

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMARI -TIZI-OUZOU
FACULTÉ DU GÉNIE DE LA CONSTRUCTION
DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE



Mémoire de fin d'étude

THÈME

Etude et Conception d'un moule d'injection plastique pour coin de bahut

Encadré par : Mr. ZIANI Hocine

Co promoteur : Mr. HAMADINI Aghilas

Réalisé par :

- KEDDAM Ali
- ZOURDANI Belaid
- GHERSBOUSBANE Ghiles

Promotion :2020-2021

Remerciements

Nous remercions tout d'abord le bon dieu qui nous à donner la foi et le courage pour accomplir ce projet.

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

Nous remercions également tous les responsables de l'entreprise ENIEM qui nous ont accordé notre stage. Nos exprimons notre reconnaissance aussi a tout le personnel du service conception outillage de cette entreprise pour nous avoir dirigé et orienté pendant toute la durée de notre stage au sein de ENIEM.

Nos remerciements vont aussi au membre du jury, pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'évaluer ce travail et de participer à la soutenance.

Nous remercions aussi nos parents respectifs pour leurs soutiens durant notre parcours de formation.

Dédicaces

Belaid

Je dédie ce modeste travail à mes chers parents décédés qui m'ont toujours soutenu tout au long de ma vie, qui m'ont orienté dans le bon chemin jusqu'à la fin de leurs jours. Ma dette de reconnaissance à leur égard ne saurait être évaluée, étant donné qu'ils ont donné le meilleur d'eux même pour faire de moi ce que je suis aujourd'hui, reposez en paix dans la miséricorde de dieu que cette œuvre soit aussi votre.

Je dédie aussi ce travail à mes frères et sœurs qui m'ont toujours encouragé durant mon parcours scolaire ainsi à toute ma famille et tous mes amis (es) Ali, Ghiles avec lesquels J'ai passé des moments inoubliables.

Ghiles

Ce projet fin d'étude est dédié à mes chères parents, qui m'ont doté d'une éducation digne, ma famille (grande et petite) qui m'ont toujours poussé et motivé dans mes études, sans eux, je n'aurais certainement pas fait d'études longues jusqu'au niveau supérieure, ainsi l'amour de ma vie qui a été toujours près de moi pour m'encourager durant les épreuves.

Ce projet fin d'étude représente donc l'aboutissement du soutien et des encouragements qu'ils m'ont prodigués tout au long de mon parcours scolaire. Qu'ils en soient remerciés par cette trop modeste dédicace.

C'est un moment de plaisir de dédier cet œuvre, à mes frères, sœurs et mes cousins du petit au seniors, en signe d'amour, de reconnaissance et de gratitude pour le dévouement et les sacrifices dont vous avez fait toujours preuves à mon égard.

Et finalement à mes amis(es) qui m'ont connue de près ou de loin, à mes camarades étudiants, particulièrement mes chers amis à alilou et bely qui ont participé la réalisation de cet œuvre.

Ali

Je dédie ce travail à ma très chère mère, ta prière et bénédiction ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices que tu n'as cessé de faire depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.

À ma famille et mes proches qui m'ont soutenu, je ne saurais tous les citer.

À mes chères camarades de promotion avec lesquels j'ai partagé beaucoup.

Sommaire

Présentation de L'ENIEM

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : généralité sur les matières plastiques

I.1. DEFINITION.....	2
I.2. ORIGINES DES MATIERES PLASTIQUES.....	2
I.2.1. ORIGINE ANIMALE.....	3
I.2.2. ORIGINE VÉGÉTALE.....	3
I.2.3. ORIGINE NATURELLE	3
I.3. FORMATION DU PLASTIQUE.....	3
I.4. DIFFERENTS TYPES DES MATIERES PLASTIQUES.....	4
I.4.1. LES THERMOPLASTIQUES.....	4
I.4.2. LES THERMODURCISSABLES	5
I.4.3. LES ÉLASTOMÈRES	5
I.5. LES CARACTERISTIQUES DES MATIERES PLASTIQUES.....	6
I.5.1. PROPRIÉTÉS MÉCANIQUES	6
I.5.2. PROPRIÉTÉS THERMIQUES, PHYSIQUES ET ÉLECTRIQUES	7
I.6. Amélioration des caractéristiques des matières plastiques.....	8
I.7. PRESENTATION DES MATIERES PLASTIQUES.....	8
I.7.1. LA FORME COMMERCIALE	8
I.8. LE RECYCLAGE DES MATIERES PLASTIQUES.....	8
I.8.1. LA BIODÉGRADABILITÉ DES PLASTIQUES	8
I.8.2. LES PLASTIQUES ET L'ENVIRONNEMENT	9
I.8.3. LES PLASTIQUES ET LA SANTÉ	9
I.9. PRESENTATION DES POLYSTYRENES (PS).....	11
I.9.1. DÉFINITION DU PS	11
I.9.2. PROPRIÉTÉS GÉNÉRALES	12
I.9.3. CARACTÉRISTIQUES TECHNOLOGIQUES DU PS	13
I.10. RHEOLOGIE DU PS.....	14
I.10.1. DÉFINITION DE LA RHÉOLOGIE	14
I.10.2. RAPPELS DE QUELQUES NOTIONS FONDAMENTALES	15
I.10.3. VISCOSITÉS	15

Chapitre II: Mise en œuvre des matières plastiques

II.1. INTRODUCTION.....	17
II.2. L'INJECTION.....	18
II.2.1. PRINCIPE DE L'INJECTION PLASTIQUE.....	18
II.3. Injection soufflage.....	19

Sommaire

II.4. L'EXTRUSION.....	20
II.4.1. EXTRUSION PROFILE.....	20
II.4.2. EXTRUSION SOUFFLAGE.....	21
II.4.3. EXTRUSION GONFLAGE.....	21
II.4.4. L'EXTRUDEUSE MONO-VIS.....	23
II.4.5. LES PHASES D'EXTRUSION.....	23
II.5. LE THERMOFORMAGE.....	24
II.5.1. PRINCIPE DU THERMOFORMAGE.....	26
II.5.2. LES MACHINES DE THERMOFORMAGE.....	26
II.6. LE CALANDRAGE.....	29
II.7. Le moulage.....	29
II.7.1. LE MOULAGE PAR ROTATION.....	29
II.7.2. MOULAGE PAR COMPRESSION.....	30
II.7.3. MOULAGE PAR RÉACTION.....	30
II.7.4. LE PRINCIPE DU ROTO-MOULAGE.....	31
II.7.5. MACHINES DE ROTO-MOULAGE.....	31
II.7.6. LES PHASES DU ROTO-MOULAGE.....	31
II.8. PRESSE A INJECTER.....	33
II.9. DESCRIPTION D'UNE PRESSE A INJECTER.....	33
II.10. LES DIFFERENTES ARCHITECTURES DES PRESSES D'INJECTION.....	34
II.10.1. PRESSE HORIZONTALE.....	34
II.10.2. PRESSE VERTICALE.....	36
II.11. TYPES DE PRESSES A INJECTION.....	37
II.11.1. PRESSES À INJECTION SIMPLE.....	37
II.11.2. PRESSES À INJECTION MULTI-MATIÈRE ET MULTI-COULEUR.....	37
II.11.3. PRESSES À INJECTION SANDWICH.....	38
II.11.4. INJECTION ASSISTÉE PAR GAZ.....	39
II.12. LES DIFFERENTES PARTIES OU UNITES D'UNE PRESSE.....	40
II.12.1. UNITÉ D'INJECTION.....	40
II.12.2. LA PRESSION MAXIMALE D'INJECTION.....	41
II.12.3. UNITÉ DE FERMETURE.....	41
II.13. LE CHOIX D'UNE PRESSE.....	44
II.14. CONCLUSION.....	44

Chapitre III: Conception d'un moule à injection plastique

III.1. INTRODUCTION.....	45
III.2. DEFINITION D'UN MOULE D'INJECTION.....	45
III.3. LES DIFFERENTS MOULES D'INJECTION PLASTIQUE.....	46
III.3.1. MOULE À DEUX PLAQUES.....	47
III.3.2. MOULE À TROIS PLAQUES.....	48

Sommaire

III.3.3. MOULE À TIROIR.....	49
III.3.4. MOULE À COQUILLES	49
III.3.5. MOULE À CANAUX CHAUFFANT	50
III.4. CONCEPTION D'UN MOULE A INJECTION PLASTIQUE.....	51
III.4.1. MATÉRIAUX UTILISÉS	51
III.4.2. LA MACHINE.....	51
III.4.3. ARCHITECTURE DU MOULE.....	52
III.5. FONCTION D'UN MOULE D'INJECTION PLASTIQUE.....	54
III.5.1. FONCTION ALIMENTATION	54
III.5.2. FONCTION MISE EN FORME	54
III.5.3. FONCTION ÉJECTION	54
III.5.4. FONCTION RÉGULATION THERMIQUE	54
III.5.5. FONCTION GUIDAGE / POSITIONNEMENT	55
III.5.6. FONCTIONS MANUTENTION, STOCKAGE, SÉCURITÉ ET LIAISON MACHINE.....	55
III.6. CHOIX DES PLANS DE JOINT.....	55
III.6.1. LE PLAN DE JOINT.....	55
III.6.2. LA LIGNE DE JOINT	56
III.7. ALIMENTATION DU MOULE.....	57
III.7.1. SYSTÈME D'ALIMENTATION DU MOULE	57
III.7.2. DESCRIPTION DU SYSTÈME D'ALIMENTATION.....	57
III.7.3. RÔLE DE SYSTÈME D'ALIMENTATION	58
III.7.4. COMPOSITION DU SYSTÈME D'ALIMENTATION.....	58
III.8. LES DIFFERENTS MODES D'ALIMENTATION.....	60
III.8.1. SEUILS ÉVENTAIL.....	60
III.8.2. SEUILS EN TUNNEL.....	61
III.8.3. SEUILS ANNULAIRE	61
III.8.4. SEUILS EN NAPPE	62
III.8.5. SEUILS CAPILLAIRE	62
III.8.6. SEUILS À PLUSIEURS ÉTAGES	63
III.8.7. SEUILS EN MASSE OU DIRECT	64
III.9. CHOIX DU DISPOSITIF D'EJECTION.....	65
III.10. LES DIFFERENTS TYPES D'EJECTIONS.....	65
III.10.1. EJECTEURS CYLINDRIQUES.....	65
III.10.2. EJECTEURS TUBULAIRES.....	65
III.10.3. EJECTEUR PLAQUE	65
III.10.4. EJECTEUR LATÉRAL	65
III.10.5. Ejecteur lame.....	66
III.10.6. EJECTION DES CAROTTES	66
III.11. SYSTEMES DE REFROIDISSEMENT.....	66
III.11.1. CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT.....	66
III.11.2. DESCRIPTION DU CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT	66
III.11.3. TEMPS DE REFROIDISSEMENT	67
III.11.4. TEMPS DE CYCLE	67

Sommaire

III.12. MATERIAUX UTILISES POUR LA FABRICATION DES MOULES.....	67
III.12.1. CHOIX DES MATÉRIAUX	68
III.13. CONCLUSION.....	69

Chapitre IV : Calculs et vérifications

IV.1. INTRODUCTION.....	70
IV.2. CHOIX DE LA MACHINE.....	70
IV.3. LA CAPACITE D'INJECTION.....	70
IV.3. 1. MASSE DE LA PIÈCE.....	71
IV.3.2. LA MASSE DE LA CAROTTE	71
IV.3.3 LA MASSE DE LA MOULÉE.....	71
IV.4. CALCUL DE LA FORCE DE FERMETURE.....	71
IV.4.1. LA FORCE DE VERROUILLAGE (TONNES /CM ²)	72
IV.4.2. LA FORCE DE FERMETURE.....	72
IV.5. LA PUISSANCE DE PLASTIFICATION (C).....	73
IV.5.1.La distance entre colonnes.....	73
IV.5.2. ÉPAISSEUR MINIMALE DU MOULE.....	74
IV.5.3. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES DE LA PRESSE 650T.....	75
IV.6. LE BILAN THERMIQUE.....	75
IV.6.1 Principe de refroidissement.....	76
IV.6.2. TEMPS DE REFROIDISSEMENT	76
IV.6.3. TEMPS DE CYCLE	77
IV.6. 4. CALCUL DE LA QUANTITÉ DE CHALEUR ÉVACUÉE	79
IV.6.5. CALCUL DE TEMPÉRATURE DE SORTIE DE L'EAU.....	80
IV.6.6. DIMENSIONNEMENT DU CIRCUIT DE REFROIDISSEMENT	81
IV.7. CALCUL DE RESISTANCE.....	84
IV.7.1. RÉSISTANCE DU PLAN DE JOINT AU MATAGE	84
IV.7.2. RÉSISTANCE DES COLONNES DE GUIDAGE AU CISAILLEMEN.....	84
IV.7.3. VÉRIFICATION DES COLONNES DE GUIDAGES DE LA BATTERIE D'ÉJECTION AU CISAILLEMENT	85
IV.7.4. VÉRIFICATION DES VIS DE FIXATION DU PORTE EMPREINTE MOBILE ET DES TASSEaux AUX CISAILLEMENT.....	86
IV.7.5. VÉRIFICATION DES VIS DE FIXATION DE LA SEMELLE MOBILE AVEC LES TASSEaux AU CISAILLEMENT	86
IV.8. CHOIX DES RESSORTS	87
IV.9. CONCLUSION.....	89
CONCLUSION GENERALE.....	90

Sommaire

ANEXXE

ANNEXE 1.....	91
ANNEXE 2.....	92
ANNEXE 3.....	93
ANNEXE 4.....	94
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	95

Mises en plans

Liste des figures

Figure 1 : Présentation de l'entreprise de L'ENIEM	
Figure 2 : Présentation de l'unité de froid	
Figure 3 : Origine animale des plastiques	3
Figure 4 : Origine végétal des plastiques	3
Figure 5 : Origine naturelle des plastiques	3
Figure 6 : Etape de formation de plastique.....	4
Figure 7 : Structure des thermodurcissables et des thermoplastiques	5
Figure 8 : Cycle de vie d'une bouteille en peet.....	10
Figure 9 : Répartition des procédés	17
Figure 10 : Exemples des pièces obtenus par injection plastique.....	18
Figure 11 : Principe de l'injection plastique	18
Figure 12 : Procédé d'injection	19
Figure 13 : Exemple de soufflage	20
Figure 14 : Procédé d'extrusion profiles	21
Figure 15 : Extrusion soufflage	21
Figure 16 : Extrusion gonflage	22
Figure 17 : Article obtenu par extrusion (profilés	23
Figure 18 : Les phases d'extrusion.....	24
Figure 19 : Procédé thermoformage	25
Figure 20 : Formage par vide	26
Figure 21 : Formage par vide et air comprimé.....	26
Figure 22 : Les machines de thermoformage	26
Figure 23 : Les phases du thermoformage	28
Figure 24 : Calandrage.....	29
Figure 25 : Moulage par rotation	29
Figure 26 : Moulage par compression.....	30
Figure 27 : Moulage par réaction	31
Figure 28 : Exemple de poste de roto-moulage.....	31
Figure 29 : Les différentes phases d'obtention d'une pièce par roto-moulage	33
Figure 30 : Presse d'injection	33

Figure 31 : Presse à injection plastique horizontale	35
Figure 32 : Presse verticale	36
Figure 33 : Presse à injection multi-matière et multi-couleur	37
Figure 34 : Presse à injection sandwich	38
Figure 35 : Injection assisté par gaz	39
Figure 36 : Dispositif d'une presse d'injection	40
Figure 37 : Système vis-piston	41
Figure 38 : Exemple de moule	43
Figure 39 : Les différentes parties d'un moule d'injection plastique	46
Figure 40 : Vue en 3d d'un moule injection plastique	46
Figure 41 : Moule à coquilles.....	49
Figure 42 : Moule multi-empreintes canal chaud-bloc chaud.....	50
Figure 43 : Moule multi-empreintes Alimentation mixte : canaux chauds +canaux froids.....	51
Figure 44 : Vue éclatée d'un moule d'injection	52
Figure 45 : Schéma des différentes fonction d'un moule.....	55
Figure 46 : Système d'alimentation du moule	57
Figure 47 : La buse	57
Figure 48 : Carotte normal	59
Figure 49 : Seuils éventail	60
Figure 50 : Seuils en tunnel	61
Figure 51 : Seuil annulaire	61
Figure 52 : Seuil en nappe.....	62
Figure 53 : Seuil capillaire	62
Figure 54 : Seuil à plusieurs étages	63
Figure 55 : Seuil en sous-marin	63
Figure 56 : Seuil en masse ou direct	64
Figure 57 : Circuit de refroidissement des plaques de moules.....	67
Figure 58 : Les temps de cycle.....	67
Figure 59: Coin de bahut.....	71
Figure 60 : Schéma d'un plateau d'une presse 650T.....	73
Figure 61: Caractéristique dimensionnelles de la presse 650T.....	74

Figure 62 : SPJ.....	84
Figure 63 : Schéma de partie fixe.....	84
Figure 64 : Présentation de la colonne de guidage d'éjection.....	85
Figure 65 : Schéma de dimensionnement d'un ressort.....	87
Figure 66 : Classification des ressorts par couleur.....	88

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Caractéristique du polystyrène (PS	12
Tableau 2 : Caractéristique physico mécanique et thermique	13
Tableau 3 : Conditions de mise en œuvre du PS.....	13
Tableau 4 : Caractéristiques technologiques du PS	14
Tableau 5 : Les phases du roto-moulage.....	32
Tableau 6 : Différentes outillages d'un moule à injection plastique.....	45
Tableau 7 : Moule à deux plaques	47
Tableau 8 : Moule à trois plaques	48
Tableau 9 : Moule à tiroir.....	49
Tableau 10 : Classification des métaux pour la construction des moules	68
Tableau 11 : Capacité d'injection.....	70
Tableau 12 : La pression d'injection (tonnes/cm ²).....	72
Tableau 13 : Caractéristique de la presse 650T.....	75
Tableau 14 : Les températures réglées.....	76
Tableau 15 : Grandeurs thermiques de quelques matières de pièces injectées.....	77
Tableau 16 : Condition de moulage par injection plastique	78

LISTE DES SYMBOLES

PE : Polyéthylène

PS : Polystyrène

PVS : Polychlorure de vinyle

PELD : Polyéthylène base densité

PEHD : Polyéthylène haute densité

PP : Polypropylène

ABS : Acrylonitrile butadiène styrène

PMMA : Poly (méthacrylate de méthyle)

Ça : Acétate de cellulose

PA : Polymede

PC : Polycarbonate

POM : Polyoxyméthylene

PTFE : Polytetrafluoroethylene

PF : Phénoplastes

UP : Polyesters

PE : Polyépoxyde

PI : Polimides

SI : Silicons

PET : Polyethylene terephthalate

e : Epaisseur

L : Longueur

fo : Force d'ouverture du moule

Fv : Force de verrouillage

P : Pression dans la cavité

S : Surface

F : Effort normal

Lc : Longueur total des canaux

[τ] cis : Limite de cisaillement admissible

σ : Contrainte

K : Coefficient de sécurité

Spj : Surface de 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

d : Diamètre

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

M : Masse de la pièce

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

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

GH : Consommation horaire du liquide

Cf : Capacité calorifique du fluide de refroidissement

A N : Application numérique

Présentation de l'ENIEM

Présentation de l'ENIEM

Situation géographique

L'ENIEM est une entreprise publique économique issue de la restructuration organique de la <<SONELEC<<.son siège social se situe au chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou. Les unités de production froid, cuisson, et Climatisation sont implantées à la zone industrielle AissatIdir d'Oued-Aissi, distante de 7 Km du chef-lieu de wilaya.

L'unité sanitaire est installée à Miliana, wilaya d'Ain Defla, et la filiale lampe à Mohammedia, wilaya de Mascara.

Filial lampe (FILAMP)

Cette filiale, dont le capital est de 850 000 000 DA détenu à 100/100 par ENIEM. Est à l'origine une unité de production ENIEM qui a été filialisée en 1996. Son siège social est situé à la zone industrielle de Mohammedia, Wilaya de Mascara, à 8Km à l'est d'Oran. Cette filiale est spécialisée dans la fabrication, la commercialisation ainsi que la recherche et le développement des produits d'éclairage.

Ses équipements de production sont constitués de :

- Sept chaines de fabrication de lampes standards de 25 W à 200 W de marque Osram (Allemagne) dont les capacités sont par chaine de 1 700 lampes/heure.
- Une chaine de fabrication de lampes standard flamme, spot et réfrigérateur de marque Falma (suisse) et d'une capacité de 3500 lampes/heures.
- Une chaine de fabrication de lampes standard E27 et B22 de marque Falma (suisse) et d'une capacité de 4000 lampes/heure.
- Un atelier de fabrication de filaments d'une capacité 80 millions d'unités/an.

Historique

L'ENIEM est une entreprise publique de droit algérien constituée le 2 janvier 1983 mais qui existe depuis 1974 sous tutelle de l'entreprise Sonelec. Son siège social se situe à Tizi-Ouzou.

L'ENIEM est une entreprise certifiée à L'ISO depuis 1998.

Présentation de l'ENIEM

Mission de l'ENIEM

Objet social et champ d'activité

L'ENIEM est leader de l'électroménager en Algérie. Elle possède des capacités de production et une expérience de 40 dans la fabrication et le développement dans les différentes branches de l'électroménager, notamment :

- Produits de Froid : réfrigérateur, congélateurs et conservateurs
- Produits de Cuisson
- Produits de Climatisation
- Produits Sanitaires
- Organisation générale

L'entreprise s'est organisée par centres d'activités stratégiques qui se composent d'unités de production, d'une unité commerciale, d'une unité de prestations ainsi que d'une filiale dont le capital est à 100/100 ENIEM.

Capital social

L'ENIEM a été transformée juridiquement en société par actions le 8 Octobre 1989. Son capital social est de 2.957.500.000 DA détenu en totalité par la SGP INDELEC

POSTE - SCRIPTUM

ISO : organisation international de normalisation, elle est d'élaborer les normes à L'échelle mondiale. Son siège est à Genève.

AFAQ : association française pour assurance qualité.

Politique qualité et environnement

L'ENIEM base sa politique qualité sur l'amélioration continue de ses processus, produits et services dans le but d'accroître la satisfaction de ses clients. Aussi dans le souci d'améliorer la protection de l'environnement, l'ENIEM décide d'intégrer dans son système de management qualité les exigences de la norme environnementale ISO 14001.

Présentation de l'ENIEM

L'intégration du système de management dans son système qualité permettra à l'entreprise d'accroître la satisfaction de ses clients et d'assurer la protection de l'environnement par :

- Amélioration des compétences du personnel par une formation continue
- Réduction des coûts de non qualité en améliorant la maîtrise des processus de fabrication.
- Accroître la satisfaction de ses clients.
- Protection de l'environnement par la réduction des déchets, l'économie d'énergie, la minimisation des risques de pollution et de traitement des rejets.

Engagement de la direction

L'ENIEM s'engage à :

- Fournir les ressources nécessaires à l'atteinte des objectifs
- Respecter les exigences légales et réglementaires touchant ses activités et l'environnement.
- Appliquer et respecter les dispositions et procédures établies en matière de système de management de la qualité et de l'environnement.

Objectifs

L'objectif qualité et environnement pour l'année 2004 sont :

- Mettre en place un système de management environnemental selon la norme ISO 14001
- Certifier l'unité sanitaire de Miliana selon ISO 9001/2000
- Mettre à jour le certificat produit des cuisinières
- Maintenir l'effort de formation
- Améliorer le design des réfrigérateurs
- Réduire les coûts de non qualité, les stocks produits finis, les stocks de matières premières et composants.
- Augmenter la production et améliorer le chiffre d'affaires.

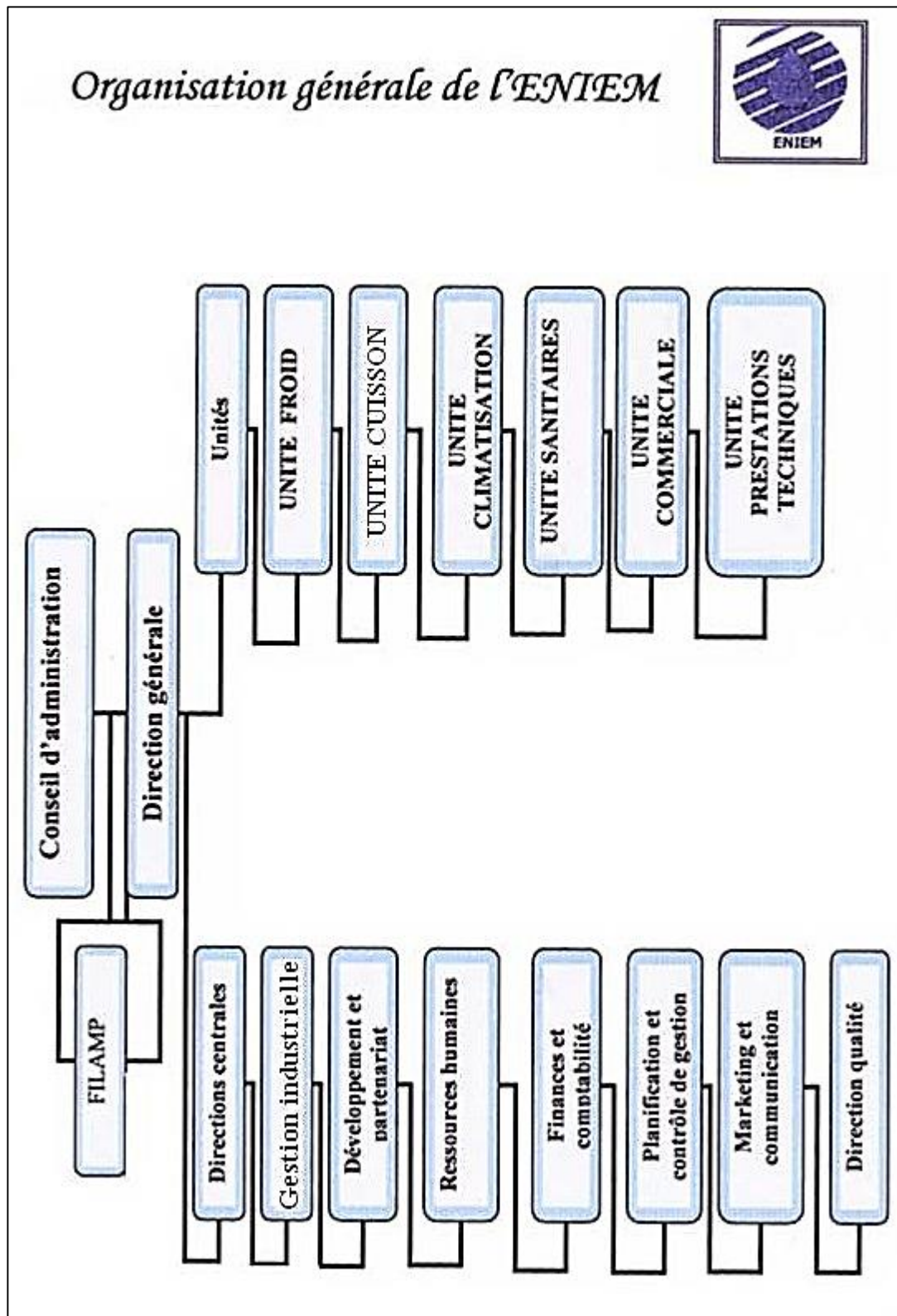


Figure 1 : présentation de l'entreprise de L'ENIEM

Présentation de l'ENIEM

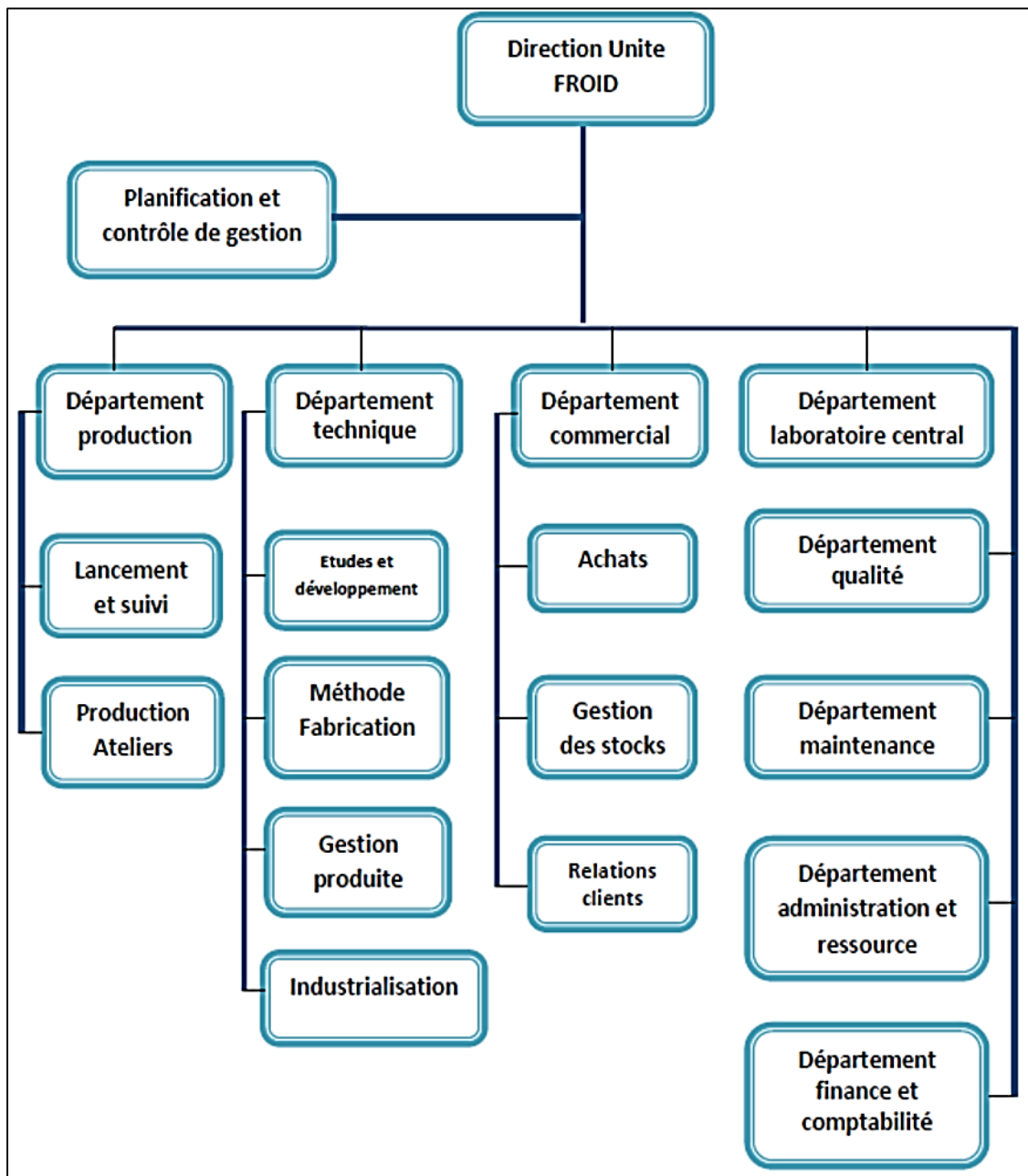


Figure 2 : présentation de l'unité de froid

Introduction générale

INTRODUCTION GENERALE

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

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

Pour la fabrication des différentes pièces en plastique on a recours au procédé de l'injection, qui nous permis la réalisation des formes complexes.

L'entreprise ENIEM a pris l'initiative de fabriquer le coin de bahut afin d'éviter leur importation et améliorer sa gamme de produits. Le bureau d'étude de l'entreprise nous a confié la conception d'un moule à injection plastique de la pièce de coins de bahut dans le cadre de réaliser notre mémoire de fin d'études.

L'objectif de ce projet est de concevoir un moule à injection plastique, le choix des matériaux est une tâche délicate, et ce choix est basé selon les matériaux existons, au sein de l'entreprise et enfin la vérification à la résistance des différents éléments qui composent le travail.

Le travail est composé de quatre (04) chapitre. Après l'introduction le premier chapitre traite les généralités sur les matières plastiques, le second chapitre sera consacré à la mise en œuvre des matières plastiques. La conception du moule fait l'objet de troisième chapitre, le quatrième chapitre réservé à la vérification des calculs.

Le mémoire se termine par une conclusion générale et les dessins de définition des différents éléments.

A decorative horizontal scroll graphic with a black outline and rounded ends. The scroll is partially unrolled, with the top and bottom edges curving upwards. The text is centered within the scroll.

Chapitre I

Généralité sur les matières plastique

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 de faible poids. Les avantages des plastiques sur les autres matériaux sont : le faible prix, la multitude forme, 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 omni présentes dans les objets de notre vie quotidienne.

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

I.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 des ramollir, généralement sous l'influence d'une élévation de température, et pouvant ainsi prendre différentes formes [1].

I.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.

I.2.1. Origine animale



Figure 3 : Origine animale des plastiques [2]

I.2.2. Origine végétale

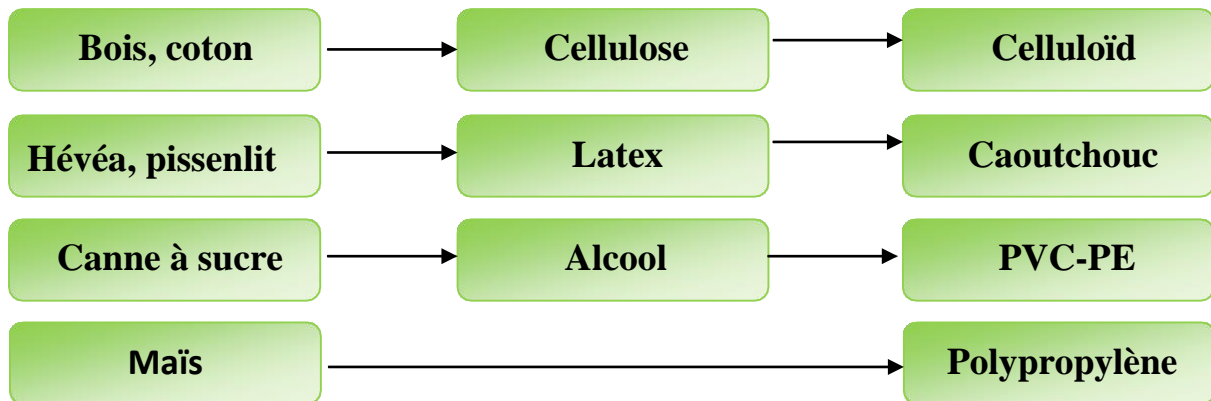


Figure 4 : Origine végétale des plastiques [2]

I.2.3. Origine naturelle

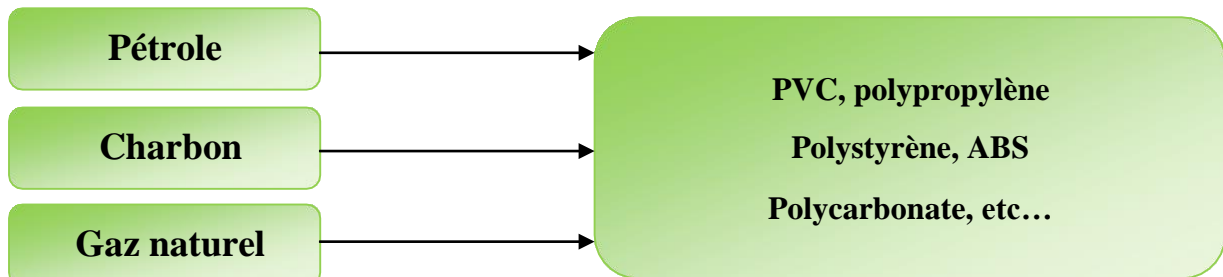


Figure 5 : Origine naturelle des plastiques.

I.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 fabrications sont indiquées ci-dessous :

Matières premières : hydrocarbure (pétrole brute par exemple)

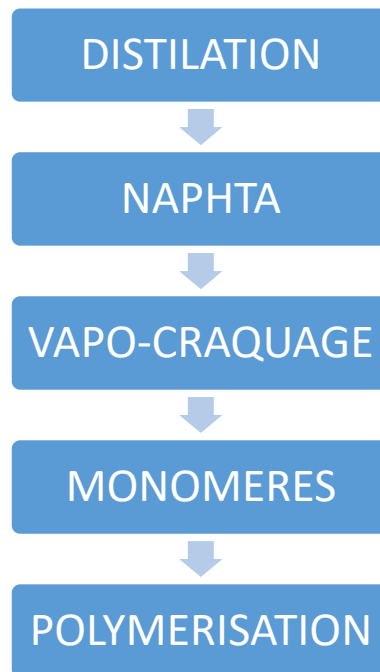


Figure 6 : Etape de formation de plastique [2]

I.4. Différents types des matières plastiques

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

I.4.1. Les thermoplastiques

Les thermoplastiques ramollissent sous l'effet de la chaleur. Ils deviennent souples, malléables et durcissent à nouveau quand on les refroidit [1]. 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.4.2. 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 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 poudre soude résines qui subissent une transformation chimique au cours de leur chauffage, de leur refroidissement ou par l'action de durcisseurs.

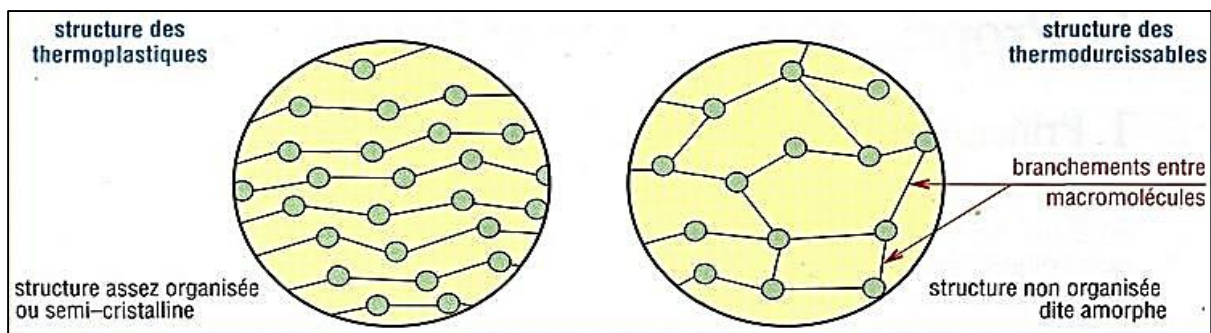


Figure 7 : Structure des thermodurcissables et des thermoplastiques.

I.4.3. 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.

I.5. Les caractéristiques des matières plastiques

I.5.1. Propriétés mécaniques [3]

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, par fois 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 lors qu'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.

I.5.2. Propriétés thermiques, physiques et électriques [4]

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

a. La Légèreté

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

b. La transparence

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

c. L'isolation

Ce sont de bons isolant électriques, thermiques et acoustiques.

d. L'asepsie naturelle

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

e. L'inaltérabilité

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

f. 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 ».

g. L'imperméabilité

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

h. La glisse

Ils possèdent le plus souvent un faible coefficient de frottement.

i. L'entretien

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

j. 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.

I.6. 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 [6].

I.7. Présentation des matières plastiques

I.7.1. La forme commerciale [7]

On trouve les matières plastiques sous différentes formes :

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

I.8. Le recyclage des matières plastiques

Le recyclage est un procédé pour traiter les déchets qui permet de les refabriquer sous une autre forme [2].

Le problème du recyclage des matières plastiques est complexe. 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.

I.8.1. La biodégradabilité des plastiques [3]

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

Les biodégradables proprement dits sont rares, chers, sur tous 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 critiques aux 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.

I.8.2. Les plastiques et l'environnement [3]

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.

I.8.3. Les plastiques et la santé [3]

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 :

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 fondue transformée en fibres par étirage. Cette fibre errât embourrer des anoraks, des peluches ou des couettes...

Exemple : cycle de vie d'une bouteille en PET

- ❖ 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 broyée 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.

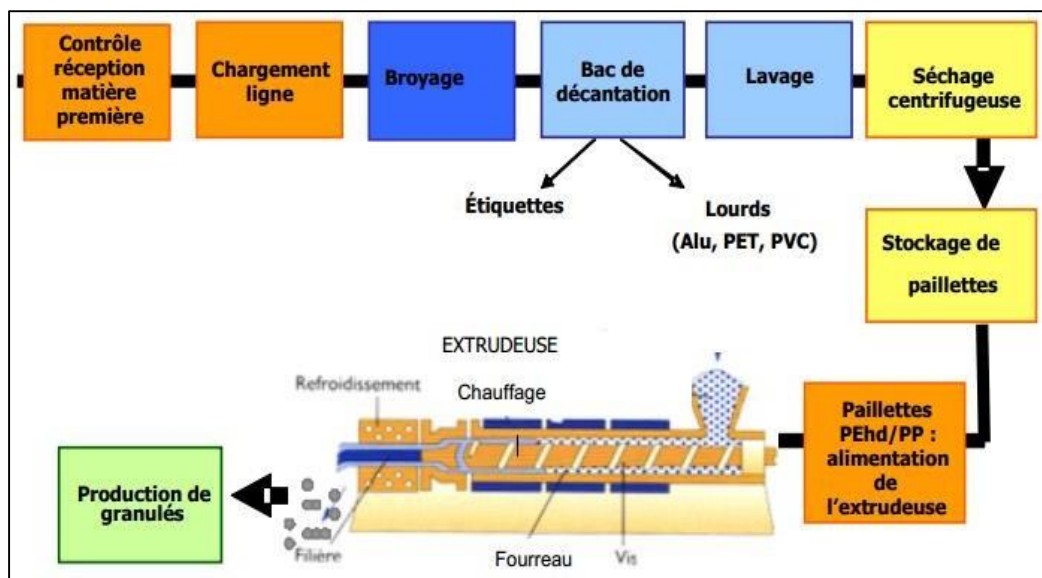


Figure 8 : cycle de vie d'une bouteille en pet

- ❖ 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 perturbateurs hormonaux. En contact avec la nourriture chaude et/ou grasse, le PVC peut aussi laisser filtrer des produits chimiques comme les adipates ou les phtalates, dont on a vu qu'ils provoquaient sur les souris de laboratoire des malformations de naissances, et des dégâts sur le foie, les reins et les poumons.

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 Polyéthylène (LDPE). Utilisé pour certains sacs, barquettes alimentaires souple sous 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 ne peut laisser filtrer du styrène, un cancérigène potentiel qui peut être également un des criptifhormonal. 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 ostrogénique et un disruptif hormonal chez les animaux de laboratoire. Des études ont démontré que le bisphénol, après être dans le plastique peut s'exfiltrer s'il était chauffé ou après une utilisation prolongée.

I.9. Présentation des polystyrènes (PS)

I.9.1. Définition du PS

Les polystyrènes (PS) sont des matériaux thermoplastiques « amorphes ». Ils résultent de la polymérisation radicalaire du monomère styrène, lui-même issu du pétrole (alkylation du benzène).

I.9.2. Propriétés générales

Avantages	Inconvénients	Usages
<ul style="list-style-type: none"> • Rigidité. • Stabilité, formes et dimensions. • Transparence et brillance. • Résistance aux climats tropicaux. • Excellente isolation électrique. • Alimentaire. • Coût réduit. • Facilité de moulage et formage. • Faible retrait (précision 1/10mm) collage, décoration et impression aisés. • Soudure par ultrasons. 	<ul style="list-style-type: none"> • Fragilité. • Mauvaise tenue thermique. • Combustibilité. • Electrostatique. • Coefficient de friction relativement élevé. • Sensibilité aux hydrocarbures, huile et solvants. • Soufflage difficile 	<ul style="list-style-type: none"> • Objets d'usage quotidien (les ustensiles de cuisine transparents). • Pièces d'automobile. • Pièces électriques. • Articles de bureau et de dessin. • Ameublement, diffuser d'éclairage.

