

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOU MAMMARI DE TIZI OUZOU
FACULTE DE GENIE DE LA CONSTRUCTION
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE



MEMOIRE

De fin d'étude

En vue d'obtention du diplôme de Master Professionnel en Génie Mécanique

Option : Fabrication Mécanique et Productique

Thème

Etude et conception d'un moule à injection plastique de la pièce de fixation de la soupape de décharge

Proposé par :

M^r TABECHE

Promoteur :

M^r HACHOUR

Dirigé par :

M^r MANKOUR

Réalisé par :

M^{elle} DJENDER Melha

M^{elle} CHOUALI Sabrina

2013 / 2014

Remerciements

Nous remercions tout d'abord le bon Dieu qui nous a donné la foi et le courage pour accomplir ce projet.

Nous tenons à exprimer nos vifs remerciements et notre gratitude à notre promoteur Mr HACHOUR Kamel pour ses conseils, ses orientations ainsi que sa disponibilité tout au long de notre travail.

Nous exprimons notre reconnaissance à tout le personnel de l'unité de prestation technique (UPT) de l'ENIEM Oued Aissi, pour nous avoir dirigé et orienté pendant toute la durée de notre stage au sein de l'ENIEM.

Nos plus vifs remerciements vont aussi à tous les membres de jury pour avoir accepté d'honorer par leur jugement notre travail.

Sans oublier nos parents qui ont sacrifié jusqu'aujourd'hui, aussi leurs encouragements incessants tout le long de notre parcours.

Enfin, nos remerciements vont à toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la concrétisation de ce travail.

Dédicaces

Melha

À

Ma très chère maman et mon très cher papa

Ma petite sœur chérie Mymy

Mes frères Achour et Azwan

Mes sœur Loulou, Nina et leurs maries

Madjid, Lyes

*Sabrina et Toufik avec les quels j'ai passé des
moments inoubliables*

Tous mes amis (es)

Sabrina

À

Ma très chère maman et mon très cher papa

Mes frère Sofiane Akli Ali

*Maya, Sonia, Toufik, Lounes, et Thamila avec les quels j'ai
passé des moments inoubliables*

Toute ma famille et tous mes amis (es)

LISTE DES SYMBOLES

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

PE : polyéthylène

PS : polystyrène

PVC : polychlorure de vinyle

PP : Polypropylène

ABS : Acrylonitrile Butadiène Styrène

PEhd : Polyéthylène haute densité

PEbd : Polyéthylène basse densité

Tg : point de température de transition vitreuse

Tf : point de fusion

e : épaisseur

L : longueur

Lc: longueur totale des canaux

P : pression dans la cavité

S : Surface

F0: force d'ouverture du moule

Fs: force de serrage

Fv: la force de verrouillage

F : effort normal

σ : contrainte

$[\tau]_{cis}$: limite de cisaillement admissible

K : Coefficient de sécurité

Spj : surface du plan de joint

Re : limite élastique du matériau

tR : temps de refroidissement

ti : temps d'injection

tm: temps de maintien

te : temps d'éjection

to : temps d'ouverture

tf: temps de fermeture

D : diffusivité thermique du plastique

Ti : température de la matière à l'injection

Tm : température moyenne du moule au cours du cycle

Te : température de la matière à l'éjection

QH : quantité de chaleur à évacuer

M : masse de la grappe moulée

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

He : enthalpie de la matière à la température d'éjection

GH: consommation horaire de liquide

CF : capacité calorifique du fluide de refroidissement

Ts – Tee : l'échauffement admissible du fluide de refroidissement

VF : vitesse moyenne du fluide dans les canalisations

pf : masse volumique du fluide de refroidissement

Lc : longueur totale des canaux

h : coefficient de transfert thermique

Tc : température des parois des canaux

Tf : température du fluide au centre du canal

d: diamètre

c : puissance de plastification

Pr : nombre de Prandtl

Re : nombre de Reynolds

λ : conductivité de l'eau

n: le nombre de sections cisillées

H : hauteur

LISTE DES FIGURES

Figure	Titre	Page
Présentation de l'entreprise		
<i>Fig. 1</i>	<i>Organisation générale de l'ENIEM</i>	
Chapitre I		
<i>Fig. 2</i>	<i>Origine animale des plastiques.</i>	1
<i>Fig. 3</i>	<i>Origine végétale des plastiques.</i>	2
<i>Fig. 4</i>	<i>Origine naturelle des plastiques.</i>	2
<i>Fig. 5</i>	<i>Etapas de formation du plastique</i>	3
<i>Fig. 6</i>	<i>Structure des thermodurcissables et des thermoplastiques</i>	4
<i>Fig. 7</i>	<i>Résumé de recyclage en bouteille</i>	10
<i>Fig. 8</i>	<i>Régénération du PEHD (schéma général)</i>	10
<i>Fig. 9</i>	<i>Polymère linéaire</i>	15
<i>Fig. 10</i>	<i>Homopolymère ramifié (a) et copolymère ramifié (b)</i>	15
<i>Fig. 11</i>	<i>polymère réticulé avec ponts di-sulfure reliant deux chaînes.</i>	15
<i>Fig. 12</i>	<i>Structure moléculaire du polyéthylène</i>	17
Chapitre II		
<i>Fig. 13</i>	<i>Schéma général de mise en forme des polymères thermoplastiques</i>	25
<i>Fig. 14</i>	<i>procédé d'injection</i>	27
<i>Fig. 15</i>	<i>Exemple de soufflage</i>	28
<i>Fig. 16</i>	<i>Procédé d'extrusion profiles</i>	29
<i>Fig. 17</i>	<i>Extrusion soufflages</i>	30
<i>Fig. 18</i>	<i>Extrusion gonflage</i>	31
<i>Fig. 19</i>	<i>Procédé Thermoformage</i>	32
<i>Fig. 20</i>	<i>Calandrage</i>	33
<i>Fig. 21</i>	<i>Moulage par rotation</i>	33
<i>Fig. 22</i>	<i>Moulage par compression</i>	34
<i>Fig. 23</i>	<i>Moulage par Réaction</i>	34
<i>Fig. 24</i>	<i>Presse à injection plastique horizontale.</i>	35
<i>Fig. 25</i>	<i>Presse verticale</i>	36
<i>Fig. 26</i>	<i>Presse à injection multi-matière et multi-couleur</i>	37
<i>Fig. 27</i>	<i>Presse à injection sandwich</i>	38
<i>Fig. 28</i>	<i>Injection assisté par gaz</i>	39
<i>Fig. 29</i>	<i>Différentes unités d'une presse à injection</i>	40
<i>Fig. 30</i>	<i>Système vis-piston</i>	41

<i>Fig. 31</i>	<i>Exemple de moule</i>	43
Chapitre III		
<i>Fig. 32</i>	<i>Différentes parties d'un moule d'injection</i>	45
<i>Fig. 33</i>	<i>Vue éclatée d'un moule d'injection</i>	47
<i>Fig. 34</i>	<i>Moule à deux plaques</i>	49
<i>Fig. 35</i>	<i>Moule à trois plaques</i>	49
<i>Fig. 36</i>	<i>Moule à coquille</i>	50
<i>Fig. 37</i>	<i>Moule à tiroir</i>	50
<i>Fig. 38</i>	<i>Moule à canaux chauffants</i>	51
<i>Fig. 39</i>	<i>Forme non dépouillée</i>	52
<i>Fig. 40</i>	<i>Forme dépouillée</i>	52
<i>Fig. 41</i>	<i>Forme en contre dépouille</i>	52
<i>Fig. 42</i>	<i>Systèmes de canaux équilibrés et non équilibrés</i>	55
<i>Fig. 43</i>	<i>Représentation d'un canal d'alimentation</i>	55
<i>Fig. 44</i>	<i>Représentation d'un canal d'alimentation</i>	56
<i>Fig. 45</i>	<i>Contact courbé entre buse de la presse et buse d'injection</i>	57
<i>Fig. 46</i>	<i>Contact courbé entre buse de presse et buse d'injection</i>	57
<i>Fig. 47</i>	<i>Event</i>	61
<i>Fig. 48</i>	<i>Procédé de bridage</i>	61
Chapitre IV		
<i>Fig. 49</i>	<i>Schémas d'un plateau d'une presse 550T</i>	69
<i>Fig. 50</i>	<i>Caractéristiques dimensionnelle de la presse 550T</i>	69
<i>Fig. 51</i>	<i>Variation de la chaleur massique des polymers en fonction de °C</i>	72
<i>Fig. 52</i>	<i>Schéma de dimensionnement d'un ressort</i>	81
<i>Fig. 53</i>	<i>Classification des ressorts par couleur</i>	82

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Titre	Page
Chapitre I		
<i>Tableau. 1</i>	<i>Principales matières plastiques</i>	7
<i>Tableau. 2</i>	<i>Formule développée des monomères</i>	12
<i>Tableau. 3</i>	<i>Domaine d'application des polymères</i>	16
<i>Tableau. 4</i>	<i>Différentes gammes du PE</i>	18
<i>Tableau. 5</i>	<i>Propriétés physiques du PE</i>	20
Chapitre III		
<i>Tableau. 6</i>	<i>Différents outillages d'un moule à injection plastique</i>	44
<i>Tableau .7</i>	<i>Seuils d'injection</i>	57
<i>Tableau. 8</i>	<i>Choix des matériaux</i>	62
Chapitre IV		
<i>Tableau. 9</i>	<i>Capacité d'injection</i>	66
<i>Tableau. 10</i>	<i>La pression d'injection (Tonnes/cm²)</i>	67
<i>Tableau. 11</i>	<i>Caractéristiques technique de la presse 550T</i>	70
<i>Tableau. 12</i>	<i>Valeurs indicatives du coefficient de sécurité</i>	75

SOMMAIRE

Liste des symboles	i
Liste des figures	iii
Liste des tableaux	v
Introduction générale	vi
Présentation de l'entreprise	vii

Chapitre I : Aspect général des matières plastiques

Introduction	1
1. Définition	1
2. Origine des matières plastiques	1
a. origine animale	1
b. origine végétale	2
c. origine naturelle	2
3. Formation du plastique	2
I. Différents types des matières plastiques	3
I.1 les thermoplastiques	3
I.2 les thermodurcissables	4
I.3 les élastomères	4
II. Les caractéristiques des matières plastiques	5
II.1 propriétés mécaniques	5
II.2 propriétés thermiques, physiques et électriques	6
III. Amélioration des caractéristiques des matières plastiques	8
IV. Présentation des matières plastiques	8
V. Recyclage des matières plastiques	8
V.1 La biodégradation des plastiques	8
V.2 les plastiques et l'environnement	9
V.3 les plastiques et la santé	9
V.4 Le systèmes à sept codes	9
VI. Les polymères	12

VI.1 Définition	12
VI.2 La polymérisation	13
a. polymérisation par étape ou polycondensation	13
b. polymérisation en chaîne ou polyaddition	13
VI.3 Structure des polymères	14
a. Les polymères semi cristallins	14
b. Les polymères amorphes	14
c. Les polymères linéaires	14
d. Les polymères ramifiés	15
e. Les polymères réticulés	15
VII. Domaines d'application de la matière plastique	15
VIII. Présentation du Polyéthylène	17
VIII.1 Historique du PE	17
VIII.2 Définition	17
VIII.3 Différents types du polyéthylène	17
VIII.4 Procédés de fabrication du polyéthylène	19
a. Distillation	19
b. Vapo-craquage	19
c. Polymérisation	19
d. Granulation	19
VIII.5 Caractéristiques du polyéthylène	20
VIII.6 Détail sur le polyéthylène à basse densité	21
1. Présentation	21
2. Propriétés physiques	21
3. Propriétés mécaniques	21
4. Propriétés thermiques	21
5. Propriétés électriques	21
6. Tenue chimique	21
7. Tenue dans le temps	21
8. Mise en œuvre	22
9. Application	22
VIII.7 Ecologie et recyclage	23
♦ Le recyclage matériel	23
♦ Le recyclage thermique	23
VIII.8 Principaux avantages du PE	23
VIII.9 Principaux inconvénients de PE	24
Conclusion	

Chapitre II : Mise en œuvre des matières plastiques

Introduction	26
I. L'injection	26
II. L'injection soufflage	28
III. L'extrusion	29
III.1 Extrusion profile	29
III.2 Extrusion soufflage	30
III.3 Extrusion gonflage	31
IV. Le thermoformage	32
V. Le calandrage	33
VI. Le moulage	33
VI.1 Le moulage par rotation	33
VI.2 Le moulage par compression	34
VI.3 Le moulage par réaction	34
VII. Les presses à injection plastique	35
VII.1 Les différentes architectures des presses d'injection	35
a. Presse horizontale	35
b. Presse verticale	36
VII.2 Types de presses à injection	37
a. Presses à injection simple	37
b. Presses à injection multi-matières et multi-couleurs	37
c. Presses à injection sandwich	38
d. Injection assisté par gaz	39
VIII. Les trois principales unités d'une presse d'injection	40
VIII.1 Unité d'injection	40
a. Système d'injection	40
b. Caractéristiques du système d'injection	41
VIII.2 Unité de fermeture	42
a. Caractéristiques d'un système de fermeture	42
VIII.3 Le moule	43

Conclusion

Chapitre III : Conception d'un moule à injection plastique

Introduction	44
I. Définition et fonctionnement	44
II. Conception d'un moule à injection plastique	46
II.1 Matériaux utilisés	46
II.2 La machine	46
II.3 architecture du moule	47
1. Terminologie	47
2. Eléments standards	48
3. Conception particulière	49
a. Moule à deux plaques	49
b. Moule à trois plaques	49
c. Moule à coquille	50
d. Moule à tiroir	50
e. Moule à canaux chauffants	51
III. Les fonctions d'un moule à injection plastique	52
III.1 Fonction mise en forme	52
1. Forme de la pièce injectée	52
Règles de dessin	52
a. Retrait	52
b. Notions de dépouille et contre dépouilles	52
c. Congés	53
d. Localisation des traces de moulage	53
2. Choix des plans de joint	53
a. Plan de joint	53
b. La ligne de joint	53
♦ ligne de joint extérieur ou externe	53
♦ ligne de joint intérieur ou interne	53
♦ ligne de joint auxiliaire	54
III. 2 Fonction alimentation	54
1. nombre et disposition des empreintes dans un moule	54
2. techniques d'alimentation	54
a. canaux d'alimentation	54
b. le point d'injection	56

c. la buse d'injection	58
III. 3 Fonction refroidissement	59
1. circuit de refroidissement	59
2. conception des circuits de refroidissement	59
a. le temps de cycle	59
b. le temps de refroidissement	59
III.4 Fonction démoulage	60
1. choix du dispositif d'éjection	60
2. les différents types d'éjection	60
a. Ejecteur cylindrique	60
b. Ejecteur tubulaire	60
c. Ejecteur plaque	60
d. Ejecteur latéral	60
e. Ejecteur à lame	61
Ejecteur des carottes	61
IV. Dégazage du moule	61
V. Fixation du moule	62
1. Fixation par vis	62
♦ Avantages	62
♦ Inconvénients	62
2. Bridage	62
VI. Matériaux utilisé pour la fabrication des moules	63
IV.1. Choix des matériaux	63
Conclusion	
Présentation du sujet	64

Chapitre IV : Calculs et vérifications

I. Choix de la machine	66
I.1 Capacité d'injection	66
a. La masse de la pièce	66
b. La masse de la carotte	66
c. La masse de la moulée	67

I.2 La force de fermeture de la machine	67
a. La force de verrouillage	67
b. La force de fermeture	68
I.3 La puissance de plastification	68
I.4 La distance entre colonnes	69
I.5 Epaisseur minimale du moule	69
II. Caractéristiques technique de la presse 550T	70
III. Le bilan thermique	70
III.1 Temps du refroidissement	71
III.2 Temps du cycle	71
III.3 Calcul de la quantité de chaleur à extraire de la pièce	72
III.4 Détermination de la consommation horaire de liquide	73
III.5 Dimensionnement du circuit de refroidissement	73
IV. Résistance des matériaux	75
IV.1 Résistance des éléments du moule au matage	75
IV.1.1 Résistance du plan de joint	76
IV.1.2 Partie fixe	76
a. semelle fixe	76
b. porte empreinte fixe	76
IV.1.3 Partie mobile	77
a. semelle mobile	77
b. porte empreinte mobile	77
c. Les tasseaux	77
IV.2 Vérification des colonnes de guidage au cisaillement	78
IV.3 Vérification des colonnes de guidages de la batterie d'éjection au cisaillement	78
IV.4 Vérification des vis de fixation de porte empreinte mobile avec les tasseaux au cisaillement	79
IV.5 Vérification des vis de fixation de la semelle mobile avec les tasseaux	79
IV.6 Vérification des vis de fixation utilisé sur les semelles	80
a. Pour la semelle mobile	80
b. Pour la semelle fixe	80
V. Le choix des ressorts	81
Conclusion	
Conclusion générale	

Introduction Générale

Inventées a la fin du 19^{ème} siècle, les matières plastiques prennent un fantastique essor au 20^{ème} siècle, ce qui leur a permis d'occuper une grande place dans de nombreux domaines et concurrencent les matériaux traditionnels comme dans l'industrie automobile, l'emballage, la construction, l'électroménager et autre, et cela est en partie due a leurs qualités intrinsèques.

Pour la fabrication des différentes pièces en plastique on a recourt au procédé de l'injection, qui nous permis la réalisation de forme complexe.

L'entreprise ENIEM a pris l'initiative de fabriquer certaines pièces dans le bute d'éviter leur importation et améliorer sa gamme de produits .Le bureau d'étude de l'entreprise nous a confier la conception d'un moule à injection plastique de la pièce de **fixation de la soupape de décharge** d'un réfrigérateur dans le cadre de l'exécution de notre mémoire de fin d'études.

L'objectif de cette étude et de cerner dans un premier lieu les matières plastique, et les procédés de mise en œuvre par injection. En deuxième lieu, la conception du moule en utilisant un logiciel de C.A.O. et enfin, on a vérifié la conception par des calculs.

A fin de bien mener notre travail, on la repartit parties :

- ◆ Aspect général des matières plastiques.
- ◆ Mise en œuvre des matières plastiques.
- ◆ Conception d'un moule a injection plastique.
- ◆ Calcul et vérification.

En dernier lieu on présentera les dessins de définition et les dessins d'ensemble qui sont présentés après la conclusion générale.

Organisation Générale de l'ENIEM

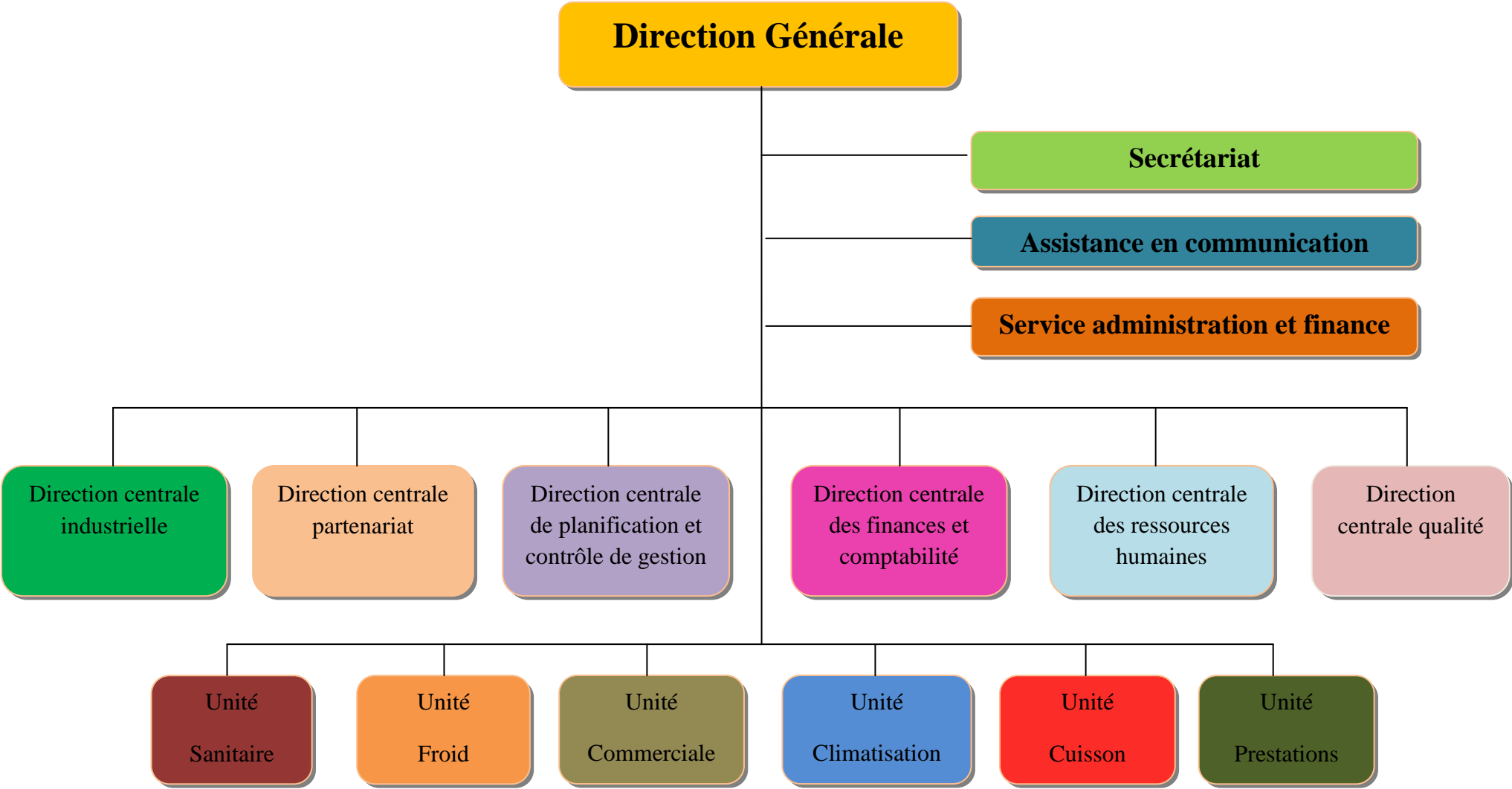


Fig 1 : Organisation générale de l'ENIEM

Présentation de l'Entreprise

I. Création et Evolution de l'ENIEM :

1. Création de l'ENIEM :

Le projet d'imputation du complexe d'appareils ménagers (CAM) est inscrit par extrait dans le cadre du premier plan quadriennal 1970/1973 à la date du 02/08/1971.

La SONELEC (Société nationale de fabrication et de montage de matériel électrique et électronique) signera alors avec un Consortium Allemand une convention pour la réalisation d'un complexe d'appareils ménagère à TIZI-OUZOU, ceci au terme de plusieurs négociations avec le constructeur DIAG (Groupe Allemand de construction de génie civil).

Le complexe d'appareil (CAM), sera définitivement mis en place en 1977, dans la zone industrielle d'OUED-AISSI à une dizaine de Km à l'Est du chef-lieu de wilaya.

La superficie totale est de 55 Hectares dont 12,5 HT couverts, il est entré en production le 16/06/1977.

2. L'Evolution de l'ENIEM:

L'Entreprise Nationale des Industries de l'Electroménager est issue de la restructuration de la société nationale de fabrication et de montage des matériaux électrique (SONELEC), par décret présidentielle N°83/19 Du 02/01/1983, depuis quelques années dont le siège social est à TIZI-OUZOU.

Elle est indépendante de l'état après la signature des statuts de l'ENIEM (elle a été sous la tutelle des holdings SGP) mécanique et électronique (MOEMELEC).

L'ENIEM a été chargé de la production et de la commercialisation des produits électroménager et disposait à sa création de :

- ♦ Complexe d'appareil ménager (CAM) de TIZI-OUZOU, entré en production en juin 1977.
- ♦ L'unité lampe de Mohamadia (ULM) entrée en production en février 1979.

Capital Social :

Le 08 octobre 1989, l'ENIEM a été transformé juridiquement en société par action, avec un capital de 40.000.000,00 DA dans le cadre des mesures d'assainissement arrêtée par la direction centrale du trésor public.

En juillet 1993, le capital de l'entreprise a été porté à 2.957.500,00 DA dont les actions sont réparties comme suit :

- ♦ 76,82% : Fonds de participation.
- ♦ 21,93% : Fonds de participation des ventes.
- ♦ 1,25% : fonds de participation en biens d'équipements.

Depuis mai 1994, la totalité des actions est détenus par le fonds de participation électronique, télécommunication et informatique (ETI), ce fond qui a été érigé en holding est la dénomination Heelit depuis (04 juillet 1996).

II. Mission et Objectifs de l'ENIEM :

La mission de l'ENIEM est la fabrication, le montage, le développement et la commercialisation des appareils ménagers, le développement et la recherche dans le domaine des branches clés de l'électroménager notamment :

- ◆ Appareil de réfrigération.
- ◆ Appareil de congélation.
- ◆ Appareil de climatisation.
- ◆ Appareil de cuisson.
- ◆ Petits appareils ménagers « PAM ».

• Mission des Unités :

1. Direction générale :

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

2. Unité Froid :

Elle est chargée de la production des équipements, produits et composants relevant du domaine du froid (réfrigérateur).

3. Unité Cuisson :

Elle s'occupe de la production des équipements produits et composants relevant du domaine de la cuisson (cuisinière).

4. Unité Climatisation :

Elle assure la production des équipements, produits et composants relevant du domaine de la climatisation (climatiseurs et petit appareils ménagers).

5. Unité Prestation Technique :

Elle réalise des travaux ou prestations technique et service pour le compte des autres unités ou pour des clients externes.

6. Unité Commerciale :

Elle est chargée de la commercialisation des produits fabriqués par les unités de production, son effectif est de 165 agents.

• Objectif de l'ENIEM :

L'ENIEM s'est assignée plusieurs objectifs afin d'assurer un impact plus performant au niveau de ses fonctions à savoir :

- L'amélioration de la qualité des produits.
- L'augmentation des capacités d'études et de développement.
- L'amélioration de la maintenance d'outils de production et des installations.
- La valorisation des ressources humaines.
- La réduction des coûts et de la relance d'autres sources de revenus.
- L'augmentation du volume de production en corrélation avec les variations de la demande (marché local, externe).
- Le renforcement de la sécurité du patrimoine et des installations.
- La restriction comme processus irréversible et impératif à la suivie de l'entreprise.
- Réduire les charges des structures.
- Le placement de son produit à l'échelle internationale.

Chapitre I

Aspect général des matières plastiques

Introduction :

Les plastiques inventés au XXIème siècle ont remplacé les matériaux traditionnels comme le bois ou le métal. Les recherches menées pour améliorer et diversifier leurs propriétés les destinent à de nombreuses utilisations.

Les matières plastiques sont légères, hygiéniques, durables et faites sur mesure. La primauté des plastiques sur les autres matériaux est due, en dehors de leur faible prix, au fait qu'il n'y a pas une seule forme de plastique mais une multitude, avec pour chacune des propriétés particulières. De plus, les procédés de fabrication, qui permettent d'obtenir aisément et sans usinage les formes les plus complexes, sont variés. C'est grâce à toutes leurs qualités qu'elles sont devenues irremplaçables et omniprésentes dans les objets de notre vie quotidienne.

Les premiers plastiques, les celluloids, étaient extraits de la cellulose du bois mais les plastiques modernes sont des produits obtenus par un enchaînement de réactions chimiques sur les hydrocarbures.

1. Définition :

Les matières plastiques sont des matériaux organiques constitués de macromolécules obtenues par polymérisation de monomères. Elles sont produites par transformation de substances naturelles, ou par synthèse directe, à partir de substances extraites du pétrole, du gaz naturel, du charbon ou d'autres matières minérales. Elles possèdent la propriété de se ramollir, généralement sous l'influence d'une élévation de température, et pouvant ainsi prendre différentes formes [10].

2. Origines des matières plastiques [2]:

A l'origine, la plupart des matières plastiques provenaient de résines dérivées de matières végétales, comme la cellulose (extraite du coton), le furfural (extrait de céréales), les huiles (obtenues à partir de graines), les dérivés d'amidon ou le charbon. La caséine (issue du lait) était l'une des seules matières non végétales utilisées.

a) Origine animale :



Fig 2 : Origine animale des

b) Origine végétale :

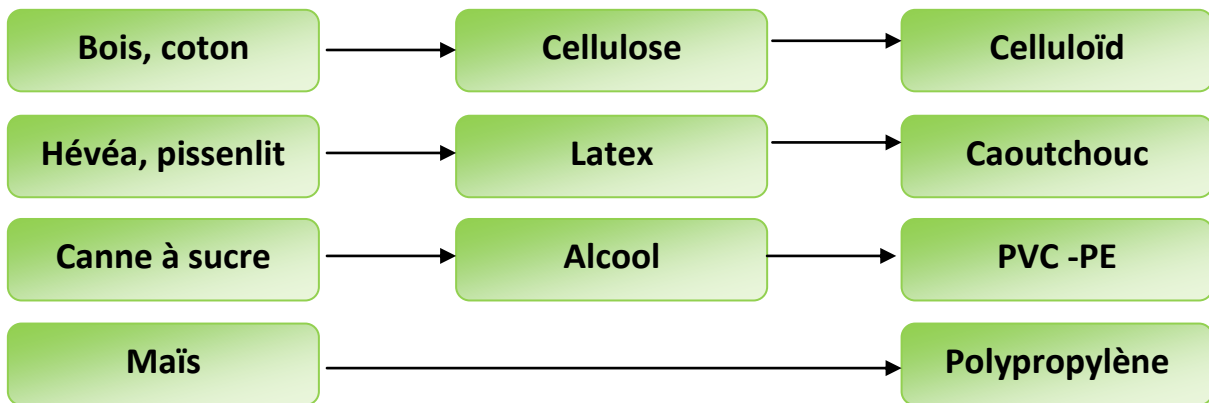


Fig 3 : Origine végétale des

c) Origine naturelle :

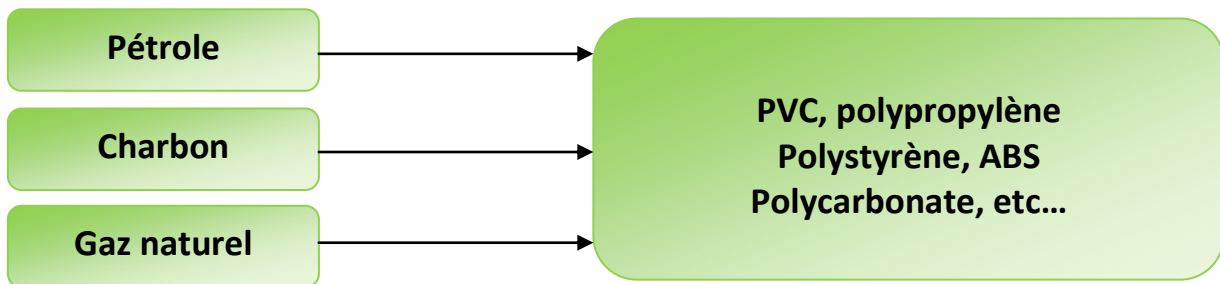


Fig 4 : Origine naturelle des plastiques.

3. Formation du plastique :

Pour obtenir des produits finis en matières plastique, il faut faire subir aux matières premières une succession de transformations chimiques et physiques. Les principales étapes de fabrication sont indiquées ci-dessous:

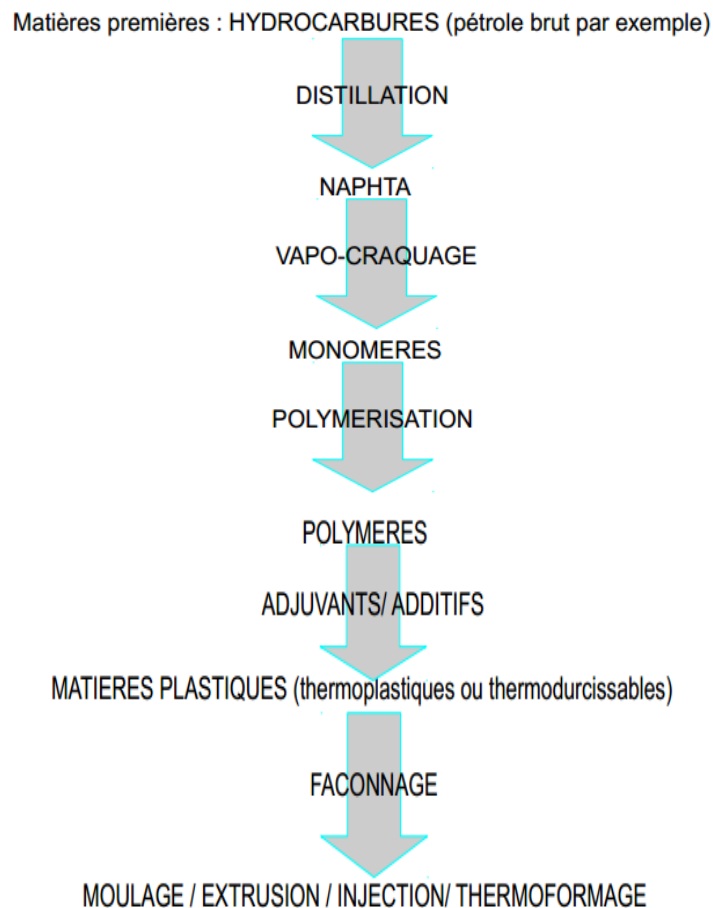


Fig 5 : Etapes de formation du plastique [3].

I. Différents types des matières plastiques :

On classe les matières plastiques en trois catégories : les thermoplastiques, les thermodurcissables et les élastomères.

I.1 Les thermoplastiques :

Les thermoplastiques ramollissent sous l'effet de la chaleur. Ils deviennent souples, malléables et durcissent à nouveau quand on les refroidit [10]. Il est donc possible de leur donner une nouvelle forme, et ce, à répétition, sans affecter leurs propriétés mécaniques initiales. Cette particularité permet un recyclage plus facile de cette catégorie de plastique, en comparaison avec celui des deux autres types. Leurs polymères de base sont constitués par des macromolécules linéaires, reliées par des liaisons faibles qui peuvent être rompues sous l'effet de la chaleur ou de fortes contraintes.

Les macromolécules peuvent alors glisser les unes par rapport aux autres pour prendre une forme différente et quand la matière refroidit, les liaisons se reforment et les thermoplastiques gardent leur nouvelle forme.

Avant transformation, ils sont sous forme de granulés ou de poudres dans un état chimique stable et définitif car il n'y a pas de modification chimique lors de la mise en forme. Les granulés sont chauffés puis moulés par injection et le matériau broyé est réutilisable.

I.2 Les thermodurcissables :

Contrairement aux thermoplastiques qui ramollissent sous l'effet de la chaleur, les thermodurcissables ont perdu cette propriété lors de leur fabrication. Ainsi, un thermodurcissable conserve la même rigidité sous l'action de la chaleur jusqu'à l'atteinte de sa température de décomposition. Aussi, une fois produit, on ne peut plus modifier la forme d'un thermodurcissable.

Les molécules de ces polymères sont organisées en de longues chaînes dans lesquelles un grand nombre de liaisons chimiques solides et tridimensionnelles ne peuvent pas être rompues et se renforcent quand le plastique est chauffé. Sous de trop fortes températures, ils se dégradent et brûlent (carbonisation).

Au départ, les thermodurcissables se présentent sous forme de poudres ou de résines qui subissent une transformation chimique au cours de leur chauffage, de leur refroidissement ou par l'action de durcisseurs.

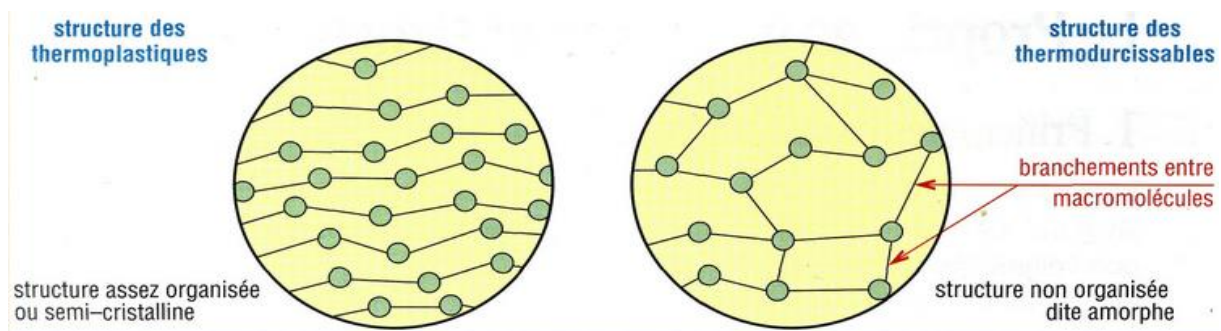


Fig 6 : Structure des thermodurcissables et des thermoplastiques.

I.3 Les élastomères :

On distingue généralement les élastomères naturels des élastomères synthétiques. Les premiers proviennent du latex sécrété par certains végétaux, par exemple par l'hévéa. Ils sont toutefois beaucoup moins utilisés que les élastomères synthétiques qui sont, quant à eux, produits en laboratoire grâce au procédé de vulcanisation.

Le procédé de vulcanisation consiste à ajouter du soufre au caoutchouc, permettant ainsi d'en réduire l'élasticité, mais d'en améliorer la résistance.

Un élastomère au repos est constitué de longues chaînes moléculaires repliées sur elles mêmes. Sous l'action d'une contrainte, les molécules peuvent glisser les unes par rapport aux autres et se déformer.

Malgré leurs propriétés mécaniques avantageuses, les élastomères ont l'inconvénient d'être des matières plastiques difficiles à recycler.

II. Les caractéristiques des matières plastiques :

II.1 Propriétés mécaniques [4]:

Le comportement mécanique des plastiques est différent de celui des métaux. Il dépend de la structure, de la composition, du mode de fabrication, de la forme de la pièce, de la température, du temps et de l'humidité.

Le pourcentage d'allongement (A%) est plus faible pour les thermodurcissables (< 1%, se déforment peu avant rupture, sont plus fragiles et plus sensibles aux chocs) qui présentent aussi, en général, une dureté plus élevée.

La résistance en compression est souvent plus élevée que la résistance en traction : 50 à 100 % pour les thermoplastiques, parfois plus de 100 % pour les thermodurcissables.

Sous charge, les plastiques se déforment instantanément dans un premier temps, comme un ressort, puis, contrairement au ressort, continuent à se déformer progressivement au cours du temps (« déformation retardée »). C'est le fluage, sorte d'écoulement très visqueux qui dure autant que la charge.

Thermoplastique: se ramollit lorsqu'on la chauffe au dessus d'une certaine température, mais qui redevient solide en dessous. Cette matière conserve de façon réversible sa thermoplasticité initiale.

Exemple : PE, PVC, PP....

Thermodurcissable: commence par se ramollir (si pas déjà mou) sous l'action de la chaleur puis se durcit progressivement pour atteindre un état solide qu'elle conservera sous forme irréversible.

Exemple : résines phénol/formol; bakélite, galalithe...

Elastomères: ce sont des matériaux amorphes, mais avec quelques pontages entre les chaînes macromoléculaires linéaires, ces liaisons sont assurées par des atomes C, S ou O. La réaction permettant d'établir ces liaisons covalentes est la vulcanisation. Cette opération confère aux élastomères une structure tridimensionnelle très souple et très déformable, car le taux de réticulation est faible.

II.2 Propriétés thermiques, physiques et électriques [2] :

Les propriétés des matières plastiques vont varier d'une matière plastique à l'autre. Les principales propriétés sont:

La Légèreté :

La densité de la plupart des matières plastiques est comprise entre 0.9 et 1.8. le plus souvent 1.

La transparence :

Certains plastiques ont un coefficient de transmission de la lumière voisin de celle du verre et bon nombre sont transparent ou translucides.

L'isolation :

Ce sont de bons isolants électriques, thermiques et acoustiques.

L'asepsie naturelle :

Les matières plastiques transformées à des températures supérieures à 150°C apportent l'asepsie aux emballages qu'elles permettent de fabriquer.

L'inaltérabilité :

Les plastiques résistent aux agressions extérieures et à de nombreux produits chimiques. Certains demandent une protection contre les ultra-violets.

L'esthétique :

Les couleurs sont variées et les possibilités de mise en œuvre sont nombreuses. L'aspect lisse et finie du matériau confère à l'objet une impression « désigne ».

L'imperméabilité :

Ils assurent une bonne barrière aux gaz et à l'eau.

