

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté du Génie de la Construction
Département de Génie Mécanique



Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention du diplôme de master en Génie Mécanique
Option : Construction Mécanique

THÈME :

*Etude et Conception d'un moule
d'injection plastique d'une
couverture pour la boite de la
lampe 202-079 d'un congélateur
CF 1686 grands formats ENIEM*

Encadre par :
Mme TEKAL Fatiha

Réalise par:
BELKACEM Ramdane

Co-encadreur :
M. KACIMI Bachir

Proposé par :
M. BOUSSENA Hamid

Promotion: 2021-2022

Remerciement

Je remercie en premier lieu Dieu, le tout puissant de m'avoir donné la volonté de mener à terme ce travail qui représente le fruit de plusieurs années d'études.

Ce mémoire n'aurait jamais vu le jour sans la précieuse collaboration d'un grand nombre de personnes que je tiens à remercier :

Je tiens à exprimer mes remerciements et sincère reconnaissance

à Mes encadreurs : Mme. TEKAL Fatiha et M. KACIMI Bachir qu'ont accepté de parrainer ce travail, ainsi que pour leurs soutiens scientifiques et moraux.

J'ai vifs remerciements vont aussi à l'ensemble des employés de

L'entreprise ENIEME OUAD-AISSI pour leur collaboration et leur sympathie

Surtout unité prestation technique

Je tiens affectueuse gratitude à tous les membres de ma famille

Pour leurs soutien et leurs encouragements; mes ami(e)s, ceux qui nous ont aidé d'une manière ou d'une autre.

Enfin, je remercie les jurys qui nous feront l'honneur de juger ce travail.

Dédicace

*Je dédie ce modeste travail particulièrement à mes chers
Parents qui ont consacré leur existence à élever la mienne,
pour leur soutien, patience et soucis de tendresse et
d'affection pour tout ce qu'ils ont fait pour que je puisse
arriver à ce stade*

A ma chère sœur MANEL

A toute ma famille ;

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

*et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que
ce projet soit possible ; je vous dis merci*

RAMDANE

Sommaire

Introduction générale.....	01
Présentation de L'ENIEM.....	02

Chapitre I : généralité sur les matières plastiques

I-1- Introduction	07
I-2- Histoire du plastique.....	07
I-3- Date importante de découvert.....	08
I-4- Origines des matières plastiques	08
I-4-1 Origine animale	08
I-4-2 Origine végétale	08
I-4-3 Origine naturelle.....	09
I-5- Formation du plastique	09
I-6- La polymérisation.....	10
I-7- Différentes familles du plastique	10
I-8- Propriétés des matières plastiques	12
I-8-1 La Légèreté.....	12
I-8-2 La résistance mécanique	12
I-8-3 La transparence	12
I-8-4 L'inaltérabilité.....	12
I-8-5 L'esthétique.....	12
I-8-6 L'isolation	12
I-8-7 L'imperméabilité	12
I-8-8 La glisse.....	13
I-8-9 L'entretien	13
I-8-10 L'asepsie naturelle.....	13
I-9- Présentation des matières plastiques	13
I-10- Le recyclage des matières plastiques.....	13
I-11- Présentation des polystyrènes (PS).....	16
I-12- Conclusion.....	20

Chapitre II: Mise en œuvre des matières plastiques

II-1 Introduction	21
II-2 Procédés de transformations du plastique par injection	21
II-2-1 l'injection plastique.....	22
II-2-2 Injection soufflage.....	22
II-2-3 L'extrusion	23
II-2-4 Extrusion gonflage	23
II-2-5 Extrusion soufflage	24
II-2-6 L'expansion moulage.....	24
II-2-7 Thermoformage.....	25
II-2-8 Calandrage	26
II-2-9 Roto moulage	26
II-3 Machine d'injection	27

Sommaire

II-4	Fonctionnement de la machine à injection plastique	27
II-5	Les composantes d'une presse d'injection	28
II-6-	Les différentes presses d'injection.....	28
II-6-1	Presse horizontale	28
II-6-2-	Presse vertical	29
II-6-3	Presse électrique.....	30
II-7-	Types de presses à injection.....	30
II-7-1	Presses à injection simple	30
II-7-2	Presses à injection multi-matière et multi-couleur.....	30
II-7-3	Presses à injection sandwich	30
II-7-4	Injection assistée par gaz	31
II-8-	Les différentes parties ou unités d'une presse	32
II-8-1	Unité d'injection	32
II-8-2	La pression maximale d'injection	33
II-8-3	Unité de fermeture.....	33
II-9-	Le choix d'une presse	35
II-10-	Conclusion	35

Chapitre III :Généralité sur La conception Des Moules à injection Plastique

III-1-	Introduction	36
III-2-	Conception d'un moule à injection plastique	36
III-2-1	Matériaux utilisés	36
III-2-2	La machine.....	36
III-3-	L'architecture d'un moule	37
III-4-	Les différents moules d'injection plastique.....	38
III-4-1	Moule à deux plaques.....	39
III-4-2	Moule à trois plaques.....	39
III-4-3	Moule à tiroir	41
III-4-4	Moule à coquilles.....	41
III-4-5	Moule à canaux chauffant.....	42
III-5-	Les fonctions d'un moule d'injection plastique.....	43
III-5-1	Fonction mise en forme et empreinte	43
III-5-2	Fonction alimentation	46
III-5-3	Fonction refroidissement	53
III-5-4	Fonction éjection	55
III-5-5	Fonctions auxiliaires.....	57
III-6	Matériaux utilisés pour la fabrication des moules	58
III-7	Conception Assistée par Ordinateur (CAO).....	59
III-7-1-	Définition de la CAO	59
III-7-2-	Domaine de la CAO	59
III-7-3-	Avantages de la CAO	59
III-7-4-	Logiciel de conception CAO : SolidWorks2017.....	60
III-8-	Conclusion	60

Sommaire

Chapitre IV : Calculs et conception

IV-1- Introduction	61
IV-2- Présentation du projet.....	61
IV-3- Cahier des charges	61
IV-3-1 Présentation de la pièce	61
IV-3-2 Les dimension géométrique de la pièce	61
IV-3-3 Le matériau proposé et ses caractéristiques.....	62
IV-4-Le choix de la presse	63
IV-4-1- La capacité d'injection	63
IV-4-2- La force de fermeture de la presse	66
IV-4-3- La Puissance de plastification (C).....	67
IV-4-4- La distance entre colonnes	67
IV-4-5- Épaisseur minimale du moule	68
IV-4-6- Caractéristiques techniques de la Presse 150 T i3	69
IV-5- Le bilan thermique.....	69
IV-5-1- Principe de refroidissement.....	69
IV-5-2- Temps de refroidissement	70
IV-5-3- Le temps de cycle.....	71
IV-5-4- Calcul de la quantité de chaleur évacuée.....	72
IV-6- Résistance des matériaux.....	72
IV-6-1- Les pièces constituant le moule	73
IV-6-2- Résistance des éléments constituant le moule au matage dû à la force de fermeture du moule	73
IV-6-3- Vérifications des éléments de guidage et de fixation aux efforts de cisaillement	76
IV-7- Conception les éléments de notre moule	81
IV-7-1 Choix de moules	81
IV-7-2 Le rôle des éléments de notre moule	82
IV-8- Conclusion.....	87
Conclusion générale	88
Références bibliographiques	89

Mises en plans

Liste Des Figures

Présentation de l'entreprise ENIEM

Figure 1 : présentation de l'entreprise de L'ENIEM.....	05
Figure 2 : présentation de l'unité de froid	06

Chapitre I : Généralité sur les Matières Plastiques

Figure I.1 : Origine animale des plastiques.....	08
Figure I.2 : Origine végétale des plastiques	08
Figure I.3 : Origine naturelle des plastiques	09
Figure I.4 : Etape de formation du plastique.....	09
Figure I.5 : Structure des thermodurcissables et des thermoplastiques	11
Figure I.6 : Code d'identification des résines thermoplastiques.....	14
Figure I.7 : Le cycle de recyclage des matières plastique	16

Chapitre II: Mise en œuvre des matières plastiques

Figure II.1 : Répartition des procédés.....	21
Figure II.2 : procède de l'injection	22
Figure II.3 : injection soufflage	22
Figure II.4 : Extrusion.....	23
Figure II.5 : Extrusion gonflage.....	23
Figure II.6 : Extrusion soufflage.....	24
Figure II.7 : L'expansion moulage	25
Figure II.8 : Thermoformage	25
Figure II.9 : Calandrage	26
Figure II.10 : Moulage par rotation	27
Figure II.11 : Presse à injection plastique horizontal.....	28
Figure II.12 : Presse à injection plastique horizontale.....	29
Figure II.13 : Presse verticale	29
Figure II.14 : Presse à injection multi-matière et multi-couleur.....	30
Figure II.15 : Presse à injection sandwich	31
Figure II.16 : Injection assisté par gaz.....	31
Figure II.17 : Dispositif d'une presse d'injection	32
Figure II.18 : Système vis-piston.....	32
Figure III.19 : Exemple de moule.....	35

Chapitre III: Généralité sur La conception Des Moules à injection Plastique

Figure III.1 : moule d'injection plastique.....	36
Figure III.2 : Structure d'un moule à injection plastique.....	37
Figure III.3 : Moule à coquilles	41
Figure III.4 : Moule multi-empreintes Canal chaud – bloc chaud.....	42
Figure III.5 :Moule multi-empreintes Alimentation mixte:canaux chauds+canaux froids.....	42
Figure III.6 : Les différentes fonctions d'un moule.....	43
Figure III.7 : Exemple de dépouille	44

Figure III.8 : Nombre d’empreintes en fonction de critères techniques et économiques ..	44
Figure III.9 : la carotte d’injection.....	46
Figure III.10 : Injection dans le plan de joint	46
Figure III.11 : Injection perpendiculaire au plan de joint	47
Figure III.12 : Les différents canaux d’alimentation	48
Figure III.13 : Canaux cylindriques	48
Figure III.14 : Section trapézoïdale	48
Figure III.15 : Contact courbé entre buse de la presse et buse d’injection	49
Figure III.16 : Seuils éventail	50
Figure III.17 : Seuil en tunnel	51
Figure III.18 : Seuil annulaire.....	51
Figure III.19 : Seuil en nappe	52
Figure III.20 : Seuil capillaire	52
Figure III.21 : Seuil à plusieurs étages	53
Figure III.22 : Seuils en sous-marin	53
Figure III.23 : Seuil en masse ou direct.....	53
Figure III.24 : Circuit de refroidissement des plaques de moules	54
Figure III.25 : les temps de cycle.....	55
Figure III.26 : Ejecteur à lame	56
Figure III.27 : Ejecteur tubulaire	56

Chapitre IV : Calcul et conception

Figure IV.1 : Une couverture pour la boîte de la lampe d’un congélateur horizontal	61
Figure IV.2 : Les dimensions géométriques de la pièce	62
Figure IV.3 : La masse de la pièce	64
Figure IV.4 : La masse de la grappe	64
Figure IV.5 : La surface projetée de la pièce sur SW	66
Figure IV.6 : Schéma d’un plateau d’une presse 150T	68
Figure IV.7 : Caractéristiques dimensionnelles de la presse 150T	68
Figure IV.8 : Variation de la pression /temps	71
Figure IV.9 : Surface de la porte empreinte fixe soumise au matage donnée par SW.....	74
Figure IV.10 : Surface de la semelle fixe soumise au matage donnée par SW.....	74
Figure IV.11 :Surface de la porte empreinte mobile soumise au matage par SW	75
Figure IV.12 : Surface de la semelle mobile soumise au matage donnée par SW	75
Figure IV.13 : Surface des tasseaux soumise au matage donnée par SW	76
Figure IV.14 : position de colonne de guidage	77
Figure IV.15 : colonne de rappe.....	78
Figure IV.16 : les doigts de démoulage.....	79
Figure IV.17 : Vis CHC M8.....	79
Figure IV.18 : Vis CHC M12.....	81
Figure IV.19 : Le démoulage de détaille A avec le tiroir	81

Liste Des tableaux

Chapitre I : généralité sur les matières plastiques

Tableau I.1 : Date importante de découvert	08
Tableau I.2 : Caractéristique du polystyrène (PS).....	17
Tableau I.3 : Caractéristiques physico mécanique et thermique	17
Tableau I.4 : Conditions de mise en œuvre du PS.....	18
Tableau I.5 : Caractéristiques technologiques du PS.....	18

Chapitre II: Mise en œuvre des matières plastiques

Tableau II.1 : les composantes de la presse	28
---	----

Chapitre III: Généralité sur La conception Des Moules à injection Plastique

Tableau III.1 : Moule à deux plaques.....	39
Tableau III.2 : Moule à trois plaques	40
Tableau III.3 : Moule à tiroir.....	41
Tableau III.4 : Disposition des empreintes dans le plan de joint	45
Tableau III.5 : avantages et inconvénients des canaux	49

Chapitre IV : Calculs et conception

Tableau IV.1 : Capacité d'injection	63
Tableau IV.2 : La pression d'injection.....	66
Tableau IV.3 : Caractéristique technique de la presse 150T i3	69
Tableau IV.4 : Les températures régulées	70
Tableau IV.5 : Grandeurs thermiques de quelques matières de pièces injectées	70
Tableau IV.6: Conditions de moulage par injection plastique	72
Tableau IV.7 : Pièces constituant le moule	73

Liste des symboles

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

CAO : conception assistée par ordinateur

PE : Polyéthylène

PS : Polystyrène

PP : Polypropylène

PVS : Polychlorure de vinyle

PELD : Polyéthylène base densité

PEHD : Polyéthylène haute densité

PEHD : Polyéthylène haute densité

ABS : Acrylonitrile butadiène styrène

PMMA : Poly (méthacrylate de méthyle)

e : Epaisseur [mm]

L : Longueur [mm]

d: diamètre [mm]

f_o : Force d'ouverture du moule [T]

F_v : Force de verrouillage [T]

S : Surface [mm²]

H : hauteur [mm]

F : effort normal [N]

[τ]_{cis} : limite de cisaillement admissible [N/mm²]

K : Coefficient de sécurité.

t_r : temps de refroidissement [s]

t_i : temps d'injection [s]

t_m : temps de maintien [s]

t_e : temps d'éjection [s]

t_o : temps d'ouverture [s]

t_f : temps de fermeture [s]

T_c : temps de cycle [s]

T_i : température de la matière à l'injection [°c]

T_m : température moyenne du moule au cours du cycle [°c]

T_e : température de la matière à l'éjection [°c]

M : masse de la grappe moulée [g]

C : puissance de plastification [kg/h]

n : le nombre de sections cisailées (nombre de vis)

AN : application numérique

R_e : limite élastique du matériau [N/mm²]

R_{eg} : Résistance élastique au cisaillement [MPa]

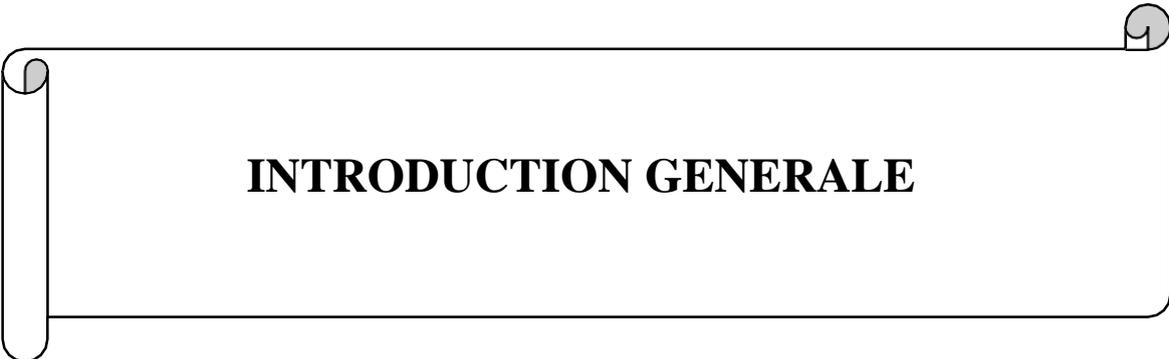
R_{pg} : Résistance pratique au cisaillement [MPa]

H_i : Enthalpie de la matière à la température d'injection [kcal/kg]

H_e : Enthalpie de la matière a la température d'éjection [kcal/kg]

Q_h : Quantité de chaleur à évacuer [kcal/h]

SW : SOLIDWORKS



INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

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

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

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

L'entreprise ENIEM a pris l'initiative de fabriquer une couverture pour la boîte de la lampe 202-079 d'un congélateur CF1686 grands formats afin d'éviter son importation et améliorer sa gamme de produits. Le bureau d'étude de l'entreprise nous a confié la conception d'un moule à injection plastique pour cette pièce dans le cadre de réaliser notre mémoire de fin d'études.

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

Notre mémoire est scindé en quatre chapitres . Après l'introduction le premier chapitre traite les généralités sur les matières plastiques, le second chapitre sera consacré à la mise en œuvre des matières plastiques. Généralité sur la conception des moules à injection plastique fait l'objet de troisième chapitre, le quatrième chapitre réservé à la conception et la vérification des calculs.

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



Présentation de l'entreprise

Présentation de l'entreprise ENIEM

Situation géographique

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

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

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

Ses équipements de production sont constitués de :

- Sept chaînes de fabrication de lampes standards de 25 W à 200 W de marque Osram (Allemagne) dont les capacités sont par chaîne de 1 700 lampes/heure ;
- Une chaîne de fabrication de lampes standard flamme, spot et réfrigérateur de marque Falma (suisse) et d'une capacité de 3500 lampes/heures ;
- Une chaîne 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.

I. 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.

II. Mission de l'ENIEM

1. 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.

2. 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.

3. 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 coûts de non qualité en améliorant la maîtrise des processus de fabrication ;
- Accroître la satisfaction de ses clients ;
- Protection de l'environnement par la réduction des déchets, l'économie d'énergie, la minimisation des risques de pollution et de traitement des rejets .

4. 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.

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

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

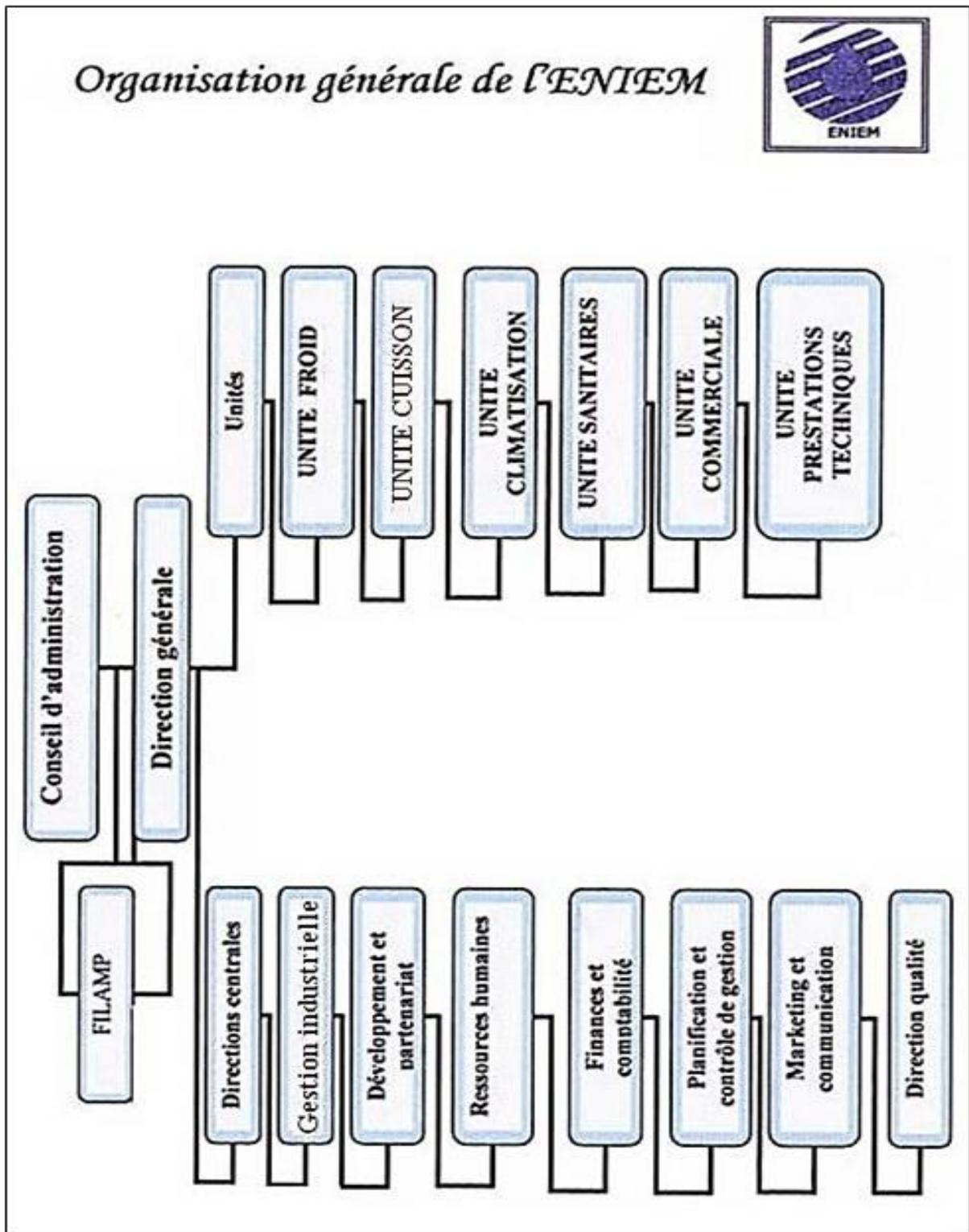


Figure 1 : présentation de l'entreprise de L'ENIEM

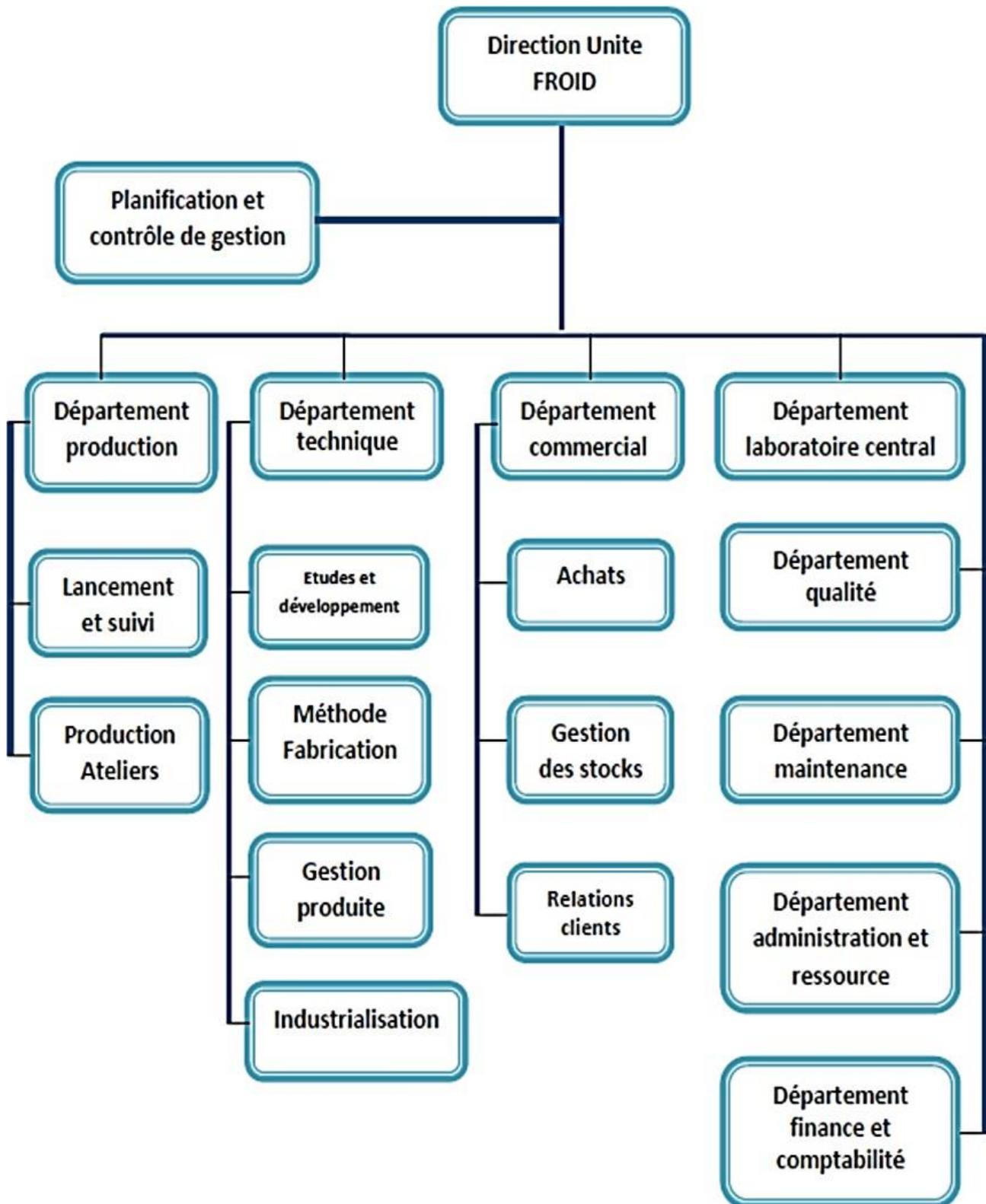
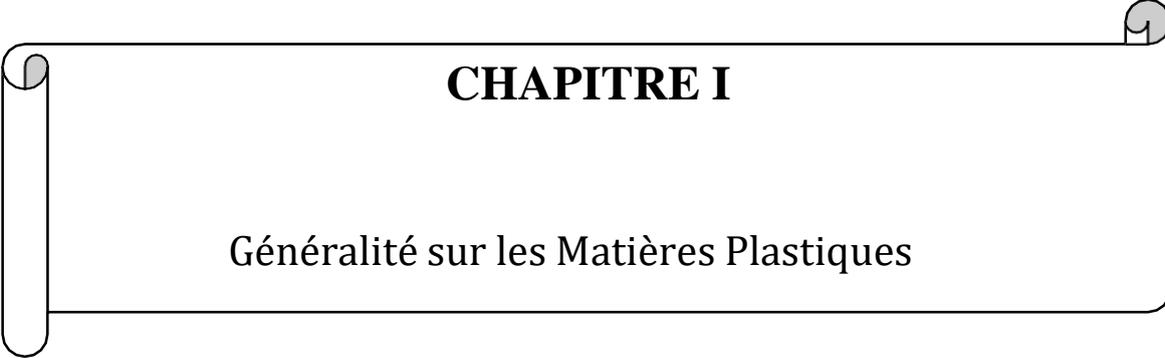


Figure 2 : présentation de l'unité de froid



CHAPITRE I

Généralité sur les Matières Plastiques

I-1- Introduction

Les matières plastiques sont des matériaux organiques constitués de macromolécules obtenues par polymérisation de monomères. Elles sont produites par transformation de substances naturelles, ou par synthèse directe, à partir de substances extraites du pétrole, du gaz naturel, du charbon ou d'autres matières minérales.

Qu'est-ce que les monomères ?

Les monomères sont des molécules organiques, qui sont constituées essentiellement de carbone (C) et d'hydrogène (H). L'oxygène (O) et l'azote (N) sont en faibles proportions.

Qu'est-ce qu'un polymère ?

Molécule constituée de monomères unis les uns aux autres par des liaisons covalentes. (Liaison entre deux atomes résultant de la mise en commun de deux électrons provenant séparément de chacun d'eux).

Les caractéristiques d'un polymère dépendent en premier lieu du ou des monomères dont il est issu. Et un monomère peut conduire à deux polymères avec des propriétés mécaniques [1].

I-2- Histoire du plastique

Le nom plastique recouvre un ensemble de matériaux organiques de synthèse.

La matière de base de leur fabrication, la résine, est constituée de macromolécules appelées "polymères".

On y ajoute des additifs et adjuvants pour améliorer les propriétés chimiques et physiques de ces matériaux (résistance aux chocs, couleur, plasticité).

Les matières plastiques sont nées sont pratiquement avec le 20^e siècle.

L'histoire des matières plastiques remonte cependant à l'Égypte Antique, car les égyptiens employaient des colles à bases de gélatine, caséine et albumine.

L'histoire du plastique a commencé en 1838 lorsqu'Henri Regnault a synthétisé du Pvc pour la première fois, mais cette découverte est restée sans suite.

C'est en 1869 que les frères Hyatt ont mis au point le celluloïd qui est considéré comme la toute première matière plastique artificielle.

Le PVC ou chlorure de polyvinyle est inventé en 1880. En 1889, le chimiste français Jean-Jacques Trillat obtient de la galalithe durcissant la caséine du lait. Cette matière, plus dure que la corne, sera ensuite utilisée pour fabriquer les boules de billard ainsi que d'autres articles courants (boutons, bijoux fantaisie, stylos)[1].

I-3- Date importante de découverte

Date de découvert	Produit découvert	Découvert par
1913	PVC	Par le professeur KLATTE
1924	plexiglas	Par BAKER
1933	polystyrène	Par WUFF en Allemagne
1935	polyéthylène	Grand Bretagne par FAWCETTE et GIBSON
1938	téflon	Par l'ingénieur ROY J. PLUNCKETT
1946	abs	Aux U S A
1954	polypropylène	Par l'italien NATTA

Tableau I.1 : Date importante de découverte [2].

I-4- Origines des matières plastiques

A l'origine, la plupart des matières plastiques provenaient de résines dérivées de matières végétales, comme la cellulose (extraite du coton), le furfural (extrait de céréales), les huiles (obtenues à partir de graines), les dérivés d'amidon ou le charbon. La caséine (issue du lait) était l'une des seules matières non végétales utilisées [1].

I-4-1 Origine animale



Figure I.1 : Origine animale des plastiques [1]

I-4-2 Origine végétale

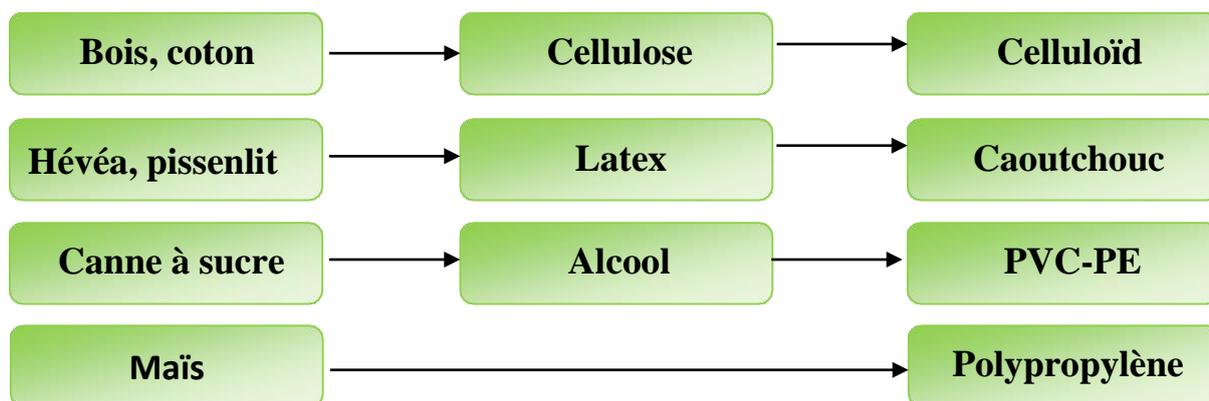


Figure I.2 : Origine végétale des plastiques [1]

I-4-3 Origine naturelle

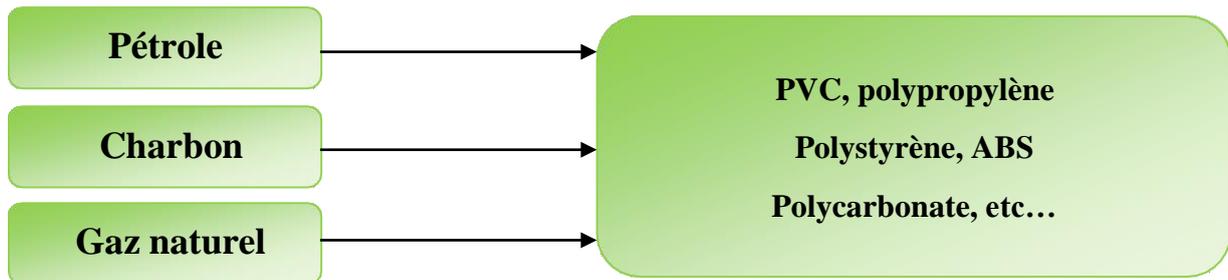


Figure I.3 : Origine naturelle des plastiques.

I-5- Formation du plastique

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

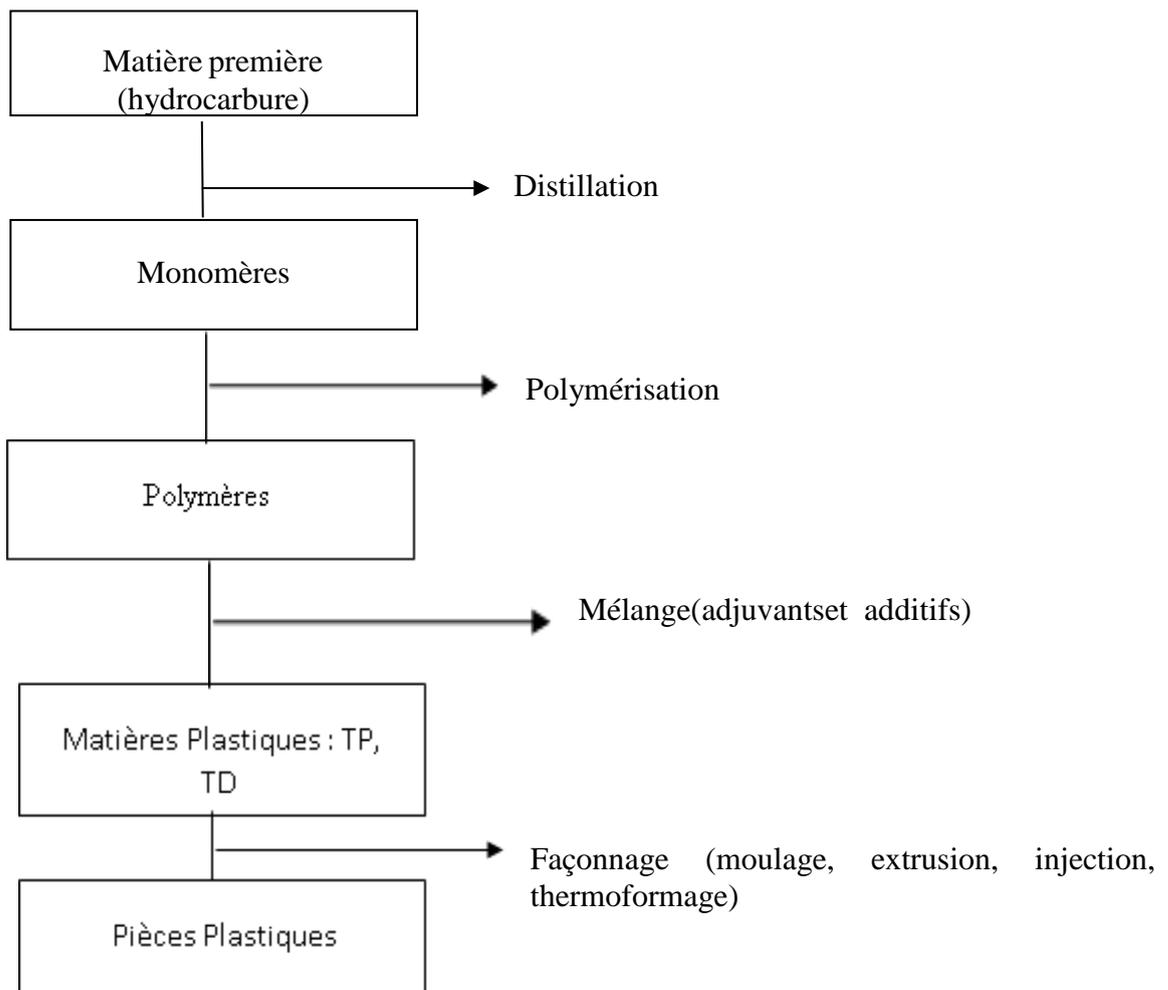


Figure I.4 : Etape de formation du plastique

I-6- La polymérisation

a. La polycondensation

Lors d'une polycondensation, de nombreuses petites molécules de type A, Ou en général de deux types : A et B, appelées monomères, se lient les unes aux autres, alternativement, un très grand nombre de fois, pour donner des molécules géantes appelées macromolécules. On utilise alors un catalyseur pour augmenter la vitesse à laquelle se fait la réaction. La polycondensation s'accompagne de la libération d'une espèce chimique comme l'eau par exemple [3].

b. La polyaddition

La réaction chimique consiste à additionner un grand nombre de fois « n » un ou plusieurs monomères pour obtenir un polymère. Pendant cette réaction, une liaison parmi la double liaison entre les deux carbones se casse [3].

c. La polymérisation radicalaire

La polymérisation radicalaire est une polymérisation en chaîne qui comme son nom l'indique fait intervenir comme espèce active des radicaux.

Elle est constituée de trois étapes simultanées :

- L'amorçage. cette étape consiste à séparer l'amorceur (molécule chimique) qui va faire apparaître un radical sur chaque molécule. Ceux-ci vont amorcer la réaction ;
- La propagation. Elle est la principale étape de la polymérisation radicalaire. C'est au cours de cette étape que la chaîne macromoléculaire se forme par addition successive d'unités monomères sur le « macro-radical » en croissance ;
- La terminaison. Elle est la dernière étape qui consiste à associer deux chaînes macromoléculaires entre elles [3].

I-7- Différentes familles du plastique

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

a. Les thermoplastiques

Les thermoplastiques ramollissent sous l'effet de la chaleur. Ils deviennent souples, malléables et durcissent à nouveau quand on les refroidit [4]. Il est donc possible de leur donner une nouvelle forme, et ce, à répétition, sans affecter leurs propriétés mécaniques initiales. Cette particularité permet un recyclage plus facile de cette catégorie de plastique, en comparaison avec celui des deux autres types. Leurs polymères de base sont constitués par des macromolécules linéaires, reliées par des liaisons faibles qui peuvent être rompues sous l'effet de la chaleur ou de fortes contraintes.

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

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

b. Les thermodurcissables

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

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

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

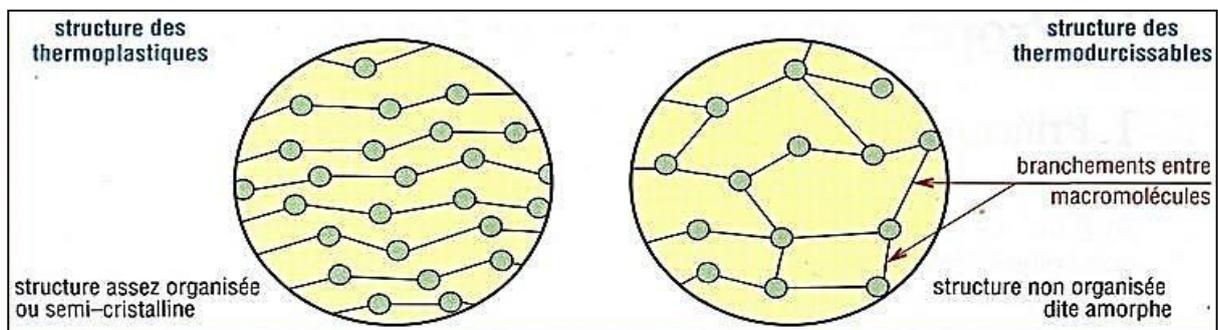


Figure I.5 : Structure des thermodurcissables et des thermoplastiques.

C. Les élastomères

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

Le procédé de vulcanisation consiste à ajouter du soufre au caoutchouc, permettant ainsi

d'en réduire l'élasticité, mais d'en améliorer la résistance.

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

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

I-8- Propriétés des matières plastiques

Les matières plastiques vont varier d'une matière à l'autre selon leurs propriétés spécifiques qui sont :

Les principales propriétés sont :

I-8-1 La Légèreté

- La densité de la plupart des matières plastiques est comprise entre 0,9 et 1,8. Le plus souvent 1 [2].