Tableau 1 : Caractéristique du polystyrène (PS)

I.9.3. Caractéristiques technologiques du PS

a. Caractéristiques Physico mécaniques et thermiques du PS

Masse Volumique	Résistance aux chocs à 20° C (j/m)	Résistance à la flexion (MPA)	Résistance à la compression (MPA)	Résistance à la rupture (MPA)	Module d'élasticité (MPA)
1.05-1.16	1-2.5	65-75	63-68	47-65	2200-2600
Retrait (%)	Température de déformation barreau 127 X 12.7X 6.35mm (°C)	Coefficient de dilatation linéique (K-1)	Capacité thermique massique (J/Kg K)	Conduction thermique (W/m K)	
0,4 à 0,6	105 - 116	0,8 – 0,95.10 ⁻⁴	1,6.10 ⁻⁵	0,20	

Tableau 2 : Caractéristiques physico mécanique et thermique

b. Conditions de mise en œuvre du PS

Température de la matière injectée (°C)	Température du moule (°C)	Pression d'injection (bar)	Vitesse d'injection (m/s)	Préchauffe (°C)
250	50 à 85	500 à 1000	Elevée	70 à 80

Tableau 3 : Conditions de mise en œuvre du PS

c. Caractéristiques technologiques du PS

Usinabilité	Bonne
Moulage	Facile
Transmission de lumière	Mauvaise
Résistance aux chocs	Bonne
Comportement au froid	Moyen
Comportement au feu	Mauvais
Comportement aux acides	Moyen
Comportement aux bases	Bonne
Comportement aux solvants	Mauvais
Comportement au UV	Bon

Tableau 4 : Caractéristiques technologiques du PS

- Teneur en eau au stockage 23° et 50° C humidité / 1.5%
- Teneur en eau admissible pour l'injection / 0.2%

Remarque

Pour obtenir une bonne brillance de surface, il est indispensable de stocker les granulés à une température variante de 70 – 80°C.

I.10. Rhéologie du PS**I.10.1. Définition de la rhéologie**

La rhéologie est une branche de la physique qui étudie l'écoulement ou la déformation des corps sous l'effet des contraintes qui leur sont appliquées, compte tenu de la vitesse d'application de ces contraintes ou plus généralement de leur variation au cours du temps. Les procédés de préparation de produits (solutions, pâtes, etc...) ou de formage dépièces (En métallurgie, en plasturgie, etc...) nécessitent inmanquablement l'écoulement de la matière, il est donc nécessaire de connaître le comportement de cette matière pour déterminer les forces à mettre en jeu.

La rhéologie se décompose en plusieurs sortes d'études :

- Rhéologie expérimentale : détermination expérimentale des relations de comportement (entre contraintes et déformation ou vitesse de déformation)
- Rhéologie structurale : explication des comportements à partir de la structure du matériau
- Rhéologie théorique : fournir des modèles mathématiques en ombre limité des comportements indépendamment de la structure microscopique

I.10.2. Rappels de quelques notions fondamentales

Les mouvements de cisaillement représentent les mouvements les plus souvent mis en jeu en rhéologie. Ces mouvements peuvent être illustrés par des exemples de la vie courante : application d'une peinture sur un mur à l'aide d'un pinceau, application d'une crème sur la peau, étalement du beurre sur une tartine.

I.10.3. Viscosités

La viscosité peut être définie comme l'ensemble des phénomènes de résistances au mouvement d'un fluide en écoulement avec ou sans turbulence. La viscosité diminue la liberté d'écoulement du fluide et dissipe son énergie.

a. Viscosité dynamique

La viscosité dynamique exprime la proportionnalité entre la force qu'il faut exercer sur une plaque lorsqu'elle est plongée dans un courant et la variation de vitesse des veines de fluide entre les 2 faces de la plaque. ...Elle est exprimée par un coefficient représentant la contrainte de cisaillement nécessaire pour produire un gradient de vitesse d'écoulement d'une unité dans la matière. Considérons deux couches de fluide adjacentes distantes de Δz . La force de frottement F qui s'exerce à la surface de séparation de ces deux couches s'oppose au glissement d'une couche sur l'autre. Elle est proportionnelle à la différence de vitesse des couches soit Δv , à leur surface S et inversement proportionnelle à Δz : Le facteur de proportionnalité μ est le coefficient de viscosité dynamique du fluide.

$$F = \mu \cdot S \frac{\Delta v}{\Delta z}$$

Où :

F : force de glissement entre les couches en (N),

μ : Viscosité dynamique en (kg/m.s),

S : surface de contact entre deux couches en (m²),

Δv : Écart de vitesse entre deux couches en (m/s),

Δz : Distance entre deux couches en (m).

NB : La viscosité dynamique s'appelle aussi viscosité apparente

Remarque : Dans le système international (SI), l'unité de la viscosité dynamique est le Pascal seconde (Pa·s) ou Poiseuille (Pl) : 1 Pa·s = 1 Pl = 1 kg/m·s

b. Viscosité cinématique

$$\nu = \frac{\eta}{\rho}$$

Remarque 1 (unité) : On utilise souvent le Stokes (St) comme unité de mesure de la viscosité cinématique.

1 St = 10⁻⁴ m² /s

Remarque 2 (Influence de la température) : Lorsque la température augmente, la viscosité d'un fluide décroît car sa densité diminue.

Remarque 3 (différence entre viscosité dynamique et viscosité cinématique) : La viscosité cinématique caractérise le temps d'écoulement d'un liquide. Par contre, la viscosité dynamique correspond à la réalité physique du comportement d'un fluide soumis à une sollicitation (effort). En d'autres termes, cette dernière exprime la « rigidité » d'un fluide à une vitesse de déformation en cisaillement.



CHAPITRE II

Mise en œuvre des matières plastiques

II.1. Introduction

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

Généralement l'obtention des pièces de forme donnée est faite par des procédés de mise en forme permettant de réaliser des séries importantes ou de produit en continu.

Pour les matières thermoplastiques, on emploiera principalement les procédés suivants :

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

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

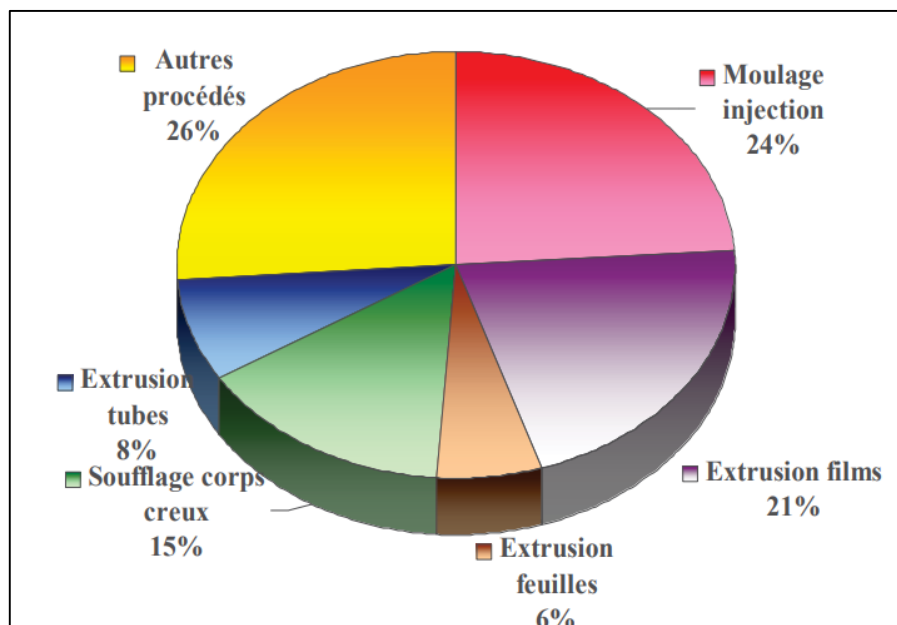


Figure 9 : Répartition des procédés

II.2. L'injection

Le procédé d'injection est destiné à produire très rapidement des objets en très grandes quantités. Cette technique permet d'obtenir en une seule opération des pièces finies en matière plastique, de formes complexes, dans une gamme de poids allant de quelques grammes à plusieurs kilogrammes [8].



Figure 10 : Exemples de pièces obtenus par injection plastique.

II.2.1. Principe de l'injection plastique

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

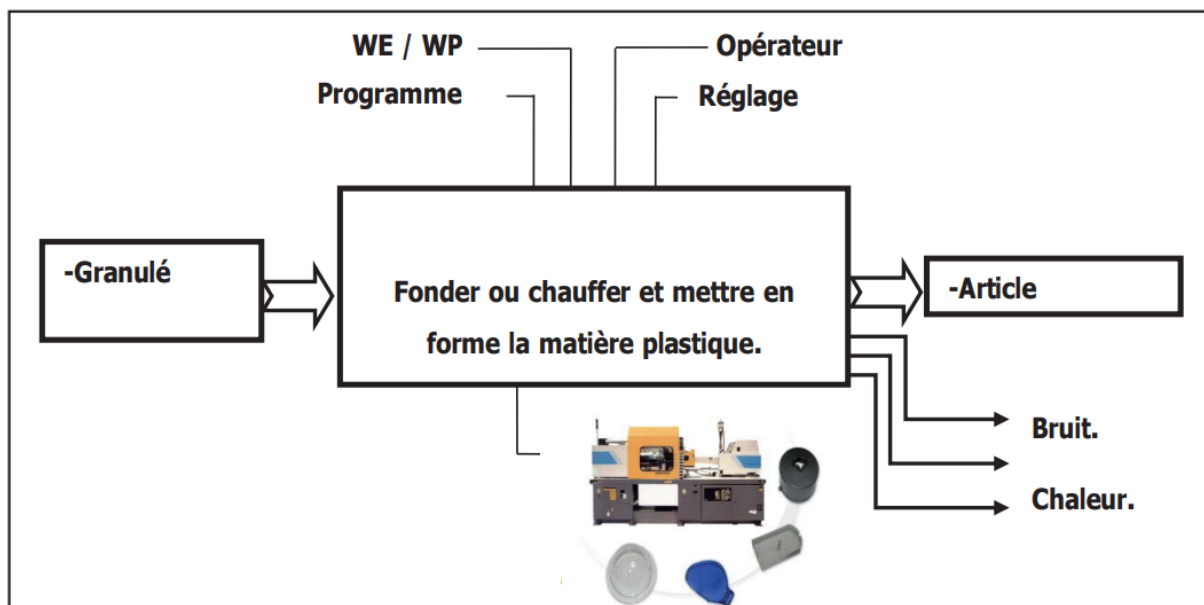


Figure 11 : Principe de l'injection plastique

La figure qui suit décrit le cycle d'injection :

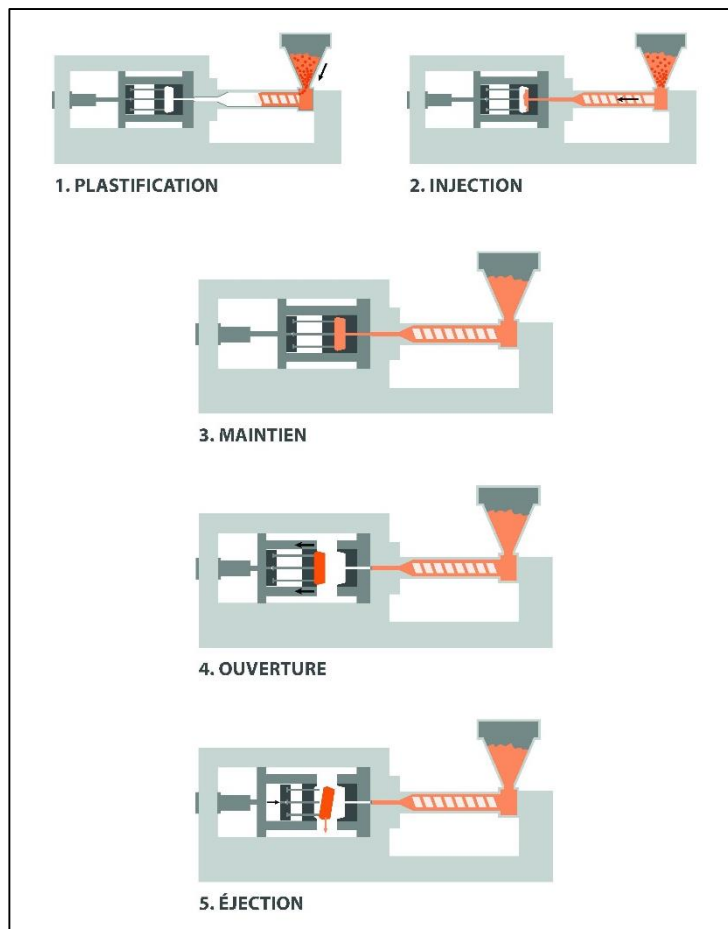


Figure 12 : Procédé d'injection

II.3. Injection soufflage

Le procédé d'injection-soufflage permet de réaliser des corps creux qui présentent de bonnes propriétés mécaniques.

Elle se décompose en deux phases distinctes :

- Une première phase d'injection. Cette phase consiste à injecter une préforme (éprouvette) dans un moule d'injection.
- Une deuxième phase de soufflage. Cette phase consiste à souffler la préforme dans un moule.

Cette technique est essentiellement réservée aux thermoplastiques. Le cycle de fabrication se compose de 5 étapes :

- Injection de la préforme. Celui-ci est définitivement réalisé à ce stade de fabrication de l'objet
- La préforme encore chaude (120°C - 200°C) est transférée dans un moule de soufflage.
- Soufflage. L'air comprimé est introduit au travers du noyau portant la préforme.
- La pièce est démoulée, puis transférée à l'aide du noyau sur le poste d'éjection.
- Ejection.

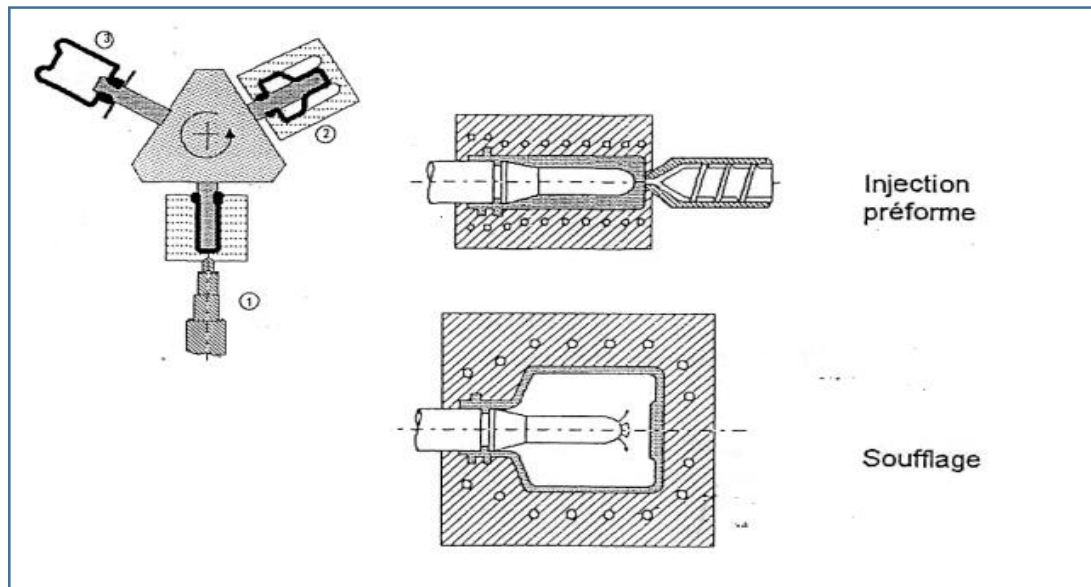


Figure 13 : Exemple de soufflage

II.4. 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.

II.4.1. 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.

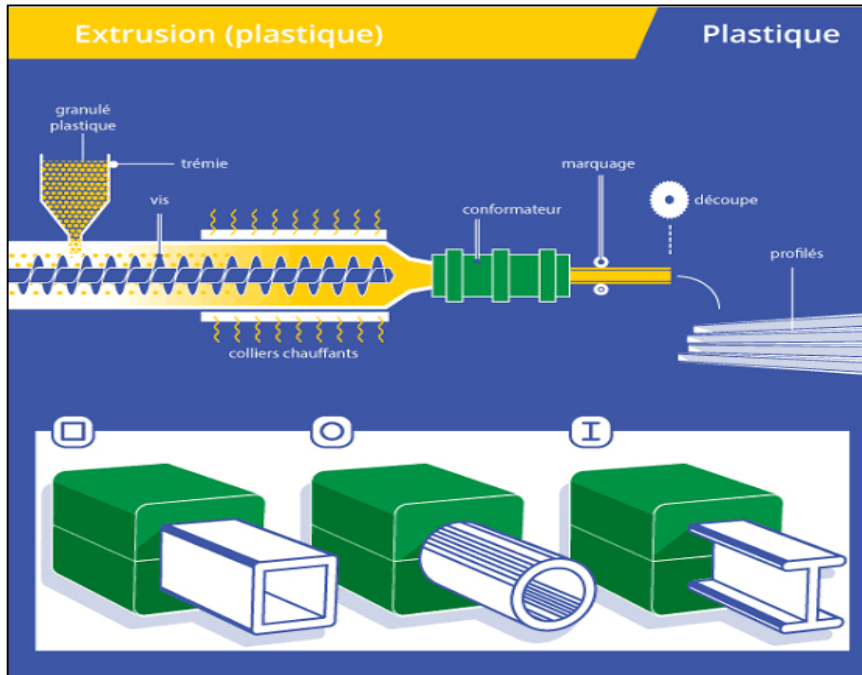


Figure 14 : procédé d’extrusion profiles [2]

II.4.2. Extrusion soufflage

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.

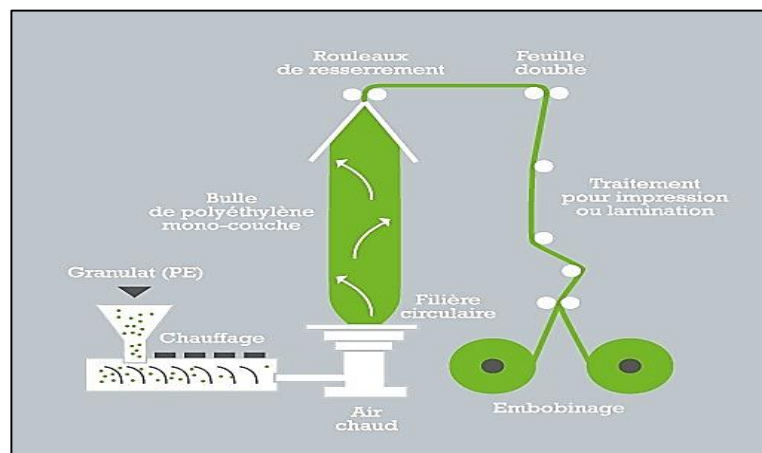
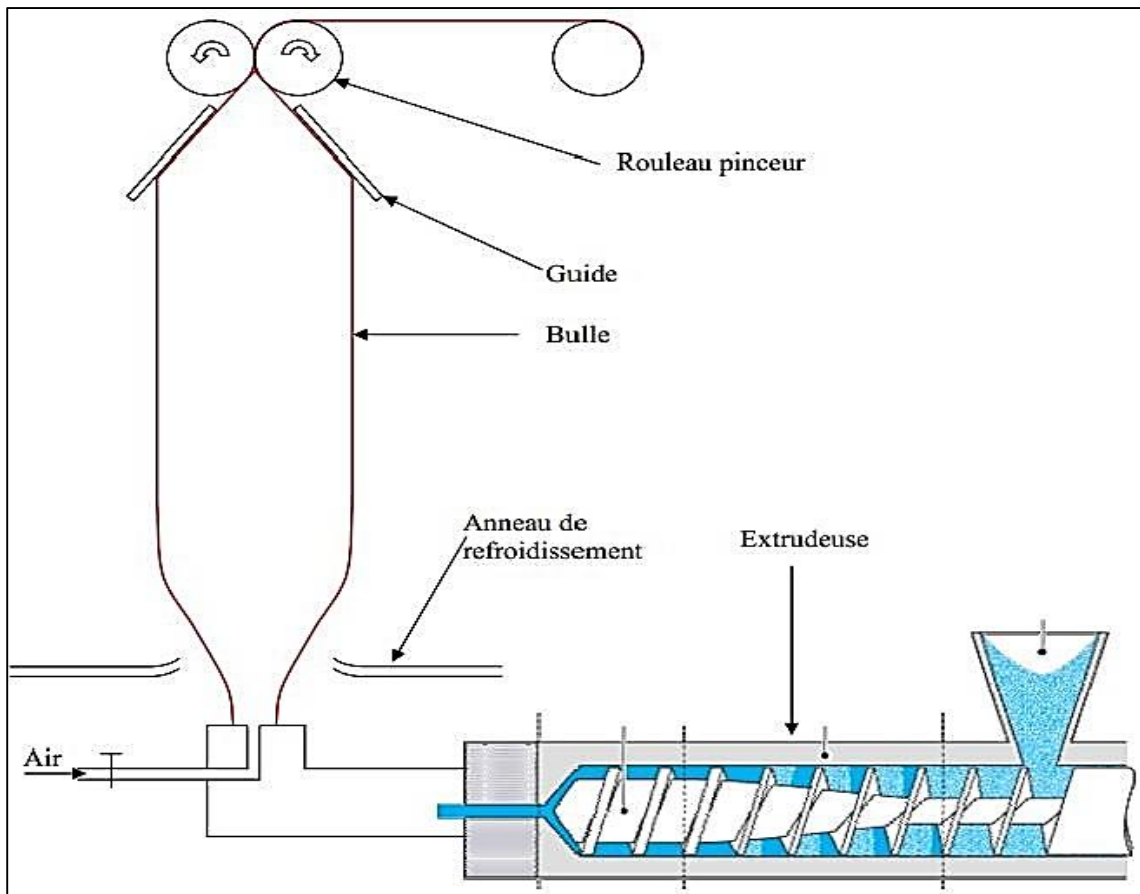


Figure 15 : Procédé extrusion soufflages [2]

II.4.3. Extrusion Gonflage

L’extrusion gonflage est le procédé qui permet de réaliser des films et des gaines de différents couleurs et dimensions.

Le principe consiste à extruder de la matière au travers d'une filière annulaire au centre de laquelle est injecté de l'air. Une bulle se forme dans le diamètre correspond à la largeur de la gaine recherchée. En modulant la vitesse de tirage du banc variable.



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

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



Figure 17 : Article obtenu par extrusion (profilés)

II.4.4. L'extrudeuse mono-vis

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

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

II.4.5. Les phases d'extrusion

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

La trémie alimente en continu le cylindre chauffé contenant une vis rotative. La vis assure à la fois le chauffage, le malaxage, la mise en pression et le dosage du polymère qui est refoulé sous pression dans la tête d'extrusion. La tête contient une filière qui donne la forme

Approximative de la pièce dont le polymère est ensuite refroidi à l'eau ou à l'air pour prendre sa forme finale.

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

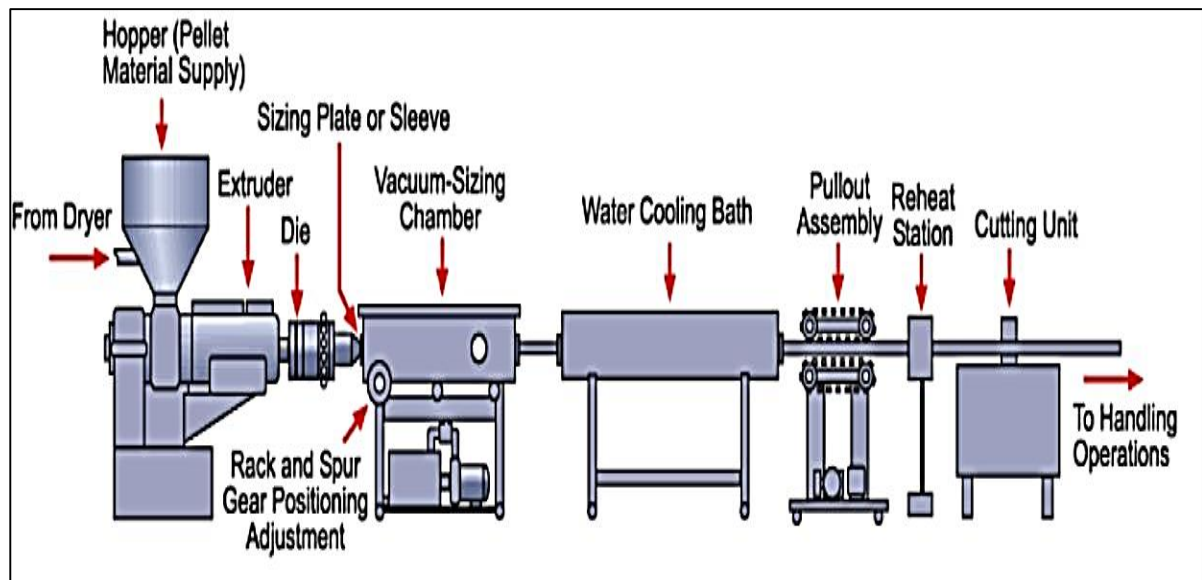
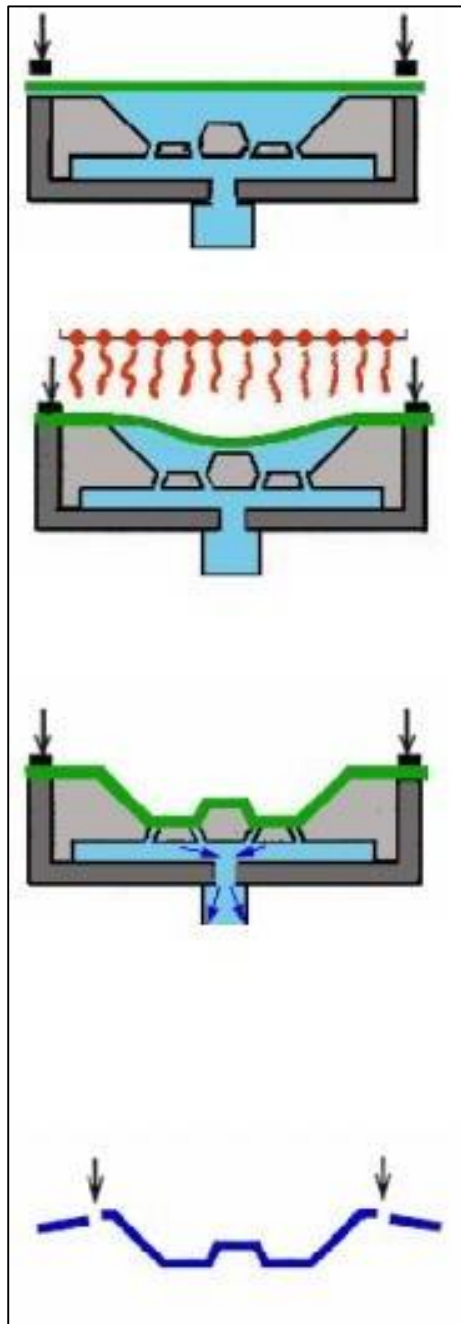


Figure 18 : Les phases d'extrusion

II.5. 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 flancs de la pièce sont découpés (partie inutile pour la

Le formage de la pièce est terminé.

Figure 19 : Procédé Thermoformage

II.5.1. Principe du thermoformage

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

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

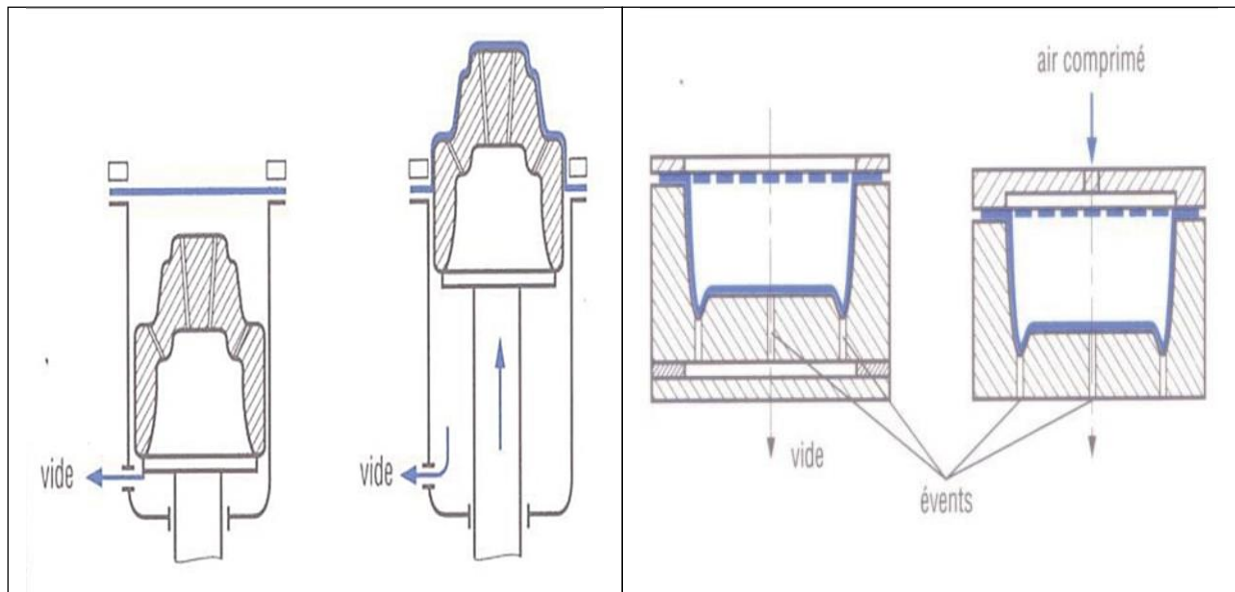


Figure 20 : formage par vide

figure 21 : formage par vide et air comprimé

II.5.2. Les machines de thermoformage

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

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



Figure 22 : Les machines de thermoformage

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

On peut résumer le cycle de mise en forme en thermoformage par les phases suivantes :

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

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

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

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

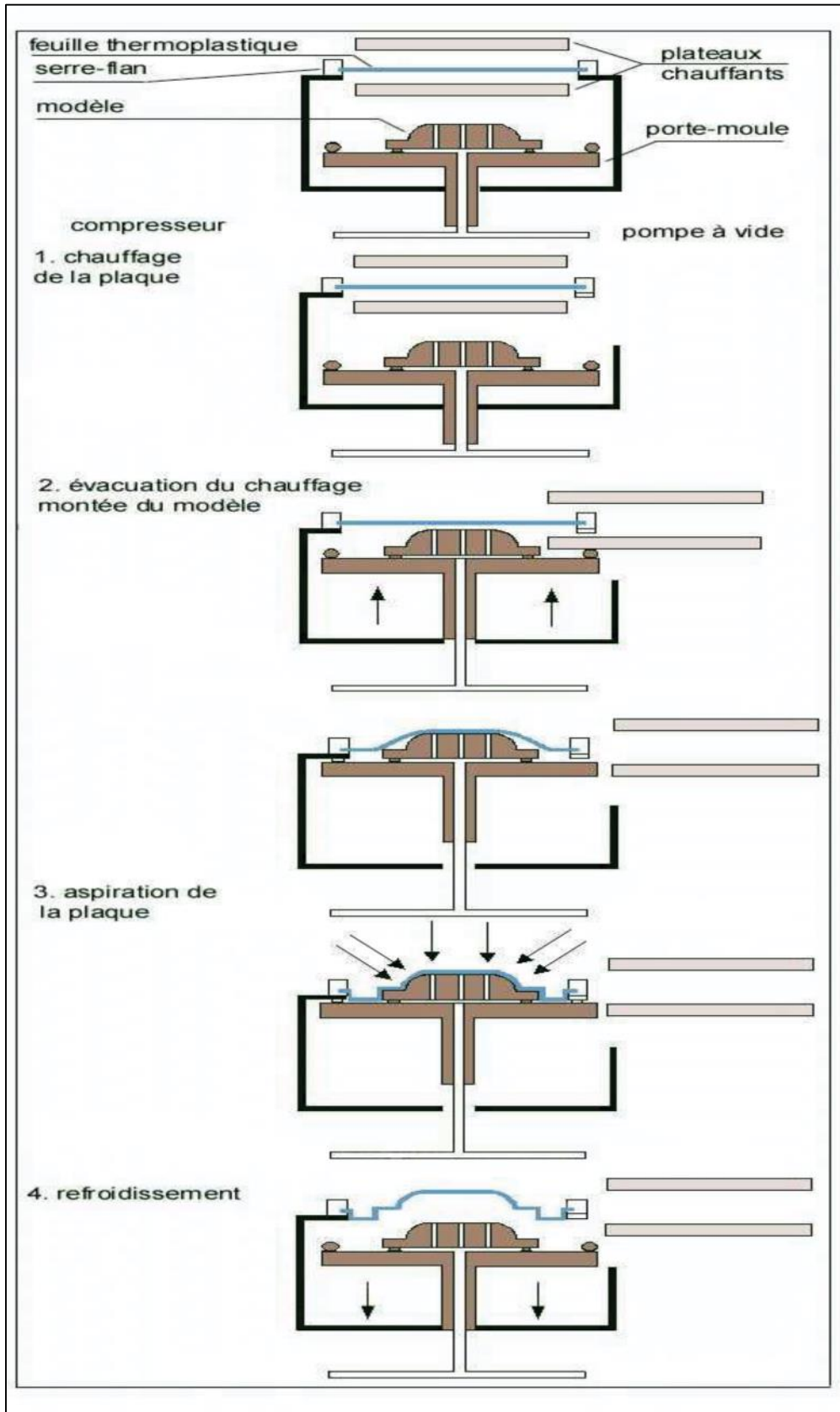


Figure 23: Les phases du thermoformage

II.6. 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

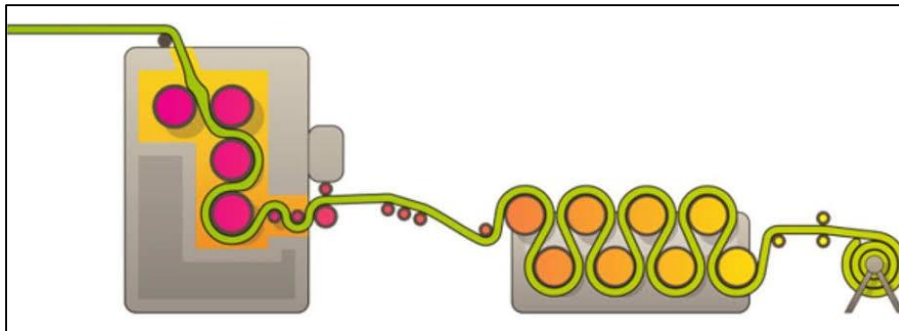


Figure 24 : Calandrage

II.7. Le moulage

II.7.1. 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

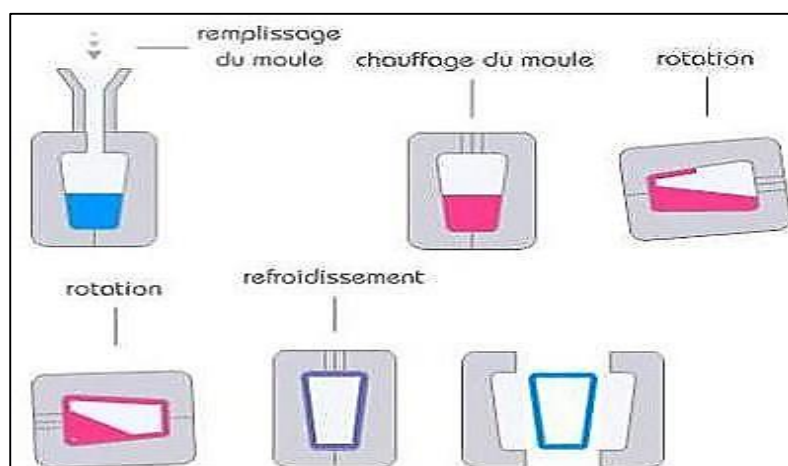


Figure 25 : Moulage par rotation

II.7.2. 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.

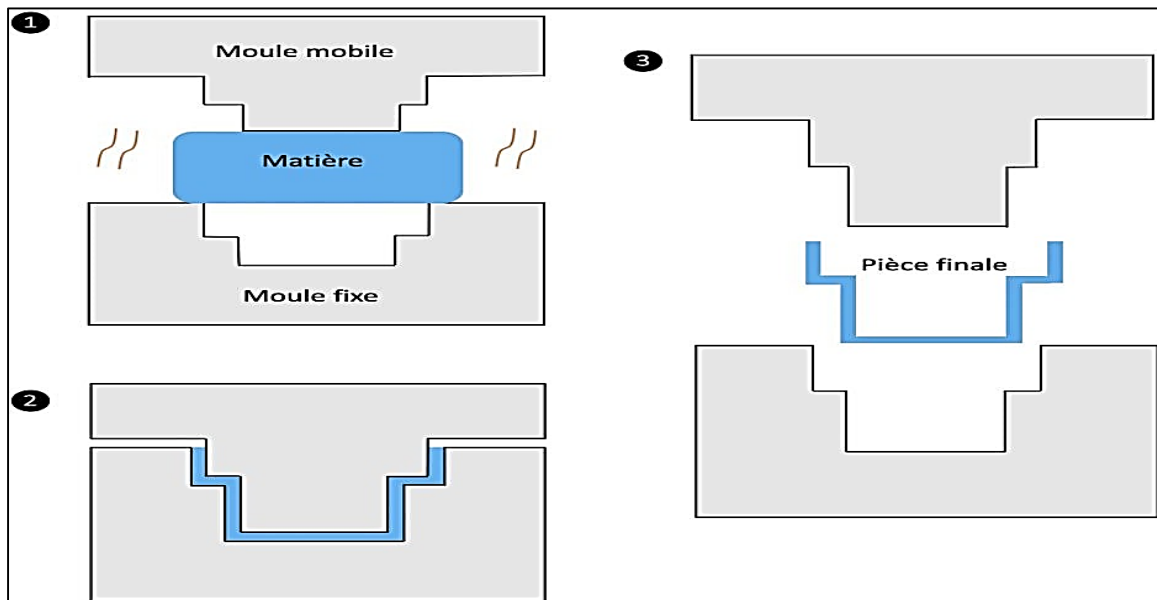


Figure 26 : Moulage par compression

II.7.3. 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.

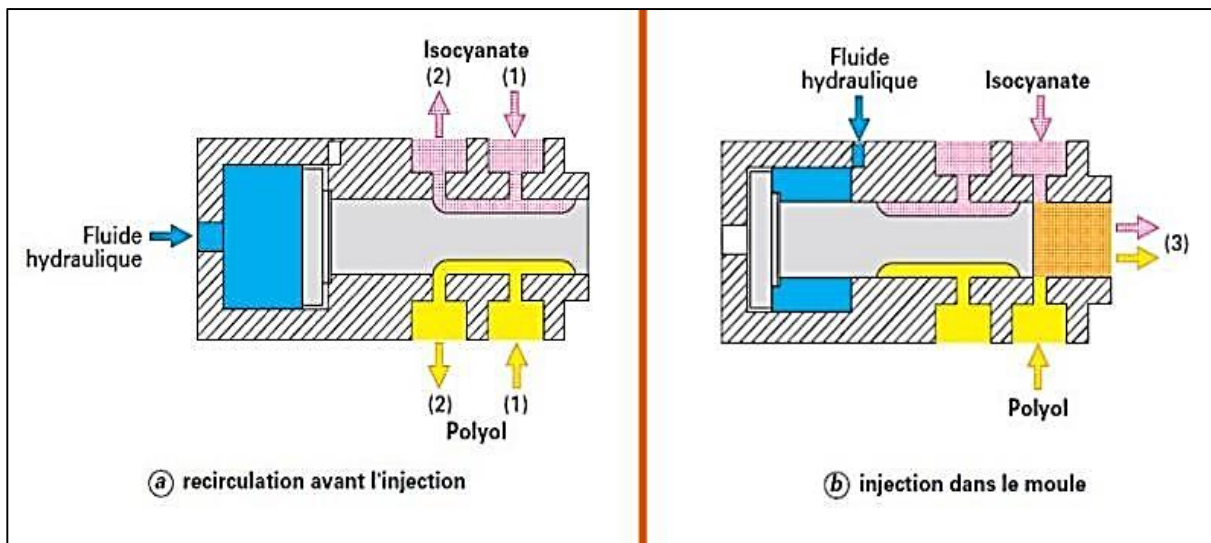


Figure 27 : Moulage par Réaction

II.7.4. Le principe du roto-moulage

Le principe de cette méthode de transformation consiste à introduire de la matière (sous forme de poudre) dans un moule qu'on chauffe et qu'on introduit en double rotation. La matière fondue parvient ainsi à couvrir toutes les parois du moule et épouse alors sa forme.

Le polymère le plus utilisé en Roto-moulage est le PE (90% des applications) ; PP, PC, PA, PVC sont également utilisés. Pour être roto-moulé le PE doit être sous forme poudre avec une taille des particules entre 100 à 500 µm.

II.7.5. Machines de roto-moulage

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



Figure 28 : Exemple de poste de roto-moulage.

II.7.6. Les phases du roto-moulage

Le procédé est basé sur la rotation d'un moule chauffé dans un four sur deux axes perpendiculaires. Durant la rotation, tous les points de la surface interne du moule occupent

toutes les positions de l'espace et sont périodiquement en contact avec le produit.

Le procédé comprend 4 phases principales :

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

Tableau 5 : les phases du roto-moulage



Figure 29 : les différentes phases d'obtention d'une pièce par roto-moulage

II.8. Presse à injecter

Elle consiste en une presse vis-piston qui comprend une trémie d'alimentation et un cylindre chauffé, muni d'une vis sans fin longitudinalement assurant la plastification et l'injection sous pression de la matière dans le moule.

Le matériau thermoplastique est préalablement rendu liquide par chauffage. Il est alors injecté sous haute pression, jusqu'à 1800 bar, dans la cavité du moule. On doit ensuite attendre que la matière plastique soit suffisamment froide et rigide avant d'ouvrir le moule et d'en éjecter la pièce sans risque de déformation.

L'ensemble de ces étapes est assuré par une machine qui s'appelle : presse d'injection.

II.9. Description d'une presse à injecter

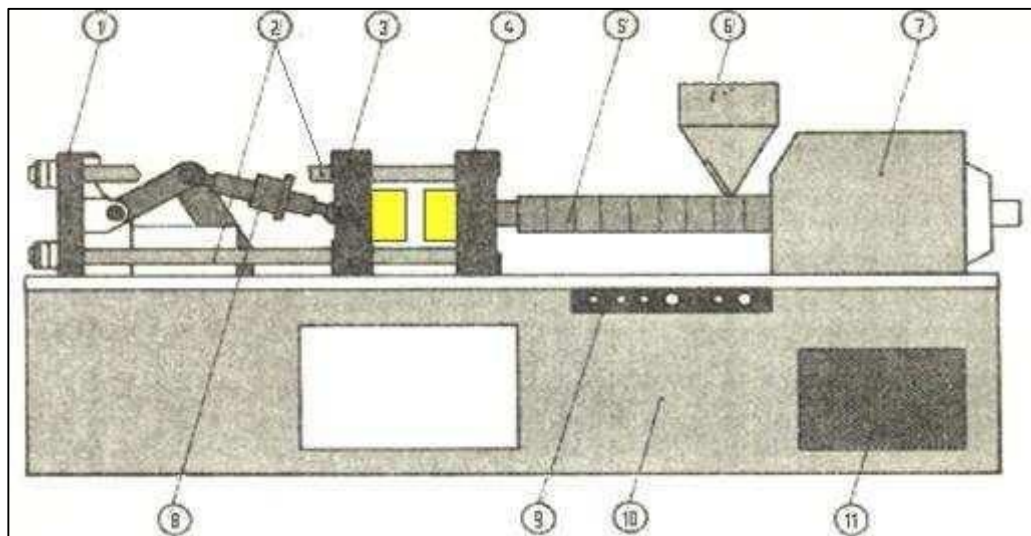


Figure 30 : Presse d'injection

1. Plateau arrière fixe	7. Groupe injection
2. Colonnes de guidage	8. Organe de fermeture (genouillère ou vérin)
3. Plateau mobile de fermeture	9. Tableau de commande
4. Plateau fixe d'injection	10. Bâti
5. Cylindre chauffant d'injection	11. Groupe hydraulique
6. Trémie	

II.10. 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 :

II.10.1. 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 automatisable possible de l'emballage des produits fabriqués.

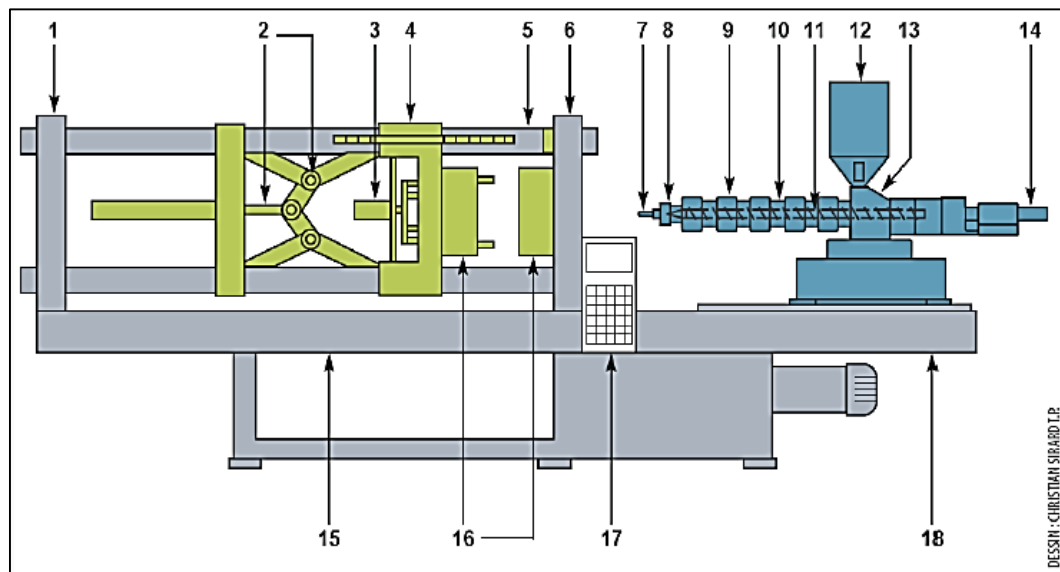


Figure 31 : Presse à injection plastique horizontale

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

II.10.2. 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.