La glisse :

Ils possèdent le plus souvent un faible coefficient de frottement.

L'entretien :

Ils sont facile à entretenir, résistent bien à la corrosion, et ils ne nécessitent aucun traitement de surface.

L'inflammabilité :

C'est le plus gros défaut reproché aux plastiques. Certains produits s'enflamment effectivement très vite et dégagent des fumées toxiques; d'autres ne brûlent que si la flamme est entretenue par une source extérieure et ne dégagent pas de gaz toxiques.

Voici en ce qui suit un tableau indiquant les principales matières plastiques et leurs propriétés:

Tableau 1 : principales matières plastiques.

Principales matières plastiques																			
	Symboles	Aspects (1)	Densité	Température limites (°C)	Caractéristiques mécaniques				Résistance chimique				Solvants (2)	Huiles (2)	Usinage (2)	Moulage (2)	Exemple d'emploi (3)		
					Rr (daN/mm ²)	E (daN/mm ²)	A%	Chocs IZOD entaillés	acides		Base alcalin								
									Forts (2)	Faibles (2)	Forts (2)	Faibles (2)							
thermoplastiques	polyéthylène	Basse densité	PE-LD	TRL-OQ	0.92	100	0.5-3	20-40	200-600	ne casse pas	F	B	B	B	B	B	B	(a),(b)	
		Haute densité	PEHD	TRL-OQ	0.96	120	2-4	80-180	20-80		F	B	B	B	B	B	B	B	(c),(d)
	Polypropylène		PP	TRP-OQ	0.91	130	3-5	140-200	250-600	7-25	F	B	B	B	B	B	B	B	(a),(c),(f)
	Polychlorure de vinyle	Rigide	PVC	TRP-OQ	1.38	70	4-6	150-350	5-80	2-100	B	B	B	B	F	B	B	B	(a),(c)
		Souple		TRP-OQ	1.20	70	1-3	1-4	150-450										
	Polystyrène		PS	TRL-OQ	1.05	80	3-5	200-320	5-75	3-20	F	B	B	B	S	B	F	B	(a),(b),(c),(e)
	ABS*		ABS	TRL-OQ	1.10	110	1.7-6	200	10-50	10-50	F	B	B	B	S	B	B	F	(a),(b),(c)
	Poly(méthacrylate de méthyle)		PMMA	TRP-OQ	1.20	85	5-8	220-320	4-10	2-3	F	B	D	F	F	B	B	S	(b),(c),(e),(f)
	Acétate de cellulose		CA	TRP-OQ	1.30	90	3-6	80-250	20-50	6-45	S	F	F	F		B	B	B	(a),(b),(c),(e)
	Polymide		PA	TRP-OQ	1.15	160	5-10	90-280	15-300	3-50	S	B	B	B	B	B	B	B	(a),(c),(d)
	Polycarbonate		PC	TRP-OQ	1.20	130	5-7	240	80-120	65-100	F	B	S	F	F	B	B	B	(a),(b),(e)
Polyoxyméthylène		POM	TRL-OQ	1.40	90	6-7	300	35-75	5-15	S	B	F	F	B	B	B	B	(a),(c),(d)	
polytétrafluoroéthylène		PTFE	OQ	2.20	+260 -200	2-4	35-80	250-500	16	B	B	B	B	B	B	B	-	(d),(f)	
thermodurcissables	Phénoplastes**		PF	TRP-OQ	1.3	190	3-6	270-480	750		S	F	S	S	S		B	B	(a),(b)
	Polyesters		UP	TRP-OQ	1.2	190	5-15	280-400	250-1500	8-100	S	F	S	F	F		F	B	(b),(c)
	Polyépoxyde		EP	TRL-OQ	1.5	280	2-12		250	2-50	F	B	F	B	B	B	B	B	(b),(c),(f)
	Polimides		PI		1.6	250	2-4		750		B	B	B	B	B	B	B	B	(a),(g)
	Silicons		SI	OQ	1-2	230	1				F	B	F	F	F	F	F	B	(g)

- (1) TRL : translucide
TRP : transparent
OQ : opaque
- (2) B : bon
F : faible à moyen
S : mauvais (soluble)

- (3) (a) : pièces mécaniques (engrenages, cames, rotors)
(b) : petits carters, boîtiers, jouets, petit outillage
(c) : grands bâtis, cuves, containers, réservoirs, coques
(d) : pièces de frottement (coussinets, paliers, glissières)
(e) : pièces pour l'optique (vitres, luminaires, diffuseurs)
(f) : applications chimiques, thermiques
(g) : enrobage, étanchéité, isolant

* Acrylonitrile styrène acrylate
** Résine phénol formaldéhyde

III. Amélioration des caractéristiques des matières plastiques :

Différents composés sont introduits dans les polymères de base pour améliorer les propriétés physiques et chimiques de la matière plastique (résistance aux chocs, résistance au courant électrique, résistance au vieillissement ...).

Les dosages des différents composants doivent être précis (les additifs entrent pour plus de 10% dans la composition du produit fini ; les adjuvants entrent pour moins de 10% dans la composition du produit fini, par fois moins de 1%). L'action de la chaleur assure la transformation vers la matière première définitive [5].

IV. Présentation des matières plastiques :

IV.1 La forme commerciale [6] :

On trouve les matières plastiques sous différentes formes :

- ♦ En poudre : Polychlorure de vinyle (PVC).
- ♦ En granulé : La majorité des thermoplastiques.
- ♦ En billes : Polystyrènes expansé (PS).
- ♦ En résines liquides : La majorité des thermodurcissables.
- ♦ En résines pâteuses : Silicones.

V. Le recyclage des matières plastiques :

Le recyclage est un procédé pour traiter les déchets qui permet de les refabriquer sous une autre forme [3].

Le problème du recyclage des matières plastiques est complexe, déjà Il existe plusieurs variétés de plastique, certaines sont recyclables, d'autres ne le sont pas. Ceux qui sont recyclables doivent être triés par type, car chaque type de plastique a des propriétés différentes.

V.1 La biodégradabilité des plastiques [4] :

Il a été reproché aux plastiques de ne pas être biodégradables, mais le verre et les métaux ne le sont pas non plus. Les plastiques dégradables existent sous plusieurs formes.

Les biodégradables proprement dits sont rares, chers, surtout destinés aux usages médicaux.

Les biofragmentables sont des polymères ordinaires chargés d'un composé biodégradable (généralement de l'amidon): le plastique ne se détruit pas, mais tombe en poussière.

Enfin, les photodégradables renferment un adjuvant qui les sensibilise à la lumière. En dehors de certains usages spécifiques (fils de suture résorbables, films de paillage pour l'agriculture), ces plastiques sont critiqués pour se dégrader de façon aléatoire selon les

conditions climatiques, pour entretenir la prolifération de micro-organismes et donc ne pouvoir être mis au contact des aliments, et enfin pour ne pas être recyclables.

V.2 Les plastiques et l'environnement [4] :

Autre reproche: les plastiques, principalement dans les emballages, représentent un gaspillage de pétrole et polluent l'environnement.

Des calculs objectifs (bilan énergétique total pour la consommation de pétrole, écobilan pour l'impact sur l'environnement) permettent de comparer les dépenses et les nuisances imputables à divers matériaux pour un service donné (par exemple, transport et conservation d'un litre d'eau minérale de la source au consommateur en bouteille de PVC perdue, ou en bouteille de verre consignée, ou en boîte d'aluminium). Ces bilans sont, dans la grande majorité des cas, favorables aux plastiques, essentiellement à cause de leur très faible masse.

V.3 Les plastiques et la santé [4] :

Les polymères, composés à très haute masse molaire, ne sont pas solubles dans les liquides biologiques (à l'exception de quelques-uns, réservés à des usages spéciaux) et de ce fait ne sont pas toxiques. Les plastiques, en revanche, sont des mélanges de polymères et d'adjuvants, voire de restes de polymérisation, dont on pourrait craindre une activité biologique.

En pratique, aucun objet fini en plastique n'est dangereux au contact de la peau, ni pour les voies respiratoires. Cependant les producteurs sont tenus de s'assurer qu'il ne reste pas de monomères non polymérisés (formol, amines...).

En ce qui concerne les objets destinés au contact avec les aliments, ou à l'usage médical, ils doivent, de même que les jouets, être fabriqués uniquement à partir de produits expressément autorisés (principe de la liste «positive»). C'est pourquoi les plastiques sont si répandus dans le matériel médical. Les emballages alimentaires doivent non seulement ne pas libérer de composants toxiques, mais encore respecter les caractères organoleptiques (goût, odeur) de leur contenu.

Pour remédier aux problèmes de recyclage des matières plastiques, L'industrie du plastique a créé un système de 7 codes :

V.4 Le système à sept codes :

Vous pourrez les trouver en regardant généralement en dessous du produit (exemple: bouteilles d'eau minérale).



: Le PET ou PETE | Polyéthylène Téréphtalate. Il peut être transparent ou teinté. Il est Souvent utilisé pour les bouteilles de boissons gazeuses, d'huile de cuisine, les boissons aux fruits et les eaux minérales. Et c'est actuellement le plastique le plus recyclable. Il est actuellement le plastique le plus recyclable.

Le PET est broyé puis fondu et transformé en fibres par étirage. Cette fibre sert à rembourrer des anoraks, des peluches ou des couettes...

Exemple : cycle de vie d'une bouteille en PET

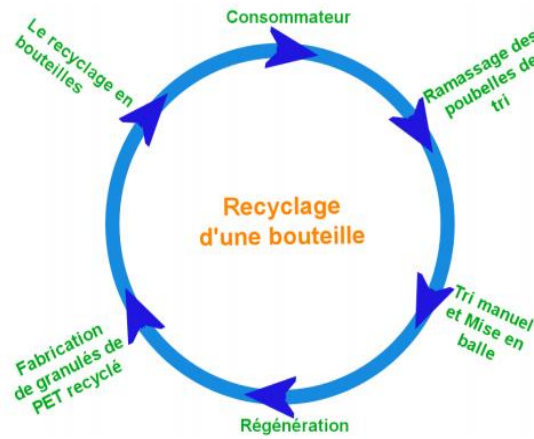


Fig 7 : résumé de recyclage en bouteille [3]



Le PEHD ou HDPE | Polyéthylène haute densité , c'est un matériau souvent opaque qui est employé pour réaliser des emballages de produits ménagers (détergents, lessives...), de liquides alimentaires et de produits de toilette. Il représente 50% du marché des bouteilles en plastiques.

Le PEHD est broyé et transformé en granulés. Ces granulés sont fondus et servent à la fabrication de tubes, de flacons non alimentaires et de bacs de collecte des déchets ménagers.

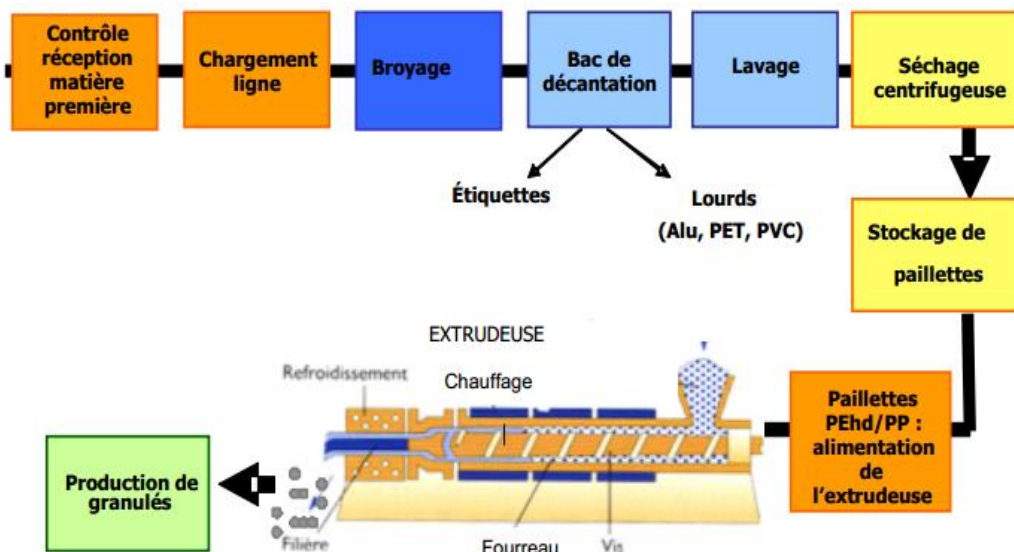


Fig 8 : régénération du PEHD (schéma général) [7]



: Le polychlorure de vinyle (PVC). C'est le 2^{ème} plastique utilisé dans le monde (20% de l'ensemble des plastiques) après les polyéthylènes (32%).

La fabrication et l'incinération de ce plastique non recyclable rejettent des dioxines, des substances cancérigènes et des descriptifs hormonaux. En contact avec la nourriture chaude et/ou grasse, le PVC peut aussi laisser filtrer des produits chimiques comme les adipates ou les phthalates, dont on a vu qu'ils provoquaient sur les souris de laboratoire des malformations de naissances, et des dégâts sur le foie, les reins, les poumons et le système reproductif.

Malheureusement, les emballages en PVC sont utilisés dans la plupart des supermarchés et des épiceries pour emballer le fromage et la viande.



: Polyéthylène basse densité ou Low Density Polyethylene (LDPE). Utilisé pour certains sacs, barquettes alimentaires souples ou emballages plastiques.



: Polypropylène (PP). Utilisé pour certaines tasses pour enfant, Certaines gourdes souples réutilisables pour sportifs, des récipients alimentaires réutilisables, les pots de yogourt et de margarine.



: Polystyrène (PS). Le polystyrène peut laisser filtrer du styrène, un cancérigène potentiel qui peut être également un descriptif hormonal. Il est facile de l'éviter en utilisant des tasses en verre ou en porcelaine au lieu tasses en plastique, en évitant les couverts en plastique, et en ne chauffant jamais les aliments dans des récipients en polystyrène (ils fondraient dans votre nourriture et rejetteraient des gaz toxiques).



: Polycarbonate. Utilisé pour la plupart des biberons et certaines tasses pour bébés.

Le polycarbonate contient du bisphénol-A, un produit chimique œstrogénique et un disruptif hormonal chez les animaux de laboratoire. Des études ont démontré que le

bisphénol-A présent dans le plastique pouvait s'exfiltrer s'il était chauffé ou après une utilisation prolongée.

VI. Les Polymères :


VI.1 Définition :

Un polymère est une grande molécule, organique ou inorganique, constituée de l'enchaînement répété d'unités fondamentales appelées monomères (ou motifs monomères) reliées les unes aux autres par des liaisons covalentes [3].

Un monomère est un composé constitué de molécules simples pouvant réagir avec d'autres monomères pour donner un polymère [8].

Le tableau ci-dessous représente quelques polymères avec leurs appellations courantes et la formule développées du motif monomère correspondante :

Tableau 2 : formule développée des monomères

Formule développée du motif monomère	Appellation courante et Abréviation normalisée
$\text{—CH}_2\text{—CH}_2\text{—}$	Polyéthylène (PE)
$\text{—CH}_2\text{—CH—}$ CH_3	Polypropylène (PP)
$\text{—CH}_2\text{—CH—}$ Cl	Polychlorure de vinyle (PVC)
$\text{—CH}_2\text{—CH—}$ 	Polystyrène (PS)
$\text{—CH}_2\text{—C—}$ CH_3 C=O O CH_3	Polyméthacrylate de méthyle (PMMA)
$\text{—CF}_2\text{—CF}_2\text{—}$	Polytétrafluoroéthylène (PTFE)

VI.2 La polymérisation :

La polymérisation est la réaction qui, à partir des monomères, forme en les liants des composés de masse moléculaire plus élevée, les polymères ou macromolécules. Les noyaux des monomères sont le plus souvent constitués d'un atome de carbone (molécules organiques) ou d'un atome de silicium (polymères siliconés).

On distingue deux grandes catégories de réactions chimiques permettant la préparation des polymères :

a. Polymérisation par étape ou polycondensation [9] :

C'est une réaction chimique répétée. Au cours de la synthèse, catalysée parfois par un acide, un très grand nombre de monomères réagissent tels quels et se lient les uns aux autres. Les molécules initiales forment de plus grosses molécules, des bouts de chaîne qui associent des monomères par des liaisons covalentes simples.

Les tronçons formés s'allongent en se raccordant à d'autres et finissent par former une très longue chaîne. On note dans certains cas la libération d'une molécule d'eau lors de chaque réaction.

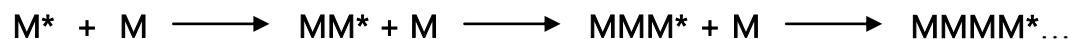
Les polymères synthétisés par ce type de réaction sont par exemple : Les fibres polyamides comme le nylon ; les polyesters ; les polyuréthanes et les résines.

b. Polymérisation en chaîne ou polyaddition [9]:

C'est une réaction qui aboutit à la formation de polymères par additions successives de monomères sur une extrémité de la chaîne macromoléculaire. Elle se fait en trois étapes :

L'amorçage : au cours de cette phase, un activateur se lie à un monomère et cette association chimique crée un centre actif d'où démarre la polymérisation.

La propagation : au cours de laquelle l'activité de ce monomère activé (M^*) se propage au dernier monomère capté en bout de chaîne selon le schéma suivant :



Le polymère dans ce cas a la même structure que le monomère car il n'y a pas de pertes de petites molécules.

La terminaison : au cours de cette phase, la molécule polymère rencontre une espèce chimique qui désactive le monomère en bout de chaîne. La nature de l'extrémité active détermine le nom de la réaction de polyaddition.

Si l'extrémité active est un radical chimique qui possède une très grande réactivité, on parle de polymérisation radicalaire.

Si l'extrémité met en jeu des extrémités ioniques on décrit des polymérisations anioniques ou cationiques.

Les polymères synthétisés par ce type de réaction sont par exemple : le polyéthylène ; le polypropylène ; le polystyrène ; le polychlorure de vinyle et le polyacétate de vinyle.

VI.3 Structure des polymères :

Les polymères peuvent aussi présenter des architectures extrêmement variables. Ils peuvent être linéaires, ramifiés ou réticulés. Le plus souvent, ils sont amorphes, parfois ils peuvent être, au moins partiellement, cristallisés.

a. Les polymères semi-cristallins [5]:

Un polymère semi-cristallin possède des zones semi-cristallines (généralement sous forme de sphérolites) et de zones amorphes.

Les principales caractéristiques de l'état cristallin sont les suivantes :

- ♦ Densité supérieure à celle de la zone amorphe ;
- ♦ Existence d'un point de fusion T_f (absence de transition vitreuse)
- ♦ Indice de réfraction supérieur à celui de la phase amorphe ($n_c > n_a$) ;
- ♦ Imperméabilité totale à la plus part des gaz (sauf H_2 et He éventuellement) ; et vapeurs ou liquides ;
- ♦ Rigidité supérieure à celle de la phase amorphe

b. Les polymères amorphes [5]:

Les chaînes macromoléculaires peuvent être organisées de façon aléatoire dans l'espace et constituer ainsi une phase amorphe. Cette absence d'ordre donne au polymère une structure de liquide «figé» dont les principales caractéristiques sont les suivants :

- ♦ Point de fusion non précis ;
- ♦ Existence d'un point de transition vitreuse T_g marquant le passage de l'état caoutchoutique à l'état vitreux ;
- ♦ La transparence dans le visible. Le polystyrène (PS) "cristal" ou le polychlorure de vinyle (PVC) "cristal" sont transparents et limpides par ce qu'ils ne sont pas du tout cristallin ;
- ♦ Existence d'une mobilité résiduelle dans un intervalle plus au moins large de température au dessous de T_g .

c. Les polymères linéaires [8]:

Les polymères les plus simples sont formés d'un alignement de monomères. Les liaisons entre ces monomères se réalisent dans une seule direction. Il s'agit donc de macromolécules filiformes, que l'on qualifie de linéaires.

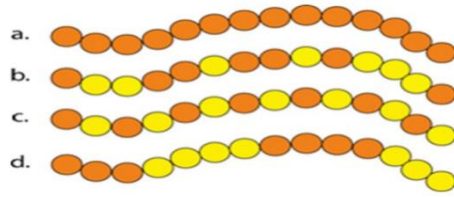


Fig 9 : (a. : homopolymère, b. : copolymère statistique, c. : copolymère alterné, d. : copolymère séquencé)

d. Les polymères ramifiés [8] :

Dans les polymères ramifiés, certaines chaînes latérales sont liées à la chaîne principale. Les ramifications peuvent être dues à des impuretés ou à la présence de monomères ayant plusieurs groupes réactifs. Les polymères formés de monomères présentant des ramifications, comme le polystyrène et le polypropylène, ne sont pas considérés comme des polymères ramifiés.

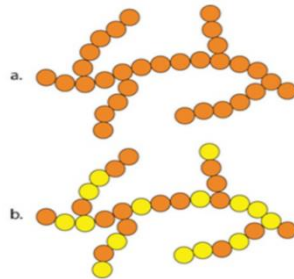


Fig 10 : Homopolymère ramifié (a) et copolymère ramifié (b)

e. Les polymères réticulés [8]:

Certaines molécules peuvent se lier entre elles, elles se nomment alors réticulées. Il s'agit d'un pontage entre les chaînes.

Le plus souvent, ces liaisons sont tridimensionnelles, c'est-à-dire qu'elles se développent dans les trois directions de l'espace, donnant une structure en volume.

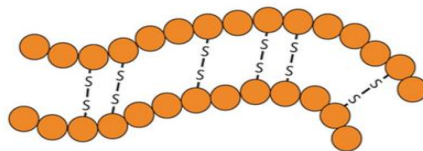


Fig 11 : polymère réticulé avec ponts di-sulfure reliant deux chaînes.

VII. Domaines d'application de la matière plastique :

Le plastique a envahi notre quotidien. Actuellement, il existe plus de 700 types de plastiques, ces nouvelles matières connaissent des applications très nombreuses et très diverses tel que le secteur automobile, la construction navale et aéronautique,

l'électroménager, électricité-électronique, sport et loisir, santé, textile, agriculture, emballage...

Le tableau ci-dessous résume les différents domaines d'application des polymères :

Tableau 3 : Domaine d'application des polymères

Domaines	Polymères	Applications
Automobile	PP PEHD PVC	- Coussin, volant, pare-choc - Filtre, batterie, climatiseur - Réservoir d'essence - Garniture interne
Electricité et Electronique	Polystères Epoxydes Phénolique ABS, PP, PS	- Isolants d'appareillages - Circuits imprimés - Cartères d'appareils
Emballage et conditionnement	PEHD ABS PVC	- Sac cabas, sac poubelle, articles injectés - Couvercles, boîtages - bouteilles, feuilles, films
Santé	PVC PEHD ABS	- Poche à gang, gang d'examen, masque pour oxygénothérapie - Piston de seringue jetable, éléments de prothèse orthopédique - Paroi de rein artificiel
Bâtiments et travaux publics	PVC rigide PS PEHD	- Canalisation d'eau, raccord pour tubes Décoration lumière - Tuyaux et profils, tubes électriques
agriculture	PVC PE	- Serre, paillage, ensilage, bâchage - Poterie florale et cagette - Drainage, arrosage

VIII. Présentation du Polyéthylène (PE) :

VIII.1 Historique du PE :

Les premières polymérisations du polyéthylène ont été réalisées aux environs de 1930 en laboratoire, mais le début de la production industrielle se situe vers 1940.

Les premières canalisations en PE ont été posées dans le nord de l'Allemagne après la seconde guerre mondiale, en terrains fortement salins. Elles ont révélé les qualités de ce produit qui a été, depuis, amélioré de manière considérable en termes de performances et pour la simplicité des techniques d'assemblage et de pose.

VIII.2 Définition :

Polyéthylène est un nom générique utilisé afin de décrire les polyoléfines issues de la polymérisation de l'éthylène. c'est l'une des résines thermoplastiques les plus répandues dans le monde, et concerne un nombre incalculable d'industries, de segments et d'applications.

Le PE permet d'emballer les produits alimentaires de façon économique tout en prolongeant leur durée de vie, de transporter et de distribuer des produits chimiques en toute sécurité, d'acheminer l'eau potable auprès des populations, de protéger les carrosseries des voitures neuves contre les rayures, et pléthore d'autres applications utiles de la vie quotidienne.

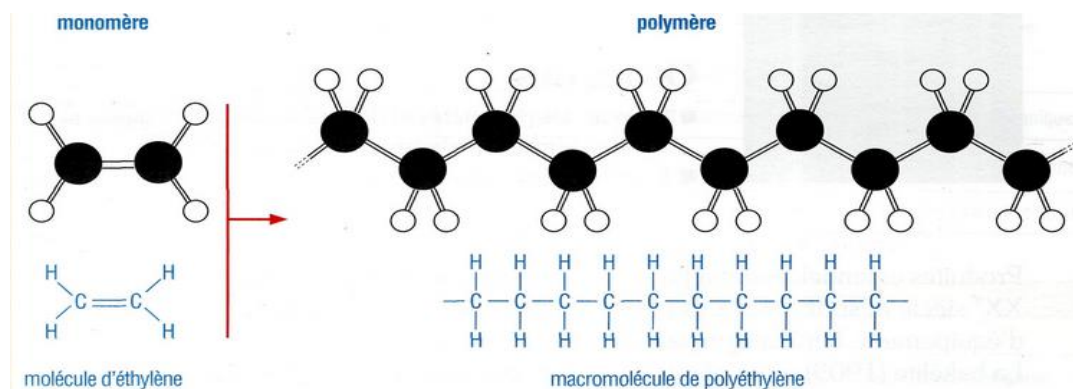


Fig 12 : Structure moléculaire du polyéthylène

VIII.3 Différents types du polyéthylène :

Il en existe de nombreux types mais ceux-ci sont généralement classés dans deux grandes familles qui se définissent en fonction de leur masse volumique :

- polyéthylènes basse densité ou PE-BD : $0,92 \text{ g/cm}^3 < \rho < 0,94 \text{ g/cm}^3$.

Utilisé dans les domaines les plus divers. Sa densité est inférieure à celle de l'eau. Il présente une bonne résistance chimique, il est olfactivement, gustativement et chimiquement neutre pour les denrées alimentaires. Il est transparent, peut être facilement transformé et se prête très

bien au soudage. Sa durée de vie est très longue à cause de sa grande stabilité mais il se recycle bien.

- polyéthylènes haute densité ou PE-HD : $0,95 \text{ g/cm}^3 < \rho < 0,97 \text{ g/cm}^3$.

Utilisé pour des objets plastiques rigides. On le trouve par exemple dans des bouteilles et des flacons, des bacs poubelles, des cagettes, des tuyaux, des fûts, des jouets, des ustensiles ménagers, des boîtes type « Tupperware », des jerricans...

La gamme des polyéthylènes s'étend des grades standards aux PE spéciaux ou fonctionnalisés. Le tableau ci-dessous représente les 03 groupes différents du polyéthylène et leurs applications:

Tableau 4 : Différentes gammes du PE

Groupes du Polyéthylène	Appellation	Applications
Polyéthylène Standard	<ul style="list-style-type: none"> • polyéthylène basse densité LDPE • polyéthylène haute densité HDPE • polyéthylène moyenne densité MDPE • polyéthylène basse densité linéaire LLDPE Butène C4 	sacs plastique du commerce; housses rétractables ; films industriels ; emballages ; supports de mélange-maître couvercles, caisses.
Polyéthylène Haute performance	<ul style="list-style-type: none"> • polyéthylène basse densité linéaire LLDPE Octène C8 • polyéthylène basse densité linéaire LLDPE Hexène C6 • polyéthylène très basse densité VLDPE Octène C8 • polyéthylène très basse densité VLDPE Hexène C6 • polyéthylène basse densité linéaire métallocène mLLDPE Octène C8 	films de pelliculage ; produits d'étanchéité film auto adhérent ; emballage de produits surgelés ; conduits de chauffage au sol ; réservoirs d'huile ; tubes cosmétiques.
Polyéthylènes Spéciaux et Fonctionnels	<ul style="list-style-type: none"> • Éthylène acrylate d'éthyle EEA • Éthylène acide acrylique EAA • Anhydride maléique MAH • Éthylène acétate de vinyle EVA 	adhésifs pour couches ; barrières dans les films alimentaires ; couches d'étanchéité haute résistance pour lignes d'emballage rapide ; revêtements papier et aluminium ; adhésif thermofusible haut de gamme.

VIII.4 Procédé de fabrication du Polyéthylène :

Le polyéthylène (PE) est une matière thermoplastique du groupe polymère semi-cristallin, issu de la synthèse du pétrole.

a. Distillation :

Le pétrole brut est chauffé à 400°C et introduit dans une “colonne de fractionnement” dans laquelle les produits se condensent à différents niveaux en fonction de leur densité; en bas les bitumes, en haut les gaz. La “coupe” NAPHTA qui nous intéresse se condense à 160°C entre le kérosène et l’essence. C’est un liquide incolore.

b. Vapo-craquage :

C’est un second fractionnement, en présence de vapeur d’eau, à 825°C, qui donne un certain nombre de produits de bas en haut de la tour :

- essences aromatiques (dont dérivent entre autres des carburants, des explosifs, le nylon, le tergal),
- butadiène (base de certains caoutchoucs),
- propylène (PPE, acryliques, peintures, vernis),
- éthylène (PVC, PE, polyester, polystyrène).

c. Polymérisation :

Cette opération s’effectue dans un “réacteur” où, sans influence de la température (30 à 100°C) de la pression (60 à 100 bar), un mélange de :

- éthylène gazeux,
- catalyseurs (cristaux métalliques, titane, aluminium),
- un liquide support (heptane, composant de l’essence),
- produit du polyéthylène qui, après évaporation de l’heptane dans un séchoir, se présente sous forme d’une poudre blanche comparable à de la lessive.

d. Granulation :

Cette poudre est additionnée de différents produits destinés à améliorer les performances du matériau (stabilisants, plastifiants) et de colorant (noir de carbone pour les tubes et raccords aux normes françaises).

Le mélange est chauffé dans une “granulatrice” qui fabrique les granulés ; matière première des produits en polyéthylène (canalisations, jouets, articles ménagers, etc...) Le polyéthylène non coloré est blanc laiteux, translucide.

VIII.5 Caractéristiques du Polyéthylène :

- Composé uniquement de carbone et d'hydrogène.
- Matériau thermoplastique, fait à partir du monomère éthylène (C₂H₄).
- Plus léger que l'eau (masse volumique entre 0.90 et 0.96 g/cm³).
- Polymère semi-cristallin.
- Thermo-fusible.
- Brûle entièrement en rejetant du CO₂ et de l'eau.
- Non toxique et inerte.

Propriétés physiques :

Tableau 5 : Propriétés physiques du PE

Propriétés	unité	Moyenne densité	Basse densité	Haute densité
Indice de Fluidité	Dg/mn à 190°C - 2.16 kg	3 à10	3 à10	3 à10
Poids volumique	Kg/m3	930 à 945	0.915 à 929	946 à 960
Absorption d'eau		Néant	Néant	Néant
Dureté Shore D		62		
Coefficient de Poisson		0.40	0.45	0.40
Module de Flexion	Mpa	600 à 900	300 à 600	900 à 1300
Résistance de traction au seuil	Mpa	15 à 23	7 à 15	23 à 30
Allongement Rupture	%	500 à 1000	500 à 1000	500 à 1000
Résistance au choc Charpy entaillé	23°C KJ/m2	20		
	-20°C KJ/m2	15		
Température de transition vitreuse	°C	-110	-110	-110
Point de Fusion	°C	~125	~120	~135
Conductivité thermique	w/m * °C	0.48	0.48	0.48
Coefficient de Dilatation	10-4 * K - 1	2*10-4	2*10-4	2*10-4

VIII.6 Détail sur le polyéthylène à basse densité :

1) Présentation :

Les polyéthylènes "basse densité" ou PE bd sont obtenus par polymérisation de l'éthylène gazeux. Leur invention (1933) est due aux chimistes britanniques FAWCETT et GIBSON. Leur première application a consisté dans l'exploitation de leurs propriétés diélectriques pour l'isolation haute fréquence: câbles sous-marins et installation de radar.

2) Propriétés physiques :

- ♦ Opaques en fortes épaisseurs et transparents en films.
- ♦ Masses volumiques : de 0,91 à 0,96 g/cm³.
- ♦ Perméabilité : les polyéthylènes sont perméables aux hydrocarbures, aux alcools, aux gaz, mais peu perméables à la vapeur d'eau.

3) Propriétés mécaniques :

Thermoplastiques semi-rigides, les polyéthylènes sont à la fois très souples en faible épaisseur et difficiles à déformer en forte section.

4) Propriétés thermiques :

Les PE bd conservent leurs propriétés dans une plage de températures relativement importante. La température de fragilité se situe à plusieurs dizaines de degrés en dessous de zéro.

Comportement au feu: les polyéthylènes sont inflammables, en dégageant essentiellement du gaz carbonique et de l'eau.

5) Propriétés électriques :

Les propriétés d'isolation électrique sont exceptionnelles. Ces propriétés, très peu influencées par les variations de température, subsistent pour des tensions et des fréquences élevées. Elles ne sont pas altérées par l'humidité.

6) Tenue chimique :

En général, la résistance chimique est très bonne. Les polyéthylènes résistent:

- ♦ aux acides faibles et acides forts non oxydants,
- ♦ aux bases faibles et fortes,
- ♦ aux solvants organiques en dessous de 80°C, mais sont perméables.

7) Tenue dans le temps :

La chaleur, l'oxygène de l'air, les rayons ultraviolets altèrent les propriétés physiques, mécaniques et chimiques des polyéthylènes.

Pour des applications de longue durée (>1 an), on les protège par du noir de carbone (câblerie, films pour ensilage) ou par des agents anti-U.V. appropriés.

8) Mise en œuvre :

Les polyéthylènes se prêtent à la plupart des techniques de mise en œuvre suivantes :

- ♦ extrusion en continu (films, enduction)
- ♦ extrusion de tuyaux,
- ♦ extrusion-soufflage de corps creux,
- ♦ injection,
- ♦ moulage.

9) Application :

- ♦ Films, sacs et sachets (PE bd) : sac grande contenance, films et housses rétractables, films étirables à froid, films complexes (avec PA, PET, PVDC), films agricoles.
- ♦ Tuyaux et tubes (PE hd et bd)
- ♦ Câblerie (PE hd et bd) (isolation et gaine extérieure). Le PE bdr réticulé chimiquement est employé comme isolant des câbles moyens et basse tension.
- ♦ Corps creux par extrusion-soufflage (PE bd et hd) et par moulage par rotation réservoirs à essence et bidons d'huile (PE hd).
- ♦ Pièces injectées : bouchons, couvercles, articles de ménage, jouets, etc... (PE bd), casiers à bouteilles, palettes (PE hd).

VIII.7 Ecologie et recyclage :

Au cours de ces dernières années, le recyclage et la réutilisation des produits usés en PE ont pris de plus en plus d'importance. Avec sa structure chimique simple, le polyéthylène prime sur la plupart des autres matériaux grâce à son aptitude au recyclage simple.

En matière de revalorisation (recyclage), l'industrie est constamment à la recherche de nouvelles méthodes permettant d'intégrer dans le cycle énergétique les produits usés en matière synthétique de façon aussi écologique que possible.

Actuellement, on distingue deux types de réutilisation du polyéthylène :

♦ **le recyclage matériel :**

Le PE usé est collecté par l'industrie du PE, puis transformé en granulés servant de base à la fabrication de nouveaux produits en PE,

♦ **le recyclage thermique :**

Il repose sur la valorisation énergétique des déchets en matière synthétique.

A la fin du cycle du produit, l'énergie du pétrole contenue dans le polyéthylène sert à remplacer, dans les fours des cimenteries ou des usines d'incinération, des matières premières aussi précieuses que le charbon, le gaz ou le pétrole.

Le recyclage thermique ne dégage ni gaz, ni vapeurs nocifs pour l'environnement. Par l'incinération d'une tonne de PE, on obtient le même effet qu'avec une tonne de pétrole. Par ailleurs, la valeur calorifique élevée du PE sert à alimenter les fours des usines d'incinération.

D'une part, le PE usagé est éliminé sans danger pour l'environnement ; d'autre part, la consommation de pétrole est réduite de manière considérable. Chaque tonne de pétrole consommée pour la fabrication de produits en polyéthylène peut être mise à profit une seconde fois, pour la fabrication de ciment ou la production de chaleur dans un système de chauffage à distance.

VIII.8 Principaux avantages du PE :

- ☞ Résistance au choc même à froid.
- ☞ Résistance à l'abrasion.
- ☞ Faible coefficient de friction.
- ☞ Qualité du souple au Rigide.
- ☞ Inertie Chimique.
- ☞ Qualité contact alimentaire.
- ☞ Isolation électrique.

VIII.9 Principaux Inconvénients du PE :

- ☞ Collage difficile
- ☞ Températures maxi d'utilisation de 50 à 80°C suivant les qualités.
- ☞ Retrait Important.

Conclusion :

Nous avons essayé, dans ce présent chapitre, de présenter les différents types des matières plastiques et leurs propriétés (physiques, chimiques et mécaniques). Et on peut maintenant dire que l'utilisation croissante des plastiques est due essentiellement à leur facilité de mise en œuvre, la diversité des moyens de transformation ainsi que leur coût relativement modique, les matières plastiques offrent des possibilités bien supérieures à d'autres matériaux dans de multiples domaines.

Chapitre II

Procédé de mise en œuvre des matières plastiques

Introduction :

Les polymères peuvent être mis en œuvre à partir de poudres (revêtements), de solutions ou d'émulsions (peintures, colles et adhésifs, fibres Kevlar), de l'état fondu ou caoutchoutique, et de l'état solide (usinage de pièces mécaniques ou de prothèses articulaires)

Le polymère est mélangé à différents produits (stabilisants, lubrifiants, plastifiants, charges, etc.) pour élaborer une formulation qui se présente le plus souvent sous forme de poudre ou de granulés.

Cette formulation est ensuite fondue (cas des polymères semi-cristallins) ou plastifiée (cas des polymères amorphes), à la fois par conduction thermique depuis les parois de l'outillage de mise en forme et par dissipation d'énergie mécanique.

Cette matière liquide très visqueuse est ensuite forcée dans un outillage qui va donner une première forme au produit : tube, jonc, film, pièce injectée, etc.

Cette matière thermoplastique mise en forme est alors refroidie, dans certains cas étirée et biétirée, pour obtenir le produit final. De ce processus de mise en forme, des paramètres d'étirage et de refroidissement, vont dépendre la microstructure du polymère, et donc ses propriétés.

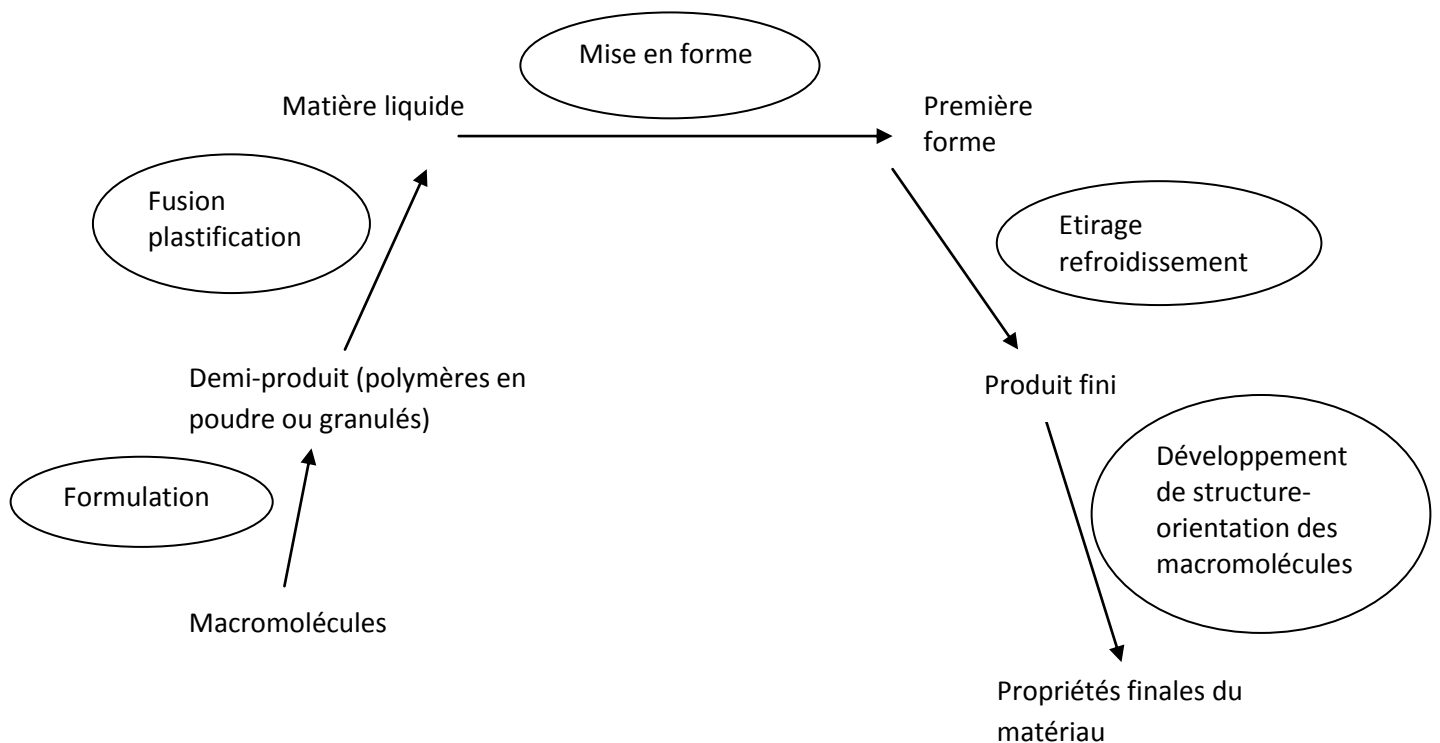


Fig 13 : Schéma général de mise en forme des polymères thermoplastiques [11]

I. L'injection :

La plupart des pièces en thermoplastique technique sont fabriquées selon le procédé de moulage par injection.

