Université Dr yahia farés de Médéa
Faculté Des Sciences et De La Technologie
Département Du Génie De La Matière

Projet de Fin d'Etudes

En vue de l'obtention du diplôme de Master
en **Génie Mécanique**
Option **: Conception mécanique**

Thème

Conception et Réalisation d'une Mini-Machine d'injection Plastique

Réalisé par: MENACER Sofiane

MOUSSI Abdallah

Encadré par :

Pr. ABDALLAH ELHADJE Abdallah

Dr. ALLICHE Mounir

2014-2015

Remerciements

Louange tout d'abord à ALLAH qui nous a donné la force pour Terminer ce travail. Avant tout nous remercions ALLAH De nous avoir accordé Des connaissances de la science et de nous Avoir aidés à réaliser ce travail.

Nous tenons à remercier chaleureusement tous Ceux Qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce Projet de fin D'étude en particulier nos Encadreurs Dr. ALLICHE Mounir et Pr. ABDALLAH ELHADJE Abdallah *ainsi que le chef de département Dr. ZIRARI Mounir et Dr. BACHEN Mourad et sans oublier Mr. RABHI Ridha.*

Nos vifs remerciements aux membres du Jury d'avoir accepté de juger Notre travail, qu'ils trouvent ici notre gratitude A nos enseignants Faculté Des sciences de technologie qui ont contribués À notre formation.

Dédicaces

Je dédie ce travail à mes très chers parents qui m'ont aidé et enCourage durant toutes mes études.

A mes chers frères ainsi que toutes mes proches la famille MENACER et MOUSSI.

A tous mes amis les quel j'ai partagé mes meilleurs moments surtout mon BinômeMOUSSI,ainsi que BOUKALKEL, BENTORKIA, HERBANE,

BAHAM, BELLATRECH.RIADH, et tous mes AmisDe génie Mécanique et tous les étudiants merci.

Résumé

Le but de cette étude est de concevoir une mini machine d'injection plastique pour produire des petits objets en matière plastique. La machine conçue s'appuie sur le procédé de transformation des matières plastiques par injection. Elle est composée trois parties principales : une partie mécanique ; une partie électriqueet une partie thermique.

La partie mécanique contientl'unité de plastification que permet de transmise et transformer la matière plastique, et l'unité de transmission de puissance par réduction et l'unité de fermetureet le partie thermique représenter les colliers thermique qui permet de chauffer la matière. La partie électrique comporte un boite de commande simple pour contrôler la température du collier et l'alimentation de moteur électrique

Most clés : Machine d'injection plastique, thermoplastique,conception, dessin technique, SolidWorks.

ABSTRACT:

The purpose of this study is to design a mini plastic injection machine to produce small plastic objects. The machine designed relies on the process of transformation of plastic materials by injection. It comprises three main parts: a mechanical part, an electrical partand a thermal part.

The mechanical part contains the plasticizing unit that allows transmitted and transform the plastic, and the power transmission unit by reduction and the closing unit and thermal part represent thermal necklace afford to heat the material. The electrical part includes a simple control box to control the necklace temperature and electric motor power.

Keywords: Plastic injection machine, thermoplastic, design, technical drawing, Solidworks,.

ملخص

الهدف من هذه الدراسة هو تصميم آلة حقن البلاستيك مصغرة لإنتاج أجسام صغيرة من البلاستيك. الجهاز المصمم يعتمد على عملية تحويل المواد البلاستيكية عن طريق الحقن. وهي تتألف من ثلاثة أجزاء رئيسية: الجزء الميكانيكي، والجزء الكهربائيوالجزء الحراري.

الجزء الميكانيكي يحتوي على وحدة الحقن التي تسمح بنقل وتحويل البلاستيك، ووحدة نقل الطاقة الكهربائية عن طريقالحد من وحدة إغلاق وجزء الحراري تمثل قلادة الحرارية تستعمل لتسخين المواد.

ويشمل الجزء الكهربائي جهاز التحكم بسيطللسيطرة على درجة الحرارة وتغذية المحرك الكهربائي.

الكلمات المفتاحيةآلة الحقن البلاستكي ;الترموبلاستيك ;التصميم ; الرسم التقني

Sommaire

Remerciements *01*
Dédicaces *02*
Résumé *03*
Introduction générale *08*

Chapitre 01 : L'injection plastique

1 Principe de l'injection 11
2 Outillage 12
2.1 Fonction mise en forme ou empreinte 12
2.2 Fonction alimentation 13
2.2.1 Principe 13
2.2.2 Canaux d'alimentation 14
2.3 Fonction régulation 15
2.4 Fonction éjection 15
2.4.1 Éjecteurs 15
2.4.2 Plaques dévétisseuses 16
3 Écoulement de la matière dans le moule 16
3 Conception des pièces injectées 16
3.1 Contraintes de conception 16
3.1.1 Dépouilles 16
3.1.2 Épaisseurs constantes 16
3.1.3 Nervurage 17
4 Défauts des pièces injectées 17
4.1 Retassures 17
4.2 Jet libre 18
4.3 Défauts en ligne de soudure 19
4.4 Cernes et sillons 20
4.5 Entrainement d'air 21
4.6 Sous-dosage et surdosage 21
4.7 Bulles – effets fontaine 22
4.8 Commutation précoce – commutation tardive 22
4.9 Conséquence d'une commutation décalée 22
4.10 Défauts dimensionnels 23

4.11 Matière humide avant transformation 23
4.12 Incorporation d'éléments étrangers – mauvais mélangeage 24
4.13Combustion ou effet Diesel – carbonisation 24
5Problèmes de démoulage 25
5.1 Défauts à l'éjection 25
5.2 La pièce reste coincée dans le moule – dégradation mécanique de la pièce 26
5.3 Tirage de fil 26

Chapitre 02 :les machine d'injection plastique

1. Introduction Générale 29
2.Historique 29
3.Machines d'injection plastique classiques 30
3.1 Introduction 30
3.2 Principe de fonctionnement 30
3.3 Description structurale : 31
4. Types des d'injection plastique 41
4.1 Machine d'injection verticale : 41
4.2 Machine d'injection horizontale : 41
5.Cycle d'injection, de moulage 43
6.Analyse des différentes phases 45

Chapitre 03 : Étude et conception mécanique et étude thermique

1.Proposition dimensionnelle et les capacités maximales 48
2.Conception de la vis d'injection 48
2.1 Calcul du diamètre de la vis d'injection : 48
2.2 Calcul du couple nécessaire sur la vis d'injection 49
3.Calcul dimensionnel sur l'unité de verrouillage 49
3.1.La force de verrouillage 49
3.2.Le bras de fermeture 50
3.3.Les boulons d'assemblage de bras de fermeture 50
50

3.4.Calcul du diamètre de colonnes de guidage	52
4 . Analyse Statique	52
4.1 Simulation de l'Arbre de tendeur	55
4.2 Simulation de plaque port moule	58
4.3 Simulation de l'injecteur	
5. Etude thermique	61
5.1Calculde la puissance globale des colliers chauffants	61
6. Paramètres permettant de calculer et d'estimer les couts de fabrication .d'effectuer les premiers réglages	63
7. Calcul du temps de refroidissement pour obtenir une pièce dont toute l'épaisseur est en dessous de la T° d'éjection voulue	65
8. Détermination de la vitesse maximum de rotation de la vis lors de la plastification	66
9. étude cinématique	66

Chapitre 04: réalisation et dossier technique

1. Introduction	69
2.Schéma principal de la machine	69
3. vue en 3D (solid Works 2014)	69
4.Assemblage final de la machine réalisée	70
5.L'unité de verrouillage mécanique manuel	70
6.Fonctions de l'unité de fermeture :	71
7.L'unité de plastification	72
8.Système de transmission de puissance	73
10.Le moule	74

Conclusion générale

Conclusion générale	75
Références Bibliographiques	76
Annexe : Dossier technique	77-101

Liste des figures

Figure 01 : *Schéma de principe d'une presse à injecter.* *11*

Figure 02 *Schéma d'un moule 13* *13*

Figure 03 *les canaux d'alimentations standards* *14*

Figure 04 : *systèmed éjection* *15*

Figure05 : *Retassures* *17*

Figure 06 : *Jet libre* *18*

Figure 07 :ligne de soudure *19*

Figure 08 *:Cernes et sillons* *20*

Figure 09 *:Entrainement d'air* *21*

Figure 10 : *Combustion ou effet Diesel* *25*

Figure 11 : *Tirage de fil* *26*

Figure 12 : *cycle d'injection* *30*

Figure 14 : *Fermeture mécanique* *32*

Figure 15 : *Fermeture hydraulique* *33*

Figure 16 : *Fermeture hydraulique* *33*

Figure 17 : *Fermeture mixte* *36*

Figure 18 : *principe del'unité d'injection* *36*

Figure 19 *l'unité d'injection* *37*

Figure 20 : *la buse* *39*

Figure 21 :*Structure d'une moule d'injection plastique* *40*

Figure 22 : *Machine d'injection verticale* *41*

Figure 23 : *Machine d'injection horizontale* *41*

Figure 24*bâtonnets de Cycle d'injection, de moulage* *42*

Figure 25*grafcet de Cycle d'injection, de moulage* *42*

Figure 26 : *diagramme des différentes phases* *43*

Figure 27 : *différentes phases* *44*

Figure 28 : *schéma dimensionnel de la vis d'injection* *48*

Figure 29 : *schéma dimensionnel dela courroie / poulie* *67*

Figure 30 *Schema cinimatique du système de transmission* *67*

Figure 31:*schéma dimensionnel de la courroie / poulie* *68*

Introduction générale

Il n'ya qu'un peu d'un siècle que nous connaissons les matières plastiques, par apport à l'usage des cuivres et bronzes et d'autres métaux qu'ont 2500 ans avant notre ère. La culture plasturgie est moins connue par rapport à la culture métallurgique. En effet, l'apparition des premières matières plastiques est en 1860. Mais après la seconde guerre mondiale, on assiste à une véritable explosion de l'utilisation de cette matière et petit à petit elle a commencé de gagner le terrain.

Une des raisons importante de ce boom plastique est la possibilité de fabriquer des pièces, des tubes, et toutes sortes d'objets. Mais elle demeure toujours une technologie qui est particulièrement performante pour fabriquer des pièces complexes et de quelques microtechniques. Qui est un procédé très rapide ; sa durée de cycle est de quelques secondes à plusieurs minutes, selon la taille de la pièce.

Dans nos jours, on nage dans les matières plastiques qui proviennent de l'injection.Les produits en matière plastique sont très présents dans notre vie quotidienne, on les trouve partout autour de nous : bouteille d'eau, cafetière, ventilateur, emballages, stylo, règle, équerre, calculatrice, chaise, couverture, de livres, poubelle...

Cependant, pour la mise en œuvre de ces produits en plastiques, on utilise des différentes techniques de production : l'injection, l'extrusion, thermoformage, calandrage, … La technique la plus utilisées l'injection par moulage.

Ce procédé d'injection par moulage est très répandu dans le domaine de la plasturgie car_il permet de fabriquer des pièces techniques d'une manière contrôlée et avec des cadences très élevées.

Dans un contexte économique de plus en plus concurrentiel ; la technique de fabrication par injection plastique attire de plus en plus les industriels pour réaliser des produits.Sa grande valeur ajoutée est de meilleurs rapports « qualité/prix ».Il est utilisé principalement dans le domaine agroalimentaire avec la fabricationd'emballages, plastiques, dans le bâtiment avec la fabrication de revêtements de sol, d'isolants et dans l'automobile avec la fabrication des pièces plastiques qui compose l'habitacle d'un véhicule.

Cependant du point de vue environnement, lorsque les matières plastiques sont abandonnées dans la nature, il leur faut alors plusieurs décennies pour se décomposer.

Ce mémoire suitle plan suivant :

- Présentation du Principe de l'injection plastique et la conception mécanique des pièces moulées
- Description générale des machines d'injection plastique
- Etude et conception des différentespièces d'une mini-machine d'injection plastique
- La réalisation de la mini-machine.
- La réalisation de quelques moules pour des échantillons de pièces

Chapitre I

L'injection plastique

Sommaire

1 Principe de l'injection 11
2 Outillage 12
2.1 Fonction mise en forme ou empreinte 12
2.2 Fonction alimentation 13
2.2.1 Principe 13
2.2.2 Canaux d'alimentation 14
2.3 Fonction régulation 15
2.4 Fonction éjection 15
2.4.1 Éjecteurs 15
2.4.2 Plaques dévétisseuses 16
3 Écoulement de la matière dans le moule 16
3 Conception des pièces injectées 16
3.1 Contraintes de conception 16
3.1.1 Dépouilles 16
3.1.2 Épaisseurs constantes 16
3.1.3 Nervurage 17
4 Défauts des pièces injectées 17
4.1 Retassures 17
4.2 Jet libre 18
4.3 Défauts en ligne de soudure 19
4.4 Cernes et sillons 20
4.5 Entrainement d'air 21
4.6 Sous-dosage et surdosage 21
4.7 Bulles – effets fontaine 22
4.8 Commutation précoce – commutation tardive 22
4.9 Conséquence d'une commutation décalée 22
4.10 Défauts dimensionnels 23
4.11 Matière humide avant transformation 23
4.12 Incorporation d'éléments étrangers – mauvais mélangeage 24
4.13 Combustion ou effet Diesel – carbonisation 24
5Problèmes de démoulage 25
5.1 Défauts à l'éjection 25
5.2 La pièce reste coincée dans le moule – dégradation mécanique de la pièce 26
5.3 Tirage de fil 26

Introduction

L'injection plastique est l'un des procédés le mieux adapté à la production en série de pièces microtechniques.

L'importance prise par ce procédé dans la production des pièces microtechniques nous conduit vers l'étude des pièces injectées, la conception des outillages d'injection ainsi que leur mise en œuvre.

1. Principe de fonctionnement

Ce procédé permet d'obtenir des pièces dont l'épaisseur est comprise entre 0,4 et 6 mm avec des géométries complexes.

Le moulage par injection consiste à ramollir (état visqueux) la matière thermoplastique (TP), puis de la malaxer au niveau de la vis de plastification. Elle est ensuite injectée sous forte pression.

L'injection sous forte pression du polymère fondu dans un moule froid à une ou plusieurs empreintes. Au contact des parois froides, la matière se solidifie en forme puis l'objet peut être démoulé.

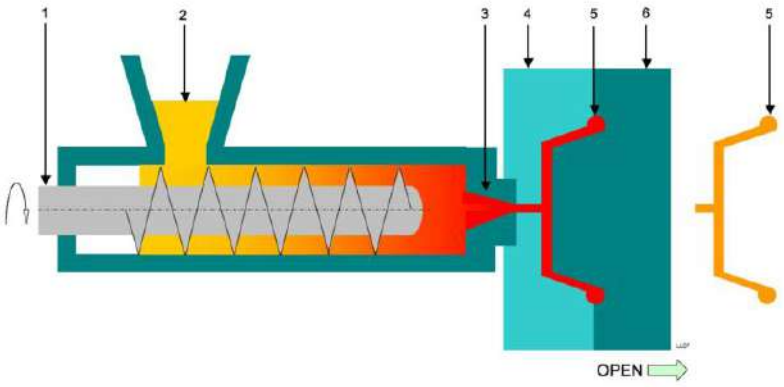


Figure 01 : *Schéma de principe d'une presse à injecter.*

1. Principe de l'injection

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).

Les fonctions du système de plastification et d'injection consistent à fondre la matière plastique et à l'injecter dans le moule.

La presse contrôle la vitesse et la pression d'injection de la matière dans le moule.

Contrairement au moulage de pièces métalliques, le temps de cycle pour fabriquer une pièce en injection dépasse rarement la minute, de plus le moule est constamment thermo régulé par un circuit de refroidissement.

- Tout d'abord, l'empreinte du moule est remplie en moins d'une seconde pour les petites pièces (touches de téléphones portables, presse-étoupe, …) et en quelques secondes pour les pièces de plus gros volumes (dossier de chaise, pare-choc de voiture, pièces de carrosserie, etc.).
- Ensuite vient la phase de maintien ou de compactage durant laquelle la presse met l'empreinte sous pression en injectant plus de matières afin de combler le retrait du plastique.
- Pour finir les pièces sont extraies par une batterie d'éjection.

2. Outillage

L'outillage ou moule, est en général constitué d'une partie fixe fixée sur la presse, d'une partie mobile qui va se déplacer pour pouvoir libérer la pièce une fois refroidie et d'un système d'éjection chargé de pousser la pièce en dehors du moule.

Un moule doit remplir plusieurs fonctions :

- fonction mise en forme ;
- fonction alimentation ;
- fonction régulation ;
- fonction refroidissement de la pièce ;
- fonction éjection.

2.1 Fonction mise en forme ou empreinte

Dans un moule d'injection, le nombre d'empreintes est généralement un nombre pair (en dehors des moules mono-empreinte) ceci est fait pour des raisons d'équilibrage de remplissage.

Le choix du nombre dépend essentiellement de la quantité à produire à fin de vie du moule.

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

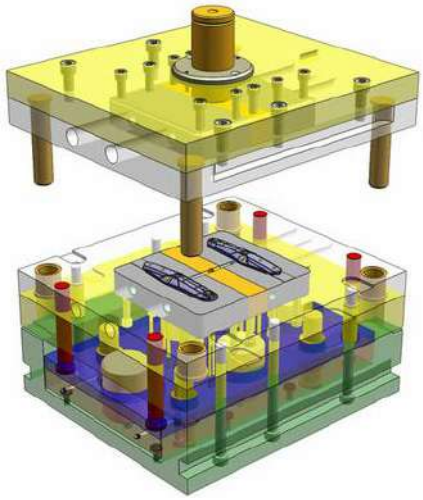


Figure 02 *Schéma d'un moule*

2.2 Fonction alimentation

2.2.1 Principe

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

- la buse d'injection ;
- le reçu de buse du moule ;
- les canaux d'alimentations ;
- les points d'injection ;
- les formes de la pièce.

2.2.2 Canaux d'alimentation

Il existe deux grands types de canaux d'alimentation :

- les canaux d'alimentations standards : Ils sont placés directement dans la plaque du moule et doivent être démoulés comme la pièce après chaque injection. La matière utilisée pour les canaux à chaque injection est perdue ;

- alimentation sans déchets ou canaux chauds : Ils doivent conduire la matière moulée dans l'empreinte sans déperdition de chaleur. Ils sont chauffés séparément de l'outillage (entre180 °C et 300 °C suivant la matière injectée). Techniquement il faut donc isoler le canal du reste de l'outillage dont la température est nettement inférieure. La matière du canal n'est pas perdue.

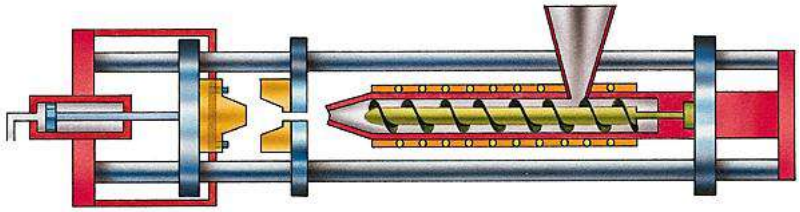


Figure 03 *les canaux d'alimentations standards*

2.3 Fonction régulation

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

1. l'eau pour des températures faibles (eau à 15 °C) ;
2. l'huile pour des températures atteignant 250 °C ou l'eau pressurisée pour des températures de 100 °C à 180 °C.

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

2.4 Fonction éjection

La plupart des pièces réalisées par injection plastique resteraient dans le moule après son ouverture et ne seraient pas évacuées sous l'effet de la gravité seule si aucun système d'éjection n'existait.
Plusieurs systèmes ont donc été conçus afin d'aider l'extraction de la pièce à l'ouverture du moule :

2.4.1 Éjecteurs

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

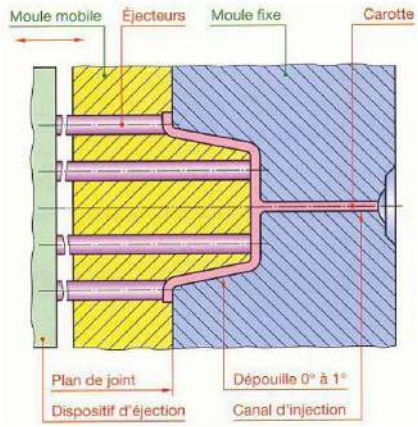


Figure 04 : *système d éjection*

2.4.2 Plaques dévêtisseuse

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

3 Écoulement de la matière dans le moule

Conception des pièces injectées

La conception de pièces injectées est un métier qui consiste à adapter une pièce afin de faciliter sa fabrication par injection plastique. « L'art » de concevoir une pièce injectée consiste à concevoir une pièce respectant toutes les contraintes exigées par la technique d'injection, tout en respectant le cahier des charges.

3.1 Contraintes de conception

Des règles de conception pour les pièces injectées ont été définies grâce à l'expérience industrielle dans le domaine soit : l'éjection de l'air poussé par le plastique pendant l'injection, la diffusion égale du plastique dans le moule, la position des poussoirs qui éjectent la ou les pièce(s) finie(s), les pièces mobiles dans le moule, etc.

3.1.1 Dépouilles

Afin de faciliter l'extraction de la pièce à l'ouverture du moule, ou afin de ne pas arracher de la matière lors de l'extraction de la pièce, aucune face de la pièce injectée ne doit être strictement perpendiculaire au plan de joint du moule (autrement dit, aucune face ne doit être strictement parallèle à la direction d'ouverture du moule). Si ce n'est pas le cas, on dit de cette face qu'elle n'est pas dépouillée. Pour des

raisons fonctionnelles, des exceptions peuvent survenir et certaines faces peuvent ne pas être dépouillées. La surface de ces faces doit alors être la plus petite possible.

Afin de pouvoir démouler la pièce, aucune face ne doit comporter de dépouille négative. Une dépouille positive minimum est souvent citée, valant 2°.

Lors de dépouille négative, on parle alors de contre-dépouille. Celles-ci ont besoin d'un système adapté pour pouvoir permettre l'éjection de la pièce (cale-montante ou tiroir).

3.1.2 Épaisseurs constantes

Pour éviter de nombreux défauts, il est conseillé d'avoir des épaisseurs constantes. Cela permet une bonne homogénéité de la matière et limite la présence de retassures ou de vacuoles.

De plus en injectant des pièces d'épaisseurs constantes, le retrait lors de la solidification est partout le même, ce qui limite l'influence des contraintes résiduelles induites. Plus les parois sont fines, plus la cadence de production sera élevée. Cet impératif de cadence ajouté au souci d'économie de matière interdisent l'utilisation de masselottes (utilisées en moulage de pièces métallique pour gérer l'alimentation des partie massives).

3.1.3 Nervurage

Comme nous l'avons vu précédemment, il est conseillé d'avoir de fines épaisseurs de pièces. Malheureusement, dans certains cas, les pièces moulées subissent des contraintes importantes pouvant entrainer leurs ruptures.

Pour pallier ce problème, il faut renforcer la pièce tout en gardant de faibles épaisseurs. Le seul moyen à notre disposition est de mettre des nervures (généralement un triangle rectangle isocèle d'épaisseur de la pièce).

La forme des nervures ne gène pas le moulage et démoulage (angle de dépouille) et la pièce est renforcée.

4 Défauts des pièces injectées

4.1 Retassures

Les retassures sont dans leur grosse majorité des défauts de surface caractérisés par un affaissement de la matière, parmi elles :

- les retassures localisées : au voisinage de zones avec fortes variations d'épaisseurs (nervures) ;
- les retassures en osselets : le retrait de matière s'effectue sur une grande surface, de façon à se décoller de la paroi par pellicules (sauf sur les bords).



Figure05 : *Retassures*

Mécanismes de formation :

Après le remplissage de l'empreinte, la matière chaude se rétracte (le retrait dépend de la matrice polymère utilisée, et des charges présentes La pression de maintien appliquée pour compenser ce retrait ne joue pas son rôle.

Causes possibles :

- la pression de maintien est insuffisante, ce qui rend possible un retrait de la matière ;
- la vitesse d'injection est trop rapide, ce qui rend difficile le remplissage et rend ineffectif le maintien ;
- le matière est déjà solidifiée au niveau du seuil ce qui entraine des difficultés pour le maintien ;
- les paramètres choisis accentuent le retrait.

Actions correctives :

- renforcer la pression de maintien ;
- baisser la vitesse d'injection et augmenter la température de la matière pour faciliter le remplissage ;
- améliorer la conception du moule (éviter les variations d'épaisseurs des pièces, placement du seuil d'injection) ;
- augmenter la température du moule et diminuer la température de la matière (homogène).

4.2 Jet libre

Mécanismes de formation :

La matière sort du seuil d'injection à la façon d'un jet d'eau à la sortie d'un tuyau d'arrosage. Le remplissage de l'empreinte se fait en mode turbulent, avec une décompression brutale en sortie de seuil.



Figure 06 : *Jet libre*

Causes possibles :

- mauvaise conception du moule : seuil d'injection mal positionné (ou mal dimensionné) ;
- matière trop visqueuse ;
- pression au niveau de seuil trop importante.

Actions correctives :

- améliorer la conception du moule (augmenter la section du seuil) ;
- augmenter la température de la matière ;
- injection lente au début, puis plus rapide ;
- injecter face à une paroi du moule pour casser le jet libre.

4.3 Défauts en ligne de soudure

Description :

- ligne de soudure marquée ;
- mauvaise résistance mécanique des lignes de soudure ;
- stries de couleur ;
- forte retassure le long de la ligne de soudure.

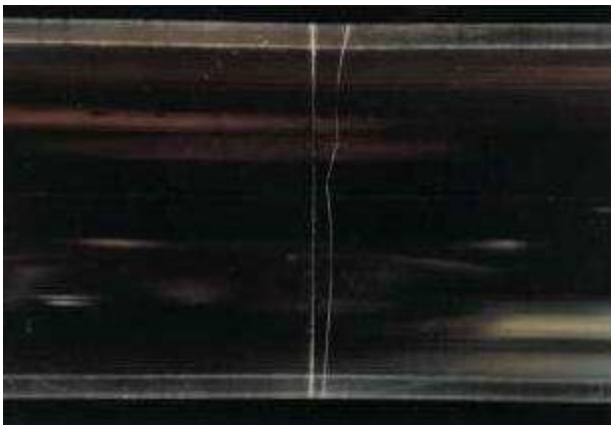


Figure 07 : ligne de soudure

Mécanismes de formation :

- apparaît en fin de remplissage, la surpression dépasse le pression de maintien ;
- la jonction est facilement cassable ;
- dégradation de la coloration due à la température.

Causes possibles :

- mauvaise pression d'injection ;
- température trop basse de la matière injectée ;
- dégradation de la matière due à une surchauffe.

Actions correctives :

- augmenter la température de la matière ;

- augmenter la vitesse d'injection ;
- augmenter la température du moule ;
- diminuer les trajets d'écoulement de la matière.

4.4 Cernes et sillons

Description :

- les cernes, ou effet fleur sont des sillons concentriques mats autour du seuil d'injection ;
- les sillons, ou effets stick-slip sont concentriques et plus ou moins creusés autour du seuil d'injection, ou dans les zones de faible épaisseur.

  - *Le phénomène de stick-slip (signifie "collé-glissé") est un mouvement saccadé parfois observé lors du glissement relatif de deux objets*

Mécanisme de formation :

Le flux de matière pulse dans le moule, car il avance trop lentement. Le défaut est en général plus courant dans les matières amorphes, plus visqueuses à chaud. Attention, chaque matière plastique se comporte différemment (semi-cristalline : polyamide, polyéthylène, polypropylène ; amorphe : polycarbonate, polystyrène, poly méthacrylate de méthyle (PMMA), poly (téréphtalate d'éthylène) (PET) pour bouteilles en plastique). Les polycarbonates, poly (téréphtalate de butylène), polyamide, polypropylène sont utilisés dans la fabrication des réflecteurs (phares automobiles).

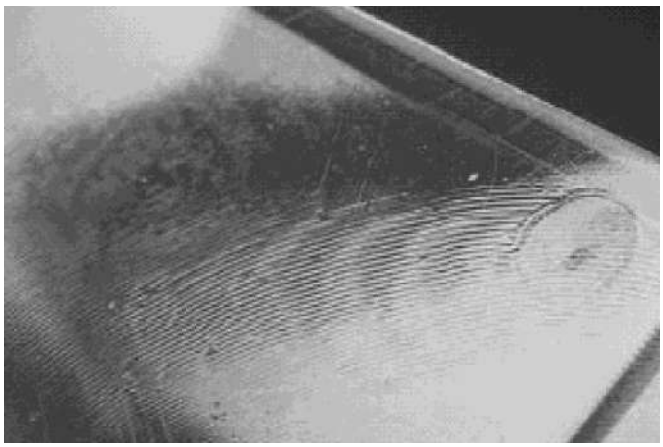


Figure 08 *: Cernes et sillons*

Causes possibles :

- mauvaise introduction de la matière injectée ;
- mauvaise température matière ;
- mauvaise conception du moule.

Actions correctives :

- augmenter les vitesses d'injection ;
- adapter les flux de matière (remplissage régulier) ;
- augmenter la température de la matière ;
- augmenter la température de l'outillage ;
- augmenter l'épaisseur des pièces.

4.5 Entrainement d'air

Causes possibles :

L'air inclus peut provenir :

- d'une mauvaise plastification lors du dosage ;
- d'une mauvaise conception du moule (aspérités, rayures, renforcements, etc.).

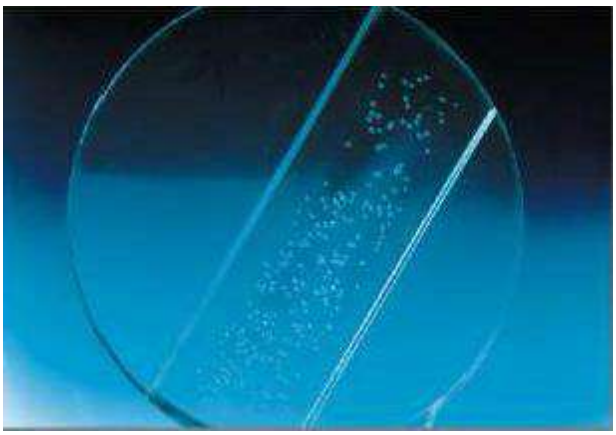


Figure 09 *: Entrainement d'air*

Actions correctives :

- vérifier la qualité de la vis, choisir une unité de plastification adapté au volume de la matière ;
- augmenter la contrepression de la vis lors du dosage (freiner le recul de la vis) ;
- limiter la phase de décompression de la matière après dosage (diminuer la course de décompression) ;
- améliorer la conception du moule permettant l'évacuation de l'air ;
- utiliser un équipement de « sous-vide / *vacuum* » afin d'extraire l'air / gaz présents dans le moule avant l'injection.

4.6 Sous-dosage et surdosage

Description des défauts engendrés et mécanisme de formation :

- en cas de sous-dosage la pièce obtenue est incomplète ;
- pour un surdosage, l'excès de matière se traduira par des bavures (pouvant boucher jusqu'aux éjecteurs), un sur compactage (contraintes internes, cassures, déformations.

Causes possibles :

- quantité de matière injectée insuffisante ou trop importante ;
- matelas de matière instable ou nul ;
- clapet anti-retour de la vis de plastification usé ou cassé.

Actions correctives :

- diminuer ou augmenter le dosage de matière ;
- vérifier que le matelas de matière en fin d'injection est constant ;
- changer le clapet anti-retour de la vis de plastification.

4.7 Bulles – effets fontaine

Mécanisme de formation :

Surtout pour les pièces de forte épaisseur, le remplissage se fait par couches successives. La matière solidifiée en dernier se trouve à cœur, donc il peut y avoir formation de bulles (et être assimilées à des retassures).

Actions correctives : augmenter la vitesse d'injection.

4.8 Commutation précoce – commutation tardive

Description de défauts engendrés par une commutation trop précoce :

Il existe une série de défauts déjà traités :

- pièce incomplète ;
- présence de contraintes internes (cassures, déformations) ;
- mauvaises lignes de soudure ;

- écaillage (matière déjà refroidi déplacée par de la matière chaude) alternance de zones mate et zones brillantes ;
- taches mates (matière déjà refroidie déplacée par de la matière chaude) zone satinée/mate ;
- défauts de cristallisation en forme de doigt (alternance de zones de refroidissement lente et rapide due à une différence de cristallinité) accentués par un maintien trop faible et une température du moule trop élevée.