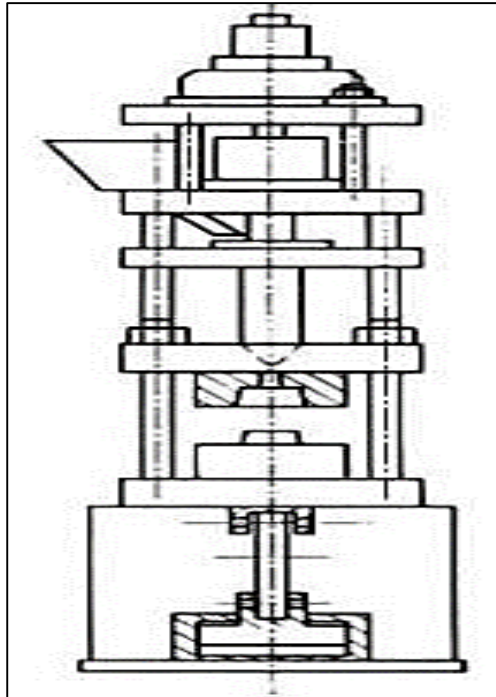


Figure 32 : Presse verticale

II.11. Types de presses à injection

II.11.1. 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.

II.11.2. 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 monté la partie du moule mobile. Les injections sont réalisées simultanément.

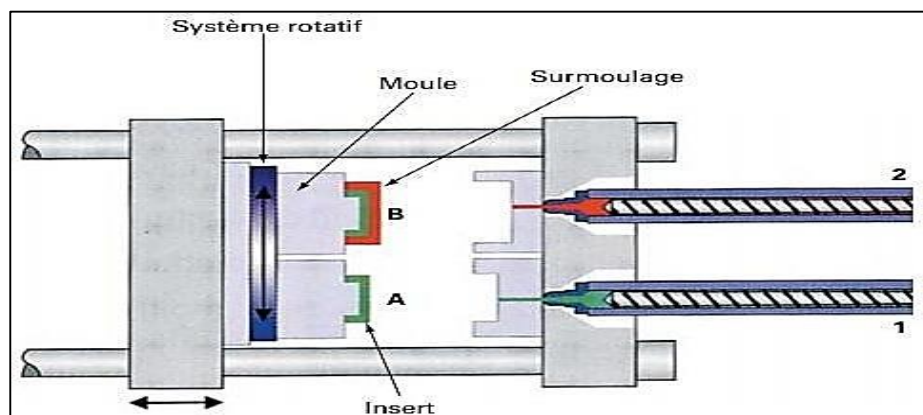


Figure 33 : Presse à injection multi-matière et multi-couleur

II.11.3. 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.

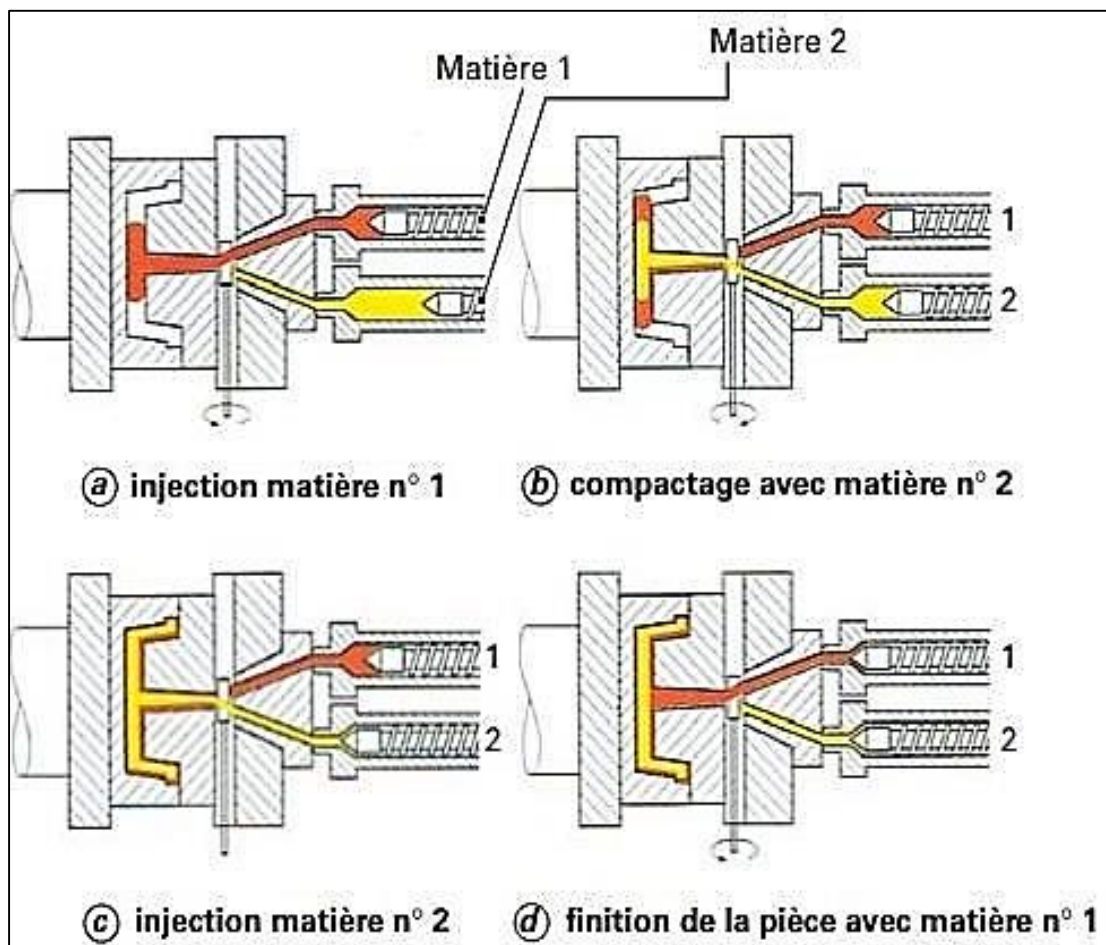


Figure 34 : Presse à injection sandwich

II.11.4. 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 masse lotte pour évacuer l'excès de matière après l'injection du gaz.

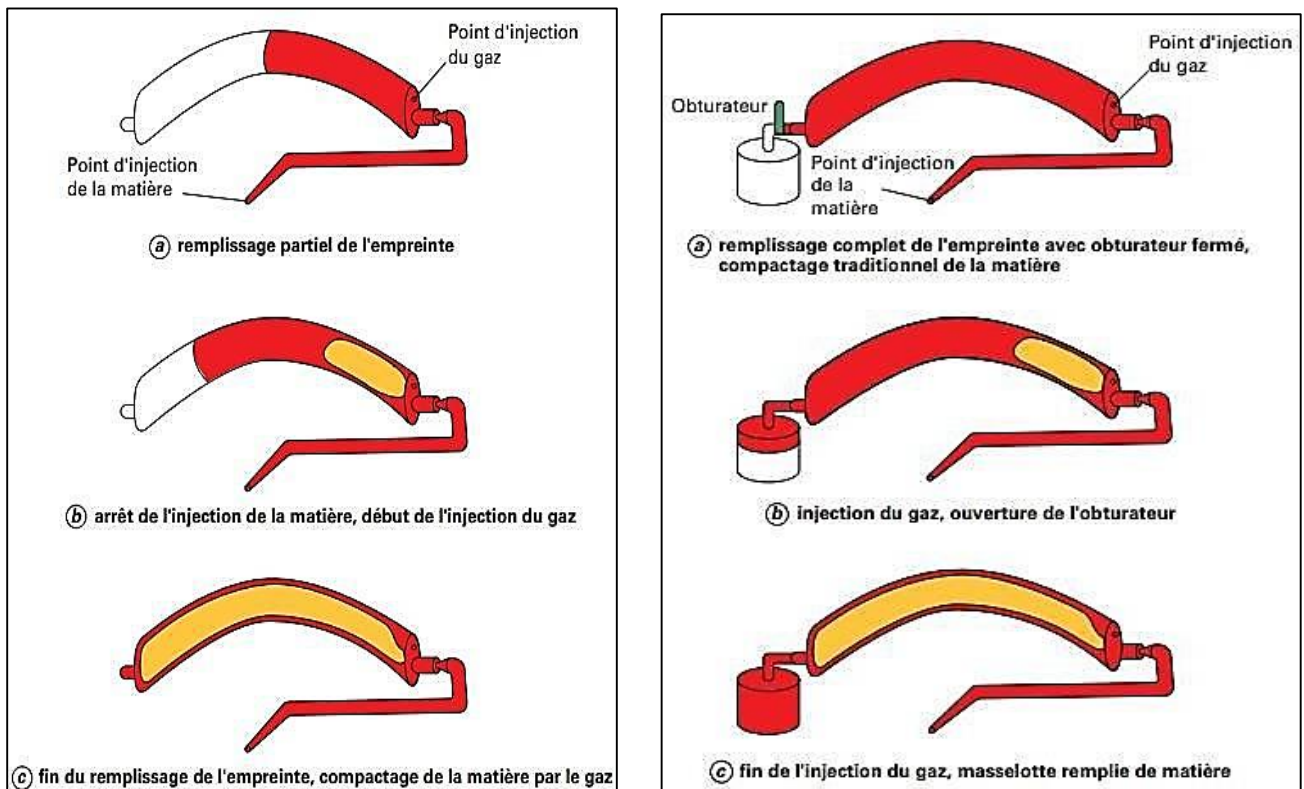


Figure 35 : Injection assisté par gaz

II.12. Les différentes parties ou unités d'une presse

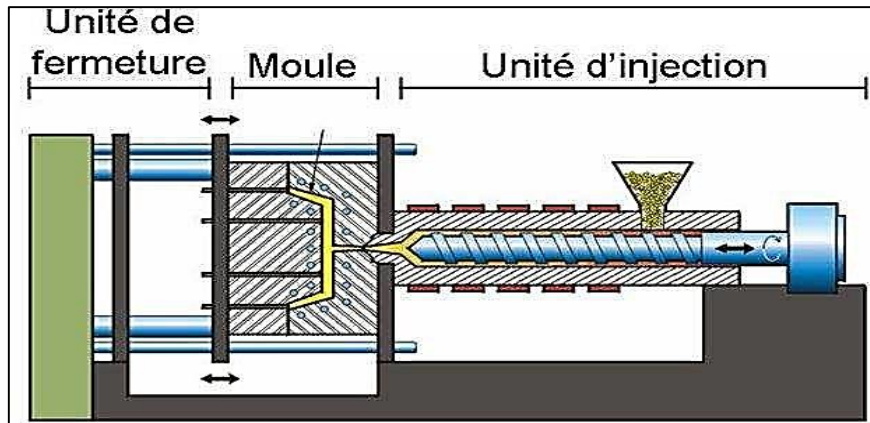


Figure 36 : Dispositif d'une presse d'injection

II.12.1. 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.

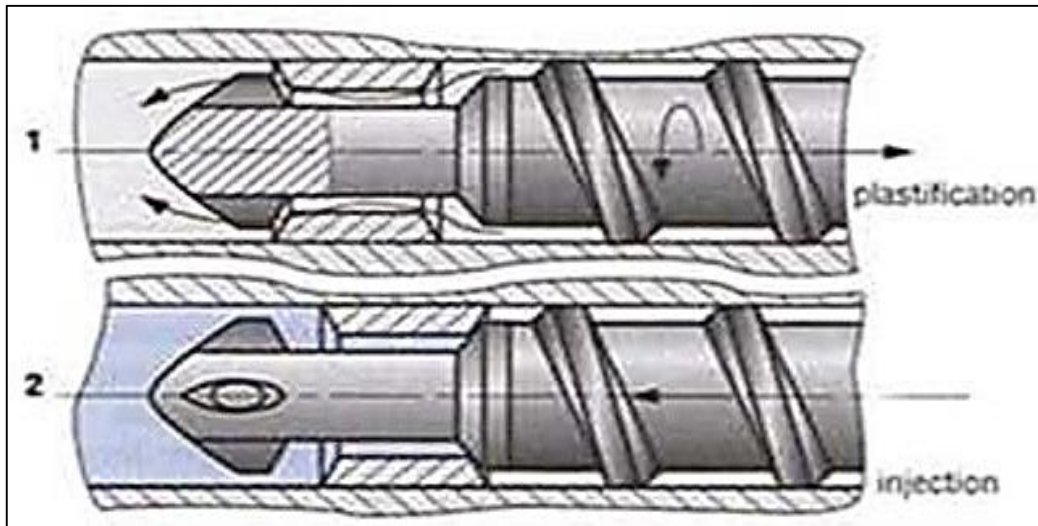


Figure 37 : Système vis-piston

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.

II.12.2. 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.

II.12.3. Unité de fermeture

Le rôle du groupe de fermeture est de 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.

❖ 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 minimal :

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

• Epaisseur du moule maximal :

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.

• Le moule :

Un moule est un outil de transformation comportant une cavité destinée à recevoir un matériau 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 se 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

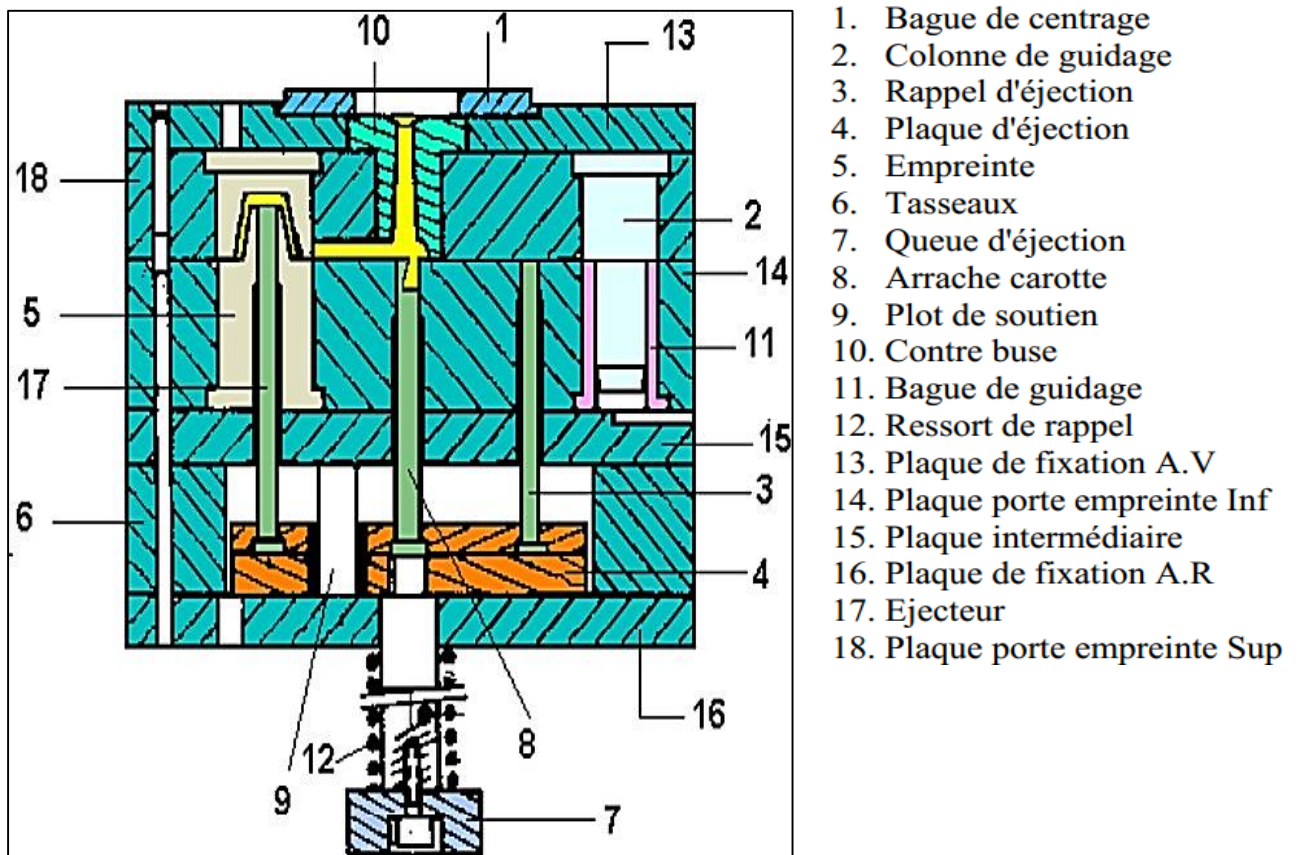


Figure 38 : exemple de moule

II.13. Le choix d'une presse

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

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

Mais le choix de ces critères n'est pas suffisant pour avoir un meilleur rendement, puisque le temps de cycle d'une pièce est conditionné par la vitesse d'injection, la vitesse d'ouverture/fermeture ainsi que la vitesse d'éjection.

II.14. Conclusion

Les procédés de mise en œuvre permettent d'obtenir des pièces en plastique, parfois même en alliages d'aluminium, de formes complexes et généralement en une seule opération. L'injection plastique est le procédé le plus utilisé dans ce domaine.

Dans un environnement concurrentiel, l'actualisation permanente des designs est nécessaire. Pour cela, il suffit de changer le moule.



Chapitre III

Conception d'un moule à injection plastique

III.1. 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 :

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

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

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

III.2. Définition d'un moule d'injection

Le moule est l'outil utilisé en injection des matières plastiques, qui remplit plusieurs fonctions et il a pour but de donner à la matière une forme finale nommée pièce. Un moule est constitué principalement de composants illustrés par les figures suivantes [8] :

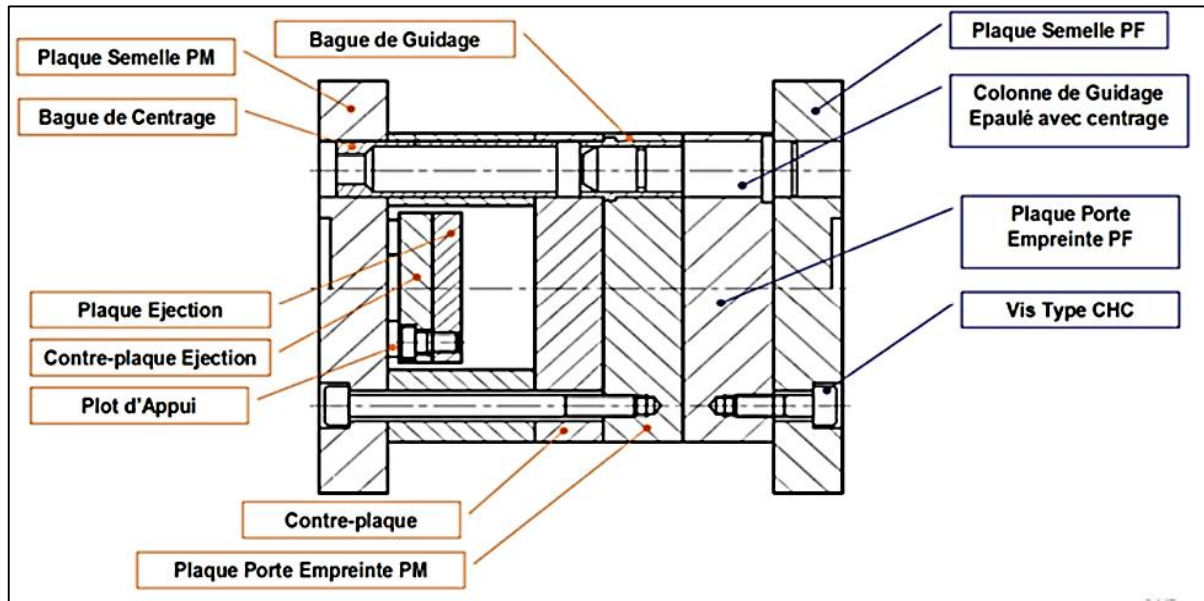


Figure 39 : Les différentes parties d'un moule d'injection plastique

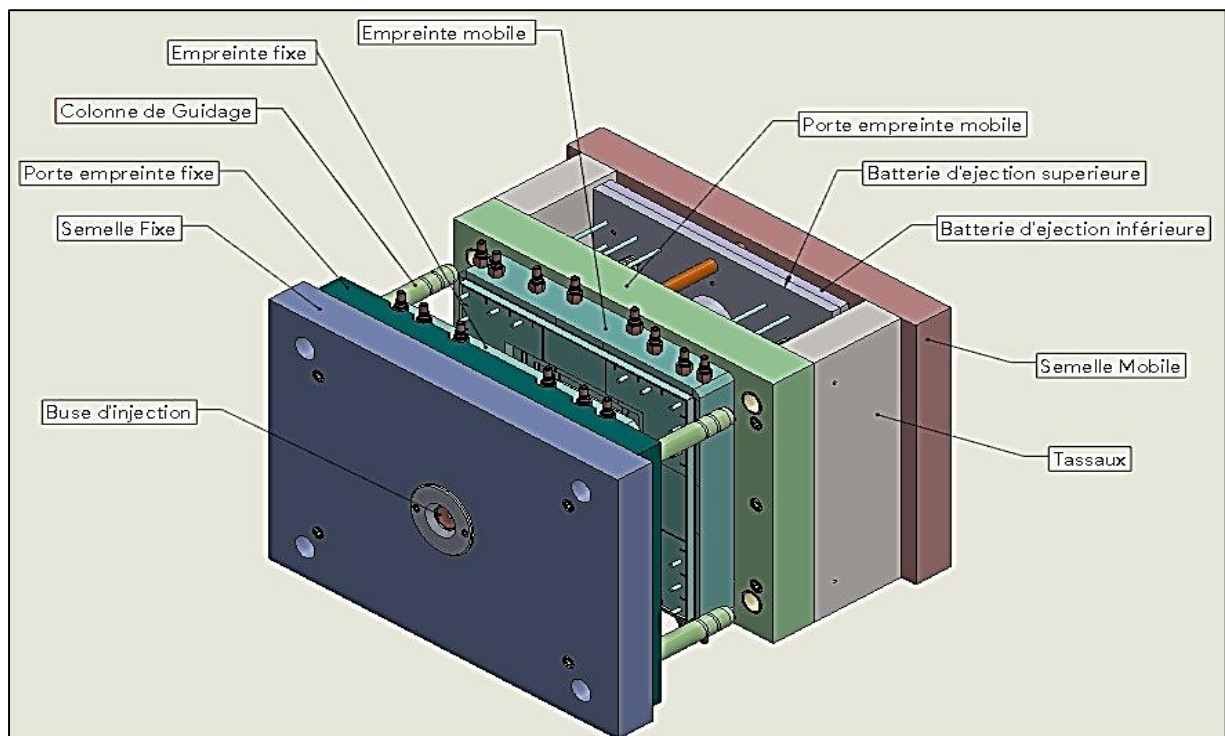


Figure 40 : Vue en 3D d'un moule injection plastique

III.3. Les différents moules d'injection plastique

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

- Le nombre d'empreintes (1, 2, 4, 8, 16, 32 ...).
- Son architecture : nombre de plaques, tiroirs, coquilles
- Le système d'alimentation : carotte perdue, canaux chauffants
- Le type d'alimentation des empreintes : pin point, en masse, en parapluie, sous-marine, en
- Ligne, en "n" points
- L'éjection des pièces (par éjecteur, bloc d'éjection ou autres)
- La régulation de la température
- La durée de vie (choix des matériaux) parmi les plus utilisés, on cite :

III.3.1. Moule à deux plaques

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

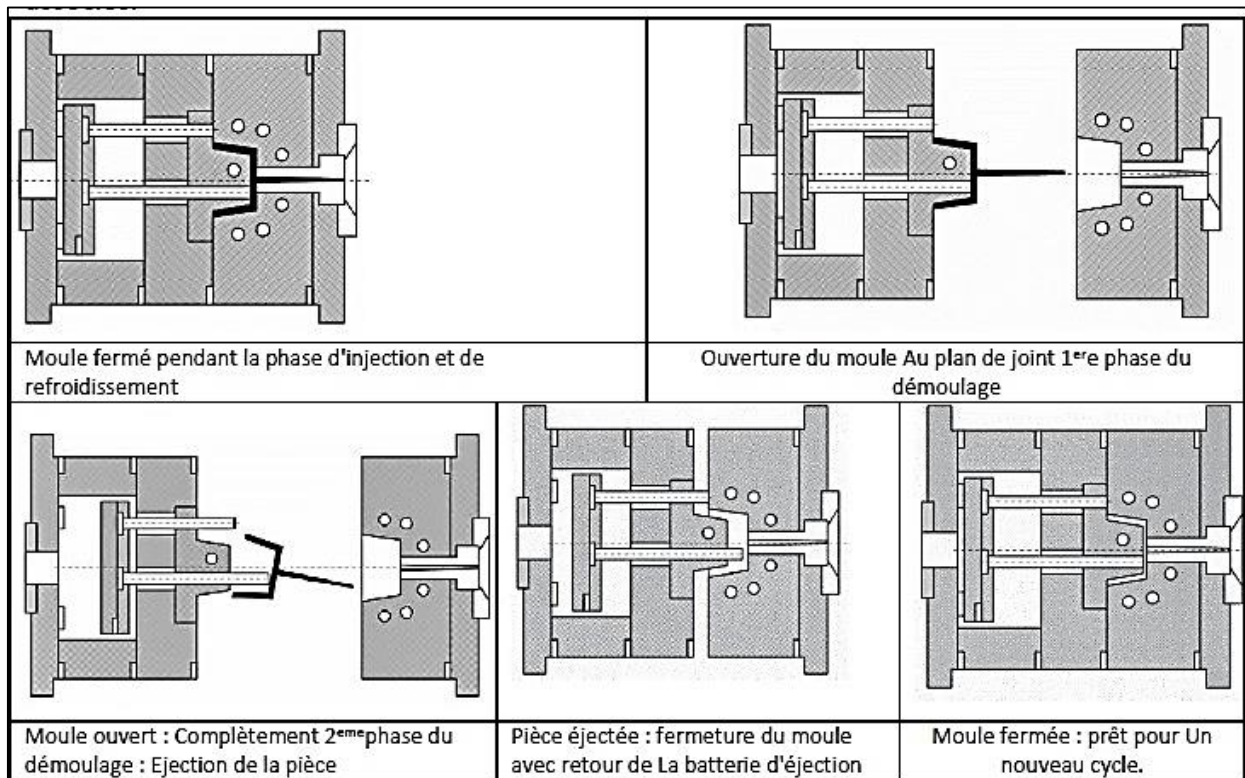


Tableau 7 : Moule à deux plaques

III.3.2. Moule à trois plaques

Le tableau suivant [9] illustre le fonctionnement d'un moule à trois plaques, également on rencontre dans l'industrie des moules à plusieurs plaques utilisant le même principe, la chronologie des ouvertures, se fait les priorités définies par le concepteur, principalement on a un plan de joint carotte et un plan de joint pièce.

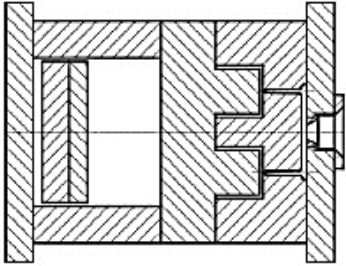
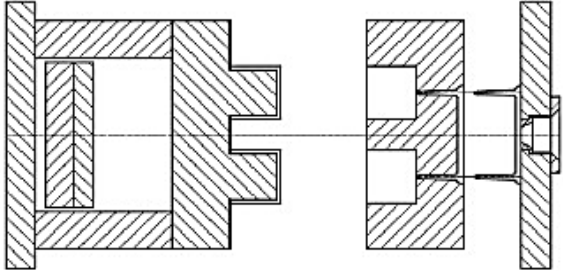
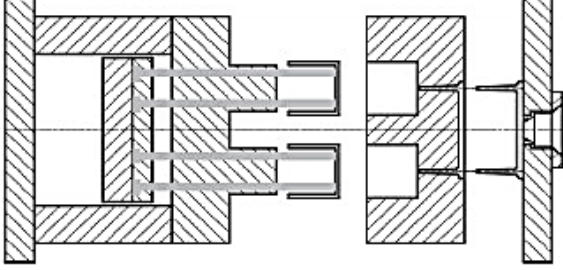
<p>le moule à 2 plans de joint :</p> <ul style="list-style-type: none"> - un plan de joint pour la carotte - un plan de joint pour la pièce. 	
<p>1ère ouverture au niveau du plan de joint carotte (impératif pour une bonne casse du point d'injection) 2ème ouverture au niveau du plan de joint pièce</p>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

Tableau 8 : Moule à trois plaques [9]

III.3.3. Moule à tiroir

Les moules à tiroir et à les moules à coins forment des solutions particulières pour permettre d'injecter des pièces présentant des contre dépouilles, leur fonctionnement est présenté par le tableau suivant [9] :

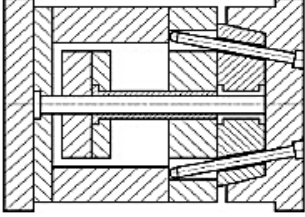
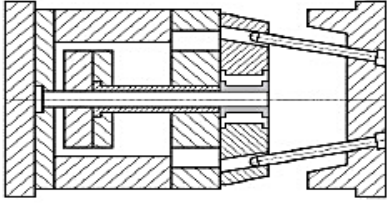
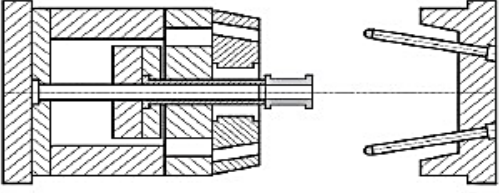
<p>moule fermé et deux plaques portes empreintes fermées.</p>	
<p>la partie du moule recule, les doigts de démoulage guident les deux plaques portes : empreintes lors de leurs ouvertures par l'intermédiaire des ressorts.</p>	
<p>Les batteries d'éjection avance sous l'effet du vérin et les éjecteurs tubulaire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

Tableau 9 : Moule à tiroir [9]

III.3.4. Moule à coquilles

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

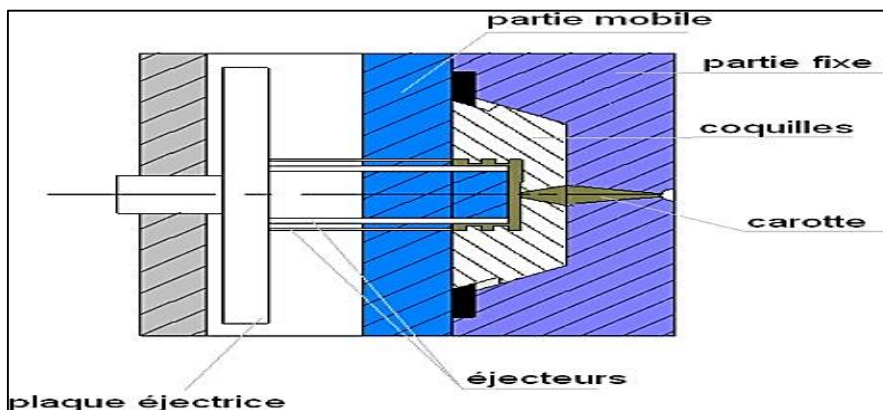


Figure 41 : Moule à coquilles [10]

III.3.5. Moule à canaux chauffant

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

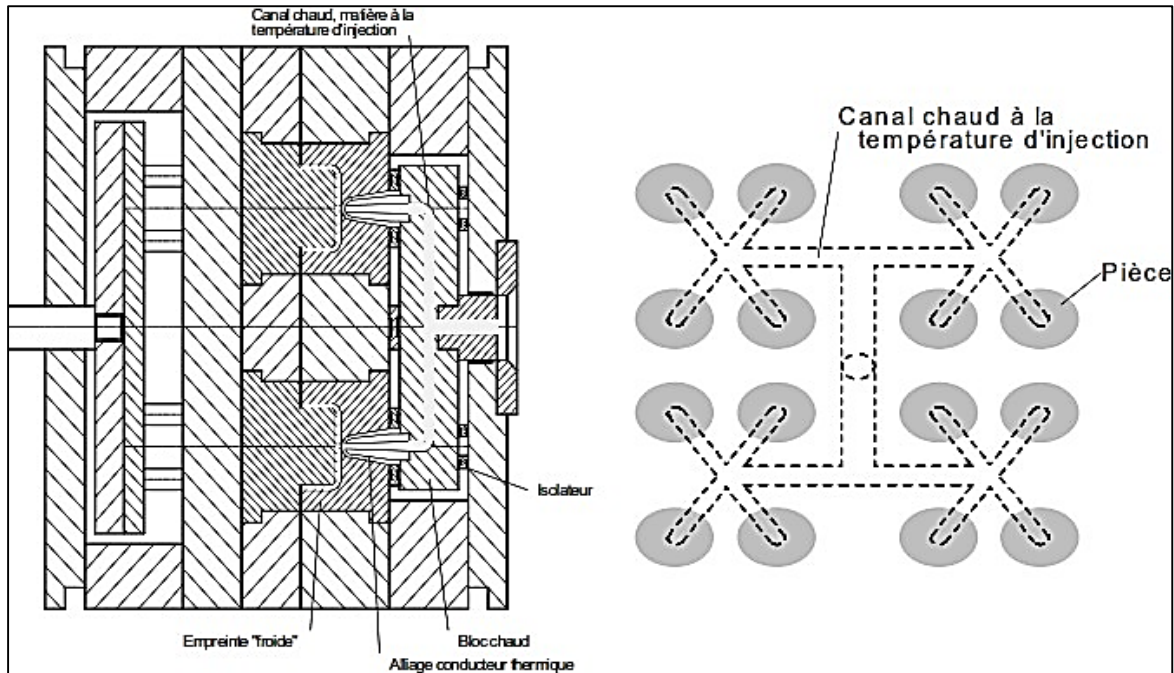


Figure 42 : Moule multi-empreintes Canal chaud – bloc chaud

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

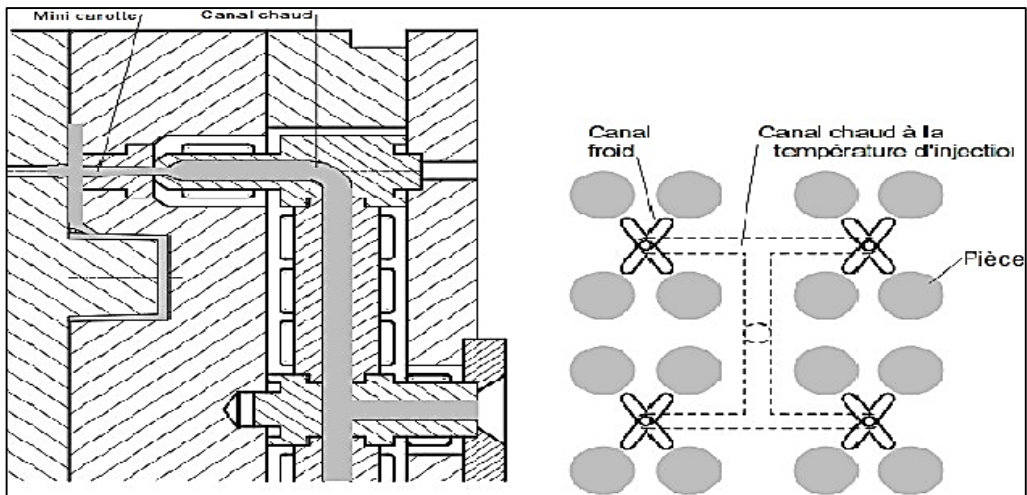


Figure 43 : Moule multi-empreintes Alimentation mixte : canaux chauds + canaux froids

III.4. Conception d'un moule à injection plastique

III.4.1. 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.

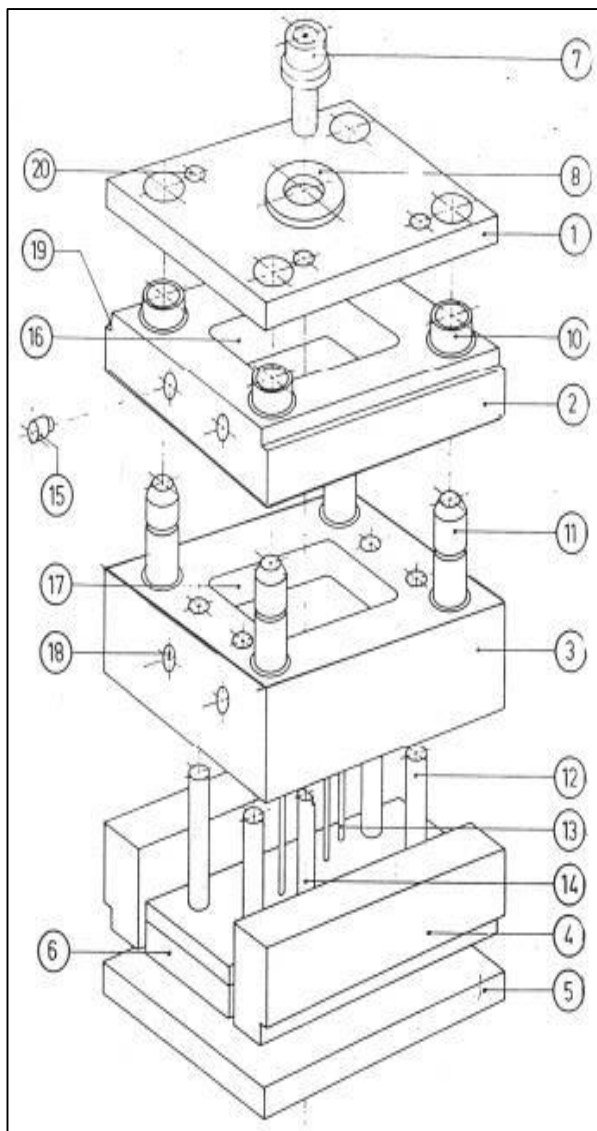
III.4.2. La machine

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.

III.4.3. Architecture du moule

a. 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

Figure 44 : Vue éclatée d'un moule d'injection

b. 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 fixer la rondelle de centrage, la buse moule et les bagues de guidage, ainsi que le bridage.
- **Bague de guidage** : Permet le guidage des colonnes de 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 carotte, remise à zéro et éjecteurs. Est composé de la plaque porte éjecteurs et de là 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.

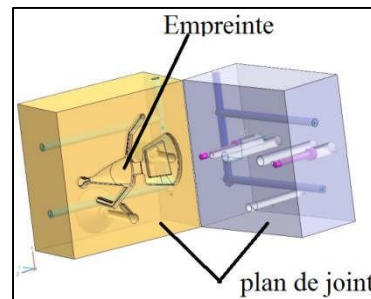
III.5. Fonction d'un moule d'injection plastique

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

III.5.1. Fonction alimentation

La fonction alimentation a pour but de transférer la matière plastifiée du fourreau de la presse vers l'empreinte du moule. Les points d'alimentation (points d'injection) sont reliés à un ou plusieurs canaux d'alimentation communs, aboutissant à leur tour au canal central d'injection dans lequel la matière, une fois solidifiée, prend le nom de « carotte ». Et la matière parcourra le chemin suivant [11] :

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



III.5.2. Fonction mise en forme

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

III.5.3. Fonction éjection

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

III.5.4. Fonction régulation thermique

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

III.5.5. Fonction guidage / positionnement

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

III.5.6. Fonctions manutention, stockage, sécurité et liaison machine

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

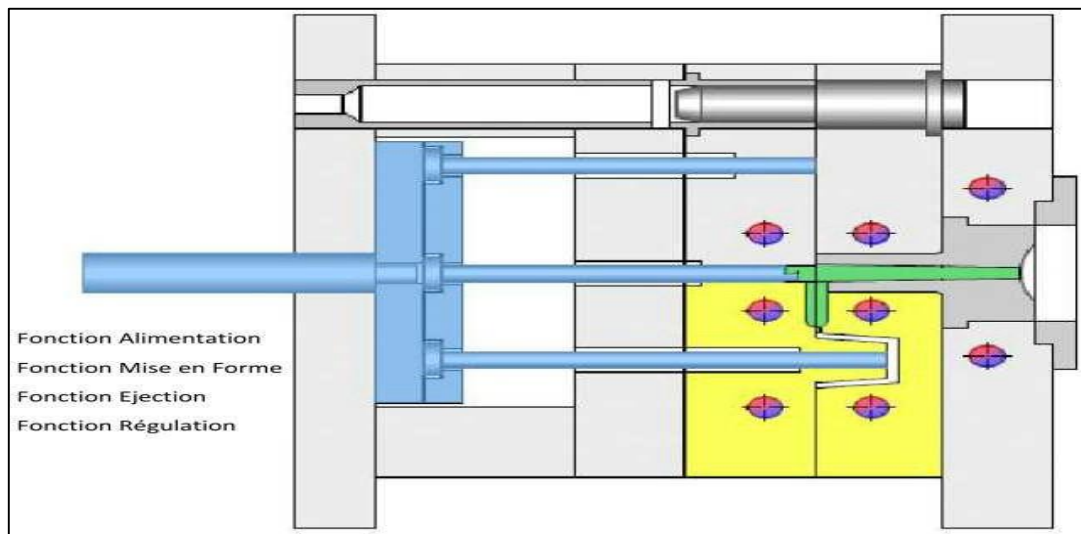


Figure 45 : schéma des différentes fonctions d'un moule

III.6. Choix des plans de joint

III.6.1. 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.

III.6.2. 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.7. Alimentation du moule

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

Pour économiser la matière et faciliter son écoulement, on applique la formule suivante pour la détermination de la section des canaux d'alimentation. [12]

$$S = K * M * L$$

Avec :

S = Section du moule (m²)

K = Viscosité de la matière (m/kg)

M = Masse de la pièce (kg)

L = Longueur du canal

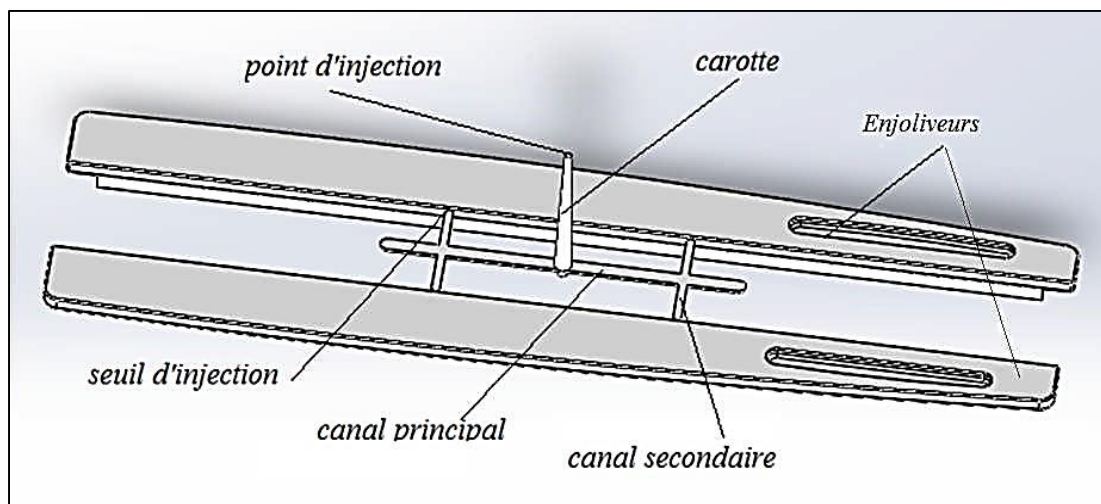


Figure 46 : Système d'alimentation du moule

III.7.1. Système d'alimentation du moule

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

III.7.2. Description du système d'alimentation

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

III.7.3. Rôle de système d'alimentation

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

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

III.7.4. Composition du système d'alimentation

a. La buse

Elle supporte l'appui du nez de presse. L'étanchéité à ce niveau doit être parfaite. Le contact se fait plus souvent selon deux rayons. Le rayon de la buse du moule étant supérieur par rapport à celui du nez de presse. Le canal de la buse de presse doit être cylindrique et inférieur au début de la cheminée du moule. Un éjecteur central court avec contre dépouille est souvent placé au bas de la cheminée. Il permet de recevoir la goutte froide et le maintien de la grappe en partie mobile [10].