Le procédé d'injection consiste à remplir les cavités froides d'un moule avec de la matière plastique à l'état fondu, puis à démouler la pièce obtenue après refroidissement et solidification de la matière plastique. Il permet de fabriquer des pièces de géométrie complexe en une seule opération. Les différentes phases du cycle d'injection se déroulent de la manière suivante :

- Le polymère est fondu dans un dispositif vis-fourreau semblable à celui de l'extrudeuse monovis, mais dans lequel la vis possède une possibilité de mouvement supplémentaire.
- Dans un premier temps, la buse à l'extrémité du fourreau étant obturée, la vis tourne en reculant et le polymère fondu s'accumule en tête de vis.
- Une fois que la quantité de polymère nécessaire à la fabrication de la pièce a été fondue, la buse s'ouvre et la vis se transforme en piston qui injecte à grande vitesse le polymère chaud dans un moule fermé et froid : c'est la phase de **remplissage**.
- Le refroidissement du polymère est lent du fait de sa faible conductivité thermique. Il est donc possible de compenser en partie la variation de volume spécifique du polymère en continuant à injecter du polymère liquide sous forte pression : c'est la phase de **compactage**.
- Une fois que le canal reliant la buse de la presse à injecter au moule est solidifié, il n'y a plus de compactage possible. La pièce continue à se refroidir dans le moule puis, après éjection, à l'extérieur du moule.

La figure qui suit décrit le cycle d'injection :

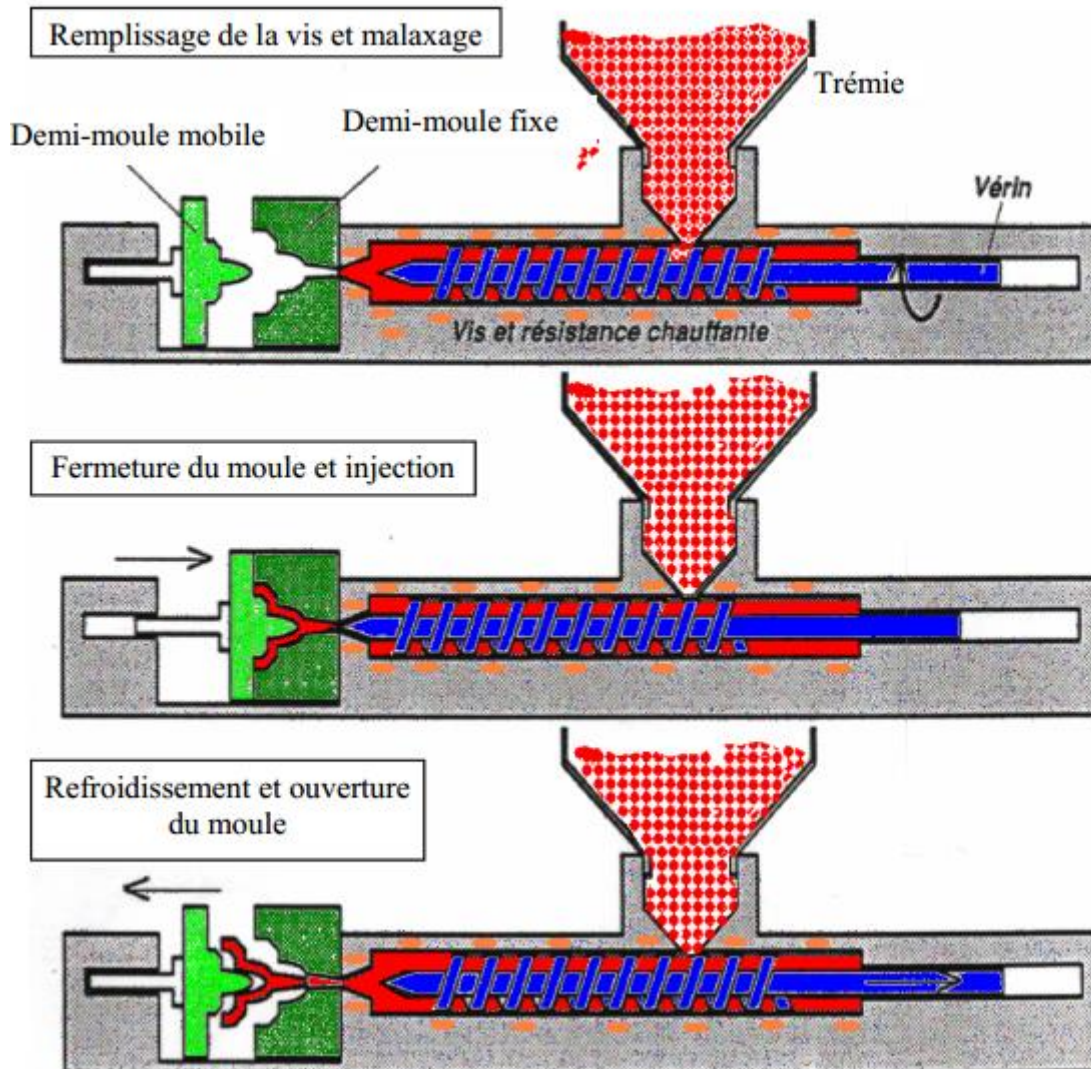


Fig 14 : Procédé d'injection

II. Injection soufflage :

L'injection-soufflage est un procédé de mise en forme des thermoplastiques et du verre pour les corps creux, tels des flacons et des bouteilles.

Dans un premier temps par injection on obtient la paraison (préforme). Le col de la préforme a déjà sa forme définitive comme le goulot des bouteilles en plastique : c'est la partie qui sert à tenir la future bouteille pendant l'opération de soufflage. Le corps de la préforme est chauffé puis une tige étire la préforme jusqu'au fond du moule.

Enfin, un très puissant jet d'air oblige la matière à épouser la forme du moule. La préforme prend alors la forme voulue et le moule est refroidi puis ouvert pour faire sortir la bouteille.

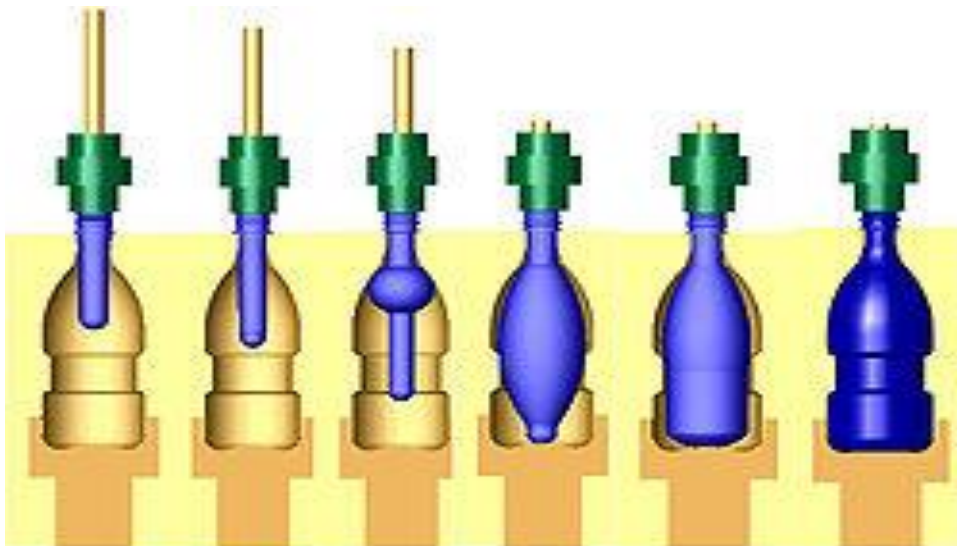


Fig 15 : Exemple de soufflage

III. L'extrusion :

L'extrusion est un procédé de transformation thermomécanique en continu. Le granulé ou bien la poudre entre dans un tube chauffé muni d'une vis sans fin. La matière chauffée et homogénéisée grâce à la vis sans fin est contrainte d'avancer et de se comprimer puis passer à travers une filière pour être mise à la forme souhaitée.

C'est un procédé qui permet d'obtenir des produits de formes diverses et de grande longueur comme les tubes, tuyau, profilés, films ou plaques.

III.1 Extrusion PROFILE :

Ce procédé permet d'obtenir un plastique sous plusieurs mélanges (colorant, agent anti-UV, Charge ...) éléments qui permettent d'assouplir ou de solidifier les matières. On les mélange et on les fait tourner dans une vis sans fin, la matière sort sous forme pâteuse puis pressée et enroulée sur une bobine.

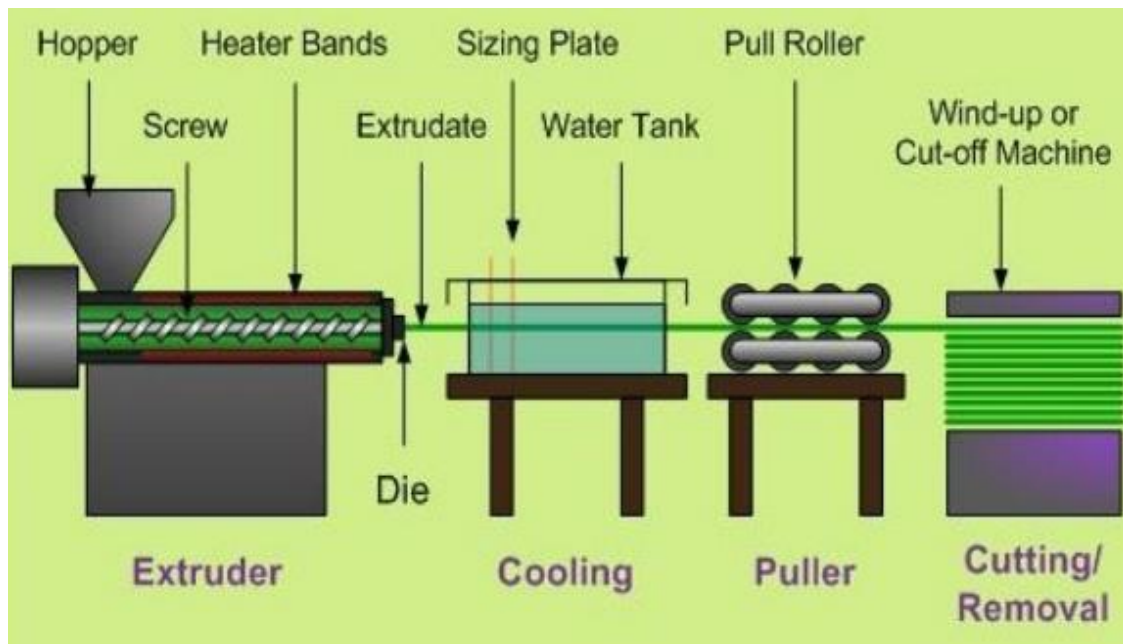


Fig 16 : procédé d'extrusion profiles [3]

III.2 Extrusion SOUFLAGE :

Ce procédé permet d'obtenir des matières plastiques creuses en l'injectant dans une vis qui chauffe, le plastique est rendu sous l'état pâteux puis injecté dans un moule en même temps que nous injectons de l'air, sous la pression de l'air, le plastique va prendre la forme du moule.

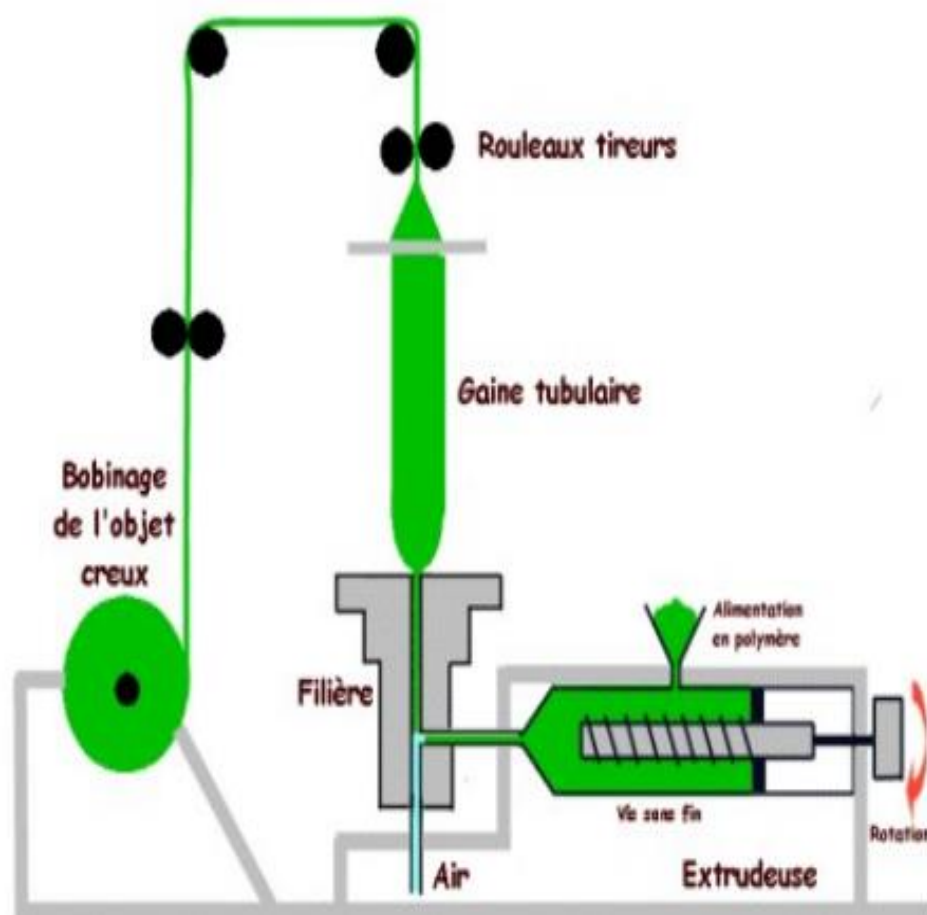


Fig 17 : Extrusion soufflages [3]

III.3 extrusion Gonflage :

Ce procédé consiste en sortie de l'extrudeuse à dilater avec de l'air comprimé une gaine polymère. La sortie de l'extrudeuse est verticale, on insuffle de l'air comprimé dans la matière fondue qui se gonfle et s'élève verticalement en une longue bulle de film.

Après refroidissement, des rouleaux aplatissent le film en une gaine plane qui s'enroule sur des bobines.

On fabrique ainsi des sacs-poubelles, de sacs de congélation, des poches médicales pour perfusion et des feuilles souples et fines de revêtements pour serres horticoles.

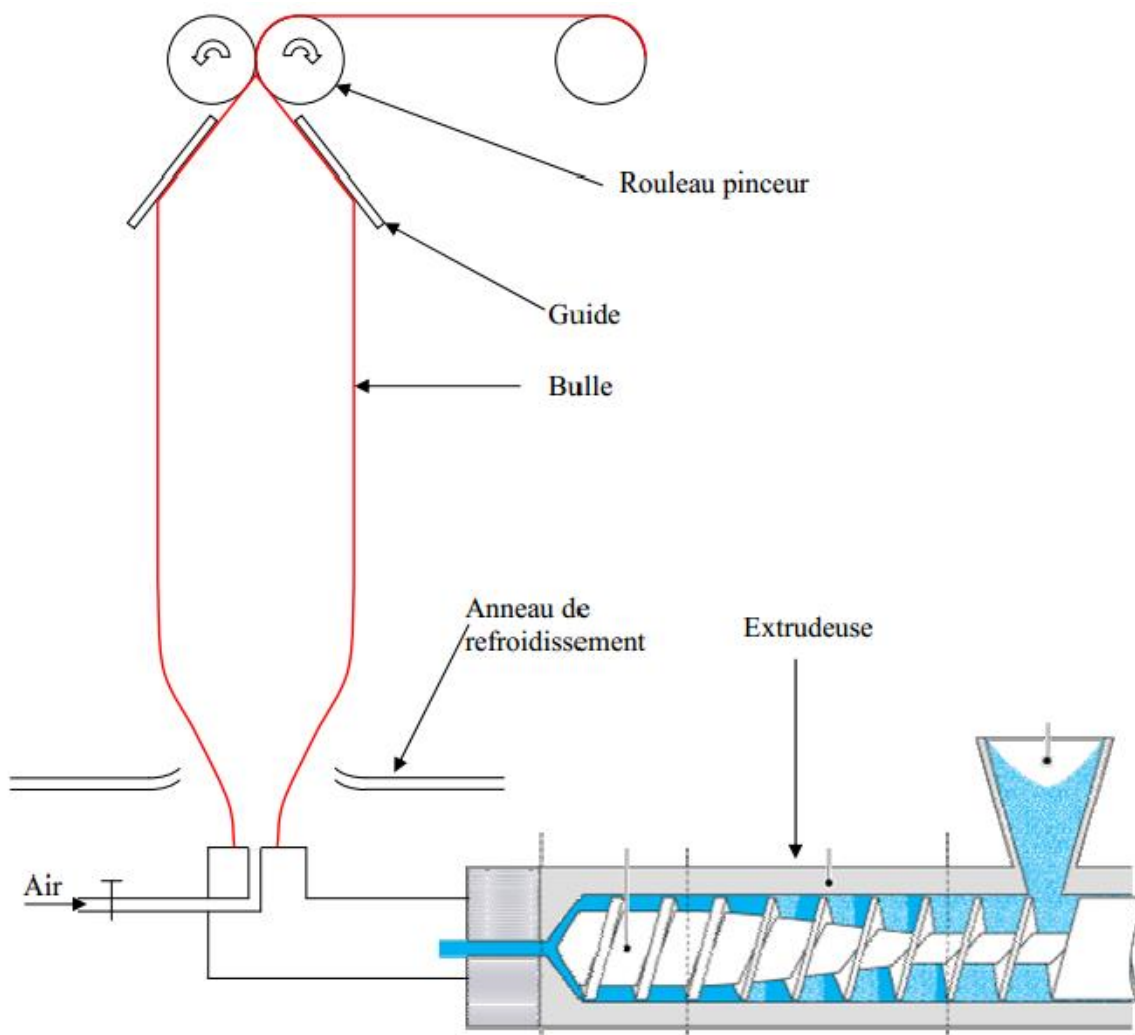
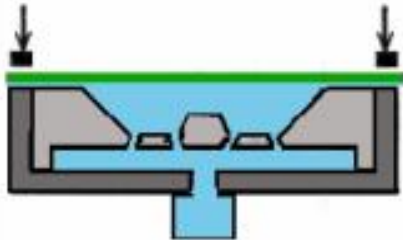


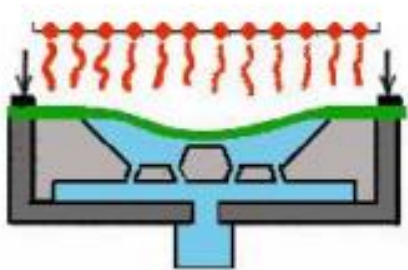
Fig 18 : Extrusion gonflage [3]

IV. Le thermoformage :

Le thermoformage est un procédé de traitement à chaud des semi-produits rigides en plaque, feuilles, tubes et profilés. Les semi-produits sont ramollis par chauffage pour être déformé et mis en forme par un moule métallique. La parfaite adhésion du polymère sur le moule se fait par aspiration sous vide ou par plaquage par injection d'air sur le moule froid.

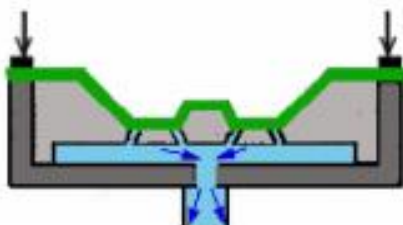


La plaque est bloquée sur le moule



La plaque est chauffée

Quand elle arrive à l'état plastique...



... l'air situé entre la plaque et le moule est aspiré

La plaque épouse la forme du moule.

On laisse refroidir la plaque et on la retire du moule.



Les flans de la pièce sont découpés (partie inutile pour la pièce).

Le formage de la pièce est terminé.

Fig 19 : Procédé Thermoformage

V. Le calandrage :

Le calandrage permet de fabriquer des feuilles ou des films plastiques d'épaisseur fines ou moyenne par écrasement de la matière entre des rouleaux.

La matière plastique est préalablement chauffée et malaxée (état pâteux) puis acheminée vers la calandreuse.

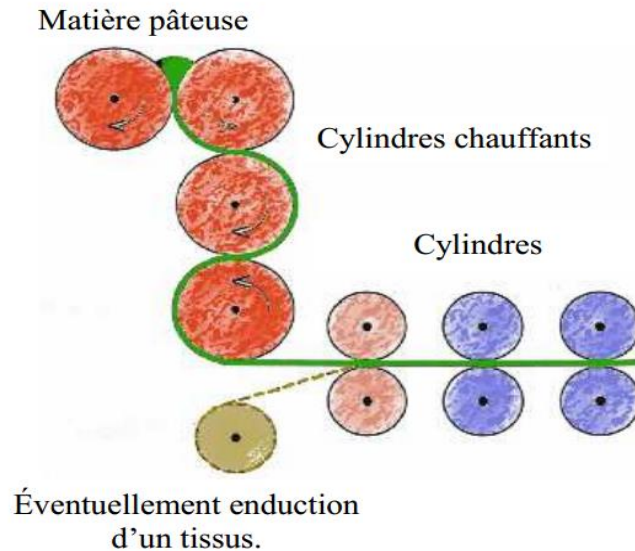


Fig 20 : Calandrage

VI. Le moulage :

VI.1 Le moulage par Rotation :

Il consiste à faire introduire la matière thermoplastique dans un moule sous forme de poudre très fine, le moule est fermé puis chauffé ; pendant que la matière devient fluide, l'ensemble est mis en double rotation autour de deux axes perpendiculaires pour couvrir toute la paroi.

Lorsque la matière est fondue et correctement répartie dans l'empreinte, le moule est introduit dans un système de refroidissement.

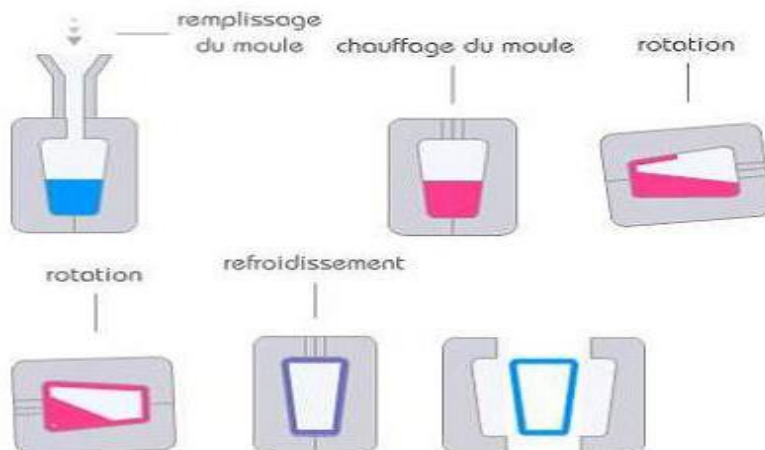


Fig 21 : Moulage par rotation

VI.2 Moulage par Compression :

C'est une technique de moulage très simple, elle consiste à faire subir l'action conjuguée de la pression et de la chaleur à une poudre, granulés ou de la matière pâteuse à mouler thermodurcissable.

La matière comprimée est chargée sur le moule ouvert chaud. Lorsque ce dernier est fermé et mis sous pression la matière plastique fond, opère sa polycondensation finale, et au bout d'un temps relativement court (1 min à 1 min 30) il est possible d'ouvrir le moule et d'éjecter la pièce.

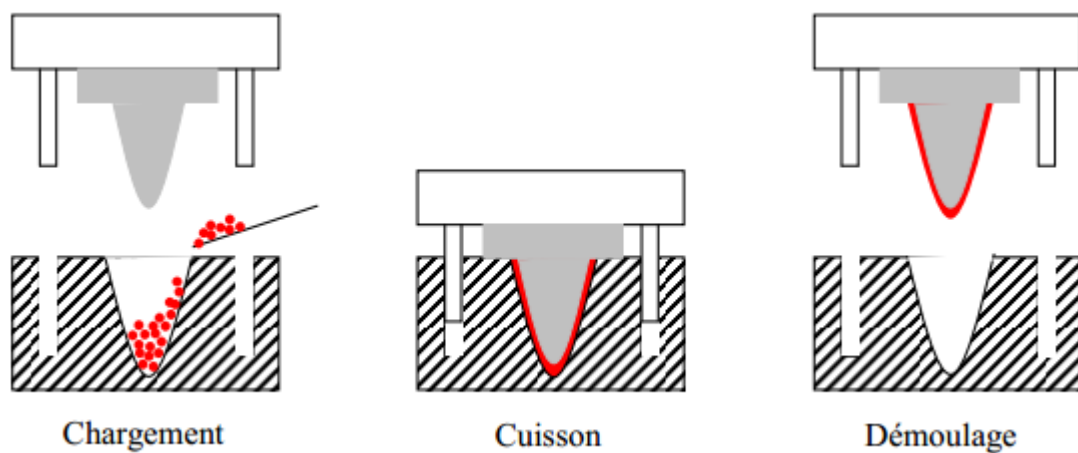


Fig 22 : Moulage par compression

VI.3 moulage par réaction :

Le procédé consiste à injecter dans un moule deux ou plusieurs composants liquides dosés et mélangés. Ce procédé permet de produire toutes sortes de pièces pleines en mousse souple, semi-rigide, rigide et même en élastomères compacte avec ou sans peau intégrable.

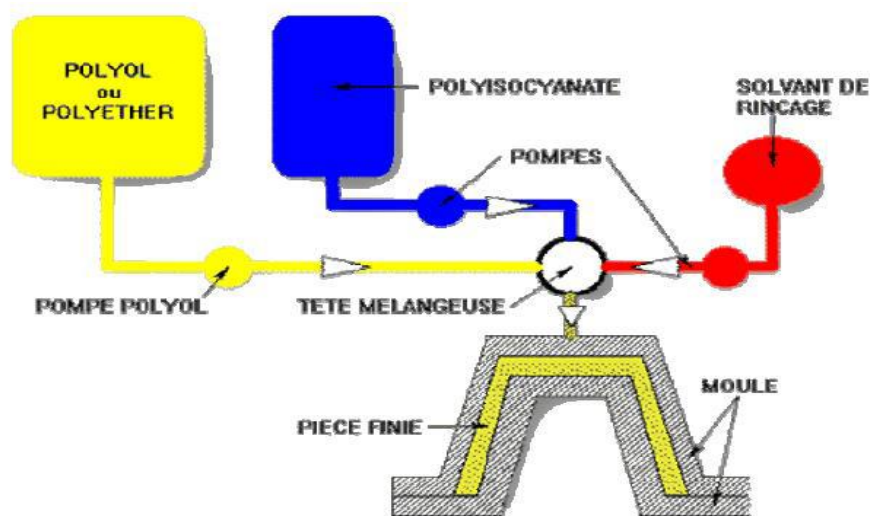


Fig 23 : Moulage par Réaction

VII. Les presses à injection plastique :

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

VII.1 Les différentes architectures des presses d'injection :

Il existe plusieurs presses d'injection plastique : presse à piston, à vis sans fin, à plateau tournant. Elles sont nommées couramment dans l'industrie « presses à injection » ou « presses à injecter ».

Le nom de presse est dû au fait que le moule est fortement fermé et comprimé dans une presse hydraulique ou électrique spéciale.

Les presses à injection sont classées par tonnage pouvant varier de 5 tonnes à 9 000 tonnes. Plus le tonnage est élevé, plus la presse peut mouler les pièces de grande surface projetée (dans le plan d'ouverture du moule). Suivant le sens d'injection, on distingue deux configurations de presse possible :

a) Presse horizontale :

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

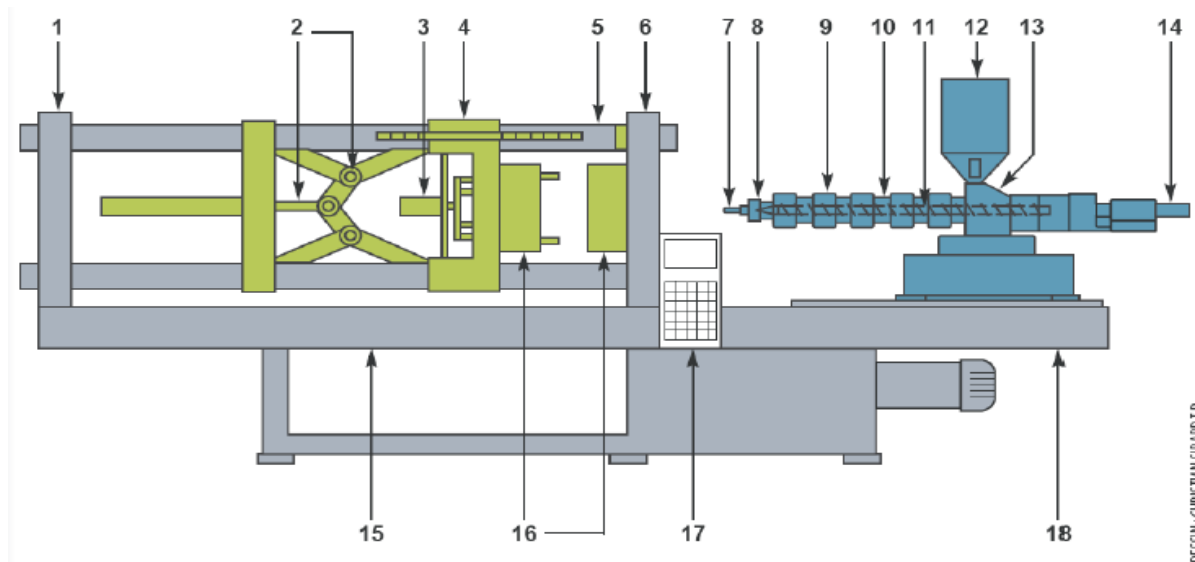


Fig 24 : Presse à injection plastique horizontale.

1. Plateau arrière fixe.
2. Mécanisme de fermeture (ex. : genouillère, vérin).
3. Ejecteur.
4. Plateau mobile.
5. Colonne de guidage.
6. Plateau fixe d'injection.
7. Buse d'injection.
8. Tête du baril.
9. Collier chauffant.
10. Baril d'injection.
11. Vis sans fin.
12. Trémie d'alimentation.
13. Goulotte d'alimentation.
14. Motorisation de la vis.
15. Evacuation des pièces.
16. Moule.
17. Console de commande.
18. Bâti.

b) Presse verticale :

Dans ce cas, la presse à moins d'encombres, l'axe de la vis est vertical et l'ouverture du moule est dans un plan horizontal.

Ce type de presse s'utilise pour des moules comportant des insertions de prisonniers métallique mais le démoulage de la pièce nécessite un transfert. Cette presse préoccupe peu de place au sol.

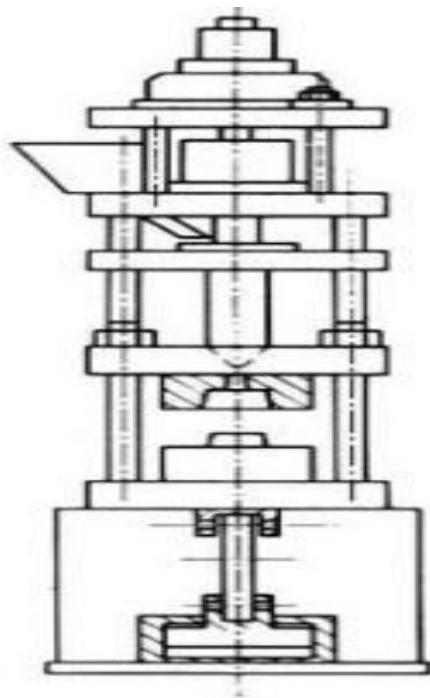


Fig 25 : Presse verticale

VII.2 Types de presses à injection [12]:

a) Presses à injection simple :

Les presses à injection simple sont les plus utilisées, elles possèdent une seule unité d'injection qui permet d'injecter un seul polymère et avec des plateaux fixes.

b) Presses à injection multi-matière et multi-couleur :

Les deux techniques (multi-matière et multi-couleur) sont identiques, elles font appel à des machines possédant plusieurs unités d'injection et on intègre à la machine un plateau rotatif, sur lequel est montée la partie du moule mobile. Les injections sont réalisées simultanément.

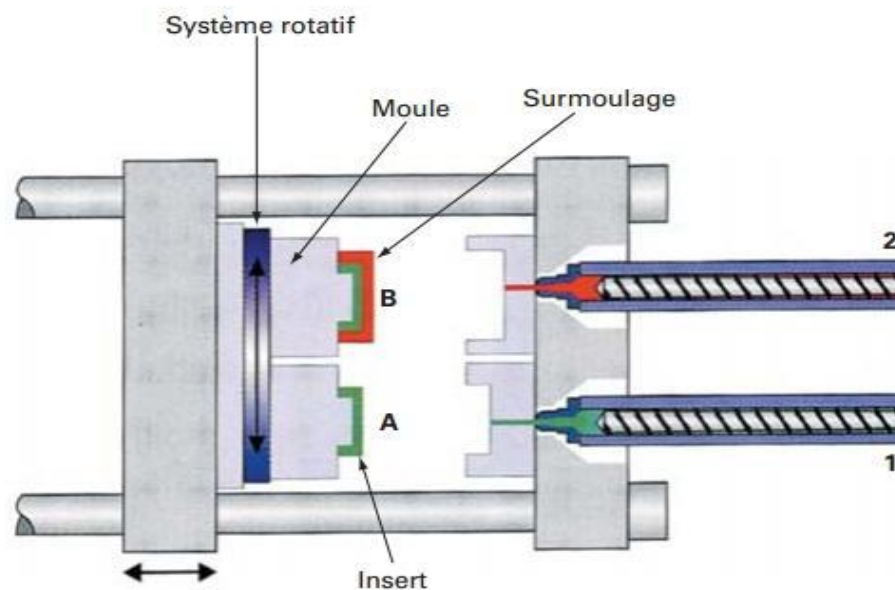


Fig 26 : Presse à injection multi-matière et multi-couleur

c) Presses à injection sandwich :

C'est un procédé qui permet d'injecter dans un moule à l'aide d'une machine bi-matière séquentiellement ou simultanément deux polymères (au minimum).

L'un d'entre eux forme la couche extérieure appelée peau tandis et l'autre est le cœur de la pièce. Ils se présentent sous forme solide ou expansée ou combinée. Les matériaux seront expansés par adjonction soit d'agent porogène, soit de gaz inerte ou par la combinaison des deux.

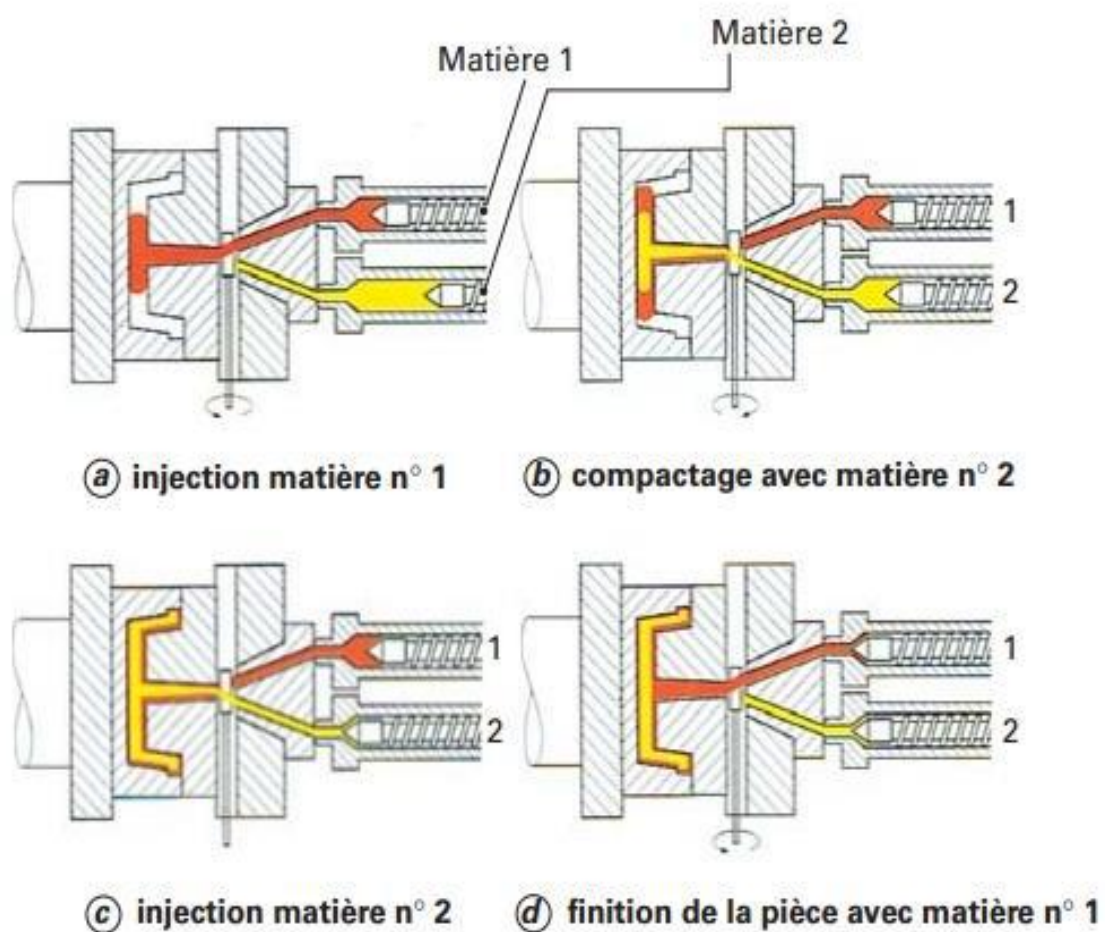


Fig 27 : Presse à injection sandwich

d) Injection assistée par gaz :

Le principe de cette technique est très simple : la cavité est partiellement remplie lors de la phase d'injection dynamique ; le gaz sous pression termine le remplissage en repoussant la matière encore fondue au cœur de la veine.

C'est le procédé le plus économique. Comme la cavité peut être remplie entièrement mais il faut utiliser une masselotte pour évacuer l'excès de matière après l'injection du gaz.

