

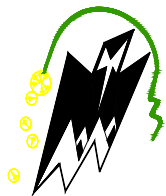
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou

Faculté de 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 : Fabrication Mécanique et productique



Thème

***Conception et Fabrication d'un moule à
injection plastique d'une grille
d'aération Ø100***

Orienté par :

Mr ASMA. F

Réalisé par :

Mr MAMMA Idir

Mr OUAZZOUK Kaci

Mr OUDAHMANE Oussama

PROMOTION 2014

Remerciements

Nous tenons à exprimer notre sincère reconnaissance à l'égard de tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail, particulièrement à notre promoteur Mr F. ASMA pour sa disponibilité, ses conseils et suggestions.

Nos remerciements vont également aux responsables et techniciens du hall de technologie qui nous ont aidé énormément dans la réalisation de notre projet, ainsi qu'à tous ceux qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

En fin, aux membres du jury qui nous font l'honneur d'examiner notre modeste travail.

Dédicaces

Il nous est agréable de saisir cette occasion pour dédier ce travail à tous :

- ❖ Nos parents.**
- ❖ Nos frères et sœurs.**
- ❖ Tous nos amis (es), camarades et tous ceux qui nous ont aidé de près ou de loin.**

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES:	I
LISTE DES TABLEAUX:	II
LISTE DES SYMBOLES:	III
INTRODUCTION GENERALE:	1
PRESENTATION DU SUJET:	2

CHAPITRE I : Etude des Matières Plastiques.

I)	INTRODUCTION.....	4
II)	DEFINITION DES MATIERES PLASTIQUES :	4
III)	LES DIFFERENTS GROUPES DE MATIERES PLASTIQUES :	4
	III.1) LES THERMOPLASTIQUES (LES THERMOPLASTES) :	4
	III.2) LES THERMODURCISSABLES (LES DUROPLASTES) :	5
	III.3) LES ELASTOMERES :	5
IV)	LES PROPRIETES ET COMPORTEMENT DES MATIERES PLASTIQUES :	5
	IV.1) PROPRIETES THERMIQUES ET PHYSIQUES :	5
	IV.2) AMELIORATION DES PROPRIETES DES MATIERES PLASTIQUES :	6
V)	DOMAINE D'APPLICATION DE LA MATIERE PLASTIQUE:.....	7
VI)	LA PRESENTATION DES MATIERES PLASTIQUES :	8
VII)	LE RECYCLAGE DES MATIERES PLASTIQUES :	9
VIII)	PRESENTATION DU POLYPROPYLENE :	11
	VIII.1) CARACTERISTIQUE GENERALES DU POLYPROPYLENE	11
	VIII.2) PROPRIETES THERMIQUE	12
	VIII.3) AUTRE PROPRIETES.....	12
IX)	CONCLUSION :	13

CHAPITRE II : Procédés de Mise en œuvre.

I) INTRODUCTION :	15
II) LA MISE EN ŒUVRE :	15
II.1) L'INJECTION	15
II.2) INJECTION SOUFFLAGE :	16
II.3) L'EXTRUSION :	17
II.4) EXTRUSION SOUFFLAGE :	18
II.5) LE THERMOFORMAGE :	18
II.6) LE CALANDRAGE :	19
II.7) LE MOULAGE PAR ROTATION (ROTOMOULAGE) :	19
III) DETAIL SUR L'INJECTION :	20
III.1) PRESSE A INJECTION	20
III.2) DESCRIPTION D'UNE PRESSE A INJECTER :	21
III.3) LES DIFFERENTES PRESSES D'INJECTION	21
a) Presse horizontale :	22
b) Presse verticale :	22
III.4) LES DIFFERENTES PARTIES OU UNITES D'UNE PRESSE :	22
a) Unité d'injection :	23
a.1) Système vis-piston :	23
a.2) Caractérisation du système :	23
b) Unité de fermeture :	24
c) Le moule :	25
III.5) LE CHOIX D'UNE PRESSE :	26
III.6) LES DIFFERENTES PHASES D'INJECTION :	26
a) Fermeture du moule et verrouillage :	27
b) Injection :	27
c) Refroidissement et solidification :	27
d) Ouverture du moule et démoulage :	27
IV) CONCLUSION :	27

CHAPITRE III : Conception du Moule

I)	INTRODUCTION	29
II)	CONCEPTION D'UN MOULE THERMOPLASTIQUE:	29
III)	ARCHITECTURE DU MOULE :	29
III.1)	MOULE A DEUX PLAQUES :	29
III.2)	MOULE A TROIS PLAQUES :	30
III.3)	MOULE A TIROIR :	30
III.4)	MOULE A COQUILLES :	30
III.5)	MOULE A CANAUX CHAUFFANT :	31
IV)	LE NOMBRE ET LA DISPOSITION D'EMPREINTES :	32
IV.1)	LE NOMBRE D'EMPREINTES :	32
IV.2)	DISPOSITION DES EMPREINTES DANS LE PLAN DE JOINT :	32
V)	LA MATIERE :	33
VI)	ALIMENTATION DU MOULE :	33
VI.1)	GENERALITES:	33
a)	Injection dans le plan de joint :	33
b)	Injection perpendiculaire au plan de joint :	33
VI.2)	POINT D'INJECTION :	34
VI.3)	CIRCULATION DE LA MATIERE :	34
a)	lignes de soudure :	34
b)	Ecoulement de matière :	35
VI.4)	REMPLISSAGE DES FORMES DE REVOLUTION	35
VI.5)	CANAUX D'ALIMENTATION :	36
a)	Les différents modes d'alimentation :	36
b)	Composition d'un système d'alimentation :	37
VII)	L'EJECTION DES PIECES :	38
VIII)	MATERIAUX POUR LA FABRICATION DES MOULES :	38
VIII.1)	GENERALITES :	38
VIII.2)	LES ACIERS UTILISES:	39
IX)	CONCEPTION DES PIECES :	40
X)	LA MACHINE :	41
XI)	THERMIQUE DU MOULE :	41
XII)	DEGAZAGE DU MOULE :	42

XIII) FIXATION DU MOULE :	43
XIII.1) FIXATION PAR VIS :	43
XIII.2) BRIDAGE :	43
XIV) CONCLUSION :	43

CHAPITRE IV : CFAO

I) INTRODUCTION A LA CFAO	45
II) LA CAO (CONCEPTION ASSISTEE PAR ORDINATEUR) :	45
II.1) DEFINITION DE LA CAO :	45
II.2) APPLICATION	46
a) Conception de la pièce moulée :	46
b) Conception du moule :	47
c) Assemblage des pièces de moule :	47
d) Etude de mouvement:	48
III) LA FABRICATION ASSISTEE PAR ORDINATEUR (FAO) :	49
III.1) DEFINITION :	49
III.2) LE G-CODE OU LANGAGE MACHINE :	49
III.3) APPLICATION:	51
IV) MACHINES-OUTILS A COMMANDE NUMERIQUE :	52
IV.1) INTRODUCTION :	52
IV.2) CLASSIFICATION DES MACHINES OUTIL A COMMANDES NUMERIQUE :	52
IV.3) ELEMENTS DE BASE D'UNE MOCN :	53
V) SIMULATION D'UNE MACHINE A COMMANDE NUMERIQUE :	54

CHAPITRE IV : Calcul de Vérification

I) LE CHOIX DE LA MACHINE:	56
I.1) LA CAPACITE D'INJECTION:	56
a) La masse de la pièce :	56
b) La masse de la carotte :	58
c) La masse de la moulé (M) :	59

I.2)	LA FORCE DE FERMETURE DE LA MACHINE:	59
I.3)	LA PUISSANCE DE PLASTIFICATION (C):	60
I.4)	LA DISTANCE ENTRE COLONNES :	63
I.5)	EPAISSEUR MINIMALE DU MOULE :	64
II)	L'ETUDE THERMIQUE :	64
II.1)	TEMPS DE REFROIDISSEMENT:.....	65
II.2)	TEMPS DE CYCLE :	67
III)	RESISTANCE DES MATERIAUX :.....	68
III.1)	RESISTANCE DU PLAN DE JOINT AU MATAGE:.....	68
III.2)	VERIFICATION DES VIS DE FIXATION DU PORTE EMPREINTE MOBILE, DES TASSEaux ET LA PLAQUE SEMELLE AU CISAILEMENT :	69
III.3)	VERIFICATION DES VIS DE FIXATION DE PORTE EMPREINTE FIXE, ET LA PLAQUE SEMELLE AU CISAILEMENT :.....	70
III.4)	VERIFICATION DES VIS DE FIXATIONS A UTILISER SUR CHACUNE DES SEMELLES DU MOULE :.....	71
IV)	LE CHOIX DES RESSORTS :	72
V)	CONDUIT DE REFROIDISSEMENT :	75
V.1)	DIMENSION ET NOMBRE DE CIRCUITS :	75
VI)	EQUILIBRAGE DES CANAUX DE MOULEE :.....	76
VII)	CONCLUSION :	77
CONCLUSION GENERALE :		79
DESSINS DE CONCEPTION:		IV

LES ANNEXES

ANNEXE 1 : programme d'usinage porte empreinte fixe	V
ANNEXE 2 : programme d'usinage empreinte fixe.....	VI
ANNEXE 3 : Composants standard pour moule (RABOURDIN).....	VII
ANNEXE 4 : Gamme d'usinage.....	VIII
BIBLIOGRAPHIE.....	

LISTE DES FIGURES

Figure	Titre	page
Fig. 1	<i>Evolution de la consommation des polymères.</i>	7
Fig.2	<i>Schéma du principe de mise en œuvre.</i>	15
Fig.3	<i>Procédé d'injection.</i>	16
Fig.4	<i>Injection Soufflage.</i>	16
Fig.5	<i>Extrusion.</i>	17
Fig.6	<i>Extrusion soufflage.</i>	18
Fig.7	<i>Thermoformage.</i>	18
Fig.8	<i>Système de calandrage.</i>	19
Fig.9	<i>Procédé de moulage par rotation.</i>	20
Fig.10	<i>Presse à injection.</i>	20
Fig.11	<i>Description de la presse a injection.</i>	21
Fig.12	<i>Dispositif d'une presse d'injection.</i>	22
Fig.13	<i>Vis-piston.</i>	23
Fig.14	<i>Moule d'injection plastique.</i>	25
Fig.15	<i>Illustration des déférentes phases d'injection plastique.</i>	26
Fig.16	<i>Exemple de moule simple à deux plaques.</i>	29
Fig.17	<i>Exemple de moule à trois plaques.</i>	30
Fig.18	<i>Exemple de moule à tiroir.</i>	30
Fig.19	<i>Exemple de moule à coquilles.</i>	31
Fig.20	<i>Exemple de moule à canaux chauffant.</i>	31
Fig.21	<i>Nombre d'empreintes en fonction de critères techniques et économiques.</i>	32
Fig.22	<i>Injection dans le plan de joint.</i>	33
Fig.23	<i>Injection perpendiculaire au plan de joint.</i>	33
Fig.24	<i>centre de gravité.</i>	34
Fig.25	<i>équilibre des efforts.</i>	34
Fig.26	<i>Lignes de soudure.</i>	35
Fig.27	<i>Ecoulement de la matière.</i>	35
Fig.28	<i>Remplissage des formes de révolution.</i>	35
Fig.29	<i>Alimentation en nappe.</i>	36
Fig.30	<i>Alimentation capillaire.</i>	36

Fig.31	<i>Alimentation sous-marine.</i>	37
Fig.32	<i>Composition d'un système d'alimentation.</i>	38
Fig.33	<i>Event.</i>	42
Fig.34	<i>Procédé de bridage.</i>	43
Fig.35	<i>conception d'une pièce sur solidworks.</i>	46
Fig.36	<i>utilisation de l'outil de moulage sur solidworks</i>	47
Fig.37	<i>Assemblage sur solidworks.</i>	48
Fig.38	<i>Etude de mouvement sur solidworks.</i>	48
Fig.39	<i>Format de G-Code.</i>	50
Fig.40	<i>Fenêtre principale de CATIA.</i>	51
Fig.41	<i>Fenêtre principale de SSCNC.</i>	54
Fig.42	<i>simulation d'usinage sur SSCNC.</i>	54
Fig.43	<i>Gille d'aération.</i>	57
Fig.44	<i>Moustiquaire.</i>	58
Fig.45	<i>Carotte.</i>	58
Fig.46	<i>surface projeté.</i>	60
Fig.47	<i>temps du cycle sur solidworks plastique.</i>	61
Fig.48	<i>Schémas d'un plateau d'une presse 75T.</i>	63
Fig.49	<i>Caractéristiques dimensionnelles de la presse 75T (i3).</i>	64
Fig.50	<i>propriétés du pp sur solidworks plastique.</i>	66
Fig.51	<i>Etude thermique sur solidworks plastique.</i>	67
Fig.52	<i>Porte empreinte fixe.</i>	68
Fig.53	<i>Batterie d'injection.</i>	72
Fig.54	<i>Schéma de dimensionnement d'un Ressort.</i>	73
Fig.55	<i>Classification des ressorts par couleur.</i>	74
Fig.56	<i>solidworks plastics.</i>	76

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Titre	Page
Tableau.1	<i>Domaines d'applications des polymères</i>	8
Tableau.2	<i>Propriétés thermique du polypropylène</i>	12
Tableau.3	<i>comparaison entre polymères</i>	12
Tableau.4	<i>Caractéristiques technologiques du polypropylène</i>	12
Tableau.5	<i>Conditions de mise en œuvre de polypropylène</i>	13
Tableau.6	<i>Disposition des empreintes dans le plan de joint.</i>	32
Tableau.7	<i>Choix des matériaux.</i>	39
Tableau.8	<i>Capacité d'injection.</i>	56
Tableau.9	<i>pression d'injection.</i>	59
Tableau.10	<i>Caractéristiques techniques de la presse 75T.</i>	62

LISTE DES SYMBOLES

MOCN : machines-outils à commande numérique

CFAO : conception et fabrications assistées par ordinateur

CAO : conception assistée par ordinateur

FAO : fabrication assistée par ordinateur

PE : polyéthylène

PS : polystyrène

PVC : polychlorure de vinyle

Tg : point de température de transition vitreuse (°C)

Tf : point de fusion (°C)

PP : Polypropylène

ABS : Acrylonitrile Butadiène Styrène

PEhd : Polyéthylène haute densité

PEbd : Polyéthylène basse densité

e : épaisseur (mm)

L : longueur (mm)

Lc : longueur totale des canaux (mm)

S : Surface (mm²)

F₀ : force d'ouverture du moule (N)

F_s : force de serrage (N)

F_v : la force de verrouillage (N)

F : effort normal (N)

σ : contrainte (Mpa)

[τ]_{cis} : limite de cisaillement admissible (Mpa)

K : Coefficient de sécurité (pas d'unité)

Spj : surface du plan de joint (mm²)

R_e : limite élastique du matériau (Mpa)

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_i : température de la matière à l'injection ($^{\circ}\text{C}$)

T_m : température moyenne du moule au cours du cycle ($^{\circ}\text{C}$)

T_e : température de la matière à l'éjection ($^{\circ}\text{C}$)

M : masse de la grappe moulée (g)

d_c : diamètre des canaux (mm)

L_c : longueur totale des canaux (mm)

d : diamètre (mm)

c : puissance de plastification (kg/h)

n : le nombre de sections cisailées

H : hauteur (mm)

INTRODUCTION GENERALE

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

Le monde d'aujourd'hui vit une situation de concurrence, cela nous mène à produire au plus bas coût possible et dans un temps réduit. Pour cela, on recherche des méthodes plus réalistes et plus adaptées. La maîtrise des outils technologiques actuels est nécessaire, comme l'utilisation des machines à commande numérique, les logiciels de conception et de fabrication.

On nous a confié dans le cadre de l'exécution de notre mémoire de fin d'études, la conception et la fabrication d'un moule d'injection plastique pour une grille d'aération Ø100. Cette dernière étant en plastique et obtenue par le procédé d'injection.

L'objectif de cette étude est de cerner les matières plastiques et le procédé de mise en œuvre par injection, puis de concevoir les pièces, les empreintes et le moule en utilisant un logiciel de conception CAO (SOLIDWORKS) tout en générant des programmes de fabrications d'empreintes par un logiciel de fabrication FAO (CATIA) de même que la simulation d'usinage sur (SSCNC), terminant par la fabrication du moule.

Nous avons organisé notre travail en cinq chapitres afin de bien le mener. Après une introduction générale sur le sujet, vient le chapitre I qui présente l'étude des matières plastiques, puis les procédés de mise en œuvre de ces dernières sont présentés dans le deuxième chapitre. Ensuite, la conception du moule répartie en trois parties :

Une partie théorique notée chapitre III, dans laquelle nous avons traité les équipements et les méthodes nécessaires à la conception, au chapitre IV est présenté la partie conception et fabrication assistée par ordinateur (CFAO), ensuite nous aborderons la partie calcul au chapitre V.

Enfin, nous terminerons par les dessins de définitions et le dessin d'ensemble qui seront présentés après conclusion générale.

PRESENTATION DU SUJET

La grille d'aération est un accessoire qui peut être encastré dans un ouvrage maçonné ou très souvent positionné aux plafond et faux-plafond, aux portes et fenêtres en bois, aluminium ou autre ; tout en assurant son rôle de permettre la sortie d'air dans tous les logements afin d'éviter tout problème majeur dans une habitation tels que : le risque d'intoxication au monoxyde de carbone et le risque d'humidité des murs, plafonds ou autres équipements .

Afin de réaliser cette grille, nous avons mis à notre disposition une ancienne grille, les modifications à lui apporter et sa matière.

Le but du sujet est de concevoir et fabriquer un moule à injection plastique pour la réalisation d'une grille d'aération (dont les plans sont présentés ci-après), ainsi que son traitement sur logiciels de conception et de fabrication assistés par ordinateur (CFAO).



Chapitre 1

Étude des matières plastiques

I) Introduction :

Les polymères, appelés communément "matières plastiques", sont indissociables de notre environnement et de notre vie pratique. Ils se sont imposés dans tous les domaines de nos activités: des objets les plus banals jusqu'à des applications techniques sophistiquées, en passant par leur utilisation dans les produits d'hygiène ou alimentaires.

Le plus souvent synthétiques, quelquefois naturels, ils doivent cet essor à leur large gamme de caractéristiques, durs, mous ou élastiques, transparents ou opaques, isolants et quelquefois conducteurs, plus ou moins résistants aux conditions agressives de leur usage, toujours légers.

On rencontre les polymères dans les petits objets usuels dans les maisons, les appareils électroménagers, et aussi en tant que matériaux de construction, en revêtements et peintures, dans les emballages, les pneus, les fibres textiles, les produits médicaux, chirurgicaux, prothèses, produits d'hygiène, articles de loisirs, pièces de structures dans les véhicules de transport, les équipements électriques, les circuits électroniques. Ils s'infiltrèrent aussi dans l'alimentation, les produits cosmétiques, etc...

II) Définition des matières plastiques :

Une matière plastique ou familièrement un plastique désigne un mélange contenant une matière de base organique naturelle ou synthétique qui est susceptible d'être moulée, façonnée, en général à chaud et sous pression, afin de conduire à un semi-produit ou à un objet fini. Le mot "plastique" dérive de malléabilité ou de plasticité. Les matières plastiques couvrent une gamme très étendue de matériaux polymères synthétiques ou artificiels.

III) Les différents groupes de matières plastiques :**III.1) Les thermoplastiques (Les thermoplastes) :**

Les thermoplastiques se ramollissent sous l'effet de la chaleur. Ils deviennent souples, malléables et durcissent à nouveau quand on les refroidit. Comme cette transformation est réversible, ces matériaux conservent leurs propriétés et ils sont facilement recyclables. La température d'utilisation est inférieure à 100°C.

III.2) Les thermodurcissables (Les duroplastiques) :

Les thermodurcissables sont des plastiques qui prennent une forme définitive au premier refroidissement. La réversibilité de forme est généralement impossible car ils ne se ramollissent plus une fois moulés. Mais dans certains cas il peut y avoir ramollissement mais sans fusion. Sous de très fortes températures, ils se dégradent et brûlent (carbonisation).

III.3) Les élastomères :

Ces polymères présentent les mêmes qualités élastiques que le caoutchouc. Un élastomère au repos est constitué de longues chaînes moléculaires repliées sur elles-mêmes.

A température ordinaire, les macromolécules forment un réseau déformable. Elles peuvent sous l'effet d'une force de traction extérieure se déplier. Elles présentent alors un allongement considérable. Ce phénomène appelé haute élasticité est réversible. Sitôt relâché, le produit reprend ses dimensions primitives [3].

IV) Les propriétés et comportement des matières plastiques :

Le comportement des polymères est caractérisé par une très grande diversité apparente. En effet, pour les mêmes conditions d'utilisation, et d'un point de vue technologique, on peut trouver des polymères qui sont, soit rigides fragiles, soit ductiles, soit caoutchoutiques.

IV.1) Propriétés thermiques et physiques :

- **Inflammabilité :**

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

- **Résistance au feu :**

Elle est déterminée par le temps pendant lequel un élément continue de jouer son rôle avant de céder sous l'action des flammes. Les matériaux sont classés en trois catégories:

- SF stable au feu: seule la tenue mécanique est requise.

- PF pare flamme : en plus de la résistance mécanique, l'élément doit être étanche aux flammes et ne pas dégager de gaz inflammables.

- CF coupe-feu : en plus des critères précédents, la face non exposée au feu ne doit pas s'échauffer à plus de 1400°C en moyenne

- **Résistance thermique :**

La chaleur fait perdre aux matières plastiques leurs caractéristiques mécaniques jusqu'à les décomposer par contre, le froid leur fait perdre leur souplesse.

- **Isolation thermique :**

Ce sont des mousses de matières plastiques qui possèdent les plus bas coefficients de transmission de chaleur.

- **Légèreté :**

La densité de la plupart des matières plastiques est comprise entre 0,9 (plus léger que l'eau) à 1,8 (plus lourde que l'eau). Le plus souvent 1 (aussi lourde que l'eau)

- **Transparence :**

Certains plastiques sont presque aussi transparents que le verre.

Beaucoup sont translucides (laissent passer la lumière, mais on ne peut voir à travers)

- **Esthétique :**

Les couleurs sont variées. L'aspect lisse et fini du matériau donne un bel aspect aux objets.

- **Entretien :**

Ils sont d'un entretien facile. Ils ne nécessitent aucun traitement de surface (peinture....). Ils résistent à la corrosion et certains attirent la poussière.

- **Malléabilité :**

(Possibilité de leur donner une forme) La mise en œuvre des thermoplastiques est aisée. Certains sont malléables à froid, d'autres le deviennent à une température de 60°C.

IV.2) Amélioration des propriétés des matières plastiques :

Différents composés sont introduits dans les polymères de base pour améliorer les propriétés physiques et chimiques de la matière plastique (résistance aux chocs, résistance au courant électrique, résistance au vieillissement ...). Les dosages des différents composants doivent être précis (les additifs entrent pour plus de 10% dans la composition du produit fini ;

les adjuvants entrent pour moins de 10% dans la composition du produit fini, par fois moins de 1%). L'action de la chaleur assure la transformation vers la matière première définitive.

Nous désignerons par additifs ou adjuvants tout produit susceptible d'améliorer une ou plusieurs propriétés du plastique qui sert de matrice (c'est -à-dire qui enrobe le renfort). Les additifs entrent plus de 10% dans la composition fini.

V) Domaine d'application de la matière plastique:

Contrairement à d'autres matériaux qui restent très focalisés sur un type d'activité, on retrouve ces matériaux polymères dans tous les secteurs d'activité : automobile, construction navale et aéronautique, électricité-électronique, électroménager, sport et loisir, santé, textile, agriculture, emballage... ce qui explique l'augmentation sans cesse de leur consommation mondiale (figure et tableau suivants) .

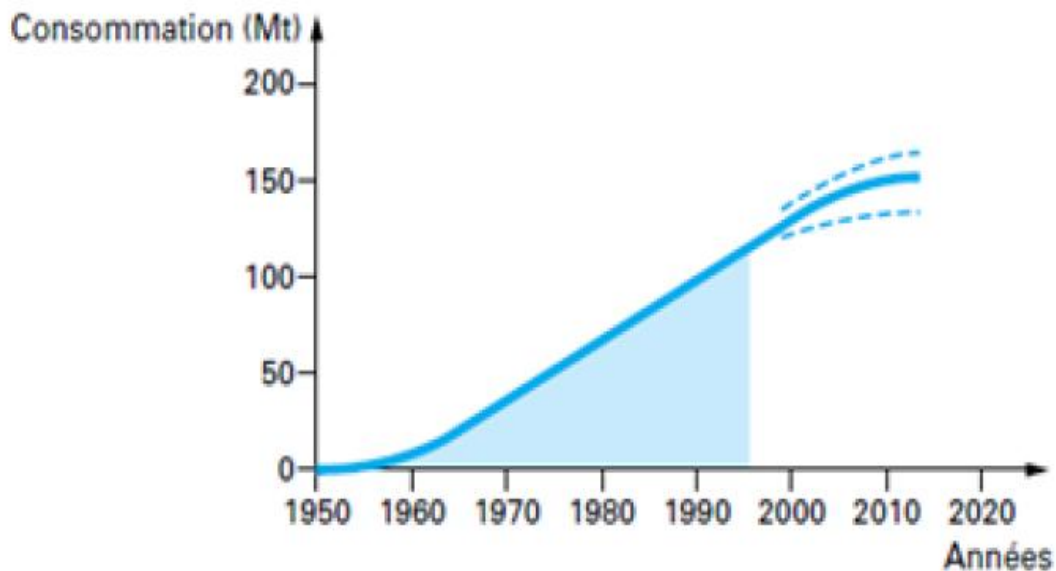


Fig.1 : Evolution de la consommation des polymères [5].

Domaines	Applications	Polymères
Electricité et Electronique	-isolants d'appareillages -circuits imprimés -carters d'appareils	Polystères, époxydes, Phénoliques, PS,ABS,PP
Automobile	-coussin, volant, pare-choc -filtre, batterie, climatiseur -réservoir d'essence -garniture interne	_PP _PEhd _PVC
Bâtiments et travaux publics	-canalisation d'eau, raccord pour tubes -décoration lumineuse -tuyaux et profils, tubes électriques	_PVC rigide _PS _PEbd
Emballage et conditionnement	-sac cabas, sac poubelle, articles injectés -couvercles, boîtages -bouteilles, feuilles, films	_PEbd _ABS _PVC
Agriculture	-serre, paillage, ensilage, bachelage Poterie florale et cagette -drainage, arrosage	_PE _PVC
Santé	-poche à sang, gang d'examen, Masque pour oxygénothérapie -piston de seringue jetable, éléments de prothèse orthopédique -Paroi de rein artificiel	_PVC _PEhd _ABS

Tableau.1 : Domaines d'applications des polymères [5].

VI) La présentation des matières plastiques :

➤ **La forme commerciale** : On les trouve sous différentes formes :

- en poudre : Polychlorure de vinyle (PVC)
- en granulés : la majorité des thermoplastiques
- en billes : Polystyrène expansé(PS)
- en résine liquide : la majorité des thermodurcissables
- en résine pâteuse : Silicones

VII) Le recyclage des matières plastiques [5] :

De nombreuses matières plastiques peuvent aujourd'hui être recyclées. La collecte et le tri sélectif sont deux points qu'il faut résoudre pour arriver à une bonne gestion des déchets (actuellement, on pratique le triage densimétrique par rapport à la densité) à l'aide de liquides de densités différentes pour séparer les différents plastiques. Et le système des sept codes qui a été créé par l'industrie des plastiques en voyant en dessous des produits (Ex : en dessous des bouteilles).

**PETE**

PETE ou PET : polyéthylène téréphtalate: utilisé habituellement pour les bouteilles d'eau minérale et de jus de fruits, les emballages, les blisters, les rembourrages Potentiellement dangereux pour l'usage alimentaire.

**HDPE**

HDPE ou PEHD : polyéthylène haute densité : certaines bouteilles, flacons, et d'une façon plus générale emballages semi-rigides. Considérés comme sans danger pour l'usage alimentaire.



V ou PVC : polychlorure de vinyle : utilisé pour les canalisations, tubes, meubles de jardin, revêtements de sol, profilés pour fenêtre, volets, bouteilles de détergents, toiles cirées. Potentiellement dangereux pour l'usage alimentaire.



LDPE ou PEBD : polyéthylène basse densité : bâches, sacs poubelle, sachets, films, récipients souples. Considéré comme sans danger pour l'usage alimentaire.



PP : polypropylène : utilisé dans l'industrie automobile (équipements, pare-chocs), jouets, et dans l'industrie alimentaire (emballages). Considéré comme sans danger pour l'usage alimentaire.



PS : polystyrène : plaques d'isolation thermique pour le bâtiment, barquettes alimentaires (polystyrène expansé), couverts et gobelets jetables, boîtiers de CD, emballages (mousses et films), jouets, ustensiles de cuisine, stylos, etc. Potentiellement dangereux, surtout en cas de combustion (contient du styrène).



OTHER ou O : tout plastique autre que ceux appelés de 1 à 6. Inclut par exemple les plastiques à base de polycarbonate ; potentiellement toxique.

VIII)Présentation du Polypropylène :

Le Polypropylène est une matière plastique relativement récente ; il a été mis au point en Italie dans les années 1950 (souvent dénommé «polypro» - PP) est la deuxième matière plastique la plus utilisée sur terre. Elle est essentiellement utilisée dans l'emballage, mais également dans des pièces automobiles et des accessoires de la vie de tous les jours.

Le polypropylène est obtenu par la polymérisation du propylène c'est un matériau thermoplastique semi cristallin, (il devient malléable et pâteux sous l'action de la chaleur et reprend sa consistance initiale en refroidissant). Il est souple, thermoformable, résistant à l'eau et à la plupart des huiles, recyclable, facile à mouler et à usiner.

VIII.1) Caractéristiques générales du polypropylène

- Bonne stabilité thermique
- Légèreté
- Indéchirable
- Résistance haute température
- Sans danger pour les enfants
- Ecologique
- Rigide
- Solide et durable
- Ne vieillit pas
- 100% recyclable

VIII.2) Propriétés thermiques

Les polypropylènes(PP) brûlent même en l'absence de la flamme bleutée

PROPRIETES	UNITES	POLYPROPYLENE
Température de fusion	°C	168 – 169
Température transition vitreuse	°C	-10
Température fragilisation	°C	100
Température TFC	°C	100
Température résistance continue	°C	95

Tableau.2: Propriétés thermique du polypropylène.

VIII.3) Autre Propriétés

	Polypropylène	PVC	Polystyrène
Solidité	2	1	5
Résistance à la chaleur	1	2	4
Rigidité	2	2	1
Clarté	2	2	1
Environnement	1	5	4

1 = Excellent 5 = Mauvais

Tableau.3: comparaison entre polymères.

➤ Caractéristiques technologiques du PP :

Masse Volumique (g/cm ³)	Résistance Aux Chocs A 0°C (j/m)	Résistance A la Flexion (Mpa)	Résistance A la compression (Mpa)	allongement A la Rupture (%)	Module D'élasticité (Mpa)
0.905 – 0.9	2.2	-	200 - 800	800 - 1000	1200 - 1000

Tableau.4: Caractéristiques technologiques du polypropylène.

➤ **Conditions de mise en œuvre :**

Température De la Matière à Injecter (°C)	Température Du moule (°C)	Pression D'injection (bar)	Vitesse d'injection (m/s)	Préchauffage (°C)
220	60 à 70	400 à 800	Elevée	60 à 70

Tableau.5: *Conditions de mise en œuvre de polypropylène.*

IX) Conclusion :

Durant ce chapitre, on a conclu que les matières plastiques sont des matériaux très utilisés dans divers domaines, et cela grâce de leurs propriétés (physiques, chimiques et mécaniques) qui rependent aux différentes exigences, telles que leurs poids très léger, leurs états de surface et leurs coûts de revient. De plus, il nous a permis de distinguer les différents types de matières plastiques, et leurs possibilités au recyclage.

Chapitre 11

Procédés de mise en œuvre

I) Introduction :

Les techniques de transformation des plastiques dépendent de la nature des polymères et de la destination des produits finis. Quelques méthodes sont régulièrement utilisées pour la fabrication des pièces et des objets en polymère.

Les principaux procédés de fabrication industrielle sont : l'injection, l'injection soufflage, l'extrusion, le thermoformage, le calandrage, le rotomoulage...

II) La mise en œuvre :

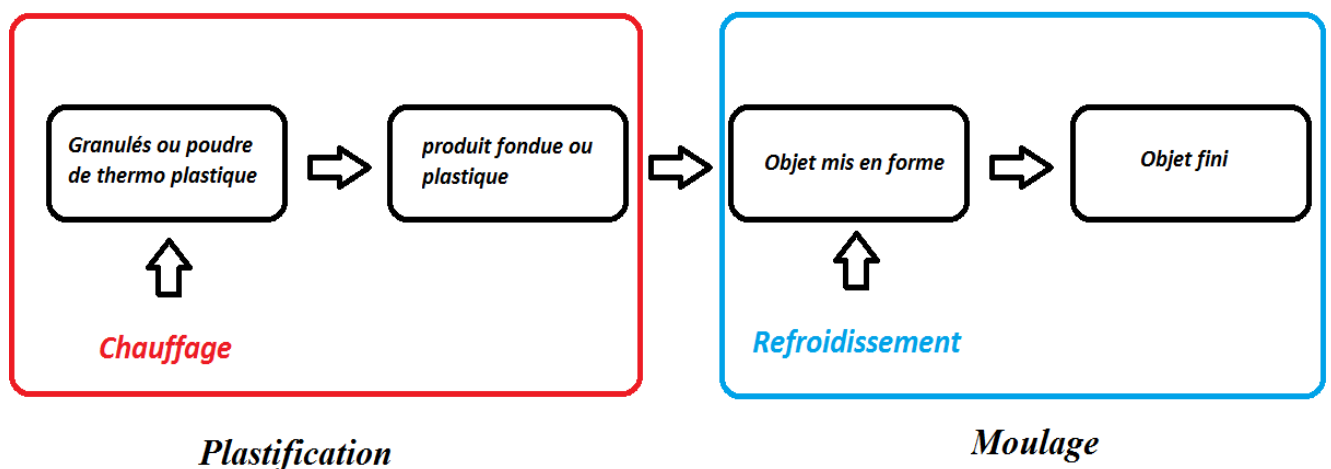


Fig.2 : Schéma du principe de mise en œuvre.

II.1) L'injection

La matière plastique sous forme de granulés, est versée dans une trémie pour alimenter une vis sans fin logée dans un tube chauffé. Elle y est comprimée, malaxée et chauffée.

Ce traitement mécanique et thermique fournit une pâte fondante et homogène qui est poussée par la vis en rotation vers un orifice. La matière expulsée sous pression par la vis d'injection à travers ce trou vient remplir un moule fermé et refroidi. Au contact des parois froides, elle prend la forme du moule et se solidifie. Le moule s'ouvre ensuite pour faire sortir la pièce. Pour changer la forme de la pièce, il faut changer le moule [3].

Ce procédé permet une transformation en discontinu des thermoplastiques. On obtient après démoulage des produits finis ou semi-finis de formes complexes en une seule opération. C'est une méthode de production très rapide pour produire des objets en très grande quantité. La technique de fabrication est fréquente pour fabriquer des objets moulés de qualité, parfois de forme compliquée dans le domaine de l'automobile, des jouets et de l'électronique. On peut

réaliser des objets très volumineux, par contre, il n'est pas possible de faire des parois supérieures à 6 mm. Les préformes de bouteille d'eau minérale qui ne peuvent pas être réalisées par extrusion sont fabriquées par cette technique d'injection.

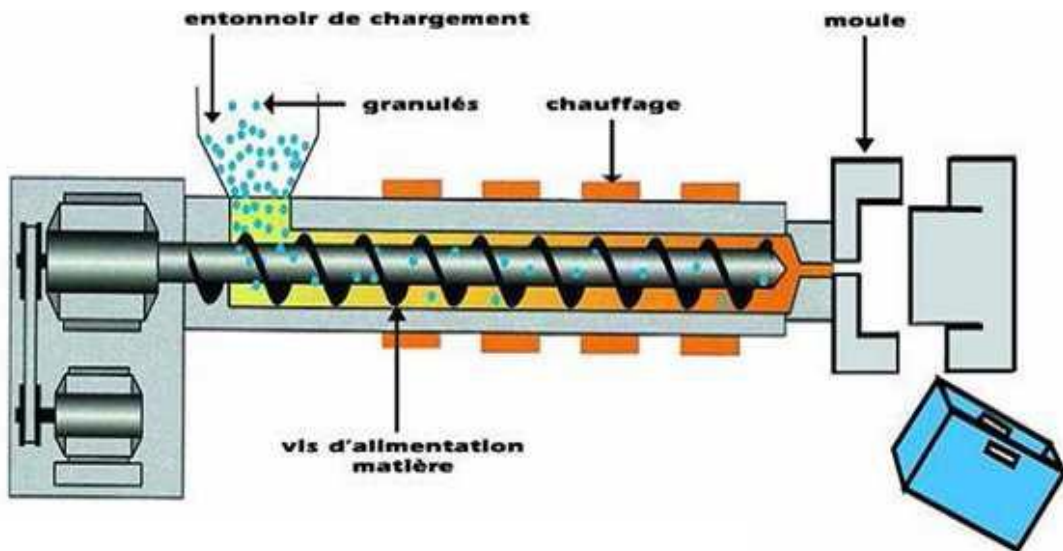


Fig.3 : Procédé d'injection.

II.2) Injection soufflage :

Ce procédé consiste à combiner la technique d'injection avec celle du soufflage. La matière est injectée pour former une (préforme) qui peut intégrer le vissage final de la pièce. La préforme peut être stockée, transportée ou directement réchauffée pour être ensuite soufflée à la forme voulue. L'éprouvette est alors enfermée dans un moule de soufflage en deux demi-coquilles ayant la forme désirée. Une extrémité de la préforme est pincée. De l'air comprimé (le plus souvent) est ensuite injecté dans la cavité par l'orifice de la préforme afin de plaquer la matière contre l'empreinte refroidie et figer la pièce dans sa forme finale [3].

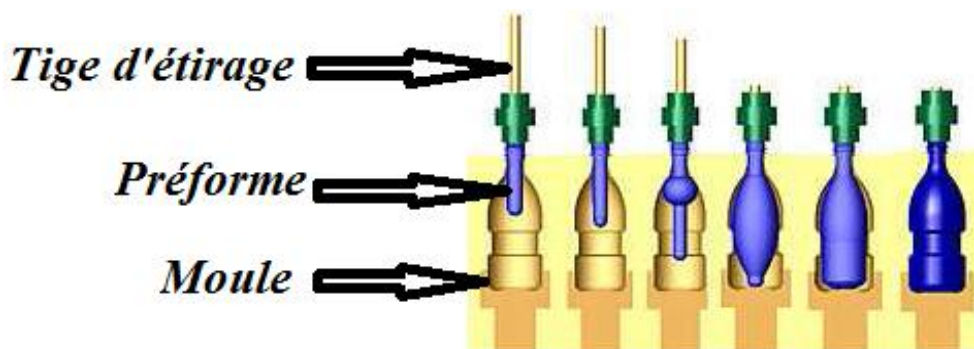


Fig.4 : Injection Soufflage.

II.3) L'extrusion :

Ce procédé de mise en œuvre en continu permet de transformer les poudres et granulés en tubes ou gaines, profilés, films ou plaques dont la longueur n'est pas limitée.

On introduit la matière dans un cylindre chauffant à l'intérieur duquel une vis sans fin la pousse. En avançant, la matière fond, se comprime, puis passe à travers une filière dont la forme est celle du produit à fabriquer.

Celui-ci est ensuite éventuellement traité pour acquérir certaines propriétés, puis refroidi. En utilisant plusieurs machines conjointement, on réalise des produits constitués de différentes matières sous forme de couches. Cette Co-extrusion permet de combiner les propriétés de plusieurs matériaux. L'extrusion est également employée pour le revêtement des fils et câbles électriques. L'extrusion est un procédé de fabrication à haute cadence, peu coûteux et qui permet d'obtenir des formes très diverses.

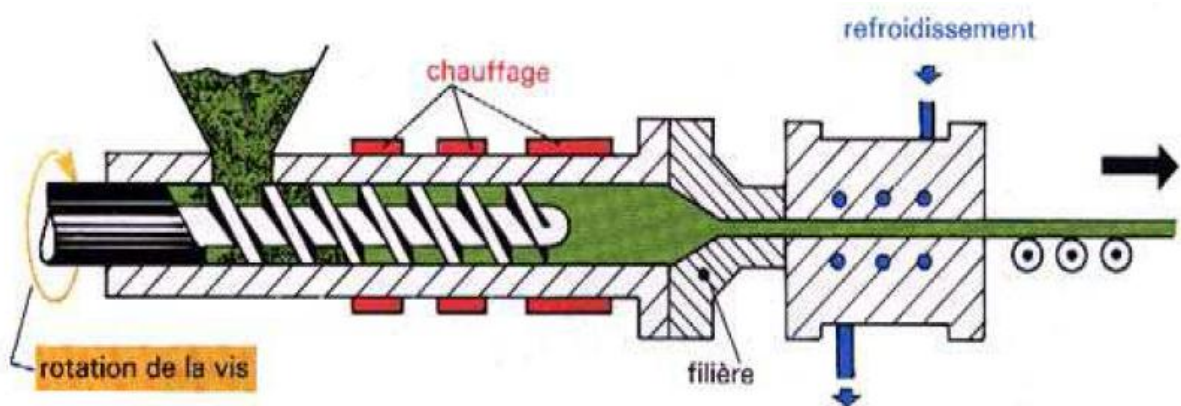
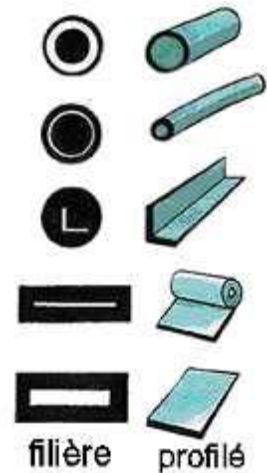


Fig.5: Extrusion [5].

II.4) Extrusion soufflage :

Cette technique permet de préparer des corps creux sans utiliser de moule pour réaliser la forme intérieure. L'extrudeuse, généralement munie d'une tête d'équerre produit la paraison. Cette paraison est transférée dans un moule. A la fermeture du moule, l'une de ses extrémités se soude sur elle-même et l'autre s'appuie sur un dispositif de soufflage qui injecte de l'air comprimé dans la paraison et la plaque sur les parois du moule où elle vient se refroidir.

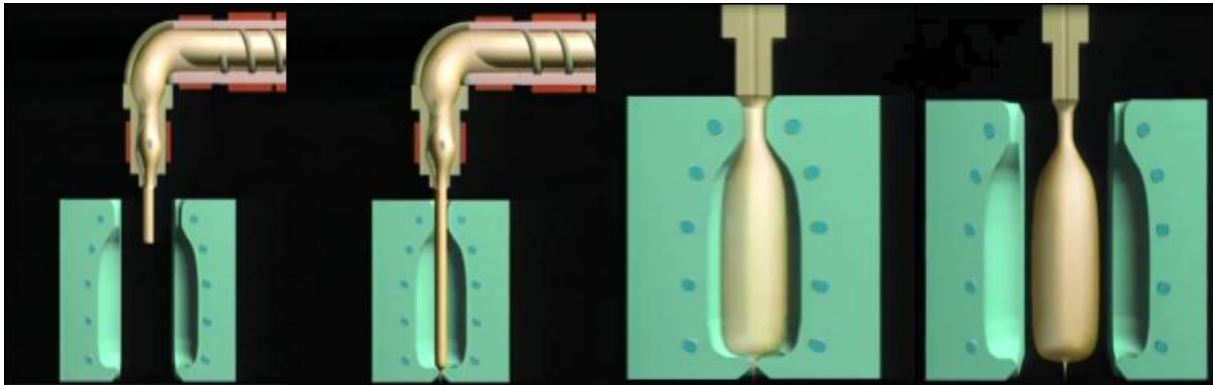


Fig.6 : Extrusion soufflage.

II.5) Le thermoformage :

C'est un procédé de seconde transformation dans lequel la matière arrive sous forme de plaques de tubes ou de profilés. Le matériau est ramolli par chauffage avant d'être déformé et mis en forme par un moule métallique. La parfaite adhésion du polymère sur le moule se fait par aspiration sous vide ou par plaquage par injection d'air. Il est possible de réaliser des pièces dont les parois sont fines et des pièces de grandes tailles.

Les plaques de polystyrène ou d'ABS sont particulièrement adaptées à ce type de transformation. Cette technique est utilisée pour produire des objets de formes géométriques simples comme des pots de yaourt, des baignoires et des éléments de carrosserie.

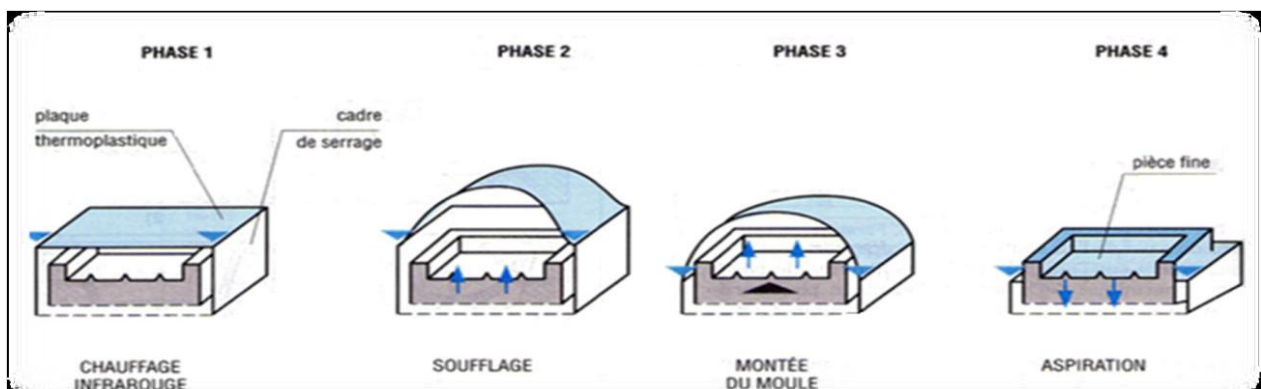


Fig.7: Thermoformage [3].

II.6) Le calandrage :

Le calandrage est un procédé de laminage utilisé pour la production de feuilles et de films plastiques. La résine thermoplastique chauffée et fondue est placée entre des rouleaux chauffants qui opèrent comme les anciennes essoreuses. Les rouleaux sont de plusieurs tailles et tournent donc à des vitesses légèrement différentes pour transformer le plastique en feuilles ou en fine pellicule. Le film est ensuite refroidi puis enroulé sur de grosses bobines. Ce procédé est souvent utilisé pour transformer le PVC en produits plats de grande largeur comme des nappes, du revêtement d'ameublement ou de maroquinerie car on peut donner par exemple une texture sur des matériaux synthétiques qui imitent le cuir.

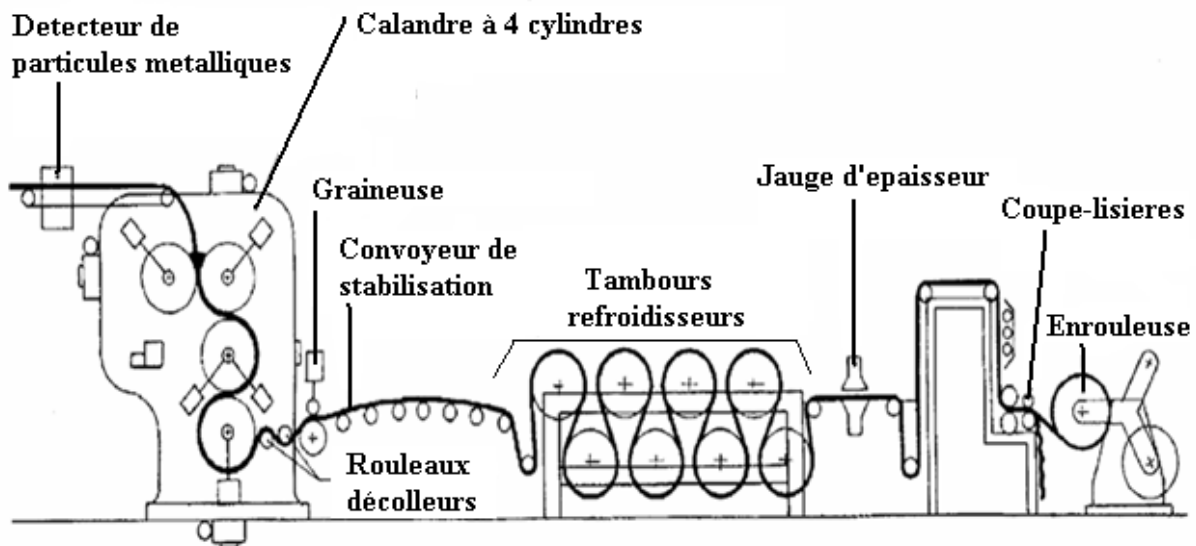


Fig.8 : Système de calandrage.

II.7) Le moulage par rotation (rotomoulage) :

Le moulage par rotation est conçu pour réaliser des corps creux de toutes dimensions. La méthode de fabrication est très simple : la matière thermoplastique est introduite dans un moule sous forme de poudre très fine, le moule est fermé puis chauffé ; pendant que la matière devient fluide, l'ensemble est mis en double rotation (ou rotation plus une oscillation) pour que la matière tapisse toutes les parois. Lorsque la matière est fondue et correctement répartie dans l'empreinte, le moule est introduit dans un système de refroidissement.