Actions correctives :

- déplacer le point de commutation (passage de la phase injection à la phase maintien).

4.9 Conséquence d'une commutation décalée

Une commutation tardive est assimilée à un surdosage. En cas de commutation précoce, on réalise un sous-dosage compensé par la pression de maintien. Mais la matière plus refroidie sera moins homogène.

4.10 Défauts dimensionnels

Actions correctives :

Pour des précisions dimensionnelles fines (µm), il faut :

- une régulation en température précise du moule ;
- un moule très rigide ;
- éviter les contraintes internes ;
- une bonne prévision du retrait ;
- surface de l'empreinte de grande qualité (rayure, corrosion, abrasion, etc.).

4.11 Matière humide avant transformation

Selon la quantité d'humidité, le défaut a plusieurs aspects :

- givrage (microbulles forment des stries blanches en touffes) ;
- taches blanches (imperfection de surface ressemblant à de la moisissure) ;
- petites bulles (bulles dans la matière, aspect mousseux).

Mécanisme de formation :

- l'humidité présente dans la matière se transforme en vapeur d'eau lors du chauffage dans le fourreau et s'évacue sous forme de bulles de gaz.

Causes possibles :

- la matière transformée a absorbé l'humidité.

Actions correctives :

- étuver la matière avant transformation,
- mettre en place des trémies des cicatrices.

Pour certaines matières plastiques, obtenues par polycondensation, la reprise d'humidité avant injection peut avoir de lourdes conséquences sur les propriétés mécaniques de la pièce finie. En effet, sous l'effet de la chaleur, l'humidité présente dans la matière va se transformer en vapeur d'eau. Celle-ci va produire une hydrolyse sur les chaines macromoléculaires et briser certaines liaisons chimiques, rendant ainsi le matériau plus fragile. Ce phénomène est facilement observable sur les poly butylènes téréphtalate (PBT).

4.12 Incorporation d'éléments étrangers – mauvais mélangeage

Description des défauts :

- délamination (perte de lamelles) ou exfolions (pellicules) ;
- marbrures (mauvaise homogénéisation des couleurs) ;
- présence de corps métalliques : signe d'une détérioration de la vis/outillages.

Causes possibles :

- alimentation matière polluée (poussière, métal) ;
- outillage dégradé ;
- mauvaise plastification.

Actions correctives :

- incorporer une grille magnétique à la trémie ;
- éviter les mélanges ;
- adapter les paramètres de plastification à la matière.

4.13 Combustion ou effet Diesel - carbonisation

Description :

- apparition de zones brûlées (aux extrémités) ;
- coup de feu ;

- strie de surchauffe ;
- cratères (piqures, pustules) ;
- écarts de couleur ;
- dégradation des propriétés mécaniques.

Causes possibles : Des bulles de gaz sont comprimées et s'enflamment sous l'effet de la température (principe du moteur Diesel : compression adiabatique).

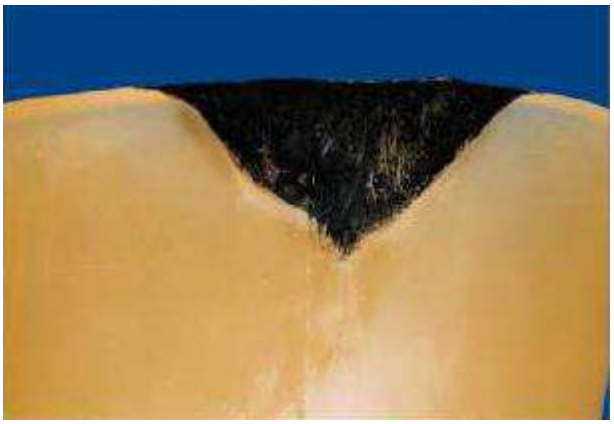


Figure 10 : *Combustion ou effet Diesel*

Actions correctives :

- améliorer la conception du moule ;
- optimiser les paramètres (baisser vitesse d'injection, température et pression) ;
- température matière trop haute ;
- ajouter des évents sur le moule ;
- utilisation d'un équipement de « sous-vide / vacuum » ; en ôtant l'air / gaz présents dans le moule, on diminue considérablement le risque de « brûlures ».

5 Problèmes de démoulage

5.1 Défauts à l'éjection

- Déformations.
- Les éjecteurs transpercent la pièce au moment de l'éjection.

Causes possibles :

- température matière trop importante au moment de l'éjection ;
- pression interne trop élevée ;
- mauvaise taille/disposition des éjecteurs.

Actions correctives :

- augmenter le temps de refroidissement ;
- adapter le profil des vitesses d'injection ;
- adapter la vitesse des éjecteurs ;
- baisser la température du moule ;
- vérifier que les éjecteurs soient correctement montés.

5.2 La pièce reste coincée dans le moule – dégradation mécanique de la pièce

Dégradations irréversibles :

- cassures ;
- rainures ;
- fissures.

Causes possibles / correction :

- pression interne trop élevée ;
- la pièce reste coincée sur ses parois externes : l'éjection est trop précoce ;
- la pièce reste coincée sur ses parois internes : l'éjection est trop tardive ;
- manque de dépouille sur la pièce moulée.

5.3 Tirage de fil

Description :

- un long fil de matière sort de la buse jusque vers la carotte, ce qui gêne l'éjection (la carotte reste accrochée).

Causes possibles / correction :

- la matière restée dans la buse au moment de démoulage est trop chaude ou trop comprimée.

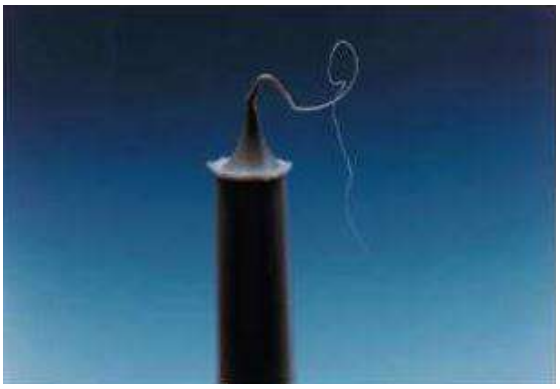


Figure 11 : *Tirage de fil*

Bibliographie

[1] **Agassant J.-F., Avenas P., Sergent J.-P., Vergnes B., Vincent M**., *La Mise en Forme des Matières Plastiques, Approche Thermomécanique*, Lavoisier, 1996

[2] **Dobraczinsky A., Piperaud M., Trotignon J.-P., Verdu J**., *Précis de matières plastiques*, AFNOR-Nathan, 2006

[3] **Gastrow H.,** *Injection Mold : 130 Proven Designs*, 3e éd., Carl Hanser Verlag, Munich, 2002

[4] **Munch T**., *Du Process à la pièce : l'injection des Plastiques*, VTP Éd., 2006

[5] **Pichon J**.-F., *Aide-mémoire d'injection des matières plastiques*, Dunod, 2005

[6] **Michel CHATAIN., Alexandre DOBRACZYNSKI** *Technique de l'ingénieur : Injection des thermoplastiques*

Chapitre II

Les machines d'injection plastique

Sommaire

1. Introduction Générale 29
2.Historique 29
3.Machines d'injection plastique classiques 30
3.1 Introduction 30
3.2 Principe de fonctionnement 30
3.3 Description structurale : 31
4. Types des d'injection plastique 41
4.1 Machine d'injection verticale : 41
4.2 Machine d'injection horizontale : 41
5.Cycle d'injection, de moulage 43
6.Analyse des différentes phases 45

1. **Introduction Générale**

Les produits en matière plastique sont très présents dans notre vie quotidienne, on les trouve partout autour de nous : bouteille d'eau, cafetière, ventilateur, emballages, stylo, règle, équerre, calculatrice, chaise, couverture, de livres, poubelle...

Pour la mise en œuvre de ces produits en plastiques on utilise des différentes techniques de production : l'injection, l'extrusion, thermoformage, calandrage, … La technique la plus utilisées l'injection par moulage.

Le procédé d'injection par moulage est très rependu dans le domaine de la plasturgie car il permet de fabriquer des pièces techniques d'une manière contrôlée et avec des cadences très élevées. Dans un contexte économique de plus en plus concurrentiel; la technique de fabrication par injection plastique attire de plus en plus les industriels pour réaliser des produit sa grande valeur ajoutée et de meilleurs rapports « qualité/prix ».Il est utilisé principalement dans le domaine agroalimentaire avec la fabrication d'emballages, plastiques, dans le bâtiment avec la fabrication de revêtements de sol, d'isolants et dans l'automobile avec la fabrication des pièces plastiques qui compose l'habitacle d'un véhicule.

Protection contre la corrosion : lorsque les matières plastiques sont abandonnées dans la nature il leur faut alors plusieurs décennies pour se décomposer.

2.Historique

l n'y'a qu'un peut d'un siècle que nous connaissons les matières plastiques, par apport à l'usage des cuivres et bronzes et d'autres métaux qu'ont 2500 ans avant notre ère. La culture plasturgie et moins connue par a port à la culture métallurgie.

L'apparition des premières matières plastiques est en 1860. Mais après la seconde guerre mondiale on assiste à une véritable explosion de l'utilisation de cette matière et petit à petit elle a commencé de gagner le terrain. Une des raisons importante de ce boom plastique est la possibilité de fabriqué des pièces, des tubes, toutes sortes d'objets. Mais il est une technologie qui est particulièrement performante pour fabriquer des pièces complexes et de quelques microtechniques. Qui est un procédé très rapide sa durée de cycle et de quelques secondes à plusieurs minutes, selon la taille de la pièce. Dans nos jours on nage dans les matières plastiques proviennes de l'injection.

3.Machines d'injection plastique classiques

3.1 Introduction

Le présent chapitre présente en détail la machine d'injection plastique normale ont décriront leur principe de fonctionnement ainsi que leur description structurelle à partir de la définition de chaque ensemble constitué cette machine

3.2 Principe de fonctionnement

L'injection plastique est un procédé de transformation des thermoplastiques qui permet d'obtenir en une seule opération des pièces finies, de formes complexes, dans une gamme de poids de quelques grammes à plusieurs kilogramme.

La mise en œuvre par les machines d'injection plastique normales se réalise d'abord à travers les granulés qui représentent la matière plastique avant transformation et qui dépassent rarement quelques millimètres, aussi elles servent à alimenter la vis de plastification. Cette dernière est non seulement chauffée mais aussi thermo-régulée dû au fourreau de plastification.

Sa rotation qui est entraînée par un moteur hydraulique et l'action conjuguée de la température du fourreau serrent à ramollir les granulés de matière plastique. C'est ce qu'on appelle «passage à l'état fondu : fluide ou déformable ».D'où, cette matière est acheminée à l'avant de la vis de plastification et en plus elle donne une réserve de matière prête à être injectée : c'est la phase de dosage. Ensuite, on cite la phase d'injection dynamique: c'est là où la matière présentée à l'avant de la vis de plastification est injectée à l'aide d'une forte pression à l'intérieur d'un moule qui, à son tour, présente la forme de la pièce souhaitée.

Ainsi, le moule est régulé à une température inférieure à la température de transformation qui de temps à autre passe de 15 à 130 °C.

La fermeture et l'ouverture du moule peuvent être assurées par un système mécanique, hydraulique ou mixte. Il doit être capable de maintenir le moule clos, contrant ainsi de fortes pressions tendant à l'ouvrir.

On a aussi la phase de maintien, ca signifie l'application d'une pression constante qui dure pendant un temps précis afin de continuer à alimenter les empreintes bien que celles-ci soient remplies. Et c'est pour que le retrait de la matière soit pallié durant son refroidissement qui prend quelques secondes avant être éjectée.

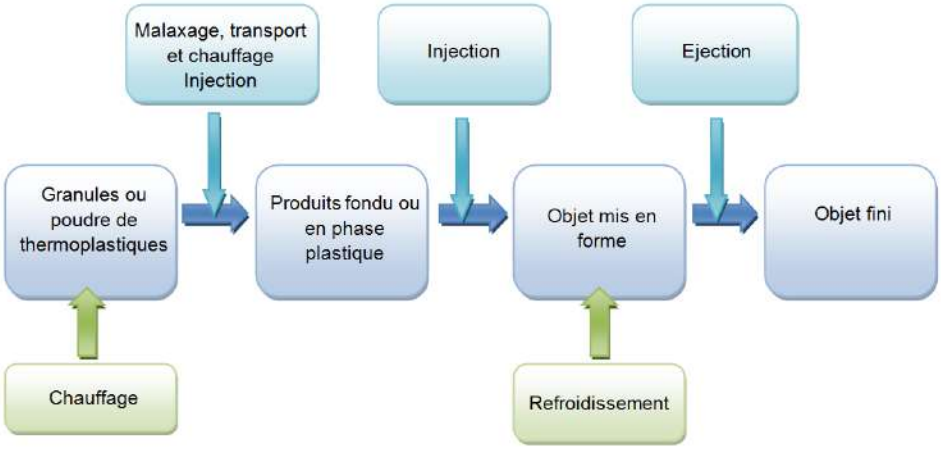


Figure 12 : *cycle d'injection*

3.3 Description structurale :

La machine à injecté classique est constitué des plusieurs composantes et principalement par trois grandes ensembles le bâti, le bloc de fermeture, verrouillage, l'unité de plastification, le groupe d'injection et les buses et les vis.

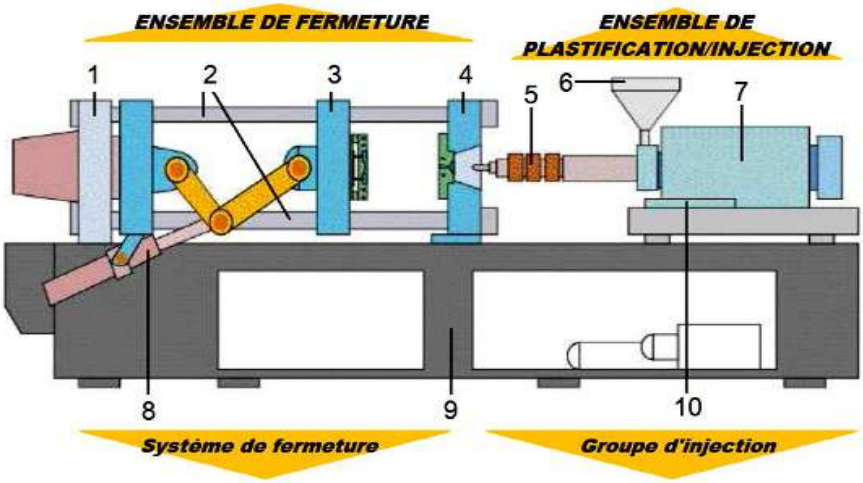


Figure 13 : *Description structurale de la machine*

1. Plateau arrière fixe
2. Colonnes de guidage
3. Plateau mobile de fermeture
4. Plateau fixe d'injection
5. Cylindre chauffant d'injection
6. Trémie
7. Groupe d'injection
8. Organe de fermeture (genouillère ou vérin)
9. Bâti
10. Tableau de commande

a. Le bâti

C'est ce qui supporte l'ensemble des organes nécessaires au bon fonctionnement de la presse,(moteur électrique, pompe hydraulique, réservoir d'huile, les canalisations, toutes les électrovannes et les distributeurs). Le bâti est de construction mécano-soudée. Il supporte également le bloc de fermeture ainsi que l'unité de plastification. Il existe plusieurs sortes de bâti, soit horizontale, verticale, ou en équerre.

b. Le bloc de fermeture, verrouillage

Cet ensemble permet la fermeture et le verrouillage de la partie mobile du moule, sur la partie fixe. Devant résister à la pression d'injection, sa conception est très importante. Son fonctionnement peut-être mécanique, par un vérin, elle est appelée mécanique, car l'effort déverrouillage est assuré par les genouillères. Sur certaine presse, lorsque le point d'alignement est dépassé, on peut couper la pression dans le vérin et l'ensemble reste stable, ou réalisés par des mouvements hydraulique à l'aide d'un gros vérin central qui a pour but de faire l'approche du plateau mobile jusqu'au plateau fixe , et d'un vérin plus petit qui assure le verrouillage dans la phase final de la fermeture.

- **Les types de fermeture de la presse :**

- **Fermeture mécanique :**

L'avance rapide de la partie mobile est assurée par la genouillère. Le verrouillage du moule est fourni par la mise en traction des colonnes de la machine, au moment où le moule est verrouillé. La genouillère est actionnée par un vérin hydraulique. Ce système est très simple ma n'assure pas une force de fermeture constante et reste difficile à régler. Fermeture à double fermeture mécanique genouillère offre une plus grande force de fermeture.

La figure ci-dessous nous montre la fermeture du type « à genouillère », constitué de
2 bielles « ab » et « bc », formant un certain angle entre elles en position moule ouvert, et
théoriquement alignées lorsque le moule est fermé.

En réalité, le point « b » est amené légèrement en dessous de l'horizontale, pour provoquer l'arc-boutement des bielles, évitant ainsi un risque de déverrouillage de l'outillage en cours de moulage.

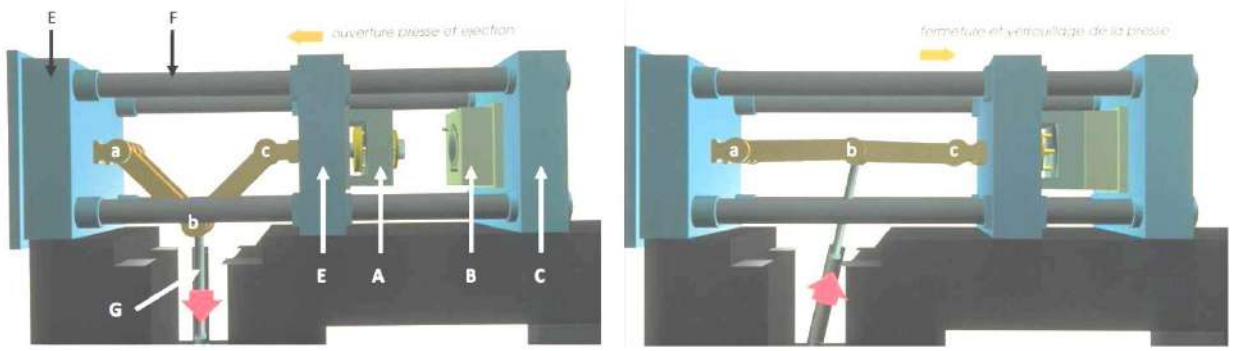


Figure 14 : *Fermeture mécanique*

Ab bc bielles

A bloc mobile de moule

B bloc fixe de moule

C plateau fixe

D plateau mobile

E sommier arrière

F colonne

G vérin de genouillère

Avantages :

Le mécanisme à genouillères est robuste, produit une fermeture efficace, assure une grande vitesse de déplacement avec diminution progressive de celle-ci en fin de fermeture.

L'ouverture se fait lentement également.

Lorsque le mécanisme à genouillères est en position de blocage, il ne nécessite plus aucune dépense d'énergie pour le maintien de la fermeture du moule.

Inconvénients :

Comme inconvénients, on peut déplorer la difficulté d'obtenir de grandes courses et

le volume occupé par ce système lorsque l'on s'oriente vers les machines à grande force de fermeture.

La force d'ouverture dont on dispose est assez faible et l'éjection mécanique des pièces moulées, liée au mouvement de recul du plateau mobile est relativement brutale. Il faut un réglage précis de la position des articulations en fonctions de l'épaisseur des moules.

Lors de la mise sous tension des colonnes, les articulations subissent des effets de flexion importants et des frottements conduisant à une usure assez rapide.

A noter aussi la nécessité de prévoir le réglage de la position de l'une des articulations extrêmes de la genouillère, afin de compenser l'effet de variation d'épaisseur des outillages exploités sur une même machine. On peut y parvenir par la modification de longueur de l'une des bielles « ab » ou « bc » ou par un changement de la position du support d'articulations « a » ou « c » respectivement par rapport au plateau sommier « E » ou par rapport au plateau mobile « D ».

Pour obtenir de gros efforts, on est amené à placer 2 genouillères côte à côte.

L'utilisation de mécanismes à doubles genouillères assure une fin de fermeture et un début d'ouverture très lents et la période de mise en extension des colonnes s'effectue à partir d'un déplacement assez important du piston de vérin actionnant le mécanisme, l'effort à fournir étant modéré.

Il est facile en couplant 2 systèmes ainsi conçus, d'obtenir 4 points de poussée sur le plateau mobile « D », la force de fermeture se répartissant alors sur 4 bielles.

1. **Fermeture hydraulique :**

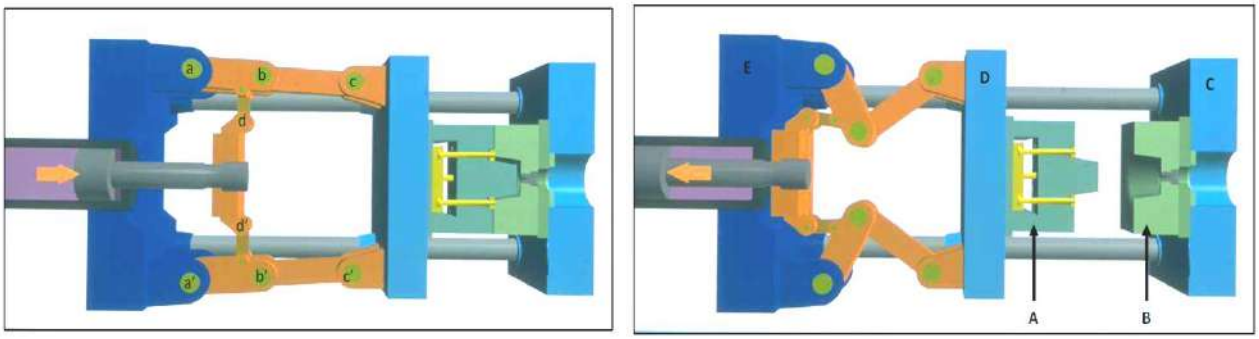


Figure 15 : *Fermeture hydraulique*

Ab bc A'b' b'c' bielles **D** plateau mobile

A bloc mobile de moule **E** sommier arrière

B bloc fixe de moule **C** plateau fixe

La fermeture hydraulique directe au moyen d'un vérin à double effet est utilisable surtout sur les petites et moyennes presses, pour ne pas avoir des vérins gigantesques.

Les fermetures hydrauliques pour grosse machines possèdent un grand volume d'huile dans le vérin de fermeture afin d'en réduire le temps du mouvement.

Pour éviter de faire appel à une pompe hydraulique à gros débit et faible pression, on assure alors les mouvements d'ouverture et de fermeture à l'aide de vérins auxiliaires à double effet et de faible diamètre fonctionnant à haute pression.

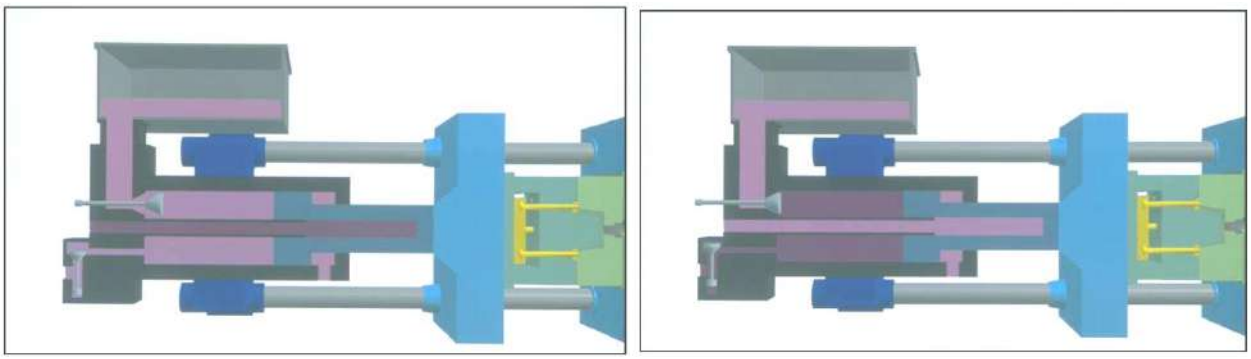


Figure 16 : *Fermeture hydraulique*

En cours de déplacement l'huile de remplissage du vérin de blocage du moule s'écoule par gravité, à partir d'un réservoir en charge sur la machine. Lorsque le moule est fermé, on branche la haute pression sur le vérin « F » et l'on obtient ainsi l'effort final de fermeture souhaité Si on désire une pression très élevée, pour diminuer les dimensions du vérin, on fait appel à un multiplicateur de pression « H » accolé à celui-ci.

La conception de la figure 6 permet d'utiliser des vérins auxiliaires à simple effet, moins coûteux, assurant seulement l'ouverture du moule. Pour le mouvement de fermeture, l'huile à haute pression admise dans le vérin « A » provoque un déplacement rapide du piston « P », et lorsque celui-ci découvre l'orifice « a », la pression régnant dans « A » s 'établit dans le gros vérin et assure la force de fermeture nécessaire au moulage. Dans le cas d'une presse à fermeture verticale avec plateau mobile en bas, le vérin auxiliaire 8 peut-être supprimé (le plateau descend par gravité).

Avantages :

La commande hydraulique s'adapte bien aux grandes courses de fermeture, les efforts sont bien contrôlés et facilement réglables, ce qui donne une bonne sécurité pour les machines et les outillages. Les mouvements ne sont pas brusques et leurs réglages sont aisés.

Inconvénients :

On peut citer les fuites possibles, les risques d'ouverture partielle des moules si l'on travaille à la limite des capacités de la machine. Le matériel hydraulique est assez coûteux et exige de l'entretien et du soin. La mise en tension des colonnes doit être relativement lente, en raison de la compressibilité de l'huile de l'expansion des vérins.

2. **Fermeture mixte :**

Ce procédé est un compromis, les mouvements d'ouverture et de fermeture se font uniquement par des genouillères, tandis que le verrouillage est assuré par un ou des vérins hydraulique.

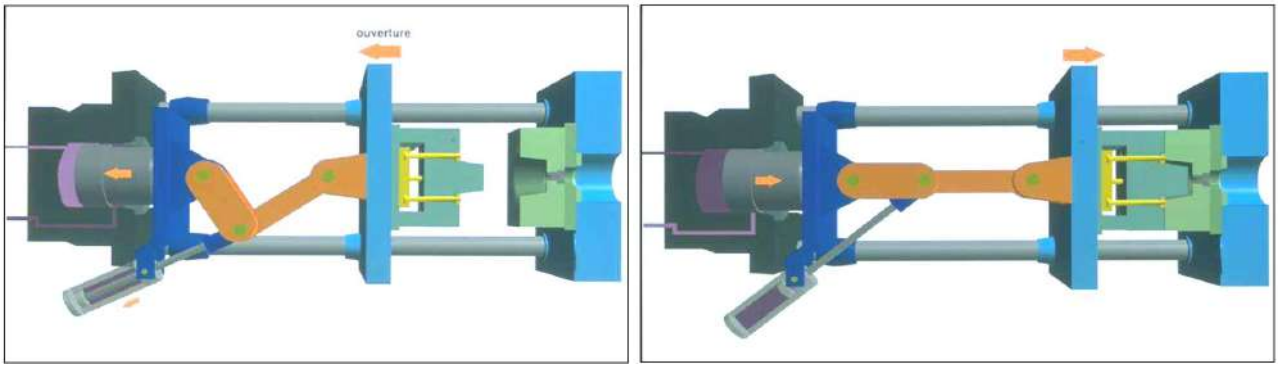


Figure 17 : *Fermeture mixte*

Fonctions de l'unité de fermeture :

Les fonctions assurées par l'unité de fermeture sont :

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

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

Caractéristiques de l'unité de fermeture :

L'unité de fermeture se caractérise par :

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

c. l'unité d'injection

Le groupe d'injection comprend l'unité de plastification, le vérin d'injection, le groupe d'entraînement de la vis et les éléments additionnels, comme dispositif de commande de la buse, vérins d'appui… etc. Toutes ces unités sont montées sur un glissoir. Celui-ci est guidé par des colonnes. Pour les paliers des coussinets demandant peu d'entretien sont utilisés. On Obtient ainsi un guidage du groupe d'injection précis, robuste et avec très peu d'entretien. Les colonnes de guidage doivent être légèrement huilées seulement après le nettoyage hebdomadaire. Le glissoir peut être déplacé axialement à l'aide de deux vérins d'appui hydrauliques latéraux. Ces vérins produisent également la force, avec laquelle la buse est pressée contre le moule.

Unité d'Injection (Groupe de plastification)

Son rôle :

L'unité d'injection assure les tâches suivantes :

- Recevoir la matière première
- Plastifier d'une manière homogène une quantité de matière solide
- Etablir le contact entre l'outillage et l'unité d'injection
- Injecter la matière plastifiée dans l'outillage dans des conditions prédéfinies

L'unité d'injection à pour but, d'amener un matériau, sous forme de granulés ou de poudre à température ambiante, à un mélange pâteux et homogène à la température de transformation et transporter une certaine quantité de matière devant la vis d'injection.

Sa composition :

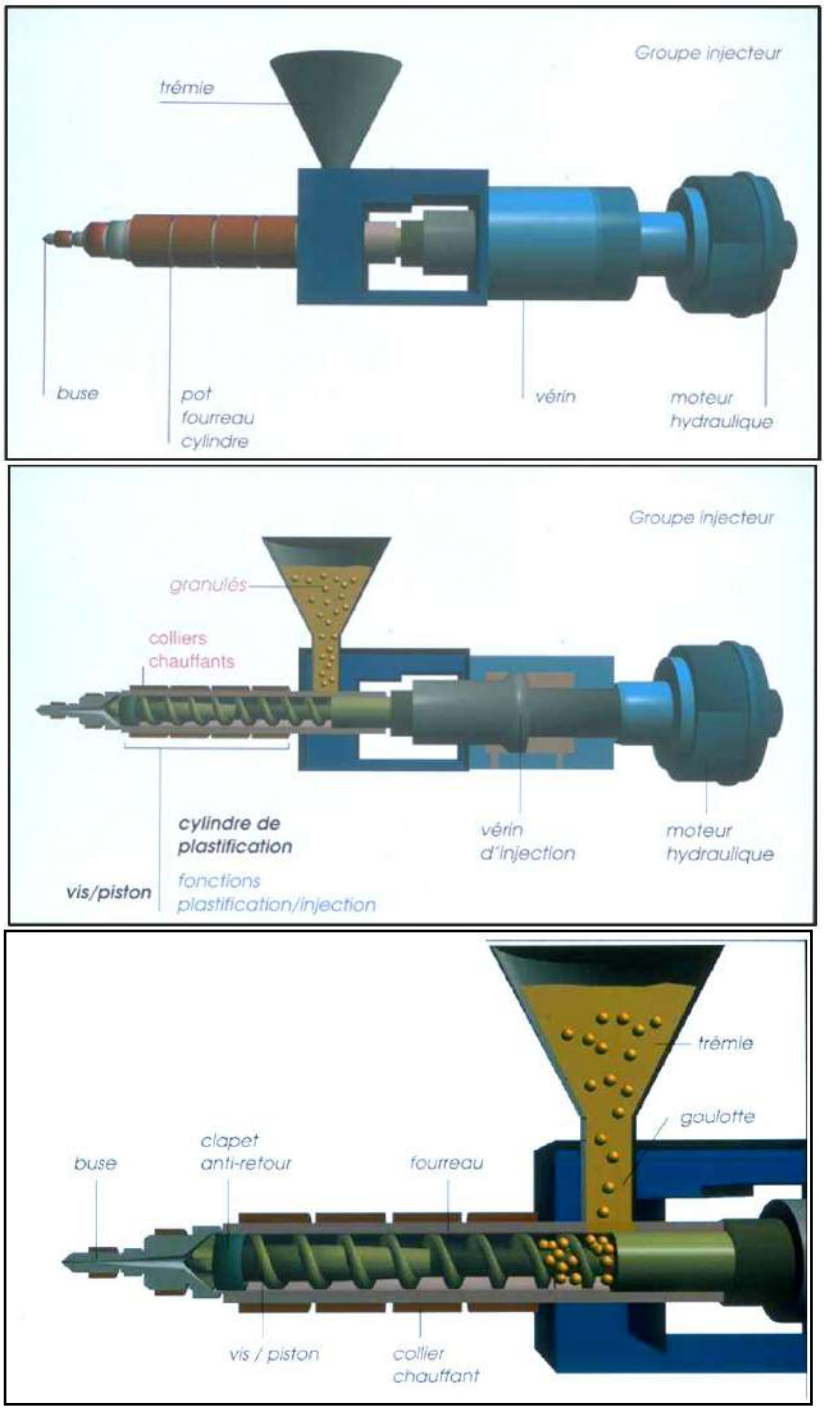


Figure 18 : *principe de l'unité d'injection*

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

Clapet anti-retour : voir explication à la suite

Vis / piston : voir explication à la suite

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

Collier chauffant : Ils permettent de chauffer le fourreau.