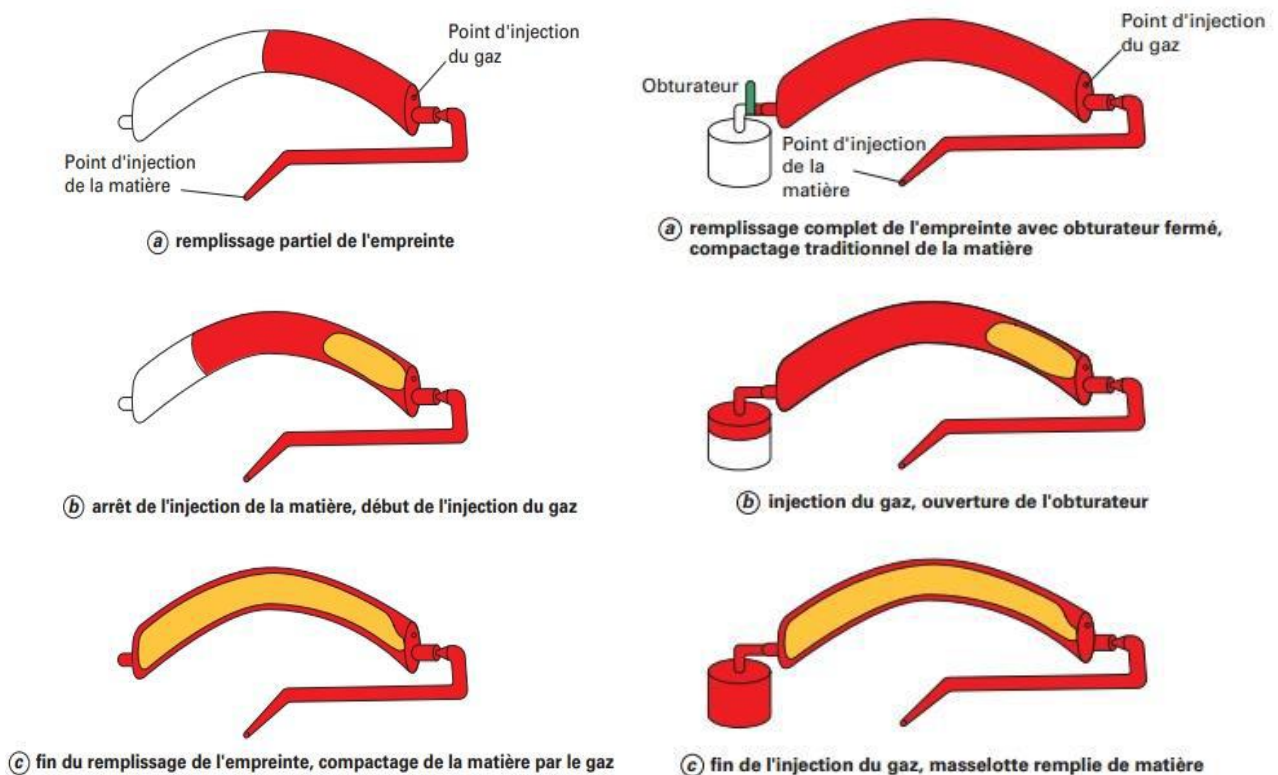


Fig 28 : Injection assisté par gaz.

VIII. Les trois principales unités d'une presse d'injection :

Une presse est composée principalement de trois parties : Unité d'injection, le moule et le dispositif du mouvement du moule.

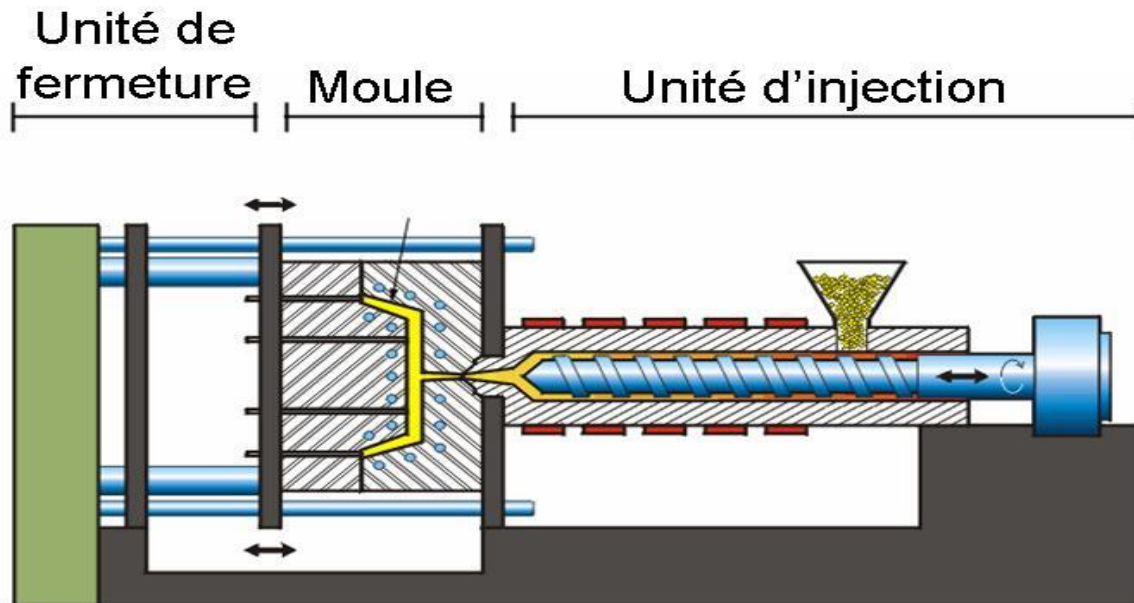


Fig 29 : Différentes unités d'une presse à injection

VIII.1 Unité d'injection :

Le groupe d'injection assure les tâches suivantes :

- ♦ Recevoir la matière première;
- ♦ Etablir le contact entre le moule et l'unité d'injection;
- ♦ Injecter la matière plastifiée dans les conditions établies à l'aide d'un système vis-piston.

a) Système vis-piston :

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

Pour la plastification, la vis tourne et plastifie la matière. Les granulés sont chauffés, fondus, et homogénéisés pendant leurs transports de la trémie vers la buse.

Pour stocker la quantité de matière nécessaire à l'injection d'une pièce, le dispositif vis-piston peut reculer dans le fourreau de la machine pour doser la quantité voulue de matière plastifiée devant la vis, la vis arrête de tourner et de reculer.

Pour injecter, un vérin hydraulique pousse la vis, celle-ci plaque le clapet sur son siège, la matière ne peut plus refluer vers l'arrière l'ensemble injecte sous pression dans le moule la matière dosée. Pendant cette phase, l'hydraulique peut être asservie pour harmoniser le remplissage du moule en fonction de la pièce et de la matière éjectée.

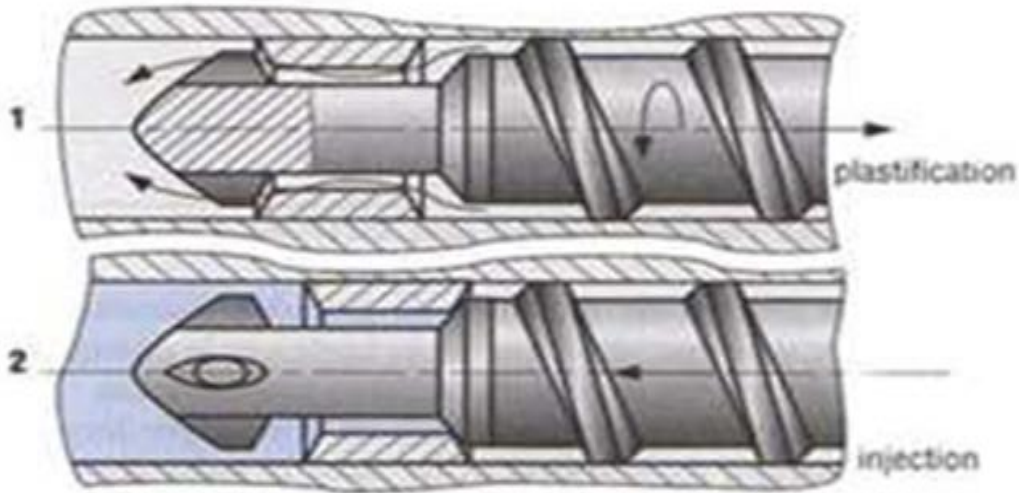


Fig 30 : Système vis-piston

b) Caractérisation du système d'injection:

- ♦ **La capacité d'injection :**

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

- ♦ **La capacité de plastification horaire :**

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

- ♦ **La pression maximale d'injection :**

C'est la force de poussée maximale du système vis-piston qui est exercée sur le plastique pour l'introduire dans le moule.

- ♦ **Le dégazage :**

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

VIII.2 Unité de fermeture :

Le rôle du groupe de fermeture est rendre possible l'ouverture et la fermeture du moule grâce à la manœuvre de ces deux plateaux : l'un est mobile, l'autre est fixe. La partie mobile, peut se déplacer à des vitesses et courses très différentes. Le groupe sert aussi à appliquer la force de fermeture et à centrer les deux parties du moule lors de la fermeture.

a. Caractérisation d'un système de fermeture :

♦ Force de fermeture :

La force de fermeture est la force nécessaire pour maintenir le moule fermé lors de l'injection qui est calculée par rapport à la pression exercée dans le moule pendant l'injection et doit être supérieure à la pression d'injection.

Il est obligatoire d'exercer un verrouillage du moule, qui doit-être de 20 à 25% supérieur à la pression d'injection pour éviter son ouverture et du toilage sur les pièces

♦ Course de fermeture ou d'ouverture :

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

♦ Dimensions des plateaux :

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

♦ Epaisseur du moule minimale :

La distance entre plateaux en position moule fermé, représente alors le moule d'épaisseur minimale exploitable.

♦ Epaisseur du moule maximale :

Si l'on veut conserver, pour la course d'ouverture de la presse, la valeur maximale possible un réglage permettant de reculer le plateau mobile par rapport à la position correspondant à celle du serrage minimal ajouté à l'épaisseur du moule minimal, donne l'épaisseur maximale du moule possible.

♦ La force d'éjection :

La force d'éjection est la force exercée par la presse sur le dispositif d'éjection du moule.

VIII.3 Le moule :

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

Le démoulage ce fait après refroidissement lorsque la pièce est suffisamment rigide. Ce refroidissement est assuré par des circuits qui sont implantés autour de la cavité de la pièce à moulée.

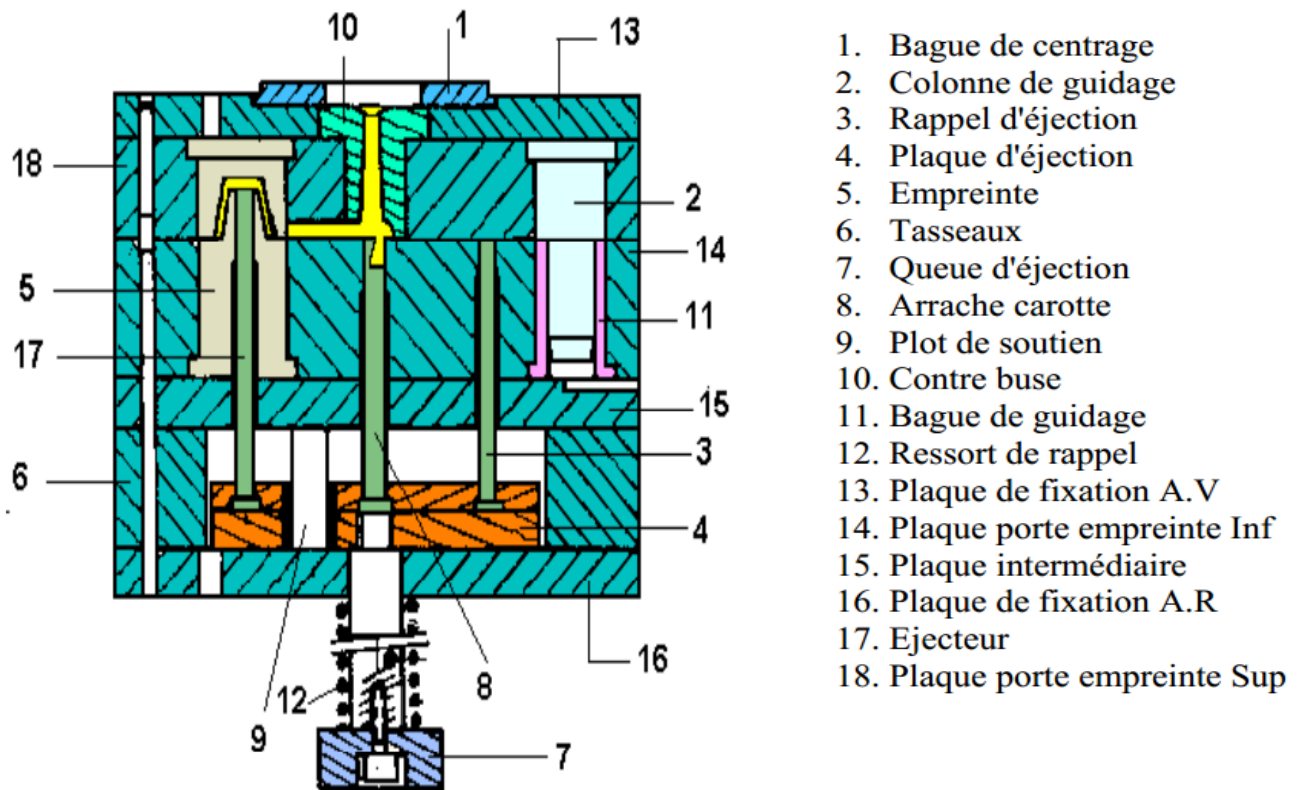


Fig 31 : Exemple de moule

Conclusion :

Les procédés de mise en œuvre des plastiques sont extrêmement variés, s'adaptant suivant les cas aux matières solides ou liquides plus ou moins pâteux, thermoplastiques ou thermodurcissables, monolithiques, homogènes ou composites.

Chapitre III

Conception d'un moule à injection plastique

Introduction :

En fonction du type de pièce, du nombre d'empreintes, de la position du point d'injection, du type d'injection, des contre-dépouilles, nous aurons des outillages différents :

Tableau 6 : Différents outillages d'un moule à injection plastique

Moules	Standard 3plaques A dévisage A tiroir
Ejections	Ejecteurs Plaque dévêtisseuse Air comprimé
alimentations	Avec déchets Sans déchets

Le dimensionnement de l'outillage sera fonction de :

- La forme de la pièce
- Les dimensions de la pièce
- La matière de la pièce
- Les tolérances de la pièce
- Des capacités de la machine
- Des cadences de production
- Du budget

I. Définition et fonctionnement :

Un moule standard est constitué de deux parties :

- Une partie s'adaptant sur le plateau fixe des presses : c'est le côté INJECTION, « *partie fixe* ».
- Une partie fixée sur le plateau mobile : c'est le côté EJECTION, « *partie mobile* ».

La zone marquée de rouge est appelé « plan de joint » (pdj). C'est toute la surface où les 2 parties citées précédemment sont en contact.

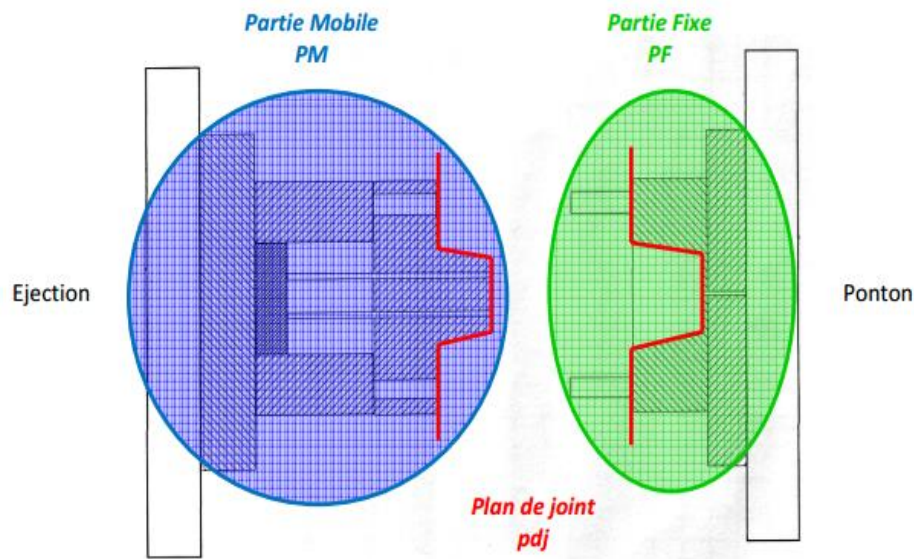


Fig 32 : Différentes parties d'un moule d'injection

Le côté injection du moule possède généralement une partie des empreintes ainsi qu'une partie du système d'alimentation. Cette alimentation standard est constituée de la carotte, d'un canal principal, éventuellement avec des canaux secondaires et un (ou plusieurs) seuil(s) d'injection.

Ces divers éléments forment la grappe d'alimentation, matière perdue, ou déchets, qui dans la plupart des cas sont recyclée.

La buse assure la liaison temporaire d'alimentation entre le moule et l'unité d'injection des presses.

Le côté éjection, constituant la partie mobile du moule, porte les noyaux, l'empreinte et le système d'éjection.

Les deux côtés du moule sont alignés en position entre eux par des colonnes. A l'ouverture, les pièces sont poussées hors de l'empreinte et des noyaux par des tiges nommées éjecteurs. Les éjecteurs sont animés par des plaques mobiles en translation. Cet ensemble, nommé batterie d'éjection.

La batterie est généralement équipée d'éjecteurs ou de broches, nommés « rappels de batterie ». Ils assurent le retour mécanique « forcé » et la remise en position précise de tous les éléments mobiles liés à la batterie d'éjection, au moment de la fermeture du moule (montage conseillé pour la sécurité des noyaux).

II. Conception d'un moule à injection plastique :

II.1 matériaux utilisés :

Dans ce point le choix est guidé principalement par les propriétés de la matière dont :

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

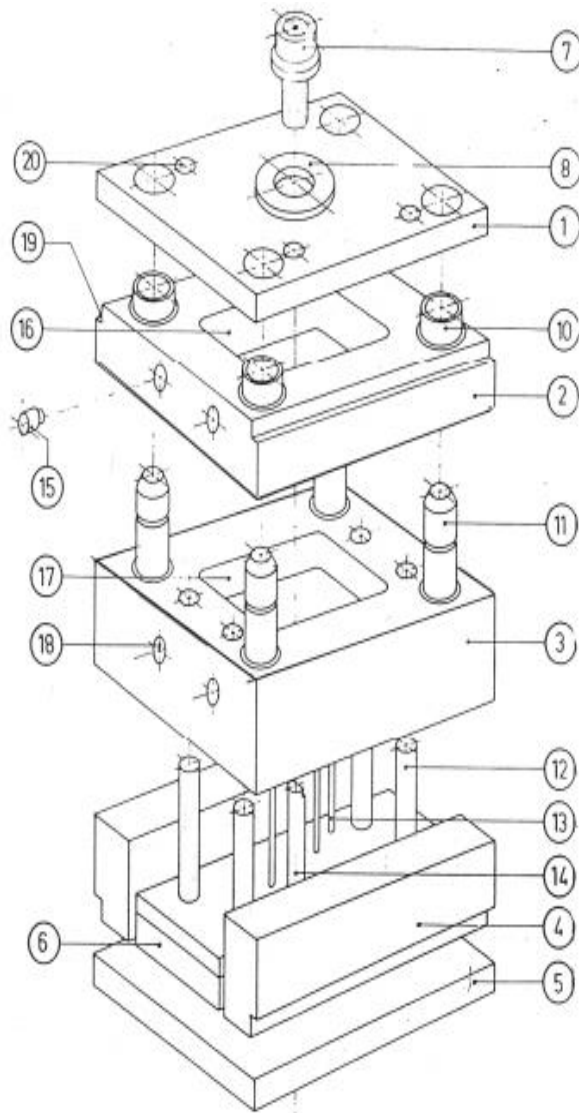
II.2 la machine :

Lors de la conception d'un moule on doit choisir la machine en fonction :

- ♦ Du volume et de la forme de la pièce.
- ♦ Du nombre d'empreintes.
- ♦ Du calcul de rentabilité.
- ♦ De la précision de la pièce.

II.3 architecture du moule :

1. Terminologie :



19	Rainure de bridage
18	Circuit de refroidissement
17	Logement empreinte mobile
16	Logement empreinte fixe
15	Raccord rapide de circuit rapide d'eau
14	Arrache-carotte
13	Ejecteur
12	Ejecteur de rappel
11	Colonne de guidage
10	bague de guidage
9	Plaque porte éjecteurs
8	Rondelle de centrage
7	Buse moule
6	Contre plaque d'éjection
5	Plaque arrière coté éjection
4	Tasseau
3	Plaque porte empreinte mobile
2	Plaque porte empreinte fixe
1	Plaque arrière coté injection
repère	Désignation

- Batterie d'éjection
- Guidage moule

Fig 33 : Vue éclatée d'un moule d'injection

2. Eléments standards :

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

La rondelle de centrage: Permet le centrage du moule sur les plateaux de la machine (presse), dans le but de centrer la buse moule à la buse machine.

Plaque arrière côté injection: Permet de fixé la rondelle de centrage, la buse moule et les bagues de guidage, ainsi que le bridage.

Bague de guidage: Permet le guidage des colonnes de guidages.

Plaque porte empreinte côté injection: Permet la fixation de la bague de guidage, contient le circuit de régulation de température.

Colonnes de guidage: Permet de guider la partie mobile PM sur la partie fixe PF pour aligner parfaitement l'empreinte.

Plaque porte empreinte côté éjection: Permet la fixation des colonnes de guidage, contient le circuit de régulation.

Ejecteur de rappel: Permet la remise à zéro de la batterie d'éjection, dans le cas d'une éjection non-attelé.

Ejecteurs : Permet d'éjecter la pièce quand le moule est ouvert.

Extracteur de carotte (arrache-carotte): Permet l'extraction de la carotte, ainsi lors de l'ouverture, la moulée ne reste pas bloqué dans la PF.

Tasseaux d'éjection : Permet d'obtenir une course optimum de la batterie d'éjection.

Plaque arrière côté éjection: Permet le blocage en translation de la batterie d'éjection, permet le bridage du moule sur le plateau mobile, permet également la fixation des tasseaux.

Batterie d'éjection: Permet la translation des arraches carottes, remise à zéro et éjecteurs. Est composé de la plaque porte éjecteurs et de la contre plaque d'éjection.

Vis de fixations: Permet de fixer la plaque arrière côté injection sur la plaque porte empreinte côté injection.

Rainures de bridage: Permet le passage de la bride.

Raccord rapide du circuit d'eau : Permet un raccord rapide du circuit d'eau.

Circuit de régulation thermique: permet de réguler le moule avec de l'eau.

3. Conception particulière [5]:

On trouve plusieurs architectures différentes des moules et cela selon la conception de la pièce et les difficultés d'usinage et de moulage ainsi que la presse utilisée. Et parmi ces différentes architectures nous présentons quelques exemples :

a. Moule à deux plaques :

C'est le type de moule le plus couramment utilisé à cause de sa simplicité de mise au point et de fabrication.

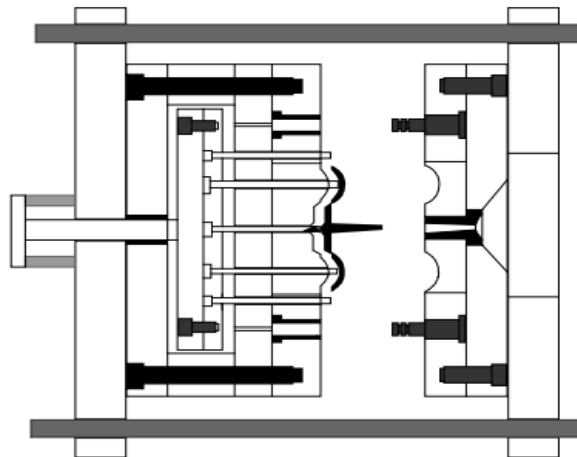


Fig 34 : Moule à deux plaques

b. Moule à trois plaques :

Ce moule permet le dégrappage automatique des pièces injectées et des déchets (canaux, carotte) lors de l'ouverture du moule.

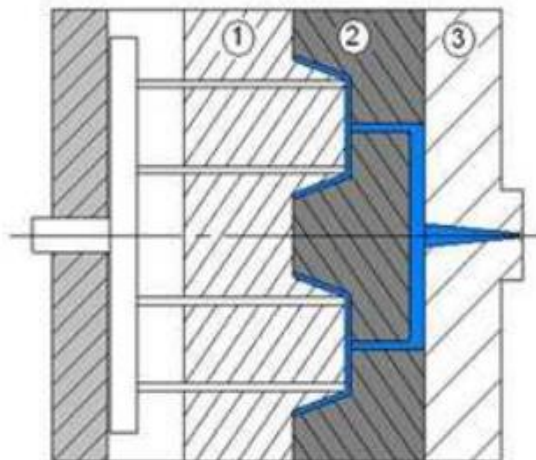


Fig 35 : Moule à trois plaques

c. Moule à coquille :

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

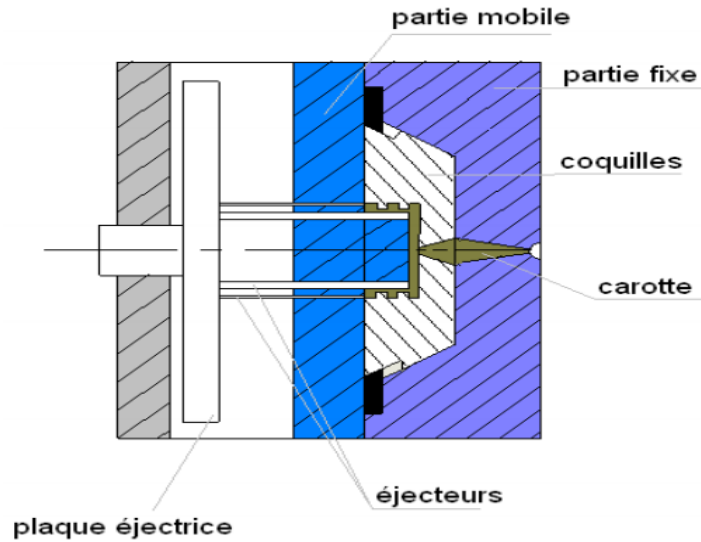


Fig 36 : Moule à coquille

d. Moule à tiroir :

Permet le démoulage de pièces possédant des surfaces en contre-dépouille.

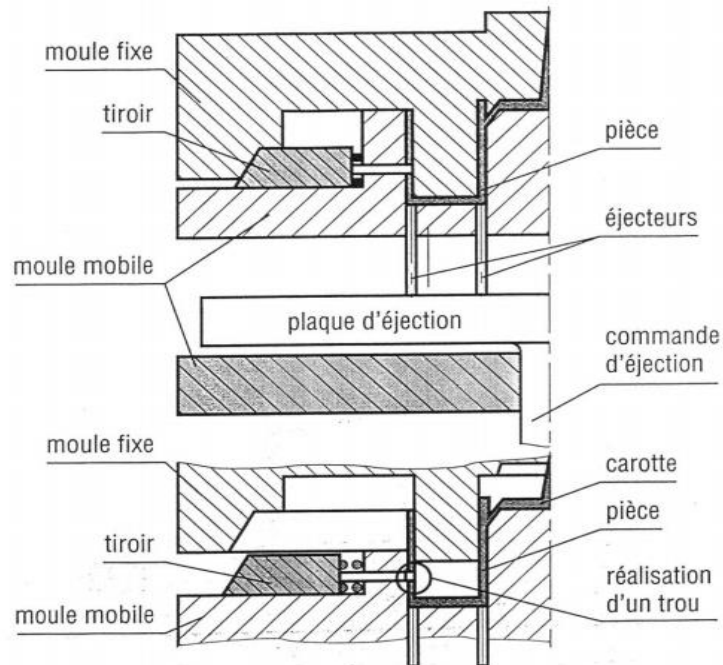


Fig 37 : Moule à tiroir

e. Moule à canaux chauffants :

Ces moules sont plus chers (du type à 3 plaques), mais rentables par les gains de matière et de temps de cycle car la carotte n'a pas à se solidifier.

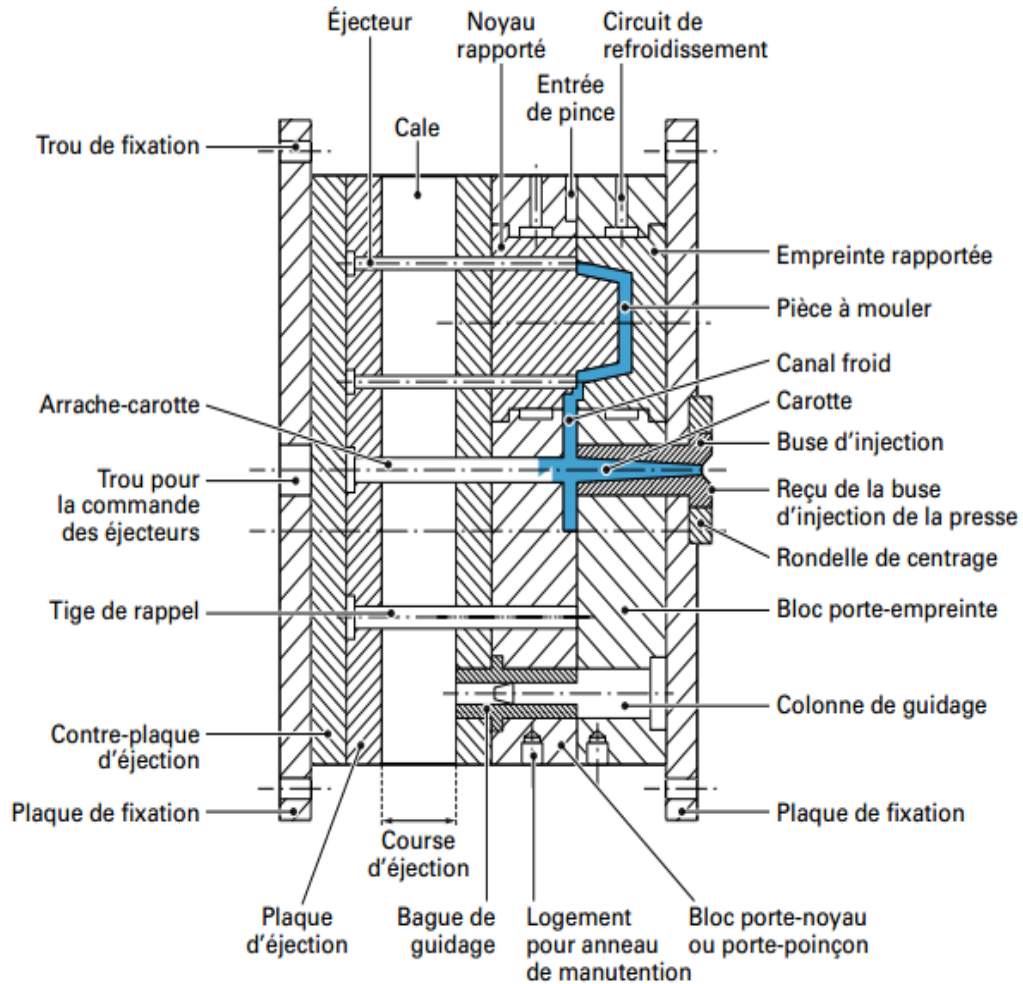


Fig 38 : Moule à canaux chauffants [1]

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

III.1 Fonction mise en forme [13]:

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

1. Forme de la pièce injectée :

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

Règles de dessin :

a) retrait :

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

b) notion de dépouilles et contre dépouilles :

• forme non dépouillée :

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

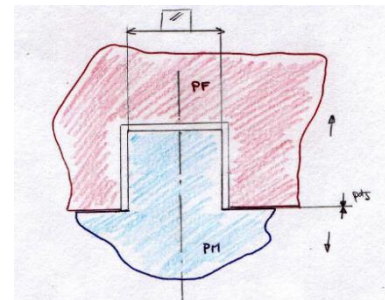


Fig 39 : Forme non dépouillée

• forme dépouillée :

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

β : angle de dépouille intérieur.

α : angle de dépouille extérieur.

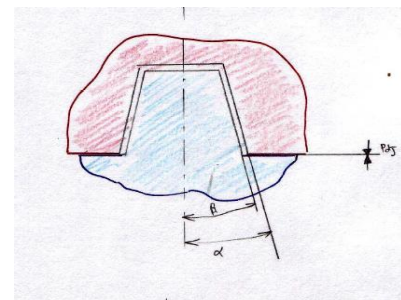


Fig 40 : Forme dépouillée

• forme en contre dépouille :

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

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

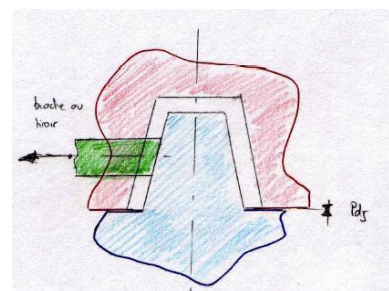


Fig 41 : Forme en contre dépouille

plus couteux et plus complexe.

c) Congés :

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

d) Localisation des traces de moulage :

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

2. choix des plans de joint :

a. Le plan de joint :

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

Les facteurs qui influent sur le nombre de plan sont :

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

b. la ligne de joint :

Les lignes de joints sont des « marques » sur la pièce démoulée qui résultent du contact de différents éléments de l'outillage participant au morcellage de l'empreinte. Il existe 3 types de lignes de joints :

• La ligne de joint extérieure ou externe :

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

• La ligne de joint intérieure ou interne :

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

- **La ligne de joint auxiliaire :**

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

III.2 Fonction alimentation :

1. Nombre et disposition des empreintes dans un moule :

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

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

Comme il est aussi fonction de trois critères :

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

Les règles élémentaires à respecter sont :

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

2. Technique d'alimentation :

a) Canaux d'alimentation [6]:

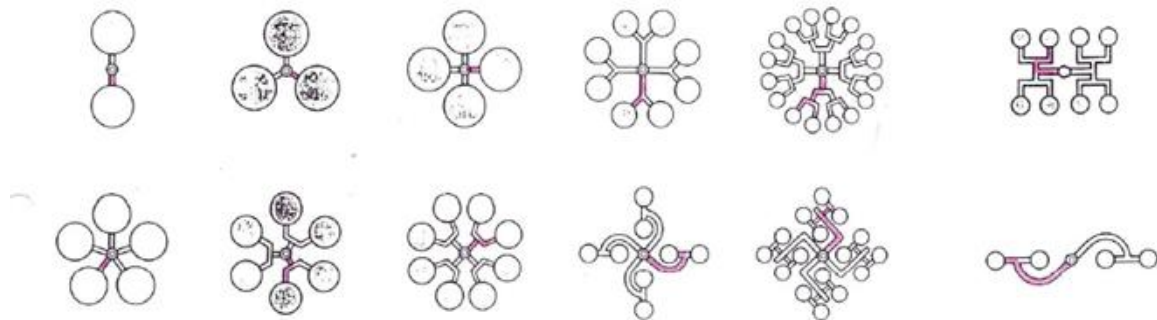
Ils assurent la conduite de la matière plastique de la buse jusqu'aux seuils ou canaux secondaires.

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

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

- Il faut éviter d'alimenter les empreintes les unes au travers des autres. Les dernières cavités ne recevront que de la matière refroidie.
- Il faut que la longueur des canaux soit la même pour chaque empreinte.
- Afin de limiter les pertes de charges, il faut éviter les changements brusques de direction, et donc placer des congés de raccordement.
- Il faut également réduire au minimum la longueur des canaux. On prendra quelques exemples de dispositions (dans la figure 41).

Systèmes de canaux équilibrés :



Systèmes de canaux non équilibrés :

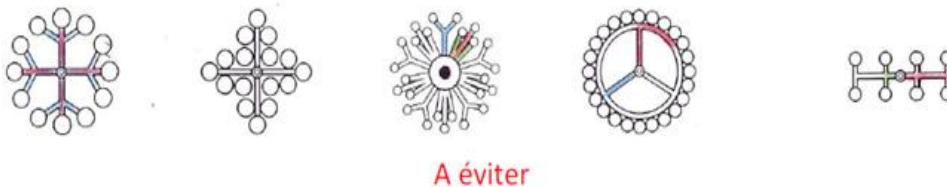


Fig 42 : Systèmes de canaux équilibrés et non équilibrés

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

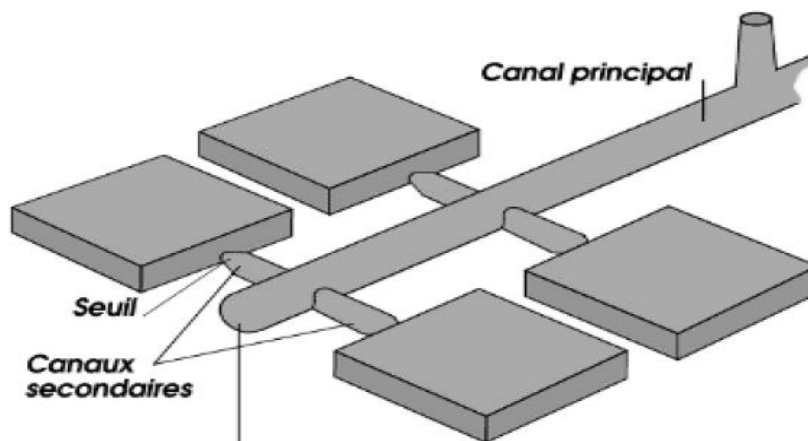


Fig 43 : Représentation d'un canal d'alimentation

b) Le point d'injection [6]:

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

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

- Il doit permettre un écoulement équilibré de la matière et une soudure interne correcte. Le meilleur point d'injection de la matière est le centre de gravité de la pièce.

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

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

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

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

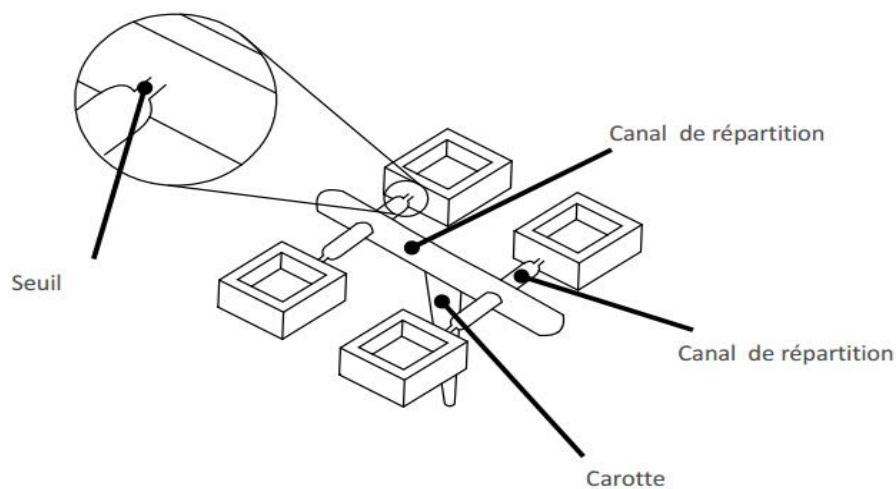


Fig 44 : Représentation d'un canal d'alimentation

c) La buse d'injection :

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

- ◆ Contact plan : rarement utilisé nécessité de grande pression de contact.
- ◆ Contact courbé : plus souvent utilisé pour un meilleur contact.
- ◆ $dN \geq dS + 1$.

