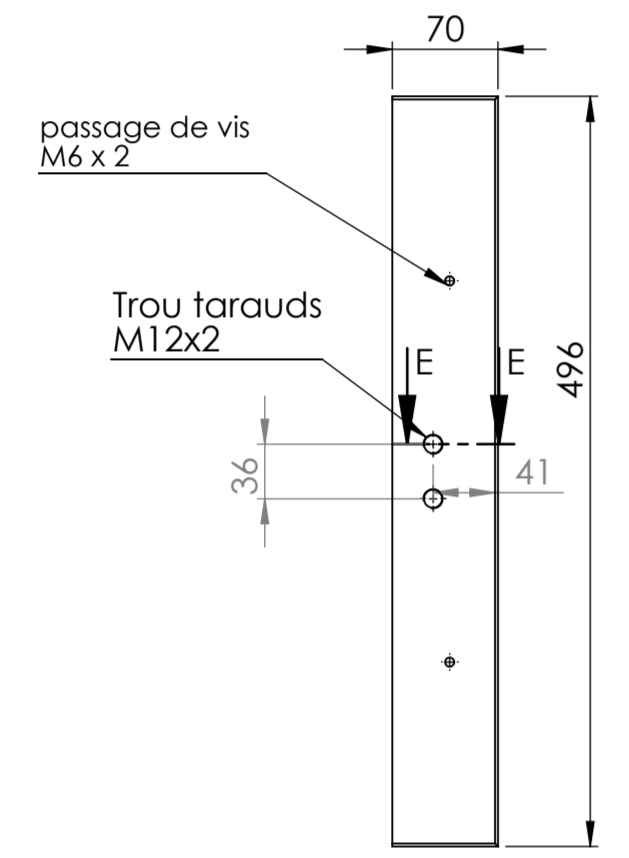
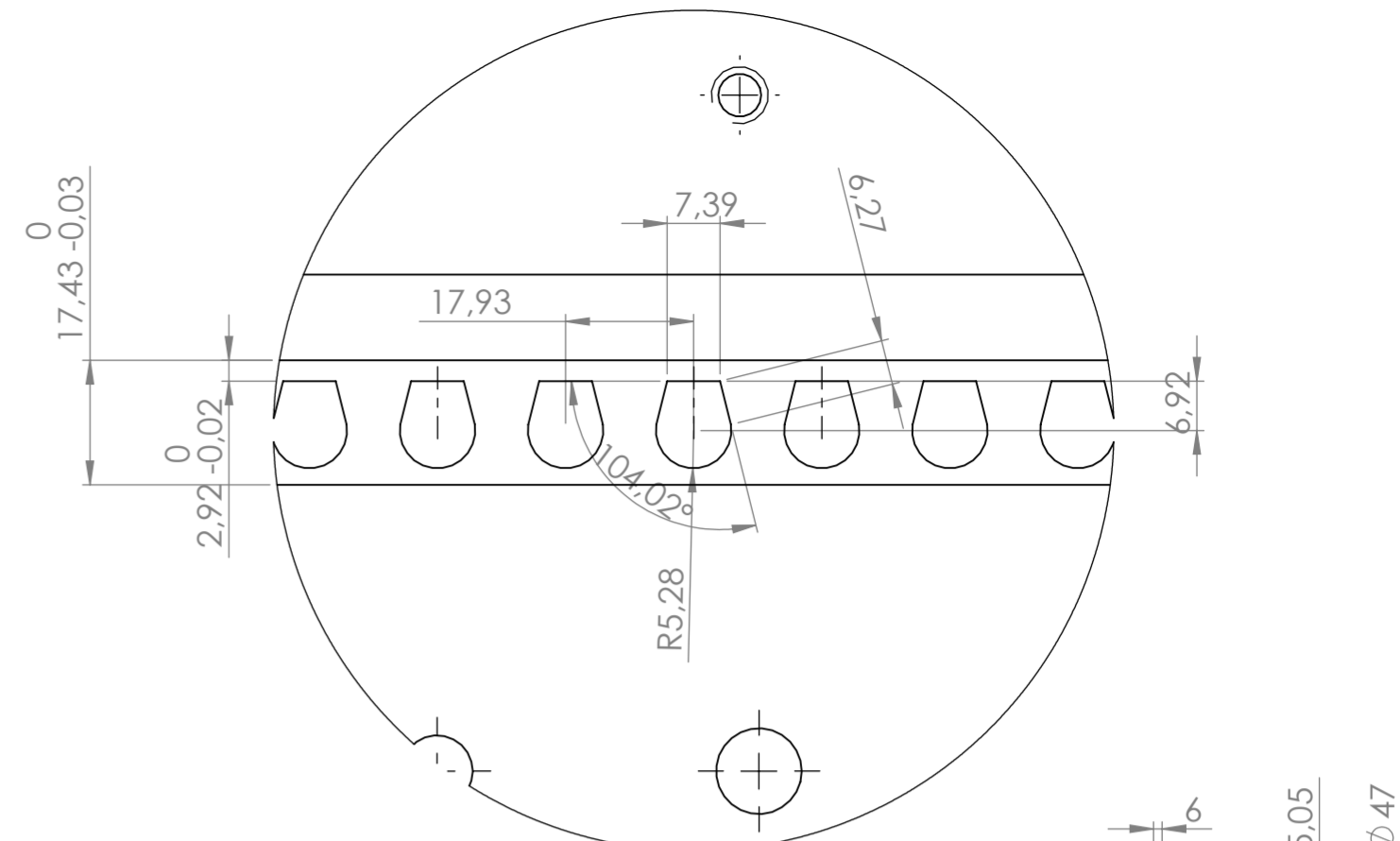
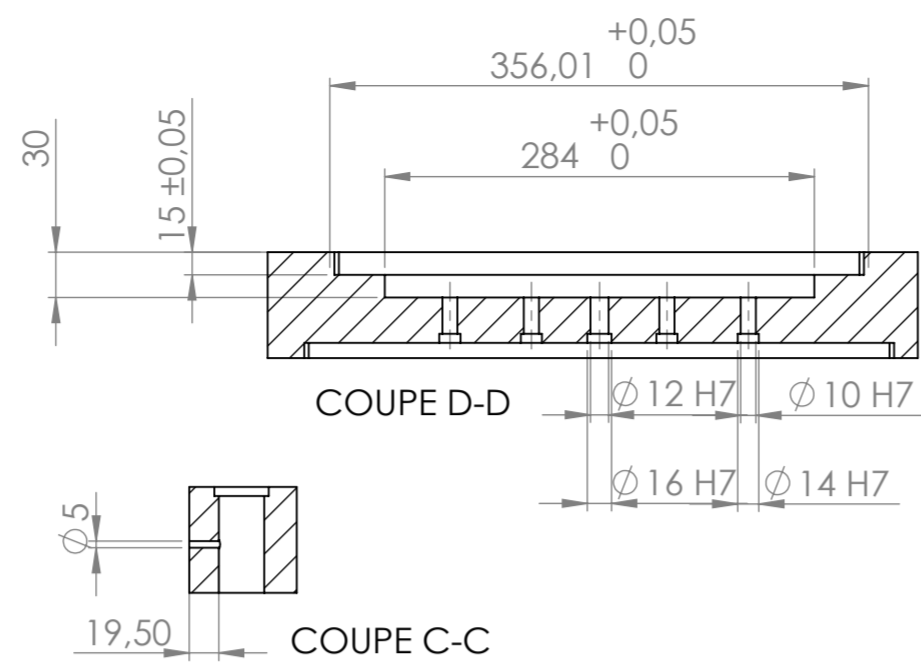
**Echelle :**  
1:2



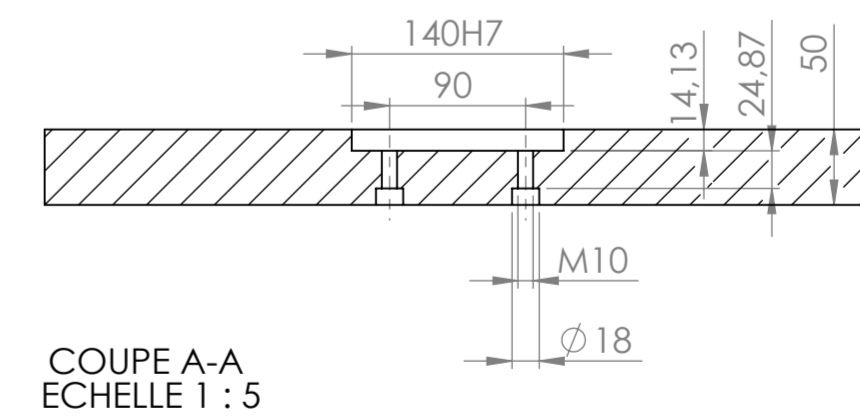
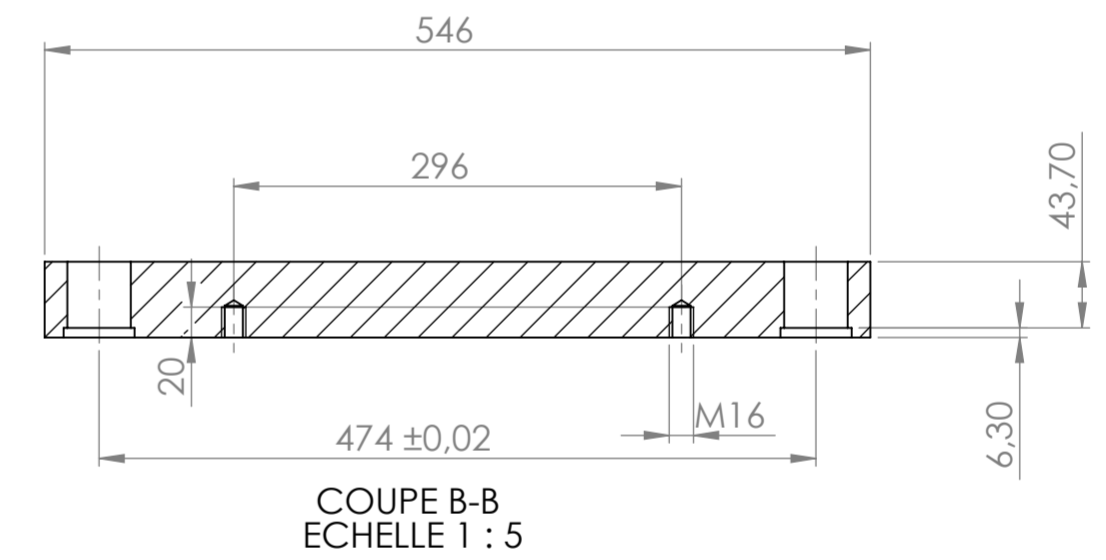
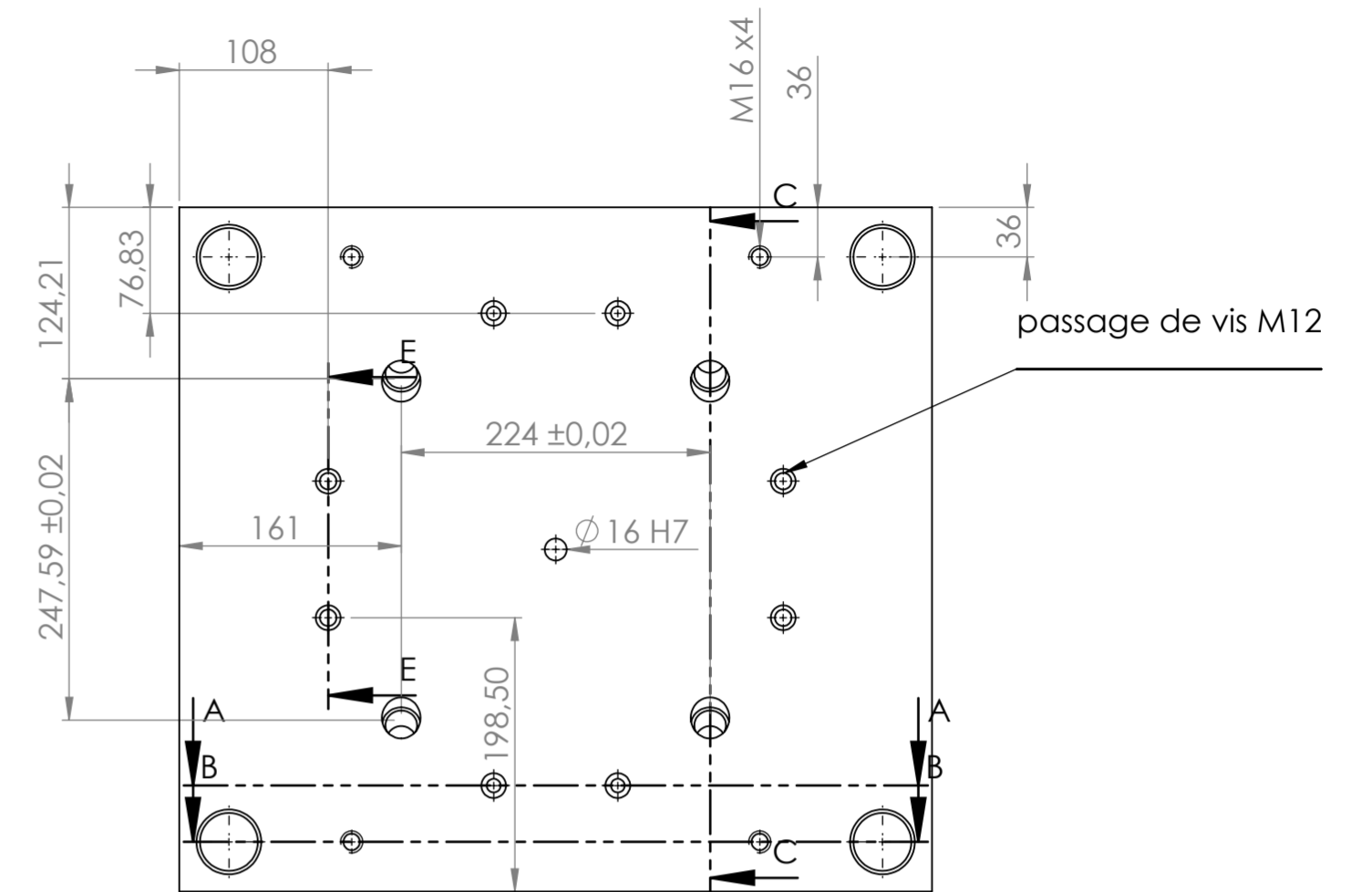
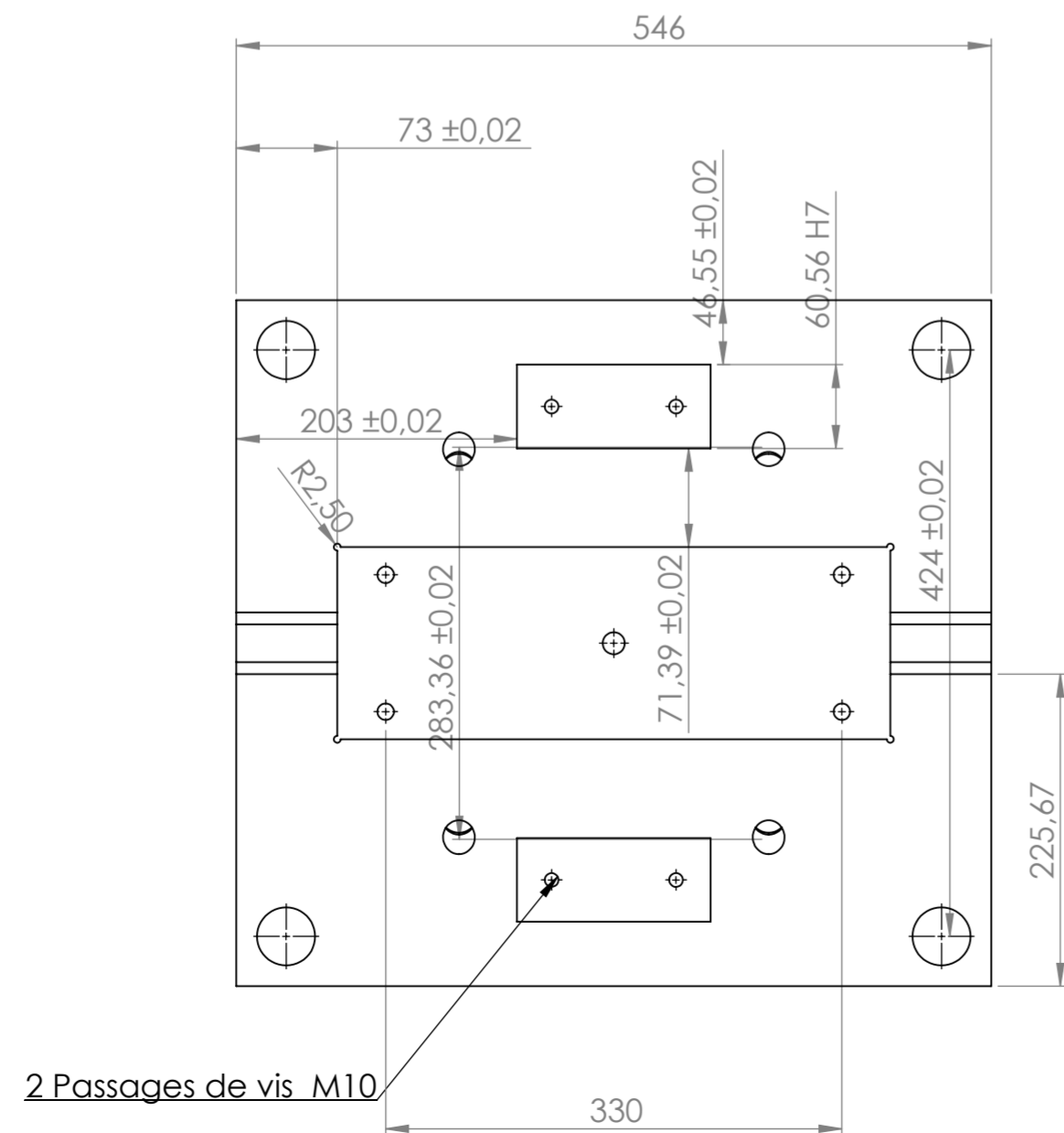
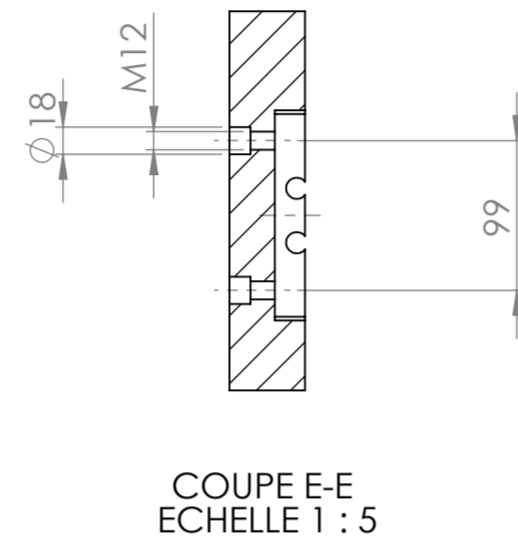
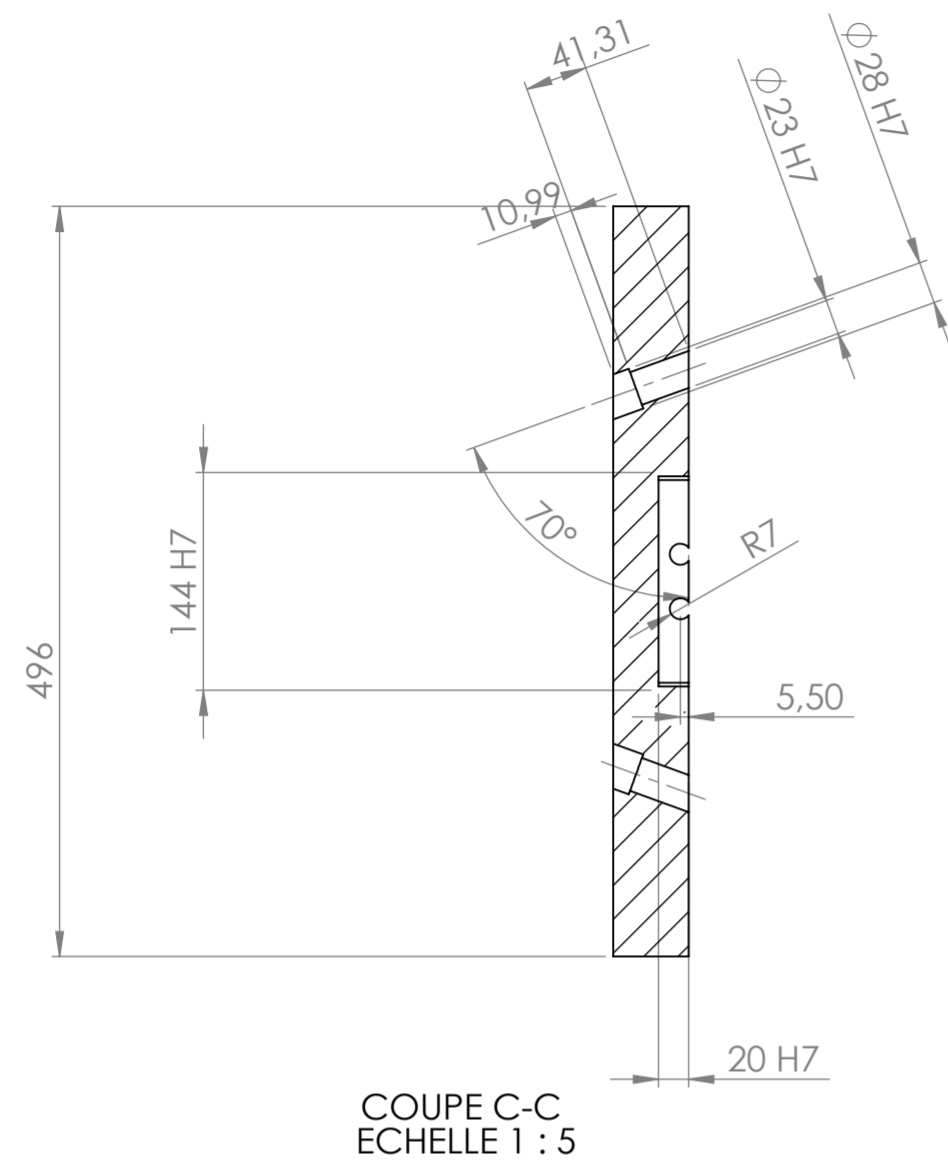
**A3**



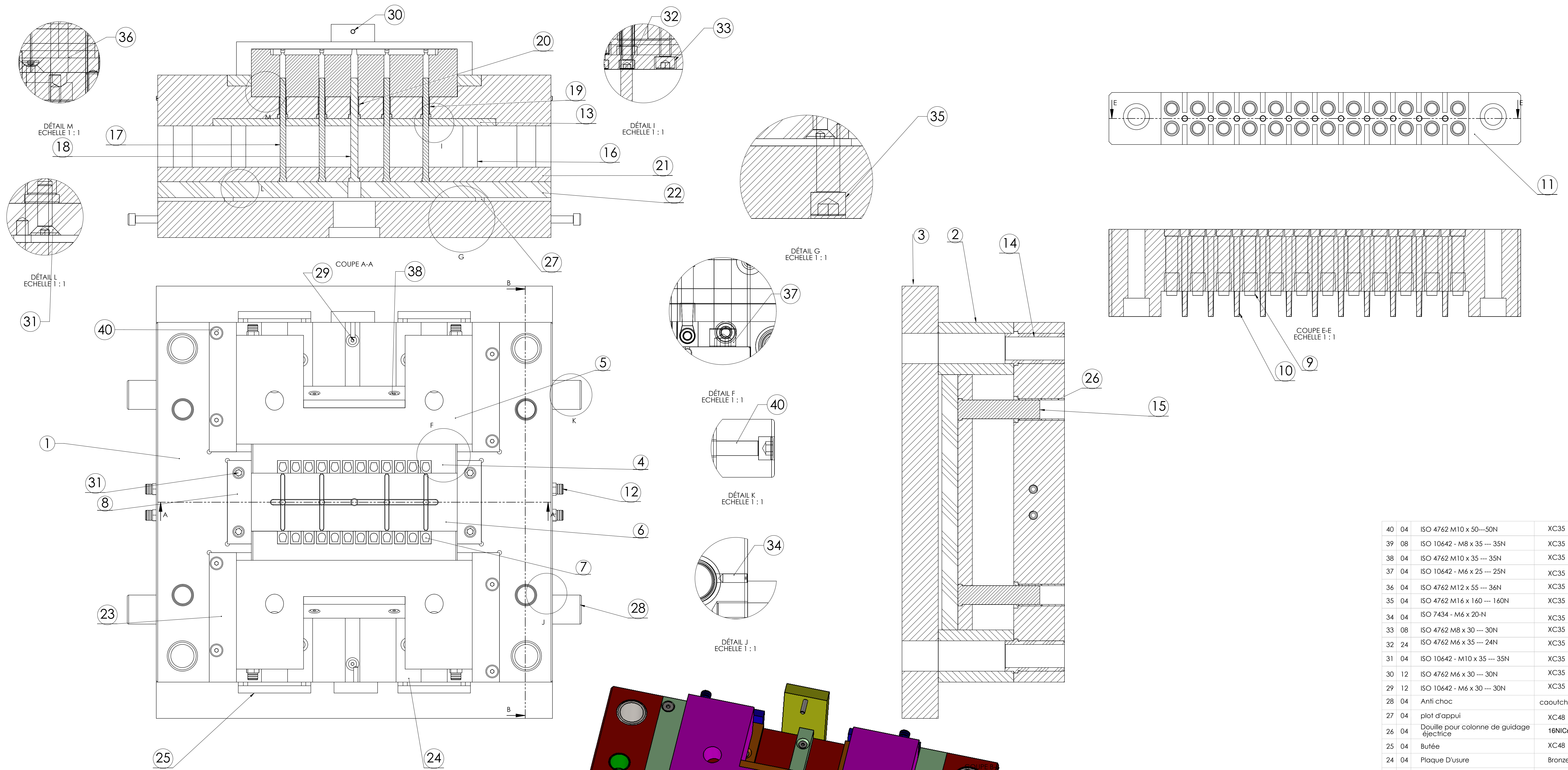
27	01	conduit d'alimentation	X38CrMo V5-1	