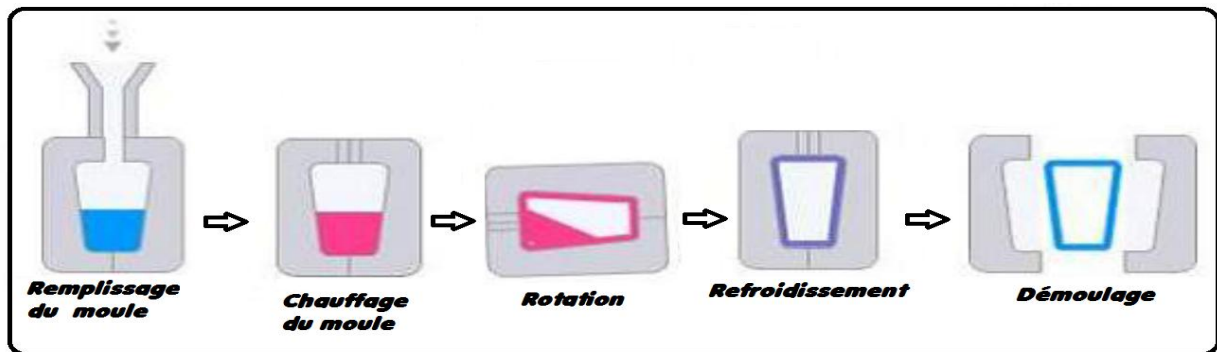


Fig.9: Procédé de moulage par rotation.

III) Détail sur l'injection :

L'injection plastique est le procédé le plus utilisé pour l'obtention de la plupart des pièces en plastiques.

Le matériau thermoplastique est préalablement rendu liquide par chauffage. Il est alors injecté sous haute pression, jusqu'à 1800 bar, dans la cavité du moule. On doit ensuite attendre que la matière plastique soit suffisamment froide et rigide avant d'ouvrir le moule et d'en éjecter la pièce sans risque de déformation, l'ensemble de ces étapes est assuré par une machine qui s'appelle : presse d'injection.

III.1) Presse à injection

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

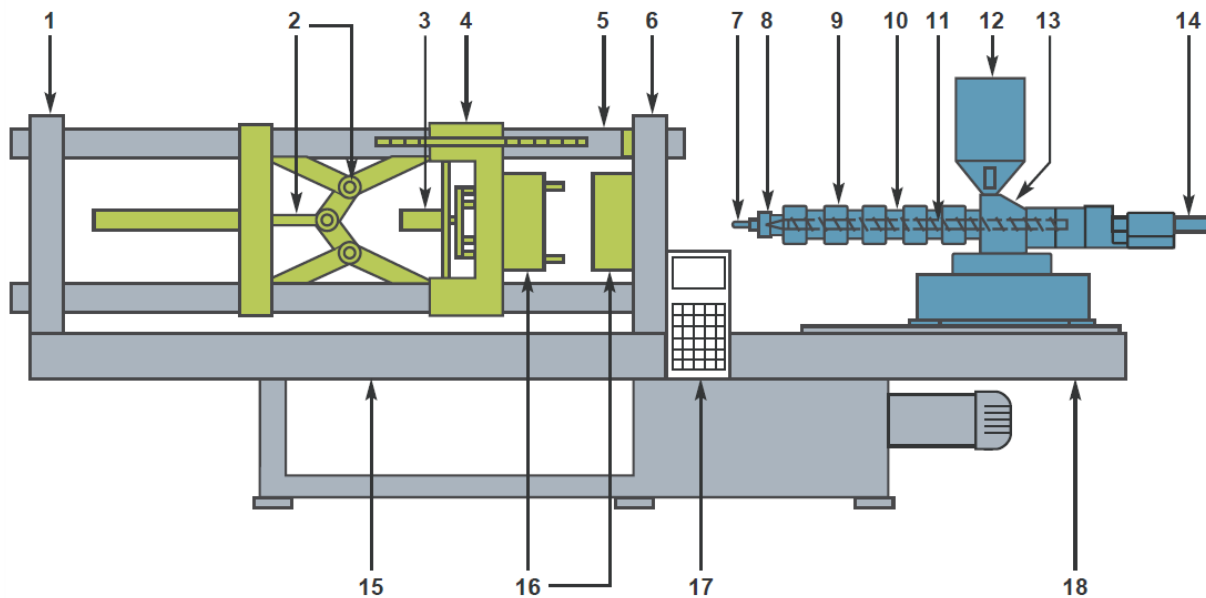
Les presses à injection sont classées par tonnage pouvant varier de 5 tonnes à 9 000 tonnes. Plus le tonnage est élevé, plus la presse peut mouler les pièces de grande surface projetée (dans le plan d'ouverture du moule).



Fig.10 : Presse à injection.

III.2) Description d'une presse à injecter :

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



- | | |
|---|--|
| 1. Plateau arrière fixe (<i>Backing platen</i>) | 10. Baril d'injection (<i>Transfer chamber</i>) |
| 2. Mécanisme de fermeture - genouillère et vérin (<i>Closing mechanism - Toggle lever and cylinder</i>) | 11. Vis (<i>Screw</i>) |
| 3. Éjecteur (<i>Ejector</i>) | 12. Trémie d'alimentation (<i>Feed hopper</i>) |
| 4. Plateau mobile (<i>Floating platen</i>) | 13. Goulotte d'alimentation (<i>Feed throat</i>) |
| 5. Colonne de guidage (<i>Tie bar</i>) | 14. Motorisation de la vis (<i>Screw motor</i>) |
| 6. Plateau fixe d'injection (<i>Fixed platen</i>) | 15. Décharge des pièces (<i>Parts discharge opening</i>) |
| 7. Buse d'injection (<i>Nozzle</i>) | 16. Moule (<i>Mold</i>) |
| 8. Tête du baril (<i>Barrel head</i>) | 17. Console de commande (<i>Digital control panel</i>) |
| 9. Bande chauffante (<i>Heater band</i>) | 18. Bâti (<i>Frame</i>) |

Fig.11 : Description de la presse à injection.

III.3) Les différentes presses d'injection

Il existe plusieurs presses d'injection plastique : presse à piston, à vis sans fin, à plateau tournant ; et à fermeture horizontale et injection verticale et vis versa ; en principe suivant le sens d'injection, on distingue deux configurations de presse possible :

a) Presse horizontale :

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

b) Presse verticale :

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

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

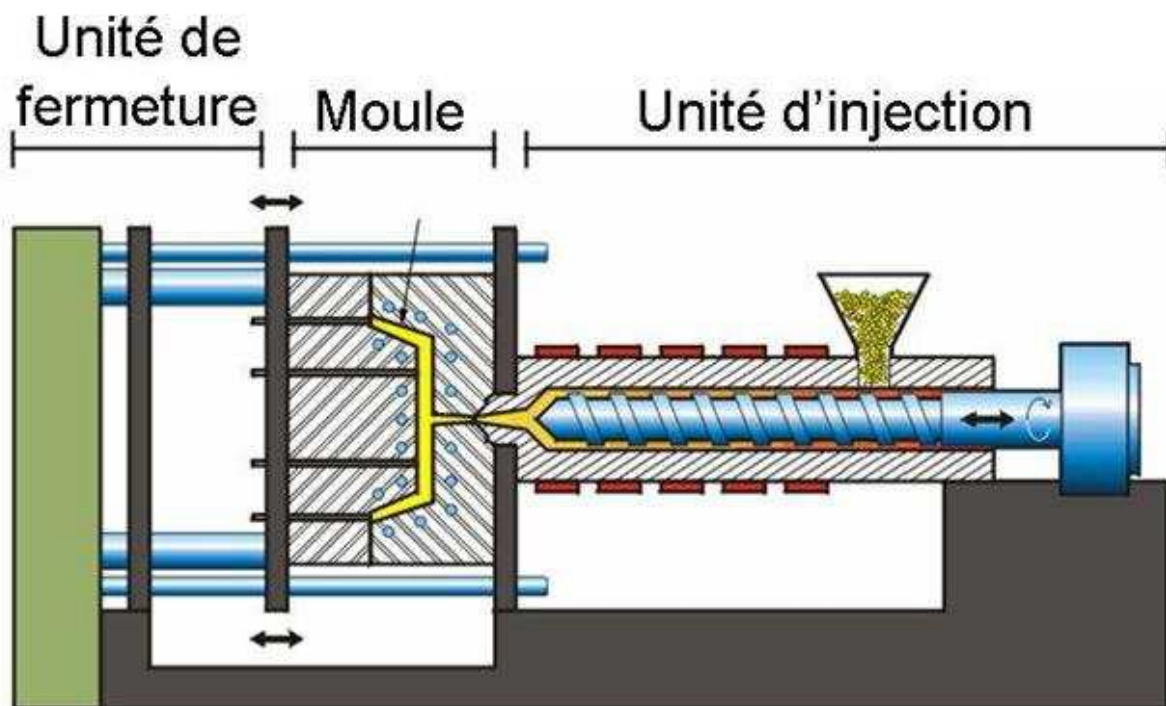
III.4) Les différentes parties ou unités d'une presse :

Fig.12 : Dispositif d'une presse d'injection [5].

a) Unité d'injection :

Le groupe d'injection assure les tâches suivantes :

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

a.1) Système vis-piston :

Le dispositif (fig.13) 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.

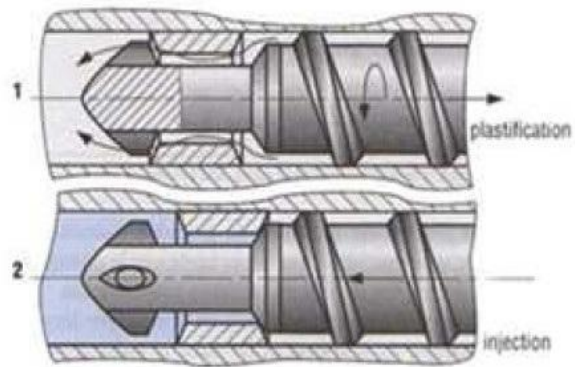


Fig.13: vis-piston .

Pendant cette phase, l'hydraulique peut être asservie pour harmoniser le remplissage du moule en fonction de la pièce et de la matière éjectée. C'est le système le plus répandu.

a.2) Caractérisation du système :

- La capacité d'injection : C'est le volume maximal que peut offrir le cylindre d'injection.
- La capacité de plastification horaire : Varie avec la nature du plastique. Les valeurs données par les constructeurs ont été obtenues souvent avec du polystyrène standard.
- La pression maximale d'injection : Détermine la force de poussée maximale du système vis-piston qui est exercée sur le plastique pour le refouler 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.

b) Unité de fermeture :

Le rôle du groupe de fermeture est de permettre de monter le moule sur la presse et de rendre possible son ouverture et sa fermeture. Ce groupe comprend 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. La force de fermeture est la force nécessaire pour maintenir les deux parties du moule fermées pendant son remplissage sous haute pression. Cette force, par conséquent, doit être plus grande ou au moins égale à celle qui résulte de l'application à l'intérieur du moule d'une pression de remplissage.

❖ 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. Cette force est calculée par rapport à la pression exercée dans le moule pendant l'injection. Elle doit être supérieure à la pression d'injection. Il est obligatoire d'exercer un verrouillage du moule, sinon lors de l'injection, il se produit une ouverture et du toilage sur les pièces. La pression de verrouillage doit-être de 20 à 25% supérieur à la pression d'injection.

- Course de fermeture ou d'ouverture :

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

- Dimensions des plateaux :

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

- Epaisseur du moule minimale :

Il est inutile d'obtenir une fermeture complète des plateaux lorsqu'aucun moule n'est monté dessus. La distance entre plateaux en position moule fermé, représente alors le moule d'épaisseur minimale exploitable.

- Epaisseur du moule maximale :

Si l'on veut conserver, pour la course d'ouverture de la presse, la valeur maximale possible en utilisant un moule plus épais que le moule minimal (cas fréquent), il est nécessaire de prévoir un réglage permettant de reculer le plateau mobile par rapport à la position correspondant à celle du serrage minimal. Ce réglage, ajouté à l'épaisseur du moule minimal, donne l'épaisseur maximale de moule possible dans ces conditions.

- La force d'éjection : Exprime la force que le système d'éjection peut développer.

c) Le moule :

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

L'opération de démoulage peut avoir lieu lorsque, pour les matières thermoplastiques, la pièce fabriquée a acquis par refroidissement le plus souvent une rigidité suffisante.

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

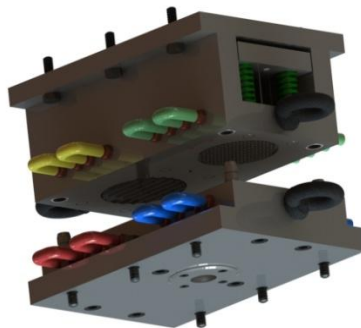


Fig.14: Moule d'injection plastique.

III.5) 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.

III.6) Les différentes phases d'injection :

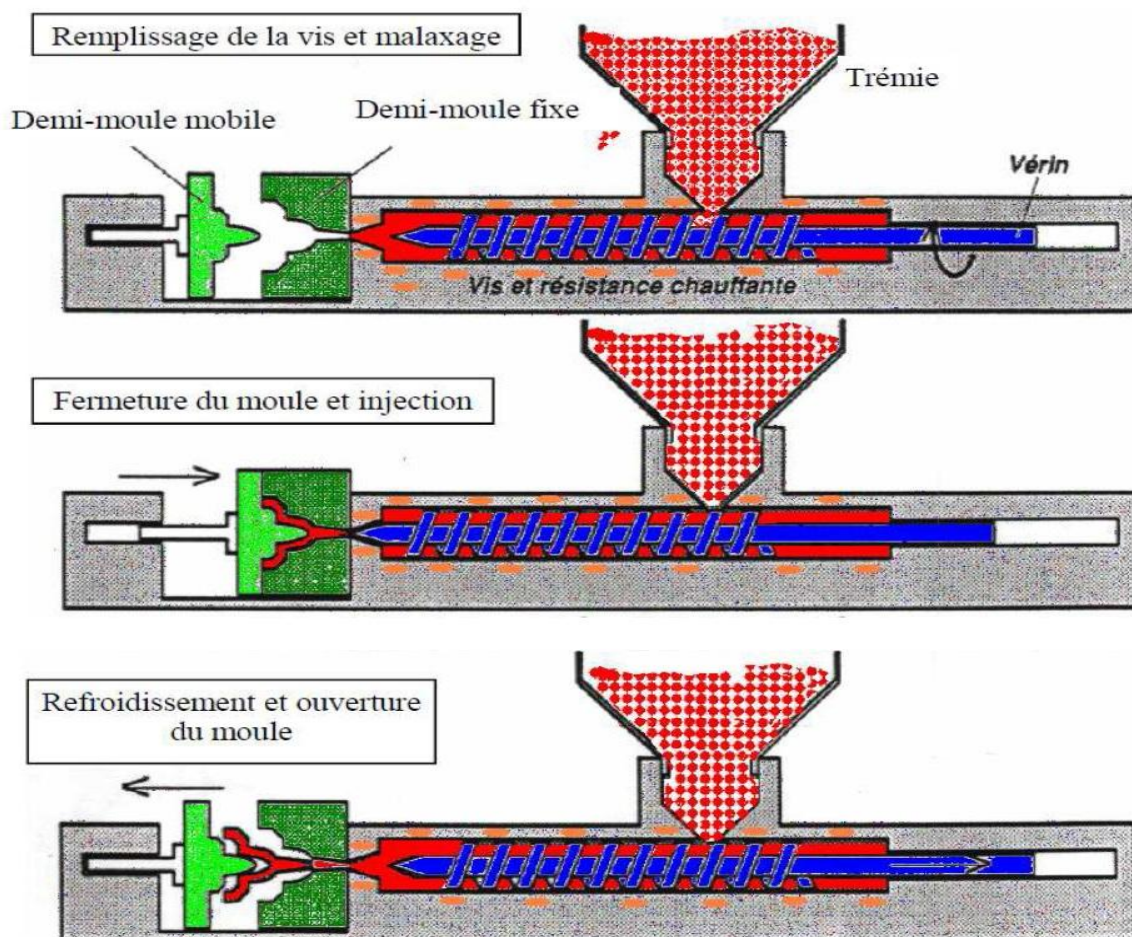


Fig.15 : Illustration des différentes phases d'injection plastique

a) Fermeture du moule et verrouillage :

Ce mouvement commence avec une vitesse lente, puis rapide et se termine de nouveau lentement pour éviter le choc entre les plans de joint et pour donner le temps d'agir au système de sécurité. Si le système de sécurité n'a décelé aucune anomalie, la commande peut appliquer la force de fermeture. Selon le système de fermeture, la force est créée par le produit de la surface et de la pression ou par la mise en contrainte des colonnes.

b) Injection :

C'est la phase de remplissage de l'empreinte avec la matière plastifiée et le maintien sous pression pour compenser les retraits.

c) Refroidissement et solidification :

C'est le temps nécessaire pour que le plastique se solidifie dans le moule. Dans la pratique, on plastifie souvent pendant ce temps la matière pour le prochain cycle. De plus, si nécessaire au cours de ce temps, on peut séparer la buse du cylindre d'injection et le moule.

d) Ouverture du moule et démoulage :

Le plastique étant suffisamment refroidi pour pouvoir être démoulé, la partie mobile du moule s'écarte de la partie fixe.

IV) Conclusion :

Les procédés de mise en œuvre des matières plastiques cités précédemment, nous permettent l'obtention des produits finis ou semis finis avec une cadence journalière importante. De plus, pour changer la forme d'un produit, il suffit de changer le moule, ce qui permet aux utilisateurs de cette matière d'obtenir de nouveaux produits avec de nouvelles formes et des designs attirants.

Chapitre III

Conception du moule

I) Introduction:

Un moule d'injection plastique est un ensemble mécanique de très grande précision qui permet de fabriquer des milliers de pièces en injectant de la matière plastique en fusion dans des empreintes prévues à cet effet. Sa conception fait appel à des méthodologies complexes et bien spécifiques, que nous allons aborder dans ce chapitre.

II) Conception d'un moule thermoplastique:

Un moule thermoplastique peut être défini par :

- son architecture : plaques, tiroirs, coquilles
- le nombre et disposition d'empreintes
- le système d'alimentation : carotte perdue, canaux chauffants
- la matière à injecter
- l'éjection des pièces
- la machine
- la durée de vie (le choix des matériaux...)

III) Architecture du moule [3] :

La conception de la pièce et le choix de son type d'alimentation déterminent le choix de l'architecture du moule et les difficultés d'usinage et de moulage. Ces difficultés nous ont conduits à illustrer quelques exemples :

III.1) Moule à deux plaques :

Ce moule est le plus simple (**Fig.16**). Il est privilégié en termes de coût de fabrication et d'entretien.

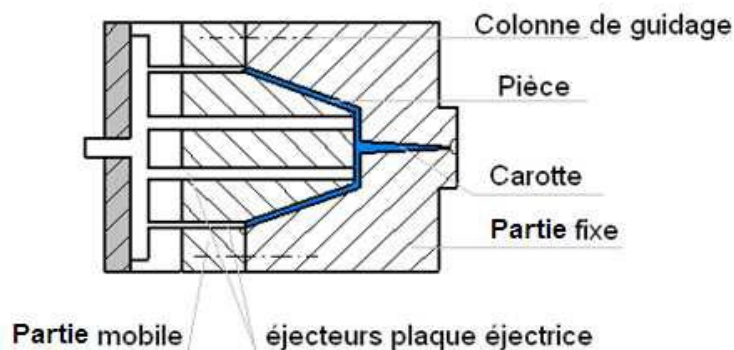


Fig.16 : Exemple de moule simple à deux plaques.

III.2) Moule à trois plaques :

Ce moule permet un décarottage automatique et un gain de temps (*Fig.17*).

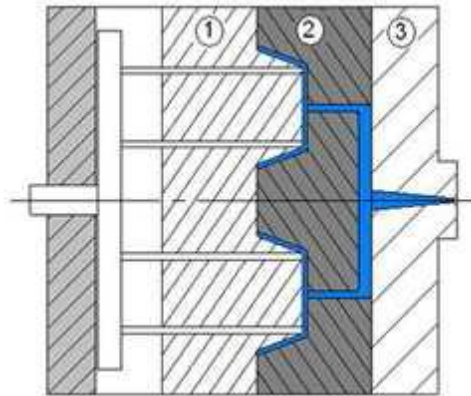


Fig.17 : Exemple de moule à trois plaques

III.3) Moule à tiroir :

Ce moule permet de sortir des pièces offrant des parties en contre-dépouille ou des trous (*Fig.18*). Le tiroir se retire à l'ouverture de la partie mobile pour permettre l'éjection de la pièce.

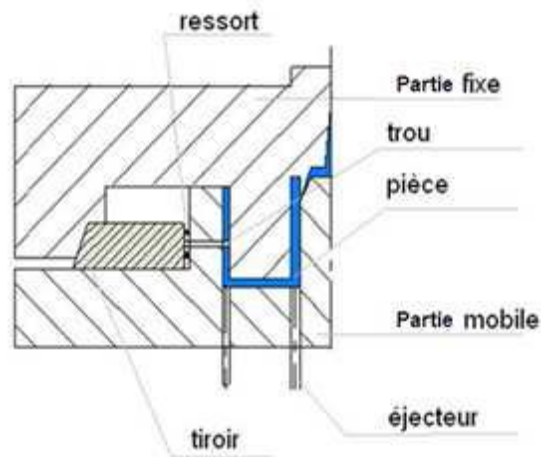


Fig.18: Exemple de moule à tiroir.

III.4) Moule à coquilles :

Ce moule permet de réaliser les contredépouilles extérieures (*Fig.19*), mais il faut surveiller la fermeture de la machine.

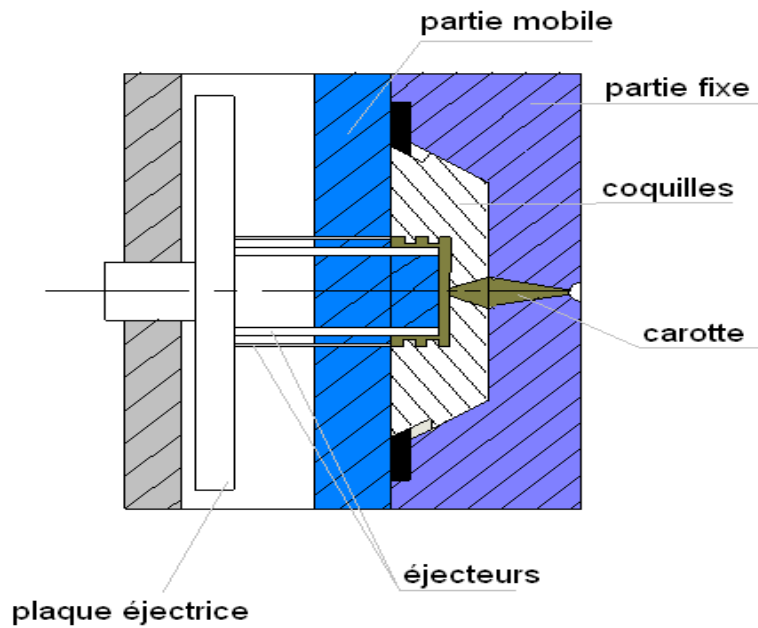


Fig.19 : Exemple de moule à coquilles.

III.5) Moule à canaux chauffant :

On supprime ainsi les carottes et on économise du temps de cycle et de la matière (*Fig.20 :*). Ces moules sont plus chers (du type a 3 plaques), mais rentables par les gains de matière et de temps de cycle car la carotte n'a pas à se solidifier.

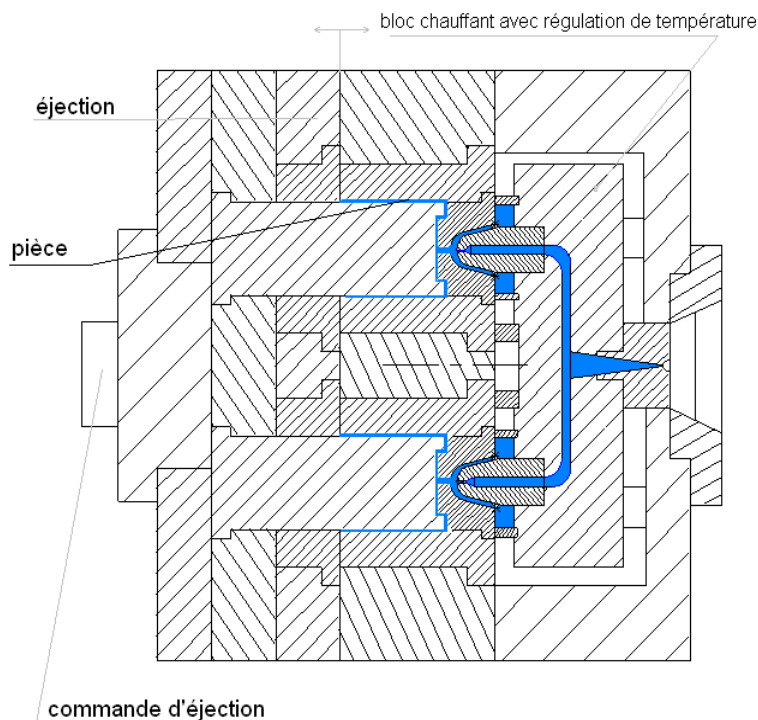


Fig.20 : Exemple de moule à canaux chauffant.

IV) Le nombre et la disposition d'empreintes :

IV.1) Le nombre d'empreintes :

Le nombre d'empreintes est en fonction de trois critères :

- capacité d'injection de la machine
- Critères techniques : distance entre colonne (voir la figure **Fig.21**)
- Critères économiques : le cout, délais de livraison, ...etc.

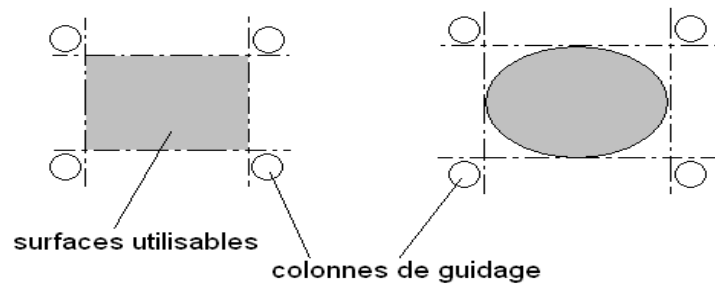


Fig.21 : Nombre d'empreintes en fonction de critères techniques et économiques.

IV.2) Disposition des empreintes dans le plan de joint :

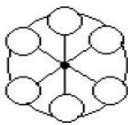
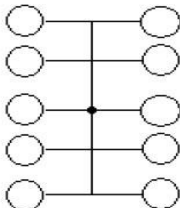
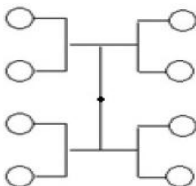
Dispositions	Avantages	Inconvénients
Répartition en étoile 	Même longueur d'écoulement vers toutes les empreintes Disposition favorable pour démoulage	Le nombre d'empreintes à placer est limité
Répartition en lignes 	Placement d'un nombre plus élevé d'empreintes qu'avec la répartition étoile	Différentes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

Tableau.6 : Disposition des empreintes dans le plan de joint [5].

V) La matière :

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

- température de transformation
- coefficient de retrait
- temps de refroidissement qui impose le temps de cycle donc la cadence du moulage.

VI) Alimentation du moule :

VI.1) Généralités:

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

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

a) 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.

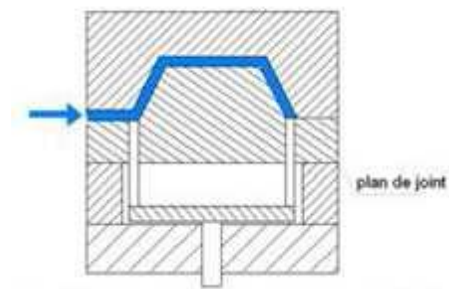


Fig.22 : Injection dans le plan de joint.

b) Injection perpendiculaire au plan de joint :

Mode d'injection très utilisé.

❖ Inconvénients :

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

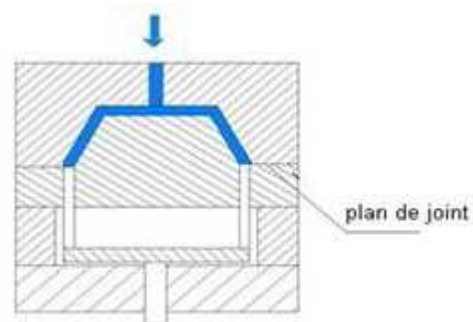


Fig.23 : Injection perpendiculaire au plan de joint.

VI.2) 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.

L'équilibre des forces dans un outil doit être réalisé avec un soin et l'injection de la matière doit être placée au point d'équilibre. Le point d'équilibre idéal est le centre de gravité de l'empreinte.

Dans le cas d'un moule dont le point d'injection ne peut pas être placé au centre de gravité, un équilibrage des efforts doit être réalisé.

Exemple (**Fig.25**): Pour réaliser l'équilibre, un effort complémentaire est réalisé à l'aide de cales ou tasseaux. La résultante des deux efforts passe par l'axe du plateau.

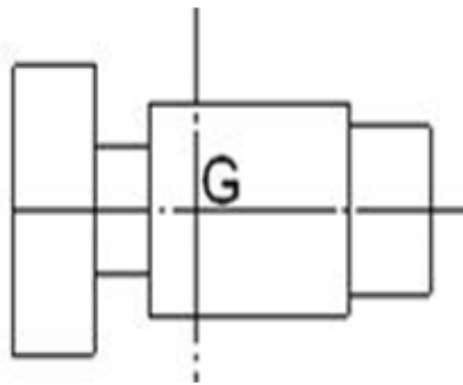


Fig.24 : centre de gravité.

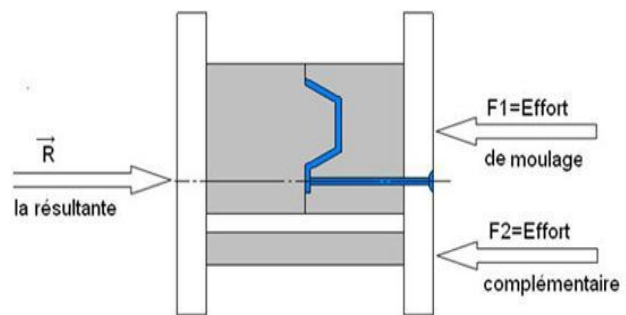


Fig.25 : équilibrage des efforts.

VI.3) Circulation de la matière :

Pour réaliser une pièce en matière plastique par injection, le concepteur doit prévoir sur la pièce une zone où pourra être situé le seuil d'injection.

Egalement, il faut que la matière qui contourne une broche ou un noyau doive se ressouder sans laisser apparaître de fragilité ou des lignes de soudure.

a) lignes de soudure :

Les lignes de soudure de la matière qui contourne un obstacle se forment à la jonction des flux de la matière au cours du remplissage du moule.

L'excès de points d'injection augmente le nombre de lignes de soudure, mais diminue les zones de fragilisation.

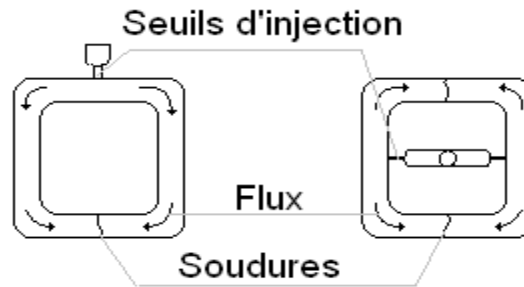


Fig.26 : Lignes de soudure.

b) Ecoulement de matière :

Pour réduire la fragilisation d'une pièce ou sa déformation, l'injection de la matière dans l'empreinte doit être déviée.

Le remplissage trop direct entraîne une déformation sur la pièce.

Une broche ou un noyau placé à proximité du seuil d'injection réalise une bonne dérivation du flux.

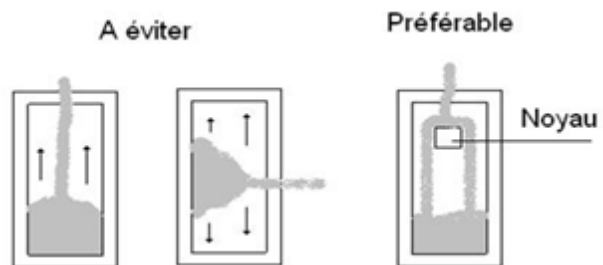


Fig.27 : Ecoulement de la matière.

VI.4) Remplissage des formes de révolution

Le remplissage par la matière des formes cylindriques doit être effectué au point le plus haut de la pièce et de façon symétrique. Une injection latérale peut entraîner une flexion des broches ou laisser une zone de soudure trop importante néfaste à l'esthétique des pièces. Pour réaliser une pièce sans ligne de soudure de ce type, choisir un seuil capillaire. (Voir **Fig.28**).

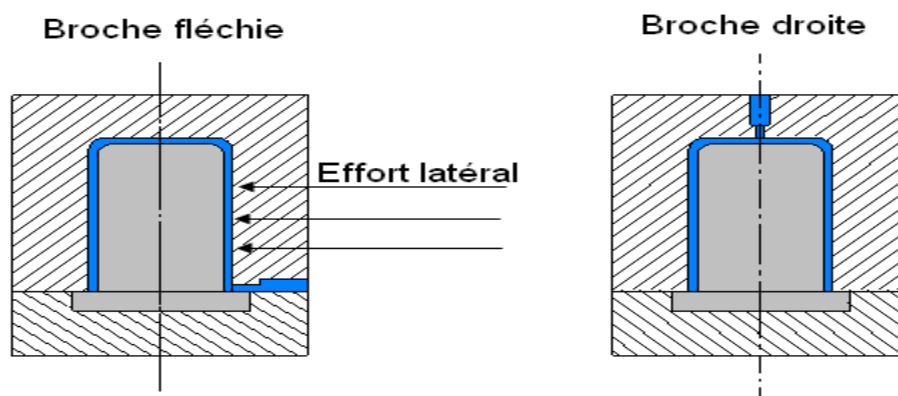


Fig.28 : Remplissage des formes de révolution.

VI.5) Canaux d'alimentation :

Le système de canaux d'alimentation doit être largement dimensionné et le diamètre du canal d'injection principal doit être au moins de 5 mm.

Les canaux doivent être aussi courts que possible : si les canaux doivent être longs, prévoir un système d'injection à canaux chauds.

a) Les différents modes d'alimentation :

On distingue trois principaux modes d'alimentation :

- alimentation en nappe
- alimentation capillaire
- alimentation en tunnel

❖ Alimentation en nappe :

L'entrée à quelques fois la forme d'une fonte mince



Fig.29 : Alimentation en nappe [6].

❖ Alimentation capillaire :

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



Fig.30 : Alimentation capillaire [6].

❖ Alimentation en tunnel ou sous-marine:

Utilisé avec des systèmes multi empreintes pour produire des petites pièces en matériaux amorphes avec seuil latéral.

A éviter de l'utiliser pour les matériaux cristallins qui présente une grande fragilité, car il y a risque de cassure du canal de distribution ou du modèle lors de l'ouverture du moule.

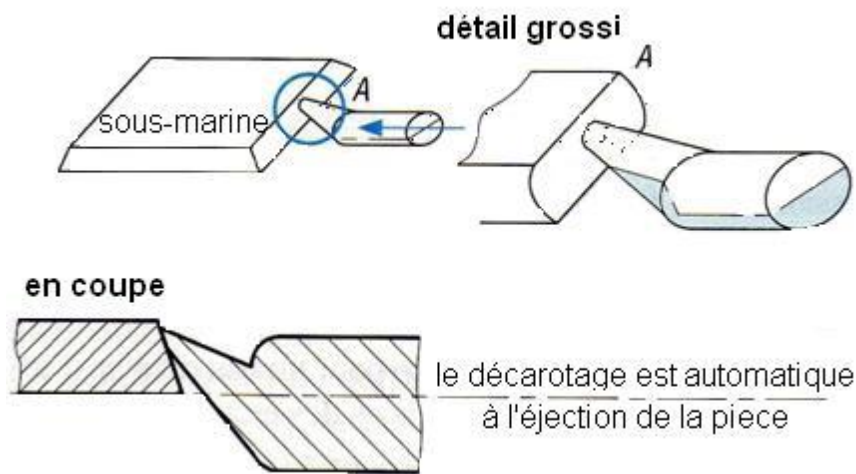


Fig.31 : Alimentation sous-marine.

Les différents types d'alimentation que nous avons présenté créent différentes configurations de grappes. L'alimentation en nappe et l'alimentation capillaire donnent naissance à une grappe solidaire dont la carotte soit arrachée par l'ouvrier après ouverture du moule. Contrairement à l'alimentation sous-marine ou en tunnel, où la carotte est automatiquement arrachée pendant l'ouverture du moule par cisaillement lors de l'éjection. La géométrie du seuil doit être optimisée à partir des caractéristiques thermo rhéologiques qui varient d'un polymère à l'autre.

b) Composition d'un système d'alimentation :

Dans les moules à plusieurs empreintes, le système d'alimentation est composé d'un canal principal, des canaux secondaires et des seuils d'injection. Le canal principal doit se prolonger au-delà du point de dérivation du canal secondaire pour constituer un puits à goutte froide. Il faut réduire au maximum la longueur des canaux pour diminuer les pertes de charges.

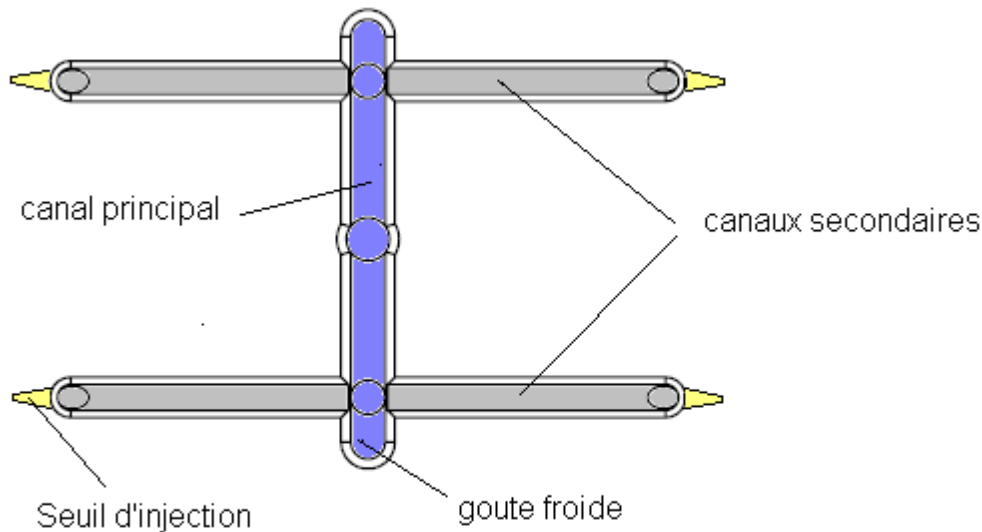


Fig.32 : Composition d'un système d'alimentation.

Arrive au bout du canal de distribution, nous entrons dans un couloir de section plus fine et de petite longueur, ce dernier est le seuil d'injection.

➤ **Seuils d'injection :**

Le canal d'alimentation communique avec l'empreinte par un seuil dans la section est nettement rétrécie par rapport à celle des canaux de distribution.

VII) L'éjection des pièces :

L'éjection des pièces, après refroidissement et ouverture du moule, doit être facilement réalisée, sans rupture de la pièce ou déformation permanente avant le refroidissement définitif.

VIII) Matériaux pour la fabrication des moules :

VIII.1) Généralités :

La carcasse d'un moule sera réalisée à partir d'éléments standards en acier prétraité ou traité. 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.

Ces éléments standards pour l'outillage sont proposés par plusieurs entreprises : DME, HASCO, RABOURDIN..... ; Pour les dimensions, se reporter aux catalogues correspondants.

Ils permettent de réaliser des études de fabrication qui présentent un certain nombre d'avantages:

- Diminution du prix de revient de l'outillage.
- Diminution des délais d'approvisionnement.
- Diminution du temps de pré-étude et d'établissement des devis.
- Diminution du temps de l'étude définitive.
- Réutilisation de certains éléments.

VIII.2) Les aciers utilisés:

Matériaux	Observations	Emploi
C45(XC48) Acier non allié	Acier mi-dur	Renforts, tasseaux, contre plaque éjectrice, porte empreinte mobile
C35(XC38) Acier non allié	Acier mi-dur	Les vis CHc
105W Cr6 Acier faiblement allié	- Acier mi-dur - Résistance à l'usure par frottement - Dureté élevée - Acier trempé	- Buse - bagues de guidage - tige de rappel
S 235(E24) Acier d'usage général	Acier ordinaire	Bagues de centrage, semelles mobile et fixe
36 Ni Cr Mo 16(35NC D16) Acier faiblement allié	Bonne résilience Résistance à la corrosion Résistance mécanique	Poinçons, éjecteurs, empreintes mobile et fixe
CC493K(CuSn7Zn4Pb7 Cuivre moulé	Inoxydable	Tétines
X200Cr12(Z200C)	Résiste à la corrosion (inoxydable) trempable	Colonne de guidage
55Si 7(55S7) Acier faiblement allié	Acier dur, résiste à la flexion et à la torsion	Ressorts de rappel
Élastomère	Élastique	Joints

Tableau.7 : Choix des matériaux.

Dans la conception des outillages de moulage, pour résoudre certains problèmes particuliers, d'autres matériaux sont utilisés.

Une étude mécanique du moule doit être réalisée afin de s'assurer qu'en aucun point, les contraintes statiques ne dépassent la limite d'élasticité du matériau.

En particulier, il faut dimensionner :

- le plan de joint afin d'éviter le matage.
- L'épaisseur du moule, dans le cas d'injection de pièces élancées, pour éviter un fléchissement trop important. De plus, il faut éviter les angles vifs et les remplacer par des arrondis.

IX) Conception des pièces :

Les formes de la pièce à réaliser afin de répondre au cahier des charges vont dépendre :

- de la fonction à remplir : supporter les efforts, isolation électrique et thermique
- des conditions de fabrication : séries importantes ou non ;
- du choix du matériau : thermoplastique, thermodurcissable...
- du procédé de fabrication : injection, compression, thermoformage, ...

Leur conception consiste à réaliser une pièce qui sera à la fois :

- la plus légère possible
- la plus facile à mouler : conception la plus simple du moule.
- la plus facile à assembler : si elle est composée de plusieurs éléments.
- La plus résistante : résistance aux chocs et au vieillissement.

La conception du produit doit tenir compte du retrait de la matière après démoulage, lors du refroidissement.

➤ Le retrait :

Le retrait est la différence entre les dimensions de la pièce obtenue juste après le démoulage et les dimensions mesurées après refroidissement.

Le retrait se mesure entre 24 et 186 heures après le démoulage. Il détermine les dimensions réelles de la pièce. Son évaluation précise est toujours difficile quel que soit la matière plastique, car le retrait dépend :

- de la matière utilisée
- de condition de mise en œuvre
- de la forme de la pièce
- du circuit de refroidissement.

Le retrait augmente avec :

- l'augmentation de la pression d'injection
- la diminution de la section du seuil
- l'augmentation de l'épaisseur de la pièce
- l'augmentation de la température

X) 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

XI) Thermique du moule :

Pour concevoir les circuits de refroidissement, on doit successivement calculer :

- Le temps de refroidissement, puis évaluer le temps de cycle.

A partir de là, trouver tous les paramètres de la disposition des canaux.

➤ Circuits de refroidissement :

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

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

XII) Dégazage du moule :

Au cours du remplissage du moule, il y a nécessité d'évacuer l'air prisonnier dans l'empreinte du moule et ce grâce aux éjecteurs et au plan de joint.

Une évacuation insuffisante de l'air gêne le remplissage et peut même donner lieu à des carbonisations vu la température élevée de l'air lors d'une injection rapide pour un processus d'évacuation plus faible. Il est nécessaire de procéder à l'usinage d'évents supplémentaires qui peuvent être réalisés sur le plan de joint, sur les éjecteurs ou sur les parties rapportées dans le moule.

L'air est généralement évacué par le plan de joint, mais dans certains cas, il est nécessaire de procéder à l'usinage d'évents supplémentaires.

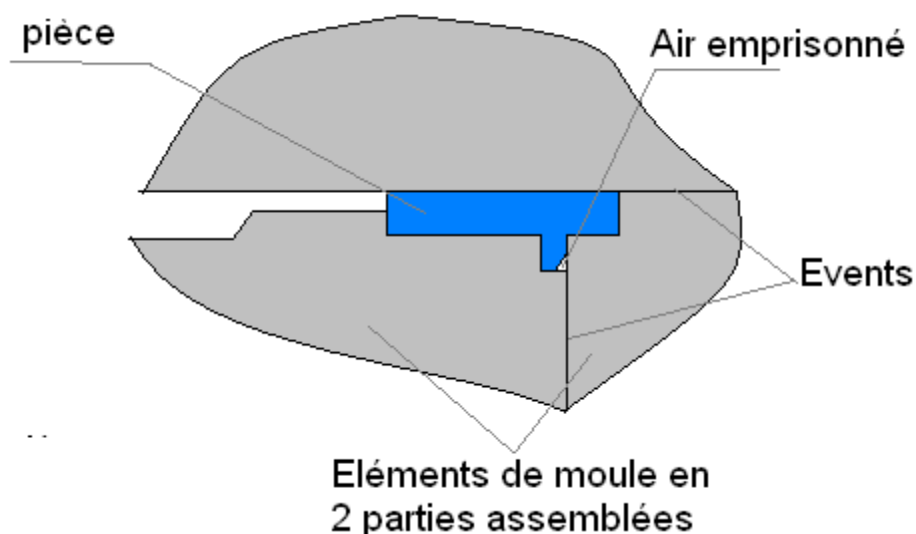


Fig.33 : Event.

XIII) Fixation du moule :

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

XIII.1) Fixation par vis :

❖ Avantage:

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

❖ Inconvénients:

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

XIII.2) Bridage :

C'est aussi le procédé qui demande le plus de soin et d'attention lors du montage. En effet, il faut que la cale qui sert d'appui pour la bride soit de hauteur équivalente à la plaque du moule ou très légèrement supérieure. Sinon le bridage n'est pas solide et les vis risquent de se tordre. (Voir **Fig.34**).

Il faut que la vis qui sert à bloquer la bride soit le plus près possible de l'objet à brider.

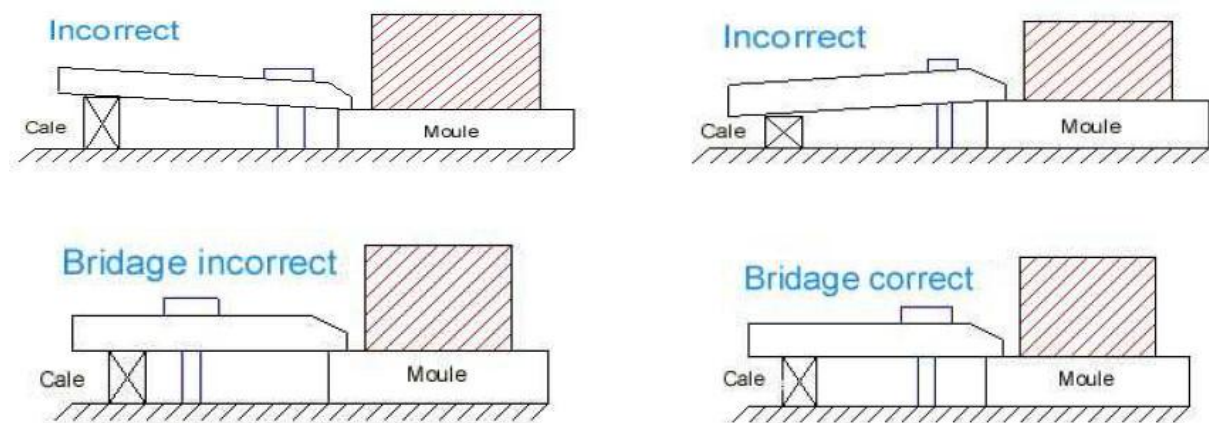


Fig.34 : Procédé de bridage.

XIV) Conclusion :

Pour une bonne conception d'un moule d'injection plastique, le concepteur doit suivre toutes les étapes nécessaires car le meilleur choix des paramètres de conception nous garantit un produit fini de bonne qualité.

Chapitre IV

CFAO

I) Introduction à la CFAO

De nos jours, la plupart des pièces obtenues par injection plastique ont des formes très complexes, et la compréhension de tous les détails d'un dessin en 2D est presque impossible. Ce qui engendre la difficulté de concevoir et de fabriquer les empreintes de ce type de pièces. D'où la nécessité d'utiliser l'outil informatique « CFAO ».

La conception et la fabrication assistées par ordinateur CFAO, se définit comme l'ensemble des aides informatique au bureau d'études, de l'établissement d'un cahier de charges relatif à un nouveau produit jusqu'à la génération des documents et des fichiers nécessaire à la fabrication.

La technique utilisée permet à l'homme et à la machine d'être liés pour résoudre un problème en utilisant au mieux les compétences de chacun.