I-8-2 La résistance mécanique

- Elle est variable suivant la composition chimique [2].
- Les pièces plastiques sont plus légères que les pièces métalliques assurant les mêmes fonctions [2].

I-8-3 La transparence

Certains plastiques ont un coefficient de transmission de la lumière voisin de celle du verre, et bon nombre sont transparents ou translucides [2].

I-8-4 L'inaltérabilité

- Ils résistent aux agressions extérieures et à de nombreux produits chimiques.
- Certains demandent une protection contre les ultra-violets [2].

I-8-5 L'esthétique

- Les couleurs sont variées et les possibilités de mise en œuvre nombreuses.
- L'aspect lisse et fini du matériau confère à l'objet une impression "design" [2].

I-8-6 L'isolation

Ce sont de bons isolants électriques, thermiques et acoustiques [2].

I-8-7 L'imperméabilité

- Ils assurent une bonne barrière aux gaz et à l'eau [2].

I-8-8 La glisse

- Ils possèdent le plus souvent un faible coefficient de frottement [2].

I-8-9 L'entretien

- Ils sont d'un entretien facile.

- Ils ne nécessitent aucun traitement de surface.

- Ils résistent à la corrosion [2].

I-8-10 L'asepsie naturelle

- Les matières plastiques transformées à des températures supérieures à 150 °C apportent l'asepsie aux emballages qu'elles permettent de fabriquer [2].

I-9- Présentation des matières plastiques**❖ La forme commerciale :**

On trouve les matières plastiques sous différentes formes :

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

❖ Domaines d'application de la matière plastique

On trouve les produits plastiques dans de nombreux secteurs :

- Emballage : bouteilles, barquette, film, bouchons, etc.
- Bâtiment : tuyauteries, volets, fenêtres, revêtement, etc.
- Automobile : carrosserie, habitacle, pièces sous capot, etc.
- Electrique/Electronique : électroménager, télécommunication, etc.
- Médical, pharmaceutique, cosmétiques et bien d'autres domaines.

I-10- Le recyclage des matières plastiques [5]

Le plastique doit être trié par type pour le recyclage car chaque type de plastique a des propriétés différentes, pour cela, l'industrie du plastique a créé un système de sept codes : (On les trouve en regardant généralement en dessous du produit, exemple : bouteilles d'eau minérale).

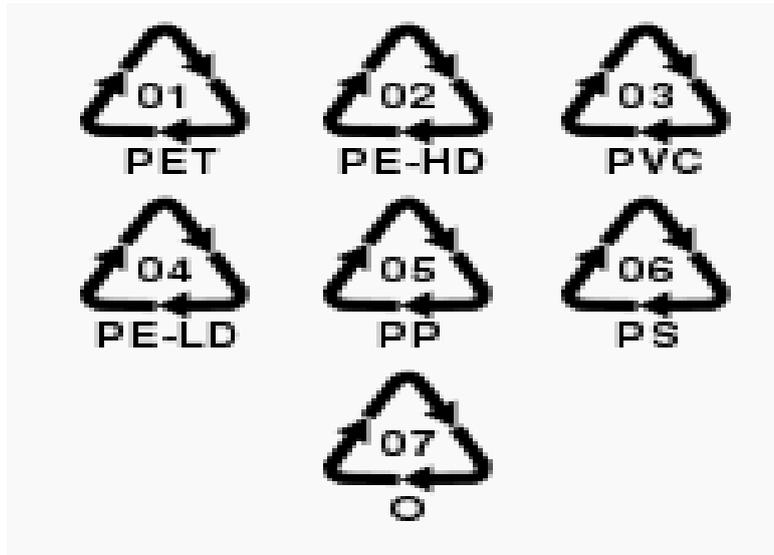


Figure I.6 : Code d'identification des résines thermoplastiques

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

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

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

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

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

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

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

- **Polyéthylène** basse densité ou Low Density Polyethylene (LDPE).

Utilisé pour certains sacs, barquettes alimentaires souples ou emballages plastiques.

- **Polypropylène (PP)**, Utilisé pour certaines tasses pour enfant, Certaines gourdes souples réutilisables pour sportifs, des récipients alimentaires réutilisables, les pots de yogourt et de margarine.
- **Polystyrène (PS)**, Le polystyrène peut laisser filtrer du styrène, un cancérigène potentiel qui peut être également un disruptif hormonal. Il est facile de l'éviter en utilisant des tasses en verre ou en porcelaine au lieu tasses en plastique, en évitant les couverts en plastique, et en ne chauffant jamais les aliments dans des récipients en polystyrène (ils fondraient dans votre nourriture et rejetteraient des gaz toxiques).
- **Polycarbonate**. Utilisé pour la plupart des biberons et certaines tasses pour bébés. Le polycarbonate contient du bisphénol-A, un produit chimique oestrogénique et un disruptif hormonal chez les animaux de laboratoire. Des études ont démontré que le bisphénol-A présent dans le plastique pouvait s'exfiltrer s'il était chauffé ou après une utilisation prolongée.

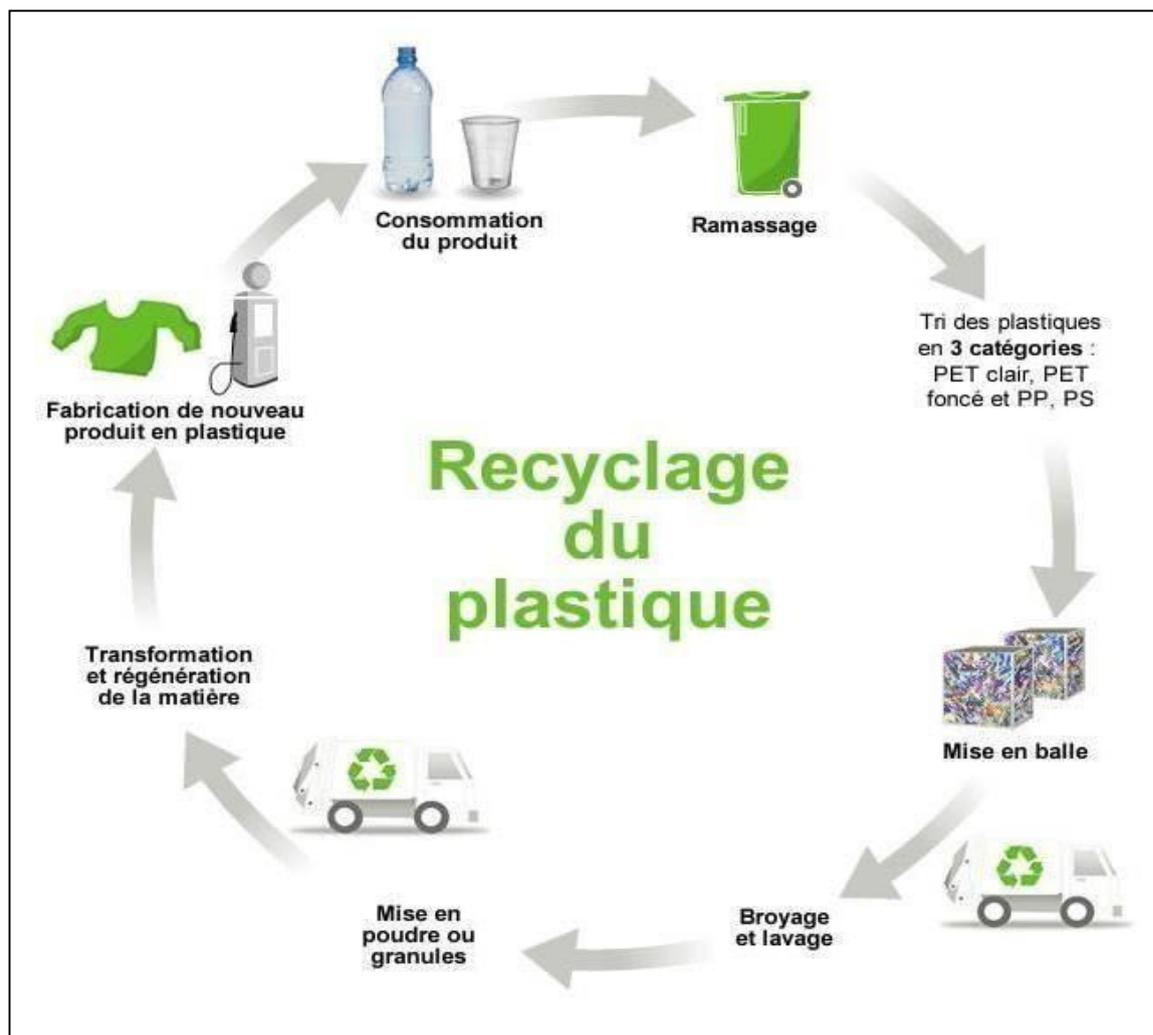


Figure I.7 : Le cycle de recyclage des matières plastique

I-11 Présentation des polystyrènes (PS)

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

Propriétés générales

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

Tableau I.2 : Caractéristique du polystyrène (PS)

• **Caractéristiques technologiques du PS**

a. Caractéristiques Physico mécaniques et thermiques du PS

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

Tableau I.3 : Caractéristiques physico mécanique et thermique

b. Conditions de mise en œuvre du PS

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

Tableau I.4 : Conditions de mise en œuvre du PS**c. Caractéristiques technologiques du PS :**

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

Tableau I.5 : Caractéristiques technologiques du PS

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

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

- Rhéologie du PS**Définition de la rhéologie**

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

connaître le comportement de cette matière pour déterminer les forces à mettre en jeu.

La rhéologie se décompose en plusieurs sortes d'études :

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

- Rappels de quelques notions fondamentales

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

- Viscosités

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

a. Viscosité dynamique

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

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

F : force de glissement entre les couches en [N],

μ : Viscosité dynamique en [kg/m.s],

S : surface de contact entre deux couches [m²]

ΔV : Écart de vitesse entre deux couches en [m/s]

ΔZ : Distance entre deux couches en [m].

NB : La viscosité dynamique s'appelle aussi viscosité apparente

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

b. Viscosité cinématique

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

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

$$1 \text{ St} = 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$$

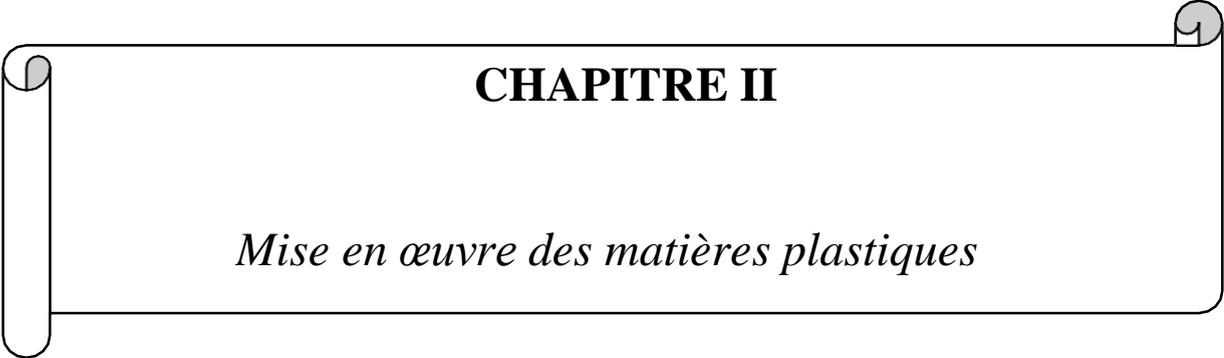
Remarque 2 (Influence de la température) : Lorsque la température augmente, la viscosité d'un fluide décroît car sa densité diminue.

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

I-12 Conclusion

Dans ce chapitre, j'ai déterminé la matière plastique avec ses différentes composantes et ses variations. Ces caractéristiques m'ont permis de les employer dans plusieurs domaines en particulier dans l'injection plastique.

Nous avons aussi étudié le polystyrène qui constitue la matière de ma pièce qui est "une couverture pour la boîte de la lampe 202-079 d'un congélateur CF1686 grands formats" pour avoir une bonne conception.



CHAPITRE II

Mise en œuvre des matières plastiques

II-1 Introduction

L'Injection plastique, aussi appelée moulage par injection, est un procédé de mise en œuvre de matières thermo formables, notablement les matières thermoplastiques. Qui permet en un minimum d'opérations d'obtenir des pièces de formes simples ou complexes, pour de la petite à la grande série. La plupart des pièces thermoplastiques sont fabriquées avec des presses d'injection plastique : la matière plastique est ramollie puis injectée dans un moule, et ensuite refroidie.

II-2 Procédés de transformations du plastique par injection

Il existe différentes technologies qui permettent de transformer les plastiques et le choix des procédés de fabrication dépend essentiellement des polymères, les procédés utilisés le plus fréquemment sont [6] :

- l'injection plastique
- l'injection soufflage
- l'extrusion
- l'extrusion gonflage
- l'extrusion soufflage
- l'expansion moulage
- thermoformage
- calandrage
- roto moulage

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

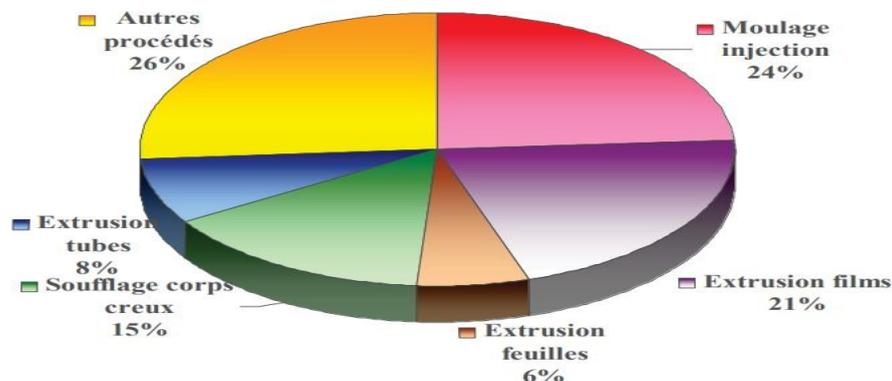


Figure II.1 : Répartition des procédés

II-2-1 l'injection plastique

L'injection est un procédé principalement utilisé dans la transformation du plastique. Il permet de fabriquer de grandes quantités de pièces. Le matériau nécessaire est plastifié dans une unité d'injection puis injecté dans un moule. La partie vide ou cavité du moule détermine la forme et la structure de la pièce finie. On peut produire des pièces de quelques dixièmes de grammes à plusieurs kilos. Ce procédé permet aussi bien de faire des objets exigeant beaucoup de précision comme dans la mécanique, que des pièces en très grandes quantités et en peu de temps. Le type de surface peut être adapté à l'utilisation : surface lisse pour des applications optiques, surfaces rugueuses pour les domaines dans lesquels le toucher est important. Possibilité de produire des échantillons et de faire de la gravure [7].

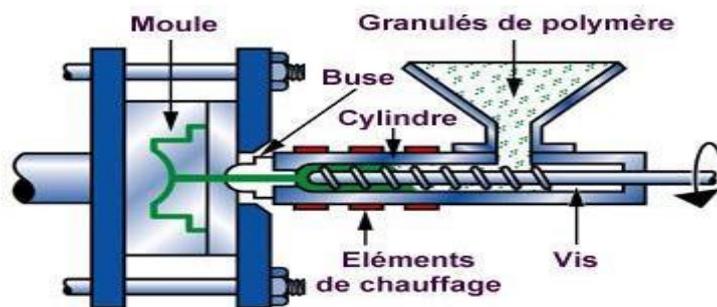


Figure II.2 : procédé de l'injection

II-2-2 Injection soufflage

Pour la conception des bouteilles, des flacons ou encore des biberons, on utilise l'injection soufflage. L'injection-soufflage permet d'avoir une cadence très élevée dans le cycle de fabrication qui se déroule en deux grandes phases. Dans l'atelier d'injection, on fabrique d'abord une préforme, pour façonner, une sorte d'éprouvette avec le goulot de la bouteille [8].

1. Dans l'atelier de soufflage, on chauffe de nouveau le plastique du tube que l'on va étirer dans un moule à l'aide d'une tige.
2. Pour que la matière prenne parfaitement la forme du moule, on lui envoie un jet d'air très puissant (le soufflage).
3. Le moule est ensuite refroidi et s'ouvre, la bouteille apparaît

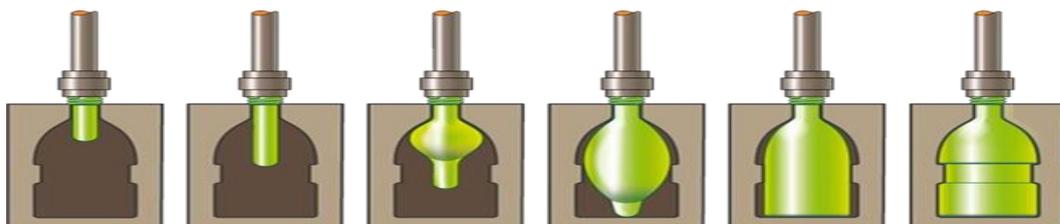


Figure II.3 : injection soufflage

II-2-3 L'extrusion

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

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

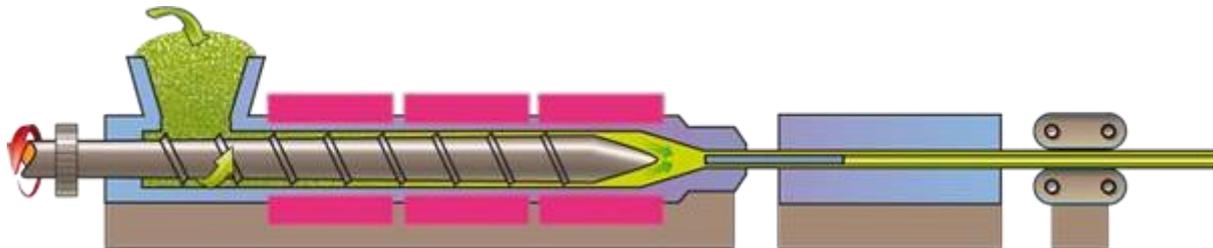


Figure II.4 : extrusion

II-2-4 Extrusion gonflage

Ce procédé est un dérivé de l'extrusion, il consiste à souffler en continu de l'air à l'intérieur d'un tube appelé paraison pour la faire gonfler. Ce procédé ne nécessite pas de moule, c'est l'air soufflé qui donne la forme et le refroidissement. Cette technique permet de fabriquer des phases initiale, le principe est le même que celui de l'extrusion classique mais il n'y a pas de forme à la sortie de l'extrudeuse plastiques [8].

1. On insuffle de l'air comprimé dans le plastique ramolli ;
2. Il se gonfle alors et s'élève verticalement comme une bulle de film très fin.

On le laisse ensuite refroidir ;

3. Avant de l'aplatir entre des rouleaux, on forme des soufflets et on prédécoupe les Sacs ;

4. On les enroule sur des bobines ou on forme des rouleaux.

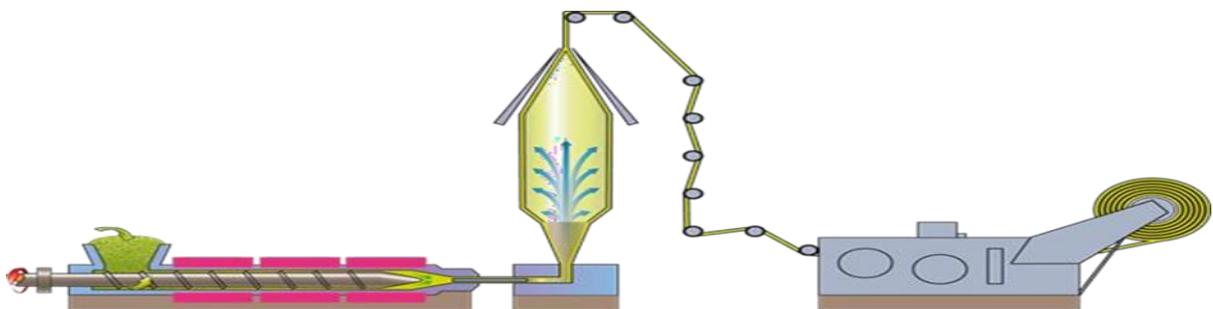


Figure II.5 : Extrusion gonflage

II-2-5 Extrusion soufflage

Ce procédé consiste à combiner la technique de l'extrusion avec celle du soufflage. Il permet de fabriquer des objets creux comme les bouteilles de lait ou les flacons de lessive par exemple. On réalise d'abord un tube par extrusion simple [8].

1. Le tube extrudé (appelé paraison) est enfermé dans un moule de soufflage (de demi-coquilles ayant la forme désirée) ;
2. La paraison présente un orifice à son extrémité, qui est pincée (là où sera l'ouverture finale du récipient) ;

3. Puis de l'air est injecté dans le moule afin que le tube adopte parfaitement les parois où il est très rapidement refroidi. Il suffit alors de démouler l'objet ainsi fabriqué et le tour est joué.

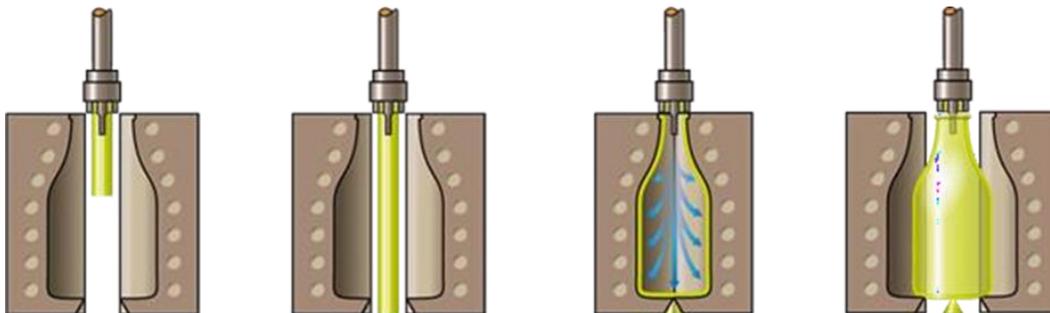


Figure II.6 : extrusion soufflage

II-2-6 L'expansion moulage

Le dernier procédé de transformation est appelé expansion moulage. Il sert à fabriquer toutes sortes d'emballages en polystyrène expansé [8].

1. Avant d'être expansé, le polystyrène se présente sous forme de petites billes qui renferment des micro-inclusions de gaz (à l'état liquide) ;
2. Au contact de la vapeur d'eau, la matière plastique se ramollit et le gaz qu'elle contient se dilate ;
3. Les billes gonflent grâce à l'air qu'il contient, comme le pop-corn, mais avec une forme plus régulière ;
4. Cette première expansion est réalisée en usine dans de grandes cuves en inox et permet d'obtenir jusqu'à 30 fois le volume initial des petites billes de polystyrène ;
5. Ensuite, on sèche les billes pré-expansées dans un silo et on les introduit dans un moule fermé, soumis à une nouvelle injection de vapeur d'eau. Les billes reprennent leur expansion, occupent tout l'espace du moule et se soudent entre elles pour obtenir la forme désirée de l'emballage (Caisses à poissons, barquettes).

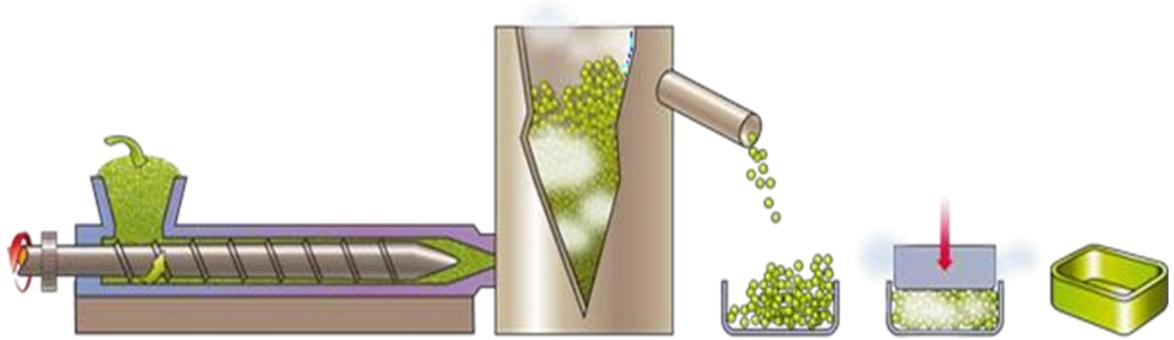


Figure II.7 : L'expansion moulage

II-2-7 Thermoformage

Derrière ce terme compliqué se cache le procédé de fabrication qui permet de réaliser toutes sortes d'objets aux formes creuses. Concrètement, pour les emballages, le thermoformage permet de créer des barquettes, des gobelets ou encore des pots de yaourt. Le thermoformage est une technique de moulage [13].

1. Mise en place de la feuille et chauffage par un plateau chauffant supérieur et inférieur ;
2. Montée du moule : la feuille est ramollie et le moule monte pour emboutir la feuille ;
3. Formage / Refroidissement : une fois le moule en position haute, le vide est fait entre le moule et la feuille ;
4. La feuille se plaque sur le moule et en prend sa forme. De l'air ou de petites gouttelettes d'eau sont projetées sur la pièce pour la refroidir et lui donner sa forme finale ;
5. De l'air est soufflé à l'intérieur du moule pour décoller la pièce du moule et celui-ci descend pour libérer la pièce ;
6. Une fois le moule descendu, la pièce peut être enlevée puis décortiquée pour enlever les chutes de production (cercle rouge).

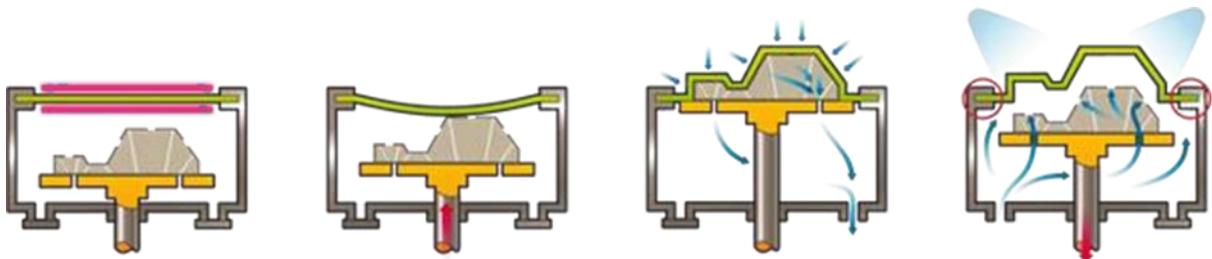


Figure II.8 : Thermoformage

II-2-8 Calandrage

Le calandrage permet de fabriquer des produits semi-finis, comme des films. Dans une machine appelée calandre, les matières thermoplastiques, mélangées à des additifs et des stabilisants, sont écrasés entre plusieurs cylindres parallèles. La matière est chauffée puis malaxée par une vis sans fin spéciale [8], pour donner une pâte épaisse.

1. Elle le passe plusieurs fois entre les rouleaux pour une homogénéisation parfaite, un peu comme une guimauve ;
2. Pour permettre la gélification de la matière, celle-ci passe entre 2 calandres chauffées, réglées selon différents paramètres (température calandres, pressions, vitesse rotation...) ;
3. L'écartement, la pression et le type de rouleaux vont donner les dimensions et les aspects des films (le grainage) ;
4. Les films sont mis en bobine ou coupés et empilés pour faire des feuilles, aux dimensions et épaisseurs souhaitées des objets à former ;

-Applications

Le calandrage permet de fabriquer des produits semi-finis :

- Des feuilles ou des films qui seront transformés par la suite pour devenir des pots, des barquettes ou des gobelets.

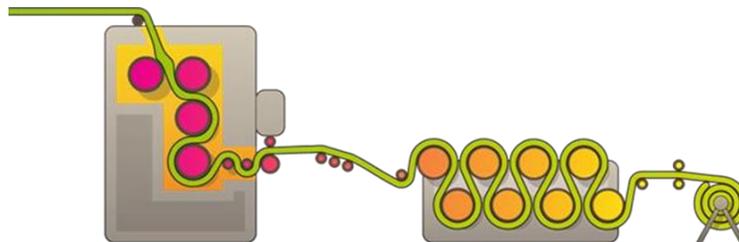


Figure II.9 : Calandrage

II-2-9 Roto moulage

Une masse de poudre de polymère chargée dans le moule ensuite fermé, le moule tourne sur lui-même pendant une phase de chauffage le matériau réparti sur les parois du moule la pièce se démoulée après le refroidissement, cette technique permet de produire des objets creux comme les Kayaks [9] .

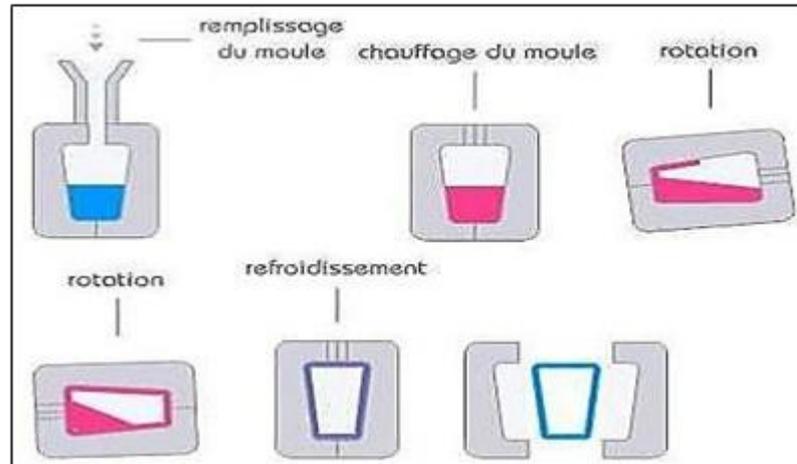


Figure II.10: Moulage par rotation

II-3 Machine d'injection

Couramment appelée dans l'industrie presse à injection, ou presse à injecter, la machine à injection plastiques est utilisée pour la mise en œuvre des thermoplastiques. La machine à injection plastiques est utilisée pour réaliser les pièces de très nombreux produits manufacturés, utilisés notamment dans l'industrie automobile, l'électroménager, le mobilier ou le matériel informatique. La machine à injection plastiques permet en effet de réaliser des pièces de tailles diverses et de forme complexe en très grande quantité. La taille des pièces obtenues par la machine à injection plastiques peut aller de quelques milligrammes à plus de 500 kg.

II-4 Fonctionnement de la machine à injection plastiques

Le fonctionnement de la machine à injection plastiques peut être décomposé en 4 étapes : la phase de plastification, l'injection, le refroidissement, puis l'éjection.

Lors de la phase de plastification, les granulés de matière plastique sont chauffés et homogénéisés par le biais d'une vis qui tourne et pousse cette matière à l'état fondu dans le moule de la machine à injection plastiques. Le moule, également appelé empreinte, est constitué de deux parties (une fixe et une mobile). C'est lui qui donne sa forme à la pièce. La température du moule de la machine à injection plastiques est régulée de façon à refroidir la pièce afin de la solidifier. La pièce ainsi obtenue est ensuite extraite du moule, grâce à l'ouverture de celui-ci et à un dispositif d'éjection.

II-5 Les composantes d'une presse d'injection

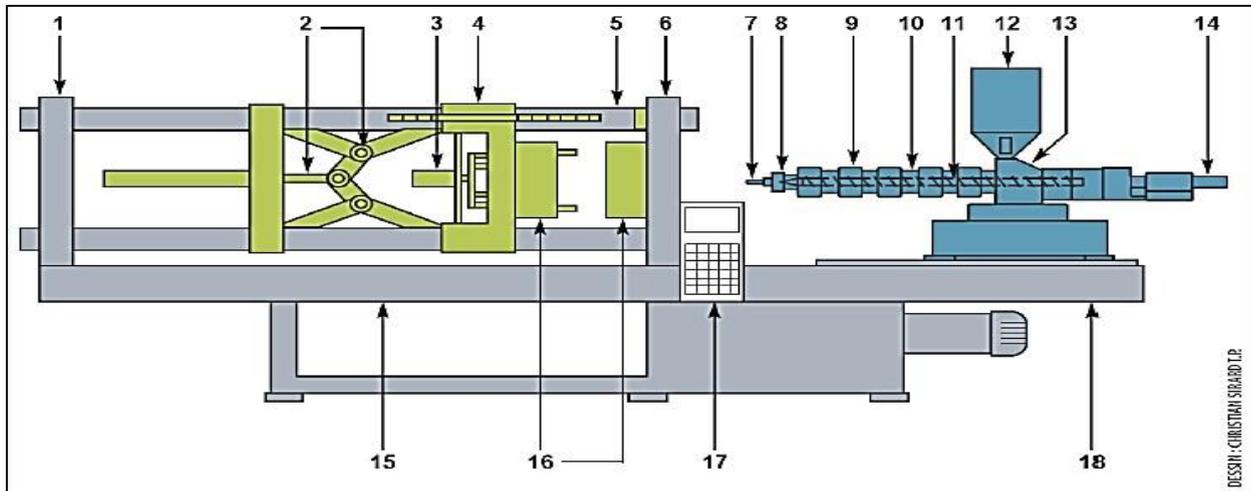


Figure II.11: Presse à injection plastique horizontale

Les différentes composantes de la presse d'injection sont donné dans le tableau II.1 suivant

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

Tableau II.1 : les composantes de la presse

II-6- Les différentes presses d'injection

II-6-1 Presse horizontale :

L'axe de la vis est horizontal et le plan d'ouvrage du moule vertical. L'ouverture provoque alors la sorte immédiate de la pièce par gravité après éjection, un gain de temps et une automatisation aisée [10].



Figure II.12 : Presse à injection plastique horizontale

II-6-2- Presse vertical

Ici l'axe de la vis est dans une position verticale et l'ouverture du moule dans un plan horizontal. On utilise ce type de presse pour mouler des petites pièces comportant de nombreux inserts métalliques (surmoulage) [10].

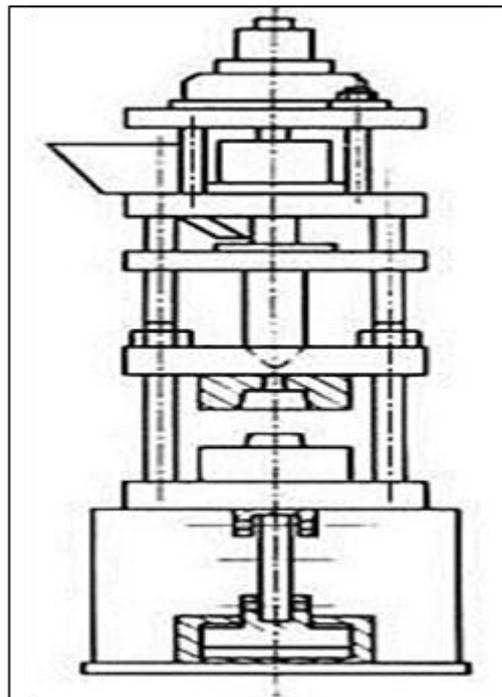


Figure II.13 : Presse verticale

II-6-3 Presse électrique

Les principales commandes de mouvements des presses sont hydraulique, mais dernièrement sont apparues des presses à commandé tout électrique par servomoteurs alternatif, qui apportent les avantages suivantes [10]:

- ✓ Meilleure précision (indépendance de la température d'huile).
- ✓ Démarrage plus rapide, cycle plus court.
- ✓ Consommation énergétique (-50%).
- ✓ Surface au sol réduite.
- ✓ Maintenance simplifiée.

II-7- Types de presses à injection

II-7-1 Presses à injection simple

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

II-7-2 Presses à injection multi-matière et multi-couleur

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

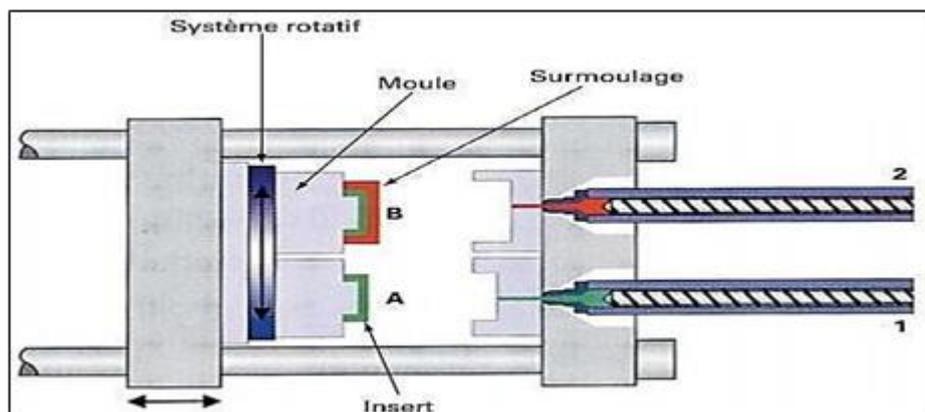


Figure II.14 : Presse à injection multi-matière et multi-couleur

II-7-3 Presses à injection sandwich

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

L'un d'entre eux forme la couche extérieure appelée peau tandis que l'autre est le cœur de la pièce. Ils se présentent sous forme solide ou expansée ou combinée. Les matériaux seront

expansés par adjonction soit d'agent porogène, soit de gaz inerte ou par la combinaison des deux.

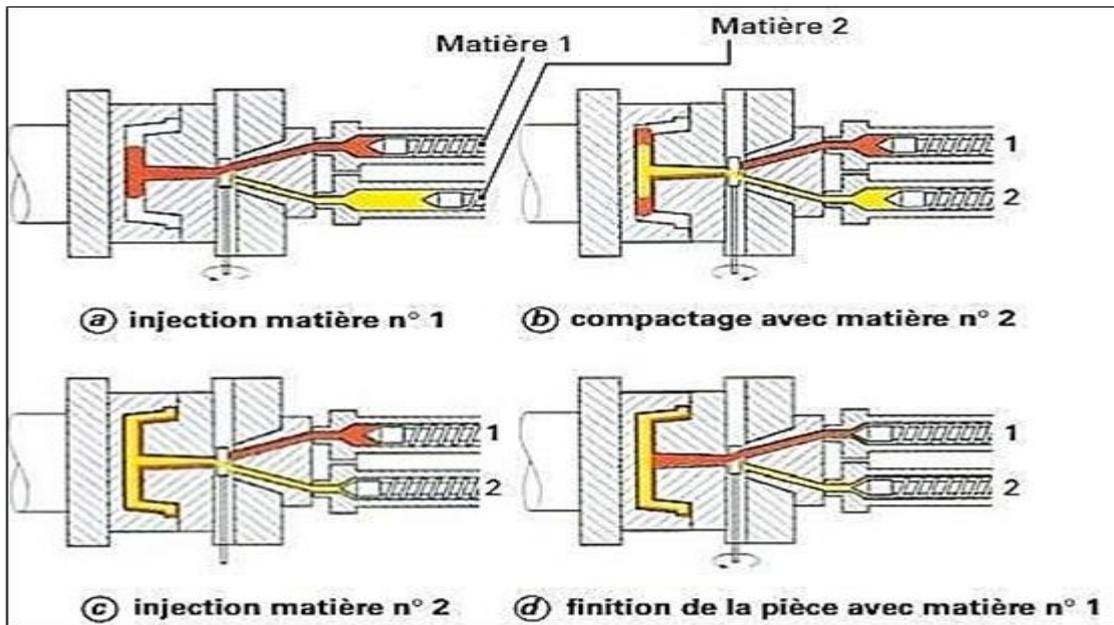


Figure II.15 : Presse à injection sandwich

II-7-4 Injection assistée par gaz

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

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

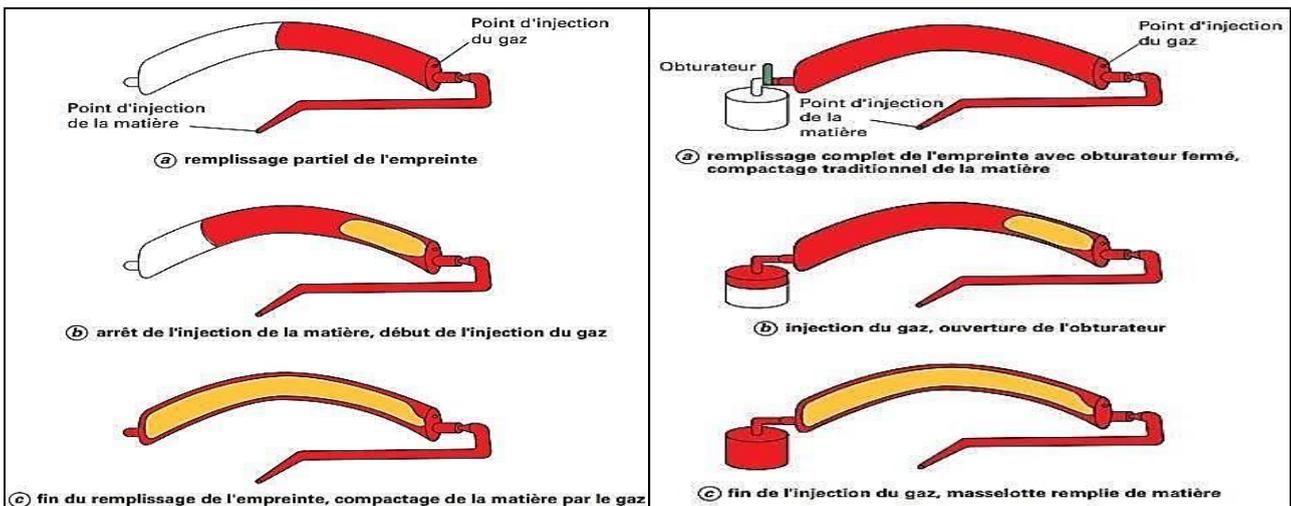


Figure II.16 : Injection assisté par gaz

II-8- Les différentes parties ou unités d'une presse

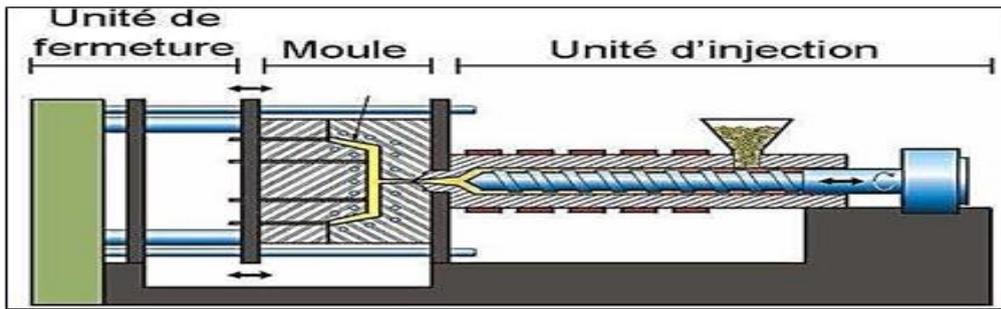


Figure II.17: Dispositif d'une presse d'injection

II-8-1 Unité d'injection

Le groupe d'injection assure les tâches suivantes :

- 1- Recevoir la matière première ;
- 2- Etablir le contact entre le moule et l'unité d'injection ;
- 3- 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 asservi pour harmoniser le remplissage du moule en fonction de la pièce et de la matière éjectée.

