

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

BADJI MOKHTAR ANNABA-UNIVERSITY
UNIVERSITE BADJI MOKHTAR ANNABA



جامعة باجي مختار عنابة

FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIORAT
DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE

MEMOIRE

PRESENTE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

INTITULE

***MODELISATION D'UN MOULE SOUS SOLIDWORKS ET
PROPOSITION D'UNE GAMME D'USINAGE POUR SA
FABRICATION***

DOMAINE : SCIENCES ET TECHNIQUES

FILIERE : GENIE MECANIQUE

SPECIALITE : TECHNOLOGIES DE PRODUCTION MECANIQUE

PRESENTE PAR : *GUEMMOUD RAHMA*

DIRECTEUR DU MEMOIRE : MR. BENGHERSALLAH MOHIEDDINE

DEVANT LE JURY

PRESIDENT : Pr. AMIRAT.A

Examineurs :

Pr. CHAOUI.K

Pr. BOULANOUAR.L

Pr. ZEGHIB.N

Année: 2014/2015

Remerciements

Tout d'abord, je remercie Dieu, notre créateur de m'avoir donné la force pour accomplir ce travail.

Mon remerciement est adressé en premier à mon encadreur

*Mr : **Benghersallah mohieddine** pour ses conseils et ses directives.*

A tous les enseignants et enseignantes qui ont contribué

Ma formation tout au long de mon cursus

*Je remercie aussi tout ce qui ont participé de pré au de loin à l'aboutissement de ce travail à commencer par **mes parents**.*

Je remercie également mes camarades étudiants de la promotion et je leurs souhaite le bon courage pour qu'il puisse finir leurs études.

DEDICACES



Je dédie cette mémoire à.....



A ma très chère mère

A mon très cher Père

A notre encadreur Mr : Benghersallah mohieddine

A Tous ceux que nous aimons et qui nous aiment

A tous les membres de ma famille, petits et grands

A tous nos camarades des groupes

Rahma Guemmoud

Sommaire

Introduction générale **P1**

Position du sujet **p2**

Chapitre I : Etude Bibliographique. **P3**

I.1 Le moulage par l'injection **p4**

1.1 Généralité **p4**

1.2 Applications courantes **p4**

1.3 Procédés connexes **p4**

1.4 Qualités **p5**

1.4.1 Coûts **p5**

1.4.2 Applications courantes **p5**

1.4.3 Type de production **p5**

1.4.4 Qualités **p5**

1.4.5 Procédés connexes **p5**

1.4.6 Rapidité **p5**

1.5 Matières compatibles **p6**

1.6 Principe de fonctionnement du moulage par injection **p6**

1.7 Principe de la plastification et de mise en forme **p6**

I.2- Extrusion **p6**

2.1 L'extrudeuse **p7**

2.2 Description technique **p7**

2.3 Fonctionnement de l'extrudeuse **p8**

2.3.1 Description de l'alimentation de matière dans la trémie **p9**

2.3.2 Description du fourreau **p9**

2.3.3 Description de la vis de plastification **p10**

2.3.4 Description la grille	p11
2.3.5 La pompe a polymère	p11
2.3.6 L'extrusion des thermoplastiques	p12
I.3-Moule pour injection de plastique	p12
3.1 Outillage	p12
3.1.1 Fonction mise en forme ou empreinte	p12
3.1.2 Fonction alimentation	p13
3.1.3 Fonction régulation	p13
3.1.4 Fonction éjection	p13
3.2 Classification des moules	p14
3.2.1 Moule deux plaques	p14
3.3.2 Moule trois plaques 2	p15
3.3.3 Moule à tiroir	p15
3.4 Calcul du volume de la matière a injectée	p15
I.4- Les polymères	p17
4.1 Définition	p17
4.2 Deux grandes classes de polymères	p17
4.2.1 Les polymères thermoplastiques	p17
4.2.2 Les polymères thermodurcissables	p17
4.3 Les modes d'obtention du polymère	p18
4.3.1 Les polymères d'addition	p18
4.3.2 Les polymères de condensation	p19
4.4 Classification des polymères	p19
4.4.1 Structure	p19
4.4.1.1 Structure linéaire (Thermoplastiques)	p20
4.4.1.2 Structure branchée(Thermoplastiques)	p20
4.4.1.3 Structure réticulée (Thermodurcissables)	p21

4.4.2 Réaction à la température	p21
4.4.2.1 Thermoplastiques	p21
4.4.2.2 Thermodurcissables	p21
4.4.3 Mode de synthèse	p22
4.4.3.1 Condensation	p22
4.4.3.2 Addition	p22
4.5 Les principales propriétés mécaniques des plastiques	p23
4.5.1 Caractérisation mécanique statique	p23
4.5.2 La résistance au choc des plastiques	p24
4.5.3 Le comportement à la chaleur des plastiques	p24
4.5.4 La tenue au vieillissement des plastiques	p24
4.5.5 Le comportement au feu des plastiques	p24
4.5.6 Exemples de produits en Polymères (Matières plastiques)	p24
4.5.7 Le Polyéthylène haute densité (PEHD)	p25
4.5.7.1 Définition	p25
4.5.7.2 Propriétés	p26
1.5-Le fraisage	p26
5.1 Généralité	p26
5.2 Techniques de fraisage	p27
5.2.1 Fraisage en bout	p27
5.2.2 Fraisage en roulant	p27
5.2.3 Fraisage combiné	p28
5.3 Mode de coupe en fraisage	p28
5.3.1 Fraisage en opposition	p28
5.3.2 Fraisage en concordance ou fraisage "en avalant"	p29
5.4 Opérations de fraisage	p29

5.5 Conditions de coupe	p30
5.5.1 Vitesse de coupe	p30
5.5.2 Vitesse de broche	p30
5.5.3 Vitesse d'avance	p30
5.5.4 Avance par dent	p31
5.5.5 Profondeur de passe	p31
I.6- Fraisage à commande numérique	p32
6.1 Principe de programmation	p32
6.2 Préparation de la programmation	p32
6.2.1 Choix de l'origine OP	p32
6.2.2 Calcul des coordonnées des points programmés	p32
6.3 Définition d'un programme	p32
6.4 Structure d'un programme	p33
6.5 Structure d'une opération	p34
6.6 Cycle d'usinage en fraisage	p35
6.6.1 Surfaçage en fraisage	p35
6.6.2 Exemple : cycle de perçage	p36

Chapitre II : modélisation sous solidworks.	P39
--	------------

II.1 Moule fixe	p40
II.2 Moule mobil	p41
II.3 Goupille + bague + couvercle	P42
II.4 Ensemble	P43

Chapitre III : Etude de Fabrication. P44

II.1 Routage d'usinage p45

II.2 Déterminations des conditions de coupe p46

II.3 Déterminations des cotes du brut p49

Chapitre IV : Gamme D'usinage. P50

IV.1 phase 100 p51

IV.2.1 phase 200 p52

IV.2.2 phase 200 p53

IV.3.1 phase 300 p54

IV.3.2 phase 300 p55

IV.4 phase 400 p56

Conclusion P57

Annexe p58

Bibliographie p61

LISTE DES ABRÉVIATIONS ET SIGLES :

Symbole	Désignation	Unité
CN	commande numérique	/
CNC	commande numérique par ordinateur	/
CND	commande numérique directe	/
CFAO	conception et fabrication assistées par ordinateur	/
CAO	conception assistées par ordinateur	/
ISO	l'organisation internationale de normalisation	/
FAO	fabrication assistées par ordinateur	/
MOCN	machine outil a commande numérique	/
Op	origine pièce	/
Vc	vitesse de coupe	m/min
D	diamètre de l'outil	mm
N	vitesse de la broche	tr/min
A	l'avance par tour	mm/tr
Vf	vitesse d'avance	mm/min
Fz	l'avance par dent	mm/dent
Z	dents	/
ae	profondeur de passe radiale	mm
ap	profondeur de passe axiale	mm
∅	diamètre	mm

Table des figures

Figure 1 : processus de mise en forme.

Figure 2 : description de l'extrudeuse monovis.

Figure 3 : différents étapes du moulage par extrusion.

Figure 4 : différents étapes dans l'extrudeuse.

Figure 5 : différents secteur de la vis.

Figure 6: différents zone de la vis.

Figure 7 : différents pas de la vis.

Figure 8 : la direction de la matière au cylindre.

Figure 9 : moule deux plaques.

Figure 10: moule trois plaques.

Figure 11 : moule à tiroir.

Figure 12 : dessin de définition du couvercle.

Figure 13 : exemple d'assemblage.

Figure 14 : exemple d'une boîte en thermoplastique.

Figure 15 : exemple d'une poignée de tournevis en thermodurcissable.

Figure 16 : réaction d'estérification d'un acide organique.

Figure 17 : Structure linéaire.

Figure 18 : Structure branchée

Figure 19 : branche copolymère.

Figure 20 : Structure réticulée.

Figure 21: polymérisation par polycondensation d'un NYLON.

Figure 22 : exemple de polymère d'addition.

Figure 23: Courbe de traction classique d'un matériau thermoplastique.

Figure 24 : Les caoutchoucs.

Figure 25 : bouteilles.

Figure 26: Tuyaux en PVC.

Figure 27 : Tuyaux en Polyéthylène.

Figure 28: seringues jetables.

Figure 29 : Téléphones.

Figure 30 : Schéma de principe du fraisage.

Figure 31 : Fraisage en bout.

Figure 32: fraisage en roulant.

Figure 33: fraisage combiné.

Figure 34: fraisage en opposition.

Figure 35: fraisage en avalant.

Figure 36: différentes surfaces fraisées.

Figure 37 : Avance par dent.

Figure 38: Profondeur de passe.

Figure 39 : cycle suivant X Z.

Figure 40: cycle suivant Y Z.

Figure 41 : cycle suivant XY.

Figure 42 : cycle suivant ZX et YX.

Introduction générale

L'industrie mécanique est un facteur très important dans l'économie d'un pays et c'est une des contraintes au progrès du développement, Elle représente le niveau d'évolution de la modernité d'un pays.

La fabrication mécanique à une grande importance dans le domaine économique, elle participe à l'amélioration et au développement d'un pays et au développement des moyens de production locaux.

La nouvelle stratégie industrielle mondiale est basée sur la haute technologie moderne acquise par des grands constructeurs internationaux.

L'Algérie est comme les autres pays du monde, a besoin de construire une base industrielle suffisante pour rattraper le retard dans ce domaine qui compte chaque jour des avancées extraordinaires.

Les techniques d'usinage existent et sont de plus en plus performantes et cependant, l'application des principes de la mécanique reste la technique la plus intéressante dans la conception et la fabrication des différentes pièces.

Elle reste aussi la clef de voute de la réussite économique et la qualité d'objets industrielles. L'enjeu économique est très grand car le prix de vente est imposé par le marché. Si l'on veut augmenter les gains il faut travailler les couts de revient parce que la marge bénéficiaire sera fortement liée aux moyens en homme, matériels, pièces de rechanges, équipement et autre mis pour maximiser la production et surtout rendre la production flexible.

Le mémoire donc se présente en quatre chapitres :

Le premier chapitre introduit le thème, et le contexte du sujet. Le deuxième chapitre introduit l'étude bibliographique qui est divisée en quatre parties principales. D'abord une étude sur le moulage par injection et les moules d'injection de plastique. Puis les matières plastiques (polymère). Enfin la dernière partie est consacrée aux fraisages conventionnels et le fraisage à commande numérique.

Le troisième chapitre étudie un cas réel qui s'agit du moule d'injection. La conception en 3D des deux parties a été faite sous CAO **<solidworks>** et puis vers CFAO **<Wincam>** pour la simulation de l'usinage. Cette partie nécessite une bonne maitrise des logiciels.

La quatrième partie présente étude de fabrication et la gamme d'usinage.

Le mémoire est clôturé avec une conclusion et des références bibliographiques.

POSITION DU SUJET

MODELISATION D'UN MOULE SOUS SOLIDWORKS ET PROPOSITION D'UNE GAMME D'USINAGE POUR SA FABRICATION.

Notre étude est relative à la réalisation de la modélisation par solidworks d'un moule en deux plaques pour injection de plastique (polymère), Il s'agit de la fabrication de couvercle en PVC ou PEHD par injection thermo plastique.

Les couvercles sont montés pour protéger des roulements à billes sur les paliers de réducteurs.

Notre étude de fabrication concerne la proposition d'une gamme d'usinage du moule fixe (partie extrudeuse).

La pièce est en alliage d'aluminium de fonderie de nuance ISO Al Cu Mg 4, représente la première partie du moule. À injection cette pièce comporte l'empreinte du couvercle qui doit être usinée.

L'étude sera munie selon les parties suivantes :

-Etude bibliographique sur :

- le moulage par injection.
- Moules pour injection de plastique.
- Les polymères
- Le fraisage.

-Modélisation sous solidworks du moule par injection.

- Vue 3D des différentes pièces.
- Mise en plan.
- Analyse technique du moule fixe.

-Etude de fabrication du moule :

- Routage d'usinage général.
- Détermination des cotes de la brute.
- Gamme d'usinage détaillée.

-conclusion.

Chapitre 01 : Etude Bibliographique,

Analyse bibliographique :

I.1-Le moulage par l'injection :

1.1 Généralité:

L'injection plastique est l'un des procédés le mieux adapté à la production en série de pièces, L'importance prise par ce procédé dans la production des pièces nous conduit vers l'étude des pièces injectées, la conception des outillages d'injection ainsi que leur mise en œuvre.