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

Trémie : La trémie est l'endroit ou est placé les granulés de matière plastique.

d. l'unité de plastification

L'unité d'injection est en contact direct avec la matière plastique à transformer. Elle a comme tâche, de faire fondre la matière plastique, de l'homogénéiser, de la doser et de la transporter dans le moule. Elle contient cylindre de plastification à vis électriquement chauffé est équipé d'une vis universelle à trois zones :

- Zone d'alimentation
- Zone de compression
- Zone de plastification

Les différents éléments qui constituent l'unité plastification

La vis :

La vis est en principe constituée de 4 éléments distincts :

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

A. Une zone d'alimentation

B. Une zone de travail généralement conique (compression)

C. Une zone d'homogénéisation ou de pompage généralement cylindrique

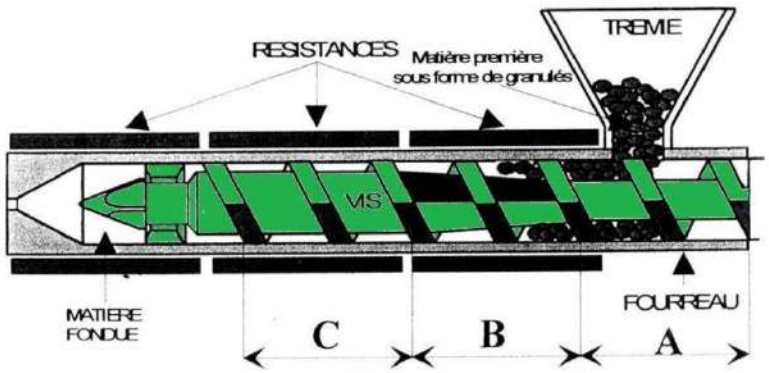
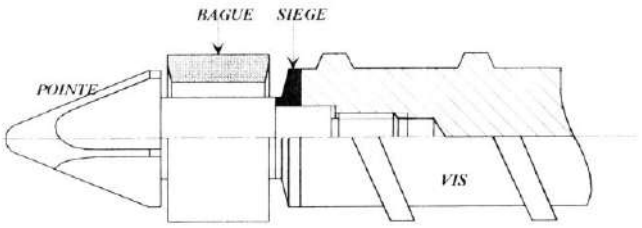


Figure 19 *l'unité d'injection*

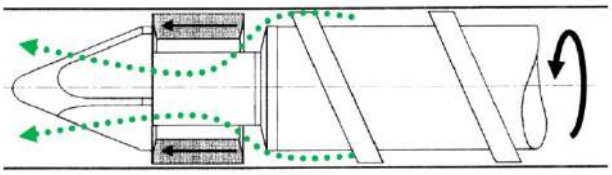
Le clapet anti-retour :



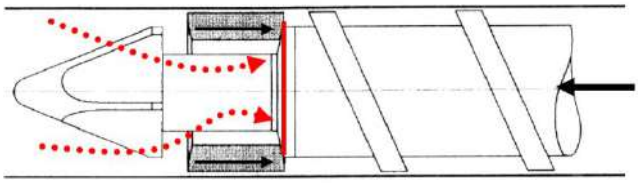
Rôle : Laisser passer la matière vers l'avant durant le dosage Empêcher le refoulement vers l'arrière

Fonctionnement :

Plastification : La bague, poussée par la matière vient en appui sur la pointe



Injection : La bague est refoulée sur le siège du clapet assurant l'étanchéité



e.La buse

Une buse de presse doit assurer un contact étanche avec le moule durant l'injection, malgré les fortes pressions mises en œuvre. La force d'appui buse-moule doit être assez élevée et s'exerce sur des portées sphériques ou tronconiques, rarement planes. Et elle présente une surface de contact aussi réduite que possible avec le moule, celui-ci pouvant provoquer la formation d'un bouchon de matière solide. Cela exige, pour bénéficier d'une bonne tenue mécanique, unesurface de contact buse-moule dure. Sur une buse courte, l'apport de chaleur par conductibilité, provenant du cylindre de plastification, suffit en général pour maintenir une température de buse satisfaisante. Dans l'éventualité de buses longues il faut prévoir un chauffage d'appoint par résistances électriques. Comme elle présente aussi un diamètre de trou de sortie variable selon le volume de matière à débiter lors de chaque injection, et aussi avec la nature de cette matière; plus elle est visqueuse à la température de moulage, plus la pièce moulée

est importante, et plus grand doit être l'orifice de buse .Lorsque la buse quitte le contact du moule, il ne doit pas y avoir écoulement de matière plastique à l'air libre malgré une certaine détente du volume en fusion non refoulé dans le moule. On élimine de plus en plus ce risque en prévoyant un léger recul de la vis par rapport au cylindre, après suppression du contact buse-moule; l'expansion du plastique se fait alors vers l'intérieur du cylindre, c'est ce que l'on appelle la succion

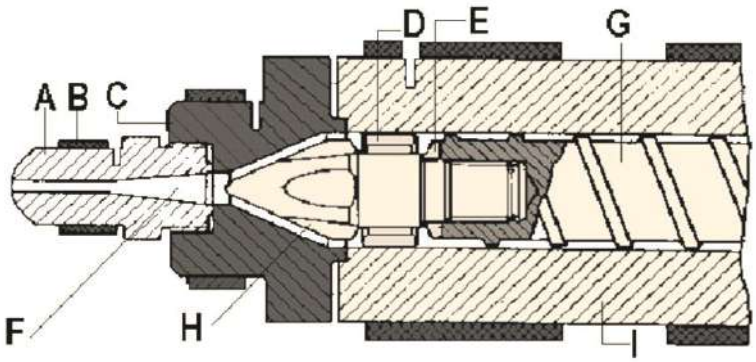


Figure 20 : *la buse*

A. Buse ouverte
B. Résistance de buse
C. L'avant pot
D. Clapet
E. Siège du clapet
F. Passage de la matière
G. Vis
H. Pointe du clapet

Le moule

Le moule contient la forme de l'objet que l'on désire obtenir, elle est composée d'un assemblage de pièces, d`une empreinte qui forme la partie femelle du moule et d`un noyau dans lequel la matière à mouler prend sa forme. Elle possède une force de fermeture importante qui nécessite donc l'utilisation d'un vérin de grande section et d'une course importante.

Le moule est constitué aussi d'un éjecteur qui permet d'arracher la pièce refroidie après l'ouverture du module. De plus une porte de protection est montée face au moule pour mettre l'opérateur à l'égard d'un éventuel danger.

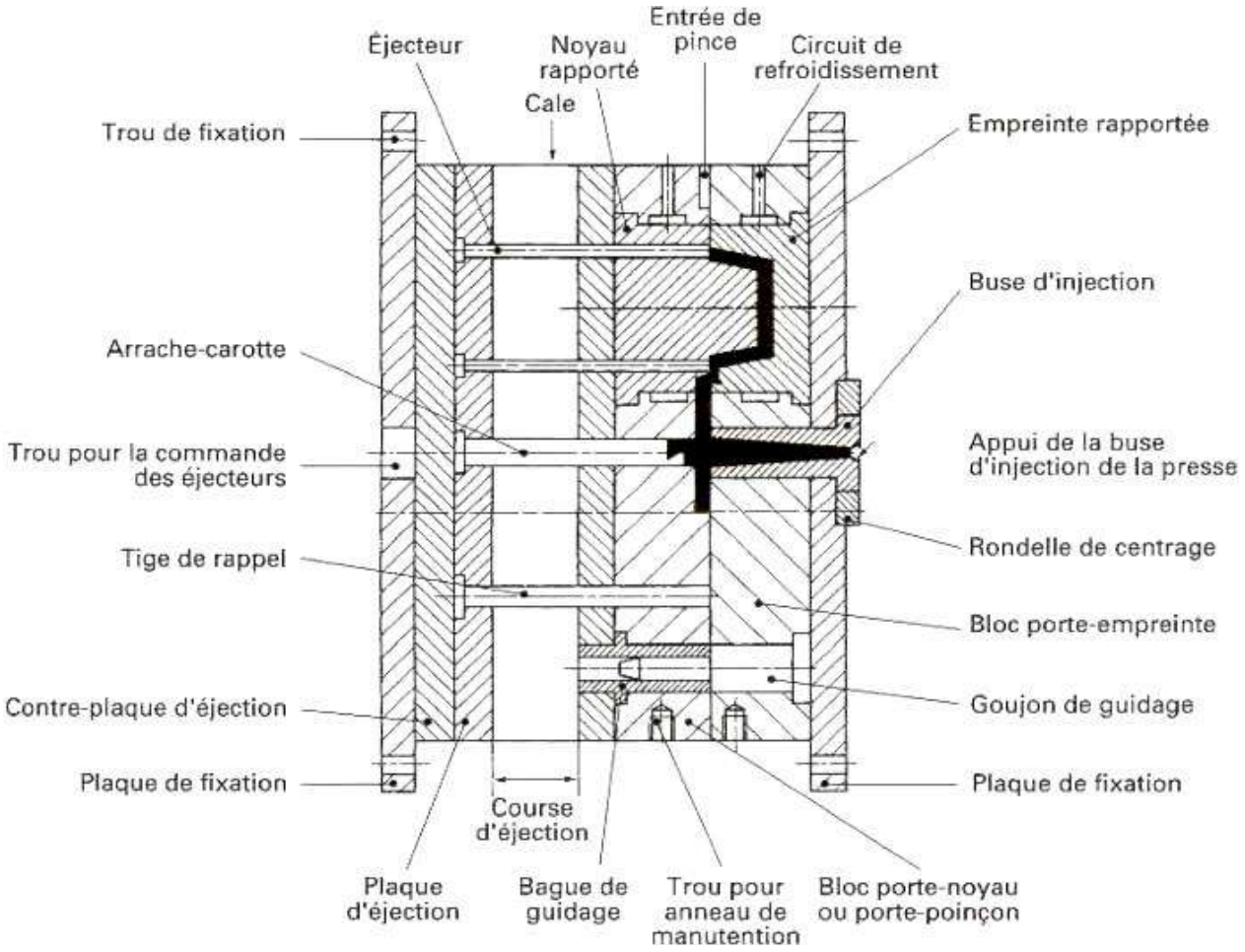


Figure 21 : *Structure d'une moule d'injection plastique*

4. Types des d'injection plastique

4.1 Machine d'injection verticale :

Ce modèle de machine de moulage par injection est principalement déduit au moulage par injection sur les lignes de production de produits électroniques, d'ordinateurs, de prise d'alimentation, etc. Les produits réalisés n'ont pas d'exigences trop hautes envers le standard de précision. En général , on utilise le PVC, le PE ou autre plastique d'injection comme milieu principal, les standards de modèles adaptés à ces produits ont en général une force de serrage de moule de 15T à 35T, etc. Comme les données concrètes des machines des diverses usines varient (capacité de moule, dispositifs, etc.) il est impératif que les paramètres concrets du modèle à acheter soit vérifier à l'usine avant l'achat.



Figure 22 : *Machine d'injection verticale*

4.2 Machine d'injection horizontale :

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



Figure 23 : *Machine d'injection horizontale*

5. Cycle d'injection, de moulage

Le cycle de moulage simplifié d'une pièce injecté se décompose en plusieurs parties :

- Fermeture du moule
- Avance du ponton
- Injection
- Maintien
- Refroidissement
- Dosage
- Décompression
- Recul ponton
- Ouverture moule
- Ejection

Sous forme de bâtonnets afin de donner une idée de la durée de l'opération Afin

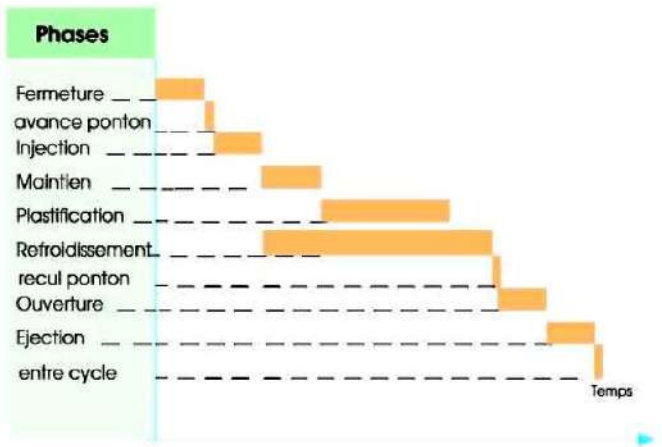


Figure 24 *bâtonnets de Cycle d'injection, de moulage*

Sous forme de grafcet :

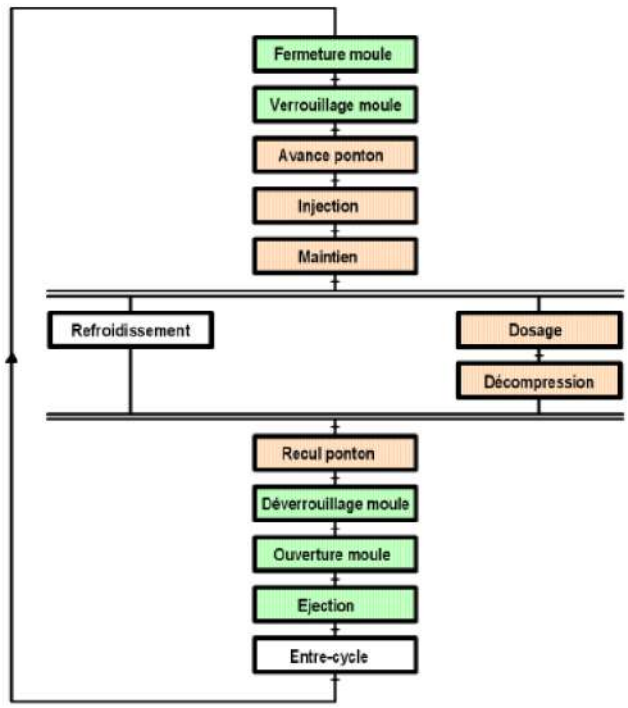


Figure 25 *grafcet de Cycle d'injection, de moulage*

Définition :

- **Maintien :** Le maintien est une pression que l'on applique sur la quantité de matière présente en bout de vis (matelas) à la fin de l'injection.
- **Décompression :** Translation arrière de la vis à la fin du dosage afin d'avoir un poche d'air à l'avant de la vis, ce qui évite que la matière coule.
- **Pt de commutation :** point de passage entre la phase dynamique (injection) et la phase quasi-statique (maintien). Il peut se faire de 3 façon : Par le course, la pression ou le temps

Les différentes phases

La fonction injection se distingue en 3 parties :

le remplissage, le compactage et le maintien.

Le graphique obtenue lors de l'injection sur une presse à injecter est le suivant :

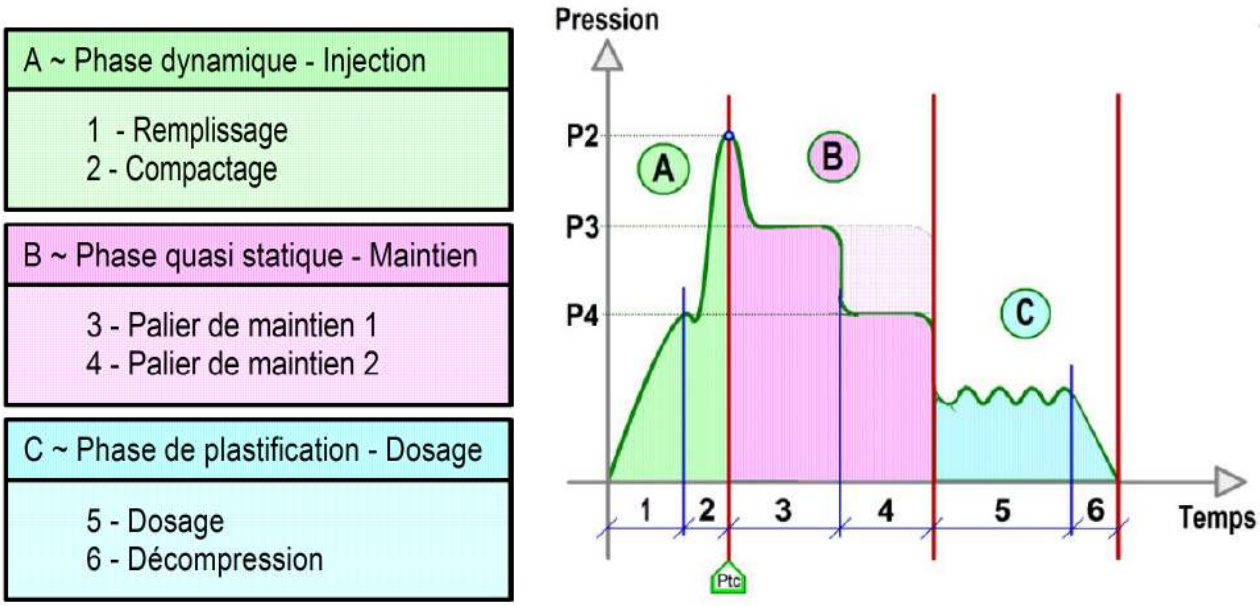


Figure 26 : *diagramme des différentes phases*

6.Analyse des différentes phases

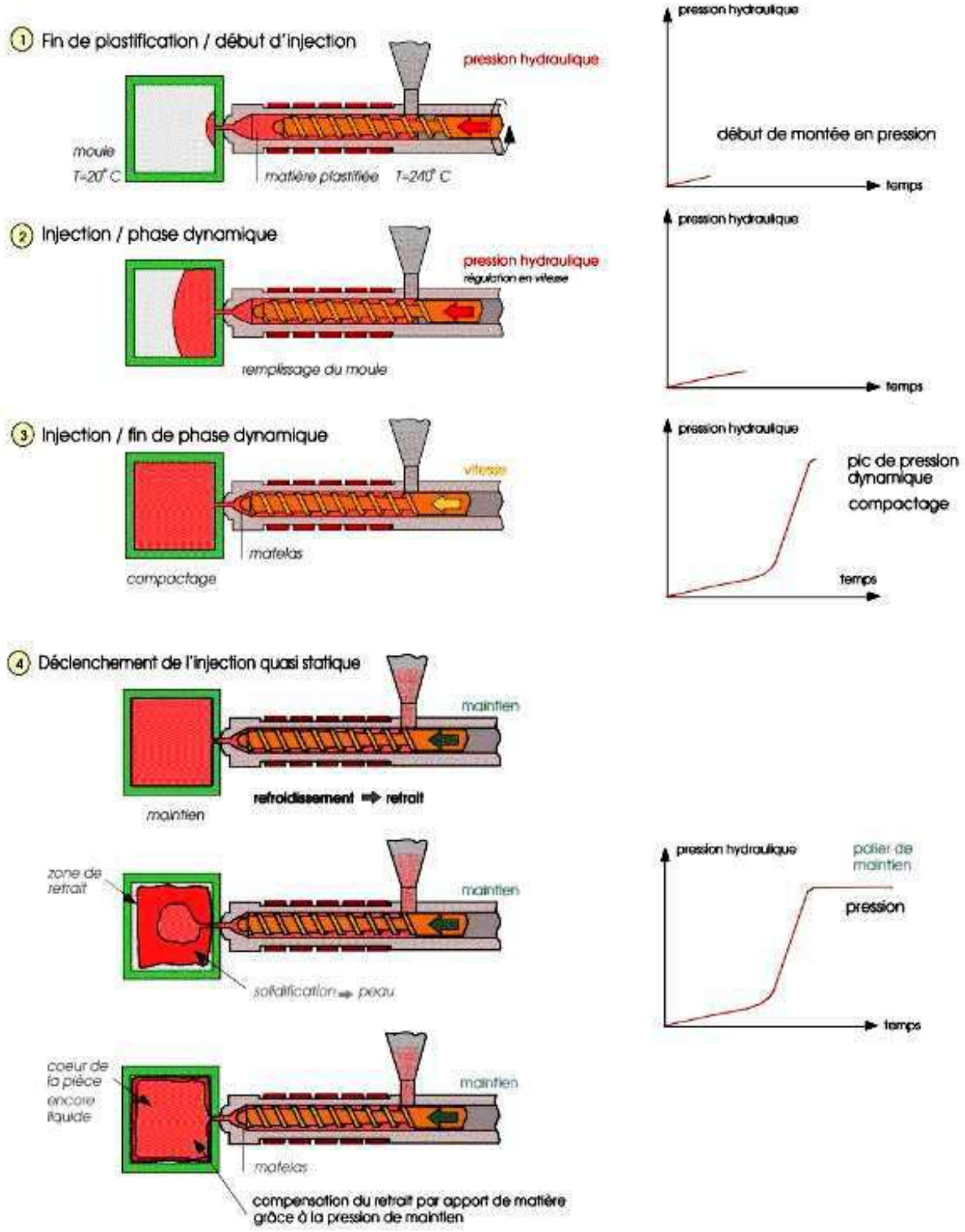


Figure 27 : *différentes phases*

Bibliographie

[7] **Vincent R.Gingery , 2007** , *injection molding machine* , http://www.gingerybooks.com

[8] **Michel CHATAIN., Alexandre DOBRACZYNSKI** *Technique de l'ingénieur : Injection des thermoplastiques*

[9] **Dobraczinsky A., Piperaud M., Trotignon J.-P., Verdu J**., *Précis de matières plastiques*, AFNOR-Nathan, 2006

Étude et conception mécanique Et étude thermique

Chapitre III

Sommaire

1.Proposition dimensionnel et les capacités maximales 48

2.Conception de la vis d'injection 48
2.1 Calcule de diamètre de la vis d'injection : 48
2.2 Calcule le couple nécessaire sur la vis d'injection 49

3.Calcule dimensionnel sur l'unité de verrouillage 49
3.1.La force de verrouillage 49
3.2.Le bras de fermeture 50
3.3.Les boulons d'assemblage de bras de fermeture 50
3.4.Calcule de diamètre de colonnes de guidage 50

4 . Analyse Statique 52
4.1 Simulation de l'Arbre de tendeur 52
4.2 Simulation de plaque port moule 55
4.3 Simulation de l'injecteur 58

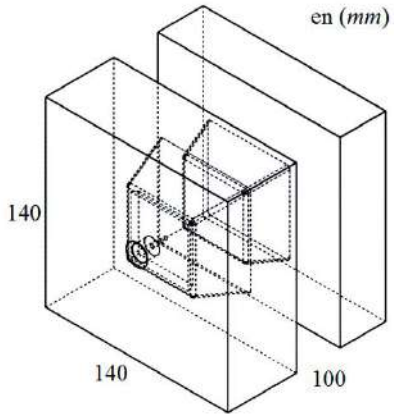
5. Etude thermique 61
5.1Calcule la puissance globale des colliers chauffants 61

6. Paramètres permettant de calculer et d'estimer les couts de fabrication .d'effectuer les premiers réglages 63

7. Calcul du temps de refroidissement pour obtenir une pièce dont toute l'épaisseur est en dessous de la T° d'éjection voulue 65

8. Détermination de la vitesse maximum de rotation de la vis lors de la plastification 66

9. étude cinématique 66



1. Proposition dimensionnel et les capacités maximales

- Les dimensions maximale de moule est ***(140*140*100) mm***
- Le volume maximale de la pièce ***(100*100*60) mm***
- L'épaisseur minimale de la pièce $e_{min} = 1$ ***mm***
- La matière injecter est le **polypropylène PP**
- Le volume maximal de la matière a injecté $120cm^3$
- La pression maximale dans le moule ***60 bar***

2. Conception de la vis d'injection

Les dimensions de la vissontcaractérisées suivant des conductions bien définiespar le concepteur. Il faut stocker au minimum Le volume maximal de la matière a injecté par rapport le temps de cycle dans la zone de plastification a une température de fusion et en pression d'injection

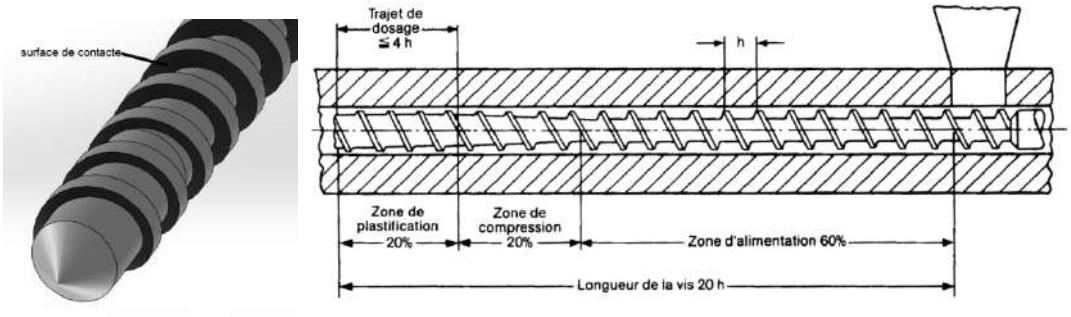


Figure 28 : *schéma dimensionnel de la vis d'injection*

La vis d'injection de propylène z_{min} = 0.8 cm z =1cm

Pas d'hélice *(h)* ≈ *D*

Nombre de révolution d'hélice dans la zone de plastification est de 4 pas *L=4h=4D*

La largeur d'hélice $B_{hélice}$ = z =1cm

2.1 Calcule de diamètre de la vis d'injection :

$$S = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)$$

$$V_{total} = V_{matiere} + V_{helice} = S * 4D = \frac{\pi}{4}(D^2 - (D-2)^2) * 4D$$

$$V_{helice} = 4z^2\sqrt{(\pi D)^2 + D^2}$$

$$V_{matiere} = V_{total} - V_{helice} = \left(\frac{\pi}{4}(D^2 - (D-2)^2) * 4D\right) - \left(4z^2\sqrt{(\pi D)^2 + D^2}\right)$$

$$V_{matiere} = \left(\frac{\pi}{4}(D^2-(D-2)^2)*4D\right)-\left(4z^2\sqrt{(\pi D)^2+D^2}\right)$$

$$V_{matiere} = \left(\frac{\pi}{4}(D^2-(D-2)^2)*4D\right)-\left(4z^2D\sqrt{(\pi)^2+1}\right)$$

$$V_{matiere} = 4D\left(\left(\frac{\pi}{4}(D^2-D^2+4D-4\right)-\left(z^2\sqrt{(\pi)^2+1}\right)\right)$$

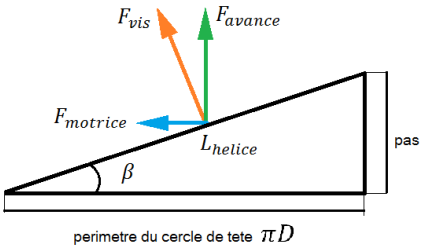
$$V_{matiere} = \left(\left(\,4\pi D(D-1)-\left(4Dz^2\sqrt{(\pi)^2+1}\right)\right)\right)$$

$$V_{matiere} = \left(\left(\,4\pi D^2-4\pi D\right)-\left(4Dz^2\sqrt{(\pi)^2+1}\right)\right)$$

$$V_{matiere} = 4\pi D^2-\left(\left(4z^2\sqrt{(\pi)^2+1}\right)+4\pi\right)D$$

$$V_{matiere} = 12{,}57D^2-25{,}75D-120$$

Diamètre de tète de la vis d'injection ***D = 4.28 cm*** avec le coefficient de sécurité de ***10%***



D = 50mm

La longueur de la zone de plastification L_{plast} *=4D=200 mm*

2.2 Calcule le couple nécessaire sur la vis d'injection

La pression maximale sur la vis P_{vis} *=P* $_{moule}$*= 40 bar (1bar =1daN/cm*^{2}*)*

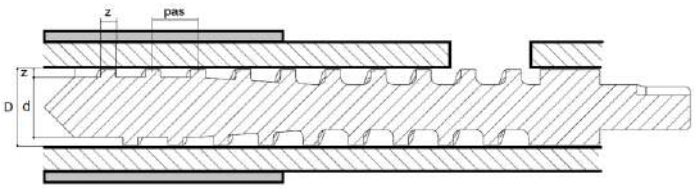
$$P_{vis} = \frac{F_{vis}}{S_{contact}} \quad S_{contact} = L_{helice} * Z \qquad L_{helice} = \sqrt{(\pi D)^2+D^2} = 16.475\ cm \quad S_{contact} = 65{,}90\ cm^2$$

$$F_{vis} = P_{vis} * S_{contact} = 600 * 16.475 = 9885\ N$$

$$\sin\beta = pas/L_{helice} \quad pas = D$$

$$F_{motrice} = F_{vis} * \sin\beta = 2998.75\ N$$

$$F_{avance} = F_{vis} * \cos\beta = 9419\ N$$



$$C_{motrice} = F_{motrice} * r_{primitif} = 40\ N.m$$

$$n_{vis} = 200\ tr/min$$

$$P_{moteur} = \frac{\pi\, n_{vis} C_{motrice}}{30} = 850watt = 0.85\ Kw$$

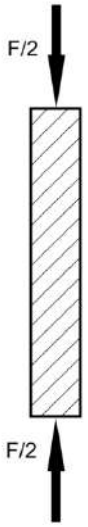
3.Calcul dimensionnel sur l'unité deverrouillage

3.1.La force de verrouillage

La surface de parcours *(100*100) mm* $S_{parcours}$ *=10000 mm*^{2}

La pression sur le parcours est de *60daN/cm*^{2}

La force de verrouillage $F_{verr} = P_{parcours} * S_{parcours} = 60000\ N$



3.2.Le bras de fermeture

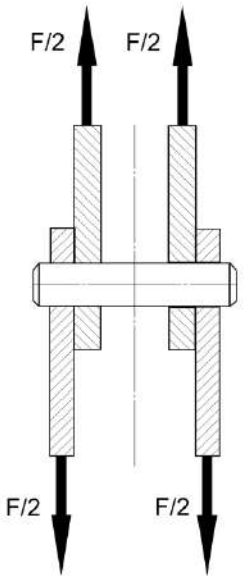
Nous utilise l'acier d'usage générale$S235 \sigma_e = 235N/mm^2$

$\sigma_e \geq \frac{F_{verr}}{2S_{bras}}$

$S_{bras} \geq \frac{F_{verr}}{2\sigma_e}$

$S_{bras} \geq 127.65\ mm^2$

Profile(mm)	Surface(mm^2)
5*25	125
5*30	150



3.3.Les boulons d'assemblage de bras de fermeture

$F_{verr} = 60000\ N$

La limite élastique des boulons class 8.8 est $\sigma_e = 64daN/mm^2$

$\sigma_e \geq \frac{F_{verr}}{2S_{boulon}}$

$S_{boulon} \geq \frac{F_{verr}}{2\sigma_e}$

$S_{boulon} \geq 46.875\ mm^2$ $D = 10mm$

Diamètre (mm)	Section Résistante (mm^2)	Charge limite daN
8	36.60	2342
10	58.00	3712
12	84.30	6740