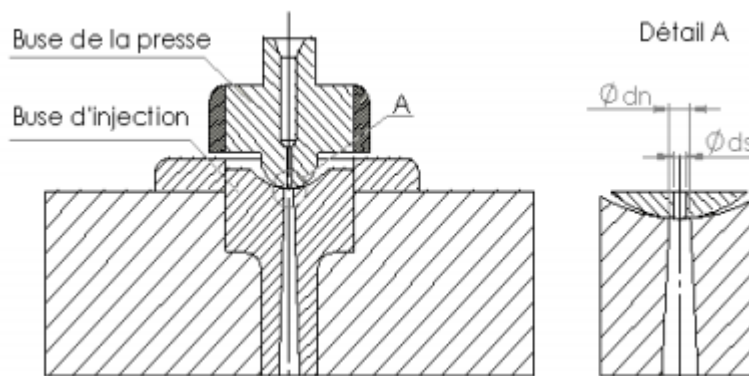


Fig 45 : Contact courbé entre buse de la presse et buse d'injection [6]

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

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

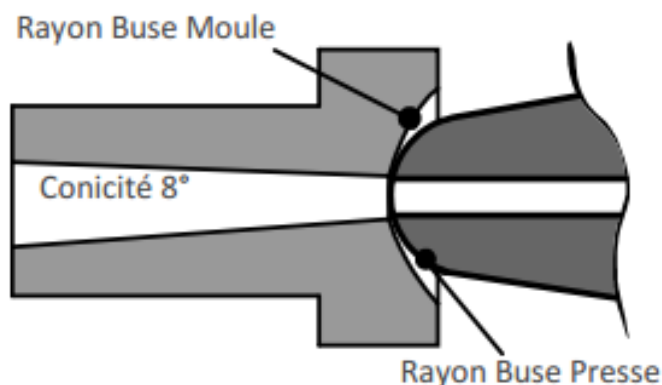


Fig 46 : Contact courbé entre buse de presse et buse d'injection

III.3 Fonction refroidissement :

Le système de refroidissement est formé d'un circuit d'eau fermé, il est intégré à l'intérieur du moule. Le refroidissement (à eau) est réglé suivant les caractéristiques thermiques de la matière plastique. [1]

1. circuit de refroidissement :

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

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

2. Conception des circuits de refroidissement :

a. Le temps de cycle :

Un cycle complet peut se décomposer de la manière suivante :

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

b. Le temps de refroidissement :

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

III.4 Fonction démoulage :

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

1. Choix du dispositif d'éjection :

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

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

2. Les différents types d'éjecteur :

a. Ejecteurs cylindriques

Les tiges d'éjecteurs cylindriques sont les éléments les plus utilisés pour le démoulage. Ces éjecteurs doivent être situés judicieusement sur la pièce et en nombre suffisant, de façon à éjecter la pièce sans dommage ni déformation.

b. Ejecteurs tubulaires :

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

c. Ejecteur plaque :

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

d. Ejecteur latéral :

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

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

e. Ejecteur à lame :

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

Ejection des carottes :

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

3. Problème de démoulage :

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

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

IV. Dégazage du moule :

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

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

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

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

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

- ♦ Proche des lignes de soudures.
- ♦ Dans les alvéoles borgnes.

- ◆ Sur les bords des pièces.

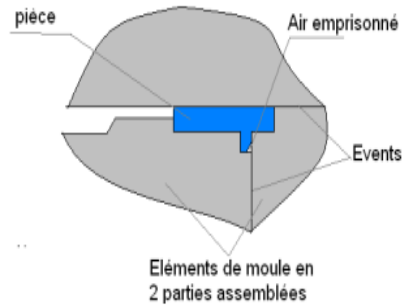


Fig 47 : Event

V. Fixation du moule :

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

1. Fixation par vis :

Avantages :

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

Inconvénients :

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

2. Bridage :

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

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

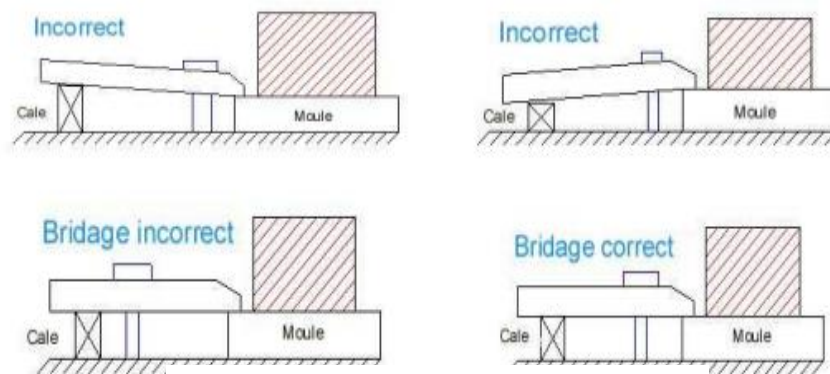


Fig 48 : Procédé de Bridage

VI. Matériaux utilisés pour la fabrication des moules :

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

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

VI.1 choix des matériaux :

Le tableau suivant regroupe les différents matériaux constitutifs du moule :

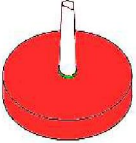
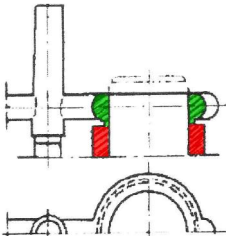
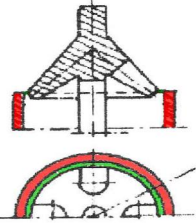
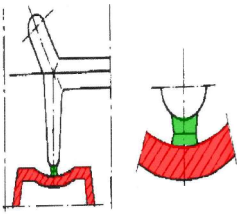
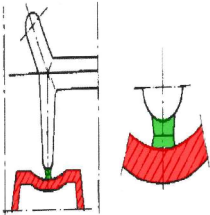
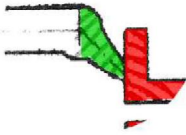
Tableau 8 : choix des matériaux

Matériaux	Observation	Emploi
C45 Acier non allié	Acier mi-dur	Plaque éjectrice ; contre plaque éjectrice
C35 Acier non allié	Acier mi-dur	Les vis CHC et H
105 W Cr6 Acier faiblement allié	Acier extra-dur Résistance à l'usure par frottement ; dureté élevée ; acier trempable ; travail à chaud	Buse, bague de guidage
S235 Acier à usage général	Acier ordinaire	Bague de centrage ; semelles mobile et fixe ; plaque de sécurité et tasseaux
36 Ni Cr Mo 16 Acier faiblement allié	Bonne résilience ; résistant à la corrosion ; résistance mécanique à chaud	Ejecteurs ; empreintes mobile et fixe ; tige de rappel ; arrache carotte et goupille ; butée de course d'éjection
CC 493 K (Cu Sn 7Zn 4Pb7) Cuivre moulé	Inoxydable	Tétines
X 200 Cr12	Résiste à la corrosion; inoxydable ; trempable	Colonnes de guidage ; tige de guidage
42 Cr Mo 4	Acier doux	Porte empreinte mobile et fixe

Conclusion :

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

Tableau.7 seuils d'injection

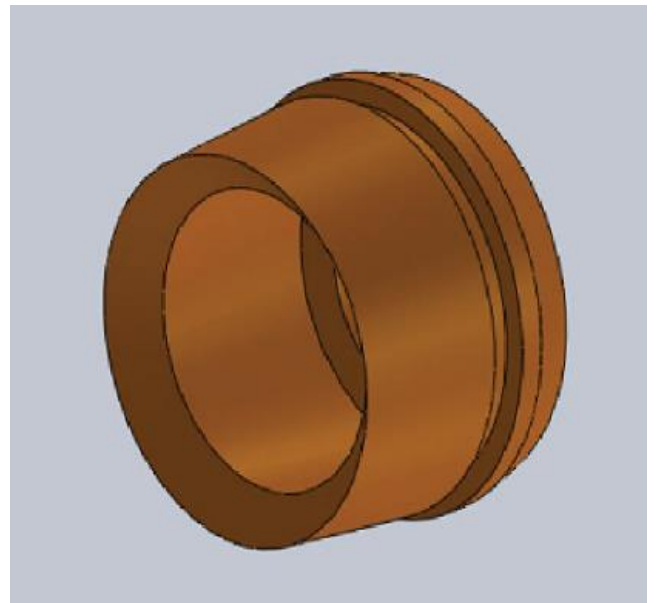
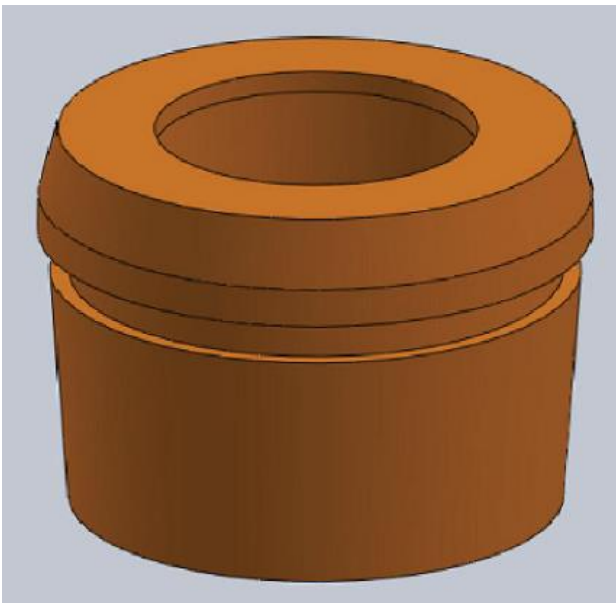
Type de seuil	utilisation	Avantages	inconvénients	Type de deuil	utilisation	avantages	inconvénients
Seuil en masse ou direct 	Utilisé pour les matières visqueuses	Très bon remplissage ; bonne stabilité dimensionnelle de la pièce	trace non esthétique sur la pièce	Seuil annulaire 	Utilisé pour la réalisation de pièce cylindrique ayant des noyaux	Remplissage uniforme de l'empreinte	déchets importants
Seuil conique ou en éventail 	Utilisé pour les pièces de révolution symétrique avec noyau	Permet un écoulement équilibré de la matière autour du noyau ; peut permettre un d'égrappage automatique	Déchets importants	Seuil capillaire 	Utilisé avec un moule canaux chauds (sans carotte) ou un moule 3 plaques	Démoulage automatique et faible trace sur la pièce	Uniquement pour les matières fluides ; coût du moule élevé
Seuil en nappe 	Utilisé pour des pièces plates de grande dimension devant présenter un faible voilage	Bonne qualité dimensionnelle	Opération de reprise esthétique	Seuil sous-marin 	Utilisé pour les petites pièces et dans un but de d'égrappage automatique	D'égrappage automatique	Uniquement pour les pièces simples car grosse perte de pression

Présentation du sujet

Cahier de charges :

L'entreprise ENIEM se voit dans l'obligation de fabriquer certains produits au sien de ses ateliers afin d'éviter leur importation pour améliorer son produit, ainsi garder sa place sur le marché.

Parmi ces pièces prises, dans l'initiative de la fabrication dans les ateliers de l'entreprise, la pièce de fixation de la soupape de décharge d'un réfrigérateur.



Travail demandé :

Le travail consiste en l'étude et la conception d'un moule à injection plastique d'une fixation de la soupape de décharge en PEBD à 16 empreintes.

Notre travail se répartie en deux étapes :

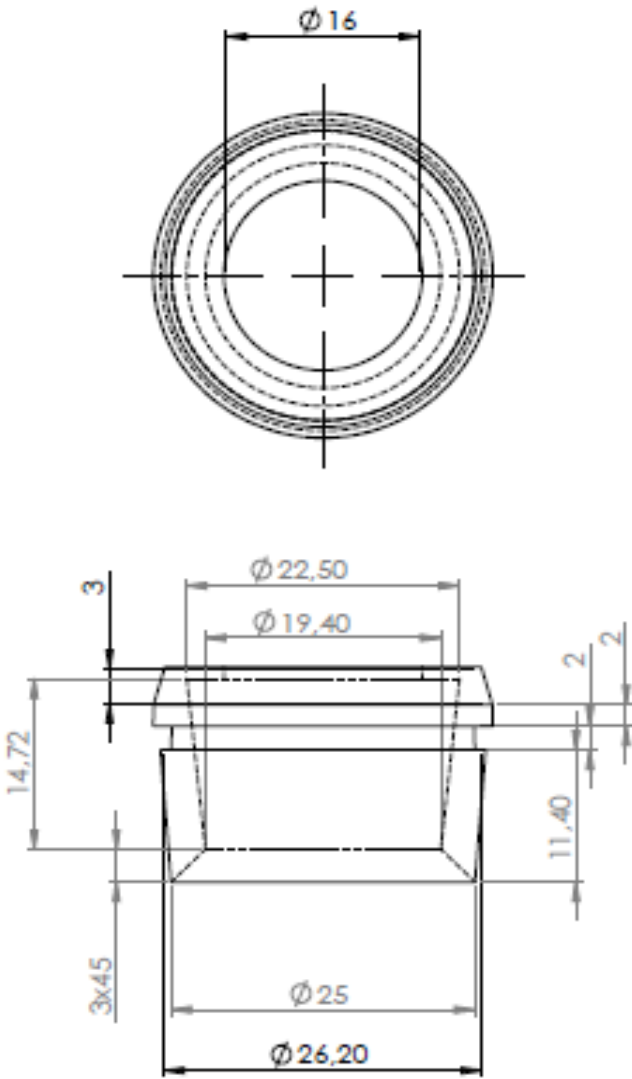
1. Conception du moule sur logiciel solidworks :

Consiste à concevoir les empreintes de la pièce et toute la pièce du moule avec l'outil informatique sur logiciel solidworks.

2. Calcul et vérification dimensionnel :

Ce sont des calculs qui nous permettent de choisir la machine adéquate et de vérifier la résistance des éléments constituant le moule aux efforts du moulage.

Dimensions de la pièce :



Chapitre IV

Calculs de vérification

I. Choix de la machine :

Le choix de la machine dépend essentiellement de plusieurs facteurs tels que:

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

I.1 capacité d'injection :

La capacité d'injection est définie à partir du poids de la pièce et de la carotte. Le tableau ci-dessous montre les différentes machines selon la capacité d'injection :

Tableau 9 : Capacité d'injection

Presse à injecter	Quantité à injecter	
	PS	PE
850T	2890	2290
650T	1670	1330
550T	1360	1080
350T	855	680
220T	450	355
	230	180
150T	230	180
	150	120
75T	105	83
25T	45	36

a. La masse de la pièce :

La masse volumique du polyéthylène à basse densité est de (0.910 à 0.925 g/cm³), on a déterminé la masse de notre pièce à partir du logiciel de conception Solid Works. On la trouve :

$$m = 3.34g.$$

b. La masse de la carotte :

La masse de la carotte est de 8.66g.

c. La masse de la moulée :

Puisque la pièce est petite, et à fin d'augmenter la cadence nous avons opté pour un moule à 16 empreintes. Donc, notre moule produit dans chaque cycle seize empreintes et une carotte, la machine utilisée doit donc pouvoir injecter une quantité suffisante "M".

$$M = 3.34 \times 16 + 8.66 = 62.1\text{g}$$

On constate alors que les machines qui peuvent injecter cette quantité de matière selon le tableau sont : 75T, 150T, 220T, 350T, 550T, 650T et 850T.

La presse choisit est celle de 75T.

Bien que le poids de la moulée est l'un des paramètres essentiel pour déterminer la machine adéquate, d'autres seront calculés à la suite de ce chapitre.

I.2 La force de fermeture de la machine :

Pour faire face aux efforts engendré par l'injection de la matière dans le moule avec de grandes pression qui on tendance à ouvrir le moule, la presse doit appliquer une force de fermeture supérieure.

a. La force de verrouillage : (tonne/cm²)

$$F_v = P \cdot S$$

Avec:

F_v : la force de verrouillage (tonnes).

P : la pression moyenne d'injection ; P=0,5 (tonnes /cm²) [voir le tableau suivant].

S : la surface projeté (cm²) ; S= 665.7688 cm².

AN:

$$F_v = P \cdot S = 0.5 \times 665.7688 = 332.8844 \text{ T}$$

Tableau 10 : La pression d'injection (Tonnes/cm²)

Matières	La pression intérieure moyenne (dans la normalité)	Grand parcours de fluctuation (forme compliquée)
PE, PP	0.3 à 0.4	0.4 à 0.5
HIS, A6	0.35 à 0.45	0.45 à 0.55
PS, AS, ABS	0.4 à 0.5	0.5 à 0.6

b. La force de fermeture :

$$F = F_v \cdot k$$

F_v : force de verrouillage

k : coefficient de sécurité; $1 \leq K \leq 2$

AN:

$$F = 332.8844 \times 1.5 = 499.3266 \text{ T}$$

$$\mathbf{F = 499.3299 \text{ T}}$$

On a besoin de 62.1 g de PE (le poids de la carotte inclus) et une force de fermeture de 499.3266 T tonne ; il en résulte que la presse devant être de 550T. Voir le tableau (7).

I.3 La puissance de plastification :

Même si la machine 550T peut injecter 285g, on doit vérifier sa capacité de plastification (la quantité de matière plastifiée par heure) qui est en fonction du poids de la grappe et du temps de cycle.

Le temps de cycle est égal à 3s (voir page 85).

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

D'ou : notre machine doit plastifier :

$$C = \frac{62.1}{27.7/3600} = 8070.75\text{g/s}$$

$$\mathbf{C = 8.07 \text{ kg/s}}$$

Cette condition est vérifiée puisque notre machine plastifie 245 kg/h (voir les caractéristiques de la presse tableau 9).

I.4 La distance entre colonnes :

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

Les dimensions de notre moule sont :

Longueur : 400mm

Largeur : 300mm

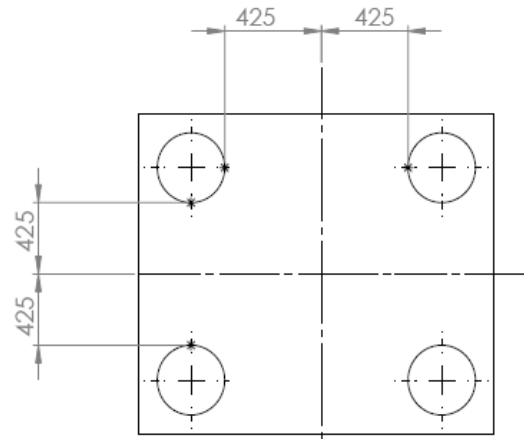


Fig 49 : Schémas d'un plateau d'une presse

I.5 Epaisseur minimale du moule :

Les caractéristiques dimensionnelles de la presse 550T sont :

- La distance entre plateaux 1600mm.
- La course maximale du piston 1300mm.

A partir de la, on voit que l'épaisseur minimale du moule doit être supérieure à 300mm (notre moule a une épaisseur de mm).

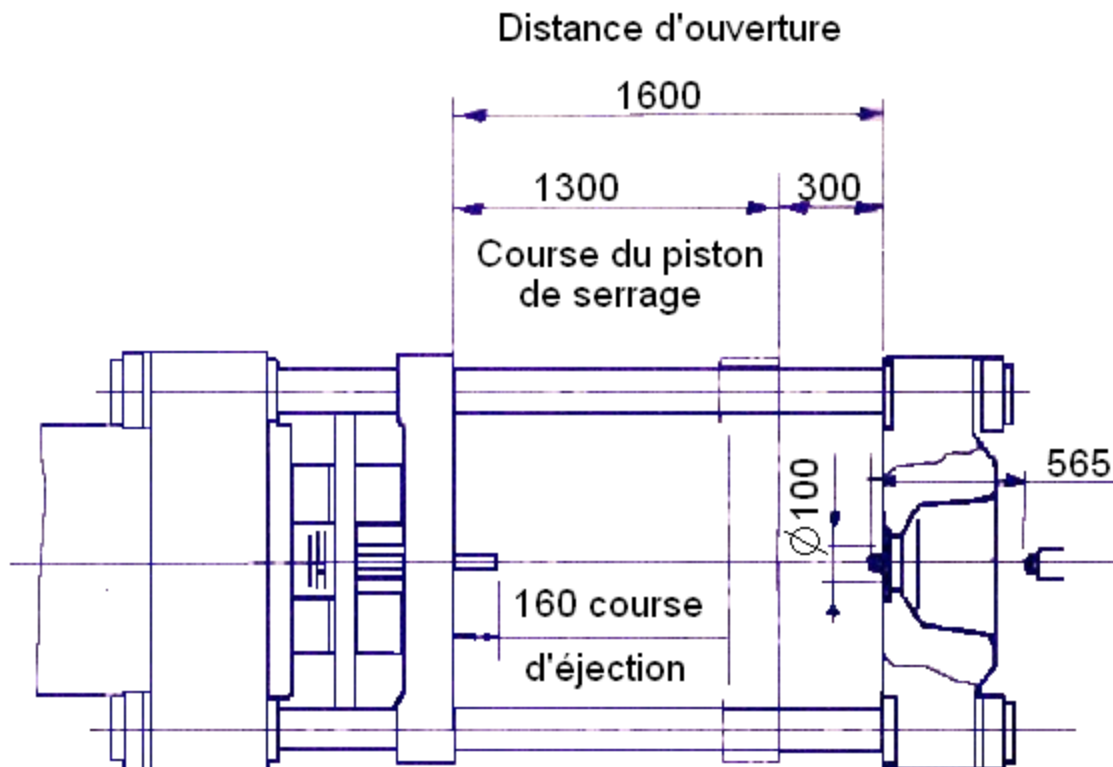


Fig 50 : Caractéristiques dimensionnelle de la presse 550T

II. Caractéristiques techniques de la presse 550T :

Tableau 11 : Caractéristiques technique de la presse 550T

Symbole d'injection	i 27
Symbole du cylindre	A
Pression d'injection	1820Kg/Cm ²
Taux d'injection	420 Cm ³ /s
Quantité d'injection	ABS 1360 g
	P.E 1080 g
Diamètre de la vis	70 mm
Puissance de plastification PE	1080
Force de serrage	550 Tonne
Force d'ouverture	30.1 Tonne
Vitesse maxi de rotation de la vis	180/150tr/min
Intervalle des tyrans	850 x 850mm
Dimension de la plaque matrice	1230 x 1230mm
Course de serrage	1250 mm
Epaisseur mini du moule	350 mm
Ouverture	1600 mm
Force de foulage (hydraulique)	14.5 Tonnes
Course de foulage	160 mm
Quantité d'huile d'usage	1600 Litres
Moteur destiné à la pompe	45 x 22 Kw
Capacité du réchauffeur	22.3 Kw
Dimension da la machine (L x l x H)	9.2 x 1.8 x 2.7 m
Poids de la machine	25 Tonne

III. Le bilan thermique :

Tous les résultats sont donnés avec l'hypothèse que la pièce moulée est une plaque de longueur infinie. C'est-à-dire que les dimensions transversales sont très grandes devant l'épaisseur, l'évacuation de la chaleur se fait perpendiculairement à celle-ci.

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

III.1 Temps de refroidissement :

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

Avec:

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

D: la diffusivité thermique du PE ; D = 0.17.10⁻⁶ m²/s

T_i: température d'injection; T_i=205°C

T_e: température d'éjection; T_e=95°C

T_m: température du moule; T_m=60°C

AN :

$$\begin{aligned} t_R &= (2.10^{-3})^2 / \pi^2 \cdot 0.17.10^{-6} \text{ Ln } [8 / \pi^2 (205-60) / (95-60)] \\ &= 2.89\text{s} \end{aligned}$$

$$t_R = 3\text{s}$$

III.2 Temps du cycle :

Le temps de cycle est la somme de tous les temps du procédé de l'injection plastique : Temps de fermeture, injection, maintien, refroidissement, ouverture et en fin éjection.

On peut écrire :

$$t_c = \sum t = t_F + t_i + t_m + t_R + t_O + t_e$$

- t_F : temps de fermeture 5s
- t_i : temps d'injection 0.7s
- t_m : temps de maintien 5s
- t_R: temps de refroidissement 3s
- t_o : temps d'ouverture 7s
- t_e : temps d'éjection 7s

D'où :

$$t_c = 5 + 0.7 + 5 + 3 + 7 + 7 = 27.7\text{s}$$

$$t_c = 27.7 \text{ s}$$

III.3 Calcul de la quantité de chaleur à extraire de la pièce :

$$Q_H = M \cdot N \cdot (H_i - H_e)$$

Avec :

M : masse de la matière plastique ; M= 61.2g

N : nombre de cycle de refroidissement horaire ; N = 3600 / t_c

ΔH: enthalpie de moulage et de démoulage

ΔH = H_i - H_e (voir la figure 50)

T_i = 205°C → H_i = 126.5 Kcal/Kg

T_e = 95°C → H_e = 57.12 Kcal/Kg

AN:

$$Q_H = 61.2 \cdot 10^{-3} \times 3600 / 27.7 \times (126.5 - 57.12) = 551.8 \text{ Kcal/Kg}$$

$$Q_H = 551.8 \text{ Kcal/Kg}$$

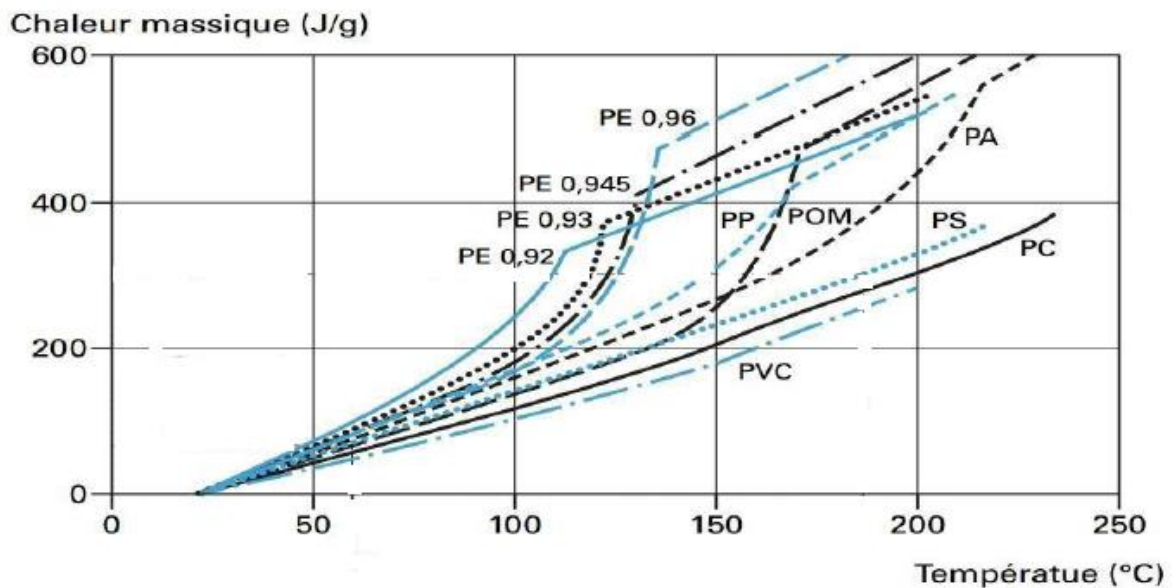


Fig 51 : variation de la chaleur massique des polymères en fonction de la température

III.4 Détermination de la consommation horaire de liquide :

$$GH = \frac{Q_H}{C_F \cdot (T_S - T_{ee})}$$

Avec :

G_H : consommation horaire de liquide en Kg/h.

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

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

T_{ee} : température d'entrée d'eau ; $T_{ee} = 20^\circ\text{C}$.

T_S : température de sortie d'eau.

$T_S - T_{ee}$: l'échauffement admissible du fluide de refroidissement en $^\circ\text{C}$; généralement cet écart doit être inférieur à 5°C .

A.N :

$$GH = \frac{551.8}{11(25-20)} = 110.36\text{Kg/h}$$

$$\mathbf{G_H = 110.36\text{Kg/h}}$$

III.5 Dimensionnement de circuit de refroidissement :

Le dimensionnement du canal de refroidissement doit prendre en compte la nécessité d'un écoulement turbulent du fluide et celle d'une grande surface d'échange avec l'empreinte. Un moyen de minimiser les pertes de charges dans l'écoulement du fluide caloporteur consiste à les éviter en dehors des endroits où elles sont nécessaires.

$$Lc = \frac{Qh}{h \cdot \pi \cdot d(Tc - Tf)}$$

Avec :

Lc : longueur totale des canaux.

Qh : quantité horaire de chaleur à évacué.

h : coefficient de transfert thermique.

d : diamètre de canaux.

Tc : température des parois des canaux.

Tf : température du fluide au centre du canal.

Calcul du coefficient du transfert thermique :

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

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

Avec : V_f : vitesse du fluide ; $V_f=576\text{m/h}$

Re : nombre de Reynolds

d : diamètre du canal ; $d=8\text{mm}$

ν : viscosité cinématique de l'eau à la température T_f ; $\nu=0.0658 \times 10^{-5} \text{m}^2/\text{s}$

$$Re = \frac{V_f \times d}{\nu} = \frac{576 \times 8 \cdot 10^{-2}}{3600 \times 0.0658 \times 10^{-5}} = 2253.526$$

$$\mathbf{Re = 2253526}$$

$Re > 2000$ Régime turbulent, d'où :

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

Pr : nombre de Prandtl, $Pr = 3.34$

λ : conductivité de l'eau ; $\lambda = 0.540 \text{Kcal/h.m.}^\circ$

les valeurs Pr et λ dépendent de la température de l'eau (voir annexe)

$$\mathbf{h = 2655.38 \text{Kcal/h.m}^2 \cdot ^\circ\text{C}}$$

$$T_f = \frac{T_m + T_p}{2} = \frac{22.5 + 60}{2} = 41.25^\circ\text{C}$$

$$Lc = \frac{Q_h}{h \cdot \pi \cdot d \cdot (T_c - T_f)} = \frac{551.8}{2655.38 \cdot 3.14 \cdot 0.008 \cdot (60 - 41.25)}$$

$$\mathbf{Lc = 0.45 \text{ m}}$$

IV. Résistance des matériaux :

IV.1 Résistance des éléments du moule au matage :

La force de fermeture de la presse 550T est égale à 5 500 000N.

Condition de résistance au matage :

$$\sigma = \frac{F}{S} \leq R_{pe}$$

Et

$$R_p = \frac{R_e}{S'}$$

Avec :

$R_e = 880 \text{ N/mm}^2$ (pour les aciers).

$S' = 2$ (coefficient de sécurité).

Donc :

$$R_p = \frac{880}{S2} = 440 \text{ N/mm}^2$$

$$\mathbf{R_p = 440 \text{ N/mm}^2}$$

Le coefficient de sécurité est choisi d'une façon à ce qu'en cours de fonctionnement normale, les contraintes normales maximales ne dépassent pas la limite élastique R_e du matériau.

Tableau 12 : valeurs indicatives du coefficient de sécurité

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

IV.1.1 résistance du plan de joint :

$$S_{pj} \geq \frac{F}{0,2 \cdot R_e}$$

$R_e = 880 \text{ N / mm}^2$ (pour les aciers faiblement alliés).

S_{pj} : surface du plan de joint.

$$S_{pj} \geq \frac{F}{0,2 \cdot R_e} = \frac{5\,500\,000}{0,2 \cdot 880} = 31\,250 \text{ mm}^2$$

$$S_{pj} = 31\,250 \text{ mm}^2$$

S_{pj} est la surface minimale que pourra supporter la force de fermeture, dans notre cas la surface de contact entre les deux portes empreintes est de $368\,369 \text{ mm}^2$ largement supérieure.

IV.1.2 partie fixe :**a) semelle fixe :**

$$\sigma = \frac{F}{S} \leq R_{pe}$$

$$F = 5\,500\,000 \text{ N}$$

$$S = e \cdot \ell = 35 \times 520 = 18200 \text{ mm}^2$$

Avec :

e : épaisseur de l'élément.

ℓ : longueur de l'élément.

S : surface de l'élément.

$$\sigma = \frac{5500000}{18200} = 302,197 \text{ N/mm}^2 < R_p$$

La semelle fixe résiste au matage.

b) porte empreinte fixe :

$$e = 60$$

$$\ell = 400 \text{ mm}$$

$$s = 400 \times 60 = 24000 \text{ mm}^2$$

$$\sigma = \frac{5500000}{2400} = 229,166 \text{ N/mm}^2$$

Le porte empreinte fixe résiste au matage.

IV.1.3 Partie mobile :**a) semelle mobile :**

$$\begin{aligned}e &= 35\text{mm} \\l &= 520\text{mm} \\s &= 18200\text{mm}^2\end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{5500000}{18200} = 302,197\text{N/mm}^2 < R_p$$

La semelle mobile résiste au matage.

b) porte empreinte mobile :

$$\begin{aligned}e &= 60\text{mm} \\l &= 400\text{mm} \\s &= 24000\text{mm}^2\end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{5500000}{24000} = 229,116\text{N/mm}^2 < R_p$$

Le porte empreinte mobile résiste au matage.

c) les tasseaux :

$$\begin{aligned}e &= 55\text{mm} \\l &= 300\text{mm} \\s &= 6600\text{mm}^2\end{aligned}$$

$$\sigma = \frac{5500000}{6600} = 333,33\text{N/mm}^2 < R_p$$

Les tasseaux résistent au matage.

Les calculs précédents nous montrent que les éléments constituant le moule résistent au matage due à la force de fermeture du moule.

IV.2 Vérification des colonnes de guidages cisaillement :

Les colonnes de guidages subissent un cisaillement dû au poids P de la batterie d'éjection.

La condition de résistance :

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

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

Avec :

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

k : coefficient de sécurité ; on prend k=2

F : effort normal (poids du porte empreinte), F=467,813N

S : section de la colonne (mm^2) ; $S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$

N : nombre de sections cisailées

$$S = \frac{3,14 \cdot (35)^2}{4} = 961,625 \text{mm}^2$$

$$\tau = \frac{F}{n \cdot S} = \frac{467,813}{4 \cdot 961,625} = 0,12 \text{N/mm}^2 < [\tau]_{\text{cis}} \quad \text{La condition est vérifiée.}$$

IV.3 Vérification des colonnes de guidage de la batterie d'éjection au cisaillement :

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

La condition de résistance :

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

$$[\tau]_{\text{cis}} = \frac{\sigma_e}{k} \cdot 0,8 = \frac{335 \cdot 0,8}{2} = 134 \text{N/mm}^2$$

Avec :

F : poids de la batterie éjectrice ; F = 226,982N.

n : le nombre de section cisailées ; n=4.

d : diamètre de la colonne ; d = 14.

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

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 153,860\text{mm}^2$$

$$\tau = \frac{F}{n \cdot S} = \frac{226,982}{4 \cdot 153,860} = 0,36\text{N/mm}^2 < [\tau]_{\text{cis}} \quad \text{La condition est vérifiée.}$$

IV.4 Vérification des vis de fixation du porte empreinte mobile avec les tasseaux au cisaillement :

Condition de résistance :

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

avec :

N : poids du porte empreinte et de ces composants ; N=501.16N

n : le nombre de vis ; n=4

d : diamètre de vis.

$[\tau]_{\text{cis}} = 520\text{N/mm}^2$

A.N :

$$\tau = \frac{501,16}{4 \cdot 113,04} = 1,108 \text{ N/mm}^2 < [\tau]_{\text{cis}} \quad \text{la condition est vérifiée.}$$

IV.5 Vérification des vis de fixation de la semelle mobile avec les tasseaux au cisaillement :

Condition de résistance :

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

avec :

F : poids des tasseaux et du porte empreinte mobile ; $F = 736.398$

n : nombre de vis ; $n = 4$.

d : diamètre de vis ; $d = 12\text{mm}$.

$$\tau = \frac{736,398}{4.113,04} = 1.628\text{N/mm}^2 \leq [\tau]_{\text{cis}} \quad \text{la condition est vérifiée.}$$

IV.6 vérification des vis de fixation à utiliser sur les semelles :

Les plateaux de la machine ont des trous taraudés (M16) pour recevoir les éléments de fixation du moule (vis de fixation) ; dans le but d'établir de bonnes conditions de travail, il faut s'assurer que le moule soit bien fixé sur les deux plateaux de la machine.

Pour ce faire un calcul de résistance est recommandé. Les vis utilisées sont des vis de diamètre 16mm à tête hexagonale, en C35 de limite élastique ; $R_e = 335\text{N/mm}^2$.

Condition de résistance :

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

- **Pour la semelle mobile :**

N : poids de la partie mobile ; $N = 1874.482\text{N}$

n : le nombre de vis ; $n = 4$.

d : diamètre de vis ; $d = 16\text{ mm}$.

A.N :

$$\tau = \frac{1874.482}{4.200,96} = 2,33\text{N/mm}^2 \leq [\tau]_{\text{cis}} \quad \text{la condition est vérifiée.}$$

- **Pour la semelle fixe :**

N : poids de la partie fixe ; $N = 925.785\text{N}$

n : le nombre de vis ; $n = 4$.

d : diamètre de vis ; $d = 16\text{ mm}$.

$$\tau = \frac{925,982}{4.200,96} = 1.151\text{N/mm}^2 < [\tau]_{\text{cis}} \quad \text{la condition est vérifiée.}$$

V. Le choix des ressorts :

Charge supportée par un ressort :

La presse 550T n'est pas équipée d'un système de retour de la batterie éjectrice (une tige filetée à l'extrémité du piston d'éjection de la machine). Pour cela on a utilisé des ressorts qui ont pour but essentiel d'assurer le retour de cette batterie à sa position initiale afin d'éviter l'effort de fermeture du moule sur les colonnes de rappel.

Le choix des ressorts dépend essentiellement de :

- ♦ La course d'éjection qui assure le démoulage des pièces (45mm).
- ♦ La charge à supporter (poids de la batterie éjectrice $P = 226.282\text{N}$).
- ♦ L'encombrement ($d_1 = 16\text{mm}$, $d = 32\text{mm}$) ; voir dans figure 52.

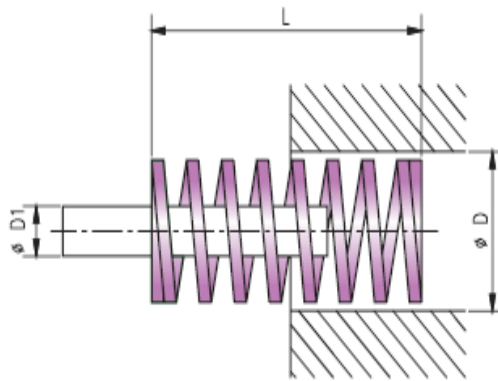


Fig 52 : schéma de dimensionnement d'un ressort

Pour éviter le phénomène d'arc-boutement qui peut être provoqué par l'utilisation d'un seul ressort, on a opté pour l'utilisation de quatre ressorts, qui vont être disposés sur les colonnes de rappels afin d'avoir un bon guidage, ainsi le poids de la batterie est réparti sur les quatre ressorts.

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

$$F = \frac{1226,982}{4} = 56.74\text{N}$$

Pour le dimensionnement du ressort qui supportera l'effort (F), il est nécessaire de consulter des abaques. Ces derniers classent les ressorts par couleur significative de type de charge comme présenté dans la figure qui suit :



Fig 53 : Classification des ressorts par couleur

Le ressort qui répond à nos exigences est un ressort de couleur violet Réf.324 et qui a les caractéristiques suivantes (voir l'annexe) :

- ♦ $D1 = 16 \text{ mm.}$
- ♦ $D = 32 \text{ mm.}$
- ♦ $L = 76 \text{ mm.}$
- ♦ $F = 56.74 \text{ N.}$
- ♦ $A = 76 \times 35\% = 26.6 \text{ mm.}$
- ♦ Section rectangulaire $S = 6.4 \times 2.65.$

Conclusion :

Nous avons pu choisir dans ce chapitre la presse qui convient et le calcul dimensionnel du moule et du circuit de refroidissement. Comme on a aussi vérifié la résistance des différents éléments, ce qui va nous assurer une bonne réalisation.

Conclusion Générale

La présente étude effectuée dans ce projet nous a donné l'opportunité d'élargir et d'acquérir des connaissances dans le domaine de la plasturgie, et de voir la place importante et grandissante qu'elles occupent dans les divers domaines. Et nous a aussi permis de nous initier aux logiciels de CAO tel que SolidWorks.

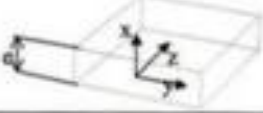





L'élaboration de ce projet nous a donné une perspective sur le monde du travail dans les grandes entreprises tel que l'ENIEM. Le stage que nous avons effectué au sien de cette entreprise nous a été d'une grande importance.

Nous avons ainsi, répondu au cahier des charges exigés par cette entreprise, par la conception d'un moule à injection plastique, destiné à la fabrication de la pièce de fixation de la soupape de décharge. Cette conception est réalisée par le logiciel SolidWorks.

Le calcul de résistance des éléments constituant le moule a été effectué et le résultat trouvé est concluant.

Enfin nous espérons que ce modeste travail soit d'une utilité et de support pour les études qui suivent.