Le moulage par injection est largement répandu et très bien développé ; il est excellent pour produire rapidement des pièces identiques avec une très faible tolérance. On le retrouve dans de très nombreux produits quotidiens. Les moules Usinés avec précision et hautes pressions d'injection sont essentiels pour obtenir une finition de surface et une reproduction de détails excellentes. Mais ce procédé ne convient que pour de grandes séries de production.

Il existe de nombreuses variantes sur le même principe. Les plus connues sont le moulage par injection assistée au gaz, le moulage multi matière et le moulage à décoration en moule. [01]

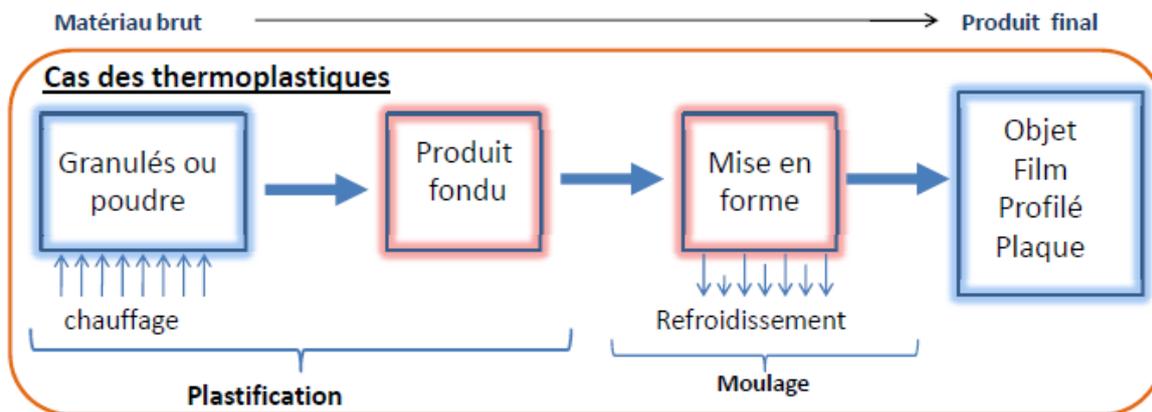


Figure 1 : processus de mise en forme.

1.2 Applications courantes :

Les pièces injectées se trouvent dans tous les secteurs du marché, en particulier dans l'automobile, les produits industriels et domestiques, tels que paniers de courses, papeterie, mobilier de jardin, claviers, boîtiers de produits électroniques, boutons et poignées de casseroles. [02]

1.3 Procédés connexes :

L'adéquation relative des procédés connexes dépend de facteurs tels que la taille des pièces et leur géométrie, les matériaux employés, des besoins esthétiques et fonctionnels et du budget. Bien que le moulage par injection soit souvent le Procédé le plus souhaitable étant donné sa répétitivité, le thermoformage est une alternative utile pour certaines formes à base de plaques. L'extrusion est plus rentable dans la production de profilés continus.

Certaines pièces à fabriquer par injection peuvent être prototypées et produites en petites quantités par moulage sous vide et RIM. Ces deux procédés sont employés

pour mouler de la résine polyuréthane (PU). Cette résine thermodurcissable est disponible dans un grand nombre de qualités, couleurs et duretés. Elle peut être pleine ou en mousse. Le RIM est utilisé pour divers types de produits tels que les moulages de mousse habillant du mobilier et des sièges automobiles, les petites séries de pare-chocs et tableaux de bord de voiture. [02]

1.4 Qualités :

Les hautes pressions utilisées pendant le moulage par injection garantissent une bonne finition de surface, une reproduction de détails fins et, surtout, une répétitivité excellente.

L'inconvénient de la pression est que le polymère figé tend à rétrécir et se déformer. Ces défauts peuvent être évités en prévoyant des nervures et une bonne analyse du flux d'injection. Les défauts de surface incluent des retassures, lignes de soudure et moirures de pigment. Les retassures sont des creux de surface apparaissant sur une face opposée à un raidisseur et les lignes de soudure apparaissent lorsque la matière est forcée à contourner un obstacle.

1.4.1 Coûts :

- Le coût d'outillage est très élevé, mais il dépend de la complexité et du nombre d'empreintes.
- Coût à l'unité très bas.

1.4.2 Applications courantes :

- Industrie automobile.
- Appareils électroniques et électroménagers.
- Produits industriels et domestiques.

1.4.3 Type de production :

- Production de grandes séries.

1.4.4 Qualités :

- Très bonne finition de surface.
- Parfaite reproduction de pièces.

1.4.5 Procédés connexes :

- Moulage RIM.
- Thermoformage.
- Moulage sous vide.

1.4.6 Rapidité :

- Le cycle d'injection dure généralement de 30 à 60 secondes.

1.5 Matières compatibles :

Presque tous les thermoplastiques peuvent être moulés par injection. Il est aussi possible de mouler certains thermodurcissables et les poudres de métaux dans une matrice thermoplastique. [02]

1.6 Principe de fonctionnement du moulage par injection :

Ce procédé permet d'obtenir des pièces dont l'épaisseur est comprise entre 0,4 et 6 mm avec des géométries complexes.

Le moulage par injection consiste à ramollir (état visqueux) la matière thermoplastique, puis de la malaxer au niveau de la vis de plastification. Elle est ensuite injectée sous forte pression.

L'injection sous forte pression du polymère fondu dans un moule froid à une ou plusieurs empreintes. Au contact des parois froides, la matière se solidifie en forme puis l'objet peut être démoulé. [01]

1.7 Principe de la plastification et de mise en forme :

- Plastification : c'est le passage d'un état solide à un autre état fluide visqueux (homogène).
- Dans le cas des plastiques le matériau brut est un solide sous forme des granulés ou de poudre.
- La plastification se fait principalement par échauffement de la matière.

1.2-Extrusion :

L'extrusion est une technique de fabrication en continu. Elle consiste à transporter, fondre, malaxer, plastifier, comprimer la matière thermoplastique dans une extrudeuse à l'aide d'une vis de plastification. Ensuite la matière plastifiée passe sous pression au travers de la filière pour donner la forme du profilé.

La matière chaude subit alors des opérations diverses visant à lui donner son aspect et sa forme définitive: soufflage (films, corps creux) ou conformation (tubes profilés), ou encore calandrage (feuilles plastiques, enduction). La matière est ensuite refroidie et figée dans sa forme définitive, soit dans l'air (gaine) soit dans l'eau (joncs, tubes, plaques, profilés, câbles), soit encore sur des cylindres refroidis (cas du film à plat et de l'enduction). [03]

➤ Procédé continu qui se déroule en trois étapes:

1- Alimentation de l'extrudeuse en matière première présentée sous la forme de granules.

2- La matière plastique est entraînée par une vis; sous l'action conjuguée de la vis et de la chaleur fournie elle fond graduellement et se transforme en fluide viscoélastique.

3- La troisième étape consiste à faire passer le polymère fondu par une filière (die) pour obtenir un profil souhaité qui est stabilisé par refroidissement. [03]

2.1 L'extrudeuse :

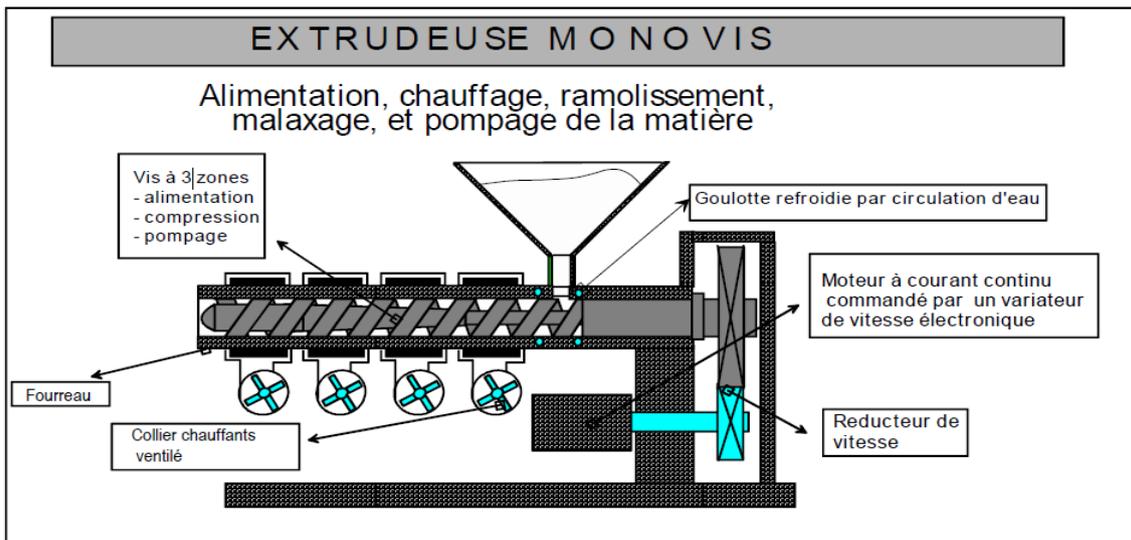


Figure 2 : description de l'extrudeuse monovis.

Une extrudeuse est essentiellement constituée d'un fourreau cylindrique en acier de haute résistance dans lequel vient tourner une vis entraînée en rotation par un motor variateur. Cet ensemble vis fourreau est thermo-régulé par un ensemble de résistances électriques ou par circulation de fluide. La matière est introduite dans la trémie qui s'ouvre sur le fourreau à l'entrée de la vis et celle-ci la pousse de façon continue jusqu'à la filière.

La principale méthode utilisée consiste à introduire la matière à la partie arrière d'une vis qui tournent dans un fourreau chauffe et remplissent la double fonction de malaxer la matière et de la forcer à travers l'outillage (filière). [03]

2.2 Description technique :

Les granulés de polymère sont amenés exactement au bon degré d'hydrométrie avant d'être versés dans la trémie, 0,5 à 5 % de pigments sont ajoutés à cette étape. La matière est acheminée dans le fourreau où elle est simultanément chauffée, mélangée et poussée vers le moule par la vis d'Archimède. Le polymère est maintenu momentanément dans le fourreau tandis que la pression monte avant l'injection.

Lorsque la pression correcte est obtenue, le plastique fondu est injecté dans le moule. La durée du cycle dépend de la taille des pièces et du temps de solidification du polymère, soit généralement de 30 à 60 secondes. La pression de serrage maintenue après l'injection limite la déformation et le retrait après démoulage.

Pour éjecter les pièces, les parties du moule se séparent, le noyau se rétracte et les éjecteurs sont poussés pour décoller les pièces de la surface du moule. [03]

Celles-ci sont ensuite déposées sur un tapis roulant ou un contenant, parfois par un bras robotisé. Les moules et noyaux sont usinés dans de l'aluminium ou de l'acier. Ce sont des éléments complexes du moulage par injection. Ils comportent des canaux de refroidissement par eau (pour le contrôle de la température), un point

d'injection, des canaux d'alimentation (moule multi empreinte) et un équipement de mesures électronique pour continuellement maîtriser la température. La répartition de chaleur dans l'outil est essentielle pour garantir un flux régulier du polymère fondu. À cette fin, certains noyaux sont usinés dans du cuivre, dont les propriétés conductrices sont bien meilleures que celles de l'aluminium ou l'acier. L'outil de moulage par injection le plus économique est en deux parties, mâle et femelle. Mais les ingénieurs et outilleurs moulistes poussent constamment les limites du procédé avec un outillage de plus en plus complexe avec des noyaux rétractables, points d'injection multiples et injection multi matière. [03]

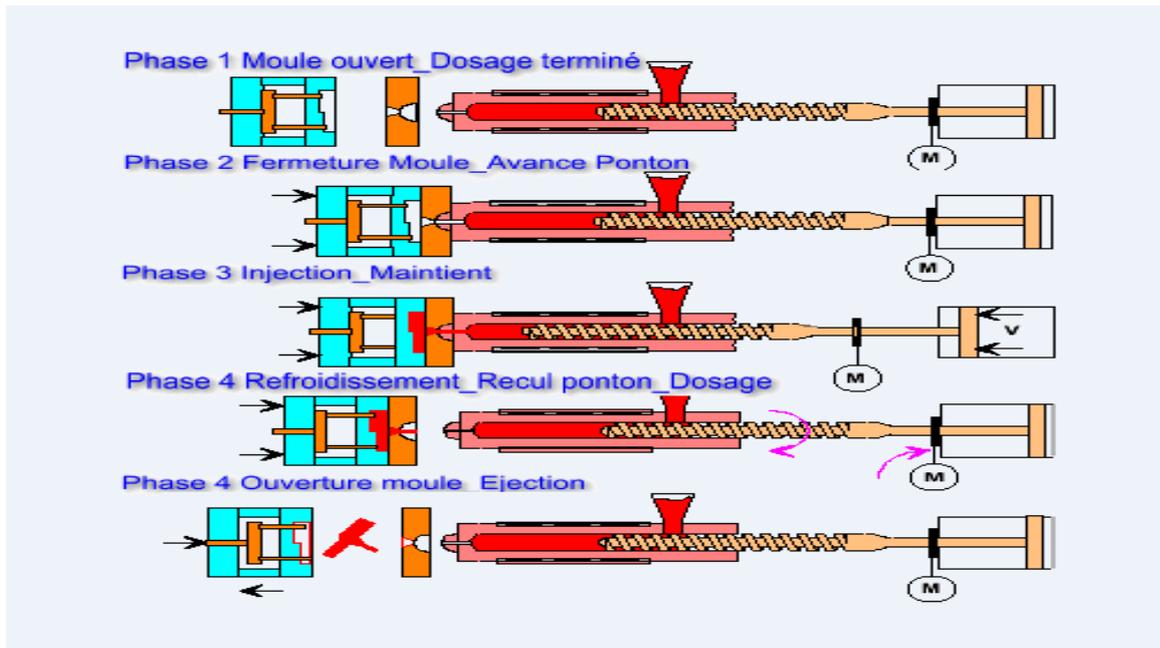


Figure 3 : différents étapes du moulage par extrusion.