Rep	Nbr	Désignation	Matiere	Observation
				kemkem yougourthene ihamoutene amar
Echelle :		<p style="text-align: center;"><b>Moule injection plastique</b></p>		projet de fin d'etude 2016/2017
1:2				
A3		université MOULOU D Mammérie tizi ouzou		Master II FMP



29	01	porte empreinte fixe	XC38CrMnV5-1	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
				Kemkem yougourthene Ihamoutene amar
		Echelle 1 : 5	<b>Moule à injection plastique</b>	Projet de fin d'étude 2016/2017
		A2		Université Mouloud Mammeri Tizi ouzou

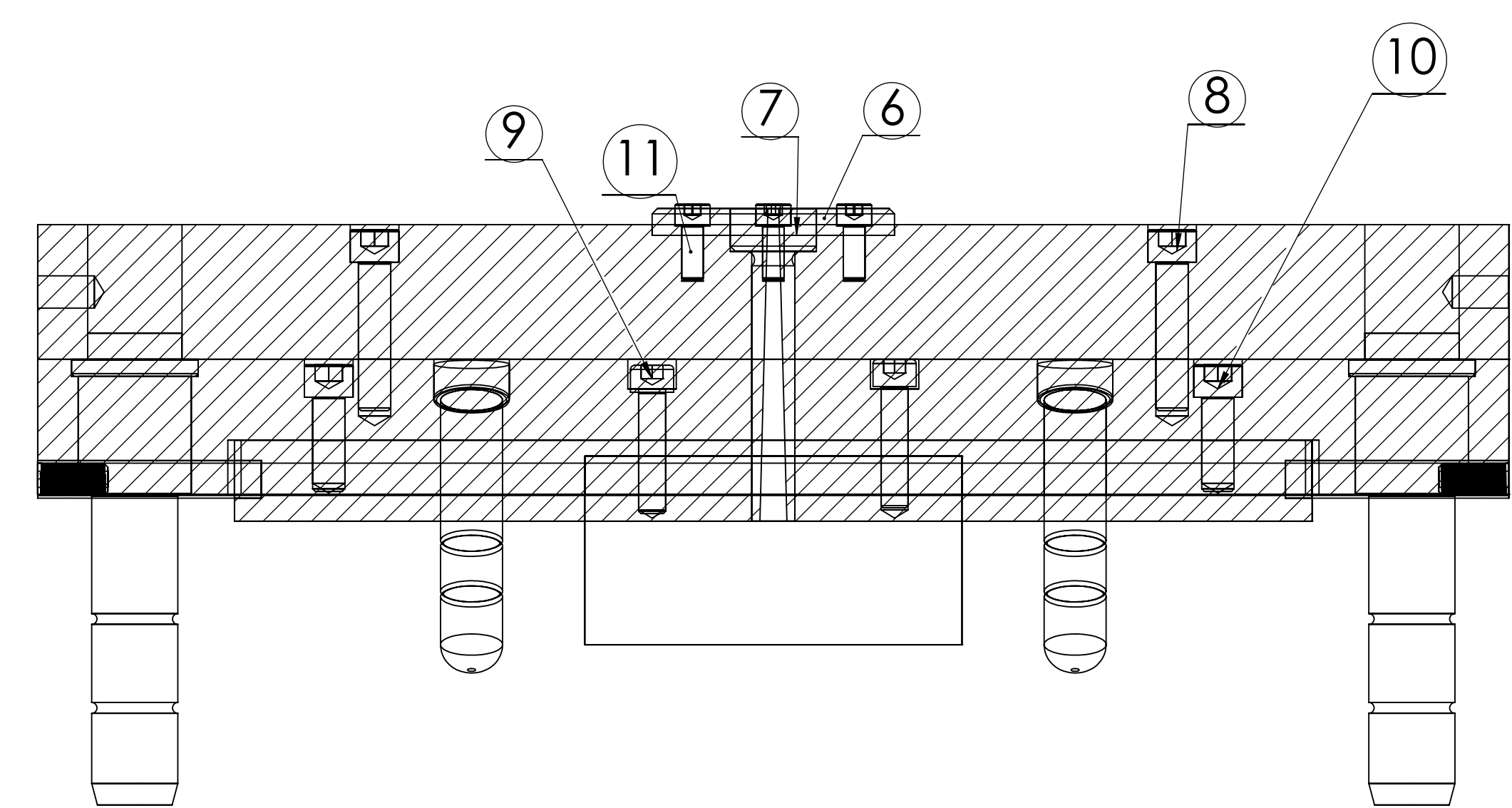
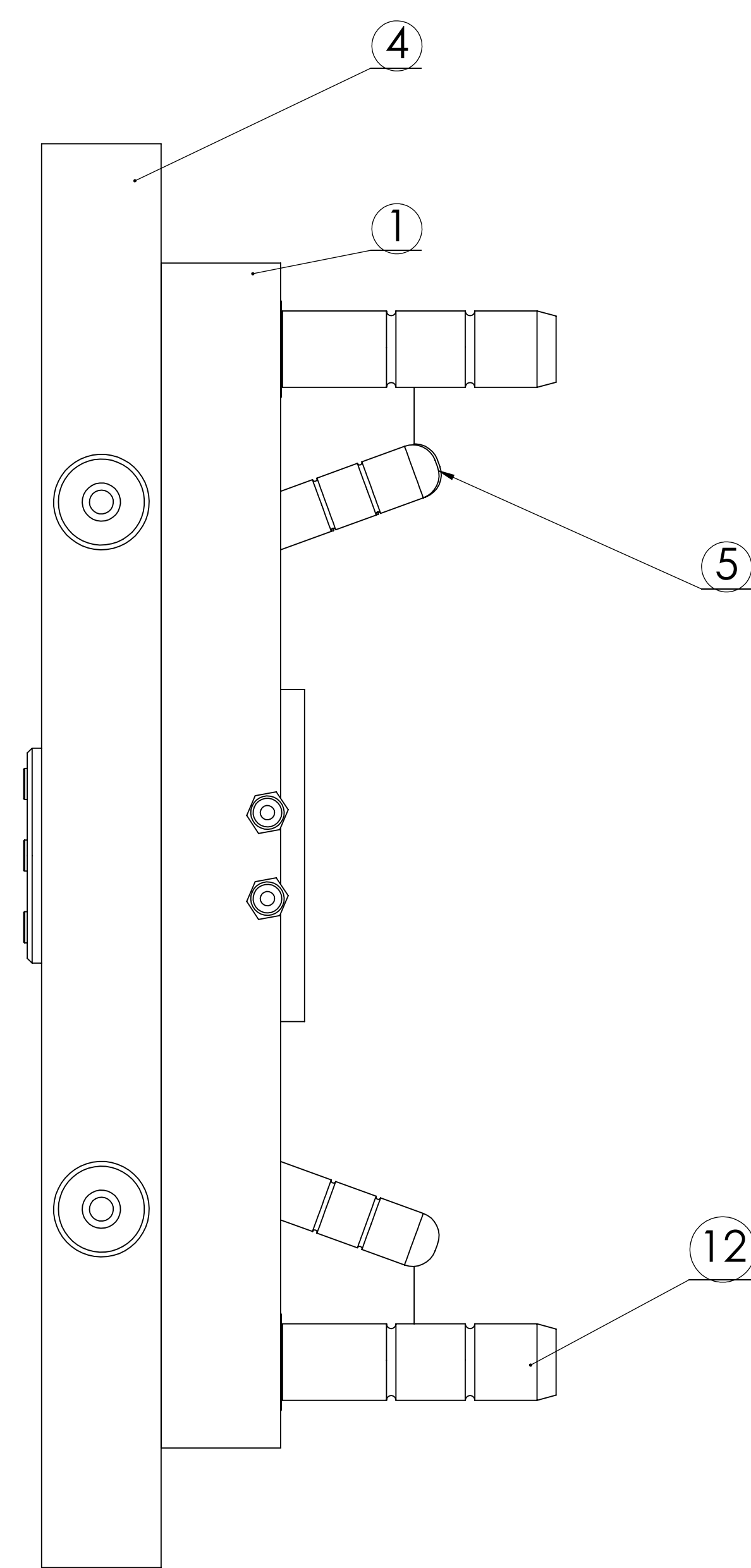
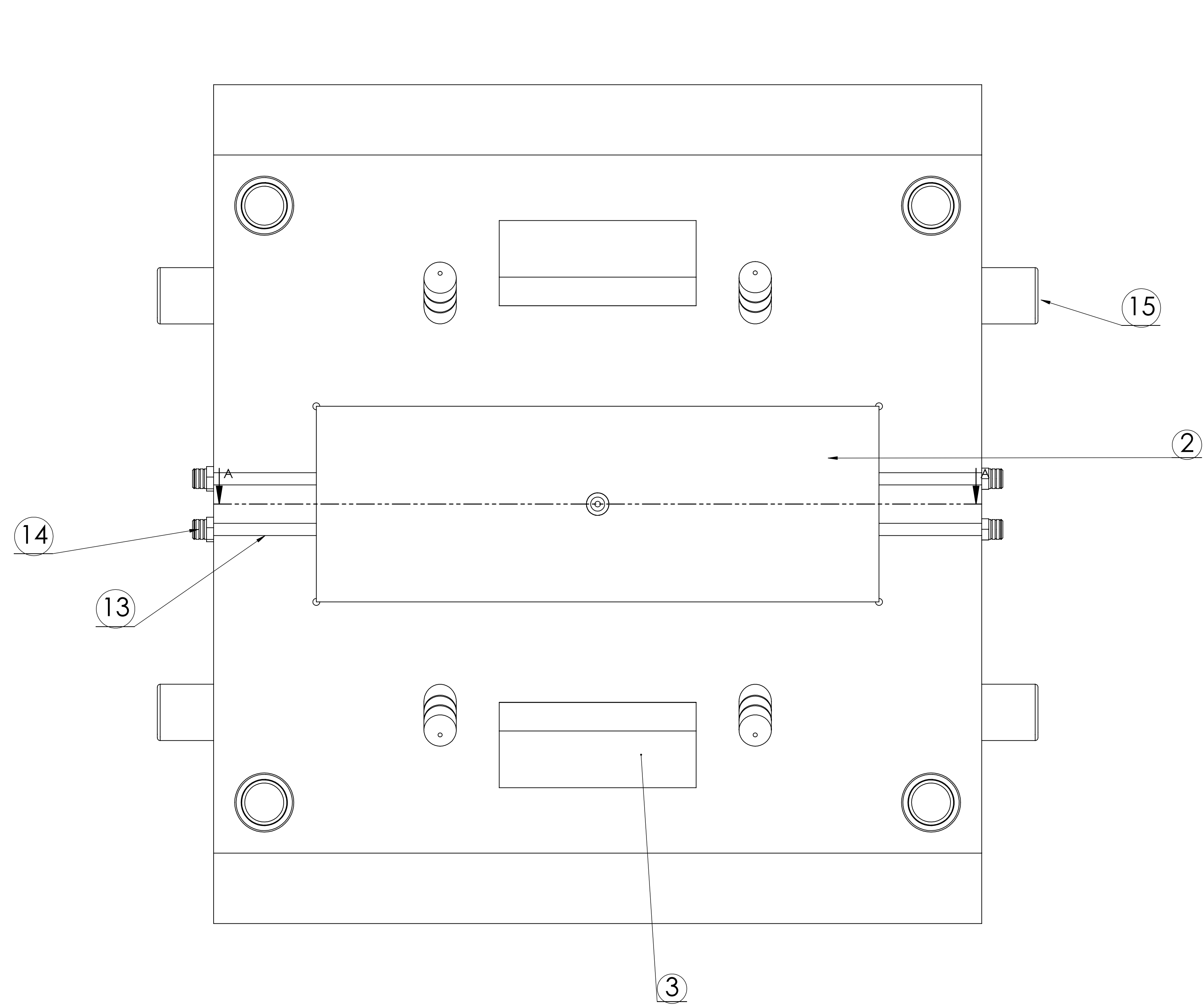


28	01	Porte empreinte mobile	XC48	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
	Echelle 1 : 5	<b>Moule à injection plastique</b>		Kemkem yougourthene Ihamoutene amar
	A2			Projet de fin d'étude 2016/2017
		Université Mouloud Mammeri Tizi ouzou		Master II FMP

