

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

UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU.

FACULTE DE GENIE DE LA CONSTRUCTION

DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE



Mémoire de fin d'étude

Intitulé : Etude et conception d'un moule d'injection plastique d'un joint pour la fixation d'un tube d'écoulement du congélateur modèle BAHUT.

Présenté par :

BOUSSADI Abderrazak

HIRECHE Abdelghani

Encadré par : M. BELAID Kamel

Co-encadré par : M. BEHTANI Amar

Promotion : 2022/2023

Remerciements

Avant de commencer notre travail on tient à remercier d'abord dieu qui nous a donné le courage nécessaire pour l'accomplir, aussi nos parents qui ont toujours été là.

*Ensuite on voudrait remercier notre promoteur **Mr BELAID** et **Mr BAHTANI** notre Co-promoteur pour leurs judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter notre réflexion, remercier aussi **Mr HAMADINI** ainsi que **Mme SADOUDI** ingénieurs de l'ENIEM qui nous ont aidé et faciliter le travail et enfin on remercie tous nos amis et les personnes qui nous ont aidé ne serait-ce qu'avec un mot.*

Liste des abréviations

- **PVC** : polychlorure de vinyle
- **PE** : Polyéthylène
- **PP** : polypropylène
- **PMMA** : poly méthacrylate de méthyle
- **PEBD** : Polyéthylène basse densité
- **MF** : mélamine-formol
- **PEHD** : Polyéthylène haute densité
- **PC** : polycarbonate
- **ABS** : Acrylonitrile Butadiène Styène
- **PLA** : acide poly lactique
- **PLA** : acide poly lactique
- **PBS** : poly butylène succincte
- **PHA** : poly hydroxy alcoolate
- **PHB** : poly hydrox butyrate
- **PS** : Polystyrène
- **PET** : Polyesters et polyéthylène téréphtalate
- **POM** : Poly acétals ou polyoxméthène
- **PA** : Polyamides
- **PUR** : Polyuréthanes
- **PF** : phénoplastes
- **MF** : Aminoplastes

Liste des figures

Figure. 1: présentation de l'entreprise ENIEM.....	4
Figure. 2 : chronologie du développement de plastique.....	8
Figure. 3: tour de distillation atmosphérique	11
Figure. 4: le vapocraquage	12
Figure. 5: matière plastique.....	13
Figure. 6: presse d'injection plastique	20
Figure. 7: presse horizontale	21
Figure. 8: presse verticale.....	22
Figure. 9 : vue de dessus	25
Figure. 10: vue de dessous	25
Figure.11: vue de face	25
Figure.12: photo schématisée de la pièce.....	25
Figure 13 : dessin de définition du joint de tube d'écoulement	26
Figure.14: moule d'injection plastique	27
Figure.15: fonctionnement du moule à tiroir	30
Figure.16: moule à tiroir	30
Figure. 17: plaque fixe (partie fixe du moule)	32
Figure. 18: empreinte fixe	32
Figure. 19: porte empreinte fixe.....	33
Figure. 20 : doigt de démoulage.....	33
Figure. 21: colonne de guidage	34
Figure.22: sabot.....	34
Figure. 23: Tétine L90.....	35
Figure. 24: buse d'injection	35
Figure. 25: semelle fixe.....	35
Figure. 26: couronne de centrage	36
Figure.27: Plaque mobile (partie mobile du moule)"	36
Figure. 28: bague de guidage Di 16	36
Figure. 29: Bague de guidage Di 20.....	37
Figure. 30: glissière	38
Figure. 31: plaque éjectrice	38
Figure. 32: contre plaque éjectrice	39
Figure. 33: colonne de guidage	39
Figure.34: éjecteur tubulaire	40

Liste des figures

Figure. 35: éjecteur carotte.....	40
Figure.36: tasseau.....	40
Figure. 37: semelle mobile.....	41
Figure. 38: tiroir	41
Figure. 39 : seuil annulaire.....	48
Figure. 40: propriétés de masse de la pièce.....	54
Figure.41: plateau d'une presse.....	57
Figure. 42: caractéristiques dimensionnelles de la presse 550T	58
Figure. 43: variation de pression/temps	61
Figure. 44: variation de la chaleur massique des polymères en fonction e la température	62
Figure.44 : Présentation de la colonne de guidage de batterie	68

Liste des tableaux

Tableau. 1: Capacité d'injection	53
Tableau. 2: conditions ou paramètres d'injection des plastiques ou des polymères.....	56
Tableau. 3: caractéristiques de la presse 550T.....	59
Tableau. 4: Valeurs indicatives du coefficient de sécurité.....	66

Sommaire

Remerciements

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale..... 01

Chapitre I : Aspect général sur les matières plastiques

1. Histoire du plastique	06
2. Origines de la matière plastique	09
2.1. Origines naturelles	09
2.2. Origines végétales	09
2.3. Origines animales.....	10
3. Processus de fabrication des matières plastiques	10
3.1. Du pétrole au naphta	10
3.2. Du naphta aux monomères (traitement par vapocraquage).....	11
3.3. Des monomères aux polymères	12
4. Les composants de la matière plastique	13
5. Les différents groupes de matières plastiques	14
5.1. Les thermoplastiques	14
5.2. Les thermodurcissables	15
5.3. Les élastomères	15
6. Les propriétés des matières plastiques	15

Table des matières

7.Présentation du polychlorure de vinyle	15
7.1. Définition	16
7.2. Caractéristiques	16
7.3. Les avantages	16
7.4. Les domaines d'applications	17
8. Conclusion	17

Chapitre II : mise en œuvre des matières plastiques

1.Introduction	18
1.1. Pour les thermoplastiques	18
1.2. Pour les thermodurcissables	18
2.L'injection plastique	18
3.Différents Architectures de presse d'injection	20
3.1. Presse horizontale	20
3.2. Presse verticale	21
4.Types de presses à injection	22
4.1. Presse à injection simple	22
4.2.Presse à injection multi-matière et multi-couleur.....	22
4.3.Presse à injection sandwich	22
4.4.Presse à injection assistée par gaz	22
5.Principales caractéristiques	22
6.Les différentes parties d'une presse d'injection	22
6.1.Unité d'injection	22
6.2.Unité de fermeture.....	23

Table des matières

6.2.1.Le moule	24
7.Le choix d'une presse	24
8.Conclusion	24

Chapitre III : Conception d'un moule d'injection plastique

1.Introduction	25
2.Définition de la pièce (joint de tube d'écoulement)	25
2.1.Le poids de la pièce	26
2.2.Le rôle du joint de tube d'écoulement	26
2.3.Le but de fabrication de cette pièce	27
3.Définition d'un moule injection	27
3.1.Processus de fabrication	28
4.Les Caractéristiques du moule	28
4.1.Caractéristiques chimiques	29
4.2. Caractéristiques physiques	29
5.Les différents moules d'injection plastique	29
5.1.Moule à tiroir	30
5.2. Moule à deux plaques	31
5.3. Moule à trois plaques	31
5.4. Moule à coquilles	31
5.5. Moule à canaux chauffant	31
6.Conception d'un moule a injection plastique	31
6.1.Matériaux utilisés	31

Table des matières

7.Architecture du moule	32
8.Fonction d'un moule d'injection plastique	41
8.1.Fonction alimentation	42
8.2.Fonction mise en forme	42
8.3.Fonction éjection	42
8.4.Fonction régulation thermique	43
8.5.Fonction guidage /positionnement	44
8.6.Fonction manutention, stockage, sécurité et liaison machine	45
9.Choix des plans de joint	46
9.1.Le plan de joint	46
9.2.La ligne de joint	46
10.Alimentation du moule	47
10.1.Système d'alimentation du moule	47
10.2.Rôle de système d'alimentation	47
10.3.Les différents modes d'alimentation	48
11.Choix du dispositif d'éjection	49
12.Les différents types d'éjecteurs.....	49
12.1.Ejecteurs cylindriques	49
12.2.Ejecteur tubulaires	50
12.3.Ejecteur plaque	50
12.4.Ejecteur latéral	50
12.5.Ejecteur a lame	50
12.6.Ejection des carottes	50

Table des matières

13.Système de refroidissement	50
13.1.Circuit de refroidissement	50
13.2.Description du circuit de refroidissement	51
13.3.Temps de refroidissement	52
14.Conclusion	52

Chapitre IV : Calculs et vérifications

1.Introduction	53
2.Choix de la machine	53
2.1.Capacité d'injection	53
2.2.Calcul de la force de fermeture	55
2.3.La puissance de plastification	57
2.4.La distance entre les colonnes	57
2.5.Epaisseur minimale du moule	58
2.6.Le bilan thermique	60
2.6.1.Le temps de refroidissement	60
2.6.2.Temps du cycle	60
2.6.3.Calcul de la quantité de chaleur à extraire de la pièce	61
2.6.4.Calcul de température de sortie d'eau	62
2.6.5.Calcul du débit de l'eau.....	63
2.6.6.Dimensionnement de circuit de refroidissement	64
3.Resistance des matériaux	65

Table des matières

3.1. Résistance des éléments du moule au matage	65
3.1.1. Condition de résistance au matage	65
3.2. Résistance du plan de joint.....	66
3.2.1. Partie fixe	66
3.2.2. Partie mobile	67
3.3. Vérification des colonnes de guidages au cisaillement	68
3.4. Vérification des vis de fixation de la porte empreinte mobile et des tasseaux au cisaillement	68
3.4.1. La condition de résistance	68
3.5. Vérification des vis de fixation de la semelle mobile avec les tasseaux au cisaillement ..	69
3.5.1. Condition de résistance	69
4.Conclusion.....	70
Conclusion générale	71

Références bibliographiques

Situation géographique

L'ENIEM est une entreprise publique issue de la restructuration organique de « SONELEC ».son siège social se situe au chef-lieu de la wilaya de Tizi-Ouzou .les unités de production froid, cuisson, et climatisions sont implantées à la zone industrielle Aissat Idir a oued Aissi distante de 7km du chef-lieu de la wilaya.

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

Filiale 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.

Mission de l'ENIEM [14]

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.

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 couts de non qualité en améliorant la maitrise des processus de

Présentation de l'ENIEM

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.

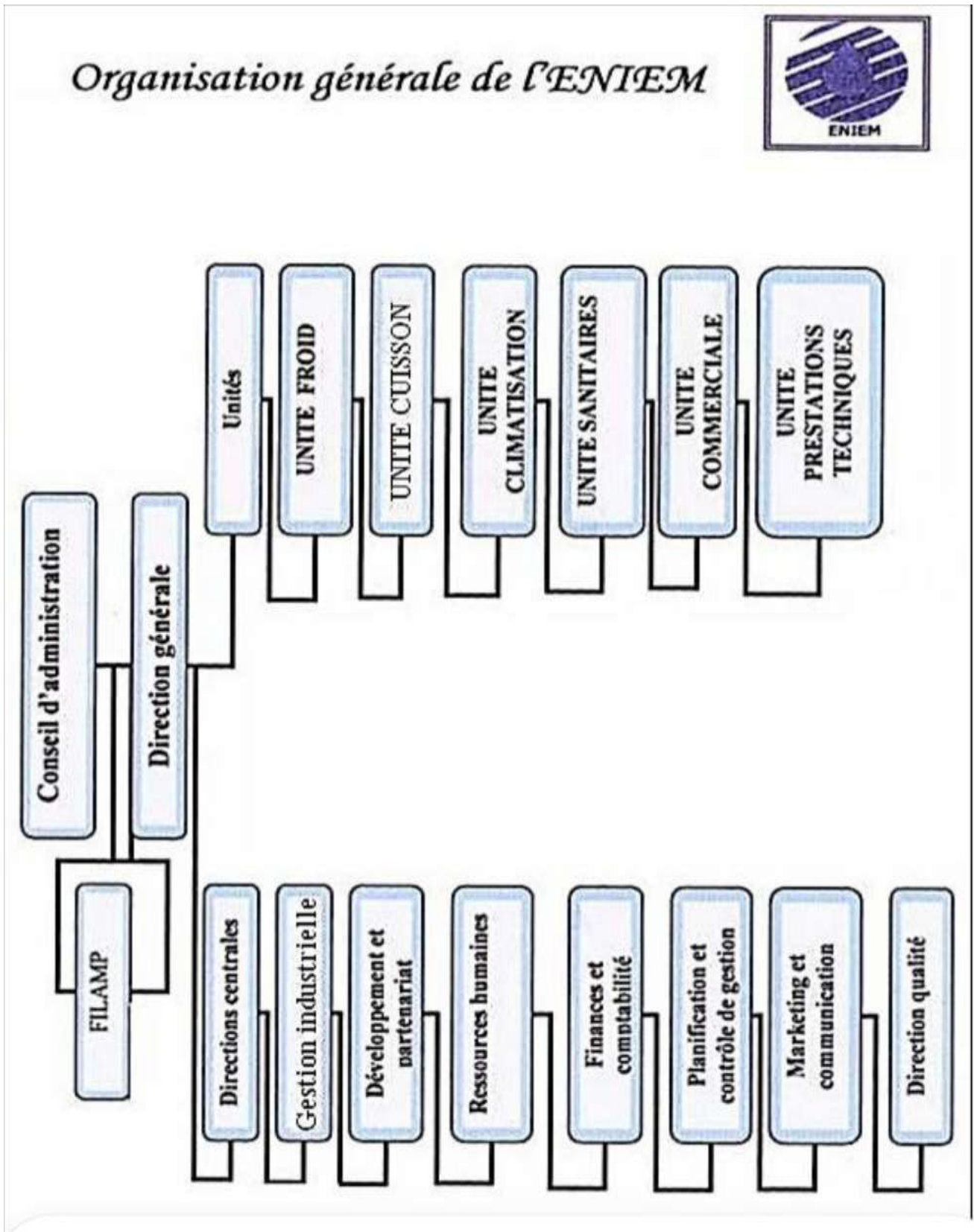


Figure. 1: présentation de l'entreprise ENIEM

Introduction générale

Introduction générale

De nos jours, les composants en thermoplastique jouent un rôle de plus en plus crucial dans divers secteurs, notamment l'automobile, le mobilier et les appareils électroménagers. Dans ces domaines hautement concurrentiels et en constante évolution, les ajustements de conception sont devenus courants et indispensables. Afin d'améliorer sa gamme de produits, l'ENIEM (Société Nationale de l'industrie de l'électroménager) s'engage à améliorer la conception de nombreuses pièces de ses produits. Pour ce faire, elle doit maîtriser les outils techniques actuels tels que les logiciels de conception et de fabrication, comme SOLIDWORKS. Une fois la conception terminée, en particulier pour les pièces complexes, le processus de fabrication passe par le moulage par injection.

Dans le cadre de notre mémoire de fin d'études, le bureau d'études de l'entreprise nous a confié la mission de concevoir un moule d'injection plastique pour le joint de fixation du tube d'écoulement du congélateur modèle BAHUT.

Ce travail est divisé en quatre chapitres. Après cette introduction générale, le chapitre 1 abordera les concepts fondamentaux des matériaux plastiques, tandis que le chapitre 2 se concentrera sur leur mise en œuvre. La conception du moule sera le sujet du chapitre 3, et le chapitre 4 sera consacré à la validation des calculs. Nous concluons notre travail par une synthèse générale.

chapitre I



**Aspect général
sur les matières
plastiques**



1. Histoire du plastique [7]

Les premières matières plastiques imitaient l'ivoire et la soie et ne touchaient qu'un marché limité. Le secteur a décollé après la Seconde Guerre mondiale avec la montée en puissance du PVC. Très vite, les plastiques bon marché ont conquis la planète entière.

Les plastiques font partie du quotidien de milliards d'individus et sont également très utilisés dans l'industrie. On en produit plus de 400 millions de tonnes par an dans le monde. Mais de quoi s'agit-il au juste ? Le terme fait référence à un ensemble de matériaux synthétiques fabriqués à partir d'hydrocarbures et formés par polymérisation, c'est-à-dire par une série de réactions chimiques déclenchées sur des matières premières organiques (contenant du carbone), principalement du gaz naturel ou du pétrole brut. Leurs propriétés seront différentes selon le type de polymérisation utilisé : ils seront durs ou mous, opaques ou transparents, souples ou rigides.

Le premier plastique est présenté à Londres lors de l'Exposition universelle de 1862. Baptisé « Parkésine » d'après le nom de son inventeur, Alexander Parkes, c'est un matériau organique fabriqué à partir de cellulose qui est moulé à chaud et conserve sa forme après refroidissement. Quelques années plus tard, John Wesley Hyatt met au point le celluloïd : il transforme la nitrocellulose en un plastique déformable en la chauffant, en la mettant sous pression et en y ajoutant du camphre et de l'alcool. Le celluloïd remplace l'ivoire des boules de billard et l'écaille de tortue des peignes et connaît par la suite un grand succès dans l'industrie cinématographique et photographique. En 1884, le chimiste Hilaire de Chardonnet brevète une fibre synthétique connue sous le nom de « soie Chardonnet ». Elle est ensuite remplacée par la rayonne ou viscose, un plastique semi-synthétique fabriqué à partir de cellulose modifiée chimiquement et moins cher que les fibres naturelles comme la soie.

Les premiers plastiques étaient donc à base de matières premières naturelles. Il faudra attendre 40 ans avant qu'un plastique entièrement synthétique ne soit mis au point. En 1907, en effet, Leo Hendrik Baekeland améliore les procédés de réaction entre le phénol et le formaldéhyde et invente la bakélite, le premier plastique vierge de toute molécule présente dans la nature. La bakélite sera vantée pour ses propriétés isolantes, sa solidité et sa résistance à la chaleur.

Cinq ans plus tard, Fritz Klatt brevète le polychlorure de vinyle, plus connu sous le nom de PVC ou de vinyle. Jusqu'au milieu du XXe siècle, les plastiques s'adressent à un marché relativement restreint. Le PVC ne décolle véritablement sur le plan commercial qu'avec la

découverte qu'il peut être fabriqué à partir d'un sous-produit de l'industrie chimique : le chlore qui résulte de la production d'hydroxyde de sodium (ou soude caustique) peut en effet servir de matière première bon marché

Cette découverte marque le début d'un essor rapide et ininterrompu. La demande augmente sensiblement durant la Seconde Guerre mondiale, car il sert à isoler les câbles des navires de guerre. On s'aperçoit progressivement que ce matériau est nocif pour l'environnement et la santé humaine, mais cela n'empêche pas l'industrie pétrochimique de tirer profit des possibilités qu'il offre. Depuis, le PVC est devenue la matière plastique la plus utilisée pour un grand nombre de produits domestiques et industriels.

Le polyéthylène (PE) gagne lui aussi ses lettres de noblesse au côté du PVC. Inventé dans les années 1930, il sert à fabriquer des bouteilles destinées à contenir des boissons, des sacs à provisions et des contenants alimentaires. Plus tard, le chimiste Giulio Natta met au point le polypropylène (PP) dont les propriétés sont semblables à celles du polyéthylène et dont l'utilisation ira croissant dans les années 1950. Il est aujourd'hui utilisé pour différents produits de la vie quotidienne comme les emballages, les sièges pour enfants et les canalisations.

L'image positive des plastiques contribue à leur essor. Ils sont considérés comme modernes, propres et dans l'air du temps. Ils évincent peu à peu les autres produits jusqu'à être présents à peu près partout. Aujourd'hui, le PVC, le polyéthylène et le polypropylène sont les plastiques les plus utilisés dans le monde.

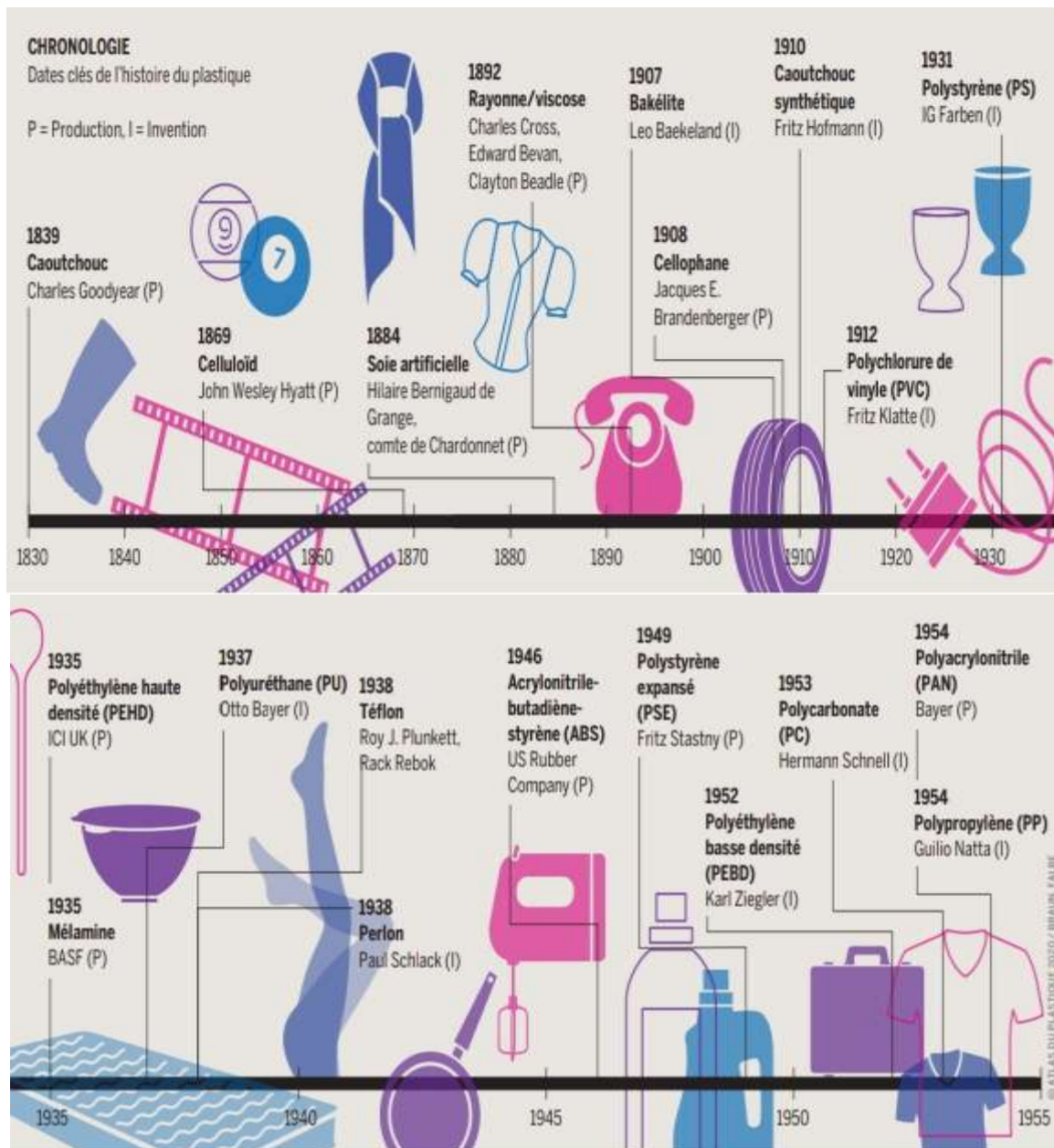


Figure. 2 : chronologie du développement de plastique [16]

2. Origines de la matière plastique : [1]

L'origine du plastique remonte au milieu du 19^e siècle. Le premier plastique synthétique commercial a été développé par Alexander Parkes en 1856 et il l'a appelé "Parkésine". Il était fabriqué à partir de cellulose, un composant trouvé dans les parois cellulaires des plantes. Cependant, le Parkésine s'est avéré être trop coûteux à produire et n'a pas connu un succès commercial durable.

Plus tard, en 1907, Leo Hendrik Baekeland a inventé un nouveau type de plastique appelé la bakélite. La bakélite était fabriquée à partir de phénol et de formaldéhyde, et elle était utilisée pour produire des objets moulés et des revêtements résistants à la chaleur et à l'électricité. La bakélite a été la première résine synthétique à base de pétrole à être largement utilisée et a ouvert la voie au développement de nombreux autres types de plastiques.

Au fil des années, de nombreux autres plastiques ont été développés en utilisant diverses matières premières et procédés chimiques. Les plastiques modernes sont généralement fabriqués à partir de polymères dérivés du pétrole brut, tels que le polyéthylène, le polypropylène et le polystyrène.

2.1. Origines naturelles

Les plastiques d'origine naturelle, également connus sous le nom de bioplastiques, ont été fabriqués à partir de matières premières renouvelables telles que les plantes, les algues, les bactéries et les déchets organiques [2]

- *PLA (acide poly lactique)*
- *PBS (poly butylène succinate)*
- *PHA (poly hydroxy alcoolate)*
- *Starch-based plastics (plastiques à base d'amidon)*
- *PHB (poly hydrox butyrate)*

2.2. Origines végétales

Les matières plastiques d'origine végétale, également connues sous le nom de bioplastiques, sont fabriquées à partir de matières premières dérivées de sources végétales telles que les plantes et les cultures, telles que

- *Amidon de maïs*
- *Canne à sucre Huiles végétales*
- *Fibres végétales*

2.3. Origines animales

Les matières plastiques d'origine animale, également connues sous le nom de bioplastiques d'origine animale, sont des polymères qui sont dérivés de sources animales plutôt que de sources fossiles. Voici quelques exemples de matières plastiques d'origine animale :

- *Kératine*
- *Chitosane*
- *Gélatine*
- *Caséine*

3. Processus de fabrication des matières plastiques [8]

Les différentes matières plastiques sont fabriquées principalement à partir d'hydrocarbures, du composé organique présent notamment dans le pétrole brut.

On découvrira dans cette partie en détails les aspects relatifs à la transformation du pétrole en plastique.

Le pétrole (du latin « *Petra* » et « *oléum* » : « huile de pierre ») est une huile minérale naturelle utilisée comme source d'énergie. Il est issu d'un mélange d'hydrocarbures (molécules composées de carbone et d'hydrogène) associé à d'autres atomes. Certains de ses composants peuvent être gazeux, liquides et parfois solides, en fonction de la température et de la pression. Dense, facilement stockable et transportable, le pétrole fournit la grande majorité des carburants liquides. Il est aussi utilisé, dans le domaine de la pétrochimie, pour la production des plastiques, entre autres.

3.1. Du pétrole au naphta

Après avoir été extrait du sous-sol, le pétrole brut est envoyé dans une raffinerie. Le pétrole brut est un mélange de milliers de constituants, qu'il faut séparer pour pouvoir les exploiter. En raffinant le pétrole, on obtient du :

- Fioul pour le chauffage
- Gazole, du kérosène et de l'essence pour les moyens de transport
- Naphta, transformé dans les usines chimiques.

Le NAPHTA C'est ce dernier composant obtenu grâce au raffinage qui constitue la matière première des matériaux plastiques.

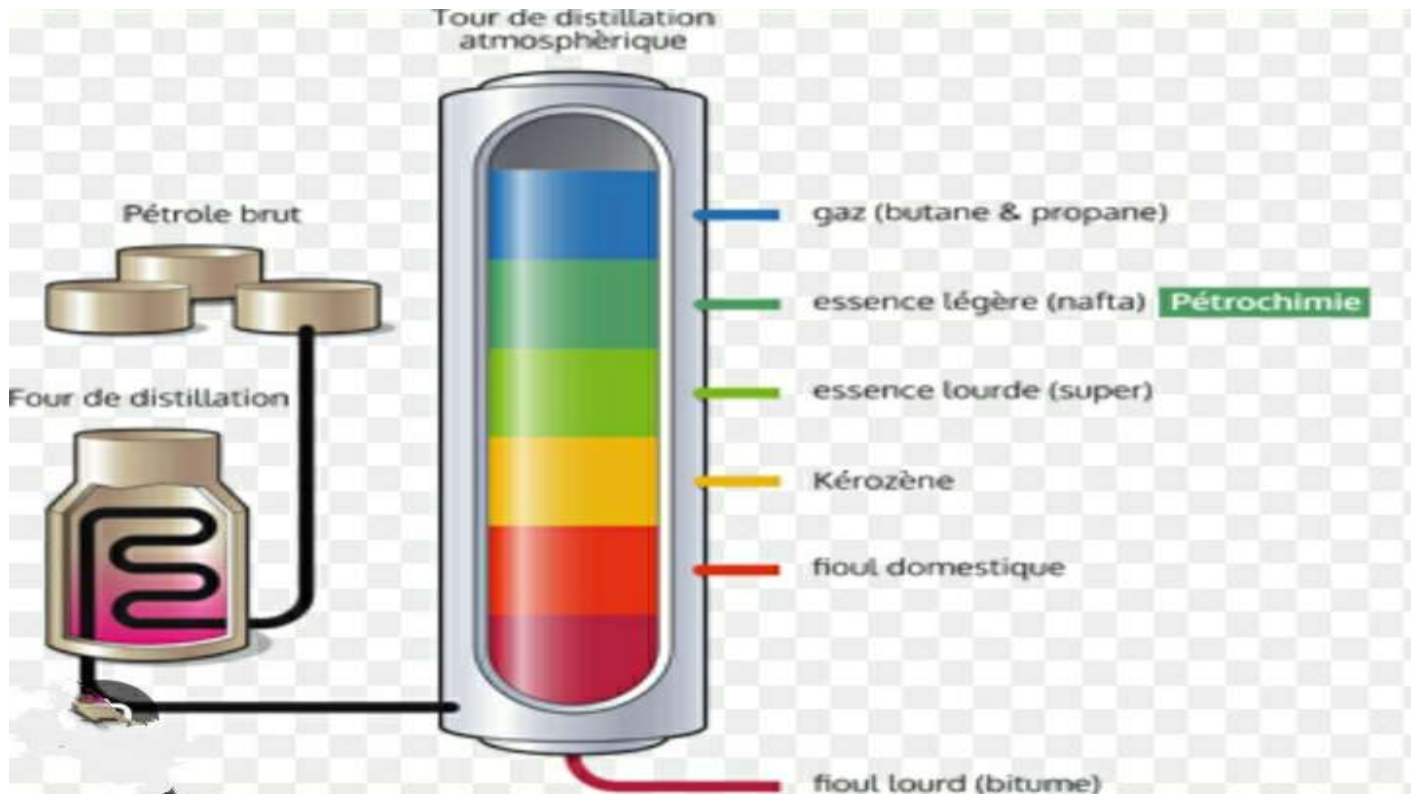


Figure.3 : tour de distillation atmosphérique

La première étape consiste à séparer les constituants du pétrole, grâce au procédé de distillation fractionnée, car les constituants du pétrole ont des masses différentes et donc des points d'ébullition différents. Sous l'action de la chaleur, les molécules se transforment en gaz et s'élèvent dans la tour de distillation. Elles se condensent progressivement car plus elles s'élèvent et moins il fait chaud.

Le naphta se condense entre 180°C et 40°C. Il doit ensuite être transformé, lors de la phase de craquage (chauffage puis refroidissement brutal). Par ce traitement, on obtient de petites molécules (solides ou liquides), qui contiennent entre 2 et 7 atomes de carbone : les monomères, produits chimiques de base pour fabriquer les matières plastiques.

3.2. Du naphta aux monomères (traitement par vapocraquage)

Le vapocraquage est un procédé pétrochimique qui consiste à obtenir, à partir d'une coupe pétrolière telle que le naphta, ou d'alcane légers, des alcènes (éthylène, propylène) mieux valorisés. Ces alcènes sont principalement à la base de l'industrie des matières plastiques (polyéthylène, polypropylène, etc.).

Le naphta est ensuite transformé par craquage. C'est un procédé thermique qui permet de

fractionner les molécules composant les essences en des molécules différentes de plus faibles tailles (hydrocarbures légers). On obtient ainsi de nouveaux corps gazeux comme l'éthylène, C_2H_4 , le propylène (propène), C_3H_6 , le butylène (butène), C_4H_8 , et d'autres hydrocarbures.