2.3 Fonctionnement de l'extrudeuse:

Dans l'extrusion le système vis fourreau joue le rôle d'une pompe, la pression résulte de l'équilibre des pressions entre les écoulements dans l'entrefer et la tête de filière. [03]

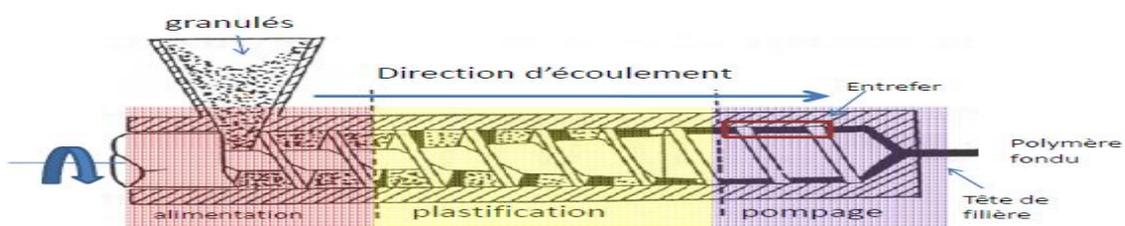


Figure 4 : différents étapes dans l'extrudeuse.

2.3.1 Description de l'alimentation de matière dans la trémie:

En règle générale, on porte une attention particulière à la hauteur de matière dans une trémie:

- dans le cas de mélanges composés de plusieurs types de matériaux, les composants les plus lourds ou les plus électrostatiques ont tendance à rester sur les bords, d'où la séparation des composants du mélange.
- Plus la hauteur de matière dans la trémie est élevée, plus il existe de création de ponts de matière ou de bouchons. Ce phénomène induit une irrégularité d'approvisionnement au niveau de la vis.
- plus la hauteur de matière dans la trémie est élevée, plus la pression exercée sur la matière au niveau de la vis est importante. La quantité de matière avalée par la vis va donc varier en fonction de cette hauteur.

- Un gaveur à vis situé à la base de la trémie permet d'obtenir une meilleure régularité d'approvisionnement de la vis de plastification.
- Une grille magnétique disposée dans la trémie permet de retenir les particules métalliques [03]

2.3.2 Description du fourreau :

La thermorégulation du cylindre s'effectue le plus souvent à l'aide de résistances réparties en 3 à 6 zones bien distinctes selon la longueur du fourreau et dont le fonctionnement est contrôlé et réglé par des pyromètres. A ces zones sont souvent associés des dispositifs de refroidissement (ventilateurs ou circulation d'huile) de façon à évacuer des calories en cas de surchauffe. La puissance du moteur dépend des dimensions de la vis et surtout de la production horaire souhaitée

Le cylindre ou fourreau est exécuté en acier nitruré ou revêtu d'une couche bimétallique pour résister à l'abrasion et à la corrosion. (la dureté dépasse souvent 60HRC).

- Le fourreau comporte une ouverture au niveau de la zone où le polymère est soudainement décompressé. La seconde compression est appliquée sur un polymère qui ne contient plus de vapeur. [03]

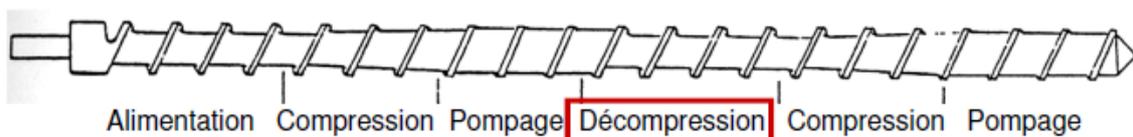


Figure 5 : différents secteur de la vis.

2.3.3 Description de la vis de plastification:

Élément servant à plastifier la matière polymère et à la transporter jusqu'à la filière. Un profil de vis spécifique doit être utilisé pour un polymère donné. Comportent généralement trois zones. [03]

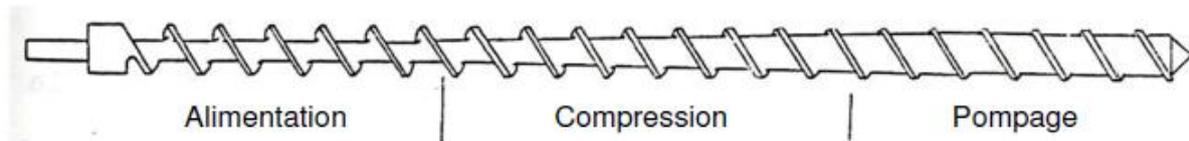


Figure 6: différents zone de la vis.

1-Zone d'alimentation :

Cette zone reçoit la matière à l'état solide non compactée et la transporte vers la seconde zone. Le cœur de la vis est cylindrique: diamètre constant.

2-Zone de compression :

Le volume compris entre deux filets successifs diminue progressivement par augmentation du diamètre du cœur ou changement du pas. La compression expulse l'air et accélère la fusion du polymère.

3-Zone de pompage :

Volume minimal entre les filets. Cette zone transporte le polymère fondu vers les tamis et grilles, et ultimement vers la filière.

Variétés des vis :



Figure 7 : différents pas de la vis.

Le déplacement de la matière résulte de l'action de la vis sur la Matière qui adhère au cylindre :

- Les dents de vis jouent le rôle d'un racleur.
- Si la matière adhère à la vis alors elle subit une rotation de la même vitesse que la vis et aucun écoulement n'en résulte.
- Si la matière adhère au cylindre alors un meilleur écoulement en résulte et pour augmenter l'adhésion de la matière avec le cylindre on chauffe le cylindre. [03]

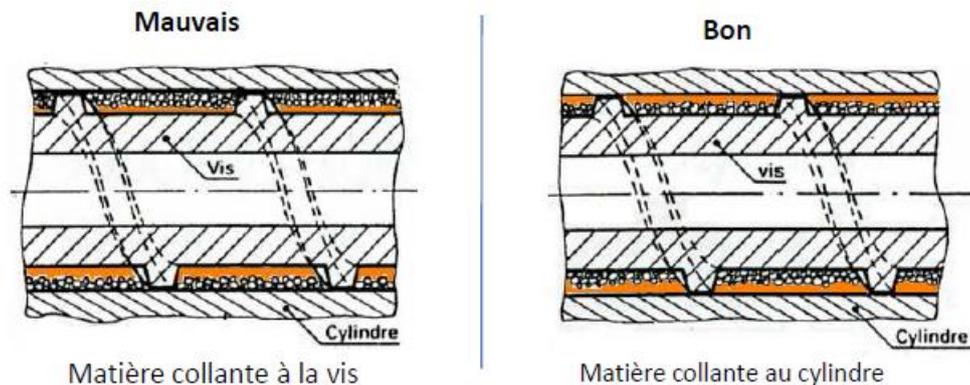


Figure 8 : la direction de la matière au cylindre.

2.3.4 Description la grille:

Les fonctions de la grille: maintenir en position les tamis, créer une contre pression en bout de vis et régulariser le flux de matière.

La grille porte-tamis appelée aussi la grille de répartition est fixée entre le fourreau et la filière. Elle se compose généralement d'un ou deux disques d'acier au chrome percés de trous. Entre les deux disques (ou en amont dans le cas de disque unique) des tamis peuvent être empilés pour assurer la filtration de la matière.

L'épaisseur de la grille varie de 6 à 50 mm, le diamètre des orifices dépend de la taille de l'extrudeuse (de 0.8 à 5mm et plus) les bords des orifices sont profilés pour éviter la stagnation de matière.

Un colmatage éventuel du tamis peut être détecté en surveillant la pression de la matière en bout de vis. [03]

2.3.5 La pompe a polymère :

C'est une pompe à engrenage qui permet de régulariser le débit d'une extrudeuse en assurant une pression constante au niveau de la matière. Elle est également appelée "pompe de lissage" (de pression).

Elle permet, en outre, de réduire la pression dans l'extrudeuse et atténue le reflux, ce qui abaisse la température de la matière et favorise sa progression.

Par contre, du fait de sa conception, cette pompe à polymère constitue aussi un élément de cisaillement et entraîne une augmentation graduelle de la température matière. [03]

2.3.6 L'extrusion des thermoplastiques :

Pour obtenir un bon fonctionnement de l'extrudeuse, toute la matière doit être impérativement fondue à la sortie de la zone de compression. Pour y parvenir il est nécessaire que:

- la force de poussée de la matière dans la zone d'alimentation soit suffisante.
- le taux de compression de la vis soit adapté à la matière.
- la température et la puissance de chauffe du fourreau soient suffisantes.
- le jeu entre la vis et le fourreau ne soit pas trop important. [02]

1.3-Moule pour injection de plastique :

La conception du moule influence de manière décisive la et l'économie de la pièce injectée. L'aspect de la pièce, sa résistance mécanique, sa ténacité, ses cotes, sa forme et son coût dépendent de la qualité du moule. [04]

3.1 Outillage :

L'outillage ou moule, est en général constitué d'une partie fixe fixée sur l'extrudeuse, d'une partie mobile qui va se déplacer pour pouvoir libérer la pièce une fois refroidie et d'un système d'éjection chargé de pousser la pièce en dehors du moule.

Un moule doit remplir plusieurs fonctions :

- fonction mise en forme.
- fonction alimentation.
- fonction régulation.
- fonction refroidissement de la pièce.
- fonction éjection.

3.1.1 Fonction mise en forme ou empreinte :

La forme de la pièce se fait par l'empreinte qui se répartit entre les deux parties (fixe et mobile) du moule et d'autres éléments auxiliaire. Dans le but de faire des formes en contre dépouillent (des formes qui ne se démoulent pas dans le même axe d'ouverture du moule). [04]

3.1.2 Fonction alimentation :

La fonction alimentation a pour but de transférer la matière plastifiée du fourreau de la presse, vers l'empreinte du moule. Au cours de ce cheminement, la matière est soumise à différentes contraintes en passant par :

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

3.1.3 Fonction régulation :

La régulation de la température de l'outillage se fait à travers un liquide caloporteur qui peut être :

1. l'eau pour des températures faibles (eau à 15 °C) ;
2. l'huile pour des températures atteignant 250 °C ou l'eau pressurisée pour des températures de 100 °C à 180 °C.

Ce liquide est envoyé à travers des canaux percés dans la carcasse de l'outillage et les empreintes en utilisant un thermorégulateur. [04]

3.1.4 Fonction éjection :

Les éjecteurs sont des barres métalliques cylindriques pleines (parfois creuses) qui, lors de l'ouverture du moule, viennent pousser la pièce plastique pour l'extraire du moule. Il s'agit de la technique d'éjection la plus utilisée car elle peut s'appliquer à quasiment toutes les pièces plastiques. Les traces des éjecteurs sont souvent visibles sur la pièce et sont considérées comme « inesthétiques ». Les concepteurs de pièces injectées s'arrangent alors pour que ces traces d'éjecteurs.

- Les éléments indiqués ci-dessous sur le document technique de la matière Plastique choisie :
 - Matière choisie.
 - Retrait de la matière.
 - Masse volumique (g/cm³).
 - Température de plasticité.
 - Pression d'injection matière Pim (en Mpa).

- Les caractéristiques techniques demandées, sur la documentation industrielle De la presse à injecter :
 - Volume maximale injectable Vim (cm³)
 - Pression d'injection maxi Pi maxi (en Mpa)
 - Force de fermeture ou verrouillage Fv (en N)

3.2 Classification des moules :

3.2.1 Moule deux plaques :

C'est le type de moule le plus couramment utilisé à cause de sa simplicité de mise au point et de fabrication. [04]

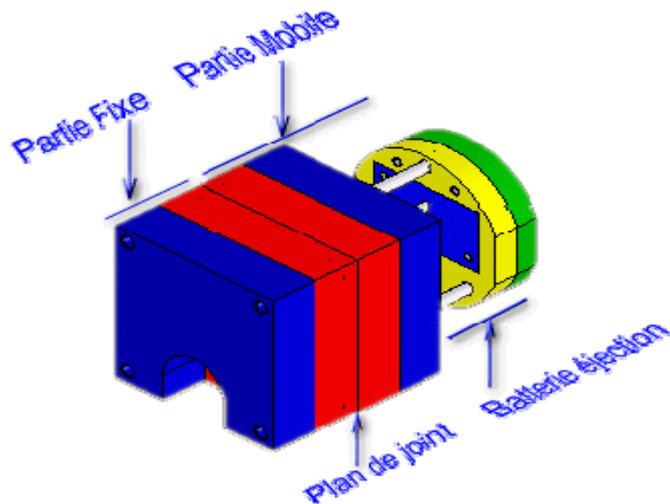


Figure 9 : moule deux plaques.