ANNEXES

Géométrie	Conditions limites	Équation
	Plaque $Q_x = 0$ $Q_y = 0$	$t_k = \frac{e^2}{D \cdot \pi^2} \ln \left[\frac{8}{\pi^2} \frac{T_i - T_M}{T_c - T_M} \right]$
	Cylindre $Q_y = 0$ $Q_x = 0$ $L \gg R$	$t_k = \frac{4R^2}{23,14D} \ln \left[0,692 \frac{T_i - T_M}{T_c - T_M} \right]$
	Cylindre $Q_y = 0$ $L = R$	$t_k = \frac{1}{\left(\frac{23,14}{4R^2} + \frac{\pi^2}{L} \right) D} \ln \left[0,561 \frac{T_i - T_M}{T_c - T_M} \right]$
	Cube	$t_k = \frac{h^2}{3D \cdot \pi^2} \ln \left[0,533 \frac{T_i - T_M}{T_c - T_M} \right]$
	Sphère	$t_k = \frac{R^2}{D \pi^2} \ln \left[2 \frac{T_i - T_M}{T_c - T_M} \right]$
	Cylindre creux $Q_y = 0$ $Q_x = 0$	Idem plaque avec $e = (R_o - R_i)$

Equation pour le calcul des temps de refroidissement

ANNEXES

Température	ρ	μ	ν	C_p	λ	a	Pr	β
°C	Kg/m ³	Kg/m . s	m ² /s	J/Kg .K	W/m.k	M ² /s		1/K
10°	1001	1,3 . 10 ⁻³	0,13 . 10 ⁻⁵	4192	0,586	13,7 . 10 ⁻⁸	9,3	0,88 . 10 ⁻⁴
20°	1001	1,0 . 10 ⁻³	0,101.10 ⁻⁵	4182	0,597	14,3 . 10 ⁻⁸	7,02	2,06 . 10 ⁻⁴
40°	994,6	0,651.10 ⁻³	0,0658 . 10 ⁻⁵	4178	0,628	15,1 . 10 ⁻⁸	4,34	3,72 . 10 ⁻⁴

Caractéristiques thermiques de l'eau [17]

Température	ρ	μ	ν	C_p	λ	a	Pr	β
°C	Kg/m ³	Kg/m . s	m ² /s	J/Kg .K	W/m.k	M ² /s		1/K
10°	1001	1,3 . 10 ⁻³	0,13 . 10 ⁻⁵	4192	0,586	13,7 . 10 ⁻⁸	9,3	0,88 . 10 ⁻⁴
20°	1001	1,0 . 10 ⁻³	0,101.10 ⁻⁵	4182	0,597	14,3 . 10 ⁻⁸	7,02	2,06 . 10 ⁻⁴
40°	994,6	0,651.10 ⁻³	0,0658 . 10 ⁻⁵	4178	0,628	15,1 . 10 ⁻⁸	4,34	3,72 . 10 ⁻⁴

Caractéristiques thermiques de l'acier [17]

ANNEXES

GAMME DISPONIBLE										
D	D1	L	K	A 35 %		B 50 %		C Approximatif		REF. 324
mm	mm	mm	N/mm	N	mm	N	mm	N	mm	
32	16	38	43,8	582,54	13,3	832,2	19	932,064	21,28	
		44	37,5	577,5	15,4	825	22	924	24,64	
		51	32,3	576,555	17,85	823,65	25,5	922,488	28,56	
		64	25,4	568,96	22,4	812,8	32	910,336	35,84	
		76	21,3	566,58	26,6	809,4	38	906,528	42,56	
		89	18,1	563,815	31,15	805,45	44,5	902,104	49,84	
		102	15,8	564,06	35,7	805,8	51	902,496	57,12	
		115	13,9	559,475	40,25	799,25	57,5	895,16	64,4	
		127	12,6	560,07	44,45	800,1	63,5	896,112	71,12	
		139	11,4	554,61	48,65	792,3	69,5	887,376	77,84	
		152	10,5	558,6	53,2	798	76	893,76	85,12	
		178	8,9	554,47	62,3	792,1	89	887,152	99,68	
		203	7,8	554,19	71,05	791,7	101,5	886,704	113,68	
		254	6,2	551,18	88,9	787,4	127	881,888	142,24	
305	5,2	555,1	106,75	793	152,5	888,16	170,8			

Section du fil
6,4 x 2,65

Choix des ressorts pour les charges extra légères [10]

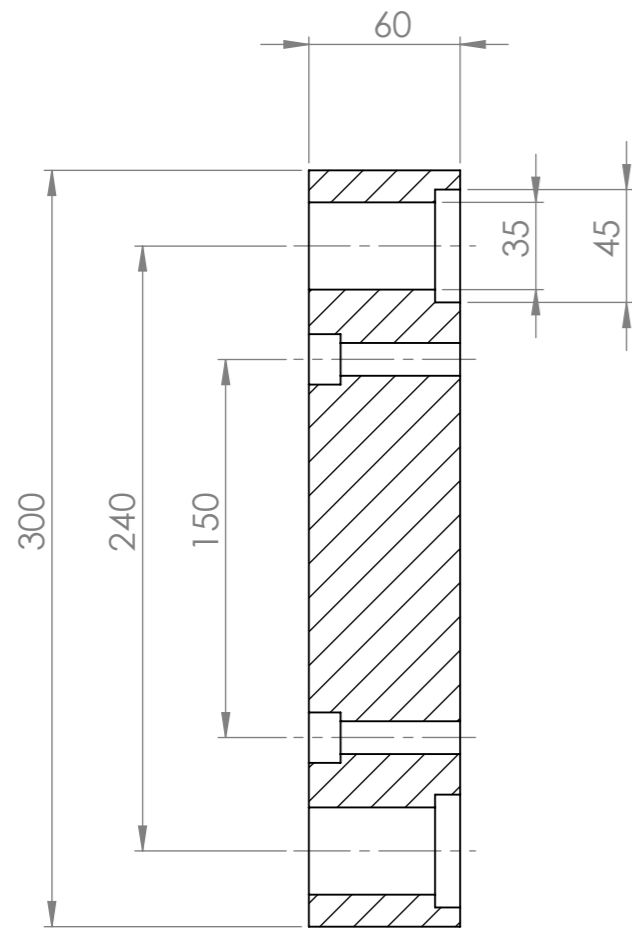
ANNEXES

Éléments du Moule	Acier (DIN)	Dureté HB	Re (MPa)	Observation	Acier de substitution
Anneau de Centrage Visserie	C 35	190	400	Nitruré	C35
Buse d'injection	36 Ni Cr Mo 16		800	Recuit	
Colonne de guidage Colonne d'éjection Colonne de sécurité Colonne sans plot Doit de démoulage Douille de centrage lisse Douille de centrage épaulé Bague de guidage épaulée Buté de course d'éjection	14 Ni Cr 12	207	1000	A A C T	100 Cr 6
Plaque de verrouillage	C	210	400		
Plaque éjectrice Contre plaque éjectrice Porte empreinte Semelle Tasseau Tasseau de renfort Glissière de tiroir	30 Ni Cr 11	230	500	A A	C 45
Empreinte et Noyau Ejecteur cylindrique Tiroir Insert	X10 Cr Ni Si 25-20	170	280		
Ejecteur carotte	X12 Cr Ni 17-7	165	245		17% Cr
Tétine	Cu Al 10 Ni 5 Fe		400		
Ressort de rappel	Cr-				Cr-
Ressort à bille	C				
Bille	55				
Clavette	C				

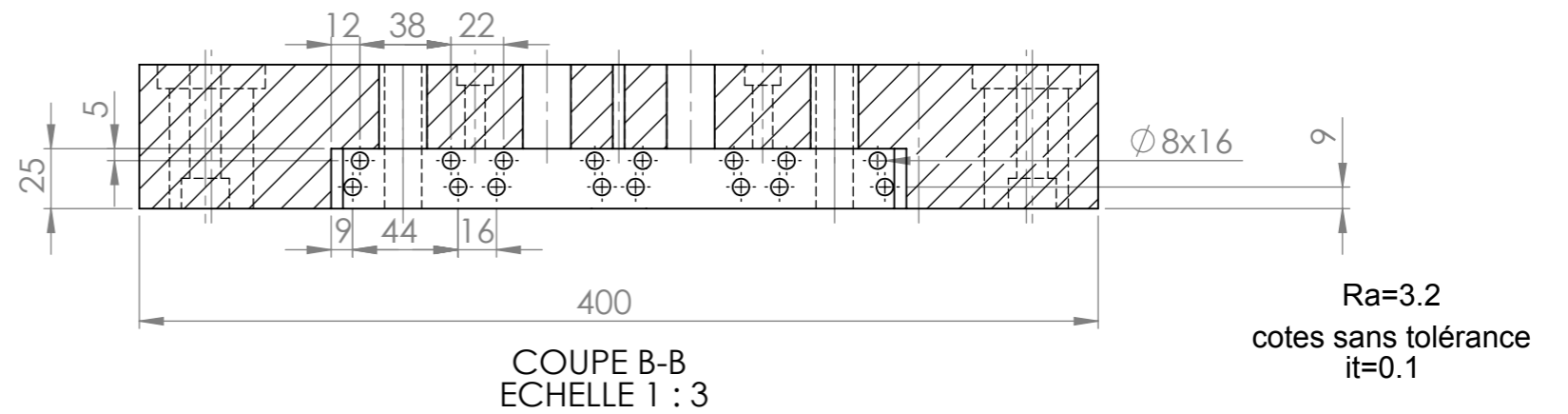
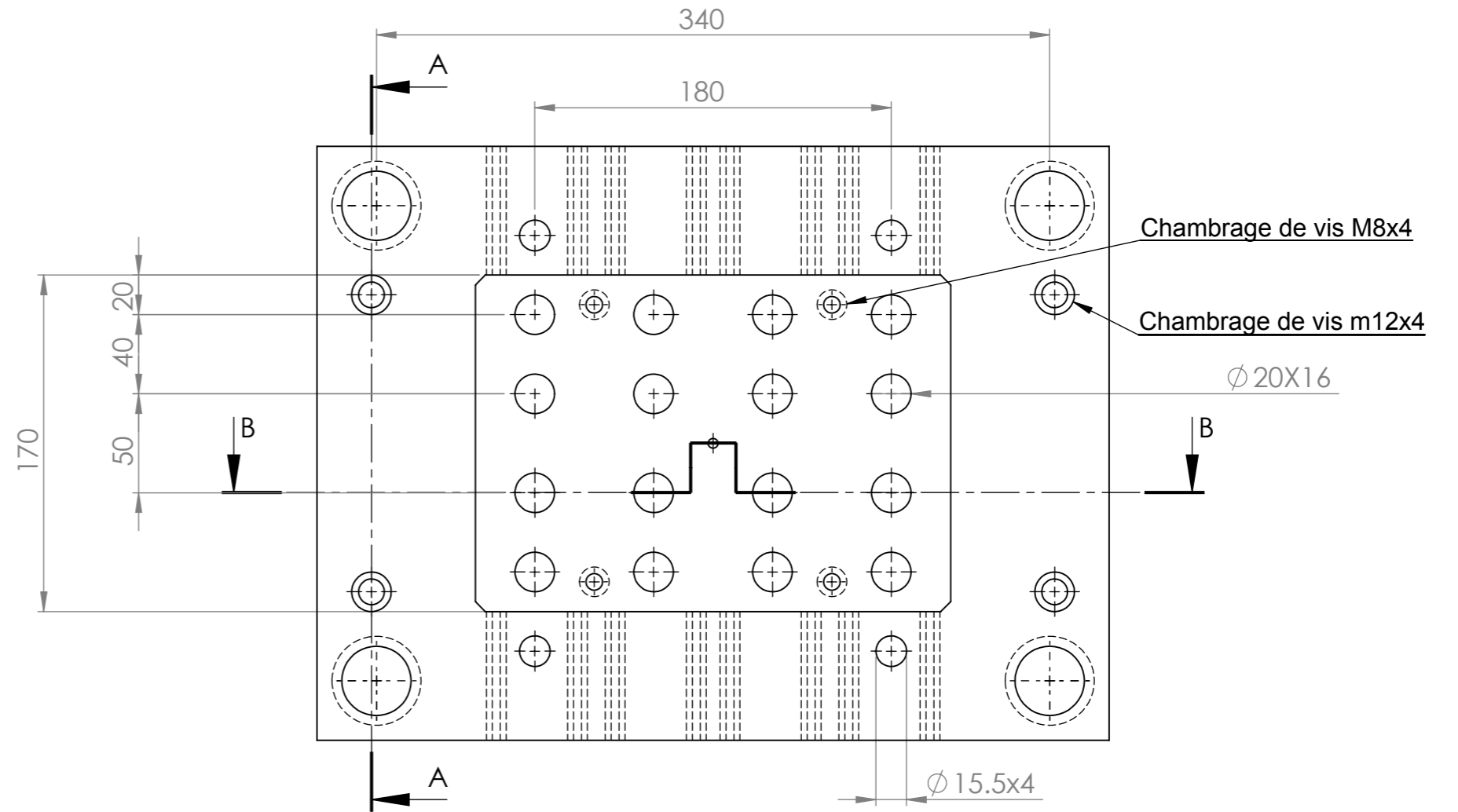
Les aciers du moule

BIBLIOGRAPHIE

- [1] : Michel CHATAIN, techniques d'ingénieur.
- [2] : Jacky Aubry : technologie les matériaux, Les Matières Plastiques 2010.
- [3] : Les Plastiques en débat, collège le Monteil Monistrol sur Loire, 2012.
- [4] : Patricia Nicaud : Projet Troisième ROB'OK, Les Matières Plastiques 2009.
- [5] : J-P TROTIGNON, J VERDU, A DOBRACZYNSKY, M PIPERAUD: Matières plastiques structures, propriétés, mise en œuvre et normalisation ; Edition Nathan, 2006.
- [6] : Claude CORBET : Mémotech matières plastiques, Edition CASTEILLA, 2001.
- [7] : LNE (Laboratoire national de métrologie et d'essais), Matières Plastiques, emballages concernés 2008.
- [8] : P Weiss : La Chimie des Polymères, université médicale virtuelle francophone 2009-2010.
- [9] : Boudraa Kamel Eddine Elaboration et caractérisation de réseaux de polymères interpénétrés à base de monomères d'acrylate de butyle (ABu) et d'éthyl-héxyl-acrylate (EHA) : Gonflement dans des solvants isotropes, mémoire de magister, Université Abou Bekr Belkaid–Tlemcen promotion 2006.
- [11] : J.M. HAUDIN, matériaux pour l'ingénieur, chapitre XI : solidification. « Mise en forme des polymères thermoplastiques »
- [12] : Berrabah Salem, Aissiouane Mourad : étude, conception et réalisation d'un moule d'injection plastique d'un cache poignée d'un réfrigérateur ENIEM, Mémoire ingénieur. Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou promotion 2012.
- [13] : Linher Jerome, injection plastique : microtechnique-injection plastique, lycée Jules Haag 2012.
- [14] : Ana Maria BIANCHI, transfert thermique, ISBN 2-88074-496-2, 2004.

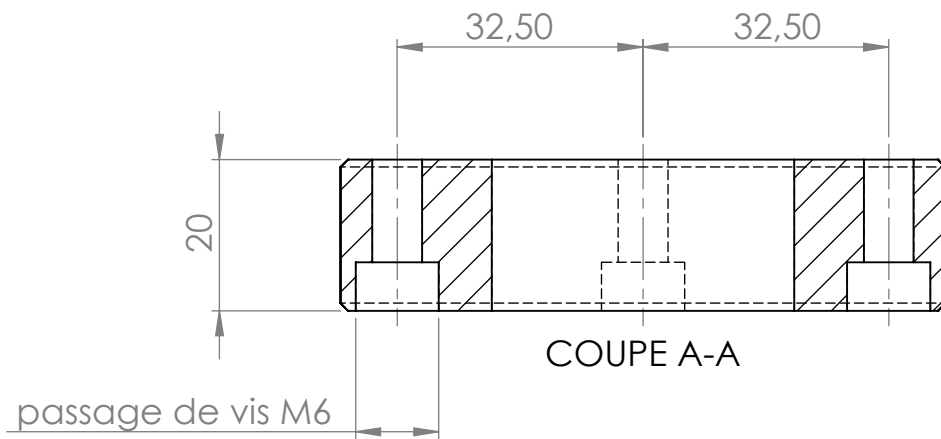
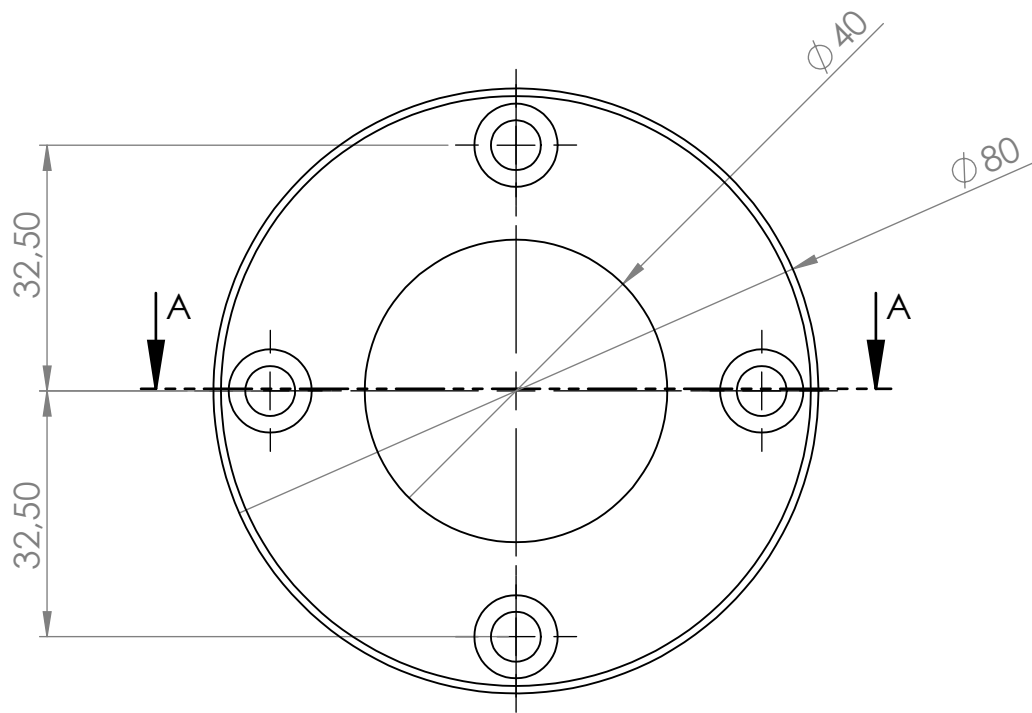


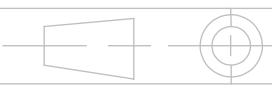
COUPE A-A
ECHELLE 1 : 3

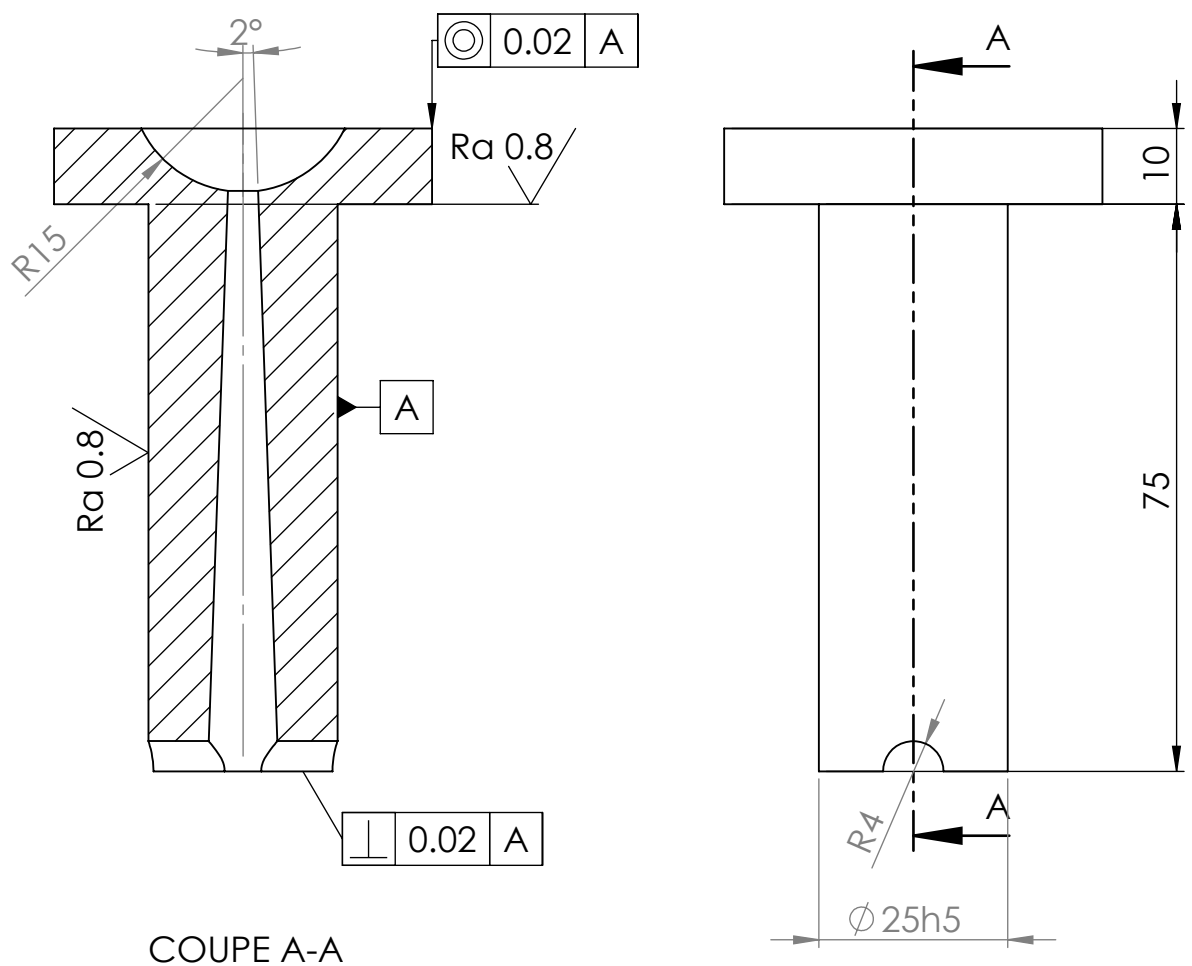


COUPE B-B
ECHELLE 1 : 3

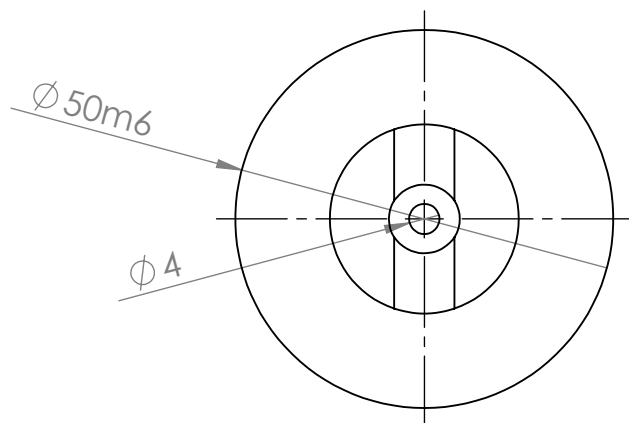
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
11	1	PORTE EMPREINTE MOBILE		
ECHELLE 1:3		Moule d'injection plastique pour pièce de fixation de la soupapededécharge		
		FGC-GM-UMMTO		PRO 2014
A3		DJENDER Melha CHOUALI Sabrina		Master II



09	01	Bague de centrage	Bronze	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		Moule d'injection plastique pour pièce de fixation de la soupape de décharge		Réalisé par : DJENDER Melha CHOUALI Sabrina
				Pro 2014
A4		UMMTO - FGC - DGM		07 / 06 / 2014

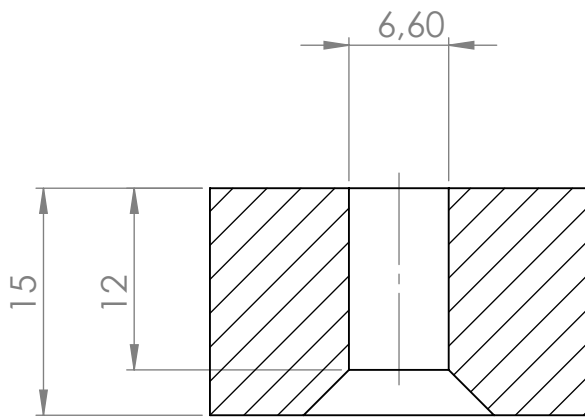
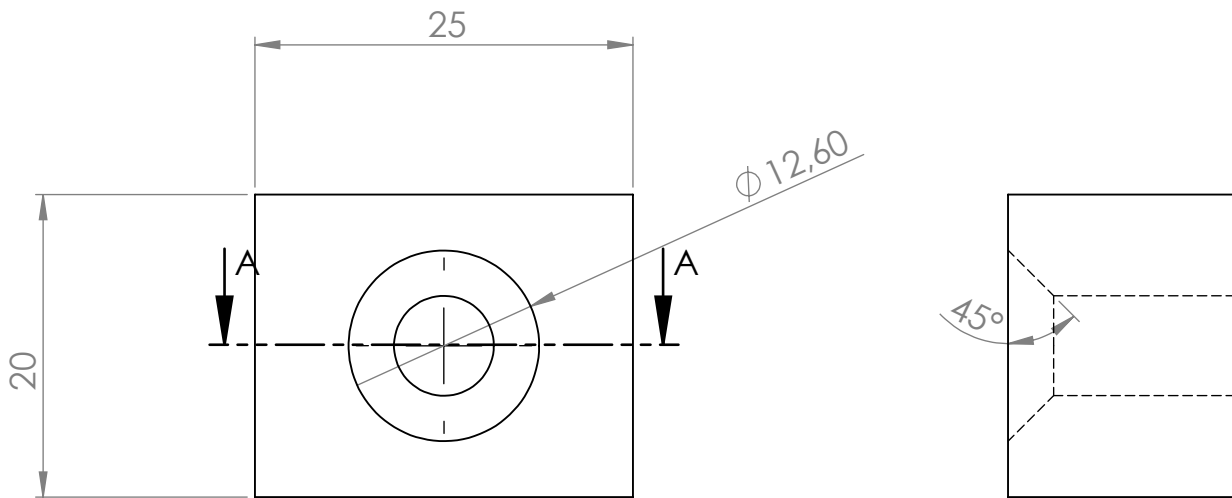


COUPE A-A




Ra=3,2 sauf indication
Cotes sans tolérances
it= ±0.1

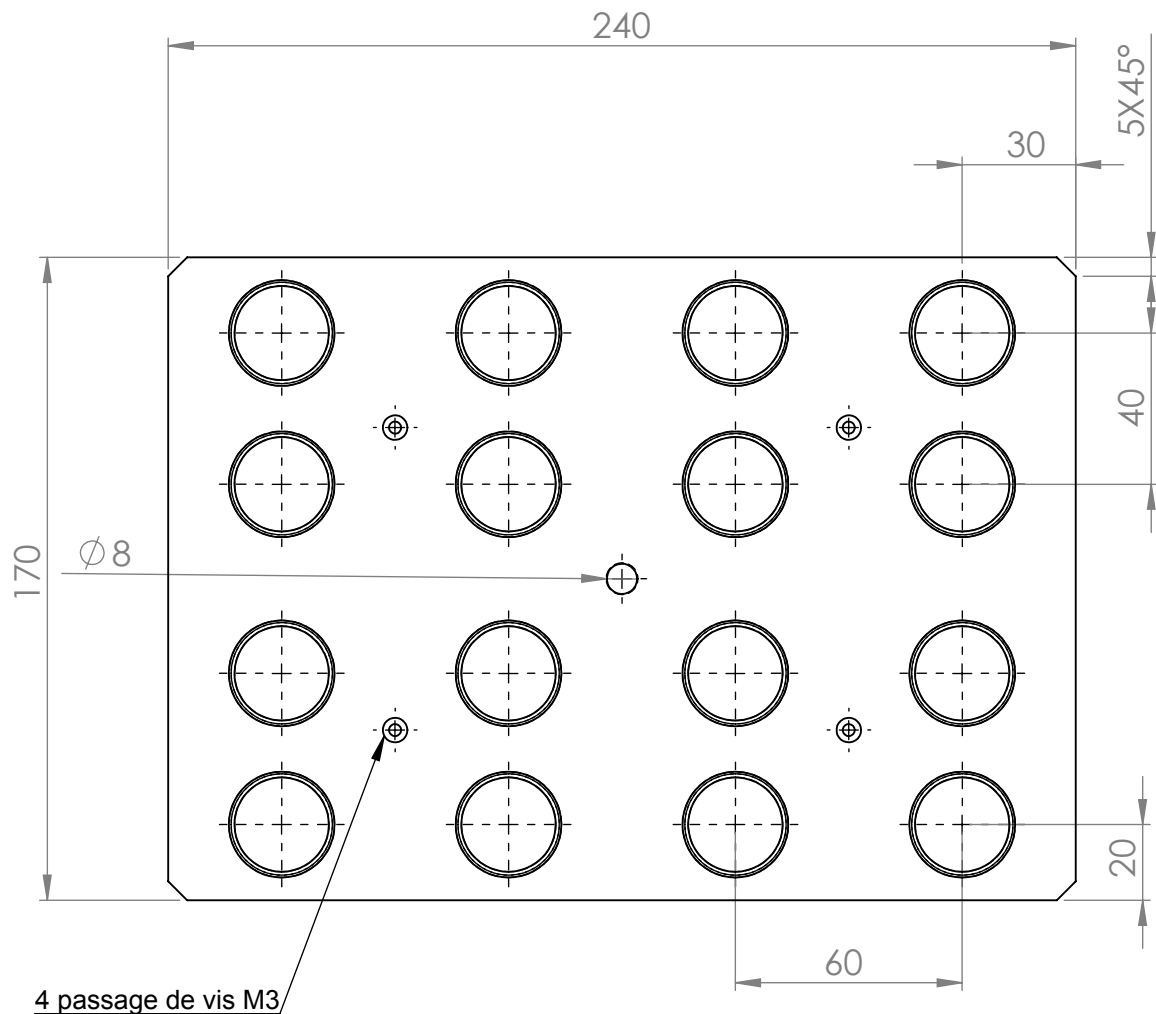
07	01	Buse d'injection	105W Cr6	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		Moule d'injection plastique pour pièce de fixation de la soupape de décharge	Réalisé par : DJENDER Melha CHOUALI Sabrina	
A4			Pro 2014	
		U M M T O - F G C - D G M	01 / 09 / 2014	




COUPE A-A

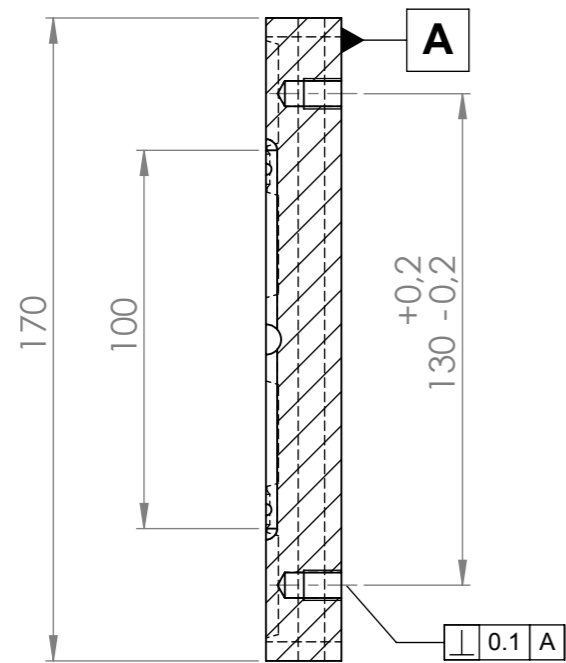
Ra=3,2 sauf indication
Cotes sans tolérances
it= ±0.1

09	01	BUTEE	XC48	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:5		Moule d'injection plastique pour pièce de fixation de la soupape de décharge	Réalisé par : DJENDER Melha CHOUALI Sabrina	
			Pro 2014	
A4		U M M T O - F G C - D G M	01 / 09 / 2014	

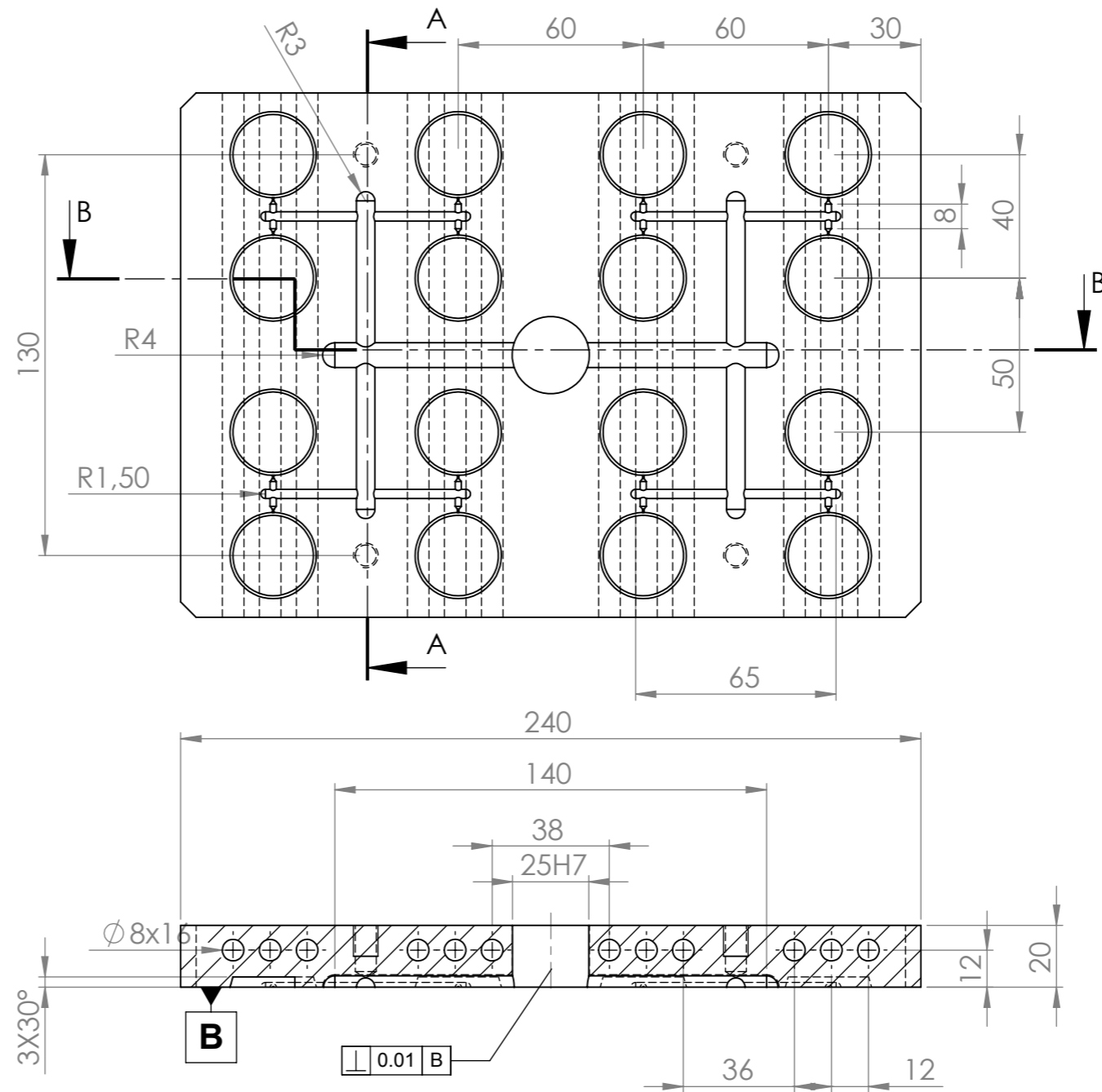


Ra=3,2 sauf indication
Cotes sans tolérances
it= ±0.1

14	01	Empeinte mobile supérieure	36NiCrMo16	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:2		Moule d'injection plastique pour pièce de fixation de la soupape de décharge	Réalisé par : DJENDER Melha CHOUALI Sabrina	
			Pro 2014	
A4		UMMTO - FGC - DGM	01 / 09 / 2014	



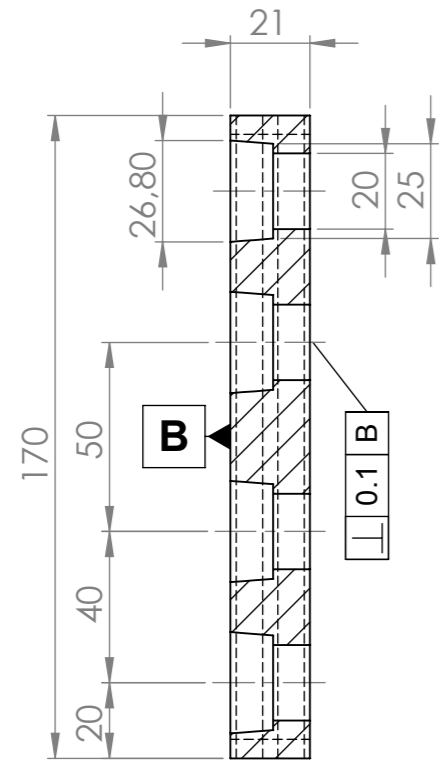
COUPE A-A



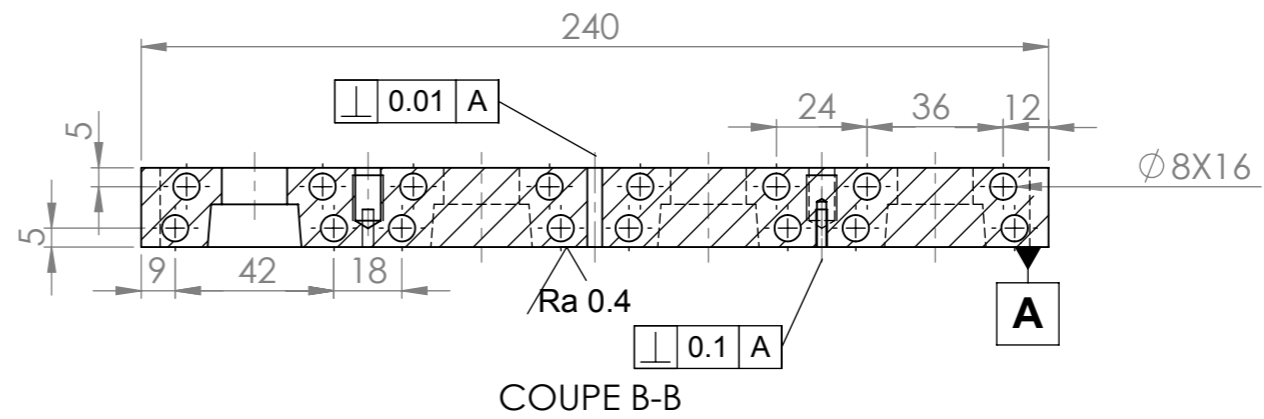
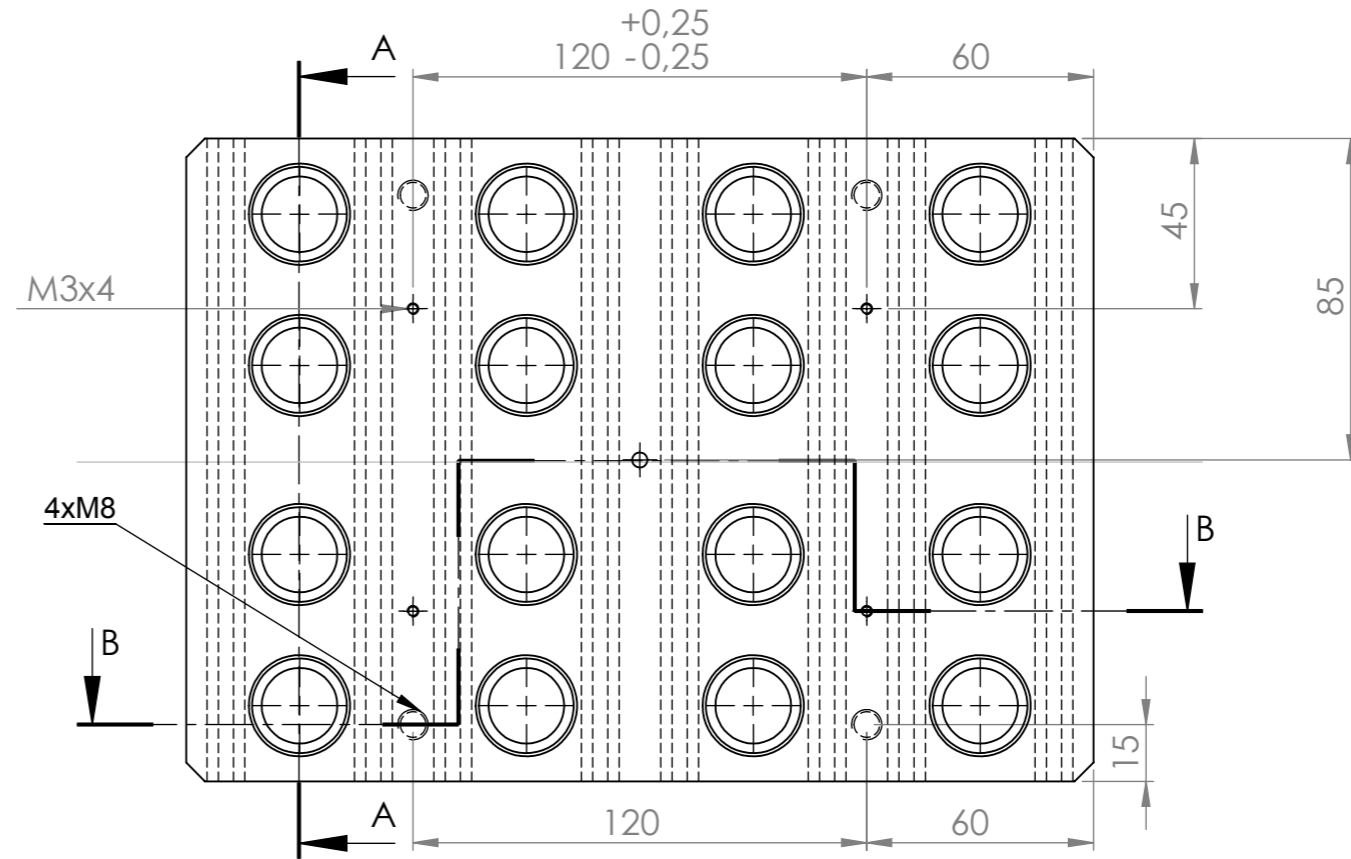
COUPE B-B

cotes sans tolérance
it=0.1

02	1	EMPEINTE FIXE	36NiCrMo16
Rep Nbr		Désignation	Matière
		Observation	
ECHELLE 1:2		Moule d'injection plastique pour pièce de fixation de la soupape de décharge	
		FGC-GM-UMMTO	PRO 2014
A3		DJENDER Melha CHOUALI Sabrina	Master II