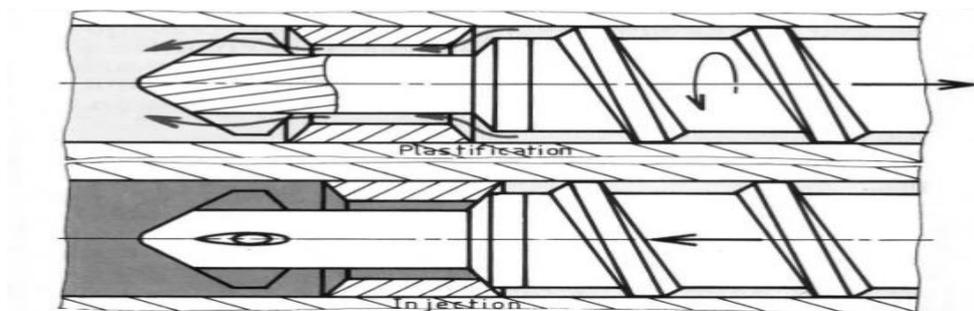


Figure II.18 : Système vis-piston

b. Caractérisation du système d'injection**• La capacité d'injection**

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

• La capacité de plastification horaire

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

II-8-2 La pression maximale d'injection

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

• Le dégazage

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

II-8-3 Unité de fermeture

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

❖ Caractérisation d'un système de fermeture**• Force de fermeture**

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

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

• Course de fermeture ou d'ouverture

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

- **Dimensions des plateaux**

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

- **Épaisseur du moule minimal**

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

- **Épaisseur du moule maximal**

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

- **La force d'éjection**

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

- **Le moule**

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

Le démoulage se fait après refroidissement lorsque la pièce est suffisamment rigide.

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

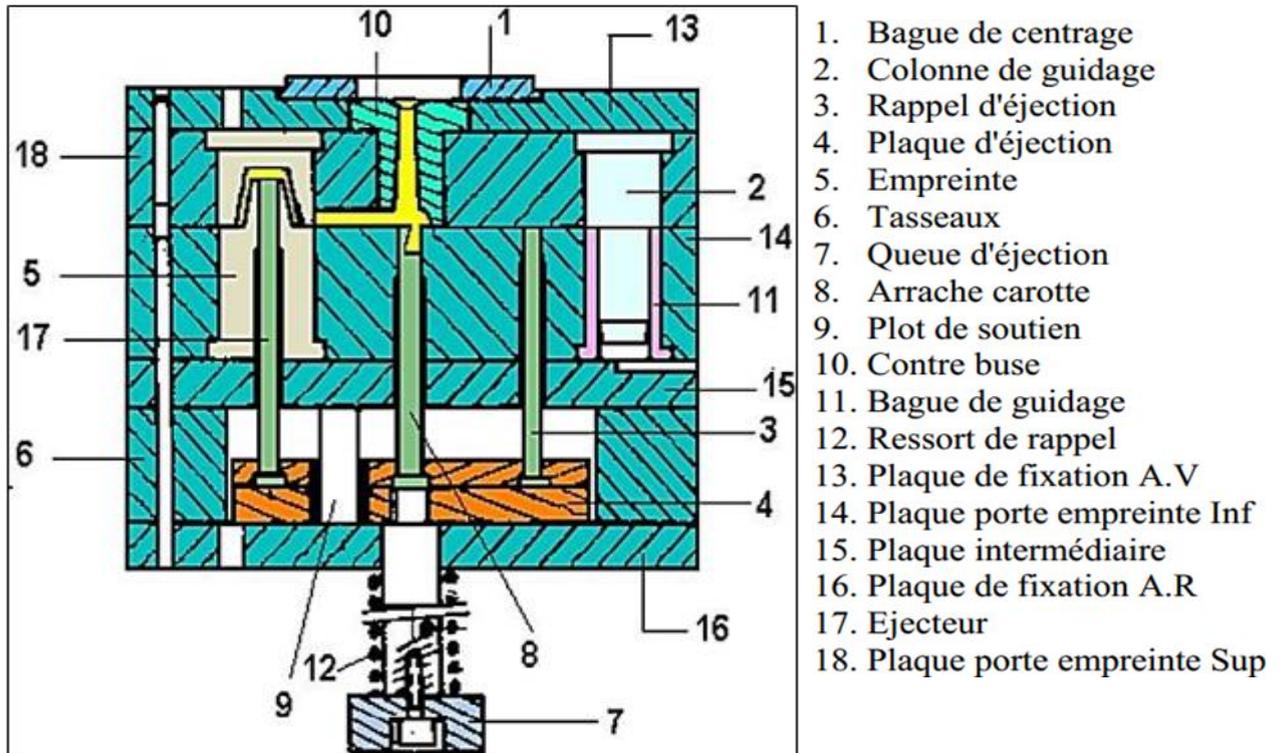


Figure II.19 : exemple de moule

II-9- Le choix d'une presse

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

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

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

II-10- Conclusion

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

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

CHAPITRE III

*Généralité sur La conception Des Moules à
injection Plastique*

III-1- Introduction

Le moule est un ensemble mécanique de très grande précision qui permet de fabriquer des milliers de pièces en injection de matière plastique en fusion dans des empreintes prévues à cet effet, il est utilisé sur une machine appelée presse à injecter. Un moule est constitué de deux parties principales, une partie fixe pour l'injection de matière et l'autre mobile pour la fermeture du moule. Quand le moule fermé, la surface de contact entre ces deux parties est appelée plan de joint, c'est au niveau de ce plan que la pièce devra se démouler. La difficulté est de définir physiquement sa position, pour ne pas laisser de traces sur la pièce moulée, les deux parties doivent s'emboîter parfaitement pour établir l'étanchéité lorsque le moule fermé est sous pression. [11]



Figure III.1 : moule d'injection plastique

III-2- Conception d'un moule à injection plastique

III-2-1 Matériaux utilisés

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

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

III-2-2 La machine

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

- du volume et de la forme de la pièce.
- du nombre d'empreintes.
- du calcul de rentabilité.
- de la précision de la pièce.

III-3- L'architecture d'un moule

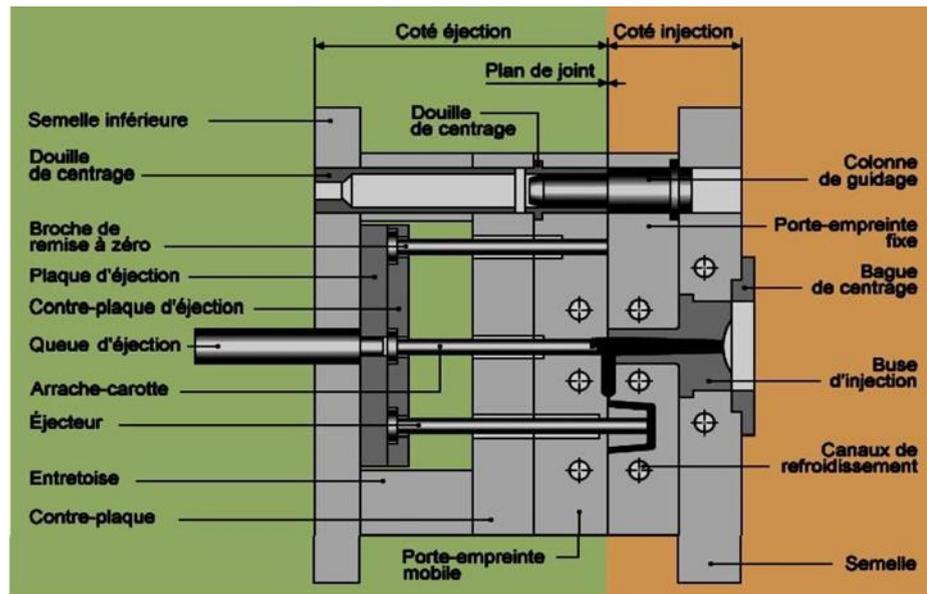


Figure III.2 : Structure d'un moule à injection plastique

➤ Éléments standards

- **La buse moule** : permet le passage de la matière du fourreau vers l'empreinte
- **La rondelle de centrage** : Permet le centrage du moule sur les plateaux de la machine (presse), dans le but de centrer la buse moule à la buse machine.
- **Plaque arrière côté injection** : Permet de fixer la rondelle de centrage, la buse moule et les bagues de guidage, ainsi que le bridage.
- **Bague de guidage** : Permet le guidage des colonnes de guidages
- **Plaque porte empreinte côté injection** : Permet la fixation de la bague de guidage, contient le circuit de régulation de température.
- **Colonnes de guidage** : Permet de guider la partie mobile (PM) sur la partie fixe (PF) pour aligner parfaitement l'empreinte.
- **Plaque porte empreinte côté éjection** : Permet la fixation des colonnes de guidage, contient le circuit de régulation

- **Ejecteur de rappel** : Permet la remise à zéro de la batterie d'éjection, dans le cas d'une éjection non-attelé.
- **Ejecteurs** : Permet d'éjecter la pièce quand le moule est ouvert.

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

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

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

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

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

- **Rainures de bridage** : Permet le passage de la bride.

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

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

III-4- Les différents moules d'injection plastique

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

- Le nombre d'empreintes (1, 2, 4, 8, 16, 32 ...)
- Son architecture : nombre de plaques, tiroirs, coquilles ;

- Le système d'alimentation : carotte perdue, canaux chauffants ;
- Le type d'alimentation des empreintes : pin point, en masse, en parapluie, sous-marine, en Ligne, en "n" points ;
- L'éjection des pièces (par éjecteur, bloc d'éjection ou autres) ;
- La régulation de la température ;
- La durée de vie (choix des matériaux) parmi les plus utilisés.

III-4-1 Moule à deux plaques

Le tableau III.1 suivant illustre le fonctionnement d'un moule à deux plaques, par les schémas associés.

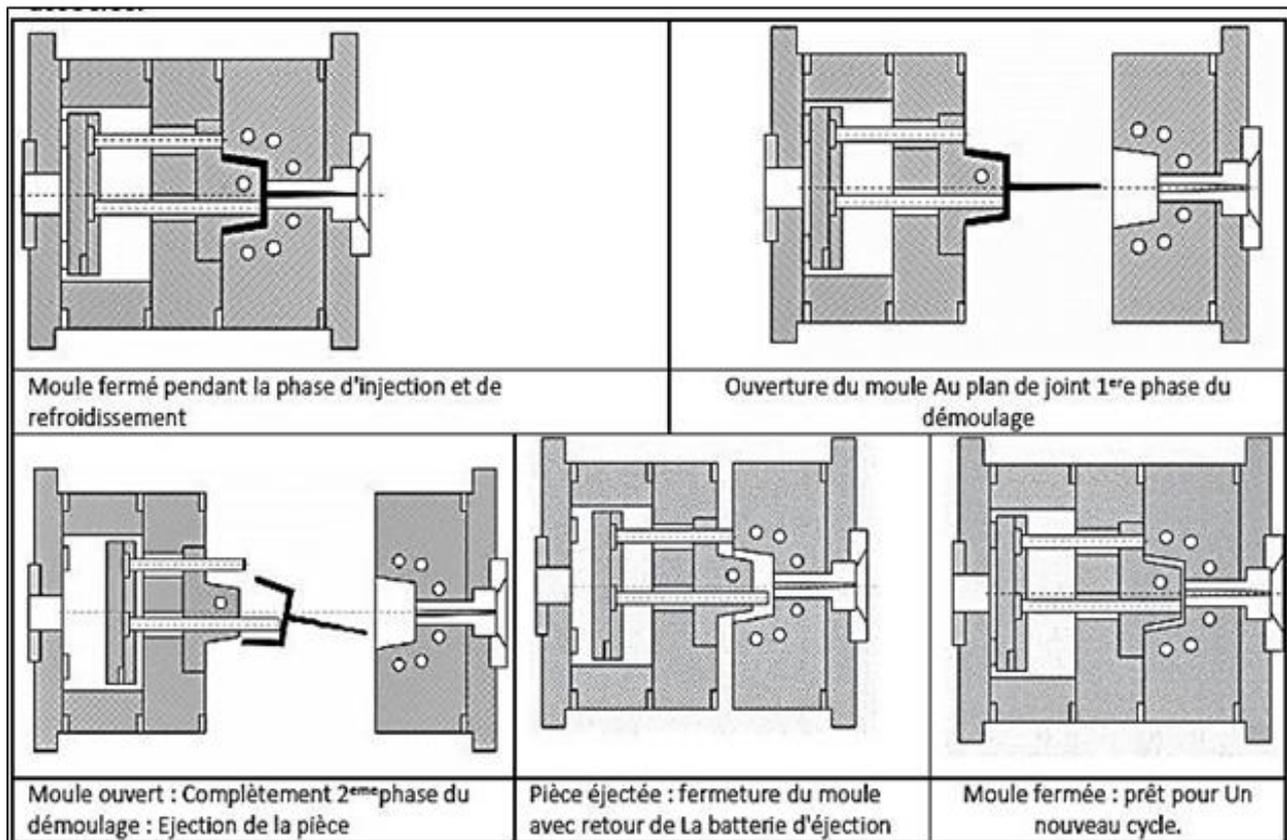


Tableau III.1 : Moule à deux plaques

III-4-2 Moule à trois plaques

Le tableau III.2 suivant [12] illustre le fonctionnement d'un moule à trois plaques, également on rencontre dans l'industrie des moules à plusieurs plaques utilisant le même principe, la chronologie des ouvertures, se fait les priorités définis par le concepteur, principalement on a un plan de joint carotte et un plan de joint pièce.

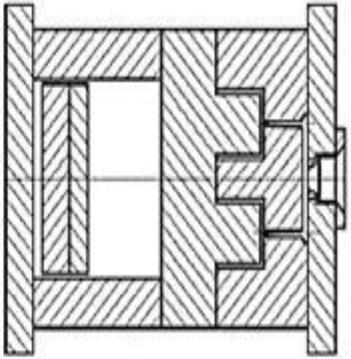
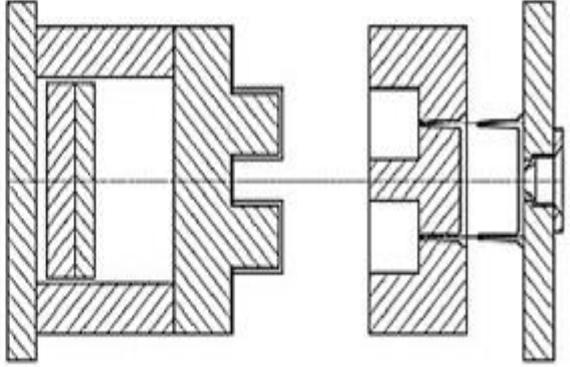
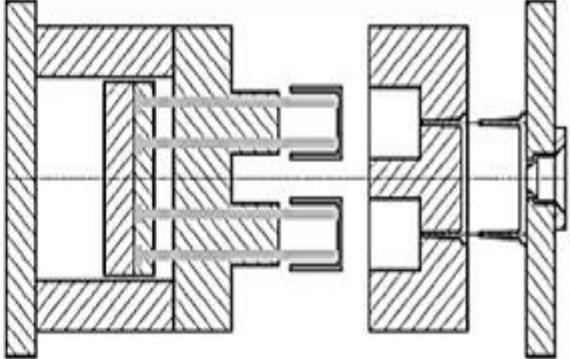
<p>le moule à 2 plans de joint :</p> <ul style="list-style-type: none"> - un plan de joint pour la carotte - un plan de joint pour la pièce. 	
<p>1ère ouverture au niveau du plan de joint carotte (impératif pour une bonne casse du point d'injection) 2ème ouverture au niveau du plan de joint pièce</p>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

Tableau III.2 : Moule à trois plaques

III-4-3 Moule à tiroir

Les moules à tiroir et à les moules à coins forment des solutions particulières pour permettre d’injecter des pièces présentant des contre dépouilles, leur fonctionnement est présenté par le tableau III.3 suivant [12]

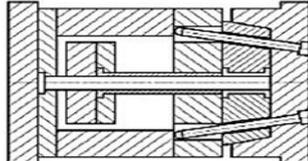
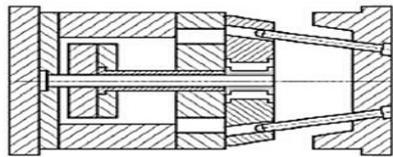
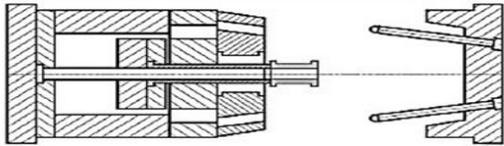
<p>moule fermé et deux plaques portes empreintes fermées.</p>	
<p>la partie du moule recule, les doigts de démoulage guident les deux plaques portes empreintes lors de leurs ouvertures par l'intermédiaire des ressorts.</p>	
<p>Les batteries d'éjection avance sous l'effet du vérin et les éjecteurs tubulaire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

Tableau III.3 : Moule à tiroir

III-4-4 Moule à coquilles

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

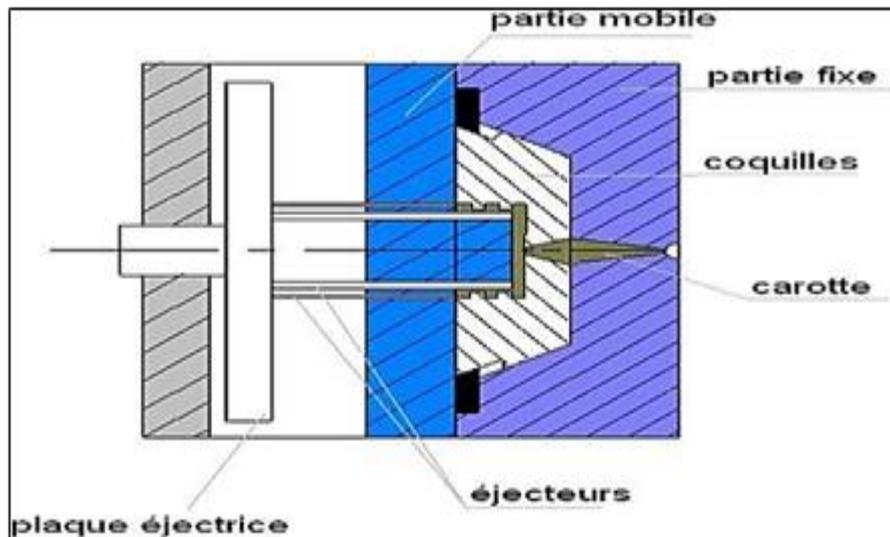


Figure III.3 : Moule à coquilles [13]

III-4-5 Moule à canaux chauffant

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

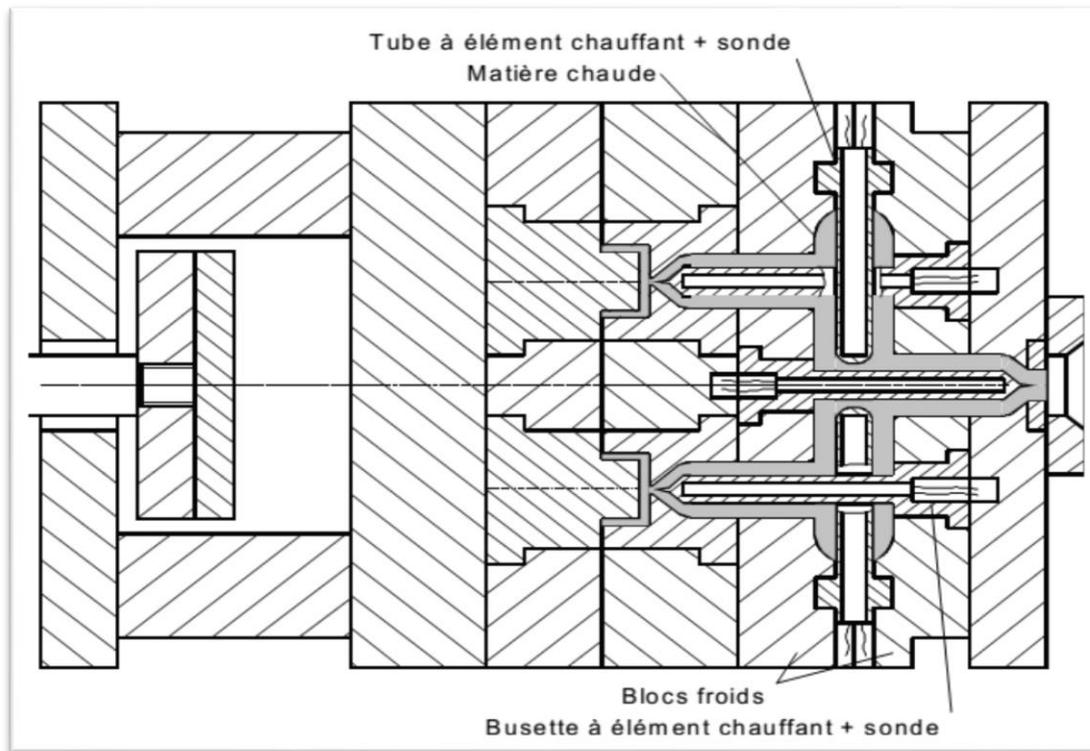


Figure III.4 : Moule multi-empreintes Canal chaud – bloc chaud

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

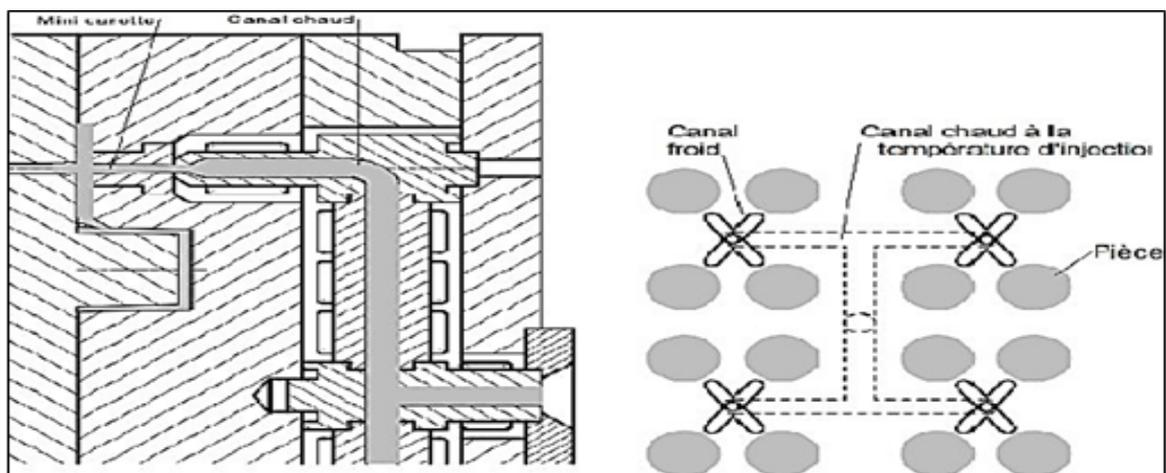


Figure III.5 : Moule multi-empreintes Alimentation mixte : canaux chauds + canaux froids

III-5- Les fonctions d'un moule d'injection

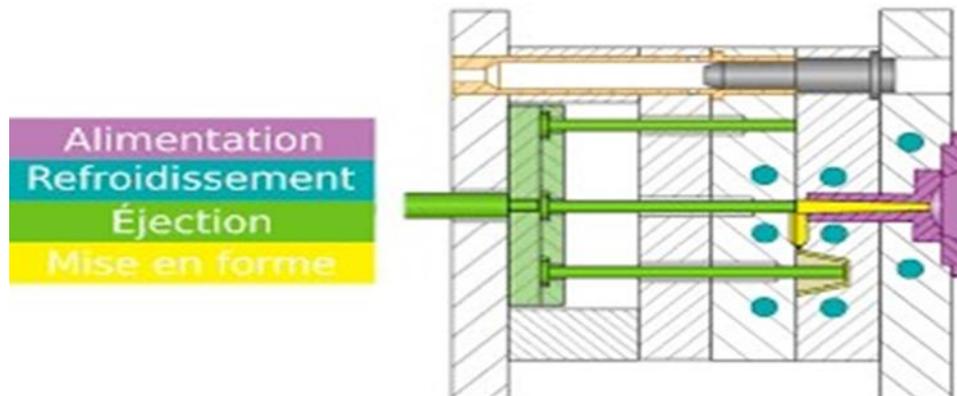


Figure III.6 : Les différentes fonctions d'un moule

La conception d'un moule doit remplir plusieurs fonctions telles que :

III-5-1 Fonction de mise en forme et empreinte

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

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

Dans le but de faire des formes en contre dépouilles (des formes qui ne se démoulent pas dans le même axe d'ouverture du moule).

a. Ligne de joint

La ligne de joint externe est l'intersection entre le plan de joint et la cavité de l'empreinte.

b. Plan de jointe

C'est la surface d'intersection entre la partie mobile et fixe du moule, et le trace du plan de joint résulte de la morphologie de la pièce moulée.

La surface de contact des deux parties, empreinte et noyau forment le plan de joint. Ce dernier n'est pas toujours une surface plane : elle peut être une gauche ou en créneau. Le plan de joint assure étanchéité au polymère fondu de l'empreinte au moment du remplissage sous pression de l'empreinte, et doit être résistant à la force de fermeture et à l'abrasion.

c. Retrait

Lors du refroidissement de la pièce dans l’outillage, un retrait de la matière apparaît. Il s’agit d’une contraction volumique.

d. Dépouille

La dépouille est l'angle formé par la paroi de la pièce et la direction de démoulage. Le choix de la dépouille de démoulage, à l'interface entre la pièce et le côté injection de l’empreinte, permet d'assurer le maintien de la pièce sur le côté éjection lors de l'ouverture du moule.

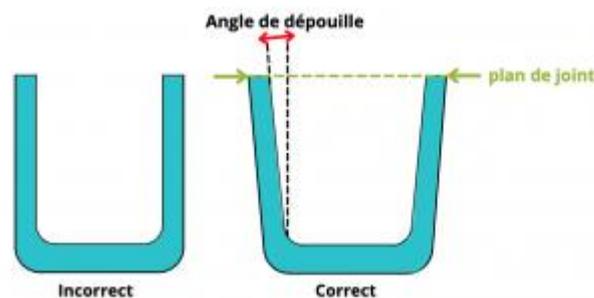


Figure III.7 : Exemple de dépouille

e. Le nombre d’empreintes

Le nombre des empreintes d’un moule doit être évalué d’après les critères suivants :

- Capacité d’injection de la machine.
- Critères techniques : distance entre colonne (voir la figure).
- Optimisation économique : le coût, délais de livraison...

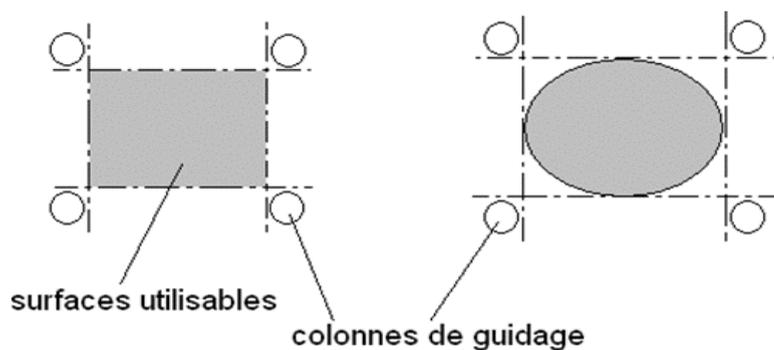


Figure III.8 : Nombre d’empreintes en fonction de critères techniques et économiques

Disposition des empreintes dans le plan de joint :

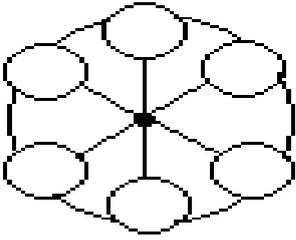
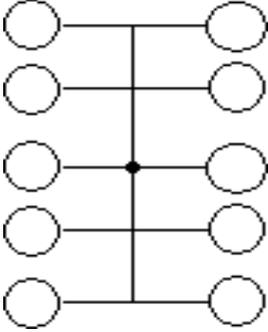
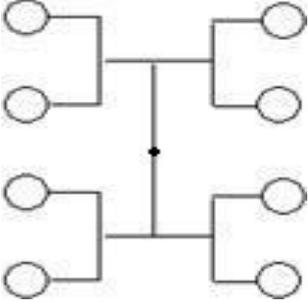
Dispositions	Avantages	Inconvénients
<p>Répartition en étoile</p> 	<p>Même longueur d'écoulement vers toutes les empreintes Disposition favorable pour démoulage</p>	<p>Le nombre d'empreintes à placer est limité</p>
<p>Répartition en lignes</p> 	<p>Placement d'un nombre plus élevé d'empreintes qu'avec la répartition étoile</p>	<p>Différentes longueurs d'écoulement jusqu'aux empreintes</p>
<p>Répartition symétrique</p> 	<p>Même longueur d'écoulement jusqu'aux empreintes, pas de reprise du seuil d'injection nécessaire</p>	<p>Grand volume de carotte, beaucoup de perte, refroidissement trop rapide de la matière à mouler</p>

Tableau III.4 : Disposition des empreintes dans le plan de joint.

III-5-2 Fonction alimentation

La fonction alimentation a pour but de transférer la matière plastifiée du fourreau de la presse vers l'empreinte du moule. Le remplissage de l'empreinte doit se faire rapidement et le plus uniformément possible.

a. Carotte

La carotte correspond à l'extension du nez d'injection dans le moule. Son rôle est d'alimenter la(les) pièce(s) en matière. Elle permet de traverser la partie fixe (supérieure) du moule jusqu'au plan de joint grâce à un élément standard c'est-à-dire la : buse d'injection.

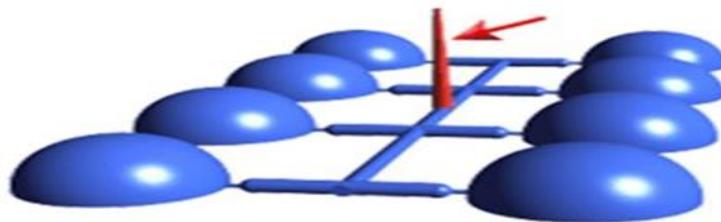


Figure III.9 : la carotte d'injection

L'alimentation du moule en matière à l'état visqueux est assurée de deux façons :

❖ Injection dans le plan de joint

Mode d'injection peu développé. La pression d'injection entraîne des déformations sur les colonnes de la presse. La fermeture du moule est parfois incomplète.

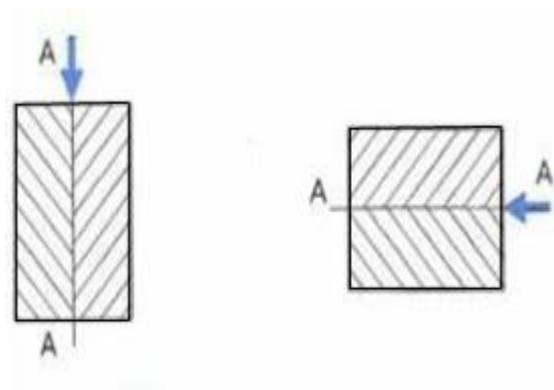


Figure III.10 : Injection dans le plan de joint.

❖ Injection perpendiculaire au plan de joint

Mode d'injection très répandu.

➤ Inconvénients

- Canaux d'alimentation assez longs.
- Prévoir une extraction de la carotte.

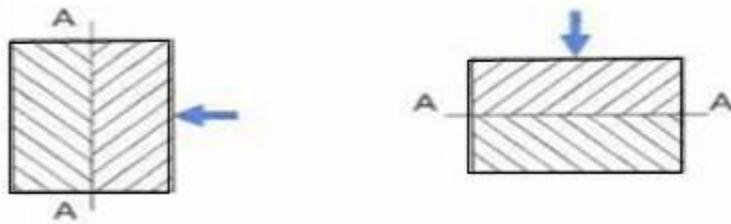


Figure III.11 : Injection perpendiculaire au plan de joint.

b. Position du point d'injection

La bonne réalisation d'une pièce est conditionnée par un bon écoulement de la matière ainsi que la bonne fermeture de l'outillage. Pour cela, la Position du point d'injection est importante, l'équilibre des forces dans un outil doit être réalisé avec un soin et l'injection de la matière placée au point d'équilibre. Le meilleur point d'injection de la matière est le centre de gravité de la pièce.

c. Canaux d'alimentation

Les canaux d'alimentation sont des canaux qui relient la carotte aux seuils. La conception des canaux d'alimentation est importante pour garantir le remplissage régulier des cavités.

Les canaux doivent être courts que possible pour diminuer les pertes de charges. Et le diamètre du canal d'injection principal doit être d'au moins de 5 mm.

Les canaux d'alimentation sont composés de la buse, le canal principal, les canaux secondaires et les seuils.

Les différents canaux d'alimentation

Il existe deux grands types de canaux d'alimentation :

➤ Les canaux d'alimentations standards

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

➤ Alimentation sans déchets ou canaux chauds

Ils doivent conduire la matière dans l'empreinte sans déperdition de chaleur. Ils sont chauffés séparément de l'outillage (entre 180 °C et 300 °C suivant la matière injectée). Techniquement il faut donc isoler le canal du reste de l'outillage dont la température est nettement inférieure.

La matière du canal n'est pas perdue.

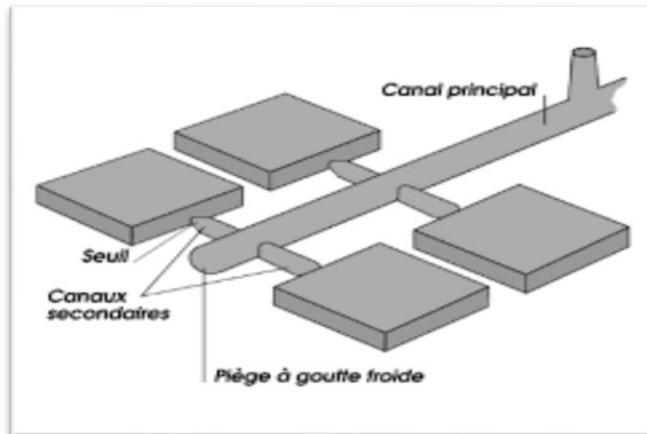


Figure III.12: Les différents canaux d'alimentation

d. Forme des canaux

Canaux cylindriques

Les canaux entièrement cylindriques ont le plus faible rapport surface/volume. Ce sont les canaux de distribution les plus efficaces, mais aussi les plus difficiles à fabriquer.

L'état de surface doit être de bonne qualité pour réduire les pertes de charge.

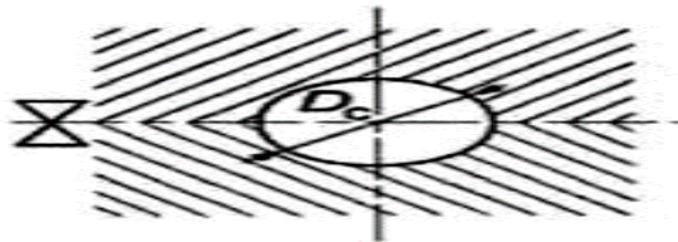


Figure III.13 : Canaux cylindriques.

Canaux à section trapézoïdale

Ils garantissent un débit moyen et un refroidissement plus rapide



Figure III.14 : Section trapézoïdale.

e. Implantation des canaux [14]

L'implantation des canaux se fait en fonction des empreintes et du nombre de pièces produites par le moule.

	Avantage	Inconvénients
Canal cylindrique	-C'est le canal le plus performant. Car il offre une section d'écoulement maximale pour un périmètre minimal.	-Usinage sur deux plaques du moule. Cependant avec la machine à commande numérique cet inconvénient disparaît. -Utilisation difficile avec les moules en trois plaques.
Canal cylindrique plus dépouille pour déporter le plan de joint	-Usinage sur une plaque -Utilisation avec les moules à trois plaques.	-Difficulté pour la réalisation de l'outil spécial : affutage délicat. -Perte de matière par rapport au canal rond.
Canal trapézoïdal	-Usinage sur une seule plaque -Utilisation avec les moules trois plaques. Outil spécial plus facile à affuter.	-Perte de matière par rapport au canal rond.
Canal ½ cylindrique		-Mauvais écoulement.
Canal rectangulaire	-Facilité d'exécution	-Mauvais démoulage. -Mauvais écoulement.

Tableau III.5 : avantages et inconvénients des canaux

f. La buse d'injection

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

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

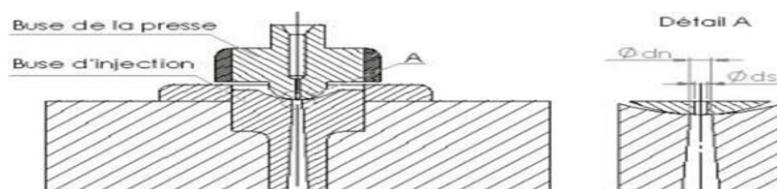


Figure III.15 : Contact courbé entre buse de la presse et buse d'injection

g. Seuils

Les seuils relient le système d'alimentation à l'empreinte et sont les orifices à travers lesquels la matière à l'état fondu pénètre dans le moule.

❖ Seuils éventail

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

Avantages

- Peut permettre un dégrappage automatique ;
- Eviter les lignes de soudures et donc les chutes de résistance ;
- Permet un écoulement équilibré de la matière autour du noyau.

Inconvénients

- Usinage après arrachage de la carotte ;
- Déchets ;
- Opération de reprise.