3.4.Calcul de diamètre de colonnes de guidage

$\rho_{Aluminium} = 2700\ kg/m^3$

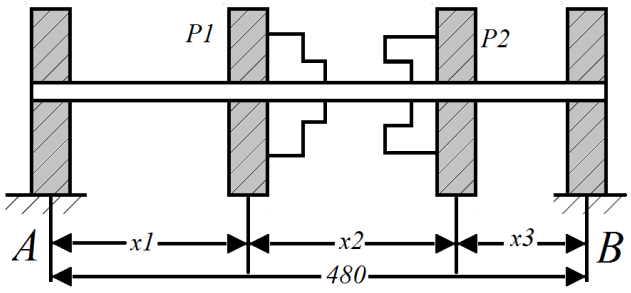
$\rho_{Acier} = 7500\ kg/m^3$

$g = 9.81 m.s^{-2}$

la masse d'un plaque de moule $m_{pm} = 2.646kg$

la masse de plateau de fixation $m_{pf} = 3.6kg$

$P1 = P2 = (m_{pm} + m_{pf})g = 62N$



3.4.1 calcul de laréaction surles colonnes de guidage

$\Sigma F/y = 0 : R_A + R_B - 2P_1 = 0$

$\Sigma M/_A = 0 : \quad P_1 * x_1 + P_1 * (x_1 + x_2) - R_B * (x_1 + x_2 + x_3) = 0$

$$R_B = \frac{P_1 * x_1 + P_1 * (x_1 + x_2)}{(x_1 + x_2 + x_3)}$$

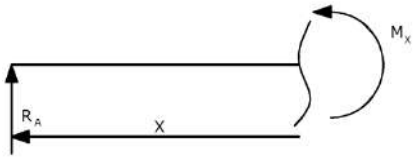
$$R_A = 2P_1 - R_B$$

3.4.2 Calcule le moment fléchissantmaximal

Section 01 :

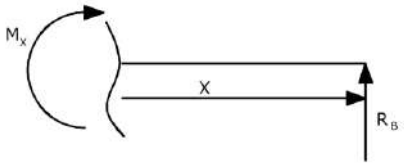
$$0 \geq x \geq x_3$$

$$M(x) = R_B x$$



Section 02:$0 \geq x \geq x_1$

$$M(x) = R_A x$$



3.4.3 Calcul du diamètre nécessaire

$$\sigma_{max} \geq \frac{M_{max}}{I_{xx}/y_{max}} \quad I_{xx} = \frac{\pi D^4}{64} \quad \sigma_{max} \geq \frac{32 M_{max}}{\pi D^3} \quad y_{max} = \frac{D}{2}$$

$$D \geq \sqrt[3]{\frac{32\ M_{max}}{\pi\ \sigma_{max}}} \quad \sigma_{max} = 200 N.mm^{-2}$$

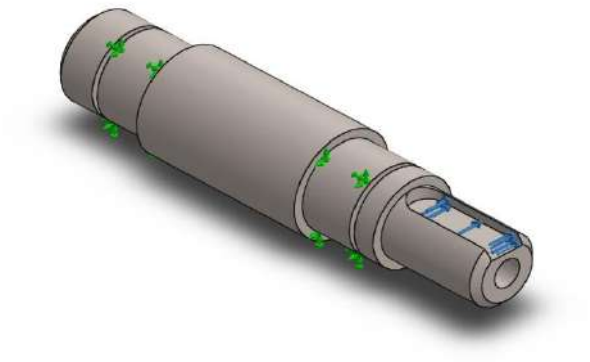
	x_1	x_2	x_3	R_A	R_B	$M(x_3)$	$M(x_1)$	M_{max}	D
	mm			*N*		*N.m*			*mm*
Moule ouvert	*10*	*26*	*12*	*77.5*	*46.5*	*5.58*	*7.75*	*7.75*	*8.15*
Moule fermée	*27*	*12*	*9*	*38.75*	*85.25*	*7.67*	*10.64*	*10.46*	*5.5*

Alor $D_{calculé}$ *=8.15 mm* *D=12 mm*

4 . Analyse Statique

4.1 Simulation de l'Arbre de tendeur

4.1.1 Information sur le modèle

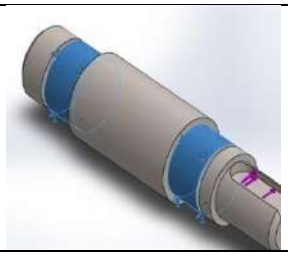


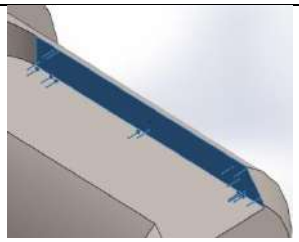
- Masse:0.516681 kg
- Volume:6.71015e-005 m^3
- Masse volumique:7700 kg/m^3
- Poids:5.06348 N

Properiet

- Acier non allie
- Type de modele : lineaire elastique isontropique
- Critere de ruine contraint de von mises
- Limite d'elasicite :620.422 N/mm^2
- limite de traction 723.826 N/mm^2

4.1.2Actions extérieures

Nom du déplacement imposé	Image du déplacement imposé	Détails du déplacement imposé
Fixe-1		**Entités: 2 face(s)** **Type: Géométrie fixe**

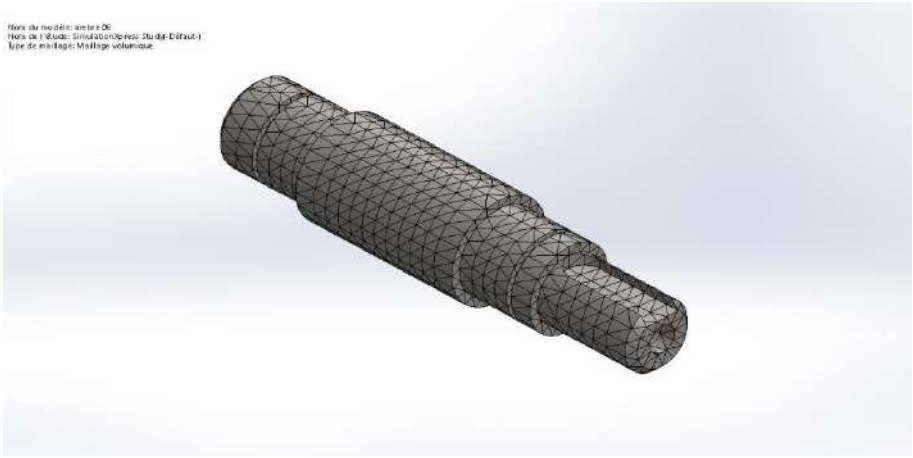
Nom du chargement	Image du chargement	Détails du chargement
couple		**Entités: 1 face(s)** **Type: couple** **Valeur: 40 N.m** **Angle de phase: 0** **Unités: deg**

4.1.3 Informations sur le maillage

Type de maillage	Maillage volumique
Mailleur utilisé:	Maillage standard
Transition automatique:	Désactivé(e)
Boucles automatiques de maillage:	Désactivé(e)
Points de Jacobien	4 Points
Taille d'élément	4.0649 mm
Tolérance	0.203245 mm
Qualité de maillage	Haute

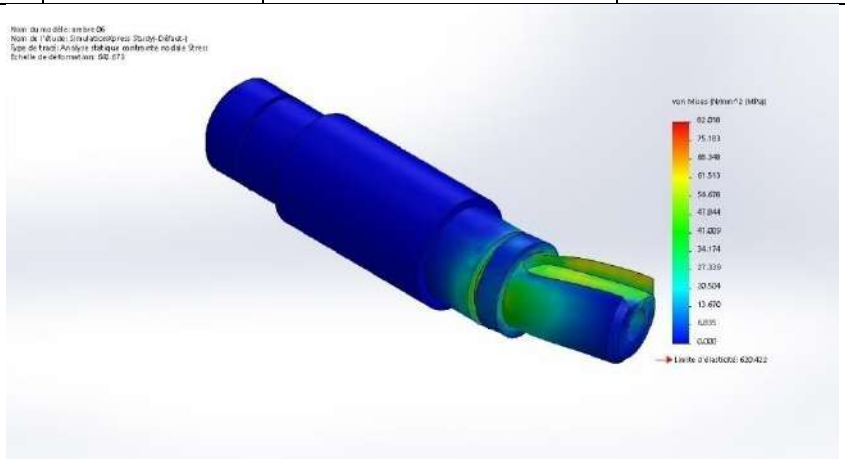
4.1.4 Informations sur le maillage – Détails

Nombre total de noeuds	13849
Nombre total d'éléments	8962
Aspect ratio maximum	3.95
% d'éléments ayant un aspect ratio < 3	99.4
% d'éléments ayant un aspect ratio > 10	0
% d'éléments distordus (Jacobien)	0
Durée de création du maillage (hh;mm;ss):	00:00:02



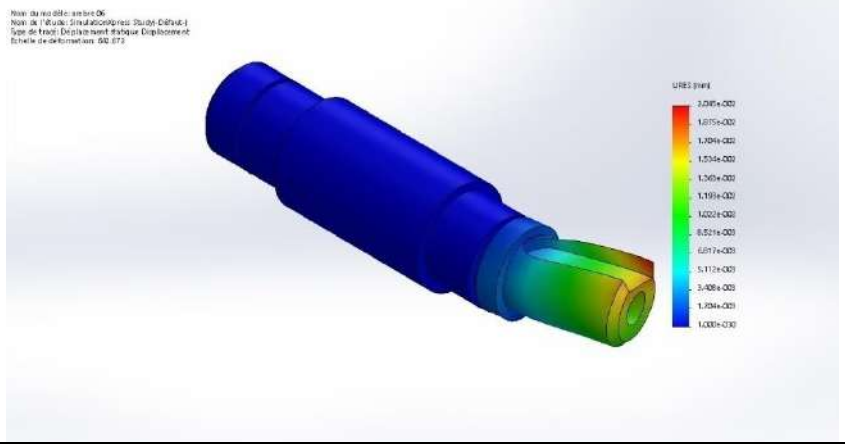
4.1.5 Résultats de l'étude

Nom	Type	Min	Max
Stress	VON: contrainte de von Mises	5.06976e-006 N/mm^2 Noeud: 9478	82.0177 N/mm^2 (MPa) Noeud: 8229



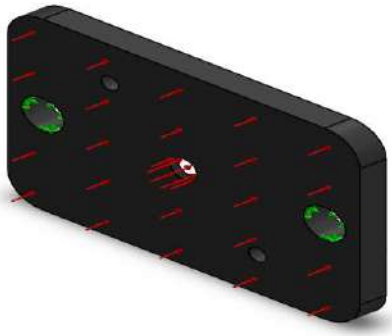
arebre (tandeur) -SimulationXpress Study-Contraintes-Stress

Nom	Type	Min	Max
Displacement	URES: Déplacement résultant	0 mm Noeud: 190	0.0204498 mm Noeud: 60



4.2 Simulation de plaque port moule

4.2.1 Information sur le modèle

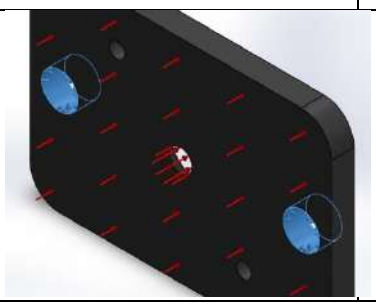


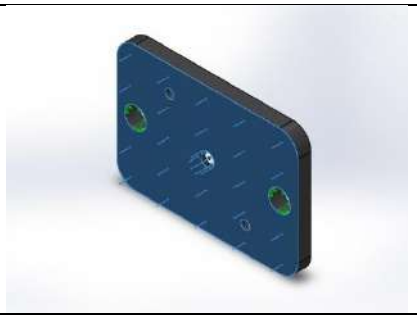
- Masse:2.78953 kg
- Volume:0.000387435 m^3
- Masse volumique:7200 kg/m^3
- Poids:27.3374 N

Properiet

- Fonte grise
- Type de modele : lineaire elastique isontropique
- Critere de ruine de Mohr-Coulomb
- Limite d'elasicite :620.422 N/mm^2
- limite de traction : 151.658N/mm^2

4.2.2Actions extérieures

Nom du déplacement imposé	Image du déplacement imposé	Détails du déplacement imposé
Fixe-1		**Entités:** **2 face(s)** **Type:** **Géométrie fixe**

Nom du chargement	Image du chargement	Détails du chargement
Pression-1		**Entités:** **1 face(s)** **Type:** **Normal à la face sélectionnée** **Valeur:** **60000** **Unités:** **N/m^2** **Angle de phase:** **0** **Unités:** **deg**

4.2.3Informations sur le maillage

Type de maillage	Maillage volumique
Mailleur utilisé:	Maillage standard
Transition automatique:	Désactivé(e)
Boucles automatiques de maillage:	Désactivé(e)
Points de Jacobien	4 Points
Taille d'élément	7.292 mm
Tolérance	0.3646 mm
Qualité de maillage	Haute

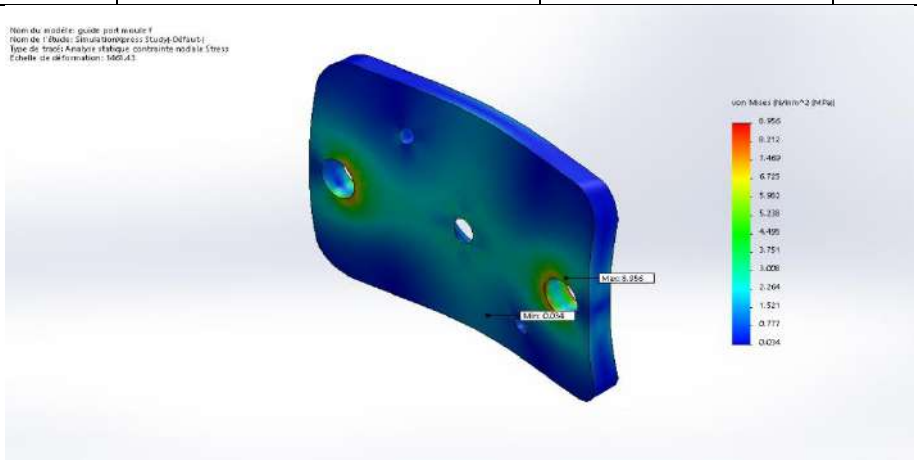
4.2.4Informations sur le maillage – Détails

Nombre total de noeuds	14086
Nombre total d'éléments	8476
Aspect ratio maximum	3.6329
% d'éléments ayant un aspect ratio < 3	99.8
% d'éléments ayant un aspect ratio > 10	0
% d'éléments distordus (Jacobien)	0
Durée de création du maillage (hh;mm;ss):	00:00:05



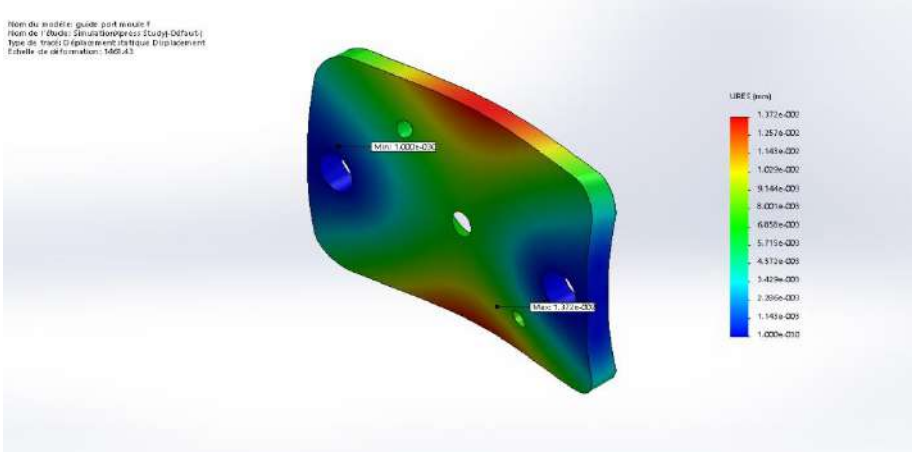
4.2.5 Résultats de l'étude

Nom	Type	Min	Max
Stress	VON: contrainte de von Mises	0.0338443 N/mm^2 (MPa) Noeud: 2793	8.95551 N/mm^2 (MPa) Noeud: 100



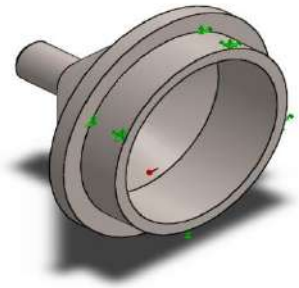
guide port moule f-SimulationXpress Study-Contraintes-Stress

Nom	Type	Min	Max
Displacement	URES: Déplacement résultant	0 mm Noeud: 89	0.0137158 mm Noeud: 782



guide port moule f-SimulationXpress Study-Déplacements-Displacement

4.3 Simulation de l'injecteur



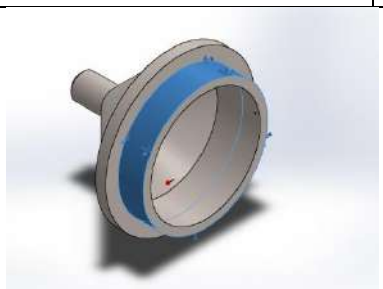
4.3.1 Information sur le modèle

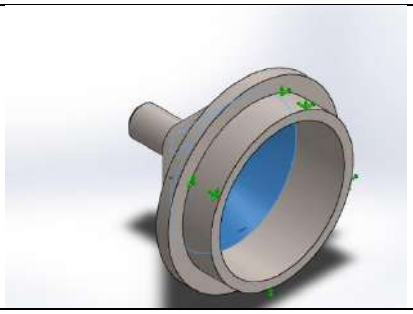
- Masse:0.131932 kg
- Volume:1.7134e-005 m^3
- Masse volumique:7700 kg/m^3
- Poids:1.29293 N

Properiet

- Acier allié
- T ype de modele : lineaire elastique isontropique
- Critere de ruine de von Mises
- Limite d'elasicite :620.422 N/mm^2
- limite de traction : 723.826N/mm^2

4.3.2Actions extérieures

Nom du déplacement imposé	Image du déplacement imposé	Détails du déplacement imposé
Fixe-1		**Entités:** **1 face(s)** **Type:** **Géométrie fixe**

Nom du chargement	Image du chargement	Détails du chargement
Pression-1		**Entités:** **1 face(s)** **Type:** **Normal à la face sélectionnée** **Valeur:** **60000** **Unités:** **N/m^2** **Angle de phase:** **0** **Unités:** **deg**

4.3.3Informations sur le maillage

Type de maillage	Maillage volumique
Mailleur utilisé:	Maillage standard
Transition automatique:	Désactivé(e)
Boucles automatiques de maillage:	Désactivé(e)
Points de Jacobien	4 Points
Taille d'élément	2.57896 mm
Tolérance	0.128948 mm
Qualité de maillage	Haute

4.3.4 Informations sur le maillage – Détails

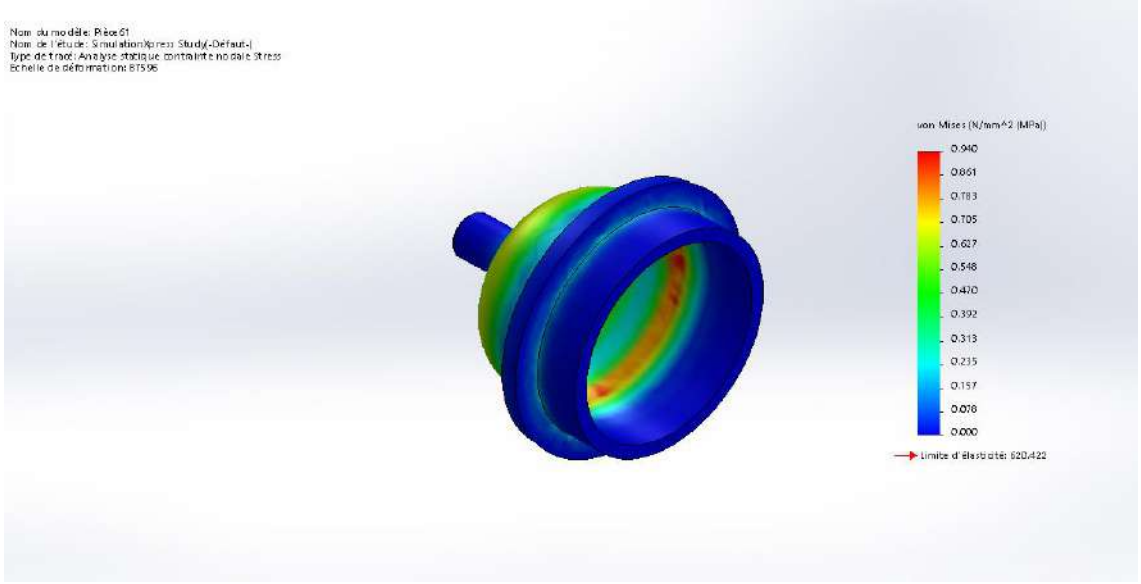
Nombre total de noeuds	15791
Nombre total d'éléments	8806
Aspect ratio maximum	6.3385
% d'éléments ayant un aspect ratio < 3	98.1
% d'éléments ayant un aspect ratio > 10	0
% d'éléments distordus (Jacobien)	0
Durée de création du maillage (hh;mm;ss):	00:00:02



+

4.3.5 Résultats de l'étude

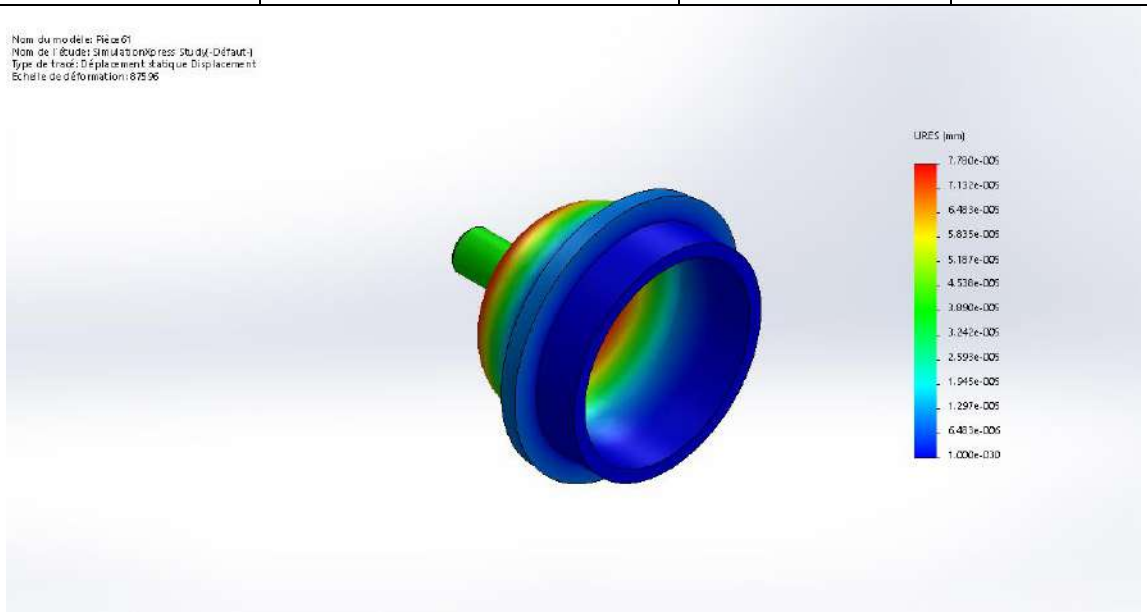
Nom	Type	Min	Max
Stress	VON: contrainte de von Mises	0.00017108 N/mm^2 (MPa) Noeud: 15787	0.939694 N/mm^2 (MPa) Noeud: 8871



Pièce61-SimulationXpress Study-Contraintes-Stress

+

Nom	Type	Min	Max
Displacement	URES: Déplacement résultant	0 mm Noeud: 582	7.78001e-005 mm Noeud: 7365



Pièce61-SimulationXpress Study-Déplacements-Displacement

5. Etudethermique

La chaleur peut être transférée par trois types**:** conduction, convection ou rayonnement.

■ **La conduction :** est le transfert de chaleur d'une partie d'un corps à une autre partie du même corps sans déplacement appréciable des particules de ce corps. La conduction caractérise également le transfert de chaleur d'un corps à un autre corps en contact physique avec le premier.

■ **La convection :** est le transfert de chaleur d'un point à un autre dans un fluide (gaz ou liquide) par déplacement des particules de ce fluide. La convection est naturelle si le mouvement du fluide résulte uniquement des différences de masse volumique causées par les différences de température. La convection est forcée si le mouvement du fluide est provoqué par des moyens mécaniques.

■ **Le rayonnement :** est le transfert de chaleur d'un corps à un autre, sans aucun contact entre eux, par le déplacement d'ondes dans l'espace.

Le rayonnement thermique concerne les longueurs d'ondes comprises entre 100 µm et 0,01 µm et va de l'infrarouge à l'ultraviolet en couvrant le visible.

Le rayonnement diélectrique concerne les fréquences hertziennes et les longueurs d'ondes comprises entre 100 m et 0,01 m.

Le chauffage par bombardement électronique concerne les longueurs d'ondes de 10-11 à 10-12 m

Tous les différents types de transfert de chaleur peuvent se produire simultanément et il est sage de considérer les transferts de chaleur par chacun des modes ci-dessus, dans tous les cas particuliers.

5.1Calcul de la puissance globale des colliers chauffants

D_1=0.03m *D_2=0.05m* *D3=0.06m*

- $\boldsymbol{\lambda_{(PP)}}$Conductivité thermique polypropylène
- $\boldsymbol{Q}$ la quantite de chaleur en *J*
- $\boldsymbol{C_p}$la chaleur massique en **J/C° kg**
- **M** la mass en Kg
- $\boldsymbol{\rho}$ la masse volumique
- P la puissance de collier chauffant

Conductivité thermique

$$\lambda_{(PP)} = 0.22\ W°C^{-1}m^{-1}$$

$$\lambda_{(acier)} = 50\ W°C^{-1}m^{-1}$$

$$h_{(acier)} = 25\ W°C^{-1}m^{-2}$$

$$Q = \rho V C_p \Delta T$$

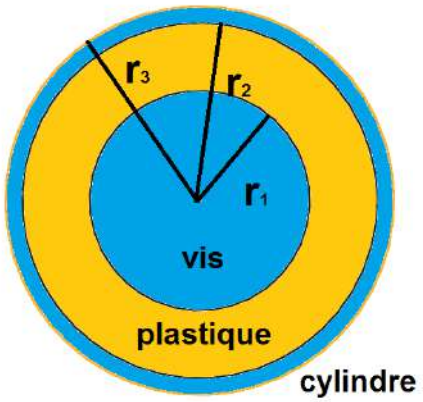
$$C_{p(PP)} = 1800\ JK^{-1}Kg^{-1}$$

$$C_{p(PP)} = 442\ JK^{-1}Kg^{-1}$$

$$\rho_{(PP)} = 946 Kg.m^{-3}$$

$$V_{pp\ max} = 120\ cm^3$$

$$T_f = 175\ C°T_i = 20\ C°$$



$$Q_{tube} = \rho_{acier} \frac{\pi}{4} L(D_3^2 - D_2^2) C_{p\ acier}\ \Delta T$$

$$Q_{pp} = \rho_{pp} V_{pp\ max} C_{p\ pp} \Delta T$$

$$V_{helice} = 4z^2 \sqrt{(\pi D_2)^2 + {D_2}^2} \qquad \text{z=10 mm}$$

$$Q_{vis} = \rho_{acier} \left(\frac{\pi}{4} L D_1^2 + 4z^2 \sqrt{(\pi D_1)^2 + {D_1}^2}\right) C_{p\ acier}\ \Delta T$$

$$Q_T = Q_{tube} + Q_{pp} + Q_{vis}$$

A.N

$$Q_{tube} = 7800\frac{\pi}{4}0.2(0.06^2 - 0.05^2)442(175 - 20)=92287 Joule$$

$$Q_{pp} = 946 * 12 * 10^{-4} * 1800(175 - 20) = 31672\ Joule$$

$$Q_{vis} = 7800\left(\frac{\pi}{4}0.2 * 0.03^2 + 4 * 0.01^2\sqrt{(\pi 0.03)^2 + 0.03^2}\right)442(175 - 20) = 157573\ Joule$$

$$Q_T = 92287 + 31672 + 157573 = 281532\ Joule$$

Pour le cycle de démarrage (la machine froide) en supposer que prendre de ***3minute***

La puissance

$$P = \frac{Q}{t} = \frac{281532}{3 * 60} = \mathbf{1564\ Watt}$$

Après la chauffer de (canaux + cylindre) a la température de fusion de thermoplastique

$$Q_T = Q_{tube} + Q_{pp} + Q_{vis}$$

En supposer que le système isoler thermiquement $\Delta T \approx 0 Q_{tube} + Q_{vis} \approx 0$

$$Q_T = Q_{pp} = 946 * 12 * 10^{-4} * 1800(175 - 20) = 31672\ Joule$$

$$t = \frac{Q}{P} = \frac{31672}{1564} = 21\ s$$

Donc :

La puissance minimal de collier chauffante est ***1.6 kW***

Le temps minimal de cycle est ***21 second***

$$R = \frac{U^2}{P} = \frac{(220)^2}{1564} = 31\ \Omega$$

6.Paramètres permettant de calculer et d'estimer les couts de fabrication et d'effectuer les premiers réglages

6.1Les températures du pot de plastification et la température de l'outillage

Ces T° doivent être déterminés d'après la documentation du fabricant matière Pour les premiers réglages ont choisira des T° moyennes.