Avec l'éthylène, on obtient par réaction chimique avec d'autres corps, d'autres hydrocarbures comme le styrène et le chlorure de vinyle qui sont aussi des produits de départ pour différentes matières plastiques. Pour cela, on essaie d'augmenter le rendement en éthylène en utilisant une température de craquage de $850^\circ C$. Ainsi on obtient un rendement de plus de 30%.

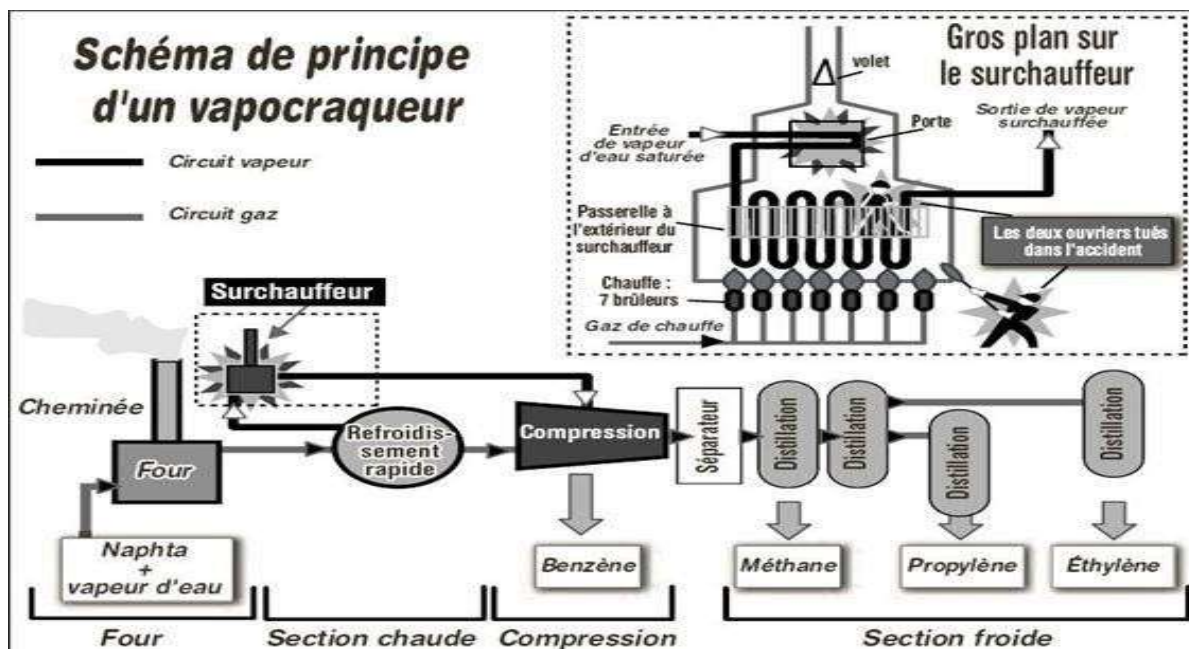


Figure.4 : le vapocraquage

3.3. Des monomères aux polymères

Pour fabriquer les matières plastiques, on met en réaction les monomères, afin de former un polymère. Cette deuxième étape s'appelle la polymérisation.

Il existe deux types de réactions pour produire des polymères.

- Dans les réactions « d'addition », le polymère est constitué d'une chaîne du même monomère. C'est la réaction qui permet la fabrication du polyéthylène (PE) des sacs plastiques ou le polypropylène (PP) des flacons souples

- Dans les réactions de condensation, le polymère est constitué d'une chaîne de deux monomères. Elles sont utilisées dans la fabrication du polyéthylène téréphtalate (PET) des bouteilles d'eau et de sodas
- À la sortie du vapocraqueur, on obtient surtout des oléfines telles que l'éthylène, le propylène, le butadiène, l'isobutène, le n-butène et l'isoprène. Ce sont des produits intermédiaires qui, par des traitements appropriés (chloration, oxydation, polymérisation, etc.) donnent naissance à toute une gamme de produits nouveaux. Les schémas ci-après montrent toutes les possibilités de fabrications à partir de ces grands intermédiaires.

4. Les composants de la matière plastique

Une résine à mouler est composée en général d'un nombre important de produit : la matière de base (le polymère), les charges (0 à 60%), le colorant (1 à 5%), les adjuvants (0 à 3%), les stabilisants (1 à 2%), les plastifiants (0 à 50 %). Il est donc indispensable d'être très prudent sur les propriétés des plastiques qui peuvent variés dans des proportions importantes suivants le taux de résine pure. (Baisse des propriétés mécaniques, migrations des plastifiants etc....)

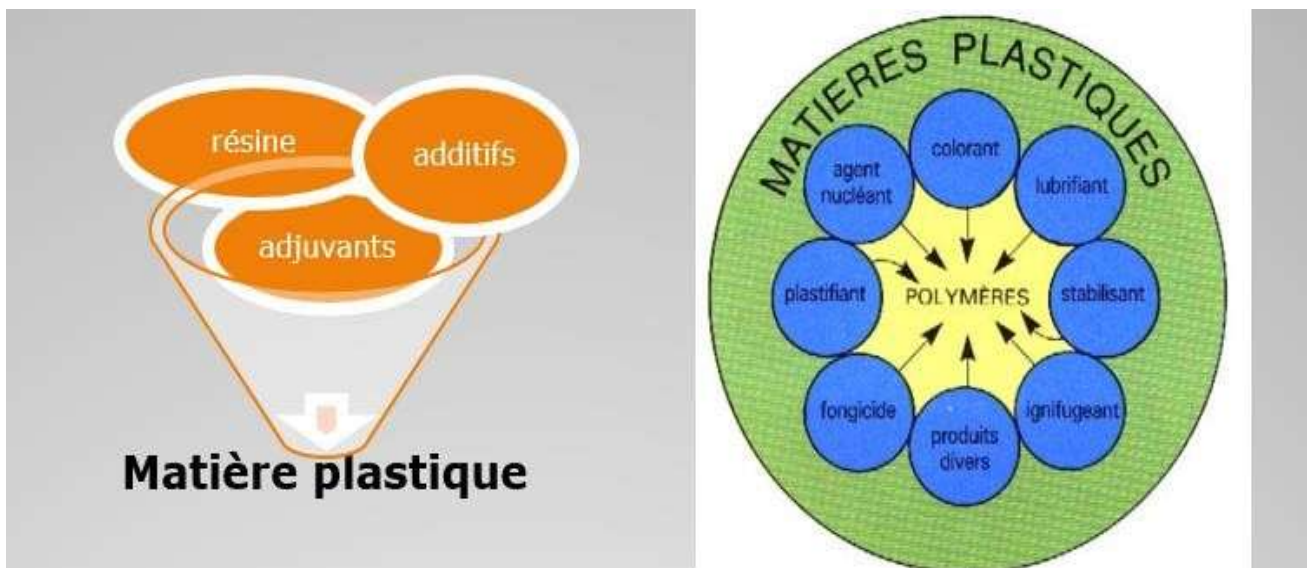


Figure.5 : matière plastique

- *Les additifs*
- *Les adjuvants*
- *Les colorants ou pigments*
- *Les antis UV*
- *Les ignifugeants*
- *Les antis oxydants*
- *Les lubrifiants*
- *Les antistatiques*
- *Les agents gonflants*
- *Les fongicides*

5. Les différents groupes de matières plastiques [6]

Introduction

Des mouvements se traduisent par des déplacements de grande ampleur sous l'influence de contraintes macroscopiques externes, le milieu devient plastique sous l'effet de la température.

Ces thermoplastiques ne demandent qu'une possibilité de déplacement relatif illimité des chaînes. Il faut qu'aucun nœud ne s'y oppose. Pour le reste ce n'est qu'une question de temps. En revanche, si les chaînes sont liées entre elles chimiquement et forment des réseaux impossibles à défaire sans rupture, on a affaire à des polymères dits réticulés.

Pour former ces réseaux on part nécessairement d'ensembles à structure moins dense, thermoplastique ; on dit avoir affaire à des produits thermodurcissables

Pour les élastomères que l'on réticule en une deuxième opération appelée vulcanisation, on fixe la forme de l'objet préalablement moulé dans son état thermoplastique et on déclenche la vulcanisation par la chaleur

5.1. Les thermoplastiques

Sous l'effet de la chaleur, les thermoplastiques ramollissent et deviennent souples. On peut alors leur donner une forme qu'ils garderont en refroidissant.

La transformation est réversible et renouvelable un grand nombre de fois, les thermoplastiques sont ainsi facilement recyclables. Cependant ils ne sont pas biodégradables et ont une « durée de vie » de plusieurs centaines d'années.

Ce sont les matières plastiques les plus utilisées (notamment PE et le PVC).

5.2. Les thermodurcissables

Ces plastiques prennent une forme définitive au premier refroidissement : ils deviennent durs et ne se ramollissent plus une fois moulés. La technique de fabrication est difficile à mettre en œuvre mais elle produit des matériaux très solides et très résistants aux agressions chimiques et à la chaleur.

Les aminoplastes sont les plastiques thermodurcissables les plus utilisés.

5.3. Les élastomères

Les élastomères sont élastiques : ils se déforment et tendent à reprendre leur forme initiale et supportent de très grandes déformations avant rupture. Ce ne sont pas réellement des « plastiques ».

Issu du latex d'Hévéas (arbre d'Amazonie), le caoutchouc naturel est resté longtemps le seul élastomère connu mais les méthodes modernes de fabrication ont permis d'obtenir une grande diversité de matériaux en ajoutant des additifs, accélérateurs, agents protecteurs (anti UV, anti oxygène,) et en les combinant à d'autres matériaux (métaux, textiles, autres plastiques...).

6. Les propriétés des matières plastiques [4]

Les matières plastiques sont des polymères synthétiques, largement utilisés dans de nombreux domaines en raison de leurs propriétés spécifiques. Voici une description détaillée des propriétés des matières plastiques :

- *Résistance mécanique*
- *Légèreté*
- *Résistance chimique*
- *Isolation électrique*
- *Résistance à l'humidité*
- *Transparence*
- *Facilité de transformation*
- *Durabilité*
- *L'imperméabilité*

7. Présentation du polychlorure de vinyle [16]

On a vu précédemment un aperçu sur les matières plastiques d'une manière générale, on a vu les types et même les origines ainsi que les domaines d'application

Et vu que notre travail se rapporte principalement sur la conception d'un moule d'injection plastique pour fixation d'un tube d'écoulement qui est conçue avec la matière du PVC, nous allons donc voir tout ce qui se rapporte à cette matière :

7.1. Définition:

Le PVC, ou polychlorure de vinyle, est un type de plastique thermoplastique couramment utilisé dans l'industrie. Il est fabriqué à partir de monomères de chlorure de vinyle et est connu pour sa résistance, sa durabilité et sa polyvalence.

7.2. Caractéristiques: [5]

- **Résistance** : Le PVC est résistant à de nombreux produits chimiques, à la corrosion, à l'humidité et aux intempéries, ce qui en fait un matériau idéal pour une utilisation en extérieur.
- **Durabilité** : Le PVC est durable et a une longue durée de vie. Il est capable de résister à l'usure, à l'abrasion et à l'impact, ce qui en fait un choix populaire pour les applications industrielles et de construction.
- **Polyvalence** : Le PVC peut être formulé pour répondre à divers besoins. Il peut être rigide ou flexible, transparent ou opaque, selon les additifs utilisés lors de sa fabrication.
- **Isolation** : Le PVC possède d'excellentes propriétés d'isolation électrique et thermique, ce qui le rend approprié pour une utilisation dans les câbles électriques, les fenêtres ...etc
- **Facilité d'entretien** : Le PVC est facile à entretenir. Il peut être nettoyé simplement avec de l'eau et du savon, ce qui en fait un choix pratique pour les applications résidentielles.

7.3. Les avantages

- **Coût** : Le PVC est généralement moins cher que d'autres matériaux tels que le bois, le métal ou le verre, ce qui en fait un choix économique pour de nombreuses applications.
- **Légèreté** : Le PVC est un matériau léger, ce qui facilite son transport, son installation et sa manipulation.
- **Recyclabilité** : est recyclable. Il peut être transformé en nouveaux produits ou utilisé comme matériau de base pour la fabrication d'autres objets, ce qui en fait un choix écologique.

7.4. Les domaines d'applications :

- **Construction** : il est utilisé dans la fabrication de tuyaux, de revêtements de sol, de fenêtres, de portes, de revêtements muraux, de panneaux isolants, etc.
- **Électricité** : il est utilisé pour l'isolation des câbles électriques, les gaines et les conduits électriques.
- **Emballage** : il est utilisé pour la fabrication de films rétractables, de bouteilles en plastique, de blisters, de boîtes et de tubes.
- **Industrie automobile** : il est utilisé pour les revêtements intérieurs, les tapis de sol et les pièces d'isolation dans l'industrie automobile.
- **Santé** : il est utilisé pour la fabrication de tubes médicaux, de poches de sang, de dispositifs médicaux jetables et de revêtements pour sols Hôpital.

8. Conclusion [3]

On conclut donc que les matières plastiques sont omniprésentes dans notre quotidien et offrent de nombreux avantages, notamment en termes de durabilité, de légèreté et de polyvalence. Mais elles posent aussi de nombreux problèmes environnementaux et sanitaires.

Face à ces enjeux, des efforts sont déployés pour réduire l'utilisation du plastique, favoriser le recyclage et développer des alternatives plus durables. Des initiatives telles que l'interdiction des sacs en plastique à usage unique, la promotion de l'utilisation de plastiques biodégradables et composables et l'exploration de nouveaux matériaux plus respectueux de l'environnement indiquent une évolution vers une utilisation plus responsable des plastiques.



chapitre II



**Mise en oeuvre
des matières
plastiques**



1. Introduction

Entamée à l'issue du processus de fabrication des polymères, avant les phases de commercialisation, de consommation et de recyclage des plastiques, la mise en œuvre consiste à transformer les résines plastiques en produits finis ou semi-finis. Et si les opérations changent selon la nature de ces produits, il est néanmoins possible d'inventorier les quelques méthodes principalement employées par les industriels, telles que : l'injection, l'extrusion, le thermoformage, l'enduction, le calandrage et le roto-moulage.

1.1. Pour les thermoplastiques

- L'injection
- L'injection soufflage
- Le moulage par expansion
- L'extrusion
- L'extrusion soufflage
- L'extrusion gonflage
- Le calandrage
- L'enduction
- Le moulage par rotation
- Le thermoformage
- Le thermoformage manuel
- Le thermoformage en ligne

1.2. Pour les thermodurcissables

- La coulée
- Moulage par compression
- Moulage par compression transfert

2. L'injection plastique [9]

La plasturgie existe depuis l'Antiquité avec notamment la caséine, mais elle se développe surtout au cours du 19e siècle avec la mise au point de nouveaux plastiques comme le Chlorure de Vinyle, les Celluloïds ou la Galalithe (à base de lait). À ce stade, ces nouveaux matériaux permettent de fabriquer de petits objets et commencent à se substituer à des matériaux existants. Ils restent néanmoins souvent usinés et non moulés. La première partie du 20e siècle voit les grandes découvertes de nouveaux polymères et des processus industriels. C'est notamment l'apparition de l'injection plastique. Sur cette période, on découvre la Bakélite, le Polychlorure de Vinyle - PVC, Poly méthacrylate de Méthyle - PMMA, le Polyéthylène Haute Densité - PEHD ou encore les Polyamides - PA. La demande pour ces nouveaux matériaux grandit

notamment lors de la Seconde Guerre mondiale. La deuxième partie du 20^e siècle verra l'essor de la plasturgie et ses entreprises seront comme nos start-ups actuelles. Bien que les principaux matériaux aient déjà été découverts, ils vont devenir de plus en plus performants et leur transformation industrialisée, notamment via l'injection plastique. Ainsi, la production de polymères est passée de [1.5](#) million de tonnes en [1950](#) à [348](#) millions de tonnes en [2017](#).

Parmi tous les procédés qu'on a énumérés, l'injection plastique est le procédé le plus utilisé pour l'obtention de la plupart des pièces en plastiques.

✓ **Fonctionnement : [15]**

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.

✓ **Presse d'injection :**

Le fonctionnement d'une presse à injecté pour la production de pièce est relativement simple.

Des granules de 2 à 3 mm de plastique sont versés dans la trémie. Ensuite, cette matière est ramollie en étant portée à 200 c -250 c grâce à l'action combinée de la friction de la vis et des colliers de chauffe. La matière ainsi malléable est poussée vers la buse puis injectée dans le moule grâce au vérin d'injection. La pression d'injection peut atteindre 2500 bars.

La matière se répartit de façon homogène dans la cavité de l'outillage pour prendre sa forme définitive. La pièce est ensuite refroidie en quelques secondes entre 50 c et 80 c afin de le solidifier

La presse ouvre l'outillage et les éventuels tiroirs, la pièce est éjectée par la batterie d'éjection et chute dans un bac ou est saisie par un robot manipulateur. La presse se referme et le cycle recommence.

Les presses à injection plastique sont utilisées dans de nombreux secteurs industriels, notamment l'automobile, l'électronique, les produits ménagers et les jouets, pour produire des pièces en plastique de haute qualité en grandes quantités. Les avantages de la technologie de moulage par injection incluent une production rapide, une grande précision et une répétabilité, ainsi que la possibilité de produire des pièces complexes avec des détails fins.

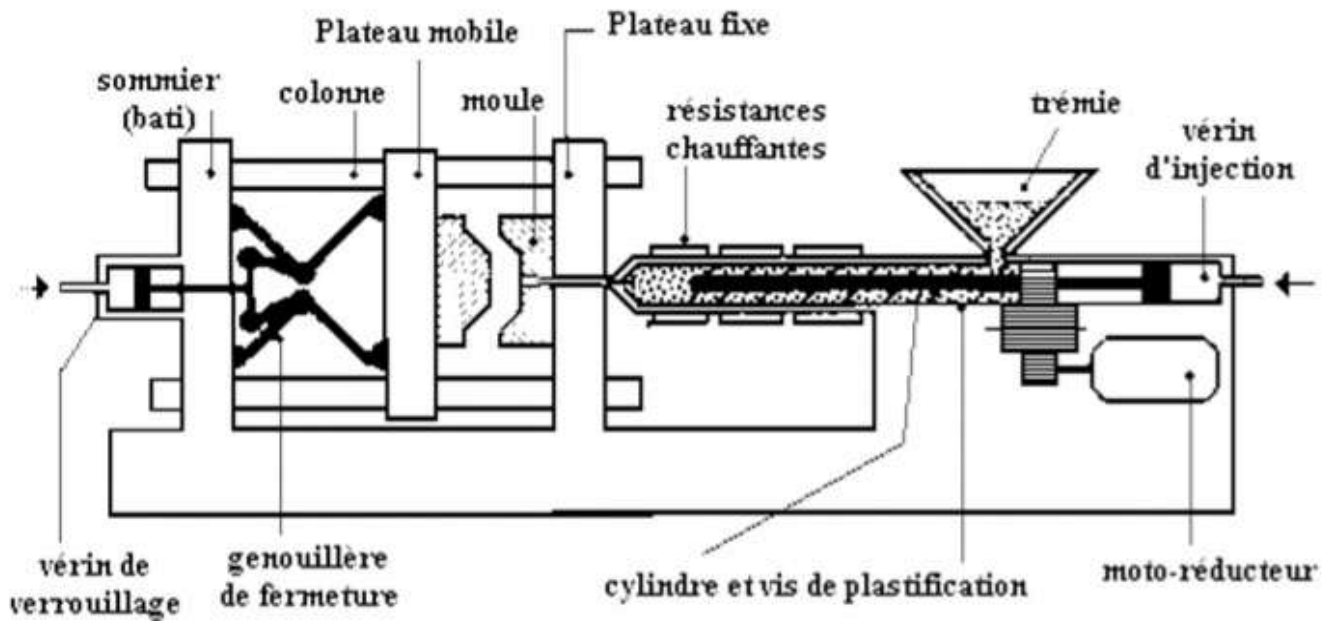


Figure.6 : presse d'injection plastique

3. Différents Architectures de presse d'injection

Il existe différents architectures :

3.1. Presse horizontale

La machine de moulage par injection horizontale est le type le plus courant. Sa partie de serrage de moule et d'injection se trouve à la même position horizontale au centre de la ligne et son moule s'ouvre horizontalement.

Ses caractéristiques sont : un petit corps, facile à utiliser et réparer. Son barycentre est bas, son installation stable. Suite à la confection du produit, on peut utiliser la force gravitationnelle pour le faire descendre automatiquement, ainsi l'éjection immédiate de la pièce. Opération entièrement automatisée facilement réalisable.

Ses défauts sont : l'installation de moule est plutôt difficile, l'insertion de pièce peut inclinée ou faire tomber le moule, la surface d'occupation de sol est plutôt grande. A présent, de nombreuses machines de moulage par injection sur le marché utilisent cette forme.

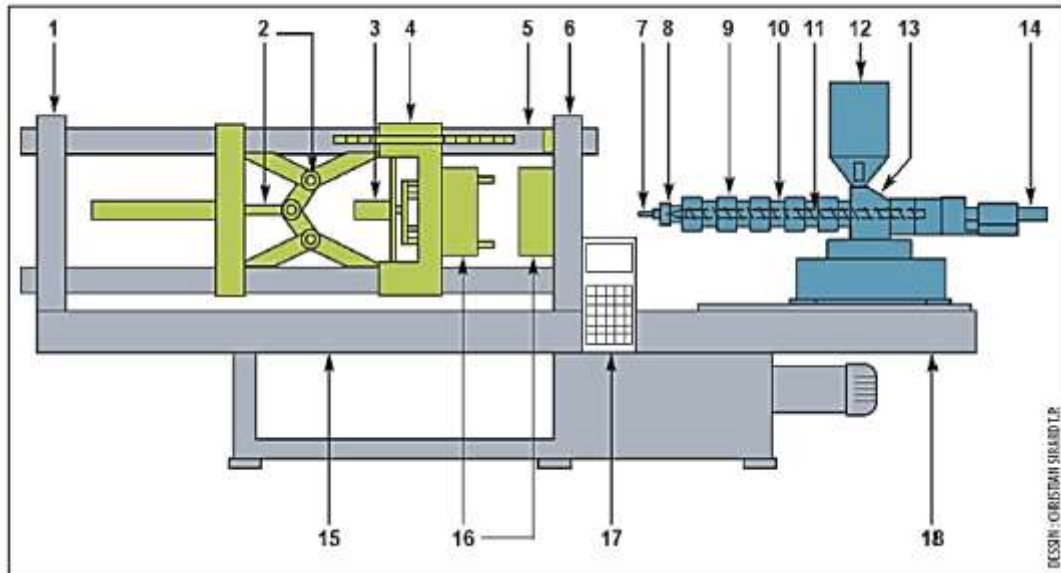


Figure.7 : presse horizontale

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
5. 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

3.2. Presse verticale

Elle a un encombrement au sol limité mais la hauteur peut devenir gênante et la stabilité laisse à désirer.

La mise en place du moule est malaisée, le chargement de la trémie peu commode et les organes supérieurs sont peu accessibles. Les cadences élevées ne sont guère possibles, l'automatisation est plus difficile car les pièces ne tombent plus d'elles-mêmes.

Pratiquement ce type de machine garde son intérêt dans les fabrications de pièces avec insertions, car le moule est très accessible et les prisonniers tiennent souvent en place par gravité. Les surmoulages sont également faciles ainsi que la fabrication de certaines pièces de précision.

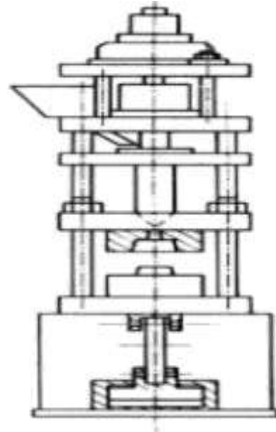


Figure.8 : presse verticale

4. Types de presses à injection

4.1. Presse 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.

4.2. Presse à injection multi-matière et multi-couleur

4.3. Presse à injection sandwich

4.4. Presse à injection assistée par gaz

5. Principales caractéristiques

- Bien que ce soit une machine de grande envergure, comme son corps est basse, aucune limite de hauteur n'est impliquée pour son installation dans l'usine.
- Comme le produit descend automatiquement, il n'est pas nécessaire d'utiliser de robot industriel, pour réaliser un façonnage automatique.
- Comme le corps est bas, l'alimentation en matériaux est pratique, l'inspection et la réparation sont faciles.
- Le moule doit être installé grâce à un chariot-grue.
- Si plusieurs machines sont en parallèle ou en série, les produits peuvent être facilement récoltés par un convoyeur à bande pour l'emballage.
- Les cadences de travail sont très élevées.

6. Les différentes parties d'une presse d'injection

6.1. 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.

b. Caractérisation du système d'injection

- *La capacité d'injection :*

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

- *La capacité d'injection horaire*

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

- *La pression maximale d'injection*

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

6.2. Unité de fermeture

Ce système assure les fonctions, fermeture, verrouillage, ouverture et démoulage.

Le dispositif de manœuvre des plateaux porte-moule doit assurer l'ouverture, la fermeture et le verrouillage du moule avec une force suffisante pour s'opposer à l'ouverture du moule pendant l'injection. Ce groupe comprend deux plateaux : l'un est mobile, l'autre est fixe. La force de fermeture est la force nécessaire pour maintenir les deux parties du moule fermées pendant son remplissage sous haute pression. Ces fonctions importantes peuvent être assurées

de différentes manières soit mécanique, hydraulique ou mixte.

6.2.1. Le moule

La matière plastifiée par une vis dans un cylindre chauffé est injectée sous pression dans un moule, au contact du métal froid, elle se solidifie et conserve les formes de l’empreinte, le moule joue un rôle essentiel dans l’injection, c’est lui qui assure la mise en forme de la matière, la partie fixe du moule comporte, une plaque porte empreinte femelle, quatre colonnes de guidage, une plaque semelle, une buse d’injection, et une bague de centrage, quant à la partie mobile, elle comporte, une plaque porte empreinte male, des bagues de guidage des colonnes, des tasseaux, une batterie d’éjection composée de deux plaques et d’éjecteurs cylindriques, et enfin, une plaque semelle.

7. 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

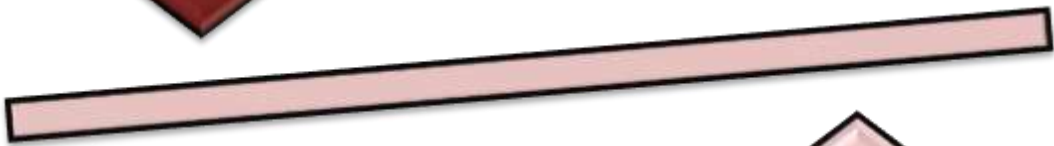
8. Conclusion

Dans ce processus de fabrication, des pièces en plastique de forme complexe (parfois même des alliages d’aluminium) peuvent être produites, généralement en une seule opération. Le moulage par injection plastique est le procédé le plus courant dans ce domaine. Et dans Un environnement concurrentiel cela nécessite des mises à jour constantes de la conception. Et dans le but de l’innovation et l’actualisations des designs un simple remodelage suffit.

chapitre III



**Conception d'un
moule d'injection
plastique**



1. Introduction

Le but de la production est de fabriquer des pièces ayant le minimum de rebuts avec le moindre coût. Sur les chaînes de montage, on assemble ces pièces dans le but d'avoir un produit prêt à vendre, c'est le cas de joint du tube d'écoulement fabriqué au sein de l'entreprise **ENIEM** qui fera l'objet de notre travail.

Dans ce chapitre nous allons présenter les différentes informations et étapes essentielles dans la conception de notre moule. Ainsi pour répondre aux besoins de l'entreprise, nous allons étudier et calculer tous les paramètres rentrant dans la conception de ce moule d'injection plastique du joint de tube d'écoulement.

2. Définition de la pièce (joint de tube d'écoulement)

Le joint du tube d'écoulement d'un congélateur est une pièce d'étanchéité située à l'endroit où le tube d'écoulement du congélateur se connecte à l'unité de congélation ou au compartiment de congélation.



Figure.9 : vue de dessus



Figure.10 : vue de dessous



Figure.11 : vue de face

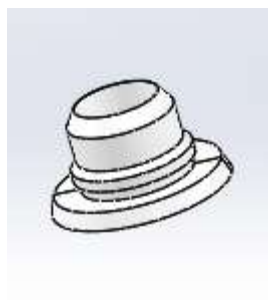


Figure. 12 : photo schématisée de la pièce

2.3. Le but de fabrication de cette pièce

L'entreprise veut la fabrication de cette pièce dans le cadre de l'intégration du modèle congélateur BAHUT et vu que le prix de la pièce en question est très élevé donc l'entreprise a opté pour sa fabrication en interne.

3. Définition d'un moule injection [11]

Un moule d'injection plastique est un dispositif utilisé dans le processus de fabrication de pièces en plastique par injection. Il est conçu pour donner la forme souhaitée au plastique fondu et le refroidir rapidement pour qu'il durcisse et prenne la forme de la cavité du moule. Le moule d'injection plastique est généralement composé de deux parties principales : la partie supérieure, appelée empreinte, et la partie inférieure, appelée noyau. L'empreinte et le noyau s'assemblent pour former une cavité creuse qui représente la forme de la pièce en plastique finale.

Pour fabriquer une pièce en plastique à l'aide d'un moule d'injection, le plastique sous forme de granulés est chauffé jusqu'à ce qu'il devienne liquide. Ensuite, il est injecté sous haute pression dans la cavité du moule à travers une buse d'injection. Une fois que la cavité est remplie, le plastique est laissé à refroidir et durcir pendant un certain temps, puis le moule est ouvert pour libérer la pièce moulée.

Les moules d'injection plastique peuvent être fabriqués à partir de différents matériaux, tels que l'acier ou l'aluminium, en fonction des exigences de production et de la durabilité souhaitée. Ils peuvent également être conçus pour produire des pièces simples ou des pièces complexes avec des détails précis, des formes internes et externes, ainsi que des caractéristiques spécifiques, telles que des nervures, des filetages ou des inserts intégrés.

En résumé, un moule d'injection plastique est un outil essentiel utilisé dans l'industrie de la fabrication pour produire des pièces en plastique par injection. Il permet de reproduire efficacement et de manière répétable des pièces en plastique avec une grande précision et une productivité élevée.

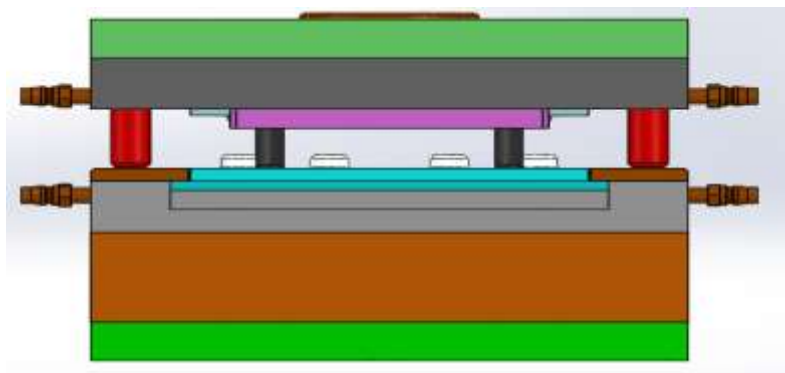


Figure.14 : Moule d'injection plastique

3.1. Processus de fabrication

- Calcul du retrait selon le type du plastique
- Calcul du retrait selon le type du plastique
- Ramener cette pièce conçue dans un assemblage SOLIDWORKS
- Extraction de l'empreinte mobile en utilisant les fonctions de moulage
- Extraction de l'Empreinte fixe en utilisant les fonctions de moulage
- Extraction des deux tiroirs en utilisant les fonctions de moulage
- Conception de la porte empreinte mobile
- Conception de tasseaux
- Conception de la batterie éjectrice composée des éléments suivant :
 - plaque éjectrice
 - contre plaque éjectrice
 - éjecteurs
 - colonnes de rappel
- Conception de la semelle mobile
- Conception de la porte empreinte fixe
- Conception des doigts de démoulage qui ont pour rôle d'assurer le mouvement des tiroirs
- Conception des sabots qui ont pour rôle de supporter la pression d'injection et de protéger les doigts de démoulage
- Conception de la buse d'injection
- Conception de la couronne de centrage conception de la semelle fixe
- Réalisation d'un assemblage partie fixe et un autre assemblage partie mobile afin de vérifier les conceptions de toutes les pièces
- Réaliser un assemblage final entre la partie fixe et la partie mobile
- Vérification de tous les mouvements dans le moule
- Réaliser les mises en plan

4. Les Caractéristiques du moule

Un moule d'injection plastique est un outil utilisé dans le processus de fabrication de pièces en plastique par injection. Il est généralement fabriqué en acier ou en aluminium et peut être composé de plusieurs parties, telles que le noyau et la cavité, qui s'assemblent pour former la forme souhaitée de la pièce en plastique.