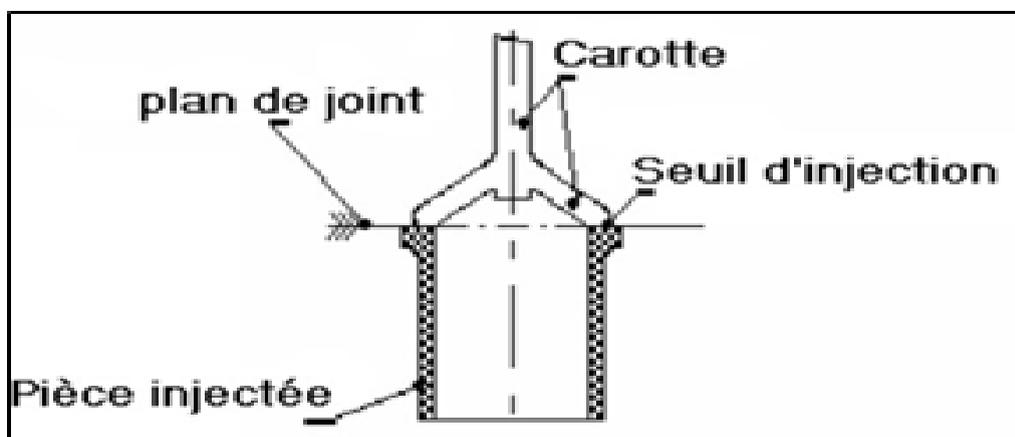


Figure III.16 : Seuils éventail

❖ Seuils en tunnel

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

Avantages

- Démoulage automatique de la carotte.

Inconvénients

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

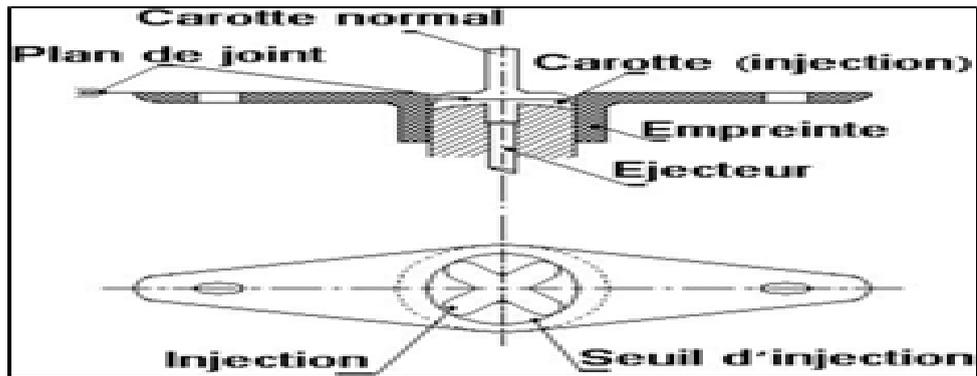


Figure III.17 : Seuil en tunnel

❖ Seuils annulaire

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

Avantages

- Même épaisseur de parois en circonférence ;
- Remplissage uniforme de l'empreinte.

Inconvénients

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

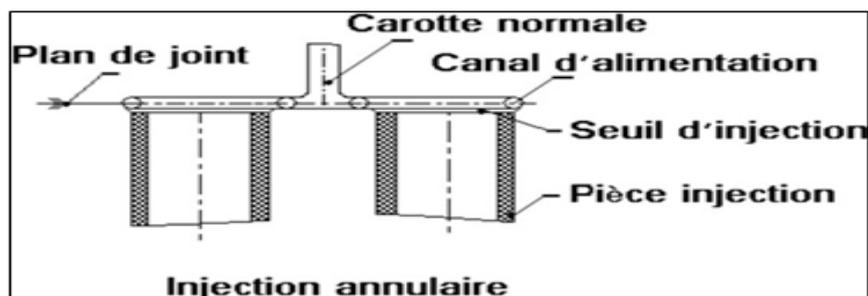


Figure III.18 : Seuil annulaire

❖ Seuils en nappe

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

Avantages

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

Inconvénients :

- Esthétisme ;

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

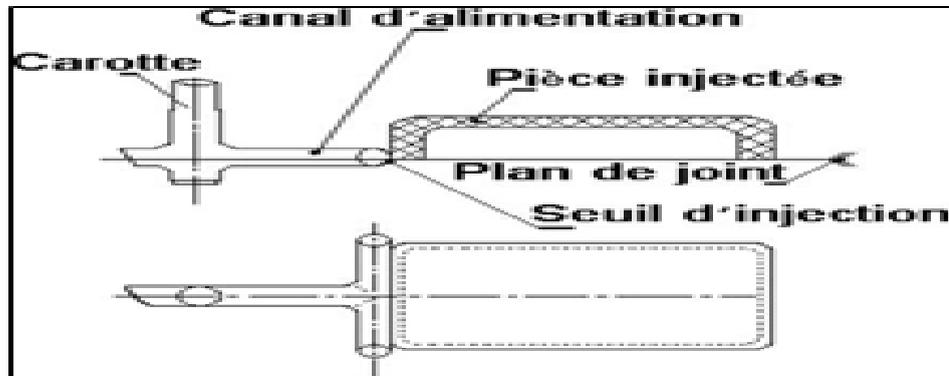


Figure III.19 : Seuil en nappe

❖ Seuils capillaire

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

Moule multi-empreintes avec injection centrale.

Avantages

- Démoulage automatique de la carotte ;
- Faible trace sur la pièce.

Inconvénients

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

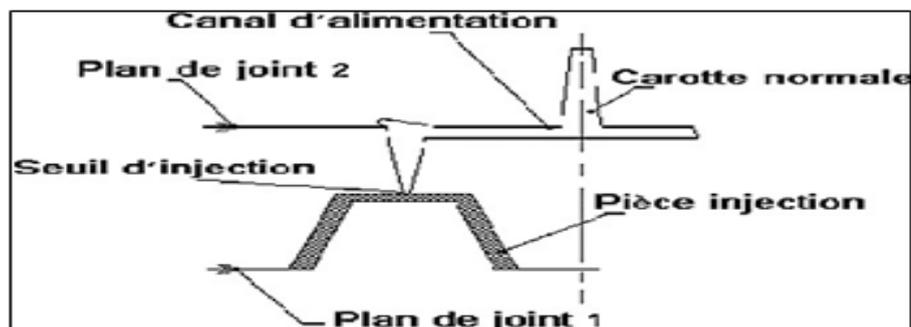


Figure III.20 : Seuil capillaire

❖ Seuils à plusieurs étages

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

Avantages

- Meilleure utilisation de la capacité plastification de la machine.

Inconvénients

- Grande perte de volume de carotte ;

- Coût de moule élevé.

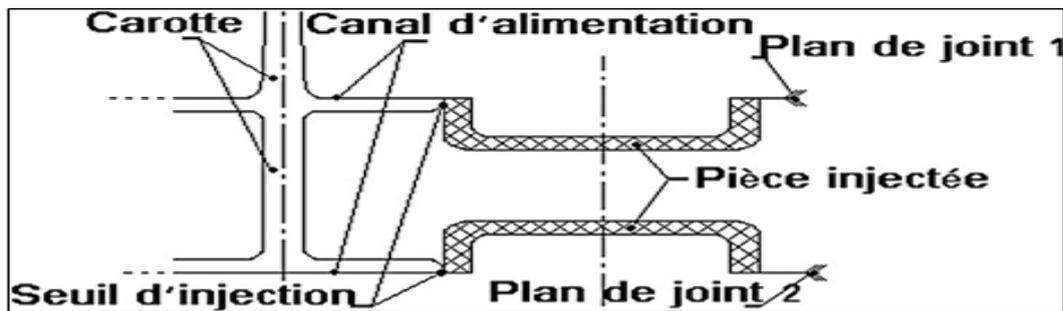


Figure III.21 : Seuil à plusieurs étages

❖ Seuils sous-marin

Utilisé pour les petites pièces dans le but d'avoir un décarottage automatique. Mais leur utilisation engendre beaucoup de pertes de pression.

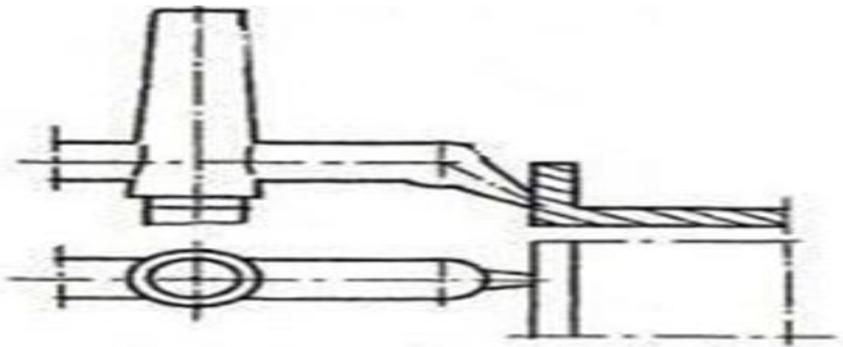


Figure III.22 : Seuils en sous-marin.

❖ Seuils en masse ou direct

Utilisation Pour les matières visqueuses.

Avantages

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

Inconvénients

Opération de reprise pour enlever la carotte. Trace non esthétique sur la pièce.

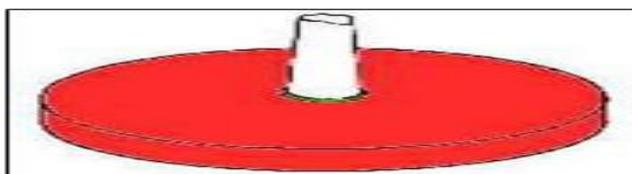


Figure III.23 : Seuil en masse ou direct.

III-5-3 Fonction refroidissement

Le système de refroidissement est formé d'un circuit d'eau fermé, il est intégré à l'intérieur

du moule. Le refroidissement est réglé suivant les caractéristiques thermiques de la matière plastique.

a. Circuit de refroidissement

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

L'énergie calorifique qu'il faut extraire dépend :

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

b. Description du circuit de refroidissement

Le système de refroidissement peut être un simple circuit linéaire ou en spirale. Pendant le refroidissement, la pièce peut subir une déformation ou un gauchissement dû à une différence de vitesse de refroidissement suivant la partie du moule. Cette déformation peut être supprimée par une variation de température [15].

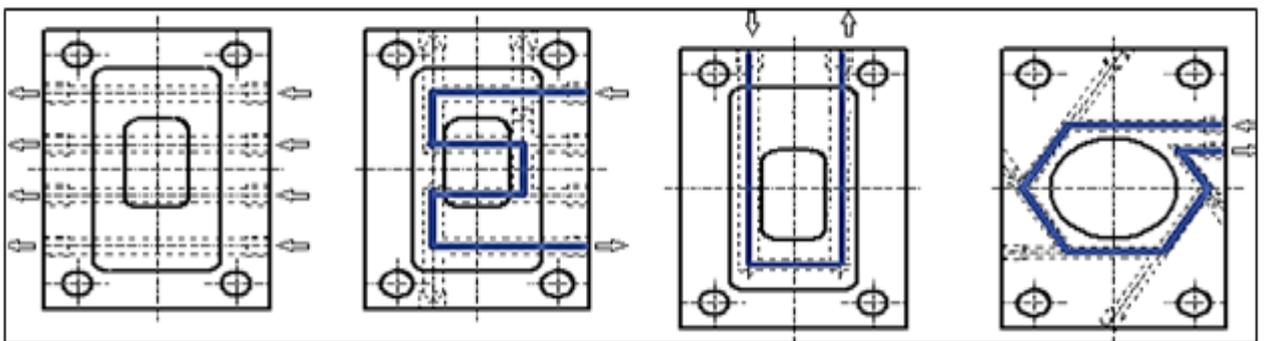


Figure III.24 : Circuit de refroidissement des plaques de moules

c. Temps de refroidissement

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

d. Temps de cycle

La durée du cycle est essentiellement liée à la nature de la matière injectée, à la

qualité des pièces à réaliser ainsi qu'aux vitesses de chauffe et de refroidissement.

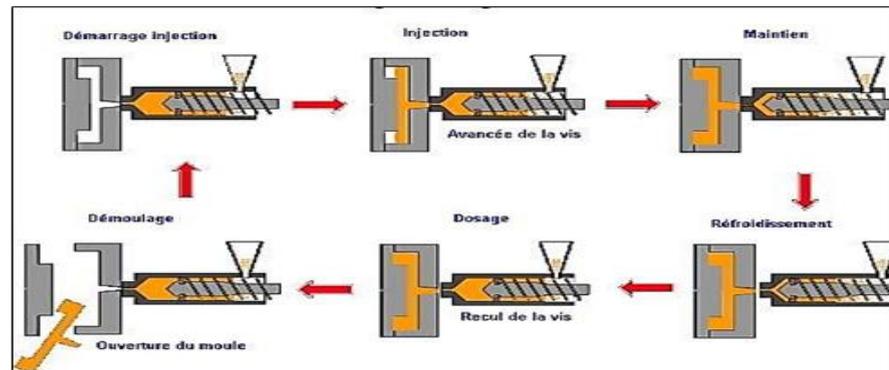


Figure III.25 : les temps de cycle.

III-5-4 Fonction éjection

La plupart des pièces réalisées par injection plastique restent dans le moule après son ouverture et ne sont pas évacuées sous l'effet de la gravité, sans la présence de système d'éjection, le plus usuel est constitué par de petites broche lisses appelées : éjecteurs.

- Types d'éjection

a. Ejection coté bloc mobile

Sous l'effet du retrait, les pièces moulées se contractent sur les formes moulantes en saillie. Les noyaux sont montés du côté de la partie mobile.

b. Ejection de contre-dépouille

Les contre-dépouilles sont placées de préférence du côté du bloc mobile. Les tiroirs animés d'un mouvement de translation sous l'action des doigts de démoulage dégagent les contre-dépouilles.

c. Ejection par dévêtis sage

Les pièces avec des encastremements profonds placés du coté mobile sont éjectées par une plaque de dévêtis sage. Le retrait peut bloquer la pièce dans le moule.

d. Ejection coté bloc axe

Suivant la position du point d'injection, l'éjection par plaque de devetissage peut être reportée sur la plaque fixe. Ce procédé est appelé également éjection inversée.

- Choix des éjecteurs

• Ejecteur latérale

Les dimensions des éjecteurs doivent être déterminées en fonction de la paroi et de la résistance de la matière :

- $e < 2,5$; éjecteur $\varnothing 3$

- $e = 3$; éjecteur $\varnothing 5$
- $e = 3$; éjecteur $\varnothing 10$

- **Ejecteur a lame**

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

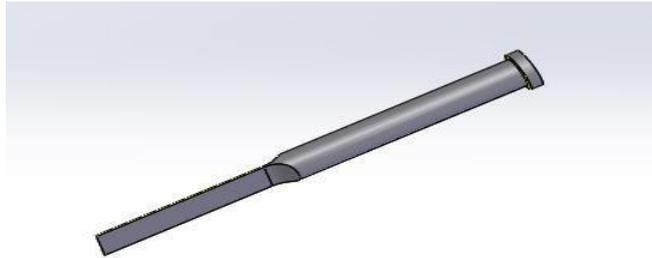


Figure III.26 : Ejecteur à lame

- **Ejecteur tubulaire**

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

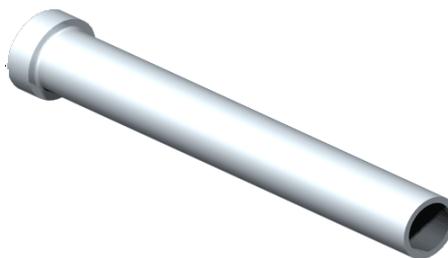


Figure III.27 : Ejecteur tubulaire

- **Ejecteurs cylindriques**

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

- **Ejecteur plaque**

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

- **Ejection des carottes**

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

L'ouverture du moule ne doit pas exiger d'efforts important. L'éjection de la Pièce ou de la grappe doit être réalisée avec le minimum d'efforts.

III-5-5 Fonctions auxiliaires

a. Semelle partie fixe

Elle assure la liaison entre le moule et la partie fixe de la presse, elle permet la fixation de :

- La plaque porte empreinte fixe ;
- La bague de centrage ;
- La Colonne de guidage ;
- La buse d'injection.

b. Plaque porte empreinte partie fixe

Elle assure la liaison avec la semelle partie fixe et sert d'un support à l'empreinte.

c. Plaque porte empreinte partie mobile

Elle sert d'un support à l'empreinte partie mobile.

d. Tasseaux

Leur rôle est de relier la plaque d'appui à la semelle partie mobile, cela a pour objectif de :

- Permettre la transmission du mouvement de cette dernière jusque à la plaque porte empreinte mobile.
- Assurer la rigidité de la plaque porte empreinte.
- Dégager un espace permettant le mouvement de la batterie d'éjection : la course d'éjection.

e. Plaque éjectrice

Elle sert de support à l'ensemble des éjecteurs.

f. Contre plaque éjectrice

- Elle assure la rigidité de la plaque porte éjecteurs ;
- Elle assure la transmission du mouvement de la commande d'éjection à la plaque porte éjecteurs ;
- Elle assure la liaison avec la semelle partie mobile à travers le plot de fixation.

g. Semelle partie mobile

- Elle assure la liaison entre le moule et la partie mobile de la presse ;
- Elle assure la fixation des tasseaux ;
- Elle assure le passage de la commande d'éjection ;
- Elle supporte les éléments de guidage (douilles) :

h. Colonnes de guidage

Elle assure le guidage en alignement entre :

- La semelle fixe ;
- La plaque porte empreinte fixe ;
- La plaque porte empreinte mobile ;

i. Bagues de guidage

Elles assurent l’alignement entre :

- La plaque porte empreinte mobile ;
- La plaque porte empreinte fixe ;
- La plaque d’appui tasseau.

III-6 Matériaux utilisés pour la fabrication des moules

Le tableau suivant regroupe les différents matériaux constitutifs du moule

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

Tableau III.6 : Classification des métaux pour la construction des moules

III-7 Conception Assistée par Ordinateur (CAO) [19]

III-7-1- Définition de la CAO

La conception assistée par ordinateur (CAO) comprend l'ensemble des logiciels et des techniques de modélisation géométrique permettant de concevoir, et de tester virtuellement des produits.

Lorsqu'un système est affecté d'un nombre trop grand de paramètres, il devient difficile de tout contrôler. La CAO permet de concevoir des systèmes dont la complexité dépasse la capacité de l'être humain, et d'apprécier globalement le Comportement de l'objet créé avant même que celui-ci n'existe. En CAO, on ne dessine pas, on construit virtuellement un objet capable de réagir dans son espace réel selon des lois régies par le logiciel. Le résultat, appelé maquette numérique qui constitue alors un véritable prototype évolutif.

Durant notre conception nous avons utilisé le logiciel de conception appelé « Solid Works »

III-7-2-Domaine de la CAO

Le développement rapide de la CAO a permis à presque tous les domaines de l'industrie d'en profiter des avantages que présente cette technique, parmi ces domaines on cite :

- Fabrication mécanique : conception des moules, usinage des pièces, outillage divers ;
- Domaine de la mécanique classique : simulation et calcul des matériaux, résistance des matériaux, vibration et acoustique ;
- Aéronautique : conception des coques d'avions, calculs d'écoulement et aérodynamique ;
- Automobiles et transports divers.

III-7-3-Avantages de la CAO

La CAO possède un nombre important d'avantages qui contribuent énormément à l'amélioration de l'industrie en général, de ce fait elle est devenue un élément essentiel. Parmi ces avantages :

- Gain de temps et productivité pour les équipes de conception avec l'utilisation de la modélisation solide ;
- Amélioration considérable de la qualité des produits du fait que la CAO permet de contrôler leurs qualités avant même leurs productions ;
- Diversification de la production, par la possibilité de conception des formes complexes ;
- Importance des échanges entre concepteurs et réalisateurs, du fait d'une définition beaucoup plus complète en CAO.

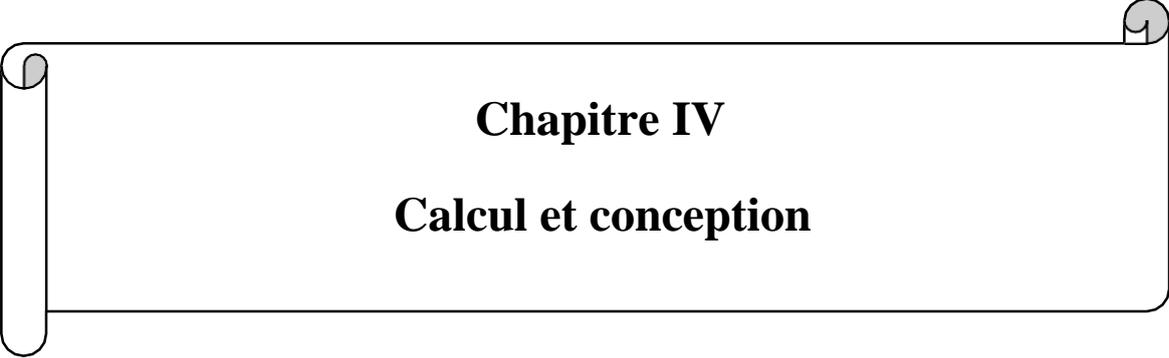
III-7-4- Logiciel de conception CAO : SolidWorks 2017

SW a été créé en 1993 et a été acheté en 1997 par la société Dassault Systèmes. Le logiciel **SW** de CAO "Conception Assistée par Ordinateur" également qualifié de logiciel de DAO "Dessin Assistée par Ordinateur" est une application de conception mécanique 3D paramétrique qui permet aux concepteurs d'esquisser rapidement des idées, d'expérimenter des fonctions et des cotes afin de produire des modèles et des mises en plan précises.

SW est assez intuitif. Modéliser une pièce est assez rapide contrairement à d'autres logiciels de CAO. La version utilisée dans mon travail est celle de 2017.

III-8- Conclusion

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



Chapitre IV
Calcul et conception

IV-1- Introduction

Ce chapitre est consacré à la conception de la pièce (une couverture pour la boîte de la lampe 202-079 d'un congélateur 1686 grands formats), déduire les éléments du moule, par la suite, la détermination des différents facteurs du choix de la presse, le calcul de résistance des différents composants du moule au matage dû à la force de fermeture de la machine et aussi la vérification des colonnes de guidage et les vis CHC au cisaillement.

IV-2- Présentation du projet

L'entreprise ENIEM possède des grands moyens matériels et humains, elle est dotée d'une grande compétence et expérience dans le domaine de la conception et la fabrication mécanique.

Le but du sujet est de concevoir et réaliser un moule à injection plastique, ainsi que son traitement sur le logiciel de conception et de fabrication (CAO).

Il s'agit de concevoir un moule multi empreintes, qui produira par cycle deux (02) pièces. Dans ce projet la conception est divisée en deux parties :

- La première partie : consiste à concevoir les modèles géométriques de la pièce ;
- La deuxième partie : La conception des éléments du moule.

IV-3- Cahier des charges

IV-3-1 Présentation de la pièce

Il s'agit d'une couverture pour la boîte de la lampe d'un congélateur horizontal **ENIEM**



Figure IV.1 : Une couverture pour la boîte de la lampe d'un congélateur horizontal.

IV-3-2 Les dimension géométrique de la pièce

Les dimensions de la pièce sont :

Longueur : 174,83 mm

Epaisseur : 2,01 mm

Largeur : 114,56 mm

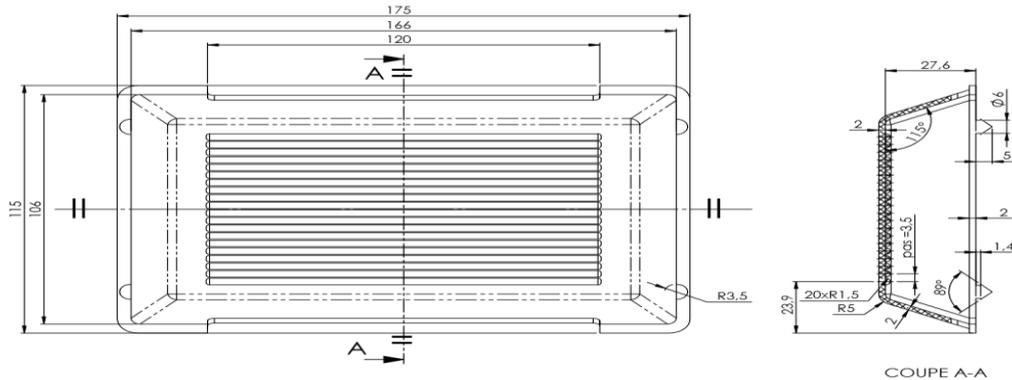


Figure IV.2 : Les dimensions géométrique de la pièce (voir la mise en plan)

IV-3-3 Le matériau proposé et ses caractéristiques

Le polystyrène (PS) a été choisi dans le cadre de ce projet. Ceci pour plusieurs raisons évoquées précédemment :

Son faible coût, sa large utilisation, son bon comportement tribologique et thermique.

Le PS représente les caractéristiques techniques suivantes

- La limite de traction suivant X : $T_i = 24 \text{ N/mm}^2$
- La température moyenne d'extraction : $T_e = 190 \text{ à } 250^\circ\text{C}$
- La conductivité thermique : $\lambda = 0.038 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- La diffusivité : $a = 8,36.10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$
- Le facteur de retrait : 0.2 à 0.8 %
- La masse volumique : $\rho = 1,060 \text{ g/cm}^3$

IV-4- Le choix de la presse [16]

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

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

IV-4-1- La capacité d'injection

Chaque presse a une capacité d'injection (voir le tableau IV.1); donc on choisit la machine en fonction du poids des pièces et de la carotte.

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

Tableau IV.1 : Capacité d'injection [17]

a- La masse de la pièce

La masse de notre pièce dépouillée est donnée directement dans les propriétés de la masse, du logiciel Solid Works.

$$M_p = 64.06 \text{ g}$$

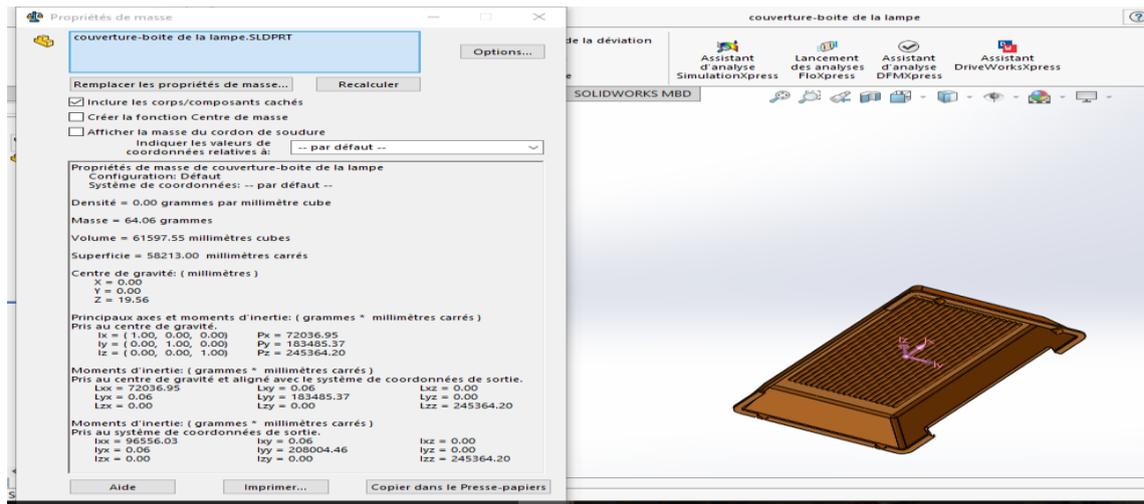


Figure IV.3 : La masse de la pièce.

b- La masse de la grappe

Puisque notre moule produit dans chaque cycle deux (02) pièces et une carotte donc la masse de la grappe est donnée par le logiciel SolidWorks.

$$M_{grappe} = 133.38 \text{ g}$$

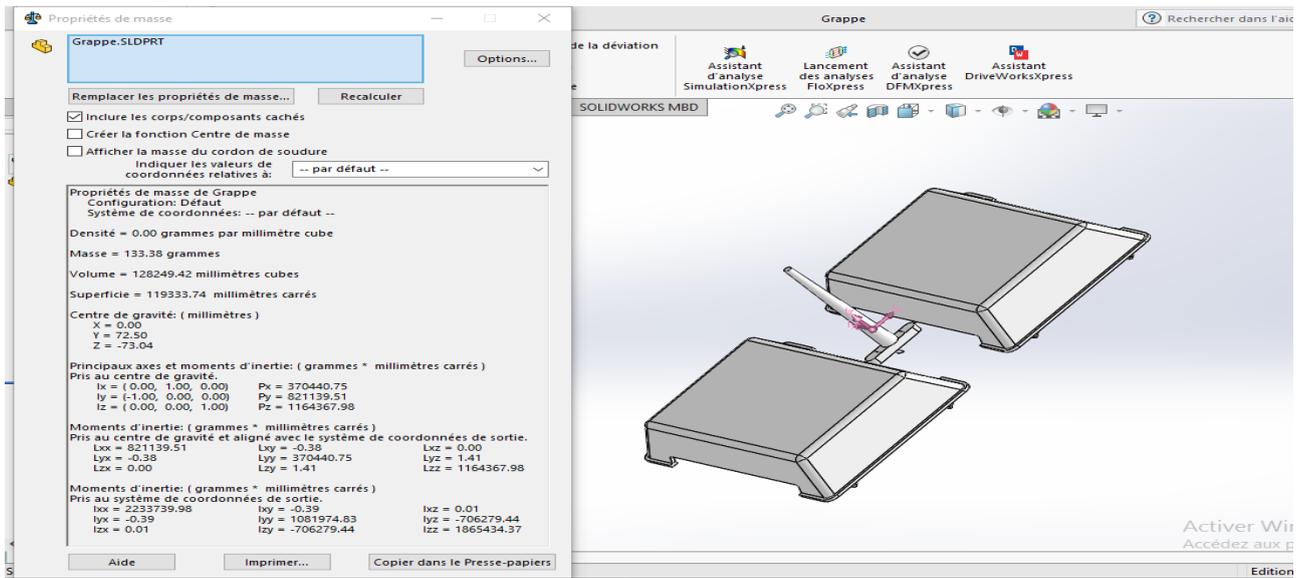


Figure IV.4 : La masse de la grappe.

c- La masse de la carotte

Le poids de cette carotte est :

$$M_c = M_g - M_p \times n$$

$$M_c = 133.38 - 64.02 \times 2$$

$$M_c = 5.26 \text{ g}$$

Avec :

M_c : La masse de la carotte

M_g : La masse de la grappe

M_p : La masse de la pièce

n : Le nombre de pièces à produire dans chaque cycle $n = 2$.

d- La masse de la moulée (M)

Calcul du nombre de cavités (n) du moule qui fait projet de notre étude.

$$n = \frac{c}{T \times H \times S}$$

Le client de l'ENIEM souhaite réaliser un taux de production de 450 000 /ans du cahier des charges :

- **T = 320 JOURS/AN**
- **H = 7H/Jour**
- **S = 120 Cycles/ heure**
- **C= 450 000 pièces/an**

AN:

$$n = \frac{450000}{320 \times 7 \times 120} = 1.674 \approx 2$$

$$n=2$$

A partir de notre résultat on constate qu'on peut réaliser deux empreintes.

Puisque notre moule produit dans chaque cycle deux (02) pièces et une carotte, donc la machine doit pouvoir injecter une quantité suffisante (M). Pour répondre aux conditions de service :

$$M = 2 * M_p + M_c$$

AN :

$$M = 2 * 64.06 + 5.26 = \mathbf{133.38 g}$$

La masse de la moulée est : **133.38 g**

D'après le tableau (IV.1), on constate que les presses qui peuvent assurer l'injection de cette quantité de matière sont : 150 T, 220 T, 350 T, 550 T.....

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

IV-4-2-La force de fermeture de la presse [17]

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/ cm²) ;

P : La pression moyenne d'injection, *P* = 0,5 (tonnes) [voir le tableau 10]. ;

S : La surface projetée (cm²); *S*= 108.6806 cm² × 2 =217.36 cm²

AN :

$$Fv = P.S$$

$$Fv = 0.4 \times (108.6806 \times 2)$$

$$Fv = 86.95 T$$

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

Tableau IV.2 : La pression d'injection (Tonnes/cm²)

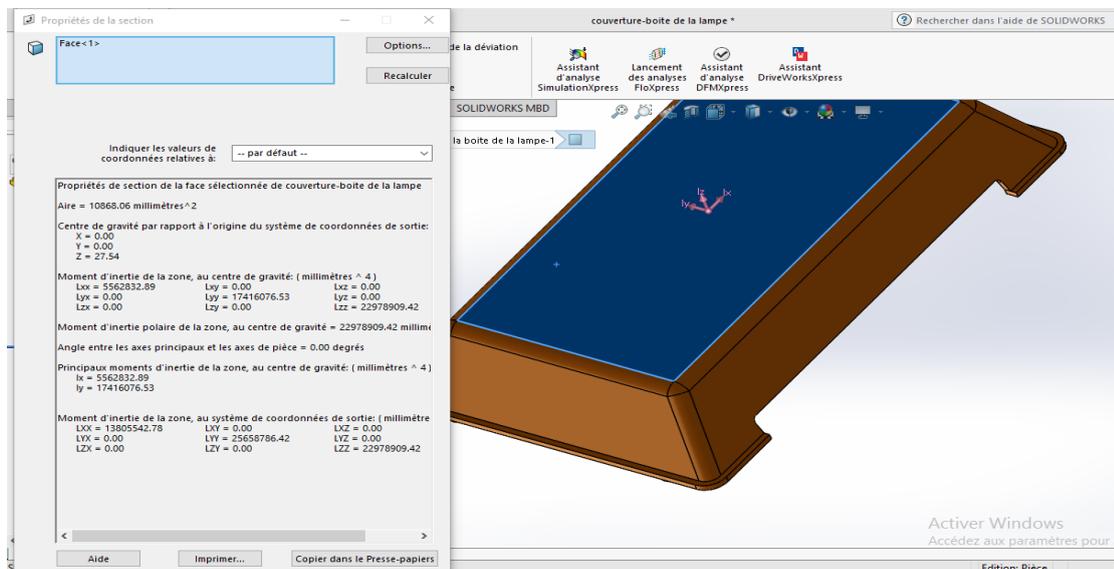


Figure IV.5 : La surface projetée de la pièce sur SolidWorks.

a- La force de fermeture :

$$F = Fv.K$$

Avec :

F : Force de fermeture du moule (T)

Fv : Force de verrouillage

K : Coefficient de sécurité $1.5 \leq K \leq 2$ (utilisé à l'ENIEM)

AN :

$$F = 86.95 \times 1.5 = 130.42 \text{ tonnes}$$

F=130.42 T

D'après les résultats obtenus de la capacité d'injection et la force de fermeture, notre choix se portera sur la presse de **150 T**.

IV-4-3- La Puissance de plastification (C)

Même si la machine **150T** peut injecter **133.38 g** de PS 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 **31 s** voir la page 72/73/74)

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

La masse de la grappe = poids de la moulée \times 3600 s

AN :

$$C = \frac{133.38 \times 10^{-3} \times 3600}{31} = 15.49 \text{ Kg/h}$$

C =15.49 Kg/h

Cette condition est vérifiée puisque notre machine plastifie 70 kg/h (voir les caractéristiques de la presse dans le tableau **IV.3**)

IV-4-4- La distance entre colonnes [18]

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 330 mm,
- Hauteur 360 mm

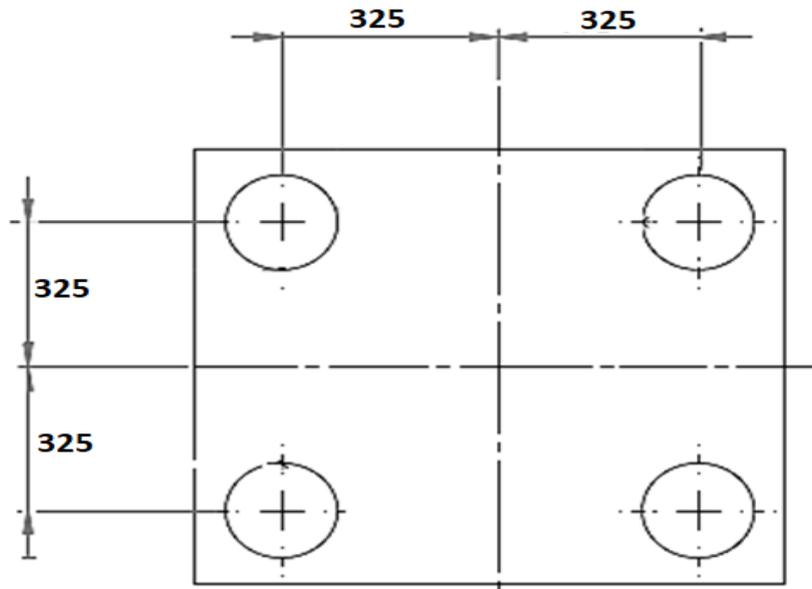


Figure IV.6 : Schéma d'un plateau d'une presse 150T.

IV.4.5. Épaisseur minimale du moule [18]

Les caractéristiques dimensionnelles de la presse 150T sont :

- La distance entre plateaux 850 mm,
- La course maximale du piston 660 mm

À partir de là, on voit que l'épaisseur minimale du moule doit être supérieure à 190 mm [notre moule a une épaisseur de 267 mm].

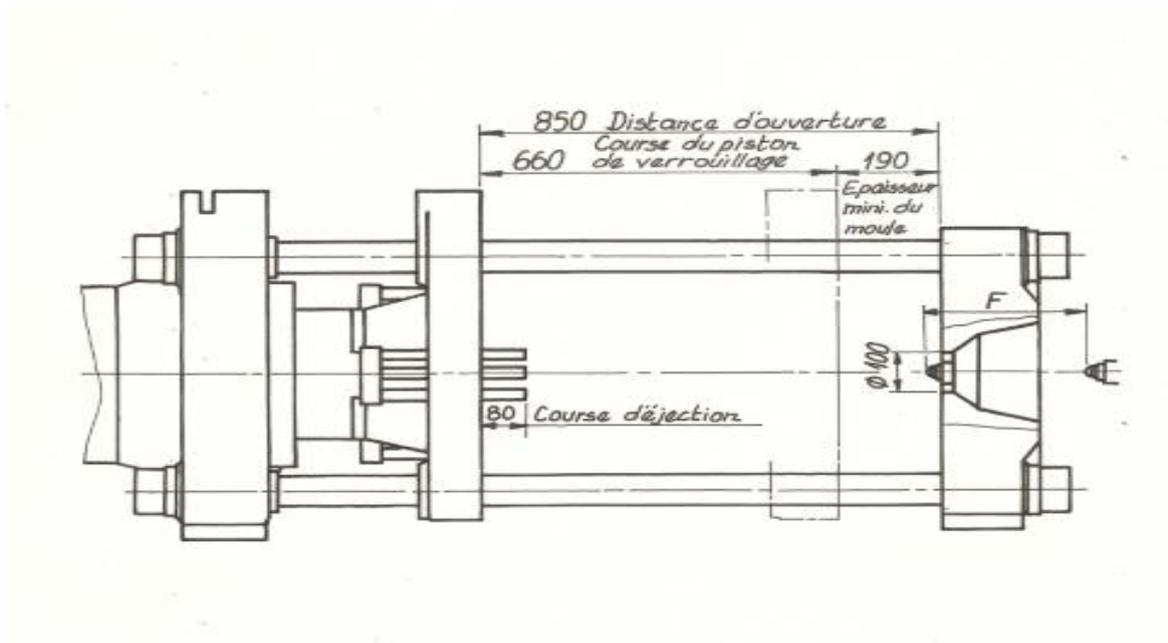


Figure IV.7 : Caractéristiques dimensionnelles de la presse 150T.