6.2 Temps de refroidissement et de maintien :

Il est déterminé d'après des caractéristiques de la matière.Il dépend de la T° du moule de la T° de la matière sortie du pot de plastification, de la T° de démoulage, de la diffusion thermique de la matière et de l'épaisseur maximum de la pièce

6.3 Méthode de calcul en utilisant le graphique ci dessous:

Détermination des différents paramètres :

- A_{eff}= diffusion thermique en 10 -2 mm. s-1
- **T=** $\frac{T_m - T_w}{T_d - T_w}$coefficient de température

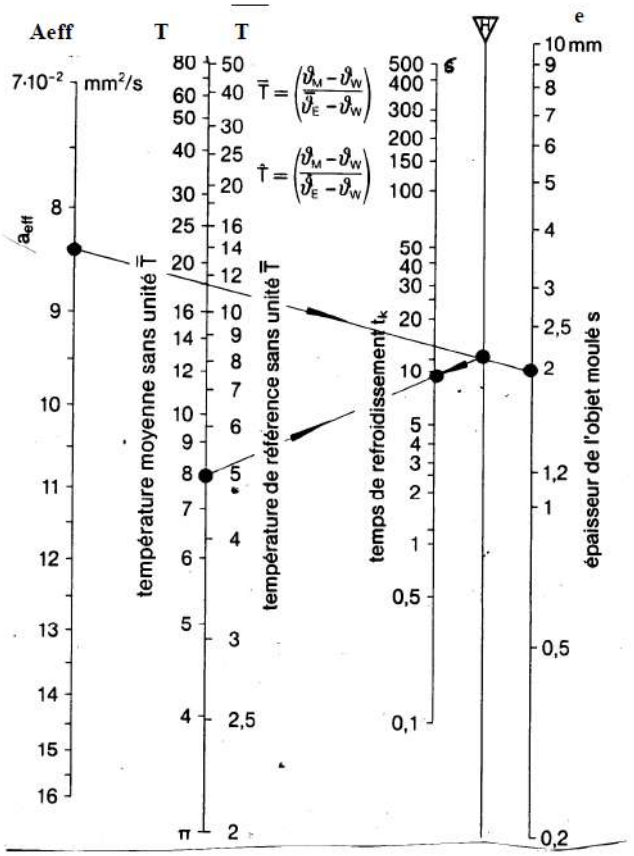
  $\overline{T}$ pour un refroidissement de toute l'épaisseur de la pièce (à coeur)

  T pour un refroidissement de la moitié de l'épaisseur (peau)

- $T°_m$ **=** $T°$ de la matière sortie du fourreau
- $T°_w$ **=** $T°$ moyenne du moule
- $T°_d$ = température minimale permettant une éjection sans déformation de la pièce T°vicat - 10°.
- e = épaisseur maximale de la pièce sollicitée lors de l'éjection en cm

$\overline{T}$ pour un refroidissement de toute l'épaisseur de la pièce (à coeur)

T pour un refroidissement de la moitié de l'épaisseur (peau)



6.4 Détermination de la diffusion thermique :

A_{eff}= diffusion thermique encm^2 . s^{-1}

ρ = masse volumique en g . cm^{-3}

λ= conductibilité thermique en cal.cm^{-1} . °C^{-1} . s^{-1}

Cp = Chaleur spécifique en cal . g^{-1} . °C^{-1} (1cal = 4.18 J)

$$A_{eff} = \frac{\lambda}{\rho . C_p} = \frac{220}{0.946 * 1800} = 12{,}9 \,.\, 10^{-2} mm/s$$

7.Calcul du temps de refroidissement pour obtenir une pièce dont toute l'épaisseur est en dessous de la T° d'éjection voulue:

Modèle de refroidissement d'une plaque d'épaisseur "e" et de surface indéfinie en supposant que la température du moule est constante et homogène lors du refroidissement

- ***Td*** **=** température minimale permettant une éjection sans déformation de la pièce T°vicat -10°ou T°HDT -10°

- ***Tm*** **=** ***T***°de la matière sortie du fourreau en C°

- ***Tw* = *T*°** moyenne du moule en C°
- e = épaisseur maximale de la pièce sollicitée lors de l'éjection en cm
-t = temps de refroidissement en s

$$t = \frac{e^2}{A_{eff} * \pi^2} * Ln\left[\frac{4}{\pi} * \frac{T_m - T_w}{T_d - T_w}\right]$$

A.N

$$t = \frac{1.5^2}{12{,}9\,.\,10^{-2} * \pi^2} * Ln\left[\frac{4}{\pi} * \frac{175 - 25}{40 - 25}\right]$$

$$t = 7.15\ s$$

7.1Détermination du temps de maintien ou phase d'injection quasi statique:

Modèle de refroidissement d'un cylindre de rayon r et de longueur infinie en supposant que la température du seuil est constante lors du refroidissement

- **Tm = T°** de la matière sortie du fourreau en C°
- **Te =** température de solidification de la matière en C °
- **Ts =** température du seuil d'injection en C°
- t maintien = temps de maintien en s
- r= rayon du seuil d'alimentation en cm
- t maintien = temps de solidification du seuil d'injection

$$t = \frac{r^2}{A_{eff}\,5.784} * Ln\left[1.599 * \frac{T_m - T_e}{T_s - T_e}\right]$$

A.N

$$t = \frac{5^2}{12{,}9\,.\,10^{-2}5.784} * Ln\left[1.599 * \frac{175 - 40}{150 - 40}\right]$$

$$t = 22.8\ s$$

8.Détermination de la vitesse maximum de rotation de la vis lors de la plastification:

La vitesse de rotation maximum est fournie dans les documentations matière elle est exprimée en vitesse tangentielle sur le diamètre extérieure de la vis:

$$\text{vitesse de rotation en tr /mn} = \frac{\text{vitesse tangentielle en m/s} * 60000}{\text{périmètre de la vis en mm}}$$

Vitesse tangentielle maximum pour éviter la dégradation de la matière (*d'après the dynisco injection Molder)*

Matière	ABS	PA6 PA66	PA11 PA12	PC	PE HD	PE bd	PMMA	POM	PS	SAN	PVC	PP
Vitesse tangentielle en m/s	0.6 0.65	0.3 0.5	0.3 0.5	0.3 0.5	0.75 0.8	0.7 0.75	0.35 0.4	0.5 0.6	0.7 0.8	0.55 0.65	0.15 0.2	0.75 0.8

9. Etude cinématique

Système de transmission de puissance (courroie / poulie)

- Le nombre de rotation de moteur électrique utiliser n=2800tr/min
- Le nombre de rotation de la vis d'injection n_{vis}= 300tr/min

Rapport de transmission

Courroie théoriquement homocinétique :

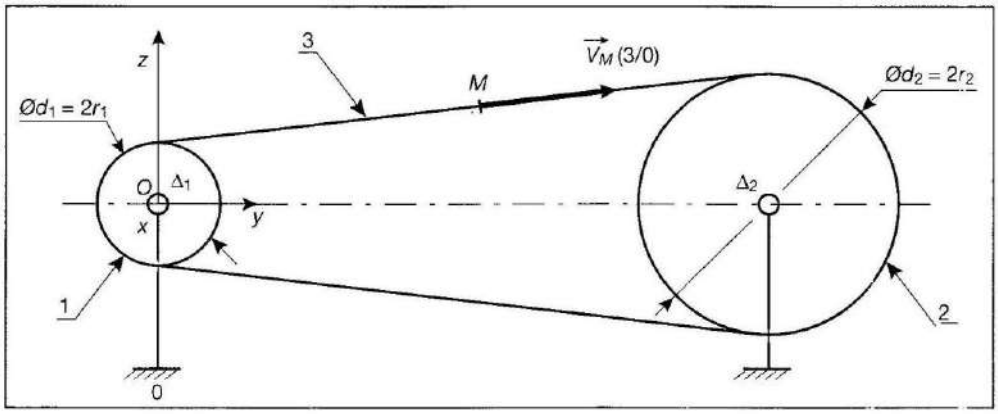


Figure 29 : *schéma dimensionnel de(la courroie / poulie)*

Le rapport k ou i de réduction est:

- $\boldsymbol{\omega_1}$la vitesse angulaire **rad/s**
- **K** rapport de réduction
- **d** diamètre de poulie en **mm**

$$k_{12} = \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

Caractère rampant de la courroie :

$k_{12} = (1 - g)\ \frac{\omega_1}{\omega_2}$

La courroie en surcharge s'allonge entre les points A et B il en résulte un glissement relatif

(courroie / poulie). Donc on a:

g: glissement fonctionnel constant égal à 2%

$k_{12}=(1-0.02)\frac{\omega_1}{\omega_2}=9.14$

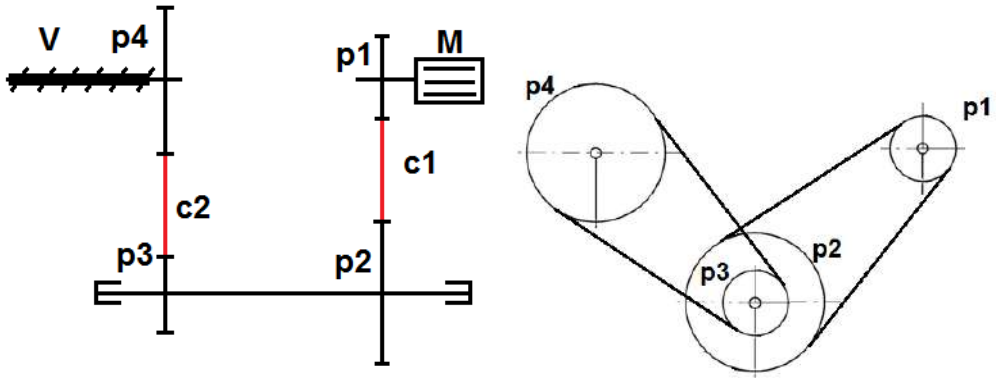


Figure 30 *Schema cinimatique (système de transmission)*

$k_{12}=\frac{d_2}{d_1}*\frac{d_4}{d_3}=9.14\,\frac{d_2}{d_1}=\frac{d_4}{d_3}=\sqrt{9.14}=3.02$

En suppose que d_1 =32 mm

Donc $d_2=d_1*3.02=97$ mm $d_1=d_3$ $d_2=d_4$

Calcule la longueur de corroi :

Courroie à brins non croisés

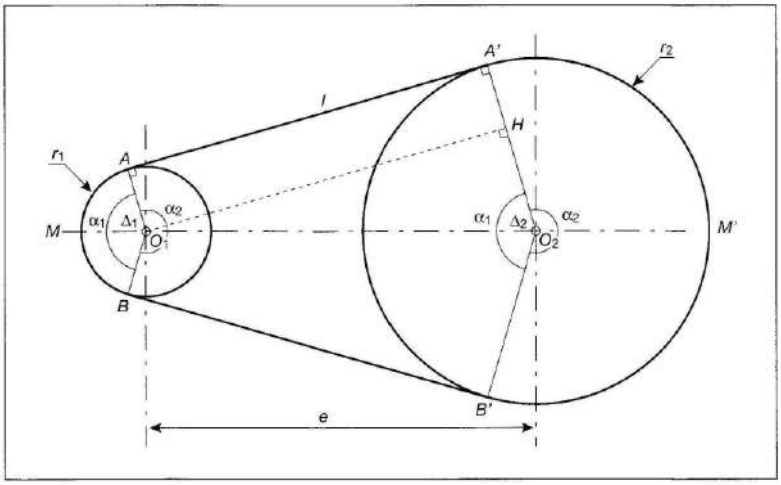


Figure 31 : *schéma dimensionnel de(la courroie / poulie)*

Soit : e : entraxe.

α1+ α2=2π par construction.

L : longueur de courroie.

$$L = 2\,e\,sin\frac{\alpha_1}{2} + r_1\alpha_1 + r_2(2\pi - \alpha_1)$$

$$cos\frac{\alpha_1}{2} = \frac{r_2 - r_1}{e} \text{ ou } \alpha_1 = 2arccos\left(\frac{r_2 - r_1}{e}\right)$$

L'entraxe e =220mm$cos\frac{\alpha_1}{2} = \frac{r_2 - r_1}{e} = \frac{97-32}{2*220}$ α_1 =163°=2.84 rad

L=645.78 mm $L_{normalisé}$ = 650mm

Vitesse linéaire de la courroie$V = \frac{D*n}{19100}$

$$V_1 = \frac{32 * 2800}{19100} = 4.7\ m/s$$

$$V_2 = \frac{96 * 300}{19100} = 1.5\ m/s$$

Bibliographie

[10]**David R. Lide**, *CRC Handbook of Chemistry and Physics, CRC Press Inc, 2009, 90e éd., Relié, 2804 p*

[11]**Jean-Louis Fanchon**, *Guide des sciences et technologies industrielles, Nathan/Afnor, 2011 (ISBN 978-2-09-161590-5 et 978-2-12-494183-4)*

[12]**SolidWorks® 2011** *Travaux pratiques SolidWorks Simulation*

[13]**A.CHEVALIER Chevalier** *guide du dessinateur industriel édition 1992 Hachette technique*

[14]**A.GIET.L ; L GEMINARD** *Resistance des matériaux collection «technologie et université* **»**

[15]***Tony Whelan (Author), John Goff (Author**) The Dynisco Injection Molders Handbook Paperback – 1991*

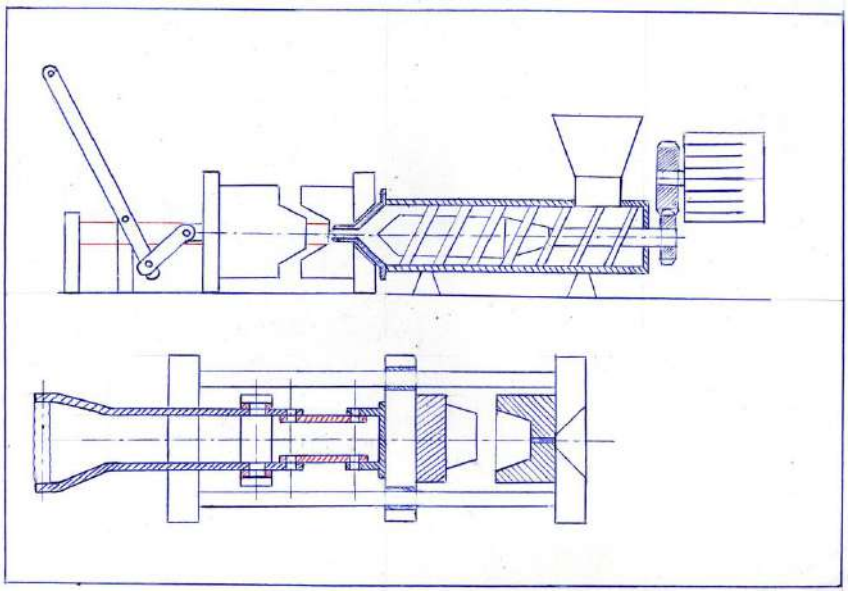
Chapitre IV

Réalisation et dossier Technique

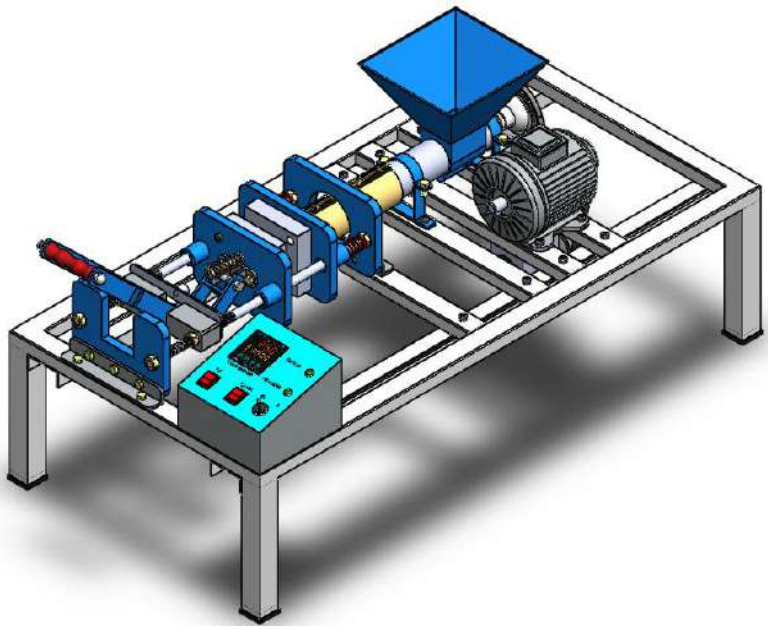
1. Introduction

Dans se chapitre nous présenter la réalisation et les dessins technique de la mini machine d'injection plastique

2.Schéma principale de la machine



3. vue en 3D (solid works 2014)



4.Assemblage final de la machine réalisée



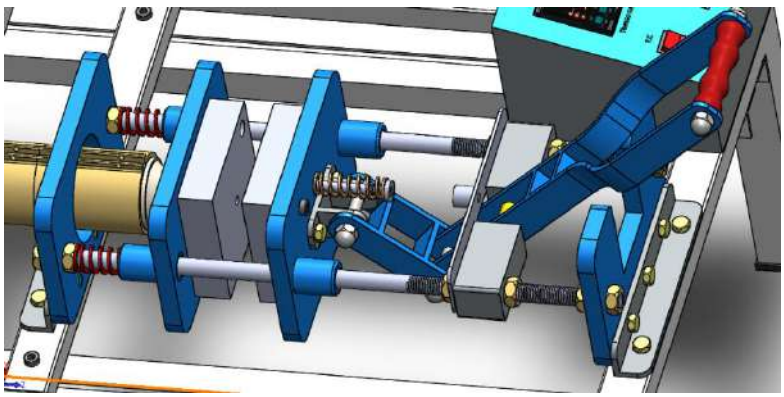
5.L'unité de verrouillage mécanique manuel

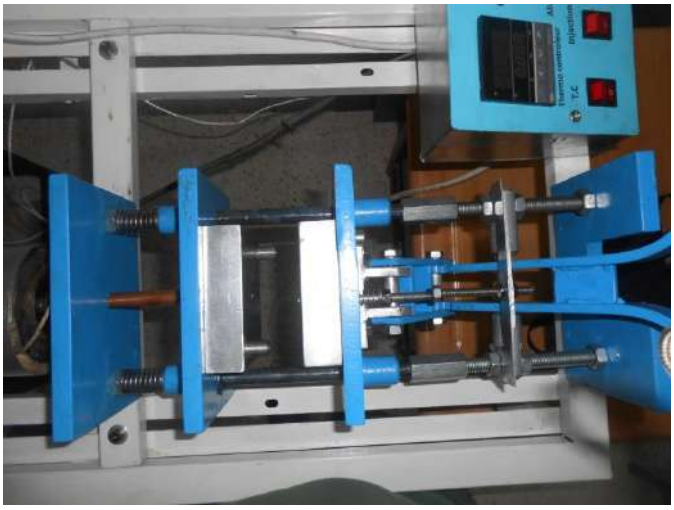
Ce dispositif de manœuvre des plateaux porte moule doit assurer l'ouverture, la fermeture et le verrouillage du moule avec une force suffisante pour s'opposer à l'ouverture du moule pendant l'injection.

Le verrouillage du moule est fourni par la mise en traction des colonnes de la machine, au moment où le moule est verrouillé

Les fonctions principales de l'unité de fermeture sont :

- ✓ Fermeture
- ✓ Verrouillage
- ✓ Déverrouillage
- ✓ Ouverture
- ✓ Ejection





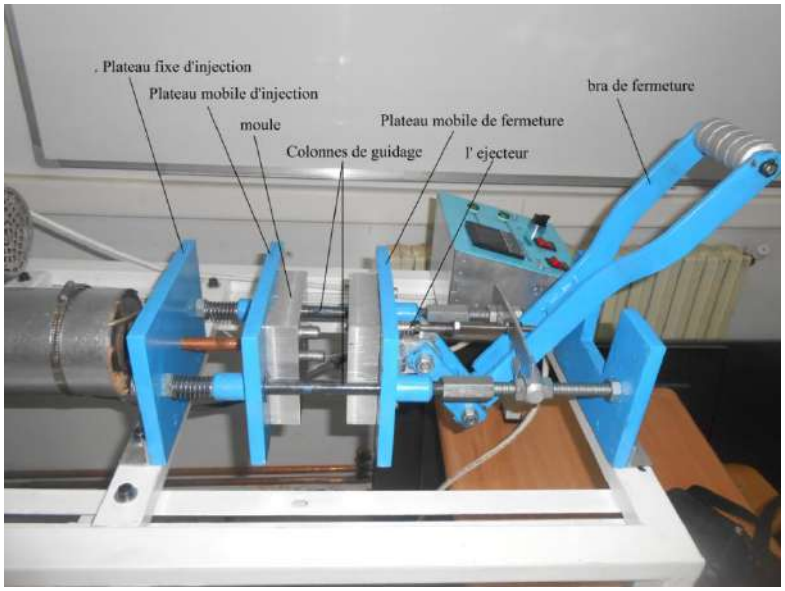
6.Fonctions de l'unité de fermeture :

Les fonctions assurées par l'unité de fermeture sont :

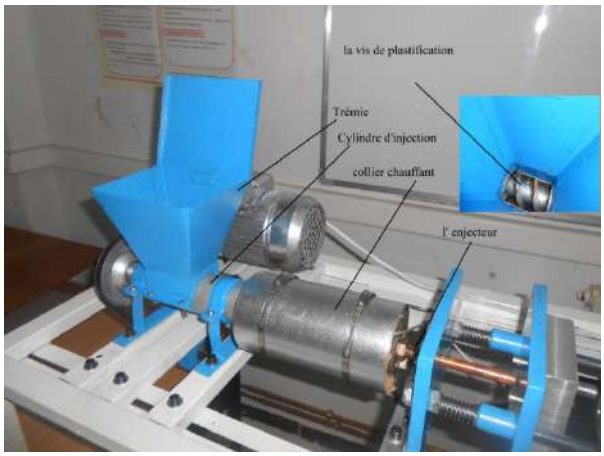
- Le centrage du moule par diamètre de centrage du plateau fixe de la presse
- Le guidage du plateau mobile et du sommier par l'intermédiaire des colonnes de guidage
- La fermeture et l'ouverture du moule par le bras d'approche en basse pression

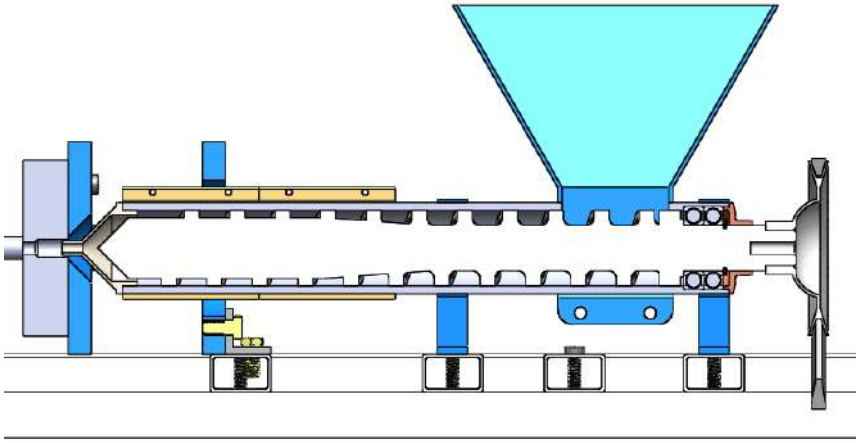
avec des vitesses lentes ou rapides

- La sécurité moule ou outillage
- Le verrouillage et déverrouillage du moule par le bras de verrouillage en haute pression avec une vitesse lente



7.L'unité de plastification





L'unité d'injection assure les tâches suivantes :

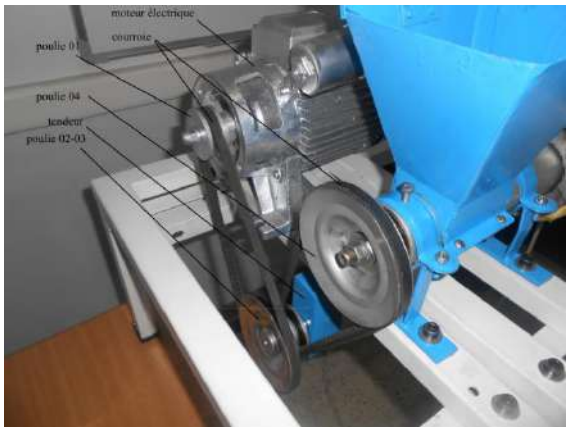
- Recevoir la matière première
- Plastifier d'une manière homogène une quantité de matière solide
- Etablir le contact entre l'outillage et l'unité d'injection
- Injecter la matière plastifiée dans l'outillage dans des conditions prédéfinies

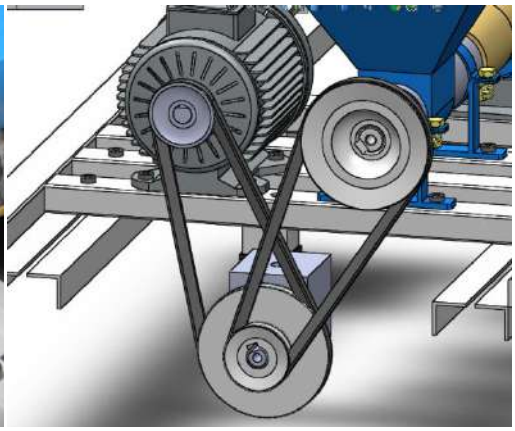
L'unité d'injection à pour but, d'amener un matériau, sous forme de granulés ou de poudre à température ambiante, à un mélange pâteux et homogène à la température de transformation et transporter une certaine quantité de matière devant la vis d'injection.

8.Système de transmission de puissance

Les fonctions assurées par ce Système de transmission de puissance sont :

- Transmission de la puissance de moteur électrique vers la vis d'injection
- Réduction de la vitesse
- Augmentation de couple jusqu' a un couple nécessaire pour l'obtention la pression parfait





9.Boite de commande

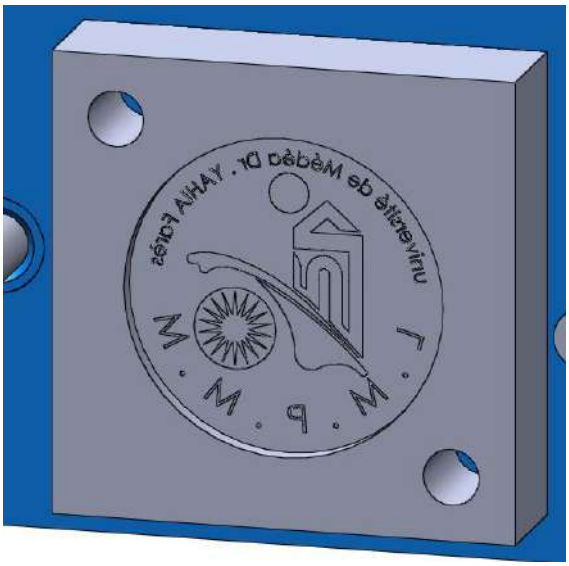
Les fonctions assurées par ce Système de transmission de puissance sont :

- L'alimentation de la machine
- Contrôler la température de l'unité de plastification par un thermo contrôleur
- Lancement de l'injection



10.Le moule





Le moule contient la forme de l'objet que l'on désire obtenir par exemple le loge de l'université de Médéa et un écriture (université de Médéa Dr YAHIA Farés L.M.P.M.M) , elle est composée d'un assemblage de pièces, d`une empreinte qui forme la partie femelle du moule et d`un noyau dans lequel la matière à mouler prend sa forme. Elle possède une force de fermeture importante qui nécessite donc l'utilisation d'un genouillère parfait
Le moule est constitué aussi d'un éjecteur qui permet d'arracher la pièce refroidie après l'ouverture du module. De plus une porte de protection est montée face au moule pour mettre l'opérateur à l'égard d'un éventuel danger.

Conclusion générale

Conclusion générale

Dans ce travail, nous nous sommes intéressés à la réalisation d'une mini-machine d'injection plastique.

L'étude, la conception et la simulation sont faites à l'aide du logiciel « SolidWorks ».

Nous avons tout d'abord commencé par la présentation générale de la structure de la machine d'injection plastique classique et prenons une notion sur les defaults de moulage, nous devons faire plusieurs changements. Principalement, le montage et l'assemblage mécanique..

Après l'étude théorique et la réalisation de cette machine ; on peut dire que ce projet nous permet d'élargir concrètement notre horizon de connaissance dans le domaine de la fabrication mécanique et la conception.

L'unité de fermeture fonctionner correctement et parfait même l'unité de transmission de mouvement mais dans l'unité de plastification ou bien d'injection il y un problème sur la fabrication de la vis d'injection et le choix de la matière de ce dernier, il faut améliorer l'état de surface de cylindre d'injection.

Pour améliorer la production et le temps de cycle il faut ajouter un système de commande numérique.

Référence bibliographique

[1] **Agassant J.-F., Avenas P., Sergent J.-P., Vergnes B., Vincent M**., *La Mise en Forme des Matières Plastiques, Approche Thermomécanique*, Lavoisier, 1996

[2] **Dobraczinsky A., Piperaud M., Trotignon J.-P., Verdu J**., *Précis de matières plastiques*, AFNOR-Nathan, 2006

[3] **Gastrow H.,** *Injection Mold : 130 Proven Designs*, 3e éd., Carl Hanser Verlag, Munich, 2002

[4] **Munch T**., *Du Process à la pièce : l'injection des Plastiques*, VTP Éd., 2006

[5] **Pichon J**.-F., *Aide-mémoire d'injection des matières plastiques*, Dunod, 2005

[6] **Michel CHATAIN., Alexandre DOBRACZYNSKI** *Technique de l'ingénieur : Injection des thermoplastiques*

[7**] Vincent R.Gingery , 2007** , *injection molding machine* , http://www.gingerybooks.com

[8] **Michel CHATAIN., Alexandre DOBRACZYNSKI** *Technique de l'ingénieur : Injection des thermoplastiques*

[9] **Dobraczinsky A., Piperaud M., Trotignon J.-P., Verdu J**., *Précis de matières plastiques*, AFNOR-Nathan, 2006

[10**]David R. Lide**, *CRC Handbook of Chemistry and Physics, CRC Press Inc, 2009, 90e éd., Relié, 2804 p*

[11**]Jean-Louis Fanchon**, *Guide des sciences et technologies industrielles, Nathan/Afnor, 2011 (ISBN 978-2-09-161590-5 et 978-2-12-494183-4)*

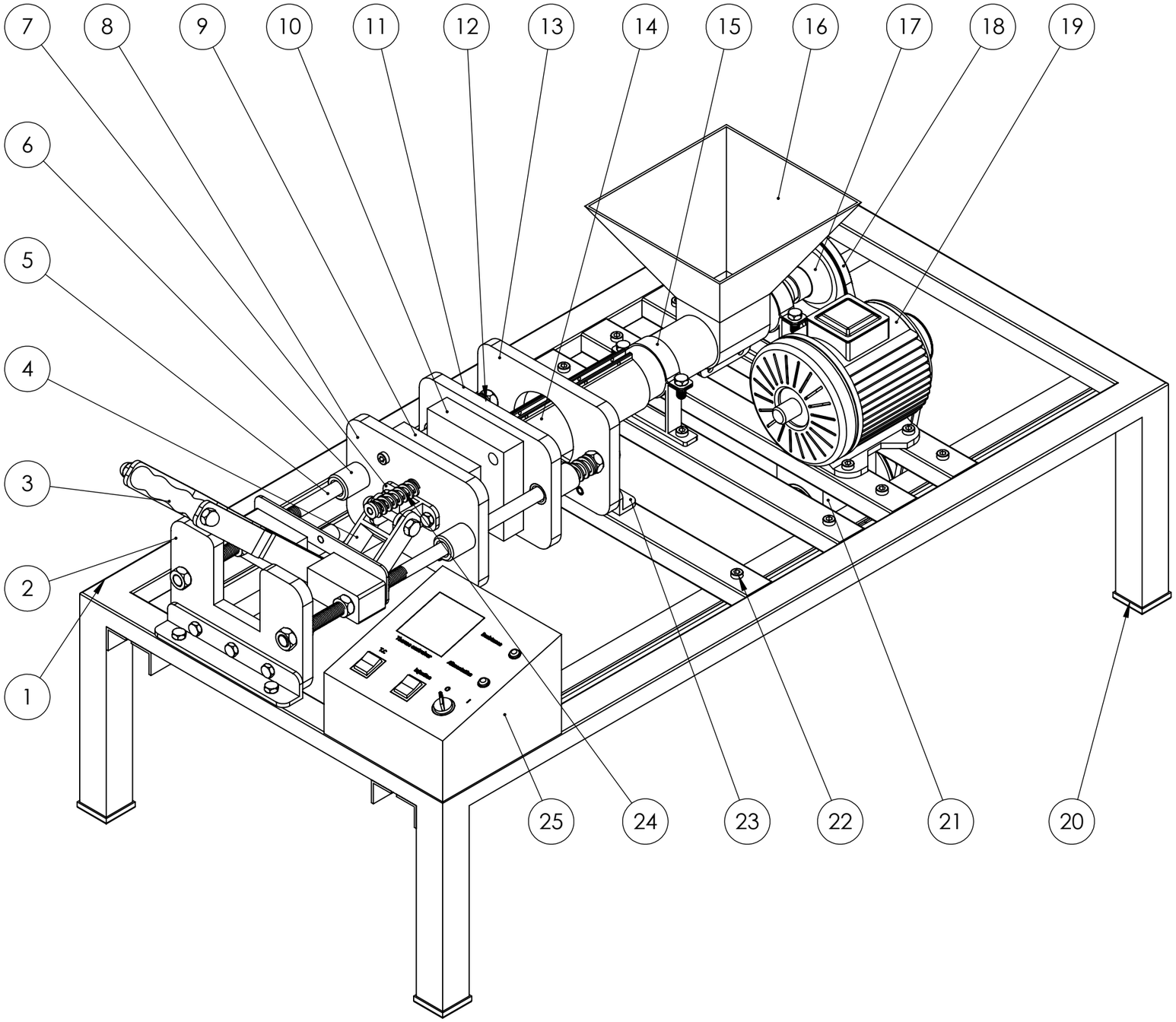
[12**]SolidWorks® 2011** *Travaux pratiques SolidWorks Simulation*

[13**]A.CHEVALIER Chevalier** *guide du dessinateur industriel édition 1992 Hachette technique*

[14**]A.GIET.L ; L GEMINARD** *Resistance des matériaux collection «technologie et université* **»**