4.1. Caractéristiques chimiques

- **Résistance chimique** : Le matériau utilisé pour fabriquer le moule doit être capable de résister aux produits chimiques utilisés dans le processus d'injection plastique, tels que les polymères fondus et les additifs. Les aciers inoxydables et les alliages d'aluminium sont couramment utilisés en raison de leur résistance chimique élevée.

4.2. Caractéristiques physiques

- **Dureté** : Le moule doit être suffisamment dur pour résister à l'usure due aux cycles d'injection répétés. Les aciers à outils trempés sont souvent utilisés car ils offrent une dureté élevée.
- **Conductivité thermique** : Le moule doit être capable de dissiper la chaleur générée lors de l'injection du plastique fondu. Une bonne conductivité thermique permet d'éviter les problèmes de refroidissement inégal de la pièce en plastique. Certains moules sont équipés de canaux de refroidissement pour faciliter ce processus.
- **Résistance à la corrosion** : Étant donné que le moule est souvent exposé à des conditions humides lors du processus d'injection, il doit être résistant à la corrosion. Les aciers inoxydables et les alliages d'aluminium avec une bonne résistance à la corrosion sont couramment utilisés pour cette raison.
- **Usinabilité** : Le matériau du moule doit être usinable pour permettre la fabrication précise des cavités et des noyaux. Les aciers à outils sont généralement utilisés car ils peuvent être usinés avec précision.
- **Résistance à l'abrasion** : Le moule doit résister à l'usure causée par le frottement constant avec le plastique fondu. Certains revêtements et traitements de surface peuvent être appliqués pour améliorer la résistance à l'abrasion.

Ces caractéristiques chimiques et physiques contribuent à la durabilité et à la performance du moule d'injection plastique, permettant ainsi la production efficace de pièces en plastique de haute qualité.

5. Les différents moules d'injection plastique

Il existe différents types de moules d'injection plastique utilisés dans le processus de fabrication de pièces en plastique, tels que le moule à deux plaques, le moule à trois plaques, le moule à coquilles, le moule à canaux chauffant et le moule à tiroir. Ce dernier est le type de moule qui fera l'objet d'étude dans notre travail.

5.1. Moule à tiroir

Les moules à tiroir forment des solutions particulières pour permettre d'injecter des pièces présentant des contre dépouilles, leur fonctionnement est présenté par la figure suivante

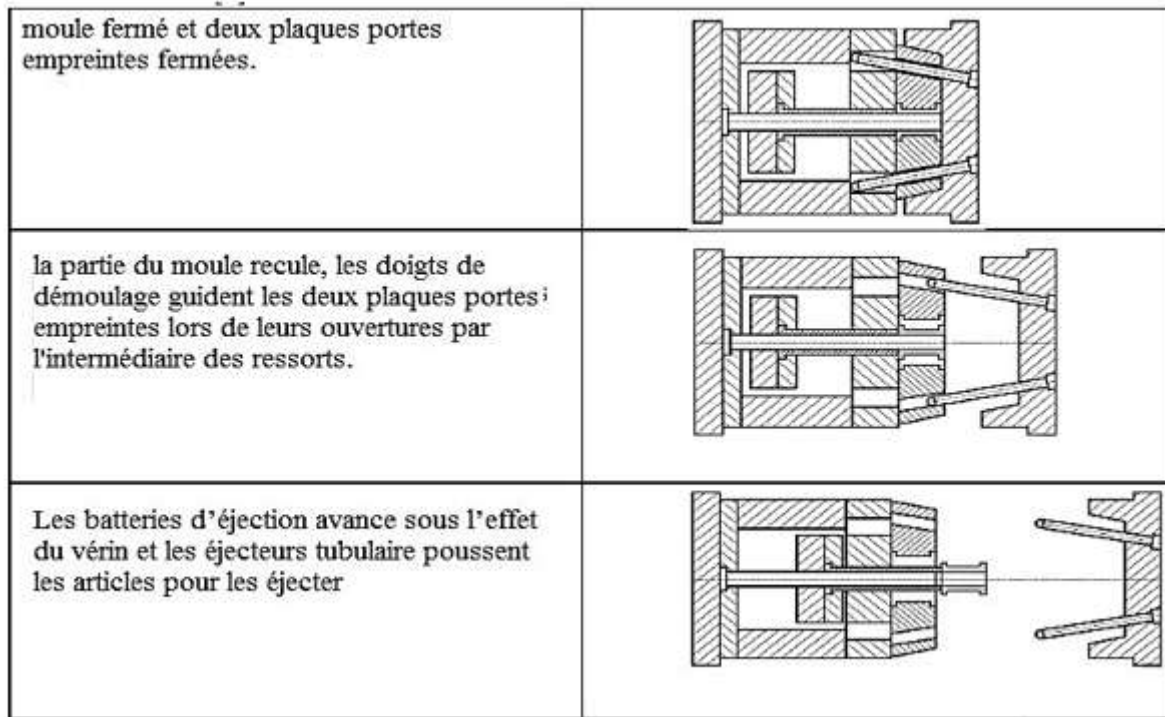


Figure.15 : fonctionnement du moule à tiroirs

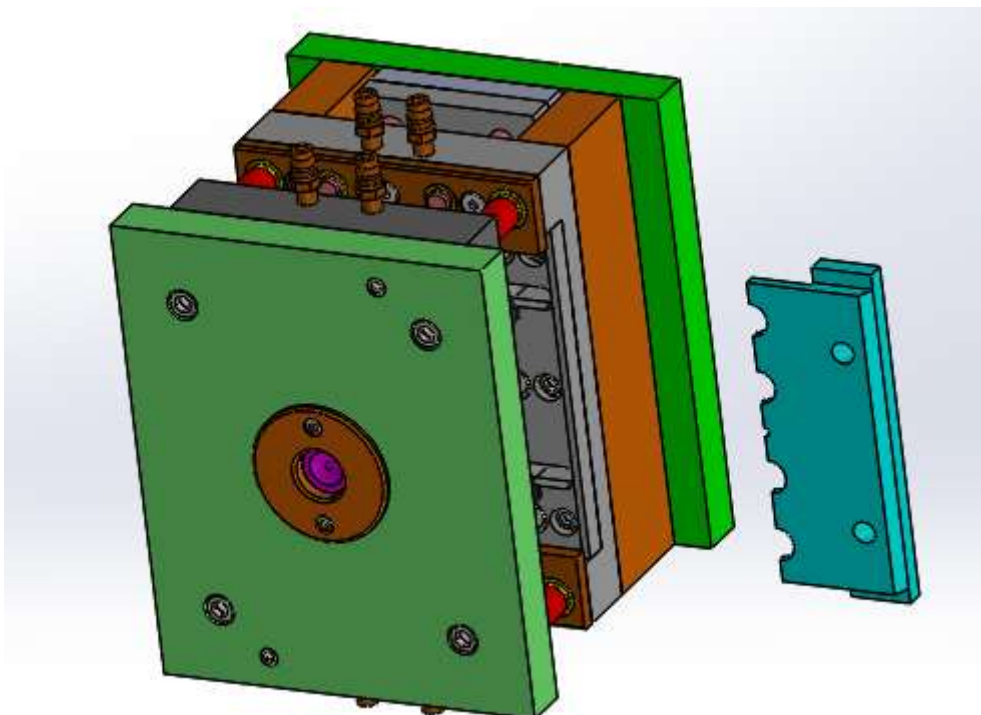


Figure.16 : moule à tiroirs

5.2. Moule à deux plaques

5.3. Moule à trois plaques

5.4. Moule à coquilles

5.5. Moule à canaux chauffant

6. Conception d'un moule a injection plastique

6.1. Matériaux utilisés

Un moule à injection plastique est généralement fabriqué à partir de plusieurs matériaux, chacun ayant un rôle spécifique dans le processus de moulage par injection. Nous allons voir les matériaux couramment utilisés dans la conception d'un moule à injection plastique :

- **Aluminium** : L'aluminium est un matériau moins coûteux que l'acier pour outils, ce qui en fait un choix populaire pour les moules à injection plastique utilisés dans des applications à plus petite échelle ou pour des prototypes. Bien que l'aluminium ne soit pas aussi résistant que l'acier, il peut être utilisé efficacement pour certaines pièces en plastique.
- **Cuivre** : Le cuivre est utilisé pour les moules à injection où une bonne conductivité thermique est essentielle. Il permet un meilleur contrôle de la température pendant le processus de moulage par injection, ce qui peut être important pour certains plastiques sensibles à la chaleur.

Et dans notre cas on la utilisé pour la *tétine L90*

- **Alliages de zinc** : Les alliages de zinc, tels que le Zamak, sont utilisés pour les moules à injection utilisés dans la production de pièces en plastique nécessitant une finition de surface élevée. Les alliages de zinc offrent une excellente fluidité, une bonne résistance à l'usure et sont relativement faciles à usiner.
- **Bronze** : Le bronze est utilisé dans certains cas où une résistance accrue à l'usure est nécessaire comme dans notre cas ou on la utilisé pour les plaques d'usures ainsi que pour le sabot. Il peut aussi être utilisé pour fabriquer des moules destinés à la production de pièces en plastique qui contiennent des charges abrasives ou des fibres.

Et dans notre cas on a utilisé l'acier qui est le matériau le plus couramment utilisé pour les moules à injection plastique en raison de sa haute résistance à l'usure et à la corrosion.

Les types d'acier utilisés comprennent *l'acier fortement allié (Z/X)* pour l'empreinte fixe et l'empreinte mobile ainsi que les bagues de guidage...etc., *l'acier pour traitement*

thermique (C/XC) pour la porte empreinte fixe, la colonne de guidage, buse d'injection, couronne de guidage, glissière, tiroir .etc., *l'acier ordinaire* pour la semelle fixe, la plaque éjectrice, contre plaque éjectrice, tasseau...etc.

Ils offrent une durabilité et une longévité élevées, ce qui en fait un choix idéal pour les productions à grande échelle.

7. Architecture du moule

L'architecture d'un moule à injection plastique standard comprend certaines parties

+ *Plaque fixe* :

Il s'agit de la partie du moule qui est montée sur la machine de moulage par injection et reste fixe pendant le processus de moulage et elle contient ces parties :

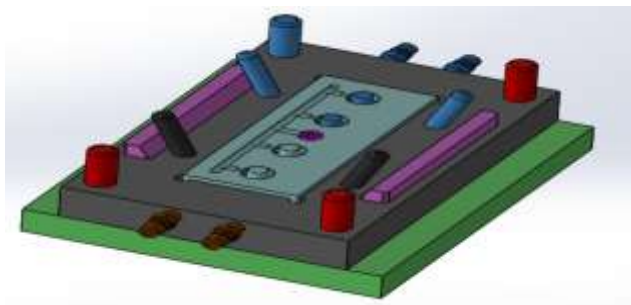


Figure.17 : plaque fixe (partie fixe du moule)

- *Empreinte fixe* :

C'est est la partie du moule qui détermine la forme et les propriétés géométriques de la pièce en plastique. Elle se compose de deux moitiés qui composent l'impression générale. Elle est conçue pour un bon écoulement du plastique fondu et un retrait facile des pièces. Fabriqué en matériau résistant à la chaleur et à l'usure. Sa conception est essentielle pour garantir la qualité et la précision de la pièce finale. Des facteurs tels que le retrait du matériau, la distribution uniforme du plastique fondu et le dégazage sont pris en compte

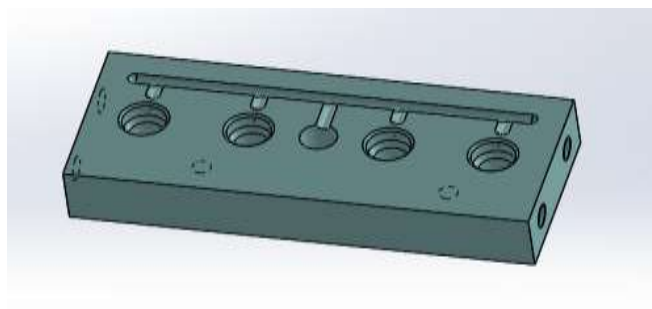


Figure.18 : empreinte fixe

- **Porte empreint fixe :**

Un support de l'empreinte fixe est la partie du moule qui la maintient et la guide pendant le processus d'injection plastique, assurant un alignement précis entre les différentes parties du moule.

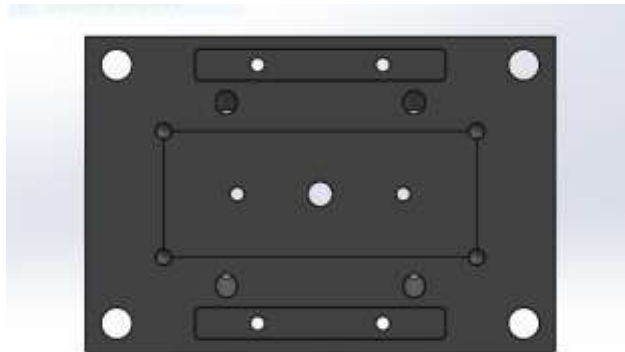


Figure.19 : porte empreinte fixe

- **Doigt de démoulage :**

Autrement appelé doit de rupture est une partie d'un moule d'injection qui pousse la pièce moulée hors de l'empreinte fixe pendant le démoulage, permettant à la pièce d'être facilement retirée sans l'endommager.



Figure.20 : doigt de démoulage

- **Colonne de guidage :**

Autrement appelés Les piliers de guidage sont des composants des moules d'injection plastique qui maintiennent un alignement précis entre les empreintes fixes et mobiles, assurant un mouvement de moule fluide et précis. Il contribue à la qualité des pièces produites et à la longévité des moules.



Figure.21 : colonne de guidage

- **Sabot :**

Il garantit que les deux moitiés du moule sont correctement alignées l'une par rapport à l'autre lorsque le moule est fermé, ce qui permet au processus d'injection de se dérouler de manière fluide et précise.

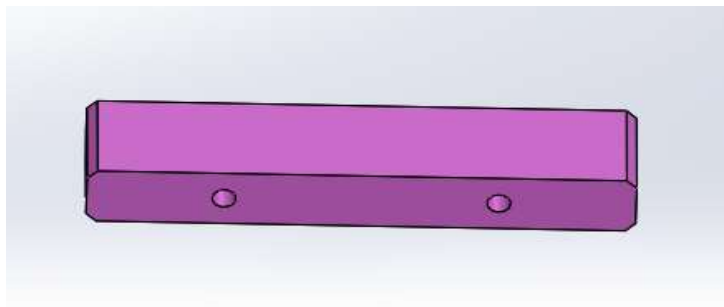


Figure.22: sabot

- **Tétine L90 :**

Elle est généralement située dans des empreintes fixes des moules et elle est destinés à une injection précise et contrôlé le plastique fondu dans les cavités. Elle a une forme spécifique qui correspond à la forme de la pièce moulée.



Figure.23 : Tétine L90

- **Buse d'injection :**

Les buses d'injection dans les moules d'injection plastique sont les composants qui permettent l'injection contrôlée de plastique fondu dans la cavité du moule. Elle joue un rôle important dans le processus d'injection pour assurer un remplissage précis des cavités et la formation de pièces en plastique de haute qualité.



Figure.24 : buse d'injection

- **Semelle fixe :**

Elle fait référence à une plaque ou une base rigide qui supporte et maintient les composants du moule. Elle assure la stabilité du moule et joue un rôle important dans le processus d'injection plastique.

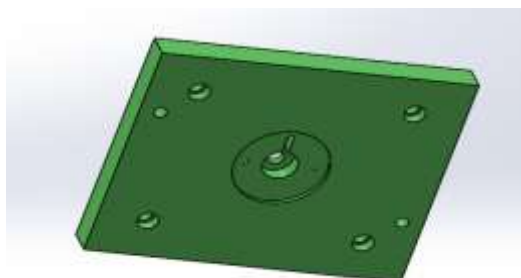


Figure.25 : semelle fixe

- **Couronne de centrage :**

La couronne de centrage fait partie du moule d'injection plastique et assure un alignement précis entre les empreintes fixes et mobiles. Elle joue un rôle clé dans la production de pièces en plastique de haute qualité et aux dimensions précises.

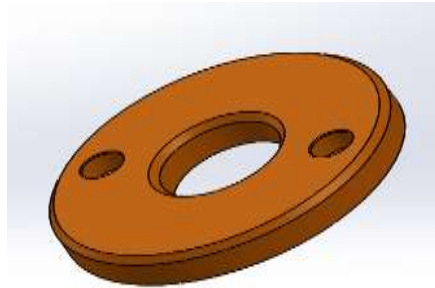


Figure.26 : couronne de centrage

- **Plaque mobile :**

Cette partie du moule se déplace vers l'avant et vers l'arrière par rapport à la plaque fixe. Elle est généralement attachée à un système d'éjection qui éjecte les pièces moulées hors du moule une fois le processus terminé et elle contient ces parties :

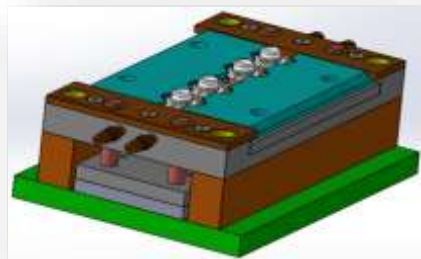


Figure. 27 : Plaque mobile (partie mobile du moule)"

- **Empreinte mobile :**

C'est est la partie d'un moule qui se déplace par rapport à une empreinte fixe pour permettre le remplissage, le refroidissement et le démoulage des pièces en plastique

- **Porte empreinte mobile :**

Les porte-empreintes mobiles sont essentiels pour assurer la stabilité et la précision des mouvements des empreintes mobiles. Ils doivent être suffisamment solides pour résister aux forces et aux pressions associées au moulage par injection de plastique.

- **Bague de guidage Di 16 :**

Est un composant utilisé dans les moules d'injection plastique pour assurer un mouvement linéaire précis et régulier entre les cavités mobiles et fixes (diamètre intérieur 16mm)

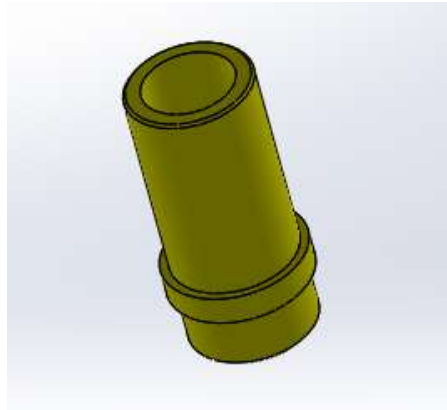


Figure.28 : bague de guidage Di 16

- **Bague de guidage Di 20 :**

Est un composant utilisé dans les moules d'injection plastique pour assurer un mouvement linéaire précis et régulier entre les cavités mobiles et fixes (diamètre intérieur de 20mm).

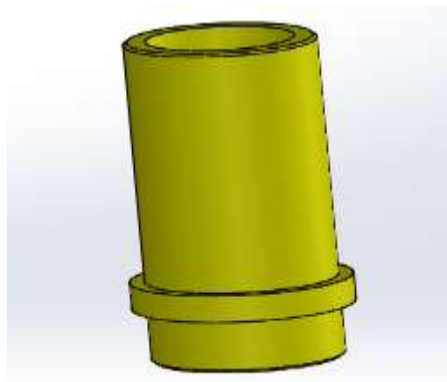


Figure.29 : Bague de guidage Di 20

- **Plaque d'usure** : c'est une est une plaque spéciale conçue pour protéger les parties du moule soumises à une usure excessive. Généralement fait de matériaux durables et résistants

- **Glissière** :

Autrement appelée « rame » est un composant qui permet un mouvement linéaire de l'empreinte mobile par rapport à l'empreinte de moule fixe. Elle est généralement utilisée lorsque la forme de la pièce à mouler nécessite un démoulage dans un sens différent du mouvement d'ouverture du moule.

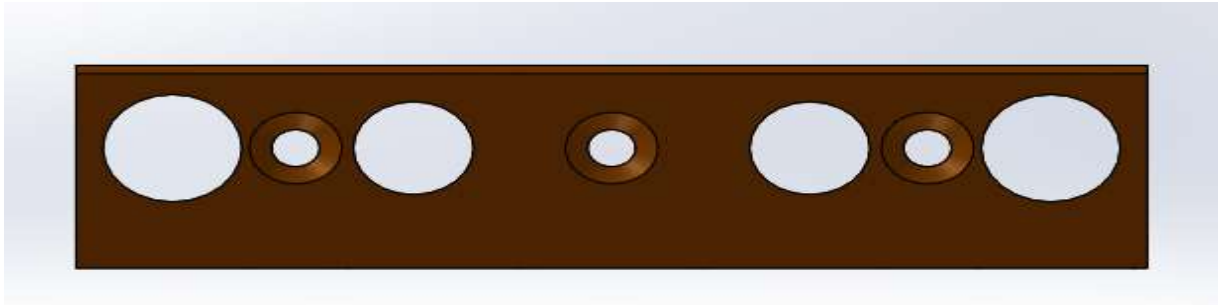


Figure.30: glissière

- **Plaque éjectrice :**

Une plaque d'éjection de moule à injection plastique est une plaque montée dans l'emprunt mobile du moule et équipée de broches d'éjection qui permettent de retirer la pièce en plastique du moule après la solidification de la matière. Elle joue un rôle important dans le processus d'injection plastique car elle permet le retrait efficace et précis des pièces moulées.

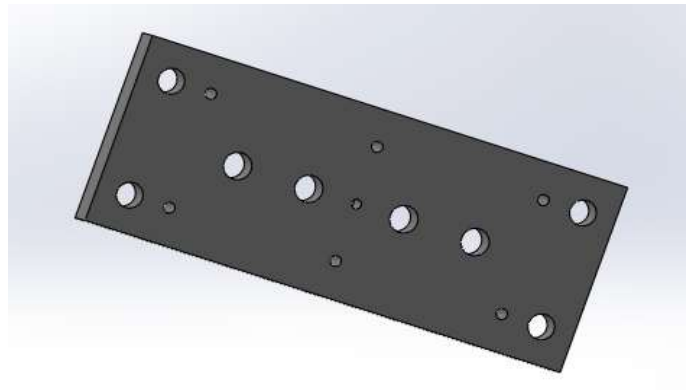


Figure.31 : plaque éjectrice

- **Contre plaque éjectrice :**

C'est une plaque plate qui se fixe à l'empreinte fixe du moule à l'opposé de la plaque d'éjecteur à l'empreinte mobile. Un poussoir, une broche d'éjection ou un autre mécanisme d'éjection correspondant peut être équipé de la cavité de la cavité mobile.

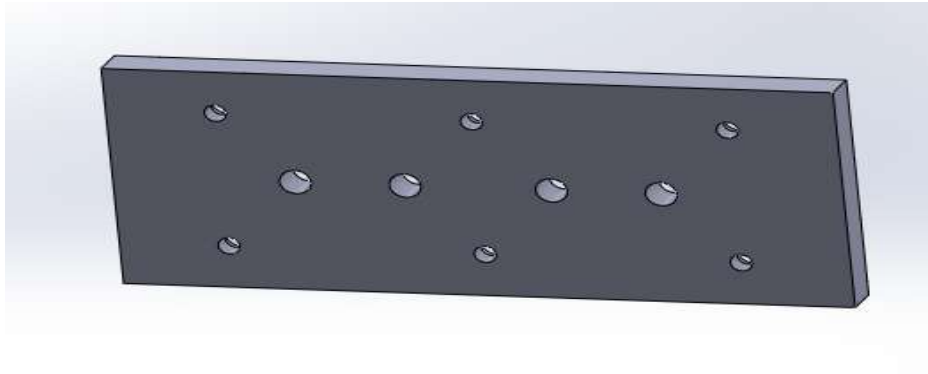


Figure. 32 : contre plaque éjectrice

- **Colonne de rappel :**

Qui a pour rôle de fournir un support supplémentaire à l'empreinte mobile pour éviter qu'elle ne se plie et ne se déplace pendant le processus d'injection. Cela permet de maintenir un alignement précis de la cavité du moule, ce qui est essentiel pour produire des pièces en plastique de qualité aux dimensions précises.

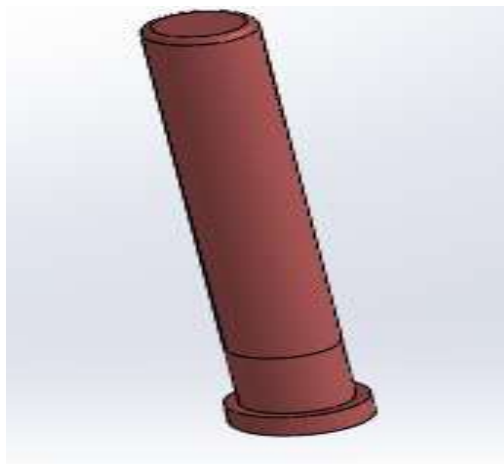


Figure.33 : colonne de guidage

- **Ejecteur tubulaire :**

C'est un mécanisme d'éjection utilisé dans certains moules d'injection plastique pour éjecter la pièce moulée du moule une fois le processus d'injection terminé.



Figure.34 : éjecteur tubulaire

- *Ejecteur carotte* :

Est un mécanisme utilisé dans les moules d'injection plastique pour éjecter la pièce moulée du moule une fois le processus d'injection terminé. Il s'agit d'un composant d'éjecteur spécial généralement utilisé pour les pièces de forme petite ou complexe

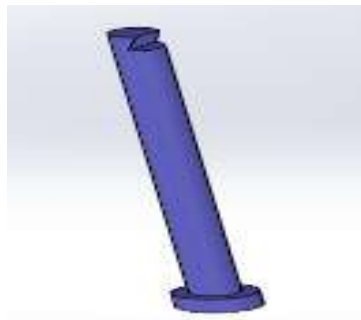


Figure.35 : éjecteur carotte

- *Tasseaux* :

Sont des composants utilisés pour supporter et guider les noyaux et les inserts dans les moules d'injection plastique, assurant un alignement précis et stable pendant le processus d'injection. Il contribue à la formation de pièces moulées de haute qualité et à la durabilité des moules.

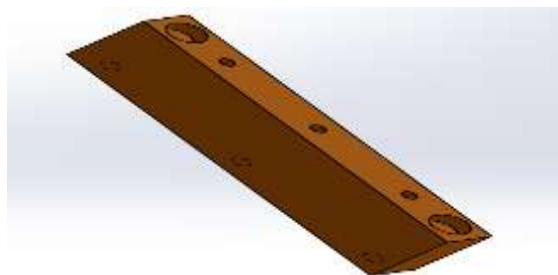


Figure. 36 : tasseau

- ***Semelle mobile*** :

C'est est la partie du moule d'injection plastique qui se déplace avec l'emprunt mobile pour permettre un mouvement synchronisé des éléments du moule pendant le processus d'injection. Aide à maintenir un alignement précis et à assurer la qualité de la coulée.

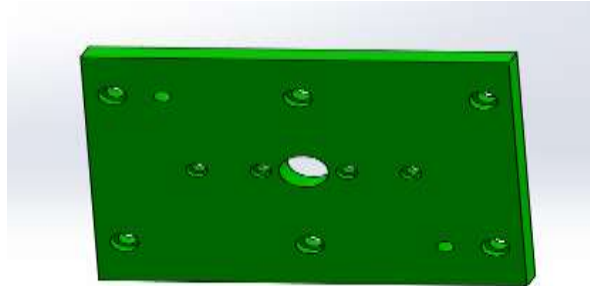


Figure.37 : semelle mobile

- ***Tiroir*** :

C'est un mécanisme utilisé dans les moules d'injection plastique pour créer des formes et des caractéristiques complexes dans des pièces moulées. Permet l'ajout d'éléments en relief ou en retrait impossibles avec l'ouverture et la fermeture standard du moule

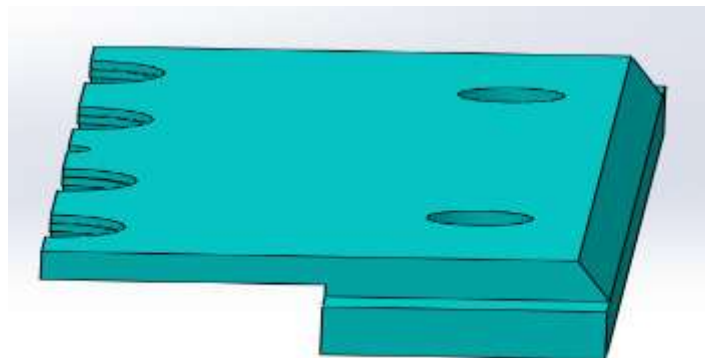


Figure.38 : tiroir

8. Fonction d'un moule d'injection plastique

8.1. Fonction alimentation

La fonction d'alimentation d'un moule d'injection plastique a pour objectif de fournir de manière contrôlée le matériau de plastique fondu nécessaire pour remplir le moule et former la pièce plastique. Le matériau de plastique, généralement sous forme de granulés, est introduit dans une trémie ou une trémie d'alimentation. À partir de là, il est acheminé de manière contrôlée vers le système d'injection du moule à l'aide d'un dispositif de dosage tel qu'une vis sans fin ou un piston. Une fois dans le système d'injection, le matériau est soumis à un processus de chauffage et de fusion, puis injecté dans le moule afin de prendre la forme de la pièce désirée.

Cette fonction d'alimentation revêt une importance critique pour assurer un processus d'injection plastique efficace et garantir la qualité optimale de la pièce produite.

8.2. Fonction mise en forme

La fonction de mise en forme du moule d'injection plastique consiste à réaliser la transformation d'un matériau plastique fondu en une pièce solide et spécifique, conformément aux exigences de conception et de qualité. Elle est réalisée à l'aide d'un moule d'injection, qui est une structure composée de deux parties principales : l'empreinte et le noyau. L'empreinte du moule est la cavité intérieure qui définit la forme externe de la pièce à injecter, tandis que le noyau est la partie qui définit la forme interne de la pièce. Les deux parties s'assemblent pour former un espace creux dans lequel le matériau plastique sera injecté. La mise en forme du moule implique plusieurs étapes techniques. Tout d'abord, le matériau plastique est chauffé jusqu'à atteindre un état fondu. Ensuite, le matériau fondu est injecté à haute pression dans la cavité du moule à travers une buse d'injection. La pression appliquée permet de remplir complètement la cavité et de garantir une bonne reproduction des détails de la pièce.

Une fois le matériau plastique solidifié dans le moule, la partie mobile du moule s'ouvre et la pièce moulée est éjectée à l'aide d'éjecteurs ou d'un mécanisme d'éjection. La pièce est ensuite prête pour le processus de finition, qui peut inclure des opérations telles que l'ébarbage, le polissage et l'assemblage.

Il convient de noter que chaque moule d'injection est conçu et fabriqué spécifiquement pour un produit donné, et les références peuvent varier en fonction des exigences du projet et des normes industrielles.