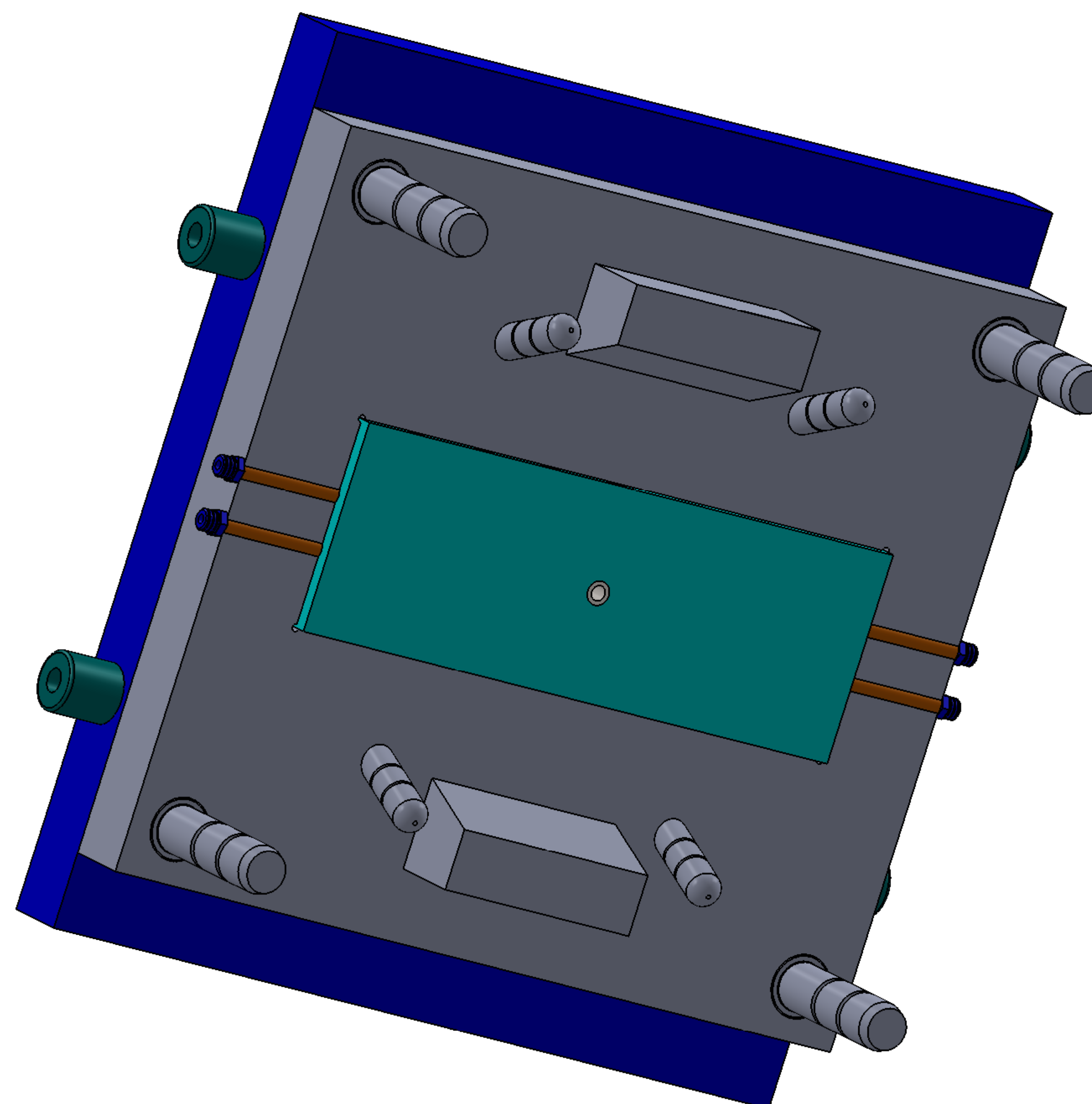


40	04	ISO 4762 M10 x 50---50N	XC35	
39	08	ISO 10642 - M8 x 35 --- 35N	XC35	
38	04	ISO 4762 M10 x 35 --- 35N	XC35	
37	04	ISO 10642 - M6 x 25 --- 25N	XC35	
36	04	ISO 4762 M12 x 55 --- 36N	XC35	
35	04	ISO 4762 M16 x 160 --- 160N	XC35	
34	04	ISO 7434 - M6 x 20-N	XC35	
33	08	ISO 4762 M8 x 30 --- 30N	XC35	
32	24	ISO 4762 M6 x 35 --- 24N	XC35	
31	04	ISO 10642 - M10 x 35 --- 35N	XC35	
30	12	ISO 4762 M6 x 30 --- 30N	XC35	