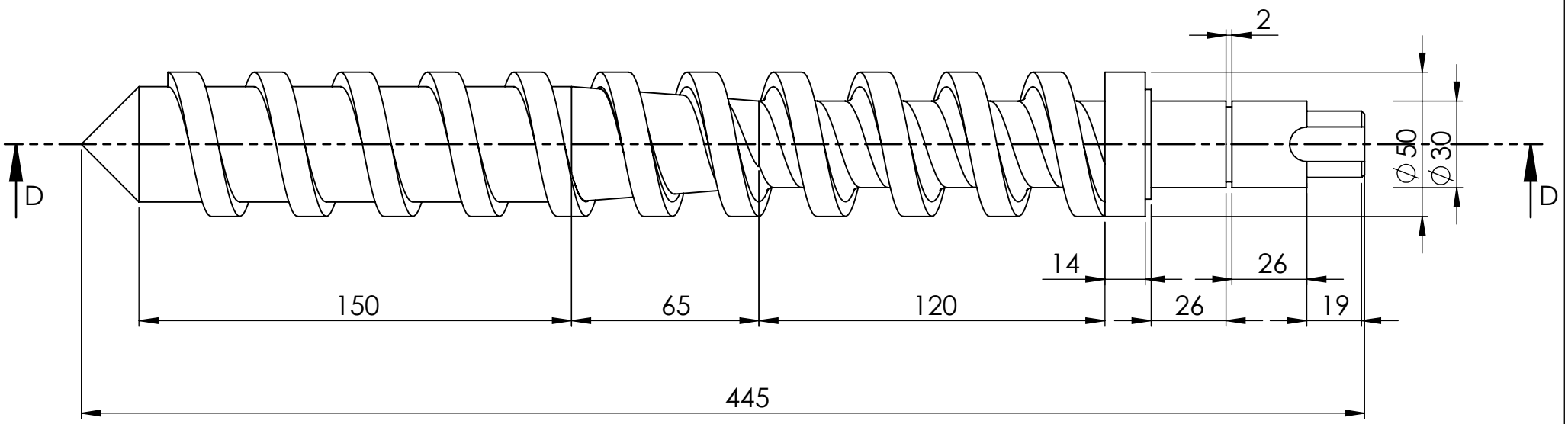
[15**]*Tony Whelan (Author), John Goff (Author)** *The Dynisco Injection Molders Handbook Paperback – 1991*

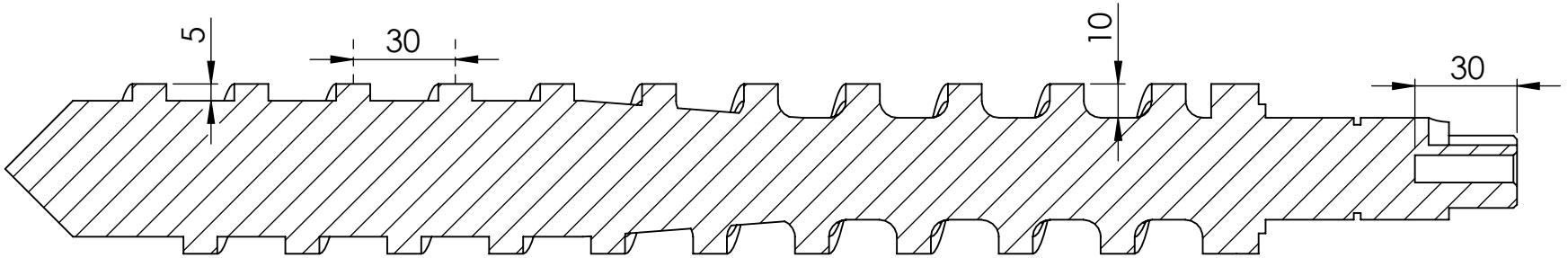
Dossier technique



25	1	boite commande	
24	1	ejecteur	
23	2	console	L 30 e 4
22	32	vis six pans	
21	1	tendeur de courroie	
20	4	joint plastique	
19	1	moteur electrique	
18	2	courroie	
17	4	poulie courroie	
16	1	trémie	Tole e 3mm
15	2	support cylindre	plat 25*4
14	2	collier chauffant	
13	1	plateau fixe arriere	FGL
12	2	Ressort	
11	1	plateau d'injection	FGL
10	1	moule fixe	Aluminium
9	1	moule mobile	Aluminium
8	1	plateau mobile	FGL
7	1	Genouillère fixe	plat 30*5
6	4	bague de guidage	bronze
5	2	Colonnes de guidage	
4	1	Genouillère mobile	plat 30*5
3	1	bras de fermetur	plat 30*5
2	1	plateau fixe avant	FGL
1	1	la table de la machine	tube25*40
REF	NB	DESIGNATION	MATIERE

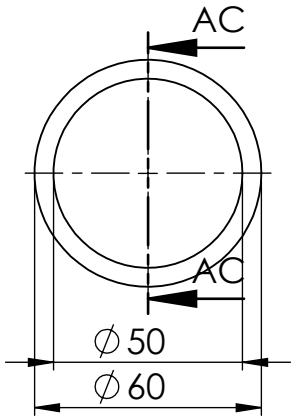
Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	**machine d'injection plastique**	**Echelle 1:5**
		N°01
22 FEV 2015	**MENACER . MOUSSI**	**2014/2015**

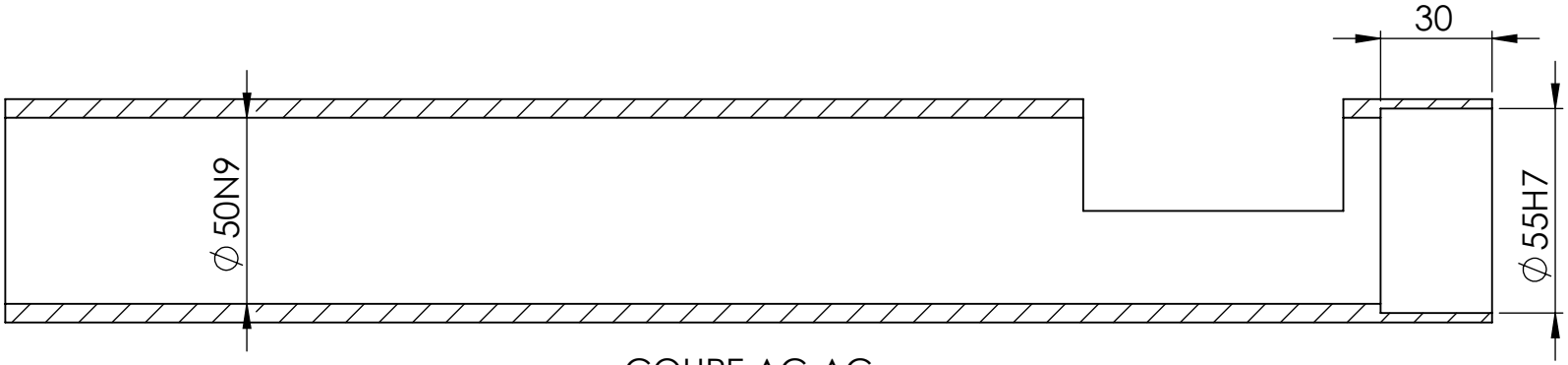




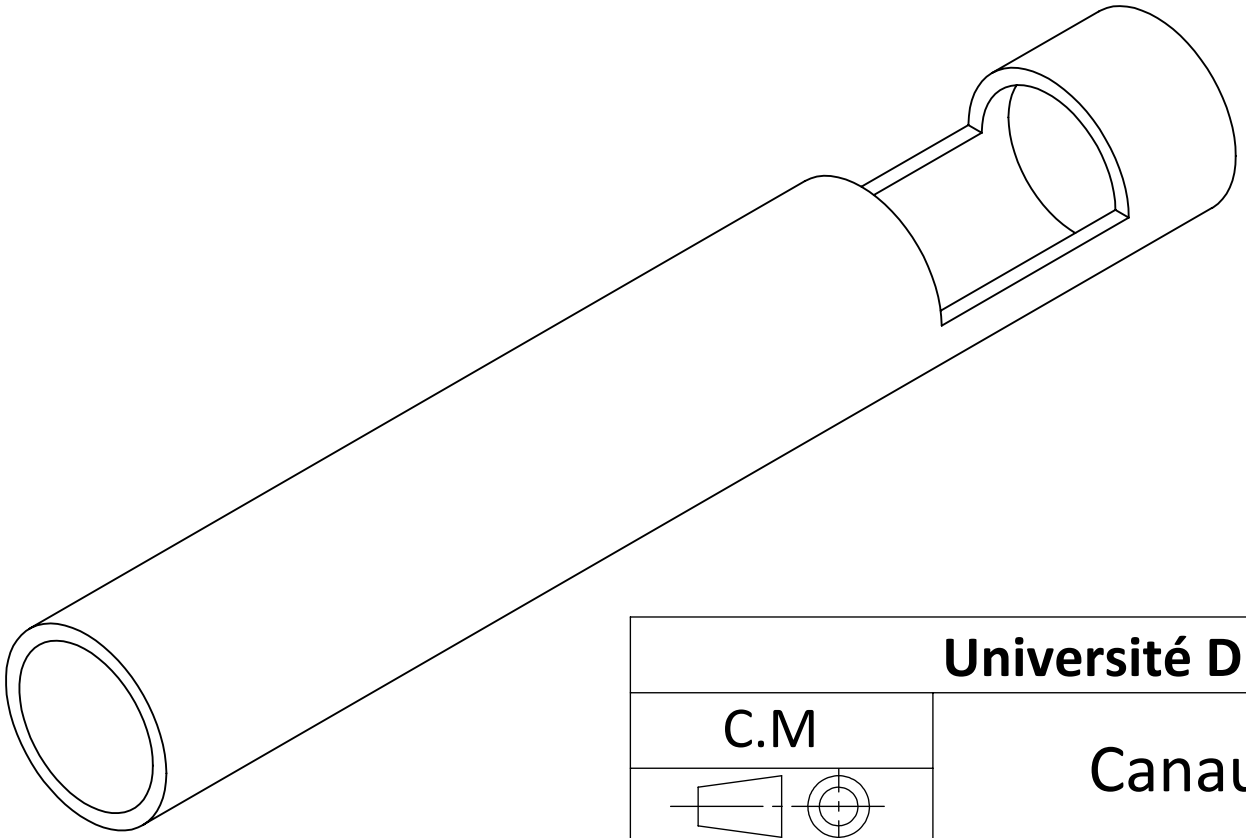
COUPE D-D
ECHELLE 1 : 2

Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	vise d'injection	**Echelle 1: 2**
		N°02
22 FEV 2015	**MENACER . MOUSSI**	**16 Ni Cr Mo-13**

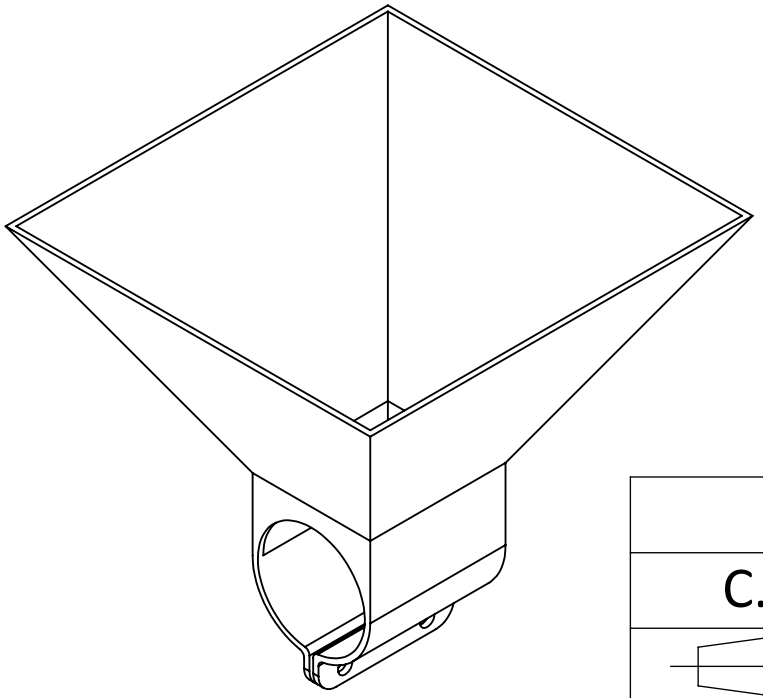


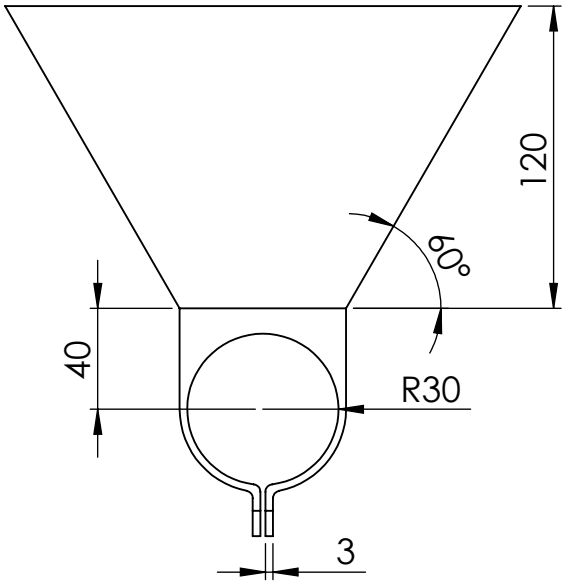


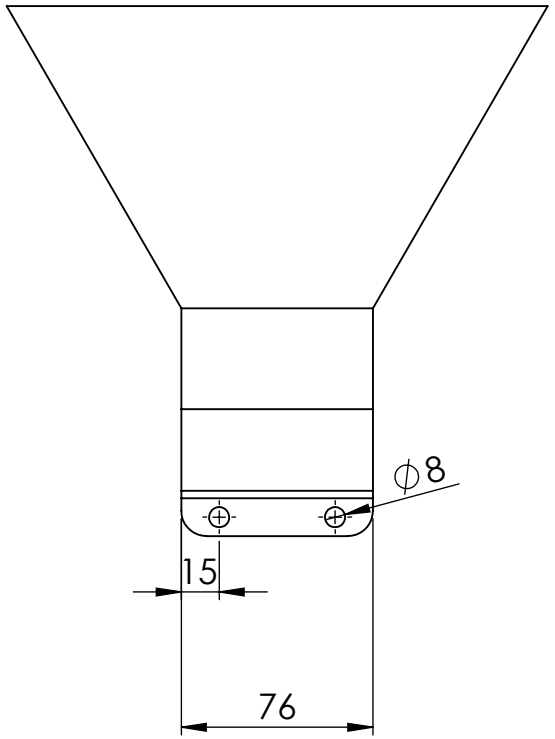
COUPE AC-AC



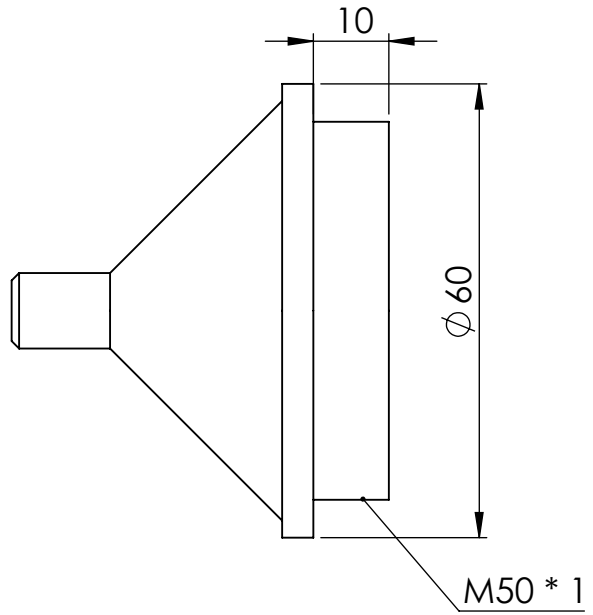
Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	Canaux cylindrique	Echelle 1:2
		N°03
22 FEV 2015	**MENACER . MOUSSI**	16 Ni Cr Mo-13

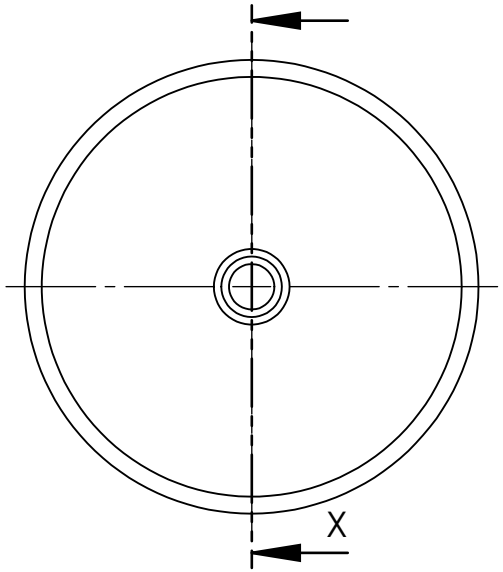


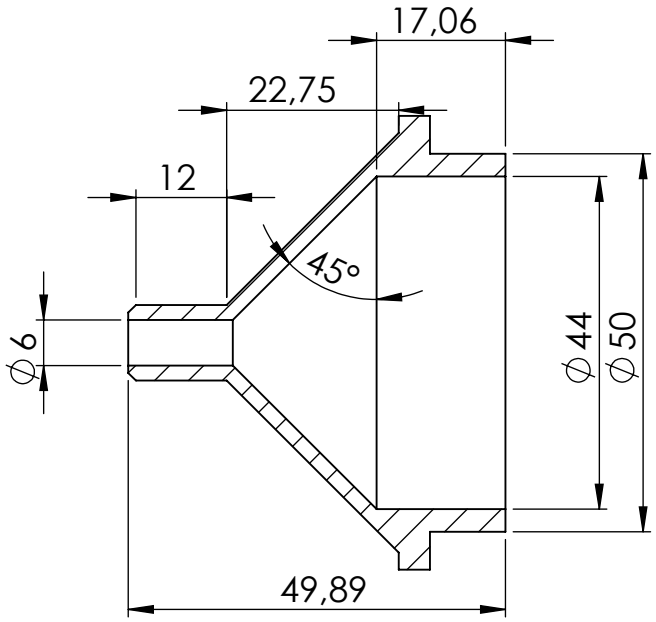




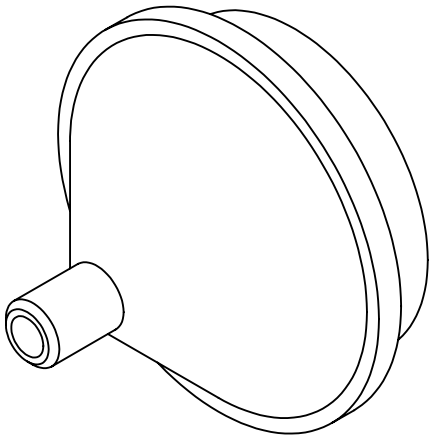
Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	Trémie	Echelle 1:2
		N°04
22 FEV 2015	MENACER . MOUSSI	tole ep 3 S 235



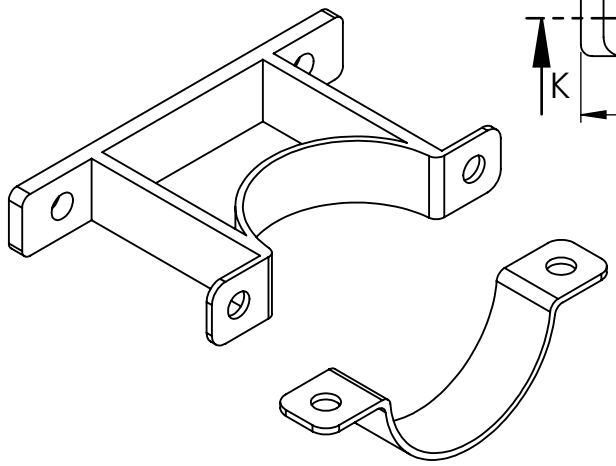


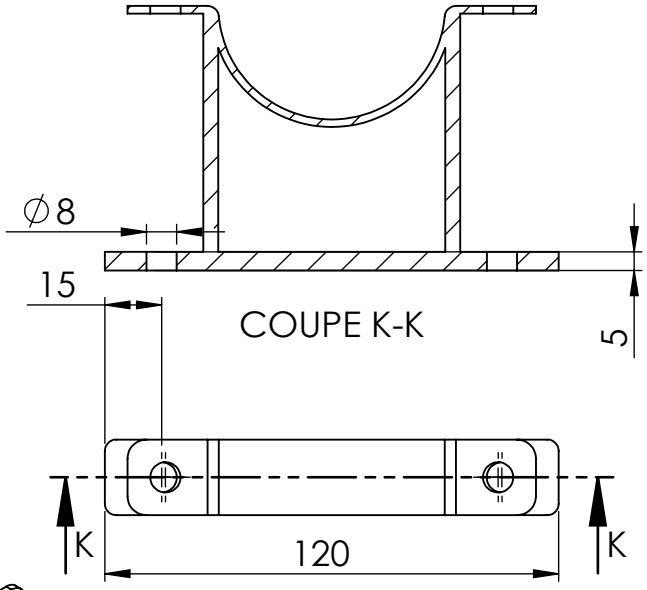


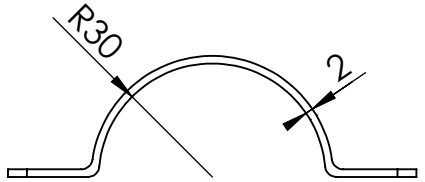
COUPE X-X
ECHELLE 1 : 1

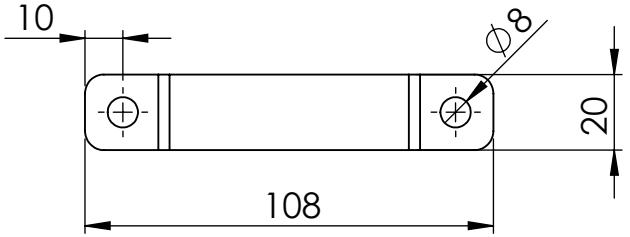


Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	l'injecteur	Echelle 1:1
		N°05
22 FEV 2015	MENACER . MOUSSI	16 Ni Cr Mo-13

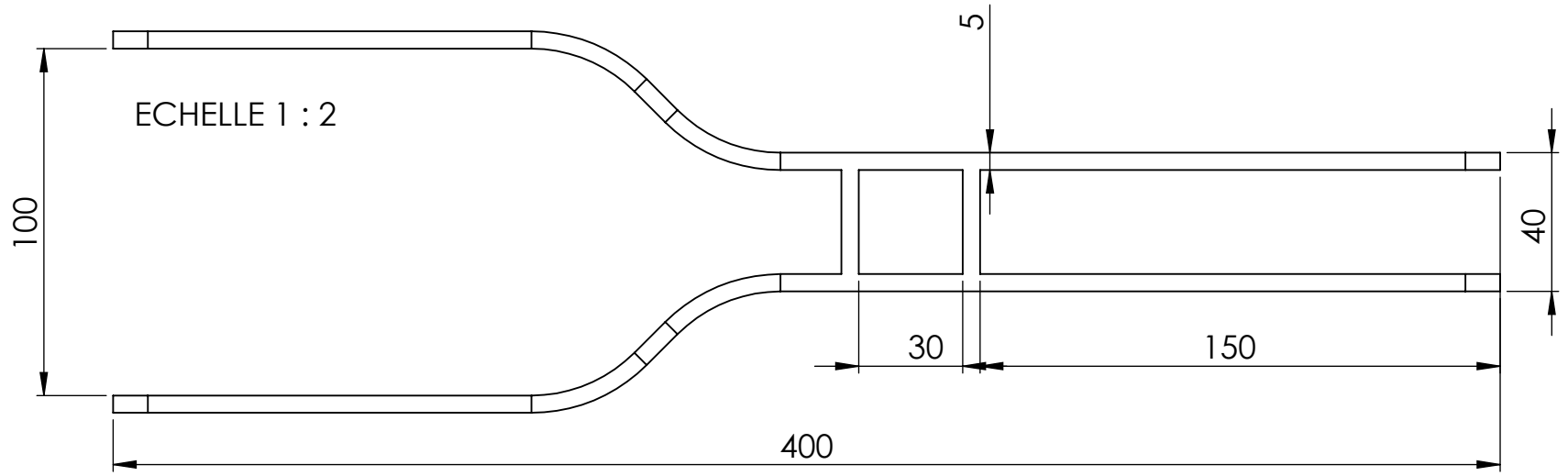


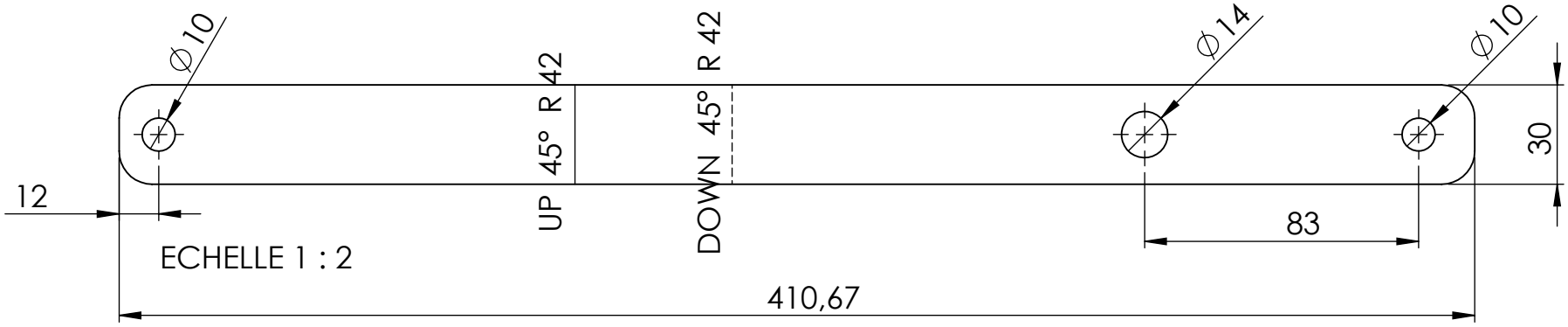


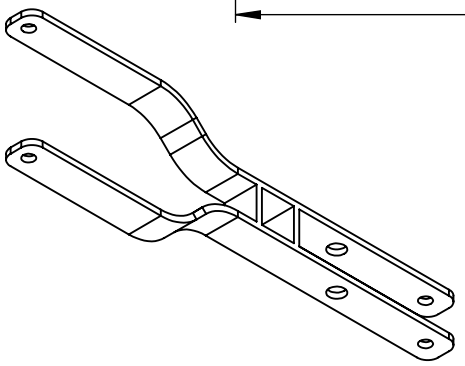




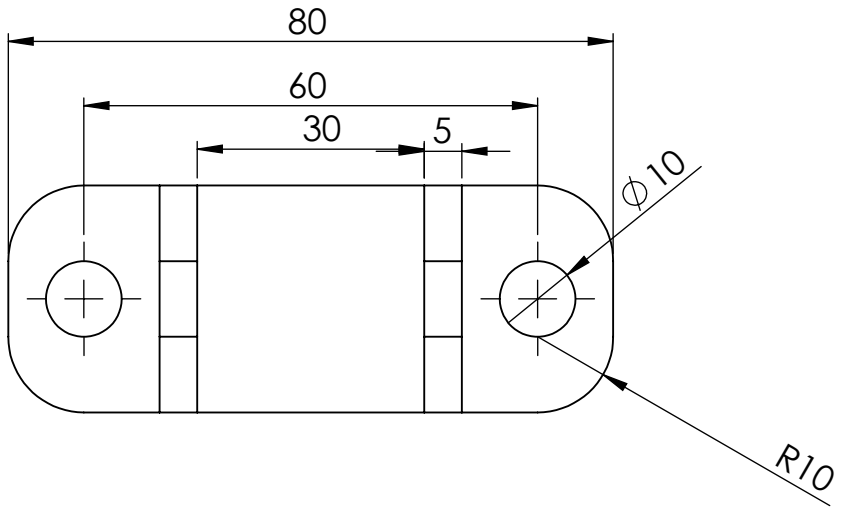
Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	Support Canaux	Echelle 1:2
		N°06
22 FEV 2015	MENACER . MOUSSI	plat 20* 4

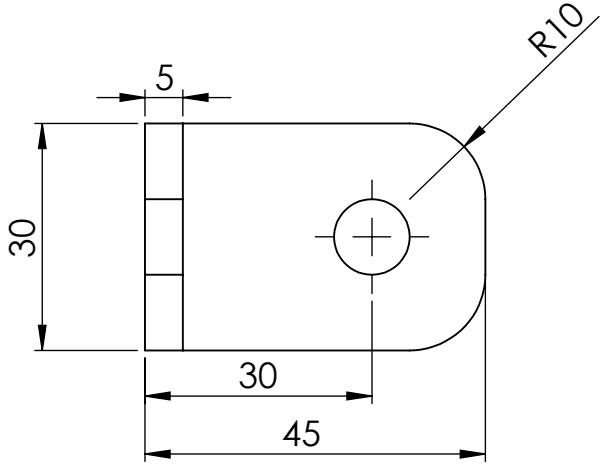


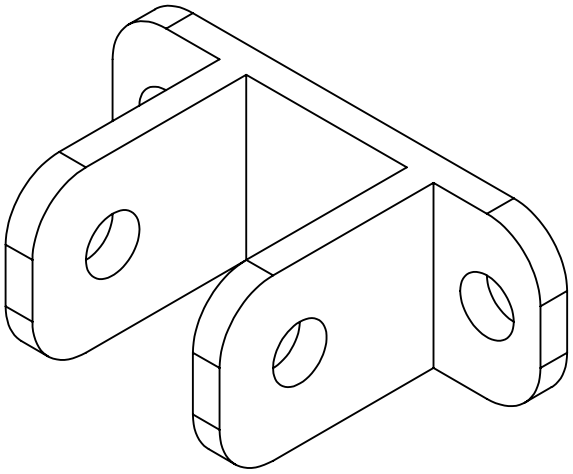




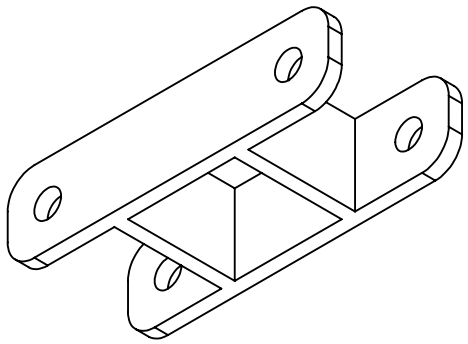
Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	Bras de fermeture	Echelle 1:2
		N°07
22 FEV 2015	MENACER . MOUSSI	plat 30*5 S235

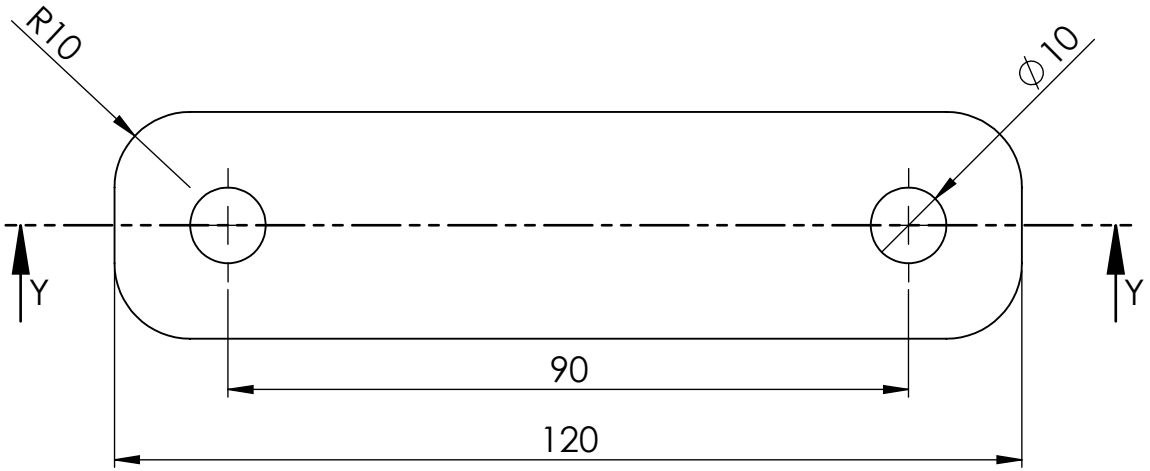


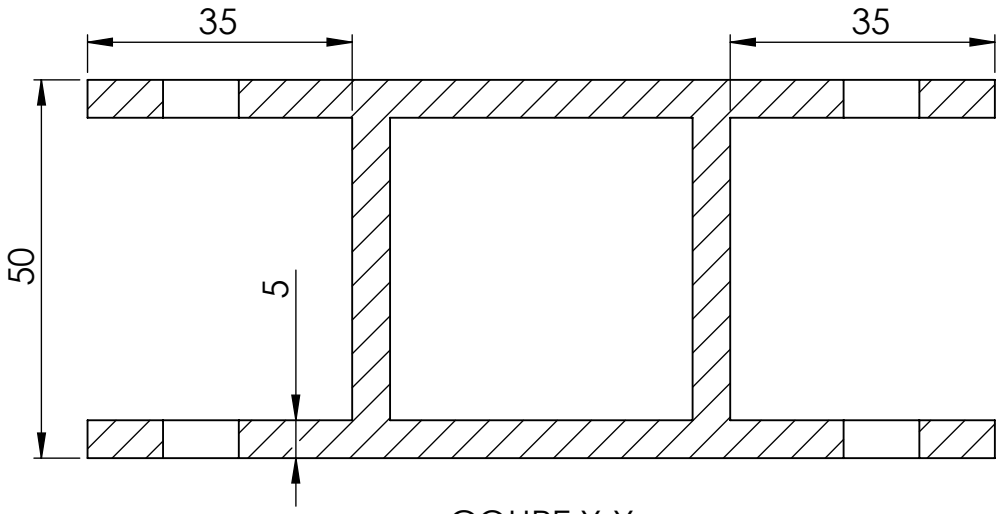




Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	Genouillère fixe	Echelle 1:1
		N°08
22 FEV 2015	**MENACER . MOUSSI**	plat 30*5 S235