Les logiciels CFAO actuellement disponibles sur le marché sont divers et parmi eux on peut citer :

- CATIA de Dassault Systèmes (qui est le support de notre partie pratique)
- UNIGRAPHICS de MAC DONEL DOUGLAS
- TOPSOLID
- PRO/ENGINEER
- EUCLID de Marta Data Vision

La CFAO se divise en deux domaines distincts mais complémentaire entre eux, la CAO et la FAO, et on va développer chacun d'eux plus en détails dans ce qui suit.

II) La CAO (conception assistée par ordinateur) :

II.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 « SolidWorks »

II.2) Application

a) Conception de la pièce moulée :

En premier lieu nous avons utilisé les commandes du logiciel SolidWorks tel que : Esquisses, fonctions pour concevoir la grille d'aération et sa moustiquaire avec les modifications nécessaires, ainsi que l'attribution de la matière appropriée (le PP dans notre cas).

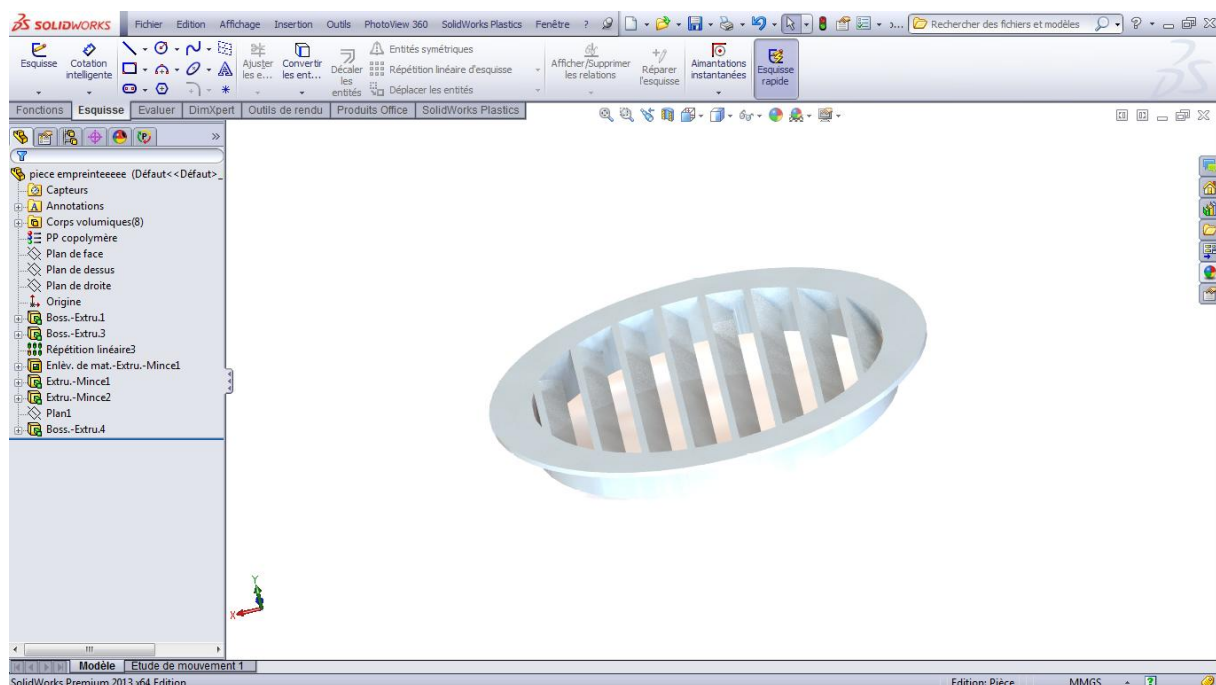


Fig.35 : conception d'une pièce sur solidworks.

b) Conception du moule :

Dans cette étape nous avons commencé par la création des deux empreintes, l'utilisation de la fonction « outil de moulage » est indispensable, une fois dedans nous avons introduit un facteur de retrait et nous sommes passé à l'analyse de dépouille et à la spécification des lignes et plans de joint ; enfin la fonction « esquisse » et « volume noyau » nous a permis le dimensionnement final de nos deux empreintes fixe et mobile, et nous avons conçu le reste des pièces constituant le moule en trois dimensions (3D) de manière à assurer les fonctions objectives et les normes de construction.

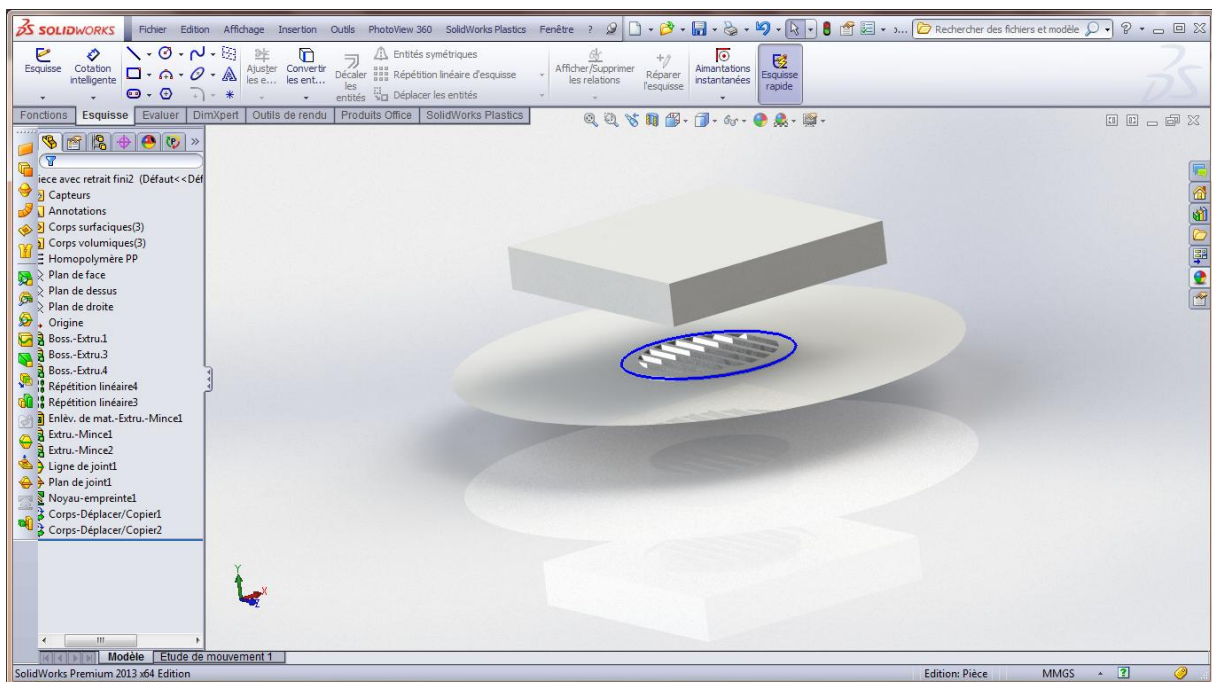


Fig.36 : utilisation de l'outil de moulage sur solidworks.

c) Assemblage des pièces du moule :

L'utilisation de la commande assemblages nous a permis d'effectuer le montage de toutes les pièces en formant un moule complet et la détection des interférences qui peuvent exister entre les pièces assemblées.

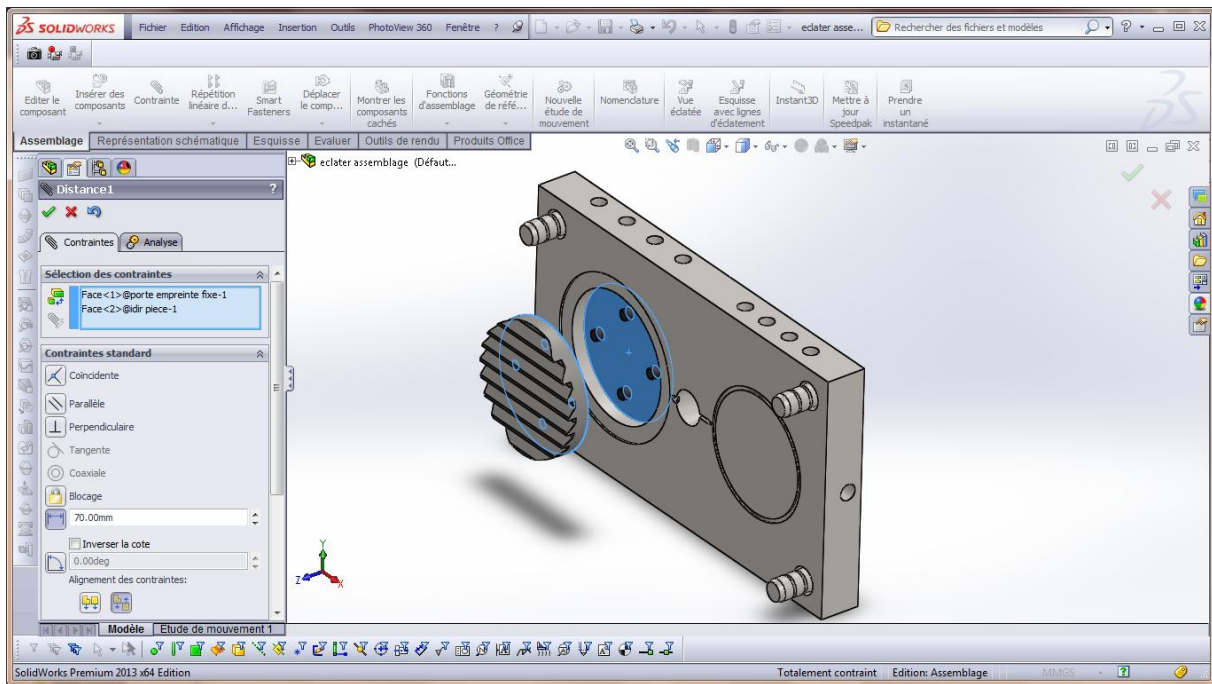


Fig.37 : Assemblage sur solidworks.

d) Etude de mouvement:

La commande Solidworks animator nous a permis d'élaborer une animation 3D qui rend notre conception très claire malgré sa complexité, et donne aussi une idée sur le fonctionnement et le montage d'un moule d'injection plastique.

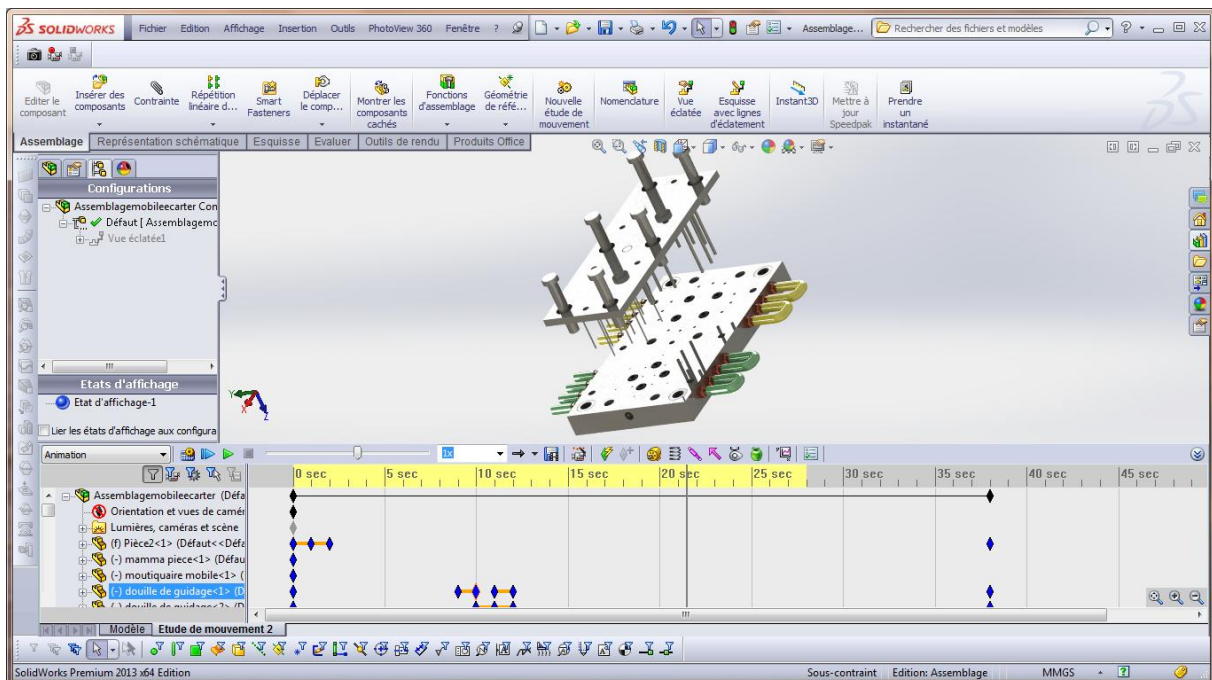


Fig.38 : Etude de mouvement sur solidworks.

III) La fabrication assistée par ordinateur (FAO) :

III.1) Définition :

La fabrication assistée par ordinateur est l'opération consistant à automatiser le processus d'usinage en élaborant un fichier contenant un programme de pilotage d'une machine à commande numérique (MOCN), ce fichier (G-CODE) assure une reprise automatique des données définissant les profils de contournage ou celles définissant des surfaces évolutives.

Les logiciels FAO disponibles actuellement sont divers, et offrent de plus en plus d'options et de souplesse d'utilisation, et tout ça grâce à l'aide précieuse de l'informatique et l'évolution exponentielle des supports d'utilisation (microordinateur), parmi ces logiciels FAO on peut citer :

- CAMWORKS
- CATIA
- POWERMILL
- SURFCAM
- GTL de MISSLER
- SMARTCAM
- CADKEY

III.2) Le G-code ou langage machine :

Le G-code est un langage directement utilisable par les MOCN, il regroupe toute une série d'informations concernant le déplacement de l'outil, les conditions de coupe et les caractéristiques techniques de la machine. Malgré les grands efforts de normalisations, les langages machine présentent des différences entre eux, il en résulte la nécessité de les adapter aux particularités de la machine.

➤ Structure générale du programme

Le programme est constitué d'une suite d'actions totalement définies ligne par ligne, et chaque ligne constitue un bloc d'informations.

Chaque bloc comporte des mots qui constituent une information: chaque mot débute par une lettre adresse qui donne un sens physique aux données numériques qui suivent : par exemple X15.500 signifie un déplacement suivant X jusqu'à l'abscisse 15.500, de même S1000 signifie une rotation de la broche fixée à 1000tr/min.

➤ **Lettre adresses :** Les lettres adresses usuelles sont :

N : pour la numérotation des blocs.

G : pour les fonctions préparatoires.

X, Y, Z : pour les coordonnées principales.

A, B, C : pour les coordonnées angulaires.

U, V, W : pour les déplacements secondaires parallèles à X, Y, Z.

I, J, K : pour les coordonnées du centre d'interpolation.

S : pour la vitesse de rotation.

F : pour la vitesse d'avance.

T : désigne l'outil à utiliser.

M : pour les fonctions auxiliaires.

➤ **Format des données :**

Chaque constructeur spécifie dans son manuel de programmation la façon d'écrire les données numériques allouées aux différentes adresses.

Voici un exemple de bloc d'informations:

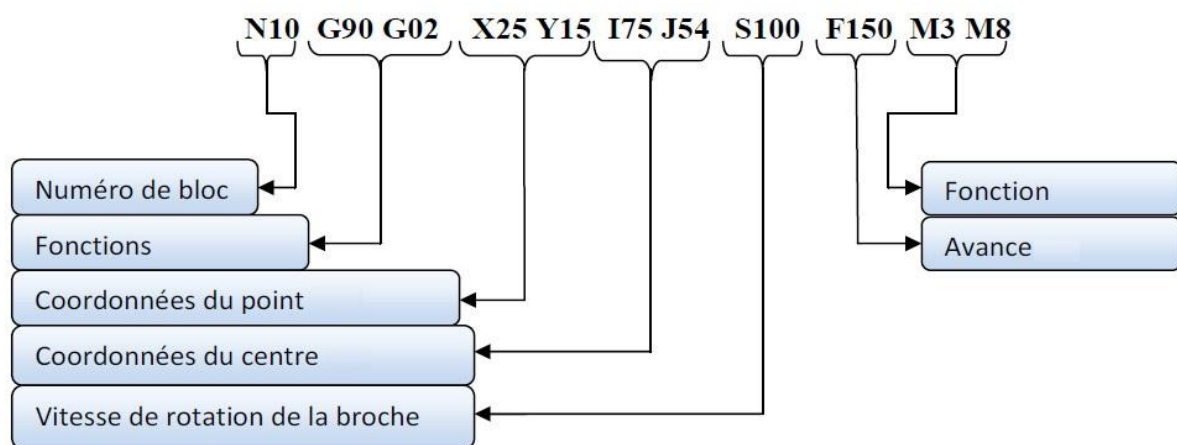


Fig.39 : Format de G-Code.

III.3) Application:

Une fois que la conception est achevée on doit passer à la réalisation des empreintes vu leurs formes compliquées, leurs précisions dimensionnelles et leurs états de surface.

Le logiciel utilisé lors de la conception n'est pas équipé d'un système de simulation d'usinage (FAO) ce qui nous a amené à faire appel à un autre logiciel de FAO « CATIA ». Durant cette procédure on a constaté que le logiciel CATIA ne peut pas exécuter les fichiers SOLIDWORKS, alors nous avons utilisé un format standard d'échanges de données graphiques « .IGS ».

Vue la taille importante des programmes et leur influence sur le volume du mémoire, on présente ici deux exemple de réalisation (porte empreintes fixe et empreintes côté fixe) dont les programmes seront donnés en annexe 1 et 2.

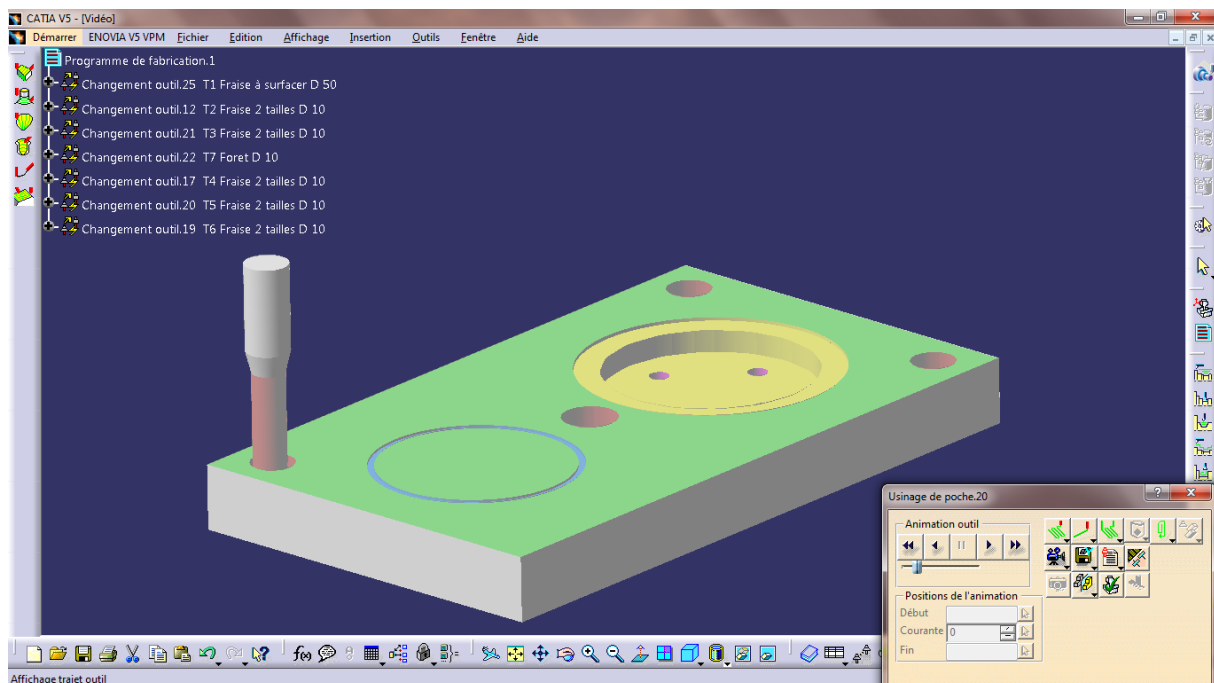


Fig.40 : Fenêtre principale de CATIA.

IV) Machines-outils à commande numérique [7]:**IV.1) Introduction :**

La commande numérique est une technique utilisant des données composées de codes alphanumérique pour représenter les instructions géométriques et technologiques nécessaires à conduire une machine ou un procédé, c'est également une méthode d'automatisation des fonctions des machines ayant pour caractéristique principale une très grande facilité d'adaptation à des travaux différents.

Actuellement les principaux constructeurs de MOCN sont :

- NUM
- FANUC
- DMU
- HEIDENHAIN
- MAKINO
- MAZAK
- DMG
- HERMIL
- CINCINNATI

IV.2) Classification des machines outil à commandes numérique :

On peut classer les MOCN suivant deux critères essentiels qui sont :

➤ Mode de déplacement de la table :

- Machines à déplacement point à point.
- Machines à déplacement paraxial.
- Machines à déplacement continu.

➤ Le nombre d'axes commandés simultanément :

- Deux axes commandés simultanément.
- Deux axes commutables.

- Deux axes et demi.
- Trois axes simultanés.
- Quatre axes.
- Cinq axes.

IV.3) Éléments de base d'une MOCN :

Une machine-outil à commande numérique est composée de deux parties essentielles, la partie commande et la partie opérative :

➤ Partie commande :

La partie commande a pour fonction de transformer les informations codées du programme en ordres donnés aux servomécanismes de la partie opérative, pour obtenir les déplacements des organes mobiles. La partie commande est constituée d'une multitude de microprocesseur et d'automates programmables.

➤ Partie opérative :

Elle comprend tous les organes physiques mobiles et immobiles de la machine, qui entrent en jeux dans l'usinage de la pièce.

Dans le cas d'une fraiseuse à commande numérique, la partie opérative sera composée de :

- **la table:** support de pièces, mobile selon deux ou trois axes, équipée de systèmes de commande vis et écrou à billes.
- **Les moteurs :** chargés de l'entraînement de la table support de pièce suivant les divers axes et de la rotation de la broche.
- **L'élément de mesure :** ou capteur de position qui renseigne à tout moment la position du mobile sur chaque axe.
- **La dynamo tachymétrie :** qui assure la mesure de vitesse de rotation.

V) Simulation d'une machine à commande numérique :

Après avoir obtenue les programmes d'usinage de nos pièces avec le logiciel FAO « CATIA » nous avons opté pour l'utilisation d'un logiciel de simulation appelé « SSCNC » après conversion de nos programmes au format (Txt) ce dernier nous a permis de visionner une simulation d'un vrai usinage sur machine à commande numérique.

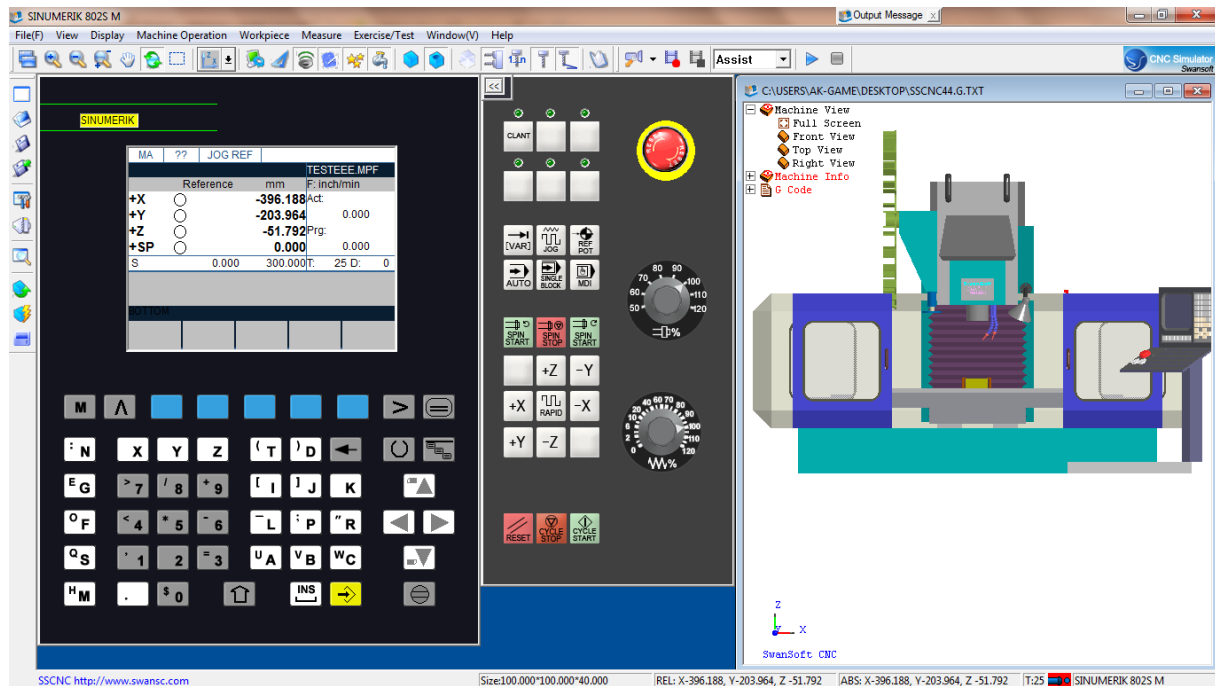


Fig.41: Fenêtre principale de SSCNC.

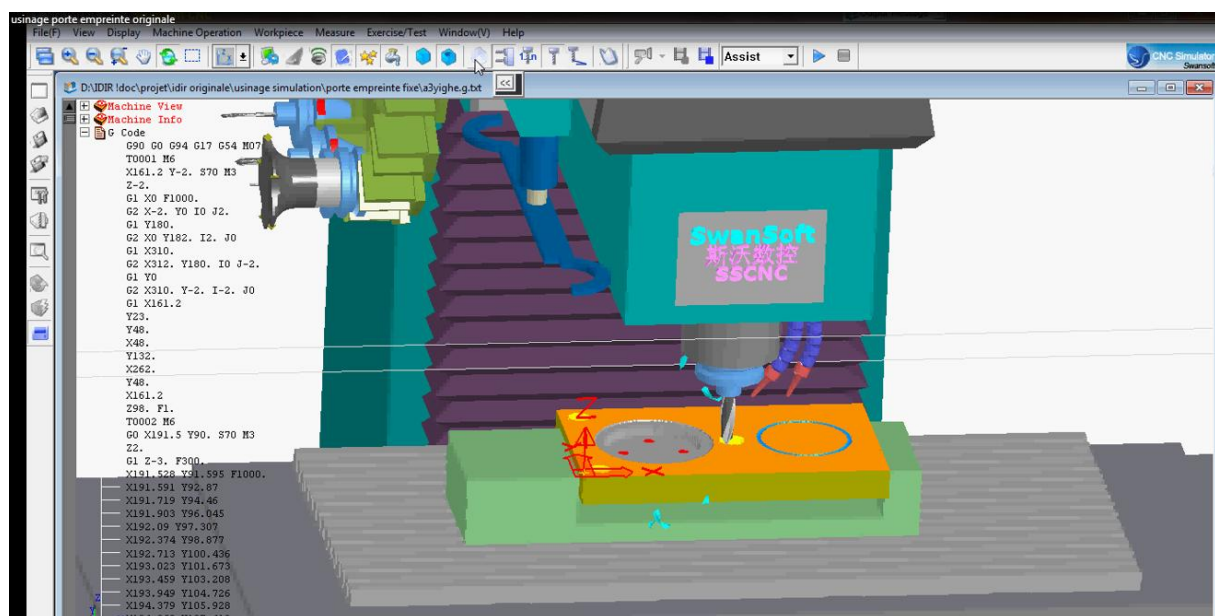


Fig.42: simulation d'usinage sur SSCNC.

Chapitre V

Calcul de vérification

I) Le choix de la machine:

Le choix de la machine dépend essentiellement des facteurs suivants:

1. La capacité d'injection
2. La force de fermeture
3. La puissance de plastification
4. La distance entre colonnes
5. Epaisseur minimale du moule

I.1) La capacité d'injection:

Chaque machine a une capacité d'injection (voir le tableau (08)) ; donc on choisit la machine en fonction du poids des pièces et de la carotte.

Machine	Capacité d'injection (gramme)
	Pour le PP
25T	36
75T	83
150T	180
220T	355
350T	680

Tableau.8 : Capacité d'injection.

a) La masse de la pièce :

- La grille d'aération :

Le poids de notre pièce (Grille d'aération) est donné par le logiciel de conception SolidWorks, Son poids est de **16,18 g.**

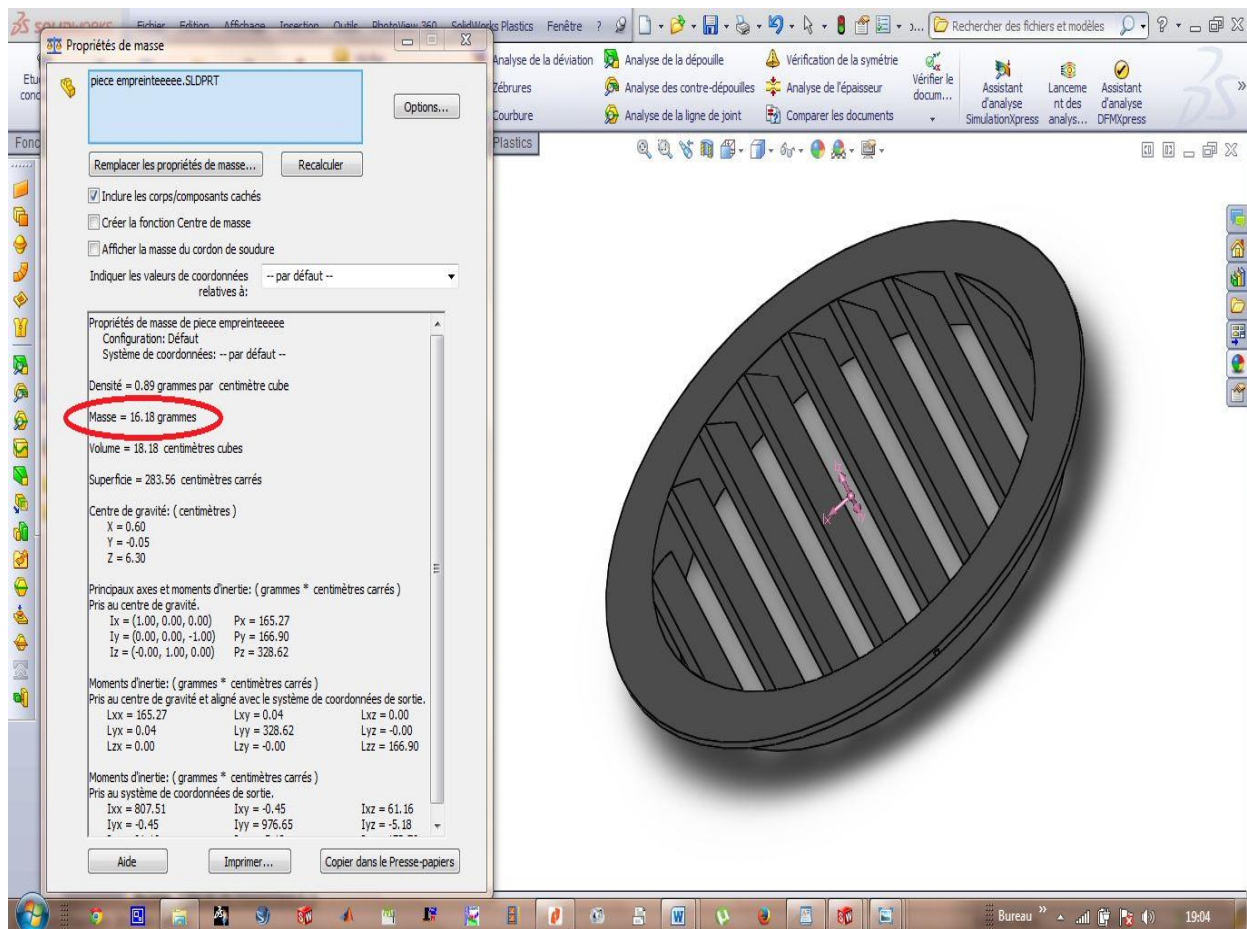


Fig.43 : Gille d'aération.

- La moustiquaire :

Le poids de notre pièce (Moustiquaire) est donné par le logiciel de conception SolidWorks, Son poids est de **10,47g**

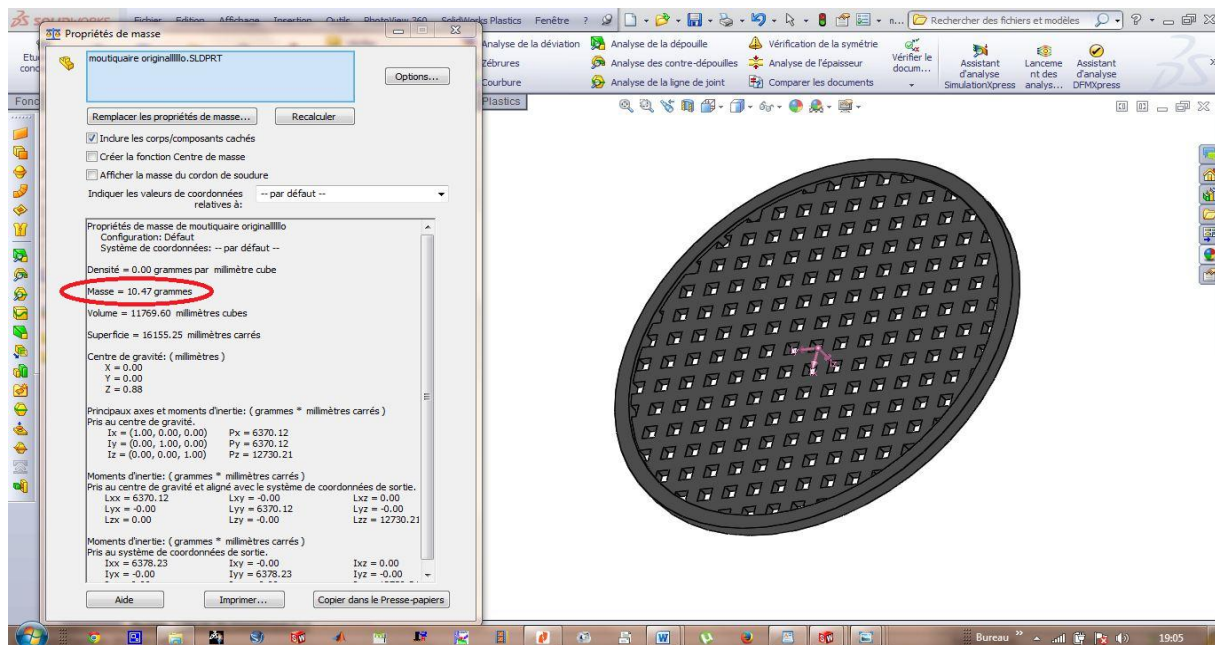


Fig.44 : Moustiquaire.

b) La masse de la carotte :

Le poids de la carotte est donné par le logiciel de conception SolidWorks, Son poids est de 1,29 g.

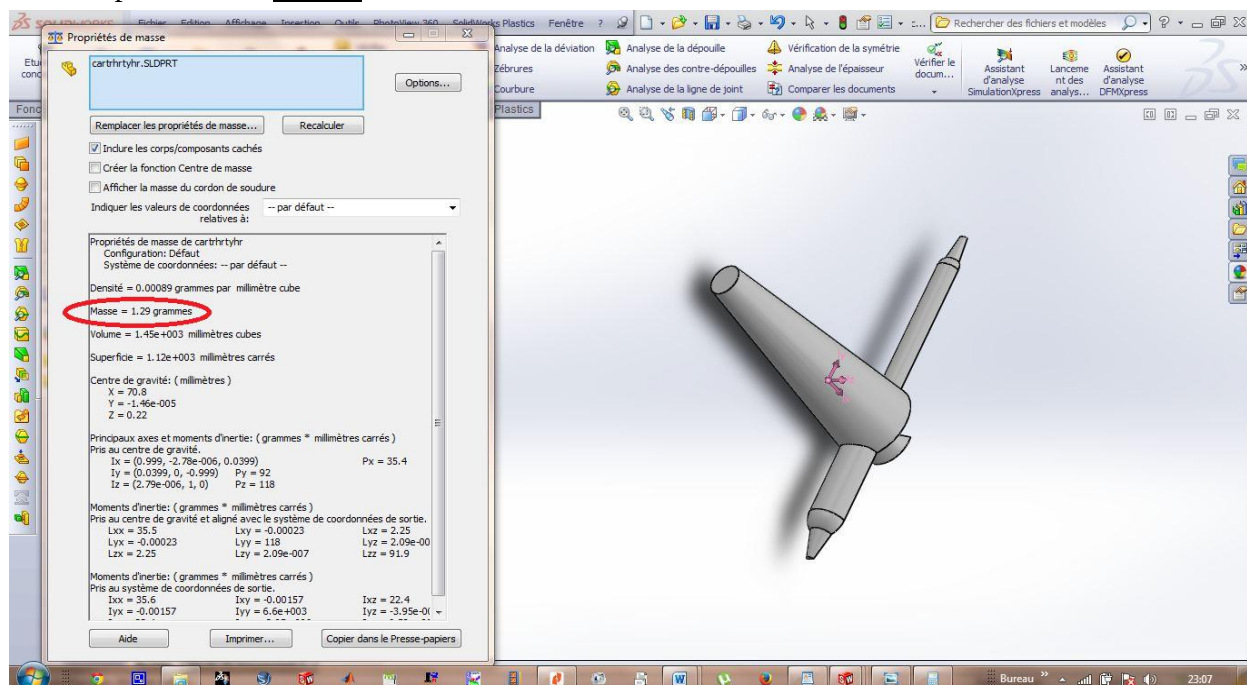


Fig.45 : Carotte.

c) La masse de la moulée (M) :

La machine doit pouvoir injecter une quantité suffisante (M).

$$M = (16.18 + 10.47 + 1.29) \text{ g} = \underline{\underline{27,94\text{g}}}$$

Du tableau (**Tableau.8**), on constate que les machines qui peuvent injecter cette quantité de matières sont : 25T, 75T, 150T, 220T, 350T.

I.2) La force de fermeture de la machine :

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.

La force de fermeture:
$$\mathbf{F = F_v \cdot K}$$

Avec :

F : Force de fermeture du moule (T)

K : Coefficient de sécurité (1,5 à 2)

FV : force de verrouillage [T]

Dont :
$$\mathbf{FV = P \cdot S}$$

Avec:

P: la pression moyenne d'injection ; **P= 0,4** (tonnes /cm²) [5].

Matières	La pression intérieure moyenne (dans la normalité) ((tonnes /cm ²))	Grand parcours de fluctuation (forme compliquée) ((tonnes /cm ²))
PE, PP	0,3 à 0,4	0,4 à 0,5

Tableau.9 : pression d'injection [5].

S : la surface projeté (cm²), donné par le logiciel de conception solidworks ;

$$S = 106,60 \text{ cm}^2.$$

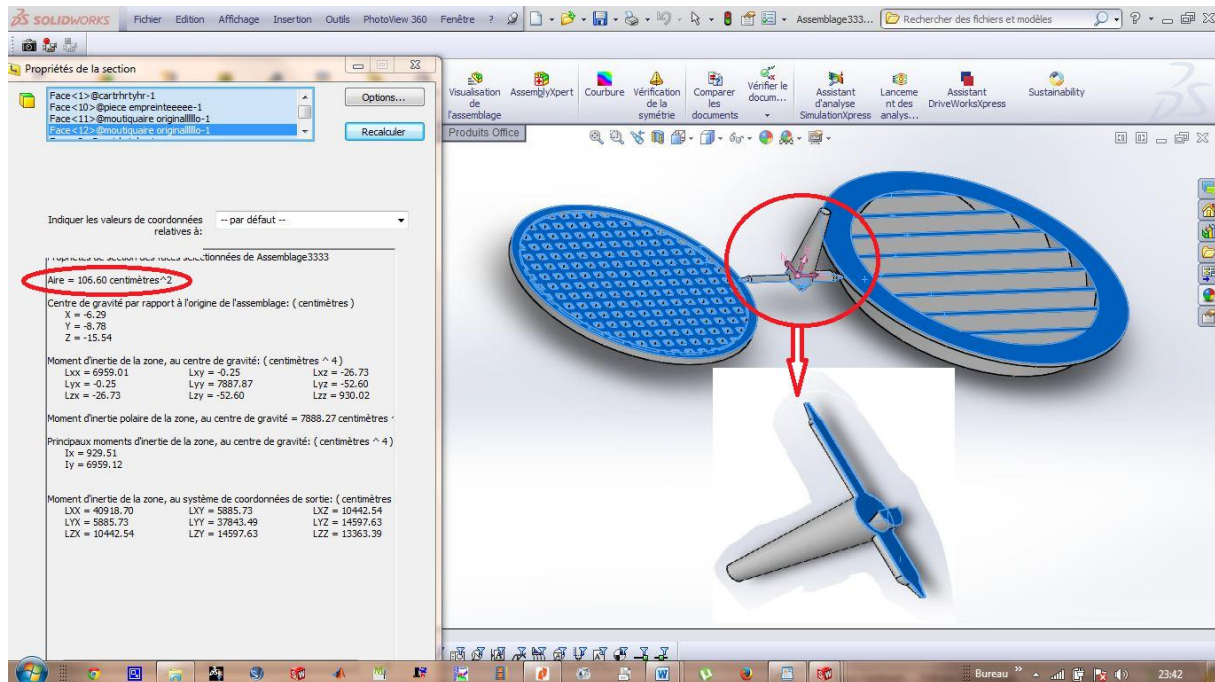


Fig.46 : surface projeté.

$$AN : F_v = P.S = 0,4 \times 106.6 = \underline{42,64 \text{ T}}$$

$$\text{Donc : } AN : F = F_v.K = 42.64 \times 1.5 = \underline{63.96 \text{ T}}$$

On a besoin de 27.94 g de PP et une force de fermeture de 63.96 tonne, il en résulte que la presse devant être de **75 T**. Voir le tableau (Tableau.8).

I.3) La puissance de plastification (C):

Même si la machine 75T peut injecter 27,94 g, on doit vérifier sa capacité de plastification (la quantité de matière plastifiée par heure) qui est en fonction du poids de la pièce moulée et du temps de cycle.

$$C = \frac{p \cdot 3600}{tc}$$

Avec :

C : puissance de plastification [kg/h]

P : poids de la pièce moulée [g]

Tc : temps de cycle [sec],

Dont :

$$T_c = t_r + t_i + t_m + t_e + t_o + t_f$$

Avec :

Tr : temps de refroidissement = (9.38 sec),

Ti : temps d'injection (remplissage) = (0.94 sec),

Tm : temps de maintien pression = (2.54 sec),

Te : temps d'éjection = (1 sec),

To : temps d'ouverture moule = (5 sec),

Tf : temps de fermeture moule = (5sec),

Le temps de cycle (sec) est donné par le logiciel de conception solidworks (solidworks plastics) : égal à $(9,38 + 0,94 + 2,57 + 1 + 5 + 5) = \underline{23.89 \text{ sec}}$

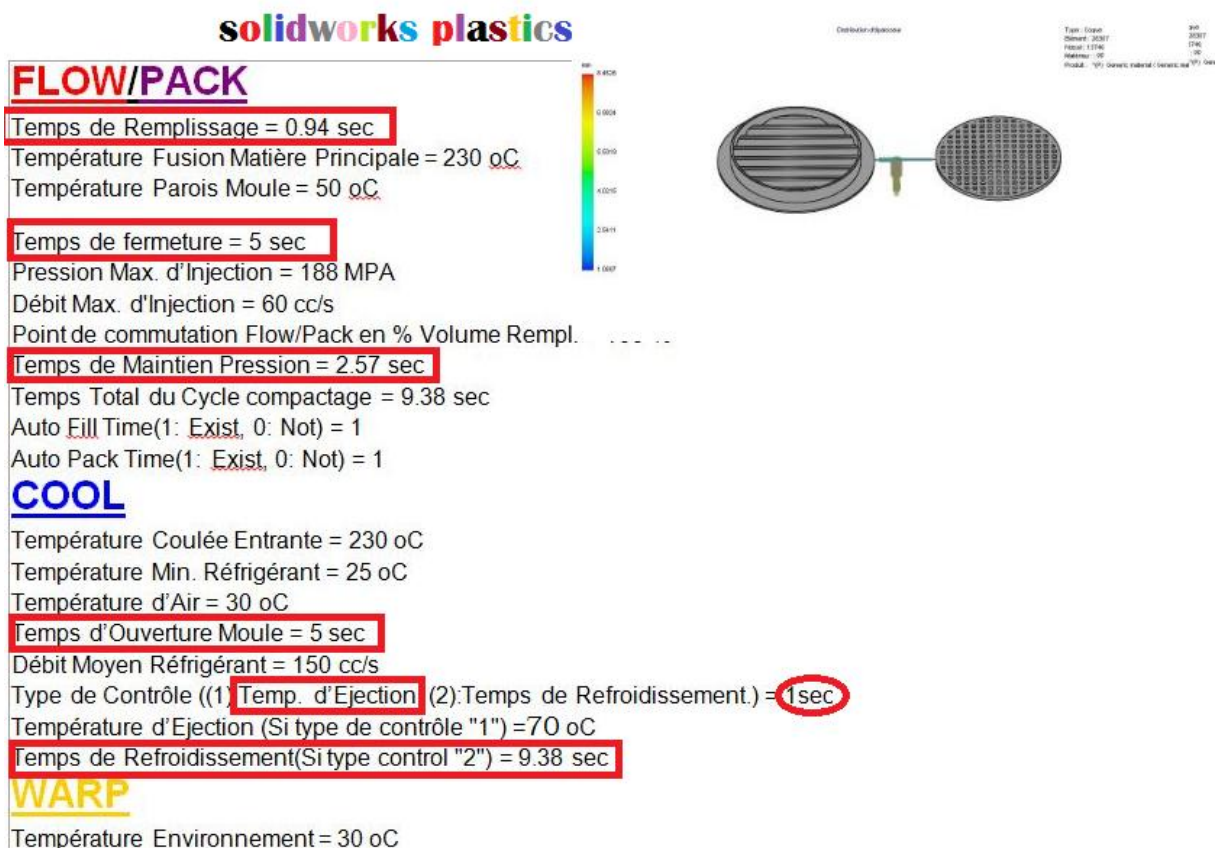


Fig.47 : temps du cycle sur solidworks plastics.

Donc : notre machine doit plastifier :

$$C = \frac{27.94 \times 3600}{23.89} = 4210,30 \text{ g/h} = \mathbf{4,21 \text{ kg/h}}$$

Cette condition est vérifiée puisque notre machine plastifie 50 kg/h (voir les caractéristiques de la presse (**Tableau.10**))

Symbole d'injection	i 2
Symbole de cylindre	A
pression d'injection	2030 Kg/cm ²
Taux d'injection	87 Cm ² /sec
Quantité d'injection	Ps 83 g PE 105 g
Diamètre de la vis	32mm
Puissance de plastification (PS)	50 Kg/h
Puissance de serrage	75 tonnes
Puissance d'ouverture	6.3 tonnes
Vitesse max.de rotation de la vis	380 tr/min
Intervalle des tirants	360×360 mm
Dimensions de la plaque matrice	540×540 mm
Course de serrage	460 mm
Epaisseur minimale du moule	170 mm
Ouverture	630 mm
Puissance de foulage (hydrolique)	2.7 tonnes
Course de foulage	70 mm
Quantité d'huile d'usage	360 litres
Moteur destiné à la pompe	15 kW
Capacité de réchauffeur	6.6 kW
Dimension de la machine (L*I*H)	4.5×1.2×2.1
Poids de la presse	4 tonnes

Tableau.10 : Caractéristiques techniques de la presse 75T.

I.4) La distance entre colonnes :

La presse possède quatre colonnes de guidages des plateaux sur lesquels le moule sera fixé. Pour ce faire, l'une des dimensions transversales du moule doit être inférieure à la distance entre colonnes. Comme illustré sur la **Fig.48**

Les dimensions de notre moule sont :

Largeur 230 mm

Longueur 310 mm

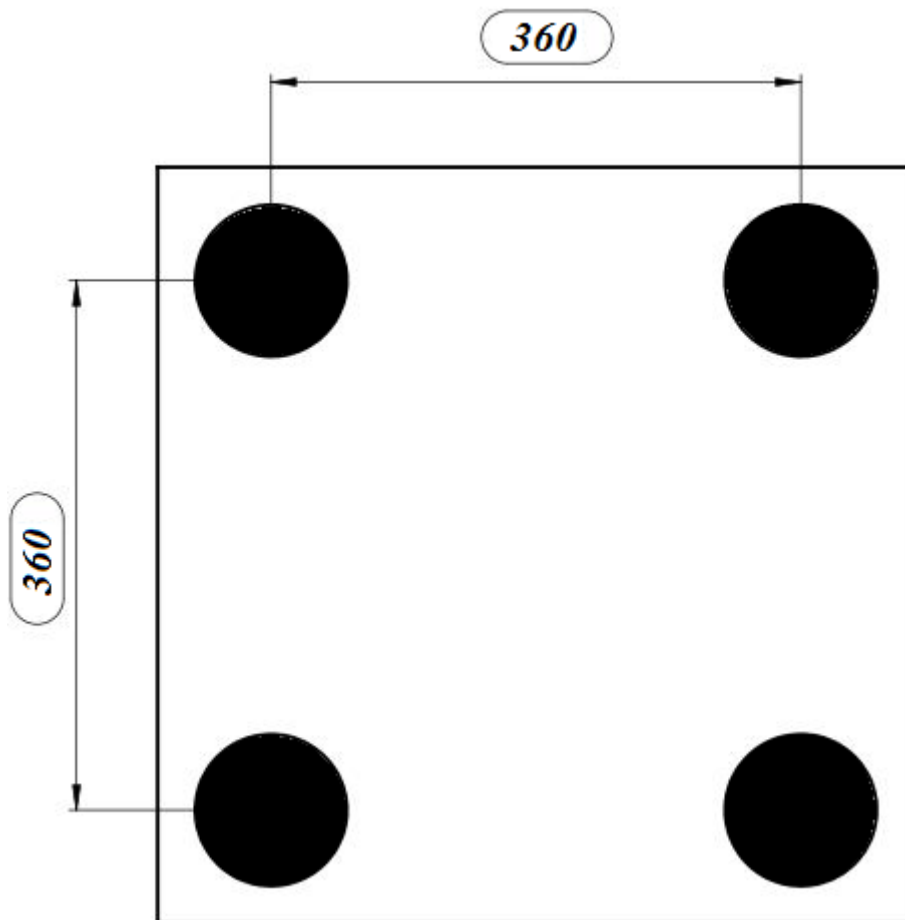


Fig.48 : Schémas d'un plateau d'une presse 75T.