IV-4-6- Caractéristiques techniques de la Presse 150 T i3

Symbole d'injection	i 3
Symbole du cylindre	A
Pression d'injection	1850 Kg/ cm ²
Taux d'injection	140 cm ² /sec
Quantité d'injection	PS 150g
	PE 120g
Diamètre de la vis	36mm
Puissance de plastification (PS)	70Kg /h
Puissance de serrage	150Tonnes
Puissance d'ouverture	9.4 Tonnes
Vitesse Maxe de rotation de la vis	350 tr. min
Intervalle des tirants	510 510 mm
Dimensions de la plaque matrice	730 730 mm
Course de serrage	660 mm
Epaisseur mini du moule	190 mm
Ouverture	850 mm
Puissance de foulage(Hydraulique)	4.6 Tonnes
Course de foulage	80 mm
Quantité d'huile d'usage	670 litres
Moteur destiné à la pompe	22 KW
Capacité du réchauffeur	6.1 KW
Dimension de la machine(L.I.H)	5,4 1,4 2,2 m
Poids de la presse	7 Tonnes
Tableau IV.3 : Caractéristique technique de la presse 150T i3.	

IV-5-Le bilan thermique

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

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

- **Remarque**

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

IV-5-1- Principe de refroidissement

Les réfrigérants tel que l'eau, l'huile et l'air circulent dans des circuits refroidissements.

Le refroidissement par air est assez lent, c'est pour cette raison qu'on choisit l'eau. Et puisque la température du moule est toujours en fonction de la matière plastique moulée, voicile tableau qui illustre ces différentes températures.

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

Tableau IV.4 : Les températures réglées.

IV-5-2- Temps de refroidissement

Le temps de refroidissement est déterminé par la relation ci-dessous [14] :

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

Avec :

e : épaisseur moyenne de la pièce; e = 2,01 mm

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

T_i : température d'injection; T_i = 225°

T_e : température d'éjection ; T_e = 70°C

T_m : température du moule; T_m = 50C

Grandeurs thermiques permettant le calcul du temps de refroidissement des pièces injectées				
T_d		température moyenne d'extraction		
λ		conductivité thermique		
a		coefficient de diffusion thermique (ou diffusivité)		
Matière injectée		T _d (°C)	λ (W · m ⁻¹ · K ⁻¹)	a (10 ⁻⁸ m ² · s ⁻¹)
Cellulosiques	CA.....	80 à 105	0,22	
	CAB	80 à 105	0,21	
	CP	80 à 105	0,22	
Polystyréniques	PS	75	0,16	8,3
	SB.....	75	0,17	8,3
	SAN	90	0,16	8,3
	ABS	100 à 120	0,16	8,3

Tableau IV.5 : Grandeurs thermiques de quelques matières de pièces injectées.

AN :

$$t_r = \frac{2.01^2 \times 10^{-6}}{3.14^2 \times 8.3 \times 10^{-8}} \ln \left[\frac{8}{3.14^2} \left(\frac{225-50}{70-50} \right) \right] \approx 9.67 \text{ s} = 10 \text{ s}$$

$$t_r = 10 \text{ s}$$

IV-5-3- Le temps de cycle

Le temps de cycle (t_c) d'une presse d'injection ne se résume pas uniquement au temps de refroidissement de la pièce moulée, mais il est composé de :

- t_r : temps de refroidissement (10s) ;
- t_i : temps d'injection (3s) (résultat donné par le logiciel SW) ;
- t_m : temps de maintien (5s) ;
- t_e : temps d'éjection (5s) (résultat donné par le logiciel SW) ;
- t_o : temps d'ouverture (4s) ;
- t_f : temps de fermeture (4s) ;

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 $t_o = 4\text{s}$.

Le temps de fermeture $t_f = 4\text{s}$.

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

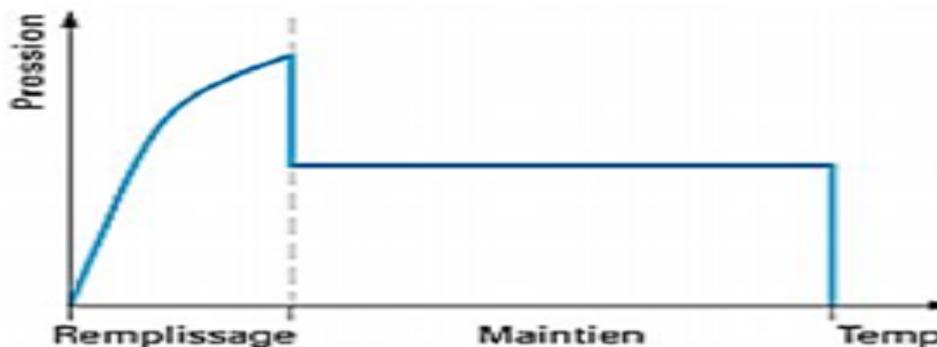


Figure IV.8 : Variation de la pression /temps.

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

Tableau IV.6: Conditions de moulage par injection plastique [16].

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

$$Tc = \sum tr + ti + tm + te + to + tf$$

AN : $tc = 10 + 3 + 5 + 5 + 4 + 4 = 31 s$

IV-5-4- Calcul de la quantité de chaleur évacuée [19]

$$Q = M.N (Hi - He)$$

Avec :

N : nombre de cycles de refroidissement horaire ;= 3600 *tc*

M : poids de la moulée en Kg

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

$T_i=225^\circ C \longrightarrow H_i=88 \text{ Kcal/Kg}$

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

$$Q = \frac{3600}{31} \times 133,38 \cdot 10^{-3} (88 - 28) = 929.35 \text{ Kcal/h}$$

$$Q = 929.35 \text{ Kcal/h}$$

Cette quantité de chaleur (Q) doit être absorbée par le caloporteur

IV.6. Résistance des matériaux

L'objet de cette partie concerne l'étude de la résistance des pièces sollicitées mécaniquement.

IV-6-1- Les pièces constituant le moule

Les pièces constituant le moule et leur matière sont donnés dans le tableau suivant :

Les pièces	Les matières
Plaque éjectrice	E24
Contre plaque éjectrice	E24
Semelle fixe	E24
Porte empreinte fixe	E24
Porte empreinte mobile	E24
Empreinte mobile	X19N,CrMo4
Empreinte fixe	X19N,CrMo4
Les tasseaux	E24
Semelle mobile	E24
Tableau IV.7 : Pièces constituant le moule.	

IV-6-2- Résistance des éléments constituant le moule au matage dû à la force de fermeture du moule

La force de fermeture d’une presse 150 tonnes égales :
 (150 T = 150 000 Kg = 1 500 000 N)

$$1\text{Kg.F} \longrightarrow 10\text{N}$$

Donc la force de fermeture du moule est de $F = 1\,500\,000\text{ N}$.

Condition de résistance au matage

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

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

R_e : résistance limite à la traction pour les aciers non alliés ($R_e = 370\text{ N/mm}^2$).

s : coefficient de sécurité ($s = 2$).

$S = L \times E$ avec L et E sont respectivement la longueur et la largeur d’élément soumis décrivant la surface matée.

AN :

$$R_{pe} = \frac{370}{2} = 185\text{ N/mm}^2$$

A- Partie fixe

➤ **Porte empreinte fixe**

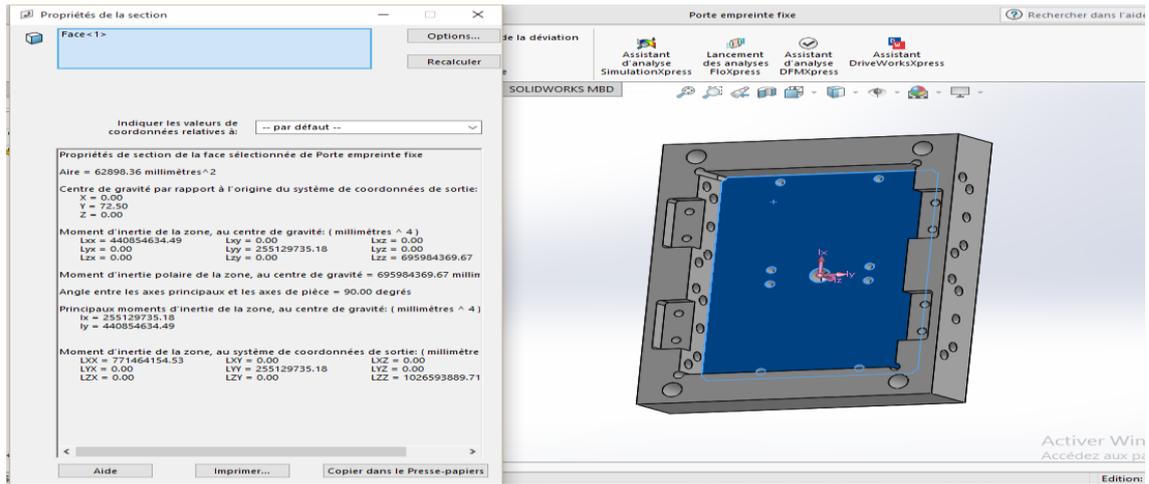


Figure IV.9 : Surface de la porte empreinte fixe soumise au matage donnée par SolidWorks.

La surface soumise au matage est $S= 62898.36 \text{ mm}^2$

AN :

$$\sigma e = \frac{F}{S} = \frac{150 \times 10^4}{62898.36}$$

$$\sigma e = 23.84 \text{ N/mm}^2 < R_{pe}$$

Puisque la condition est vérifiée la porte empreinte fixe résistera au matage.

➤ **La semelle fixe**

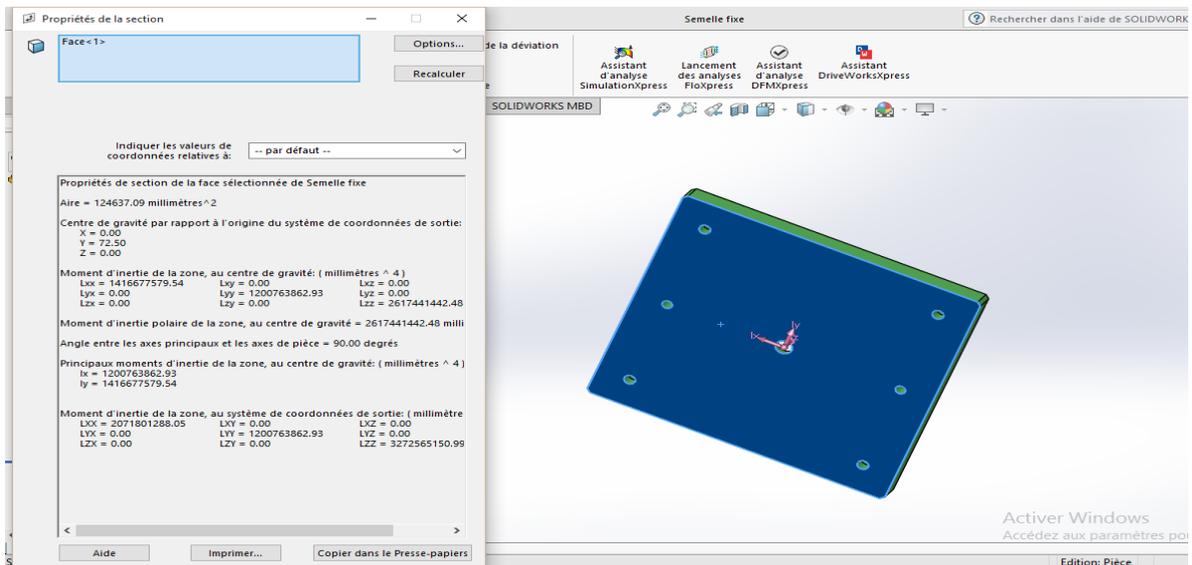


Figure IV.10 : Surface de la semelle fixe soumise au matage donnée par SolidWorks.

La surface soumise au matage est $S= 124637.09 \text{ mm}^2$

AN :

$$\sigma e = \frac{F}{S} = \frac{150 \times 10^4}{124637.09}$$

$$\sigma_e = 12.72 \text{ N/mm}^2 < R_{pe}$$

Donc la condition est vérifiée.

B- Partie mobile

➤ Porte empreinte mobile

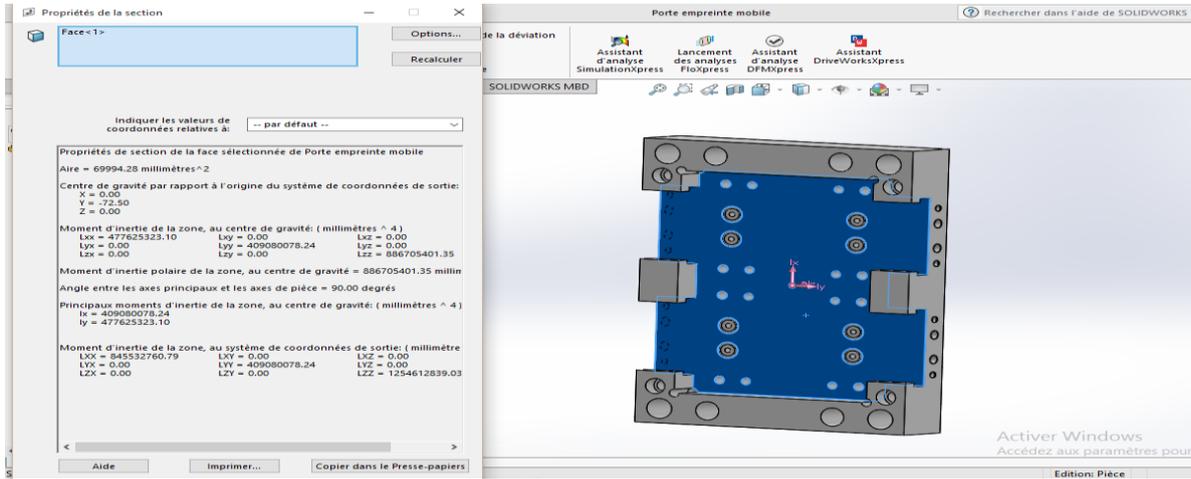


Figure IV.11 : Surface de la porte empreinte mobile soumise au matage donnée par SolidWorks.

La surface soumise au matage est $S = 69994.28 \text{ mm}^2$

AN :

$$\sigma_e = \frac{F}{S} = \frac{150 \times 10^4}{69994.28}$$

$$\sigma_e = 21.43 \text{ N/mm}^2 < R_{pe}$$

Donc la condition est vérifiée.

➤ La semelle mobile

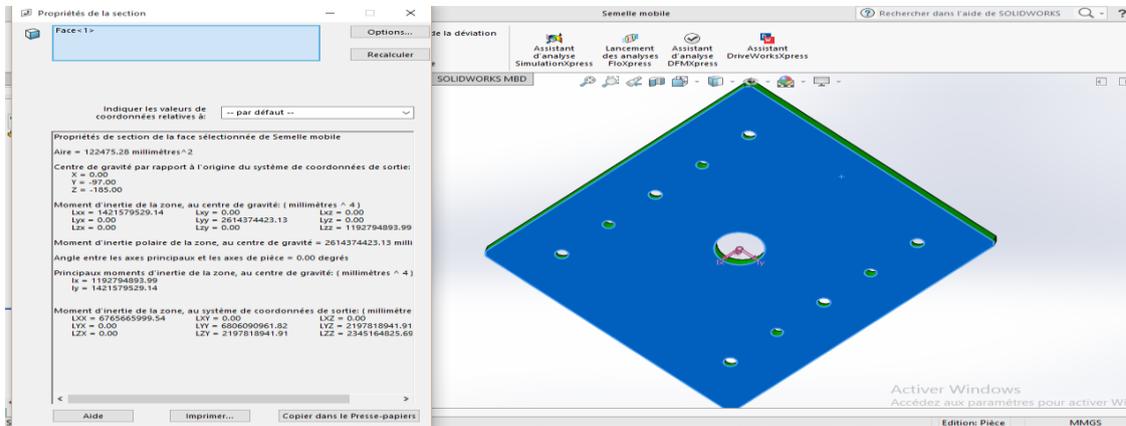


Figure IV.12 : Surface de la semelle mobile soumise au matage donnée par SolidWorks.

La surface soumise au matage est $S = 122475.28 \text{ mm}^2$

AN :

$$\sigma_e = \frac{F}{S} = \frac{150 \times 10^4}{122475.28}$$

$$\sigma_e = 12.24 \text{ N/mm}^2 < R_{pe}$$

Donc la condition est vérifiée

➤ Les tasseaux

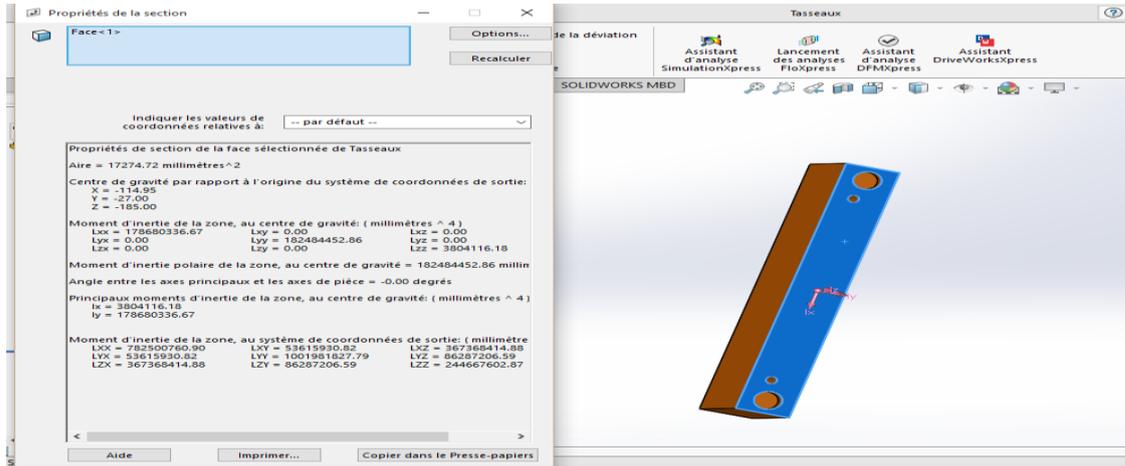


Figure IV.13 : Surface des tasseaux soumise au matage donnée par SolidWorks.

La surface soumise au matage est $S = 17274.72 \text{ mm}^2 \times 2 = 34549.44 \text{ mm}^2$

AN :

$$\sigma_e = \frac{F}{S} = \frac{150 \times 10^4}{34549.44}$$

$$\sigma_e = 43.42 \text{ N/mm}^2 < R_{pe}$$

Donc la condition est vérifiée.

IV-6-3- Vérifications des éléments de guidage et de fixation aux efforts de cisaillement

➤ Résistances des colonnes de guidage au cisaillement

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

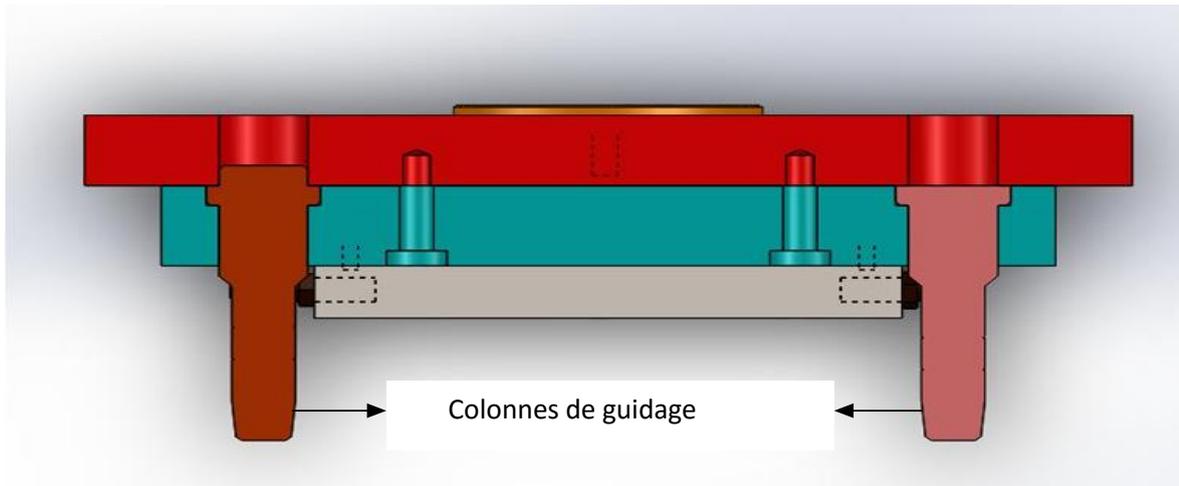


Figure IV.14 : position de colonne de guidage

Condition de résistance :

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

$$[\tau]_{cis} = \frac{\sigma_e}{K} \times 0.8$$

$$[\tau]_{cis} = \frac{1350}{2} \times 0.8 = 540 \text{ N/mm}^2$$

Avec :

σ_e : limite élastique du matériau ; $\sigma_e=1350 \text{ N/mm}^2$

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

F : effort normal (poids de la partie fixe), $[10796.29 \times 10^{-3} \text{ Kg} = 10,796 \times 10 \text{ N}] F=107.96 \text{ N}$

S : section de la colonne $S = \frac{\pi \times d^2}{4}$

n : le nombre de sections cisailées. $n=4$

d : le diamètre de la colonne. $D= 20 \text{ m}$

AN :

$$S = \frac{3.14 \times 20^2}{4} = 314 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{107.96}{314 \times 4} = 0.086 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} < [\tau]_{cis}$$

Donc la condition est vérifiée.

➤ **Vérification des colonnes de rappel de la batterie d'éjection au cisaillement**

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

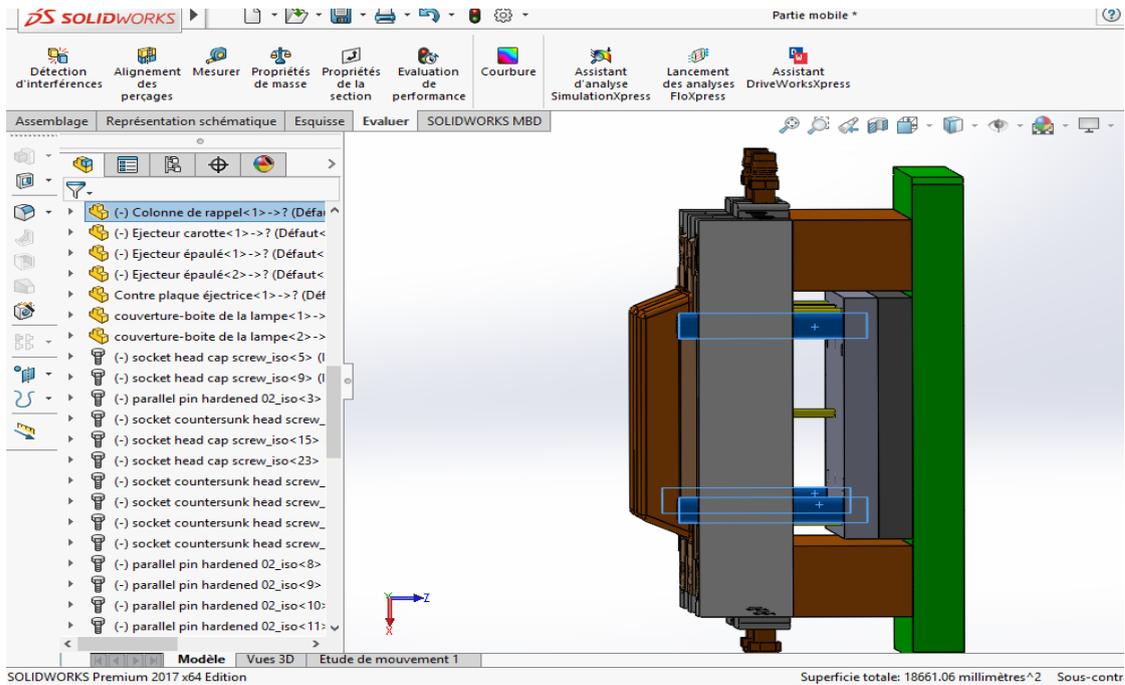


Figure IV.15 : colonne de rappel.

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

Avec:

F : poids de la batterie éjectrice F= 24,48 N

n : le nombre de sections cisailées ; n=4

d: diamètre de la colonne ; d=18 mm

S : section cisailée.

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

AN :

$$S = \frac{3.14 \times 18^2}{4} = 254.34 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{24.48}{254.34 \times 4} = 0.024 \text{ N/mm}^2 < [\tau]_{cis}$$

Donc la condition est vérifiée.

➤ **Vérification des doigts de démoulage de la partie fixe au cisaillement**

Les doigts de démoulage de la partie fixe sont soumis au cisaillement causé par le poids de la partie fixe.

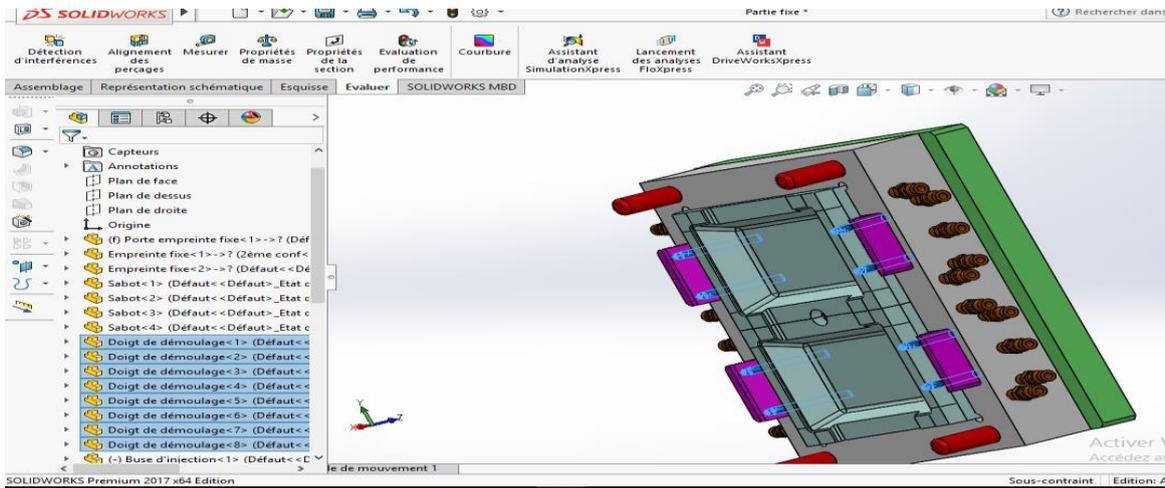


Figure IV.16 : les doigts de démoulage.

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

Avec:

F : poids de la batterie éjectrice F= 107,62 N

n : le nombre de sections cisillées ; n=8

d : diamètre de doigt ; d=8 mm

S : section cisillée.

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

AN :

$$S = \frac{3.14 \times 8^2}{4} = 50.24 \text{ mm}^2$$

$$\tau = \frac{26.4588}{50.24 \times 8} = 0.065 \text{ N/mm}^2 < [\tau]_{cis}$$

Donc la condition est vérifiée.

- Résistance des 16 vis CHC M8 au cisaillement dû au poids de l’empreinte fixe et porte empreinte fixe



Figure IV.17 : vis CHC M8

Condition de résistance au cisaillement :

$$[\tau] = [\tau]_{\text{cis}}$$

$$R_{pg} = \frac{R_{eg}}{2s'} = \frac{335}{2 \times 2} = 83.75$$

Résistance élastique au cisaillement : R_{eg} [MPa]

Résistance pratique au cisaillement : R_{pg} [MPa]

Facteur de sécurité : $s' = 2$

Section d'une vis : S_{v1}

P_1 : la charge totale supportée par les 16 vis

AN :

$$\tau = \frac{P_1}{S_v} \leq R_{pg} = 83.75 \text{ N/mm}^2$$

$$S_{v1} = \frac{\pi d v^2}{4} = 50.24 \text{ mm}^2$$

$$P_1 = 50.41 \text{ N}$$

$$\tau = \frac{50.41}{16 \times 50.24} = 0.062 < 83.75$$

$$\tau = 0.062 \text{ N/mm}^2$$

$\tau < R_{pg}$ Donc les 16 vis résistent largement

➤ **Résistance des vis M12 au cisaillement dû au poids des tasseaux et porte empreinte mobile**

Les 4 vis de diamètre $d=12$ mm, sont soumises à la charge P_2 du poids de l'ensemble des pièces suivantes : Tasseaux, porte empreinte.

AN :

$$R_{pg} = \frac{R_{eg}}{2s'} = \frac{335}{2 \times 2} = 83.75 \text{ N/mm}^2$$

$$\tau = \frac{P_2}{S_v} \leq R_{pg} = 83.75 \text{ N/mm}^2$$

$$S_{v2} = \frac{\pi d v^2}{4} = 113.04 \text{ mm}^2$$

$$P_2 = 58.36$$

$$\tau = \frac{58.36}{4 \times 113.04} = 0.13 < 83.75$$

$$\tau = 0.13 \text{ N/mm}^2$$

$\tau < R_{pg}$ Donc les 4 vis résistent largement

➤ **Résistance des vis M12 au cisaillement dû au poids des tasseaux et semelle mobile**

Les 6 vis de diamètre d=12 mm, sont soumises à la charge P3 du poids de l'ensemble des pièces suivantes : Tasseaux, semelle.



Figure IV.18 : vise CHC M12

AN :

$$\tau = \frac{P_3}{S_v} \leq R_{pg}$$

$$R_{pg} = \frac{Reg}{2s'} = \frac{335}{2 \times 2} = 83.75 \text{ N/mm}^2$$

$$S_{v3} = \frac{\pi d^2}{4} = 113.04 \text{ mm}^2$$

$$P_3 = 62.02 \text{ N}$$

$$\tau = \frac{62.02}{6 \times 113.04} = 0.091 < 83.75$$

$$\tau = 0.091 \text{ N/mm}^2$$

$\tau < R_{pg}$ Donc les 6 vis résistent largement

IV-7- Conception les éléments de notre moule [20]

IV-7-1 Choix de moules

La pièce étudiée comporte des formes présentes des contre-dépouille c'est pour cela on choisit les moules à tiroir qui forment des solutions particulières qui permettent d'injecter facilement notre pièce

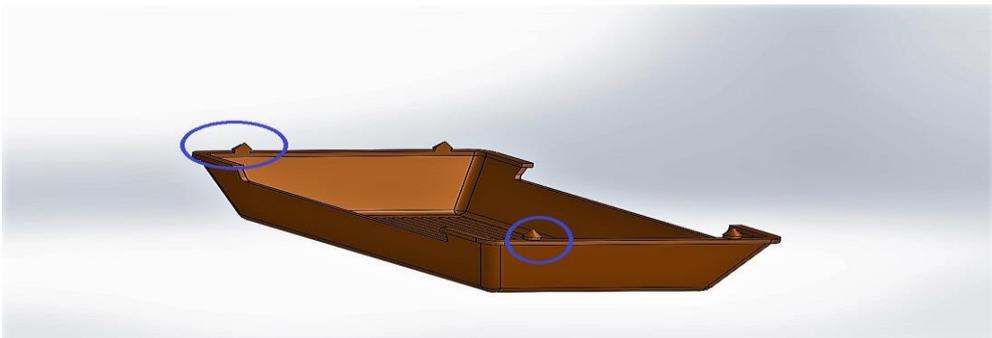
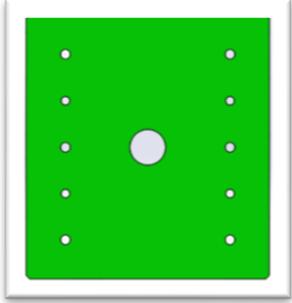
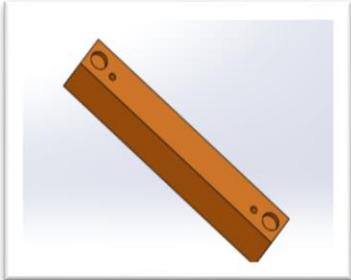
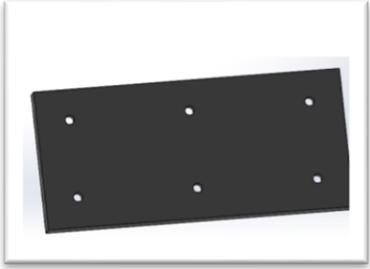
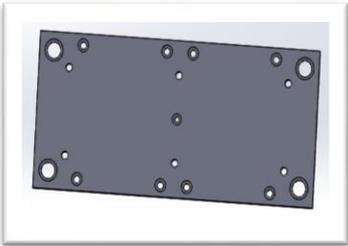
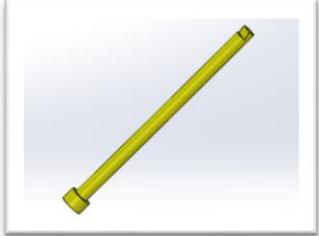
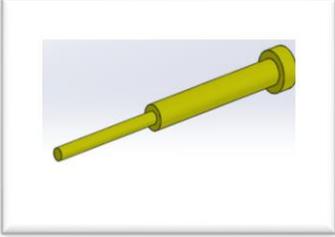
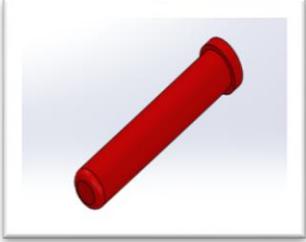
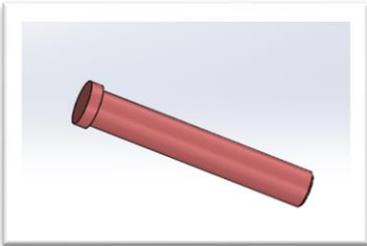
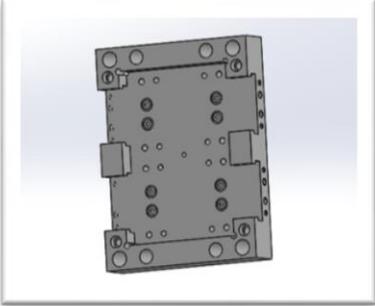
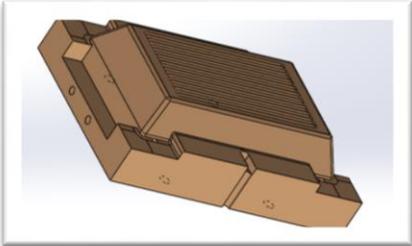
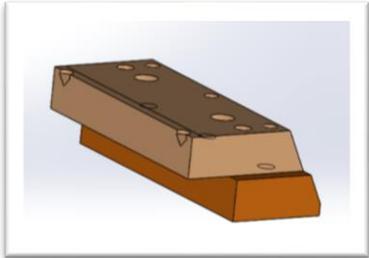
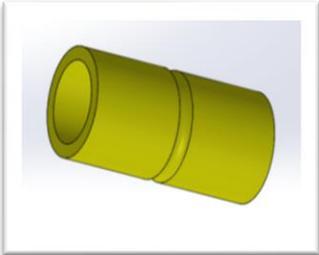


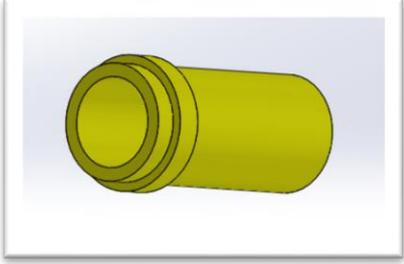
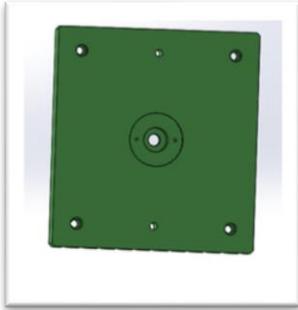
Figure IV.19 : Le démoulage de détail A avec le tiroir

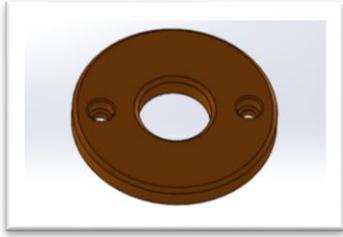
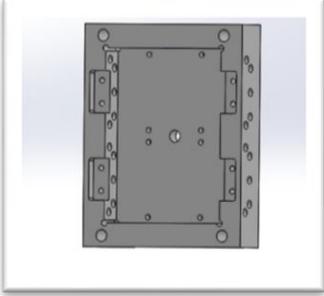
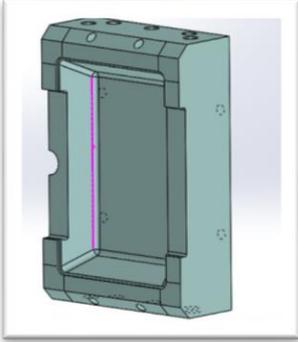
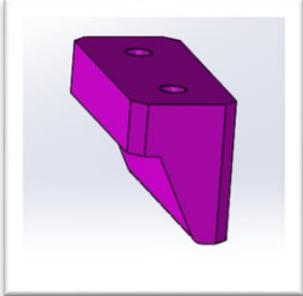
IV-7-2 Le rôle des éléments de notre moule

<p>Semelle mobile</p>	<p>Permet le blocage en translation de la batterie d'éjection, permet le bridage du moule sur le plateau mobile, permet également la fixation des tasseaux.</p>	
<p>Tasseaux</p>	<p>Permet d'obtenir une course optimum de la batterie d'éjection.</p>	
<p>Contre plaque ejectrice</p>	<p>Permet le blocage en translation de la batterie d'éjection, permet le bridage du moule sur le plateau mobile, permet également la fixation des tasseaux.</p>	
<p>Plaque éjectrice</p>	<p>Permet la translation des arraches carottes, remise à zéro et éjecteurs. Est composé de la plaque porte éjecteurs et de la contre plaque d'éjection</p>	
<p>Ejecteur arrache carotte</p>	<p>Permet l'extraction de lacarotte, ainsi lors de l'ouverture, la moulée ne reste pas bloqué dans la PF.</p>	

<p>Ejecteur épaulé</p>	<p>Permet d'éjecter la pièce quand le moule est ouvert.</p>	
<p>Colonne de guidage</p>	<p>Permet de guider la partie mobile (PM) sur la partie fixe (PF) pour aligner parfaitement l'empreinte</p>	
<p>colonne de rappel</p>	<p>Permet de remettre la batterie d'éjection à sa place.</p>	
<p>Porte empreinte mobile</p>	<p>Permet la fixation des colonnes de guidage, contient le circuit de régulation.</p>	
<p>Empreinte mobile</p>	<p>La fonction mise en forme : appelée aussi fonction empreinte elle permet de donner la forme à la matière injecter pour obtenir une pièce conforme au cahier des charges mais surtout une pièce qui soit démoulable sans problème. C'est la fonction principale du moule</p>	

<p>Vis de fixations</p>	<p>Permet de fixer les différentes pièces de moule.</p>	
<p>tiroir</p>	<p>Les tiroirs créent des formes sur les côtés de la pièce dans le moule fermé, puis s'écartent automatiquement pour permettre le retrait de la moitié A du moule au moment de l'ouverture et l'éjection de la pièce hors de la moitié B.</p>	
<p>Bague de guidage D24</p>	<p>Permet le guidage des colonnes de rappel</p>	

<p>Bague de guidage D26</p>	<p>Permet le guidage des colonnes de guidages.</p>	
<p>Plaque fin de cours</p>	<p>Limite la cours de tiroir</p>	
<p>Tetine V03</p>	<p>permet de régler le moule avec de l'eau (le refroidissement).</p>	
<p>Semelle fixe</p>	<p>Permet de fixer la rondelle de centrage, la buse moule et les bagues de guidage, ainsi que le bridage.</p>	
<p>Buse d'injection</p>	<p>Permet le passage de la matière du fourreau vers l'empreinte.</p>	

<p>Couronne de centrage</p>	<p>Permet le centrage du moule sur les plateaux de la machine (presse), dans le but de centrer la buse moule à la buse machine.</p>	
<p>Porte empreinte fixe</p>	<p>Permet la fixation de la bague de guidage, contient le circuit de régulation de température.</p>	
<p>Empreinte fixe</p>	<p>La fonction mise en forme : appelée aussi fonction empreinte elle permet de donner la forme à la matière injecter pour obtenir une pièce conforme au cahier des charges mais surtout une pièce qui soit démoulable sans problème. C'est la fonction principale du moule</p>	
<p>Sabot</p>	<p>Permet l'ouverture et la fermeture de tiroir</p>	
<p>Doigt de démoulage</p>	<p>Permet l'ouverture et la fermeture de tiroir pour l'éjection de la pièce</p>	

Le moule est composé de deux parties principales, une partie fixe pour l'injection de la matière et une partie mobile pour la fermeture du moule.