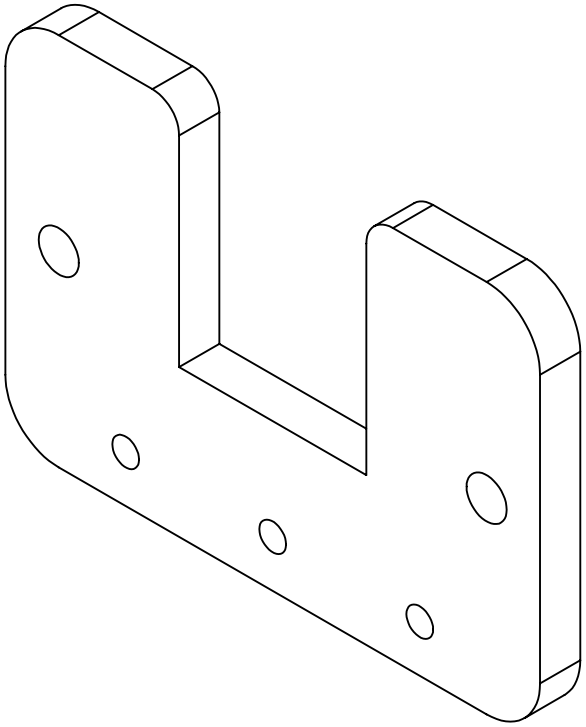


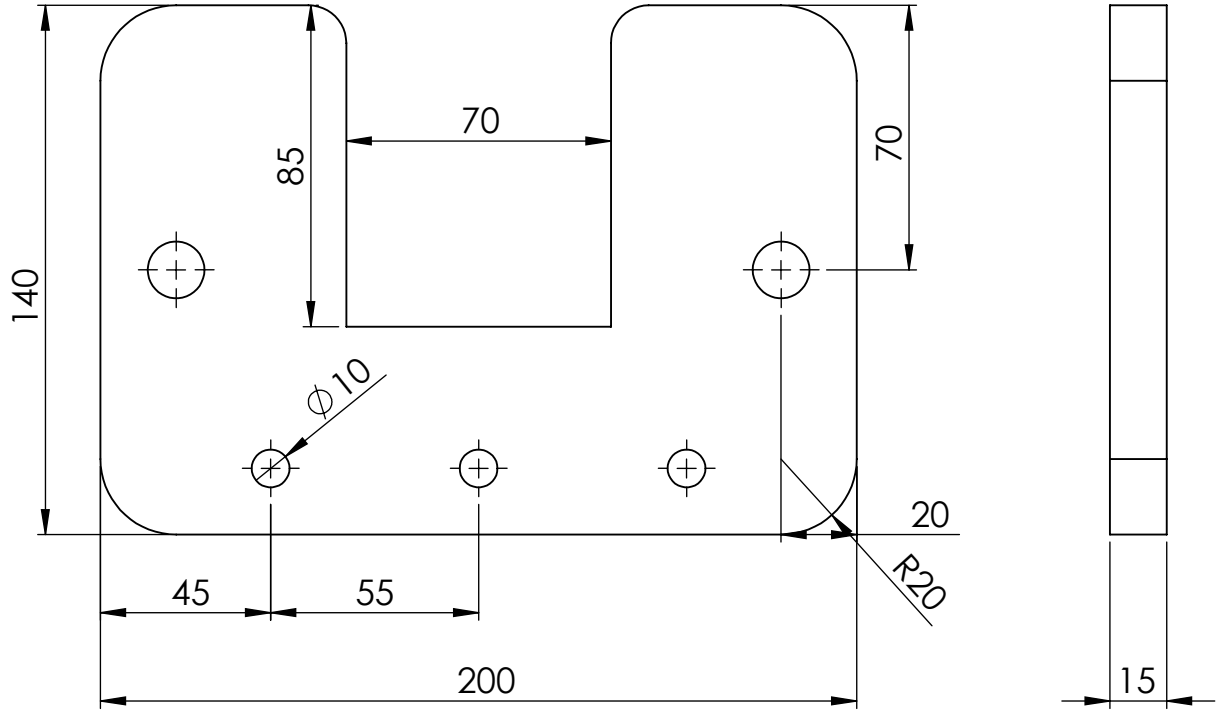




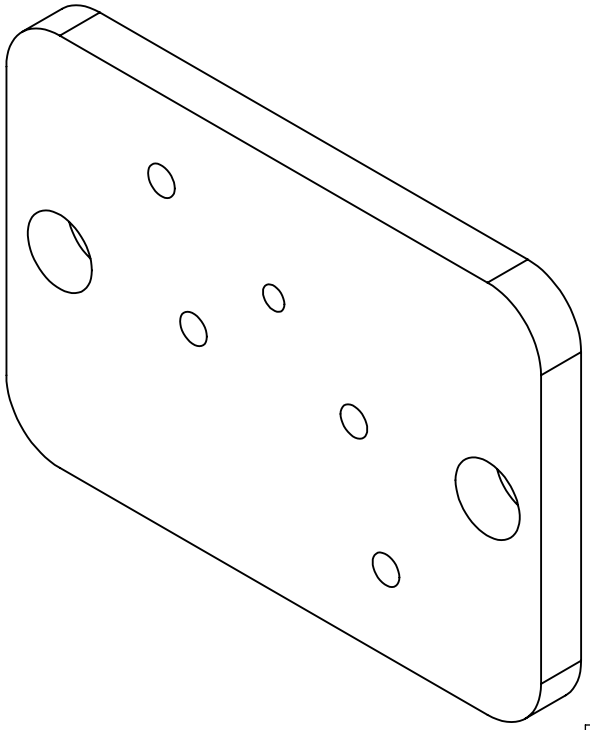
COUPE Y-Y

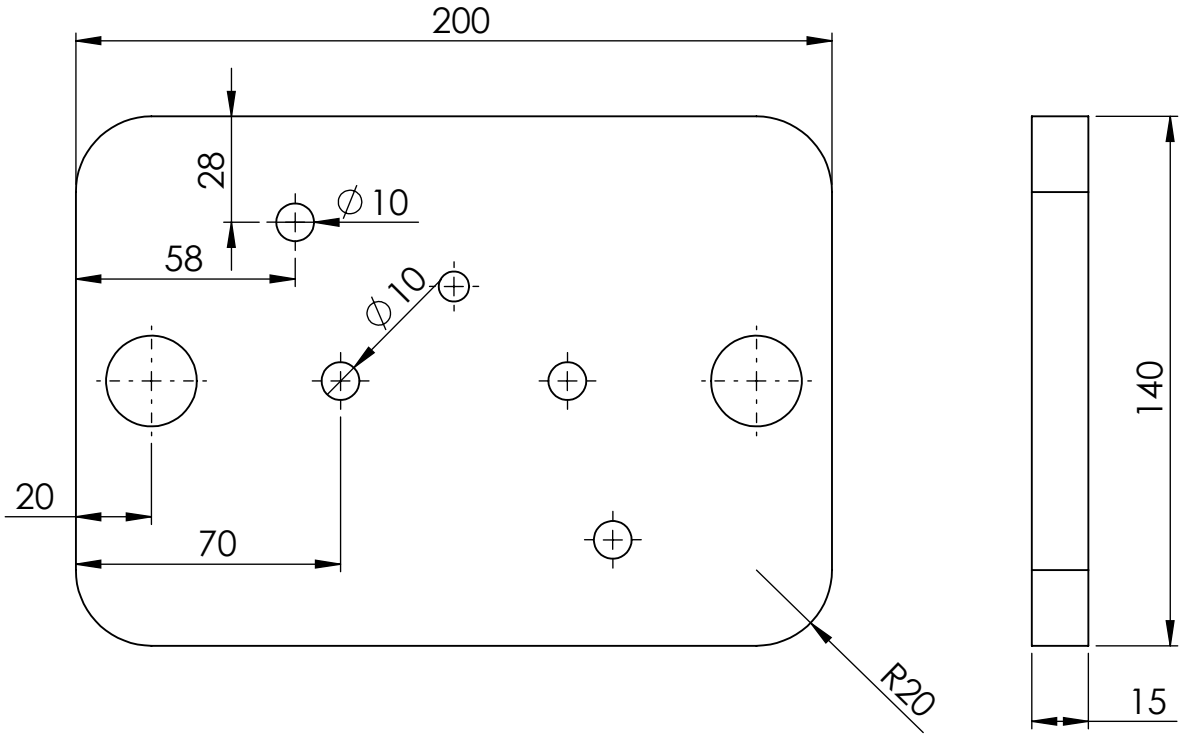
Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	Genouillère mobile	Echelle 1:1
		N°09
22 FEV 2015	**MENACER . MOUSSI**	plat 30*5 S235



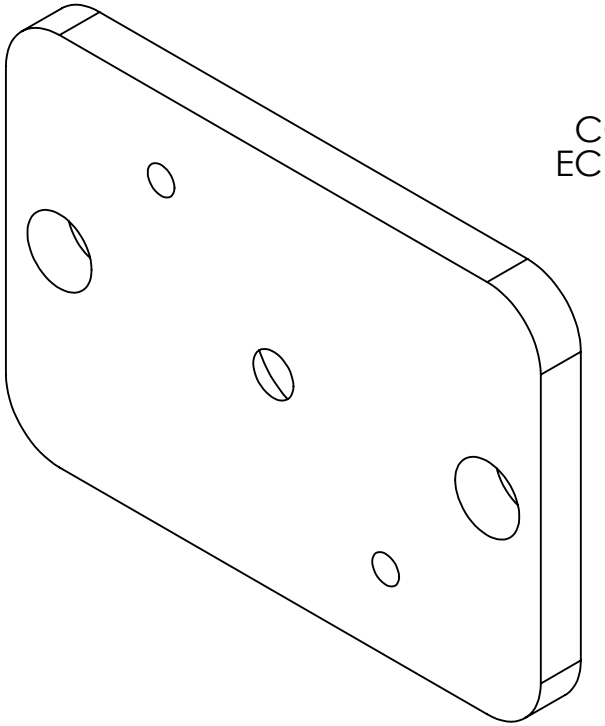


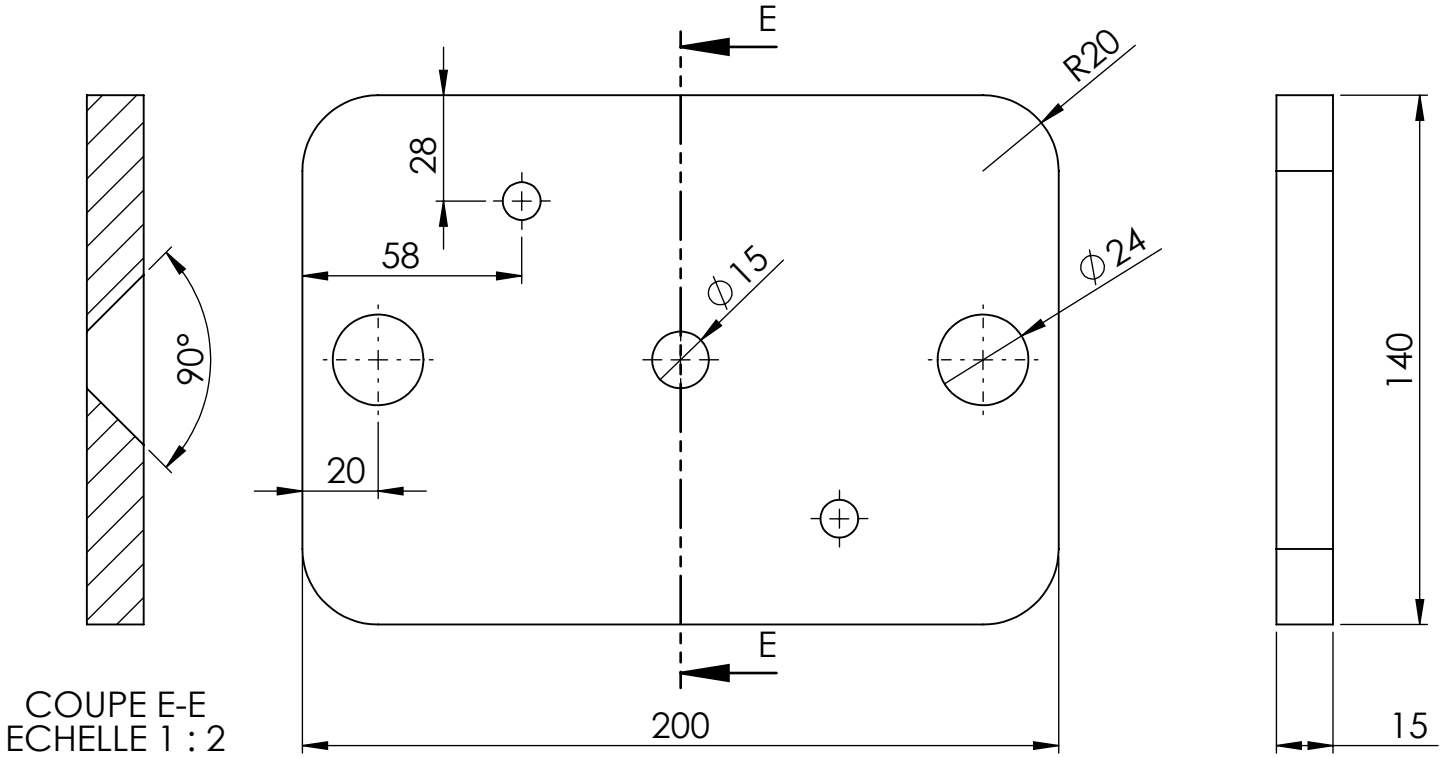
Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	Plateau arrière fixe	Echelle 1:2
		N°10
22 FEV 2015	MENACER . MOUSSI	FGL 200





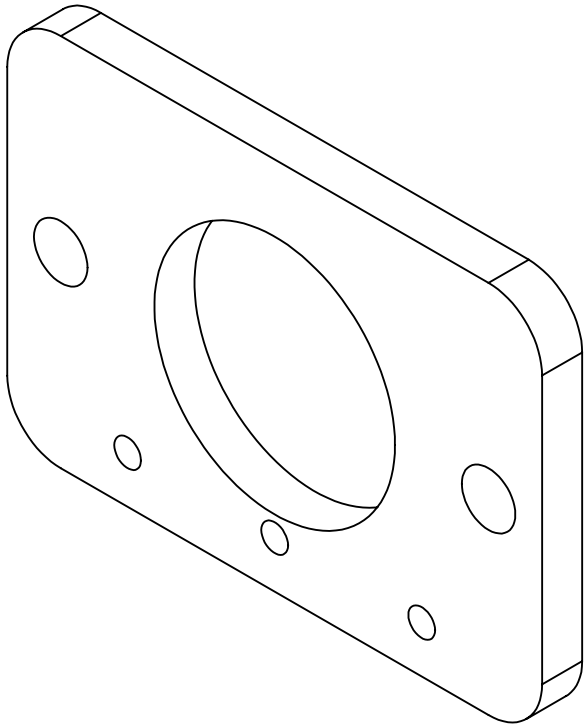
Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	Plateau mobile de fermeture	Echelle 1:2
		N°11
22 FEV 2015	MENACER . MOUSSI	FGL 200

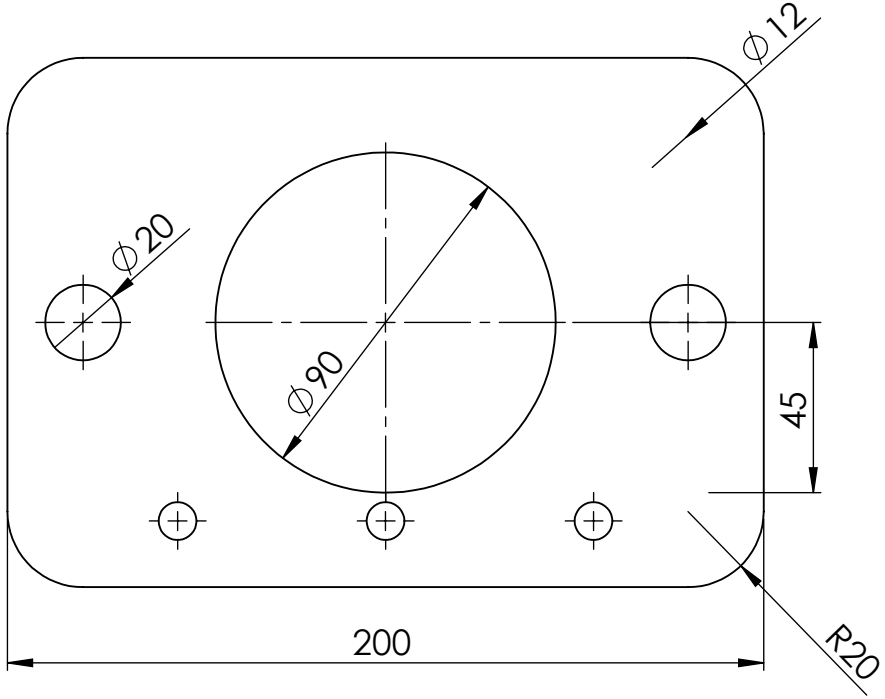


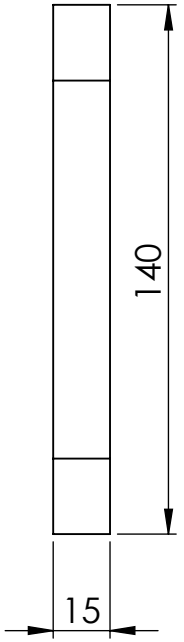


COUPE E-E
ECHELLE 1 : 2

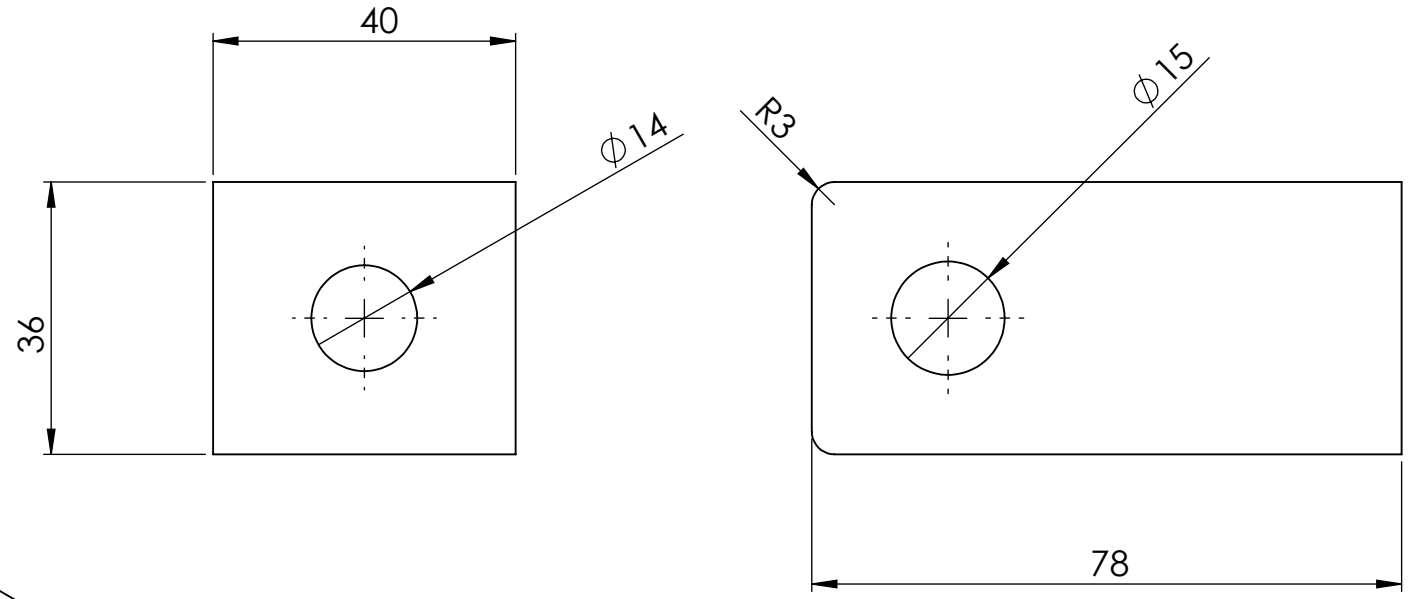
Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	Plateau mobile d'injection	Echelle 1:2
		N°12
22 FEV 2015	MENACER . MOUSSI	FGL 200

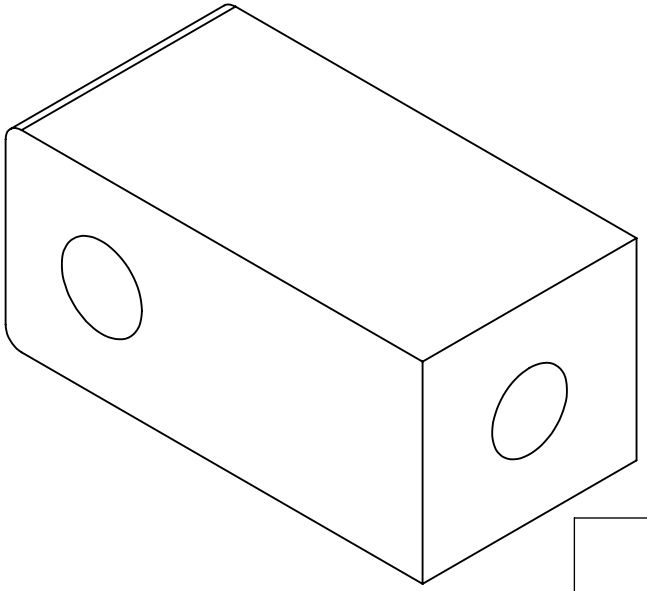




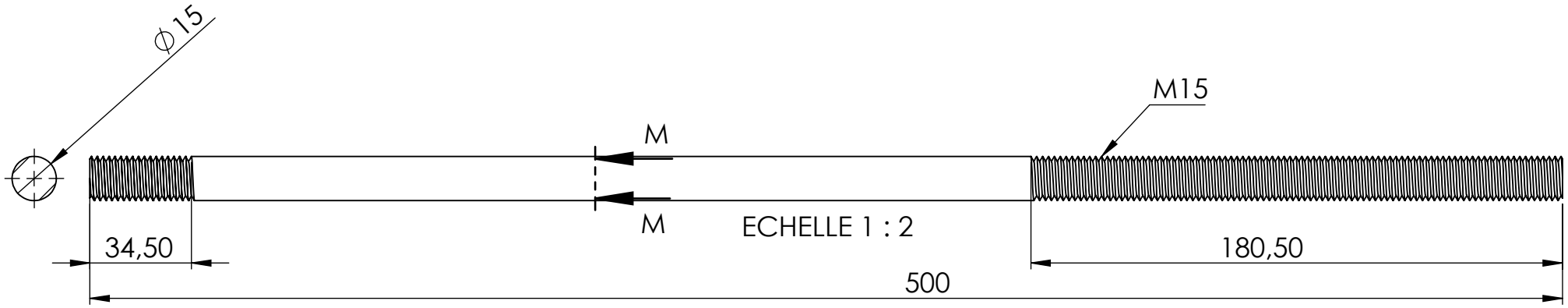


Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	Plateau fixe d'injection	Echelle 1:2
		N°13
22 FEV 2015	MENACER . MOUSSI	FGL 200

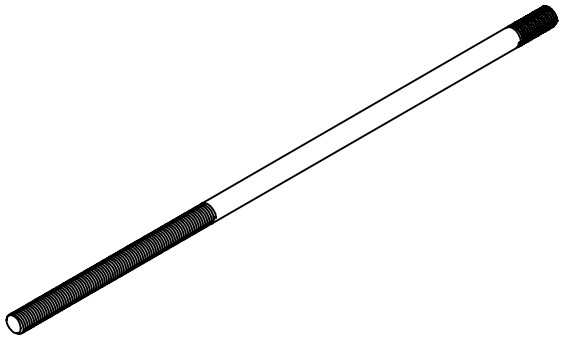


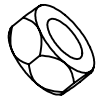


Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	Porte axe de genouillère	Echelle 1:1
		N°14
22 FEV 2015	**MENACER . MOUSSI**	A 60

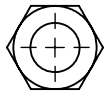


COUPE M-M
ECHELLE 1 : 2

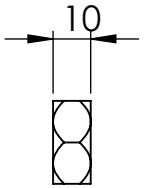




ECHELLE 1 : 2

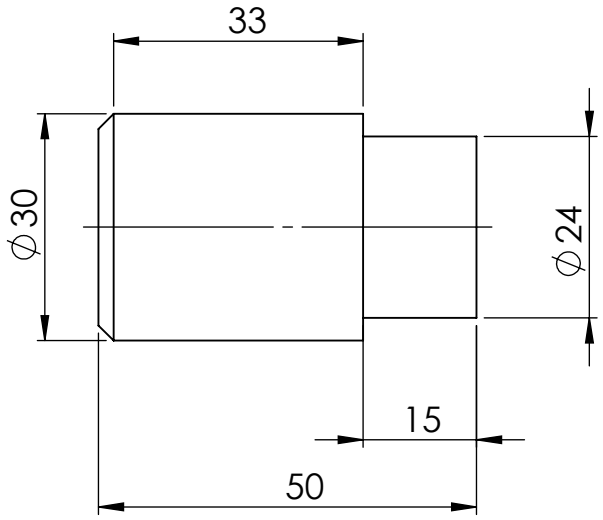


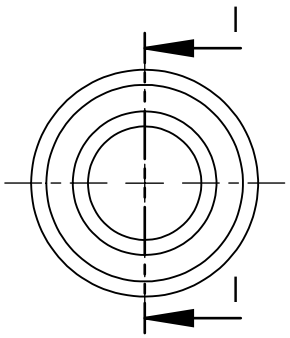
ECHELLE 1 : 2

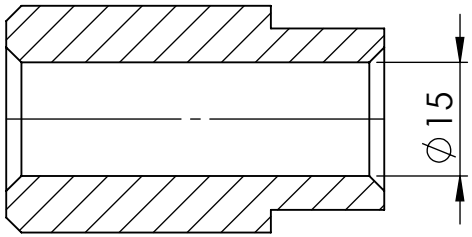


ECHELLE 1 : 2

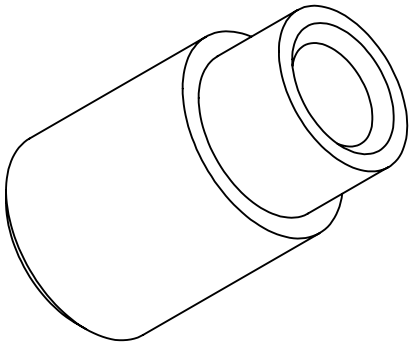
Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	Colonnes de guidage	Echelle 1:2
		N°15
22 FEV 2015	MENACER . MOUSSI	





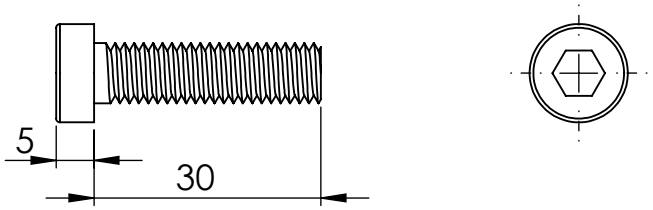


COUPE I-I

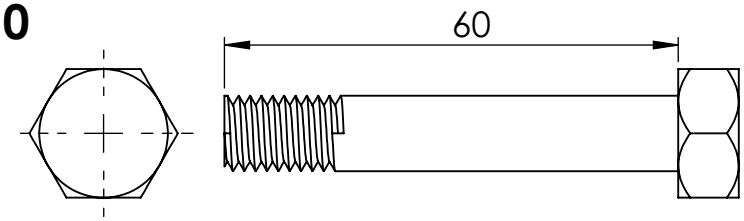


Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	Bague de guidage	Echelle 1:1
		N°16
22 FEV 2015	**MENACER . MOUSSI**	bronze