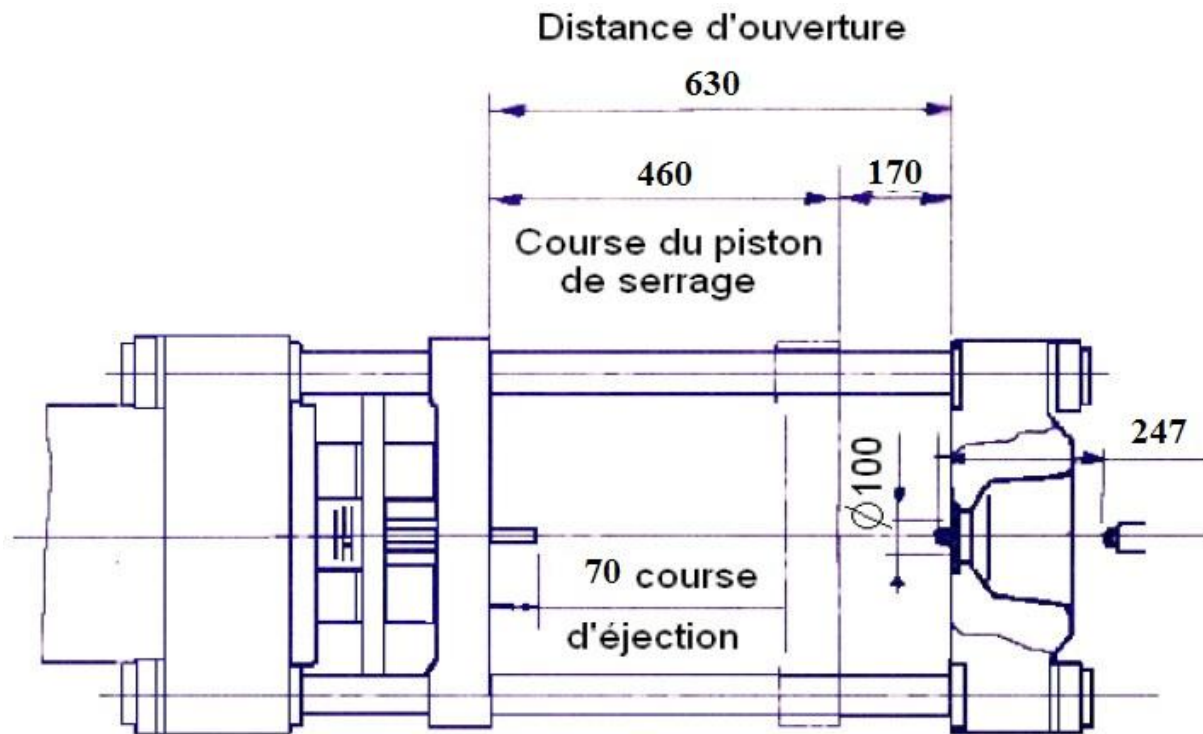


Fig.49 : Caractéristiques dimensionnelles de la presse 75T (i3).

I.5) Epaisseur minimale du moule :

Les caractéristiques dimensionnelles de la presse 75T sont :

- La distance entre plateaux 630 mm
- La course maximale du piston 170 mm

A partir de là, on voit que l'Epaisseur minimale du moule doit être supérieure à 170mm (Notre moule a une Epaisseur de 175 mm).

II) L'étude thermique :

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

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

II.1) Temps de refroidissement:

Le temps de refroidissement est donné par le logiciel de conception SolidWorks (solidworks plastics), voir *Fig.47*.

$$\underline{\mathbf{T_r = 9.38 \text{ sec}}}$$

A Vérifier :

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

Avec : ρ

e: Epaisseur moyenne de la pièce : (e=2 mm)

D: la diffusivité thermique du PP : ($D = \frac{\lambda}{\rho \cdot c}$ (en m²/s))

Dont :

λ : est la conductivité thermique du matériau, : ($\lambda = 0,147 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

ρ : est la masse volumique du matériau, : ($\rho = 890 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$)

c: est la chaleur spécifique du matériau, : ($c = 1881 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)

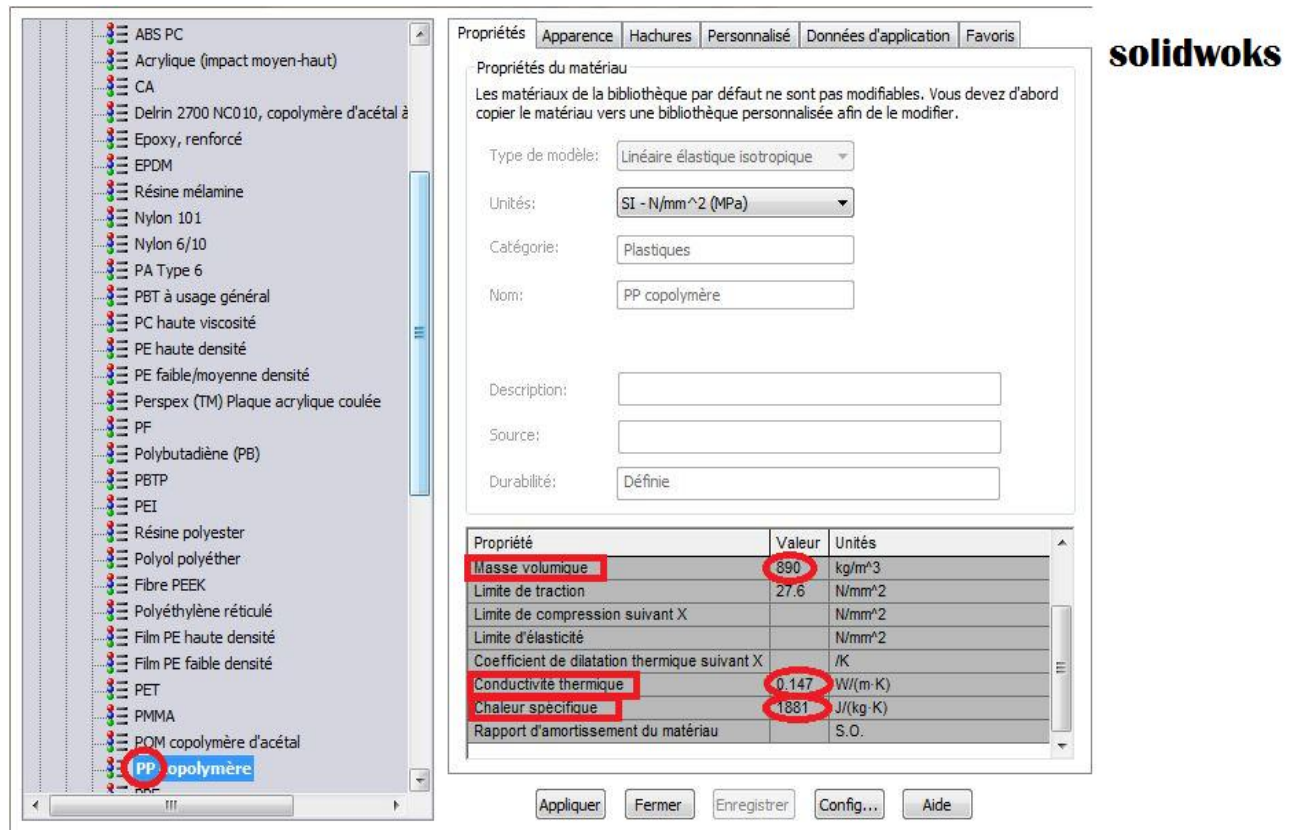


Fig.50 : propriétés du PP sur solidworks plastics.

$$AN : D = \frac{\lambda}{\rho \cdot c} = \frac{0.147}{890 \times 1881} = 8.78 \cdot 10^{-8} \text{ m}^2/\text{s}$$

Ti: température d'injection : (Ti=230°C)

Te: température d'éjection : (Te=70°C)

Tm: température du moule : (Tm=50°C)

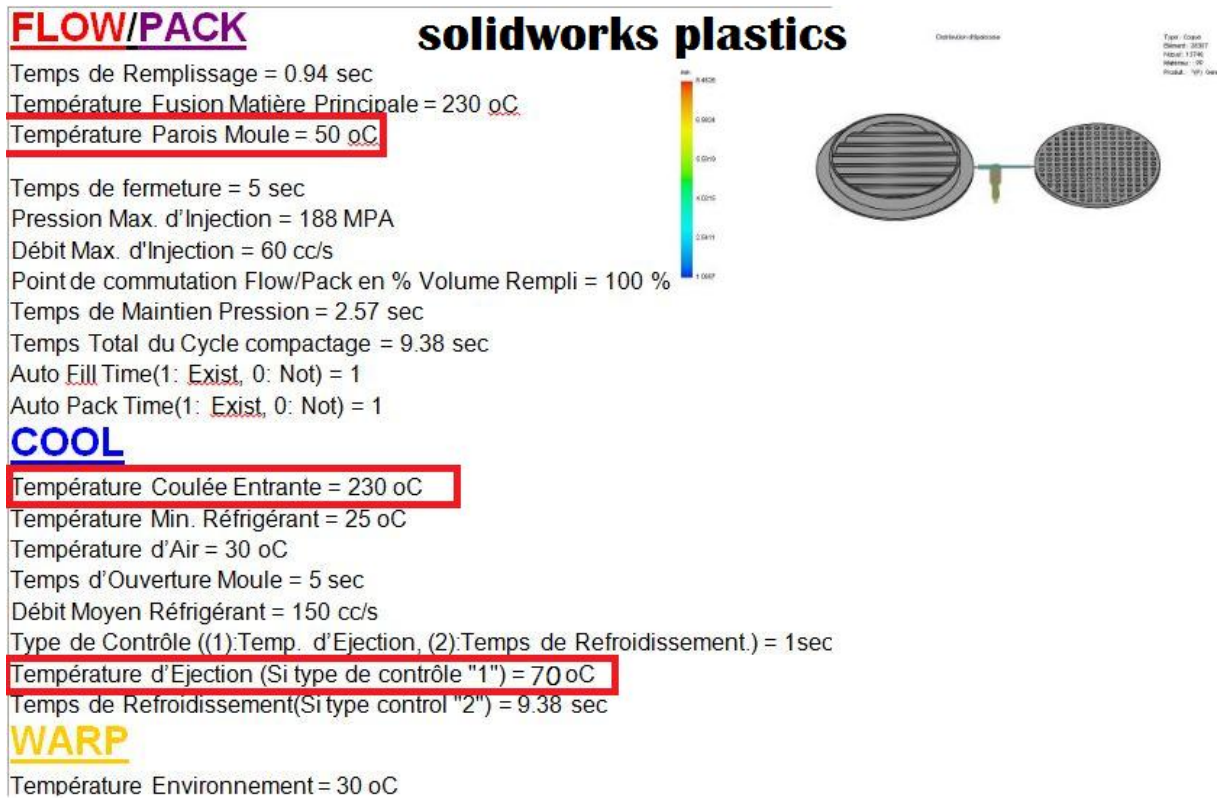


Fig.51: Etude thermique sur solidworks plastics.

AN:

$$T_R = \frac{2^2}{3.14^2 \times 8,78 \cdot 10^{-8}} \times \ln \left[\frac{8}{3.14^2} \left(\frac{230-50}{70-50} \right) \right] = \underline{\underline{9.18 \text{ s} \approx 9.38 \text{ sec}}}$$

II.2) Temps de cycle :

$$T_c = T_r + T_i + T_m + T_e + T_o + T_f$$

Le temps de cycle est : **Tc = 23.89 sec** voir **Fig.47**.

III) Résistance des matériaux :

III.1) Résistance du plan de joint au matage:

$$Sp_j \geq \frac{F}{0,2 \cdot Re}$$

Avec :

F : Force de fermeture du moule est de 75T=750 000N.

Re= 580 N/mm2 (pour les aciers non alliés).

Spj : surface du plan de joint

0.2 : coefficient de securité

$$Sp_j \geq \frac{F}{0,2 \cdot Re} = \frac{750000}{0,2 \cdot 580} = 6465.5 \text{ mm}^2$$

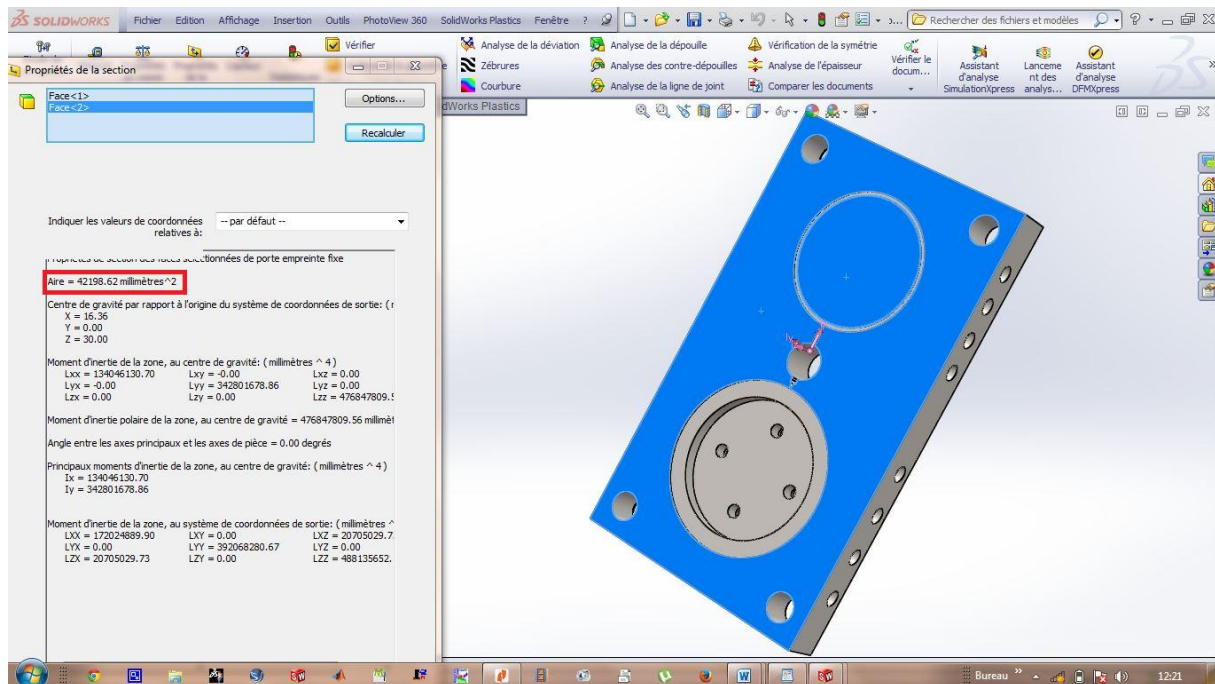


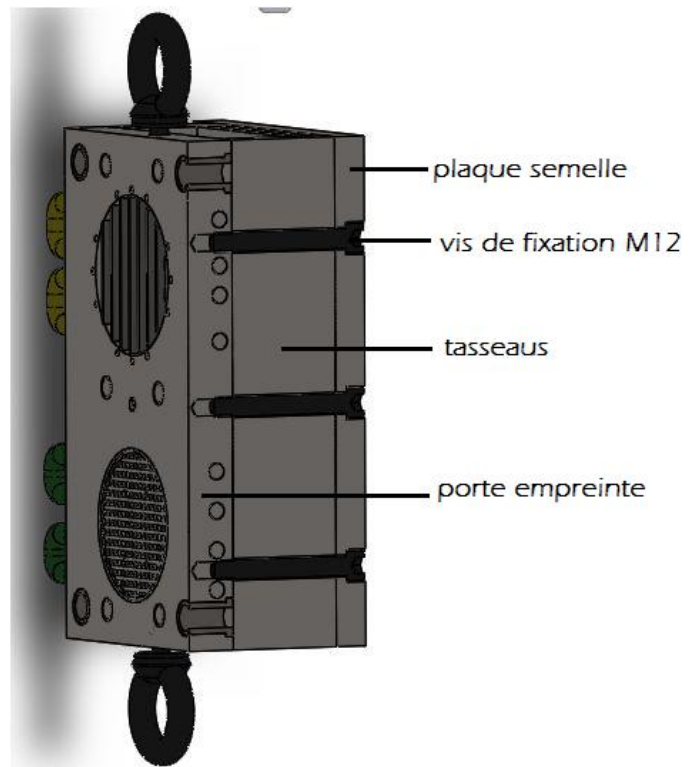
Fig.52 : Porte empreinte fixe.

Spj est la surface minimale que pourra supporter la force de fermeture, dans notre cas la surface de contact entre les deux porte empreintes est de **42198.62 mm²** largement supérieure.

III.2) Vérification des vis de fixation du porte empreinte mobile, des tasseaux et la plaque semelle au cisaillement :

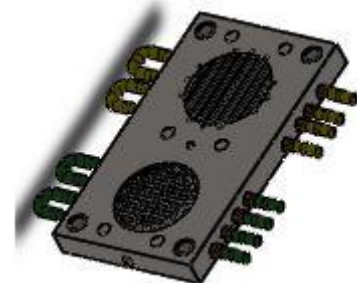
Condition de résistance :

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



Avec :

P : poids du porte empreinte et de ces composantes
;(P=116.3N)



Masse =11.65 Kg

n : le nombre de vis ; n=6

d : diamètre de vis ; d=12

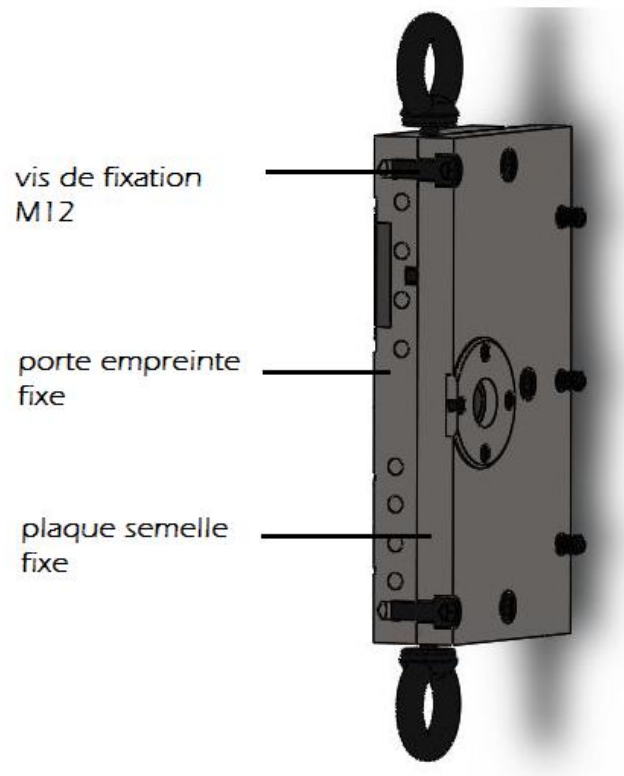
S : section d'une vis ;(S=π.d²)

On a : $[\tau]_{cis} = 134 \text{ N/mm}^2$

$$\tau = \frac{116.3 \times 5}{6 \times 452,16} = 0.2 \text{ N/mm}^2 < [\tau]_{cis}$$

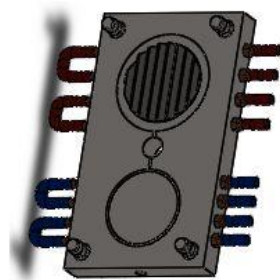
III.3) Vérification des vis de fixation du porte empreinte fixe, et la plaque semelle au cisaillement :

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



Avec :

P : poids du porte empreinte et de ces composantes ;(P=117,8N)



Masse = 11.8 Kg

n : le nombre de vis ; n=6

d : diamètre de vis ; d=12

S : section d'une vis ;(S=π.d²)

On a : $[\tau]_{\text{cis}} = 134 \text{ N/mm}^2$

$$\tau = \frac{117.8 \times 5}{6 \times 452,16} = 0,22 \text{ N/mm}^2 < [\tau]_{\text{cis}}$$

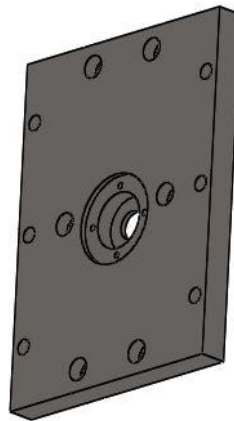
III.4) Vérification des vis de fixations à utiliser sur chacune des semelles du moule :

Les plateaux de la machine ont des trous taraudés (M12) pour recevoir les éléments de fixation du moule (vis de fixation) ; dans le but d'établir de bonnes conditions de travail, il faut s'assurer que le moule est bien fixé sur les deux plateaux de la machine. Pour ce faire un calcul de résistance est recommandé. Les vis utilisées sont des vis de diamètre 12mm (M12) à têtes hexagonales (CHC), en C35 de limite Elastique ; ($R_e = 335 \text{ N/mm}^2$)

Condition de résistance au cisaillement :

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

- **Semelle fixe :**



P : poids de la partie fixe ; $P = 262.9 \text{ N}$

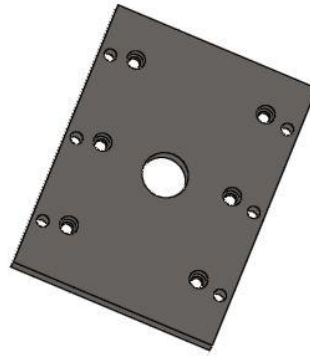
n : le nombre de vis ; $n = 6$

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

$$\text{AN: } \tau = \frac{262.9 \times 4}{6 \times 452,16} = 0.4 \text{ N/mm}^2 < [\tau]_{\text{cis}}$$

On voit que le nombre de vis qu'on a utilisé est très grand, afin d'assurer la fixation de la partie fixe.

- **Semelle mobile :**



P : poids de la partie mobile ; P= 390,5 N

n : le nombre de vis ; n=6

d : diamètre de vis ; d=12mm

$$\text{AN: } \tau = \frac{390,5 \times 4}{6 \times 452,16} = 0.6 \text{ N/mm}^2 < [\tau]_{\text{cis}}$$

IV) Le choix des ressorts :

La presse 75T n'est pas équipée d'un système de retour de la batterie éjection (une tige filetée sur l'extrémité du piston d'éjection de la machine). Pour cela on a utilisé des ressorts qui ont pour but essentiel d'assurer le retour de cette batterie à sa position initiale afin d'éviter l'effort de fermeture du moule sur les colonnes de rappel.

Le choix des ressorts dépend essentiellement de :

- La course d'éjection qui assure le démoulage des pièces (12mm)
- La charge à supporter (Poids de la batterie d'éjection P=62,3N)

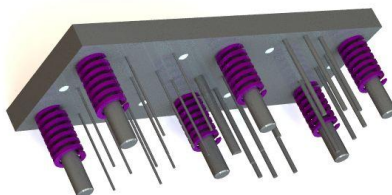


Fig.53 : Batterie d'injection.

L'encombrement ($d_1=12.5\text{mm}$, $d=25\text{mm}$),

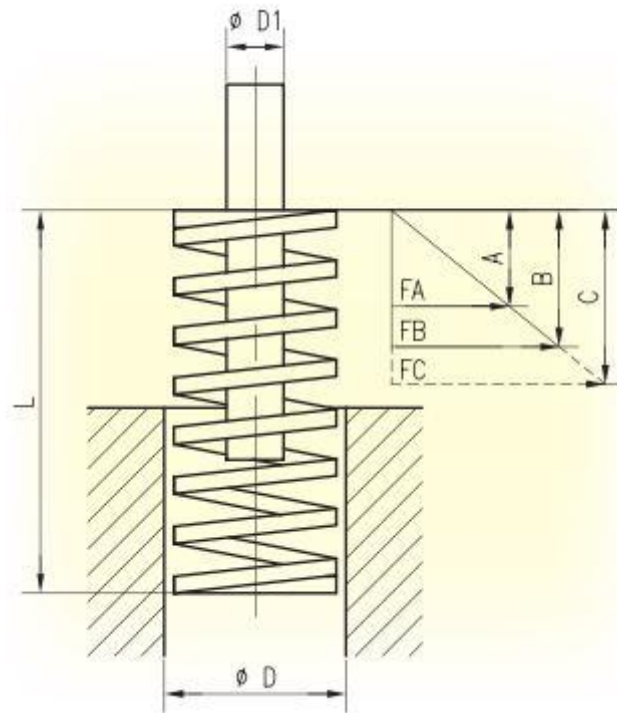


Fig.54 : Schéma de dimensionnement d'un Ressort.

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

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

$$F = \frac{p}{n} \text{ [N]}$$

Avec :

P : poids total de la Batterie, ($p=62.3 \text{ N}$)

N : nombre de ressorts utilisés, ($n=6$)

$$\text{AN : } F = \frac{62.3}{6} = 10.38 \text{ N}$$

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



Fig.55 : Classification des ressorts par couleur.

Le ressort qui répond à nos exigences est un ressort de couleur violet **Réf.324** et qui a les caractéristiques suivantes :

$D1=12.5\text{mm}$

$D=25\text{ mm}$

$F=440.44\text{ N}$

$L=44\text{ mm}$

$A=44 \times 35\%= 15.4\text{ mm}$

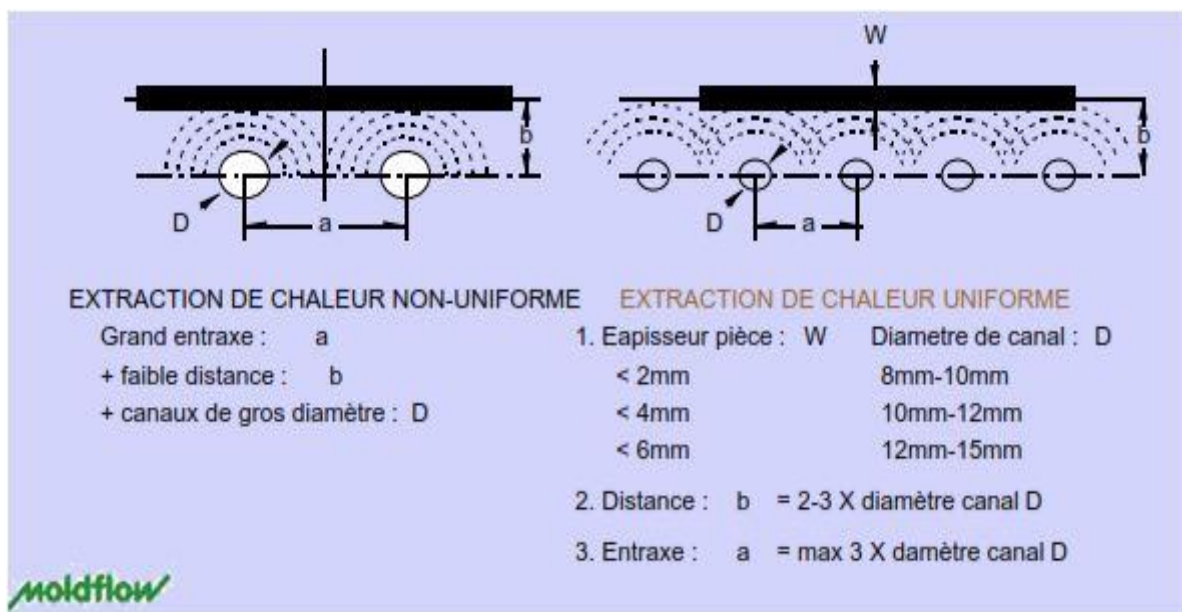
Section rectangulaire $S=3.2 \times 4.6$.

V) Conduit de refroidissement :

Les conduits de refroidissement sont usinés dans les plaques qui compose le moule, ils sont de différents modèles : trous cylindrique, rainures, spirales et avec adjonction de système standard pour faciliter l'évacuation des calories.

V.1) Dimension et nombre de circuits :

- Distance entre le canal et la surface du moule
- Distance entre canaux adjacents



Dans notre cas :

L'épaisseur pièce est < 2 mm

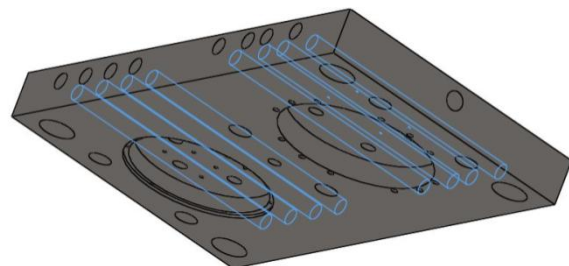
:

Donc

$$D = 10 \text{ mm}$$

$$b = 2 \times D = 20 \text{ mm}$$

$$a = 3 \times D = 30 \text{ mm}$$



VI) Equilibrage des canaux des moulées :

Solidworks plastics nous a permis d'équilibrer les canaux des moulées multi-empreintes et des moules de famille (moule avec des pièces de différents volumes).

Généralement, afin de réduire les écarts de remplissage entre empreintes, suppression des bavures, conception du moule plus facile et calcule plus rapide et plus précis.

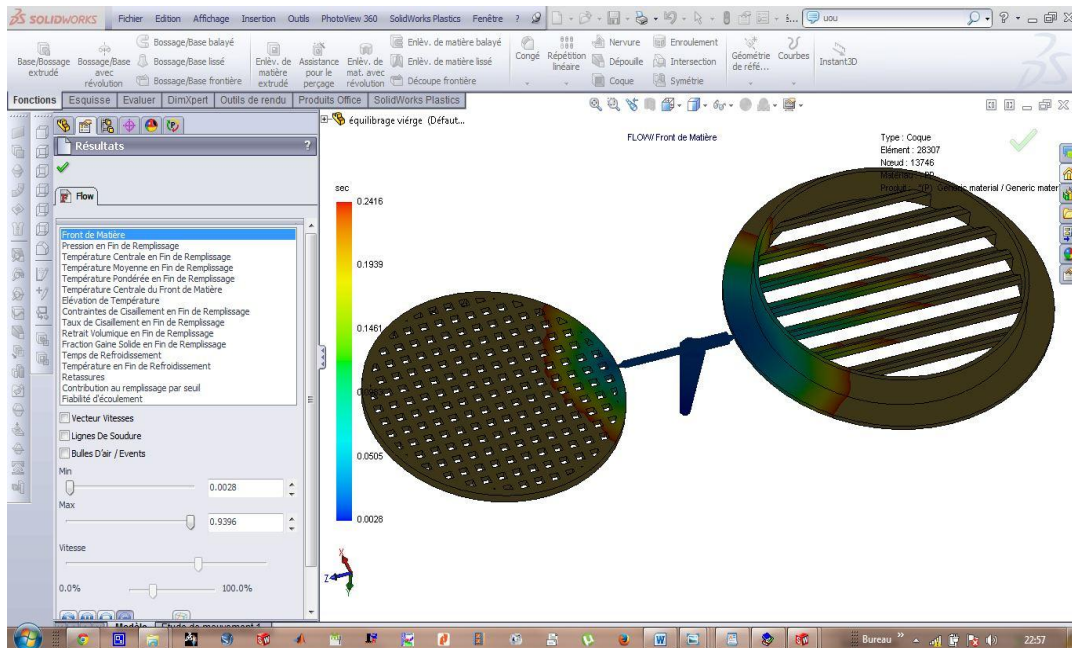


Fig.56 : solidworks plastics.

· Dimension des canaux :

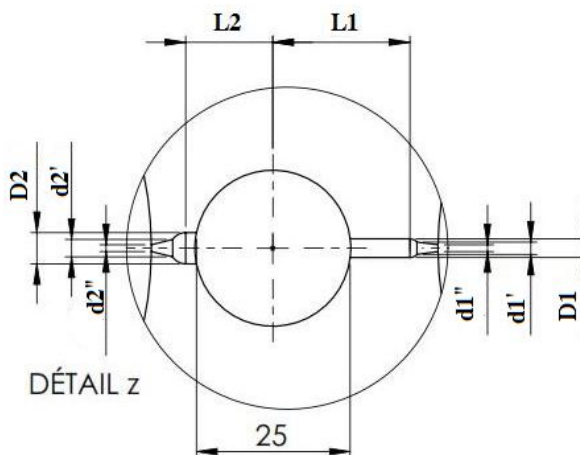
D1=3 mm, L1=22 mm

D2=5 mm, L2=14 mm

· Dimension des seuils :

d1'= 2 mm, d1''= 1 mm

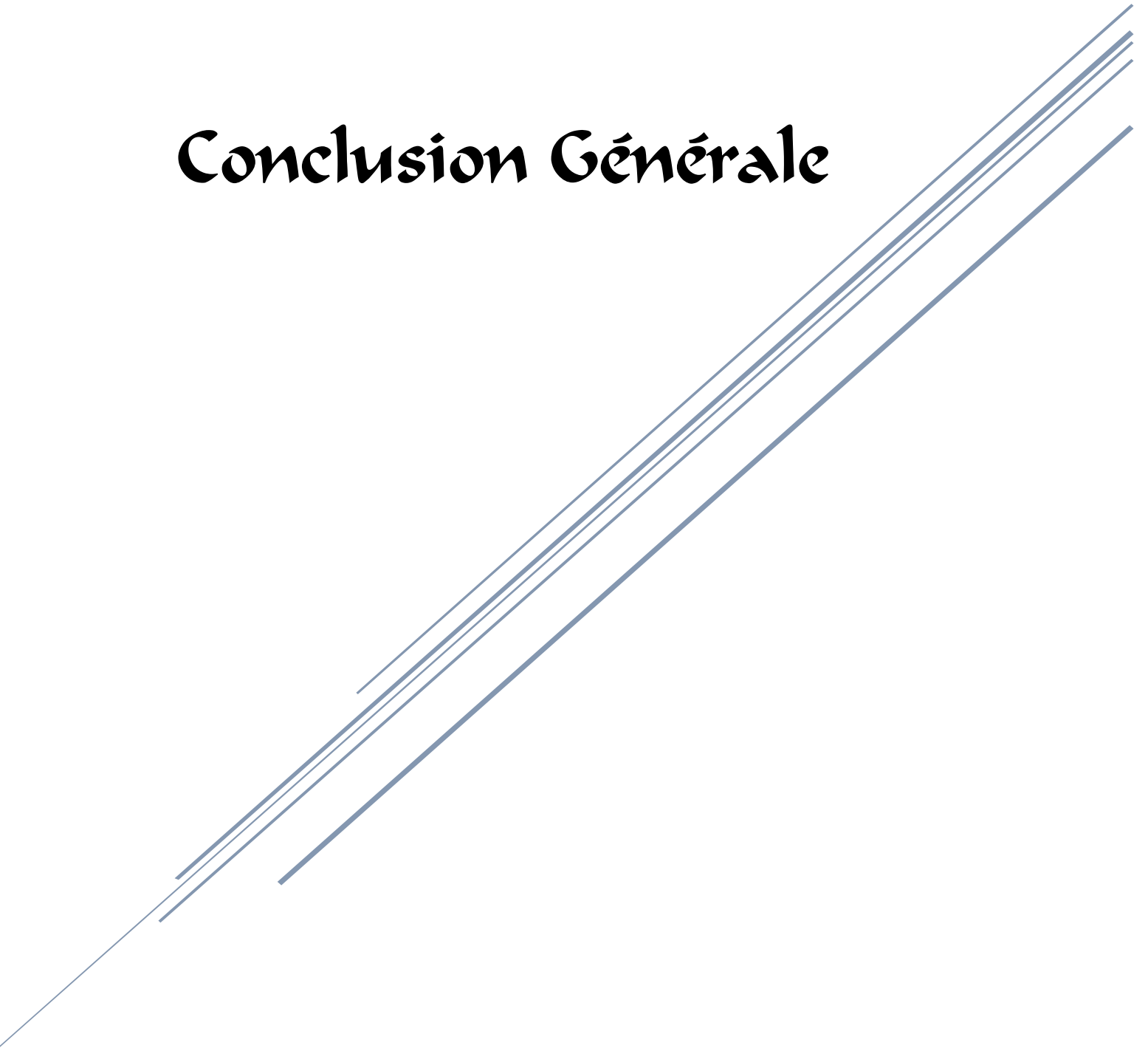
d2'=3 mm, d2''= 1 mm



VII) Conclusion :

Cette partie nous a permis de vérifier le calcul de dimensionnement du moule, le calcul du circuit de refroidissement, cycle d'injection, vérification à la résistance des différents éléments agissant lors de l'ouverture et de la fermeture du moule et l'équilibrage des canaux de moulées.

Conclusion Générale



CONCLUSION GENERALE

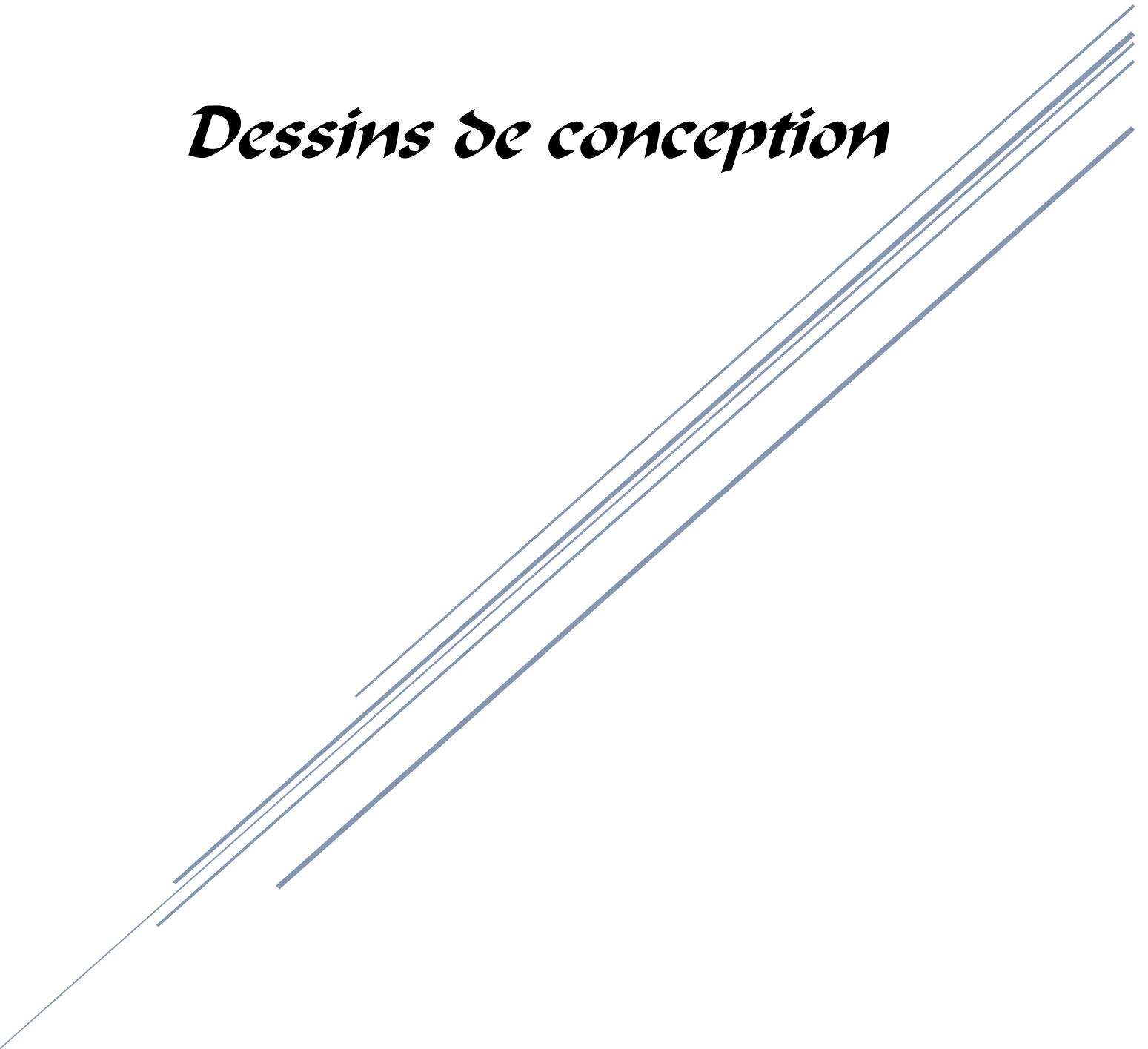
La réalisation de notre projet de fin d'études au niveau du hall de technologie a été pour nous d'une importance capitale, tant sur le plan pratique que théorique, cela nous a permis d'élargir nos connaissances dans le domaine de l'usinage (tournage, fraisage, rectification, ...).

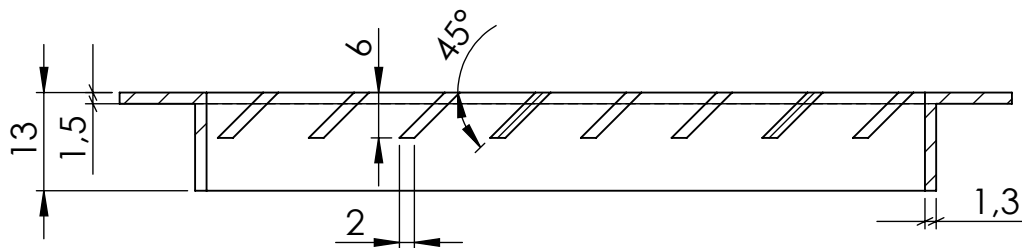
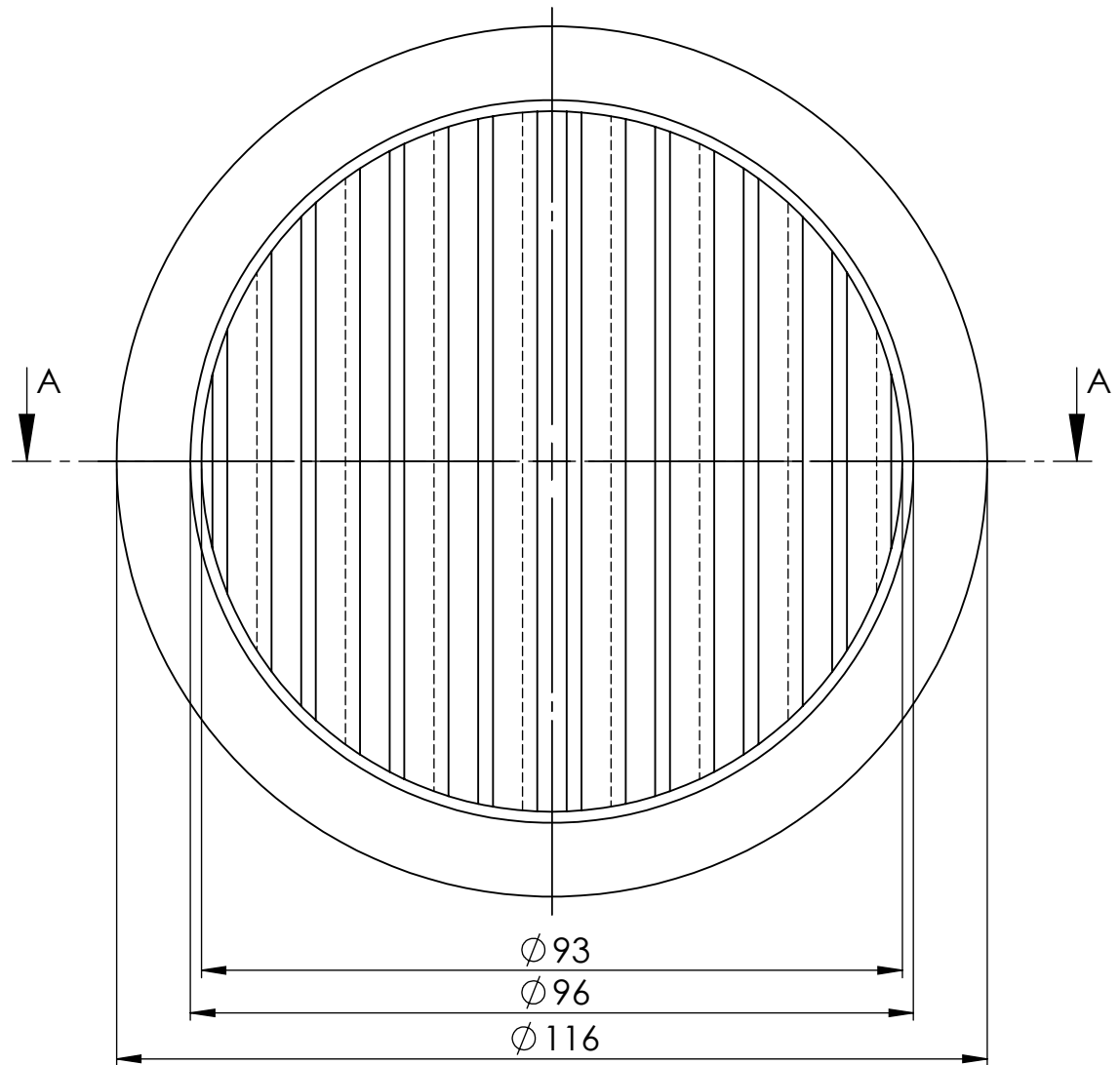
Ainsi, à travers notre projet de fin d'études nous avons pu constater la difficulté de mettre en œuvre les acquis théoriques en milieu industriel.

De plus, nous tenons à noter que cette étude nous a permis de nous familiariser et de nous initier à certains modules de logiciels très utilisés, tel que SolidWorks pour la conception assistée par ordinateur et Catia pour la fabrication assistée par ordinateur ainsi que SSCNC pour la simulation d'usinage et autre.