3.3.2 Moule trois plaques :

Permet le d'égrappage automatique des pièces injectées et des déchets (canaux, carotte) lors de l'ouverture du moule. [04]

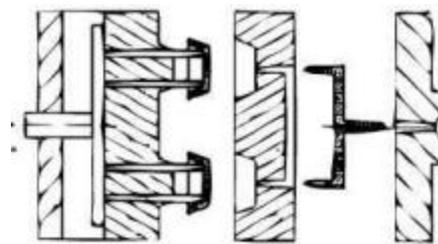


Figure 10: moule trois plaques.

3.3.3 Moule à tiroir :

Permet le démoulage de pièces possédant des surfaces en contre-dépouille. [04]

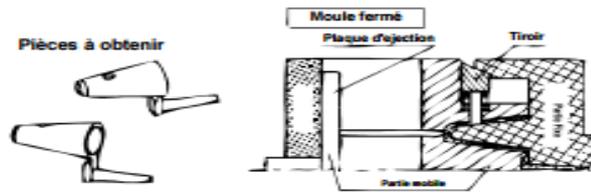


Figure 11 : moule à tiroir.

3.4 Calcul du volume de la matière à injectée :

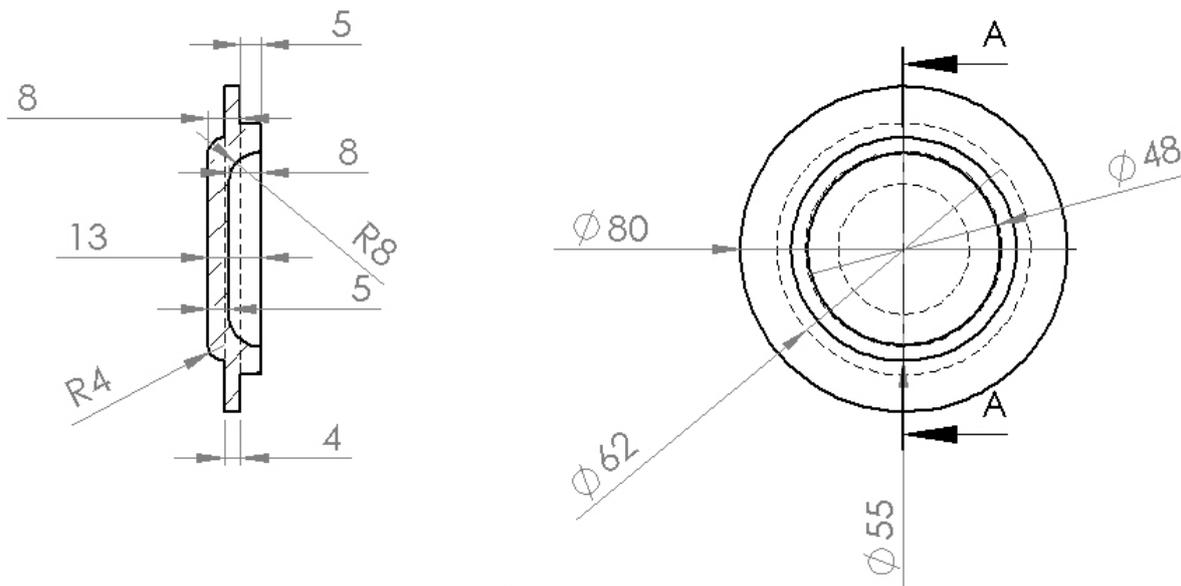


Figure 12 : dessin de définition du couvercle.

$$V = \pi d^2/4.h \dots\dots\dots (1)$$

$$V = \pi d^2/4.h = (3.14 \times 80^2/4).4 = 20096 \text{ mm}^3.$$

$$V = \pi d^2/4.h = (3.14 \times 62^2/4).5 = 15087 \text{ mm}^3.$$

$$V = \pi d^2/4.h = (3.14 \times 55^2/4).4 = 15087 \text{ mm}^3.$$

$$V = \pi d^2/4.h = (3.14 \times 48^2/4).8 = 15087 \text{ mm}^3.$$

$$V \text{ totale} = (20096 + 15087 + 9498) - 14469 = 30212 \text{ mm}^3.$$

Le volume à injecter dépend du coefficient de rétrécissement du matériau, le volume calculer doit être corrigé selon la formule suivante :

$$V_i = V_c \times K_r \dots\dots\dots (2)$$

ou :

v_i : volume a injecté.

V_c : volume du couvercle.

K_r : coefficient du rétrécissement du matériau.

Pour le PVC le coefficient du rétrécissement est égal à $K_r = 0.4\%$.

Pour le PEHD le coefficient du rétrécissement est égal à $K_r = 1.5\%$.

Les dimensions de l'empreinte du moule pour le couvercle en PVC restent inchangées. $80 \times 0.4 / 100 = 0.32 \text{mm}$

Pour le PEHD $80 \times 1.5 / 100 = 1.2 \text{mm}$.

Donc il faut augmenter les dimensions de l'empreinte pour le moule du couvercle en PEHD, par exemple pour le grand diamètre $D = 81.2 \text{mm}$.

$$\Delta l = l \times \Delta t \times \alpha \dots \dots \dots (3)$$

Δl : variation de la cote en mm.

L : longueur.

Δt : différence du $T^\circ\text{C}$.

α : coefficient de dilatation.

$\alpha = 0.18 \text{mm/m } ^\circ\text{C}$ (pour les matières plastique).

Δl la différence entre la cote initiale et la cote finale du polymère injecté peut être déterminé par la formule donc il possible de calculer avec précision le volume de la matière à injecter pour tenir compte.

I.4- Les polymères :

4.1 Définition :

Les polymères sont parmi les produits chimiques ayant le plus d'applications industrielles. Ce sont des macromolécules obtenues par la combinaison d'un grand nombre de molécules plus petites. Les polymères ont une masse molaire très importante.

Le monomère est le nom donné à la petite molécule à partir de laquelle est formée la macromolécule. La réaction est une polymérisation. [05]

➤ **Autre définition :** [06]

Assemblage de monomères par liaison covalente formant une chaîne macromoléculaire.

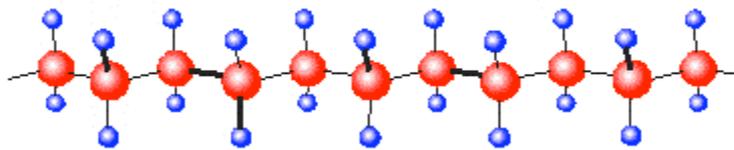


Figure 13 : exemple d'assemblage.

4.2 Deux grandes classes de polymères :

4.2.1 Les polymères thermoplastiques :

Ils sont solubles dans leurs solvants respectifs tels que l'acétone pour le PMMA par exemple. Le plus souvent ils sont constitués par un réseau mono dimensionnel ou des chaînes faiblement ramifiées. On peut les mettre en forme (injection, extrusion...) au-delà de leur température de fusion, T_f . Ils possèdent la mémoire de cette forme après déformation plastique lorsqu'on les chauffe au-delà de la température de transition vitreuse, T_g . Comme ils peuvent être remis en forme par simple passage au dessus de T_f , ils sont a priori recyclables. [05]



Figure 14 : exemple d'une boîte en thermoplastique.

4.2.2 Les polymères thermodurcissables :

Ils sont insolubles, infusibles. Différemment des polymères thermoplastiques, ils durcissent en subissant une transformation chimique irréversible. On peut définir une température, T_d , au-delà de laquelle ils sont chimiquement dégradés. Le plus souvent ce sont des bis composants, mis en œuvre à l'état liquide et rendus solides

Obtenus par la condensation d'un grand nombre de molécules, cette réaction s'effectuant avec l'élimination d'une petite molécule, en général l'eau

Exemple : réaction d'estérification d'un acide organique et d'une base organique (alcool)

- Formation d'une molécule d'eau à partir du H de la liaison alcool et du groupement [OH-] de l'acide organique.

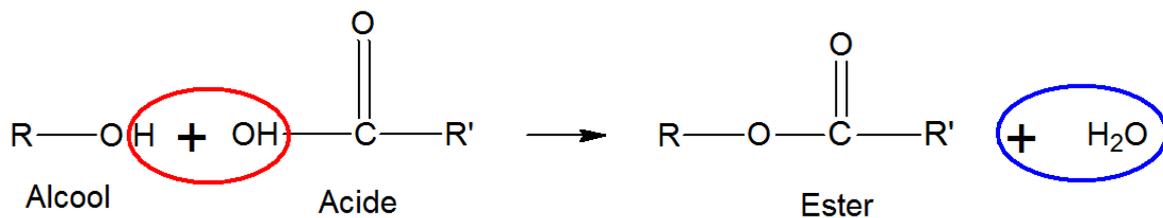


Figure 16 : réaction d'estérification d'un acide organique.

- Ce sont les groupements fonctionnels qui participent à la réaction. (-OH pour l'alcool et -OH-C=O pour l'acide organique) [07]

4.4 Classification des polymères :

- On peut classier les polymères suivant leur :

1. structure
2. réaction à la température
3. mode de synthèse

4.4.1 Structure :

4.4.1.1 Structure linéaire (Thermoplastiques) : [08]

Les polymères en chaîne linéaire sont exclusivement issus de monomères difonctionnels



Figure 17 : Structure linéaire.

- **Homopolymère:** Polymère formé par des chaînes moléculaires contenant un seul type de monomère
- **Copolymère:** Polymère formé par des chaînes moléculaires contenant un arrangement de deux ou plusieurs types de Monomères. [08]

4.4.1.2 Structure branchée(Thermoplastiques) :

Branchement de molécules possible sur les monomères d'une chaîne de fonctionnalité supérieure à 2.

(Fonctionnalité = Nombre de liaisons possibles ou libres)



Figure 18 : Structure branchée

- **Homopolymère:** Les chaînes moléculaires contiennent des chaînes ramifiées de même motif monomère
- **Copolymères :** Des branches formées par l'unité structurale B peuvent se greffer sur un tronc d'unités A alignées. [08]

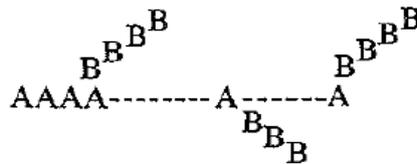


Figure 19 : branche copolymère.

4.4.1.3 Structure réticulée (Thermodurcissables) :

Jonction entre les différentes chaînes moléculaires lorsque la longueur et la fréquence des branches augmentent.



Figure 20 : Structure réticulée.

4.4.2 Réaction à la température :

4.4.2.1 Thermoplastiques :

- Au chauffage → ramollissement.
→ Comportement fluide visqueux sous contrainte.

- Après refroidissement → redevient vitreux ou caoutchouteux.

La transition qui se fait lors du chauffage est une transformation physique (non chimique) et réversible de la matière

Exemples: ABS PC, PE, PS.

ABS = Acrylonitrile butadiène styrène

PC = Polycarbonate

PE = Polyéthylène,

PS = Polystyrène

4.4.2.2 Thermodurcissables :

- Au chauffage → Dégradation possible de la structure du polymère par rupture des chaînes primaires et des liaisons réticulées.

- Après refroidissement → Etat structural dégradé si le chauffage a été trop intense.

4.4.3 Mode de synthèse :

4.4.3.1 Condensation :

C'est une réaction chimique entre de nombreuses molécules de deux espèces différentes avec élimination d'une petite molécule. Les polymères les plus courants sont les polyesters et les polyamides, que nous étudierons ici, mais il existe aussi les polyuréthanes, les polycarbonates.

Ces derniers sont fabriqués par les chimistes et sont appelés polymères synthétiques. Les protéines sont des polymères naturels de polycondensation d'acides aminés de plusieurs espèces différentes pour donner la soie, la laine, les fibres musculaires, les hormones, et bien d'autres molécules complexes. Elles sont synthétisées dans les organismes vivants animaux et végétaux.

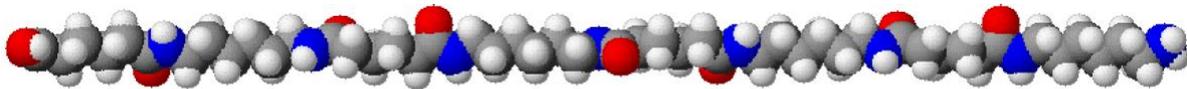
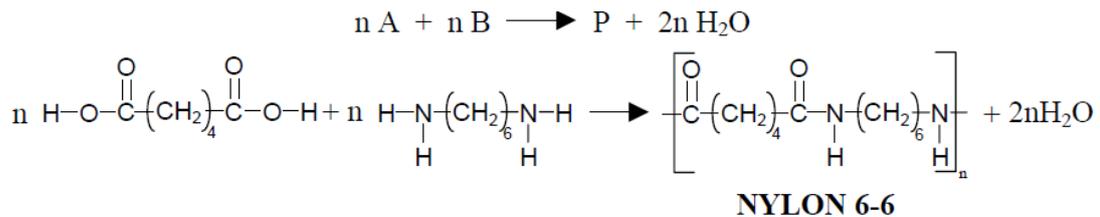
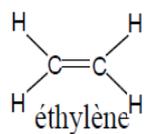


Figure 21: polymérisation par polycondensation d'un NYLON.