8.3. Fonction éjection

La fonction d'éjection du moule d'injection plastique est une étape essentielle du processus de fabrication. Elle consiste à extraire la pièce moulée du moule une fois que le matériau plastique s'est solidifié. Cette opération permet de libérer la pièce sans endommager sa forme ou sa structure.

Pour réaliser cette fonction, différents mécanismes d'éjection peuvent être utilisés en fonction de la complexité de la pièce et des exigences du projet. L'un des mécanismes couramment utilisés est l'utilisation d'éjecteurs, également appelés broches d'éjection.

Les éjecteurs sont des tiges métalliques placées de manière stratégique dans le moule. Lorsque la partie mobile du moule s'ouvre, ces tiges se déplacent vers l'intérieur de la cavité du moule pour pousser la pièce moulée hors de celle-ci. Les éjecteurs sont généralement disposés

de manière équilibrée pour assurer une éjection uniforme de la pièce et éviter tout désalignement ou déformation.

Dans certains cas, lorsque la pièce a des caractéristiques géométriques complexes ou des zones délicates, des mécanismes d'éjection plus sophistiqués peuvent être utilisés. Par exemple, des systèmes d'éjection par soufflage d'air comprimé ou par extraction hydraulique peuvent être intégrés au moule pour faciliter l'éjection de la pièce sans compromettre sa qualité. Il convient de noter que la conception et la mise en œuvre de la fonction d'éjection doivent être soigneusement étudiées afin d'éviter tout dommage à la pièce ou au moule. Des paramètres tels que la force d'éjection, la position et le nombre d'éjecteurs, ainsi que les angles de démoulage, doivent être pris en compte pour assurer une éjection fluide et efficace.

En conclusion, la fonction d'éjection du moule d'injection plastique est cruciale pour garantir la production de pièces plastiques de haute qualité. Son bon fonctionnement contribue à maintenir l'intégrité de la pièce tout en assurant une productivité optimale. Les techniques d'éjection varient en fonction des caractéristiques de la pièce et des exigences du projet, et elles sont constamment améliorées pour répondre aux besoins de l'industrie de l'injection plastique.

8.4. Fonction régulation thermique

La fonction de régulation thermique d'un moule d'injection plastique vise à maintenir une température constante et contrôlée tout au long du processus de fabrication. Cette régulation thermique est essentielle pour assurer une qualité constante des pièces moulées, minimiser les déformations et les contraintes internes, et optimiser l'efficacité de la production. Pour atteindre une régulation thermique précise, plusieurs éléments sont généralement utilisés dans la conception du moule :

- **Canaux de refroidissement** : Des canaux sont intégrés dans le moule pour faire circuler un fluide de refroidissement, généralement de l'eau ou de l'huile. Ces canaux permettent d'absorber la chaleur générée lors de l'injection du plastique fondu et de maintenir la température du moule à un niveau constant. La disposition des canaux de refroidissement est soigneusement conçue pour assurer une distribution uniforme de la chaleur dans tout le moule.
- **Éléments chauffants** : Des éléments chauffants, tels que des résistances électriques, peuvent être intégrés dans le moule pour augmenter la température dans les zones qui nécessitent un chauffage supplémentaire. Cela peut être nécessaire pour compenser les pertes de chaleur ou pour ajuster la température dans des zones spécifiques du moule afin de répondre aux exigences de production.

- **Contrôle de la température** : Un système de contrôle de la température est utilisé pour surveiller et réguler la température du moule en temps réel. Des capteurs de température sont placés à des endroits stratégiques du moule pour mesurer la température, tandis que des dispositifs de régulation, tels que des thermostats ou des régulateurs PID (proportionnel-intégral-dérivé), sont utilisés pour ajuster la circulation du fluide de refroidissement ou l'alimentation des éléments chauffants.

La régulation thermique du moule est une discipline complexe qui nécessite une compréhension approfondie des propriétés thermiques des matériaux utilisés et des processus de refroidissement. Une conception et une mise en œuvre précises sont essentielles pour obtenir des résultats optimaux en termes de qualité des pièces et d'efficacité de production.

8.5. Fonction guidage /positionnement

La fonction de guidage et positionnement du moule d'injection plastique joue un rôle essentiel dans le processus de fabrication. Elle vise à assurer l'alignement précis des parties mobiles du moule, à maintenir la stabilité et l'exactitude du positionnement, et à éviter tout mouvement indésirable pendant les différentes étapes de production

Pour réaliser cette fonction, plusieurs éléments sont utilisés dans la conception du moule ;

- **Broches de guidage** : Des broches de guidage sont intégrées au moule pour assurer un mouvement linéaire précis des parties mobiles. Elles sont généralement placées de manière symétrique et sont ajustées avec précision pour garantir un alignement parfait entre l'empreinte et le noyau du moule.
- **Goupilles d'alignement** : Des goupilles d'alignement sont utilisées pour assurer le positionnement correct des parties mobiles du moule lors de l'assemblage. Elles sont insérées dans des trous correspondants sur les parties fixes et mobiles du moule, ce qui permet d'obtenir un positionnement précis et reproductible.
- **Systèmes de verrouillage** : Des mécanismes de verrouillage sont souvent utilisés pour maintenir les parties mobiles du moule en position fermée pendant le processus d'injection. Ces systèmes de verrouillage peuvent être constitués de loquets, de plaques de serrage ou de vérins hydrauliques, selon les exigences du moule et les contraintes de production.

La fonction de guidage et positionnement est essentielle pour assurer la précision dimensionnelle des pièces moulées, éviter les défauts tels que les déformations ou les éjections incorrectes, et garantir une productivité optimale du processus d'injection plastique.

8.6. Fonction manutention, stockage, sécurité et liaison machine

La fonction de manutention et stockage, ainsi que la sécurité et les liaisons machines, sont des aspects importants liés à l'utilisation du moule d'injection plastique dans un environnement de production. Ces fonctions visent à assurer la manipulation sécurisée du moule, son stockage adéquat et sa connexion efficace avec les machines d'injection plastique.

- **Manutention et stockage** : La manutention du moule d'injection plastique nécessite une attention particulière en raison de sa taille, de son poids et de sa fragilité. Des dispositifs de levage tels que des ponts roulants ou des chariots élévateurs sont utilisés pour déplacer le moule avec précaution, en évitant les chocs ou les dommages. Le stockage du moule est également important pour assurer sa protection et sa préservation. Les moules doivent être conservés dans des zones spécifiques, généralement des étagères ou des racks, qui sont propres, bien organisés et à l'abri des facteurs environnementaux tels que l'humidité ou la poussière. Des précautions sont prises pour éviter les rayures ou les dommages pendant le stockage.
- **Sécurité** : La sécurité est primordiale lors de l'utilisation du moule d'injection plastique. Les opérateurs doivent être formés aux procédures de sécurité et aux bonnes pratiques de manipulation du moule. Cela comprend le port d'équipements de protection individuelle tels que des gants, des lunettes de sécurité et des chaussures de sécurité. Les règles de sécurité spécifiques à l'environnement de travail doivent également être respectées, telles que l'utilisation appropriée des dispositifs de verrouillage ou la signalisation adéquate des zones dangereuses.
- **Liaisons machines** : Le moule d'injection plastique est connecté à une machine d'injection plastique pour effectuer le processus de fabrication. Les liaisons machines comprennent le positionnement et l'alignement précis du moule sur la machine, ainsi que la connexion des canaux de refroidissement et des systèmes de contrôle de la température. Une installation correcte du moule sur la machine est essentielle pour assurer son bon fonctionnement et éviter tout problème lors de l'injection plastique.

Il convient de noter que les pratiques de manutention, de stockage, de sécurité et de liaisons machines peuvent varier en fonction des normes de l'industrie et des politiques spécifiques à chaque entreprise. Il est donc important de se référer aux directives et aux réglementations applicables pour garantir une utilisation sûre et efficace du moule d'injection plastique.

9. Choix des plans de joint

9.1. Le plan de joint

Le plan de joint du moule d'injection plastique est la surface de séparation entre les parties mobiles et fixes du moule. Il définit la ligne de division où la pièce moulée sera séparée du moule une fois la phase d'injection terminée. Le plan de joint doit être conçu de manière à assurer une fermeture étanche du moule et à permettre une éjection fluide de la pièce. La conception du plan de joint est déterminée par plusieurs facteurs, tels que la géométrie de la pièce, les exigences de la conception et les contraintes de production. Il peut être rectiligne, courbe ou complexe, selon les besoins spécifiques du projet.

Certains éléments couramment utilisés dans la conception du plan de joint comprennent :

- **Surface de contact** : Le plan de joint doit avoir une surface de contact suffisamment large pour assurer une fermeture hermétique du moule lors de l'injection. Il est important de veiller à ce que la pression du matériau plastique fondu ne provoque pas de fuites entre les parties mobiles et fixes du moule.
- **Finition de surface** : La finition de surface du plan de joint est également un élément crucial. Il doit être suffisamment lisse pour éviter les marques indésirables ou les défauts de surface sur la pièce moulée. Des traitements de polissage ou d'usinage appropriés peuvent être réalisés pour obtenir une surface de plan de joint adéquate.
- **Positionnement précis** : Le plan de joint doit être positionné avec précision pour garantir l'alignement correct des parties mobiles et fixes du moule. Un positionnement précis est essentiel pour éviter les problèmes tels que les éjections incorrectes, les déformations de la pièce ou les fuites de matière plastique.

La conception et le positionnement du plan de joint peuvent varier en fonction des exigences spécifiques de chaque projet et des considérations techniques. Ils doivent être soigneusement étudiés et optimisés pour assurer une production efficace et de haute qualité des pièces plastiques.

Il convient de noter que la conception du plan de joint peut également être influencée par des facteurs tels que la déformabilité de la pièce, les contraintes d'outillage et les exigences de conception esthétique.

9.2. La ligne de joint

La fonction de guidage et positionnement du moule d'injection plastique joue un rôle essentiel dans le processus de fabrication. Elle vise à assurer l'alignement précis des parties

mobiles du moule, à maintenir la stabilité et l'exactitude du positionnement, et à éviter tout mouvement indésirable pendant les différentes étapes de production.

10. Alimentation du moule [12]

10.1. Système d'alimentation du moule

Le système d'alimentation du moule d'injection plastique est un élément clé du processus d'injection. Il est chargé de fournir le matériau plastique fondu du système d'injection à la cavité du moule, permettant ainsi la formation de la pièce moulée.

Le système d'alimentation se compose généralement des éléments suivants :

- **Trémie** : C'est le réservoir où le matériau plastique sous forme de granulés est stocké. La trémie alimente le système d'alimentation en continu en fournissant une quantité contrôlée de matériau à l'étape suivante.
- **Vis d'injection** : La vis d'injection est un élément essentiel du système d'alimentation. Elle est située à l'intérieur du cylindre de la machine d'injection plastique et est responsable de l'alimentation du matériau plastique dans le moule. La vis d'injection est dotée d'un mouvement de rotation et de translation qui permet de fondre le matériau plastique, de le comprimer et de l'injecter dans la cavité du moule.
- **Canal d'alimentation** : Le canal d'alimentation, également appelé canal d'injection est un passage qui relie la vis d'injection à la cavité du moule. Il a pour fonction de transporter le matériau plastique fondu vers la cavité du moule. Le canal d'alimentation est conçu pour assurer un flux régulier et uniforme du matériau plastique, évitant ainsi les problèmes de remplissage inadéquat ou les déséquilibres de pression.
- **Système de refroidissement du canal d'alimentation** : Dans certains cas, le système de refroidissement est intégré au canal d'alimentation pour accélérer la solidification du matériau plastique et faciliter son éjection ultérieure.

La conception précise du système d'alimentation est cruciale pour garantir un remplissage uniforme de la cavité du moule, minimiser les contraintes internes et les défauts de surface de la pièce, et optimiser l'efficacité de la production.

10.2. Rôle de système d'alimentation

Les systèmes d'alimentation du moule d'injection plastique jouent un rôle crucial dans le processus d'injection en assurant un flux régulier et contrôlé du matériau plastique fondu vers

la cavité du moule. Ces systèmes sont composés de plusieurs éléments qui travaillent en synergie pour garantir une distribution homogène du matériau plastique, minimiser les contraintes internes et les défauts de la pièce, et optimiser l'efficacité du processus.

10.3. Les différents modes d'alimentation

- *Seuils éventail*
- *Seuil en tunnel*
- *Seuil en nappe*
- *Seuil capillaire*
- *Seuil a plusieurs étages*
- *Seuil en masse ou direct*
- *Seuil en masse*

Et le mode d'alimentation de notre moule est :

- **Seuil annulaire :**

Le seuil annulaire d'un moule d'injection plastique fait référence à la distance entre la surface de la pièce en plastique finie et la surface du moule. Il s'agit de la partie du moule qui crée le joint entre les deux moitiés du moule et qui définit la forme et les dimensions de la pièce en plastique.

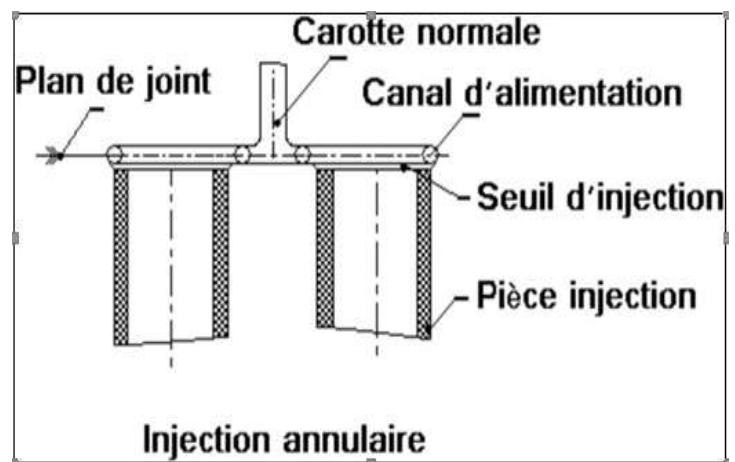


Figure.39 : seuil annulaire.

❖ Avantages :

- *Haute précision* : Le moulage par injection plastique permet d'obtenir des pièces finies avec une grande précision dimensionnelle et une bonne reproduction des détails.
- *Grande productivité* : Le processus d'injection permet de produire rapidement un grand nombre de pièces identiques en utilisant des moules réutilisables.
- *Large gamme de matériaux* : Le moulage par injection peut être utilisé avec une large variété de plastiques, offrant ainsi une flexibilité dans le choix des matériaux pour répondre aux exigences spécifiques du produit.

- *Complexité des formes* : Le processus d'injection permet de réaliser des pièces avec des formes complexes, y compris des géométries internes ou externes compliquées. Réduction des opérations secondaires : Le moulage par injection peut souvent produire des pièces finies qui nécessitent peu ou pas d'opérations secondaires, ce qui réduit les coûts et le temps de fabrication.

❖ **Inconvénients** :

- *Coûts initiaux élevés* : La conception et la fabrication des moules d'injection peuvent être coûteuses, en particulier pour les pièces avec des formes complexes ou des exigences de haute précision.
- *Temps de mise en œuvre* : La fabrication d'un moule d'injection peut prendre du temps, en particulier pour les pièces personnalisées nécessitant une conception et une fabrication spécifiques.
- *Limitations de taille* : Le moulage par injection est généralement plus adapté aux pièces de petite à moyenne taille. Les pièces de grande taille peuvent nécessiter des équipements spéciaux et des moules plus coûteux.
- *Difficulté de modification* : Une fois que le moule est fabriqué, il peut être difficile et coûteux d'apporter des modifications à la conception de la pièce.
- *Risque de défauts* : Des défauts tels que les lignes de soudure, les bavures, les marques d'éjection ou les déformations peuvent se produire lors du processus d'injection, nécessitant parfois des ajustements supplémentaires.

Il est important de noter que certains des inconvénients peuvent être atténués par une planification et une conception soignées, ainsi qu'une expertise en ingénierie de moules d'injection. Il est recommandé de travailler avec des spécialistes expérimentés du moulage par injection pour maximiser les avantages de ce processus tout en minimisant les inconvénients potentiels.

11. Choix du dispositif d'éjection

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

12. Les différents types d'éjecteurs

12.1. Ejecteurs cylindriques

Les éjecteurs cylindriques sont les éléments privilégiés pour le processus de démoulage, étant largement employés à cet effet. Ils doivent être positionnés de manière stratégique sur la

pièce et en quantité adéquate afin d'assurer un démoulage sans causer de dommages ou de déformations à la pièce.

12.2. Ejecteur tubulaires

Il est possible d'utiliser un éjecteur tubulaire ou annulaire pour faciliter l'éjection de certaines pièces dotées d'un noyau central cylindrique. Cet éjecteur se présente sous la forme d'un tube qui se déplace le long de la broche, qui agit en tant que noyau fixe, et pousse la pièce vers une surface plane et circulaire pour l'éjecter. Bien que cette solution soit avantageuse, elle est plus coûteuse et nécessite un verrouillage pour maintenir la broche centrale en position.

12.3. Ejecteur plaque

Il est possible d'éjecter des pièces à parois minces et déformables à l'aide d'une plaque de dévêtis sage.

12.4. Ejecteur latéral

Pour une éjection latérale, les dimensions des éjecteurs sont choisies en fonction de l'épaisseur de la paroi et de la résistance du matériau utilisé. Voici les correspondances :

- Si l'épaisseur de la paroi est inférieure à 2,5 mm, l'éjecteur aura un diamètre de 3.
- Si l'épaisseur de la paroi est égale à 3 mm, l'éjecteur aura un diamètre de 5.
- Si l'épaisseur de la paroi est supérieure à 3 mm, l'éjecteur aura un diamètre de 10.

12.5. Ejecteur a lame

Il est nécessaire de guider les éjecteurs à lames pour prévenir tout risque de flexion ou de flambage, afin de permettre l'éjection de pièces peu épaisses. Les lames usinées ou rapportées sont utilisées dans ce but

12.6. 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.

13. Système de refroidissement

13.1. Circuit de refroidissement [13]

Le circuit de refroidissement est un système utilisé dans les moules d'injection plastique pour dissiper la chaleur générée lors du processus de moulage. Il est conçu pour maintenir une température uniforme à l'intérieur du moule afin d'assurer la qualité et les performances du produit final.

Le circuit de refroidissement est généralement composé de canaux ou de conduits intégrés dans le moule lui-même. Ces canaux permettent de faire circuler un fluide de refroidissement, tel que de l'eau ou de l'huile, pour absorber la chaleur du moule et la dissiper vers l'extérieur. La conception du circuit de refroidissement doit tenir compte de plusieurs facteurs, tels que la géométrie du moule, les propriétés thermiques des matériaux utilisés, la répartition de la chaleur dans le moule et les exigences de refroidissement spécifiques au matériau plastique utilisé. Un bon circuit de refroidissement est essentiel pour assurer un refroidissement uniforme et efficace du moule, ce qui permet de réduire les temps de cycle de production, d'améliorer la qualité du produit fini et de prolonger la durée de vie du moule.

13.2. Description du circuit de refroidissement

Le circuit de refroidissement est un système essentiel dans les véhicules automobiles et autres machines qui génèrent de la chaleur lors de leur fonctionnement. Son rôle principal est de maintenir la température du moteur ou de la machine dans une plage de fonctionnement optimale en évacuant la chaleur excessive.

Le circuit de refroidissement est généralement composé des éléments suivants :

- *Radiateur* : Il s'agit d'un dispositif de refroidissement situé à l'avant du véhicule ou de la machine. Le radiateur est constitué de fines ailettes et de tubes à travers lesquels circule le liquide de refroidissement.
- *Pompe à eau* : La pompe à eau est responsable de la circulation du liquide de refroidissement à travers le circuit. Elle est généralement entraînée par la courroie du moteur et permet de maintenir un débit constant.
- *Thermostat* : Le thermostat régule la température du moteur en contrôlant le flux du liquide de refroidissement. Il s'ouvre et se ferme automatiquement pour permettre au moteur d'atteindre rapidement sa température de fonctionnement optimale.
- *Liquide de refroidissement* : Il s'agit d'un mélange d'eau et d'additifs spéciaux conçus pour augmenter le point d'ébullition, prévenir la corrosion et lubrifier les composants du circuit de refroidissement.
- *Ventilateur de refroidissement* : Le ventilateur est situé derrière le radiateur et sert à augmenter le flux d'air à travers les ailettes du radiateur lorsque la vitesse du véhicule est faible ou lorsque la température du moteur est élevée.
- *Durites et tuyaux* : Des durites et des tuyaux flexibles relient les différents composants du circuit de refroidissement, assurant ainsi la circulation du liquide de refroidissement.

Lorsque le moteur chauffe, le liquide de refroidissement circule à travers le moteur pour absorber la chaleur produite. Ensuite, il est acheminé vers le radiateur où la chaleur est dissipée grâce à l'écoulement d'air et au ventilateur. Le liquide refroidi retourne ensuite vers le moteur pour continuer le processus.

Il est important de surveiller régulièrement le niveau et la qualité du liquide de refroidissement, ainsi que l'état des différents composants du circuit de refroidissement, pour assurer un fonctionnement optimal du moteur et éviter les problèmes de surchauffe. Référez-vous au manuel d'utilisation spécifique à votre véhicule ou à votre machine pour obtenir des informations détaillées sur son circuit de refroidissement

13.3. Temps de refroidissement

Le temps de refroidissement d'un moule d'injection plastique dépend de plusieurs facteurs, tels que le matériau utilisé, la géométrie de la pièce, la conception du moule, les paramètres de refroidissement, etc.

Pour estimer le temps de refroidissement de manière scientifique, des simulations numériques sont souvent utilisées. Les logiciels de simulation par éléments finis, tels que Mold flow ou Moldex3D, permettent de modéliser le processus d'injection plastique et d'analyser le refroidissement du moule. Ces simulations prennent en compte les propriétés thermiques du matériau, les canaux de refroidissement du moule, la vitesse d'injection, la température du matériau fondu, etc.

Il est également possible d'effectuer des expériences pratiques pour mesurer le temps de refroidissement réel. Des thermocouples peuvent être insérés dans le moule pour mesurer les températures à différents endroits pendant le processus de refroidissement.

Il convient de noter que les temps de refroidissement peuvent varier considérablement en fonction des différents facteurs mentionnés précédemment. Par conséquent, il n'existe pas de valeur spécifique ou de référence universelle pour le temps de refroidissement d'un moule d'injection plastique. Les temps de refroidissement sont généralement optimisés par des essais et des ajustements itératifs du processus.

14. Conclusion

Pour concevoir correctement un moule d'injection plastique, le concepteur doit suivre toutes les étapes nécessaires, car une sélection optimale des paramètres de conception garantit un produit final de haute qualité.



chapitre IV



**Calculs et
vérifications**



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.

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

2.1. 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 ci-dessous

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

Tableau.1 : Capacité d'injection

A. Masse de la pièce :

Le poids de notre pièce est donné par le logiciel de conception SolidWorks, en sachant que la masse volumique du PVC est de **1,29 g/cm³**

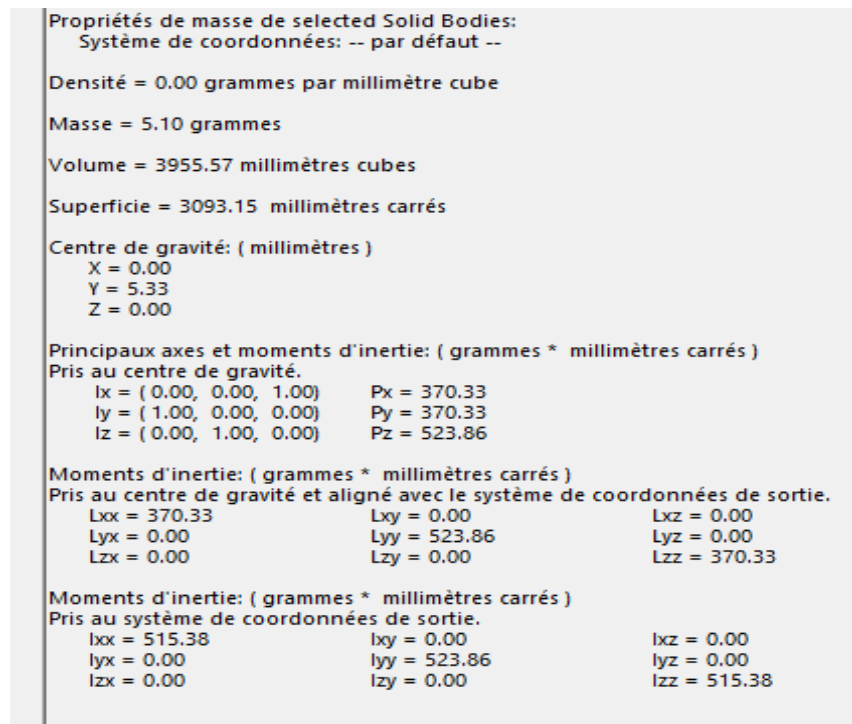


Figure. 40 : Propriétés de masse de la pièce

B. La masse volumique :

v : volume de la pièce (tiré par SOLIDWORKS)

M : la masse de la pièce est de **$M=5.10$ g**

$$\frac{M}{v} = \frac{5,10}{3,95557} = 1,29 \text{ g/cm}^3$$

C. La masse de la carotte :

Le poids de cette carotte est de 10g

D. 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).

$$M = (5,10 * 4) + 10 = 30.4g$$

2.2. Calcul de la force de fermeture

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

A. La force de verrouillage (tonnes/cm²)

$$Fv = P * S$$

Avec :

Fv : la force de verrouillage (tonnes)

P : la pression moyenne d'injection $P = 1,3 \text{ tonnes/cm}^2$ (voir le tableau 02)

S : la surface projeté (cm²) . $S = 67,035 * 4 = 268,14 \text{ cm}^2$ (Extraite à partir de SolidWorks)

AN :

$$Fv = p * s = 1,3 * 268,14 = 348,582 T$$

Tableau.2 : conditions ou paramètres d'injection des plastiques ou des polymères

Polymères	T° matière (°C)	T° moule (°C)	Pression injection (Bars)	Pression maintien (Bars)	Vitesse injection	Temps de maintien	Contre pression (Bars)	Etuvage
PEbd	160-260	20-70	500-1000	Minimum sans retassures				
PEhd	260-310	50-70	600	30-100% Pmax				
PP	250-270	40-100	600	50-100% Pinjec				
PS	180-230 <250	20-60 ; 45-60	1000		Maximum			Oui
PS choc	180-230 <250	20-60 ; 45-60	1000		Maximum			Oui
SAN	220-260	50-70	1000		Forte			Oui
ABS	220-280	60-80	800-1400					Oui
PA-6,6	250-290	80-90	700-1200	40-100% Pinjec	Forte			Oui
PA-6	240-290	80-90	800-1300	20-60% Pinjec	Forte			Oui
PA-11	230-300	30-90	400-700		Moyenne			Oui
POM	180-220	50-120	800-2000	Pinjection	Forte	Minimum		Oui
PC	270-320	80-120	800-2000	70% Pinjec	Forte	Minimum	Faible	Oui
PET	260-270	140	1200-1700		Forte			Oui
PET amorphe	270-290	40-50	1200-1700		Forte			Oui
PBT	260-270	70-80	1000-2000	60-100% Pinjec	Forte		10-20% Pinjec	Oui
PPO	260-300	80-110	1000-2000	60-80% Pinjec	Forte		Faible	Oui
PVC	170-190	50-60	1200-1400	50-80% Pinjec	Faible-moyenne		Maxi 150	
PMMA	200-250	40-90	500-2000	Gradient décroissant		Minimum	100-200	Oui

B. 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) [15]

A.N.

$$F = fv * k = 348,582 * 1,5 = 522,873 T$$

- **Choix de la presse**

On a besoin de 30.4g de PS (le poids de la carotte inclut) et une force de fermeture 522.582 T ;

il en résulte que la presse devant être de **550T (voir le tableau 01)**

2.3. La puissance de plastification

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

Le temps de cycle est égal à 55 s.

D'où :

$$C = \frac{\text{Masse de la grappe}}{\text{Temps de cycle}}$$

A.N

$$c = \frac{30,4 \cdot 10^{-3} \cdot 3600}{55} = 1,98 \text{ Kg/h}$$

Cette condition est vérifiée puisque votre machine plastifie **245Kg/h** (voir le tableau 03 : les caractéristiques de la presse **550T**).

2.4. La distance entre les colonnes

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

Les dimensions de notre moule sont :

- Largeur 400 mm,
- Hauteur 300 mm

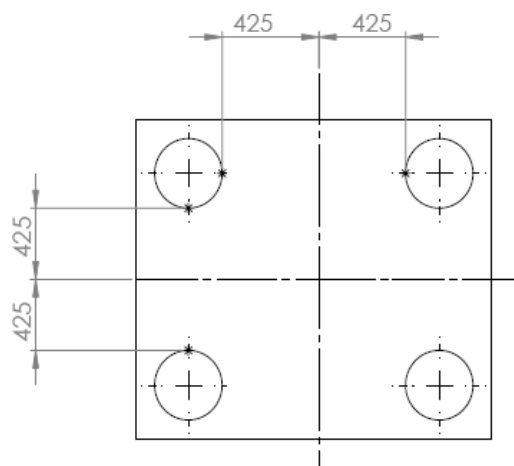


Figure.41 : plateaux d'une presse

2.5. Epaisseur minimale du moule

Les caractéristiques dimensionnelles de la presse 550T sont :

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

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

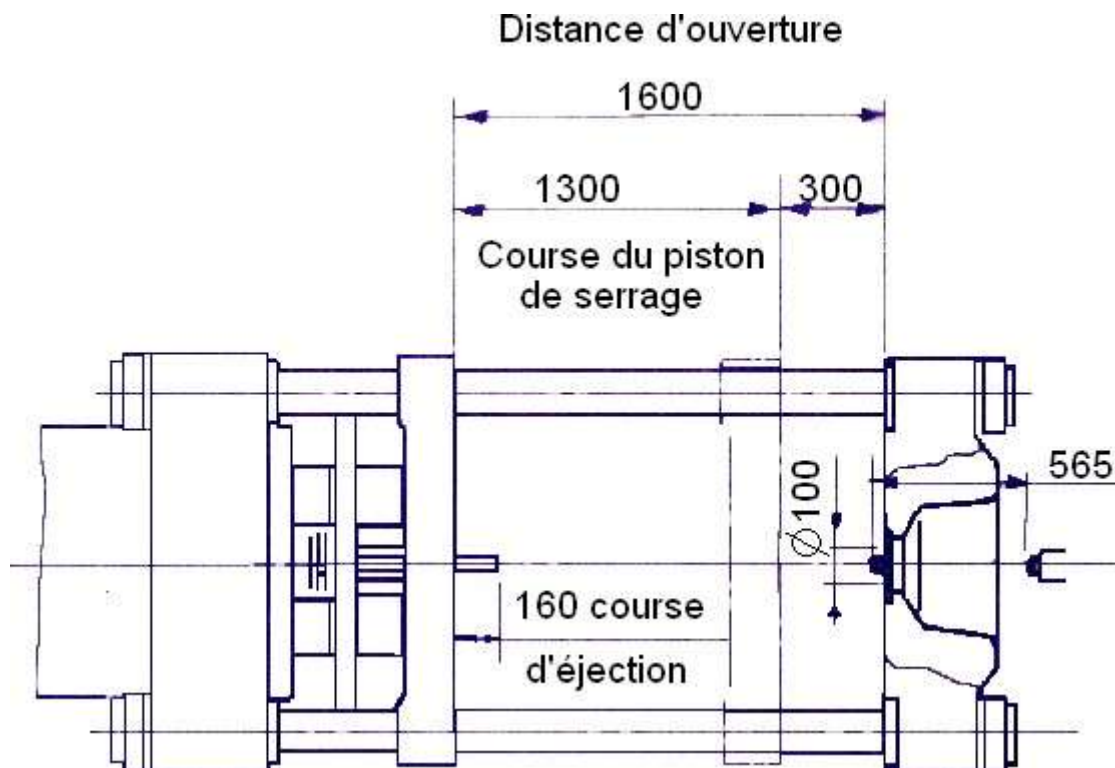


Figure. 42 : caractéristiques dimensionnelles de la presse 550T

- Caractéristiques techniques de la presse 550T :

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

Tableau.3 : caractéristiques de la presse 550T

2.6. 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.