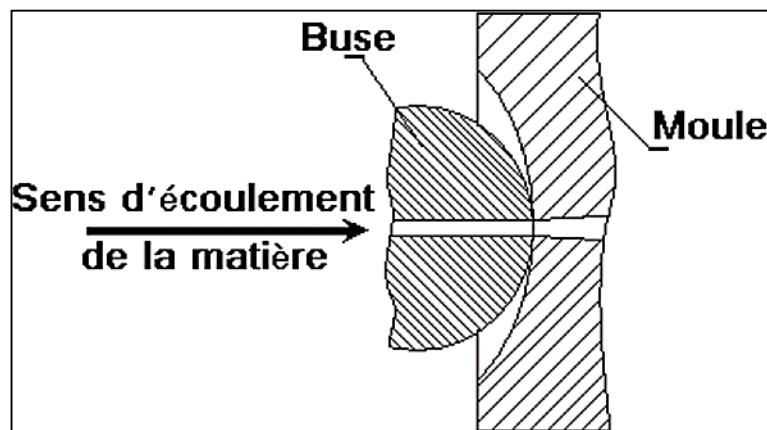


Figure 47 : la buse

b. La carotte

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

Elle est perpendiculaire aux plans de joint.

Exemple :**❖ Carottes directes [1]**

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

❖ Avantages

- Bonne qualité.
- Bonne stabilité dimensionnelle.

❖ Inconvénients

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

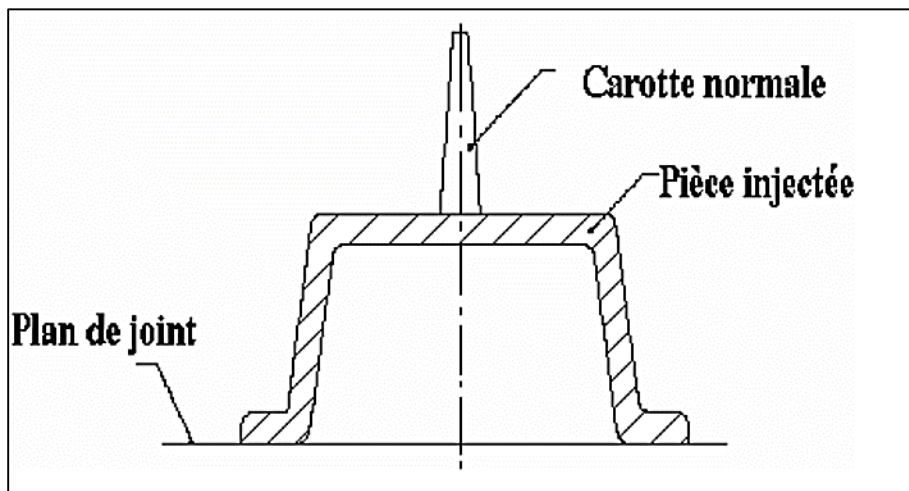


Figure 48 : carotte normal

❖ **Le seuil d'injection**

Le canal d'alimentation communique avec l'empreinte par un seuil d'injection, dont la section est nettement rétrécie par rapport à celle des canaux de distribution. Qui permet d'alimenter l'empreinte du moule et son choix doit tenir compte de son emplacement [6], [12] et [8].

❖ **Les critères du seuil d'injection**

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

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

III.8. Les différents modes d'alimentation

On distingue plusieurs modes d'alimentation :

III.8.1. Seuils éventail

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

Avantages

- Peut permettre un d'égrappage automatique
- Eviter les lignes de soudures et donc les chutes de résistance.
- Permet un écoulement équilibre de la matière autour du noyau.

Inconvénients

- Usinage après arrachage de lacarotte.
- Déchets
- Opération de reprise

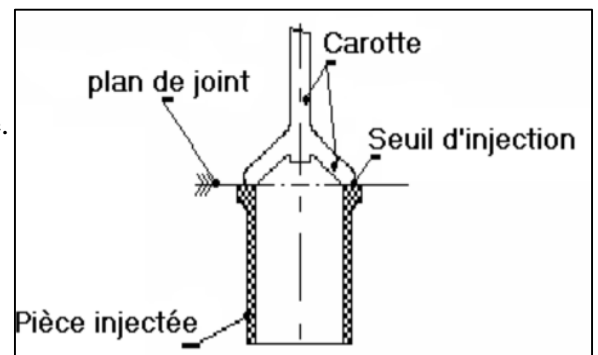


Figure 49 : Seuils éventail

III.8.2. Seuils en tunnel

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

Avantages :

- Démoulage automatique de la carotte

Inconvénients :

- Ne convient pas à toutes les matières
- Ne convient que pour des pièces simples
- grande Perte de pression
- Usinage couteux

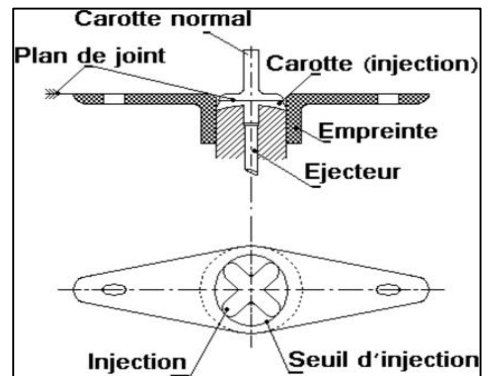


Figure 50 : Seuil en tunnel

III.8.3. Seuils annulaire

Utilisation : Pièces en forme d'anneaux ou coquilles avec emplacements latéraux.

Avantages

- Même épaisseur de parois encirconférence.
- Remplissage uniforme de l'empreinte.

Inconvénients

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

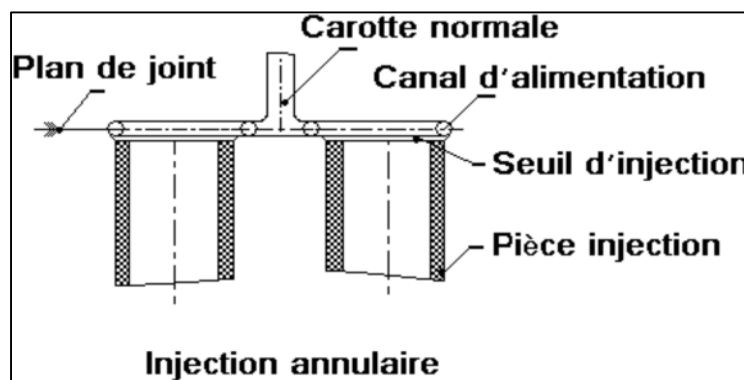


Figure 51 : Seuil annulaire

III.8.4. Seuils en nappe

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

Avantages

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

Inconvénients

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

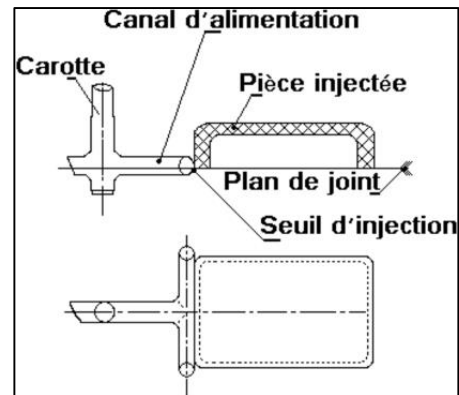


Figure 52 : Seuil en nappe

III.8.5. Seuils capillaire

Utilisation : Le profil du seuil capillaire est tubulaire, carré, ou rectangulaire. Ce seuil peut être représenté dans la face frontale ou latérale de l'empreinte.

Moule multi-empreintes avec injection centrale.

Avantages

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

Inconvénients

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

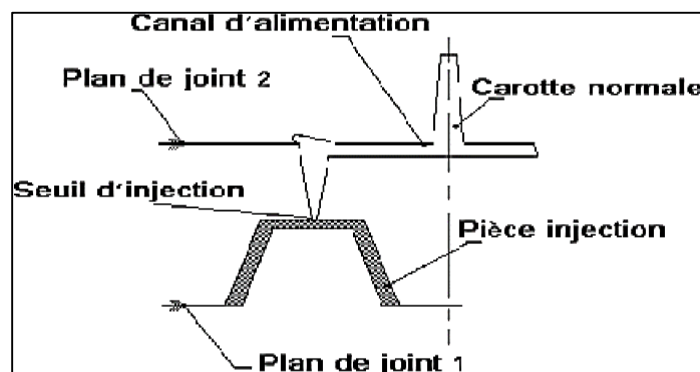


Figure 53 : Seuil capillaire

III.8.6. Seuils à plusieurs étages

Utilisation : Pièce plate avec petit poids dans moule à plusieurs étages.

Avantages

- Meilleure utilisation de la capacité plastification de la machine.

Inconvénients

- Grande perte de volume de carotte.
- Coût de moule élevé.

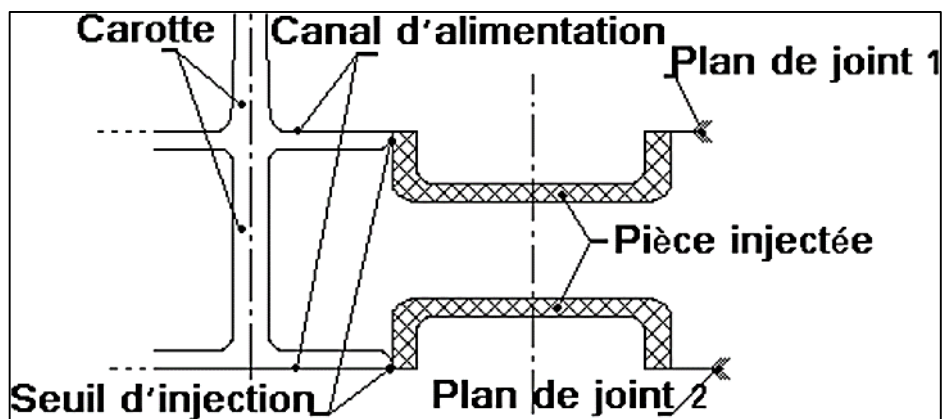


Figure 54 : Seuil à plusieurs étages

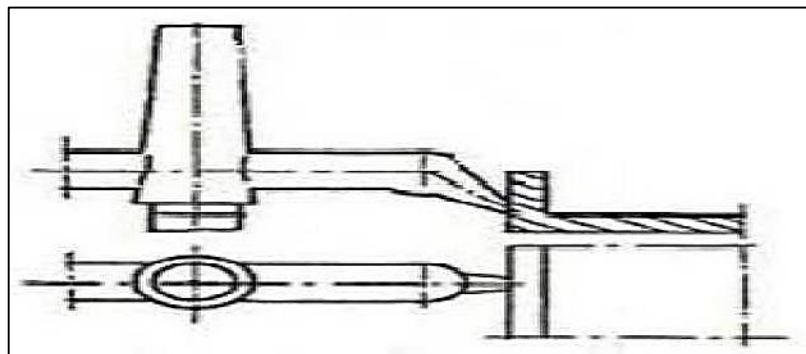


Figure 55 : Seuil en sous-marin

III.8.7. Seuils en masse ou direct

Utilisation : Pour les matières visqueuses.

Avantages

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

Inconvénients

Opération de reprise pour enlever la carotte.

Trace non esthétique sur la pièce.

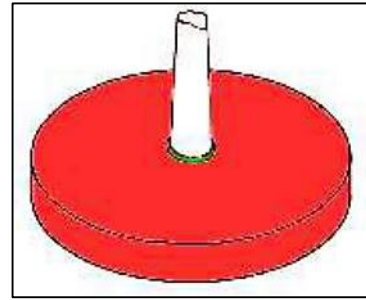


Figure 56 : Seuil en masse ou direct.

III.9. 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.

III.10. Les différents types d'éjections

III.10.1. 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.

III.10.2. Ejecteurs tubulaires :

Pour certaines pièces à noyau central cylindrique, l'éjection peut se faire avantageusement 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.

III.10.3. Ejecteur plaque

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

III.10.4. 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 $\varnothing 5$.
- $e > 3$ éjecteur $\varnothing 10$.

III.10.5. 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.

III.10.6. 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.

III.11. Systèmes de refroidissement

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

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

III.11.1. 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 [13]. La chaleur doit être extraite du matériau thermoplastique jusqu'à ce qu'il ait atteint l'état stable recherché pour pouvoir être démoulée. Le temps total de refroidissement intègre la séquence de compactage même si celle-ci est décomptée séparément, puisque le matériau injecté échange de l'énergie avec le moule dès qu'il est en contact avec la surface moulante. L'énergie calorifique qu'il faut extraire dépend :

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

III.11.2. Description du circuit de refroidissement

Le système de refroidissement peut être un simple circuit linéaire ou en spirale. Pendant le refroidissement, la pièce peut subir une déformation ou un gauchissement dû à une différence de vitesse de refroidissement suivant la partie du moule [10]. Cette déformation peut être supprimée par une variation de température.

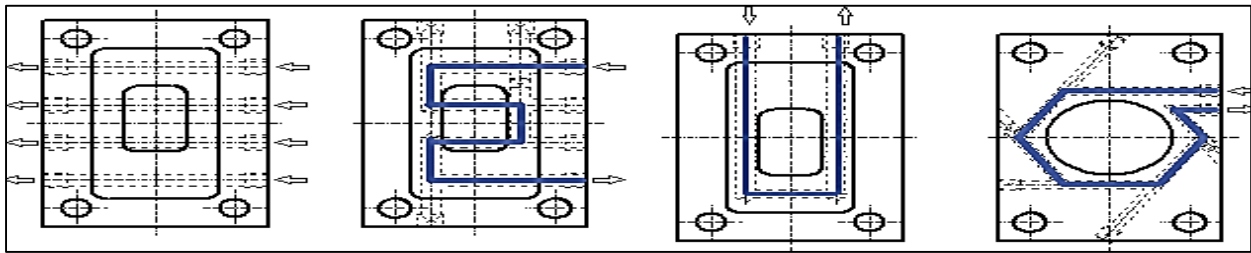


Figure 57 : Circuit de refroidissement des plaques de moules [8]

III.11.3. Temps de refroidissement

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

III.11.4. Temps de cycle

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

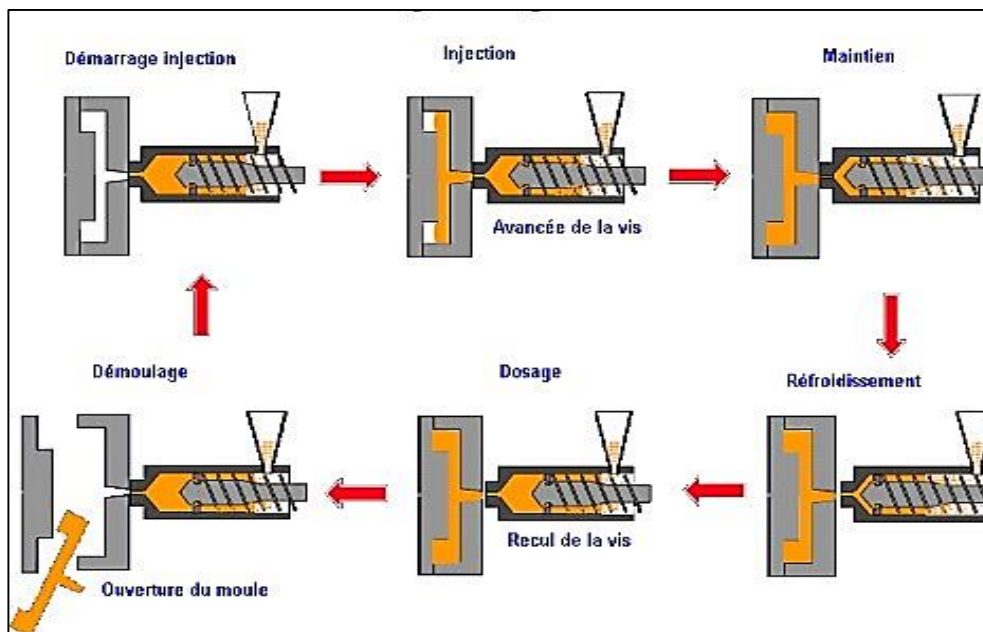


Figure 58 : les temps de cycle.

III.12. 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.

III.12.1. Choix des matériaux

Le tableau suivant regroupe les différents matériaux constitutifs du moule

Eléments du moule	Matières	Observation
Pièce moulée	PS HI	
Semelle mobile	S235	
Semelle fixe	S235	
Empreinte mobile	36Ni Cr Mo16	
Porte empreinte mobile	42Cr Mo4	
Empreinte fixe (noyau)	36Ni Cr Mo16	
Porte empreinte fixe	42 Cr Mo4	
Buse d'injection	35 Ni Cr 15	Recuit
Bague de centrage	Acier allié	Nitruré
Batterie d'éjection supérieur	C 45	
Batterie d'éjection inférieur	C45	
Tasseaux	S235	
Colonne de guidage	Acier allié	Nitruré
Ejecteurs	C 48	Nitruré
Colonne de guidage de batterie	C45	
Renfort	C35	
Ressort	51 Si 7	
Tétine	Bronze	
Butée	Acier non allié	
Téton	Acier non allié	
Tube	cuiivre	
Vis	C45	
Collier	Acier non allié	
Goupille	Acier non allié	Trempé

Tableau 10 : Classification des métaux pour la construction des moules

III.13. Conclusion

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

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

A decorative horizontal scroll graphic with a black outline and rounded ends. The scroll is unrolled in the center, with the top and bottom edges curving upwards and downwards respectively. The text is centered within the unrolled portion.

Chapitre IV

Calculs et vérifications

IV.1. Introduction

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

IV.2. Choix de la machine

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

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

IV.3. La capacité d’injection

La capacité d’injection dépend du poids de la pièce multipliée par le nombre d’empreintes. Les différentes machines et leur capacité d’injection sont représentées dans le tableau Capacité d’injection [14].

Machine	Capacité d’injection (g)	
	Pour PE	Pour PS et ABS
25 T	36	45
75 T	83	100
150 T	180	230
220 T	350	450
350 T	680	850
550 T	1080	1360
650 T	2290	2590

Tableau 11 : Capacité d’injection [15]

IV.3. 1. Masse de la pièce

Le poids de notre pièce est donné par le logiciel de conception SolidWorks, en sachant que la masse volumique de PS est de 1.08 g/cm³. Sa masse est de M= 92.5 g.

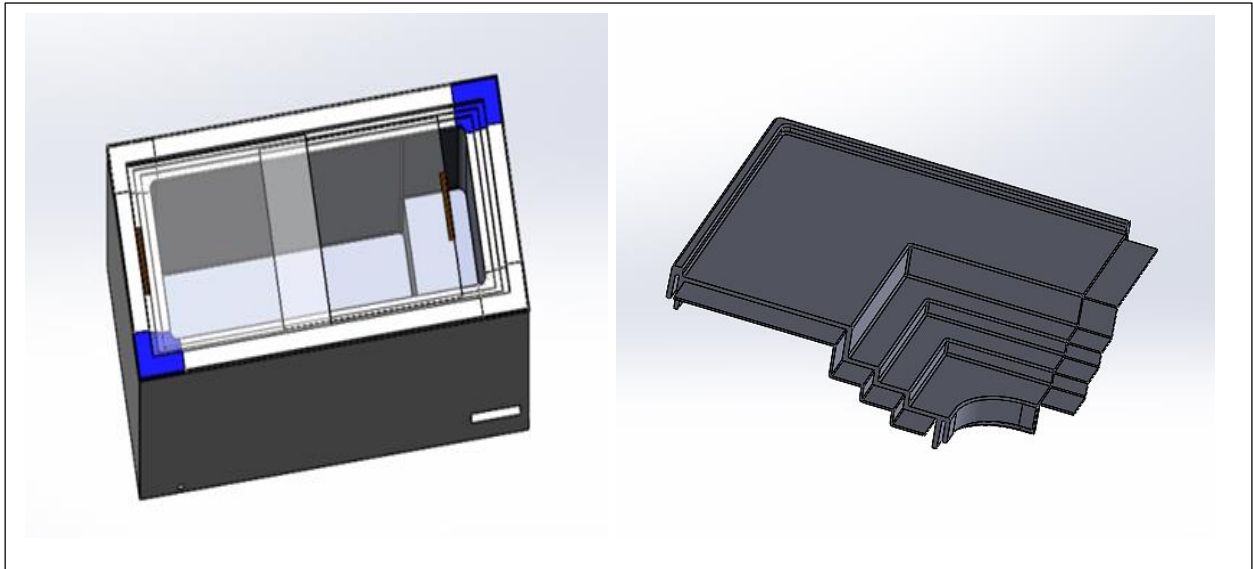


Figure 59 : Coin de bahut

IV.3.2. La masse de la carotte

Le poids de cette carotte est de 10g

IV.3.3 La masse de la moulée

Puisque notre moule produit dans chaque cycle 4 pièces et une carotte, donc la machine doit pouvoir injecter une quantité suffisante (M).

$$M = (92.5 * 4) + 10 = 380 \text{ g}$$

IV.4. Calcul de la force de fermeture

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

IV.4.1. La force de verrouillage (tonnes /cm2) [14]

$$Fv = P * S$$

Avec :

Fv : la force de verrouillage (tonnes)

P : la pression moyenne d'injection $P = 0.5$ tonnes/cm² (voir le tableau 12)

S : la surface projeté (cm²) ; $S = 200 * 4 = 800$ cm² (extraite à partir de SolidWorks)

A.N :

$$Fv = P * S = 0.5 * 800 = 400 T$$

Matière	Pression intérieure moyenne (dans la normalité)	Grand parcours de fluctuation (forme compliquée)
PE, PP	0.3 à 0.4	0.4 à 0.5
HIS, PA6	0.35 à 0.45	0.45 à 0.55
PS, AS, ABS	0.4 à 0.5	0.5 à 0.6

Tableau 12 : la pression d'injection (tonnes/cm²) [14].

IV.4.2. La force de fermeture

$$F = Fv * K$$

Avec :

Fv : force de verrouillage.

K : coefficient de sécurité $1.5 \leq k \leq 2$ (Utilisé à l'ENIEM) [14]

A.N.

$$F = Fv * K = 400 * 1.5 = 600 T$$

❖ **Choix de la presse**

On a besoin de 380 g de PS (le poids de la carotte inclut) et une force de fermeture 624 T ; il en résulte que la presse devant être de **650T**. (voir tableau 11)

IV.5. La puissance de plastification (C)

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

Le temps de cycle est égal à 53 s. (voir la page 76/77)

D'où :

$$C = \frac{380 * 10^{-3} * 3600}{53} = 25.81 \text{ kg/h}$$

Cette condition est vérifiée puisque notre machine plastifie 290 kg/h (voir le tableau 13 :les caractéristiques de la presse 650T).

IV.5.1. La distance entre colonnes [14]

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

Les dimensions de notre moule sont :

- Largeur 430 mm,
- Hauteur 600 mm

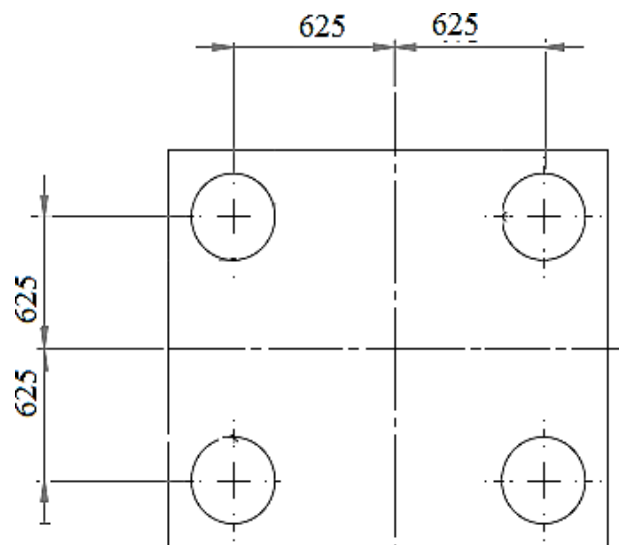


Figure 60 : Schéma d'un plateau d'une presse 650T [14].

IV.5.2. Épaisseur minimale du moule [14]

Les caractéristiques dimensionnelles de la presse 650T sont :

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

À partir de là, on voit que l'épaisseur minimale du moule doit être supérieure à 450 mm [notre moule a une épaisseur de 469.53mm].

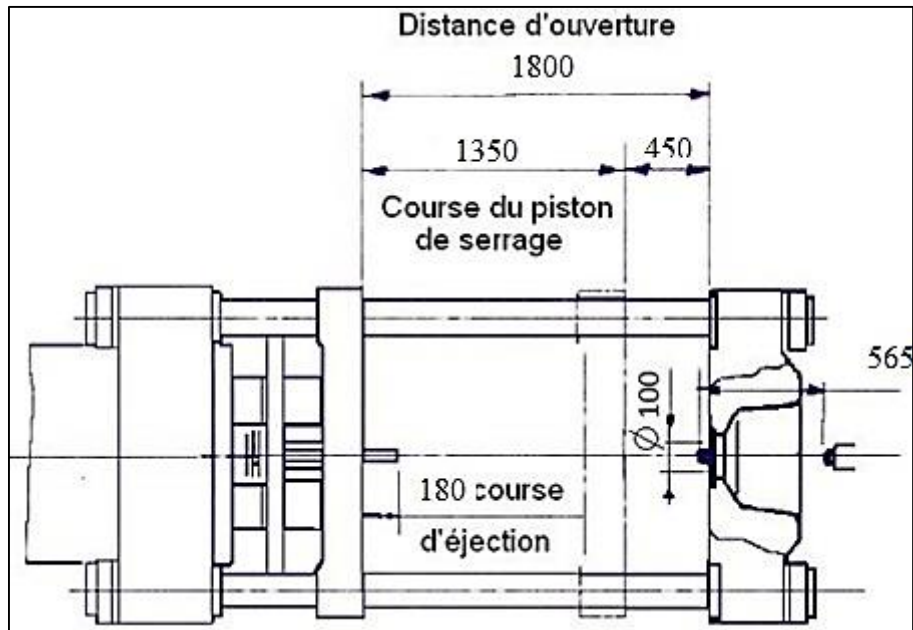


Figure 61 : Caractéristiques dimensionnelles de la presse 650T [14].

IV.5.3. Caractéristiques techniques de la presse 650T

Symbole d'injection	i33
Symbole du cylindre	A
Pression d'injection	1790 Kg/cm ²
Taux d'injection	555 cm ² /sec
Quantité d'injection	PS1670 g
Diamètre de la vis	75 mm
Puissance de plastification PS	290 Kg/h
Force de serrage	650 Tonnes
Force d'ouverture	40 Tonnes
Vitesse maxi de rotation de la vis	170/154 tr/min
Intervalle des tirants	950x950 mm
Dimension de la plaque matrice	1400x1400 mm
Course de serrage	1350 mm
Epaisseur Mini du moule	450 mm
Ouverture	1800 mm
Force de foulage (hydraulique)	20 Tonnes
Course de foulage	180 mm
Quantité d'huile d'usage	2300 Litres
Moteur destine à la pompe	45 + 45 KW
Capacité du réchauffeur	26.9 KW
Dimension de la machine (Lx lxH)	10.1 x 2.2 x 2.6 m
Poids de la machine	34 Tonnes

Tableau 13 : caractéristique de la presse 650 T [14]

IV.6. Le bilan thermique

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

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

- **Remarque**

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

IV.6.1. Principe de refroidissement

Les réfrigérants tel que l'eau, l'huile et l'air circulent dans des circuits refroidissements. Le refroidissement par air est assez lent, c'est pour cette raison qu'on choisit l'eau. Et puisque la température du moule est toujours en fonction de la matière plastique moulée, voici le tableau qui illustre ces différentes températures.

Matières	Temperature du moule (°c)
Polystyrène normal	50 à 80
Polystyrène choc	60 à 70
Styrène	60 à 90
Polyéthylène	50 à 80
Polychlorure de vinyle	70
Polyamides rilsan	40

Tableau 14 : les températures régulées.

IV.6.2. Temps de refroidissement

Le temps de refroidissement est déterminé par la relation ci-dessous [12] :

$$Tr = \frac{e^2}{\pi^2 D} \ln \left[\frac{8}{\pi^2} \left(\frac{Ti - Tm}{Te - Tm} \right) \right]$$

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

e : épaisseur moyenne de la pièce ; e=3 mm

D : la diffusivité thermique de PS ; D = 8,3.10⁻⁸m²/s

Ti : température d'injection ; Ti=225°

Te : température d'éjection ; Te=70°C

Tm : température du moule ; Tm= 50 C

Grandeurs thermiques permettant le calcul du temps de refroidissement des pièces injectées				
T_d		température moyenne d'extraction		
λ		conductivité thermique		
a		coefficient de diffusion thermique (ou diffusivité)		
Matière injectée		T_d (°C)	λ (W · m ⁻¹ · K ⁻¹)	a (10 ⁻⁸ m ² · s ⁻¹)
Cellulosiques	CA.....	80 à 105	0,22	
	CAB	80 à 105	0,21	
	CP	80 à 105	0,22	
Polystyréniques	PS.....	75	0,16	8,3
	SB.....	75	0,17	8,3
	SAN.....	90	0,16	8,3
	ABS	100 à 120	0,16	8,3

Tableau 15 : Grandeurs thermiques de quelques matières de pièces injectées.[14]

A.N.

$$Tr = \frac{(3 * 10^{-3})^2}{3.14^2 * 8.3 * 10^{-8}} \ln\left[\frac{4}{3.14} \left(\frac{225 - 50}{70 - 50}\right)\right] \simeq 22s$$

IV.6.3. Temps de cycle

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

- t_r : temps de refroidissement (22s)
- t_i : temps d'injection (5s)
- t_m : temps de maintien (5s)
- t_e : temps d'éjection (5s)
- t_o : temps d'ouverture (8s)
- t_f : temps de fermeture (8s)

Le temps d'ouverture est entre 30% à 50% du temps de refroidissement et dans certains Ouvrages il est lié aux caractéristiques de la presse d'injection.

Le temps d'ouverture et de fermeture sont égaux dans le cycle, ce qui nous donne :

Le temps d'ouverture $t_o = 8s$.

Le temps de fermeture $t_f = 8s$.

Le temps de maintien en pression est le temps pendant lequel la pression d'injection continue d'être appliquée après le remplissage des empreintes.

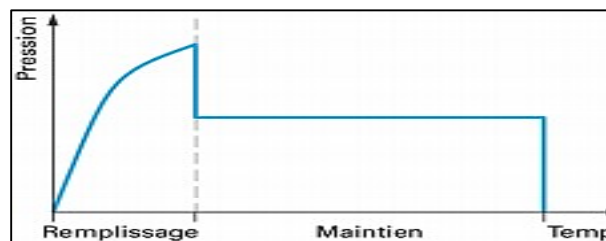


Figure 62 : variation de pression /temps

Conditions de moulage par injection	
Pression de maintien	30 à 60 % de la pression d'injection
Temps de maintien en pression (s)	1 à 5
Retard de plastification	réglé de façon que la plastification se termine simultanément avec l'ouverture du moule
Conditions moyennes qui doivent être adaptées en fonction de la pièce, du moule et de la presse ; d'autres conditions peuvent également être conseillées par le producteur de matière, en fonction de la formulation.	

Tableau 16 : condition de moulage par injection plastique [16]

Pour optimiser la compensation du retrait on prend le temps de maintien $t_m = 5s$.

AN:

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

$$t_c = 22 + 5 + 5 + 5 + 5 + 8 + 8 = 53s$$

$$t_c = 53s$$

IV.6. 4. Calcul de la quantité de chaleur évacuée [13]

$$Q = M.N (H_i - H_e)$$

$$Q = \frac{3600}{t_c} * M(H_i - H_e)$$

Avec :

N : nombre de cycle de refroidissement horaire $N=3600/t_c$.

M : poids de la moule en kg.

H_i et H_e : enthalpie correspondant aux températures de moulage et de démoulage.

$$T_i = 25^\circ\text{C} \longrightarrow \text{Hi}=88 \text{ Kcal/Kg}$$

$$T_e = 70^\circ\text{C} \longrightarrow \text{He}=28 \text{ Kcal/Kg}$$

$$Q = \frac{3600}{53} * 380 * 10^{-3}(88 - 28) = 1641.6 \text{ kcal/h}$$

$$= K_e.S_e.\Delta_{\theta e} + K_p.S_p.\Delta_{\theta p}$$

- $K_p.S_p.\Delta_{\theta p}$: Quantité de chaleur absorbée par le matériau du moule.
- $K_e.S_e.\Delta_{\theta e}$: Quantité de chaleur absorbée par l'eau.

K_e : coefficient de transfert thermique globale entre le produit et l'eau de refroidissement.

S_e : Surface du circuit de refroidissement.

$\Delta_{\theta e}$: Différence de température moyenne logarithmique entre le produit et l'eau.

K_p : coefficiente de transfert thermique entre le produit et l'air extérieur via le matériau du moule.

S_p : surface du produit en contact avec le moule

$\Delta\theta_e$: Différence de température moyenne logarithmique entre le produit et l'air ambiant.

IV.6.5. Calcul de température de sortie de l'eau

On a la relation suivante :

$$Q = D_e \cdot C_{pe}(T_{se} - T_{ee}) + M(T_2 - T_1)Cm$$

Avec :

$D_e \cdot C_{pe}(T_{se} - T_{ee})$: l'augmentation de l'enthalpie de l'eau

$M(T_2 - T_1)Cm$: l'augmentation de l'enthalpie du matériau du moule

Où :

D_e : débit de l'eau (Kg/h)

C_{pe} : chaleur spécifique de l'eau = 1 Kcal/Kg°C

T_{se} : température de sortie de l'eau

T_{ee} : température d'entrée de l'eau = 6°C.

M : masse du matériau par cycle de moulage [Kg/h].

T_2 : température finale du matériau du moule

T_1 : température initiale du matériau moule.

Cm : chaleur massique du matériau du moule

on suppose que la température du moule ne changera pas durant le cycle du moulage.

Donc la relation devient :

$$Q = D_e \cdot C_{pe}(T_{se} - T_{ee})$$

D'où la valeur T_{se} :

$$T_{se} = \frac{Q}{D_e \cdot C_{pe}} + T_{ee}$$

❖ Calcul du débit de l'eau :

On utilise une pompe de circulation donnant une pression de refoulement mini (4bar)

$$D_e = V \cdot \rho \cdot S$$

Avec :

D_e : débit massique de l'eau de refroidissement.

ρ : la masse volumique de l'eau = 1000 Kg/m³

V : vitesse de l'eau = 1.5 m/s = 5400 m/h (valeur recommandée)

S : Section de passage de l'eau.

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

d : diamètre de la conduite d'eau = 10 mm = 10⁻³ m

$$S = \frac{3.14. (10 * 10^{-3})}{4} = 0.000785 \text{ m}^2$$

Donc :

$$D_e = 5400 * 1000 * 7.85 * 10^{-5} = 423.9 \text{ Kg/h}$$

Donc :

$$T_{se} = \frac{1641.6}{423.9 * 1} + 5 = 8.9 \text{ } ^\circ\text{C}$$

IV.6.6. Dimensionnement du circuit de refroidissement

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

$$L = \frac{Q - (K_p \cdot S_p \cdot \Delta\theta_p)}{K_e \cdot \pi \cdot d \cdot \Delta\theta_e}$$

- a. Calcul de K_e :** (coefficient de transfert thermique globale entre le produit et l'eau de refroidissement via la matière du moule)

$$K_e = \frac{1}{\frac{1}{\alpha e} + \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{e}{\lambda}}$$

Avec :

δ_1 : distance produit conduite de refroidissement = 10 mm

λ_1 : conductivité thermique du matériau du moule = 70 Kcal/mh $^\circ$ C

λ : conductivité thermique du PS = 175 Kcal/mh $^\circ$ C

e : épaisseur de la pièce = $3 \cdot 10^{-3}$ m

αe : coefficient de transfère de chaleur par convection dans l'eau qui dépend des caractéristique thermo physique de l'eau et du régime d'écoulement caractérisé par le nombre de Reynolds :

$$Re = \frac{V \cdot d}{V_e}$$

Avec :

V : vitesse de l'eau = 5400 m/h

d : diamètre de la tubulure = $10 \cdot 10^{-3}$ m

V_e : viscosité cinématique de l'eau = 0.0035 m 2 /h

D'où :

$$R_e = \frac{5400 * 10 * 10^{-3}}{0.0035} = 15428.5$$

$R_e > 2300$, donc l'écoulement de l'eau est turbulent, par conséquent α_e sera donné par la relation suivante :

$$\alpha_e = 0.024 * (\lambda_e) * (V_e)^{-0.8} * (V)^{0.8} * (d)^{-0.2} \left(\sqrt[3]{\frac{V_e \cdot C_{pe}}{\lambda_e}} \right)$$

Avec :

λ_e : conductivité thermique de l'eau = 0.516 cal/mh°C

$V_e = 0.0035$ m²/h

$V = 5400$ m/h

$d = 0.01$ m

C_{pe} : chaleur spécifique de l'eau = 1 Kcal/Kg°C

On aura :

$$\alpha_e = 674.25 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

Donc :

$$K_e = \frac{1}{\frac{1}{674.25} + \frac{0.01}{70} + \frac{0.003}{172}} = 608.84 \text{ Kcal/m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

b. Calcul de K_p : coefficient de transfert thermique globale entre le produit et l'air extérieur via le matériau du moule).

$$K_p = \frac{1}{\frac{1}{\alpha a} + \frac{\delta_2}{\lambda_1} + \frac{e}{\lambda}}$$

Avec

$\alpha a = 15$ Kcal/m²h°C (valeur usuelle) coefficient de transfert de chaleur par convection libre coté air environnement

$\delta_2 = 70\text{mm} = 0.07$ m : distance produit paroi extérieur du moule.

$$K_p = \frac{1}{\frac{1}{15} + \frac{0.07}{70} + \frac{0.003}{172}} = 14.77 \text{ Kcal /m}^2\text{h}^\circ\text{C}$$

c. Calcul de Δ_{θ_e} :

$$\Delta_{\theta_e} = \frac{(t_{ip} - t_{se}) - (t_{fp} - t_{ee})}{LN \frac{t_{ip} - t_{se}}{t_{fp} - t_{ee}}}$$

Avec :

$t_{ip} = 230^{\circ}\text{C}$ (température initiale du produit ou d'injection)

$t_{fp} = 75^{\circ}\text{C}$ (température finale du produit)

$t_{ee} = 5^{\circ}\text{C}$ (température d'entrée d'eau)

$t_{se} = 8.9^{\circ}\text{C}$ (température de sortie d'eau)

AN :

$$\Delta_{\theta_e} = \frac{(230 - 8.9) - (75 - 5)}{LN \frac{230-8.9}{75-5}} = 131.37^{\circ}\text{C}$$

d. Calcul de Δ_{θ_p} :

$$\Delta_{\theta_p} = \frac{t_{fp} - t_{ip}}{LN \frac{t_a - t_{fp}}{t_a - t_{ip}}}$$

Avec t_a : température ambiante $t_a = 20^{\circ}\text{C}$)

AN :

$$\Delta_{\theta_p} = \frac{75 - 230}{LN \frac{20-75}{20-230}} = 115.69^{\circ}\text{C}$$

Donc on aura :

$$L = \frac{1641.6 - (14.77 * 0.021 * 115.69)}{608.84 * 3.14 * 0.01 * 131.37} = 0.4 \text{ m}$$

Pour assurer le refroidissement minimal des pièces dans le moule, il nous faut une longueur L supérieure ou égale à 0.4m du circuit de refroidissement. La longueur du circuit de notre moule est bien supérieure à 0.4 m. donc largement suffisante

IV.7. Calcul de résistance

IV.7.1. Résistance du plan de joint au matage [12]

$$SPJ \geq \frac{F}{0.2 * Re}$$

Avec :

- F : force de fermeture du moule :
650 T = 6500 000 N
- Re : (36 Ni Cr Mo 16)
Re = 1050 N/mm²
- SPJ: Surface du plan de joint
SPJ = 35076 mm²
- 0.2: coefficient de sécurité

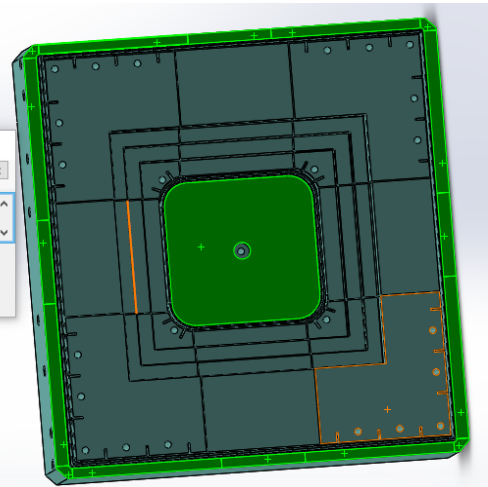
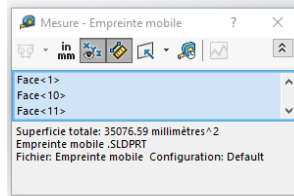


Figure 63 : SPJ

A.N.
$$SPJ \geq \frac{650000}{0.2 * 1050} = 3095 \text{ mm}^2$$

Condition vérifiée

Spj est la surface minimale que pourra supporter la force de fermeture, dans notre cas la surface de contact entre les deux empreintes est de **35076 mm²** largement supérieure.

IV.7.2. Résistance des colonnes de guidage au cisaillement

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

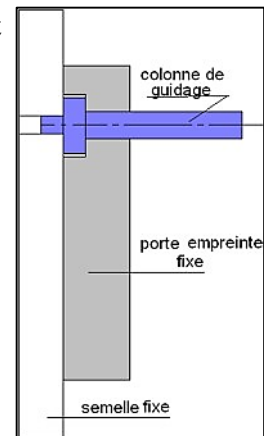


Figure 63 : Schéma de la partie fixe

Condition de résistance

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

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

Avec

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

K : coefficient de sécurité on prend $k = 2$

F : effort normal (poids du porte empreint fixe + empreinte fixe), $F = 1128 \text{ N}$

S : section de la colonne (mm^2)

n : nombre de section cisailées

$$S = \frac{\pi * D^2}{4} = \frac{3.14 * 28^2}{4} = 615.44 \text{ mm}^2$$

AN :

$$\tau = \frac{1128}{4 * 615} = 0.458 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau]_{\text{cis}}$$

La condition de résistance au cisaillement est vérifiée.

IV.7.3. Vérification des colonnes de guidages de la batterie d'éjection au cisaillement

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

Condition de résistance :

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

Avec :

F : poids de la batterie d'éjection $F = 500 \text{ N}$

n : nombre de section cisailées $n = 4$

D : diamètre de la colonnes $D = 20 \text{ mm}$

S : section cisailée

K : coefficient de sécurité on prend $k = 2$

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

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

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

A.N:

$$\tau = \frac{500}{4 * 314} 0.8 = 32 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau]_{\text{cis}}$$

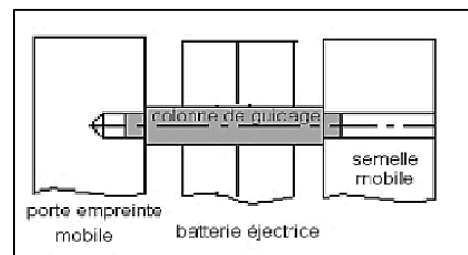


Figure 64 : Présentation de la colonne de guidage de batterie

La condition est vérifiée.

IV.7.4. Vérification des vis de fixation du porte empreinte mobile et des tasseaux aux cisaillement

La condition de résistance

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

Avec :

N : poids du porte empreint et ses composant N = 1905 N

n : nombre de vis n = 6

S : section d'un vis

d : diamètre de vis d= 11mm

$$S = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{3.14 * 11^2}{4} = 95 \text{ mm}^2$$

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

Avec

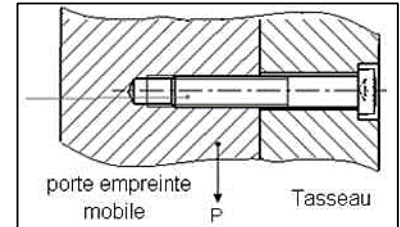
σ_e : limite élastique du matériau (C45), $\sigma_e = 335 \text{ N/mm}^2$

k : coefficient de sécurité

A.N.

$$\tau = \frac{1905}{6 * 95} = 3.34 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau]_{\text{cis}}$$

La condition est vérifiée.



IV.7.5. Vérification des vis de fixation de la semelle mobile avec les tasseaux au cisaillement

Condition de résistance :

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

Avec

F : poids des tasseaux et du porte empreint mobile F= 2500 N

n : nombre de vis, n = 6

d : diamètre de vis, d = 9mm

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

$$S = \frac{\pi * d^2}{4} = \frac{3.14 * 9^2}{4} = 64 \text{ mm}^2$$

A.N.