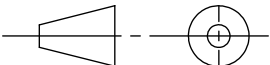
En fin, ce travail était, pour nous, une occasion de faire nos premiers pas dans le vaste terrain de la fabrication des moules, dans le sens où nous étions amenés à concevoir et à mettre en œuvre un moule d'injection plastique qui nous été totalement méconnu auparavant. Pour cerner cette problématique,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

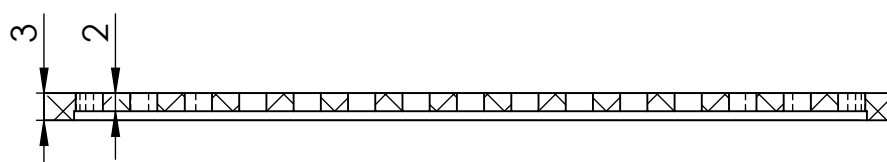
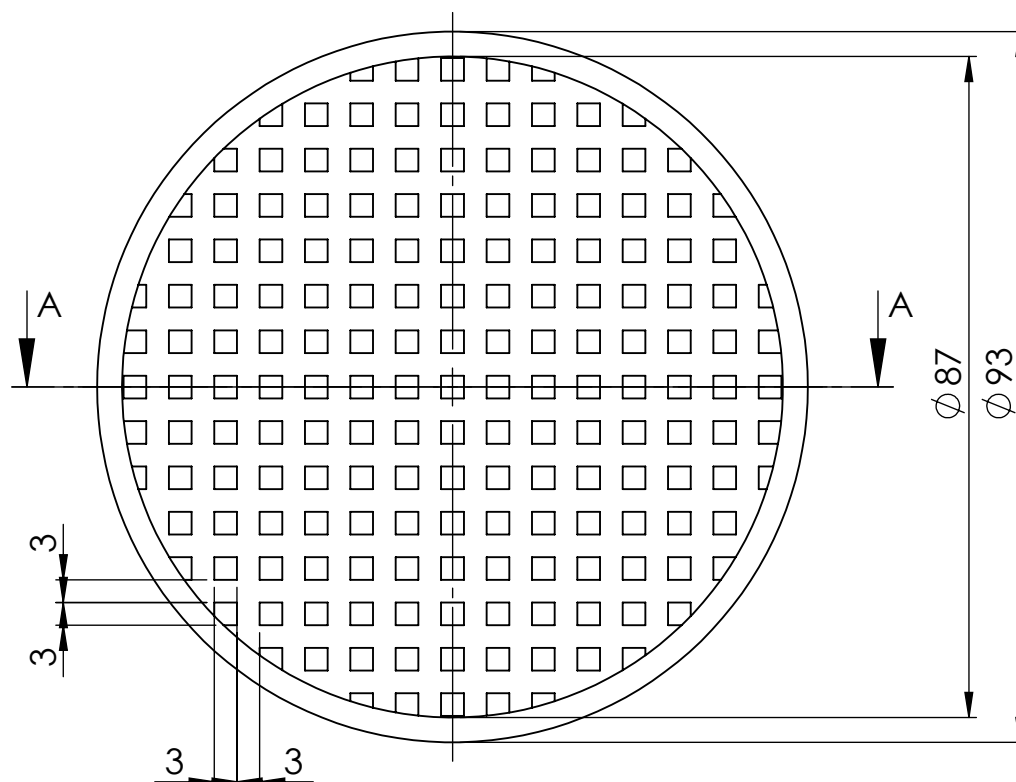
Dessins de conception



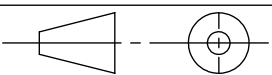


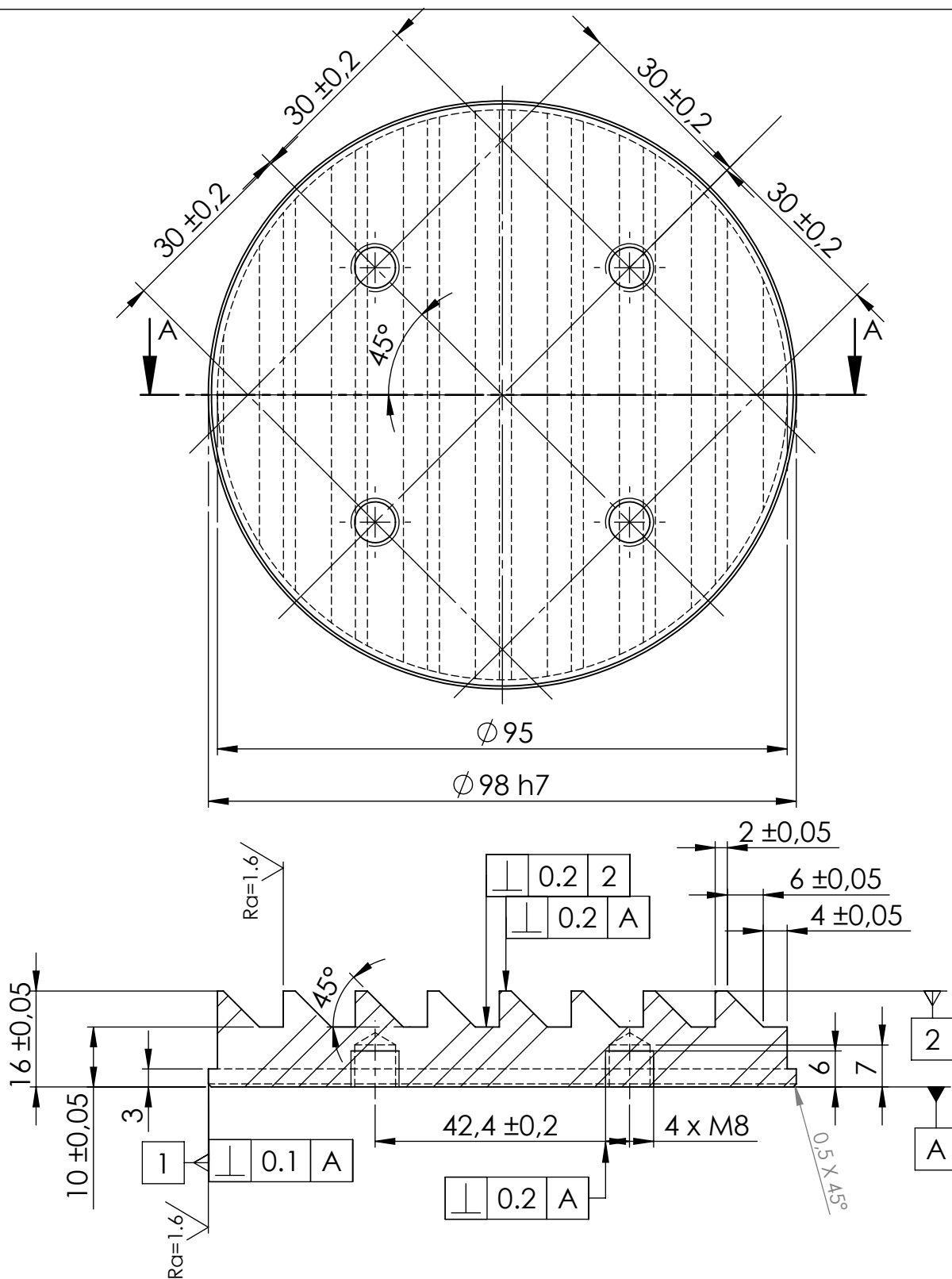
COUPE A-A

01	01	pièce moulée (grille)	PP	Retrait 1 à 2.8%
Rep	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		Oudahmane Oussama Ouazzoug Kaci Mamma Idir
				Projet de fin d'études 2013/2014
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		FMP-Master 2

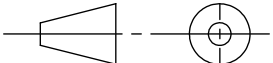


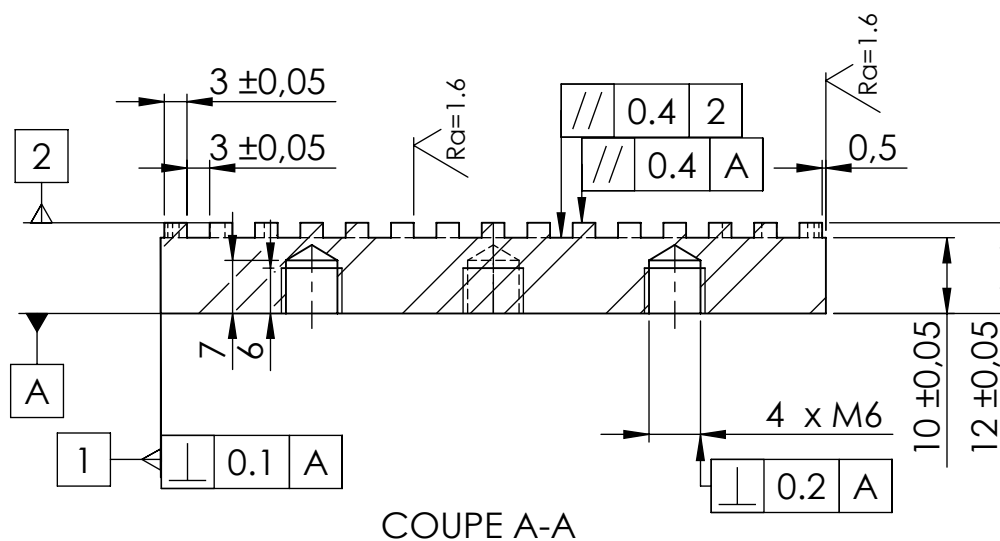
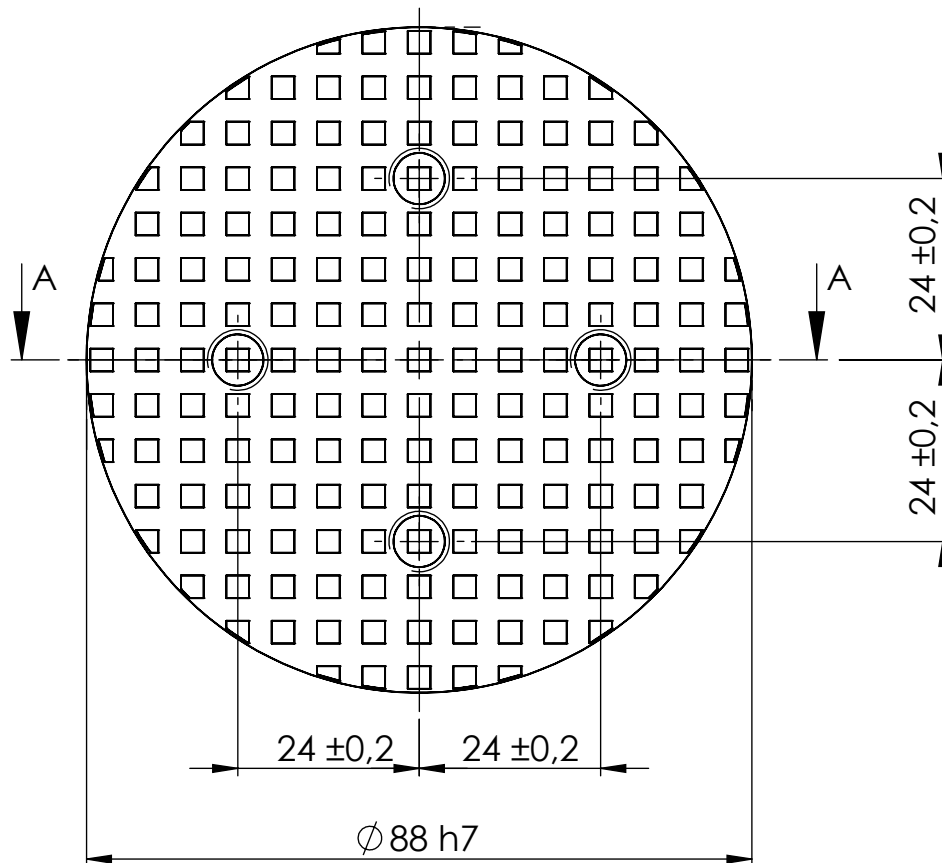
COUPE A-A
ECHELLE 1.2 : 1

02	01	piece moulée(moustiquaire)	PP	Retrait 1 à 2.8%
Rep	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		Oudahmane Oussama Ouazzoug Kaci Mamma Idir
				Projet de fin d'études 2013/2014
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		FMP-Master 2

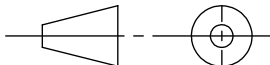


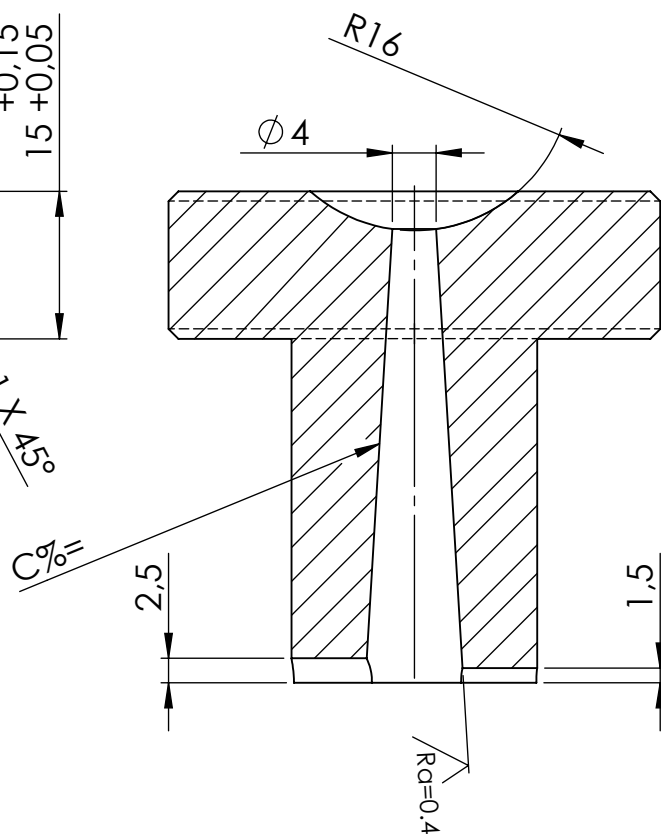
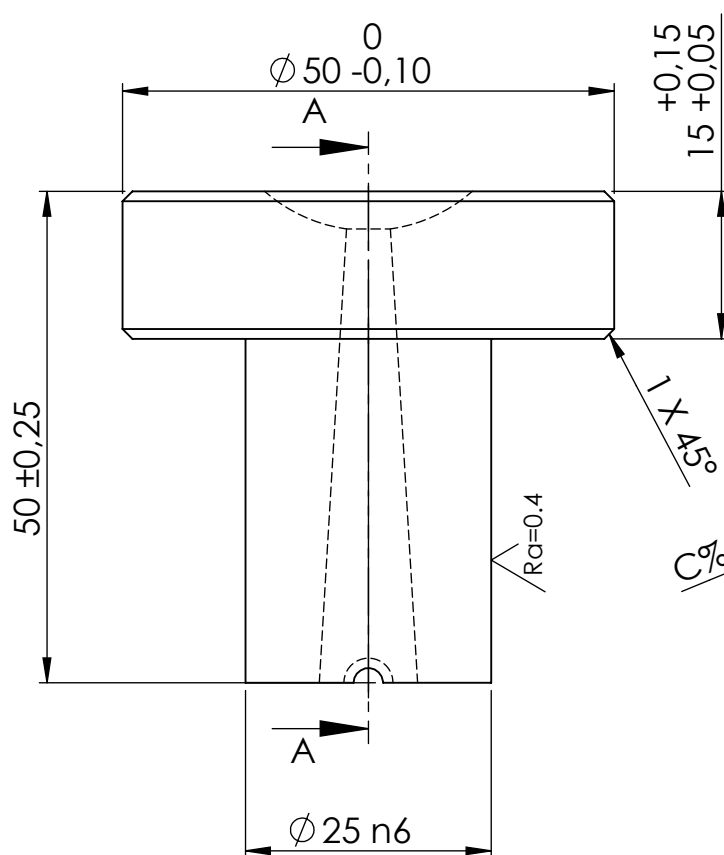
Etats de surfaces non spécifiés $Ra=3.2$ pour les surface usinées
pour les perçage $Ra=6.3$

04	01	Empreinte mobile	XC 48	
Rep	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		Oudahmane Oussama Ouazzoug kaci Mamma Idir
				Projet de fin d'études 25013/2014
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		FMP-Master 2

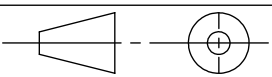


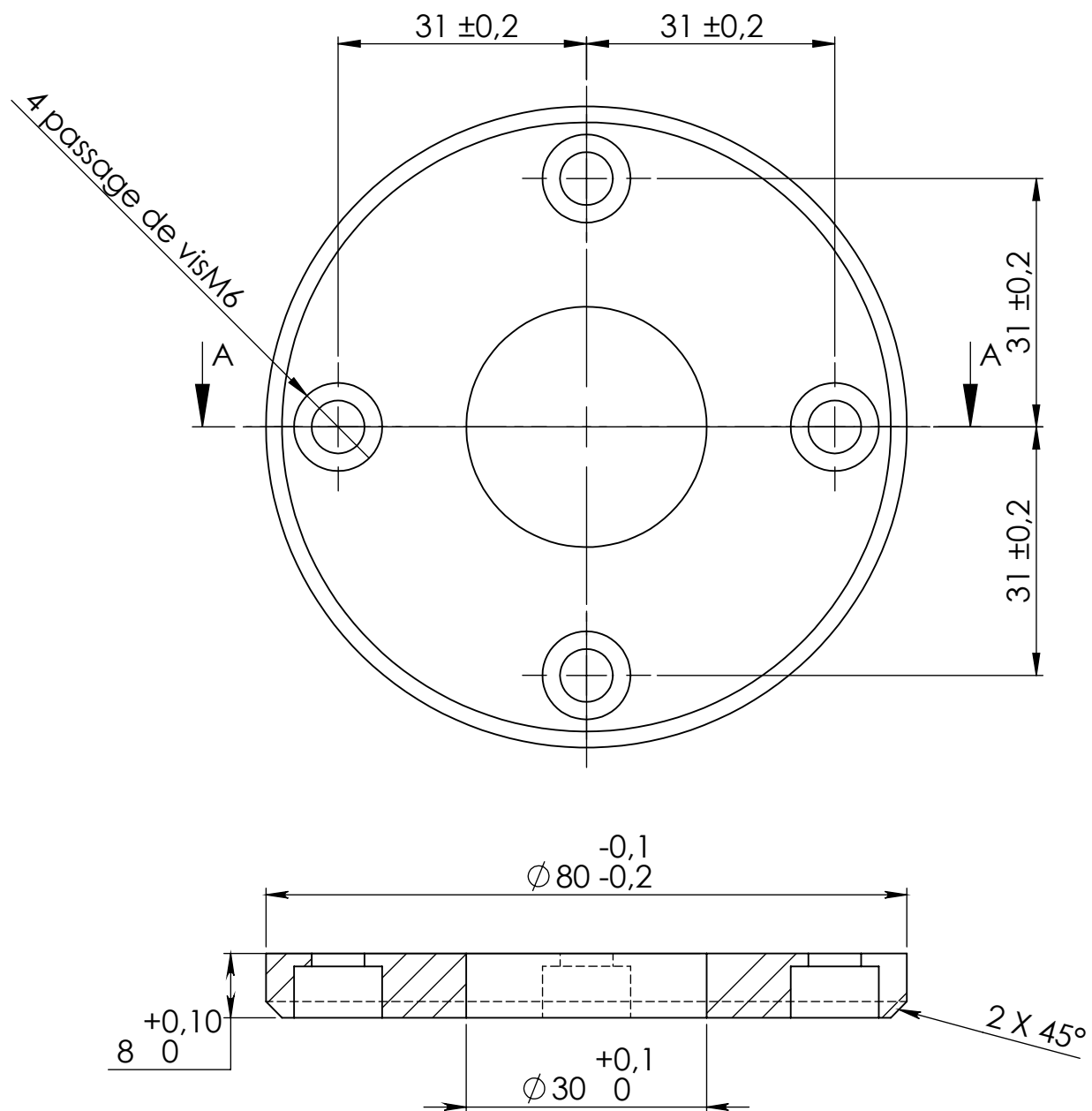
Etats de surfaces non spécifiés Ra=3.2 pour les surface usinées
pour les perçage Ra=6.3

05	01	Empreinte mobile (moustiquaire)	XC 48	
Rep	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle: 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		Oudahmane Oussama Ouazzoug Kaci Mamma Idir
				Projet de fin d'études 2013/2014
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		FMP-Master 2



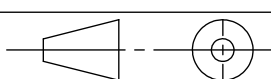
COUPE A-A
ECHELLE 1.3 : 1

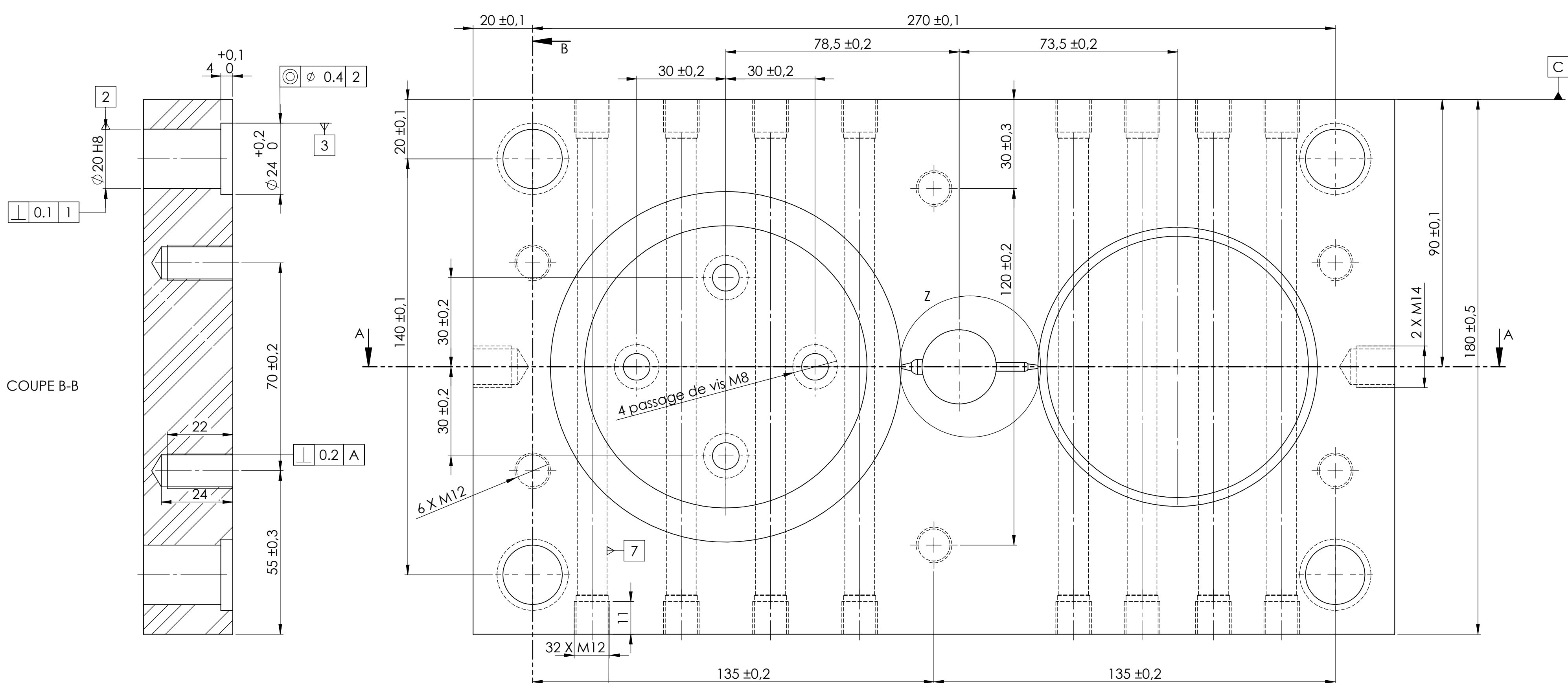
06	01	Buse d'injection	35 NC 15 recuit	
Rep	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle: 1.3:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		Oudahmane Oussama Ouazzoug Kaci Mamma Idir
				Projet de fin d'études 2013/2014
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		FMP-Master 2



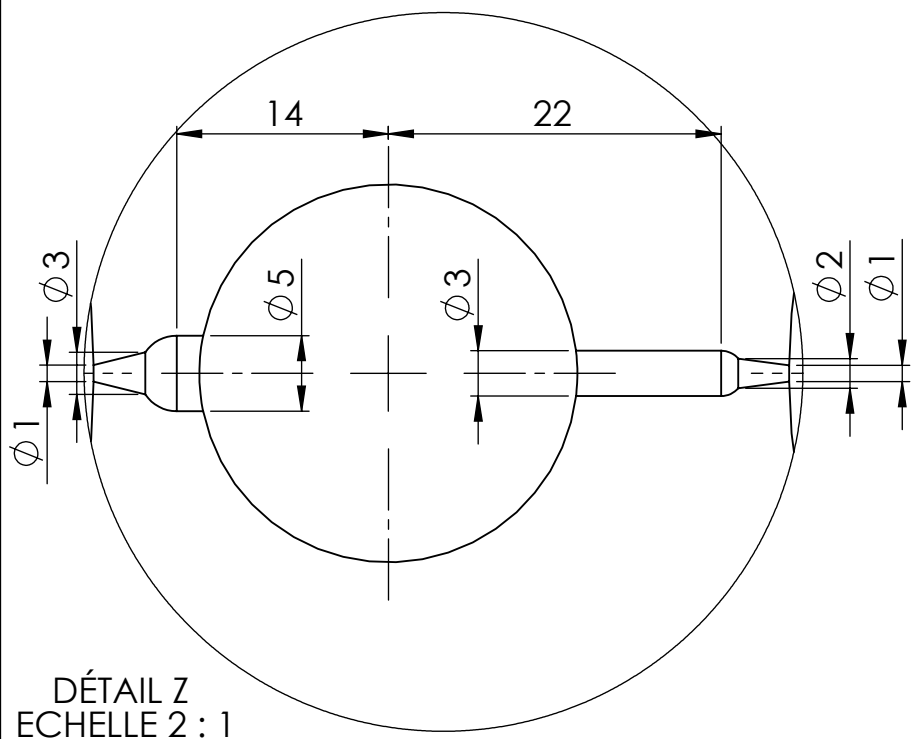
COUPE A-A
ECHELLE 1.2 : 1

Ra=1.6  sauf indication contraire

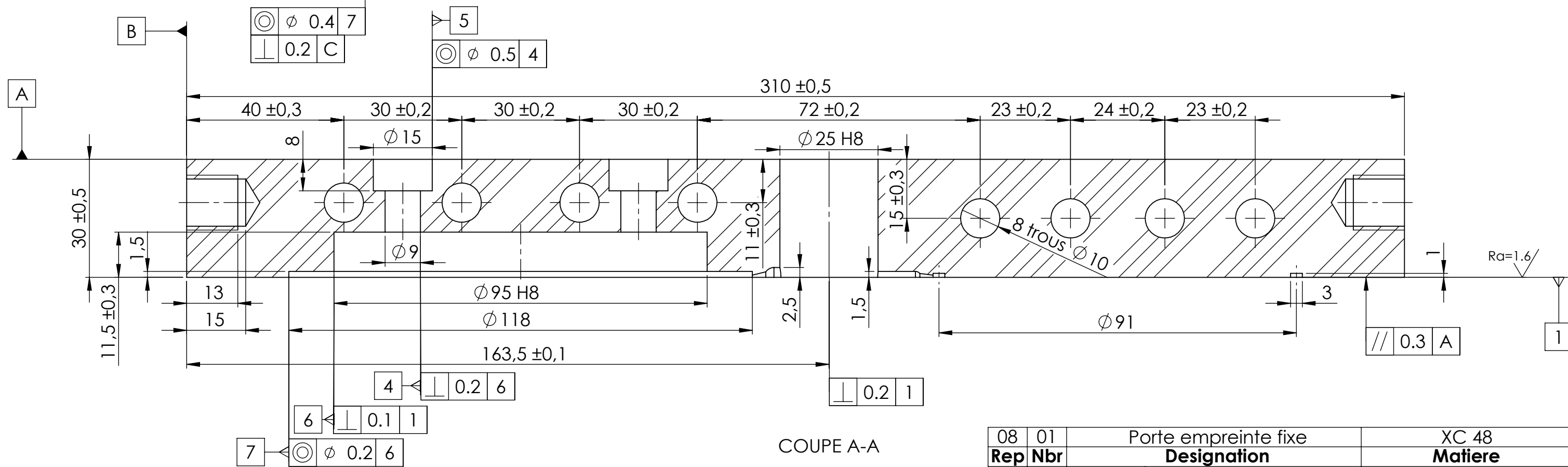
07	01	Bague de centrage	xc 38	
Rep	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle: 1.2:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		Oudahmane Oussama Ouazzoug kaci Mamma Idir
				Projet de fin d'études 2013/2014
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		FMP_Master 2



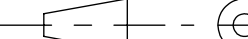
COUPE B-B



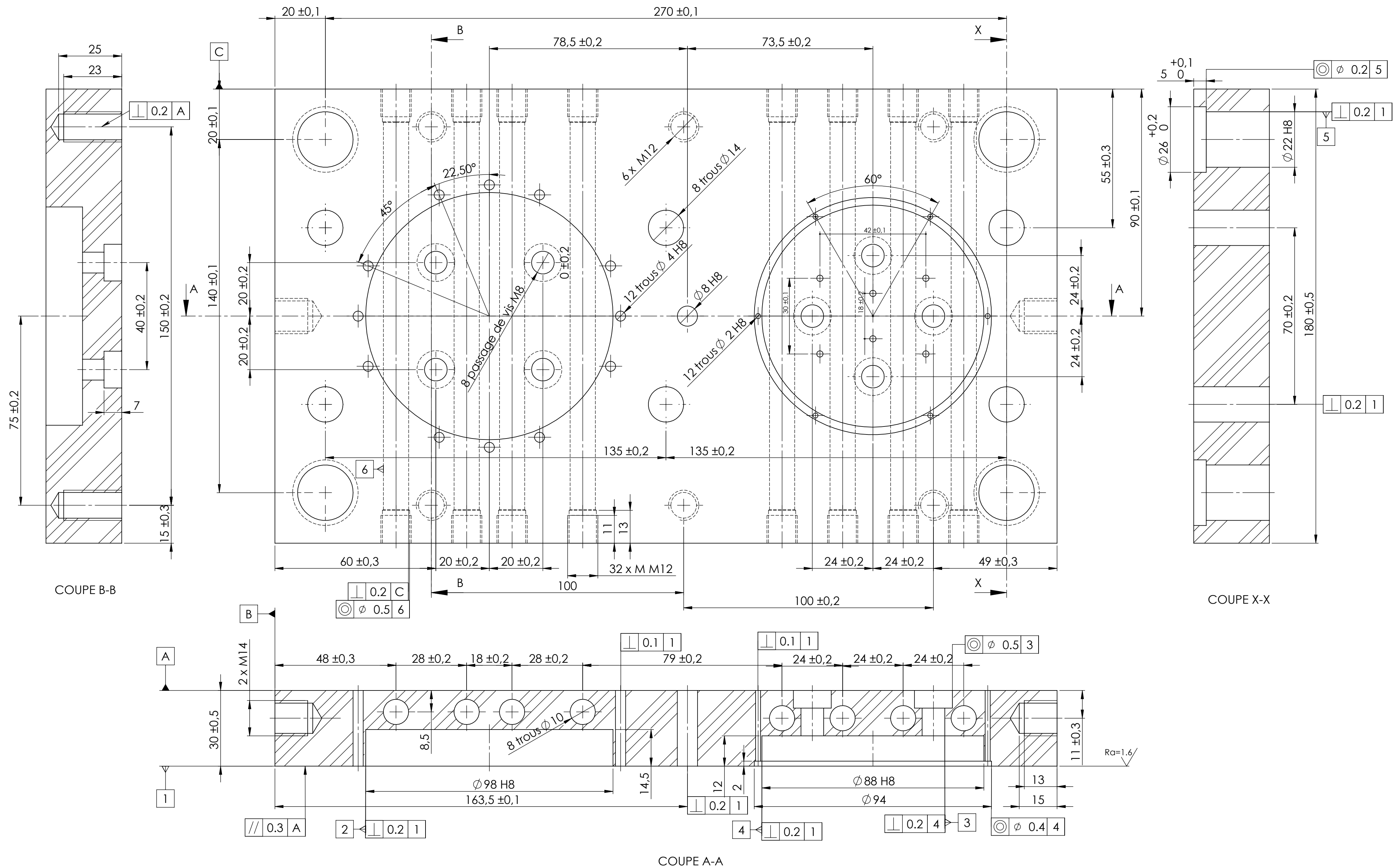
DÉTAIL Z
ECHELLE 2 : 1



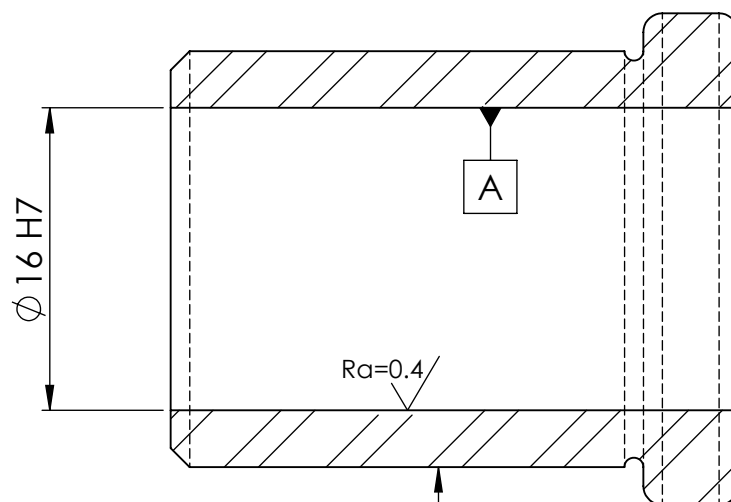
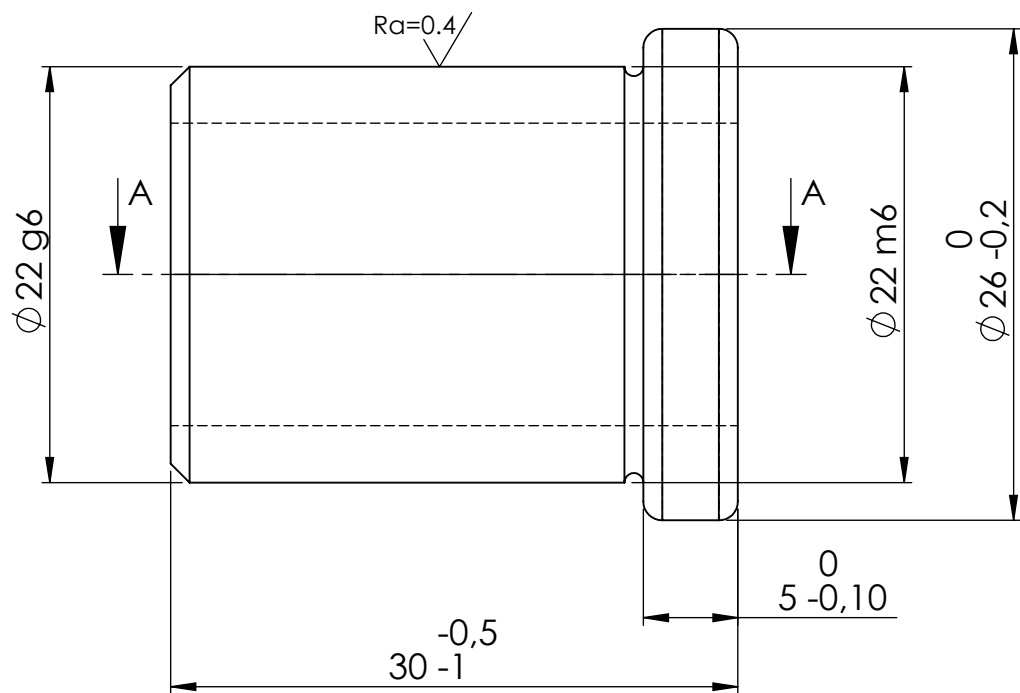
COUPE A-A

08	01	Porte empreinte fixe	XC 48	Oudahmane oussama Ouazzoug kaci Mamma idir Projet de fin d'études 2013/2014 FPM _ MASTER 2
Rep	Nbr	Designation	Matiere	
Echelle:		Moule d'injection plastique		
1:1				
				
A2		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		

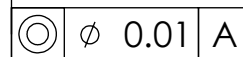
Etats de surfaces non spécifiés Ra=3.2 pour les surface usinées,
pour les perçage Ra=6.3

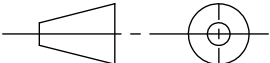


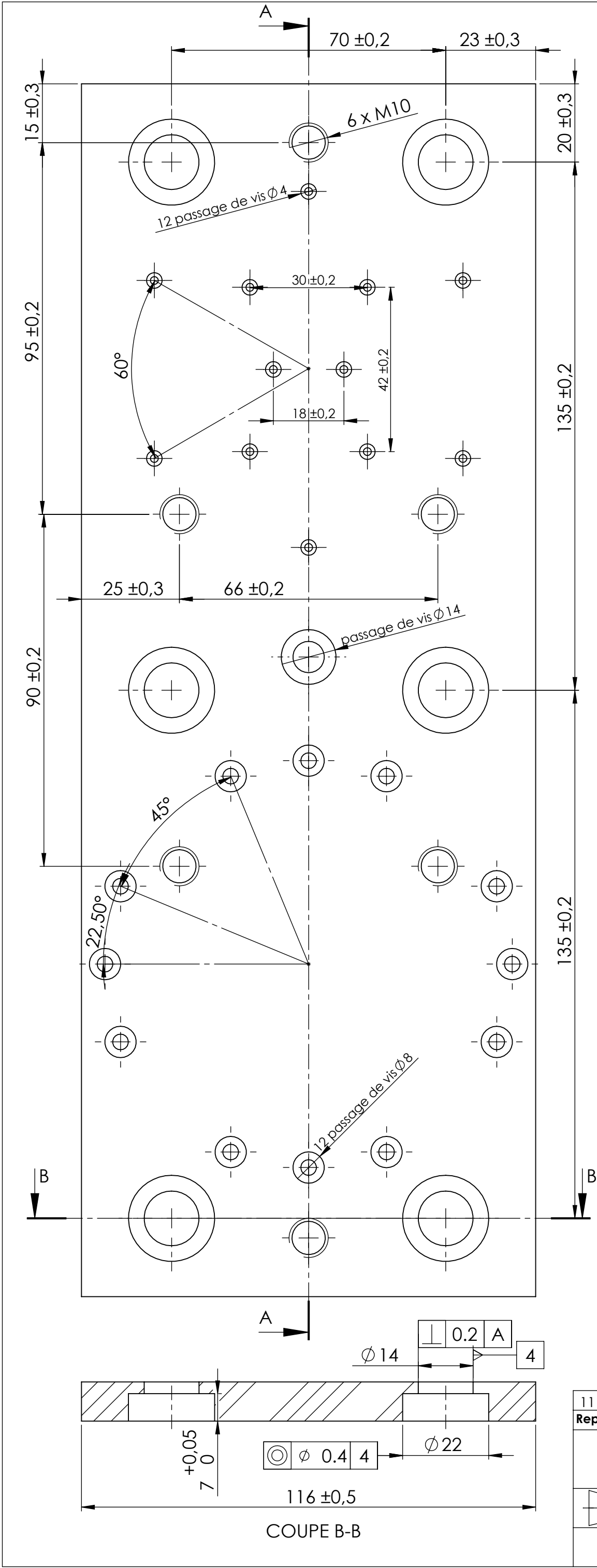
Etats de surfaces non spécifiés Ra=3.2 pour les surface usinées
pour les perçage Ra=6.3

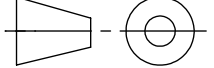


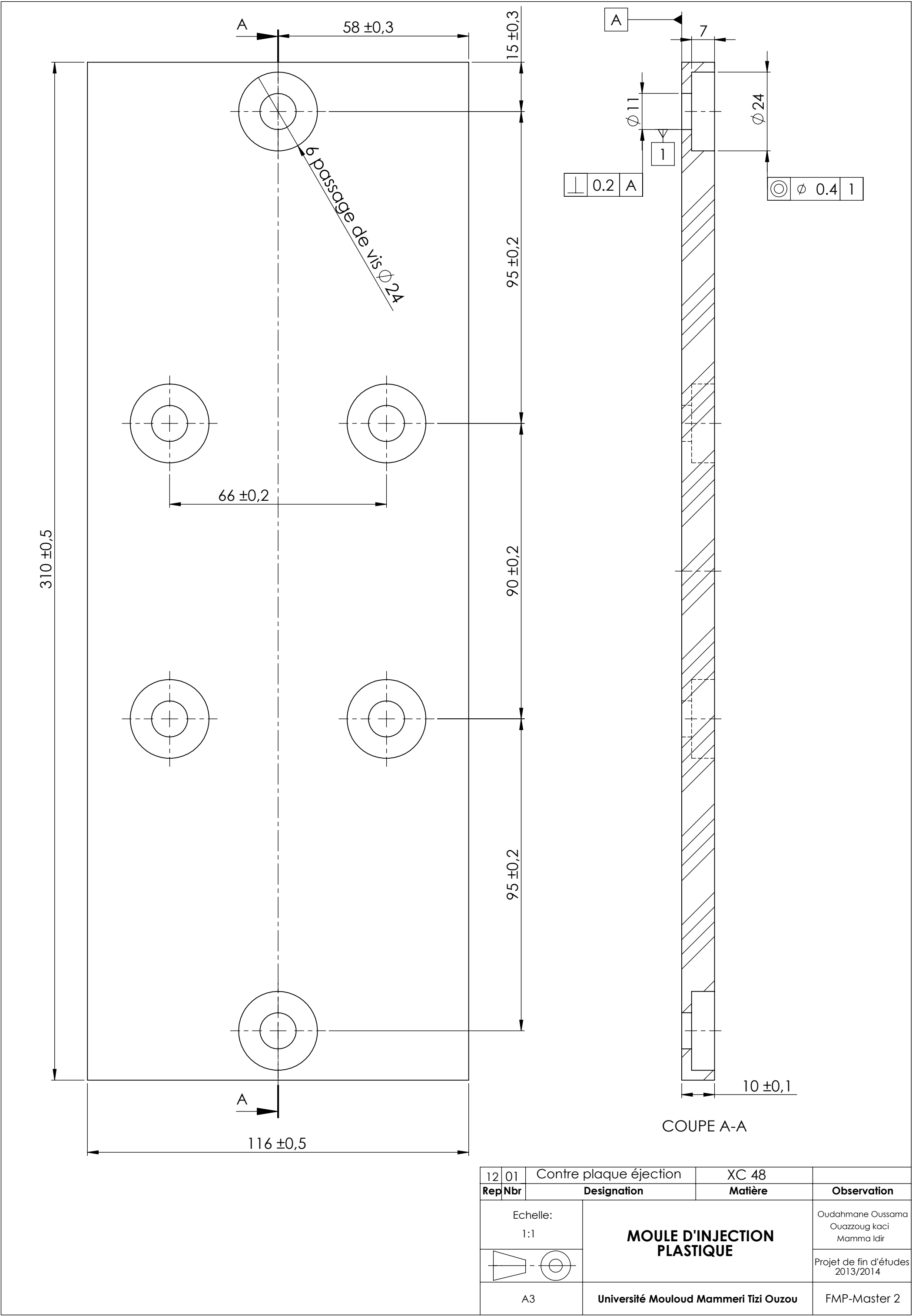
COUPE A-A
ECHELLE 2.5 : 1

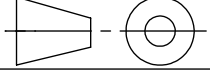


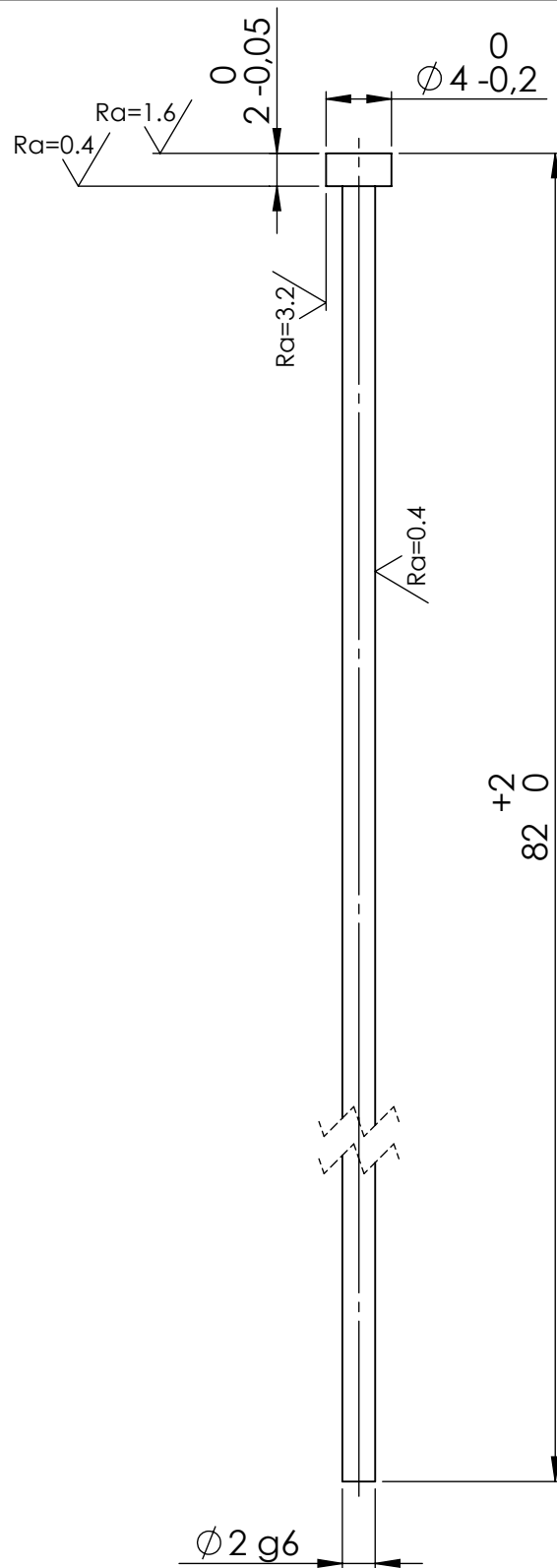
10	04	Douille de guidage	100 C 6	
Rep	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle: 2.5:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		Oudahmane Oussama Ouazzoug Kaci Mamma Idir
				Projet de fin d'études 2013/2014
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		FMP-Master 2

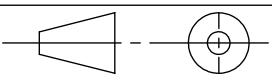


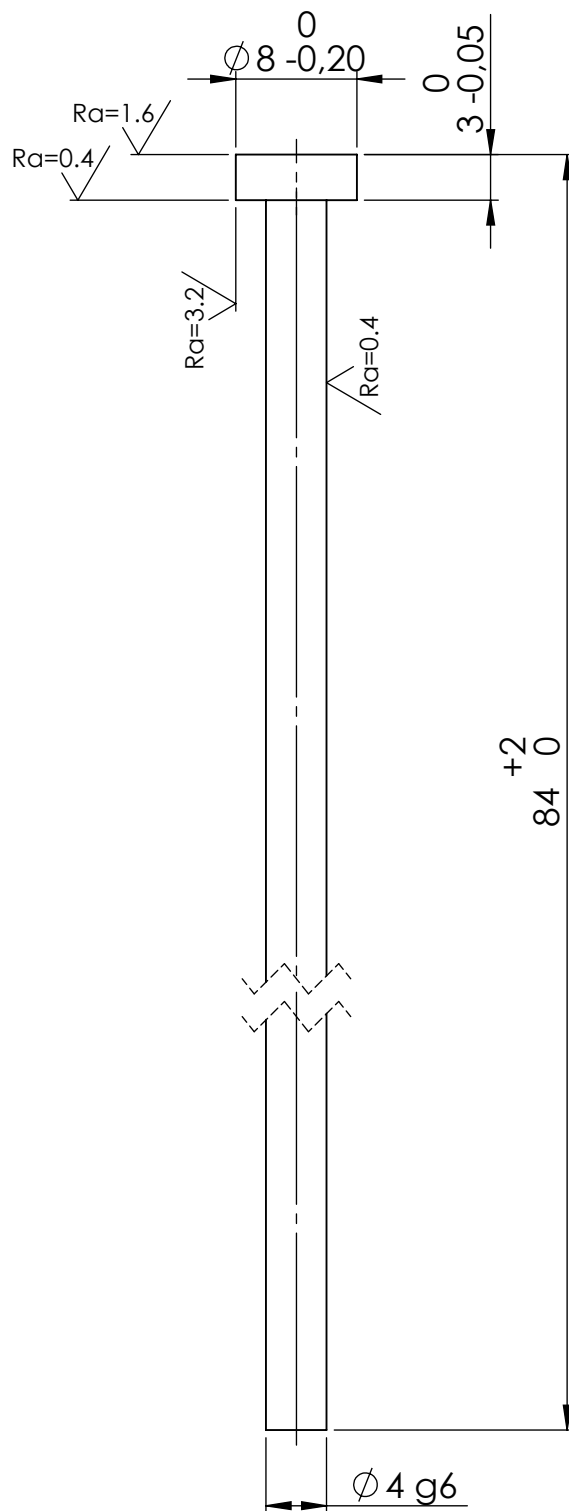
11	01	Plaque éjection	XC 48	Oudahmane Oussama Ouazzoug kaci Mamma Idir Projet de fin d'études 2013/2014 FMP-Master 2
Rep	Nbr	Designation	Matière	
Echelle: 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		
				
A3		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		

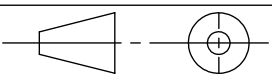


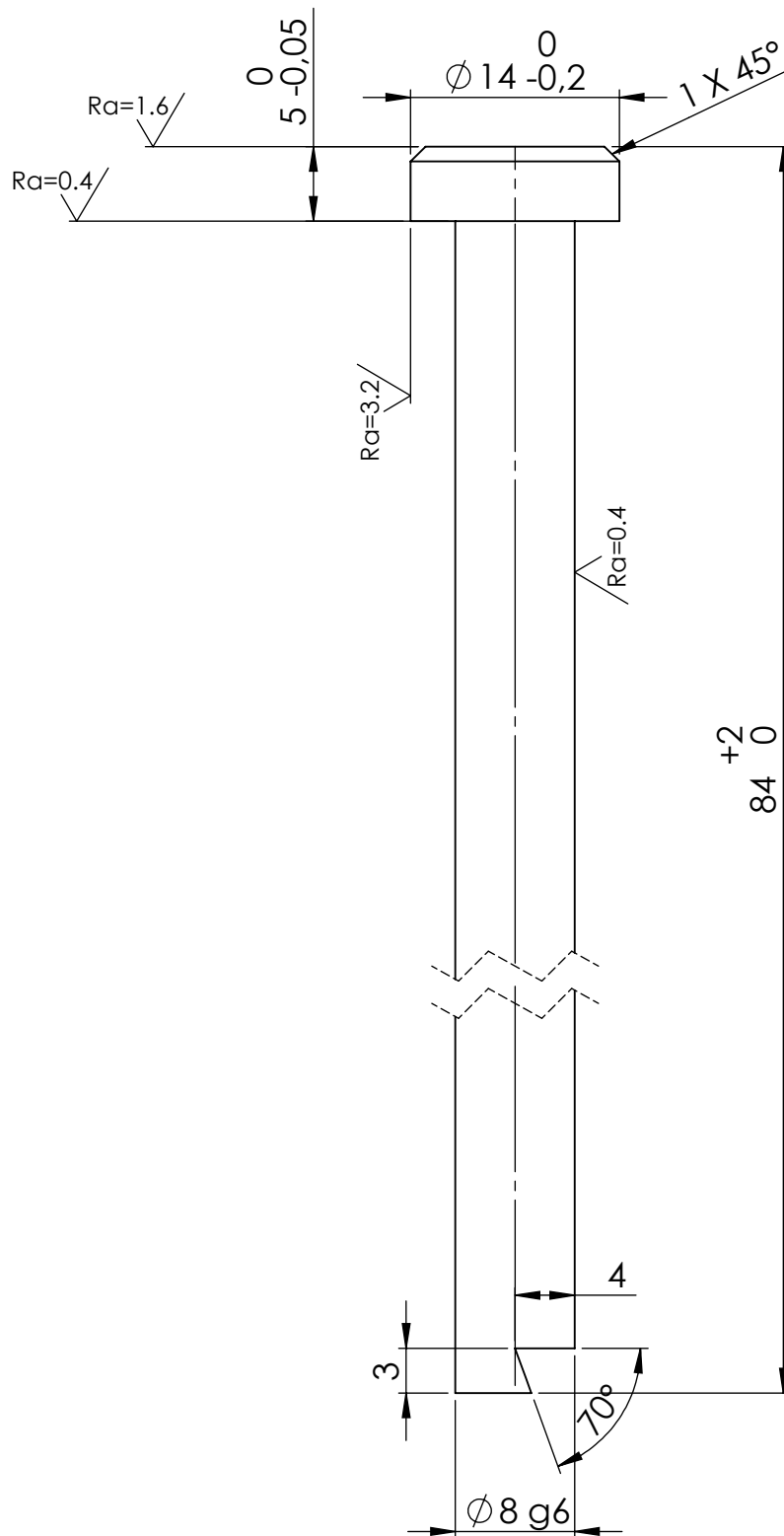
12	01	Contre plaque éjection	XC 48	Oudahmane Oussama Ouazzoug kaci Mamma Idir Projet de fin d'études 2013/2014
Rep	Nbr	Designation	Matière	
Echelle:		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		
				