4.4.3.2 Addition :

.Les réactions mises en jeu sont des additions, réalisées à partir de composés insaturés ; molécules Possédant une ou plusieurs double ou triple liaisons. Ce sont des polyadditions. [05]

Monomère M	Motif	Polymère P	nom
	$\left[\text{CH}_2-\text{CH}_2 \right]$	$\left[\text{CH}_2-\text{CH}_2 \right]_n$	Polyéthylène PE

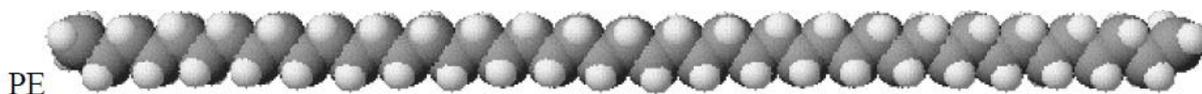


Figure 22 : exemple de polymère d'addition.

4.5 Les principales propriétés mécaniques des plastiques :

La résistance à la traction et à la compression ainsi que la dureté dépendent essentiellement de la nature de la cohésion entre les chaînes de polymères. [04]

4.5.1 Caractérisation mécanique statique :

Un essai mécanique correspond à une sollicitation uniaxiale appliquée en traction ou en compression. Il consiste à déplacer une partie d'une éprouvette à l'aide d'une traverse mobile constituant la machine d'essais et à enregistrer la contrainte appliquée. Le plus répandu : essai de type contrainte-allongement = essai de traction : la vitesse de déplacement de la traverse est fixée (constante) et l'allongement est mesuré en fonction de la contrainte (MPa) ou de la force (N) appliquée.

$$\sigma = \frac{F}{S_0} \quad (4)$$

$$\varepsilon = \frac{L - L_0}{L_0} \quad (5)$$

Plusieurs grandeurs peuvent être définies grâce aux tests mécaniques :

- Le module d'Young = module élastique = E
- Le seuil de plasticité = la limite d'élasticité = σ_y
- La contrainte à la rupture = σ_r
- La contrainte maximale = résistance maximale à la traction = σ_m . [12]

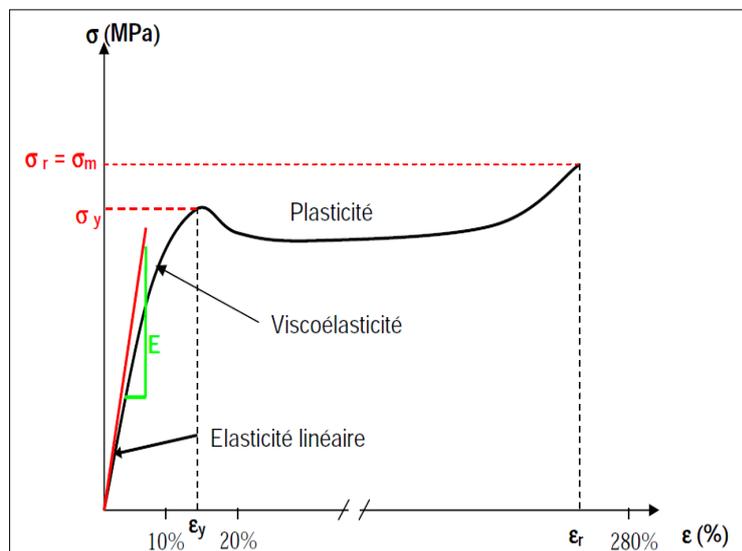


Figure 23: Courbe de traction classique d'un matériau thermoplastique.

4.5.2 La résistance au choc des plastiques :

La résistance au choc est liée non seulement à la cohésion intermoléculaire, mais aussi à la dissipation de l'énergie dans le matériau: un plastique mou est moins cassant qu'un plastique dur, et l'incorporation de micro granulent d'élastomères dans le polystyrène, par exemple, rend cette matière très résistante aux chocs.

4.5.3 Le comportement à la chaleur des plastiques :

Le comportement à la chaleur dépend des températures auxquelles les liaisons intermoléculaires se rompent (phénomène analogue à la fusion). Un thermoplastique passe en général par trois états successifs quand la température s'élève: état rigide proprement dit (vitreux); état flexible, ou caoutchouteuse, au-delà de la transition vitreuse; et, enfin, état plus ou moins pâteux au-delà d'une température de fusion franche ou étalée. Une basse température de transition vitreuse assure une bonne résistance au choc à froid. [04]

4.5.4 La tenue au vieillissement des plastiques :

La tenue au vieillissement dépend de la nature des liaisons chimiques du polymère: ainsi, certains plastiques en milieu acide ou alcalin sont sensibles à l'hydrolyse, et nombreux sont ceux qui doivent être protégés contre les ultraviolets. [04]

4.5.5 Le comportement au feu des plastiques :

Le comportement au feu présente deux aspects.

- La «résistance au feu» indique la durée pendant laquelle un objet peut assumer sa fonction (par exemple, ne pas fléchir sous une charge); elle est liée à la solidité des liaisons inter- et intramoléculaires.
- La «réaction au feu» caractérise l'aptitude du plastique à s'enflammer (de non inflammable à très facilement inflammable); la présence de certains atomes (N, P, F, Cl, Br.) ou de certaines structures (poly aromatiques) diminue l'inflammabilité. [04]

4.5.6 Exemples de produits en Polymères (Matières plastiques) :



Figure 24 : Les caoutchoucs.



Figure 25 : bouteilles.



Figure 26: Tuyaux en PVC.



Figure 27 : Tuyaux en Polyéthylène.



Figure 28: seringues jetables.



Figure 29 : Téléphones. [07]

4.5.7 Le Polyéthylène haute densité (PEHD) :

4.5.7.1 Définition :

Le Polyéthylène haute densité est une des résines thermoplastiques les plus répandue dans le monde. Il possède une excellente résistance aux agents chimiques et aux chocs. [08]

4.5.7.2 Propriétés :

- Polyoléfine semi-cristalline.
- Température maximale d'emploi : 105 °C ; température de fragilisation : -50 °C
- Compatible aux micro-ondes.
- Bonne flexibilité.
- Très bonne résistance aux acides, alcools aliphatiques, aldéhydes, hydrocarbures aliphatiques et aromatiques
- Il est régénéré et recyclé sous forme de granulés. [08]

I.5-Le fraisage :

5.1 Généralité :

Le fraisage est, dans son principe, un procédé de fabrication mécanique par coupe (enlèvement de matière) faisant intervenir, en coordination, le mouvement de rotation d'un outil à plusieurs arêtes (mouvement de coupe) et l'avance rectiligne d'une pièce (dit mouvement d'avance). Aujourd'hui, toutefois, on a également un déplacement de l'outil par rapport à la pièce, lequel peut s'effectuer pratiquement dans n'importe quelle direction.

L'outil de fraisage, la fraise, comporte plusieurs arêtes de coupe dont chacune enlève une certaine quantité de métal sous forme de copeaux. Les avantages du fraisage sont un rendement élevé, un bon fini de surface et une haute précision, ainsi qu'une grande souplesse au niveau de la génération de différentes formes. Le plus souvent, le fraisage est utilisé pour produire des surfaces planes, des épaulements et des gorges, mais son efficacité en contournage va croissante grâce à l'utilisation des techniques CNC (Computerized Numerical Control). [09] [10]

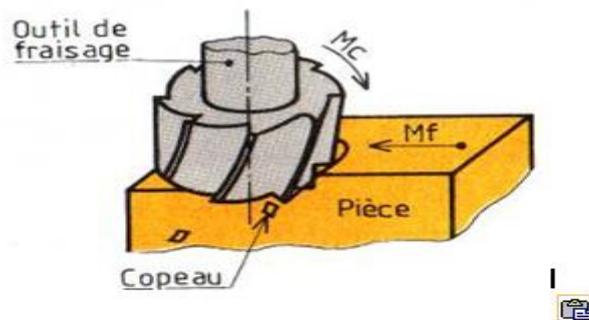


Figure 30 : Schéma de principe du fraisage.

5.2 Techniques de fraisage :

5.2.1 Fraisage en bout :

L'axe de la fraise est placé perpendiculairement à la surface à usiner. La fraise coupe avec son diamètre, mais aussi avec sa partie frontale. Les copeaux sont de même épaisseur, ainsi la charge de la machine est plus régulière. La capacité de coupe est supérieure à celle réalisée par le fraisage en roulant. La qualité de l'état de surface est meilleure. [10] [18]

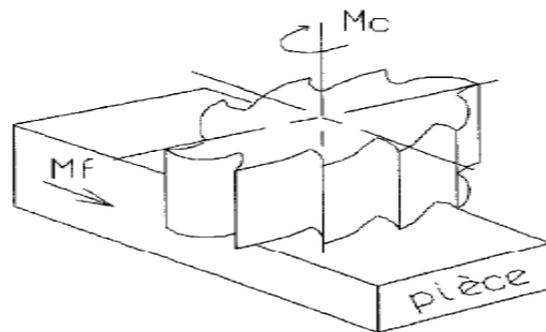


Figure 31 : Fraisage en bout.

5.2.2 Fraisage en roulant :

L'axe de la fraise est placé parallèlement à la surface à usiner. La fraise coupe avec son diamètre. La charge de la machine en est irrégulière, surtout lors de l'emploi de fraises à denture droite. Les à-coups provoqués par cette façon de faire donnent une surface ondulée et striée. Pour pallier ces défauts, on utilisera une fraise à denture hélicoïdale.

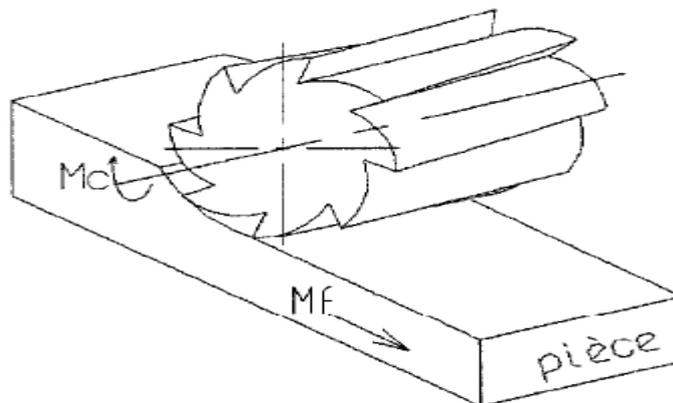


Figure 32: fraisage en roulant.

5.2.3 Fraisage combiné :

La fraise coupe avec son diamètre et sa partie frontale.

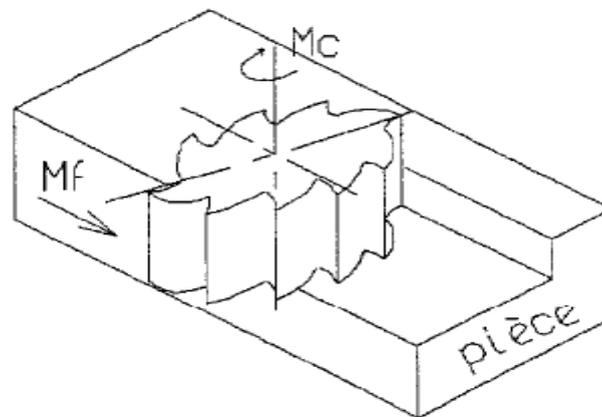


Figure 33: fraisage combiné.

5.3 Mode de coupe en fraisage :

La fraise effectue un mouvement de rotation tandis que la pièce avance dans sa direction. La coupe est donc ainsi définie par les paramètres impliqués. Il existe deux manières de procéder, selon le sens de rotation de l'outil par rapport à la pièce. Cette différence joue un rôle fondamental et affecte le processus de fraisage sous divers aspects. La pièce peut avancer, selon le cas, dans le sens de la rotation ou dans le sens opposé, ce qui a tout spécialement son importance en début et en fin de coupe. [10]

5.3.1 Fraisage en opposition :

Le mouvement d'avance MF de la pièce et le mouvement de coupe Mc de la fraise dans la zone fraisée sont de sens contraire. L'épaisseur du copeau est faible à l'attaque, puis maximale en fin de trajectoire de la dent. La résultante R des efforts de coupe est dirigée dans le sens opposé au MF. [10][18]

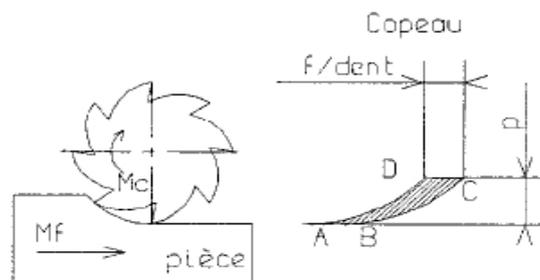


Figure 34: fraisage en opposition.

5.3.2 Fraisage en concordance ou fraisage "en avalant" :

Le mouvement MF de la pièce et le mouvement de coupe Mc de la fraise dans la zone fraisée est de même sens. L'épaisseur du copeau est maximale à l'attaque puis devient nulle en fin de trajectoire de la dent. La résultante des efforts de coupe R est dirigée dans le même sens que le MF.