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

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 PVC.

2.6.1. Le temps de refroidissement

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

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

Avec :

e : épaisseur moyen de la pièce ; e=2.5mm

D : la diffusivité thermique du PE ; D=0.0667. 10⁻⁶m²/s

Ti : température d'injection ; Ti=185°C(Google)

Te : température d'éjection ; Te=50°C(ENIEM)

Tm : température de moule ; Tm=40°C(ENIEM)

$$\text{AN: } tR = \frac{(2.5 \cdot 10^{-3})^2}{\pi^2 \cdot 0.0667 \cdot 10^{-6}} \ln \left[\frac{8}{\pi^2} \left(\frac{185 - 40}{50 - 40} \right) \right] = 23.65 \approx \mathbf{24s}$$

$$\mathbf{tR=24s}$$

2.6.2. Temps du cycle

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

On peut écrire :

$$T_c = \sum t = tF + t_i + t_m + tR + tO + t_e$$

- tr : temps de refroidissement (24s)
- ti : 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)

AN : $T_c = 8 + 5 + 5 + 24 + 8 + 5 = 55s$

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. 43 : variation de pression/temps

2.6.3. Calcul de la quantité de chaleur à extraire de la pièce

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

Avec:

M : masse de la matière plastique ; **M = 30.4 g**

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

ΔH : enthalpie de moulage et de démoulage

$\Delta H = H_i - H_e$ (voir la figure 50)

$T_i = 185^\circ C \longrightarrow H_i = 114.3 \text{ Kcal/Kg}$

$T_e = 50^\circ C \longrightarrow H_e = 52.4 \text{ Kcal/Kg}$

AN: $QH = 30.4 \times 10^{-3} \times 3600 / 54 (114.3 - 52.4) = 125.45 \text{ Kcal/h}$
 $= K_e . S_e . \Delta\theta_e + K_p . S_p . \Delta\theta_p$

- $K_P. S_P. \Delta\theta_P$: 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 global 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 : coefficient 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.

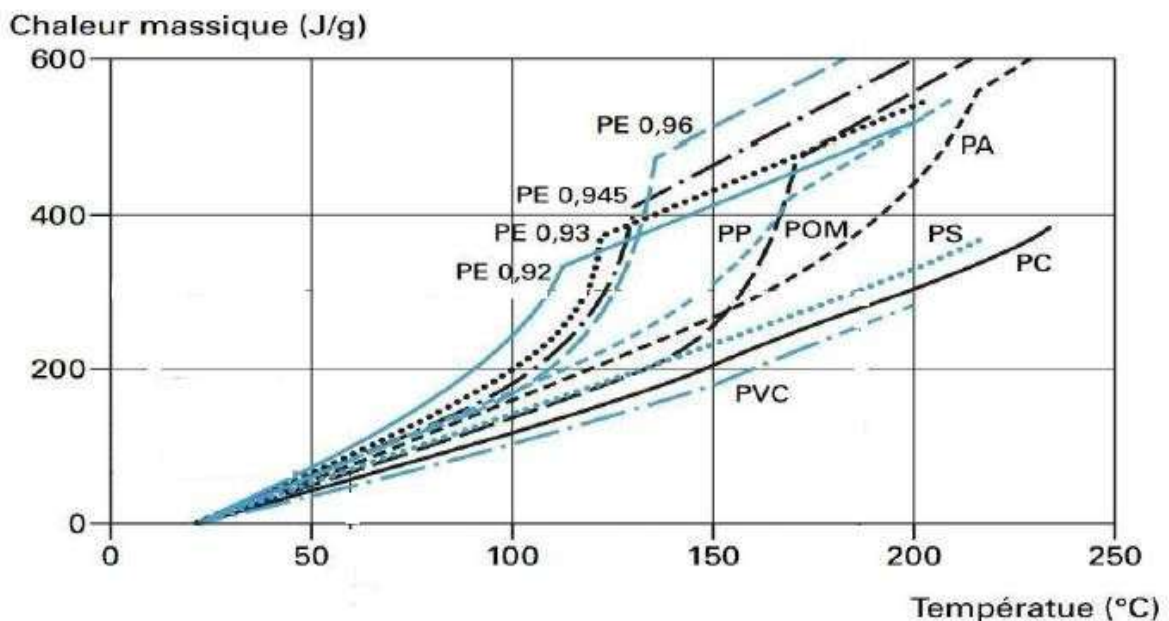


Figure.44 : variation de la chaleur massique des polymères en fonction e la température

2.6.4. Calcul de température de sortie d'eau

On a la relation suivante :

$$Q = D_e C (- T) + m (T_2 - T_1) Cm$$

Avec :

- $D_e. C (T_{se} - T_{ee})$: 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} :

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

2.6.5. 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.

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

d : diamètre de la conduite d'eau = 12.5 mm = 12.5 × 10⁻³m

$$\text{AN: } S = \frac{3.14 * (12.5 * 10^{-3})^2}{4} = 0.0122 m^2$$

Donc:

AN:

$$D_e = 5400 * 1000 * 0.0122 = \mathbf{65880 \text{ Kg/h}}$$

Donc:

$$= \frac{125.45}{65880 * 1} + 6 = \mathbf{6.001^\circ\text{C}}$$

2.6.6. Dimensionnement de circuit de refroidissement

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

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

Avec :

Lc : longueur totale des canaux.

Qh : quantité horaire de chaleur à évacué.

h : coefficient de transfert thermique.

d : diamètre de canaux.

Tc : température des parois des canaux.

Tf : température du fluide au centre du canal.

- **Calcul du coefficient du transfert thermique :**

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

Et pour savoir le régime d'écoulement on calcule le nombre de Reynolds

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

Avec :

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

d : diamètre de la tubulure = $12.5 \cdot 10^{-3}$ m

ν_e : viscosité cinématique de l'eau = 0.0035 m²/h

$$AN : \quad Re = \frac{5400 \times 12.5 \cdot 10^{-3}}{0.0035} = \mathbf{19285.71}$$

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

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

Pr : nombre de Prandtl, Pr = 3.34

λ : conductivité de l'eau ; $\lambda = 0.540$ Kcal/h.m.°c

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

$$AN: \quad h=0.04*(19285.71 \times 3.34) \times \frac{0.540}{12.5}=111.30 \text{ Kcal/h.m}^2.\text{°C}$$

$$Tf=\frac{Tm+Tp}{2}=\frac{22.5+60}{2}=41.25\text{°C}$$

$$Lc = \frac{qh}{h.\pi.d(Tc-Tf)} = \frac{125.45}{111.3 \times \pi \times 12.5 \times 10^{-3} (60-41.25)} = 1.531m$$

3. Résistance des matériaux

3.1. Résistance des éléments du moule au matage

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

3.1.1. Condition de résistance au matage

$$\sigma = \frac{F}{S} \leq Rpe$$

Et :

$$Rp = \frac{Re}{S'}$$

Avec :

Re = 53455 N/mm² (pour les pvc).

S' = 2(coefficient de sécurité).

Donc :

$$Rp = \frac{53455}{2} = 26727.5 \text{ N/mm}^2$$

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

Valeurs indicatives				
S	Charges exercées sur la structure	Contraintes dans la structure	Comportement du matériau	Observations
1 < s ≤ 2	Régulières et connues	Connues	Testés et connues	Fonctionnement constant sans à-coups
	Régulières et assez bien connues	Assez bien	Testés et connues	

$2 < s \leq 3$		connues	moyennement	Fonctionnement usuel avec légers chocs et surcharges modérées
	Moyennement connues	Moyennement connues	Non testé	
$3 < s \leq 4$	Mal connues ou incertaines	Mal connues ou incertaines	connus	

Tableau.4 : Valeurs indicatives du coefficient de sécurité

3.2. Résistance du plan de joint

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

$R_e = 53455 \text{ N / mm}^2$ (pour les aciers faiblement alliés).

S_{pj} : surface du plan de joint.

$$S_{pj} \geq \frac{F}{0.2 \cdot R_e} = \frac{5500000}{0.2 \times 53455} = \mathbf{514,5 \text{ mm}^2}$$

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

3.2.1. Partie fixe

- **Semelle fixe**

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

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

$S = e \cdot l = 30 \cdot 300 = 9000 \text{ mm}^2$

Avec :

e : épaisseur de l'élément.

l : longueur de l'élément

S : surface de l'élément.

$$\sigma = \frac{5500000}{9000} = \mathbf{611,1 \text{ N/mm}^2} < R_p$$

La semelle fixe résiste au matage.

- **porte empreinte fixe :**

$$e = 40\text{mm}$$

$$l = 300\text{mm}$$

$$s = 300 \times 40 = 12000\text{mm}^2$$

$$\sigma = \frac{5500000}{12000} = 458,3\text{N/mm}^2$$

La porte empreinte fixe résiste au matage.

3.2.2. Partie mobile

- **Semelle mobile :**

$$e = 12,6\text{mm}$$

$$l = 300\text{mm}$$

$$s = 3780\text{mm}^2$$

$$\sigma = \frac{5500000}{3780} = 1455\text{N/mm}^2 < R_p$$

La semelle mobile résiste au matage.

- **Porte empreinte mobile :**

$$e = 15\text{mm}$$

$$l = 220\text{mm}$$

$$s = 3300\text{mm}^2$$

$$\sigma = \frac{5500000}{3300} = 1666,6\text{N/mm}^2 < R_p$$

La porte empreinte mobile résiste au matage

- **Les tasseaux :**

$$e = 70\text{mm}$$

$$l = 300\text{mm}$$

$$s = 21000\text{mm}^2$$

$$\sigma = \frac{5500000}{21000} = 261,9\text{N/mm}^2 < R_p$$

Les tasseaux résistent au matage.

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

3.3. Vérification des colonnes de guidages au cisaillement

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

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

La condition de résistance :

Avec :

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

n : nombre de section cisailées $n = 4$

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

S : section cisailée

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

σ_e : limite élastique du matériau ($\underline{z}200c12 = 335 \text{ N/mm}^2$)

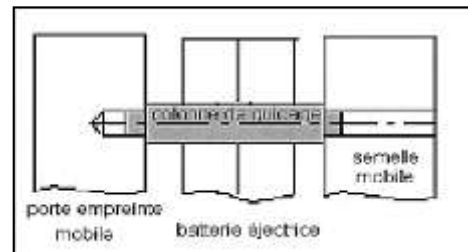


Figure.45 : Présentation de la colonne de guidage de batterie

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

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

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

La condition est vérifiée.

3.4. Vérification des vis de fixation de la porte empreinte mobile et des tasseaux au cisaillement :

3.4.1. La condition de résistance

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

Avec :

N : poids du porte empreint et ses composant $N = 2556 \text{ N}$

n : nombre de vis $n = 6$

S : section d'une vis

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

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 12^2}{4} = 113 \text{ mm}^2$$

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

Avec :

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

k : coefficient de sécurité

A.N.

$$\tau = \frac{2556}{6 \cdot 95} = 4,48 \text{ N/mm}^2 \leq [\tau]_{cis}$$

La condition est vérifiée.

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

3.5.1. Condition de résistance

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

Avec

F : poids des tasseaux et du porte empreint mobile F= 1680N

n : nombre de vis, n = 6

d : diamètre de vis, d = 10mm

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

AN

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{\pi \cdot 10^2}{4} = 78,5 \text{ N/mm}^2$$

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

$$\tau = \frac{2770}{6 \times 78,5} = 7,21 \text{ N/mm}^2 \leq 134 \text{ N/mm}^2$$

4. 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 (le joint de tube d'écoulement), 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 d'élargir nos connaissances théoriques et d'être confrontés 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.

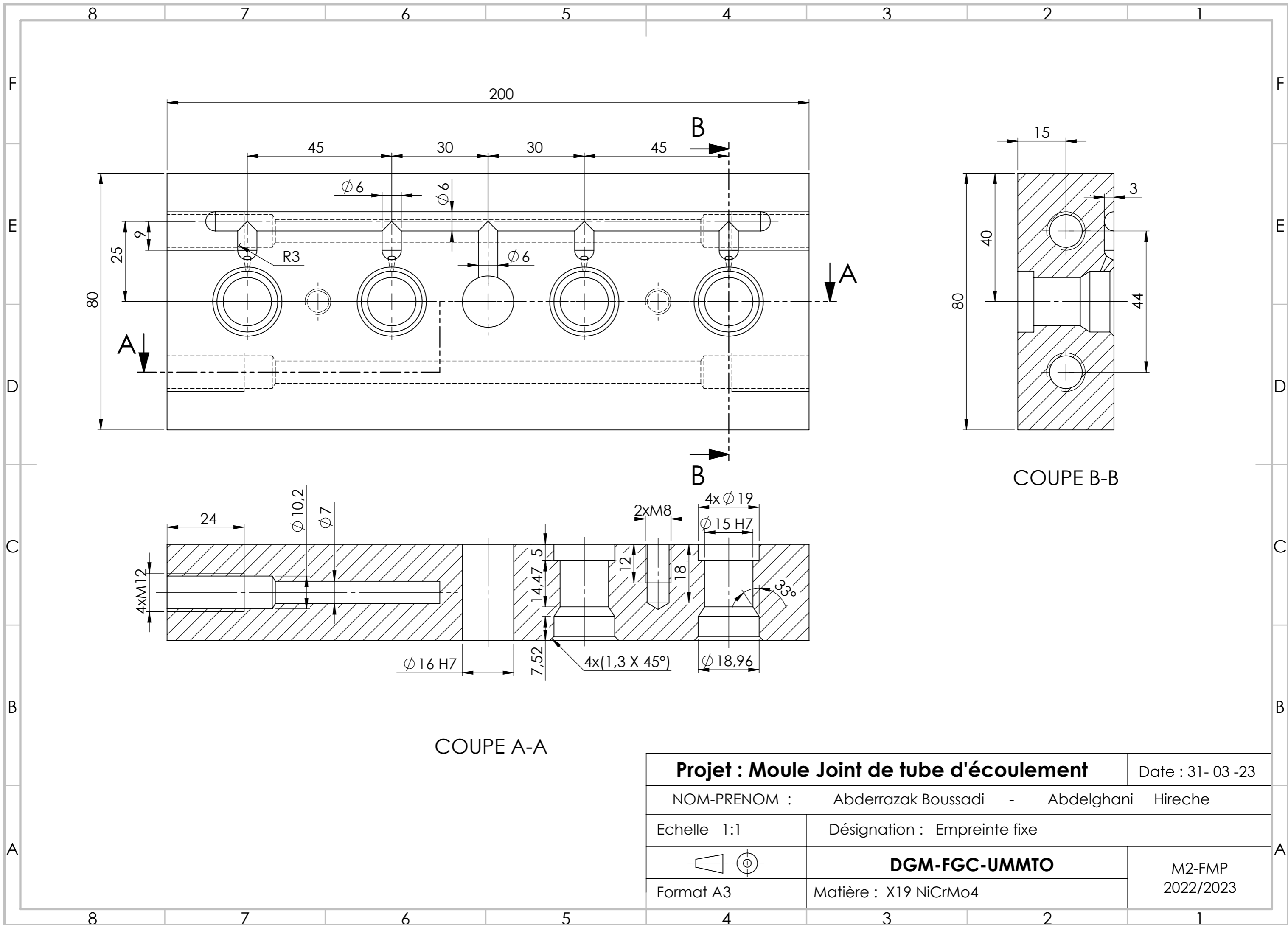
L'industrie, de nos jours, utilise souvent le procédé d'injection pour la transformation des polymères, car il permet la production en série des pièces avec une grande précision.

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 d'un joint de tube d'écoulement, 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 conception des moules, dans le sens où nous étions amenés à concevoir et à mettre en œuvre un moule d'injection plastique qui nous est été 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 réalisable les dans les limites du cahier des charges.

Références bibliographiques

- [1] : Bove, A. (2012). The Origins of Plastics. Chemical Héritage Magazine, 30(4), 26-29.
- [2] : "Bioplastics: A Review" - Article publié dans le journal Materials Science and Engineering: C. Disponible à l'adresse :
<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0928493114004187>
- [3] : "Bioplastics: A Sustainable Solution to Plastic Pollution" - Article publié dans le journal Environmental Science and Pollution Research. Disponible à l'adresse :
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11356-018-2997-0>
- [4] : "Plant-Based Plastics : Properties, Production, and Challenges" - Article publié dans le journal Polymers. Disponible à l'adresse : <https://www.mdpi.com/2073-4360/11/5/796>
- [5] : "Sustainable Bio-based Plastics : Challenges and Opportunities" - Article publié dans le journal Frontiers in Chemistry. Disponible à l'adresse :
<https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fchem.2018.00574/full>
- [6] : "Introduction to Polymers" de Robert J. Young et Peter A. Lovell.
- [7] : "Plastics Materials" de J.A. Brydson.
- [8] : "Polymer Science and Technology" de Joel R. Fried.
- [9] : Société Sumitomo (<https://www.sumitomo-shi-demag.eu/glossary/what-is-injection-moulding.html>)
- [10] : <https://chouchenslim.wordpress.com/>
- [11] : Technique de l'ingénieur /Moules pour l'injection des thermoplastiques-généralités et périphériques /Mise à jour 2012 Edition : Thomas MUNCH
- [12]: Wagner, M. et al. (2011). Endocrine disrupting chemicals and other substances of concern in food contact materials: An updated review of exposure, effect and risk assessment.
- [13]: Initiation au transfert de chaleur, Edition : SACCADURA.
- [14] : Documentation technique ENIEM
- [15] : Guide injection plastique (par plastisem)
- [16] : Atlas du plastique ISBN : 979-10-97395-01-8

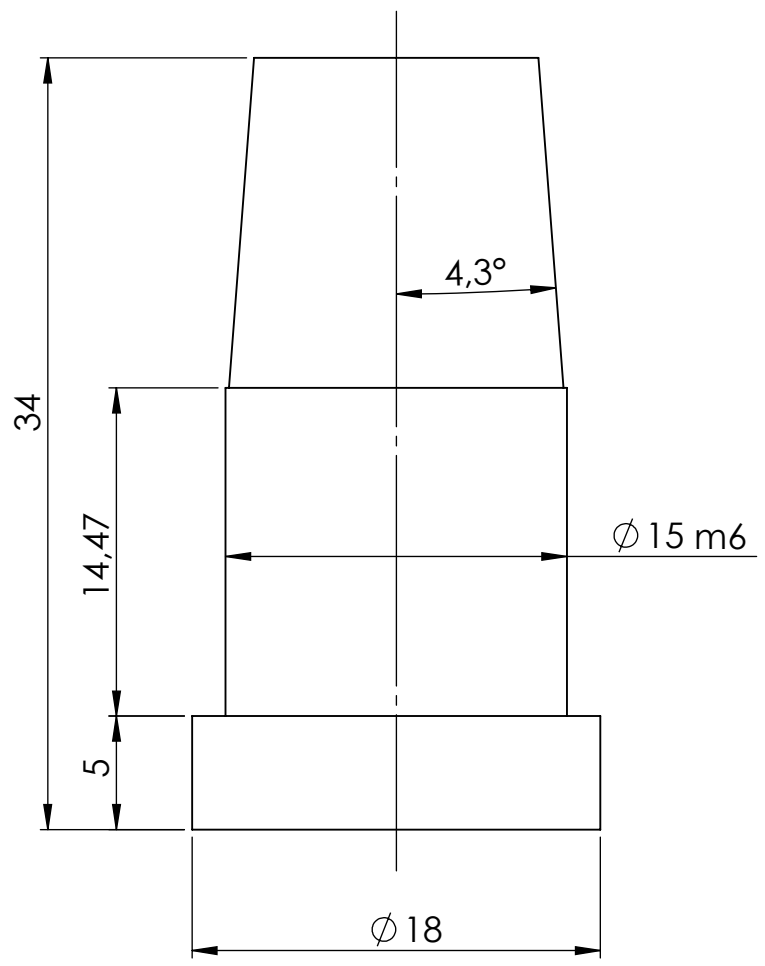


COUPE A-A

COUPE B-B

Projet : Moule Joint de tube d'écoulement		Date : 31-03-23
NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche		
Echelle 1:1	Désignation : Empreinte fixe	
	DGM-FGC-UMMTO	M2-FMP 2022/2023
Format A3	Matière : X19 NiCrMo4	

Qté : 04



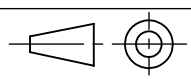
Projet : Moule Joint de tube d'écoulement

Date : 31-03-23

NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche

Echelle 3:1

Désignation : Insert-empreinte fixe



DGM-FGC-UMMTO

M2-FMP
2022/2023

Format A4

Matière

X19NiCrMo4

4

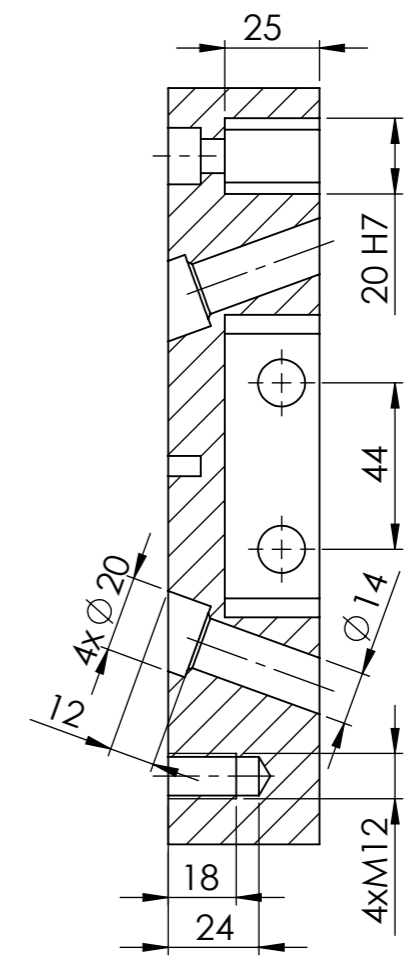
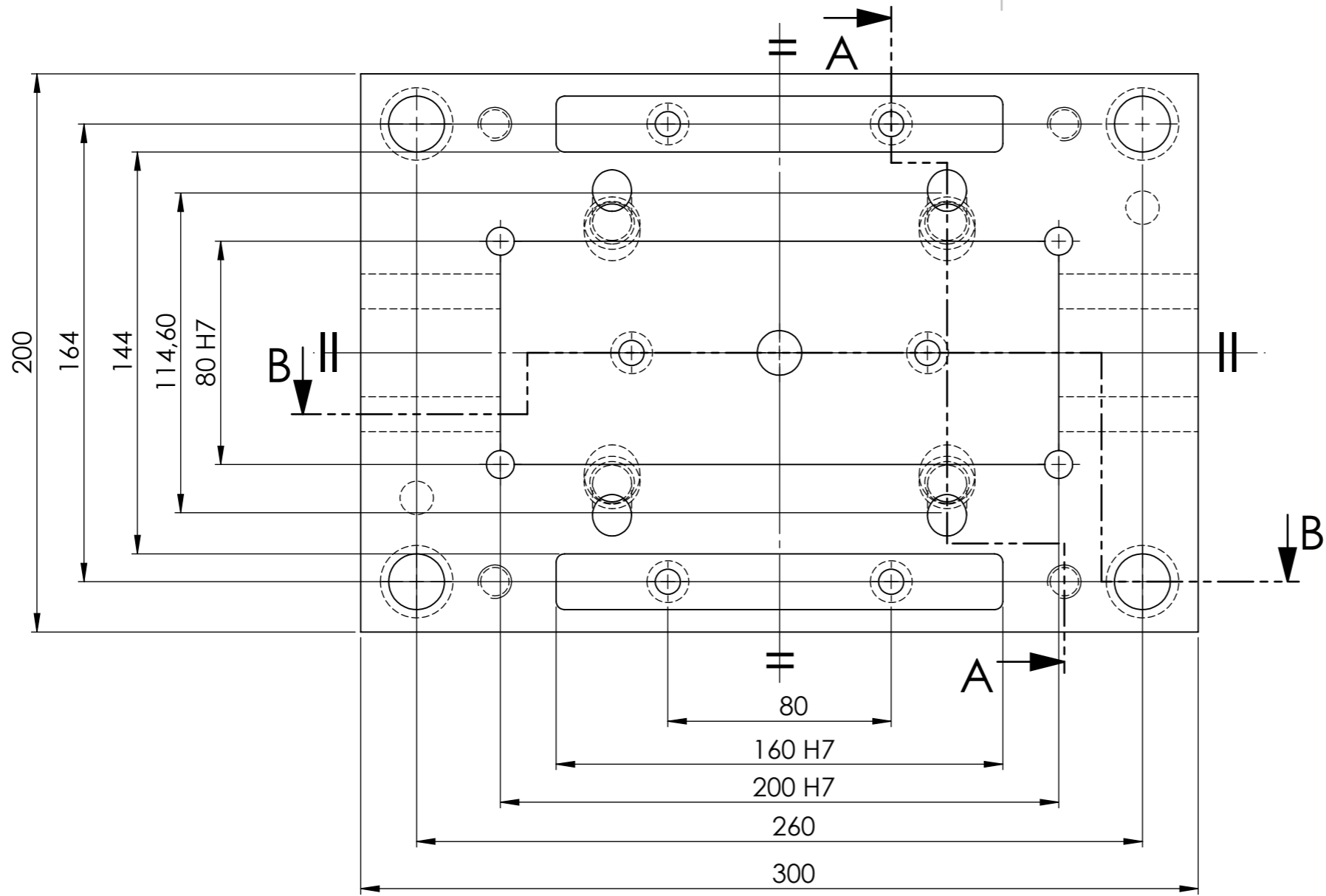
3

2

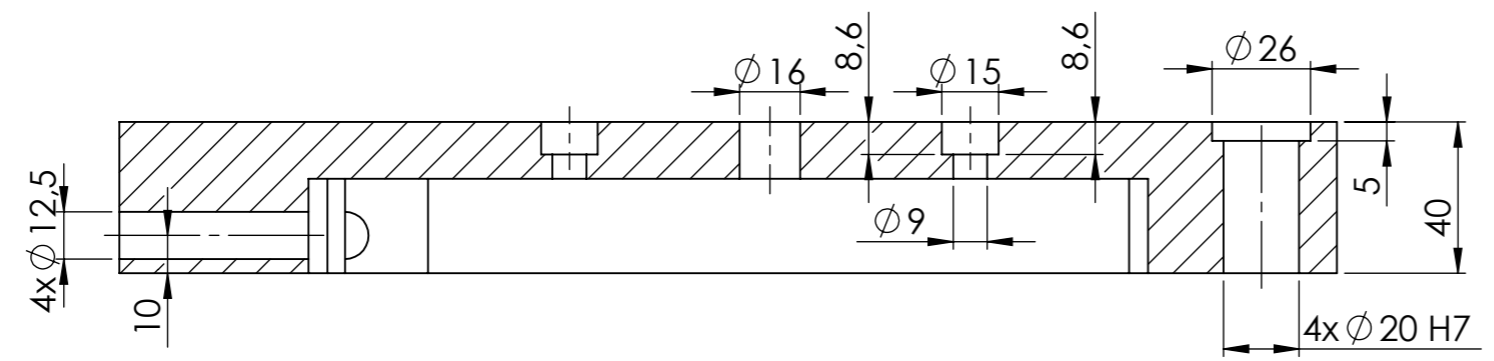
1

8 7 6 5 4 3 2 1

F
E
D
C
B
A



COUPE A-A

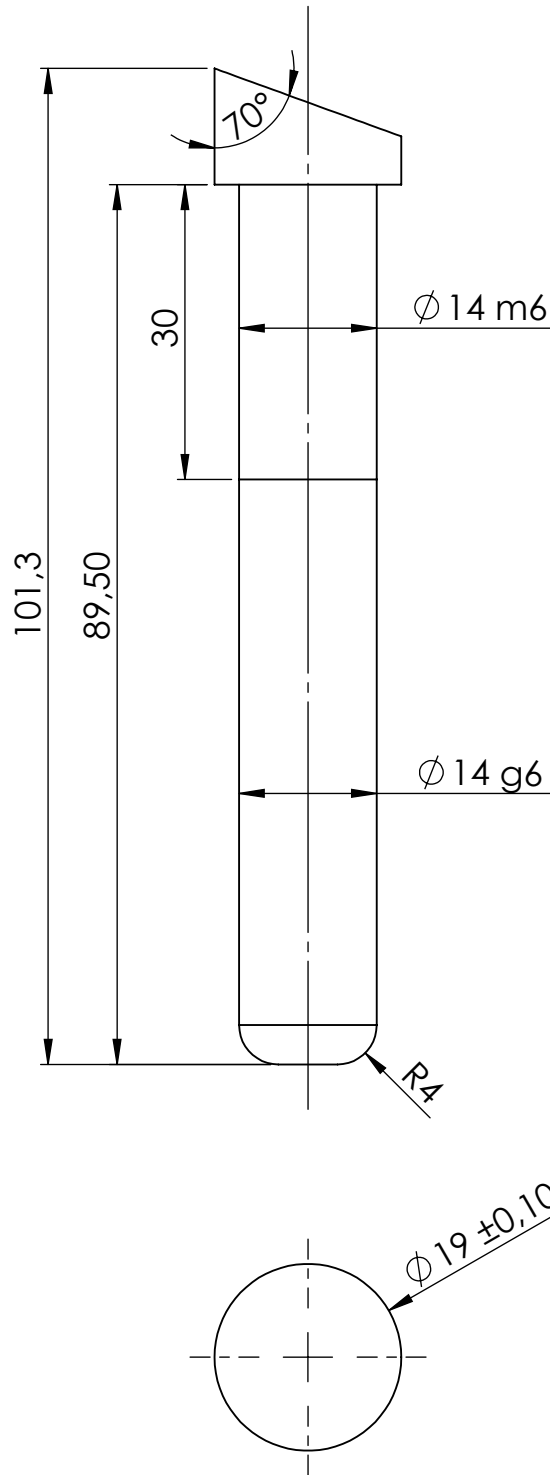


COUPE B-B

Projet : Moule Joint de tube d'écoulement		Date : 31-03-23
NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche		
Echelle 1:2	Désignation : Porte empreinte fixe	
	DGM-FGC-UMMTO	M2-FMP 2022/2023
Format A3	Matière : XC48	

8 7 6 5 4 3 2 1

Qté 04



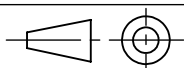
Projet : Moule Joint de tube d'écoulement