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

$$\tau = \frac{2500}{6 * 64} = 6.51 \text{ N/mm}^2 \leq 134 \text{ N/mm}^2$$

La condition est vérifiée.

IV.8. Choix des ressorts [17]

La presse 650T n'est pas équipée d'un système de retour de la batterie éjectrice (une tige filetée sur l'extrémité du piston d'éjection de la machine). Pour cela on a utilisé des ressorts qui ont pour but essentiel d'assurer le retour de cette batterie à sa position initiale afin d'éviter l'effort de fermeture du moule sur les colonnes de rappel.

Le choix des ressorts dépend essentiellement de :

- La course d'éjection qui assure le démoulage des pièces (20mm)
- La charge à supporter (Poids de la batterie éjectrice (P=389 N) ;
- L'encombrement (d1=12.5mm, d2=25mm), (la figure 66) ;

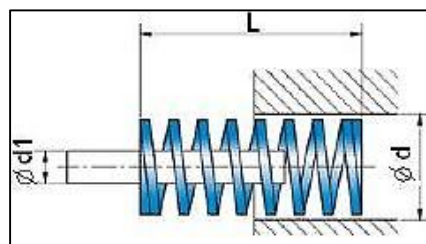


Figure 65 : schéma de dimensionnement d'un ressort

L'utilisation d'un seul ressort peut provoquer l'arc-boutement de la batterie, pour cela on a prévu quatre ressorts disposés sur les colonnes de rappels afin d'avoir un bon guidage. Le poids de la batterie est donc reparti sur les six (6) ressorts.

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

$$F = \frac{389}{6} = 65N$$

Pour le dimensionnement du ressort qui supportera l'effort (F), il est nécessaire de consulter des abaques. Ces abaques classent les ressorts par couleur qui signifie le type de charge comme le montre la figure suivante.



Figure 66 : classification des ressorts par couleur [2]

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

- $D1=12.5\text{mm}$
- $D=25\text{ mm}$
- $F=389\text{ N}$
- $L=127\text{ mm}$
- $A= 127 \times 17\% = 21.59\text{ mm}$
- Section rectangulaire $S = 5.6 \times 4.6$

IV.9. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons choisis la machine à injection adéquate en se basant sur les caractéristiques de la pièce à mettre en forme (coin de bahut), à partir de là, on a dimensionné le moule et ses composantes, On a réalisé les calculs du circuit de refroidissement, ainsi que le cycle d'injection. On a vérifié la résistance des différentes pièces du moule subissant des contraintes lors de l'injection du plastique.

Conclusion générale

Conclusion générale

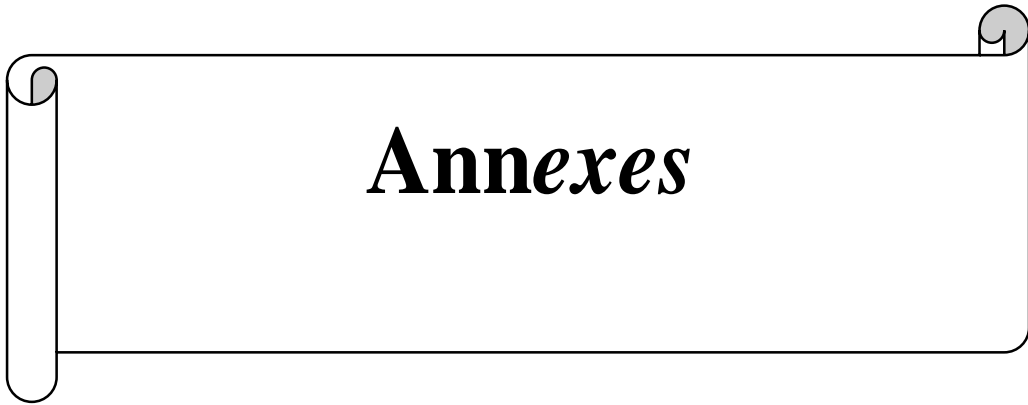
La réalisation de notre projet de fin d'études au sein de l'entreprise ENIEM a été d'un apport certain, il nous a permis de confronter et élargir nos connaissances théoriques à ce qui se passe réellement dans la pratique, mais aussi d'avoir une idée précise sur le domaine de l'injection plastique, cela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

Grâce à leurs propriétés mécaniques et physiques remarquables, les polymères ont un impact sur leurs utilisations et ce dans tous les domaines. De ce fait, les polymères sont entrés dans le monde de l'industrie par la grande porte et ont fait leurs preuves dans les disciplines les plus nobles : Aéronautique, Médical, Automobile, Electronique, Ménage...etc.

L'industrie, de nos jours, utilise souvent le procédé d'injection pour la transformation des polymères, car il permet la production en série des pièces avec une grande précision.

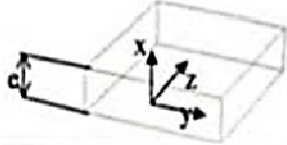
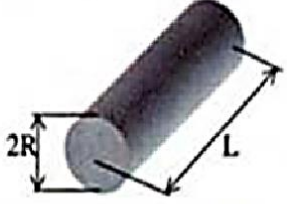
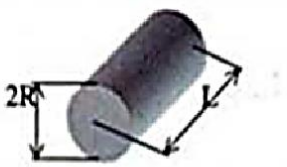
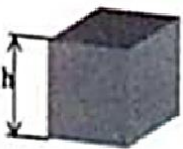
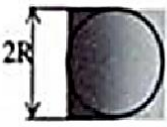
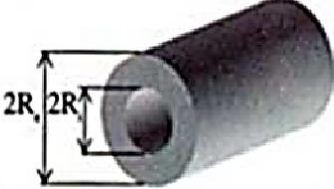
Nous avons ainsi, répondu au cahier des charges exigées par cette entreprise, par la conception d'un moule à injection plastique, destiné à la fabrication de coin de bahut. Cette conception est réalisée par le logiciel SolidWorks.

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



Annexes

ANNEXE 1

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

Equation pour calcul des temps de refroidissement [5]

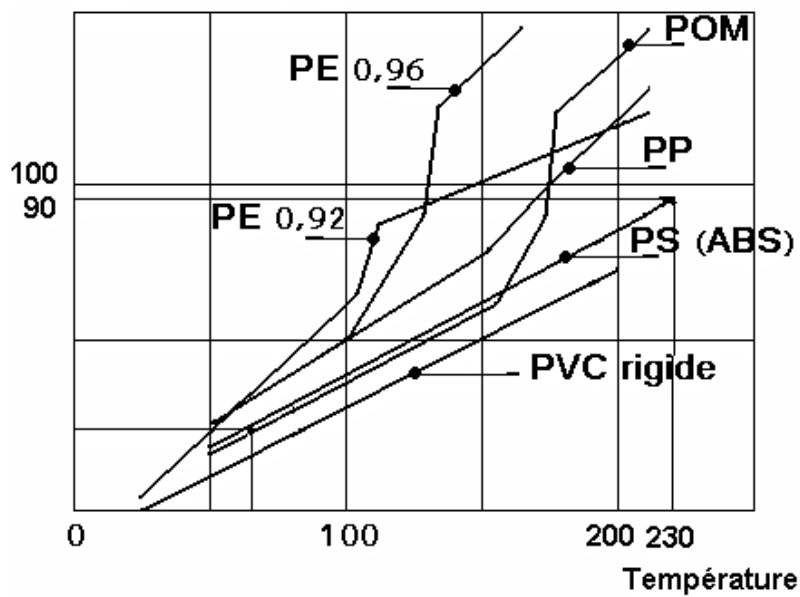
ANNEXE 2

Caractéristiques thermiques de l'eau								
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				
	P	Cp	λ	a
	Kg/m ³	J/Kg.K	W/m.K	m ² /s
Acier	7850	0.49	46	0.12
Acier inoxydable	7900	0.51	16	0.04

[18]

Enthalpie en KJ/Kg



Graphe des enthalpies en fonction de la température [18]

Annexe

ANNEXE 3

Eléments du moule	Matières	Observations
Pièce moulée	PS HI	
Semelle mobile	S235	
Semelle fixe	S235	
Empreinte mobile	36Ni Cr Mo16	
Porte empreinte mobile	42Cr Mo4	
Empreinte fixe (noyau)	36Ni Cr Mo16	
Porte empreinte fixe	42 Cr Mo4	
Buse d'injection	35 Ni Cr 15	Recuit
Bague de centrage	Acier allié	Nitruré
Batterie d'éjection supérieur	C 45	
Batterie d'éjection inférieur	C45	
Tasseaux	S235	
Colonne de guidage	Acier allié	Nitruré
Ejecteurs	C 48	Nitruré
Colonne de guidage de batterie	C45	
Renfort	C35	
Ressort	51 Si 7	
Tétine	Bronze	
Butée	Acier non allié	
Téton	Acier non allié	
Tube	cuivre	
Vis	C45	
Colier	Acier non allié	
Goupille	Acier non allié	Trempé

ANNEXE 4

RABOURDIN INDUSTRIEParc Gustave Eiffel 4-5, av Gutenberg - BP 50 - BUSSY SAINT GEORGES
77607 MARNE LA VALLEE cedex 3 - FRANCE -**RESSORT CHARGE EXTRA FORTE COULEUR JAUNE**

REF. 358

ISO 10243

RESSORT CHARGE EXTRA FORTE COULEUR JAUNE
RECTANGULAR WIRE DIE SPRING YELLOW COLOUR EXTRA LOAD
SYSTEM-DRUCKFEDER, GELB

GAMME DISPONIBLE										REF. 358
D	D1	L	K	A 17 %		B 25 %		C Approximatif		
mm	mm	mm	N/mm	N	mm	N	mm	N	mm	
10	5	Section du fil 1,9 x 1,5	25	36,8	156	4,3	230	6,3	331	9
			32	27,9	152	5,4	223	8	335	12
			38	23,7	153	6,5	225	9,5	332	14
			44	19,2	144	7,5	211	11	326	17
			51	16,5	143	8,7	210	12,8	314	19
			64	13,2	144	10,9	211	16	304	23
			76	10,9	141	12,9	207	19	327	30
			305	2,6	135	51,9	198	76,3	304	117
12,5	6,3	Section du fil 2,3 x 2,2	25	58,5	249	4,3	366	6,3	527	9
			32	43,9	239	5,4	351	8	527	12
			38	36	233	6,5	342	9,5	504	14
			44	30,3	227	7,5	333	11	545	18
			51	26,2	227	8,7	334	12,8	524	20
			64	21,2	231	10,9	339	16	572	27
			76	17,1	221	12,9	325	19	547	32
			89	14,5	219	15,1	323	22,3	551	38
			102	12,5	216	17,3	319	25,5	513	41
			305	4,3	223	51,9	328	76,3	495	115
16	8	Section du fil 3,2 x 2,7	25	118	502	4,3	738	6,3	1180	10
			32	89	484	5,4	712	8	1068	12
			38	72,1	466	6,5	685	9,5	1009	14
			44	60,9	456	7,5	670	11	1035	17
			51	52,3	453	8,7	667	12,8	994	19
			64	41,2	448	10,9	659	16	1030	25
			76	34,1	441	12,9	648	19	989	29
			89	29,5	446	15,1	656	22,3	1062	36
			102	25,6	444	17,3	653	25,5	973	38
			305	8,4	436	51,9	641	76,3	1008	120
20	10	Section du fil 4,1 x 3,7	25	293	1245	4,3	1831	6,3	2051	7
			32	224	1219	5,4	1792	8	2240	10
			38	177	1143	6,5	1682	9,5	2124	12
			44	149	1115	7,5	1639	11	2086	14
			51	128	1110	8,7	1632	12,8	2048	16
			64	99	1077	10,9	1584	16	2178	22
			76	81,7	1056	12,9	1552	19	2043	25
			89	69,5	1052	15,1	1546	22,3	2155	31
			102	60,6	1051	17,3	1545	25,5	2182	36
			115	53	1036	19,6	1524	28,8	2226	42
			127	47,5	1026	21,6	1508	31,8	2043	43
			139	43	1016	23,6	1494	34,8	2064	48
			152	39	1008	25,8	1482	38	2028	52
305	21,2	1099	51,9	1617	76,3	2226	105			
25	12,5	Section du fil 5,6 x 4,6	32	374	2037	5,4	2995	8	4118	11
			38	346	2235	6,5	3287	9,5	4498	13
			44	244	1825	7,5	2684	11	3904	16
			51	208	1799	8,7	2646	12,8	3735	18
			64	161	1752	10,9	2576	16	3703	23
			76	131	1690	12,9	2485	19	3401	26
			89	111	1672	15,1	2459	22,3	3426	31
			102	96,3	1670	17,3	2456	25,5	3467	36
			115	85,7	1675	19,6	2464	28,8	3514	41
			127	76,3	1647	21,6	2423	31,8	3586	47
			152	63,5	1641	25,8	2413	38	3429	54
			178	53,9	1631	30,3	2399	44,5	3396	63
			203	47	1622	34,5	2385	50,8	3384	72
305	30,9	1602	51,9	2356	76,3	3492	113			

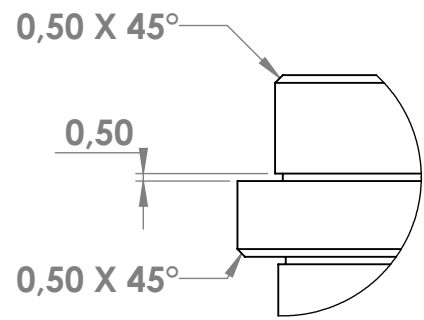
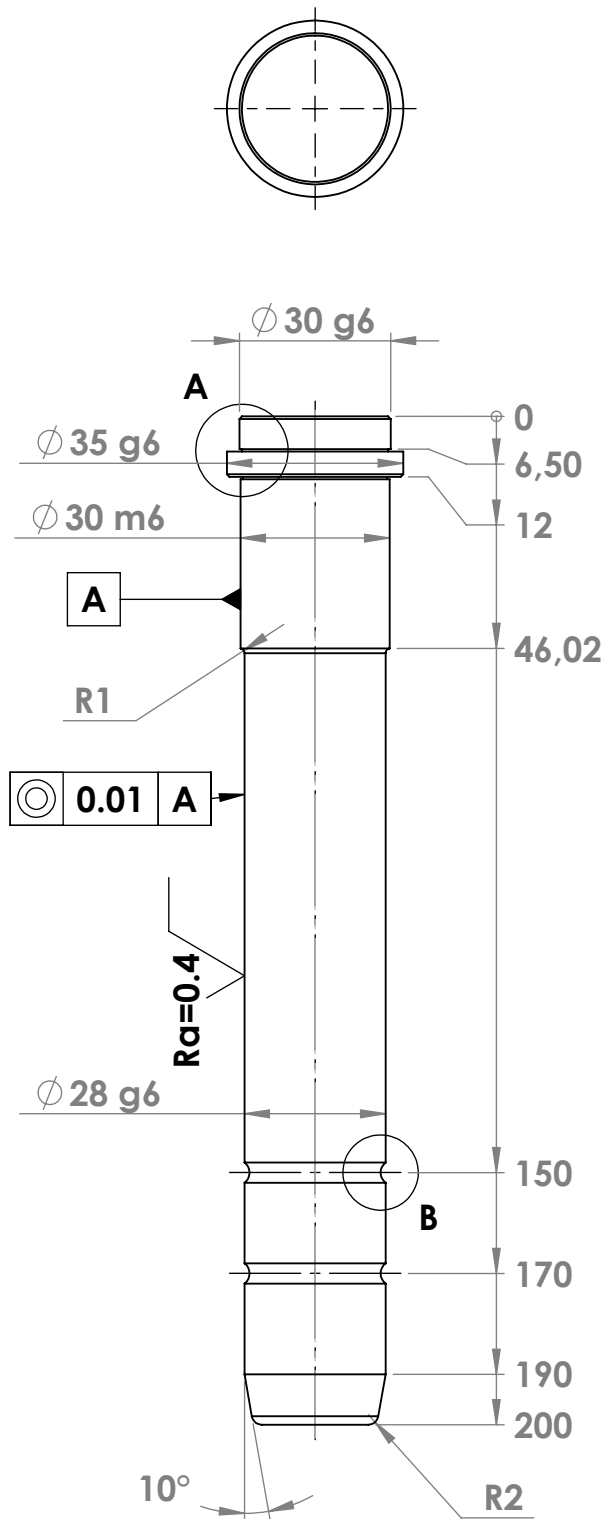
Références bibliographiques

Références bibliographiques

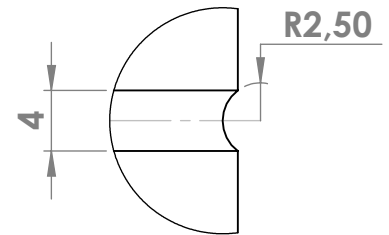
- [1] J.M. HAUDIN, matériaux pour l'ingénieur, chapitre XI : solidification << mise en forme des polymères thermoplastique » »
- [2] Les plastiques en débat, collège le Monteil Monistrol sur loire,2012
- [3] Patricia Nicaud : Projet troisième ROB'OK, Les Matières Plastiques 2009
- [4] Jacky Aubry : technologie les matériaux, Les matières Plastiques 2010
- [5] J-P TROTIGNON, J VERDU, ADOBACZYNSKY, M PIPERAUD : Matières plastiques structures, propriétés, mise en œuvre et normalisation ; Edition Nathan ,2006
- [6] Ecole supérieur Lazare Schwendi de plasturgie : les moules d'injection CASTEILLA 2001
- [7] Claude CORBET : Mémotech matières plastique, Edition CASTEILLA ,2001
- [8] HAMMAMI.T et LOUATI. Cours de PMF des Matières plastiques
- [9] GHOUL S GLAIED. T : Etude et conception d'un moule d'injection pour cheville /institut supérieur des sciences Appliqués et de Technologie de Sousse promotion 2012
- [10] Jean BOST : Matière plastique : Edition : Tec et Doc, (I ET II)
- [11] Technique de l'ingénieur /Moules pour l'injection des thermoplastiques-généralités et périphériques /Mise à jour 2012 Edition : Thomas MUNCH
- [12] P MOHREN, G MENGER/ guide de construction des outillages d'injection, tome I et II Edition PMP
- [13] Initiation au transfert de chaleur, Edition : SACCADURA
- [14] Documentation technique ENIEM
- [15] LNE (Laboratoire national de métrologie et d'essais), Matières plastiques, emballages concernés 2008
- [16] Edition : linher Jerome
- [17] Catalogue rabourdin industrie ; composants standard pour moules et outillage ;1-52.
- [18] ANA MARIA BIANCHI , transfert thermique ISBN 2-88074-496-2,2004



Mises en plans



DÉTAIL A
ECHELLE 2 : 1




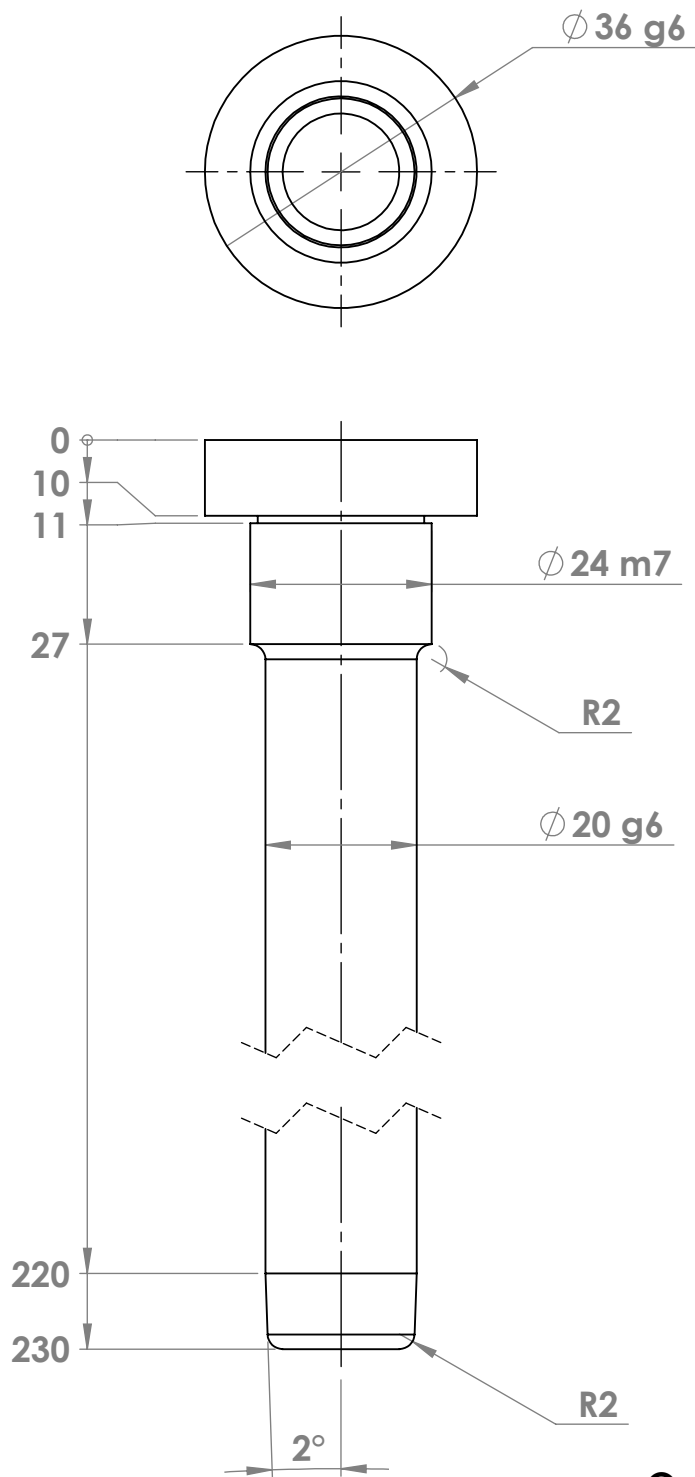
DÉTAIL B
ECHELLE 2 : 1

rugosité générale :


$$Ra \sqrt{3.2}$$

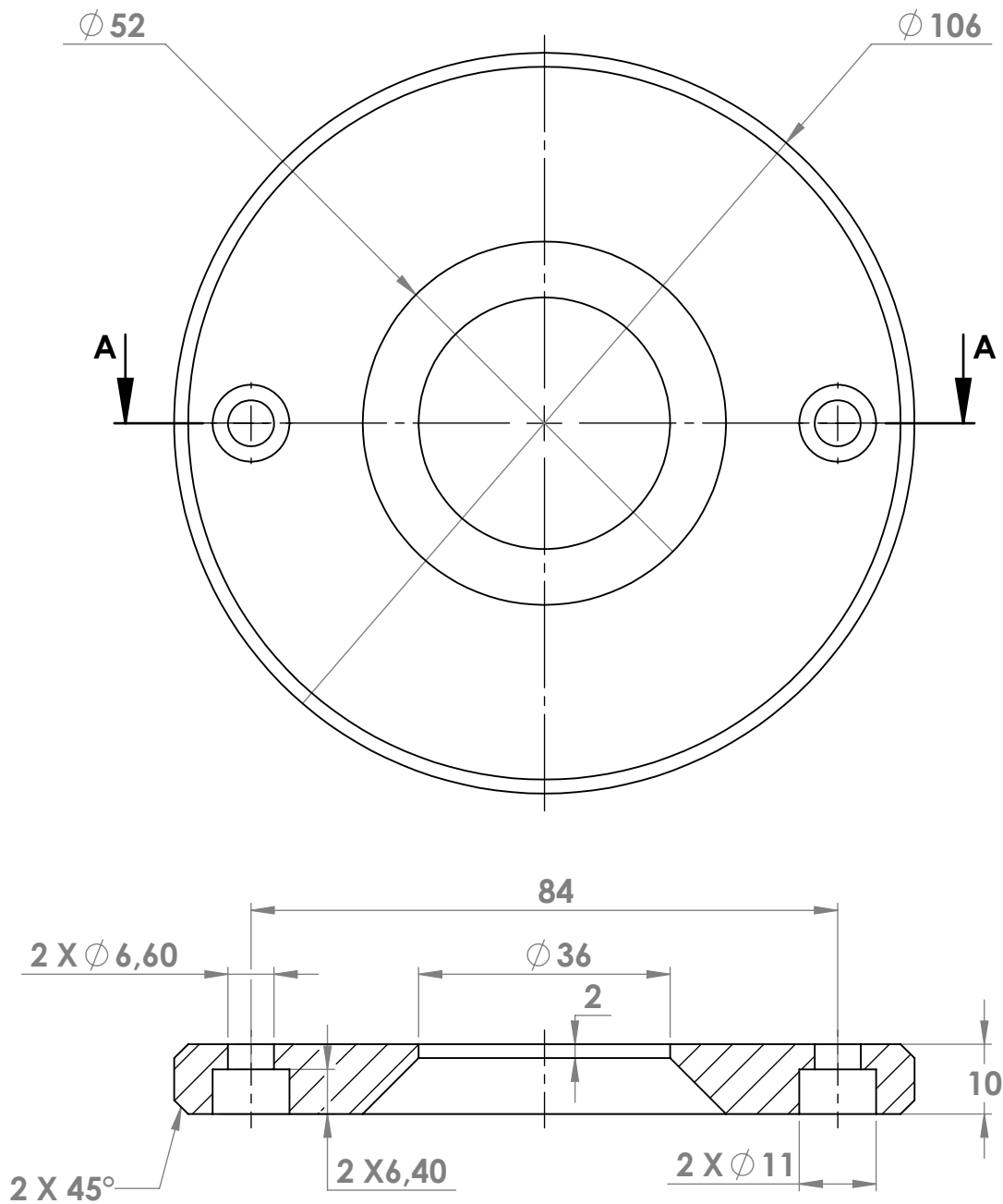
Cotes sans tolérances
 $it = \pm 0.2$

Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
11	4	Colonne de guidage	Acier Allié	
Echelle 1:1.5		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR PIECE DE COINS DE BAHUT		GHERBOUSBANE GHILES KEDDAM ALI ZOURDANI BELAID
				
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		10/11/2021



rugosité generale :
 $Ra \sqrt{3.2}$
 Cotes sans tolérances
 $it = \pm 0.2$

Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
16	4	Colonne de guidage batterie	C45	
Echelle 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR PIECE DE COINS DE BAHUT		GHERBOUSBANE GHILES KEDDAM ALI ZOURDANI BELAID
		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou	10/11/2021	



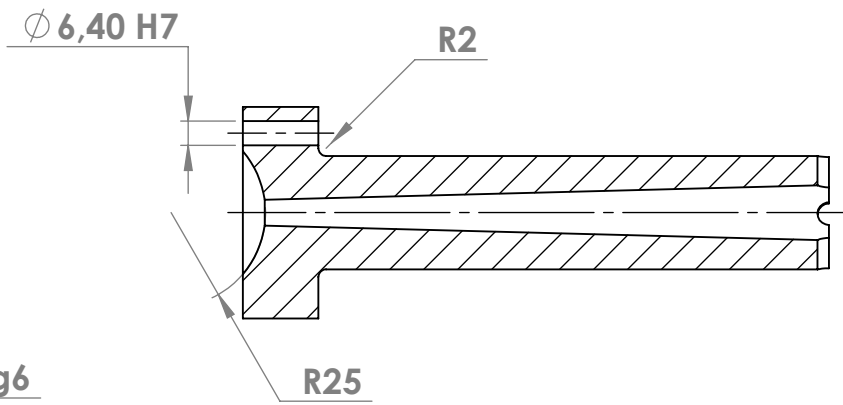
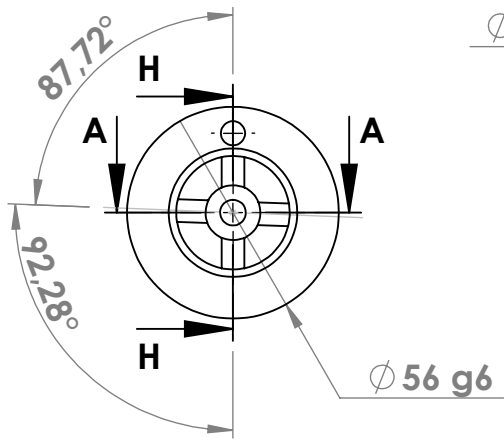
COUPE A-A

rigosité generale :

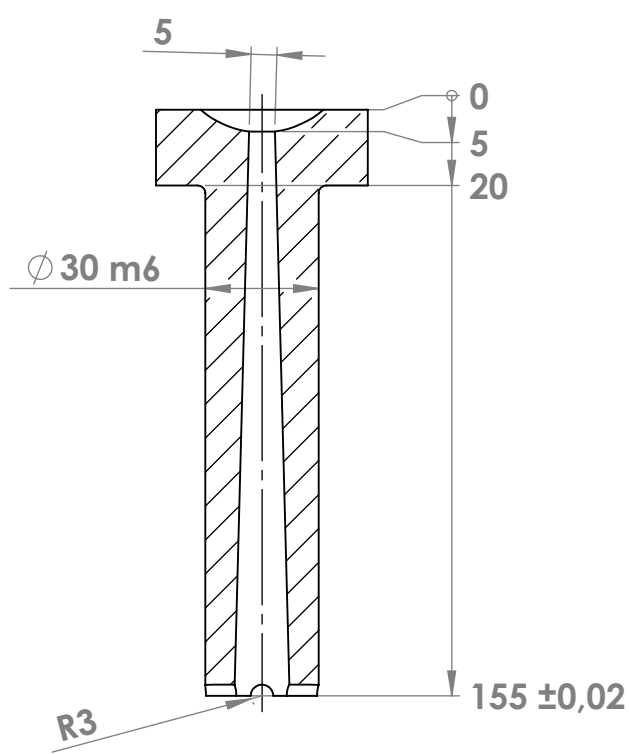
$$Ra \sqrt{3.2}$$

cotes sans tolérance :
 $IT = \pm 0.2$

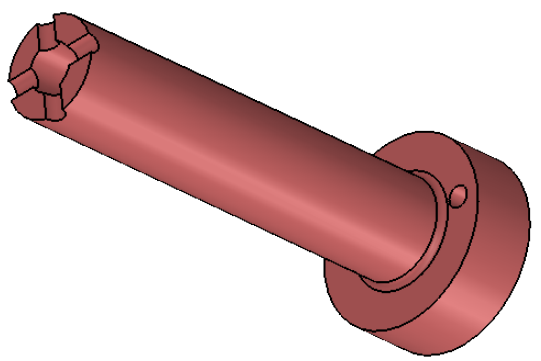
12	1	Bague de centrage	Acier alié	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR PIECE DE COINS DE BAHUT		GHERBOUSBANE GHILES KEDDAM ALI ZOURDANI BELAID
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou	10/11/2021	



COUPE H-H



COUPE A-A

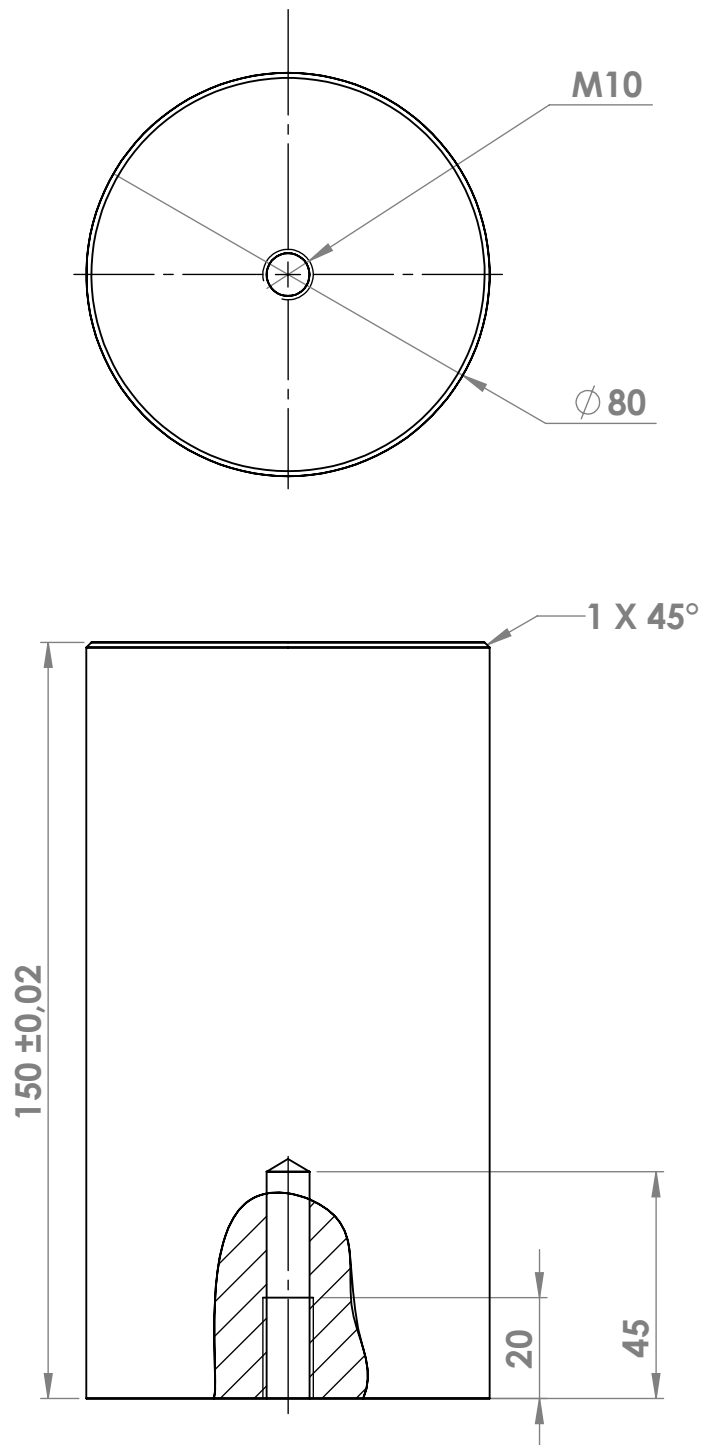


rugosité generale :

$$Ra \sqrt{3.2}$$

Cotes sans tolérances
it= ± 0.2


9	1	Buse d'injection	35 Ni Cr 15	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:2		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR COINS DE BAHUT		GHERBOUSBANE GHILES KEDDAM ALI ZOURDANI BELAID
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou	10/11/2021	

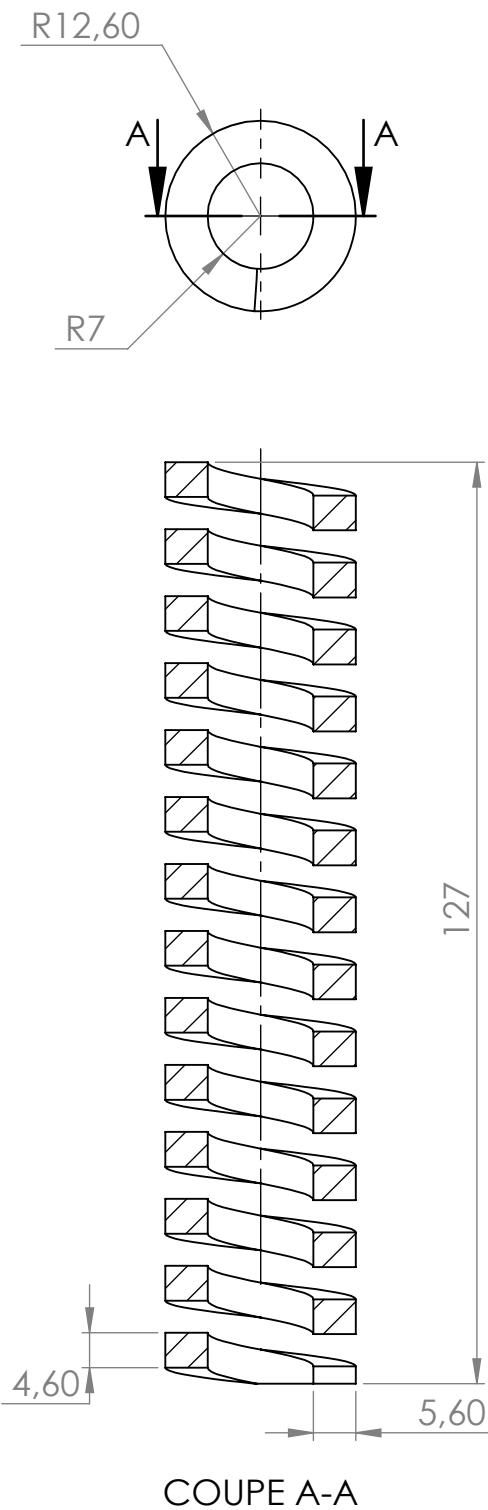


rugosité generale :

Ra
3.2

Cotes sans tolérances
it= ± 0.2

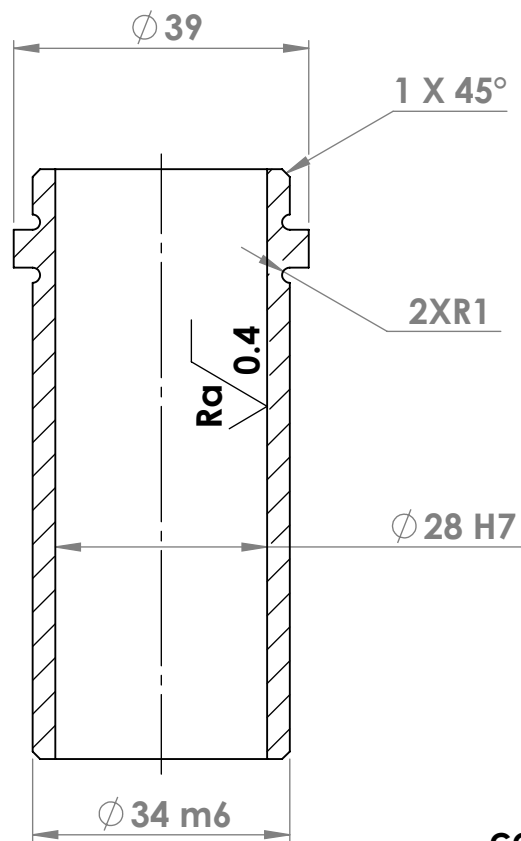
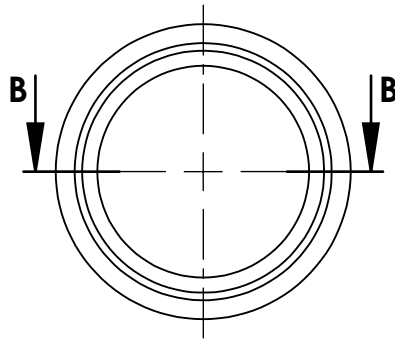
18	2	Renfort	S235	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR PIECE DE COINS DE BAHUT		GHERSBOUSBANE GHILES KEDDAM ALI ZOURDANI BELAID
				
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou	10/11/2021	



Cotes sans tolérances
it= ± 0.2

15	6	Ressort	51Si7	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR COINS DE BAHUT		GHERBOUSBANE GHILES KEDDAM ALI ZOURDANI BELAID
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		10/11/2021



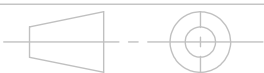


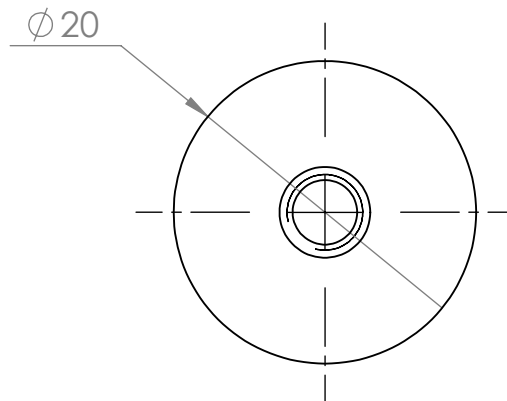
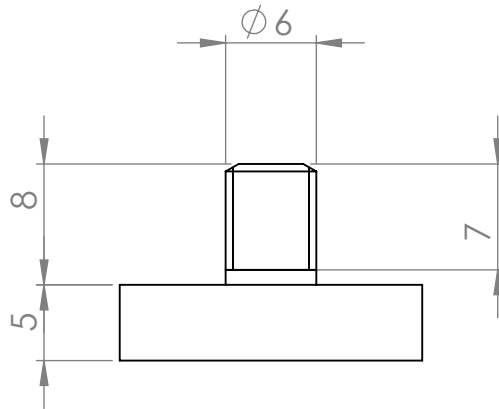
**COUPE B-B
ECHELLE 1 : 1**

**cotes sans tolérance :
IT=0.2**

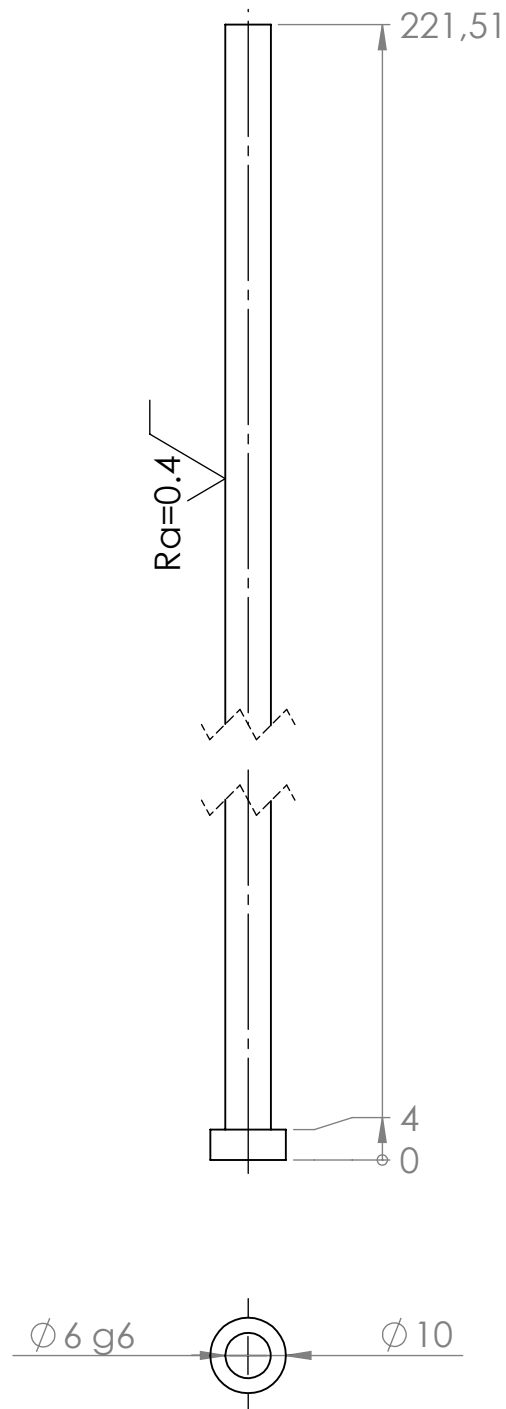
rugosité generale :

Ra $\sqrt{3.2}$

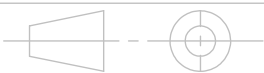
6	4	Bague de guidage	Bronze	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR PIECE DE COINS DE BAHUT	GHERBOUSBANE GHILES KEDDAM ALI ZOURDANI BELAID	
				
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou	10/11/2021	

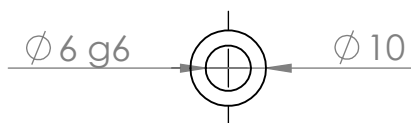
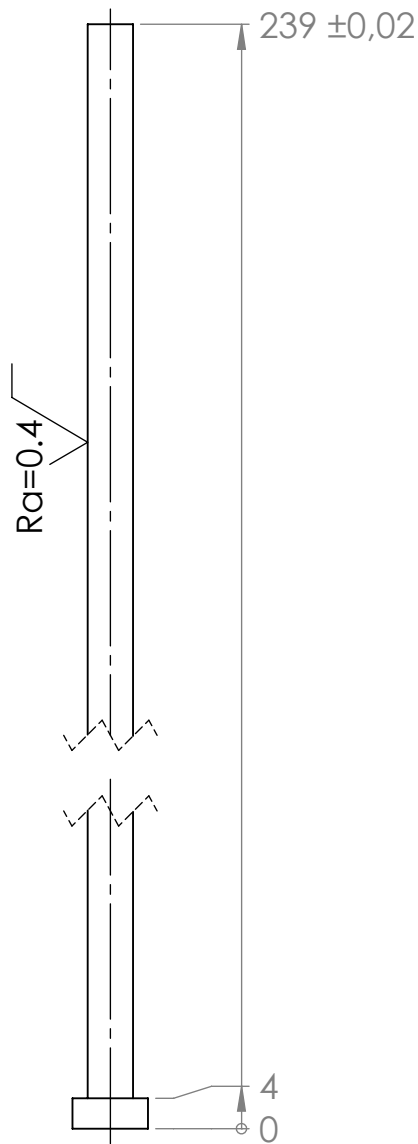