A3		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		FMP-Master 2

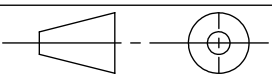


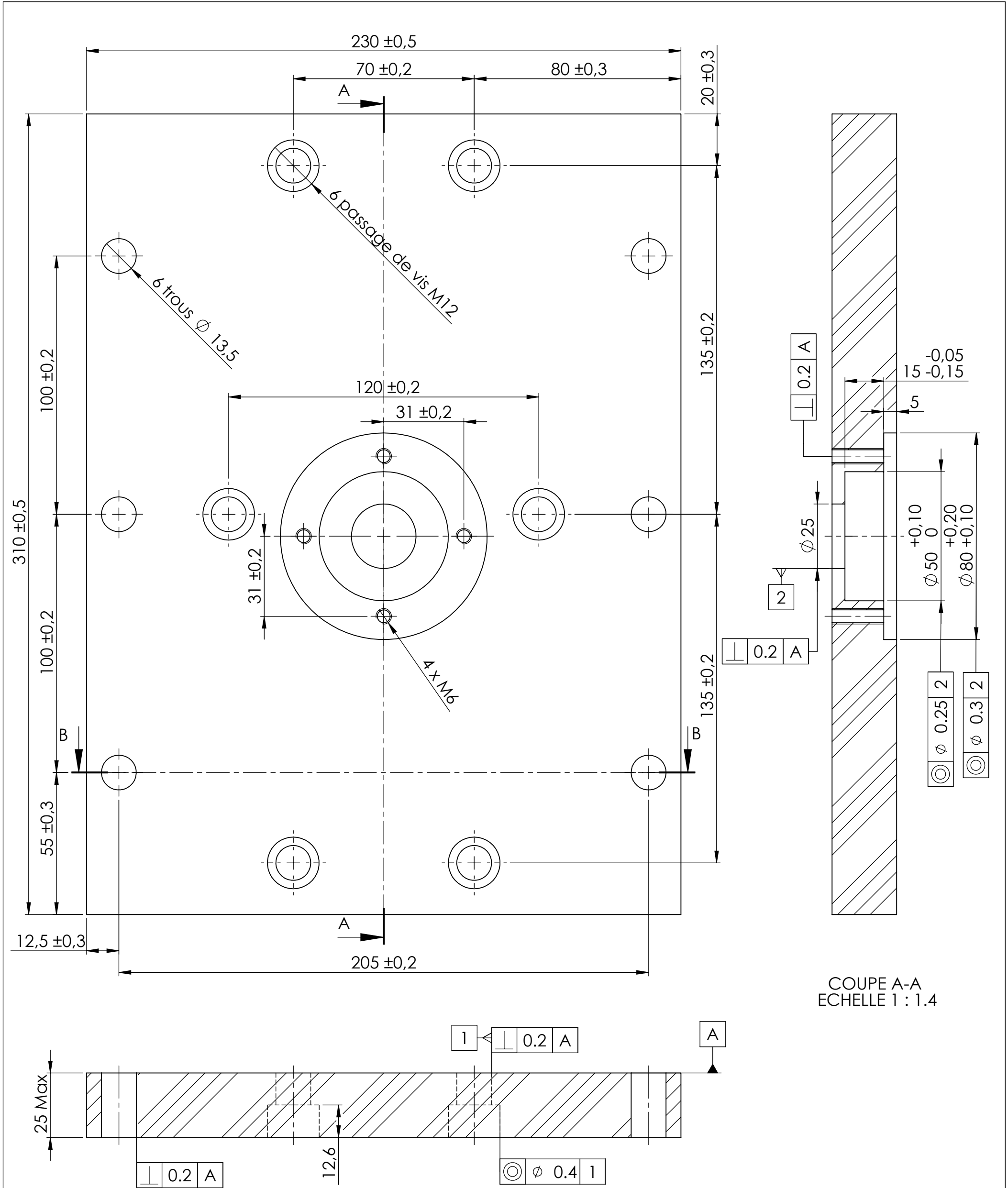
13	12	Ejecteur pièce D2	acier nitruré	
Rep	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle: 2:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		Oudahmane Oussama Ouazzoug Kaci Mamma Idir
				Projet de fin d'études 2013/2014
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		FMP-Master 2



13	12	Ejecteur pièce D4	acier nituré	
Rep	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle: 2:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		Oudahmane Oussama Ouazzoug Kaci Mamma Idir
				Projet de fin d'études 2013/2014
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		FMP-Master 2

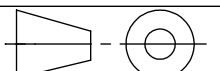


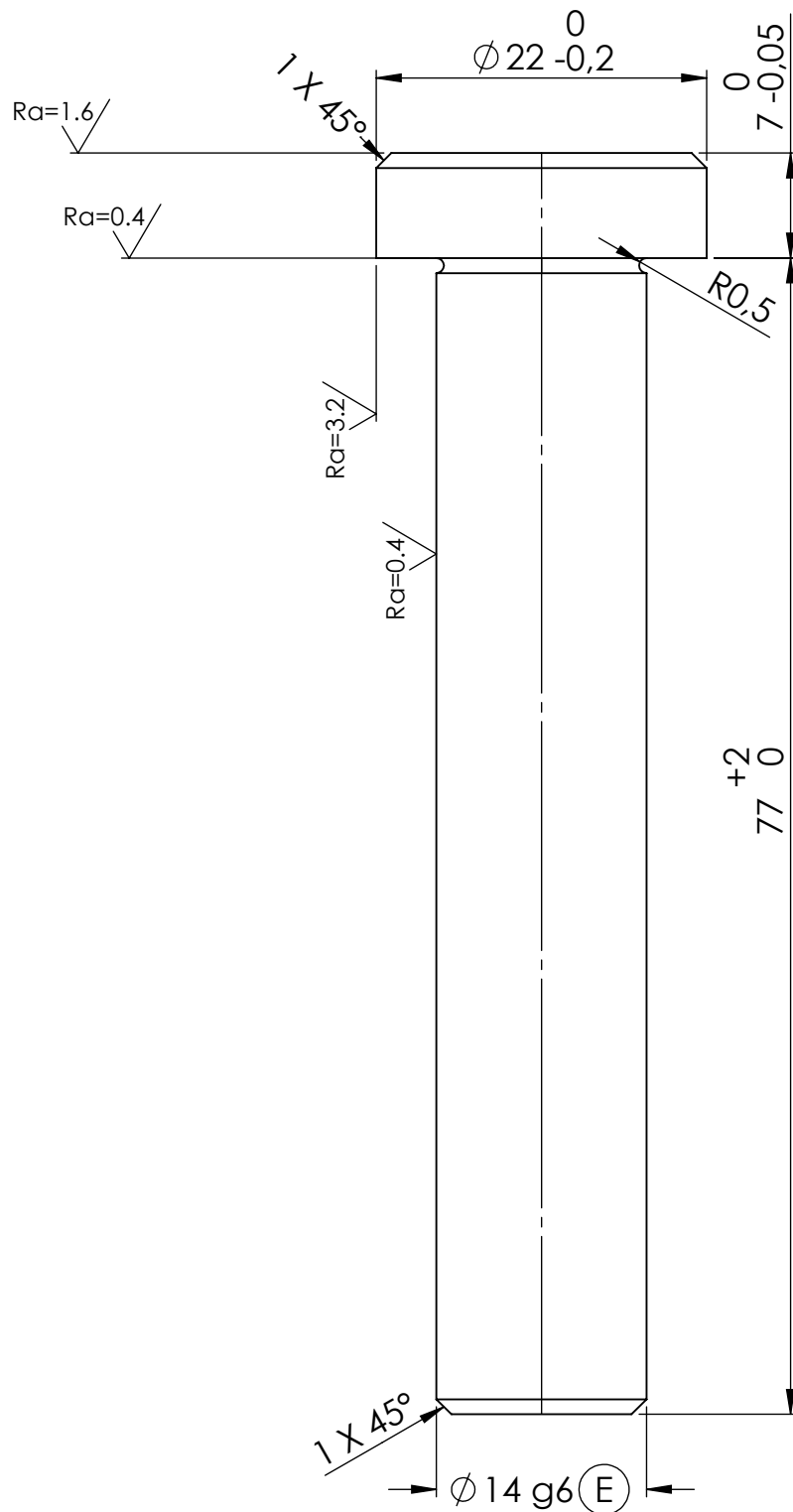
14	01	Arrache carotte	acier nitruré	Observation
Rep	Nbr	Designation	Matière	
Echelle: 2:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		Oudahmane Oussama Ouazzoug Kaci Mamma Idir
				Projet de fin d'études 2013/2014
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		FMP-Master 2

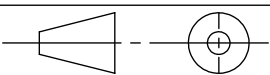


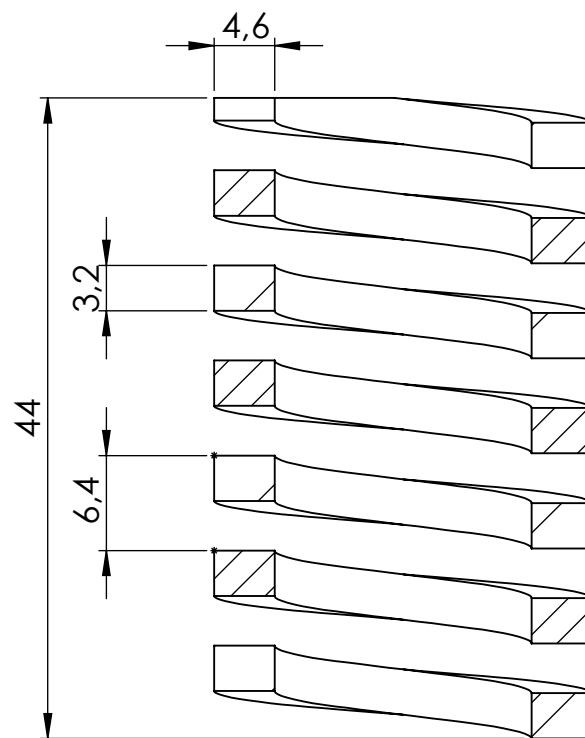
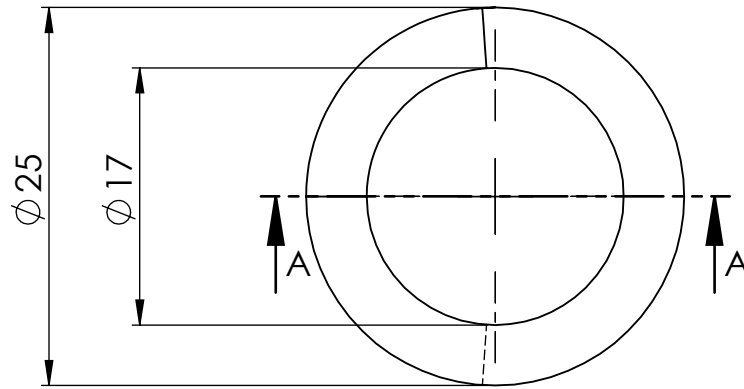
COUPE A-A
ECHELLE 1 : 1.4

COUPE B-B
ECHELLE 1 : 1.4

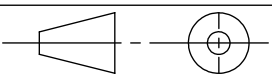
15	01	Plaque semelle fixe	XC 48	
Rep	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle 1:1.4		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		Oudahmane Oussama Ouazzoug kaci Mamma Idir
				Projet de fin d'études 2013/2014
A3		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		FMP-Master 2

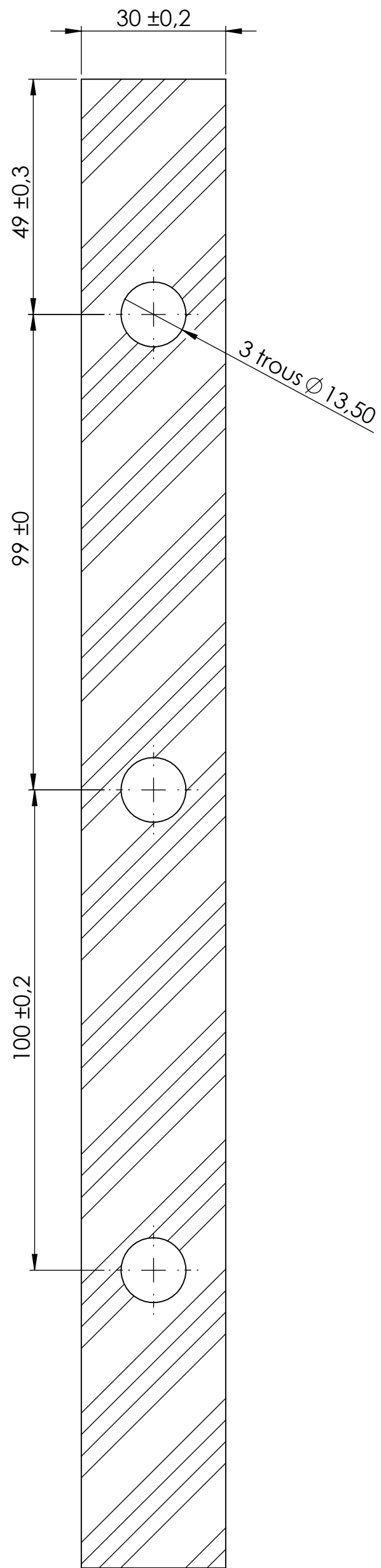
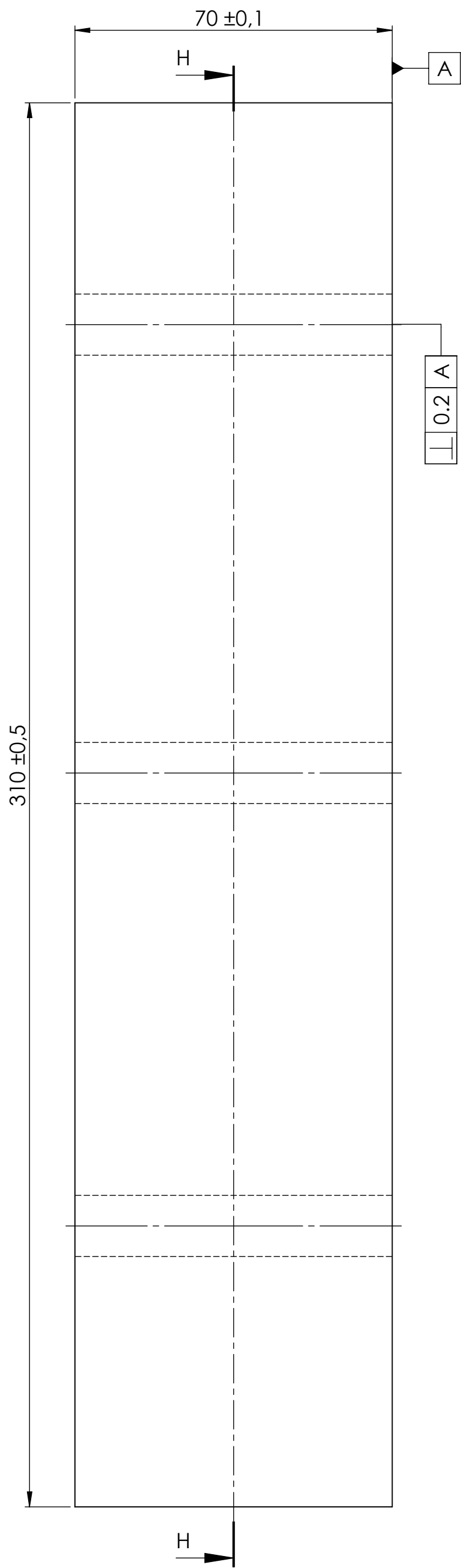


16	06	Colonne de guidage éjection	acier nitruré	
Rep	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle: 2:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		Oudahmane Oussama Ouazzoug Kaci Mamma Idir
				Projet de fin d'études 2013/2014
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		FMP-Master 2

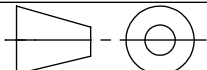


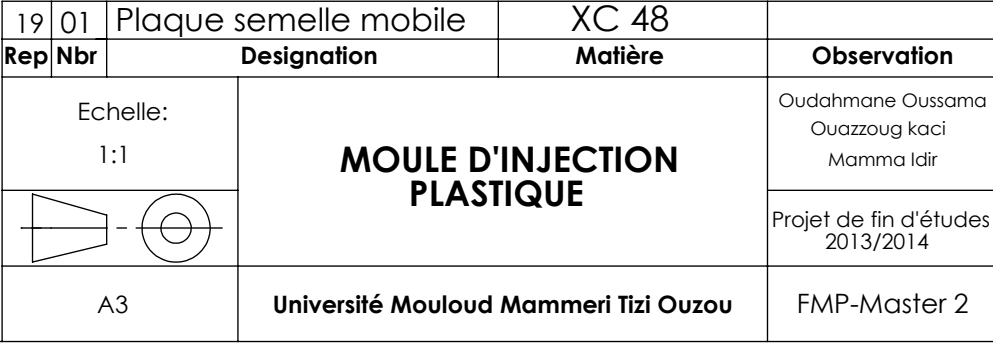
COUPE A-A
ECHELLE 2 : 1

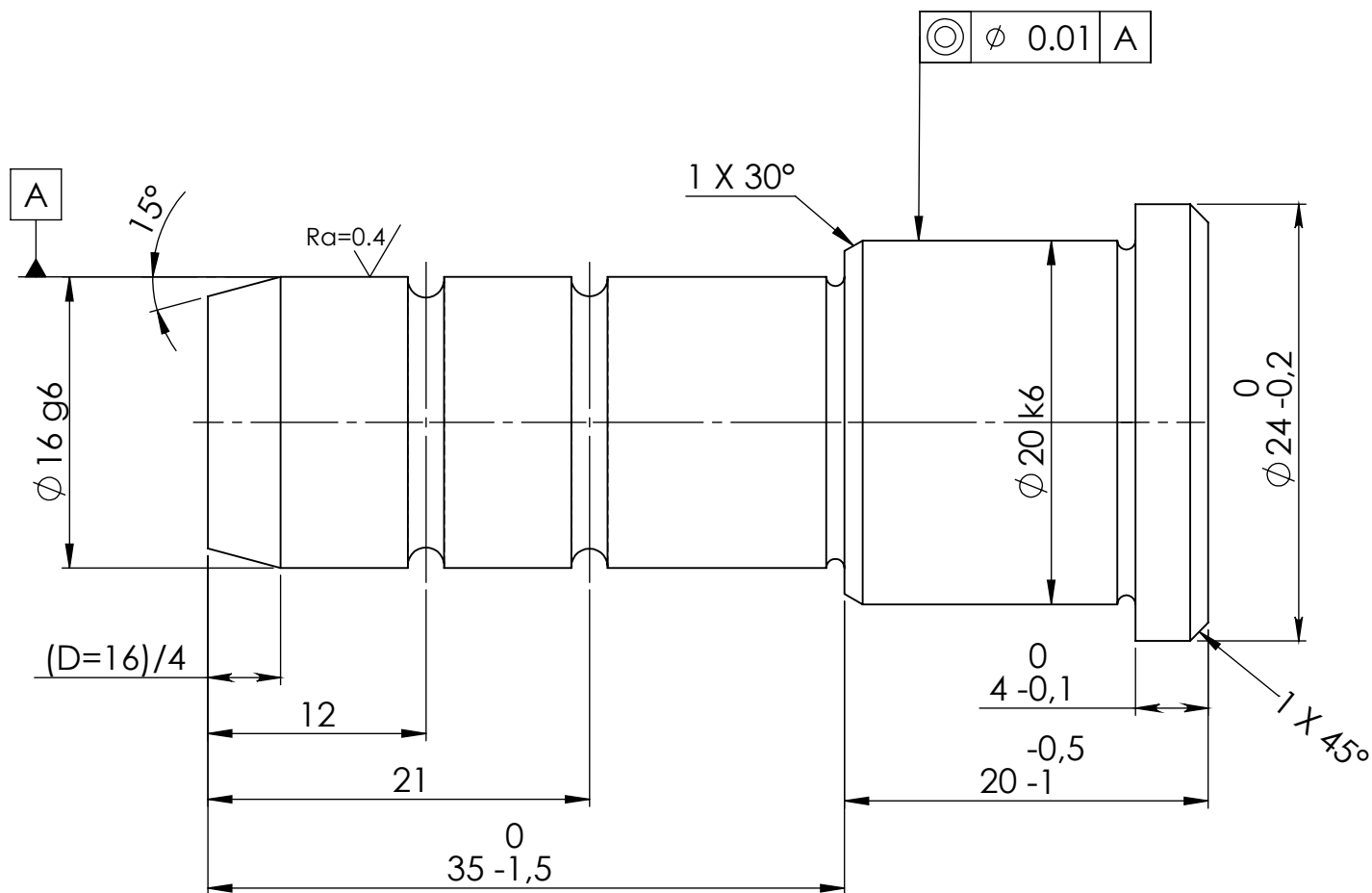
17	06	Ressort	51 SI 7	
Rep	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle: 2:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		Oudahmane Oussama Ouazzoug Kaci Mamma Idir
				Projet de fin d'études 2013/2014
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		FMP-Master 2

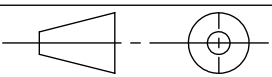


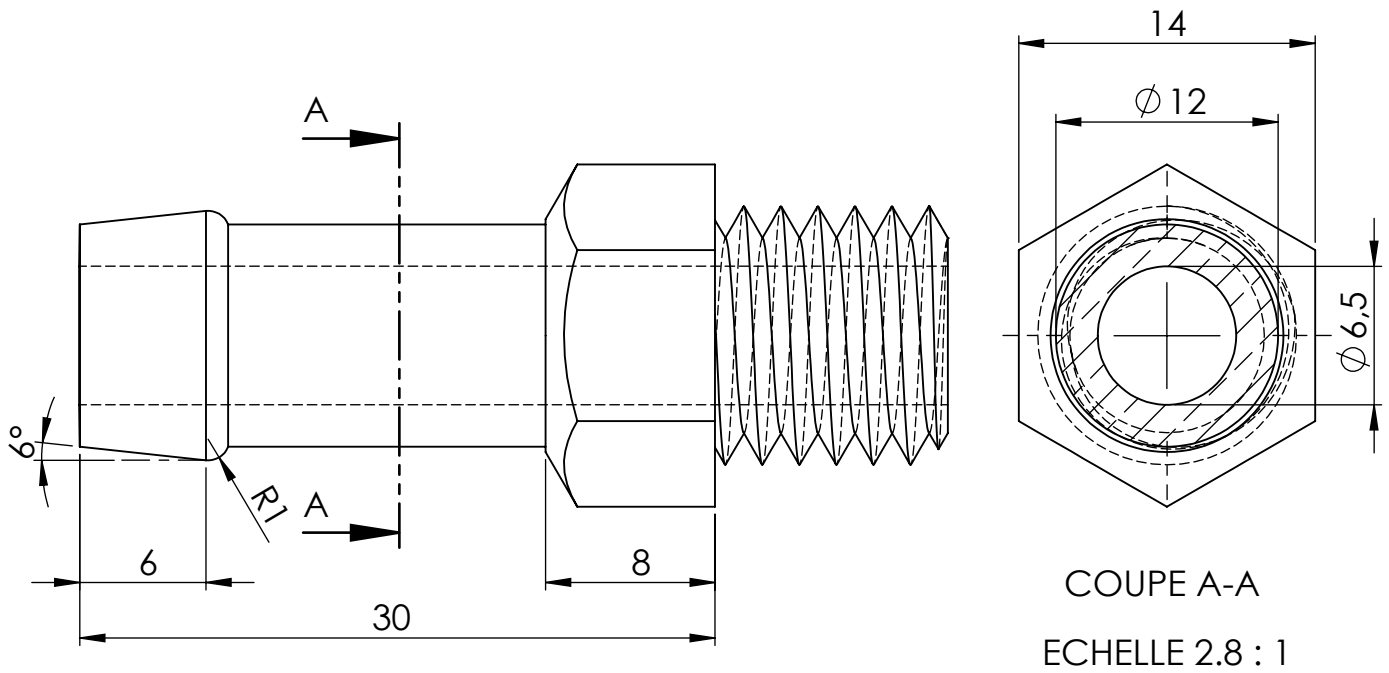
COUPE H-H

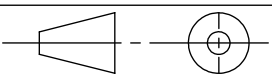
18	01	Tasseaux	XC 48	Observation
Rep	Nbr	Designation	Matière	
Echelle: 1:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		Oudahmane Oussama Ouazzoug kaci Mamma Idir
				Projet de fin d'études 2013/2014
A3		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		FMP-Master 2

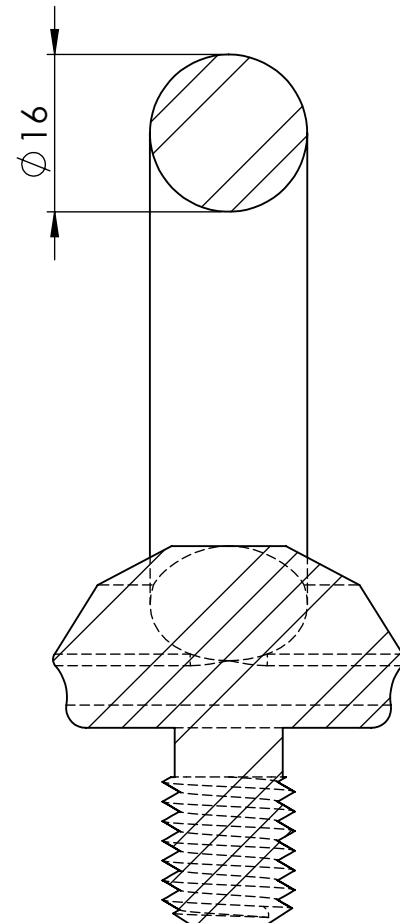
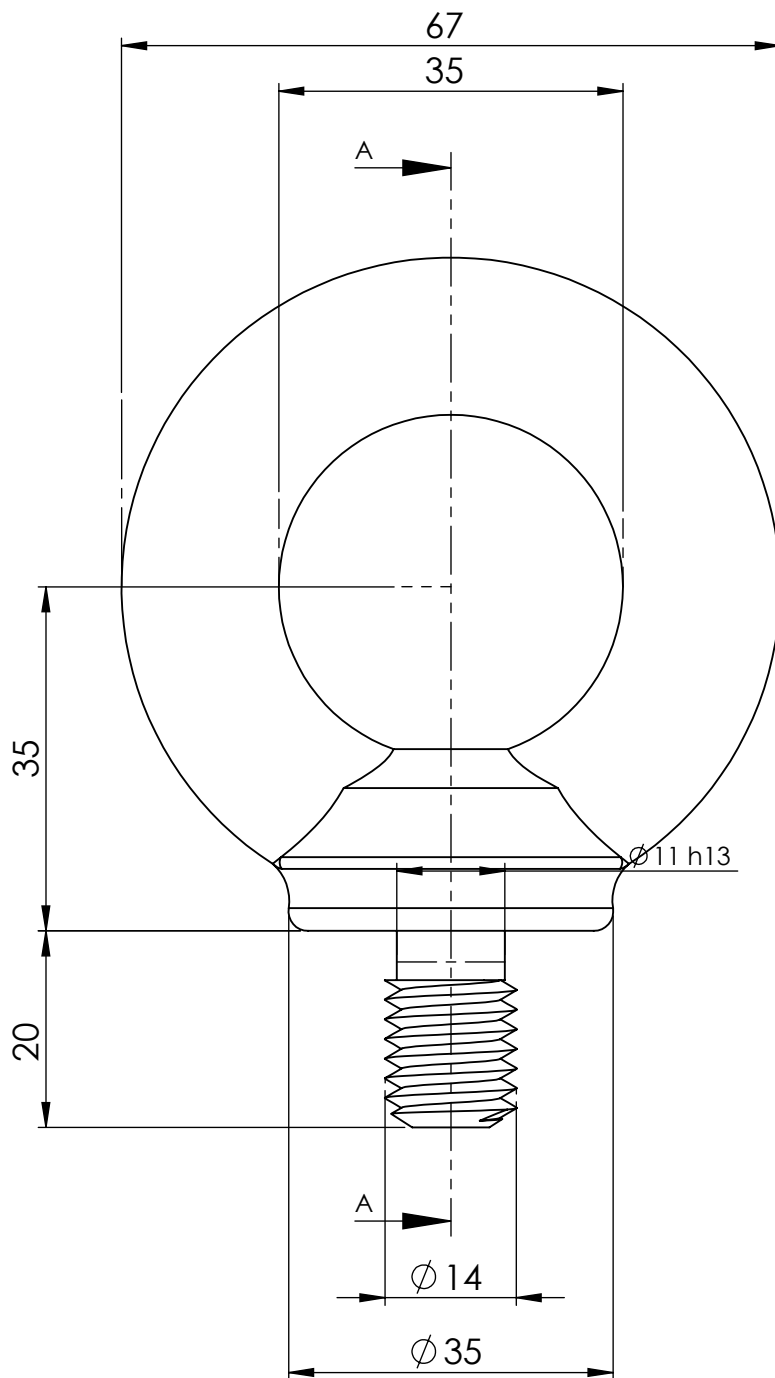




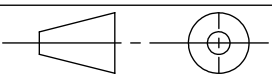
20	04	Colonne de guidage	Acier allié,cémenté,trempe	
Rep	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle: 2:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		Oudahmane Oussama Ouazzoug Kaci Mamma Idir
				Projet de fin d'études 2013/2014
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		FMP-Master 2

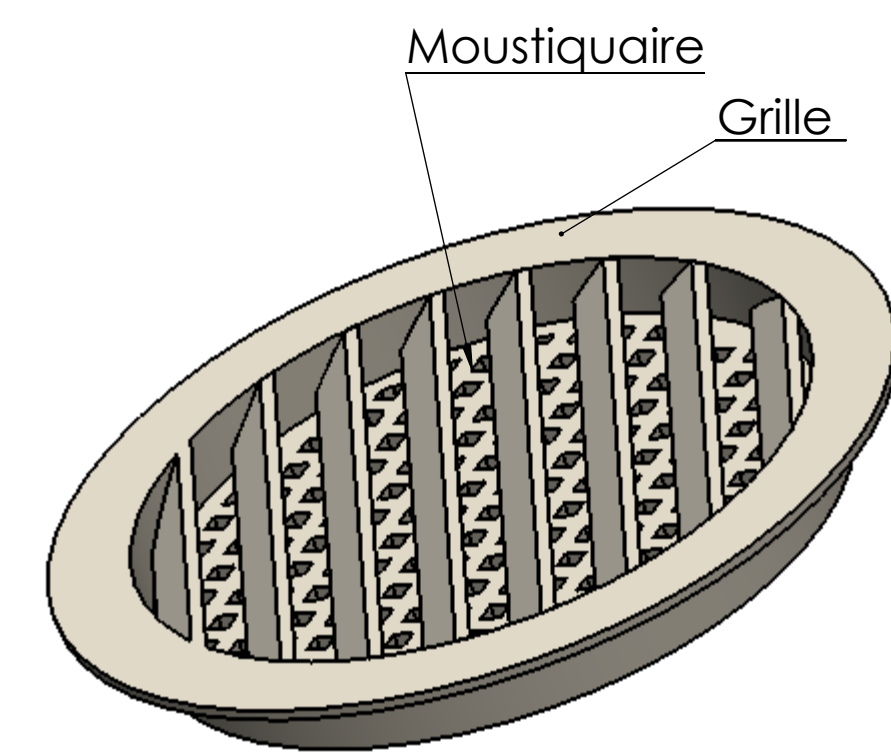
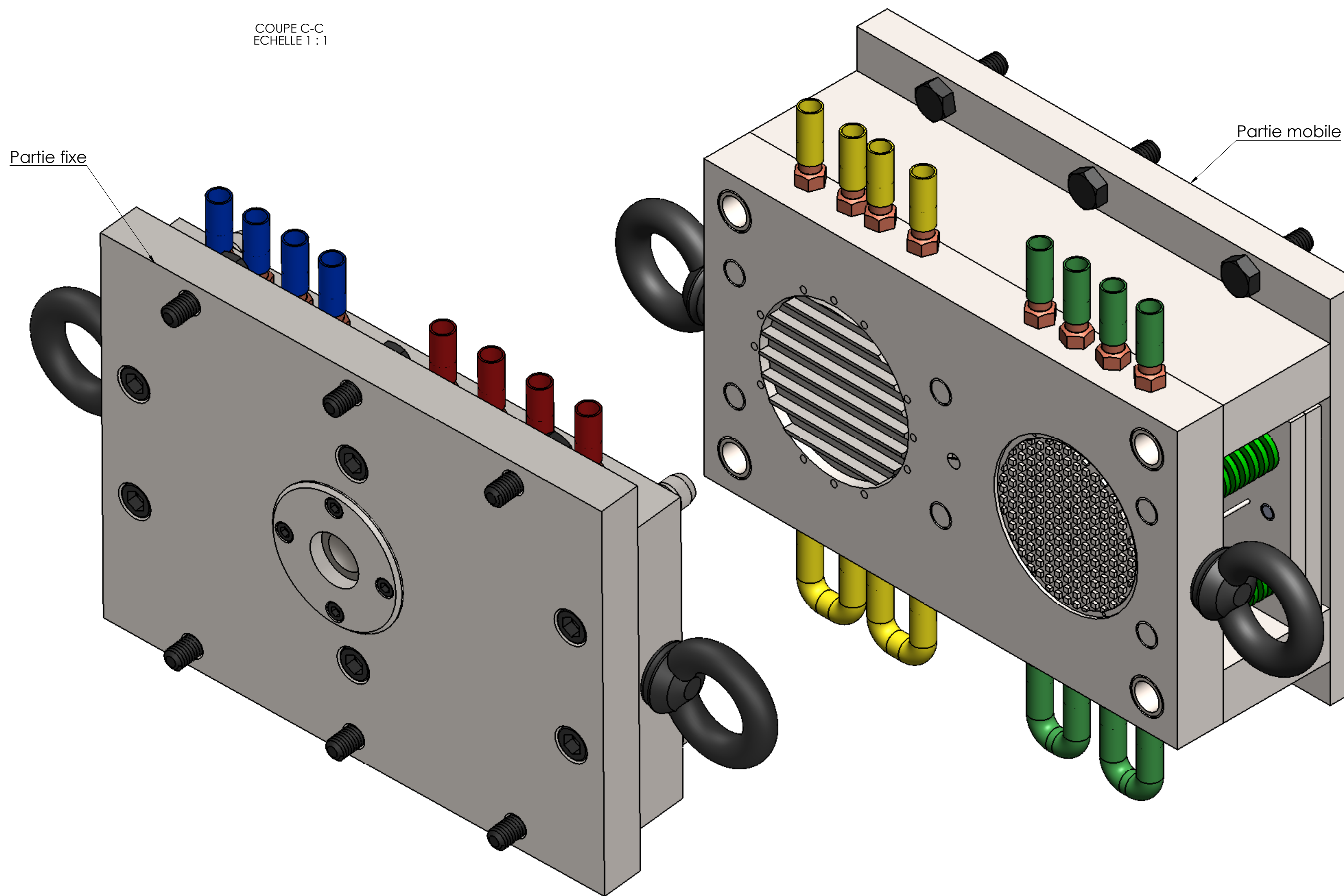
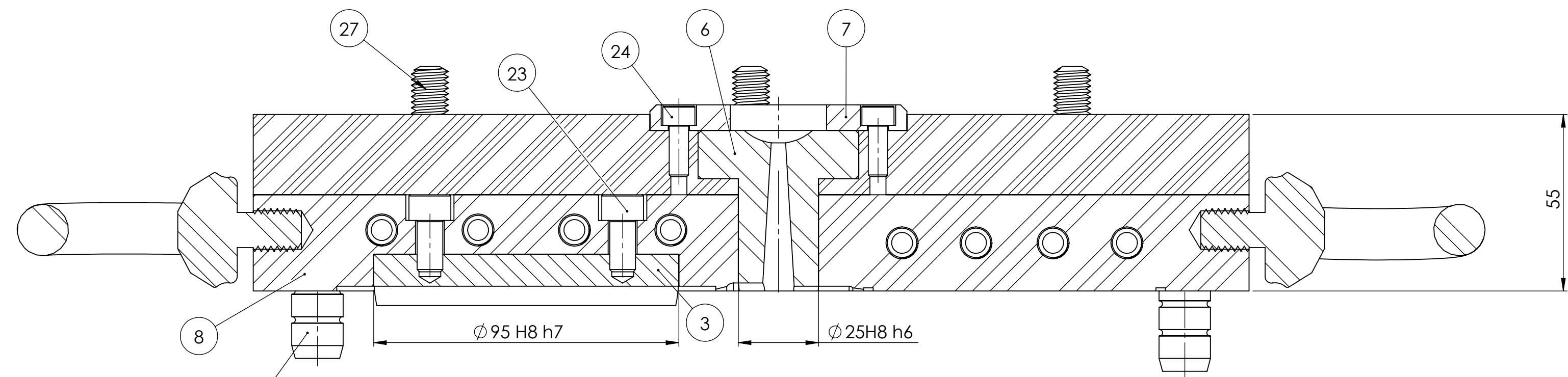
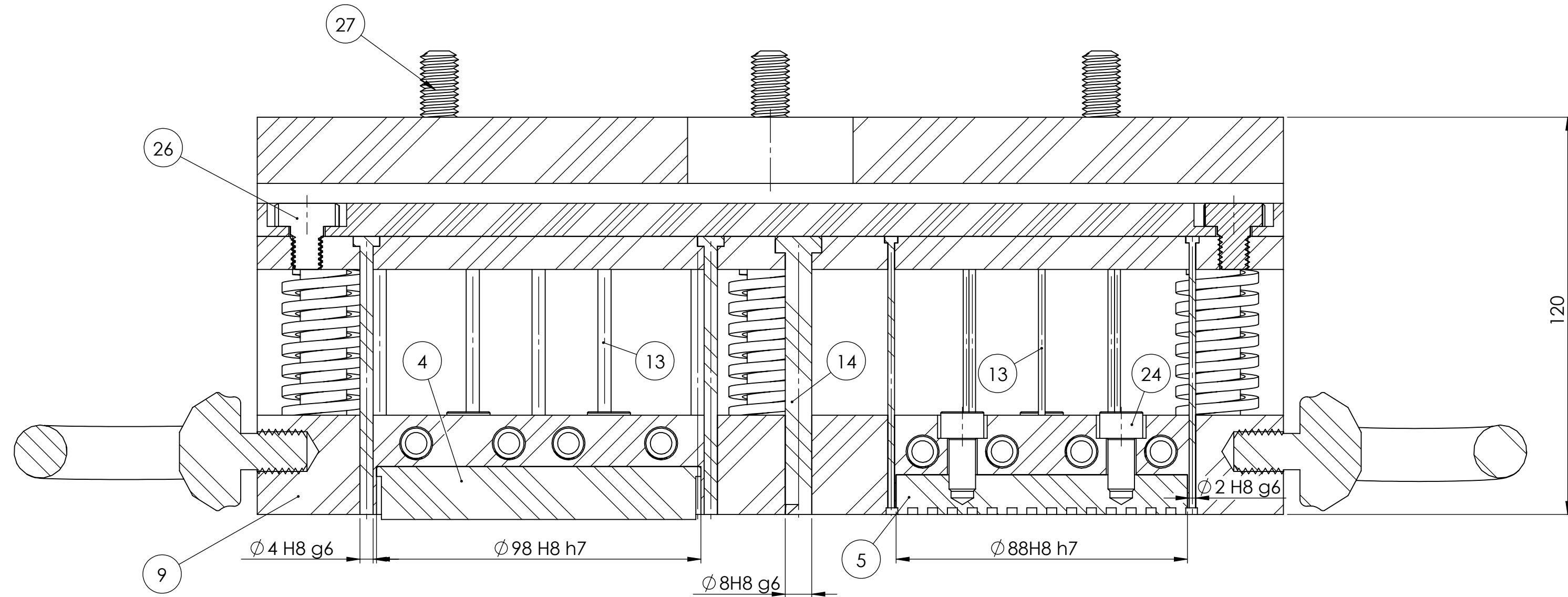
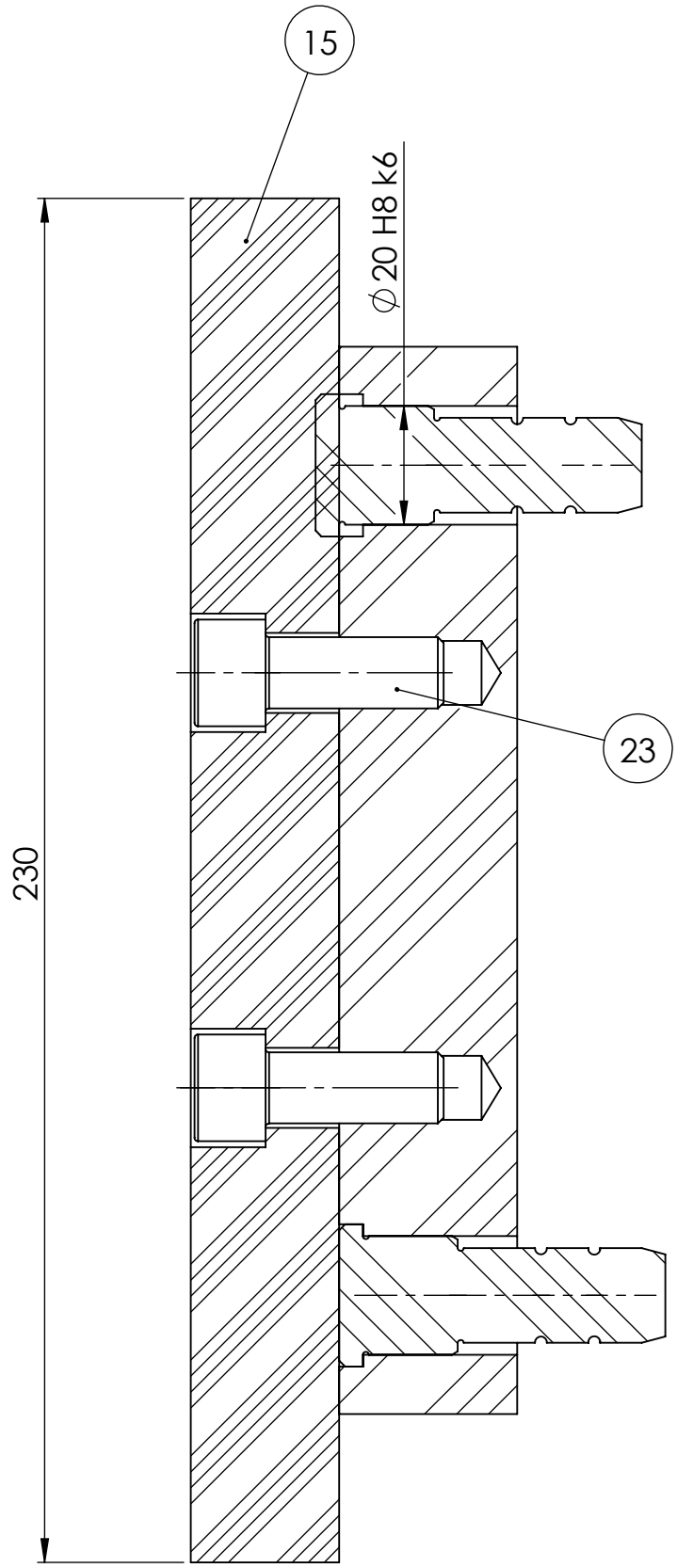
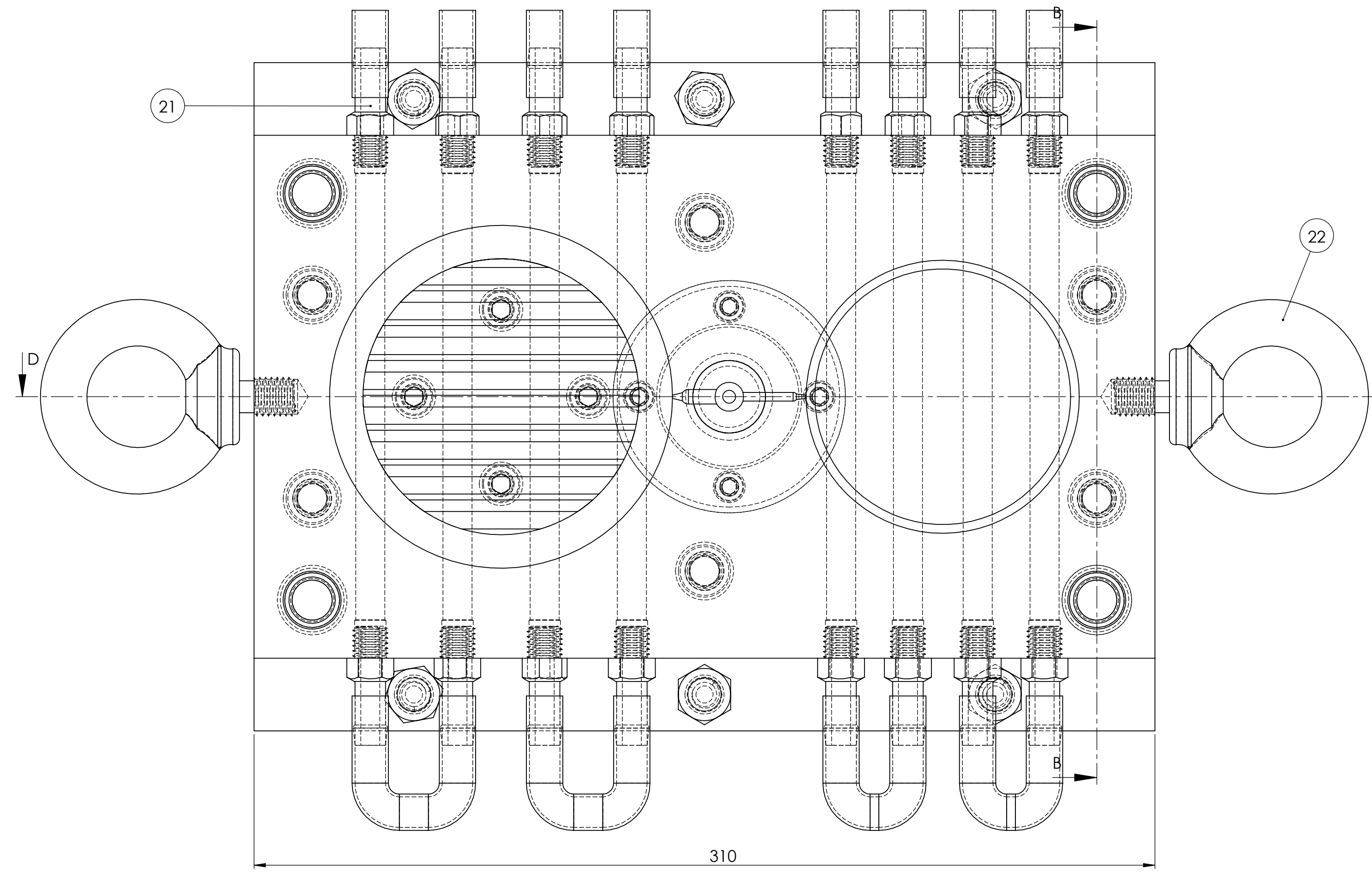
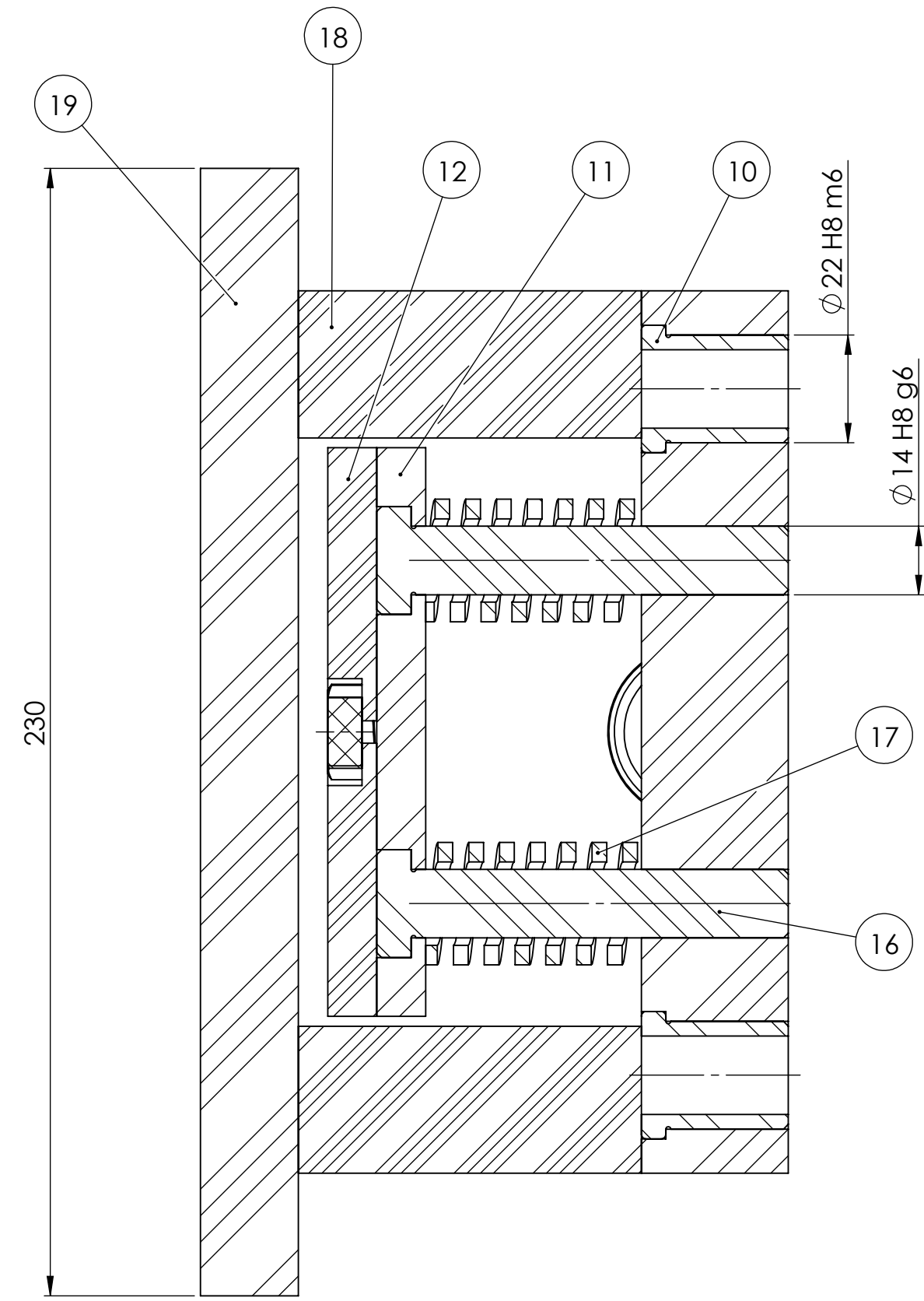
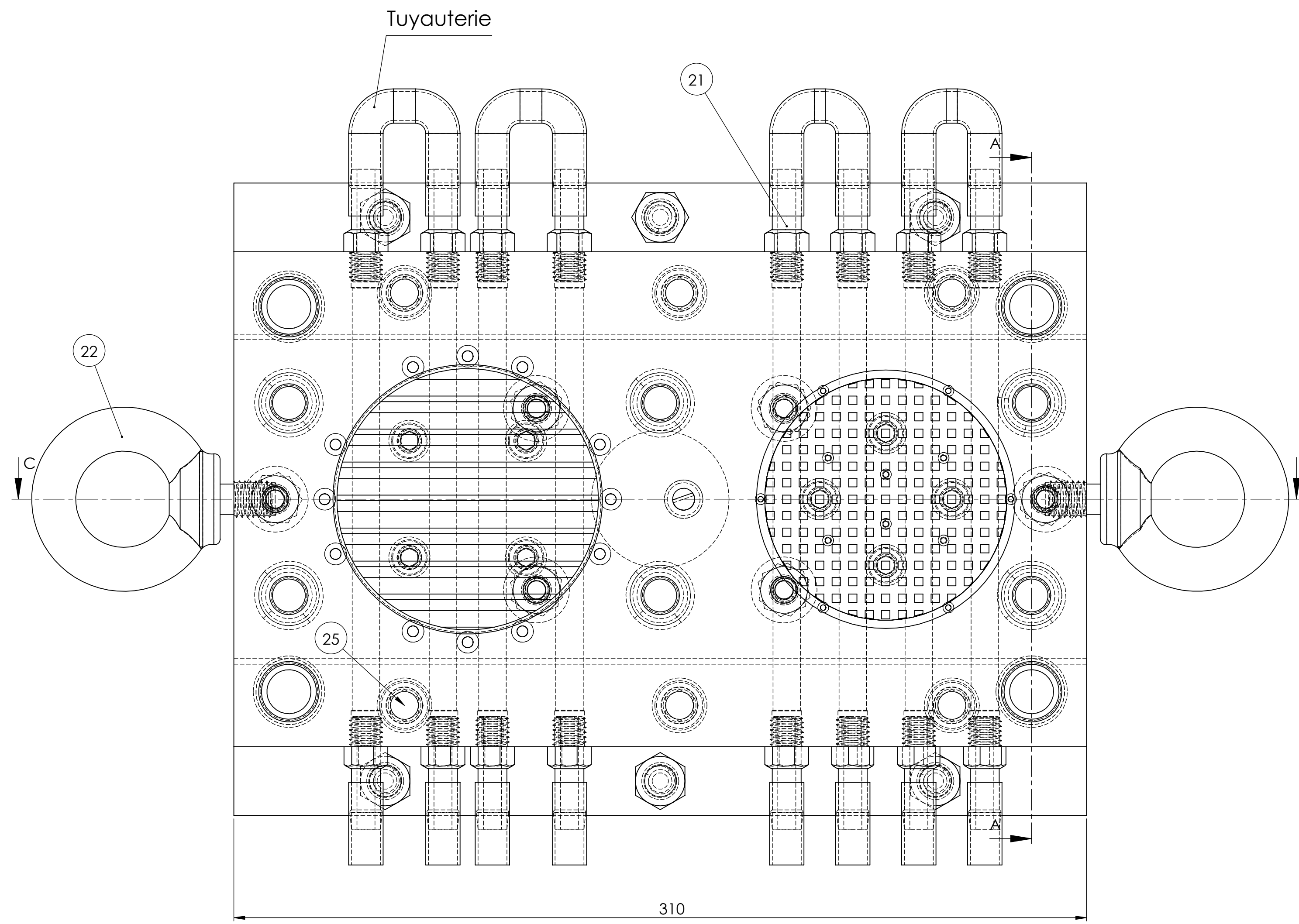