Date : 31-03-23

NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche

Echelle 1.3:1

Désignation : Doigt de démoulage



DGM-FGC-UMMTO

M2-FMP
2022/2023

Format A4

Matière

Z200C12/58-60HRC

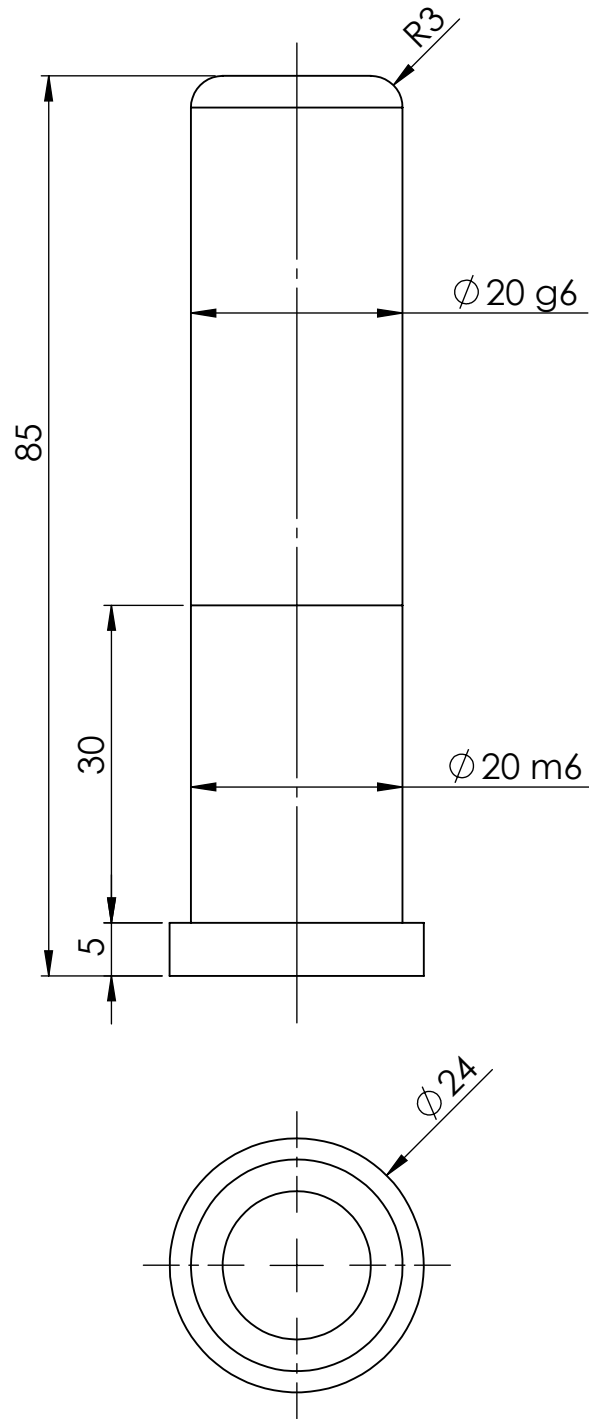
4

3

2

1

Qté : 04



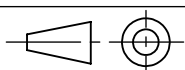
Projet : Moule Joint de tube d'écoulement

Date : 31-03-23

NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche

Echelle 1.4 : 1

Désignation : Colonne de guidage



DGM-FGC-UMMTO

M2-FMP
2022/2023

Format A4

Matière

Z200C12/58-60HRC

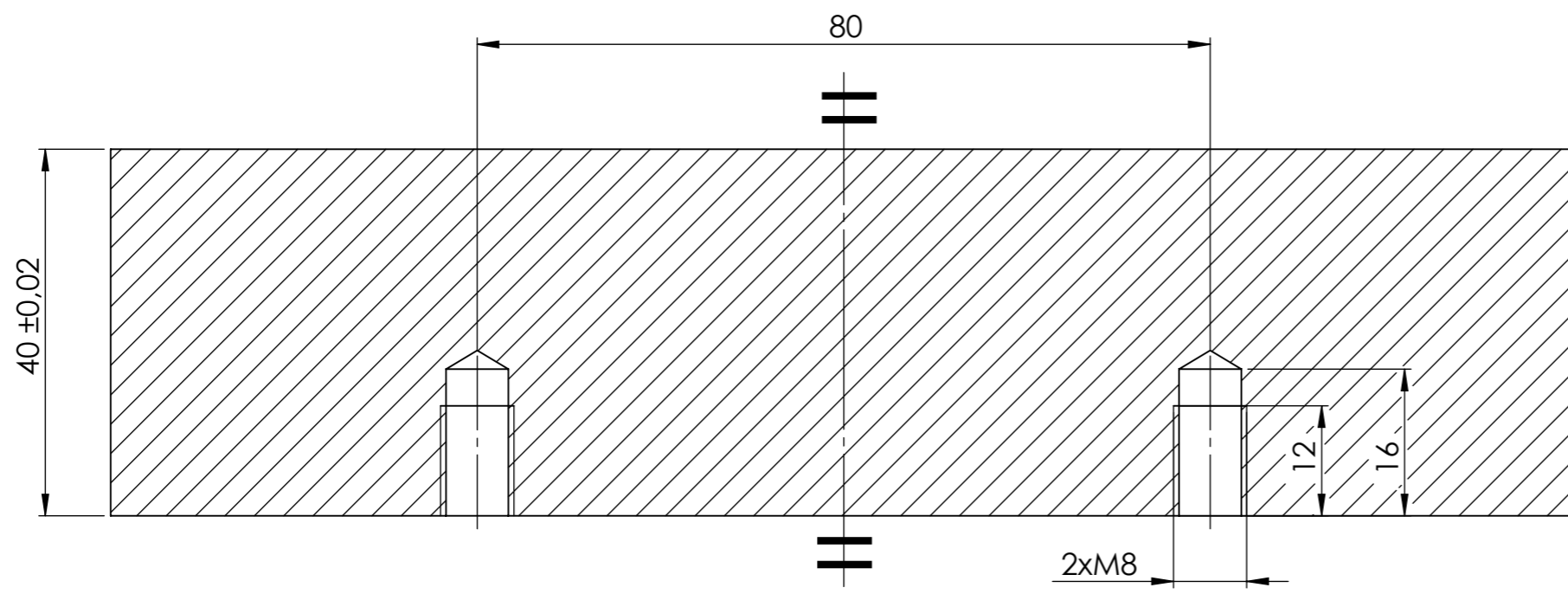
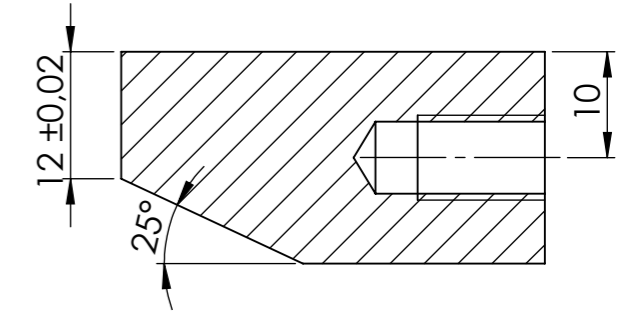
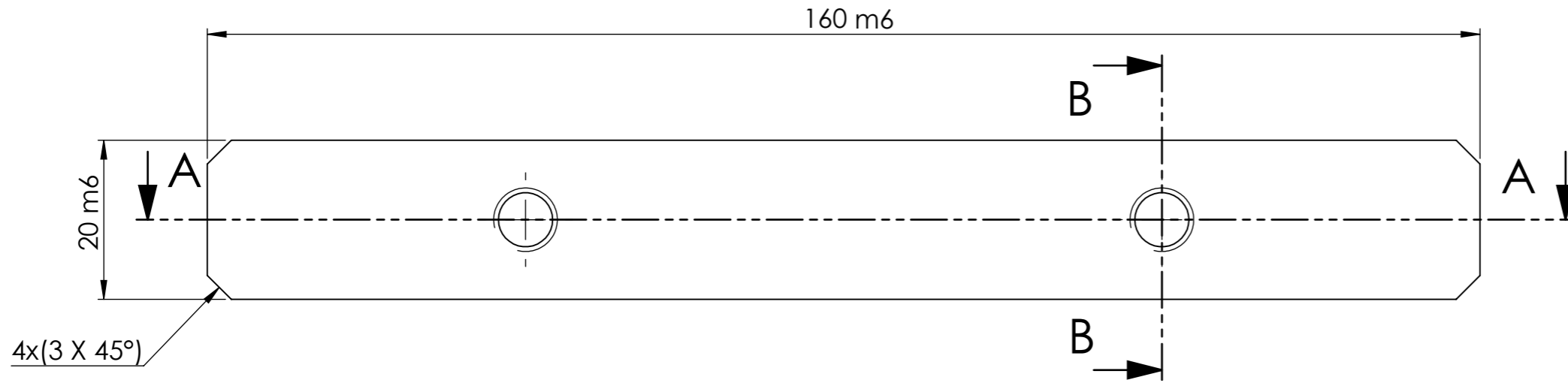
4

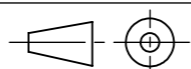
3

2

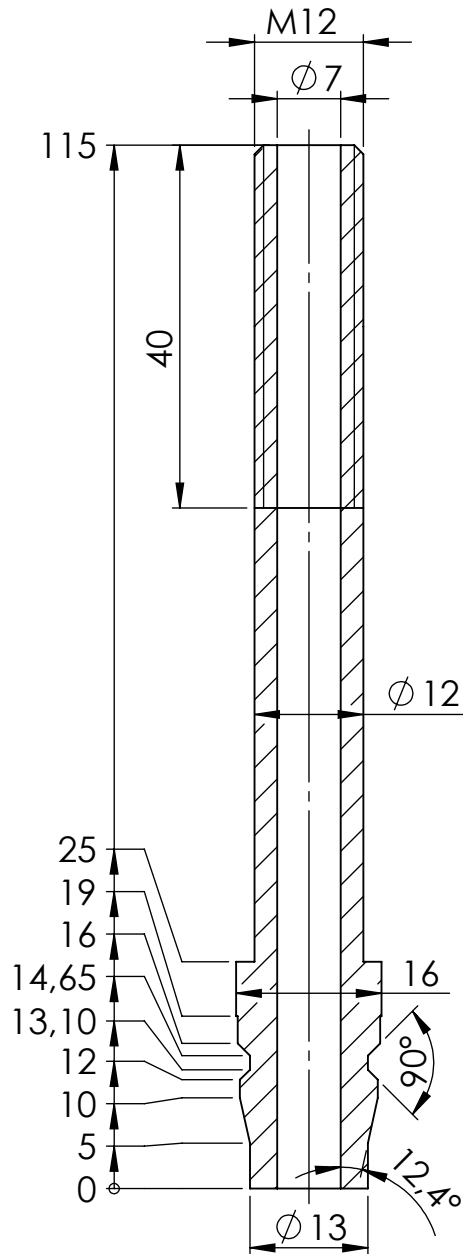
1

Qté 02

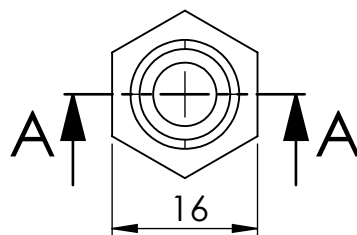


Projet : Moule Joint de tube d'écoulement		Date : 31-03-23
NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche		
Echelle 1.4 : 1	Désignation : Sabot	
	DGM-FGC-UMMTO	M2-FMP 2022/2023
Format A3	Matière : Bronze	

Qté 04



COUPE A-A



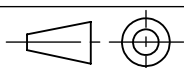
Projet : Moule Joint de tube d'écoulement

Date : 31-03-23

NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche

Echelle 1.2 : 1

Désignation : Tétine L90



DGM-FGC-UMMTO

M2-FMP
2022/2023

Format A4

Matière

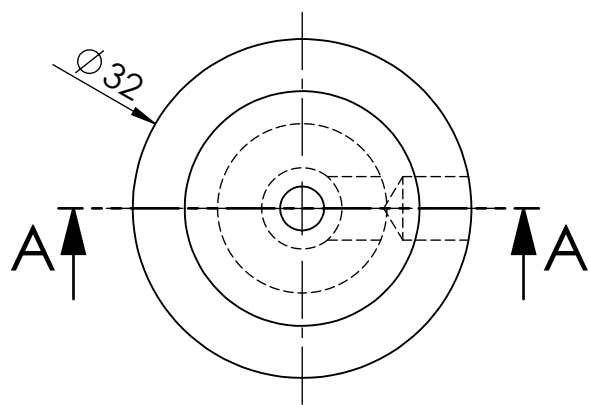
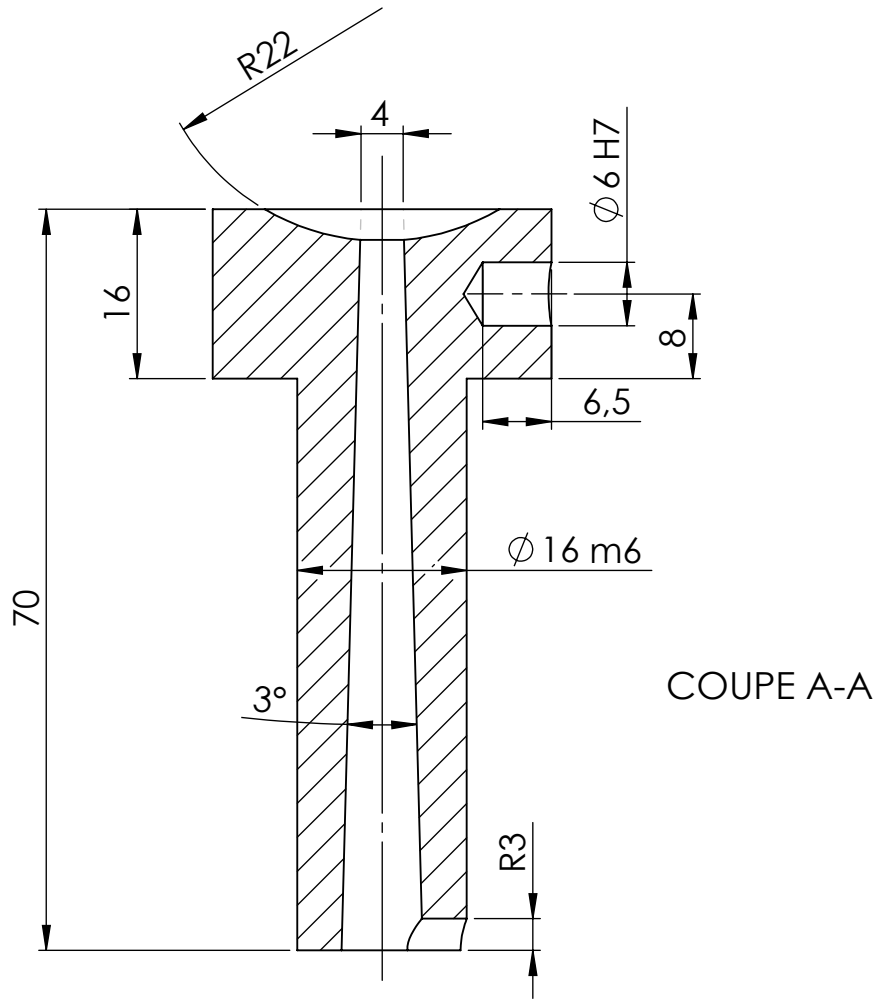
Cuivre

4

3

2

1



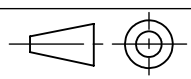
Projet : Moule Joint de tube d'écoulement

Date : 31-03-23

NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche

Echelle 1.4 : 1

Désignation : Buse d'injection



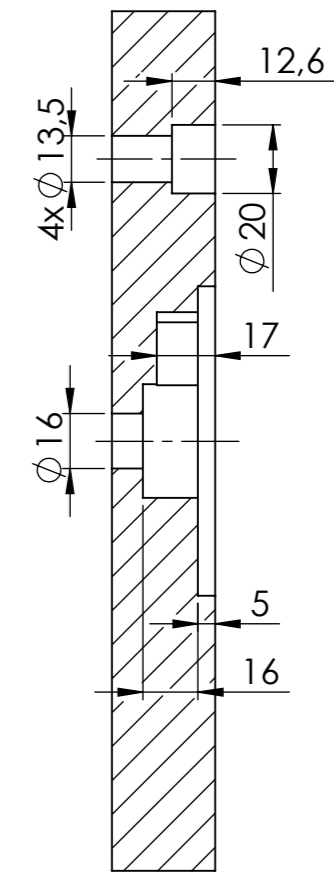
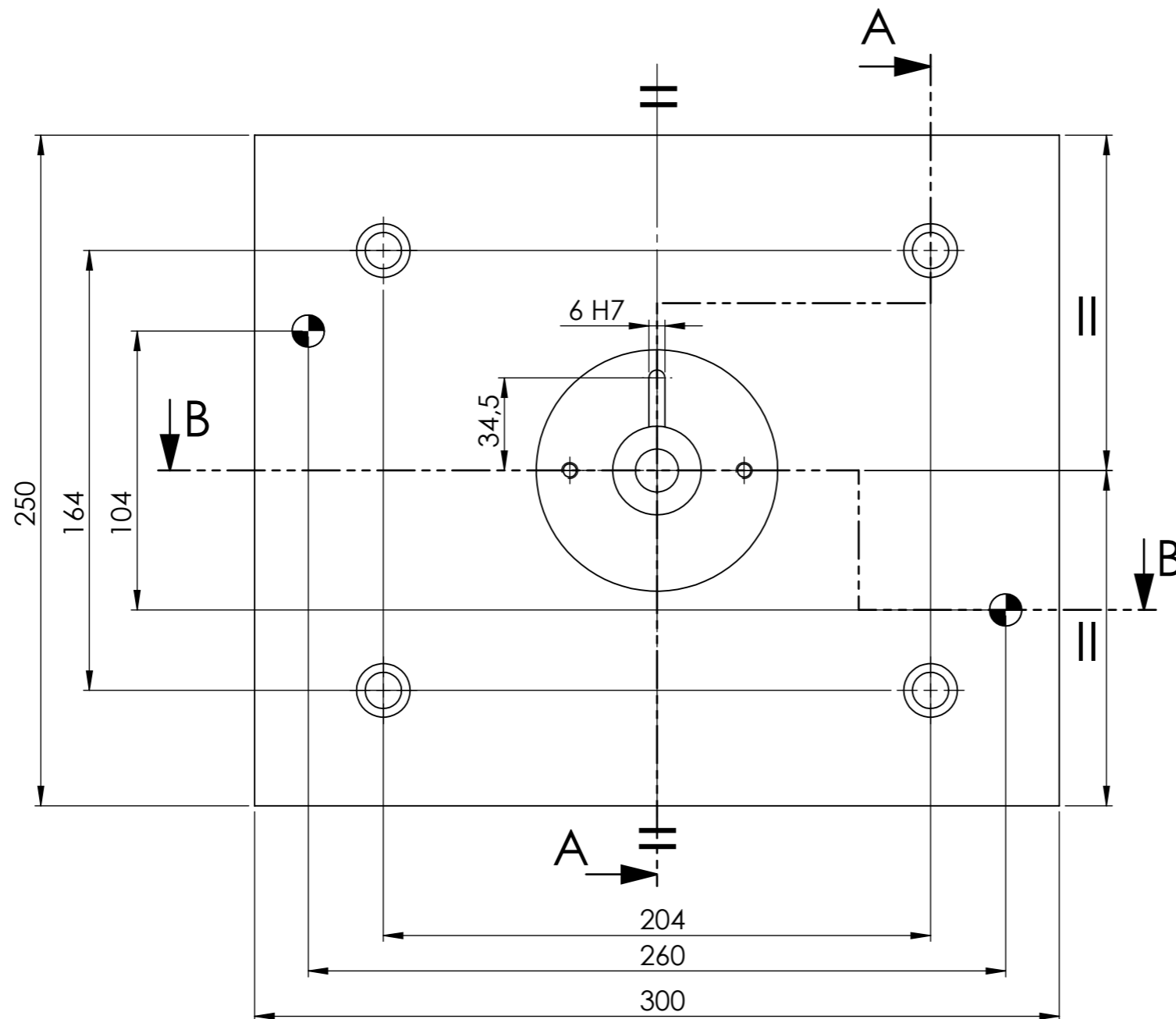
DGM-FGC-UMMTO

M2-FMP
2022/2023

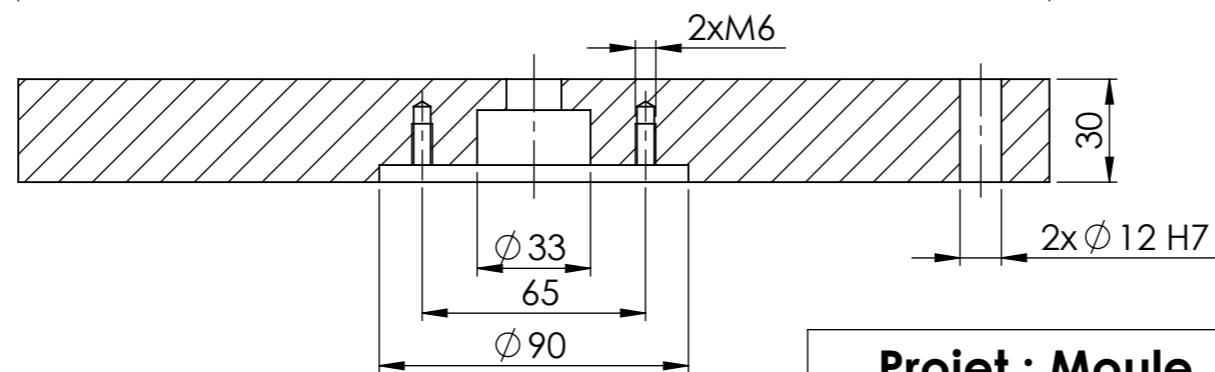
Format A4

Matière

XC48

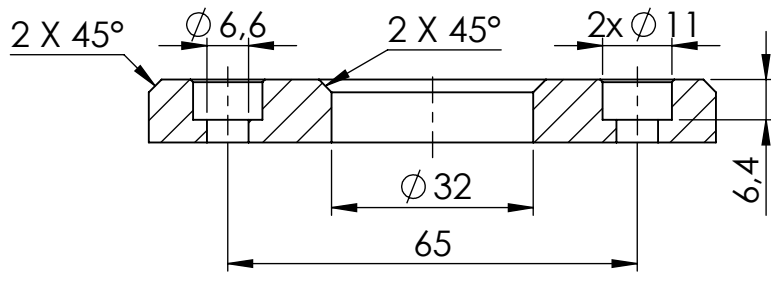


COUPE A-A

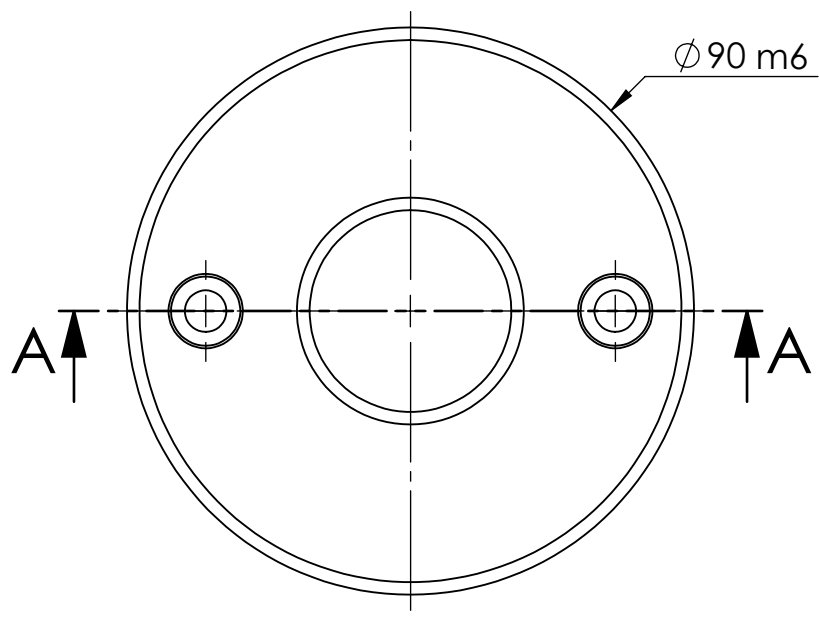


COUPE B-B

Projet : Moule Joint de tube d'écoulement		Date : 31-03-23
NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche		
Echelle 1:2.2	Désignation : Semelle fixe	
	DGM-FGC-UMMTO	M2-FMP 2022/2023
Format A3	Matière : E24	



COUPE A-A



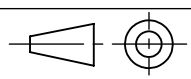
Projet : Moule Joint de tube d'écoulement

Date : 31-03-23

NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche

Echelle 1:1.2

Désignation : Couronne de centrage



DGM-FGC-UMMTO

M2-FMP
2022/2023

Format A4

Matière

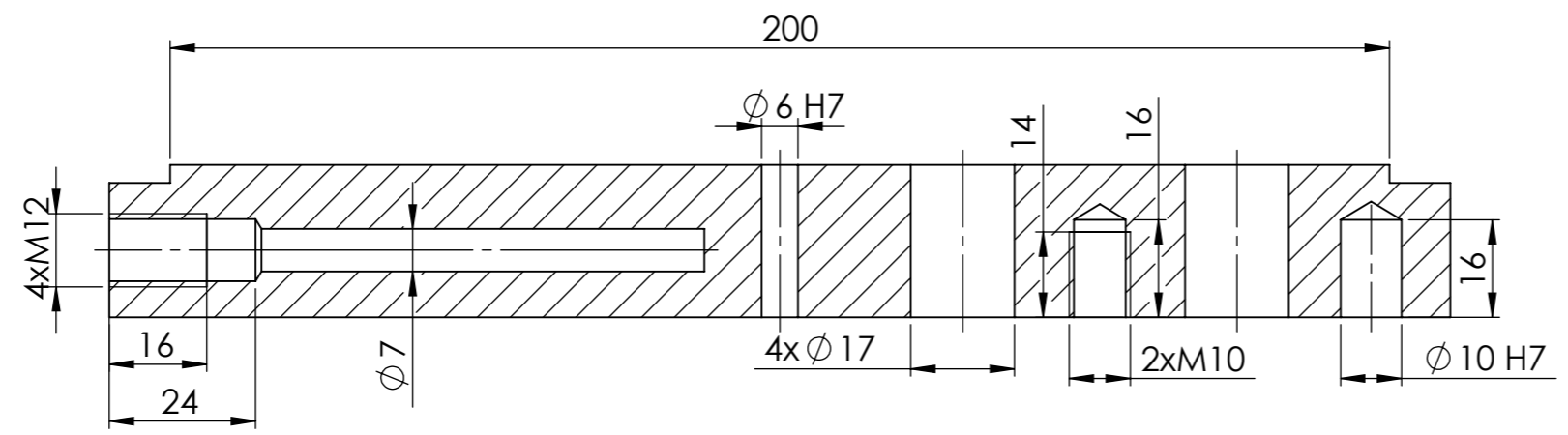
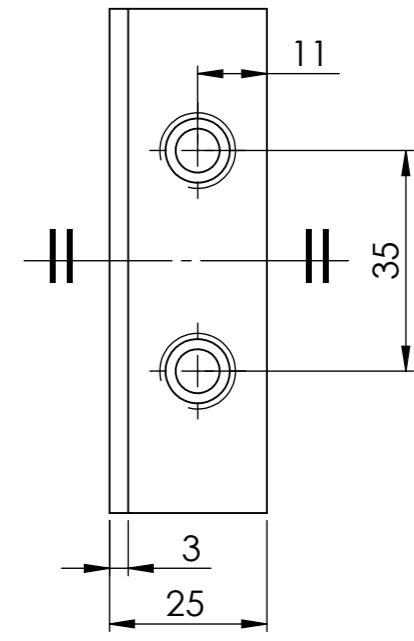
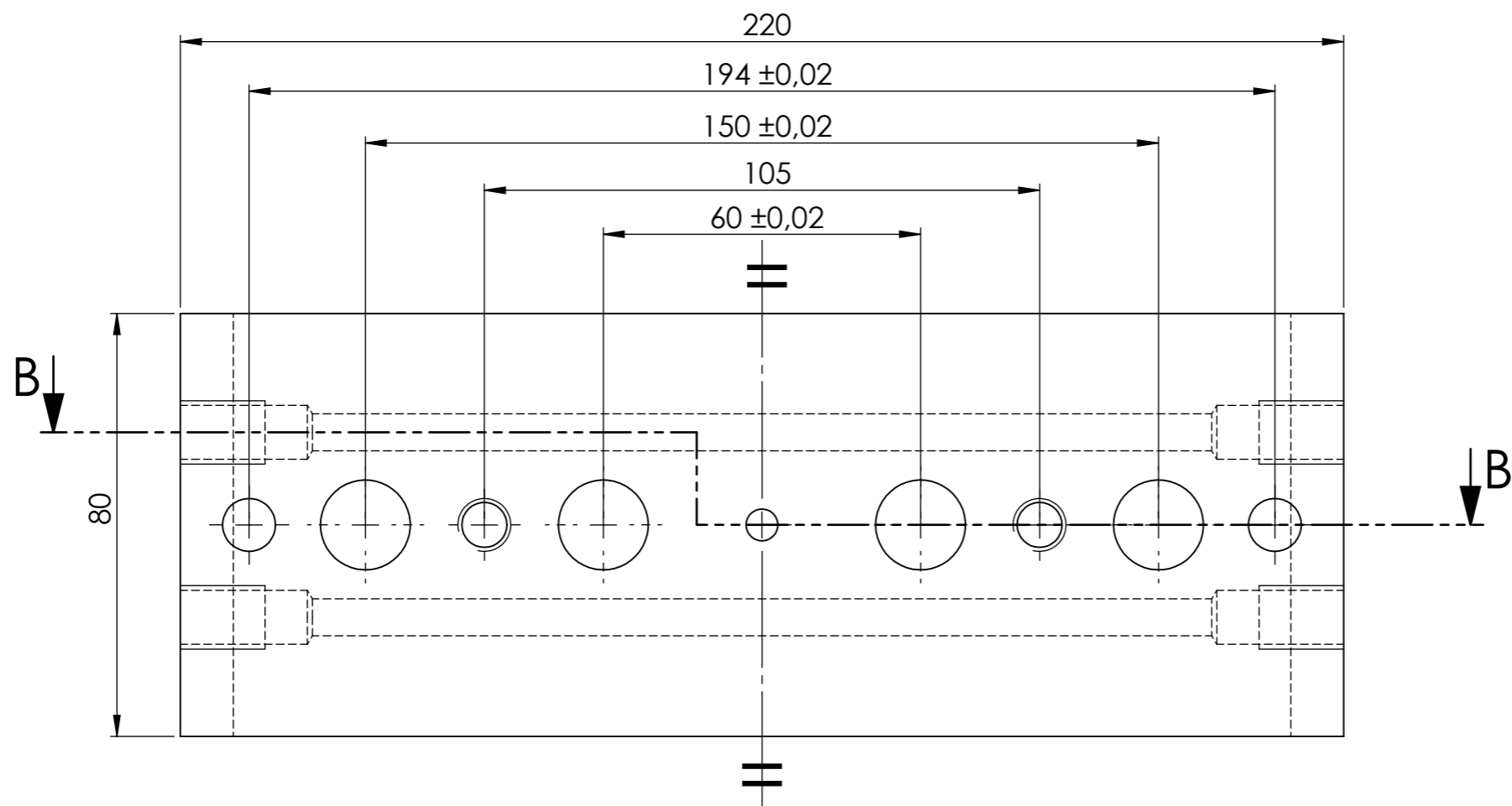
XC48

4

3

2

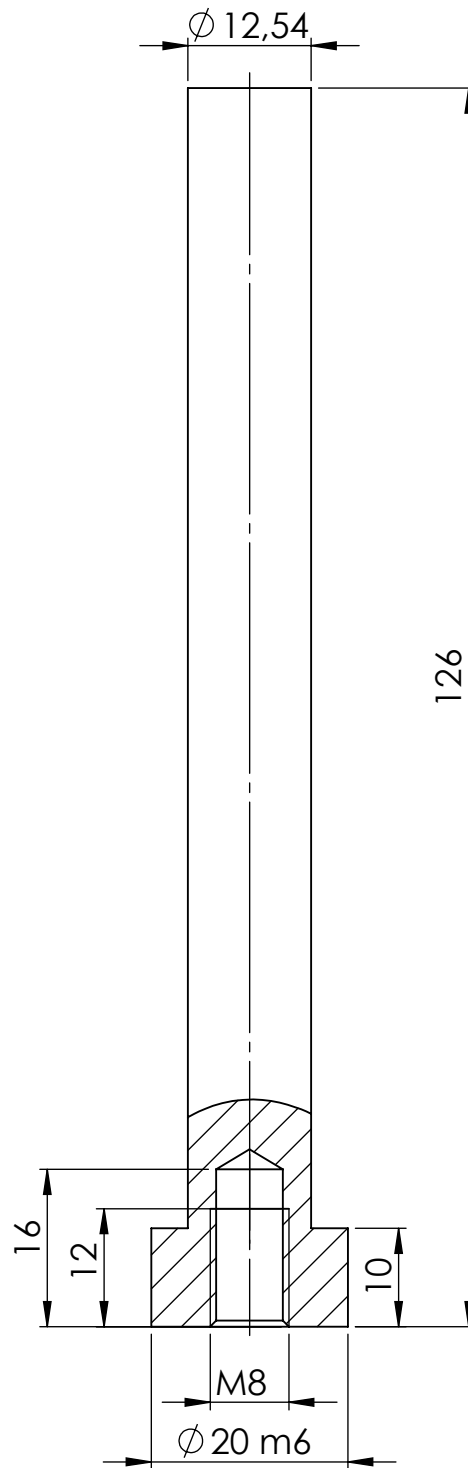
1



COUPE B-B

Projet : Moule Joint de tube d'écoulement		Date : 31-03-23
NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche		
Echelle 1:1.2	Désignation : Empreinte mobile	
	DGM-FGC-UMMTO	M2-FMP 2022/2023
Format A3	Matière : X19NiCrMo4	