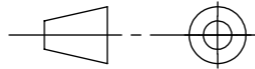


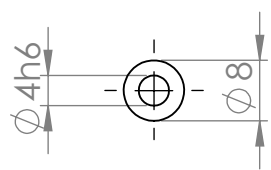
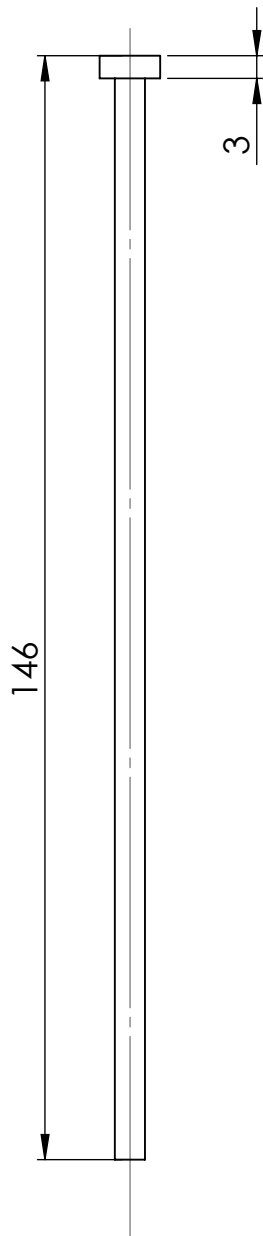
COUPE A-A



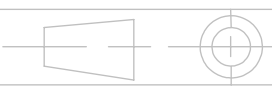
COUPE B-B

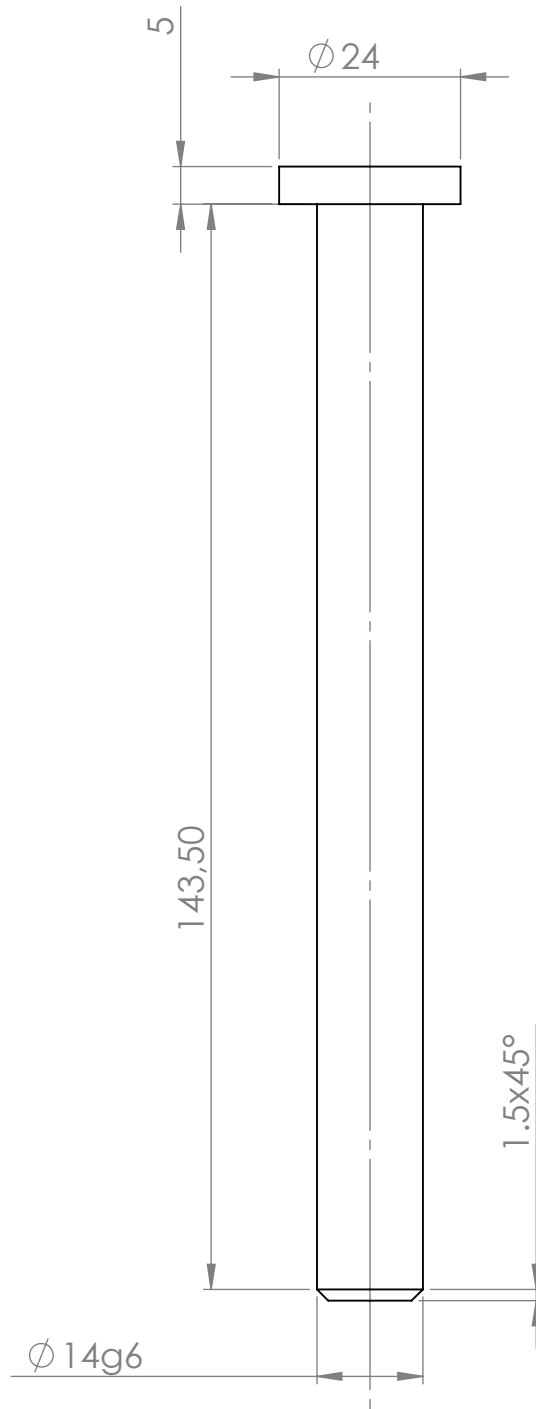
Ra=3.2
cotes sans tolérance
it=0.1

12	1	EMPEINTE MOBILE INFERIEURE	36NiCrMo16	
Rep Nbr		Désignation	Matière	Observation
ECHELLE 1:2		Moule d'injection plastique pour pièce de fixation de la soupape de décharge		
		FGC-GM-UMMTO	PRO 2014	
A3		DJENDER Melha CHOUALI Sabrina	Master II	

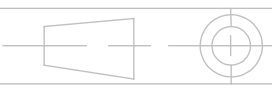


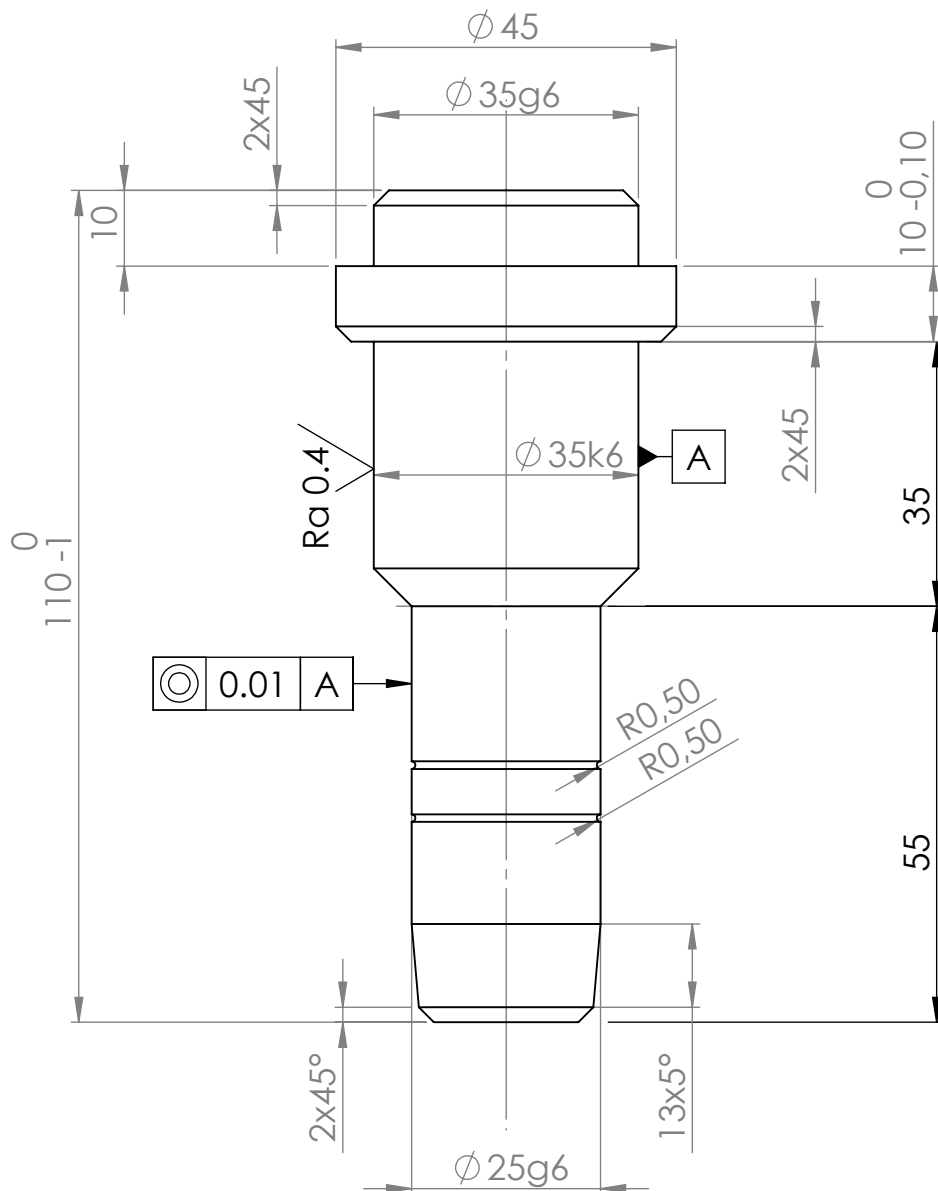
Ra=3,2 sauf indication
Cotes sans tolérances
it= ±0.1

20	01	Ejecteur arrache carotte	36NiCrMo16	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		Moule d'injection plastique pour pièce de fixation de la soupape de décharge	Réalisé par : DJENDER Melha CHOUALI Sabrina	
			Pro:2014	
A4		U M M T O - F G C - D G M	01 / 09 / 2014	




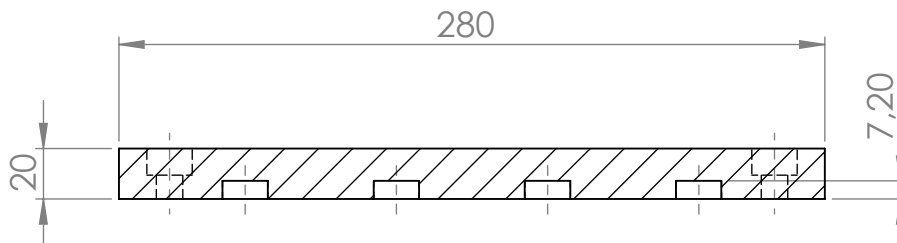
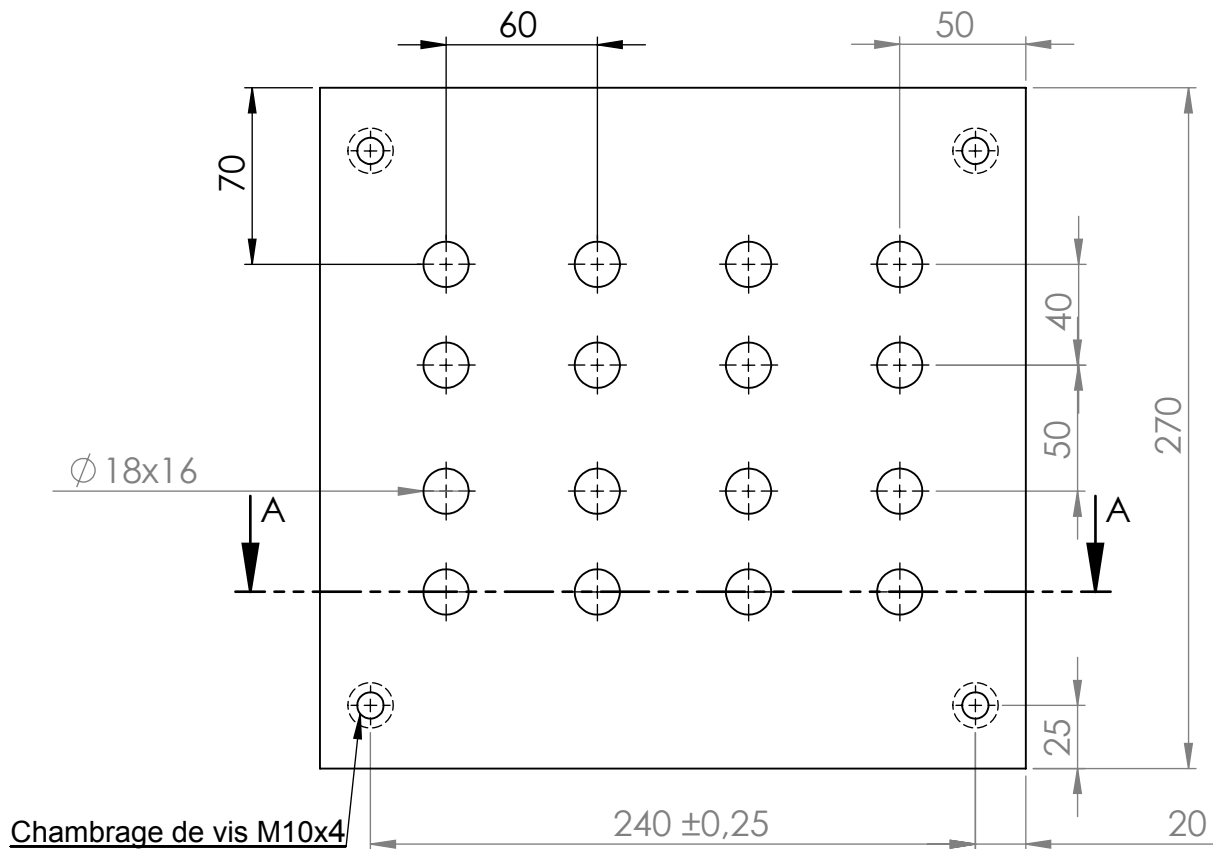
Ra=3,2 sauf indication
Cotes sans tolérances
it= ±0.1

18	04	Colonne de guidage d'éjection	Acier allié	Trempé, cémenté
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE	Réalisé par : DJENDER Melha CHOUALI Sabrina	
			Pro:2014	
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou	01 / 09 / 2014	




Ra=3,2 sauf indication
Cotes sans tolérances
it= ±0.1

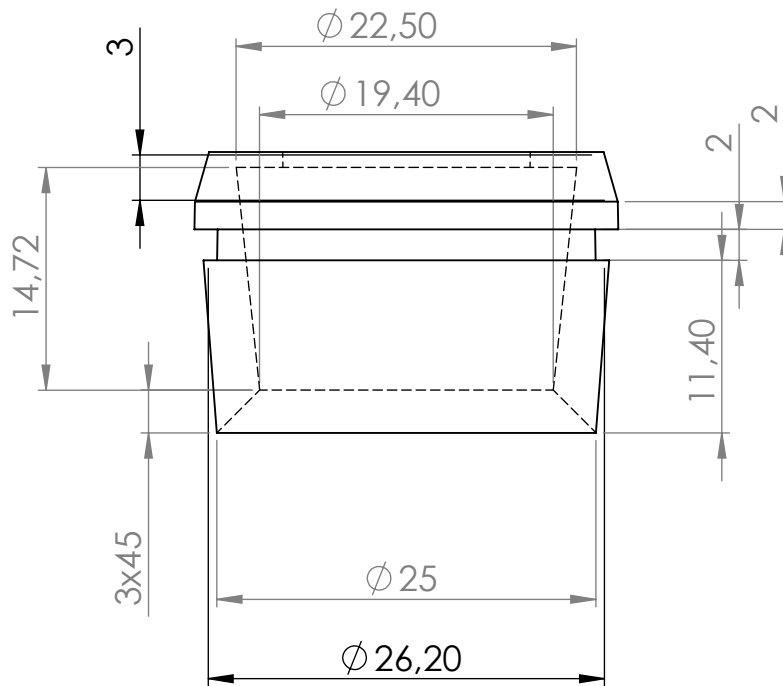
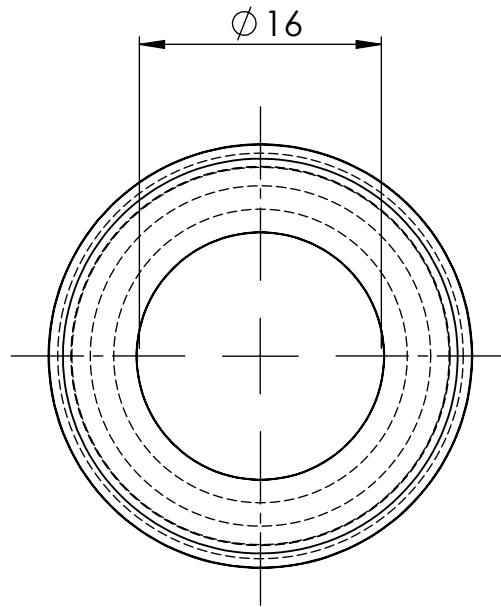
04	04	Douille de guidage	X200Cr12	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		Moule d'injection plastique pour pièce de fixation de la soupape de décharge	Réalisé par : DJENDER Melha CHOUALI Sabrina	
			Pro:2014	
A4		U M M T O - F G C - D G M	01 / 09 / 2014	



COUPE A-A
ECHELLE 1 : 3

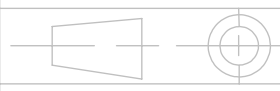
Ra=3,2 sauf indication
Cotes sans tolérances
it= ±0.1

16	01	Contre plaque éjectrice	C45	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:3		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		Réalisé par : DJENDER Melha CHOUALI Sabrina
				Pro:2014
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		28 / 02 / 2014



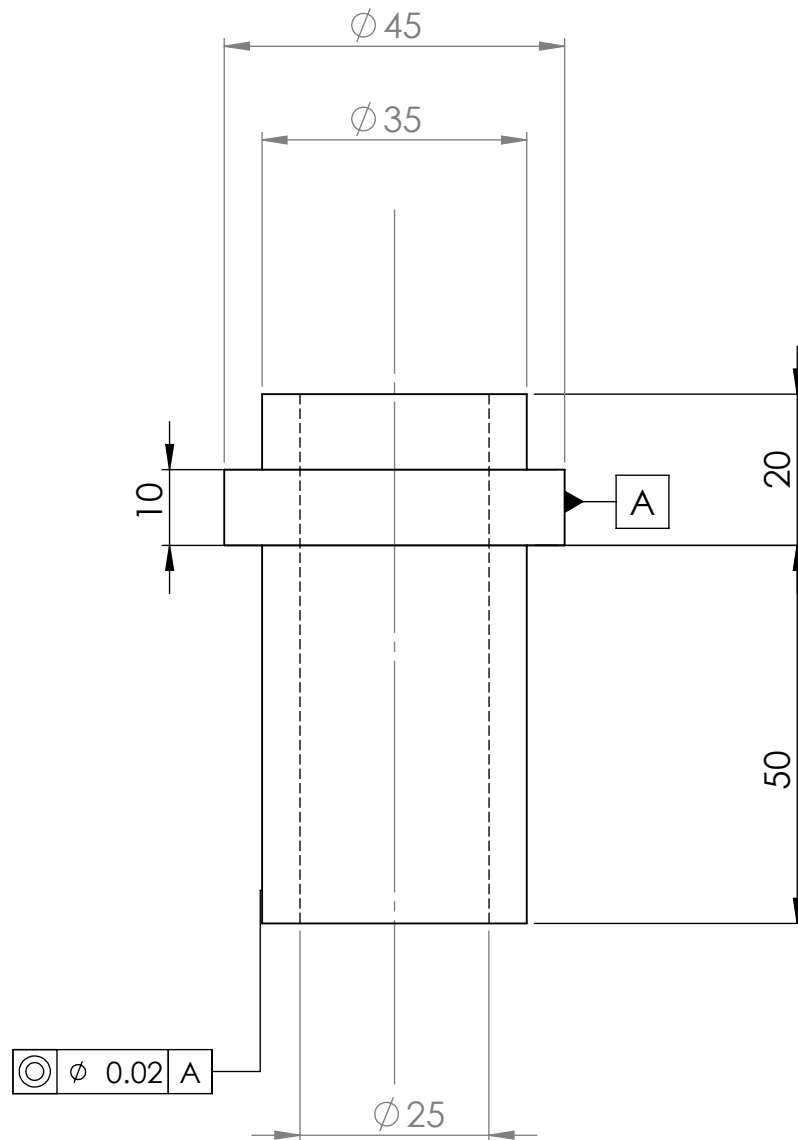
	16	fixation de la soupape de décharge	PEBD	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
		Moule d'injection plastique pour pièce de fixation de la soupape de décharge		Réalisé par : DJENDER Melha CHOUALI Sabrina
				Pro:2014
				01 / 09 / 2014

Echelle:
1:1

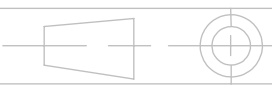


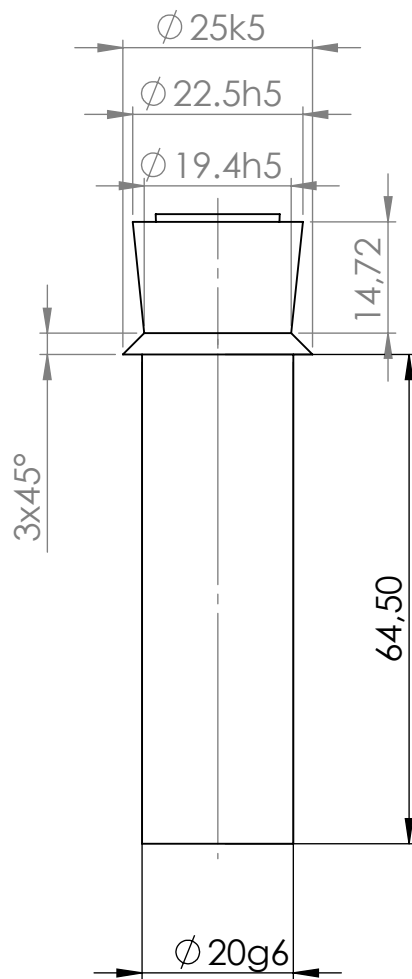
A4

U M M T O - F G C - D G M

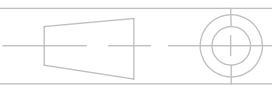


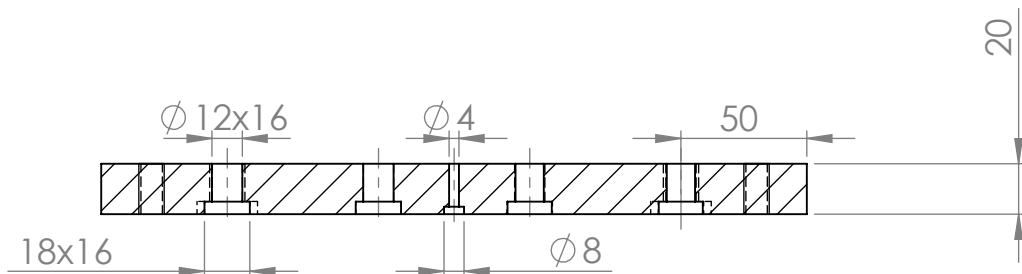
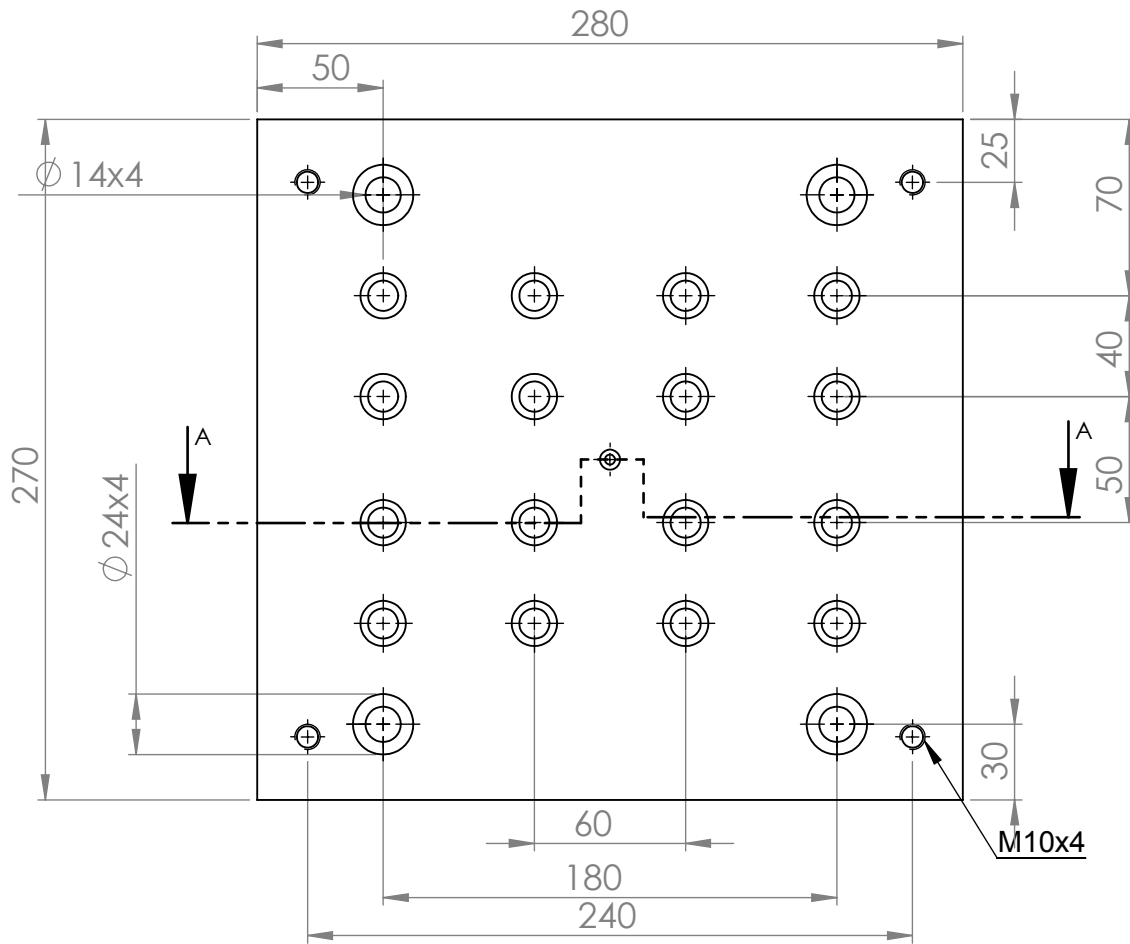
Ra=3,2 sauf indication
Cotes sans tolérances
it= ± 0.1

22	04	Douille de guidage	105 W Cr6	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		Moule d'injection plastique pour pièce de fixation de la soupape de décharge	Réalisé par : DJENDER Melha CHOUALI Sabrina	
			Pro 2014	
A4		U M M T O - F G C - D G M	01/09/2014	




Ra=3,2 sauf indication
Cotes sans tolérances
it= ±0.1

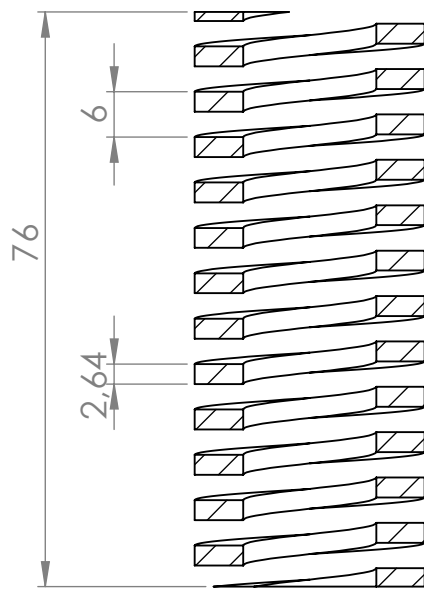
19	16	Ejecteur pièce	36NiCrMo16	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		Réalisé par : DJENDER Melha CHOUALI Sabrina
				Pro:2014
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		01 / 09 / 2014



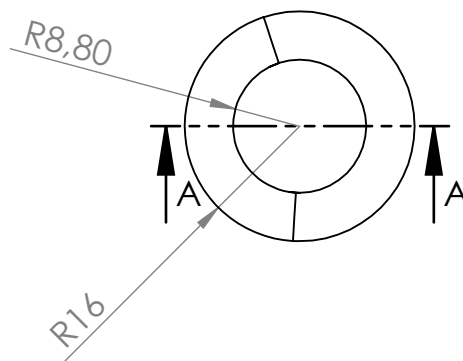
COUPE A-A
ECHELLE 1 : 3


Ra=3,2 sauf indication
Cotes sans tolérances
it= ±0.1

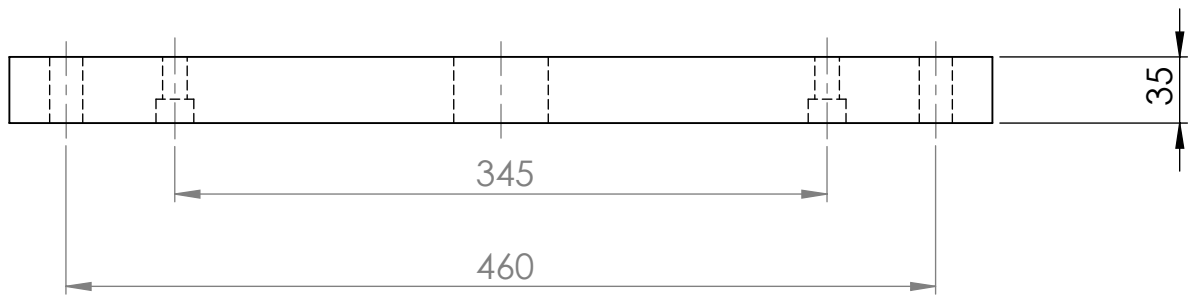
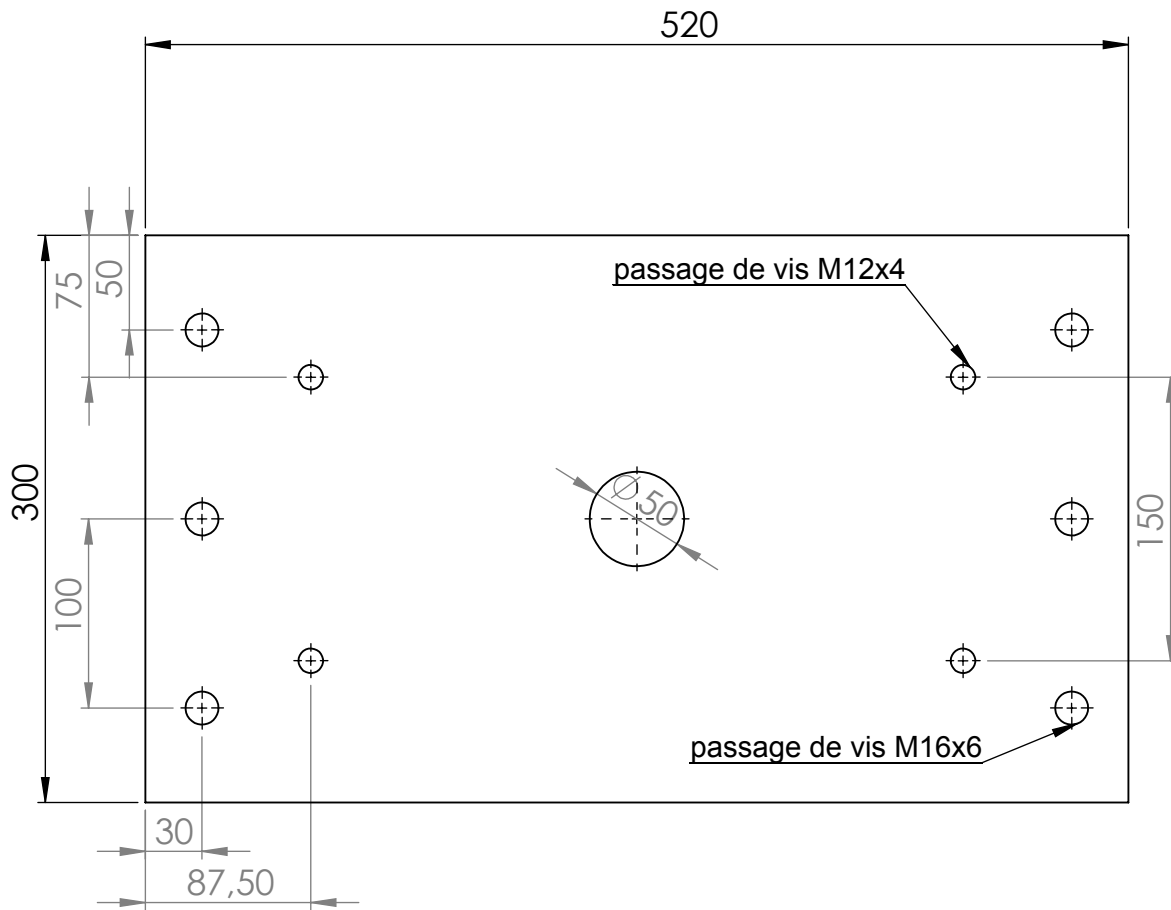
16	01	Plaque éjectrice	C45	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:3		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		Réalisé par : DJENDER Melha CHOUALI Sabrina
				Pro:2014
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		01 / 09 / 2014




COUPE A-A

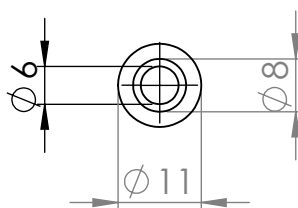
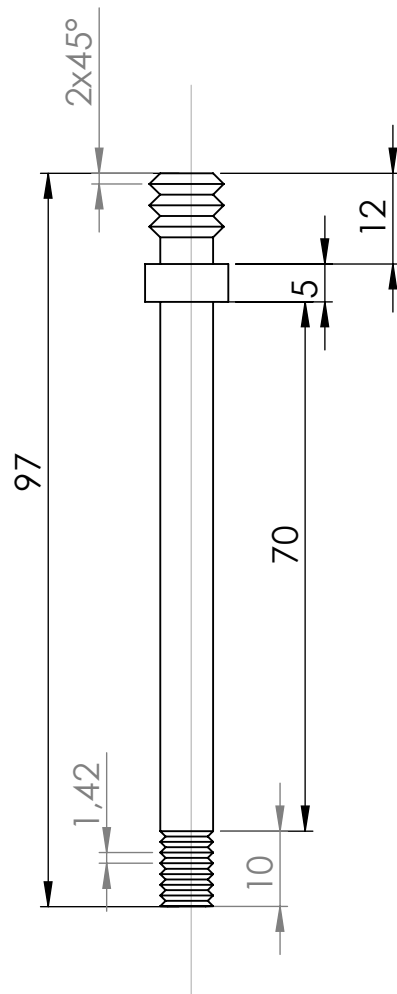



17	04	Ressort	51 Si 7	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		Moule d'injection plastique pour pièce de fixation de la soupape de décharge	Réalisé par : DJENDER Melha CHOUALI Sabrina	
			Projet n°1	
A4		U M M T O - F G C - D G M	28 / 02 / 2014	

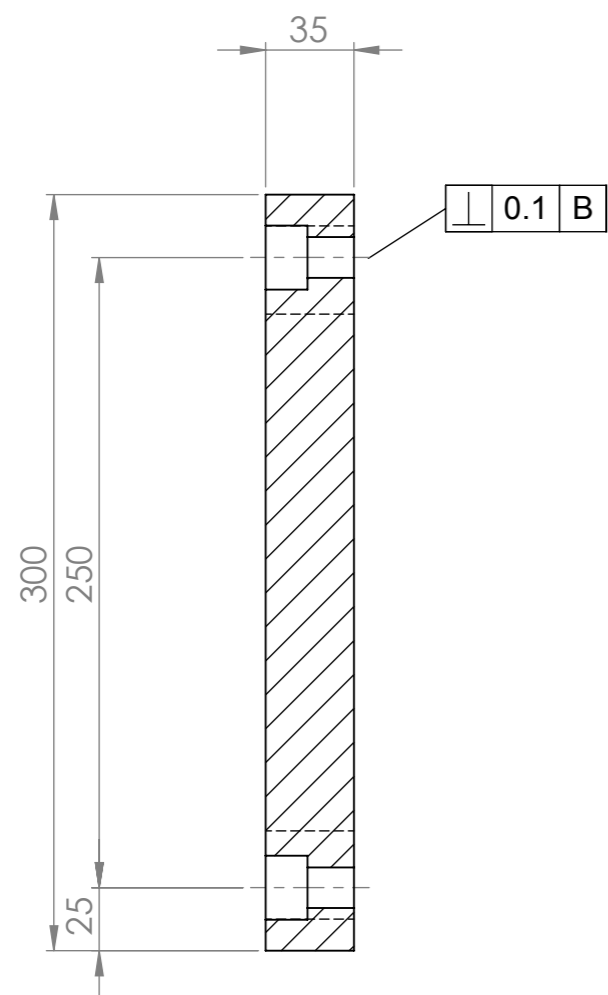


Ra=3,2 sauf indication
Cotes sans tolérances
it= ±0.1

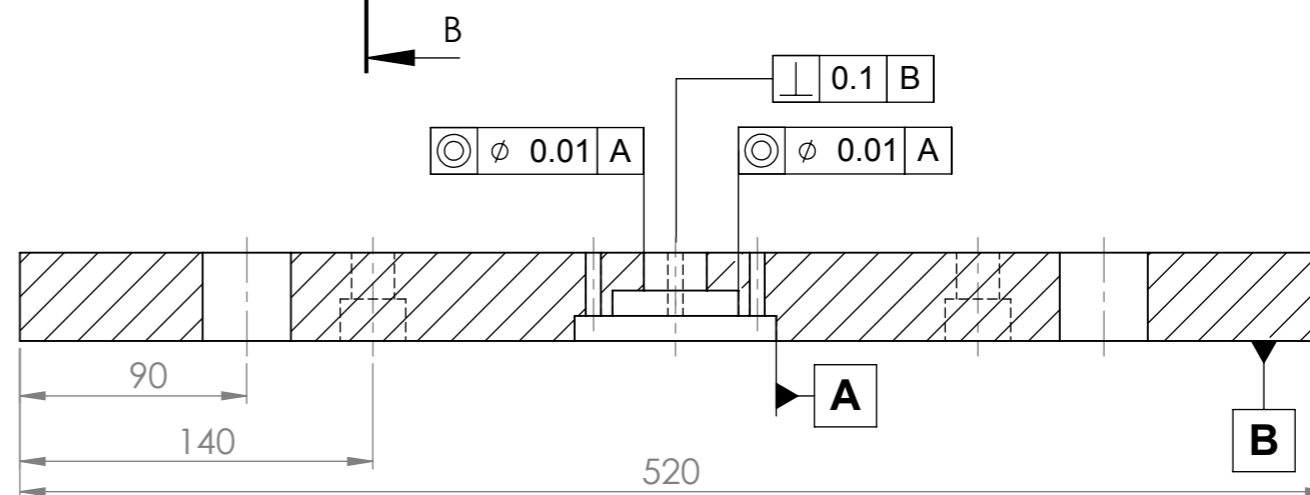
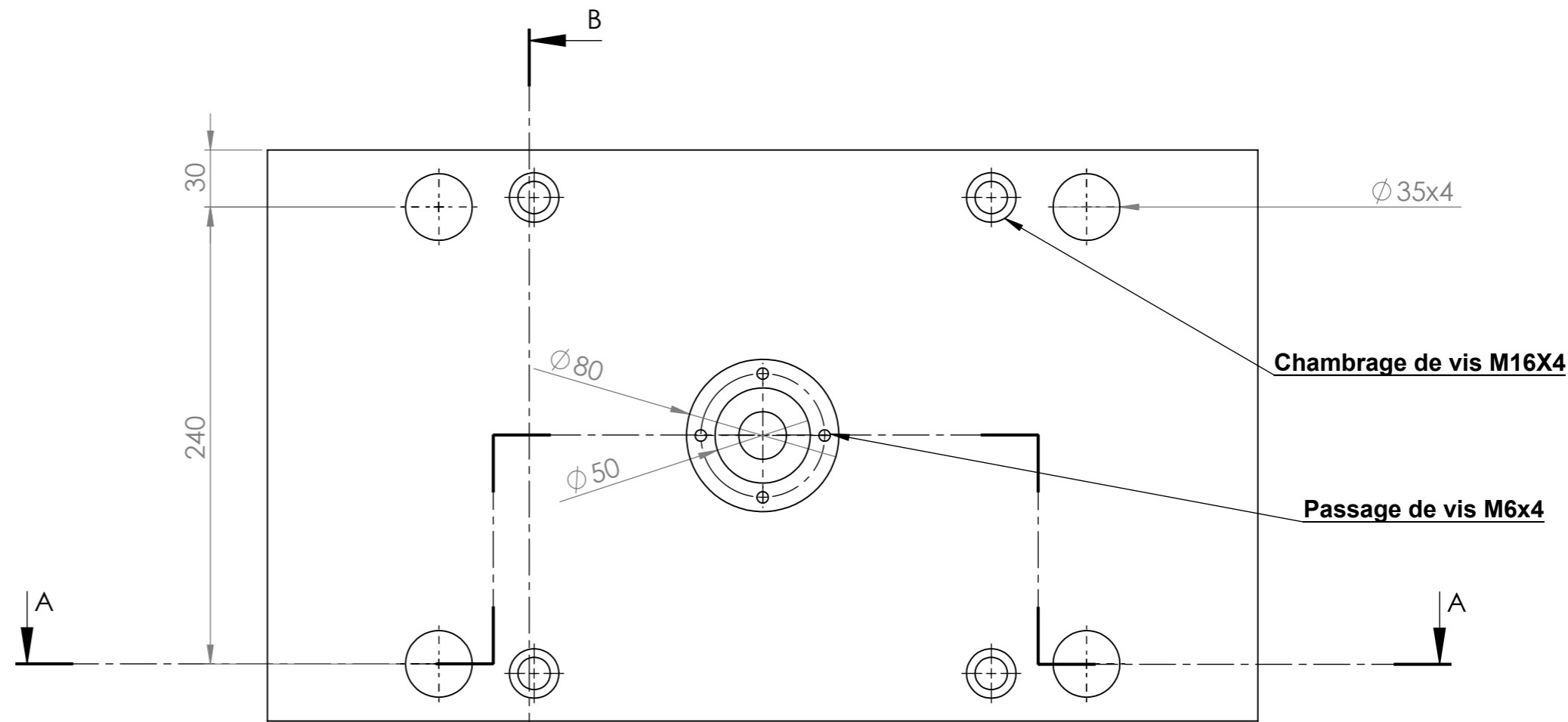
27	01	Semelle mobile	XC48	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:4		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		Réalisé par : DJENDER Melha CHOUALI Sabrina
 A4				Pro:2014
		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		01 / 09 / 2014