21	32	Pipette de raccordement	cuivre	
Rep	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle: 2.8:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		Oudahmane Oussama Ouazzoug Kaci Mamma Idir
				Projet de fin d'études 2013/2014
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		FMP_Master 2



COUPE A-A
ECHELLE 1.3 : 1

22	04	Anneau de levage	XC 10	
Rep	Nbr	Designation	Matière	Observation
Echelle: 1.3:1		MOULE D'INJECTION PLASTIQUE		Oudahmane Ossama Ouazzoug Kaci Mamma Idir
				Projet de fin d'études 2013/2014
A4		Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou		FMP-Master 2



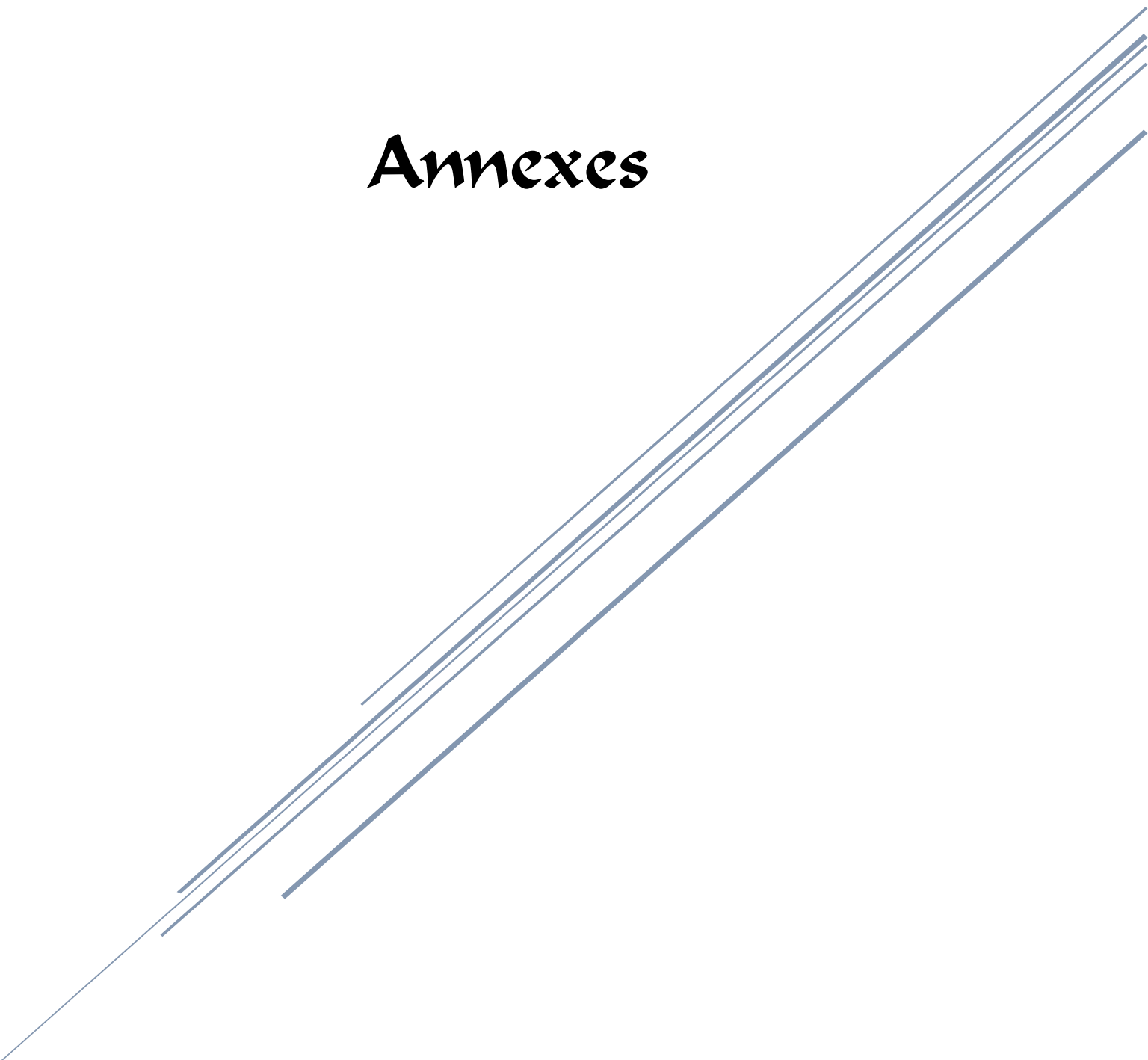
Masse partie fixe 29.36 kg
Masse partie mobile 39.14 kg
Masse totale du moule 68.5 kg

Largeur 230 mm
Longueur 310 mm
Epaisseur totale 175 mm

27	08	Vis hexagonal M12 L40	XC 48	
26	12	Vis hexagonal M10 L13	XC 48	
25	04	Vis CHC M12 L95	XC 48	
24	08	Vis CHC M8 L12	XC 48	
23	04	Vis CHC M6 L20	XC 48	
22	12	anneau de levage	acier	
21	32	piquette	cuivre	
20	02	colonne de guidage	Acier 0415	Trempe,Cémenté
19	01	Semelle mobile	XC 48	
18	02	Tasseau	XC 48	
17	06	ressort	51 S7	
16	06	Colonne de guidage d'éjection	Acier	nitruré
15	01	semelle fixe	XC 48	
14	01	Ejecteur arrache carotte	acier	nitruré
13	24	Ejecteur pièce	acier	nitruré
12	01	corde plaque éjection	XC 48	
11	01	Plaque éjection	XC 48	
10	04	Douille de guidage	100 C4	
09	01	Porte empreinte mobile	XC 48	
08	01	partie empreinte fixe	XC 48	
07	01	Bague de centrage	XC 38	
06	01	Buse d'injection	35 NC 15	recuit
05	01	empreinte mobile(moustiquaire)	XC 48	
04	01	empreinte mobile (grille)	XC 48	Trempe,Cémenté
03	01	empreinte fixe(grille)	XC 48	
02	01	Pièce moulée(moustiquaire)	PP	Retrait 1 à 2.8 %
01	01	Pièce moulée (grille d'aération)	PP	Retrait 1 à 2.8 %

Rep	Nbr	Designation	Matériau	Observation
Echelle: 1:1				
MOULE D'INJECTION PLASTIQUE				
A0				
Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou				
FMP- Master 2				

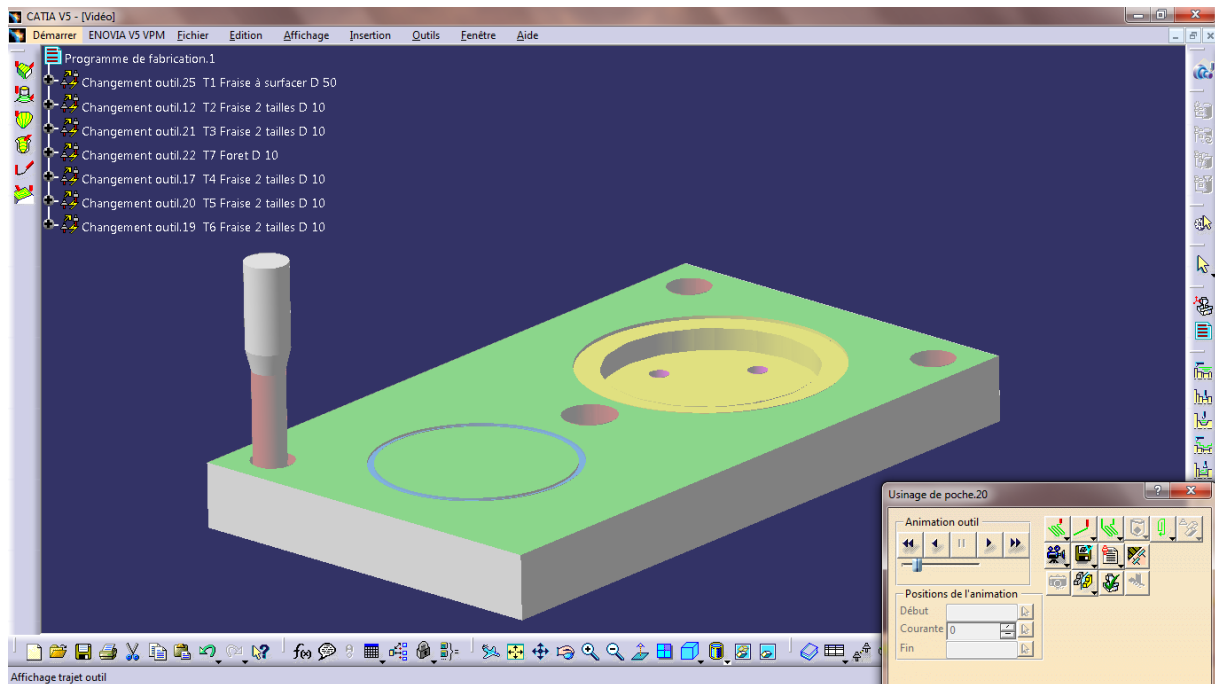
Annexes



Annexe :1

Programme d'usinage en G-CODE

Porte Empreinte fixe



G90 G0 G94 G17 G54 M08

T0001 M6

X161.2 Y-2. S70 M3

Z-2

G1 X0 F1000.

G2 X-2. Y0 I0 J2.

G1 Y180.

G2 X0 Y182. I2. J0

G1 X310.

G2 X312. Y180. I0 J-2.

G1 Y0

G2 X310. Y-2. I-2. J0

G1 X161.2

Y23.

Y48.

X48.

Y132.

X262.

Y48.

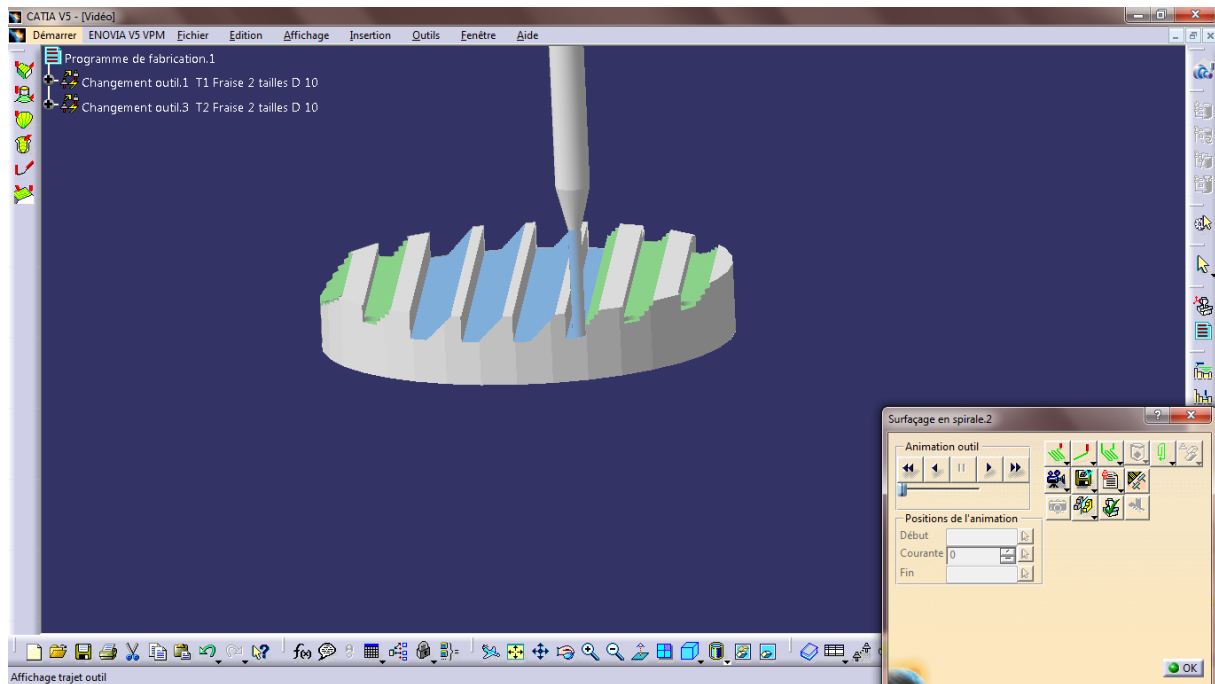
X161.2

Z98. F1.	X83.813 Y87.8
T0003 M6	X84.034 Y87.694
G0 X84.987 Y92.5 S70 M3	X84.264 Y87.611
Z-3.5	X84.501 Y87.55
G1 X84.745 Y92.487 F1000.	X84.743 Y87.513
X84.504 Y92.45	X84.987 Y87.5
X84.267 Y92.39	X85.232 Y87.511
X84.036 Y92.307	X85.474 Y87.545
X83.816 Y92.202	X85.711 Y87.603
X83.606 Y92.075	X85.942 Y87.684
X83.41 Y91.929	X86.164 Y87.787
X83.229 Y91.765	X86.375 Y87.912
X83.065 Y91.583	X86.572 Y88.056
X82.92 Y91.386	X86.755 Y88.219
X82.794 Y91.176	X86.92 Y88.399
X82.69 Y90.955	X87.067 Y88.594
X82.607 Y90.725	X87.195 Y88.803
X82.548 Y90.488	X87.301 Y89.023
X82.512 Y90.246	.
X82.5 Y90.001	.
X82.512 Y89.756	.
X82.548 Y89.515	.
X82.607 Y89.278	.
X82.689 Y89.047	G1 X185.5
X82.793 Y88.826	G0 Z-1.
X82.918 Y88.616	X175.91 Y90.
X83.063 Y88.419	Z-3.5
X83.227 Y88.237	G1 X185.5
X83.408 Y88.072	Z146.5 F1 M09
X83.604 Y87.926	M02

Annexe : 2

Programme d'usinage en G-CODE

Empreinte fixe



G17 G90 G0 G94 M8

X41.886 Y20.583

T0001 M6

X41.559 Y20.178

X40.765 Y24.368 S70 M3

X41.425 Y19.947

Z10.01

X41.336 Y19.754

G1 Z0.01 F300.

X41.226 Y19.443

X40.974 Y24.029 Z-0.097

X41.125 Y18.965

X41.92 Y22.338 Z-0.616

X41.092 Y18.617

X42.568 Y21.059 Z-1.

X41.086 Y18.411

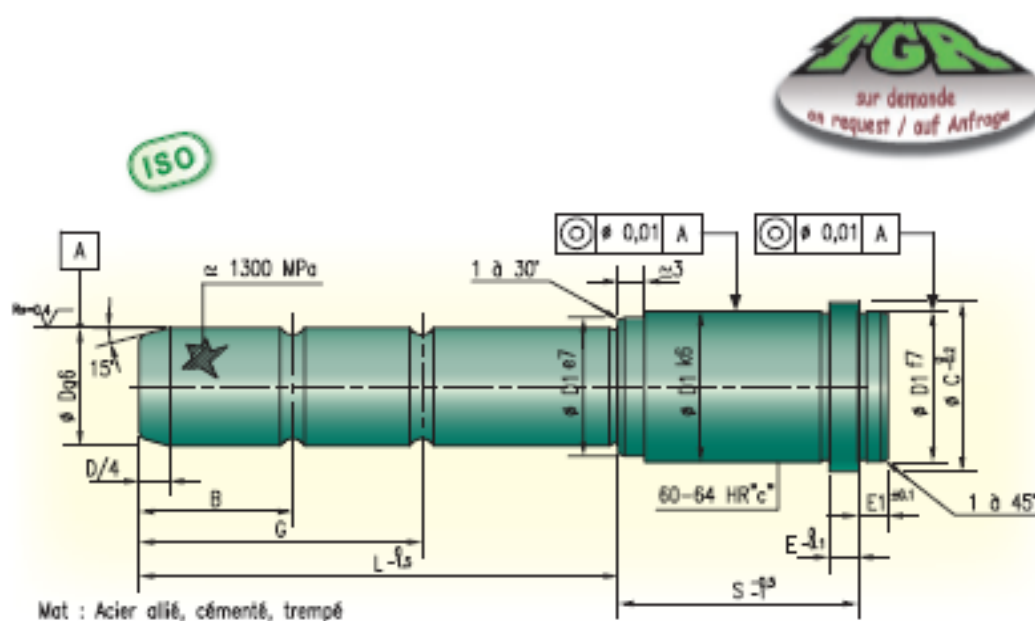
X42.205 Y20.851 F1000.

Y18.354

Y-18.375	X38.69 Y-27.547
X41.092 Y-18.532	Y27.547
X41.103 Y-18.776	Z9.
X41.193 Y-19.311	G0 Z9.01
X41.324 Y-19.724	X39.482 Y26.373
X41.549 Y-20.158	G1 Z-0.99 F300.
X41.683 Y-20.347	X39.491 Y26.378
X41.896 Y-20.587	X39.96 Y25.68 Z-1.215
X42.214 Y-20.853	X40.974 Y24.029 Z-1.735
X42.57 Y-21.055	X41.457 Y23.164 Z-2
X41.92 Y-22.338	G0 Z9.01
X40.974 Y-24.029	.
X39.96 Y-25.68	.
X38.879 Y-27.289	.
X38.5 Y-27.806	.
Y27.806	.
X38.879 Y27.289	.
X39.96 Y25.68	X-23.762 Y41.074
X40.974 Y24.029	Y-41.072
X41.92 Y22.338	X-23.515 Y-41.217
X42.568 Y21.059	Y41.218
Z9.	X-23.348 Y41.315
G0 X40.69 Y-24.491	X-23.268 Y41.299
G1 Z-1. F300.	Y-41.299
Y24.491 F1000.	X-23.142 Y-41.275
Z9.	X-23.044 Y-40.959
G0 Y-24.491	X-23.021 Y-40.728
G1 Z-1. F300.	Y40.719
X39.96 Y-25.68 F1000.	Z6 M9
X38.879 Y-27.289	M02

Annexe : 3

Composants standard pour moule(RABOURDIN)



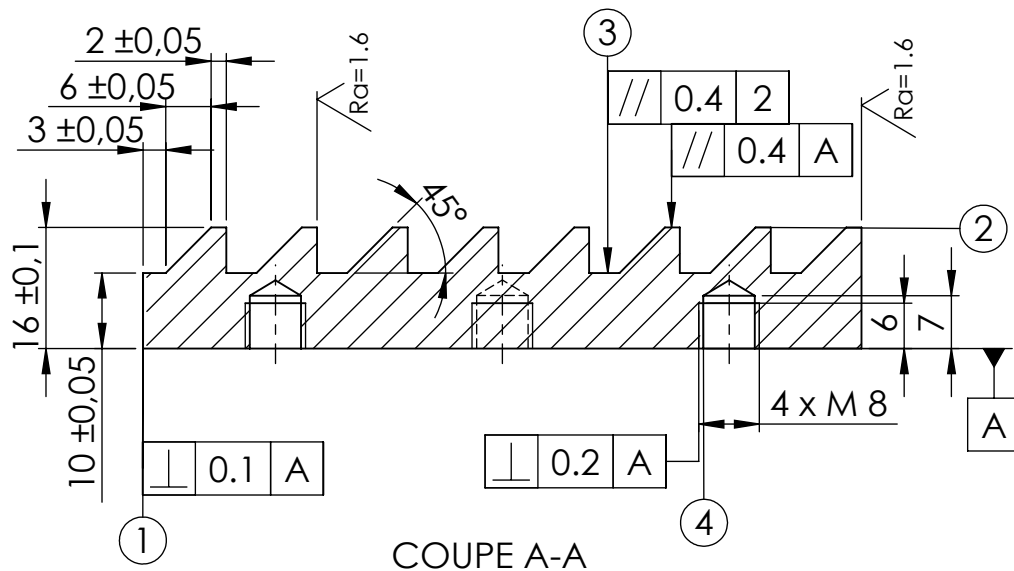
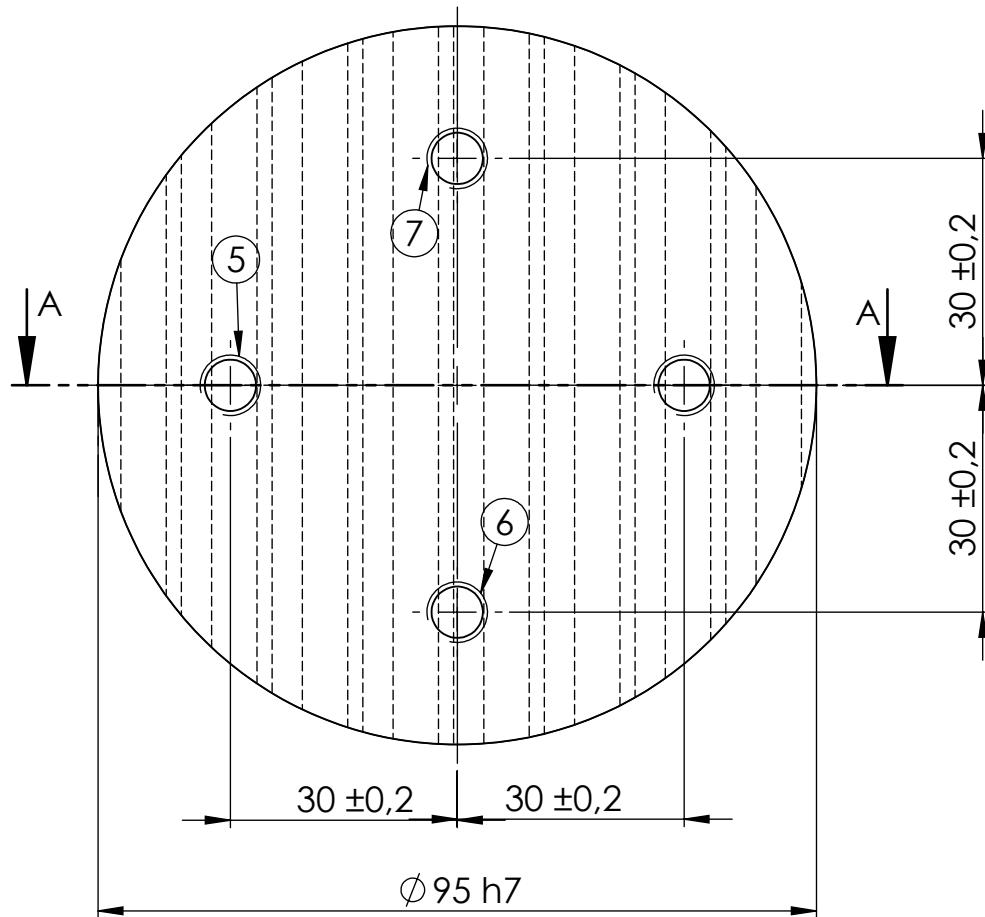
REF. 671 D=20 L=80 S=40 mm  671-20-80-40 Fabrications spéciales sur demande
Special manufacture on request
Spezialherstellung auf Anfrage

D	12	18	20	26	32	40	60
D1	18	22	28	32	40	50	63
E1	4	6	6	6	8	8	8
E	4	6	6	6	8	8	8
C	22	28	32	38	45	56	71
B	19	19	23	32	38	45	45
G	35	35	43	50	60	65	85

Nombre de gorges								
L	26	0	0	0				
	32	1	1	0	0			
	40	1	1	1	0			
	60	1	1	1	0			
	83	2	2	2	1	1	1	
	80		2	2	1	1	1	1
	100		2	2	2	1	1	1
	126		2	2	2	2	2	2
	180		2	2	2	2	2	2
	200		2	2	2	2	2	2
	260				2	2	2	2
	280					2	2	2

Annexe : 4

Gamme d'usinage



Etats de surfaces non spécifiés $Ra=3.2$ pour les surface usinées
pour les perçage $Ra=6.3$

Echelle 1:1	EMPREINTE FIXE	Oudahmane oussama Ouazzoug Kaci Mamma Idir
A4	Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou	FMP - Master 2

GAMME D'USINAGE (empreinte fixe)

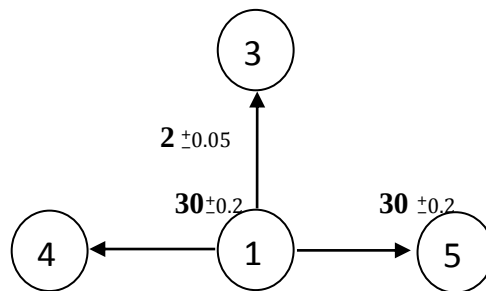
1) INVENTAIRE DES SURFACES :

Brut : A

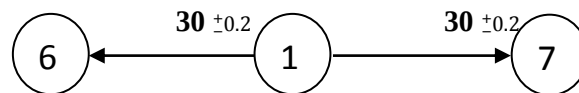
Usinée : 1 2 3 4 5 6 7

2) LES CONTRAINTES SUIVANT LES AXES :

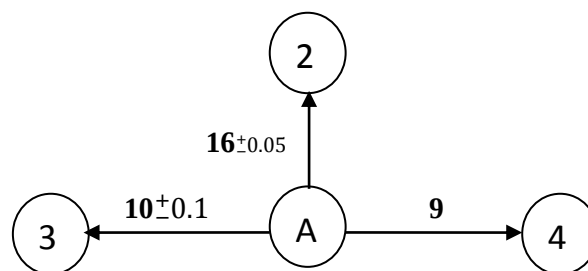
Suivant (OX) :



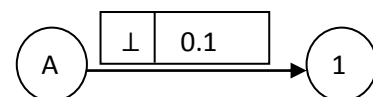
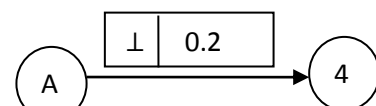
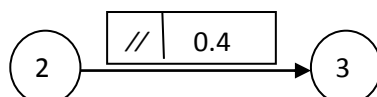
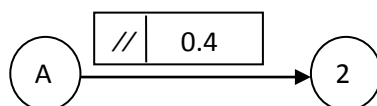
Suivant (OY) :



Suivant (OZ) :



3) LES CONTRAINTES GEOMETRIQUES :



4) TABLEAU DES OPERATIONS ELEMENTAIRES :

Surfaces	Critères			Opération
	Rigidité	Qualité	Rugosité	
1	1	7	1.6	1E, 1F/2, 1F, 1R
2	1	8	3.6	2E, 2F/2, 2F
3	1	8	1.6	3E, 3F/2, 3F
4	1	12	6.3	4F
5	1	12	6.3	5F
6	1	12	6.3	6F
7	1	12	6.3	7F

5) TABLEAU D'ANALYSE DES CONTRAINTES D'ANTERIORITE :

Opération	Dimension	Spécification	Technologique	Economique
1 E		A($\perp$)		
1F/2			1 E	
1F			1F/2	
1R			1F	
2 E	A	A(//)		
2F/2			2 E	
2F			2F/2	
3 E	A, 1F	2F (//)		
3F/2			3E	
3 F			3F/2	
4F	A, 1F	A($\perp$)		
5F	1F			
6F	1F			
7F	1F			

TABLEAU DES NIVEAUX

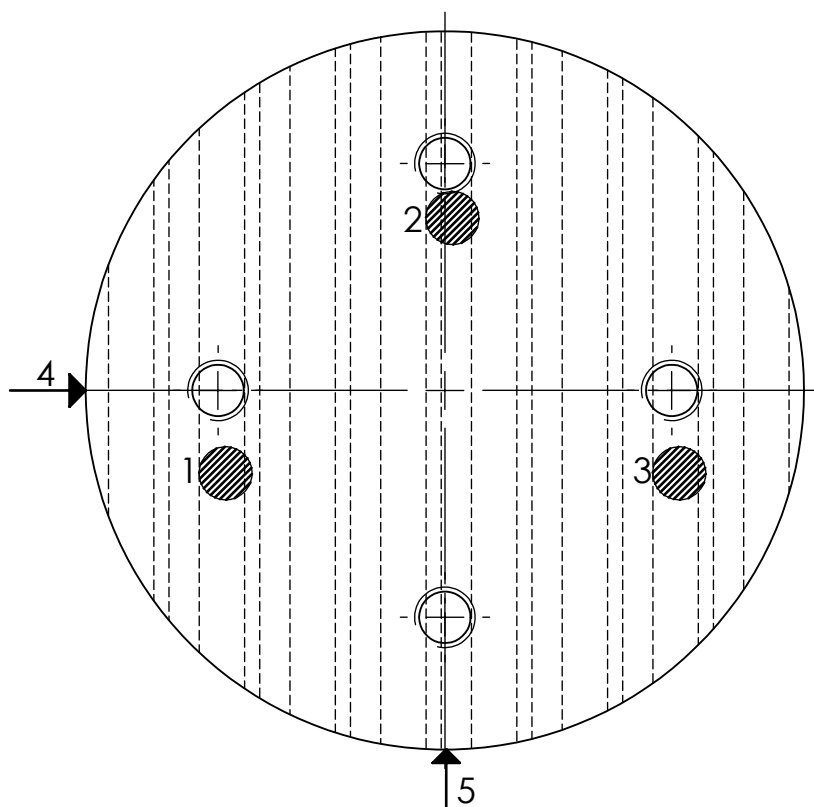
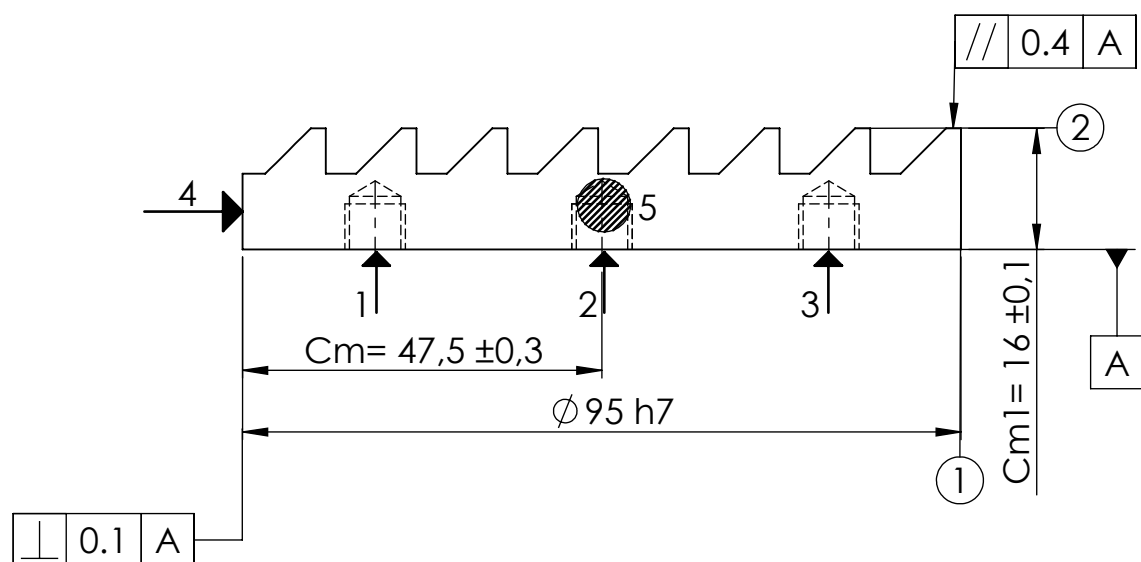
[illegible]

Phase d'usinage (empreinte fixe)

Phases	Sous phases	Désignation	Machines Utilisées	outillage de coupe
100		Contrôle de brut	Poste de contrôle	

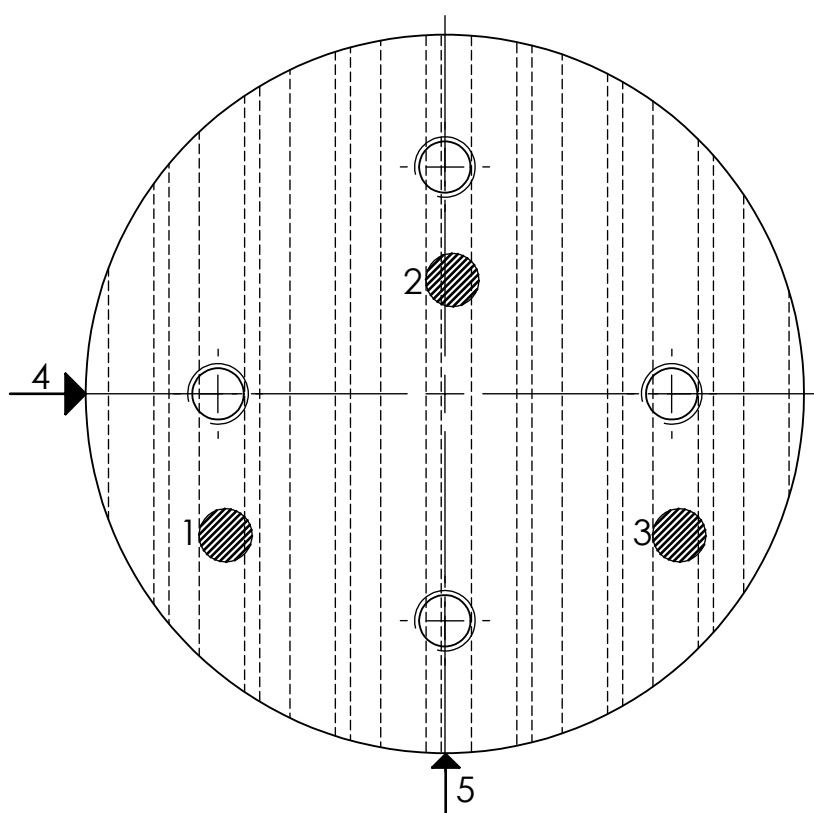
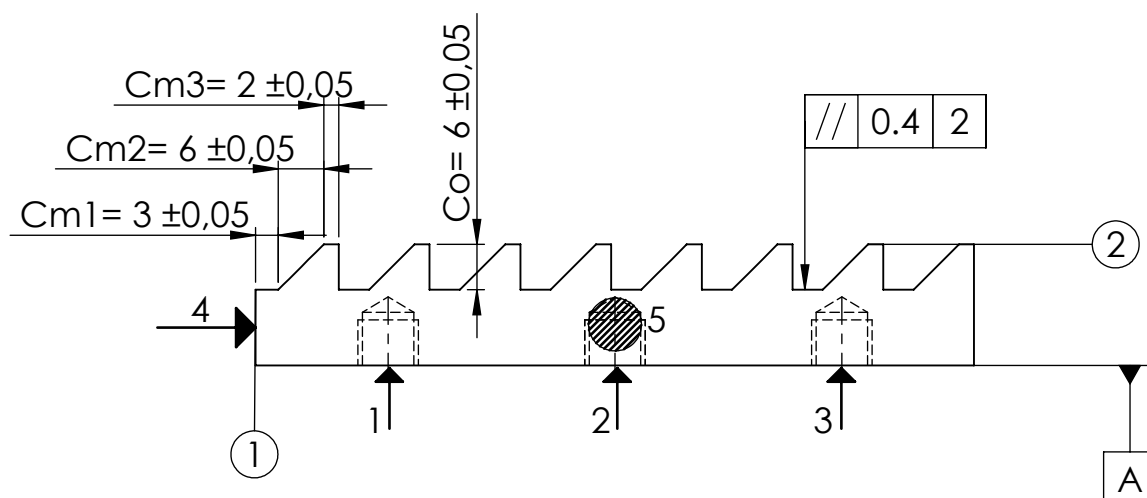
Phases	Sous phases	Désignation	Machines Utilisées	outillage de coupe
200		Tournage : Une pièce référentiel de départ défini par : ➤ Appuis plan sur A en trois normales (1, 2 ,3) ➤ Centrage court sur 1 en deux normales (4 ,5)	TOUR A COMMANDE NUMERIQUE(CN)	Outil coudé 45®
	210	Dressage de 2 en (E, F/2, F) Cm= 45.5 ±0.3		
	220	Chariotage de 1 en (E F/2 F) Cm1= 16 ±0.1		

Croquis de la phase 200



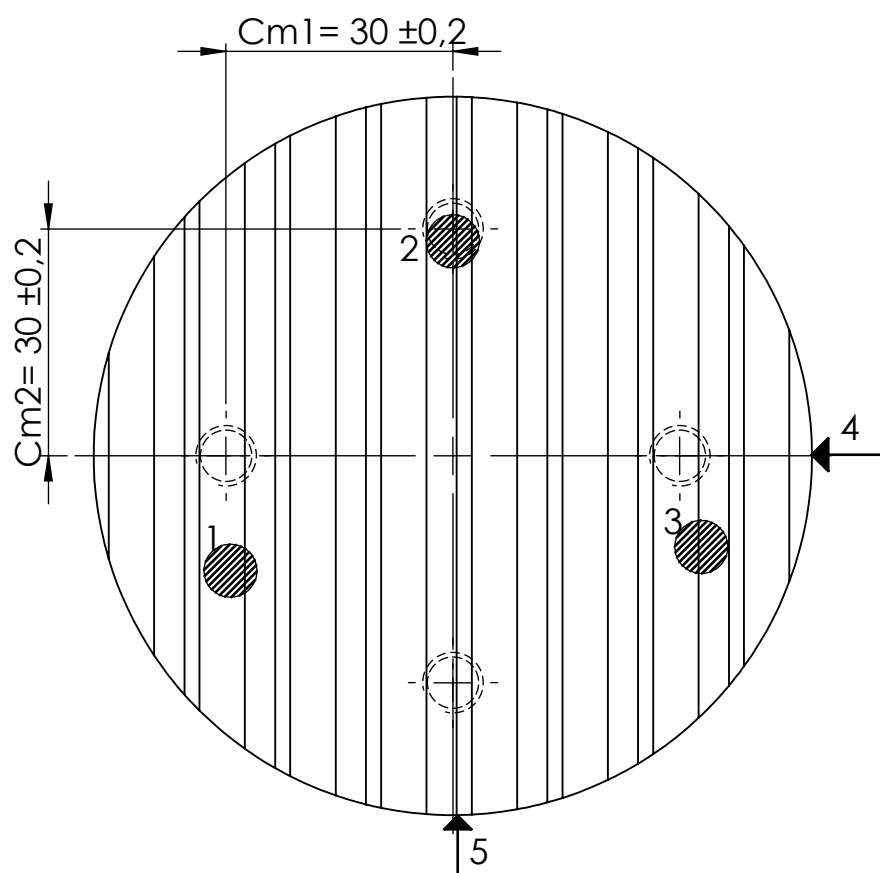
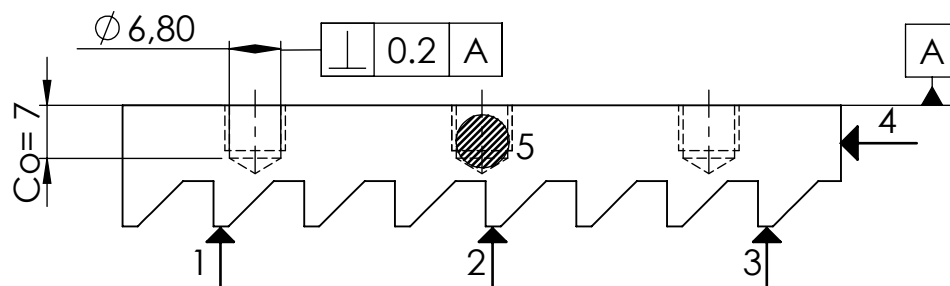
Phases	Sous phases	Désignation	Machines Utilisées	outillage de coupe
300		Fraisage : Une pièce en montage référentiel de départ défini par : ➤ Appuis plan sur A en trois normales (1, 2, 3) ➤ Centrage court sur 1 en deux normales (4,5) Rainurage de 3 en (E F/2 F) Cm1=3± 0.05 Cm2=6± 0.05 Cm3=2± 0.05 Co=6± 0.05	FRAISEUSE A COMMANDE NUMERIQUE	FRAISE EN BOUT

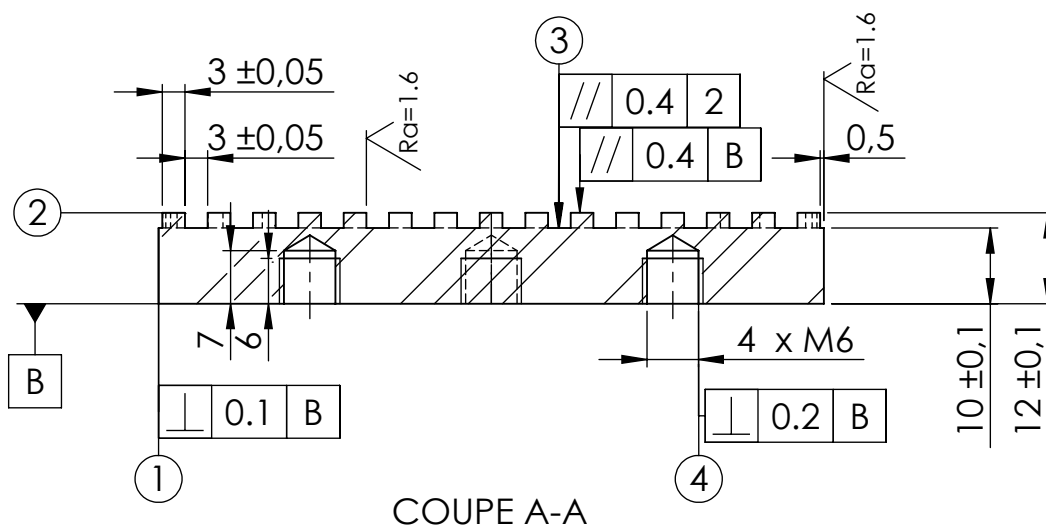
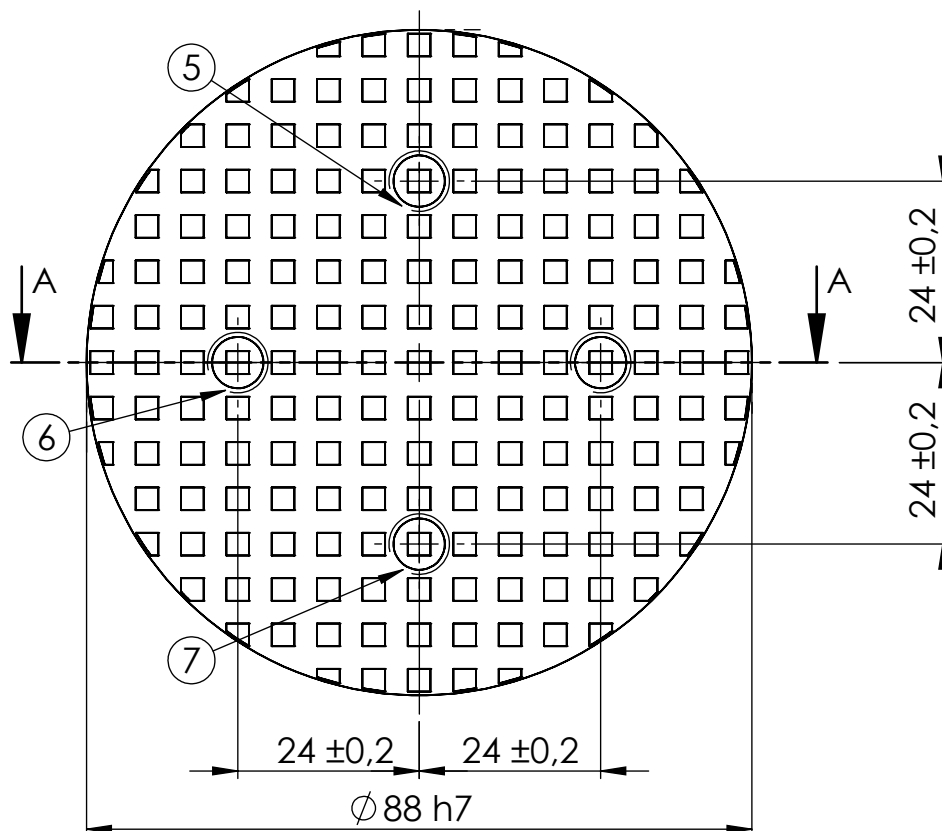
Croquis de la phase 300