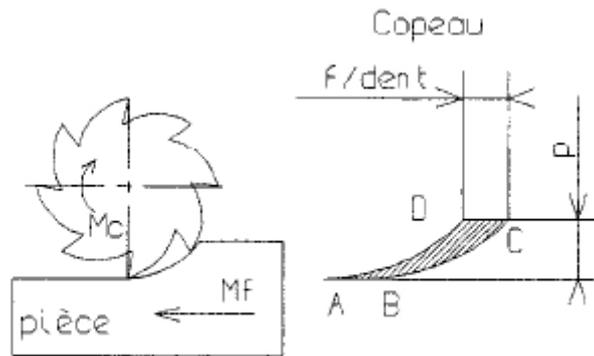


Figure 35: fraisage en avalant.

5.4 Opérations de fraisage :

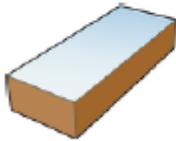
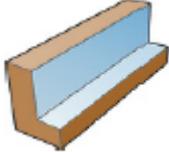
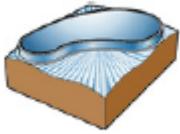
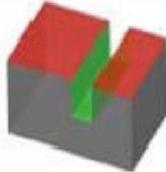
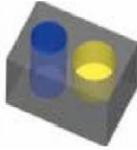
 <p>Plan surfacé.</p>	 <p>Plan épaulé.</p>	 <p>poche.</p>	 <p>Rainure.</p>	 <p>Perçage.</p>
<p>Le surfacage c'est l'usinage d'un plan par une fraise.</p>	<p>C'est l'association de 2 plans perpendiculaires</p>	<p>La poche est délimitée par des surfaces verticales quelconques (cylindre et plan). C'est une forme creuse dans la pièce</p>	<p>C'est l'association de 3 plans. Le fond est perpendiculaire aux deux autres plans.</p>	<p>Ce sont des trous. Ils sont débouchant (surface bleu) ou borgnes. (Surface jaune).</p>

Figure 36: différentes surfaces fraisées. [10][18]

5.5 Conditions de coupe :

Le mouvement de coupe anime l'outil (fraise tournante). Le mouvement d'avance est un mouvement de translation de l'outil. [09]

5.5.1 Vitesse de coupe :

Elle indique la vitesse à laquelle l'arête de coupe travaille la surface de la pièce. C'est un important paramètre de l'outil, qui fait partie intégrante des conditions de coupe avec, pour fonction, de garantir que l'opération est effectuée dans les meilleures conditions d'efficacité par l'outil concerné. [09]

$$V_c = \frac{DN\pi}{1000} \text{ (m / min)}$$

5.5.2 Vitesse de broche : [02]

La vitesse de la broche est le nombre de tours que l'outil de fraisage monté sur la broche machine-outil effectue par minute. [09]

$$N = \frac{1000 \cdot v_c}{D\pi} \text{ (tr / min)}$$

5.5.3 Vitesse d'avance :

La vitesse d'avance est l'avance de l'outil en direction de la pièce, exprimée en unités de distance par unité de temps. [09]

$$v_f = f_z Z N \text{ (mm / min)}$$

f_z : Avance par dent

5.5.4 Avance par dent :

L'avance par dent (f_z en mm/ dent) est un important paramètre en fraisage. Elle indique la distance linéaire parcourue par l'outil alors qu'une certaine dent est engagée. [09]

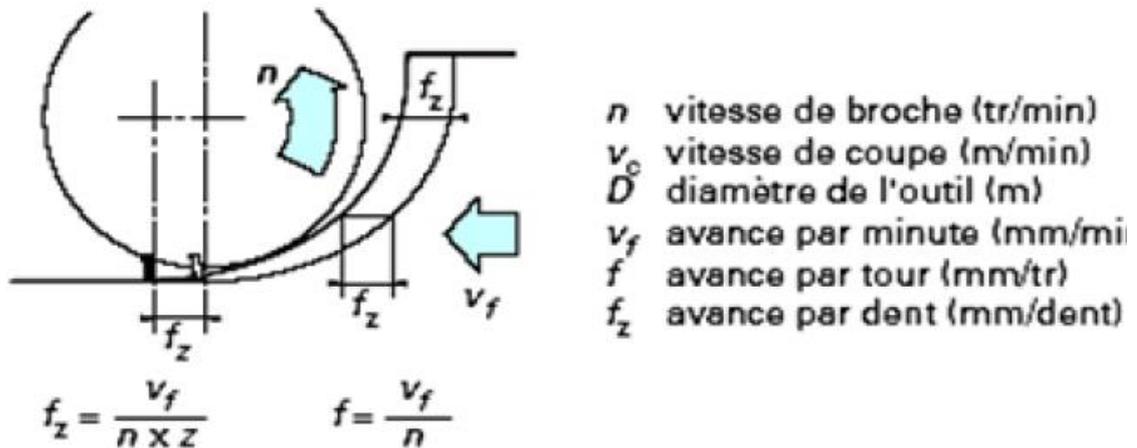


Figure 37 : Avance par dent.

5.5.5 Profondeur de passe :

La profondeur de passe (a en mm) axiale (a_p) en surfaçage ou radiale (a_e) pour le fraisage d'épaulements, correspond à l'épaisseur de matière enlevée par l'outil. C'est la distance à laquelle l'outil est réglé au-dessous de la surface initiale de la pièce [09]

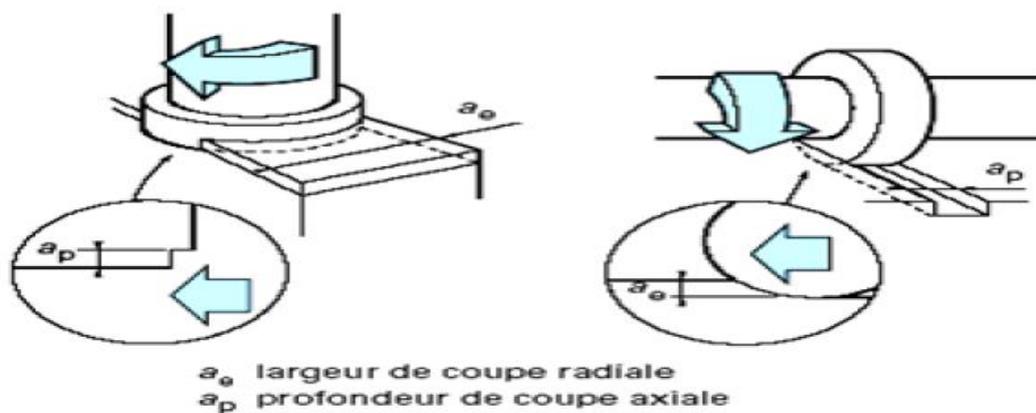


Figure 38: Profondeur de passe

I.6- Fraisage a commande numérique :

6.1 Principe de programmation :

Un programme est la transcription, dans un langage compréhensible par le Directeur de commande numérique d'une machine, des opérations d'usinage à effectuer sur une pièce.

Les différentes manières de programmer sont :

- la programmation manuelle,
- la programmation assiste :
 - soit conversationnelle par le DCN
 - soit avec un logiciel de FAO (fabrication assisté par ordinateur).

Les documents suivants sont nécessaires :

- le dessin de définition,
- le contrat de phase avec l'isostatisme et les paramètres de coupe,
- le dossier de la machine utilisée. [11][16]

6.2 Préparation de la programmation :

6.2.1 Choix de l'origine OP :

On choisit l'OP en fonction de la cotation de la pièce sur le dessin de définition. Pour faciliter la réalisation de la relève de points, prendre l'origine qui demande le moins de calcul.

6.2.2 Calcul des coordonnées des points programmés :

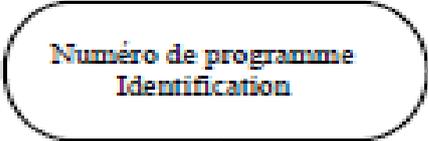
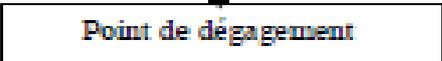
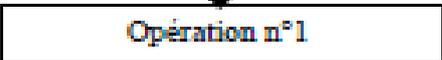
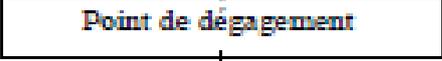
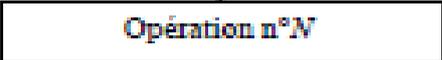
Il est indispensable de chercher les coordonnées des points de changement de direction sur chaque axe pour la programmation d'une pièce. A l'aide du dessin de définition, il faut :

- repérer ces points,
- relever ou calculer leur position par rapport aux axes de l'origine programme OP en cotes moyennes, faire le report de leur position dans un tableau. [11] [16]
-

6.3 Définition d'un programme :

Un programme est une suite d'instructions établies dans un langage code (ISO) que L'on décomposé en une succession de blocs.

6.4 Structure d'un programme : [11][16]

Structure	Exemple
	<p>%4723 (TOUR SMI) (POIGNEE) (PH 10 COTE CONE) (11/04/03)</p>
	<p>N28 G40 G80 M5 M9</p>
	<p>N29 G0 G52 X0 Z0</p>
	<p>(OPERATION CENTRER) N30 T5 D5 M6 (FORET A CENTRER) N40 G0 X0 Z52 N45 G95 G97 S2500 F0.05 M3 M8 N50 G1 Z40 N60 G0 Z52</p>
	<p>N70 G0 G52 X0 Z0 M9</p>
	<p>...</p>
	<p>(FINITION PROFIL) N240 T3 D3 M6 (OUTIL DE FINITION) N250 G92 S4000 N260 G0 X4 Z52 F0.05 M8 N270 G1 G42 X5 Z46 N280 G96 S250 N290 G1 X15.961 Z46 N300 X24 Z31 N310 Z26 N320 X26 N330 G3 X34 Z22 I26 K22 N340 G1 Z18 N350 X42 N360 G97 S1000</p>
	<p>N370 G0 G52 G40 X0 Z0 M5 M9</p>
	<p>N710 M2</p>

6.5 Structure d'une opération :

Structure	Exemple
<p style="text-align: center;"><i>Opération précédente</i></p>	<p style="text-align: center;">(OPERATION CENTRER)</p>
<p>Positionner le bon outil</p>	<p>N30 T5 D5 M6 (FORET A CENTRER)</p>
<p>Approcher l'outil en rapide</p>	<p>N40 G0 X0 Z52</p>
<p>Adapter les conditions de coupe</p>	<p>N45 G97 G95 S2500 F0.05 M3 M8</p>
<p>Réaliser l'opération d'usinage</p>	<p>N50 G1 Z40</p>
<p>Dégager l'outil en rapide</p>	<p>N60 G0 Z52</p>
<p style="text-align: center;"><i>Opération suivante</i></p>	<p style="text-align: center;">(...)</p>

N30 G0 G52 X0 Y0 Z0	Point de changement d'outil
N40 M6 T1 D1	Fraise n°1
N50 G0 X-30 Y10 Z5	Point d'approche 1
N60 M3 S500 G94 F100 M8	Paramètres de coupe
N70 G1 Z0	Point 2
N80 X110	Point 3
N90 Y 60	Point 4
N100 X-30	Point 5
N110 Z5	Point de dégagement 6
N120 G0 G52 X0 Y0 Z0 M5 M9	

[11]

[16]

6.6.2 Exemple : cycle de perçage G81 :

Conditions de coupe:

- $V_c=20\text{m/min}$
- $f=0.1\text{mm/tr}$

Foret hélicoïdal $\varnothing 10\text{mm}$

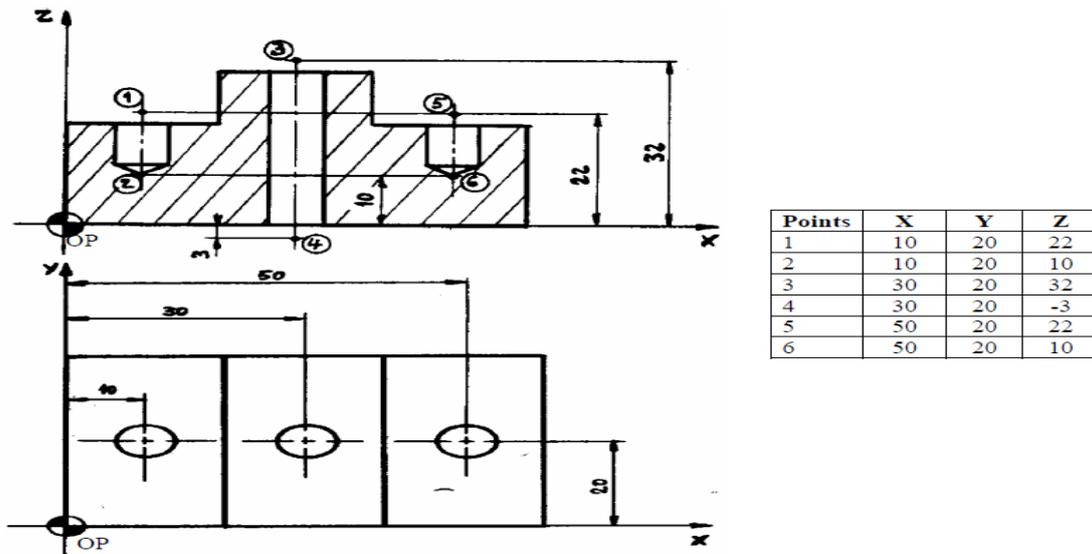
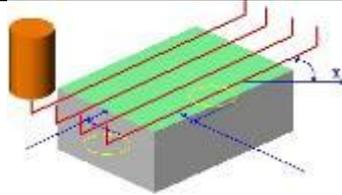
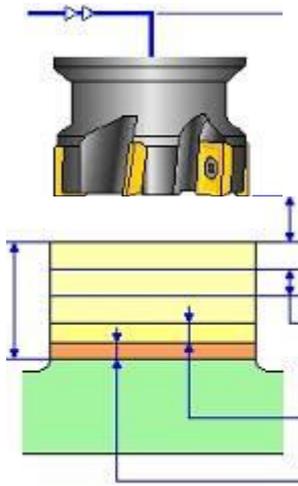