Quand le moule est fermé, la surface de contact entre ses deux parties est appelée plan de joint. C'est au niveau de ce plan de joint que la pièce devra se démouler. La difficulté est de définir physiquement sa position. Il n'est pas toujours plan et il peut avoir des formes complexes.

Pour ne pas laisser de traces sur la pièce moulée, les deux parties doivent s'emboîter parfaitement pour établir l'étanchéité lorsque le moule fermé est sous pression.

Le moulage par injection est généralement employé pour traiter les matériaux thermoplastiques, mais récemment des machines ont été développées pour injecter avec succès les matériaux thermodurcissables.

IV-8- Conclusion

Dans cette partie de travail, j'ai calculé et vérifié tous les paramètres du moule, à savoir, son dimensionnement, le circuit de refroidissement la vérification de résistance des différentes pièces intervenant dans l'ouverture et la fermeture du moule. Les calculs trouvés m'ont permis aussi de choisir la presse à utiliser pour l'obtention de la couverture pour la boîte de la lampe d'un congélateur horizontal ENIEM.



Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

La fabrication des pièces plastiques dans le domaine industriel par injection plastique, connu depuis longtemps, elle permet d'obtenir un produit en grande série et a des prix de revient abordables.

Le stage que j'ai effectué au niveau de l'ENIEM m'a permis d'élargir mes connaissances dans le domaine de la plasturgie et de comprendre la raison pour laquelle les matières plastiques occupent une place importante dans les différents secteurs industriels.

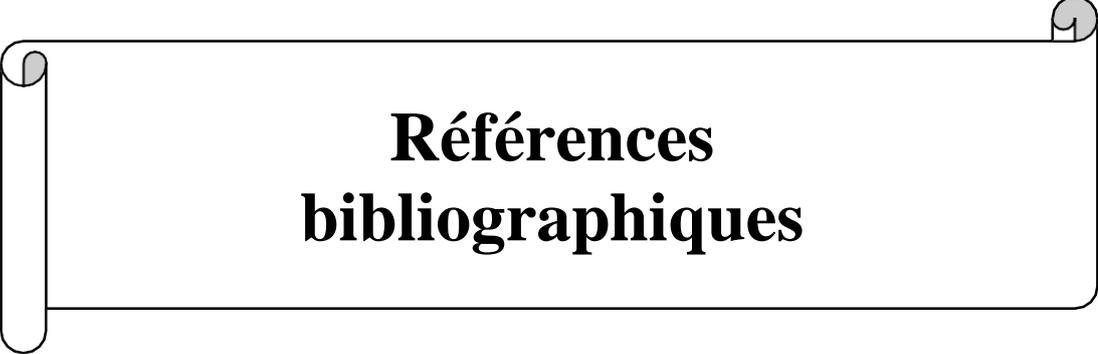
L'industrie, de nos jours, utilise souvent le procédé d'injection pour la transformation des polymères, car il permet la production en série des pièces avec une grande précision.

La réalisation du moule à injection plastique qui a fait l'objet de notre étude est basé sur la conception que nous souhaitent la plus simple et la plus adéquate.

L'étude en elle-même est réalisée par le logiciel de solidworks. Nous essayé de donner les informations utiles sur les polymères, leurs structures, leurs caractéristiques ainsi, que leurs comportements afin d'approfondir l'étude sur le procède d'injection des polymères.

Le logiciel solidworks nous a facilité la conception des pièces, l'obtention des empreintes et la conception de toutes les autres pièces du moule puis de faire le montage complet et une analyse des interfaces. Nous arrivé à élaborer une animation en 3D qui rend ma conception claire malgré sa complexité.

Enfin ce projet nous a permet d'approcher la réalité de monde du travail dans les grandes entreprises, et nous donné l'occasion de toucher à des domaines assez vastes de la construction mécanique.



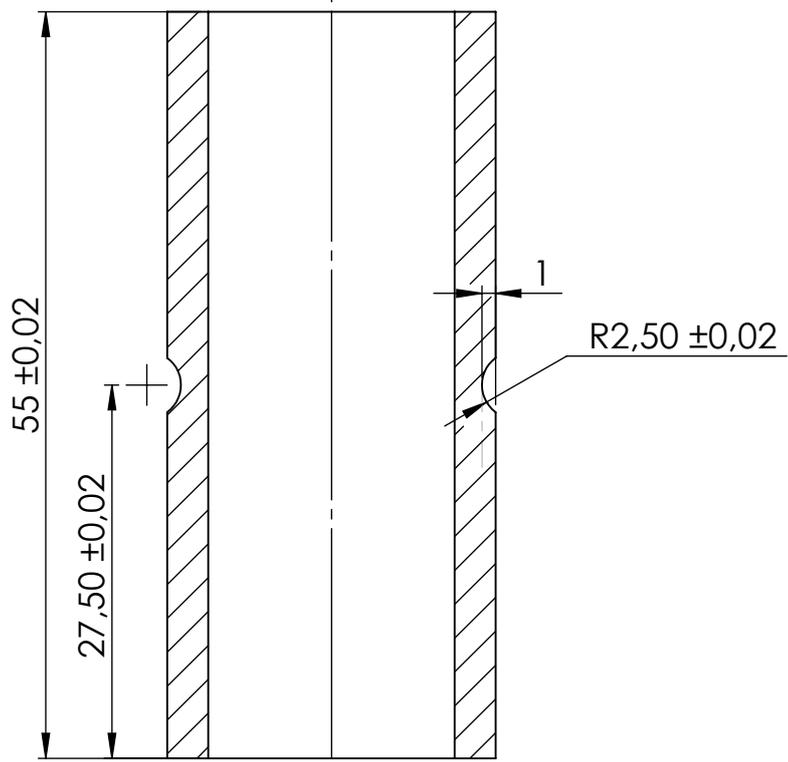
**Références
bibliographiques**

Références bibliographiques

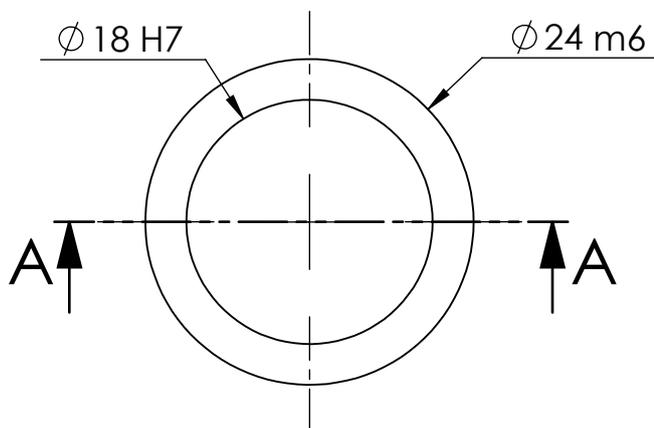
- [1] les plastiques dans notre vie collège de Monteil 2012
- [2] Origines plastiques de Jacky Aubry
- [3] les plastiques en débat ensemble scolaire Notre Dame 2010 2011
- [4] J.M. HAUDIN, matériaux pour l'ingénieur, chapitre XI : solidification « mise en forme des polymères thermoplastique »
- [5] : <https://www.hellocarbo.com> le recyclage du plastique : méthodes, chiffres et conseils à connaître.
- [6] procédé de fabrication plastique <http://www.plasturgie-cojema.com/>
- [7] procédé de l'injection <http://www.rose-plastic.fr/3515.html>
- [8] <http://www.valorplast.com/le-campus/collège/la-transformation/>
- [9] mémoire « procédure de conception d'un moule à injection plastique d'une multiprise électrique A3 » 2015/2016
- [10] H.H.kausch. Matériaux polymère, propriétés mécaniques et physiques
- [11] G. paquet. Guide de l'usinage, Delagrave(2000).
- [12] Ghoul S Glaied. T : Etude et conception d'un moule d'injection pour cheville institut supérieur des sciences Appliqués et de Technologie de Sousse promotion 2012
- [13] Jean BOST : Matière plastique : Edition : Tec et Doc, (I ET II)
- [14] : Conception de moule d'injection plastique .Auteur :Saada Bechir
- [15]: Etude, conception et réalisation d'un moule d'injection plastique/ mémoire d'ingénieur / Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Promotion 2010.
- [16] : LNE (Laboratoire national de métrologie et d'essais), Matières plastiques, emballages concernés 2008
- [17] : Mémoire « étude et conception d'un moule d'injection plastique d'un cache d'une boîte de dérivation » Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou 2018/2019.
- [18] : Documentation technique ENIEM.
- [19] : Initiation au transfert de chaleur, Edition : SACCADURA.
- [20] : RABOURDIN.



Mises en plans



COUPE A-A



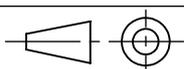
NOM-PRENOM /

RAMDANE BELKACEM

Qté : 04

Echelle 1.8 : 1

Désignation : Bague de guidage D24



DGM-FGC-UMMTO

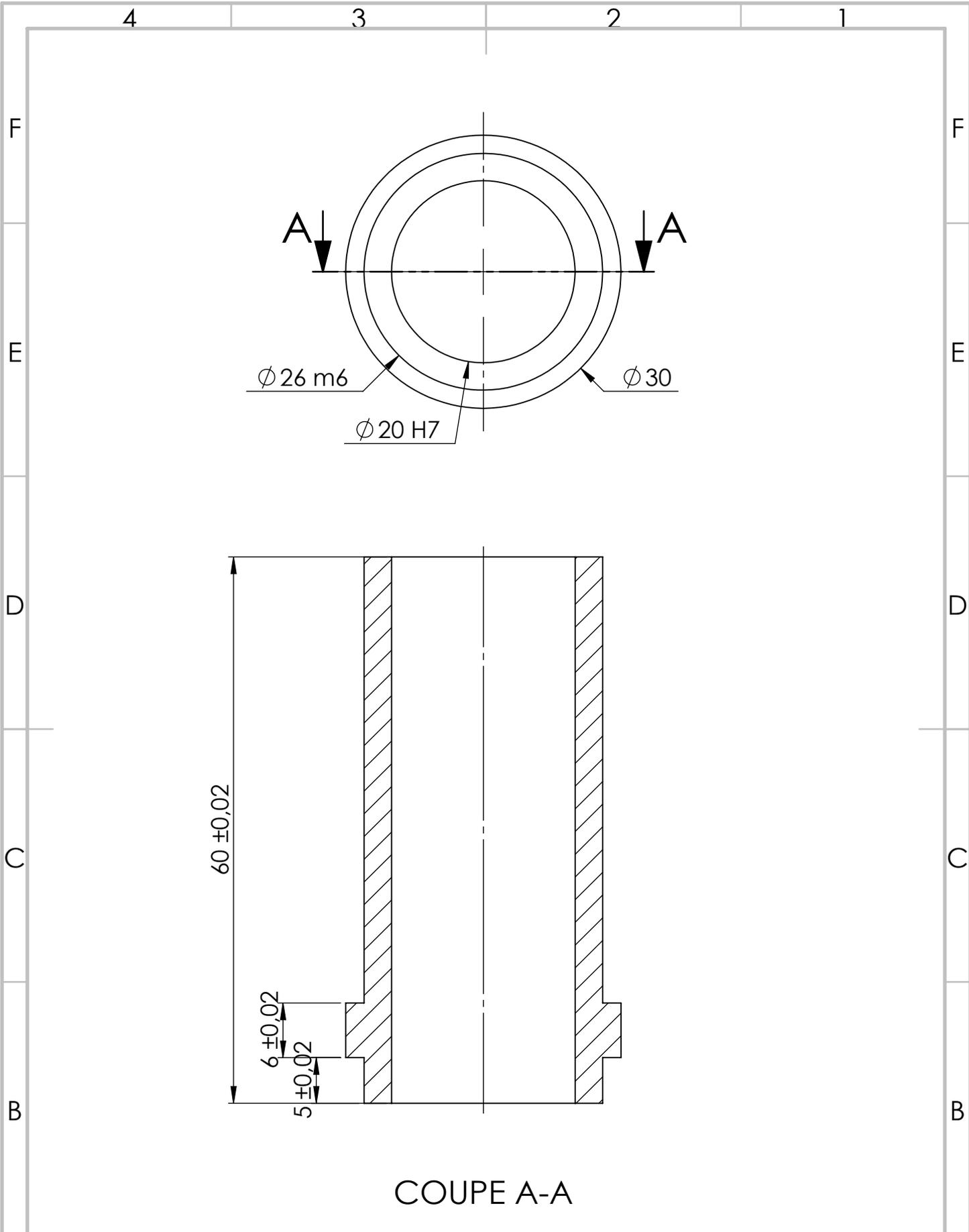
2021/2022

Format A4

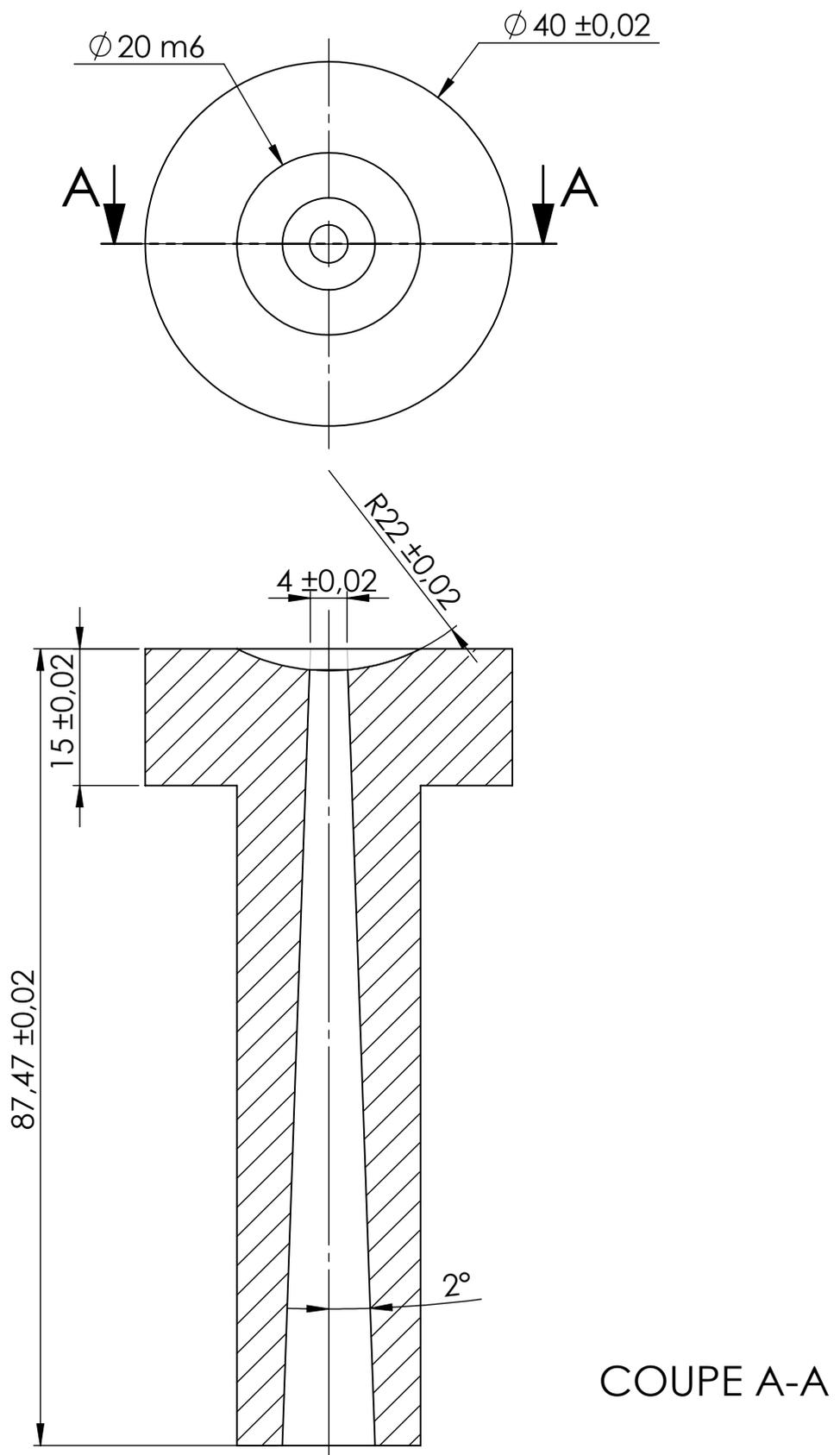
Matière

Z200C12 / 58-60 HRC

M2-CM



NOM-PRENOM /	RAMDANE BELKACEM	Qté : 04
Echelle 1.8 : 1	Désignation : Bague de guidage D26	
	DGM-FGC-UMMTO	2020/2021
Format A4	Matière	Z200C12 /58-60HRC
		M2-CM

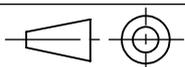


NOM-PRENOM / RAMDANE BELKACEMI

Qté : 01

Echelle 1.4 : 1

Désignation : Buse d'injection



DGM-FGC-UMMTO

2021/2022

Format A4

Matière

XC48

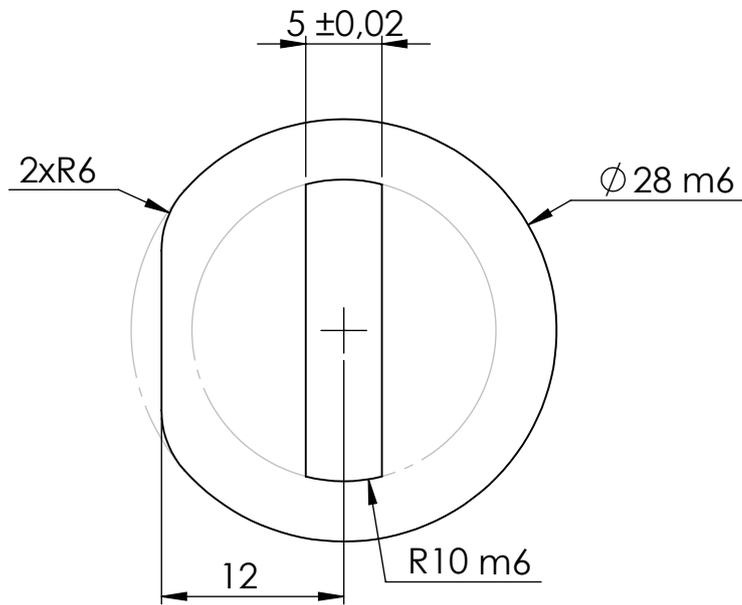
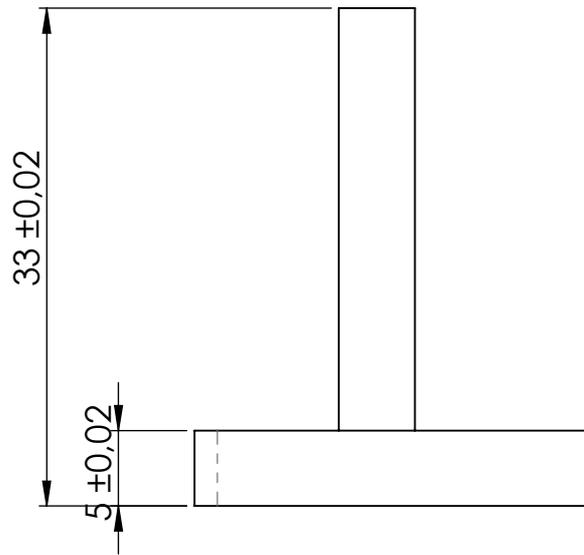
M2-CM

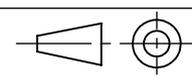
4

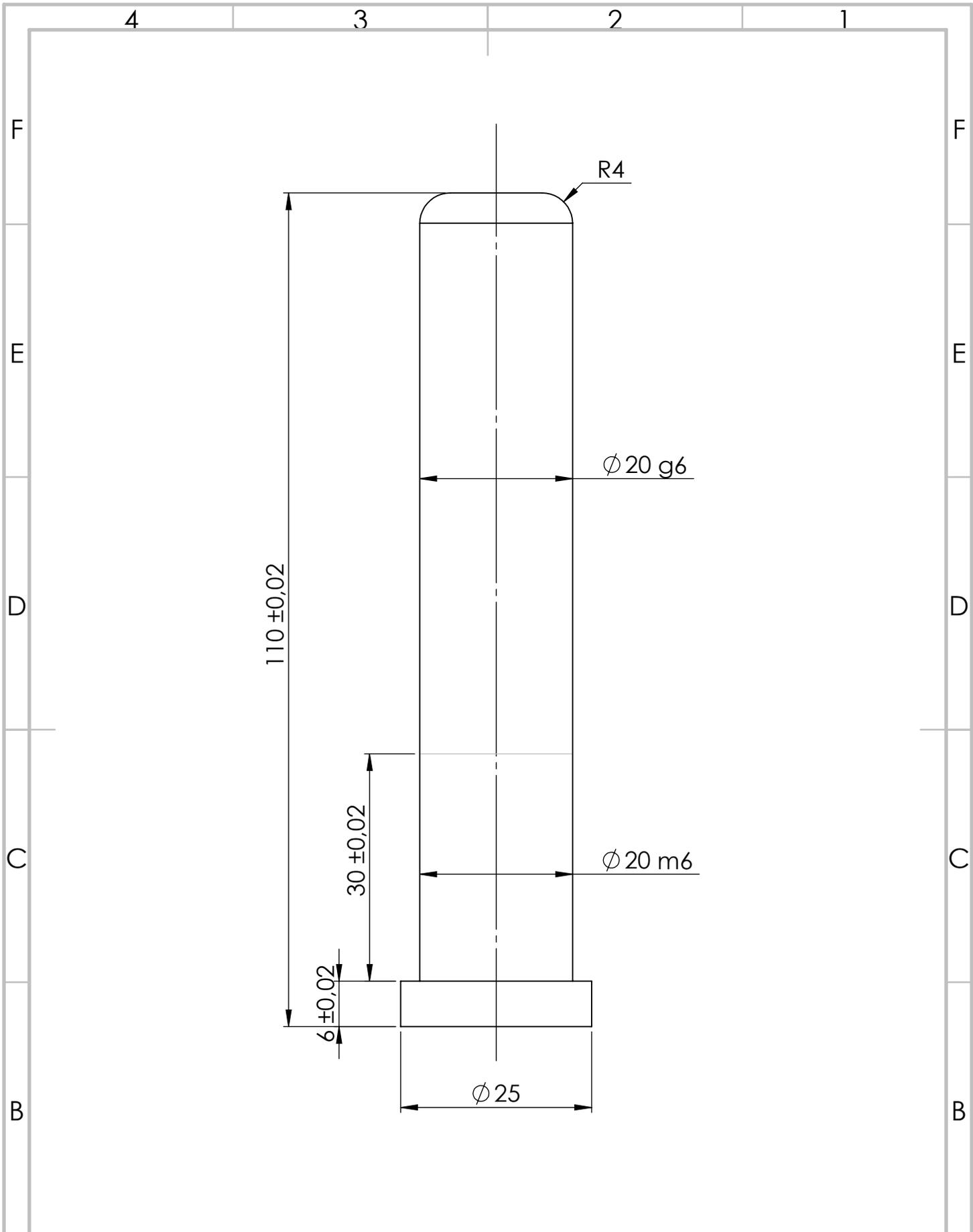
3

2

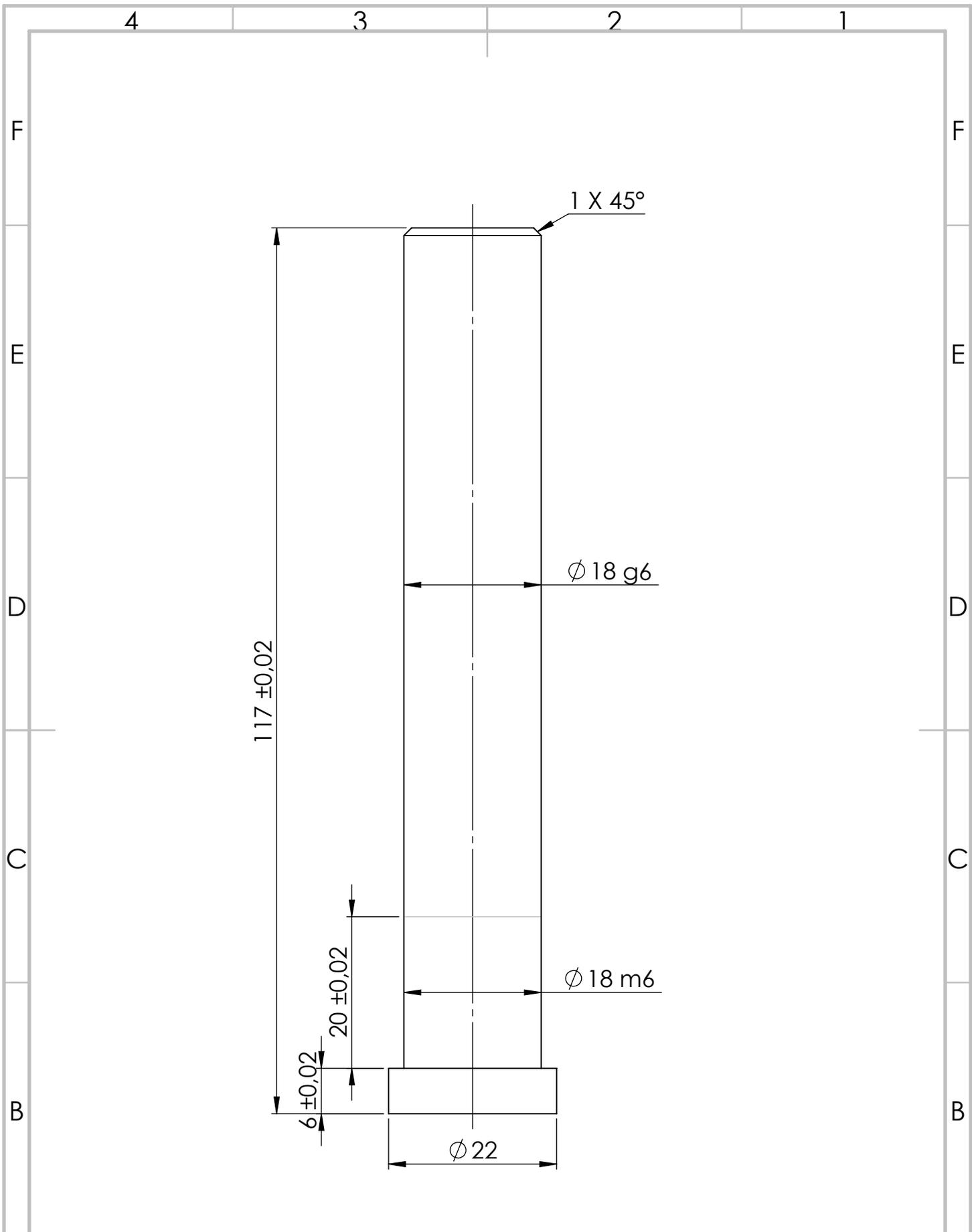
1



NOM-PRENOM / RAMDANE BELKACEM		Qté : 12
Echelle 2 : 1	Désignation : Chicane	
	DGM-FGC-UMMTO	2021/2022
Format A4	Matière	M2-CM



NOM-PRENOM / RAMDANE BELKACEM		Qté : 04
Echelle 1.5 : 1	Désignation : Colonne de guidage	
	DGM-FGC-UMMTO	2021/2022
Format A4	Matière Z200C12 /58-60 HRC	M2-CM



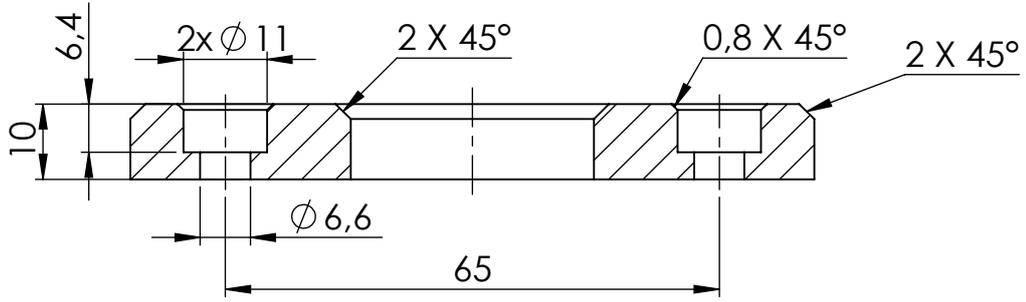
NOM-PRENOM / RAMDANE BELKACEM		Qté : 04	
Echelle 1.5 : 1	Désignation : Colonne de rappel		
	DGM-FGC-UMMTO		2021/2022
Format A4	Matière	Z200C12/ 58-60 HRC	M2-CM
4	3	2	1

4 3 2 1

F

F

COUPE A-A

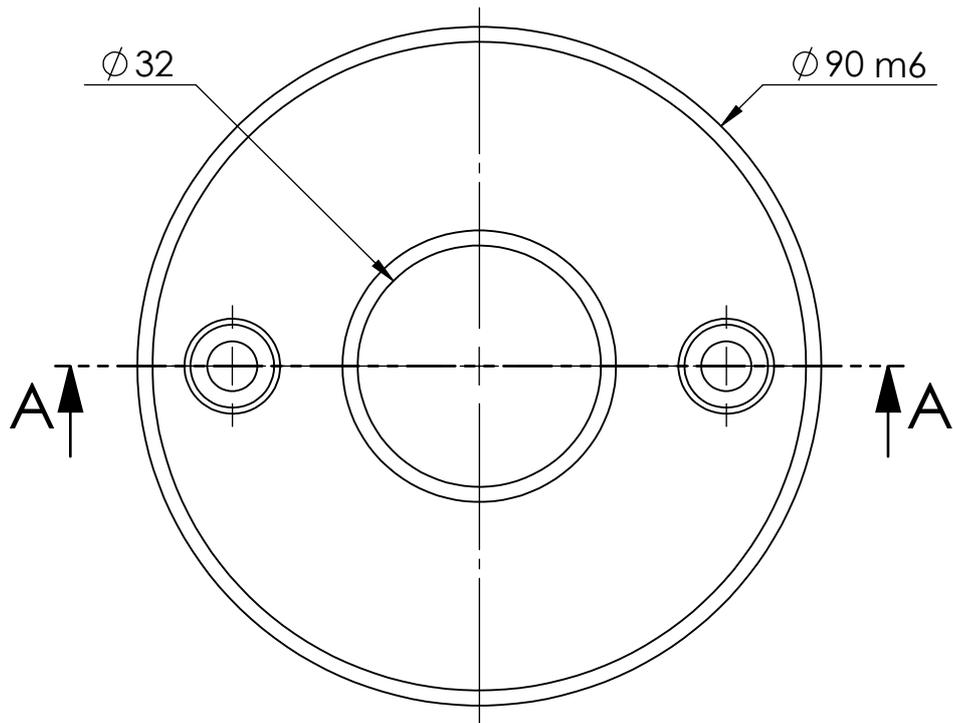


E

E

D

D



C

C

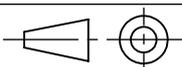
B

B

NOM-PRENOM / RAMDANE BELKACEM

Echelle 1 : 1

Désignation : Couronne de centrage



DGM-FGC-UMMTO

2020/2021

Format A4

Matière

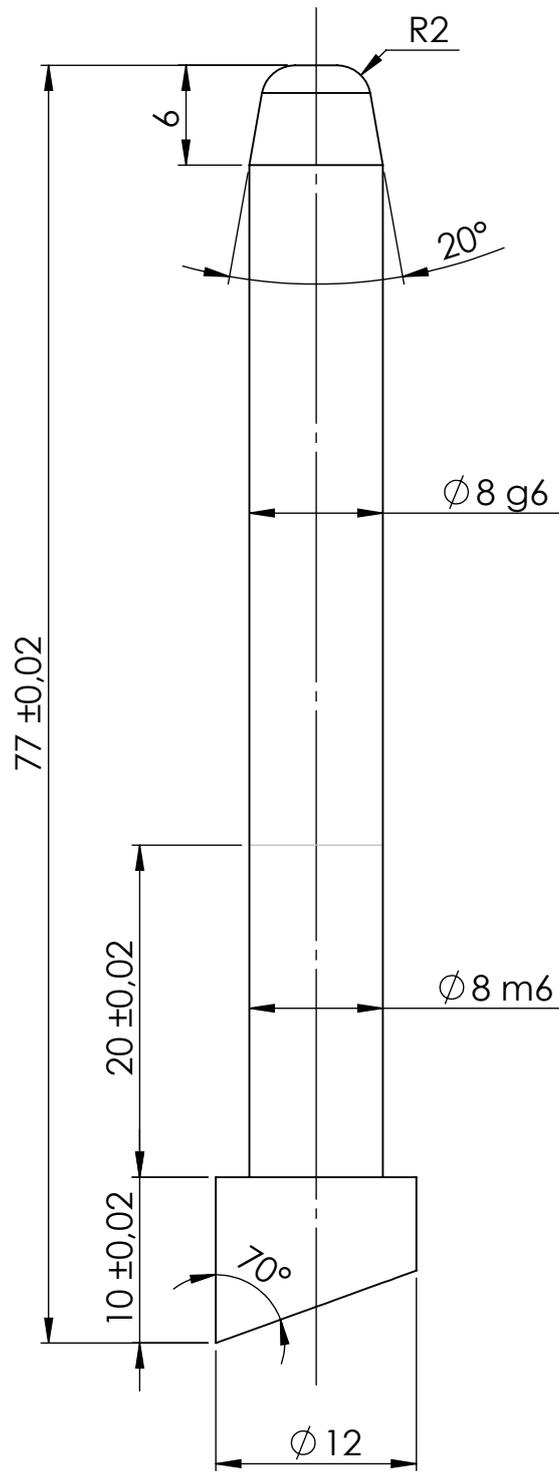
XC48

M2-CM

4 3 2 1

A

A

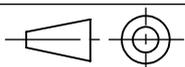


NOM-PRENOM / RAMDANE BELKACEM

Qté : 04

Echelle 2.2 : 1

Désignation : Doigt de démoulage



DGM-FGC-UMMTO

2021/2022

Format A4

Matière

Z200C12 /58-60 HRC

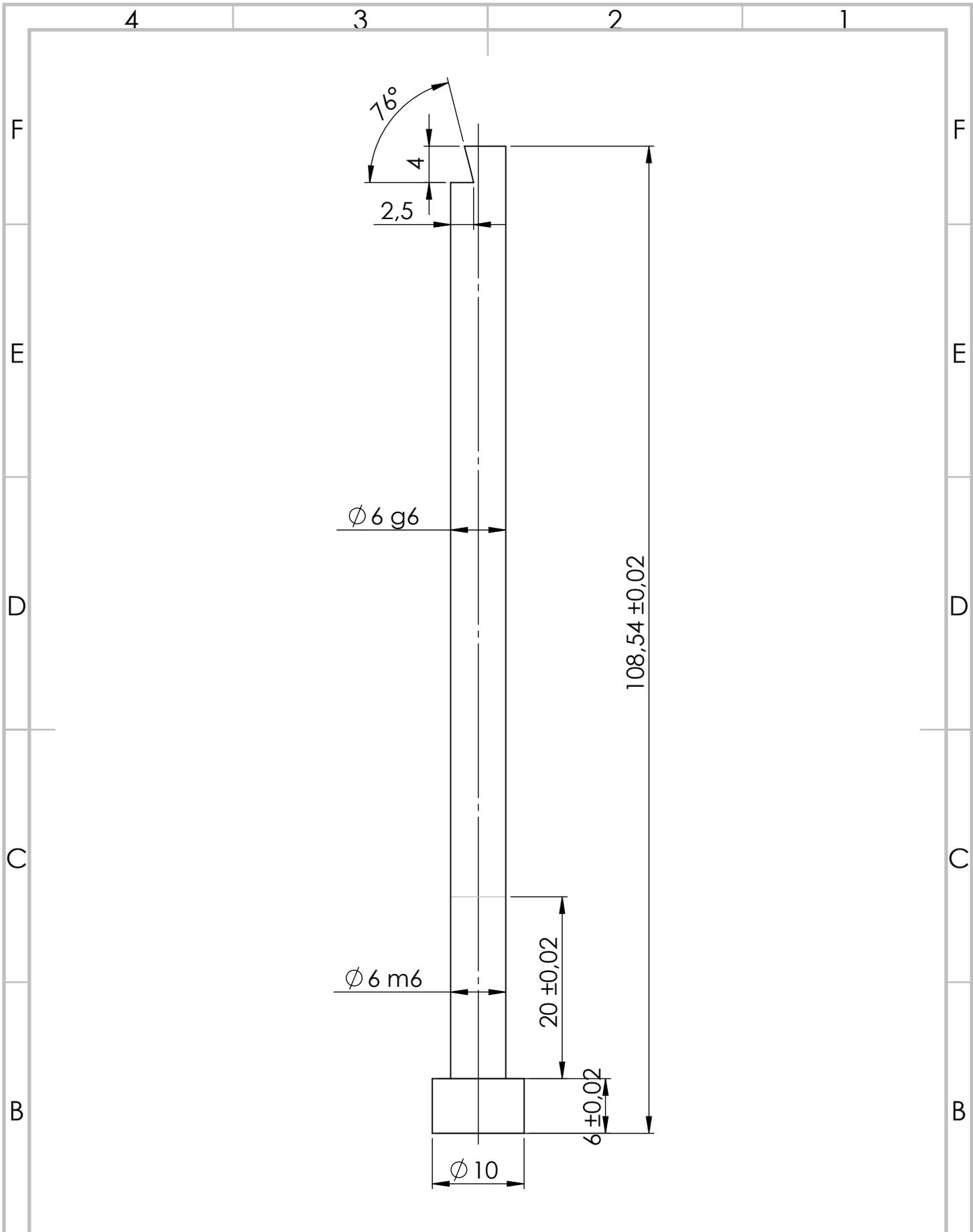
M2-CM

4

3

2

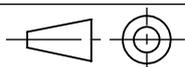
1



NOM-PRENOM / RAMDANE BELKACEM

Echelle 1.8 :1

Désignation : Ejecteur carotte



DGM-FGC-UMMTO

2021/2022

Format A4

Matière

Stub

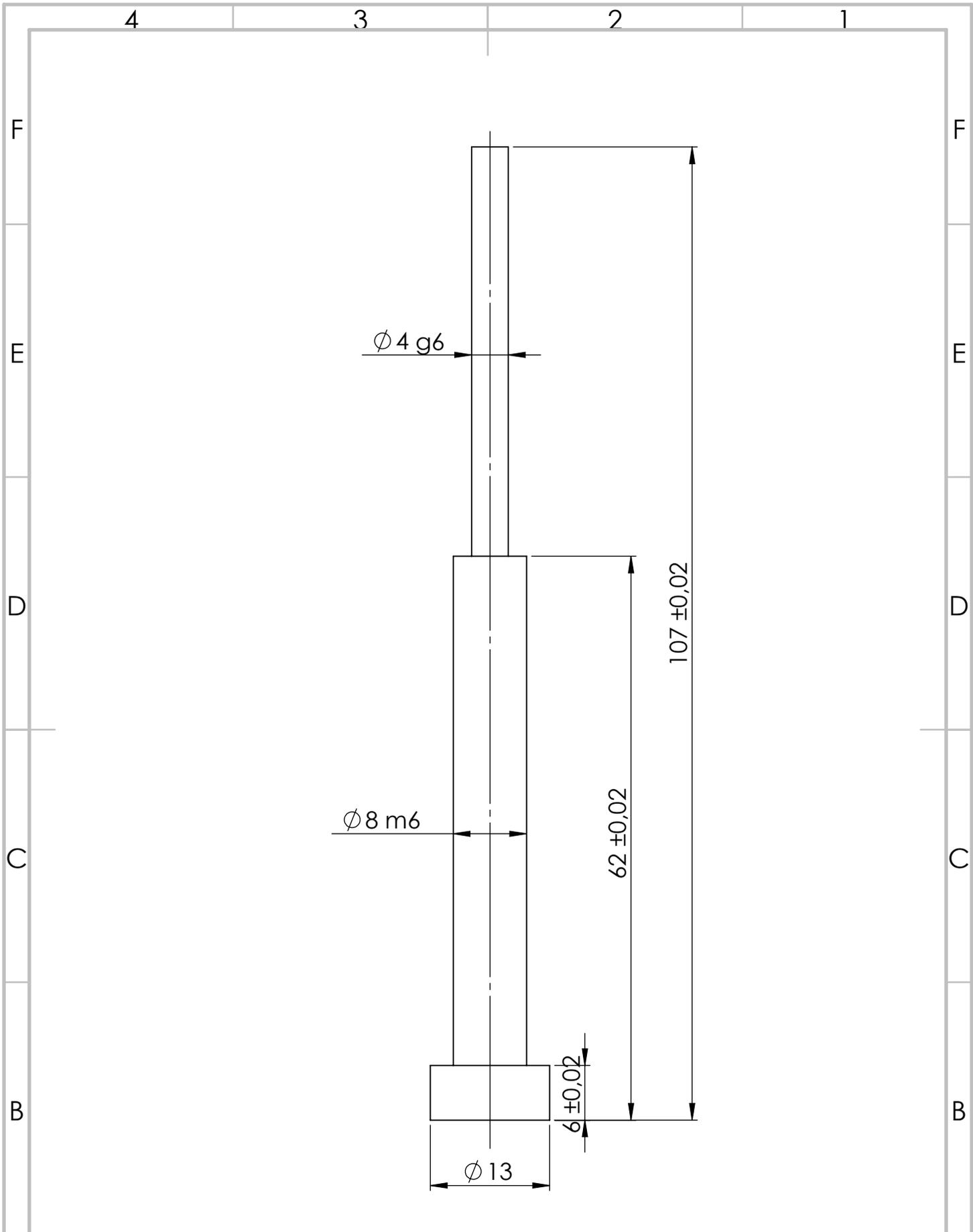
M2-CM

4

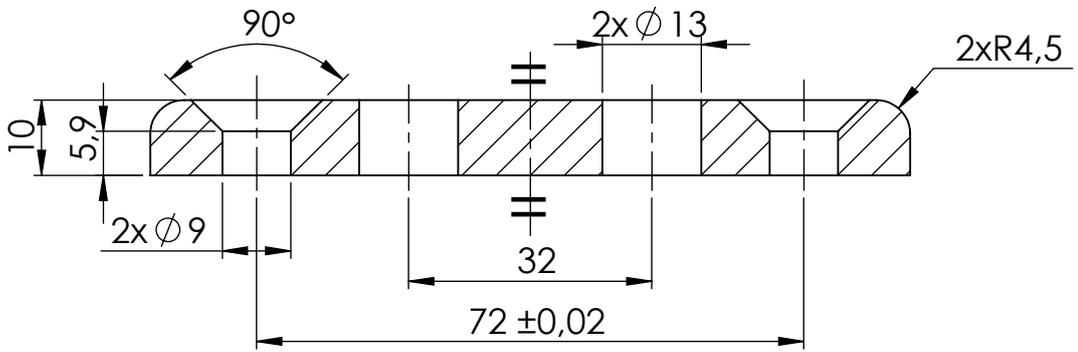
3

2

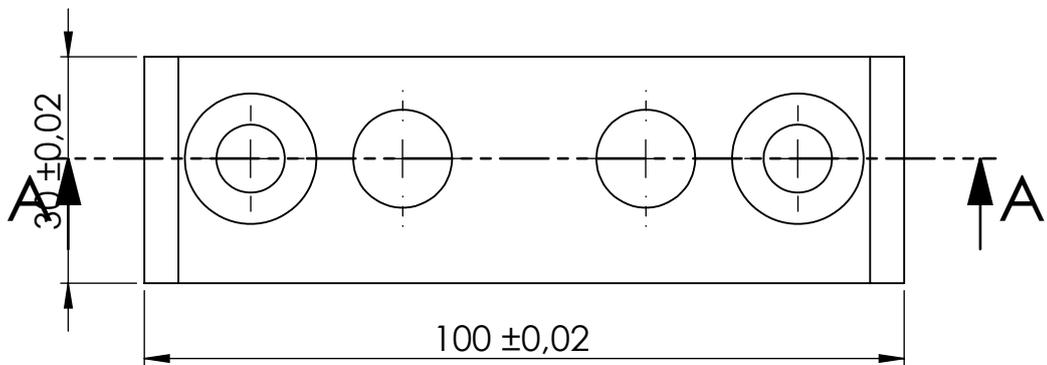
1



NOM-PRENOM / RAMDANE BELKACEM		Qté : 08
Echelle 1.8 : 1	Désignation : Ejecteur épaulé	
	DGM-FGC-UMMTO	2021/2022
Format A4	Matière	Stub
4	3	2
		1