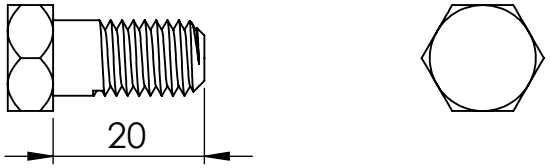
M 8

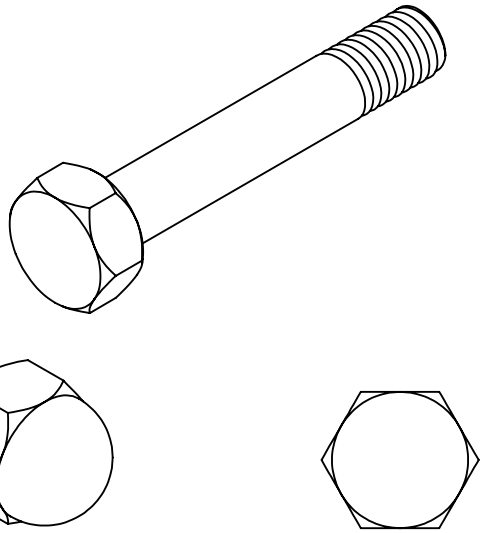


M 10

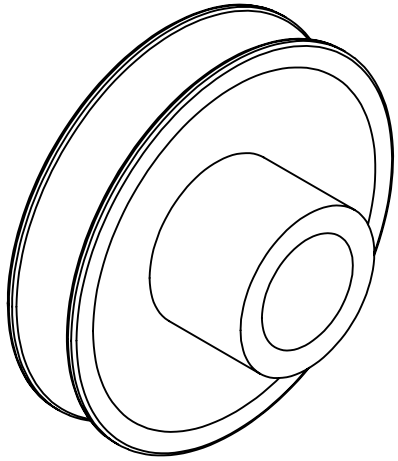


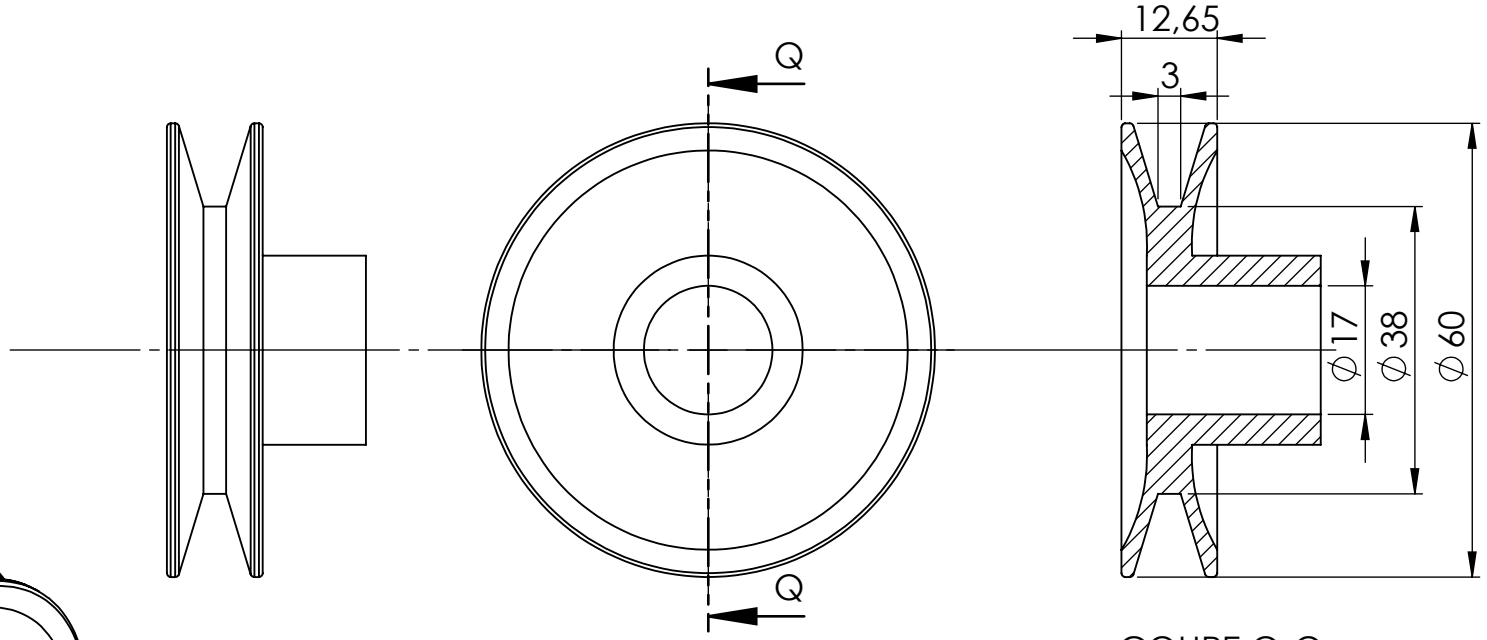
M 10





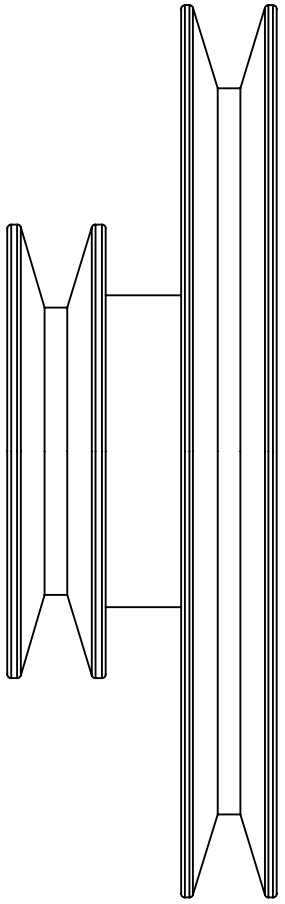
Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	Les Boulon d'assemblage	Echelle 1:1
		N°17
22 FEV 2015	MENACER . MOUSSI	



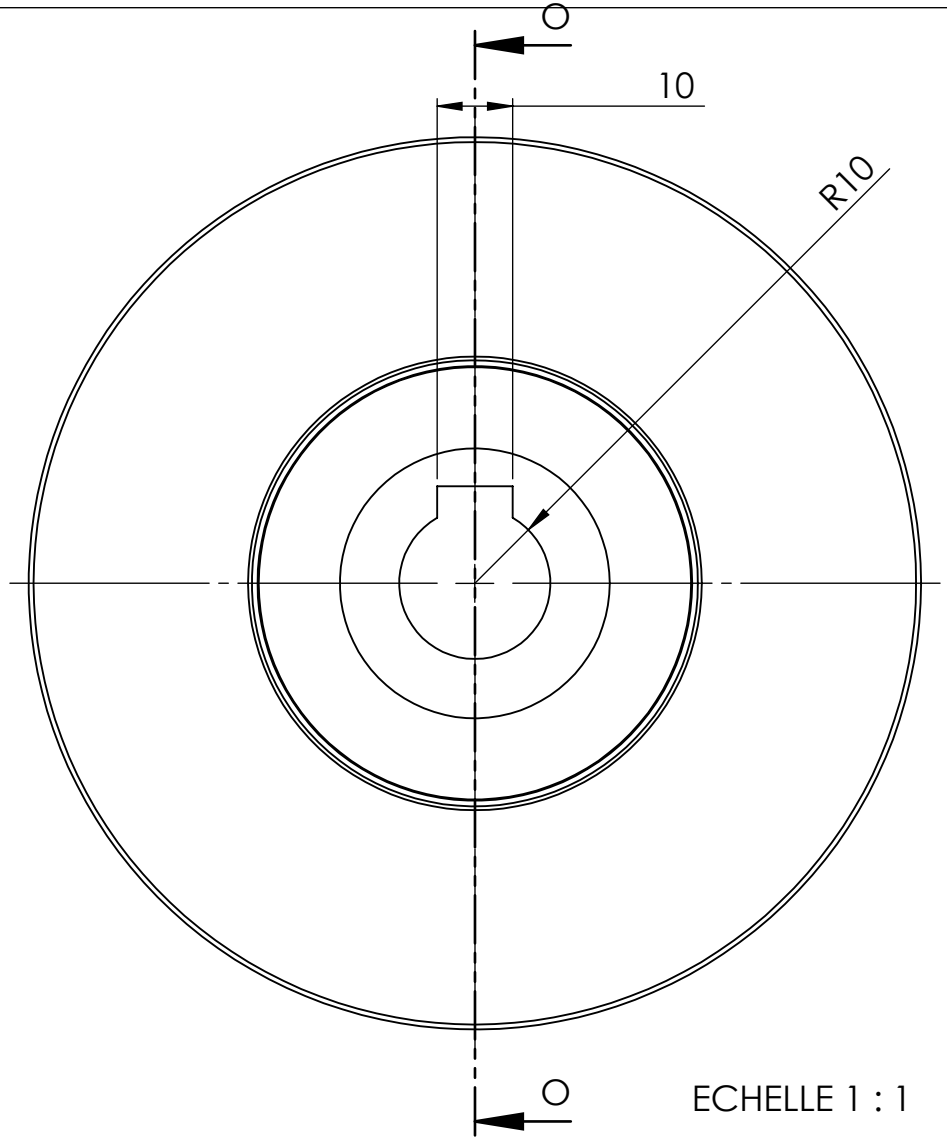


COUPE Q-Q

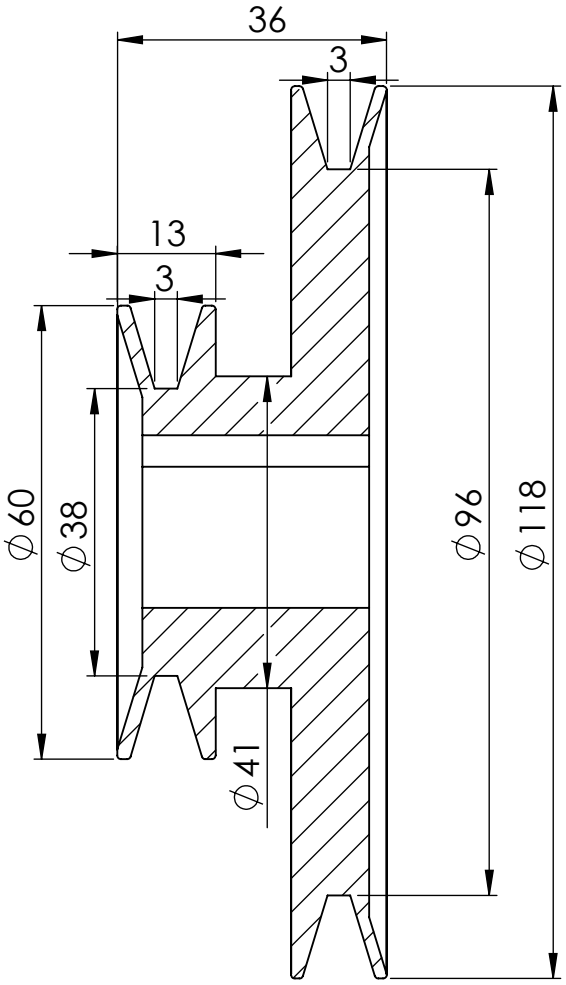
Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	poulie 01	**Echelle 1:1**
		N°18
22 FEV 2015	**MENACER . MOUSSI**	



ECHELLE 1 : 1

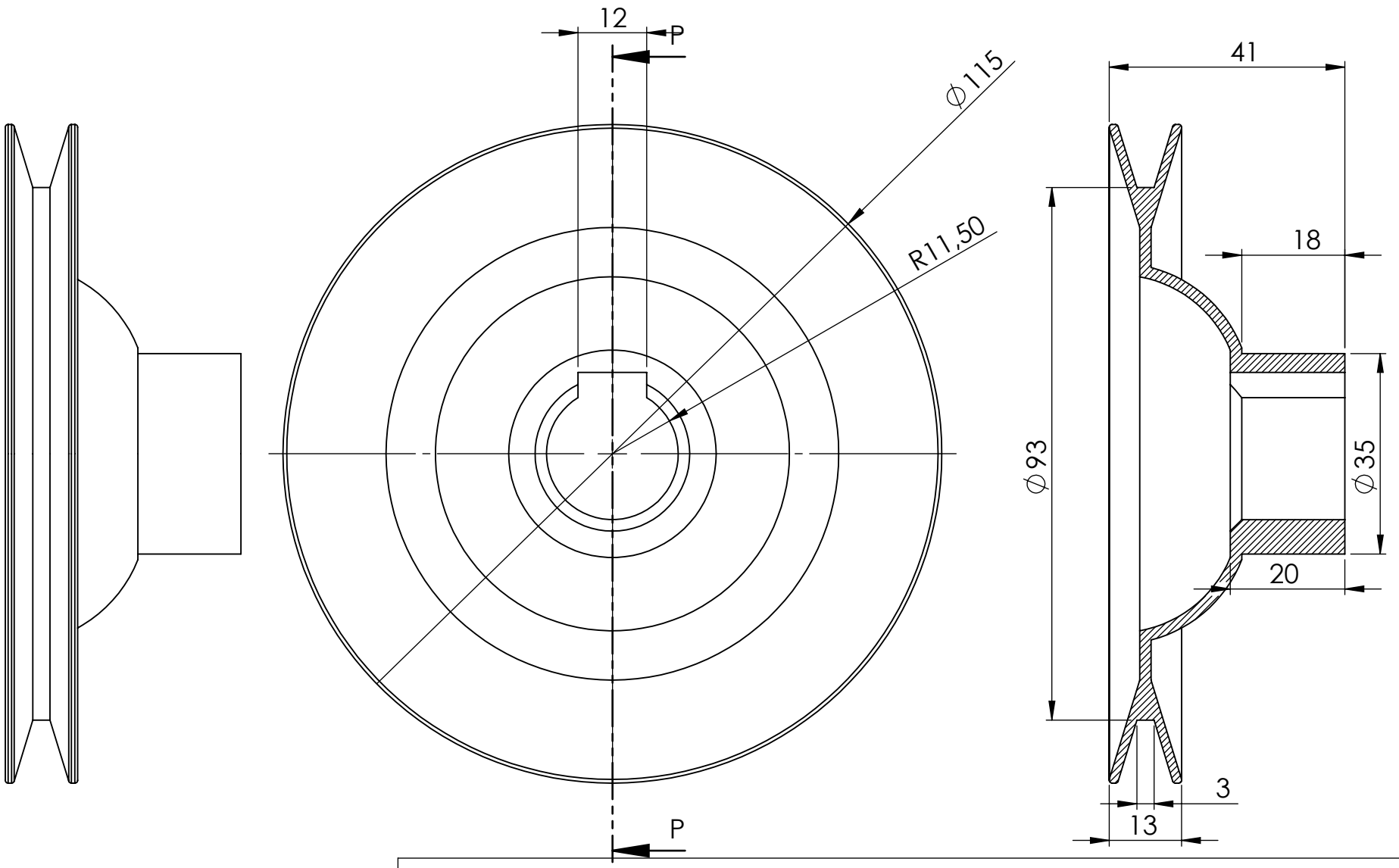


ECHELLE 1 : 1

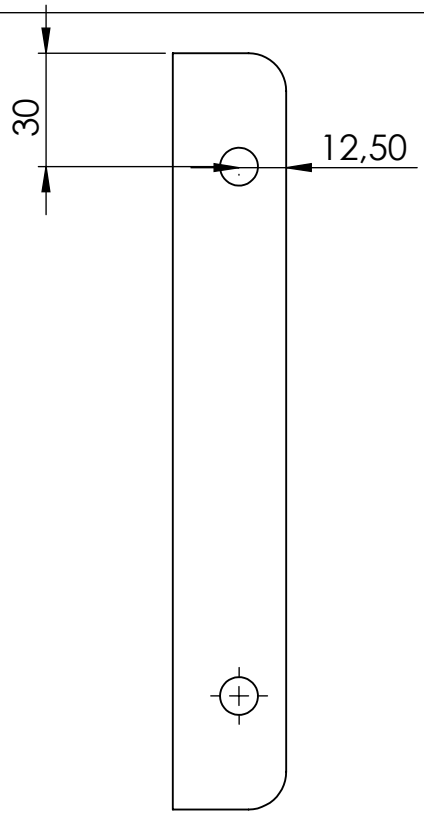


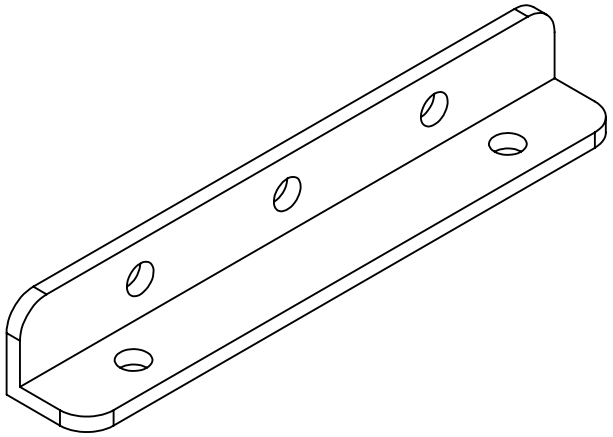
COUPE O-O
ECHELLE 1 : 1

Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	poulie 2 etage	**Echelle 1:1**
		N°19
22 FEV 2015	**MENACER . MOUSSI**	

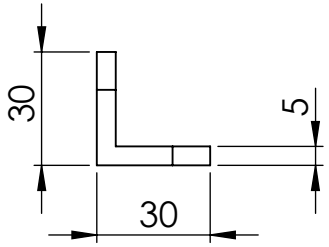


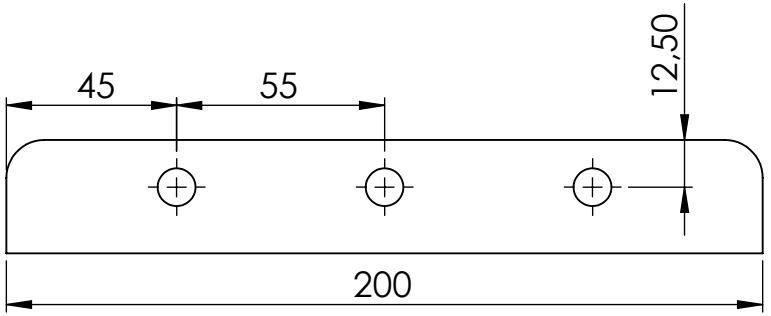
Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	poulie 04	**Echelle 1:1**
		N°20
22 FEV 2015	**MENACER . MOUSSI**	



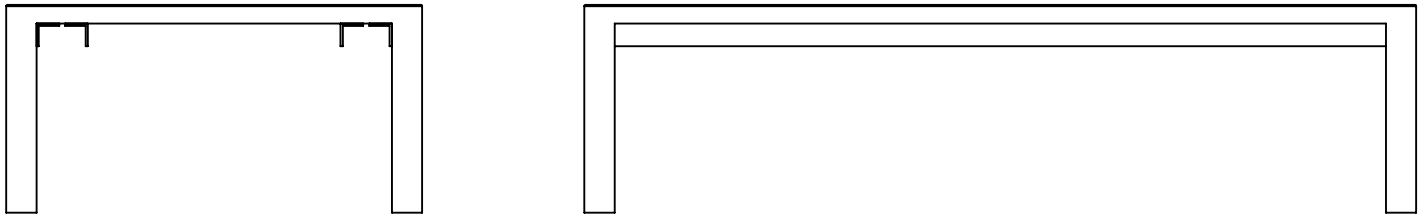


ECHELLE 1 : 2

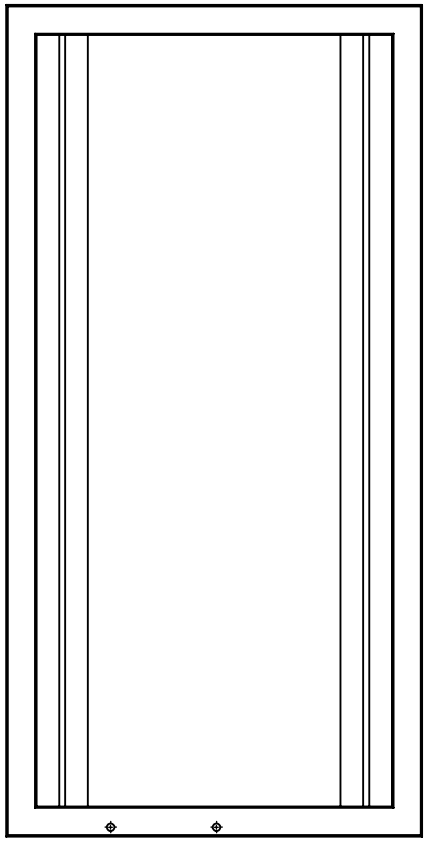


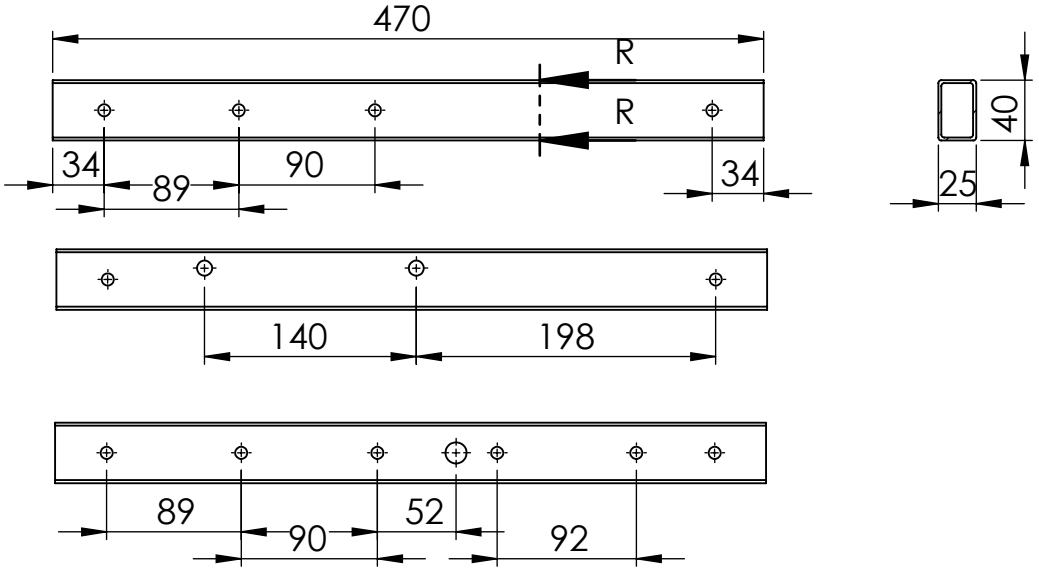


Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	Console de fixation	Echelle 1:2
		N°21
22 FEV 2015	MENACER . MOUSSI	L ep 5 S235



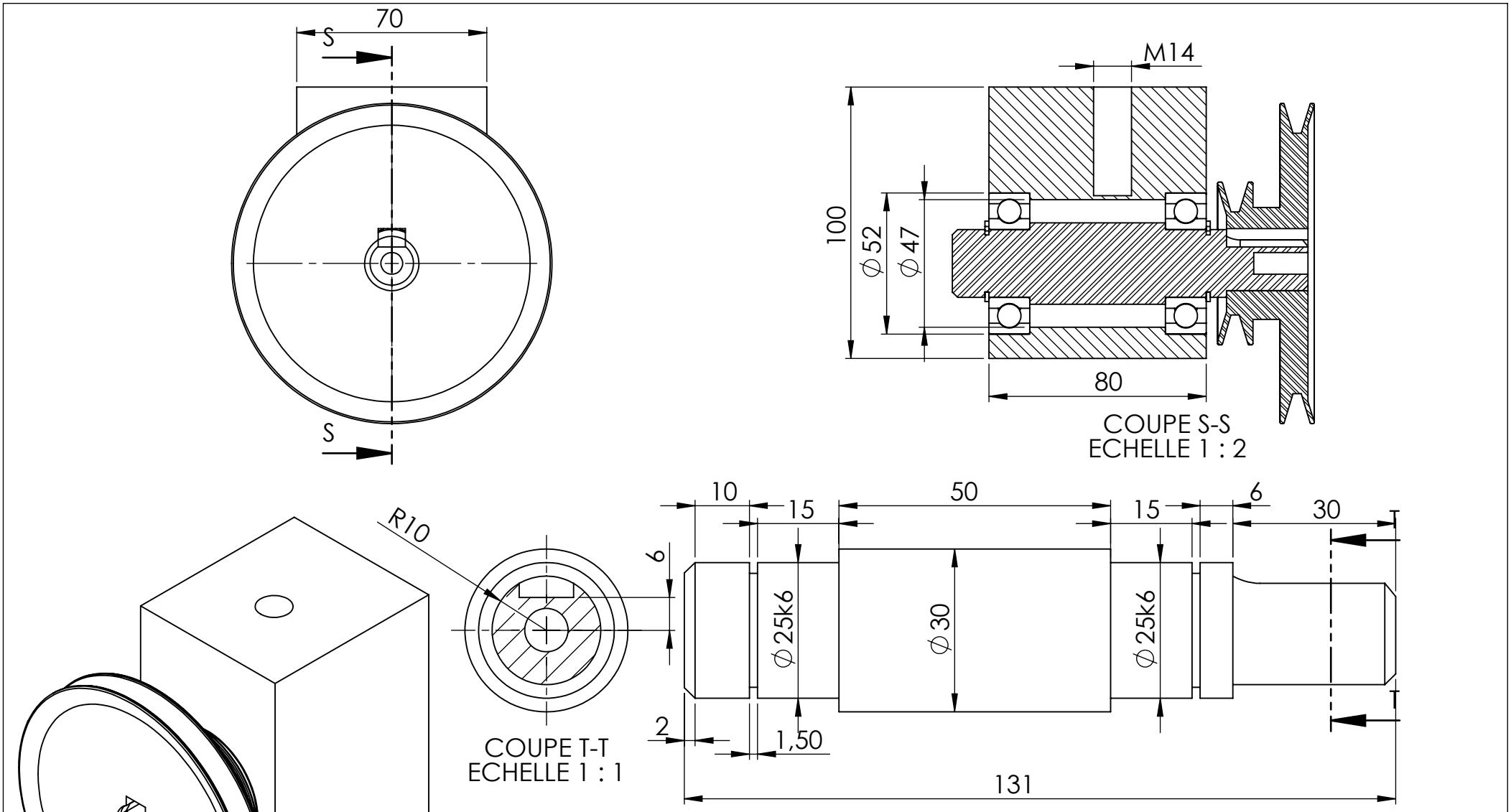
ECHELLE 1 : 10



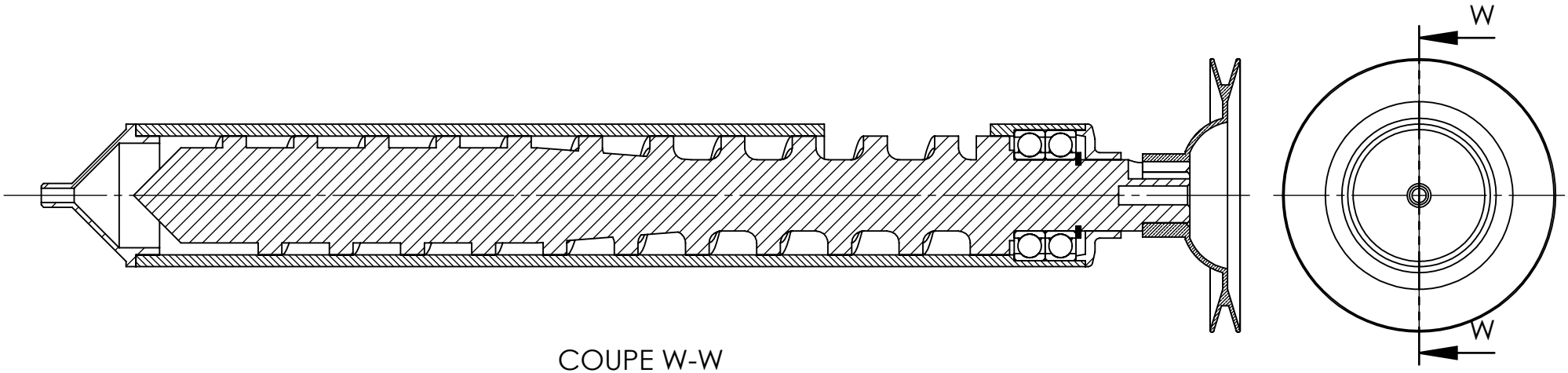


ECHELLE 1 : 5

Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	Socle de la machine	**Echelle 1:10**
		N°22
22 FEV 2015	**MENACER . MOUSSI**	**Tube 40*25**

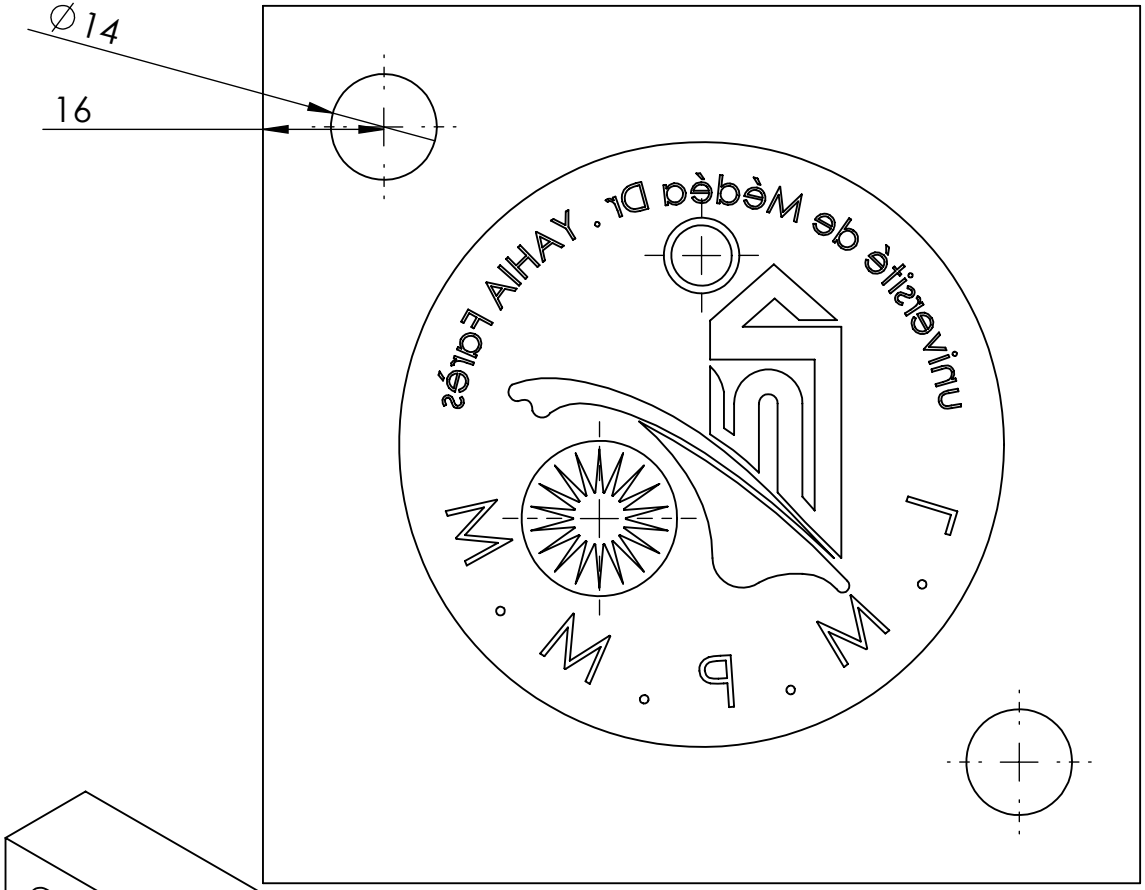


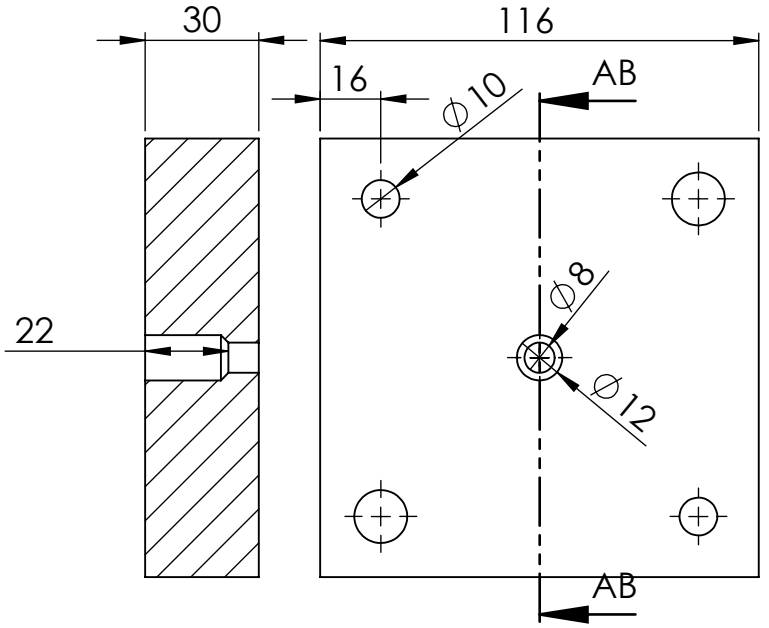
Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	Assemblage de tandeur	**Echelle 1:1**
		N°23
22 FEV 2015	**MENACER . MOUSSI**	



COUPE W-W

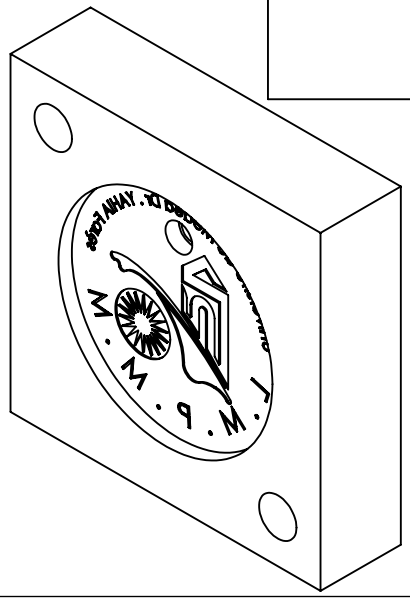
Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	Assemblage de cylindre	Echelle 1:2
		N°24
22 FEV 2015	MENACER . MOUSSI	





COUPE AB-AB

ECHELLE 1 : 1



Université Dr yahia FARES de Médéa		
C.M	le moule	Echelle 1:1
		N°25
22 FEV 2015	MENACER . MOUSSI	Aluminium