17	6	Butée	C 45	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 2:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR COINS DE BAHUT		GHERSBOUSBANE GHILES KEDDAM ALI ZOURDANI BELAID
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou	10/11/2021	



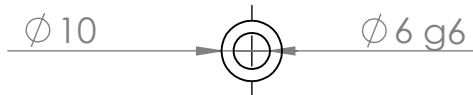
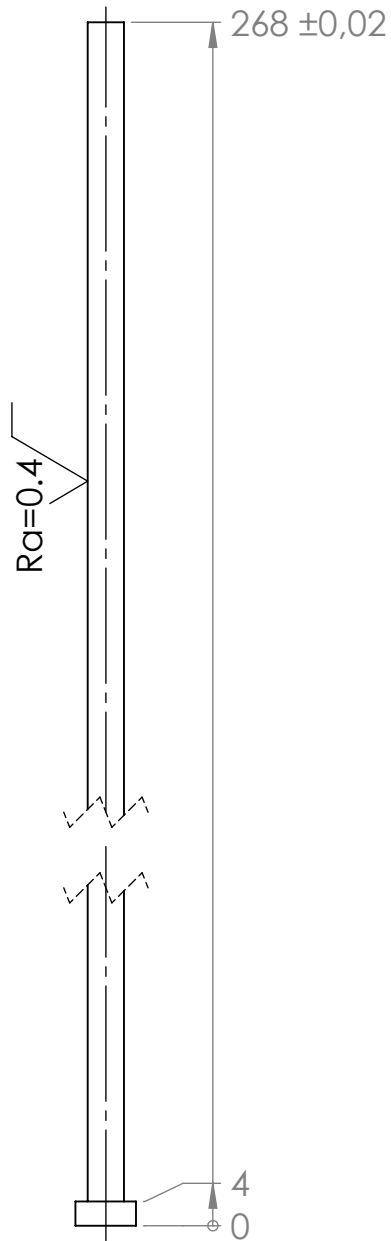
Cotes sans tolérances
it= ± 0.2

Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
19	1	Ejecteur carotte	Acier nitrué	
Echelle 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR COINS DE BAHUT		GHERSBOUSBANE GHILES KEDDAM ALI ZOURDANI BELAID
				
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou	10/11/2021	



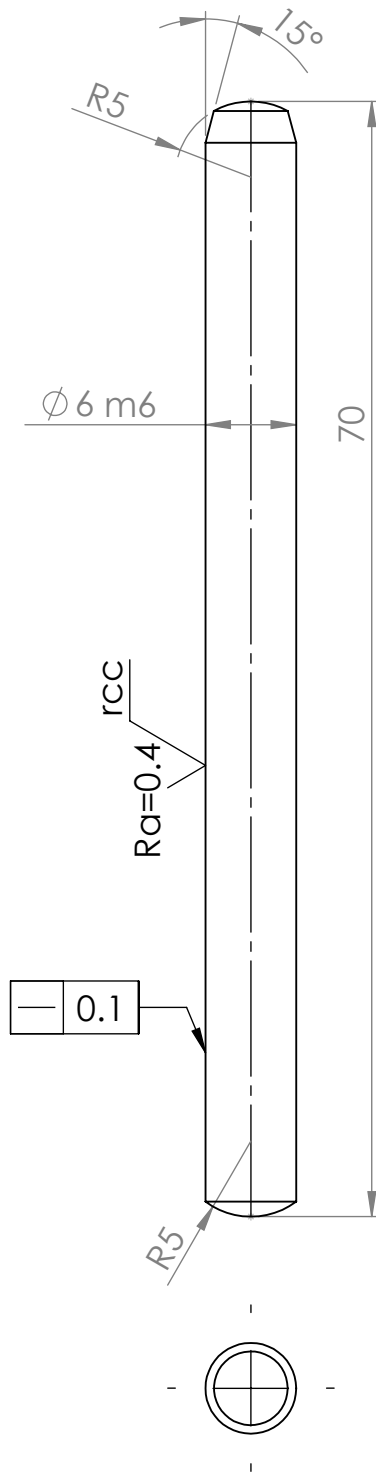
Cotes sans tolérances
it= ± 0.2

15	4	Ejecteur pièce 1	Acier nituré	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR COINS DE BAHUT		GHERBOUSBANE GHILES KEDDAM ALI ZOURDANI BELAID
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou	10/11/2021	




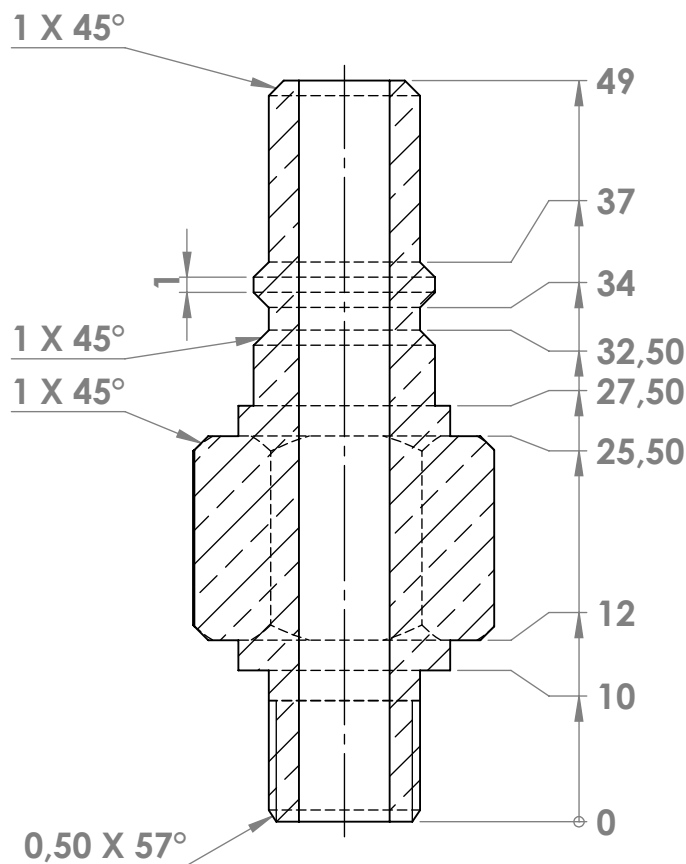
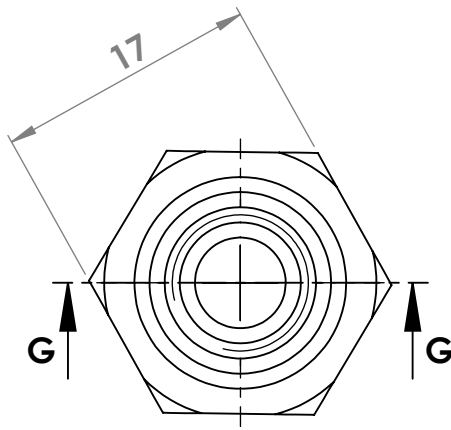
Cotes sans tolérances
it= ± 0.2

13	20	Ejecteur de pièce 2	Acier nitruré	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR COINS DE BAHUT		GHERBOUSBANE GHILES KEDDAM ALI ZOURDANI BELAID
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou	10/11/2021	



Cotes sans tolérances
 $it = \pm 0.2$

32	1	Goupille	Acier non allié	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 2:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR COINS DE BAHUT		GHERBOUSBANE GHILES KEDDAM ALI ZOURDANI BELAID
				
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou	10/11/2021	



COUPE G-G

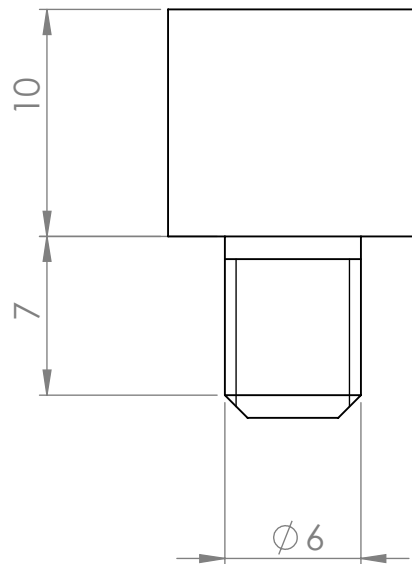
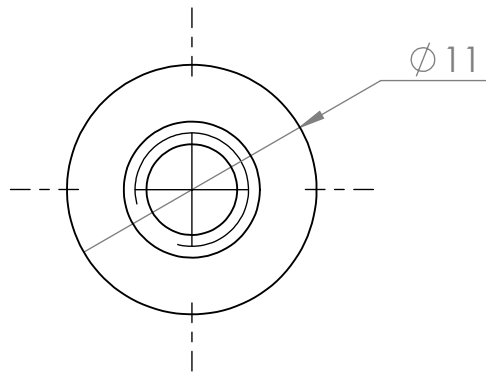
rugosité generale :

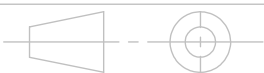
$Ra \sqrt{3.2}$

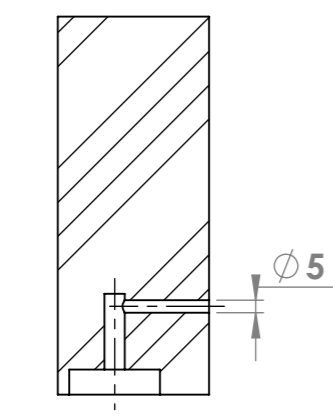
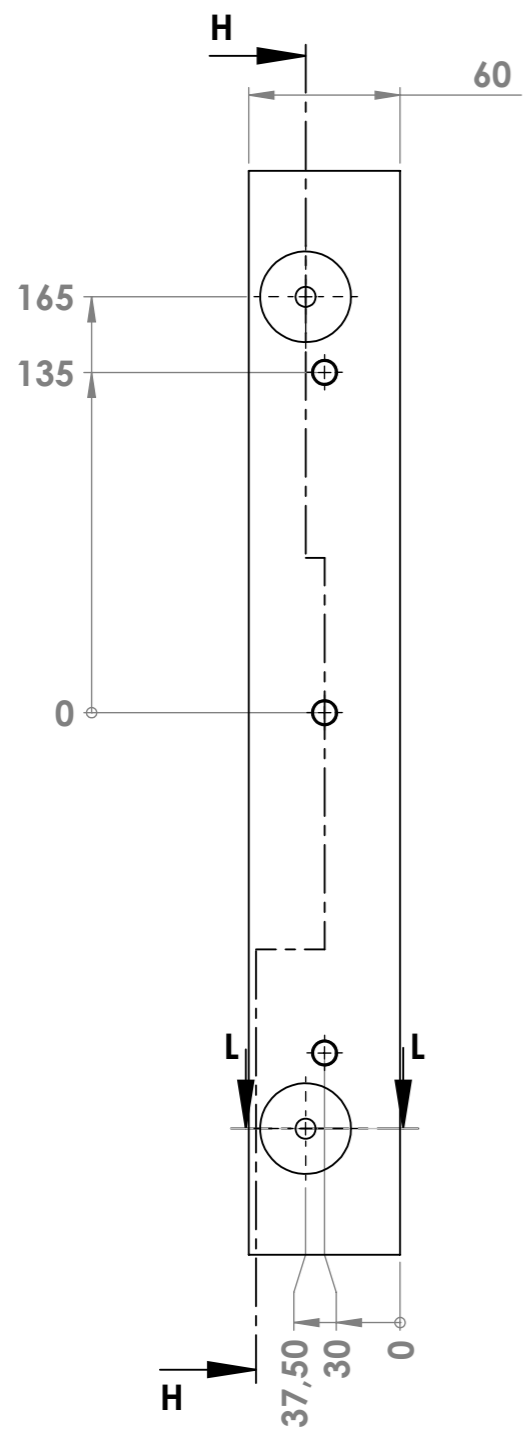
Cotes sans tolérances
it= ± 0.2

16	6	Tétine	Bronze	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 2:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR COINS DE BAHUT		GHERBOUSBANE GHILES KEDDAM ALI ZOURDANI BELAID
		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		10/11/2021

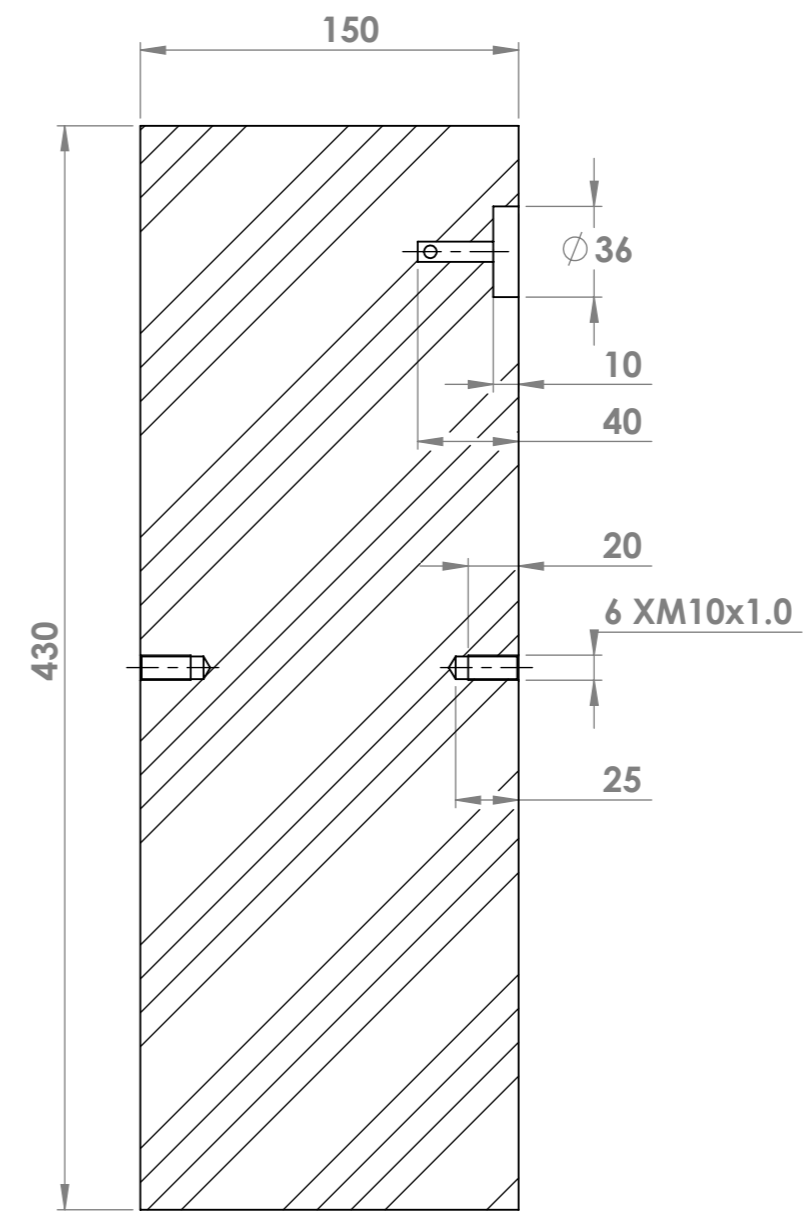




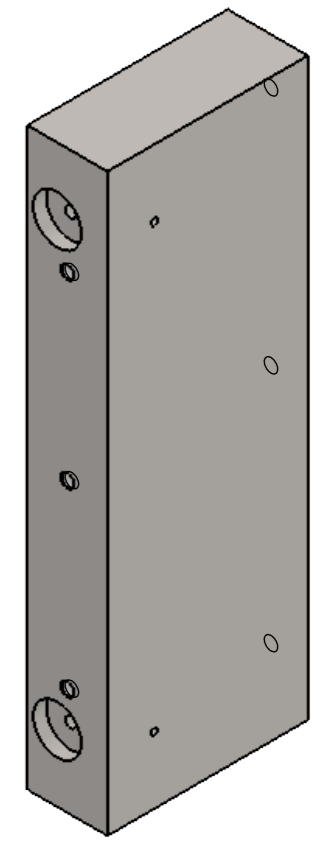
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
20	6	Téton	C45	
Echelle 3:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR COINS DE BAHUT		GHERBOUSBANE GHILES KEDDAM ALI ZOURDANI BELAID
				
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou	10/11/2021	



**COUPE L-L
ECHELLE 1 : 3**



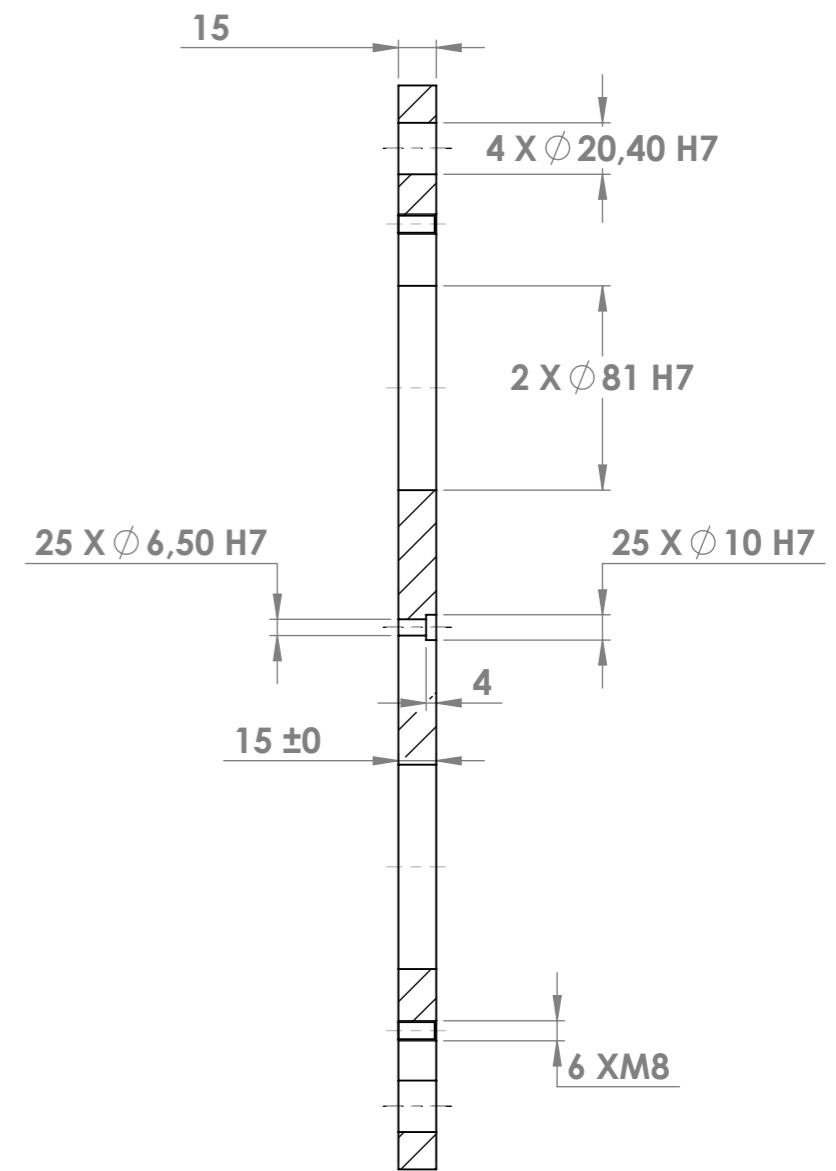
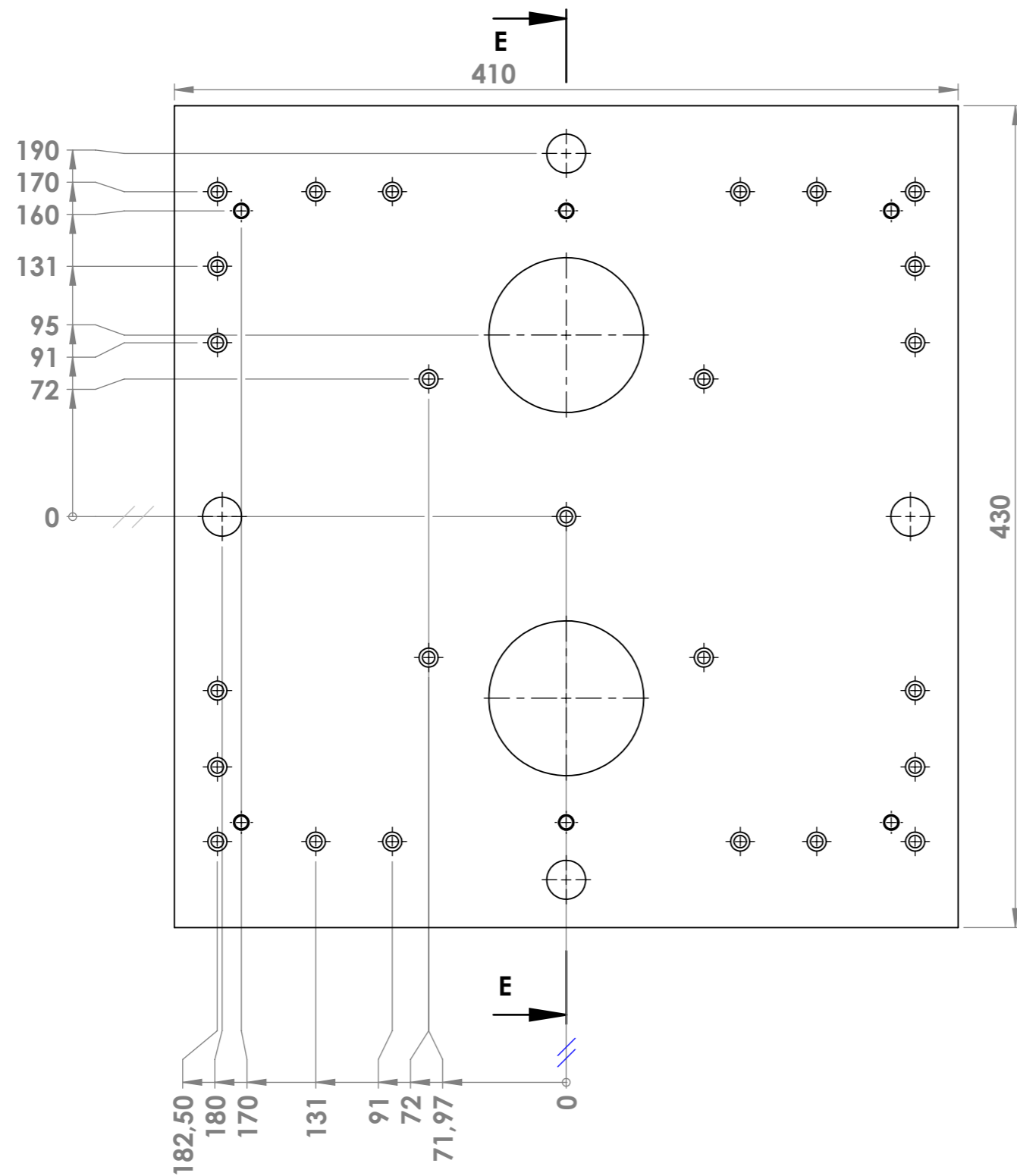
**COUPE H-H
ECHELLE 1 : 3**



rugosité generale :
Ra $\sqrt{3.2}$

Cotes sans tolérances
it= ± 0.2

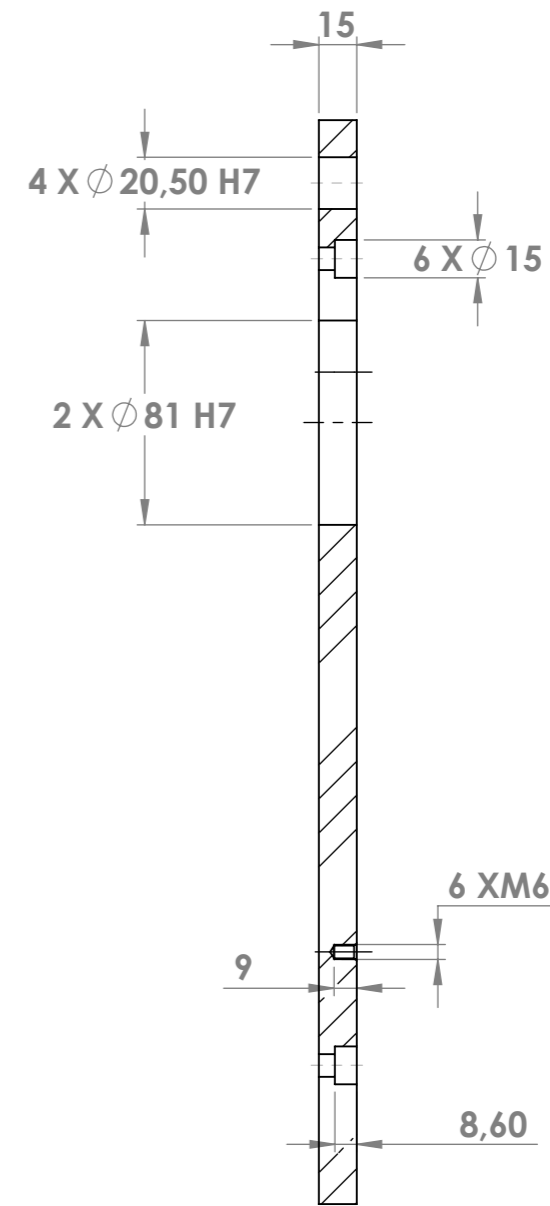
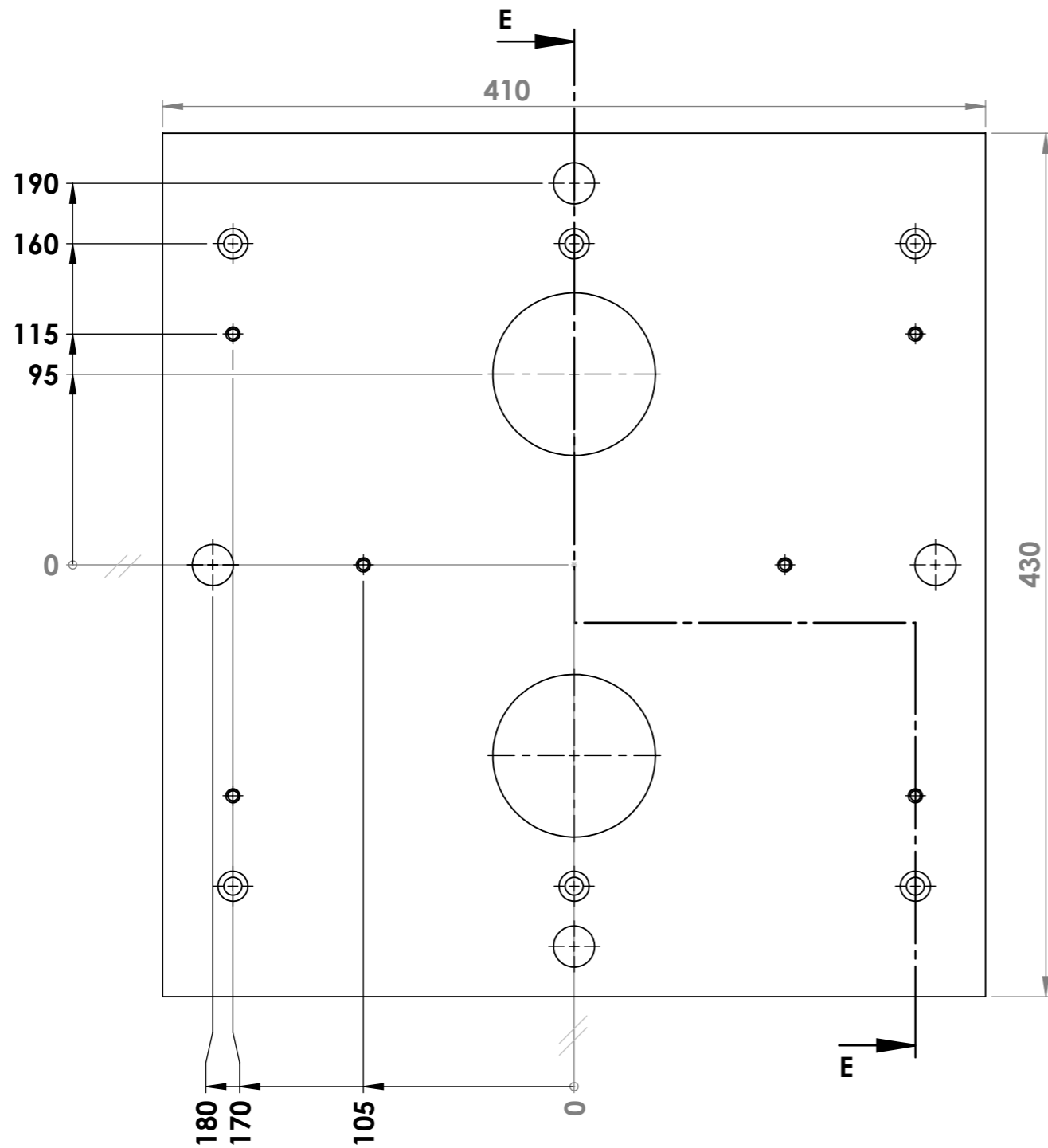
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
14	2	Tassaux Rectangle	S235	
Echelle : 1:3		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR COIN DE BAHUT		GHERSBOUSBANE GHILES KEDDAM ALI ZOURDANI BELAID
A3				
		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		10/11/2021



COUPE E-E
ECHELLE 1 : 3

Cotes sans tolérances
it= ± 0.2
rugosité generale :
Ra $\sqrt{3.2}$

Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
4	1	Batterie d'éjection superieure	C45	
Echelle : 1:3		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR COIN DE BAHUT	Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou	GHERSBOUSBANE GHILES KEDDAM ALI ZOURDANI BELAID
A3		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou	10/11/2021	

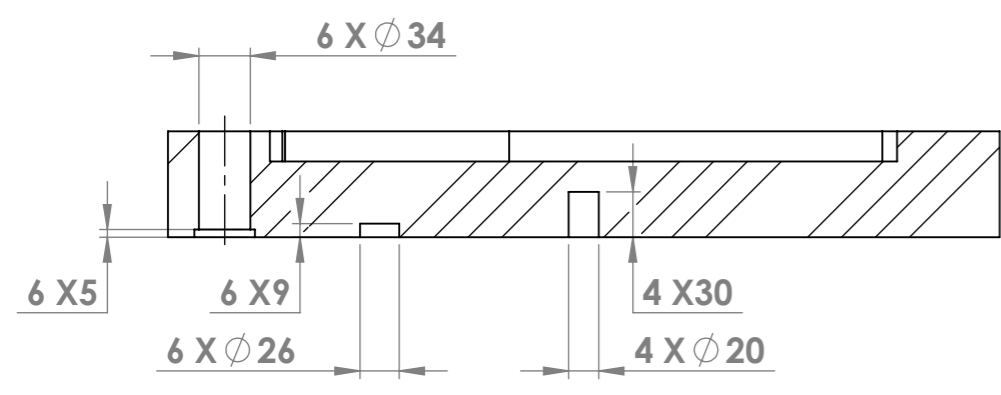
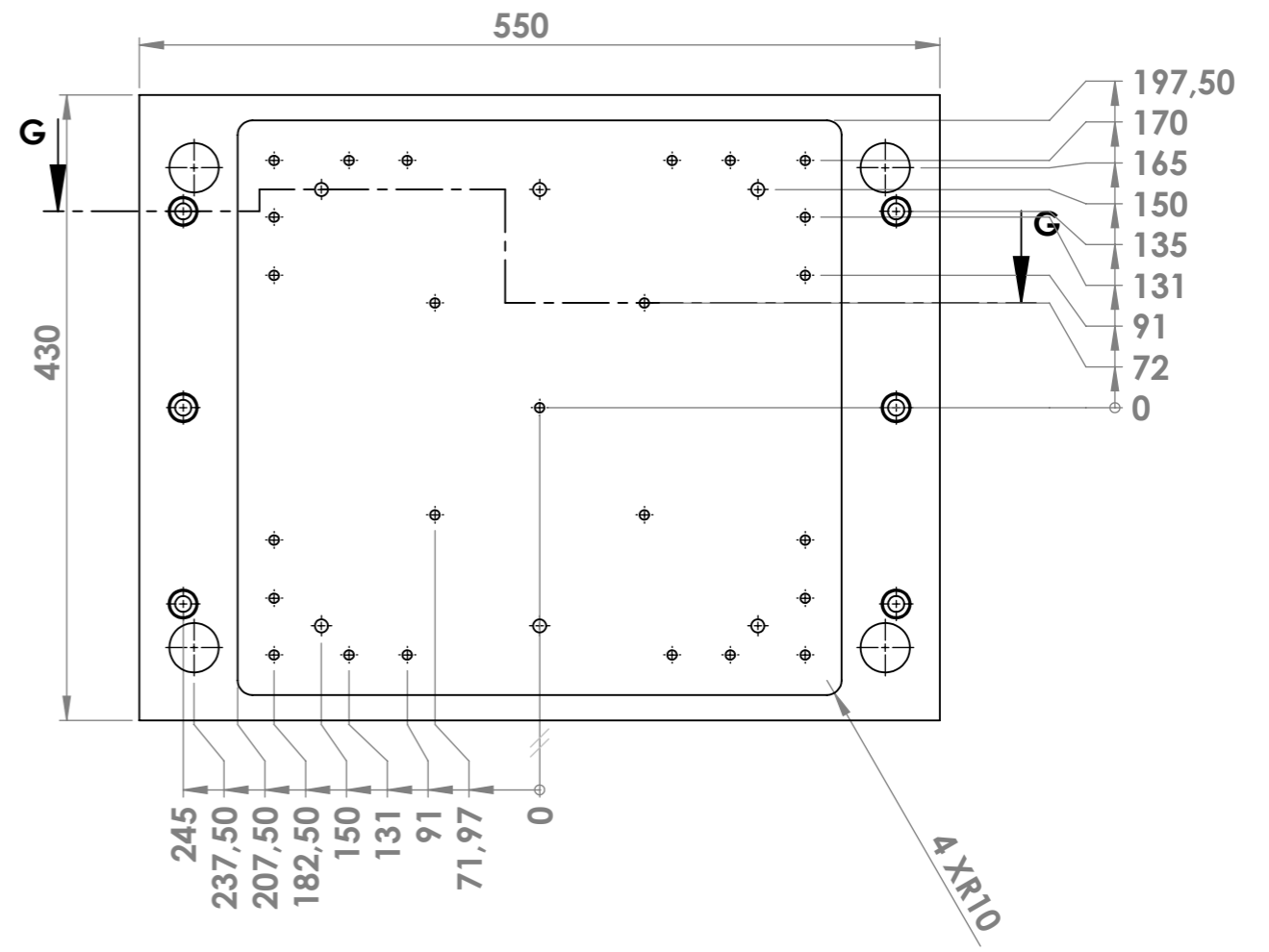
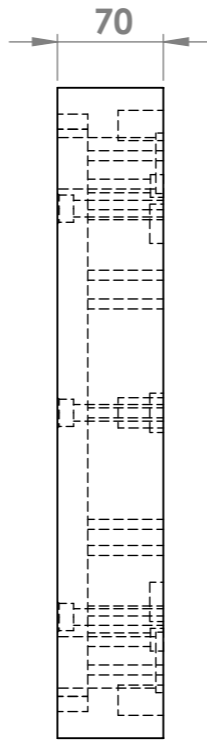
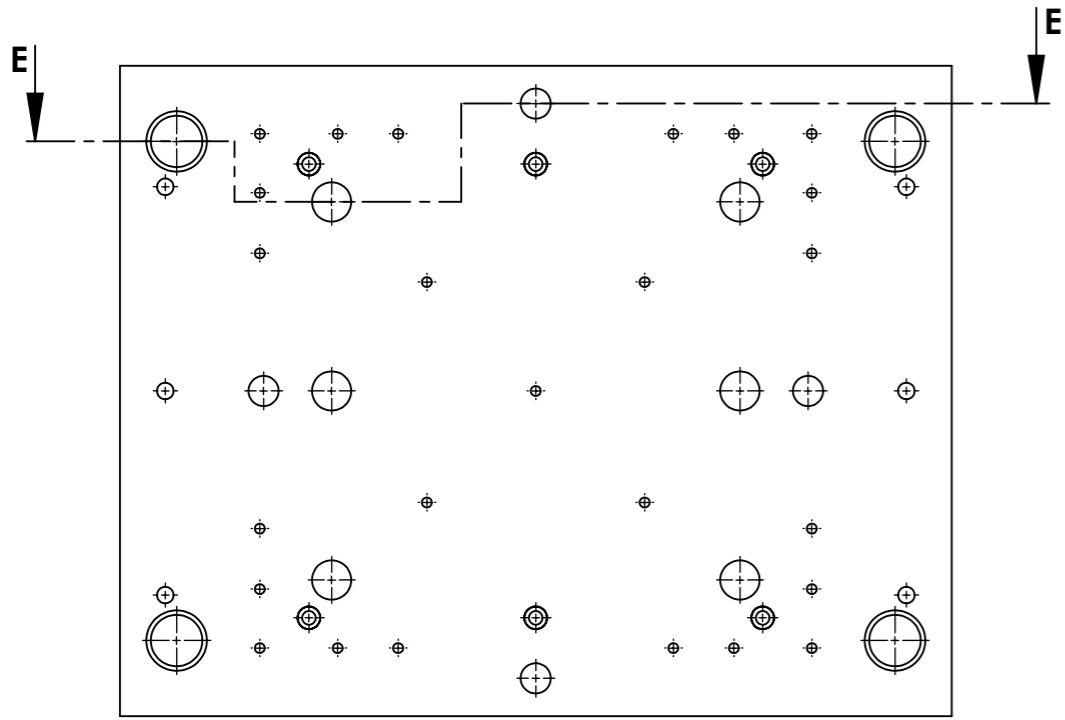


COUPE E-E

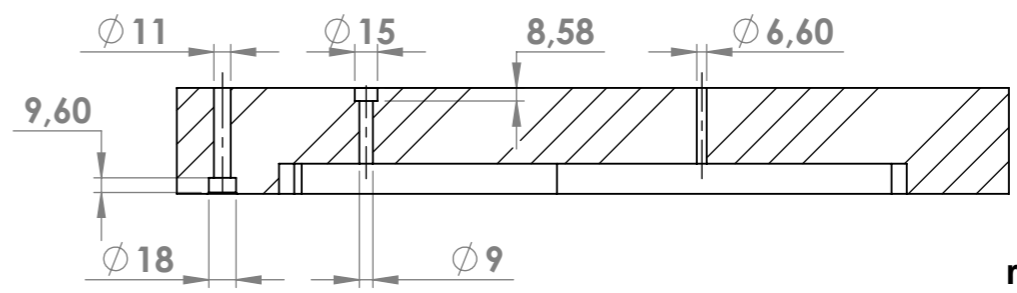
Cotes sans tolérance
It=0.2

rugosité generale :
Ra $\sqrt{3.2}$

Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
5	1	Batterie d'éjection inferieure	C45	
Echelle : 1:3		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR DE COIN DE BAHUT		GHERBOUSBANE GHILES KEDDAM ALI ZOURDANI BELAID
A3				
Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou			10/11/2021	



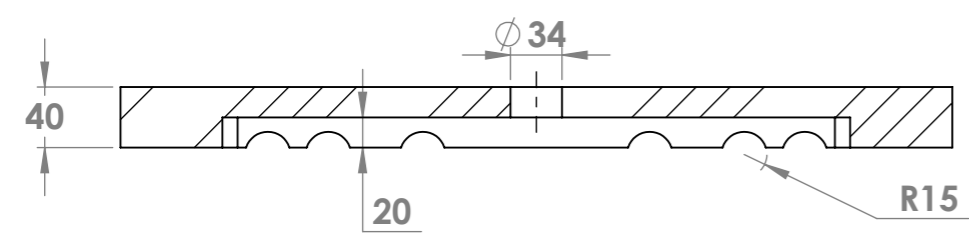
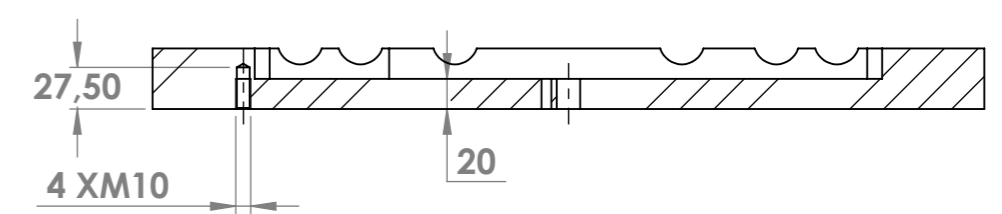
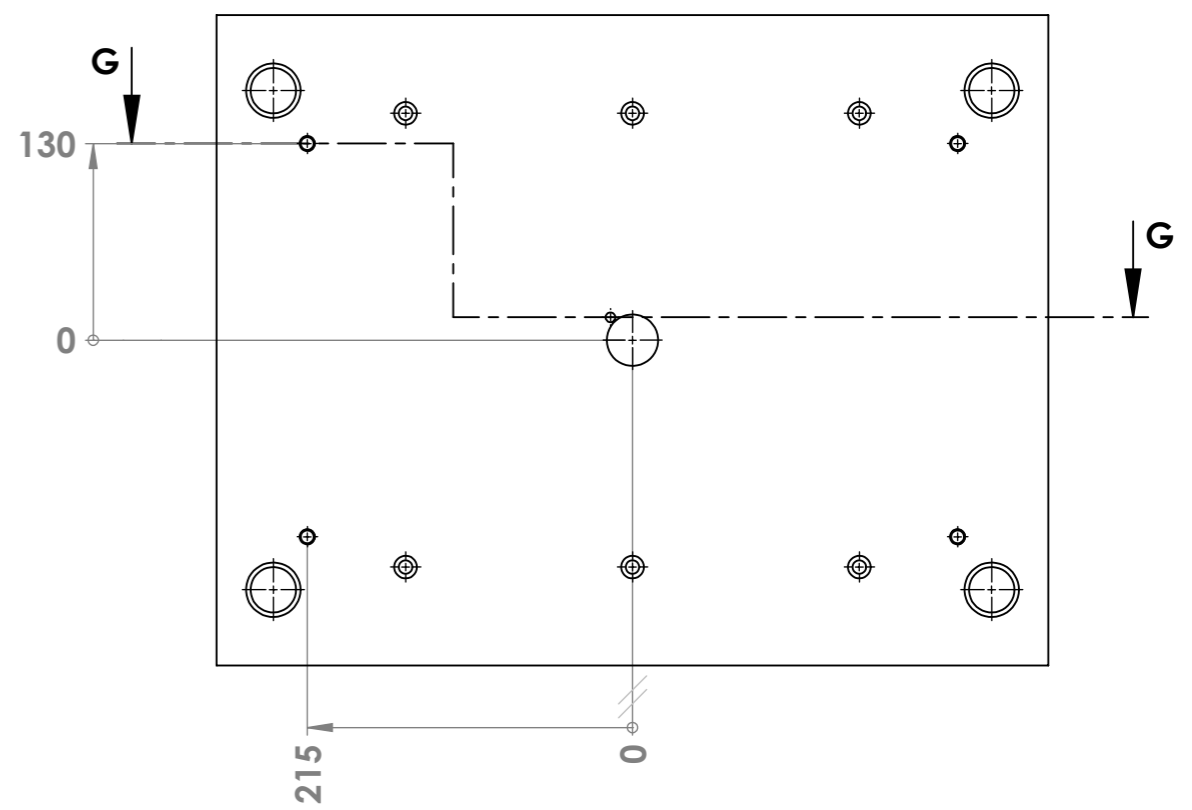
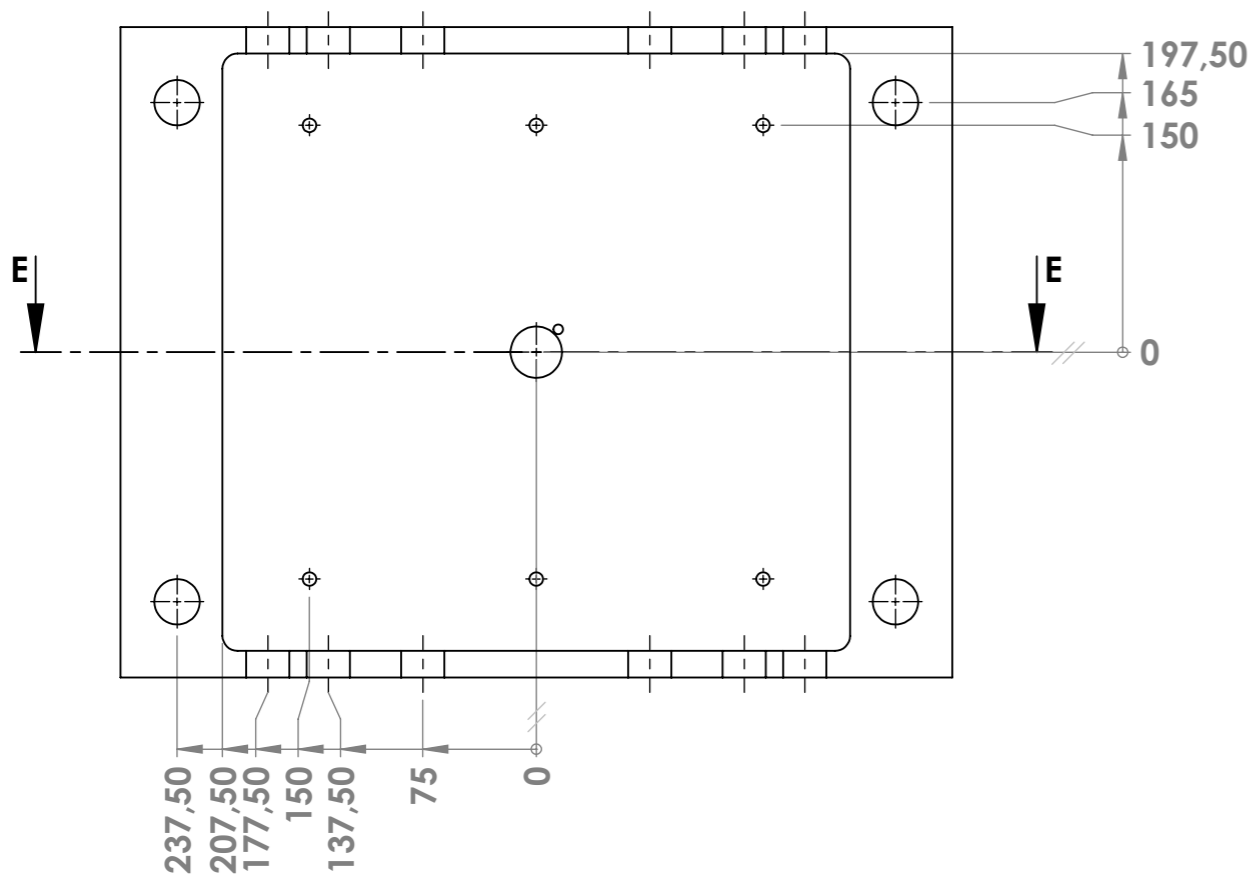
COUPE E-E