10	24	Tétine	Bronze	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		Réalisé par : DJENDER Melha CHOUALI Sabrina
				Pro:2014
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		01 / 09 / 2014



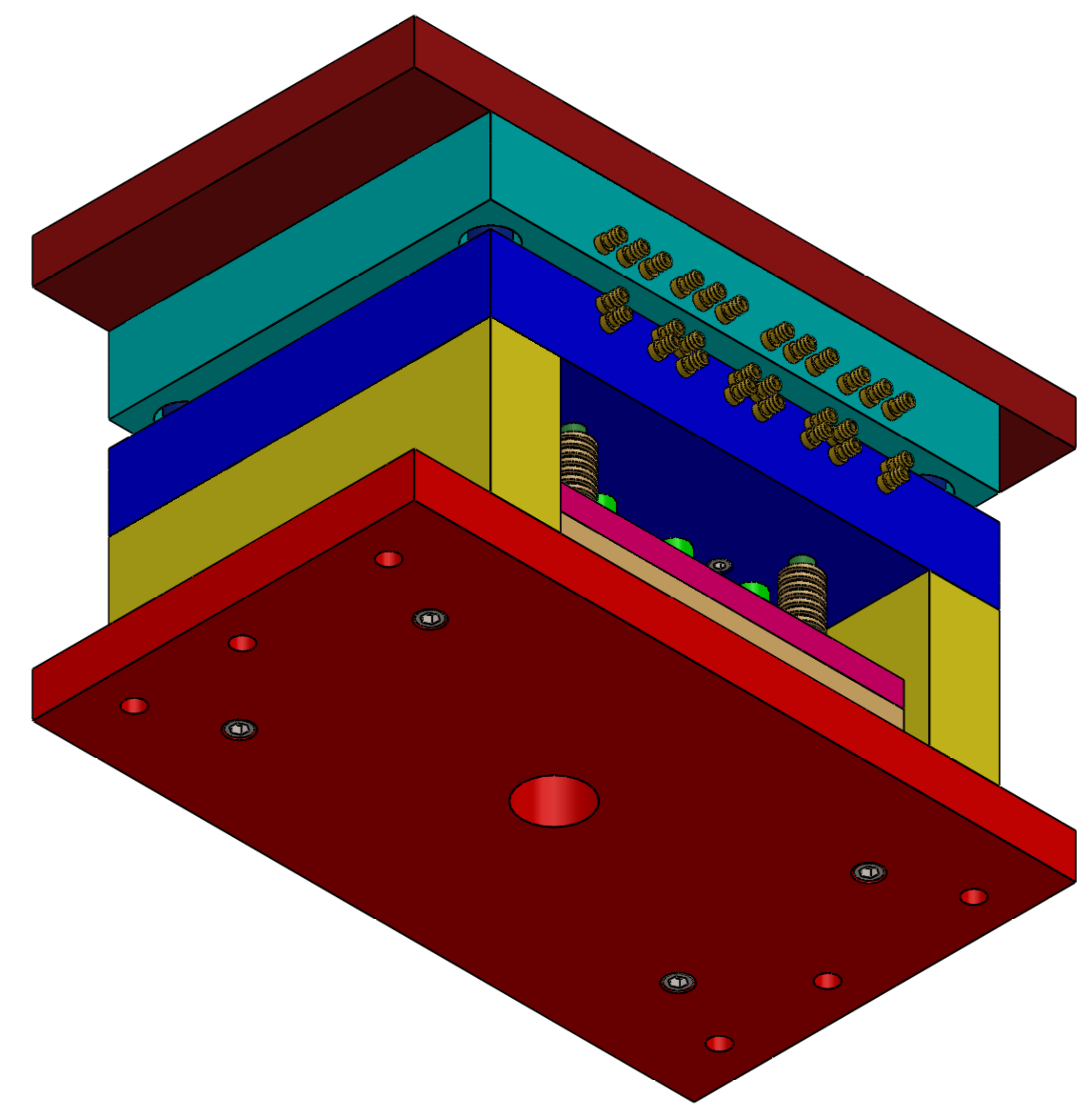
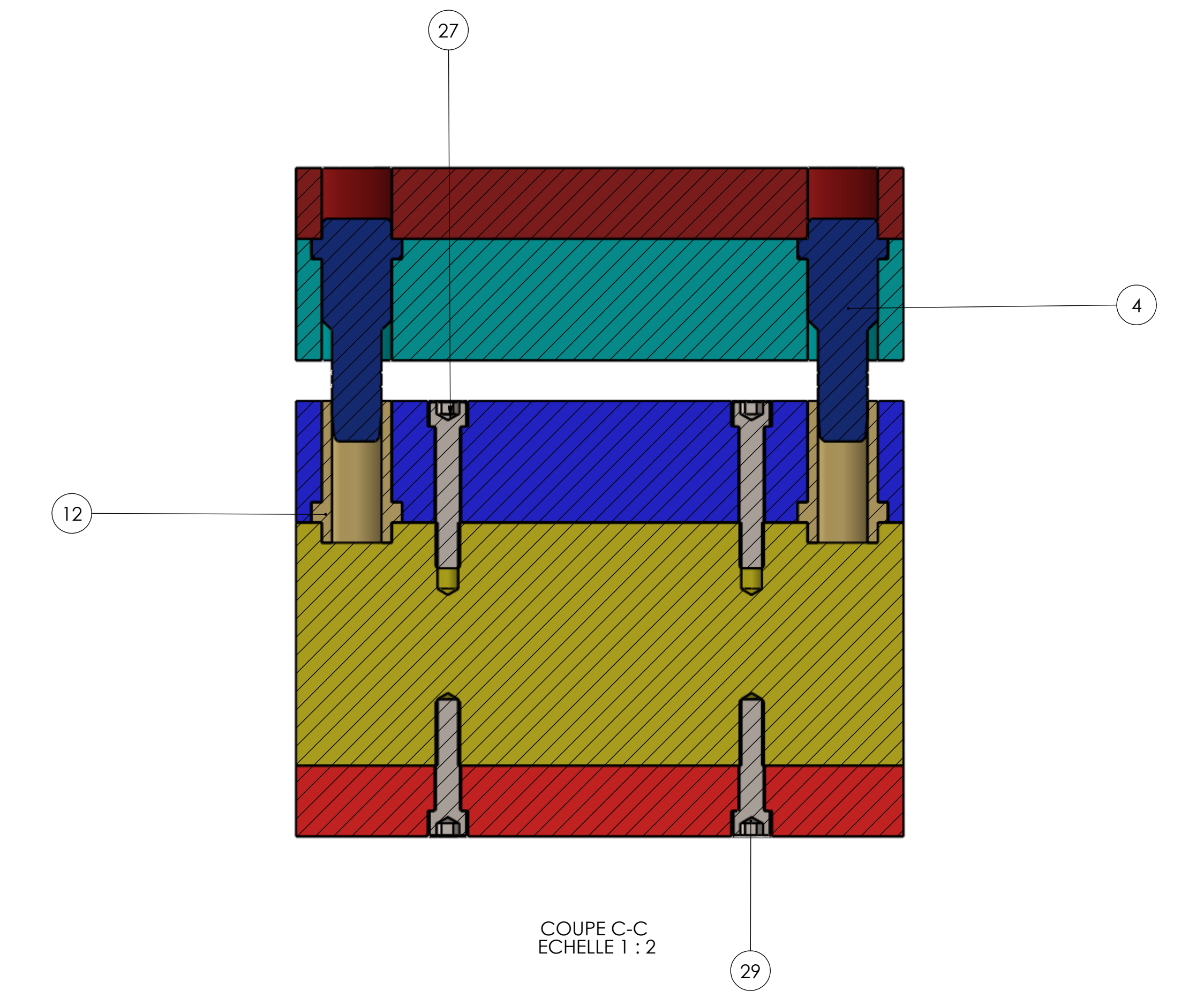
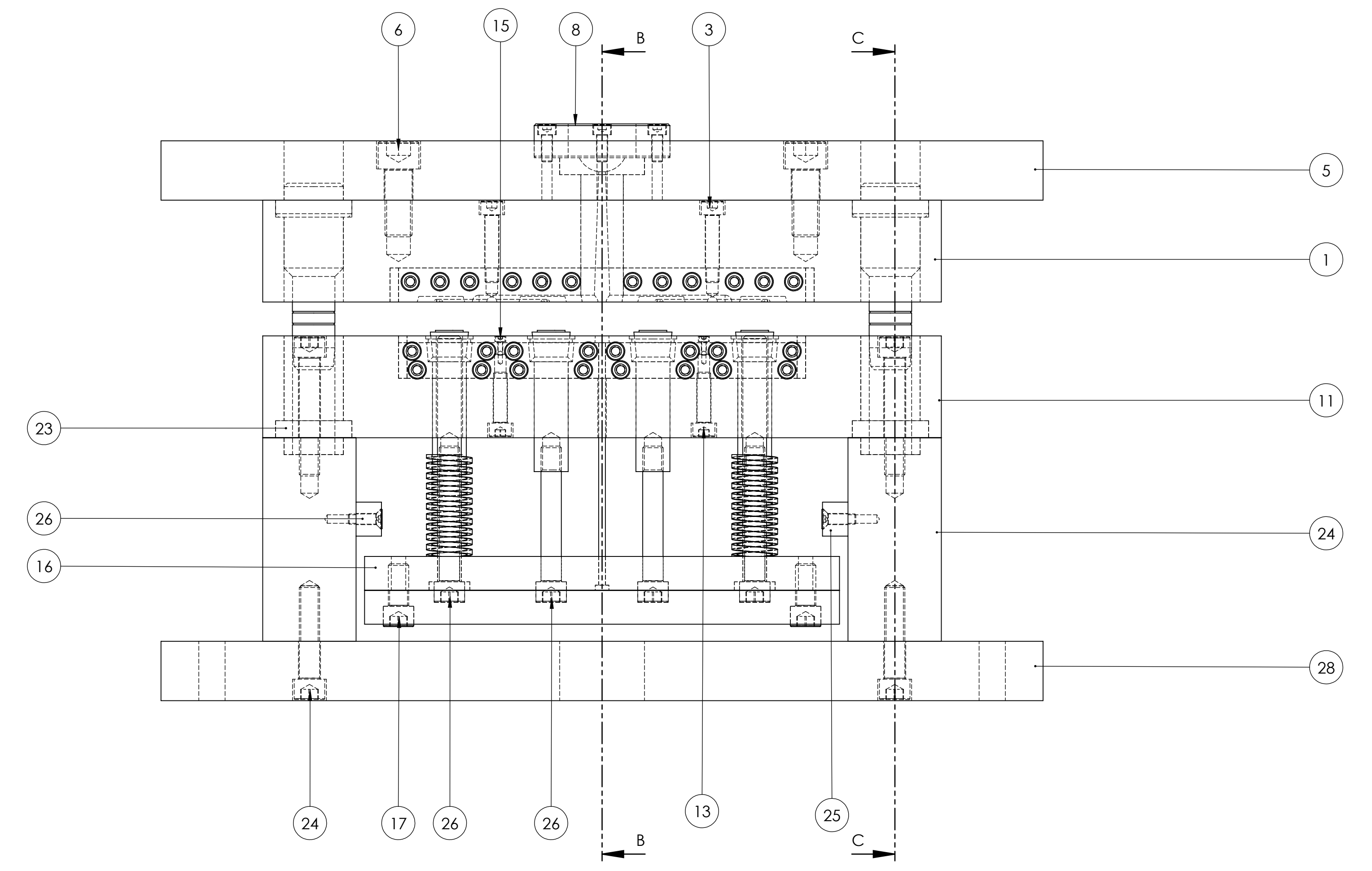
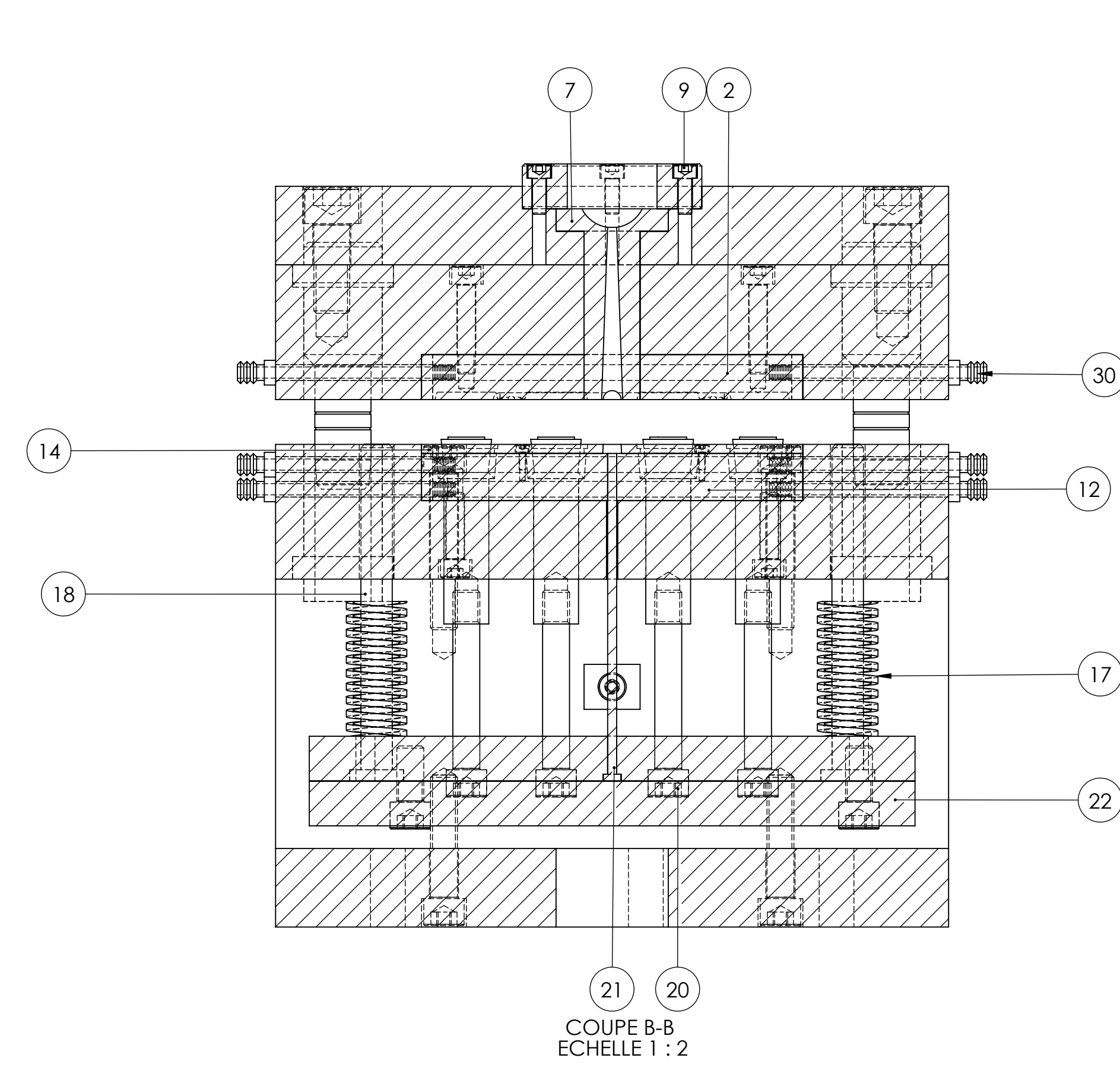
COUPE B-B
ECHELLE 1 : 3



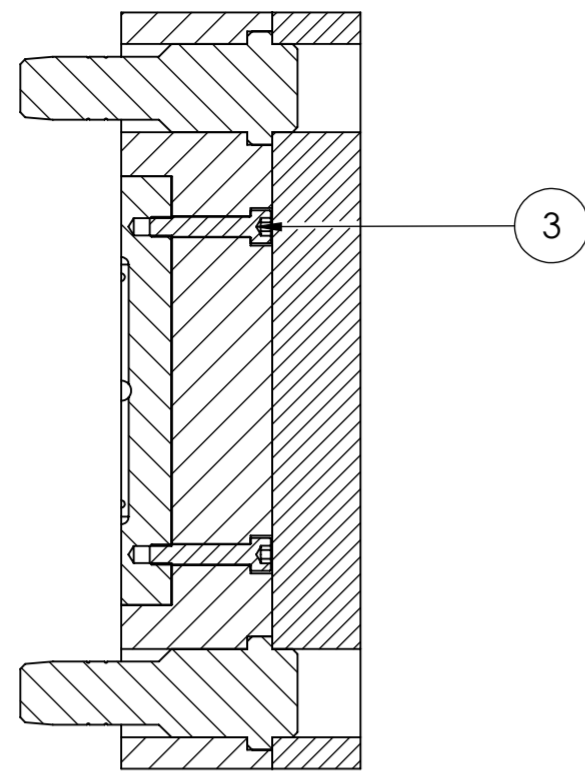
COUPE A-A
ECHELLE 1 : 3

Ra=3.2
cotes sans tolérance
it=0.1

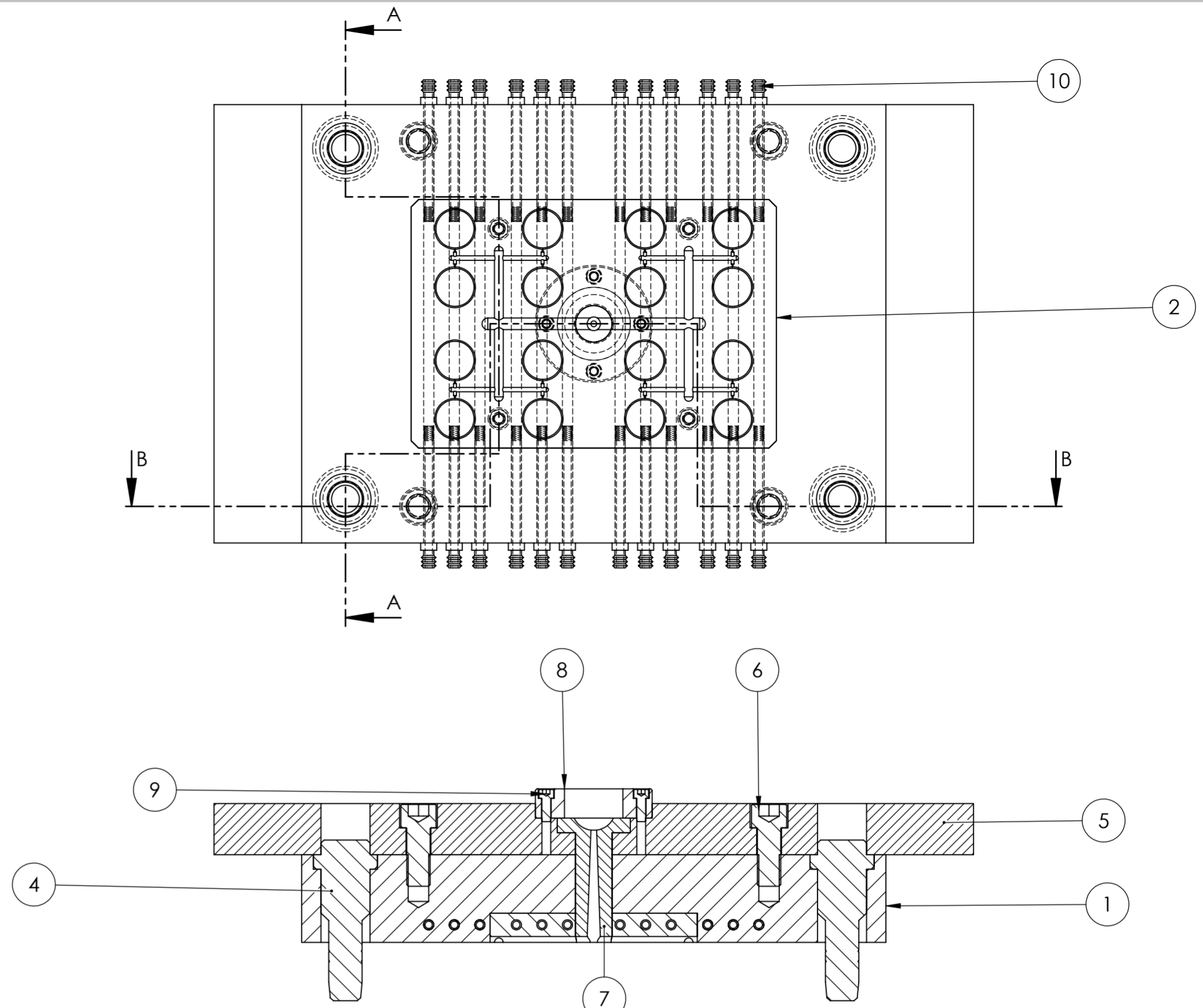
05	1	SEMELLE FIXE	S235	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
ECHELLE 1:3		Moule d'injection plastique pour pièce de fixation de la soupapededécharge		
		FGC-GM-UMMTO	PRO 2014	
A3		DJENDER Melha CHOUALI Sabrina	Master II	



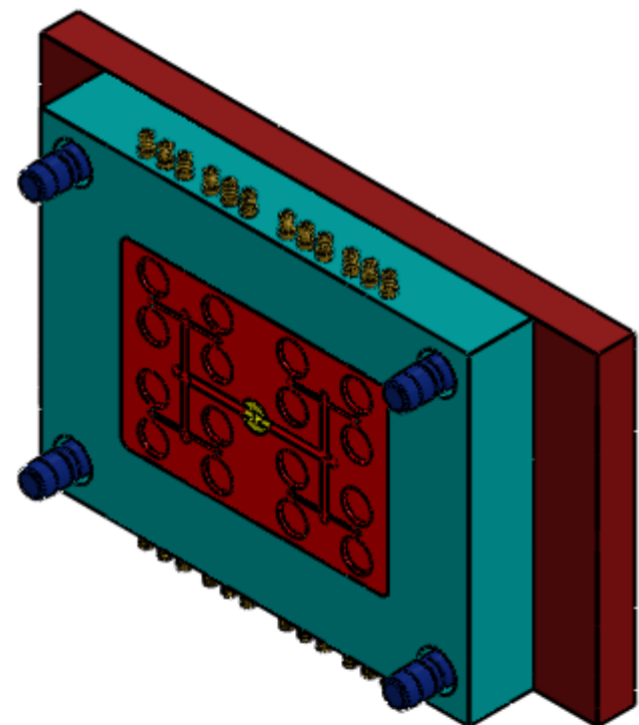
30	56	Téline	CC493K
29	04	Vis CHC M12 à 6 pans creux	C35
28	01	Semelle mobile	S235
27	04	Vis CHC M12 à 6 pans creux	C35
26	02	Vis CHC M6 tête fraisé	C35
25	02	Bulée	36Ni Cr Mo16
24	02	Tassaeu	S235
23	04	Douille de guidage	105W Cr6
22	01	Contre plaque éjectrice	C45
21	01	Arrache carotte	36Ni Cr Mo 16
20	16	Vis CHC M12 à 6 pans creux	C35
19	16	Ejecteur pièce	36Ni Cr Mo16
18	04	Colonne de guidage d'éjection	105W Cr6
17	04	Ressort	51 Si 7
16	01	Plaque éjectrice	C45
15	04	Vis CHC M3 à 6 pans creux	C35
14	01	Empreinte mobile supérieure	36Ni Cr Mo16
13	04	Vis CHC M8 à 6 pans creux	C35
12	01	Empreinte mobile inférieure	36Ni Cr Mo16
11	01	Porte empreinte mobile	42 Cr Mo 4
09	04	Vis CHC M6 à 6 pans creux	C35
08	01	Bague de centrage	S235
07	01	Buse d'injection	105 W Cr6
06	04	Vis CHC M16 à 6 pans creux	C35
05	01	Semelle fixe	S235
04	04	Colonne de guidage	X 200 Cr12
03	04	Vis CHC M8 à 6 pans creux	C35
02	01	Empreinte fixe	36Ni Cr Mo16
01	01	Porte empreinte fixe	42 Cr Mo 4



COUPE A-A
ECHELLE 1 : 3

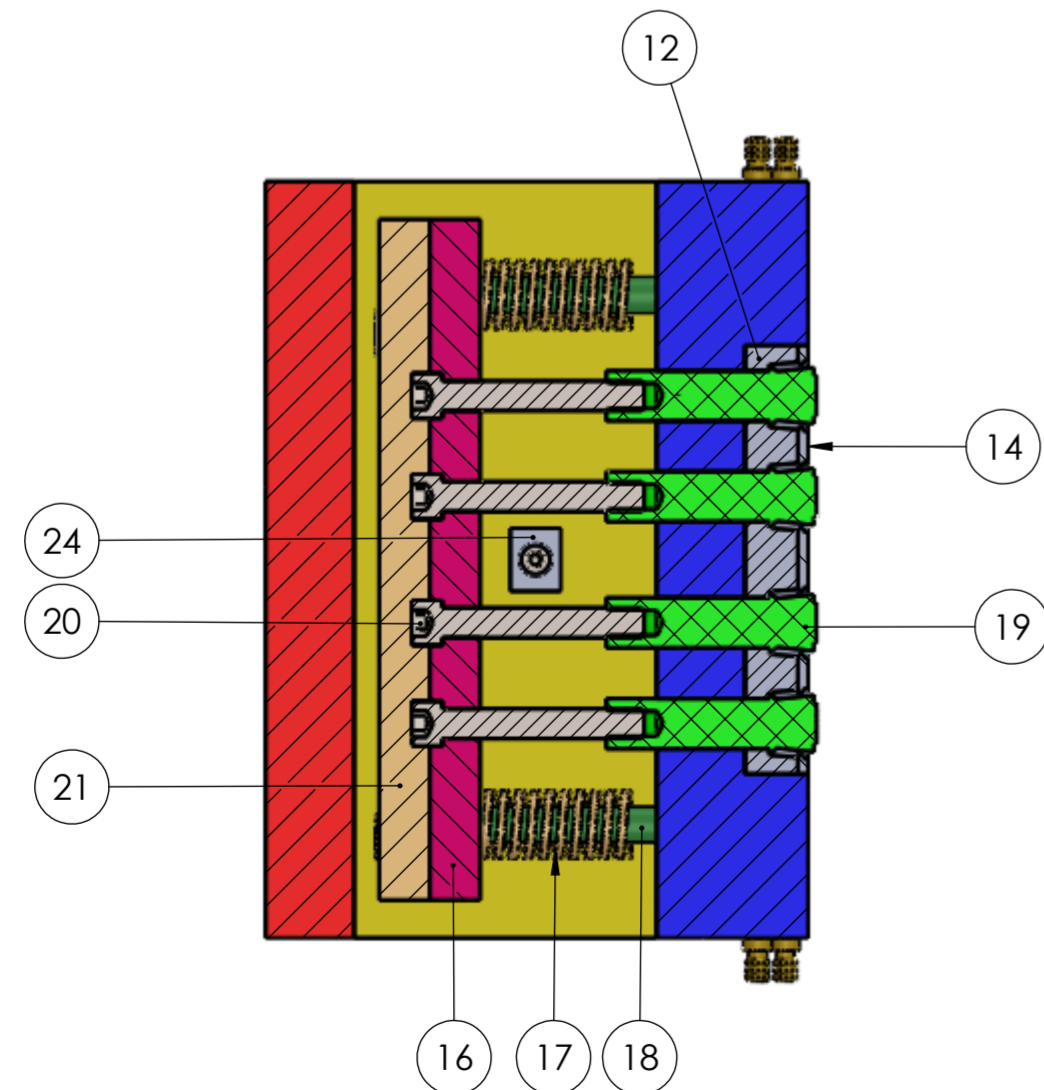
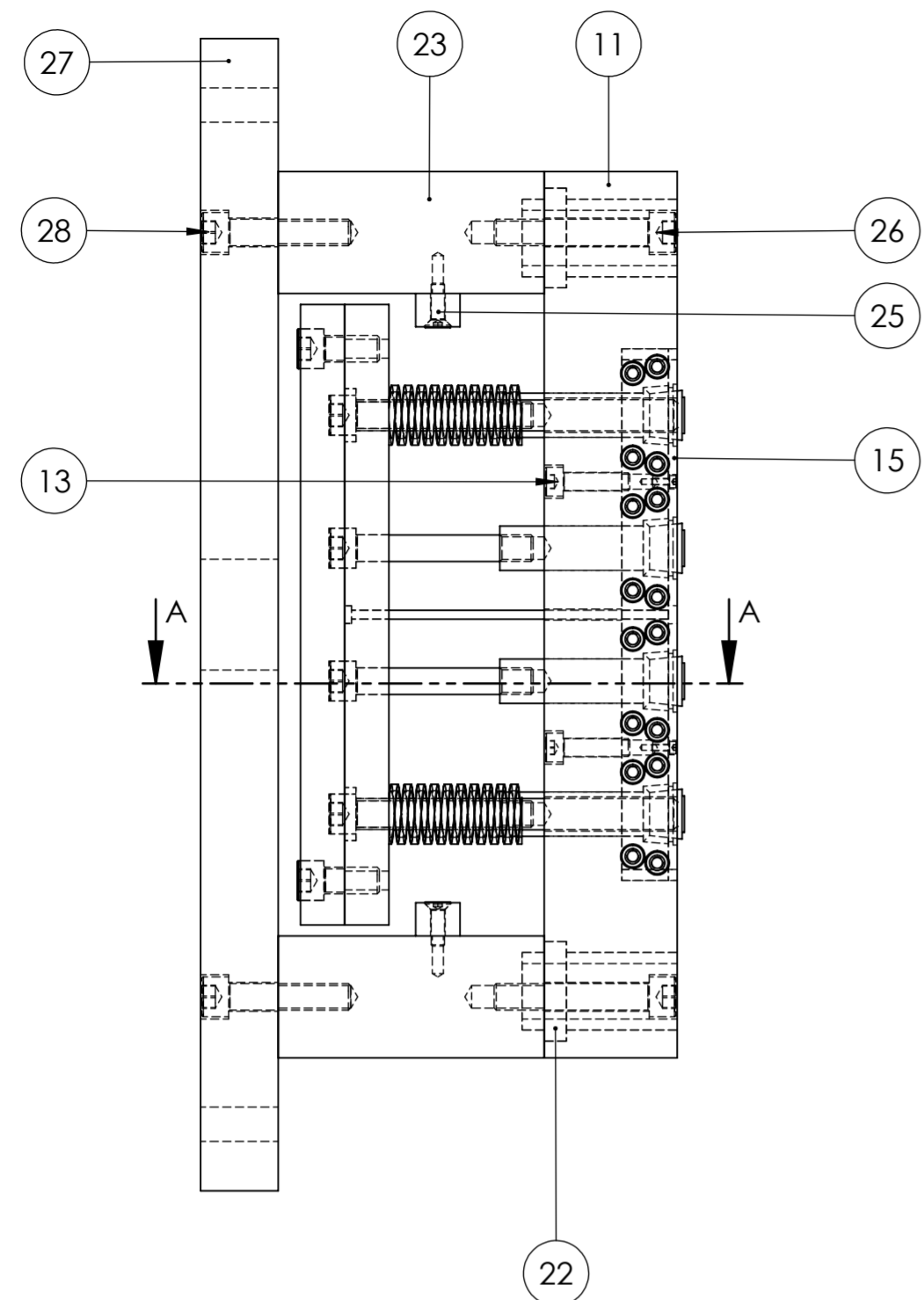


COUPE B-B
ECHELLE 1 : 3

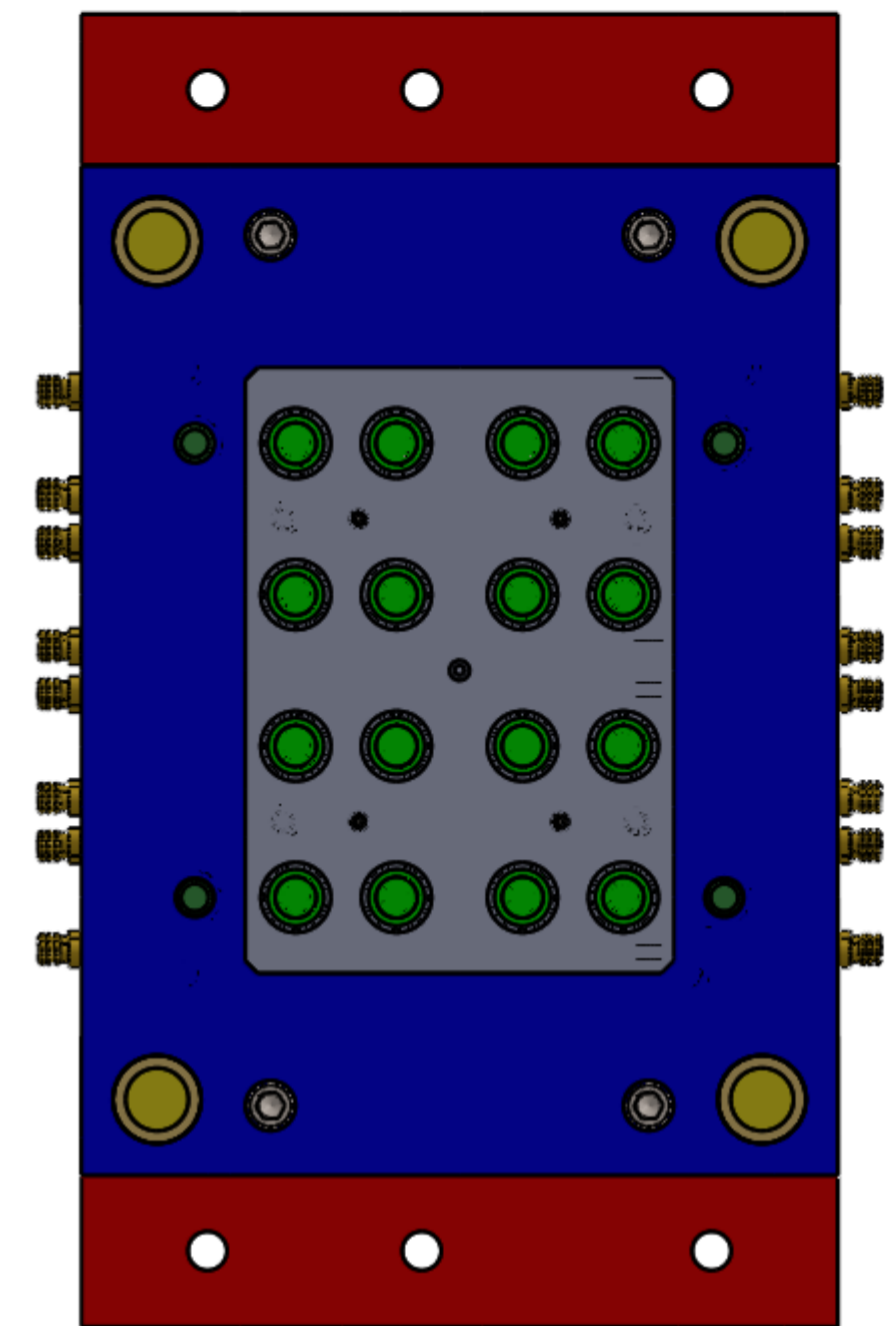


10	24	Tétine	CC493K	
09	04	Vis CHC M6 à 6 pans creux	C35	
08	01	Bague de centrage	S235	
07	01	Buse d'injection	105 W Cr6	
06	04	Vis CHC M16 à 6 pans creux	C35	
05	01	Semelle fixe	S235	
04	04	Colonne de guidage	X 200 Cr12	
03	04	Vis CHC M8 à 6 pans creux	C35	
02	01	Empreinte fixe	36Ni Cr Mo16	
01	01	Porte empreinte fixe	42 Cr Mo 4	

Rep	Nbr	Desination	Matiere	Observation
ECHELLE 1:3		MOULE D'JECTION PLASTIQUE DE LA FIXTATION DE LA SOUPAPE DE DECHARGE		DJENDER Melha CHOUALI Sabrina
A3				PRO 2014
			U M M T O-FGC-DGM	01/09/2014



COUPE A-A
ECHELLE 1 : 3



28	04	Vis CHC M12 à 6 pans creux	C35	
27	01	Semelle mobile	S235	
26	02	Vis CHC M12 à 6 pans creux	C35	
25	04	Vis CHC M6 tete fraisé	C35	
24	02	Butée	36Ni Cr Mo 16	
23	02	Tassaeu	S235	
22	04	Douille de guidage	105W Cr6	
21	01	Contre plaque éjectrice	C45	
20	01	Arrache carotte	36Ni Cr Mo 16	
20	16	Vis CHC M12 à 6 pans creux	C35	

19			36Ni Cr Mo 16	
18	04	Colonne de guidage d'éjection	105W Cr6	
17	04	Ressort	51 Si 7	
16	01	Plaque éjectrice	C45	
15	04	Vis CHC M3 à 6 pans creux	C35	
14	01	Empreinte mobile supérieure	36Ni Cr Mo 16	
13	04	Vis CHC M8 à 6 pans creux	C35	
12	01	Empreinte mobile inférieure	36Ni Cr Mo 16	
11	01	Porte empreinte mobile	42Cr Mo 4	
	Rep	Nbr	Desination	Matiere
				Observation
			ECHELLE 1:3	DJENDER Melha
				CHOUALI Sabrina
				PRO 2014
			A3	01/09/2014
			MOULE D'IJECTION PLASTIQUE DE LA FIXTATION DE LA SOUPAPE DE DECHARGE	
			U M M T O-FGC-DGM	