COUPE A-A



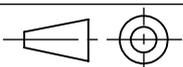
NOM-PRENOM /

RAMDANE BELKACEM

Qté : 04

Echelle 1:1

Désignation : Plaque fin de course



DGM-FGC-UMMTO

2020/2021

Format A4

Matière

E24

M2-CM

4

3

2

1

4 3 2 1

F

F

E

E

D

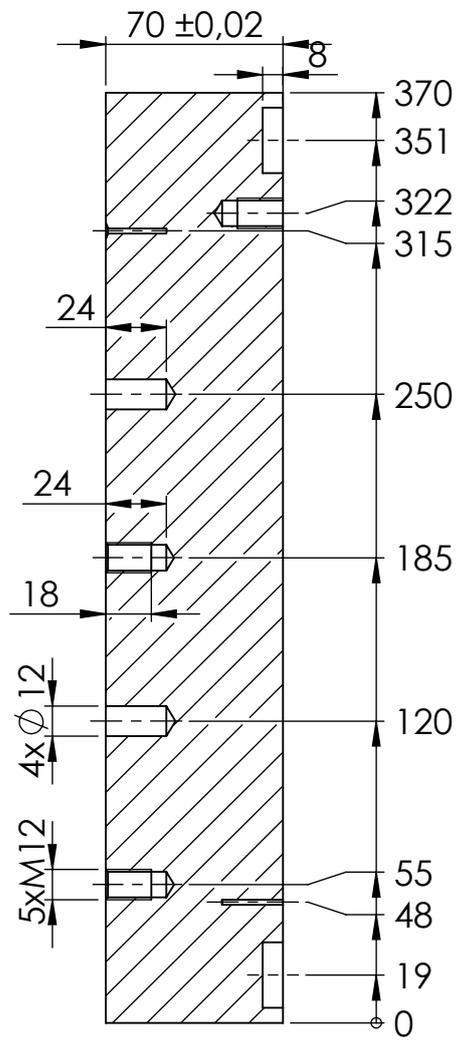
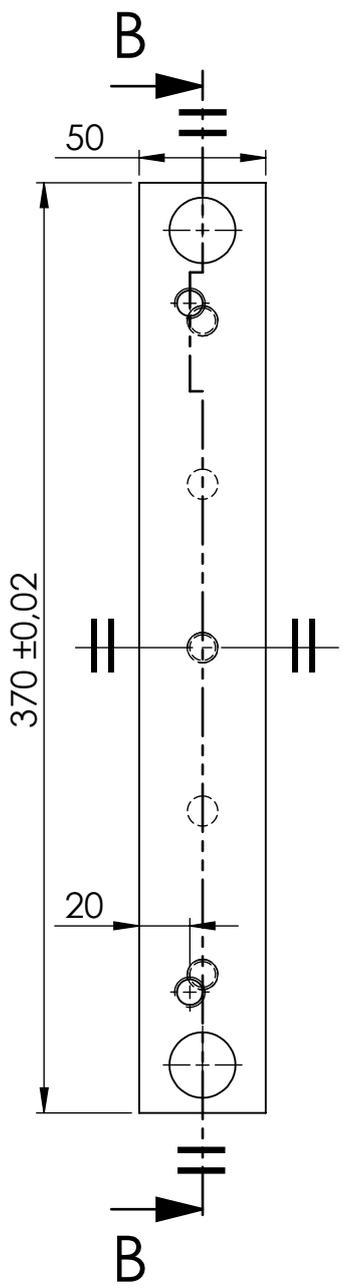
D

C

C

B

B



COUPE B-B

NOM-PRENOM / BELKACEM RAMDANE		Qté : 02	
Echelle 1:3	Désignation : Tasseau		
	DGM-FGC-UMMTO		2020/2021
Format A4	Matière	E24	M2-CM
4	3	2	1

A

A

4

3

2

1

F

F

E

E

D

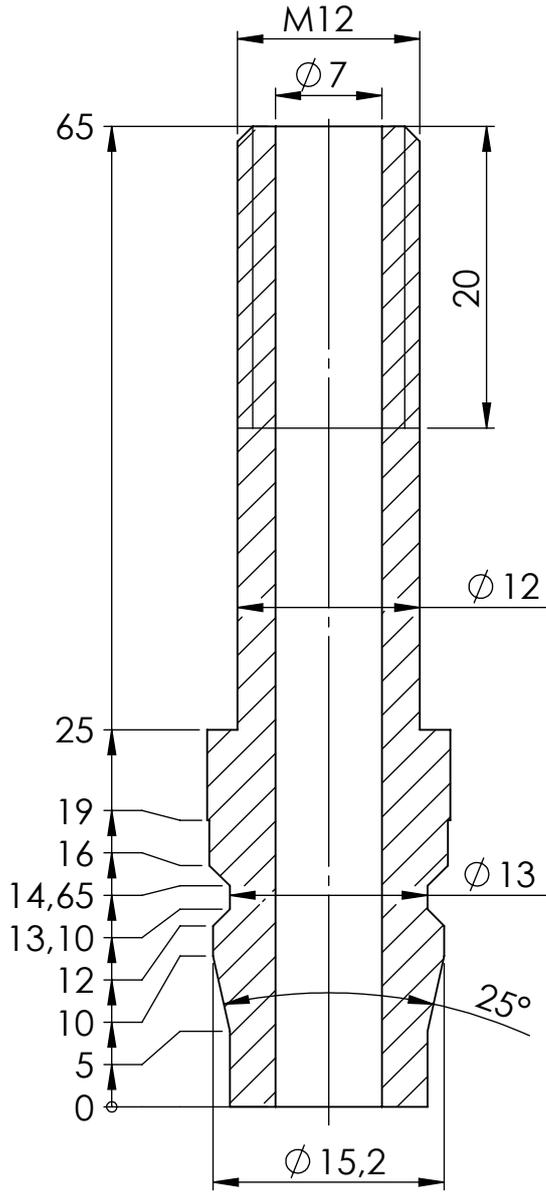
D

C

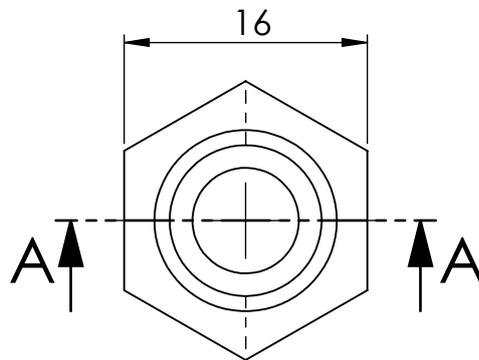
C

B

B



COUPE A-A



NOM-PRENOM /

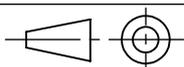
RAMDANE

BELKACEM

Qté : 8

Echelle 2:1

Désignation : Tétine



DGM-FGC-UMMTO

2021/2022

Format A4

Matière

Cu

M2-FMP

4

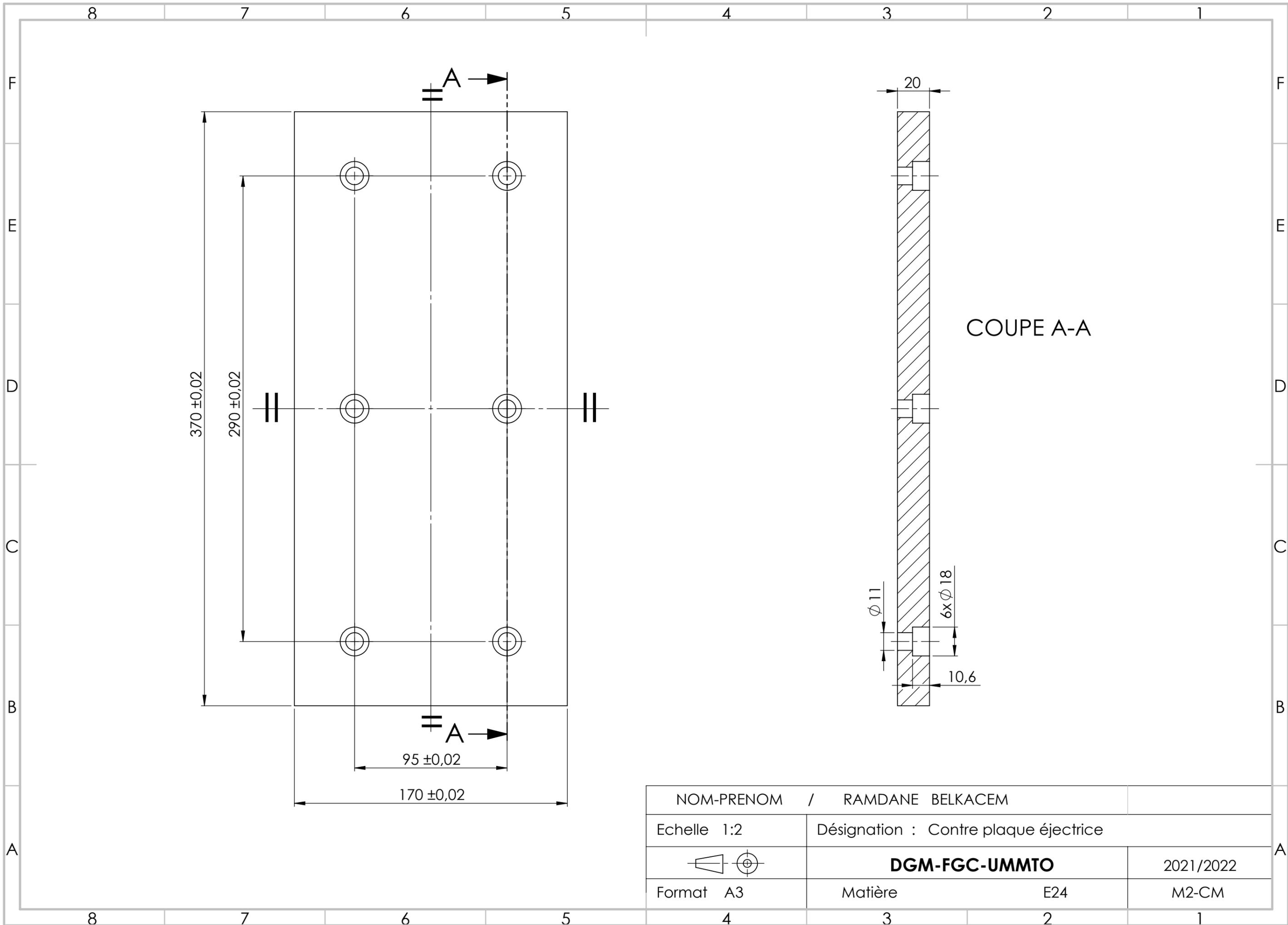
3

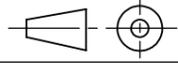
2

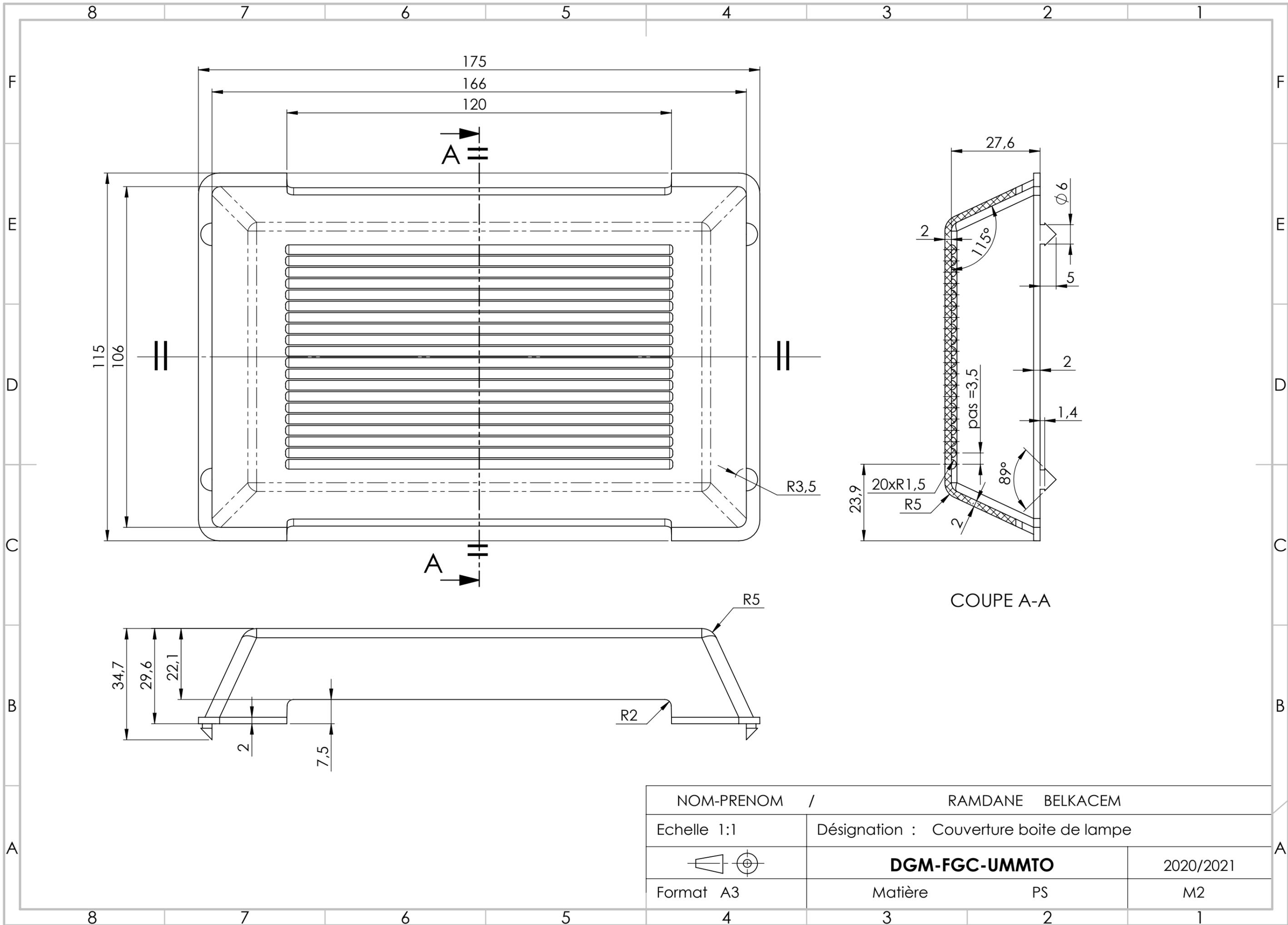
1

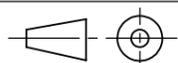
A

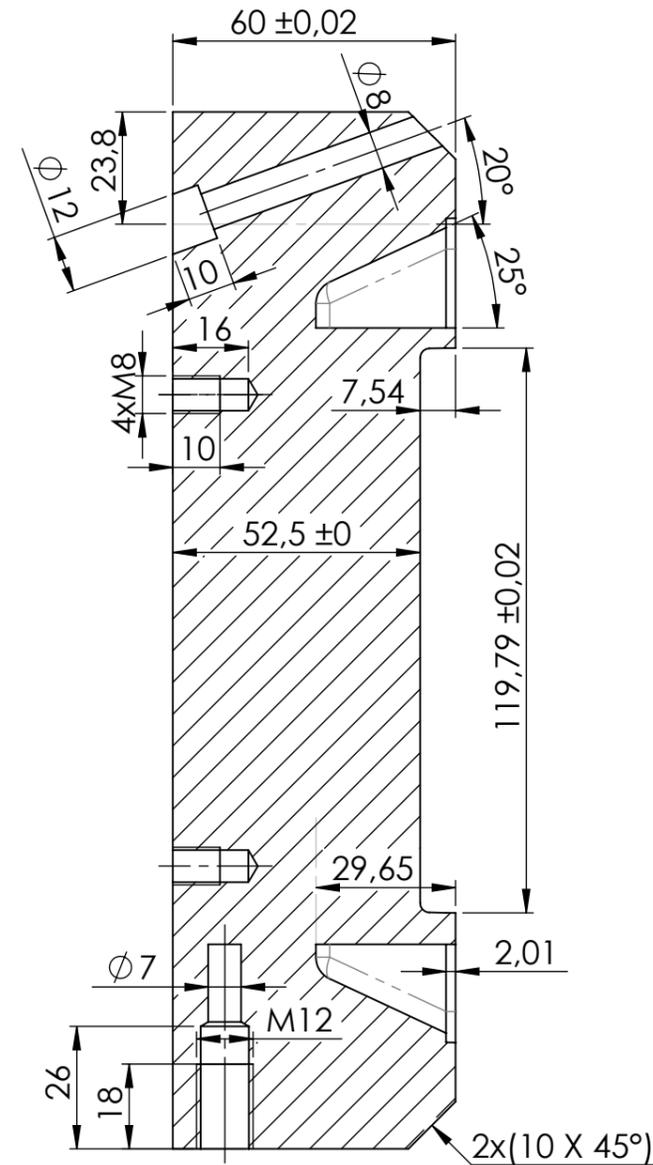
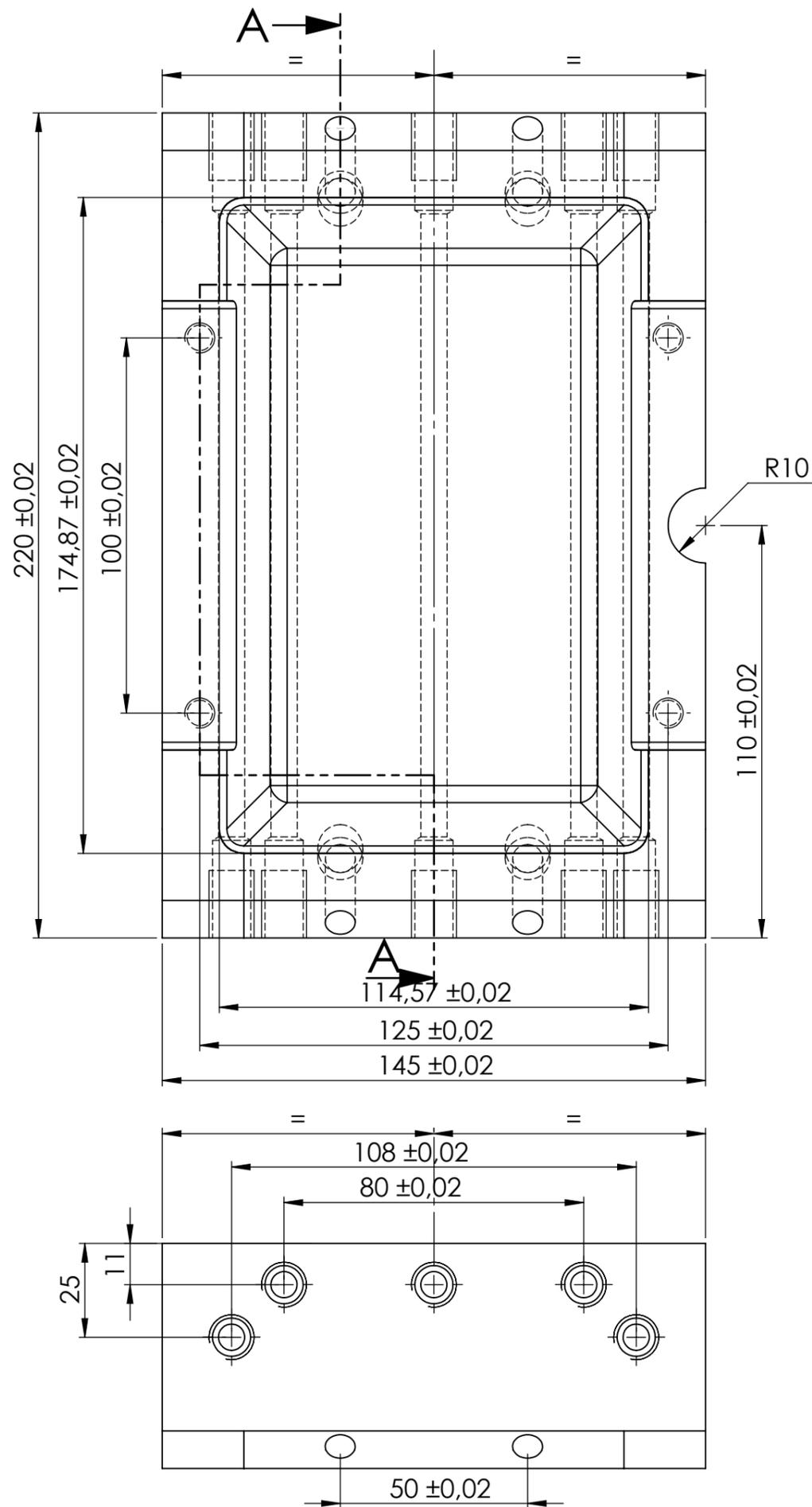
A



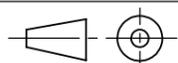
NOM-PRENOM / RAMDANE BELKACEM		
Echelle 1:2	Désignation : Contre plaque éjectrice	
	DGM-FGC-UMMTO	2021/2022
Format A3	Matière E24	M2-CM

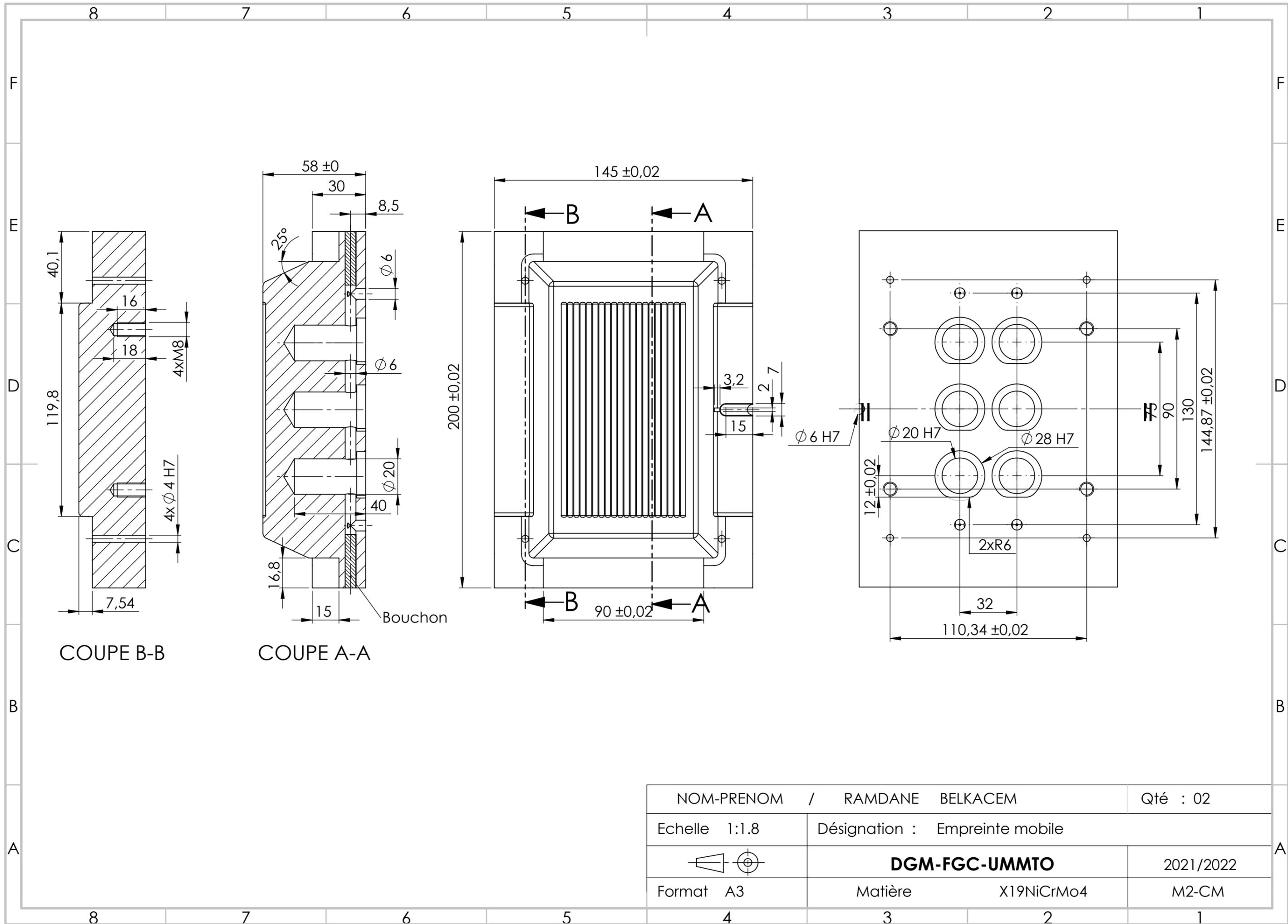


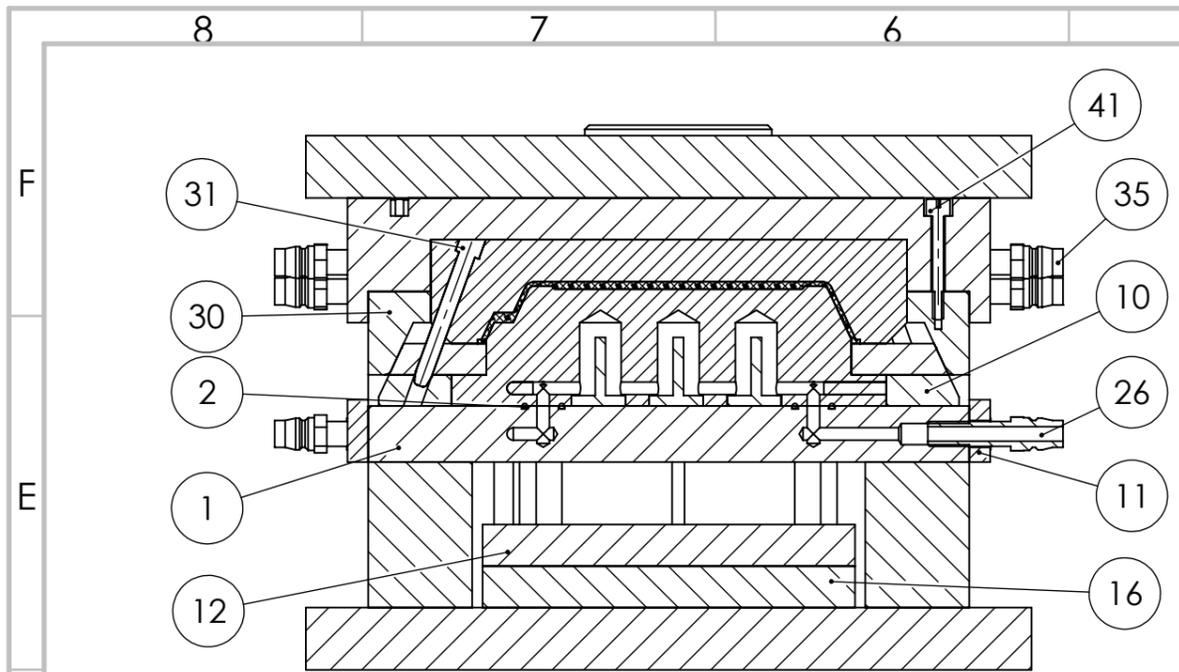
NOM-PRENOM /		RAMDANE BELKACEM	
Echelle 1:1		Désignation : Couverture boîte de lampe	
		DGM-FGC-UMMTO	
		2020/2021	
Format A3	Matière	PS	M2
4	3	2	1



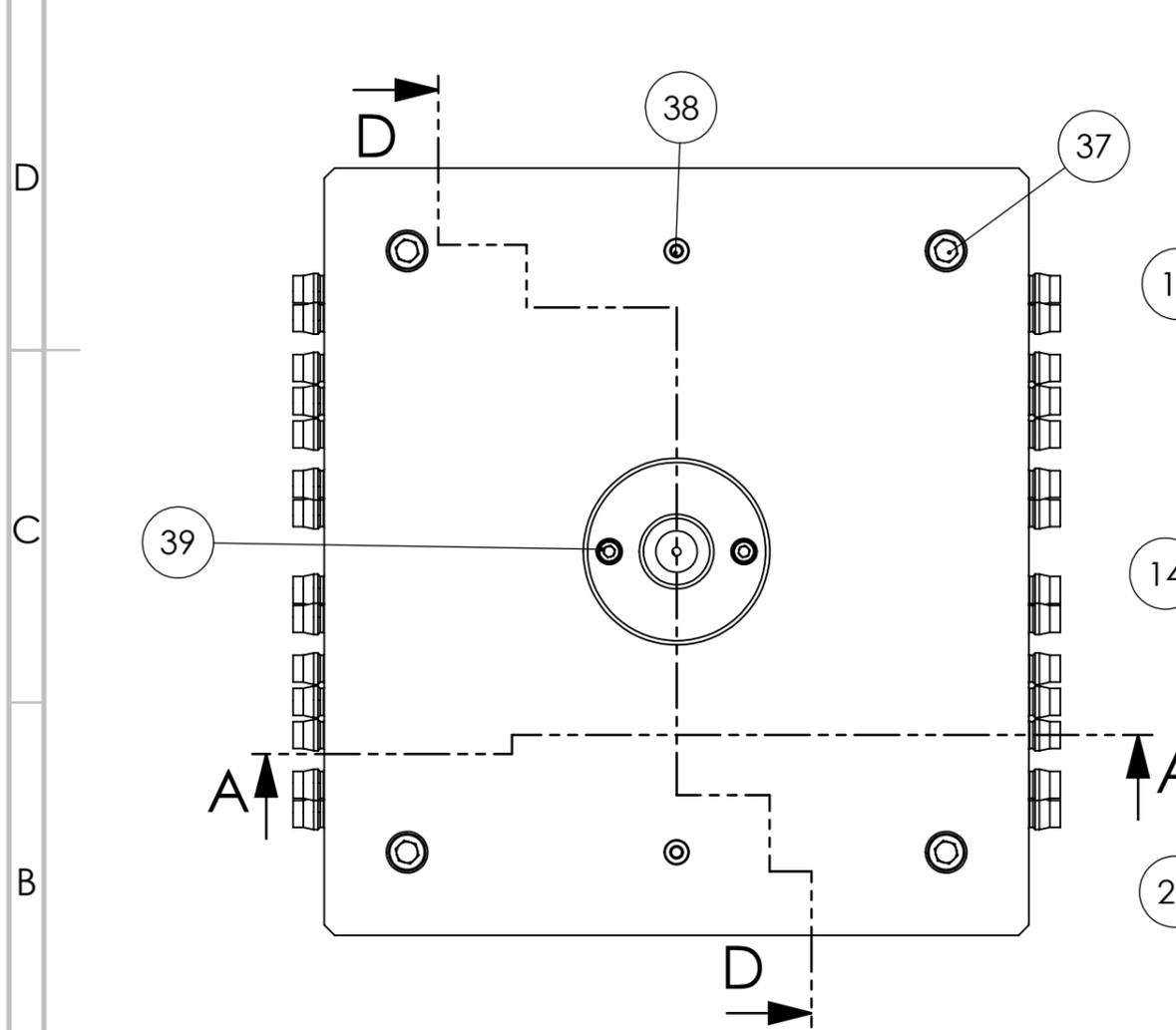
COUPE A-A

NOM-PRENOM / RAMDANE BELKACEM		Qté : 02	
Echelle 1:1.5	Désignation : Empreinte fixe		
	DGM-FGC-UMMTO		2021/2022
Format A3	Matière	X19NiCrMo4	M2-CM