COUPE G-G

rugosité generale :
 $Ra \sqrt{3.2}$
 Cotes sans tolérances
 $it = \pm 0.2$

Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
2	1	Porte empreinte mobile	42 Cr Mo 4	
Echelle : 1:5		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR COIN DE BAHUT		GHERSBOUSBANE GHILES KEDDAM ALI ZOURDANI BELAID
A3				

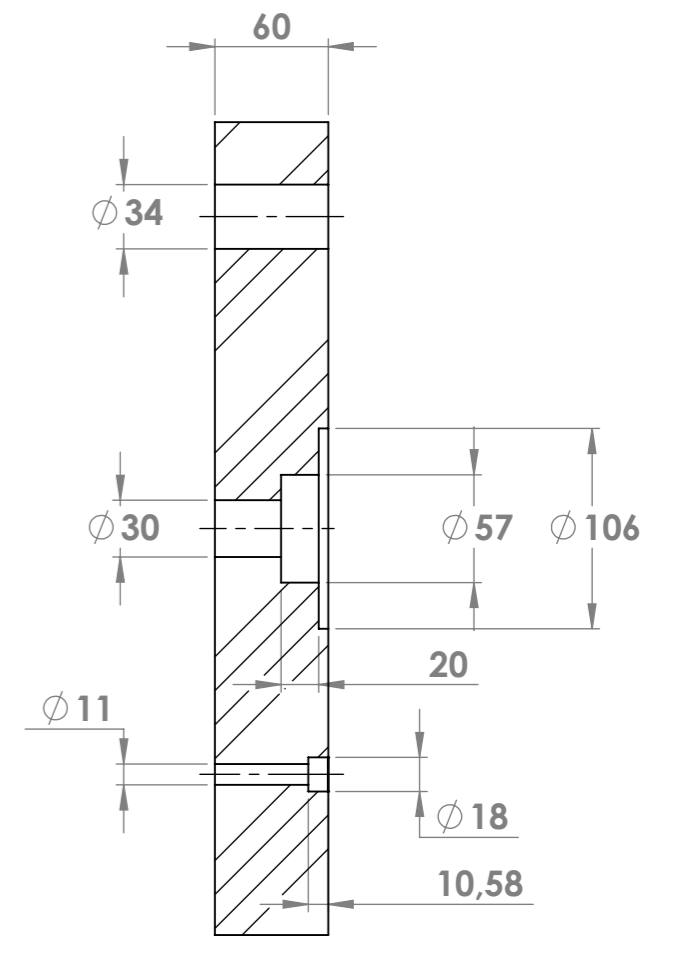
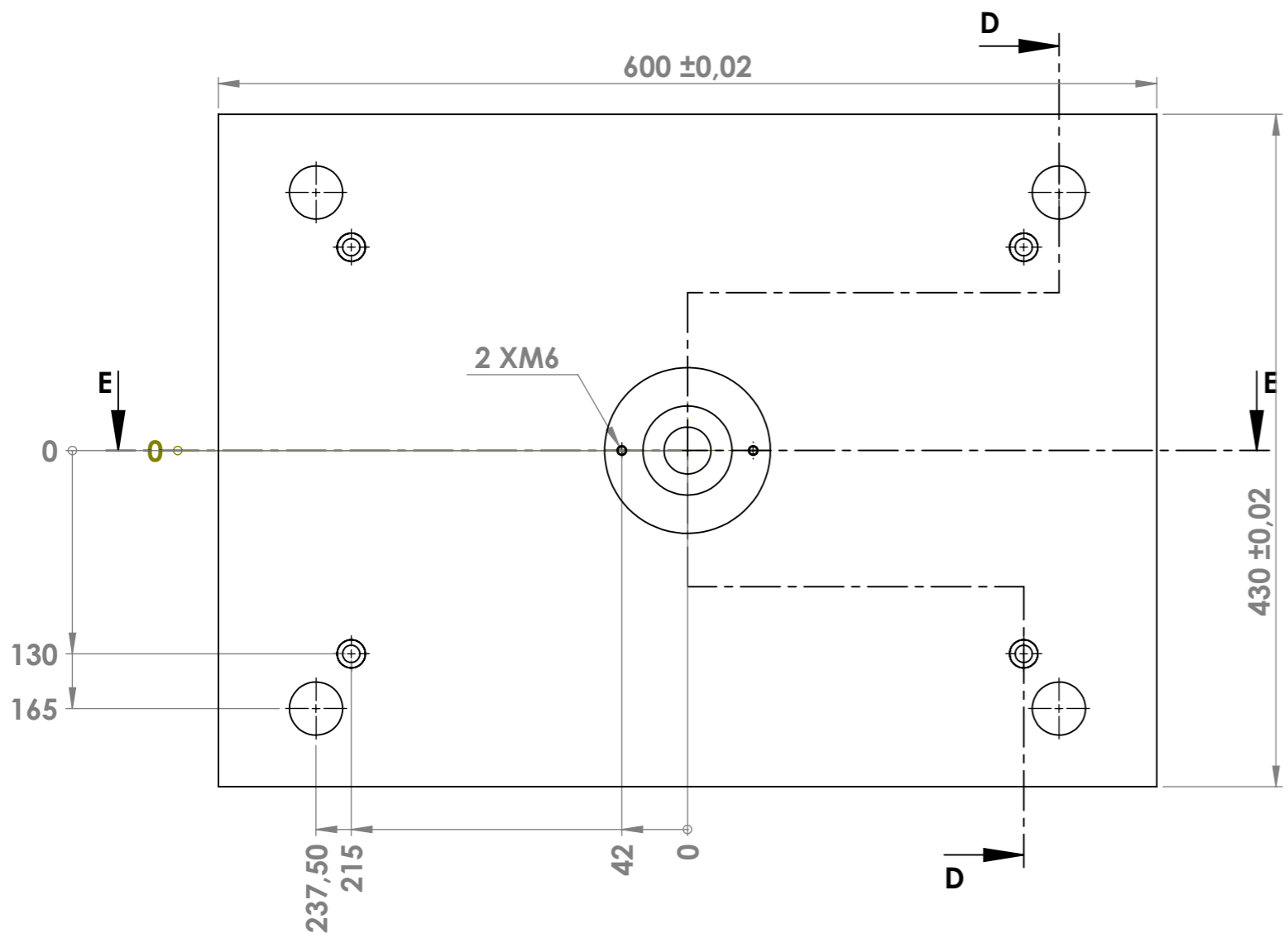


COUPE E-E

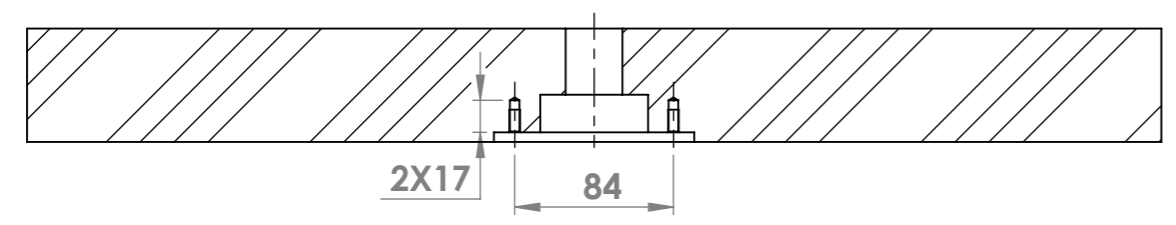
COUPE G-G

rugosité generale :
 $Ra \sqrt{3.2}$
 Cotes sans tolérances
 $it = \pm 0.2$

Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
7	1	Porte Empreinte Fixe	C45	
Echelle : 1:5		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR PIECE DE CPOIN DE BAHUT		GHERSBOUSBANE GHILES KEDDAM ALI ZOURDANI BELAID
A3				
		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		10/11/2021



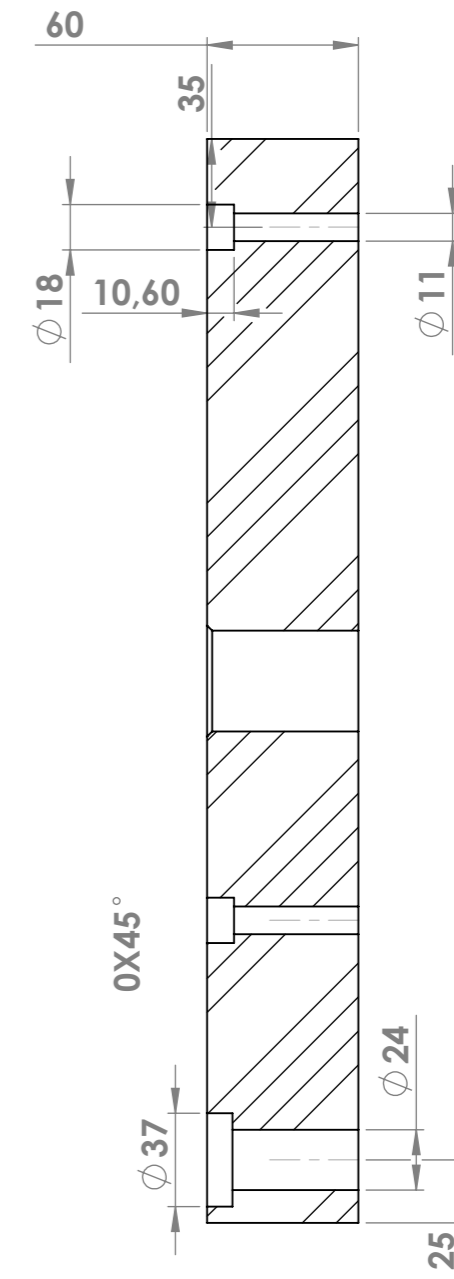
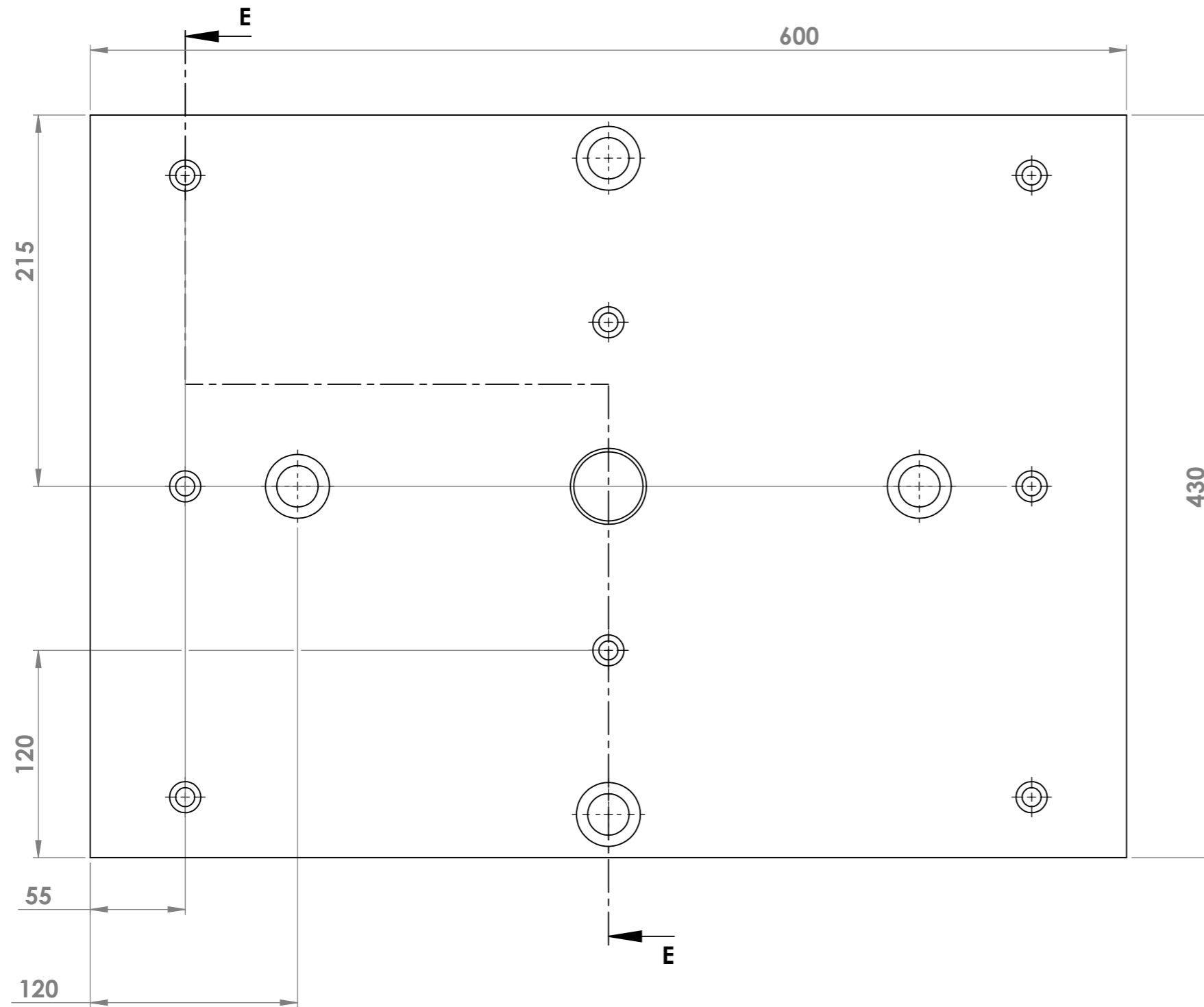
COUPE D-D
ECHELLE 1 : 4



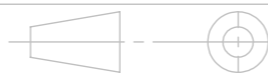
COUPE E-E
ECHELLE 1 : 4

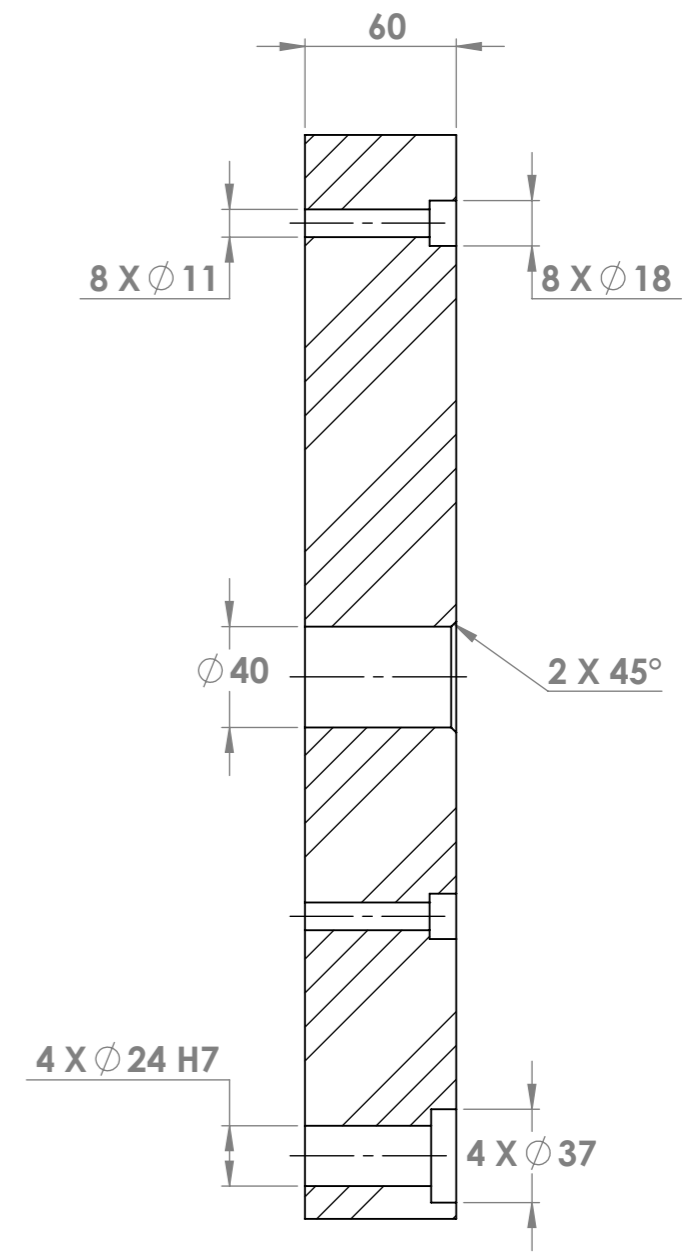
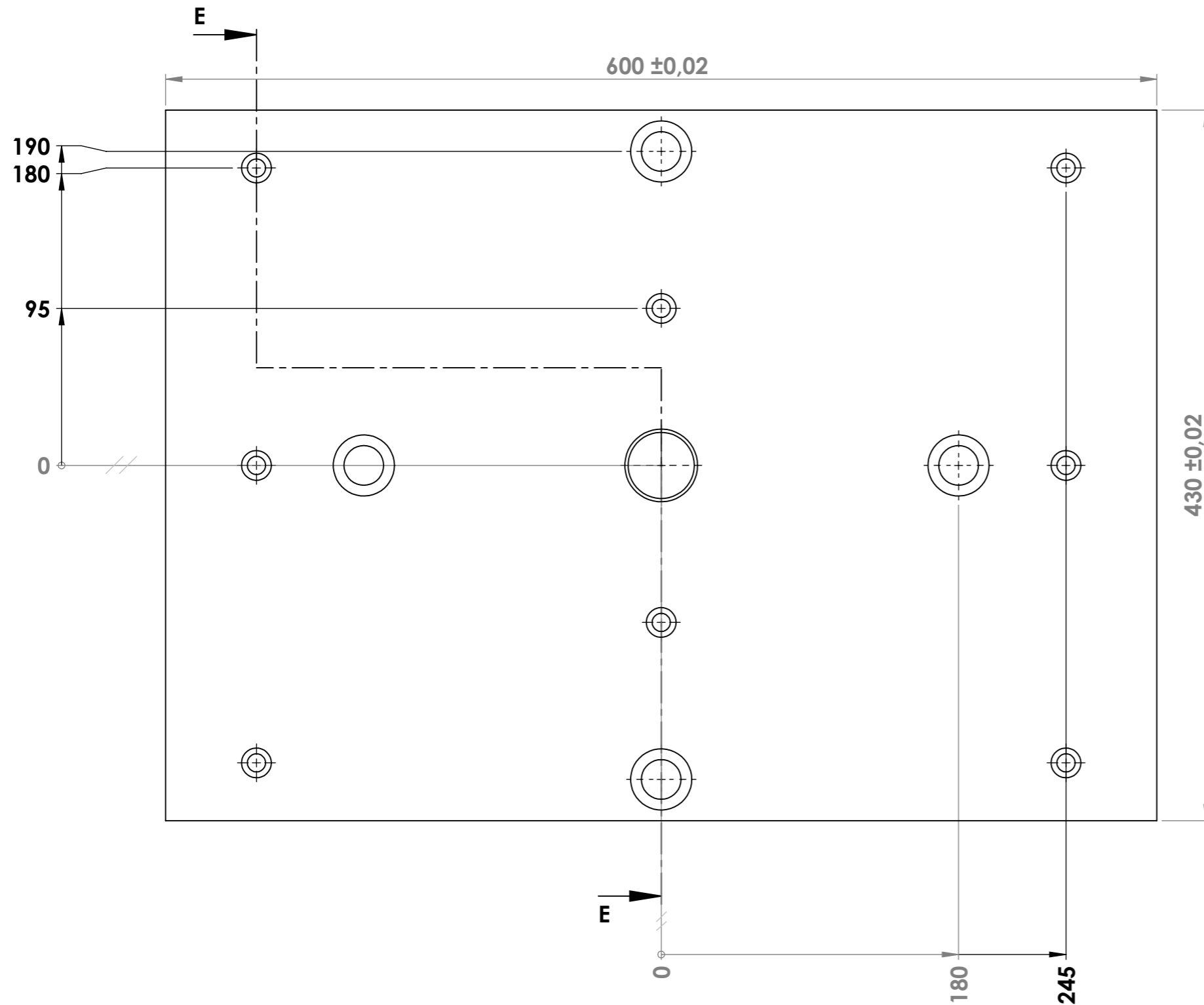
rugosité generale :
Ra $\sqrt{3.2}$
Cotes sans tolérances
it= ± 0.2

9	1	Semelle coté fixe	S235	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
Echelle 1:4		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR COIN DE BAHUT		GHERBOUSBANE GHILES KEDDAM ALI ZOURDANI BELAID
A3				
		Université Mouloud Mammerie Tizi Ouzou		



COUPE E-E
ECHELLE 1 : 3

Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
	1	Semelle coté mobile		
Echelle : 1:3		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR PIECE DE CPOIN DE BAHUT		GHERSBOUSBANE GHILES KEDDAM ALI ZOURDANI BELAID
				
A3		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		10/11/2021

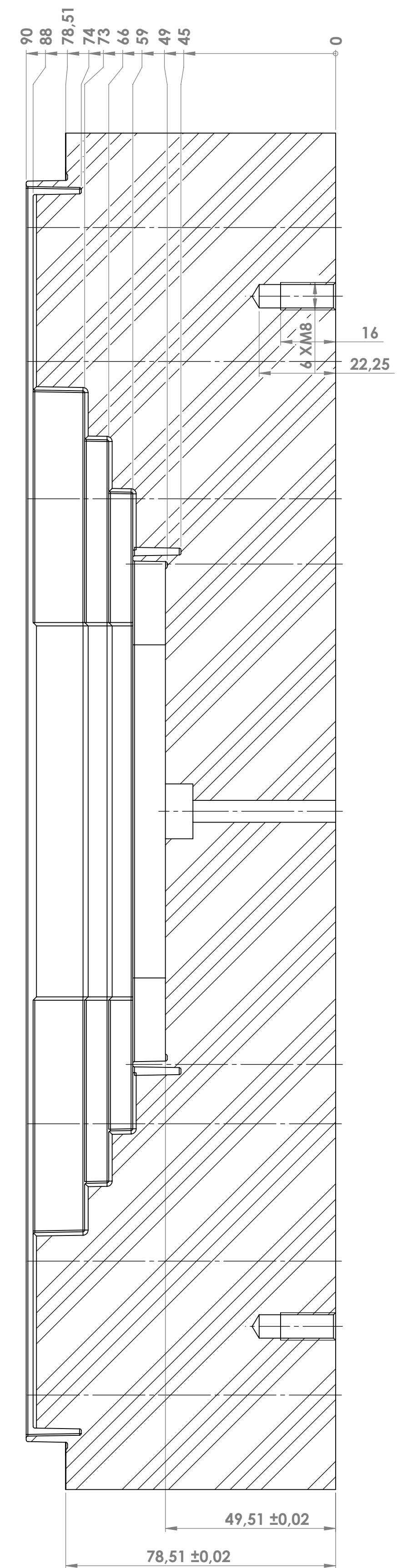


COUPE E-E
ECHELLE 1 : 3

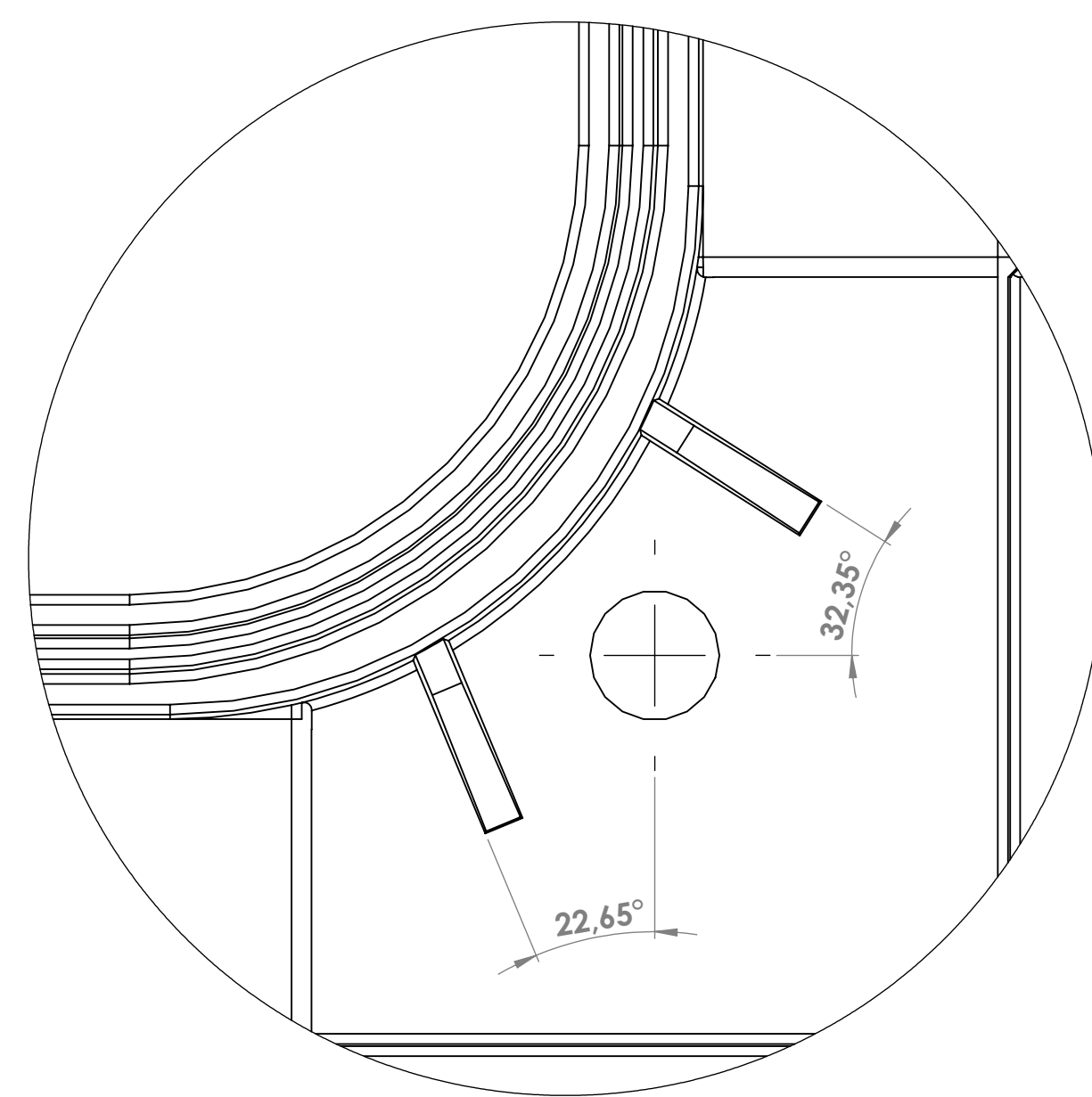
rugosité generale :
Ra $\sqrt{3.2}$

Cotes sans tolérances
it = ± 0.2

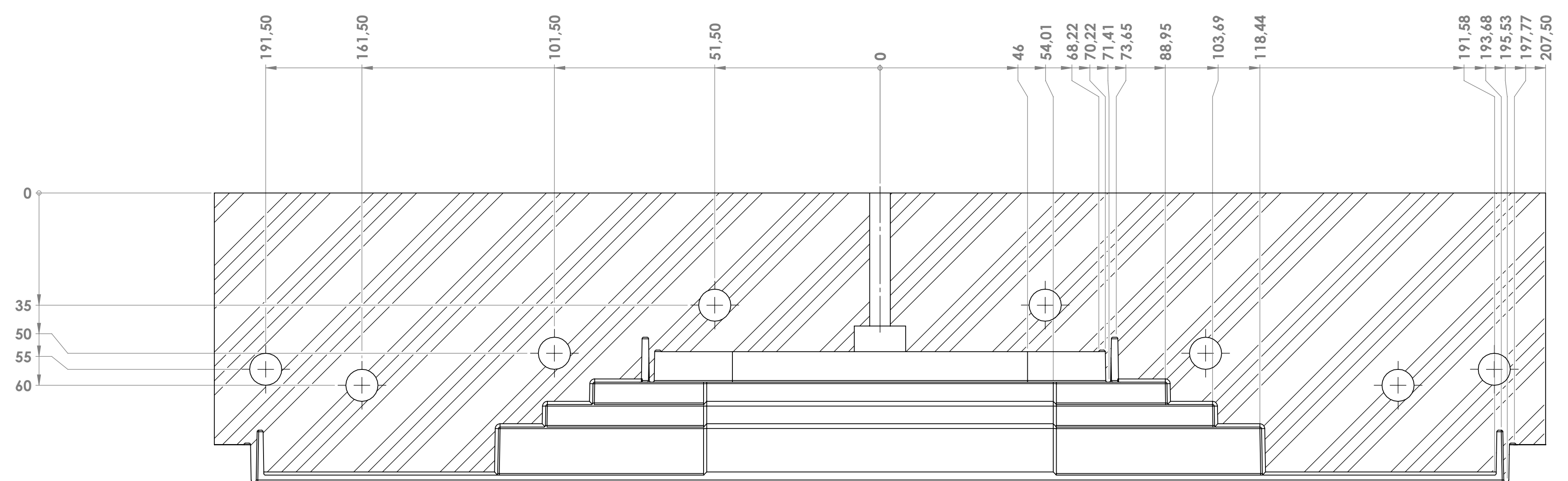
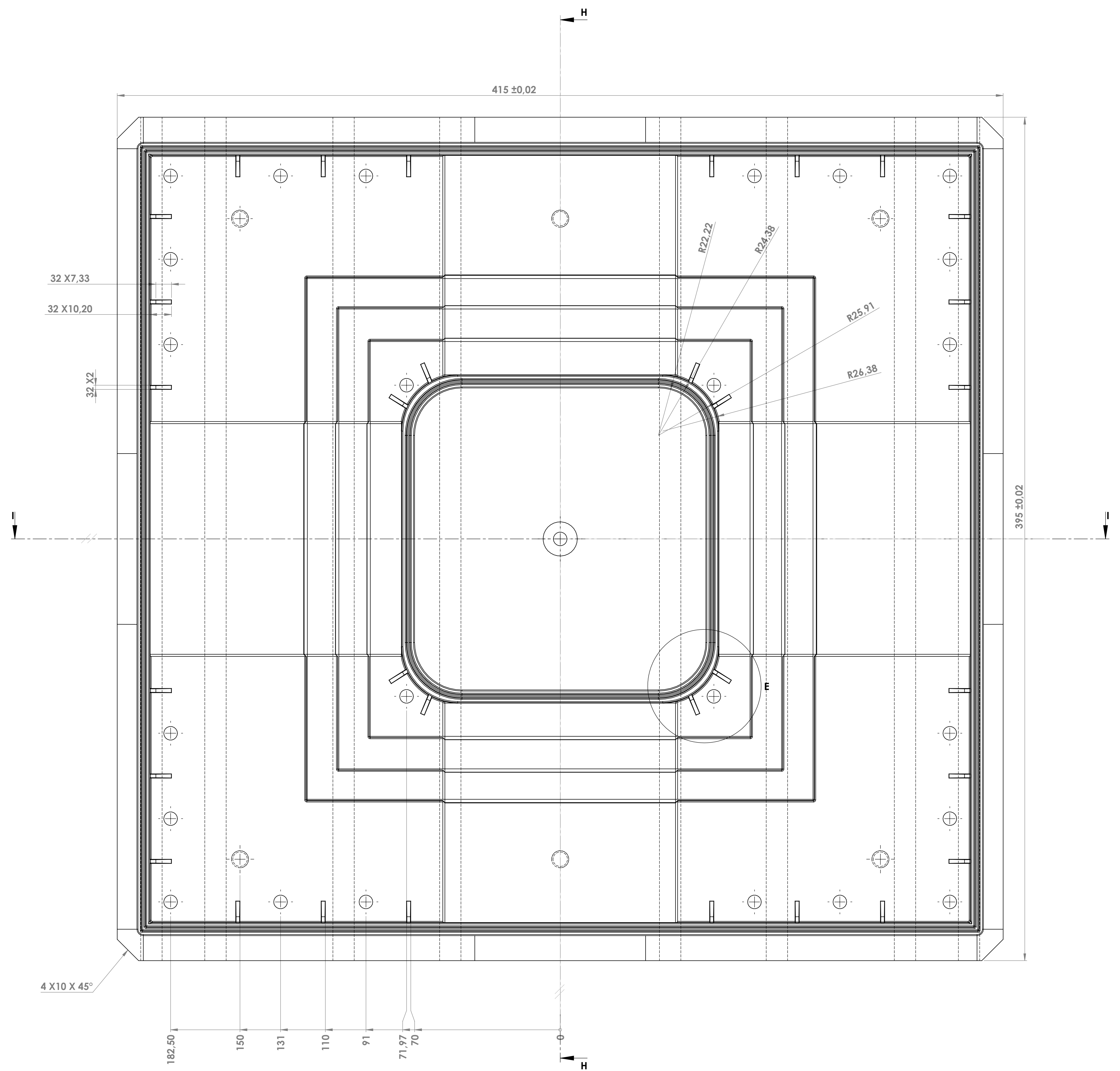
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
3	1	Semelle coté mobile	S235	
Echelle : 1:3		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR PIECE DE CPOIN DE BAHUT		GHERSBOUSBANE GHILES KEDDAM ALI ZOURDANI BELAID
A3				
Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou			10/11/2021	



COUPE H-H
ECHELLE 1 : 1



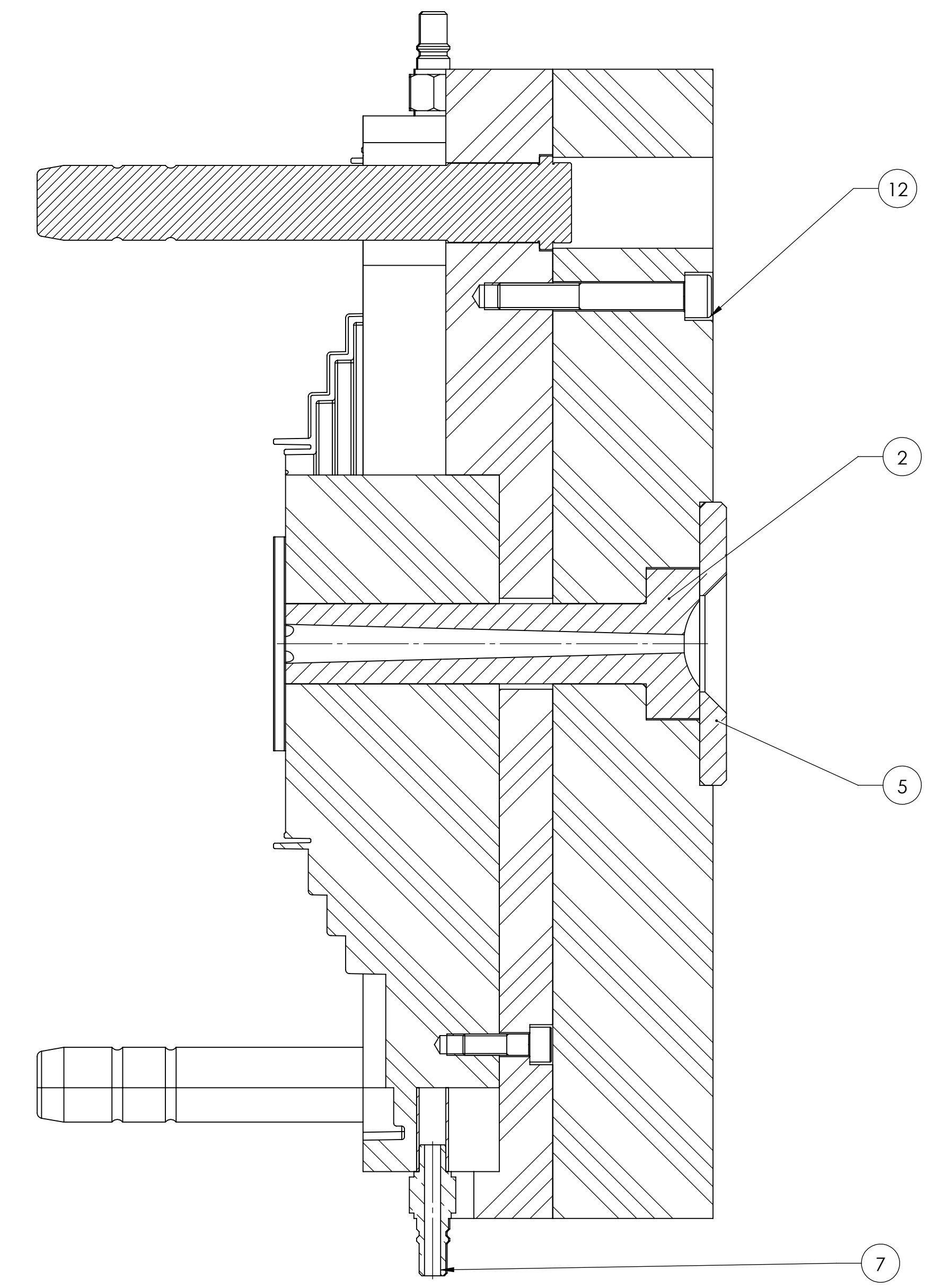
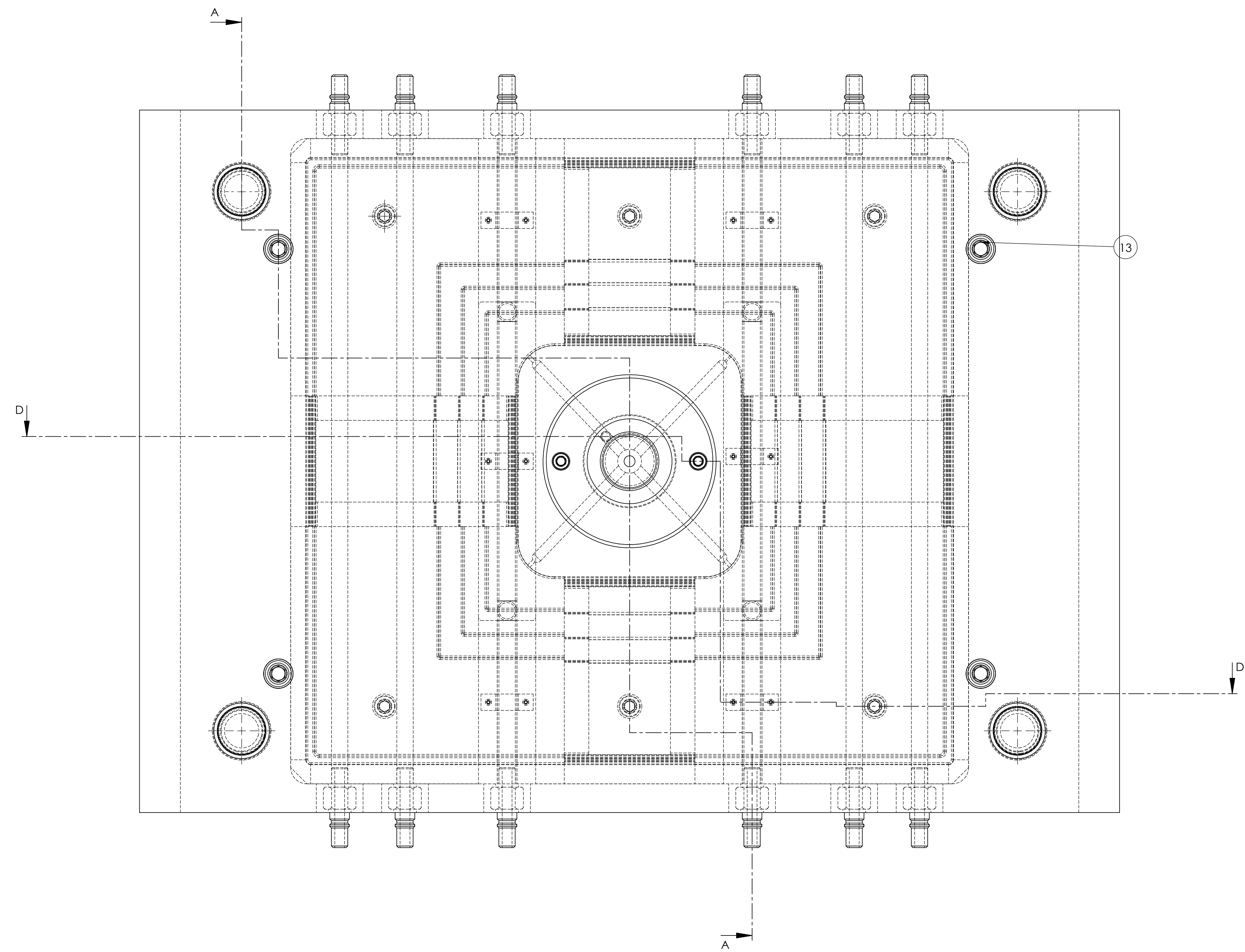
DÉTAIL E
ECHELLE 3 : 1