29	12	ISO 10642 - M6 x 30 --- 30N	XC35	
28	04	Anti choc	caoutchouc	
27	04	plot d'appui	XC48	
26	04	Douille pour colonne de guidage éjectrice	16NiCr4	
25	04	Butée	XC48	
24	04	Plaque D'usure	Bronze	
23	04	Glissière	Acier	
22	01	Contre plaque éjectrice	XC48	
21	01	Batterie éjectrice	XC48	
20	01	Douille D10	16NiCr4	
19	04	Douille D8	16NiCr4	
18	01	Ejecteur cylindrique D10	acier nitruré	
17	04	Ejecteur cylindriqueD8	acier nitruré	
16	04	Colonne de rappel	16NiCr4	
15	04	Colonne de guidage éjectrice	16MnCr5	
14	04	Douille de guidage	16NiCr4	
13	01	Plaque support	XC48	
12	12	Pipette de raccordement	Bronze	
11	02	Tiror assemblé	X38CrMnV5-1	
10	22	Insert cylindrique 2	X38CrMnV5-1	
09	48	Insert cylindrique 1	X38CrMnV5-1	
08	01	Plaque éjectrice	X38CrMnV5-1	
07	04	insert	X38CrMnV5-1	
06	01	Conduit d'alimentation	X38CrMnV5-1	
05	02	Porte tiror	XC48	
04	02	Tiror	X38CrMnV5-1	
03	01	Semelle fixe	XC48	
02	02	Tassau	XC48	
01	01	porte empreinte fixe	X38CrMnV5-1	