Figure 42 : cycle suivant ZX et YX. [11]

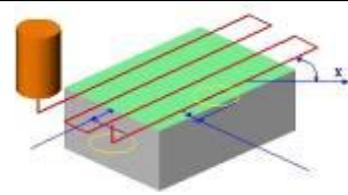
N30 G0 G52 X0 Y0 Z0	Point de changement d'outil
N40 T3 D3 M6	Foret n°3
N50 G0 X10 Y20 Z22	Point d'approche 1
N60 M3 S500 M8	Paramètres de coupe
N70 G81 Z10 ER35 F100	Cycle de perçage point 2
N80 X50	Perçage point 5 et 6
N90 G80	Fin du cycle de perçage
N90 G0 Z35	Cycle de perçage points 3 et 4
N100 G81 X30 Z-3 ER 35	Fin du cycle de perçage
N110 G80	
N120 G0 G52 X0 Y0 Z0 M9 M5	

Cycles de fraisage

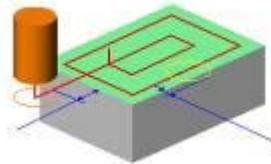
Cycle de surfaçage



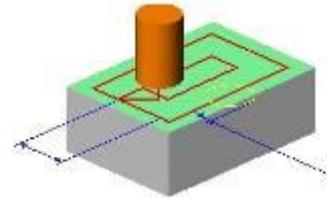
Surfaçage linéaire en aller simple avec accostage vertical



Surfaçage linéaire en aller-retour avec accostage vertical

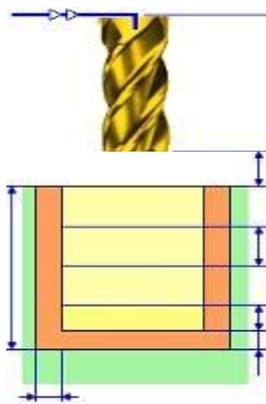


Surfaçage hélicoïdal avec accostage vertical en dehors de la surface à usiner

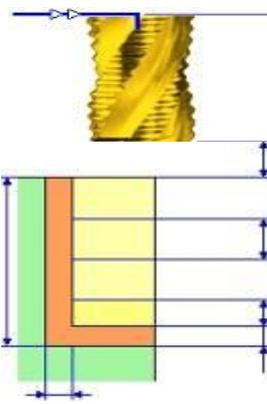


Surfaçage hélicoïdal avec accostage oblique au dessus de la surface à usiner

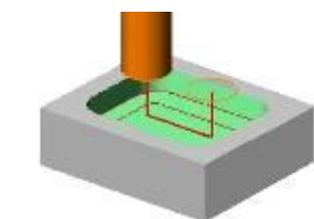
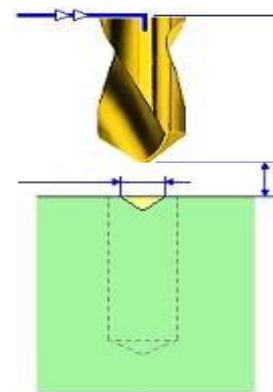
Cycle de poche



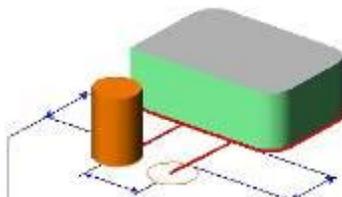
Cycle de contournage



Cycle de pointage

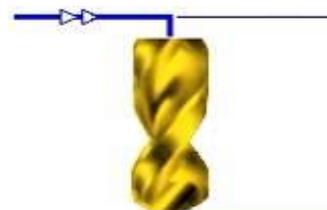


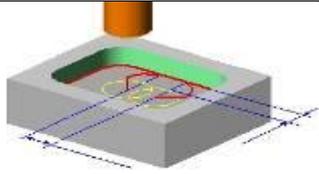
Ebauche de la poche avec accostage vertical en pleine matière



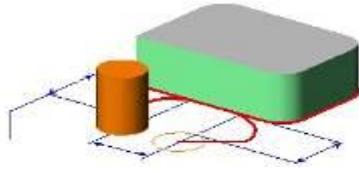
Usinage du contour avec accostage perpendiculaire à la surface à usiner

Cycle de perçage

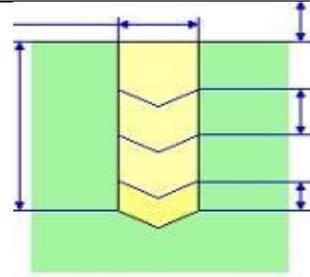




Finition du contour de la poche avec accostage tangentiel sur la surface à usiner

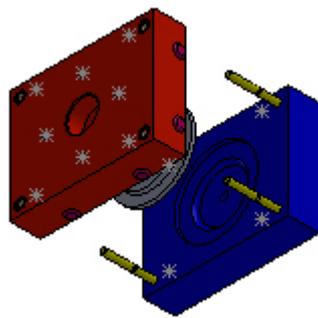
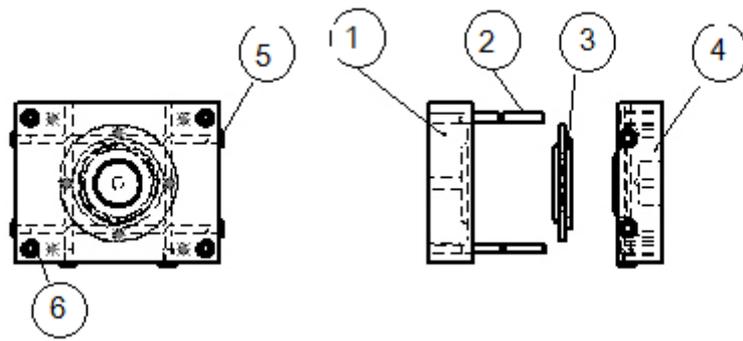


Usinage du contour avec accostage tangentiel à la surface à usiner



[11] [16]

Chapitre II : modélisation sous solidworks



N°	DESIGNATION	MATIERE	NOMBRE.
1	Moule mobile.	AL CU Mg 4	1
2	Goupille.	CC45	4
3	Couvercle.	PEHD	1
4	Moule fixe.	AL CU Mg 4	1
5	Bouchon.	AlCuMg4	6
6	Bague.	bronze.	4

PLAN D'ENSEMBLE

Chapitre III : Etude de Fabrication.

III.1 Routage d'usinage général :

Pièce : moule 1 (coté extrudeuse).

➤ **phase 100: Contrôle de la brute**

: L=150mm, l=120mm, e=40mm.

IT=1mm

➤ **phase 200: fraisage conventionnel.**

- réaliser les cotes : L=140mm, l= 110mm, e=30mm

IT=0.2mm

➤ **phase 300: fraisage a CN.**

Sous-phase 310:

- fraisage de la poche circulaire de $\varnothing=80\text{mm}$ profondeur de 4mm. Avec fraise cylindrique 2 tailles a bout sphérique de $\varnothing=10\text{mm}$.

- chanfrein de $4 \times 45^\circ$. Avec outil a chanfreiné.

- fraisage de poche circulaire de $\varnothing=55\text{mm}$ profondeur de 4mm. avec fraise cylindrique 2 tailles a bout sphérique de $\varnothing=8\text{mm}$.

- percer le trou de $\varnothing 8\text{mm}$. Avec foret de $\varnothing=8\text{mm}$.

- percer les 4 trous de $\varnothing 6\text{H7}$. Avec un foret $\varnothing=5.80\text{mm}$ et alésoir de $\varnothing=6\text{H7}$.

Sous-phase 320:

- perçage. Taraudage : 4 trous M8x1.25.

- percer 4 trous de $\varnothing=6.75\text{mm}$. Avec un foret de $\varnothing=6.75\text{mm}$.

- tarauder 4 trous : $\varnothing=M8$.

➤ **phase 400:**

-contrôle final de la pièce finie selon le dessin.

III.2 déterminations des conditions de coupe :

2.1 Conditions de coupe pour le Fraisage conventionnel :

Pour la Phase 200

Fraisage des côtes extérieures des Moules1et 2.

Pièce ; Moule en alliage d'aluminium **AlCuMg4**

Outil de coupe : Fraise à surfacer en ARS de diamètre **D=115 mm, Z=10 dents**

La vitesse de coupe recommandée pour ces conditions est comprise dans l'intervalle **(200-250m/min)**

L'avance par dents est comprise entre **(0.05 - 0.1mm/dent)**

Pour le surfacage d'ébauche on choisit :

$$V_C \text{ ébauche} = 200\text{m/min}, \quad fz = 0.1\text{mm/d}$$

Pour le surfacage de finition on choisit :

$$V_C \text{ finition} = 250\text{m/min}, \quad fz = 0.05\text{mm/d}$$

La profondeur maximale pour l'ébauche est de 5mm

La profondeur maximale pour la finition est de 0.5mm

2.2 Fréquence de rotation et avance de la table de la machine-outil :

$$N = \frac{1000Vc}{\pi d} \quad (1)$$

$$Vf = fz \cdot Z \cdot N \quad (2)$$

Ebauche

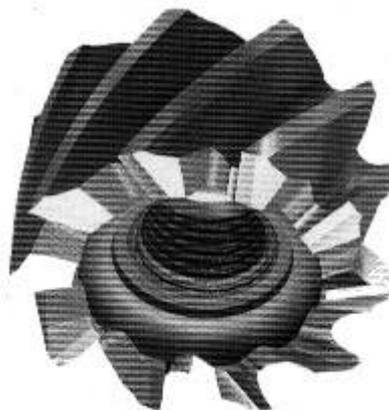
$$N = 200000 / 3.14 \cdot 115 = 550 \text{ tr/min}$$

$$Vf = 550 \times 10 \times 0.1 = 550\text{mm/min}$$

Finition

$$N = 250000 / 3.14 \cdot 115 = 692 \text{ tr/min}$$

$$Vf = 692 \times 10 \times 0.05 = 346 \text{ mm/min}$$



2.3 Conditions de coupe pour le Fraisage à commande numérique :

Régime de coupe :

Ebauche :

- $V_c = 200$ m/min.
- $V_f = 0.05$ m.m/dent.

Finition :

- $V_c = 250$ m/min.
- $V_f = 0.02$ mm/dent

➤ **Fraise Cylindrique deux tailles diamètre= 12mm. Z= 4 dents en ARS**

.Ebauche :

- $S = N = 5300$ tr/min.
- $F = 1060$ mm/min.

Finition :

- $N = 6630$ tr/min.
- $V_f = 530$ mm/min.



➤ **Fraise Cylindrique deux tailles à bout sphérique diamètre 8mm. Z=2**

Fraisage de poche circulaire et usinage de forme on réduit $f_z = 0.02$ mm/d pour l'ébauche et $f_z = 0.01$ mm/d pour la finition

Ebauche :

- $S = N = 7900$ tr/min.
- $F = 318$ mm/dent.

○ Finition :

- $S = N = 9950$ tr/min.
- $F = 200$ mm/dent.



Régime de coupe Perçage :

- $V_c = 60 \text{ m/min}$
- $V_f = 0.1 \text{ mm/t.}$
- **Foret diamètre = 5.5mm.**
 - $S=N = 3800 \text{ tr/min.}$
 - $F = 300 \text{ mm/min.}$
- **Foret diamètre = 6.8mm.**
 - $S=N = 2810 \text{ tr/min.}$
 - $F = 281 \text{ mm/min.}$
- **Foret diamètre 8 mm.**
 - $S=N = 2388 \text{ tr/min}$
 - $F = 238 \text{ mm/min.}$



Régime de coupe Alésage:

- $V_c = 5 \text{ m/min}$
- $f = 0.05 \text{ mm/tr.}$
- **Alésoir : diamètre= 6H7.**
 - $N = 265 \text{ tr/min.}$
 - $F = 13 \text{ mm/min.}$
- **Taroudage M8 :**
 - $V_c = 18 \text{ m/min}$
 - $N = 716 \text{ tr/min.}$
 - $F = 1.25 \text{ mm/tr.}$



III.3 déterminations des cotes du brut :

Opérations	Cpm	IT économique	Côtes mini	Côtes maxi	Côtes arrondies	Côtes technologiques
Brut	/	1	73.55	74.05	74	74±0.5
Ebauche	2	0.5	71.35	71.55	71	71±0.25
½ finition	1	0.2	70.25	70..35	70	70±0.1
Finition	0.2	0.1	69.95	70.05	70	70±0.05

- Cote du brut : B1= 148mm.

Opérations	Cpm	IT économique	Côtes mini	Côtes maxi	Côtes arrondies	Côtes technologiques
Brut	/	1	59.35	59.85	59	59±0.5
Ebauche	2	0.5	58.15	58.35	58	58±0.25
½ finition	1	0.2	56.05	56.15	56	56±0.1
Finition	0.2	0.1	54.95	55.05	55	55±0.05

- Cote du brut : B2=118mm.