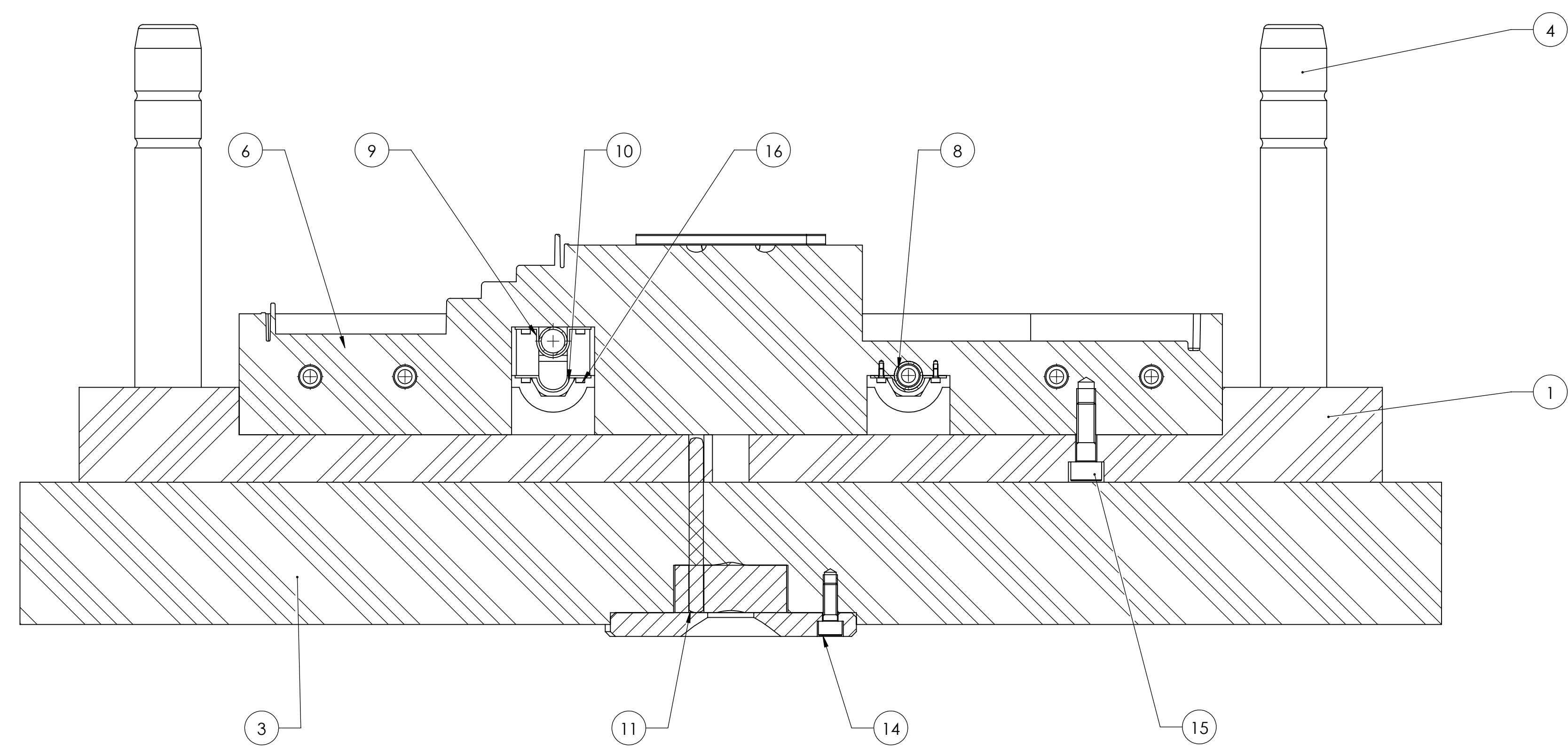
COUPE I-I
ECHELLE 1 : 1

rugosité générale :
Ra $\sqrt{3.2}$
Cotes sans tolérances
IT = ± 0.2

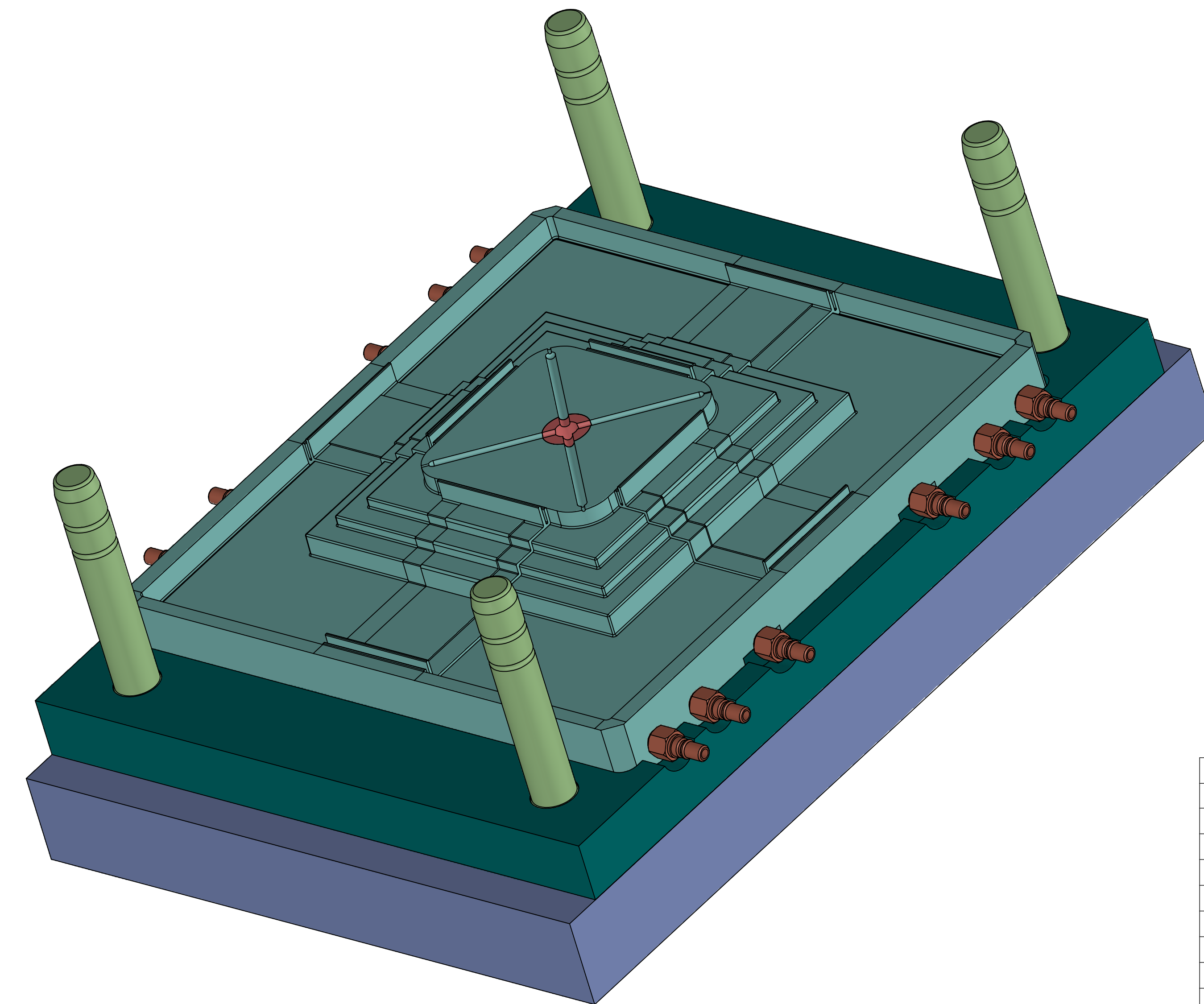
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation
18	1	Empreinte Mobile	36NiCrMo16	
Echelle: 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE POUR COIN DE BAHUT		GHERSBOUSBANE GHILES KEDDAM ALI ZOURDANI BELAID
AO		Université Mouloud Mamrî Tizi Ouzou		10/11/2021



COUPE A-A
ECHELLE 1 : 1.5



COUPE D-D
ECHELLE 1 : 1.5



1	1	Porte empreinte fixe	42CrMo4	
2	1	Buse d'injection	35NiCr16	
3	1	Semelle fixe	S235	
4	4	Colonne de guidage	Acier allié	Nitruré
5	1	Bague de centrage	Acier allié	Nitruré
6	1	Empreinte mobile	36NiCrMo16	
7	12	Tétine	Bronze	
8	2	Tube	Cuivre	
9	2	colier 1	Acier non allié	
10	4	colier 2	Acier non allié	
11	1	Goupille	Acier non allier	
12	3	ISO 4762 M2x70-32N	C45	
13	11	ISO 4762 M2 x 3 - 3N	C45	
14	1	ISO 4762 M2 x 4 - 4N	C45	
15	1	ISO 4762 M10 x 70 - 32N	C45	
16	2	SO 4762 M6 x 16 - 16N	C45	
17	6	ISO 4762 M8 x 25 - 25N	C45	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation

Echelle:
1:2

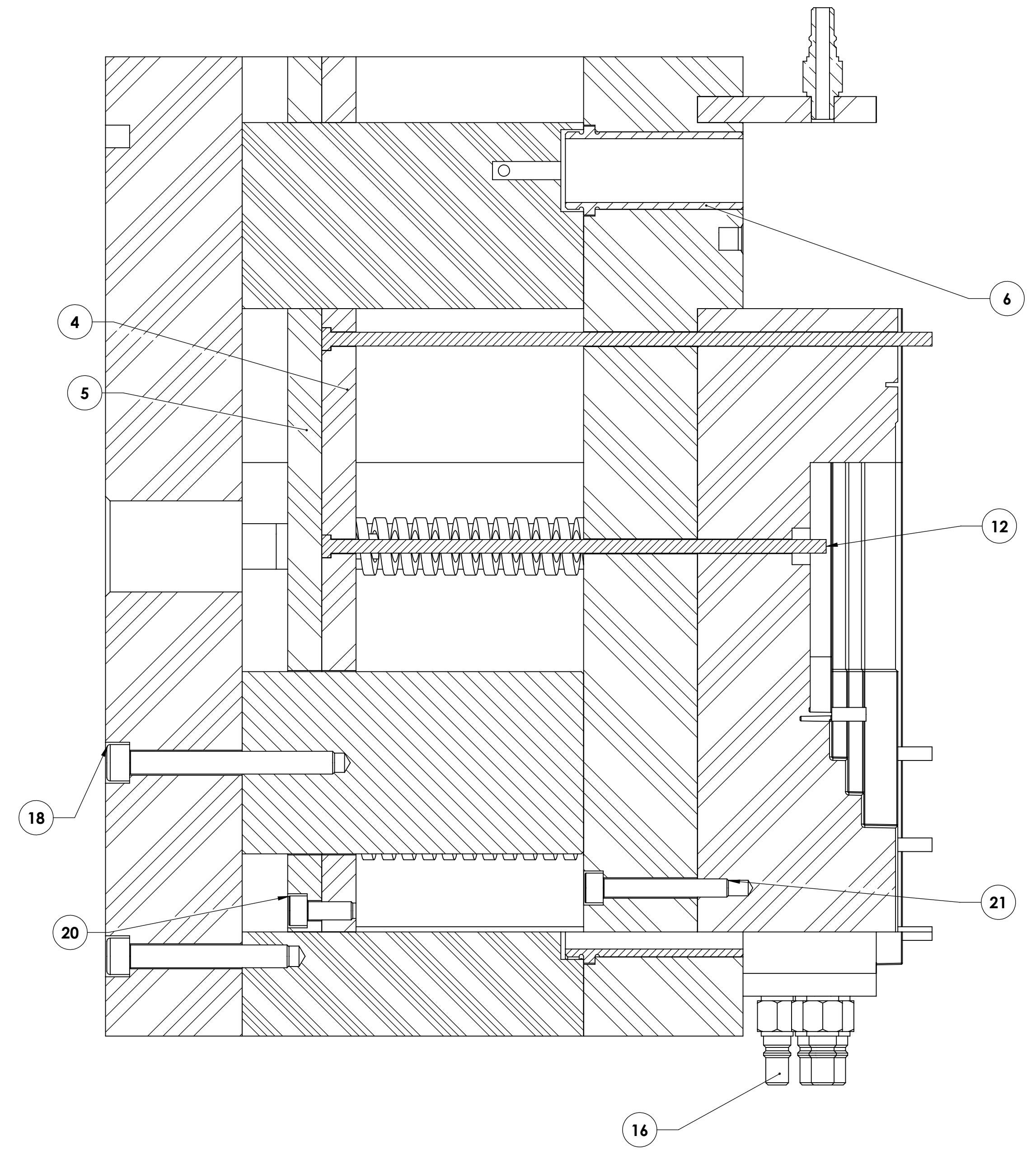
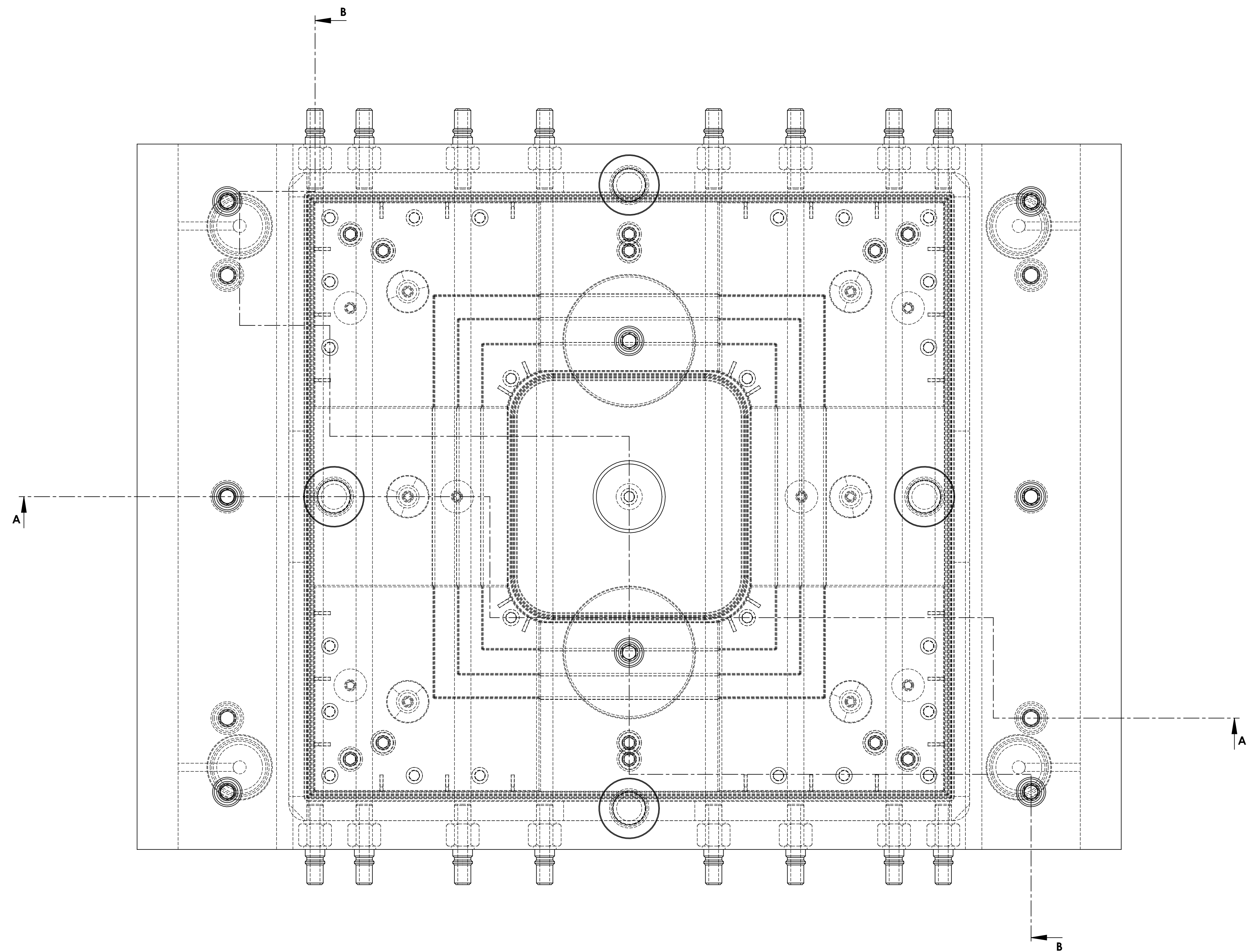
MOULE D'INJECTION PLASTIQUE
POUR COIN DE BAHUT

GHERSBOUSBANE GHILES
KEDDAM ALI
ZOURDANI BELAID

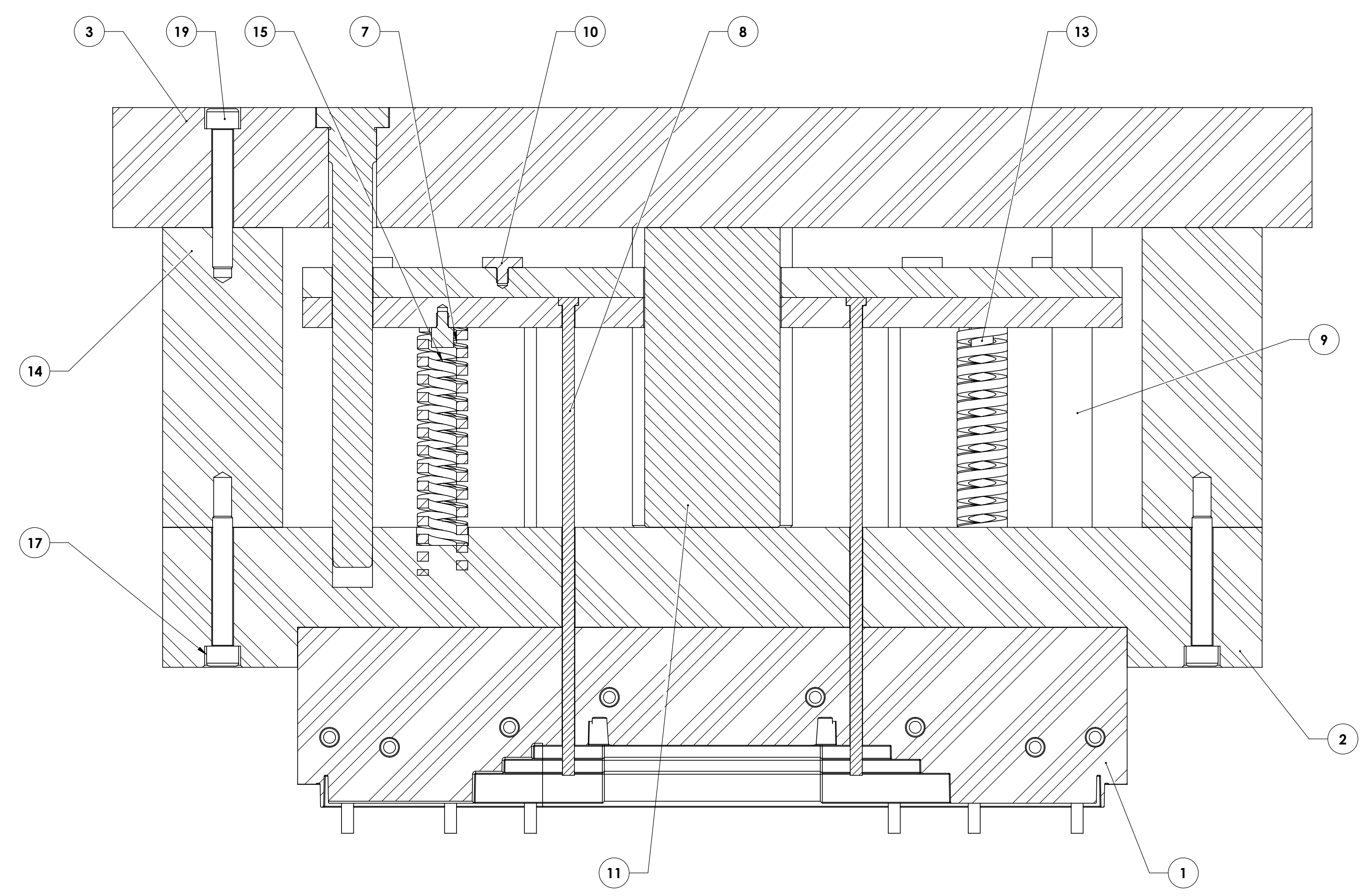
AO

Université Mouloud Mamrî Tizi Ouzou

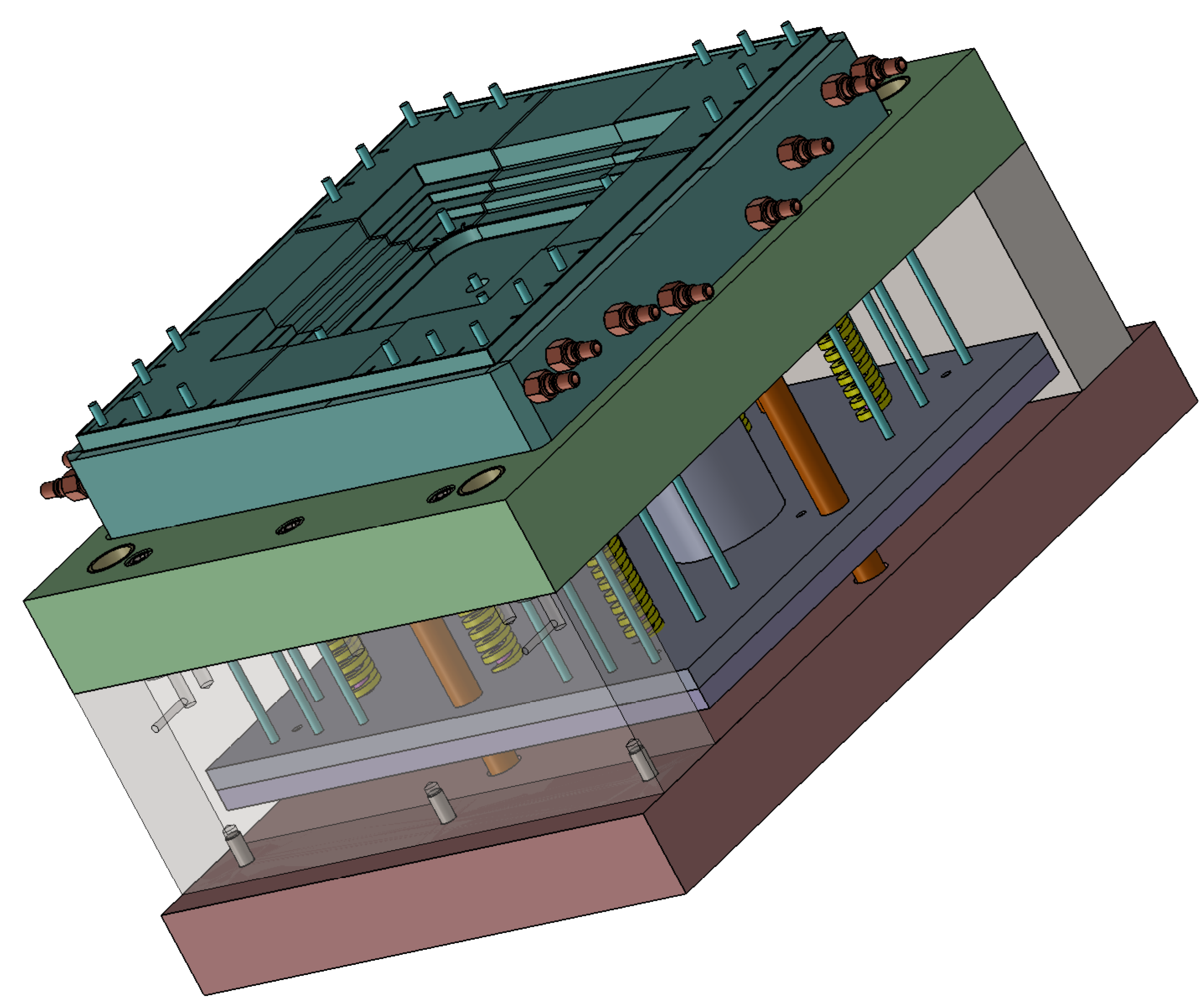
10/11/2021



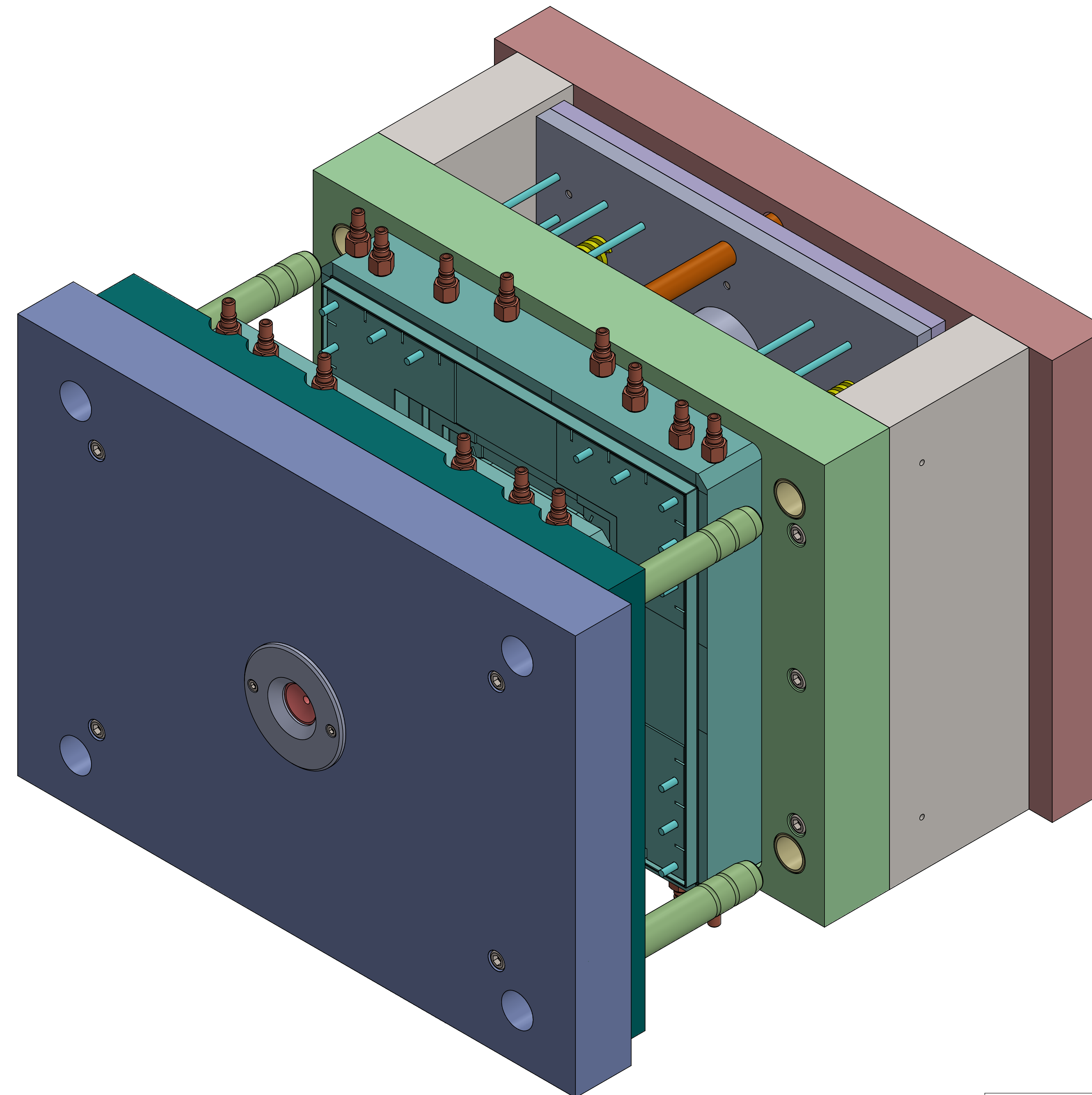
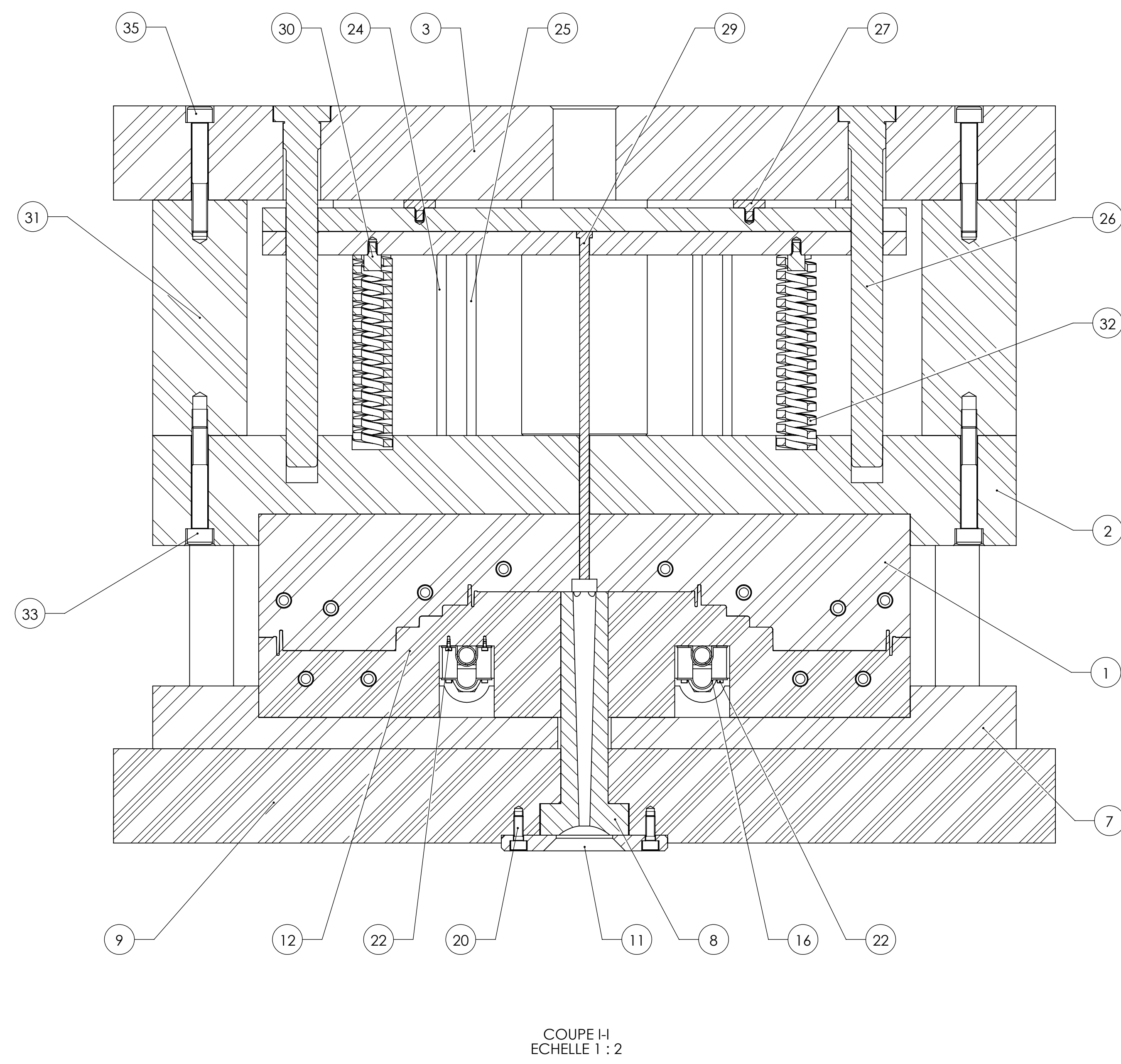
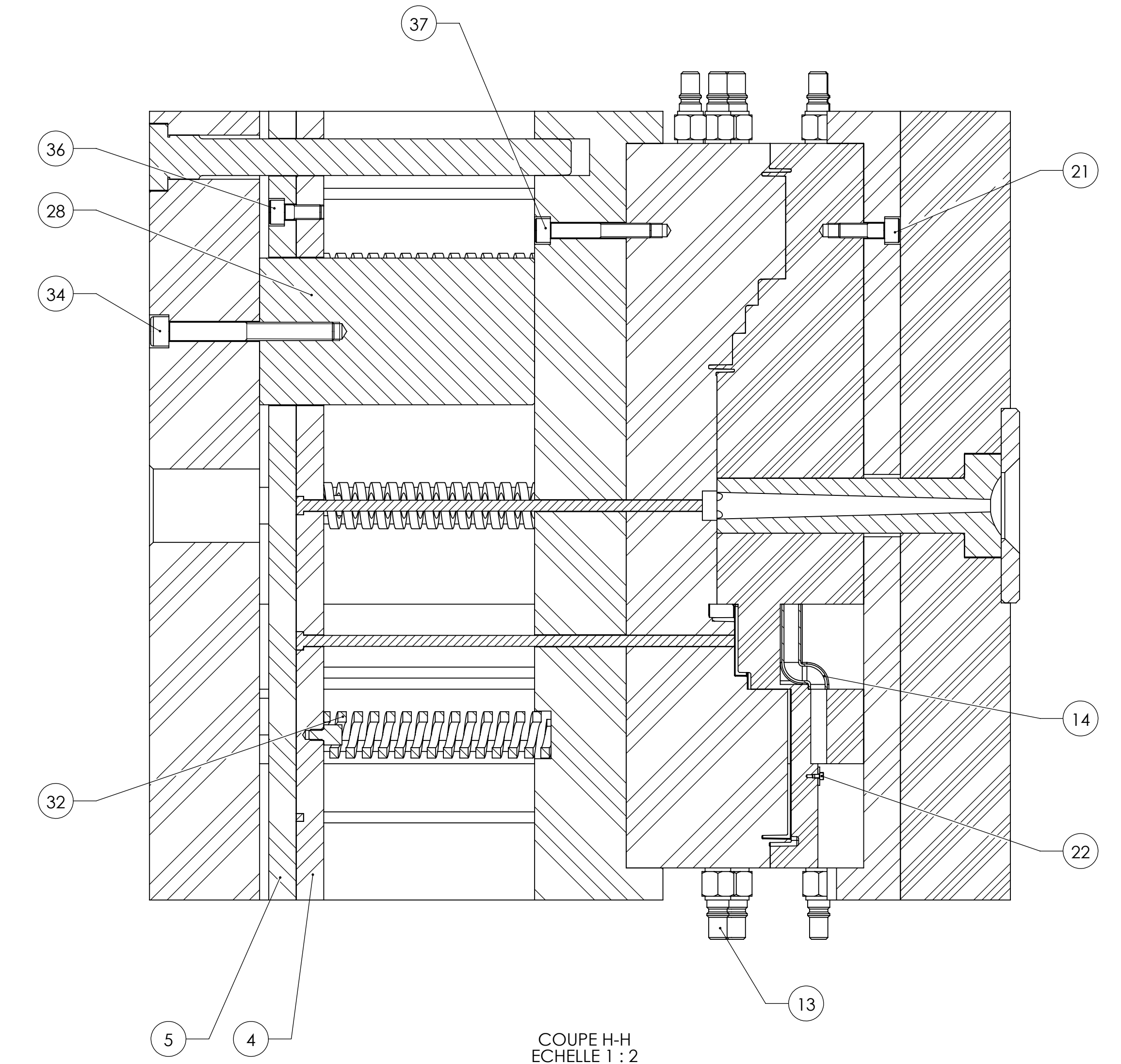
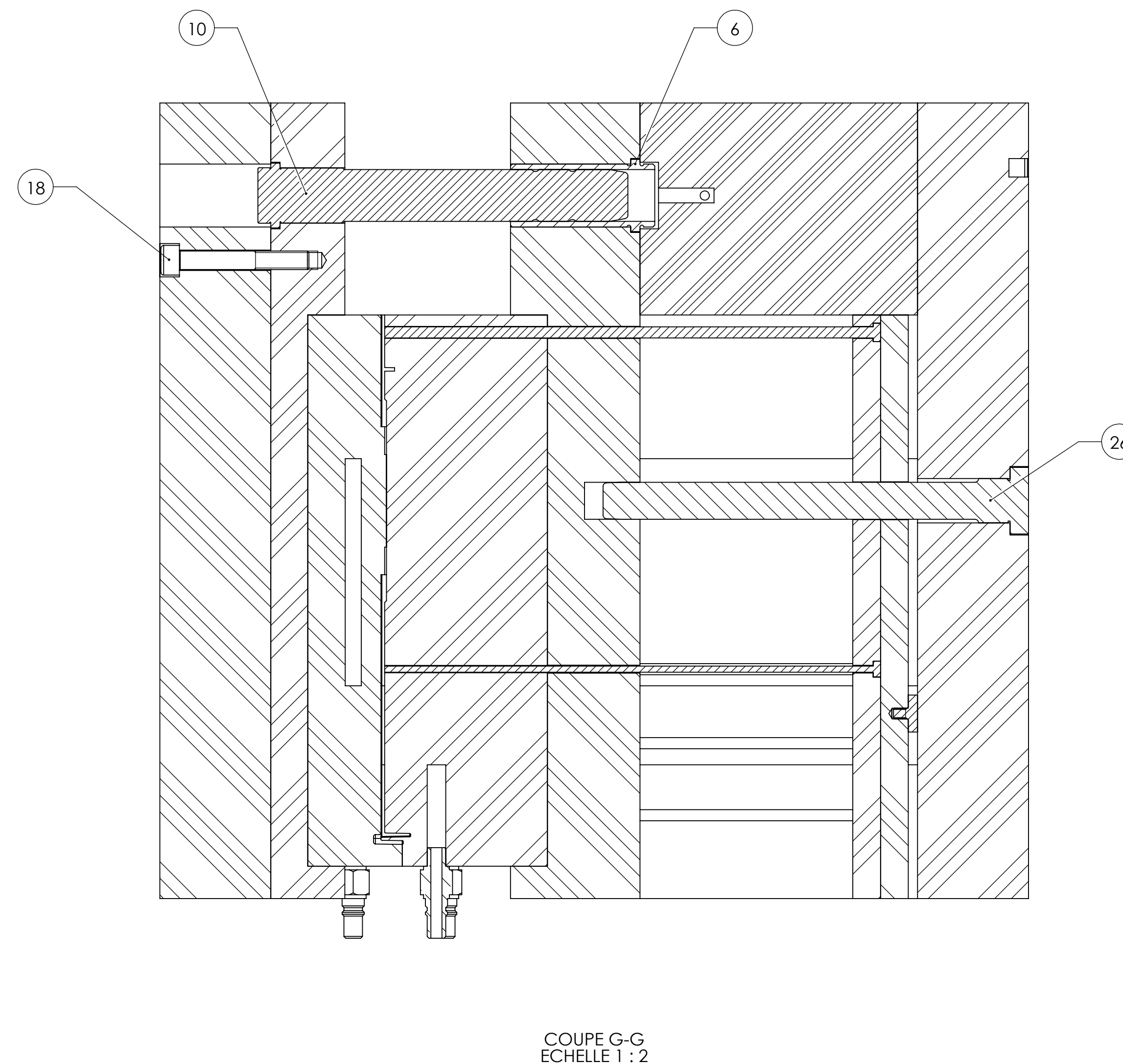
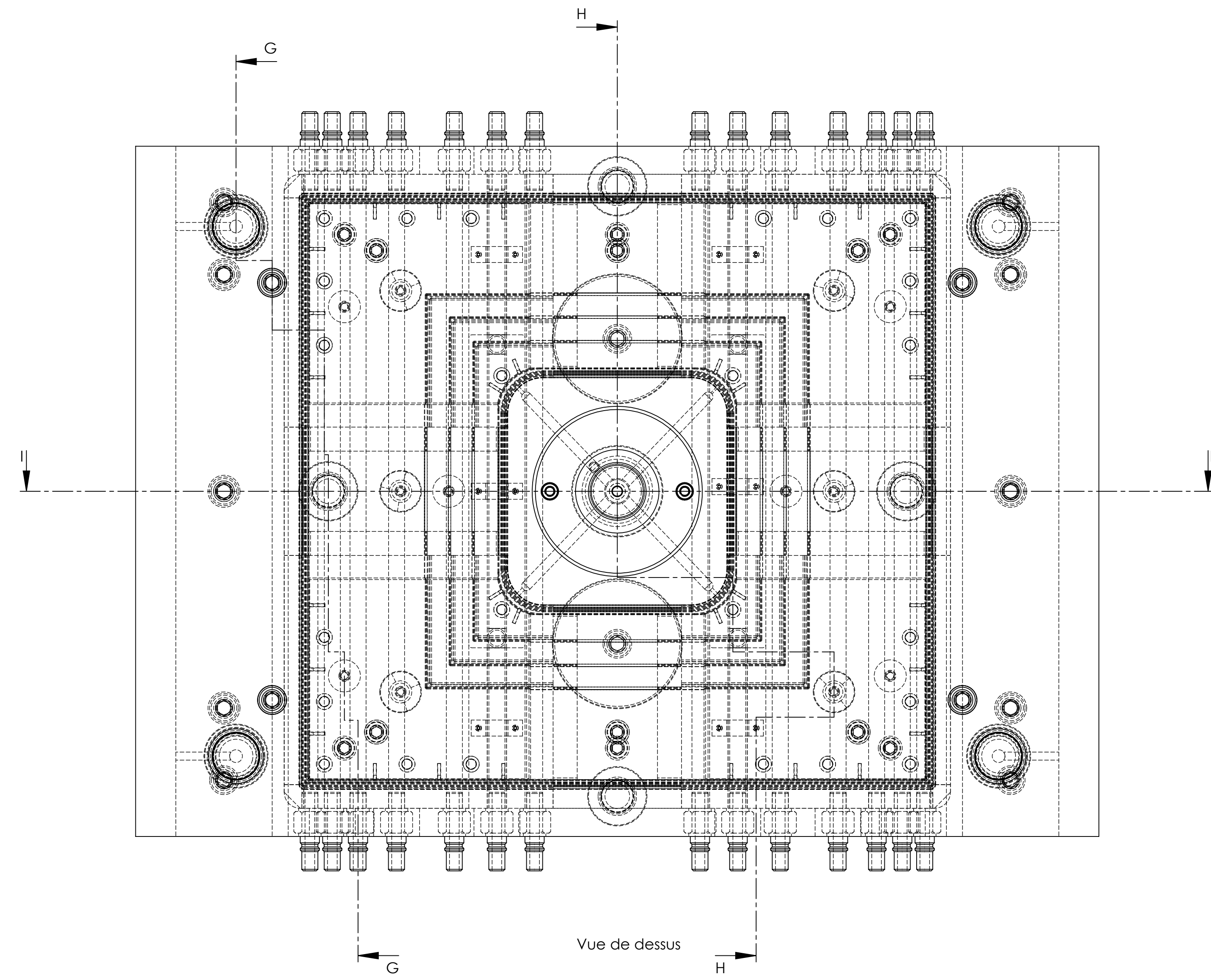
COUPE B-B
ECHELLE 1 : 1.5



COUPE A-A
ECHELLE 1 : 1.5



1	1	Empreinte mobile	36NiCrMo16	
2	1	Porte empreinte mobile	42CrMo4	
3	1	Semelle mobile	S235	
4	1	Batterie d'éjection supérieure	C45	
5	1	Batterie d'éjection inférieure	C45	
6	4	Bague de guidage	Bronze	
7	20	Ejecteur (262)	C48	
8	4	Ejecteur (189)	C48	
9	4	colonne de guidage batterie	C45	
10	6	Butée	Acier non allié	
11	2	Renfort	C35	
12	1	Ejecteur(121)	C48	
13	6	Téton	Acier non allié	
14	2	Tassaux	S235	
15	6	Ressort	51Si7	
16	16	Téline	Bronze	
17	6	ISO 4762 M10 x 65 - 32N	C45	
18	2	ISO 4762 M10 x 90 - 32N	C45	
19	6	ISO 4762 M10 x 70 - 32N	C45	
20	6	ISO 4762 M8 x 20 - 20N	C45	
21	6	ISO 4762 M8 x 55 - 28N	C45	
Rep	Nbr	Désignation	Matière	Observation



Rep	Nbr	Description	Matière	Observation
1	1	Empreinte mobile	36NiCrMo16	
2	1	Porte empreinte mobile	42CrMo4	
3	1	Semelle mobile	S235	
4	1	Batterie d'éjection supérieure	C45	
5	1	Batterie d'éjection inférieure	C45	
6	4	Bague de guidage	Bronze	
7	20	Ejecteur (262)	C48	
8	14	Ejecteur (189)	C48	
9	4	Colonne de guidage batterie	C45	
10	6	Butée	Acier non allié	
11	2	Renfort	C35	
12	1	Ejecteur (121)	C48	
13	6	Téton	Acier non allié	
14	2	Tassaux	S235	
15	6	Ressort	51Si7	
16	28	Tétine	Bornze	
17	6	ISO 4762 M10 x 65 - 32N	C45	
18	2	ISO 4762 M10 x 90 - 32N	C45	
19	6	ISO 4762 M10 x 70 - 32N	C45	
20	6	ISO 4762 M8 x 20 - 20N	C45	
21	6	ISO 4762 M8 x 55 - 28N	C45	
22	8	ISO 4762 M2 x 3 - 3N	C45	
23	1	Porte empreinte fixe	42CrMo4	
24	1	Buse d'injection	35NiCr15	
25	1	Semelle fixe	S235	
26	1	Colonne de guidage	Acier allié	Nitruré
27	1	Bague de centrage	Acier allié	Nitruré
28	1	Empreinte fixe	36NiCrMo16	
29	2	Tube	Cuivre	
30	2	Collier 1	Acier non allié	
31	4	Collier 2	Acier non allié	
32	1	GuoupilleD6	Acier non allié	
33	3	ISO 4762 M10 x 70 - 32N	C45	
34	1	ISO 4762 M10 x 70 - 32N	C45	
35	2	ISO 4762 M6 x 16 - 16N	C45	
36	6	ISO 4762 M8 x 25 - 25N	C45	
37	11	ISO 4762 M2 x 3 - 3N	C45	
38	1	ISO 4762 M2 x 4 - 4N	C45	

Côtes d'encombrement du moule:
 1. Epaisseur : 470 mm
 2. Hauteur : 600 mm
 3. Largeur : 430 mm
 • La course d'éjection : 15 mm
 • La presse utilisée : Presse hydraulique 650 T
 • Masse de la moulée (pièces et carotte) : 380 g
 • La matière injectée PS CHOOC
 • Temps de cycle environ : 53 sec