Qté : 04



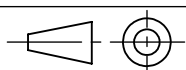
Projet : Moule Joint de tube d'écoulement

Date : 31-03-23

NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche

Echelle 1.3 : 1

Désignation : Insert-empreinte mobile



DGM-FGC-UMMTO

M2-FMP
2022/2023

Format A4

Matière

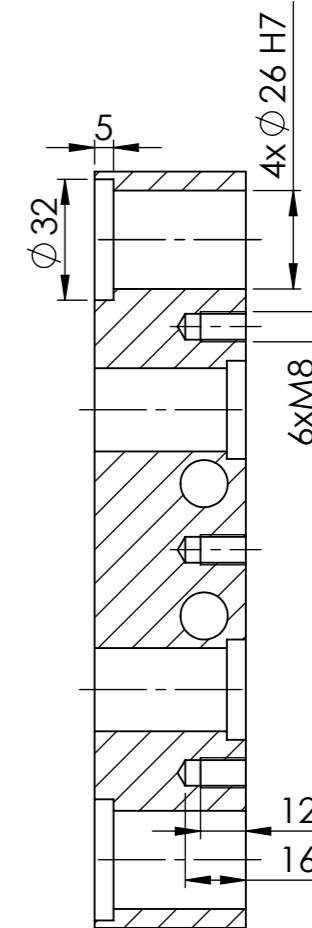
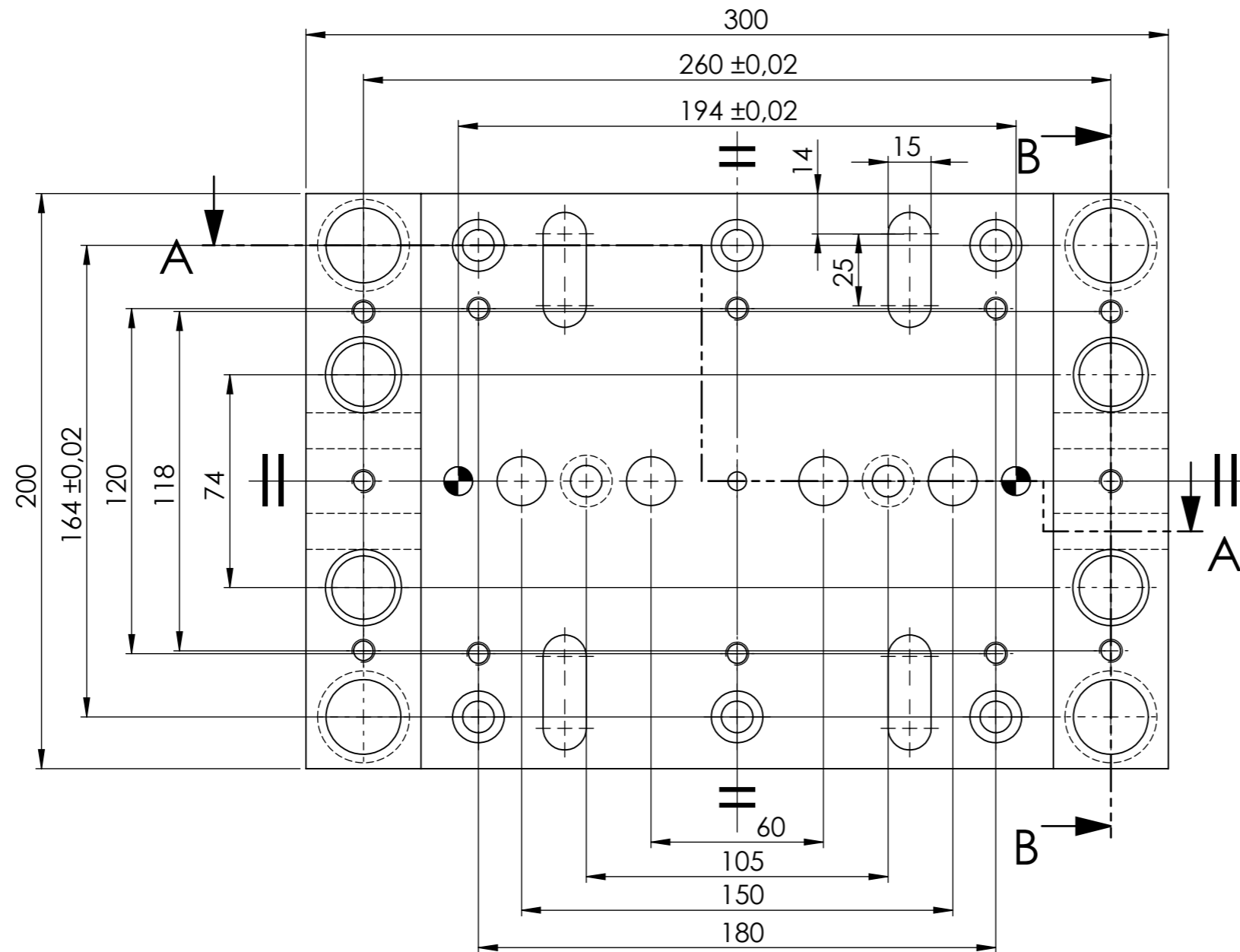
X19NiCrMo4

4

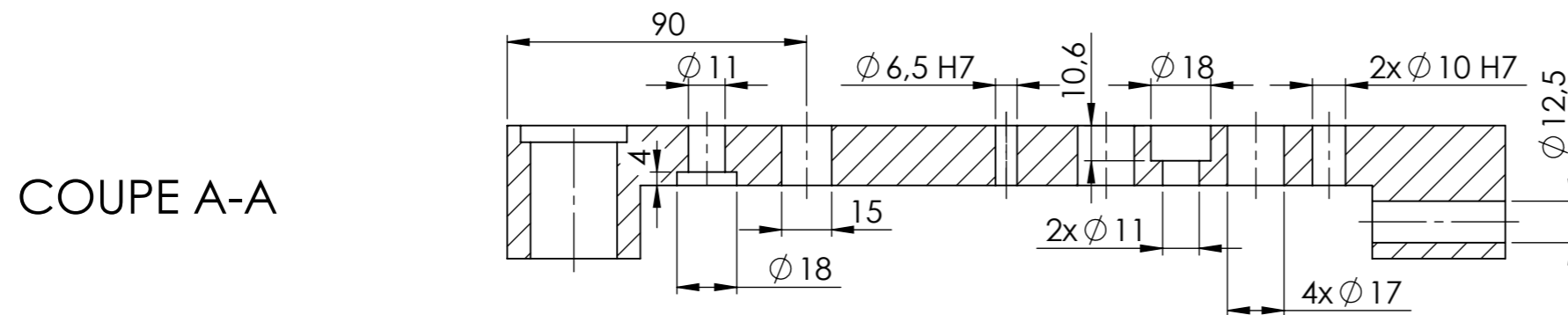
3

2

1

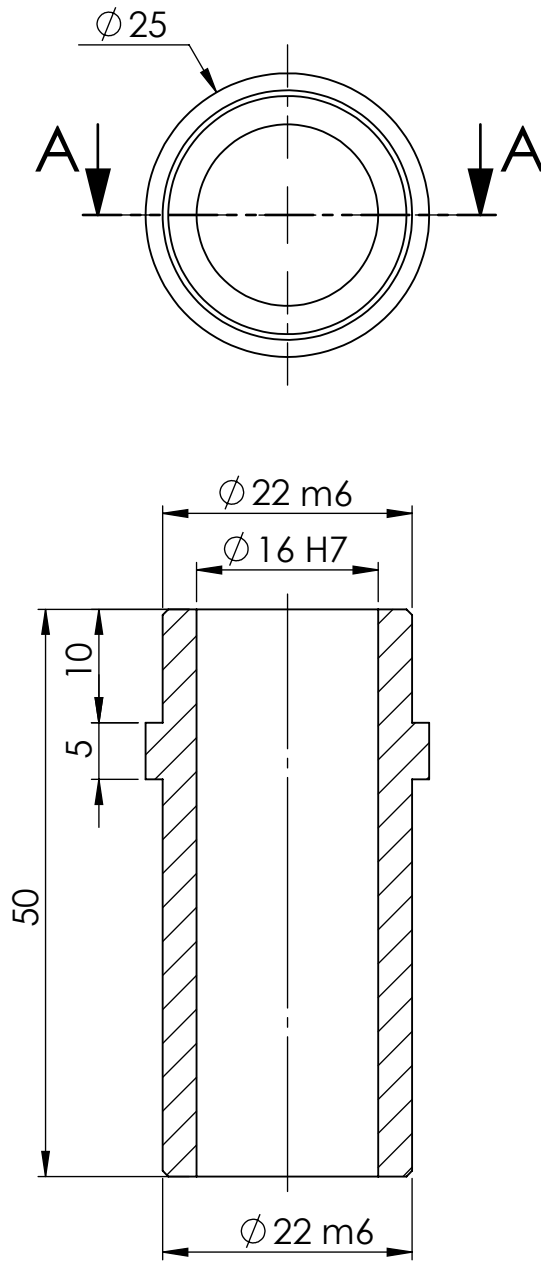


COUPE B-B



COUPE A-A

Projet : Moule Joint de tube d'écoulement		Date : 31-03-23
NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche		
Echelle 1:2	Désignation : Porte empreinte mobile	
	DGM-FGC-UMMTO	M2-FMP 2022/2023
Format A3	Matière : XC48	



COUPE A-A

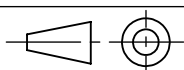
Projet : Moule Joint de tube d'écoulement

Date : 31-03-23

NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche

Echelle 1.5:1

Désignation : Bague de guidage Di 16



DGM-FGC-UMMTO

M2-FMP
2022/2023

Format A4

Matière

Z200C12 / 58-60HRC

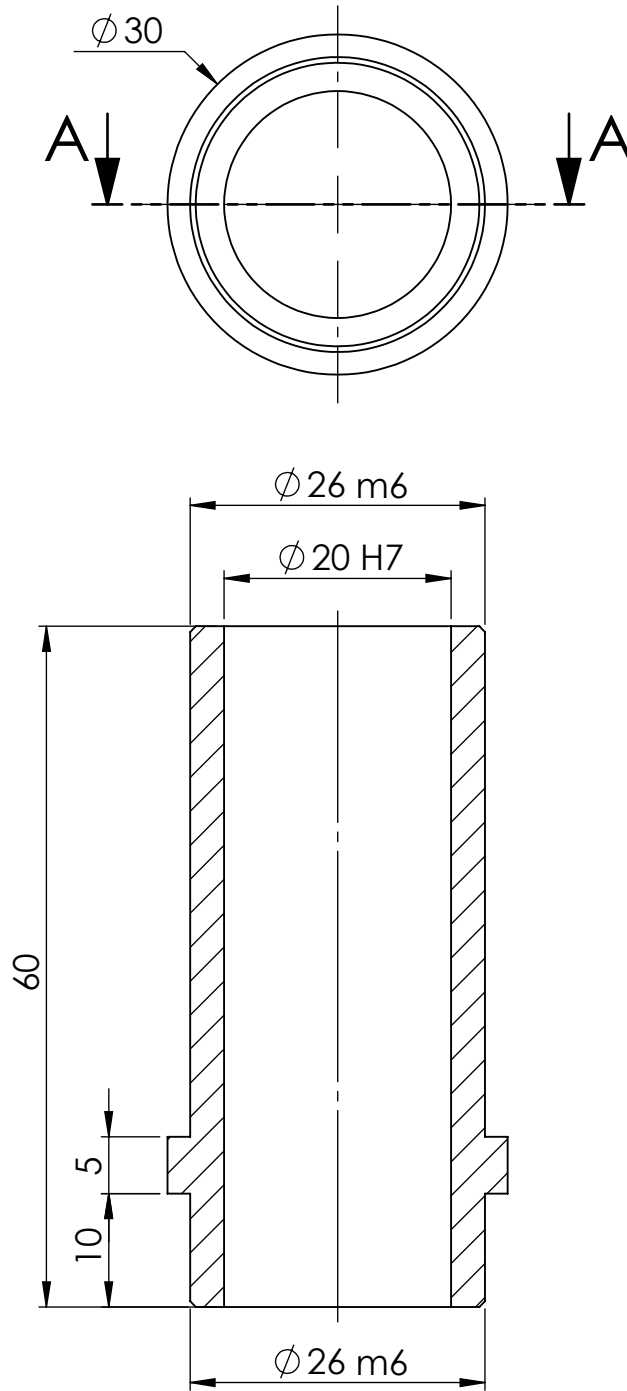
4

3

2

1

Qté : 04



COUPE A-A

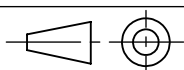
Projet : Moule Joint de tube d'écoulement

Date : 31-03-23

NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche

Echelle 1.5:1

Désignation : Bague de guidage Di 20



DGM-FGC-UMMTO

M2-FMP
2022/2023

Format A4

Matière

Z200C12 / 58-60HRC

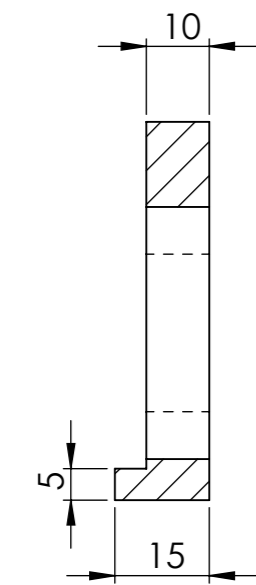
4

3

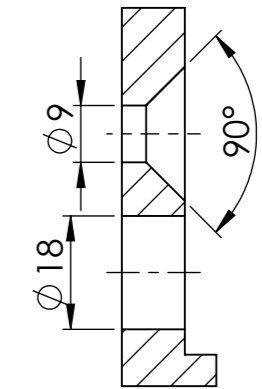
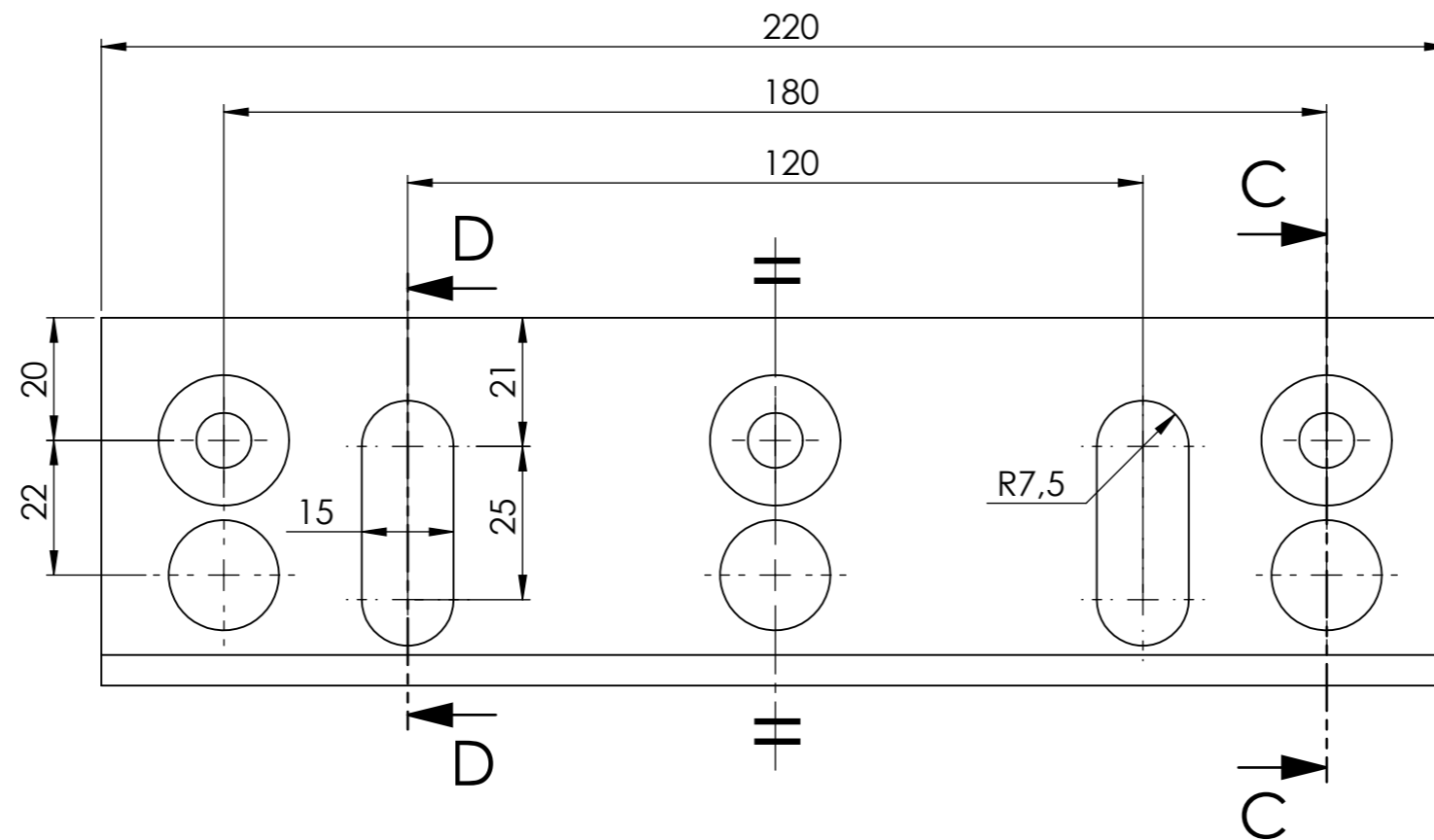
2

1

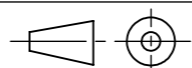
Qté : 02



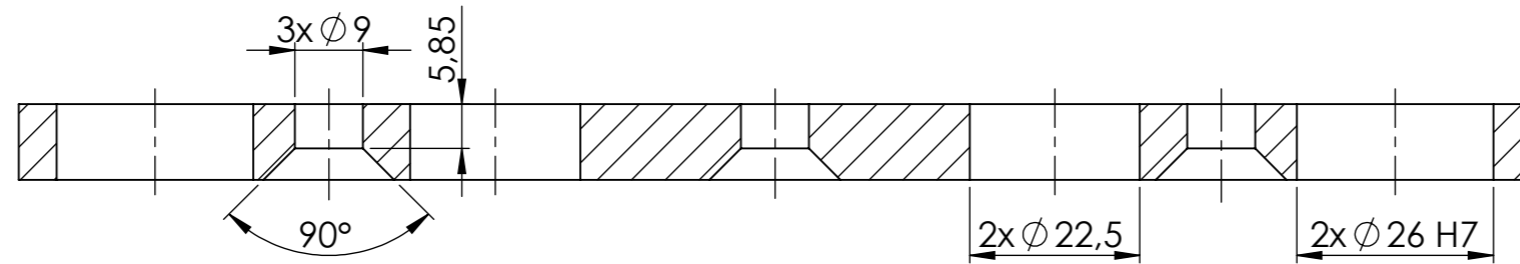
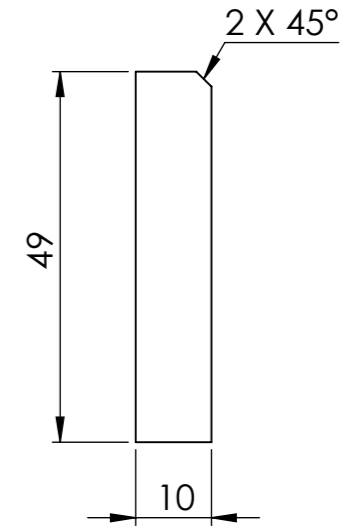
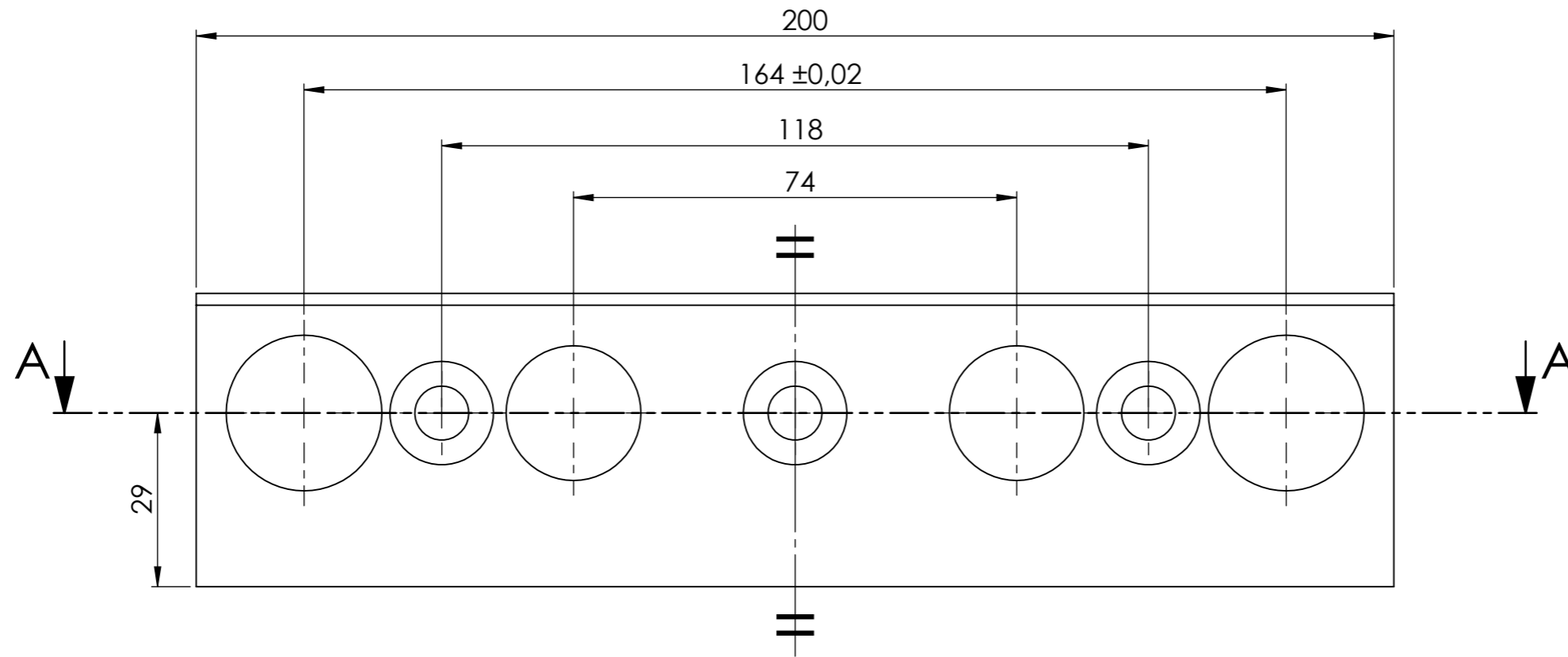
COUPE D-D



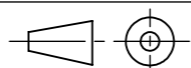
COUPE C-C

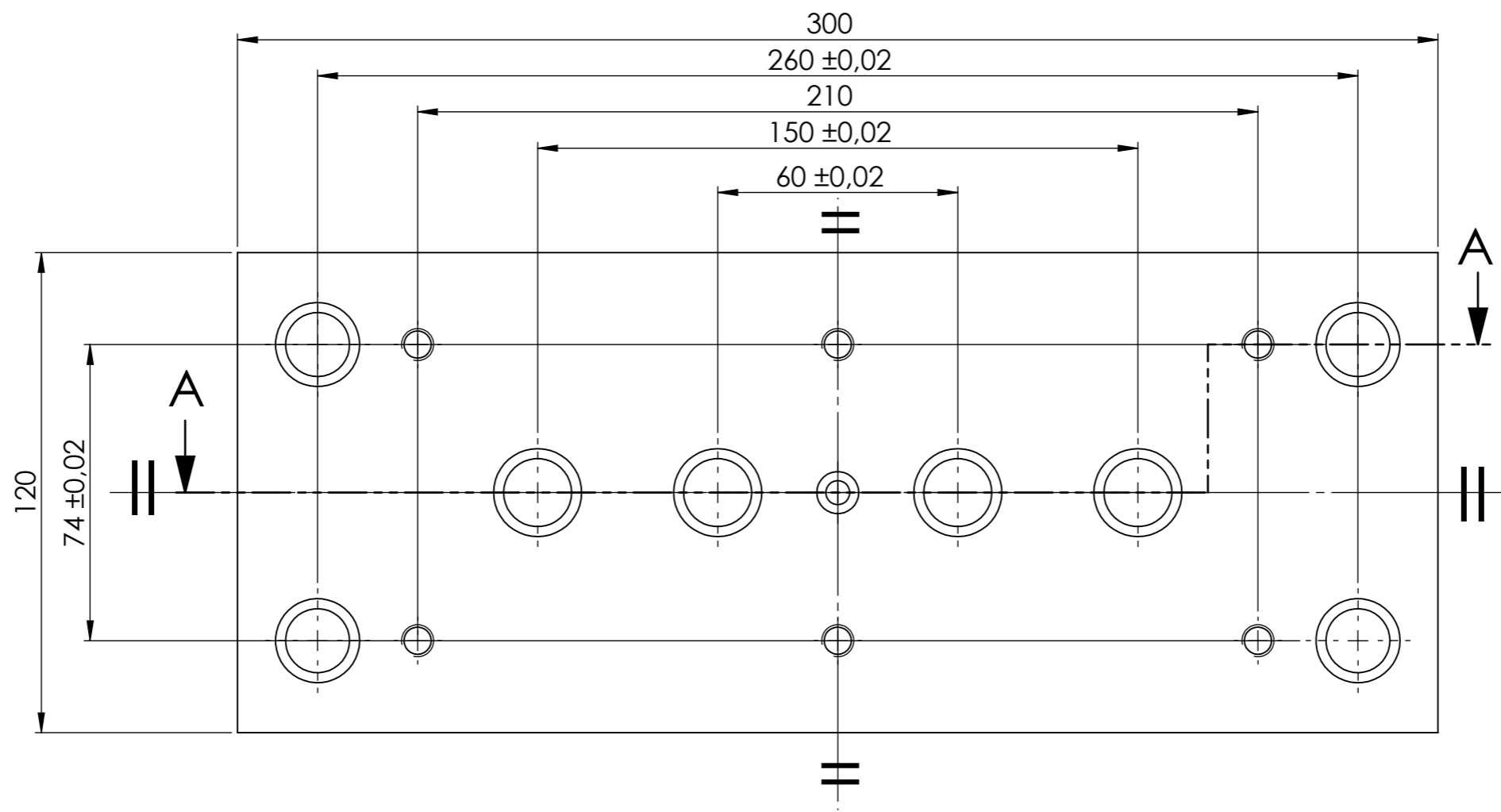
Projet : Moule Joint de tube d'écoulement		Date : 31-03-23
NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche		
Echelle 1:1.2	Désignation : Plaque d'usure	
	DGM-FGC-UMMTO	M2-FMP 2022/2023
Format A3	Matière : Bronze	

Qté : 02

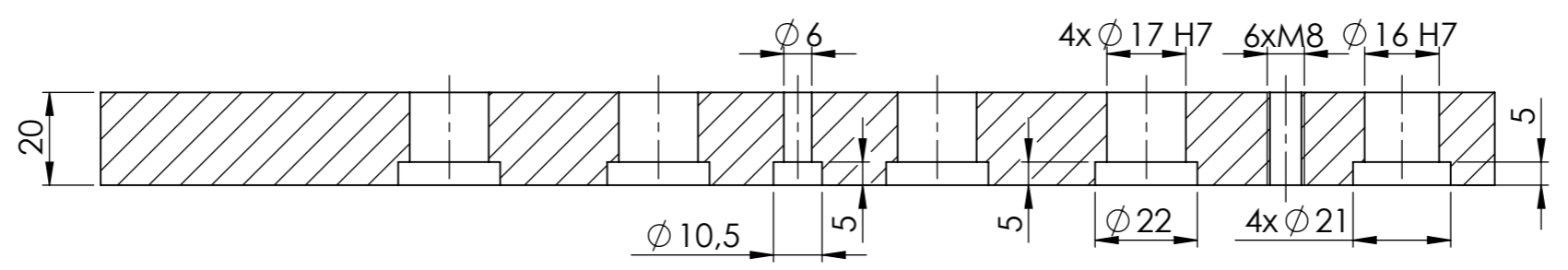


COUPE A-A

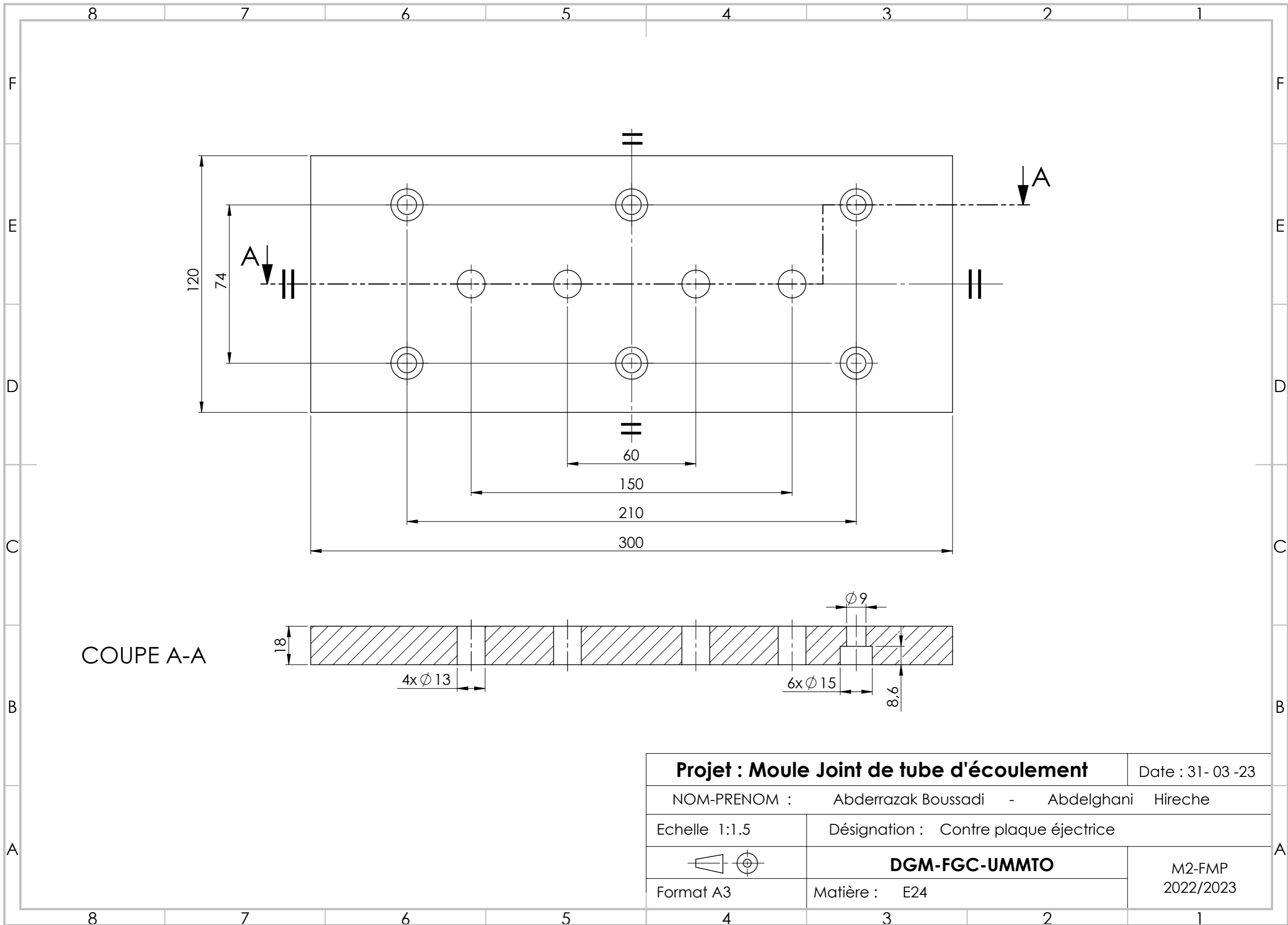
Projet : Moule Joint de tube d'écoulement		Date : 31-03-23
NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche		
Echelle 1:1	Désignation : Glissière	
	DGM-FGC-UMMTO	M2-FMP 2022/2023
Format A3	Matière : XC48	