Phases	Sous phases	Désignation	Machines Utilisées	outillage de coupe
400	410	Perçage : Une pièce en montage référentiel de départe défini par : ➤ Appuis plan sur 2 en trois normales (1, 2,3) ➤ Centrage court sur 1 en deux normales (4 ,5) Perçage de 4, 5 ,6 ,7 en F Cm1=30$\pm$0.2 Cm2=30$\pm$0.2 Co=7	PERCEUSE A COLONNE (VERTICALE)	Outil a centré (foret a centré) Foret Ø6.75

Croquis de la phase 400





Etats de surfaces non spécifiés $Ra=3,2$ pour les surface usinées
pour les perçage $Ra=6,3$

Echelle 1:1	Empreinte fixe (moustiquaire)	Oudahmane Oussama Ouazzoug Kaci Mamma Idir
A4	Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou	FMP-Master 2

GAMME D'USINAGE (moustiquaire)

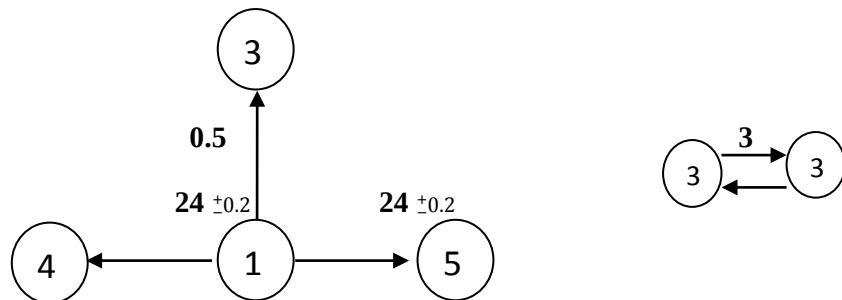
1) INVENTAIRE DES SURFACES :

Brut : B

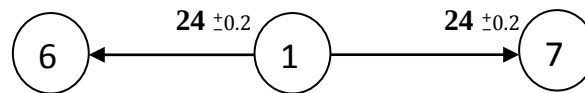
Usinée : 1 2 3 4 5 6 7

2) LES CONTRAINTES SUIVANT LES AXES :

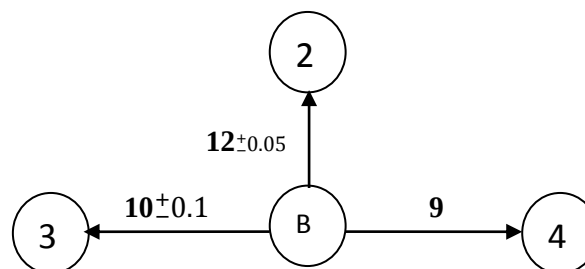
Suivant (OX) :



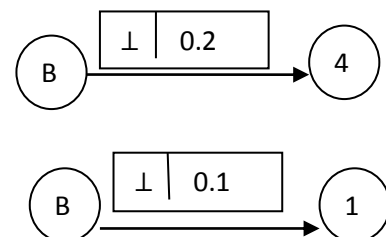
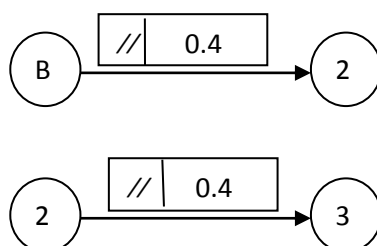
Suivant (OY) :



Suivant (OZ) :



3) LES CONTRAINTES GEOMETRIQUES :



4) TABLEAU DES OPERATIONS ELEMENTAIRES :

Surfaces	Critères			Opération
	Rigidité	Qualité	Rugosité	
1	1	7	1.6	1E, 1F/2, 1F, 1R
2	1	8	3.6	2E, 2F/2, 2F
3	1	8	1.6	3E, 3F/2, 3F
4	1	12	6.3	4F
5	1	12	6.3	5F
6	1	12	6.3	6F
7	1	12	6.3	7F

5) TABLEAU D'ANALYSE DES CONTRAINTES D'ANTERIORITE

Opération	Dimension	Spécification	Technologique	Economique
1 E		B($\perp$)		
1F/2			1 E	
1F			1F/2	
1R			1F	
2 E	B	B(//)		
2F/2			2 E	
2F			2F/2	
3 E	B, 1F	2F (//)		
3F/2			3E	
3 F			3F/2	
4F	B, 1F	B($\perp$)		
5F	1F			
6F	1F			
7F	1F			

TABLEAU DES NIVEAUX

[illegible]

Phase d'usinage (moustiquaire)

Phases	Sous phases	Désignation	Machines Utilisées	outillage de coupe
100		Contrôle de brut	Poste de contrôle	

Phases	Sous phases	Désignation	Machines Utilisées	outillage de coupe
200		Tournage : Une pièce référentiel de départ défini par : ➤ Appuis plan sur B en trois normales (1, 2 ,3) ➤ Centrage court sur 1 en deux normales (4 ,5)		
	210	Dressage de 2 en (E, F/2, F) $Cm=44 \pm 0.3$	TOUR A COMMANDE NUMERIQUE(CN)	Outil coudé 45°
	220	Chariotage de 1 en (E F/2 F) $Cm1=12 \pm 0.1$		

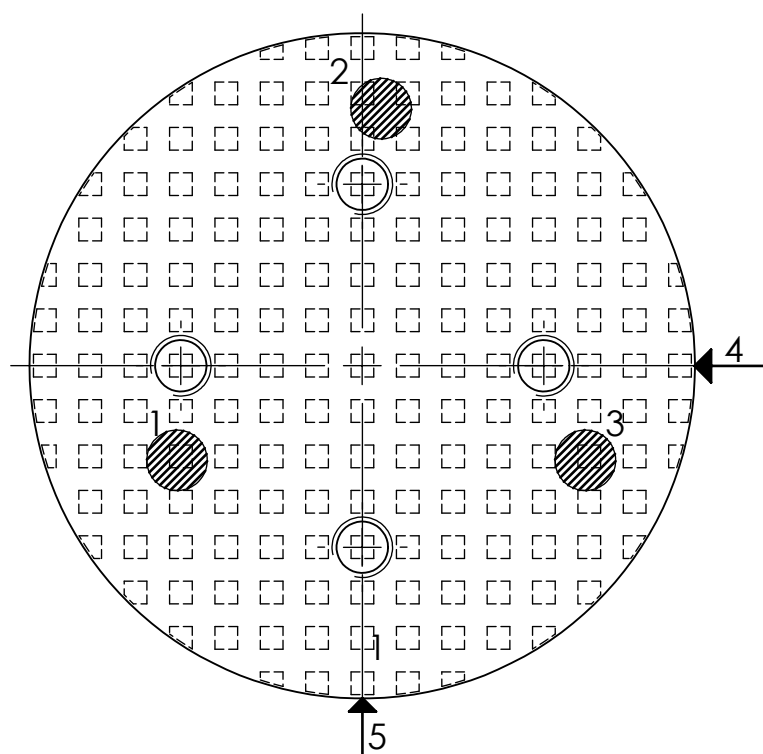
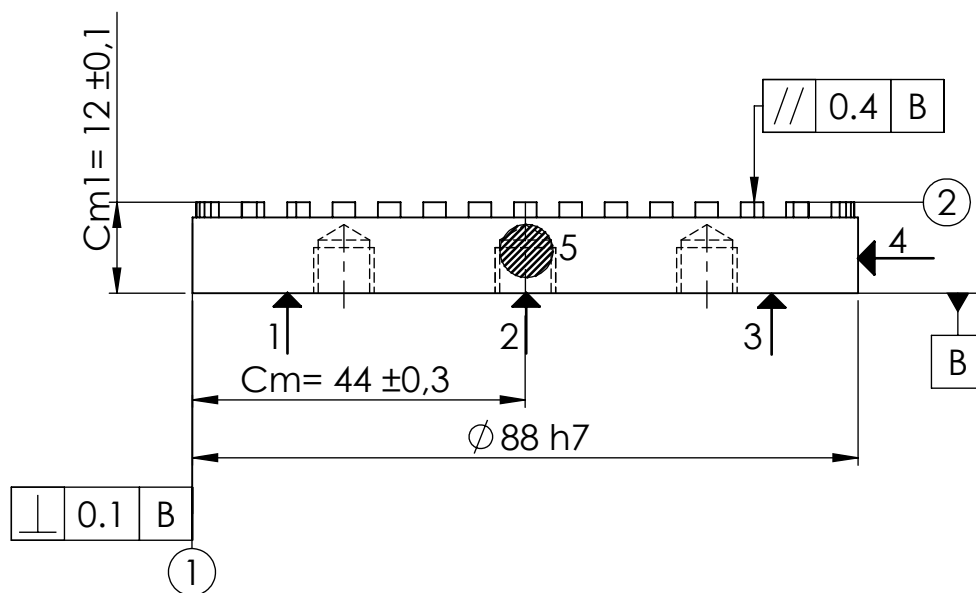
Technical drawing of a mechanical part, showing a side view and a top view.

Side View:

- Part 1: A vertical section on the left, labeled with a circled 1. It has a surface finish of 0.1 B.
- Part 2: The main cylindrical body, labeled with a circled 2. It has a diameter of $\phi 88 h7$ and a length of $Cm = 44 \pm 0,3$.
- Part 3: A horizontal section on the right, labeled with a circled 3. It has a surface finish of 0.4 B.
- Part 4: A horizontal section on the right, labeled with a circled 4. It has a surface finish of 0.4 B.
- Part 5: A vertical section on the right, labeled with a circled 5. It has a surface finish of 0.4 B.
- Part 6: A vertical section on the left, labeled with a circled 6. It has a surface finish of 0.4 B.

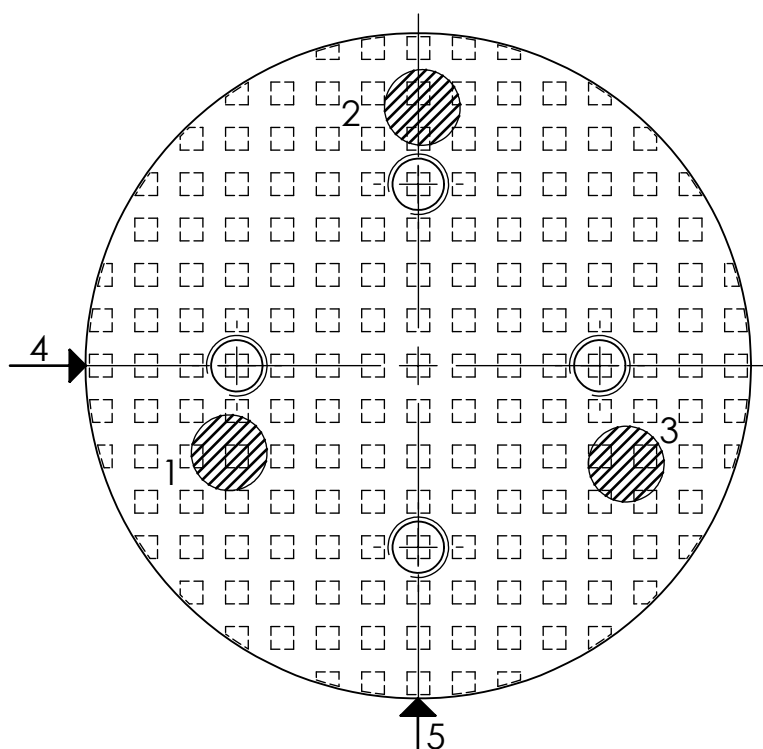
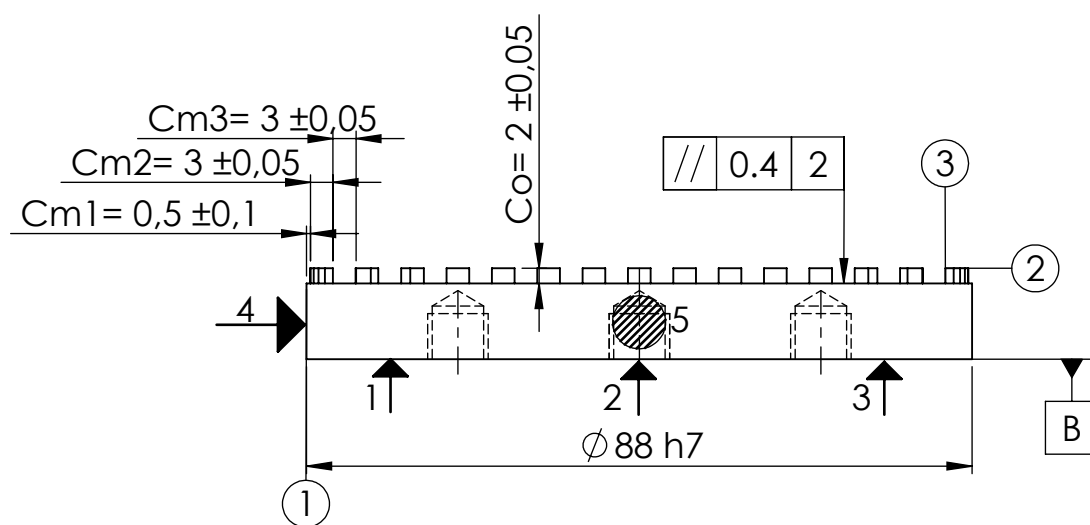
Top View:

- A circular cross-section showing a grid of holes.
- Five numbered points (1, 2, 3, 4, 5) are marked on the grid, corresponding to the locations in the side view.
- Point 1 is at the bottom center.
- Point 2 is at the top center.
- Point 3 is at the right center.
- Point 4 is at the left center.
- Point 5 is at the bottom center.



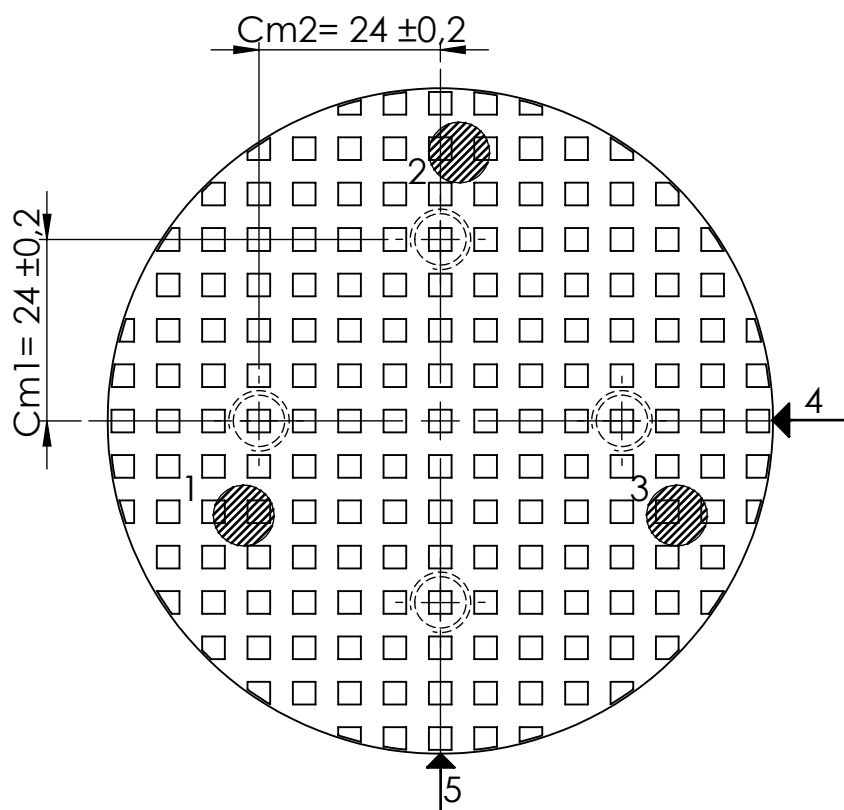
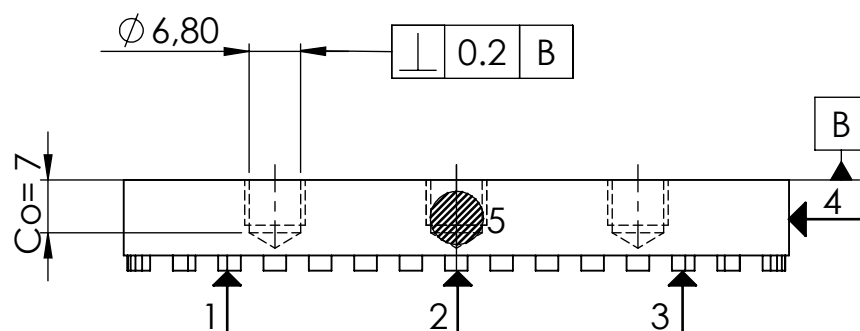
Phases	Sous phases	Désignation	Machines Utilisées	outillage de coupe
300	310	Fraisage : Une pièce en montage référentiel de départ défini par : ➤ Appuis plan sur B en trois normales (1, 2, 3) ➤ Centrage court sur 1 en deux normales (4,5) Rainurage de 3 en (E F/2 F) Cm1=0.5± 0.05 Cm2=3± 0.05 Cm3=3± 0.05 Co=2± 0.05	FRAISEUSE A COMMANDE NUMERIQUE	FRAISE EN BOUT

Croquis de la phase 300



Phases	Sous phases	Désignation	Machines Utilisées	outillage de coupe
400	410	Perçage : Une pièce en montage référentiel de départe défini par : ➤ Appuis plan sur 2 en trois normales (1, 2,3) ➤ Centrage court sur 1 en deux normales (4 ,5) Perçage de 4, 5 ,6 ,7 en F Cm1=24±0.2 Cm2=24±0.2 Co=7	PERCEUSE A COLONNE (VERTICALE)	Outil a centré (foret a centré) Foret Ø6.75

Croquis de la phase 400



Gamme d'usinage (porte empreinte)

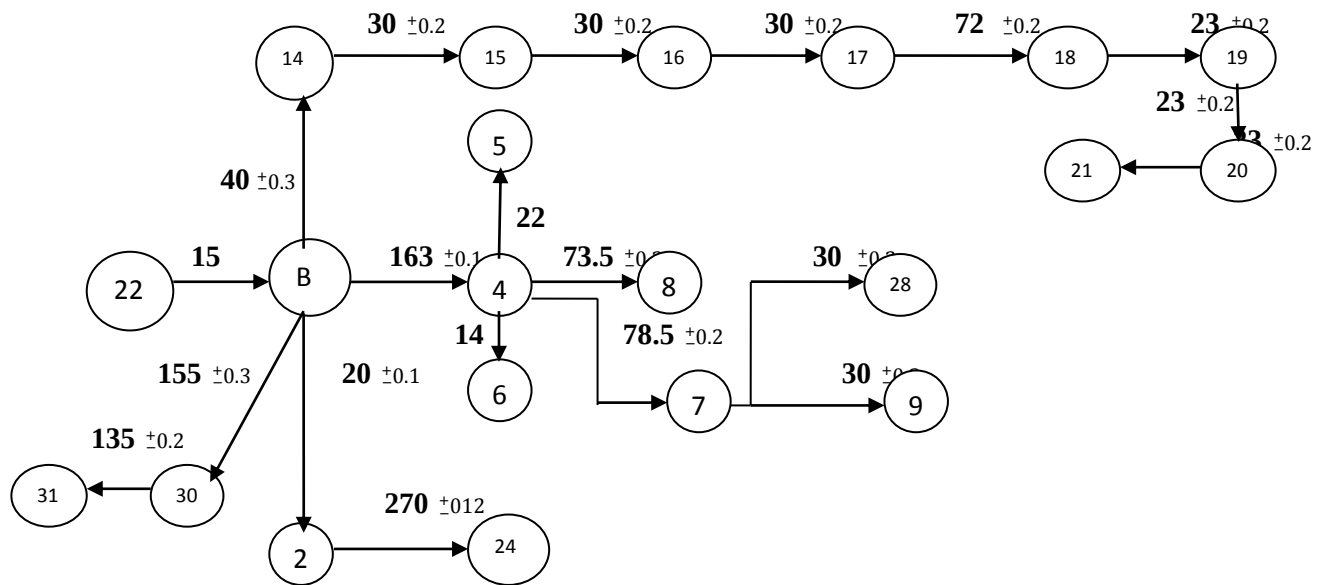
1) Inventaire des surfaces :

Brut : A, B, C

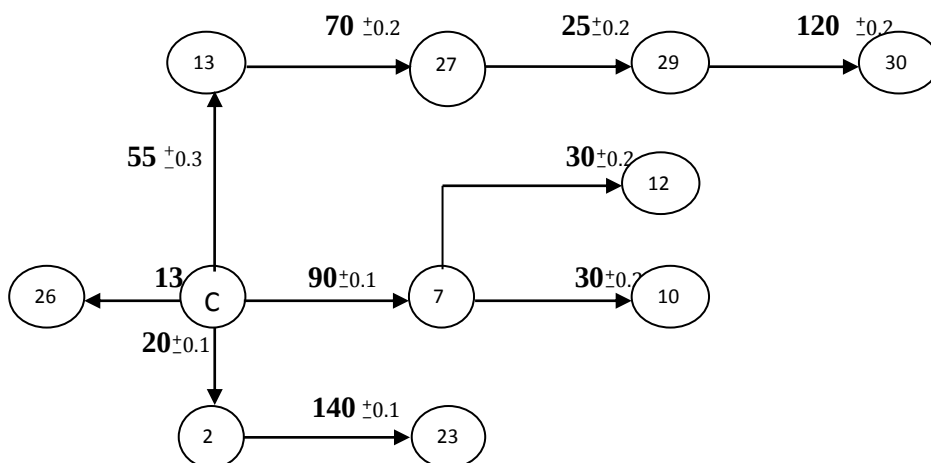
Usinées : 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 1 8 19 20 21 22 23 24 25 26 27 28 29 30 31

2) Les contraintes suivant les axes :

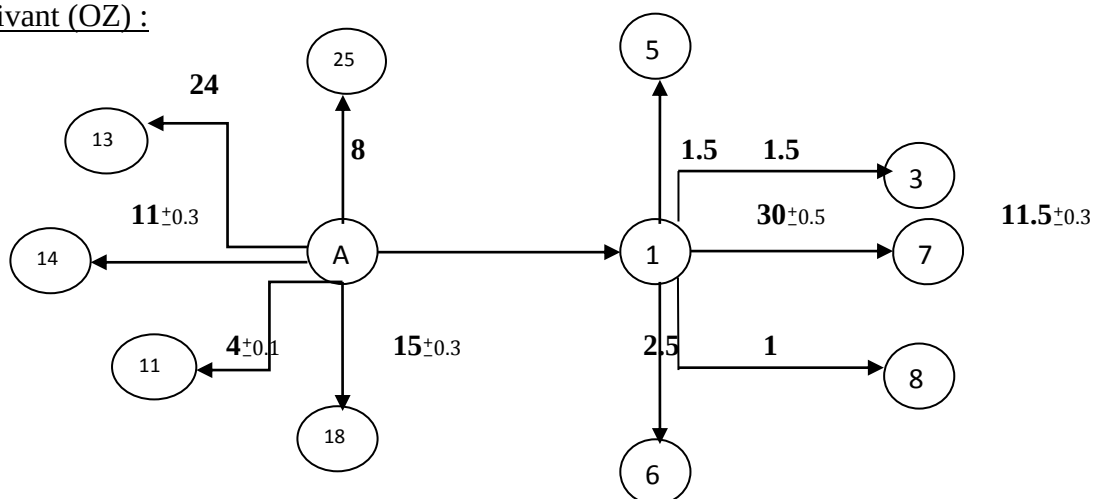
Suivant (OX) :



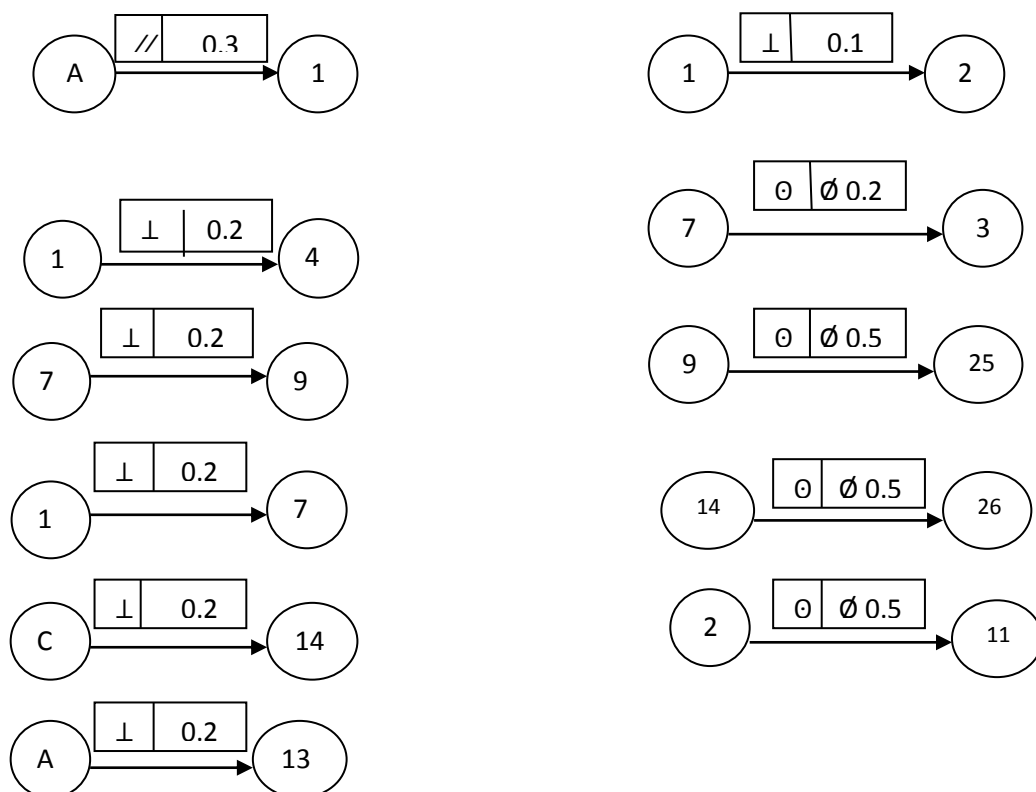
Suivant (OY) :



Suivant (OZ) :



3) Les contraintes géométriques :



4) Tableau des opérations élémentaires :

Surfaces usinées	Critères			Opérations élémentaires
	Rigidité	Qualité	Rugosité	
1	1	7	1.6	1 E 1F/2 1F
2	1	8	3.2	2 E 2F/2 2F
3	1	9	3.2	3 E 3F
4	1	8	3.2	4 E 4F/2 4F
5	1	10	3.2	5 E 5F
6	1	10	3.2	6 E 6F
7	1	8	3.2	7 E 7F/2 7F
8	1	9	3.2	8 E 8F
9	1	12	6.3	9F
10	1	12	6.3	10F
11	1	10	3.2	11 E 11F
12	1	12	6.3	12F
13	1	12	6.3	13F
14	1	12	6.3	14F
15	1	12	6.3	15F
16	1	12	6.3	16F
17	1	12	6.3	17F
18	1	12	6.3	18F
19	1	12	6.3	19F
20	1	12	6.3	20F
21	1	12	6.3	21F
22	1	12	6.3	22F
23	1	8	3.2	23 E 23F/2 23F
24	1	8	3.2	24 E 24F/2 24F
25	1	12	6.3	25F
26	1	12	6.3	26F
27	1	12	6.3	27F
28	1	12	6.3	28F
29	1	12	6.3	29F
30	1	12	6.3	30F
31	1	12	6.3	31F

5) Tableau d'analyse des contraintes d'antériorités :

Opération	Dimension	Spécification	Technologique	Economique
1 E	A	A (∅)		
1F/2			1 E	
1F			1F/2	
2 E	C, B			
2F/2			2 E	
2F			2F/2	
3 E	1F	7F (⊥)		
3F			3 E	
4 E	B	1F (⊥)		
4F/2			4 E	
4F			4F/2	
5 E	1F, 4F			
5F			5 E	
6 E	1F, 4F			
6F			6 E	
7E	C 1F 4F	1F (⊥)		
7F/2			7 E	
7F			7F/2	
8E	1F 4F			
8F			8E	
9F	7F	7F (⊥)		
10F	7F			
11E	A	2F(⊙)		
11F			11 E	
12F	7F			
13F	A C	A (⊥)		
14F	A B	C (⊥)		
15F	14F			
16F	15F			
17F	16F			
18F	A 17F			
19F	18F			
20F	19F			
21F	20F			
22F	B			
23 E	2F			
23F/2			23 E	
23F			23F/2	
24 E	2F			
24F/2			24 E	
24F			24F/2	
25F	A	9F(⊙)		
26F	C	14F(⊙)		
27F	13F			
28F	7F			
29F	27F			
30F	29F B			
31F	30F			

$N0=(A, B, C)$, $N1=(1E, 13F/2, 1F)$, $N2=(1F/2, 26F)$, $N3=(1F)$, $N3=(1F)$, $N4=(2E, 4E)$, $N5=(2F/2, 4F/2)$, $N6=(2F, 4F)$, $N7=(5E, 6E, 7E, 8E, 11E)$, $N8=(5F, 6F, 7F/2, 8F, 11F)$, $N9=(7F)$, $N10=(3E, 9F)$, $N11=(3F, 25F)$

Tableau des groupements :

Repère	Surfaces usinées	Raison de groupement	Opérations
14	15 16 17 18 19 20 21	Même phase d'usinage (perçage)	14F
13	27 29 24 31 30	Même phase d'usinage (perçage)	13F
2	24 23	Même phase d'usinage (alésage avec lamage)	2 E 2F/2 2F
9	10 28 12	Même phase d'usinage (perçage avec lamage)	9F

Phase d'usinage (porte empreinte fixe)

Phases	Sous phases	Désignation	Machines Utilisées	outillage de coupe
100		Contrôle de brut	Poste de contrôle	

Phases	Sous phases	Désignation	Machines Utilisées	outillage de coupe
200		Perçage : Une pièce en montage référentielle de départ défini par : ➤ Appuis plan sur A en trois normales (1, 2,3) ➤ Appuis linéaire sur C en deux normales (4 , 5) ➤ Appuis ponctuel sur B en une normal(6) Opération :	Perceuse a colonnes	
	210	Perçage de 14 en F Co= 180 ± 0.5 Cm1= 40 ± 0.3 Cm2= 19 ± 0.3		Outil a centré Foret Série courte Ø10
	220	Perçage de 26 en F Co1= 13		Outil a centré Foret Série long Ø10
	230	Perçage 22 en 22F Co2= 15 Cm3= 90 ± 0.1		Outil a centré Foret Série courte Ø12

Croquis de la phase 200

The drawing consists of two views: a top view (main view) and a side view (bottom view).

Top View:

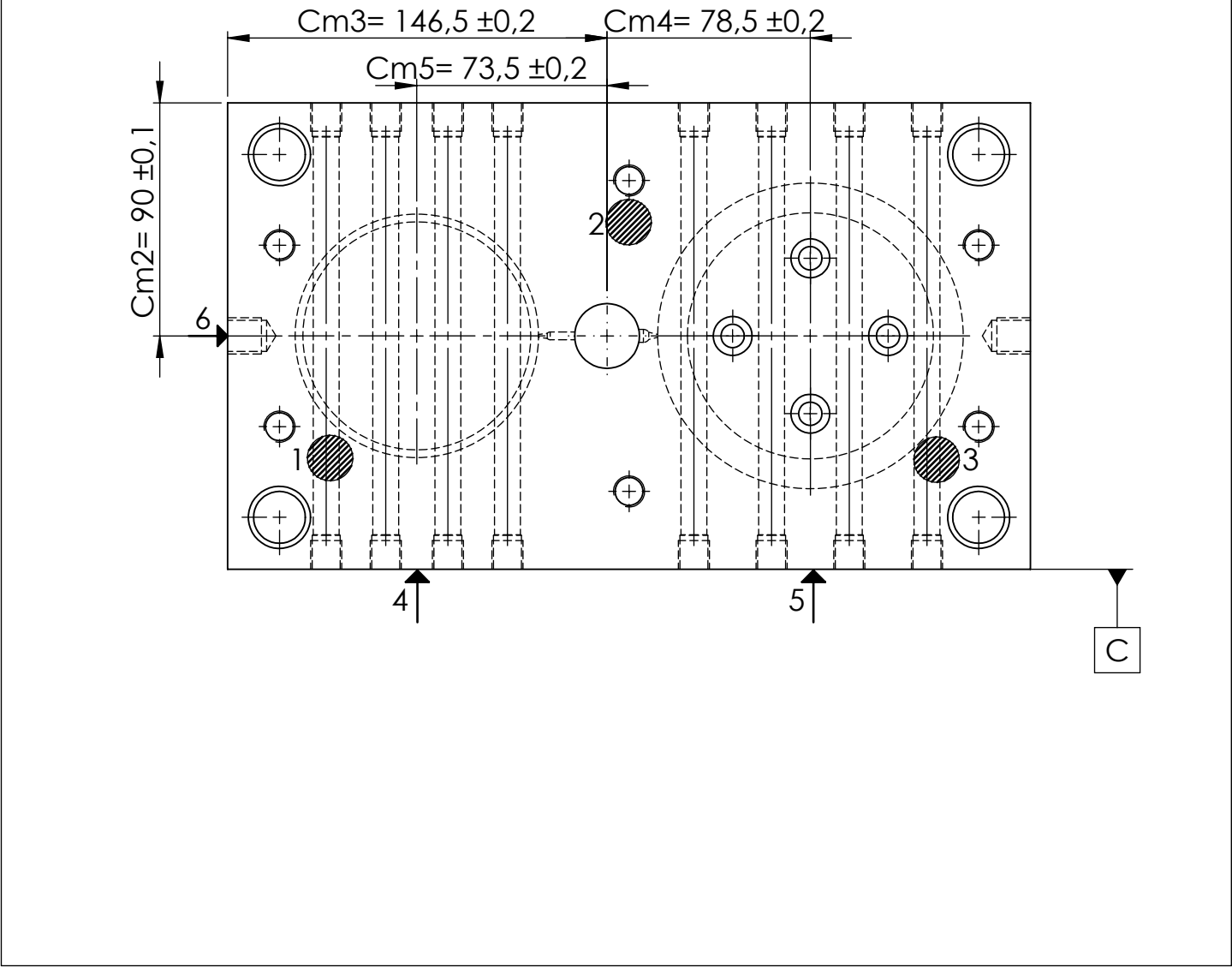
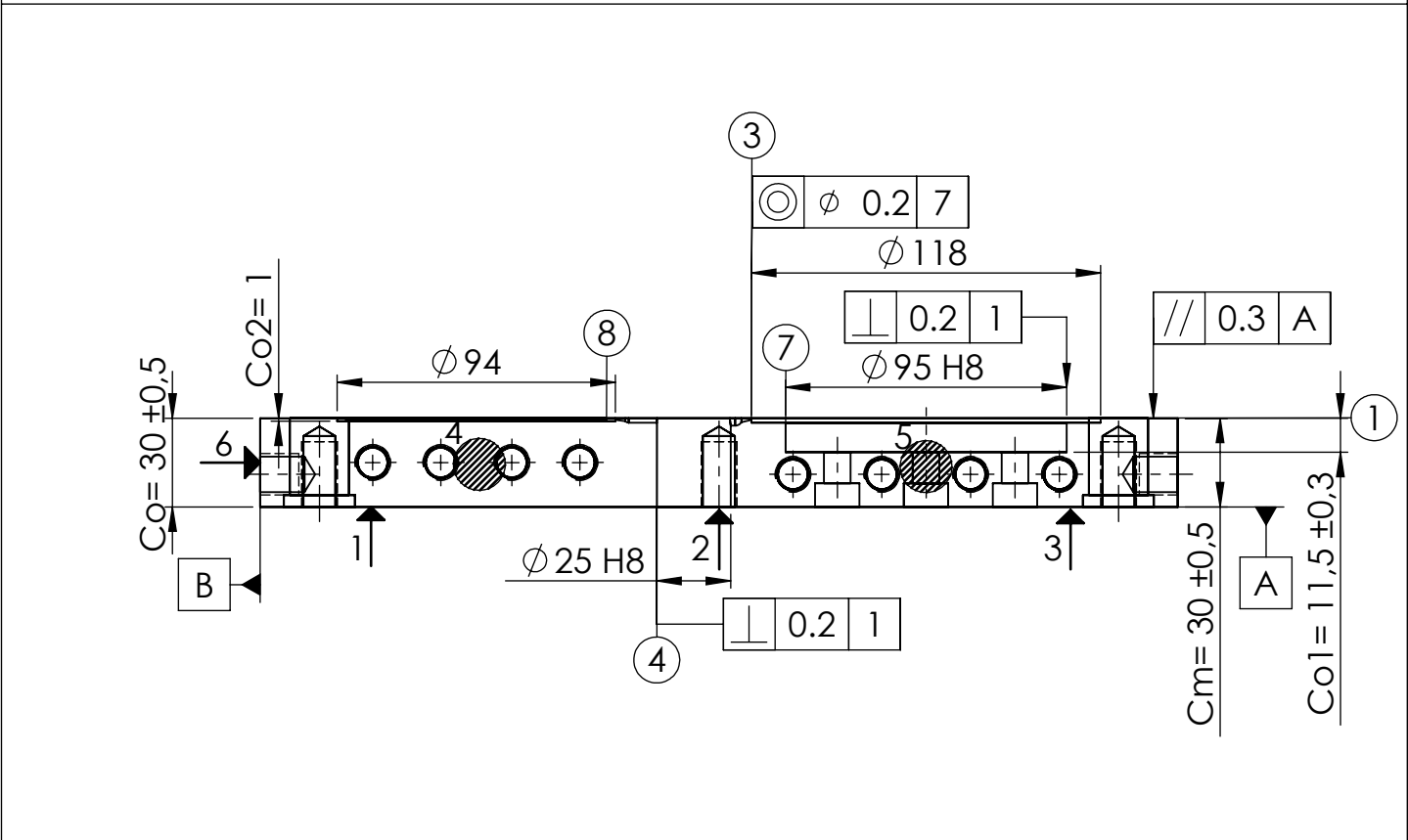
- Overall width: $Co = 180 \pm 0,5$
- Overall height: $Co2 = 15$
- Distance from left edge to center of first circle: $Cm3 = 90 \pm 0,3$
- Distance from center of first circle to center of second circle: $Co1 = 13$
- Distance from center of second circle to right edge: 6
- Top edge features:
 - Top left corner: $\phi 10,8$
 - Top center: $\phi 10$
 - Top right corner: $\phi 0,4$ (14)
- Bottom edge features:
 - Bottom left corner: 4
 - Bottom center: 2
 - Bottom right corner: 5
- Internal features:
 - Two large circles (main body)
 - Two smaller circles (1 and 3) with hatching
 - Two small circles (2 and 4) with hatching
 - Two small circles (5 and 6) with hatching
- Surface finish: $0,2$ C

Side View:

- Overall width: $Cm2 = 19 \pm 0,3$
- Overall height: 6
- Distance from left edge to center of first circle: $Cm1 = 40 \pm 0,3$
- Top edge features:
 - Top left corner: 1
 - Top center: 2
 - Top right corner: 3
- Bottom edge features:
 - Bottom left corner: 4
 - Bottom center: 5
 - Bottom right corner: 6
- Internal features:
 - Two large circles (main body)
 - Two smaller circles (1 and 3) with hatching
 - Two small circles (2 and 4) with hatching
 - Two small circles (5 and 6) with hatching

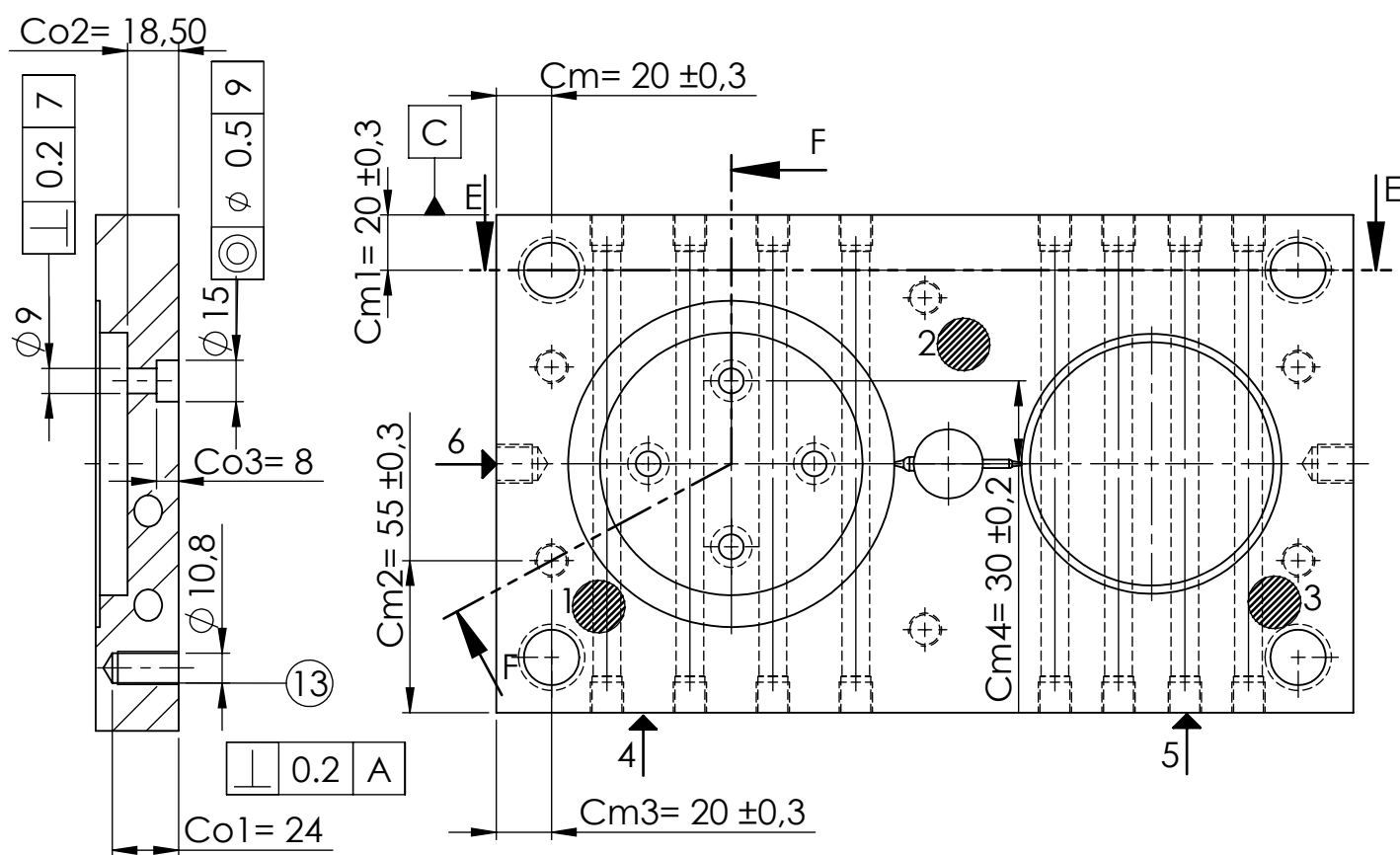
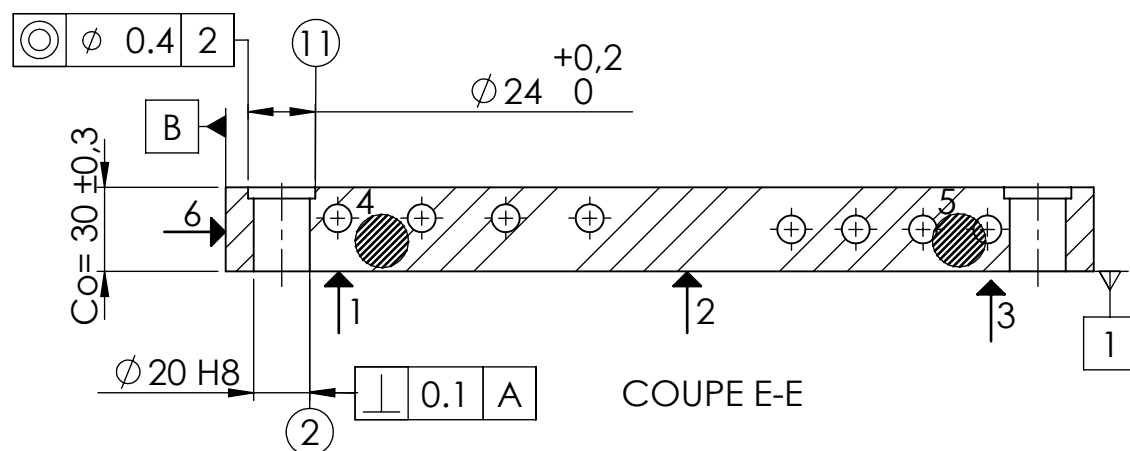
Phases	Sous phases	Désignation	Machines Utilisées	outillage de coupe
300		Fraisage : Une pièce en montage référentiel de départ défini par : ➤ Appuis plan sur A en 3N (1, 2,3) ➤ Appuis linéaire C en 2N (4,5) ➤ Appuis ponctuel B en 1N (6)		
	310	Surfaçage de 1 en (E, F/2, F) Cm=30 $\pm$ 0.5	Fraiseuse Verticale (CN)	Fraise disque deux tailles
	320	Alésage de 4 en (E, F/2, F) Co=30 $\pm$ 0.5 Cm2=90 $\pm$ 0.1 Cm3=146.5 $\pm$ 0.2	Faiseuse en commande numérique (CN)	Fraise a alésé Ø<25mm
	330	Alésage de 7 et 3 simultanément en (E, F/2, F) Co1=11.5 $\pm$ 0.3 Cm4=78.5 $\pm$ 0.2	Faiseuse en commande numérique (CN)	Fraise a alésé Ø<95mm
	340	Rainurage de 8 en (E, F) Co2=1 Cm5=73.5 $\pm$ 0.2	Faiseuse en commande numérique (CN)	Fraise en bout Ø3

Croquis de la phase 300



Phases	Sous phases	Désignation	Machines Utilisées	outillage de coupe
400		Fraisage : Une pièce en montage référentiel de départ défini par : ➤ Appuis plan sur 1 en 3N (1 2 3) ➤ Appuis linéaire sur C en 2N (4 5) ➤ Appuis ponctuel sur B en 1N (6)		
	410	Alésage de 2 et 11 simultanément en (E F/2 F) Co= 30 ±0.3 Cm1= 20 ±0.3 Cm= 20 ±0.3	Fraiseuse en commande numérique (CN)	Fraise a alésé Ø<20mm
	420	Perçage de 13 en F Co= 24 Cm= 55 ±0.3 Cm= 30 ±0.2	Fraiseuse Verticale	Outil a centré Foret Ø10.25
	430	Perçage de 9 en F Co2= 18.5 Cm4= 30 ±0.2	Fraiseuse Verticale	Outil a centré Foret Ø9
	440	Alésage de 25 en F Co3= 8	Fraiseuse Verticale	Fraise a alésé 2 tailles Ø 25

Croquis de la phase 400



COUPE F-F

BIBLIOGRAPHIE

[1] : F CATTEAU, A FOURAY, C JACQUEROD, B MARANDET, *Les moules de plasturgie en aluminium*, Edition CETIM, 2003.

[2] : MICHEL BIRON, *Aide-mémoire Transformation des matières plastiques*, Édition l'usinenouvelle, 2010.

[3] : J-P TROTIGNON, J VERDU, A DOBRACZYNSKY, M PIPERAUD: *Matières plastiques structures, propriétés, mise en œuvre et normalisation* ; Edition Nathan, 2006.

[4] : ANDRE CHEVALIER, *Guide du dessinateur industriel*, Edition HACHETTE, 2004.

[5] : S.HAMMA, K.LATTARI : *Etude, conception et réalisation d'un moule d'injection plastique. Mémoire d'ingénieur. Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou*, Promotion 2007.

[6] :K. AIT BACHIR : *Etude, conception et réalisation d'un moule d'injection plastique. Mémoire d'ingénieur. Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou*, Promotion 2007.

[7] : BERNARD MERY : *Machine à commande numérique*, Edition Hermès, 1997.

[8] : L.ASBAI, R.BOUHAROUN, L.AIT BENNOUR : *Etude de la gamme d'usinage d'un boîtier de roulement type 191 401* Mémoire DEA. Université Mouloud Mammeri Tizi Ouzou, promotion 2009.