Rep	Nbr	Designation	Matiere	observation
Echelle:				Kemkem
1:2				Yougourthene
		<b>Moule d'injection plastique</b>		Ihamoutene Amar
				projet de fin d'etude 2016/2017
A0		Université Mouloud Mammeri Tizi ouzou		FMP Master II



COUPE A-A



15	4	Anti-choc		
14	4	pipette de raccordement	Bronze	
13	4	tuyau	Bronze	
12	4	colonne de guidage	16MnCr5	
11	4	SO 4762 M10 x 32 --- 32N	XC35	
10	4	SO 4762 M12 x 35 --- 35N	XC35	
09	4	SO 4762 M8 x 20 --- 20N	XC35	
08	4	SO 4762 M16 x 55 --- 55N	XC35	
07	1	buse d'injection	X38CrMoV5-1	
06	1	bague de centrage	34CrMo4	
05	4	doigt de démoulage	16MnCr5	
04	1	semelle mobile	XC48	
03	2	sabot	XC48	
02	1	empreinte mobile	X38CrMoV5-1	
01	1	porte empreinte mobile	XC48	

Rep	Nbr	Designation	Matiere	observation
Echelle:				Kemkem
1:2				Yougourthene
A0		Université Mouloud Mammeri Tizi ouzou		FMP Master II

**Moule d'injection plastique**

Ihamoutene  
Amar  
projet de fin d'etude  
2016/2017