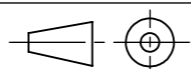
COUPE A-A



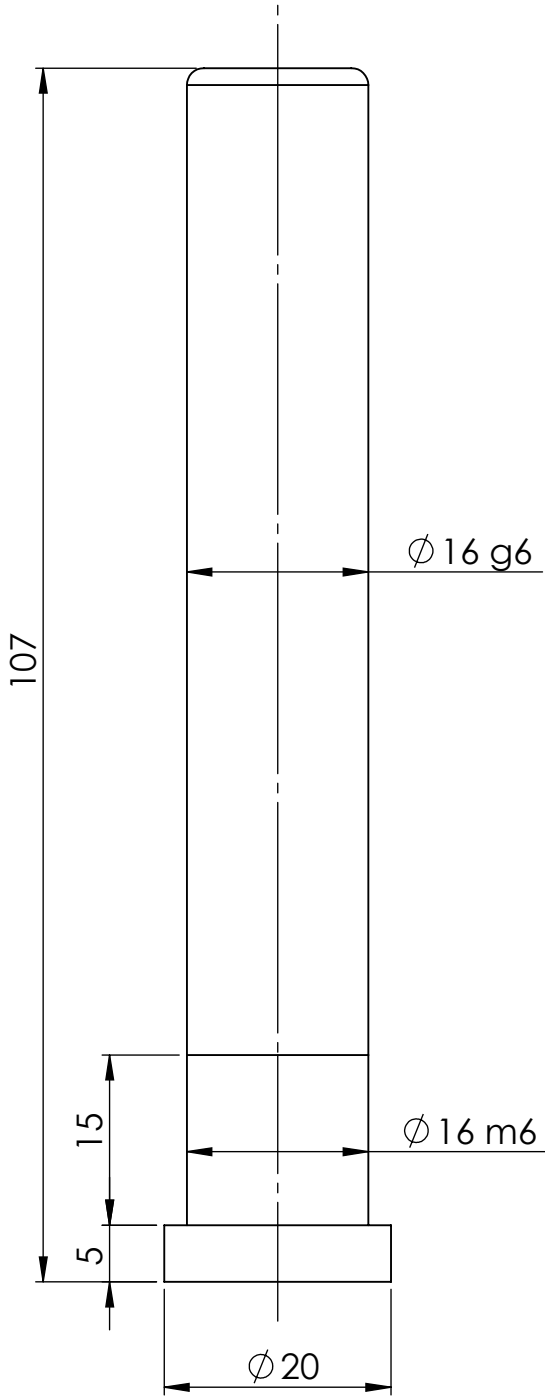
Projet : Moule Joint de tube d'écoulement		Date : 31-03-23
NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche		
Echelle 1:1.5	Désignation : Plaque éjectrice	
	DGM-FGC-UMMTO	M2-FMP 2022/2023
Format A3	Matière : E24	



COUPE A-A

Projet : Moule Joint de tube d'écoulement		Date : 31-03-23
NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche		
Echelle 1:1.5	Désignation : Contre plaque éjectrice	
	DGM-FGC-UMMTO	M2-FMP 2022/2023
Format A3	Matière : E24	

Qté: 04



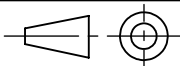
Projet : Moule Joint de tube d'écoulement

Date : 31-03-23

NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche

Echelle 1.5:1

Désignation : Colonne de rappel



DGM-FGC-UMMTO

M2-FMP
2022/2023

Format A4

Matière Z200C12 / 58-60HRC

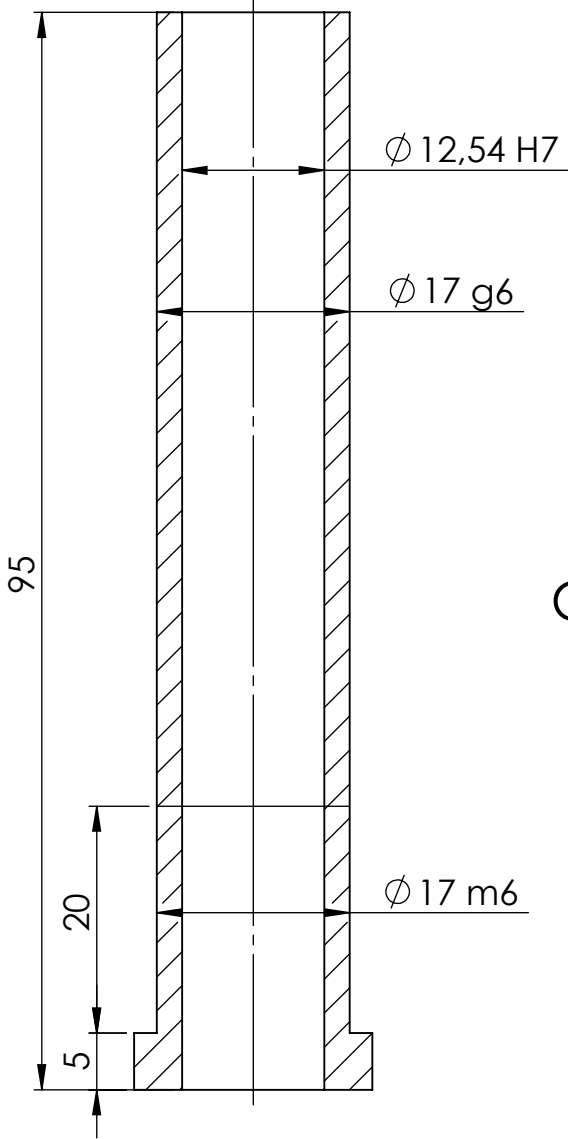
4

3

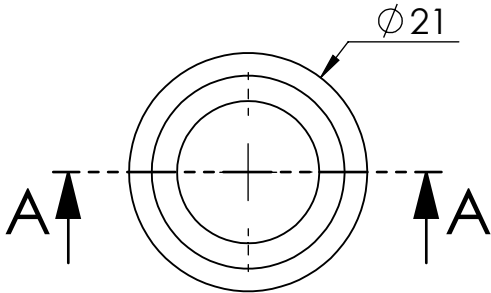
2

1

Qté : 04



COUPE A-A



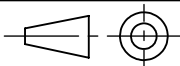
Projet : Moule Joint de tube d'écoulement

Date : 31-03-23

NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche

Echelle 1.5:1

Désignation : Ejecteur tubulaire



DGM-FGC-UMMTO

M2-FMP
2022/2023

Format A4

Matière

Stub

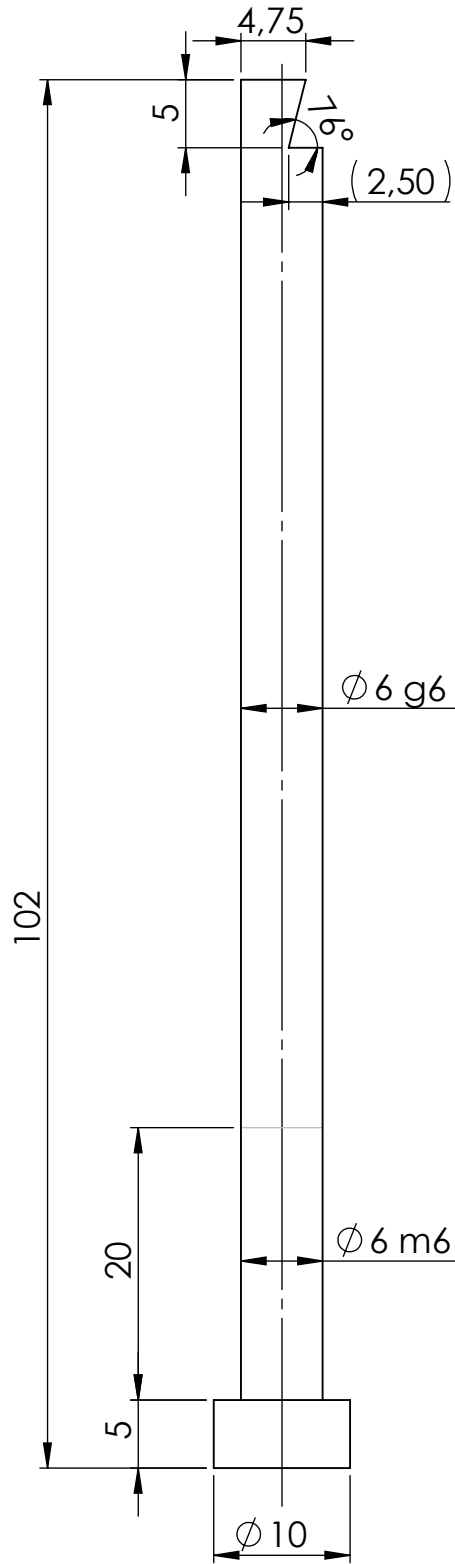
4

3

2

1

Qté : 01



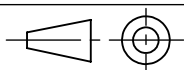
Projet : Moule Joint de tube d'écoulement

Date : 31-03-23

NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche

Echelle 1.8:1

Désignation : Ejecteur carotte



DGM-FGC-UMMTO

M2-FMP
2022/2023

Format A4

Matière

Stub

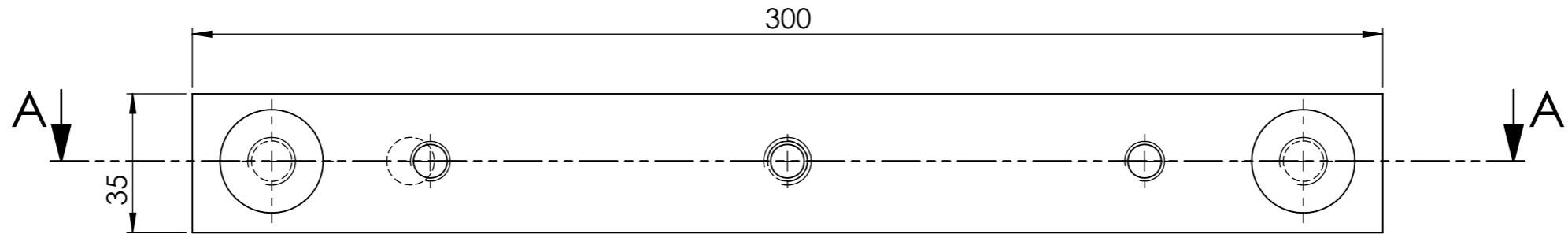
4

3

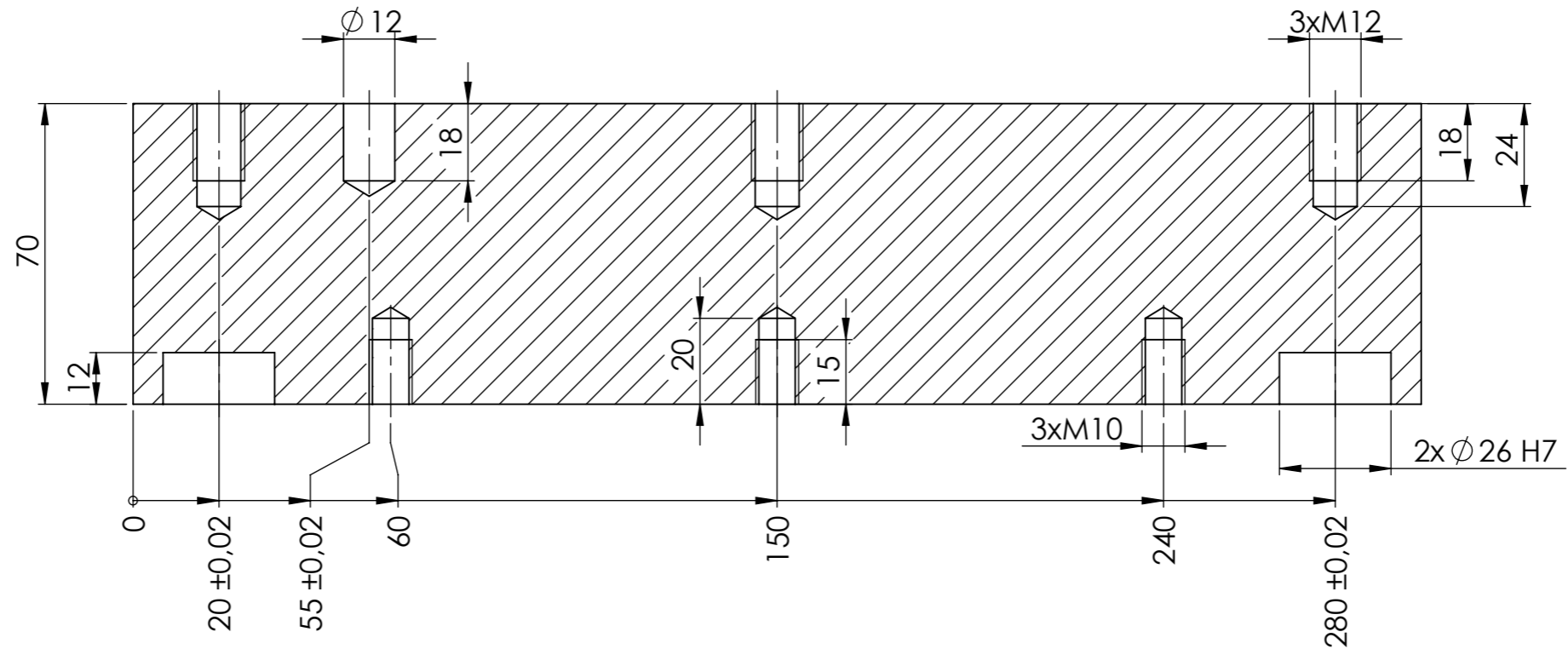
2

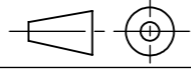
1

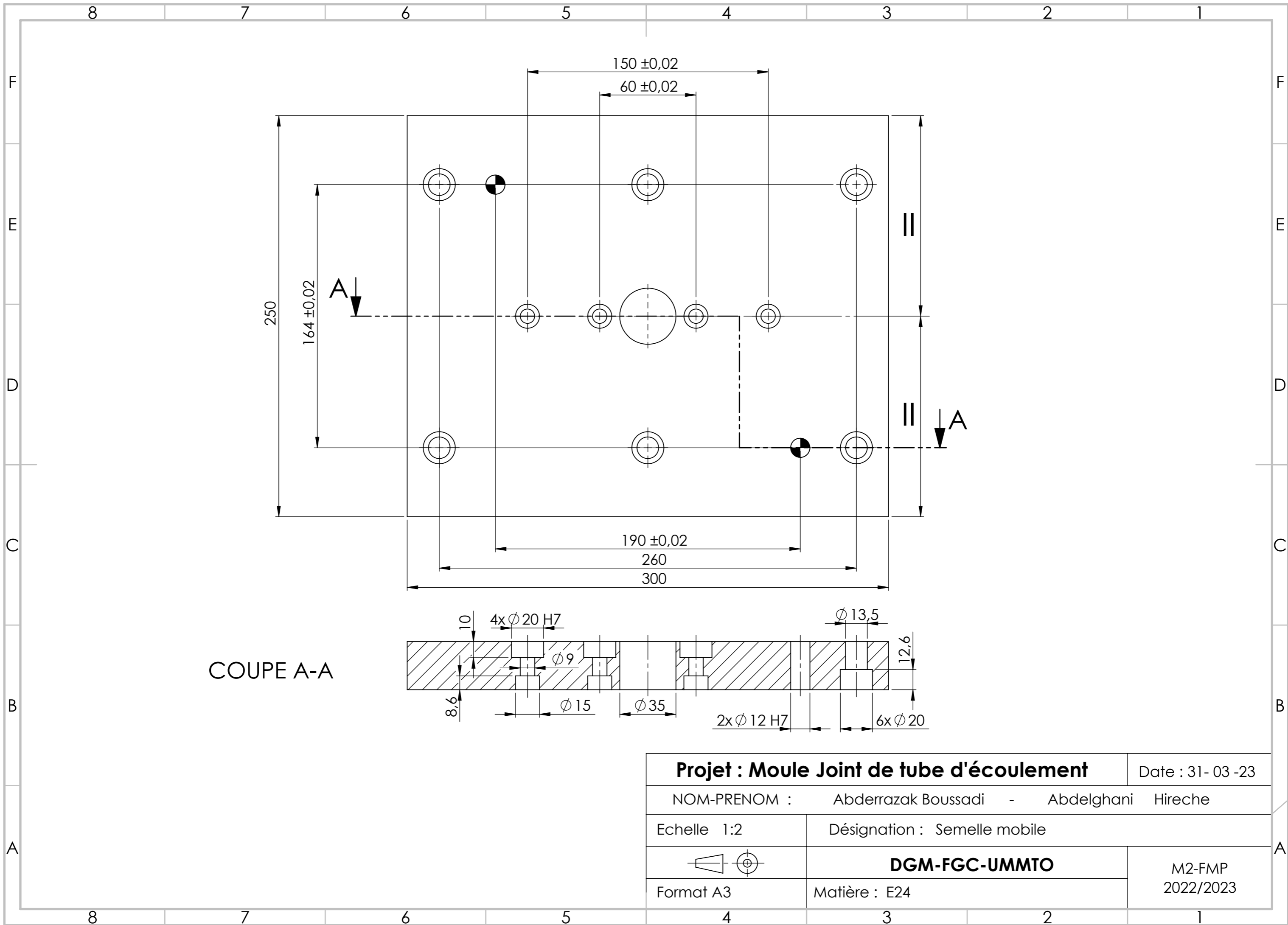
Qté : 02



COUPE A-A



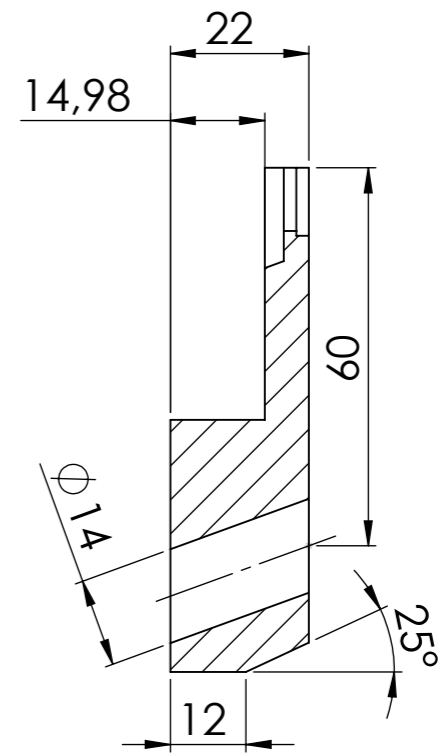
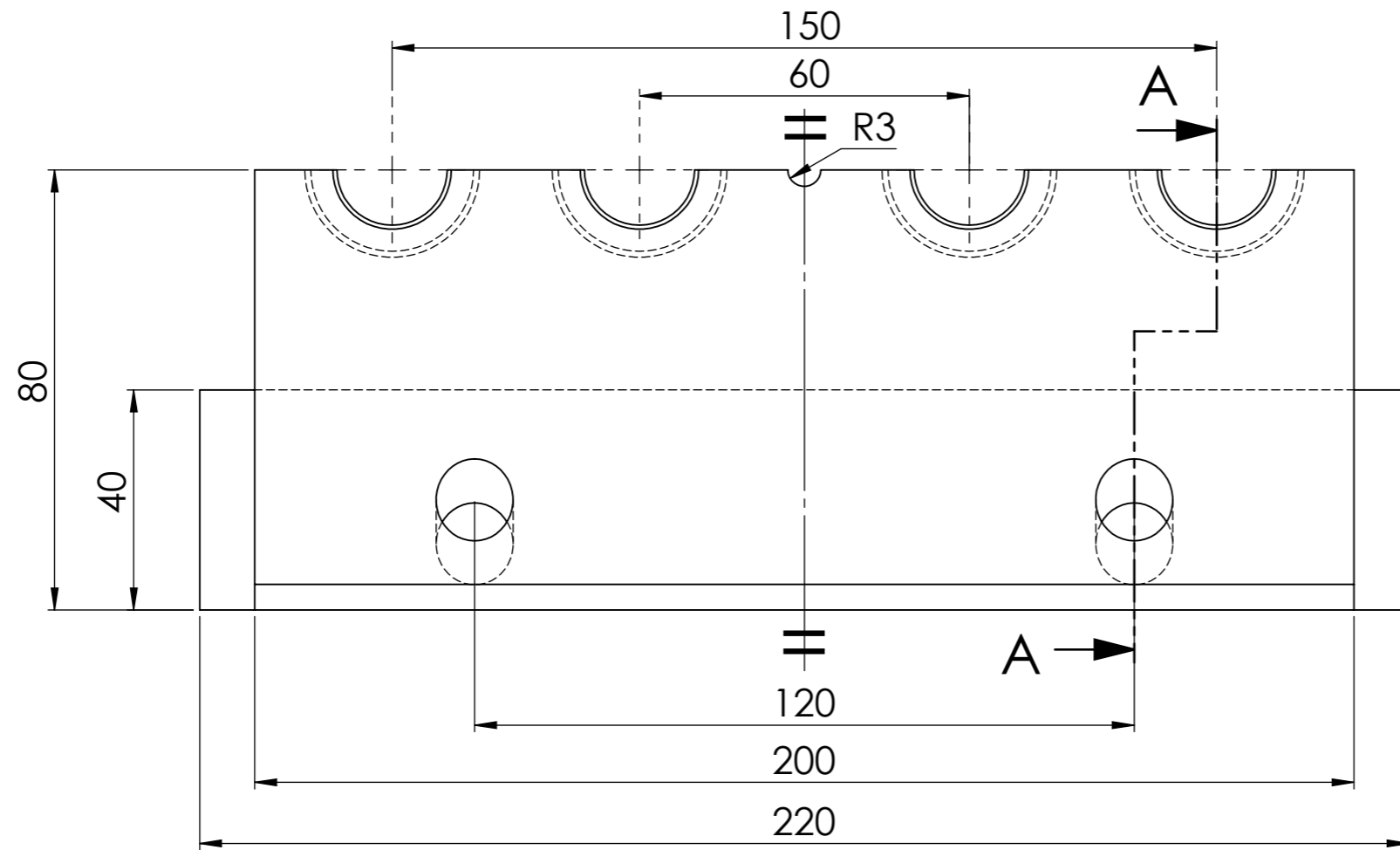
Projet : Moule Joint de tube d'écoulement		Date : 31-03-23
NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche		
Echelle 1:1.5	Désignation : Tasseau	
	DGM-FGC-UMMTO	M2-FMP 2022/2023
Format A3	Matière : E24	



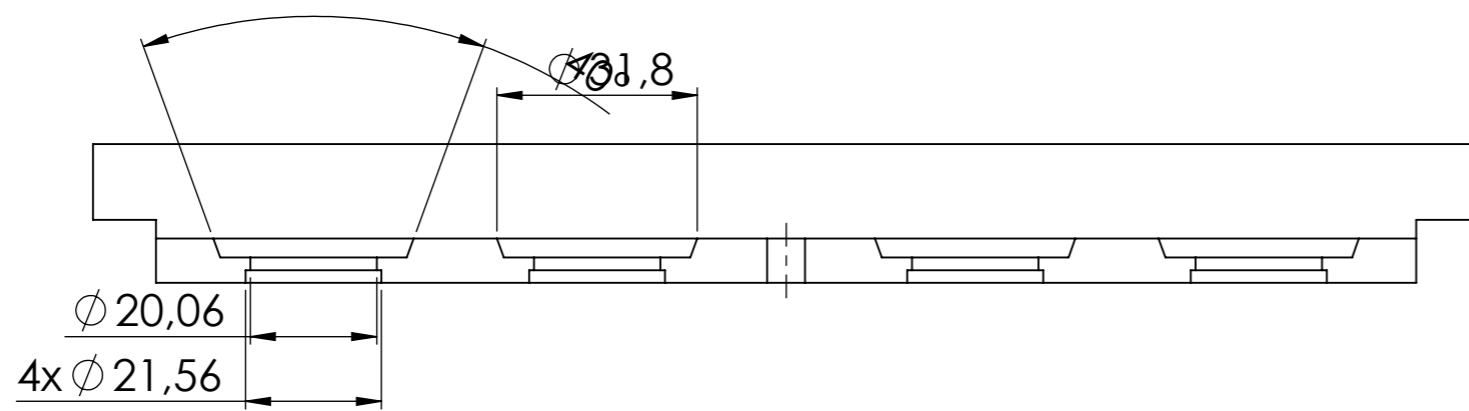
COUPE A-A

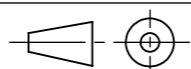
Projet : Moule Joint de tube d'écoulement		Date : 31-03-23
NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche		
Echelle 1:2	Désignation : Semelle mobile	
	DGM-FGC-UMMTO	M2-FMP 2022/2023
Format A3	Matière : E24	

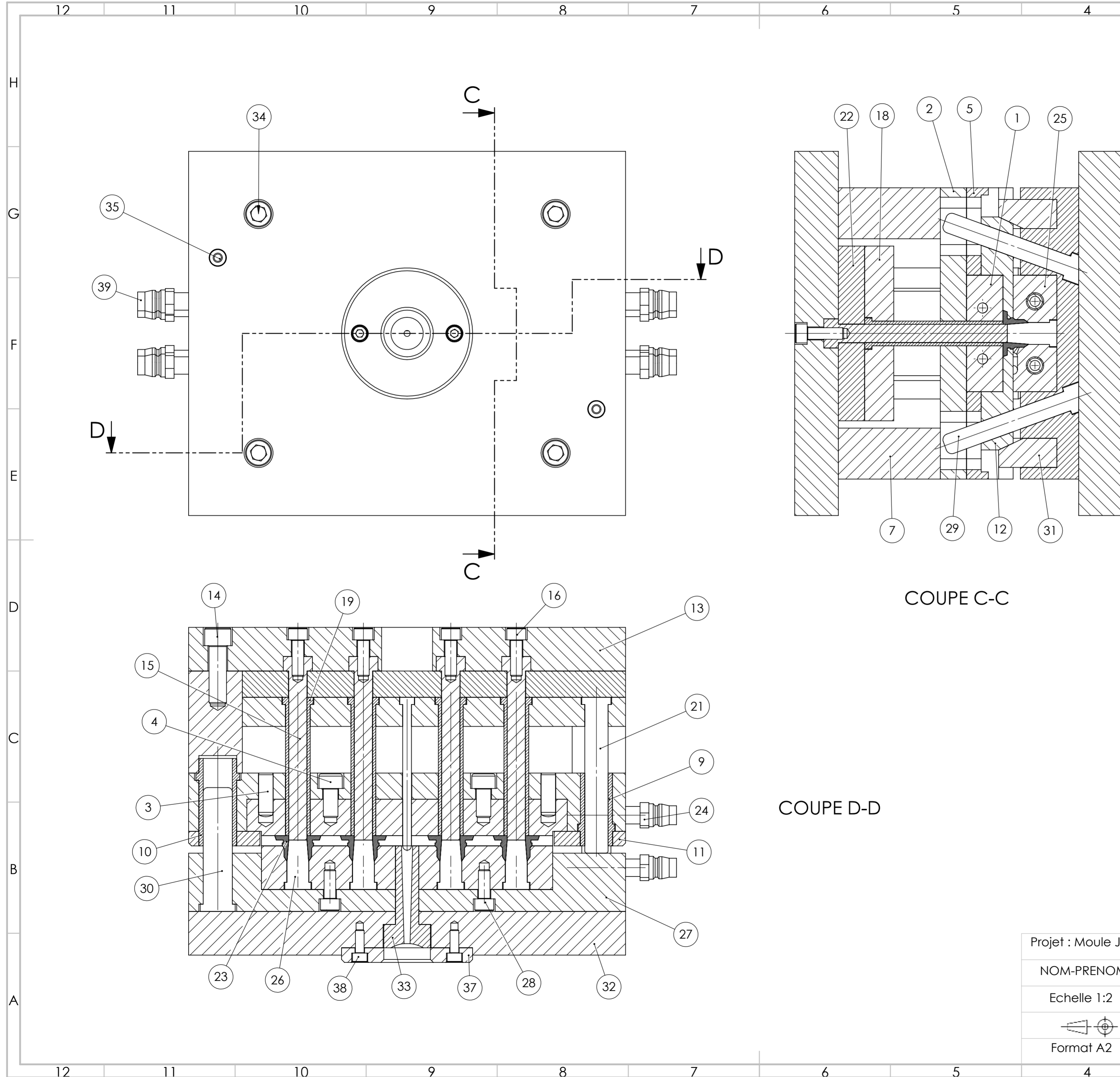
Qté : 04



COUPE A-A



Projet : Moule Joint de tube d'écoulement		Date : 31-03 -23
NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche		
Echelle 1:1.2	Désignation : Tiroir	
	DGM-FGC-UMMTO	M2-FMP 2022/2023
Format A3	Matière : XC48	



No. ARTICLE	Désignation	QTE
1	Empreinte mobile	1
2	Porte empreinte mobile	1
3	Goupille D10x30	2
4	Vis CHC M10 x 20	2
5	Plaque d'usure	2
6	Vis CHC M8 x 20	12
7	Tasseaux	1
8	Vis CHC M10 x 30	6
9	Bague de guidage Di 16	4
10	Bague de guidage Di 20	4
11	Glissière	2
12	Tiroir	2
13	Semelle mobile	1
14	Vis CHC M12 x 40	6
15	Insert empreinte mobile	4
16	Vis CHC M8 x 25	10
17	Goupille D12x45	2
18	Plaque éjectrice	1
19	Ejecteur tubulaire	4
20	Ejecteur carotte	1
21	Colonne de rappel	4
22	Contre plaque éjectrice	1
23	Joint de tube d'écoulement	1
24	Tetine L70	4
25	Empreinte fixe	1
26	Insert empreinte fixe	4
27	Porte empreinte fixe	1
28	Vis CHC M8 x 20	6
29	Doigt de démoulage	4
30	Colonne de guidage	4
31	Sabot	2
32	Semelle fixe	1
33	Buse d'injection	1
34	Vis CHC M12 x 35	4
35	Goupille D12x50	2
36	Goupille D6x20	1
37	Couronne de centrage	1
38	Vis CHC M6 x 16	2
39	Tetine L90	4

Projet : Moule Joint de tube d'écoulement		Date : 31-03-23
NOM-PRENOM : Abderrazak Boussadi - Abdelghani Hireche		
Echelle 1:2	Désignation	
	DGM-FGC-UMMTO	
Format A2	Matière	
		M2-FMP 2022/2023