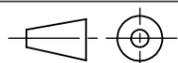


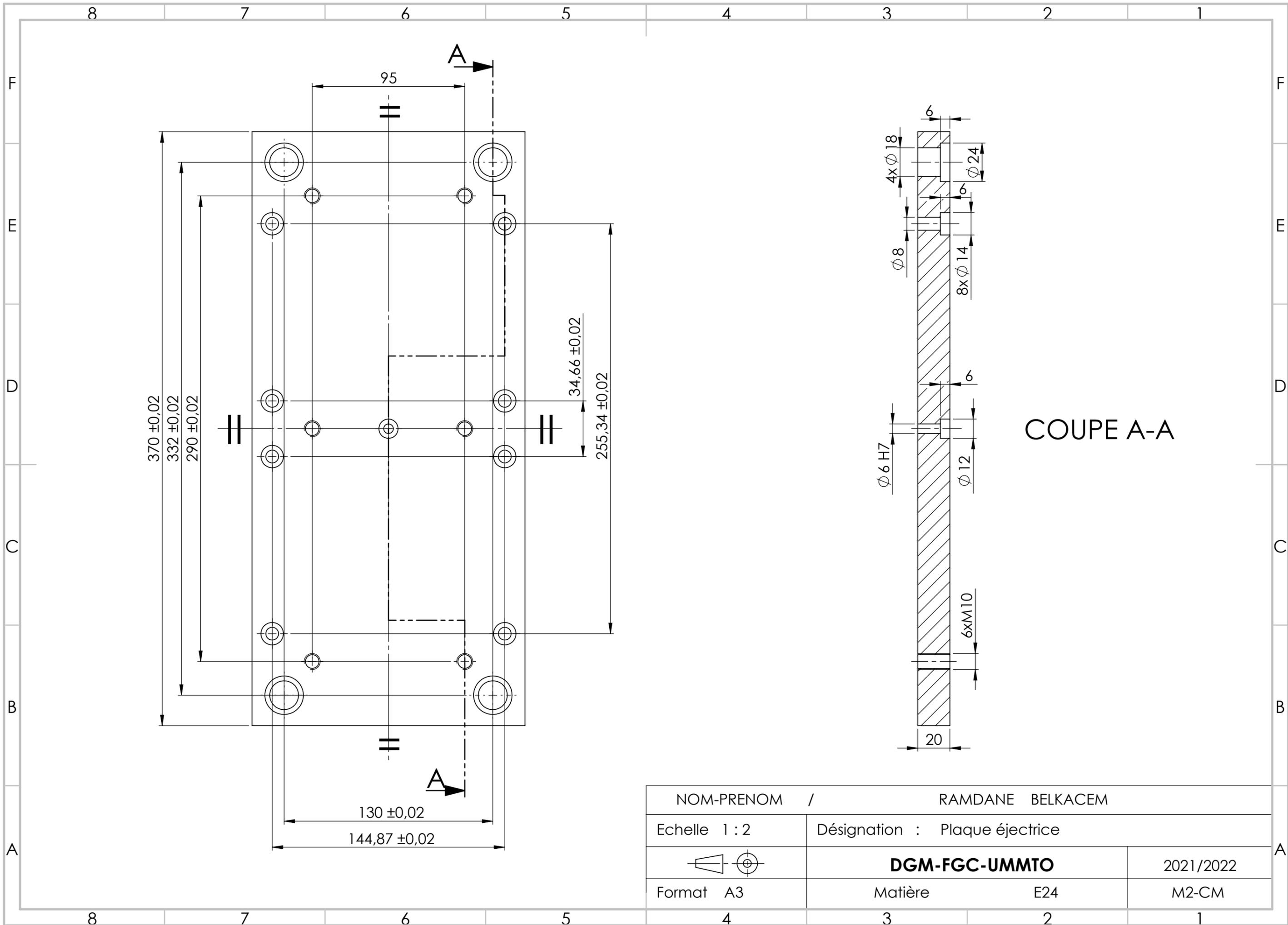
COUPE A-A



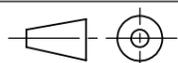
COUPE D-D

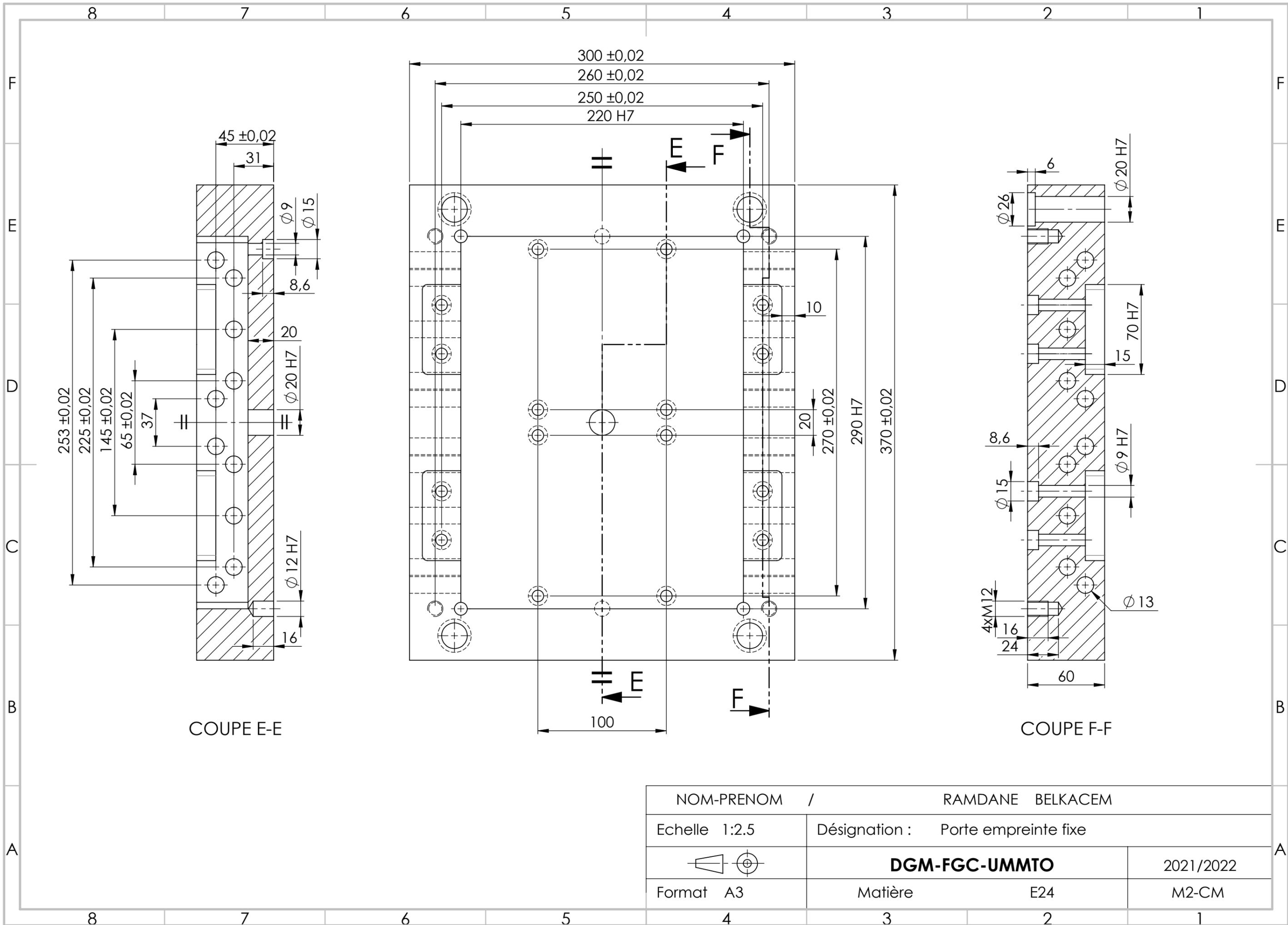
No. ARTICLE	DESIGNATION PIECE	QTE
1	Porte empreinte mobile	1
2	Joint torique	8
3	Empreinte mobile 01	1
4	Chicane	12
5	Empreinte mobile 02	1
6	Tasseaux	1
7	Semelle mobile	1
8	Bague de guidage D24	4
9	Bague de guidage D26	4
10	Empreinte mobile (Tiroir)	4
11	Plaque fin de course	4
12	Plaque éjectrice	1
13	Colonne de rappel	4
14	Ejecteur carotte	1
15	Ejecteur épaulé	8
16	Contre plaque éjectrice	1
17	couverture-boite de la lampe	2
18	socket head cap screw_iso(ISO 4762 M12 x 60 - 36N)	4
19	socket head cap screw_iso(ISO 4762 M12 x 35 - 35N)	6
20	parallel pin hardened 02_iso(ISO 8735-12x50-A-St)	4
21	socket countersunk head screw_iso(ISO 10642 - M8 x 20 - 20N)	8
22	socket head cap screw_iso(ISO 4762 M10 x 25 - 25N)	6
23	socket head cap screw_iso(ISO 4762 M8 x 35 - 35N)	8
24	socket countersunk head screw_iso(ISO 10642 - M6 x 25 - 25N)	12
25	parallel pin hardened 02_iso(ISO 8735-6x28-A-St)	8
26	Tetine(V03)	8
27	Porte empreinte fixe	1
28	Empreinte fixe 02	1
29	Empreinte fixe 01	1
30	Sabot	4
31	Doigt de démoulage	8
32	Buse d'injection	1
33	Semelle fixe	1
34	Colonne de guidage	4
35	Tetine(V02)	20
36	Couronne de centrage	1
37	socket head cap screw_iso(ISO 4762 M12 x 40 - 40N)	4
38	parallel pin hardened 02_iso(ISO 8735-12x40-A-St)	2
39	socket head cap screw_iso(ISO 4762 M6 x 16 - 16N)	2
40	socket head cap screw_iso(ISO 4762 M8 x 25 - 25N)	8
41	socket head cap screw_iso(ISO 4762 M8 x 50 - 28N)	8

NOM-PRENOM / RAMDANE BELKACEM	
Echelle 1/3.2	Projet / Moule couverture boite de lampe
	DGM-FGC-UMMTO
Format A3	2020/2021
	M2

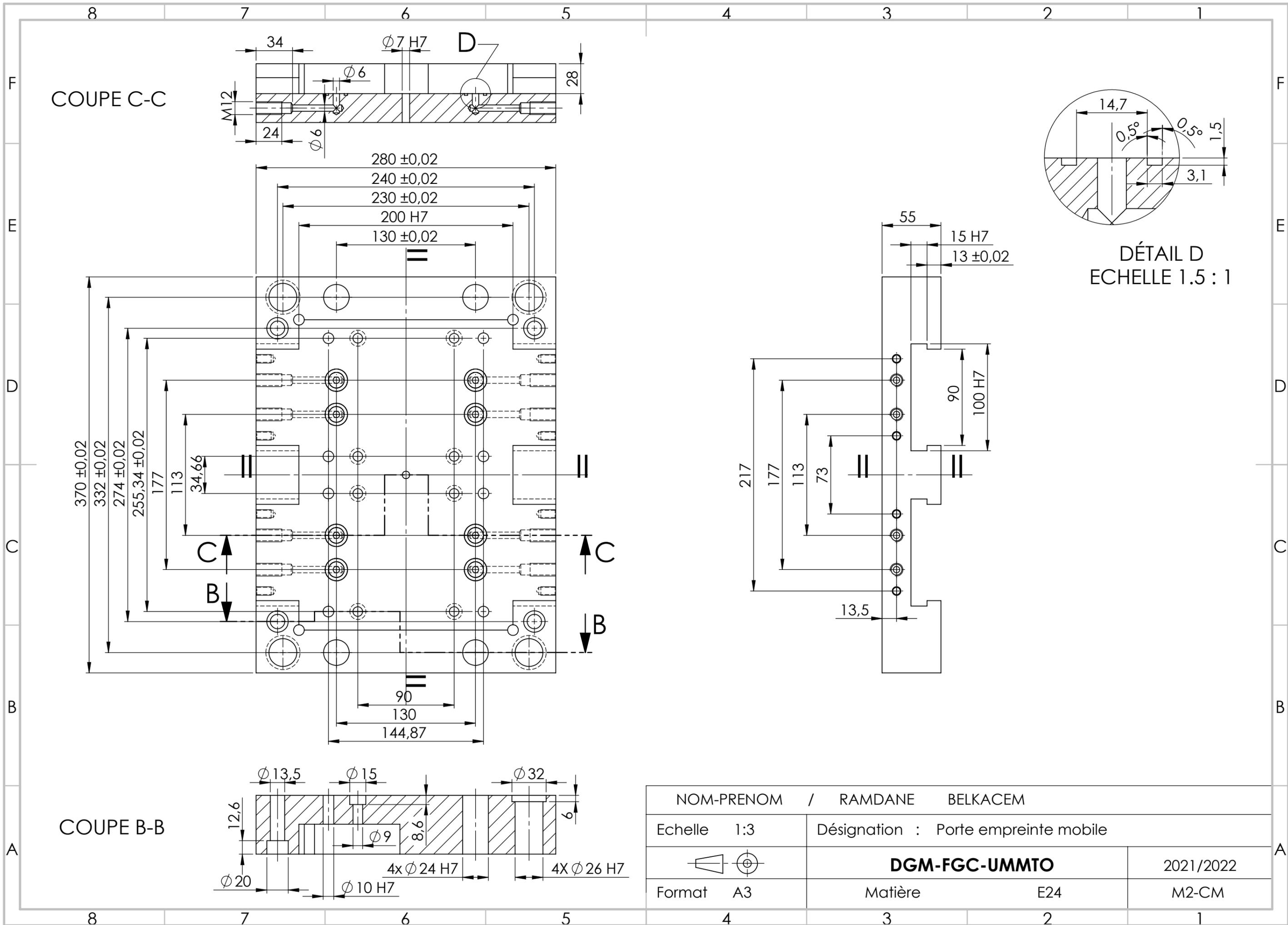


COUPE A-A

NOM-PRENOM /		RAMDANE BELKACEM	
Echelle 1 : 2		Désignation : Plaque éjectrice	
		DGM-FGC-UMMTO	
		2021/2022	
Format	A3	Matière	E24
			M2-CM



NOM-PRENOM /		RAMDANE BELKACEM	
Echelle 1:2.5	Désignation : Porte empreinte fixe		
	DGM-FGC-UMMTO		2021/2022
Format A3	Matière	E24	M2-CM

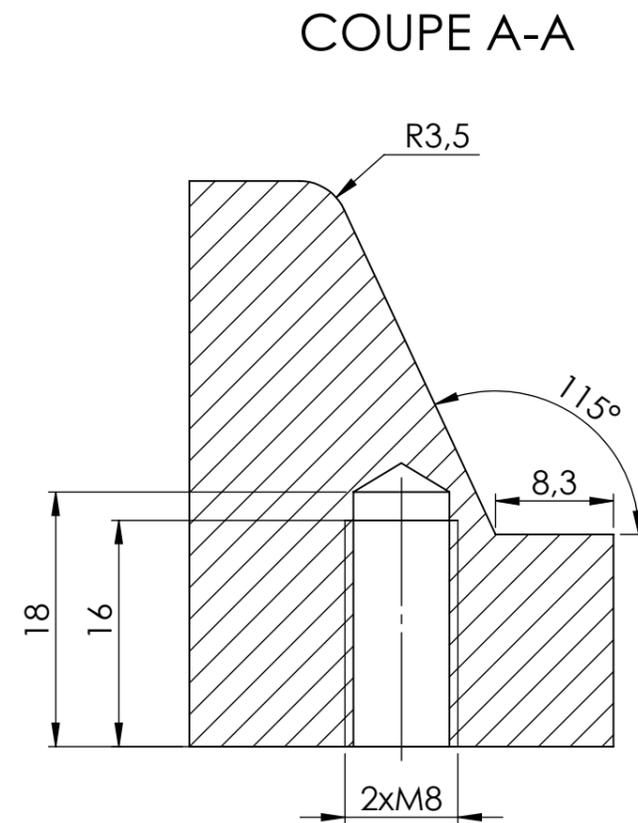
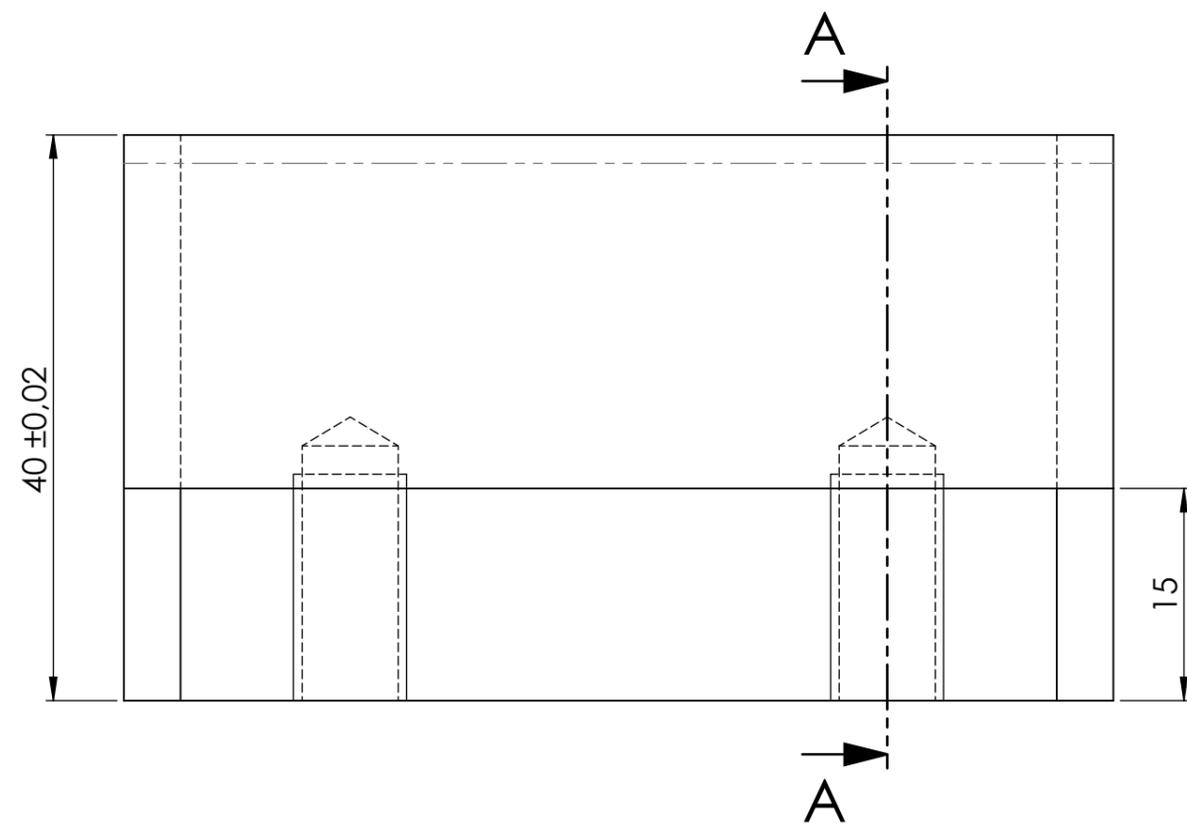
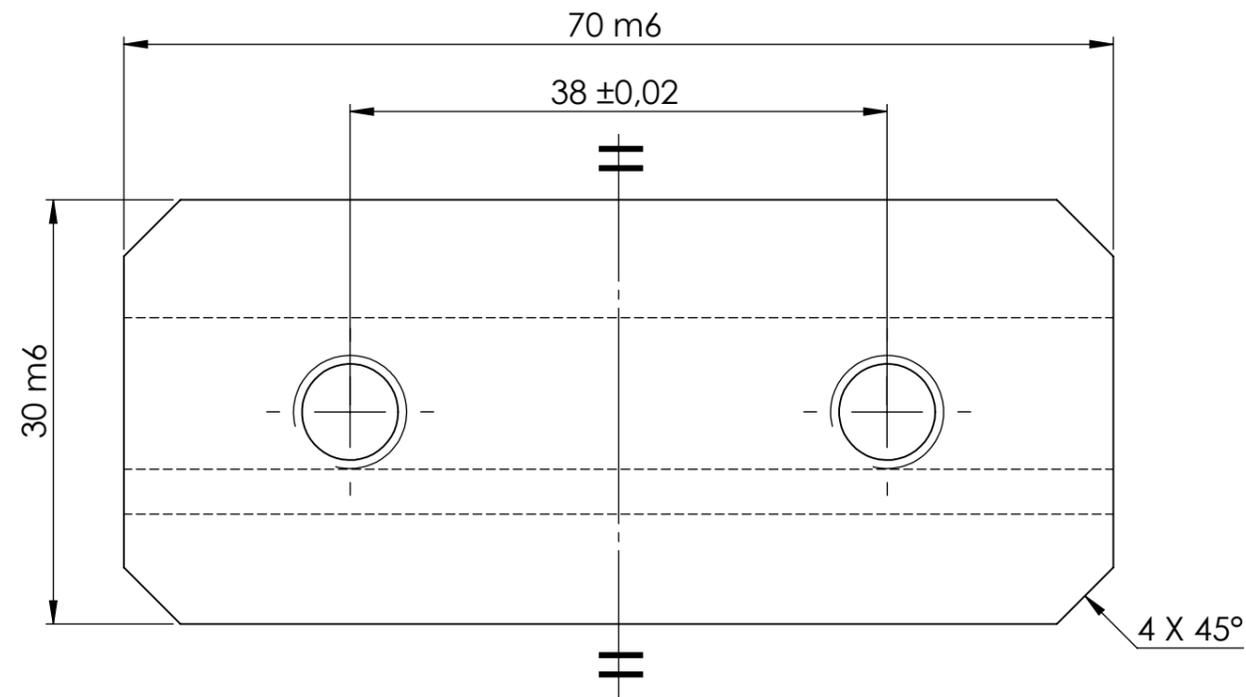


COUPE C-C

DÉTAIL D
ECHELLE 1.5 : 1

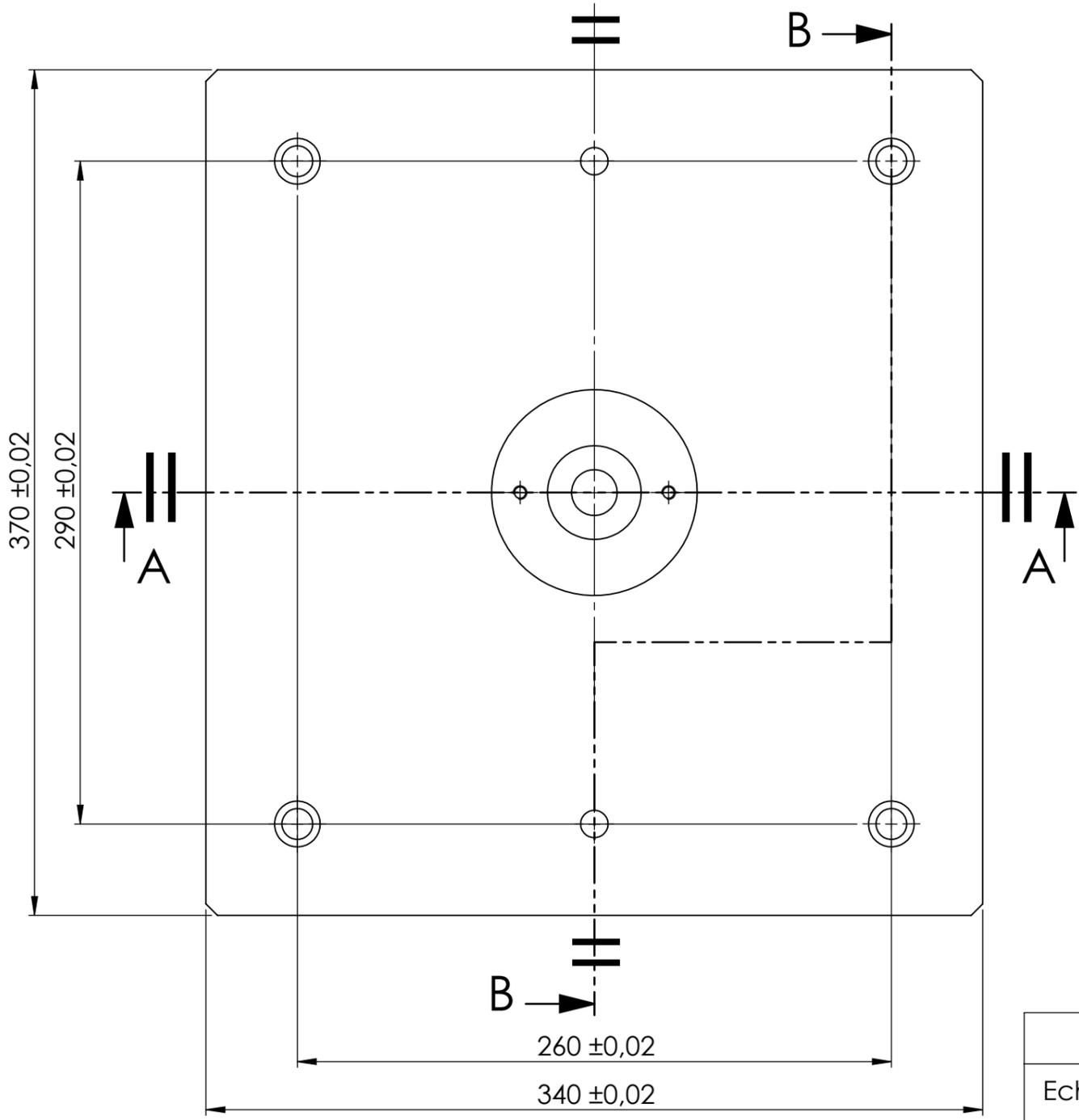
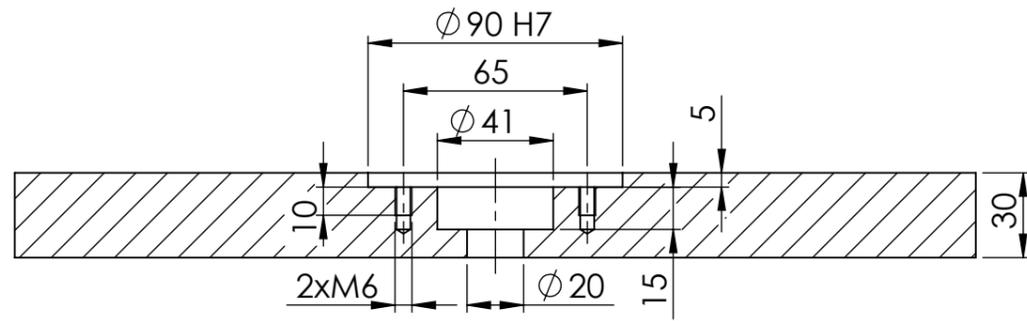
COUPE B-B

NOM-PRENOM / RAMDANE BELKACEM			
Echelle	1:3	Désignation : Porte empreinte mobile	
		DGM-FGC-UMMTO	2021/2022
Format	A3	Matière	E24 M2-CM

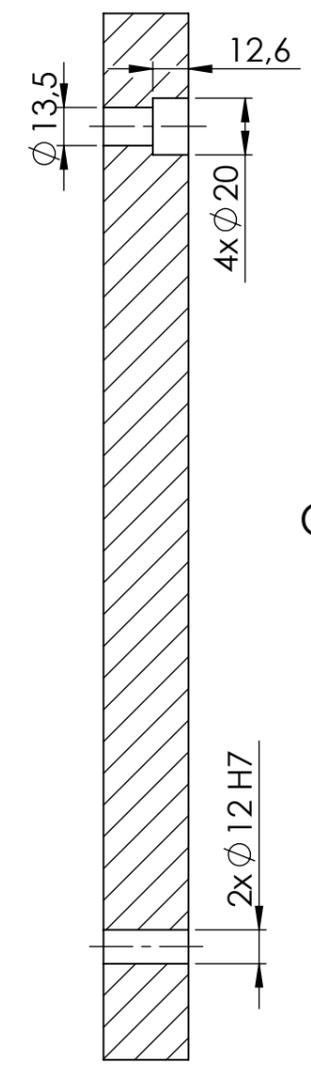


NOM-PRENOM / RAMDANE BELKACEM		Qté : 04	
Echelle 2:1	Désignation : Sabot		
	DGM-FGC-UMMTO		2021/2022
Format A3	Matière	XC48	M2-CM

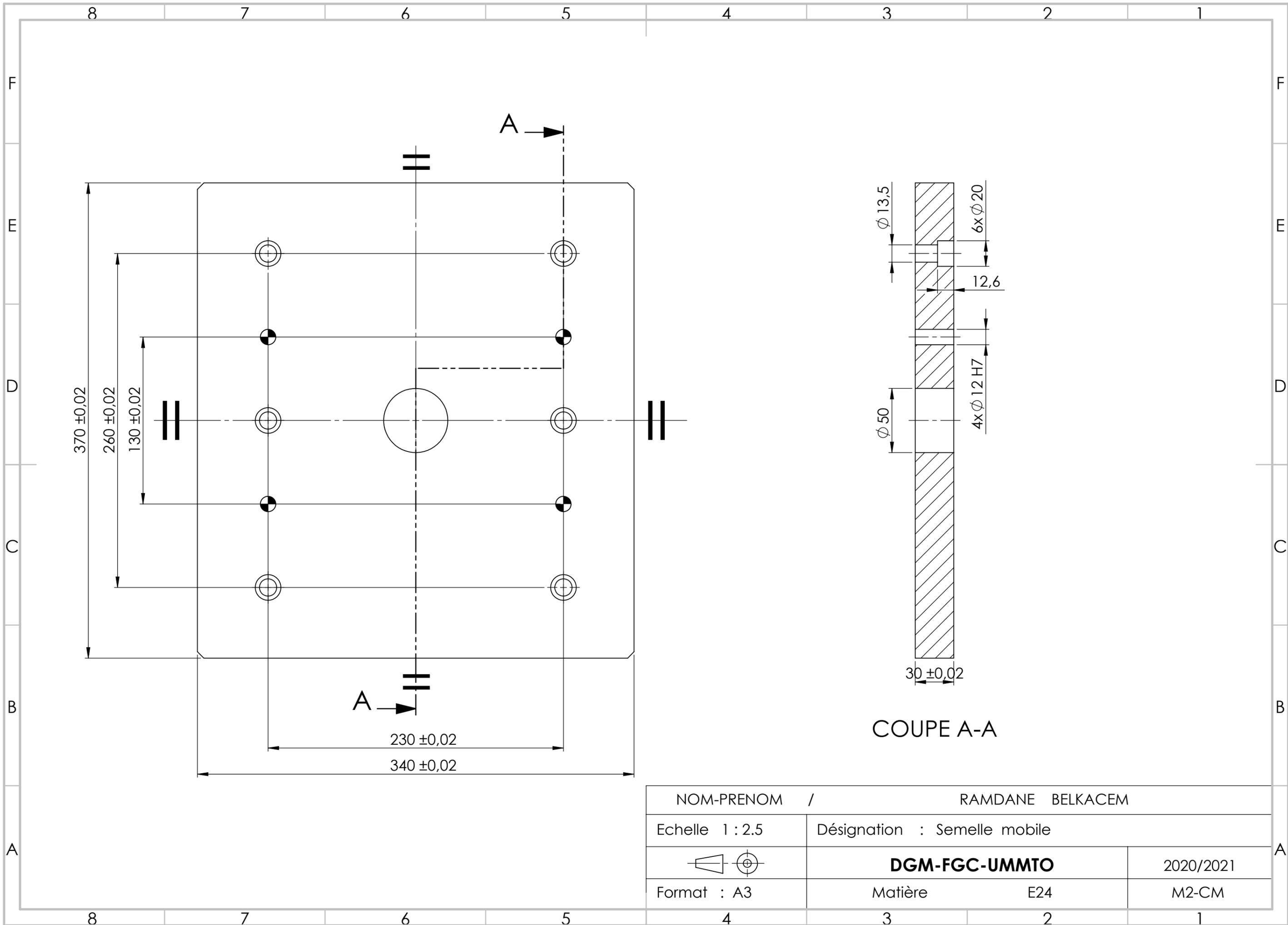
COUPE A-A



COUPE B-B



NOM-PRENOM / RAMDANE BELKACEM			
Echelle 1:2.5		Désignation : Semelle fixe	
		DGM-FGC-UMMTO	2021/2022
Format A3		Matière E24	M2-CM
4	3	2	1



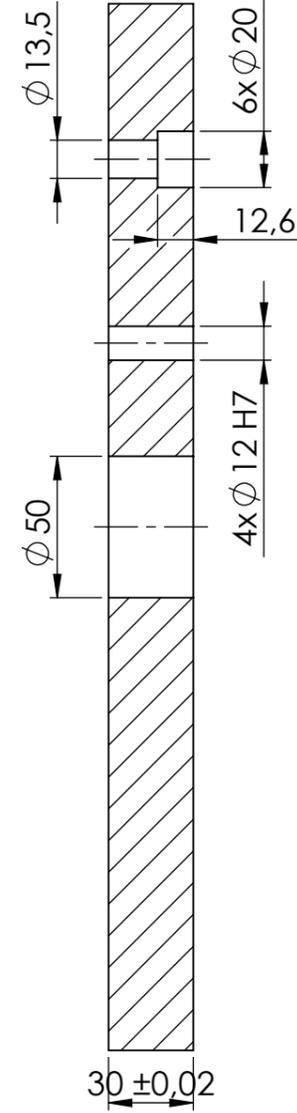
370 ±0,02

260 ±0,02

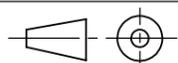
130 ±0,02

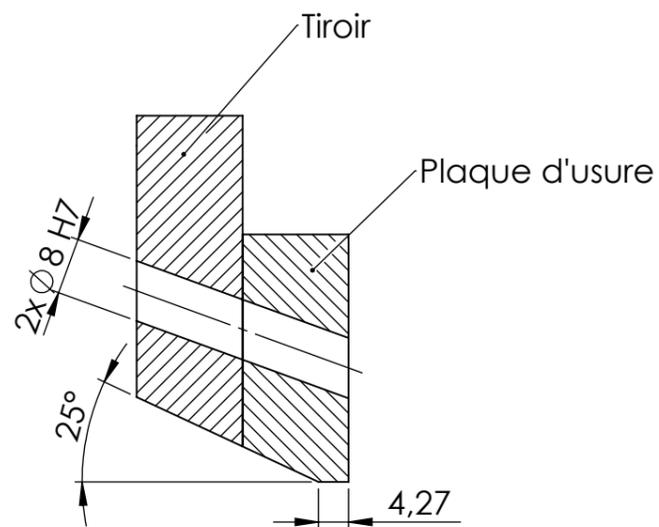
230 ±0,02

340 ±0,02

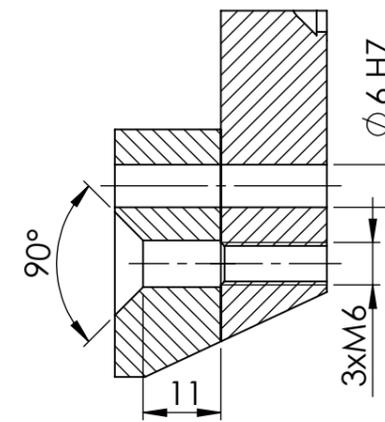
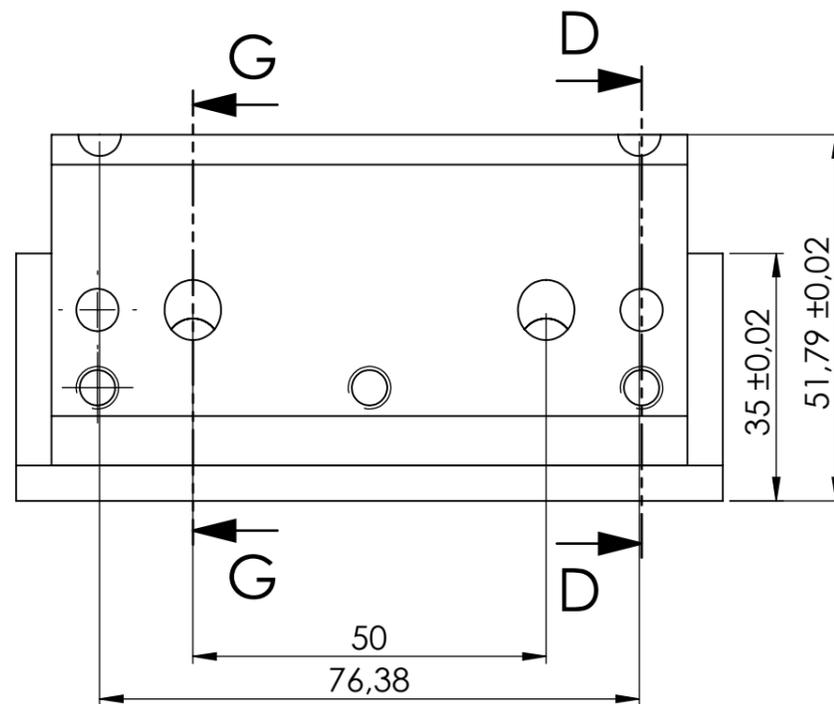


COUPE A-A

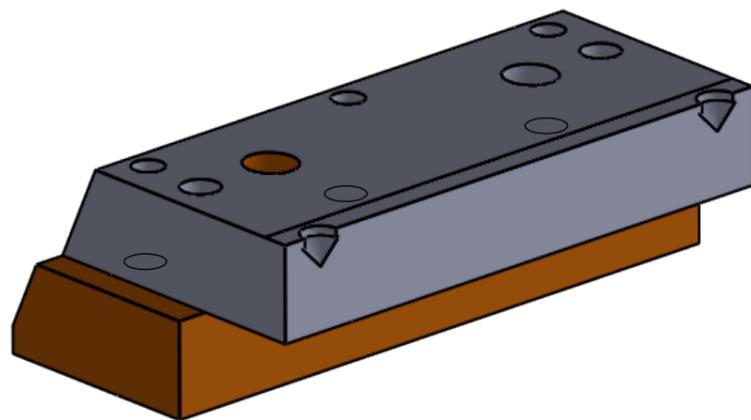
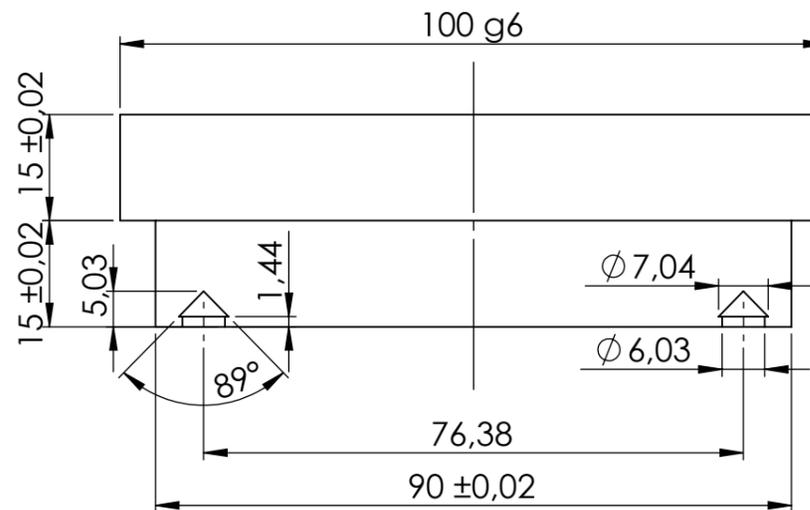
NOM-PRENOM /		RAMDANE BELKACEM	
Echelle 1 : 2.5		Désignation : Semelle mobile	
		DGM-FGC-UMMTO	2020/2021
Format : A3		Matière E24	M2-CM



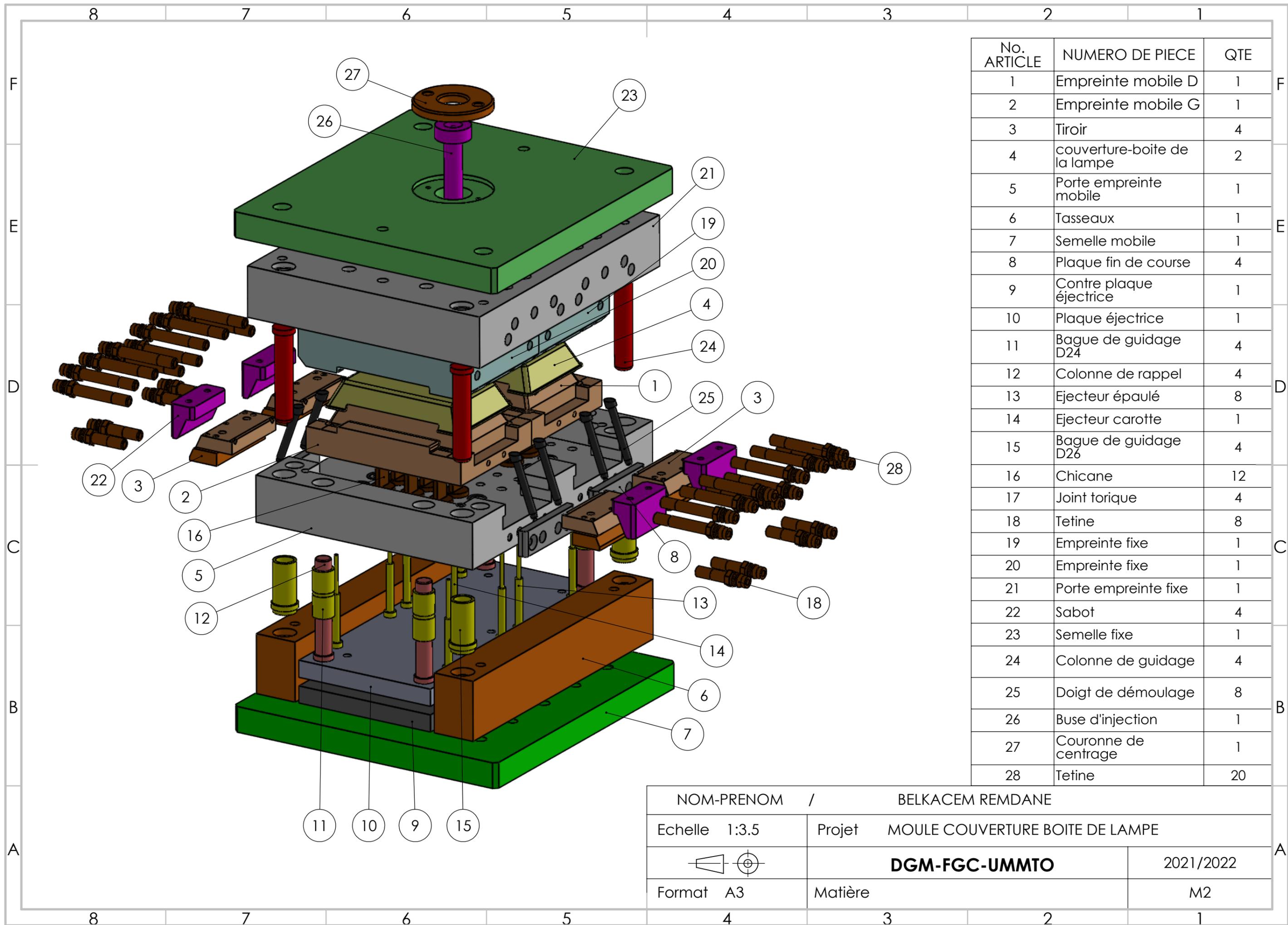
COUPE G-G
ECHELLE 1 : 1



COUPE D-D
ECHELLE 1 : 1



NOM-PRENOM / RAMDANE BELKACEM		Qté : 02	
Echelle 1:1	Désignation : Ensemble tiroir		
		DGM-FGC-UMMTO	
		Format A3	Matière XC48
		M2-CM	



No. ARTICLE	NUMERO DE PIECE	QTE
1	Empreinte mobile D	1
2	Empreinte mobile G	1
3	Tiroir	4
4	couverture-boite de la lampe	2
5	Porte empreinte mobile	1
6	Tasseaux	1
7	Semelle mobile	1
8	Plaque fin de course	4
9	Contre plaque éjectrice	1
10	Plaque éjectrice	1
11	Bague de guidage D24	4
12	Colonne de rappel	4
13	Ejecteur épaulé	8
14	Ejecteur carotte	1
15	Bague de guidage D26	4
16	Chicane	12
17	Joint torique	4
18	Tetine	8
19	Empreinte fixe	1
20	Empreinte fixe	1
21	Porte empreinte fixe	1
22	Sabot	4
23	Semelle fixe	1
24	Colonne de guidage	4
25	Doigt de démoulage	8
26	Buse d'injection	1
27	Couronne de centrage	1
28	Tetine	20

NOM-PRENOM / BELKACEM REMDANE	
Echelle 1:3.5	Projet MOULE COUVERTURE BOITE DE LAMPE
	DGM-FGC-UMMTO 2021/2022
Format A3	Matière M2