Opérations	Cpm	IT économique	Côtes mini	Côtes maxi	Côtes arrondies	Côtes technologiques
Brut	/	1	18.55	19.05	19	19±0.5
Ebauche	2	0.5	16.35	16.55	16	16±0.25
½ finition	1	0.2	15.25	15.35	15	15±0.1
Finition	0.2	0.1	14.95	15.05	15	15±0.05

- Cote du brut : B3= 38mm.

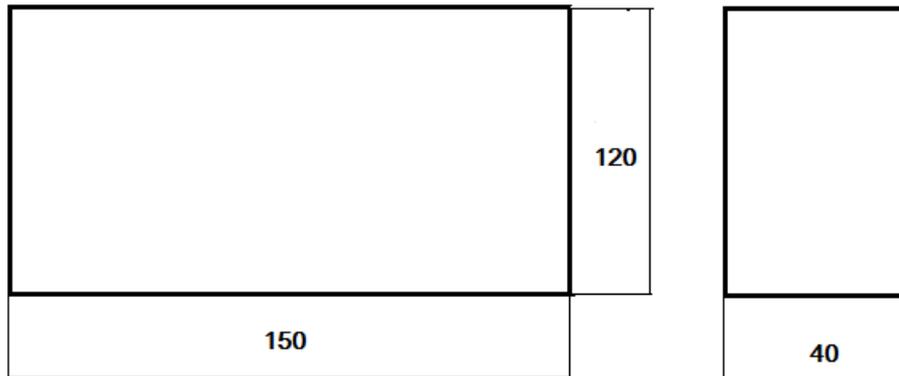
➤ On choisit notre pièce brute a partir d'une barre laminier L x l x h = 150 x 120 x 40.

Ebauche voir dessin

Chapitre IV : Gamme D'usinage.

CONTRAT DE PHASE PREVISIONNEL	ENSEMBLE: moule à injecter.	DATE:	
	PIECE: moule fixe.		1/1
	MATIERE: Al Cu Mg 4.		

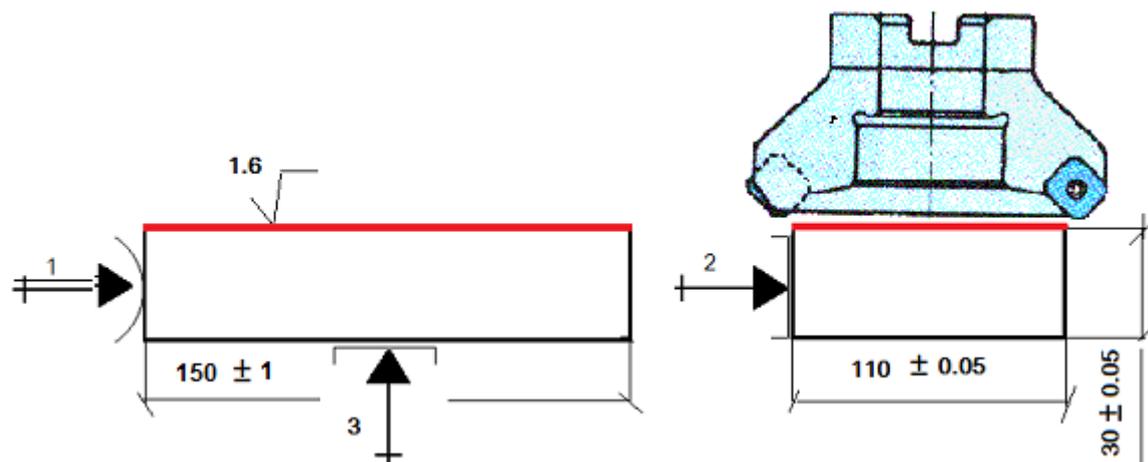
PHASE N° 100			
NOM:	PROGRAMME: /		
DESIGNATION : Contrôle du brut.			
MACHINE: atelier de contrôle.			



OPERATIONS	OUTILS	Vc	f/fz	N	ap	A
100: Contrôle du brut barre laminée. 101: Vérifier la capabilité du brut Cotes: C ₁ = 150 C ₂ = 120 C ₃ = 40 Tolérance générale IT= 3mm	REGLET PIED A COULISSE	/	/	/	/	/
CONTRAT DE PHASE PREVISIONNEL	ENSEMBLE: MOULE D'INJECTION.	DATE:				
	PIECE: MOULE FIXE.			1/2		

PHASE N°200	MATIERE: AL CU MG 4.		
NOM:	PROGRAMME: /		
DESIGNATION: FRAISAGE DU PARALLELEPIEDE.			
MACHINE: FRAISEUSE CONVENTIONNELLE.			

Sous Phase 240

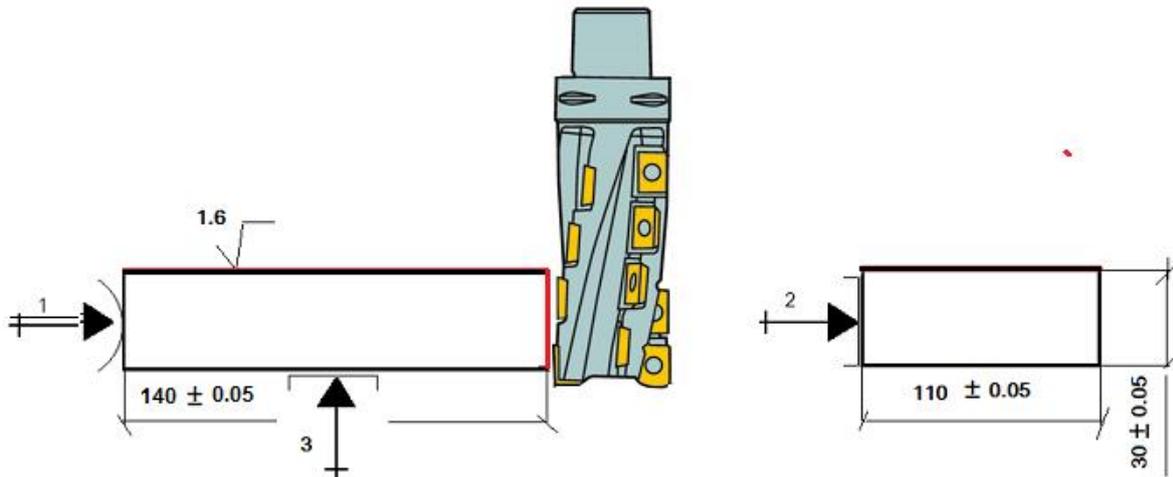


OPERATIONS	OUTILS	Vc	f/fz	N	ap	A
210 : fraisage ébauche, ½ finition, finition de la face A	Fraise à surfacer à plaquettes en C.M. R345 D=115mm Z=8dents	80	0.1	222	2	177
		120	0.05	332	1	132
220 : fraisage ébauche, ½ finition, finition de la face B					0.5	
230 : fraisage ébauche, ½ finition, finition de la face C côte L ₁ =110±0.05						
240 :fraisage ébauche, ½ finition, finition de la face D côte H=30±0.05	Fraise en bout à plaquettes CM D=60mm Z=6dents	80	0.1	425	2	255
		120	0.05	638	1	191
250 : fraisage ébauche, ½ finition, finition de la face E et F côte L ₂ =140±0.05						

CONTRAT DE PHASE	ENSEMBLE: MOULE D'INJECTION.	DATE:
	PIECE: MOULE FIXE.	
		2/2

PREVISIONNEL PHASE N°200	MATIERE: AL CU MG 4.		
NOM:	PROGRAMME: /		
DESIGNATION: S/PHASE 250 FRAISAGE Finition L=140			
MACHINE: FRAISEUSE CONVENTIONNELLE.			

Sous phase 250



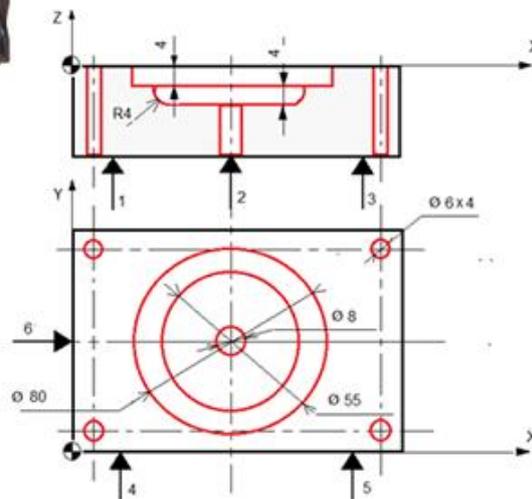
OPERATIONS	OUTILS	Vc	f/z	N	ap	A
250: fraisage ébauche, ½ finition, finition de la face E et F côté L ₂ =140±0.05	Fraise en bout à plaquettes CM D=60mm Z=6dents	80	0.1	425	2	255
		120	0.05	638	1	191
					0.5	

CONTRAT DE	ENSEMBLE: MOULE D'INJECTION	DATE:
-------------------	-----------------------------	-------

PHASE PREVISIONNEL PHASE N°300	PIECE: MOULE FIXE.		1/3
	MATIERE: AL CU MG 4.		
NOM:	PROGRAMME: /		

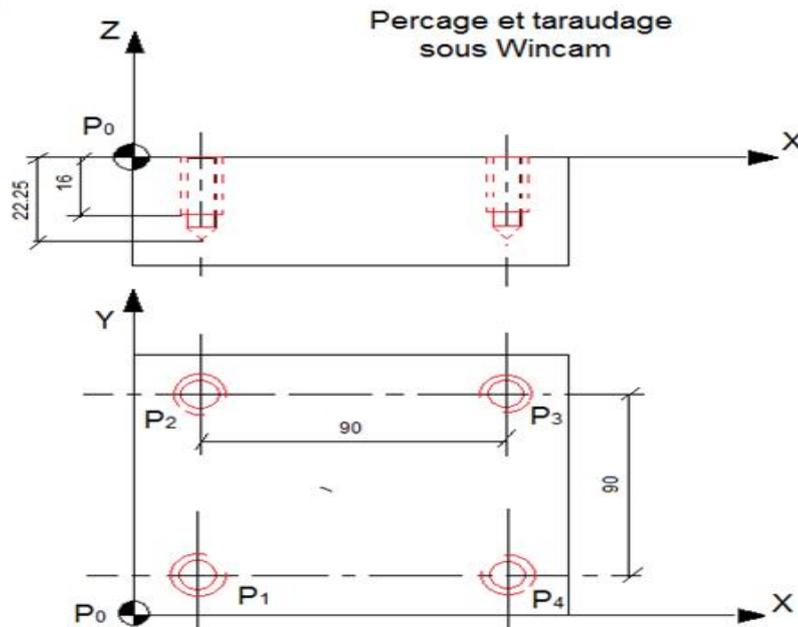
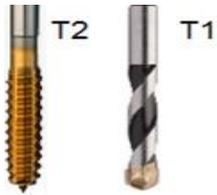
DESIGNATION: Fraisage a CN /perçage/alésage

MACHINE: Fraiseuse à CN



OPERATIONS	OUTILS	Vc	f/fz	N	ap	A	
300: Fraisage CN sous/phase 310 Fraisage à CN des poches circulaires, fraisage de forme Rayon 4 perçage et alésage	FC2T Ø12	200	0.05	5300	1	1060	
		250	0.02	6630	0.5	530	
	FRAISE A BOUT SPHERIQUE Ø8	200	0.05	7900	1	318	
		250	0.02	9950	0.5	200	
	Foret Ø5.5	60	0.1	3800	2.75	300	
	Foret Ø8	60	0.1	2388	4	238	
	Alésoir : Ø 6H7.	5	0.05	265	0.25	13	
	CONTRAT DE	ENSEMBLE:MOULE	DATE:				

PHASE PREVISIONNEL PHASE N°300	D'INJECTION		2/3
	PIECE: MOULE FIXE.		
	MATIERE: AL CU MG 4.		
NOM:	PROGRAMME: /		
DESIGNATION: fraisage a CN perçage / taraudage			
MACHINE: Fraiseuse à CN			



N.B: Même positionnement

OPERATIONS	OUTILS	Vc	f/fz	N	ap	A
300: Fraisage CN	Foret Ø6.8mm	60	0.1	2810	3.4	281
sous/phase 320						
Perçage et taraudage à CN	Taraud M8	/	1.25	716	/	/

CONTRAT DE

ENSEMBLE: MOULE D'INJECTION.

DATE:

PHASE PREVISIONNEL PHASE N°400	PIECE: MOULE FIXE.		1/4			
	MATIERE: AL CU MG 4.					
NOM:	PROGRAMME: /					
DESIGNATION: contrôle final.						
MACHINE: Atelier de contrôle.						
Voir dessin de définition du moule fixe.						
OPERATIONS	OUTILS	Vc	f/fz	N	ap	A
Phase 400: contrôle final. Vérifier cotation selon dessin de définition.	Réglet Pied à coulisse Jauge de profondeur tampon	/	/	/	/	/

Conclusion

Dans ce mémoire, nous avons étudié la modélisation par l'outil CAO d'un moule pour injection de plastique fixé sur une extrudeuse.

En premier lieu j'ai réalisé une étude bibliographique relative aux polymères, leur obtention, leurs caractérisations et leur injection dans les moules pour les matières plastiques. Ensuite, étant donné que notre moule va être réalisé par le procédé d'usinage et particulièrement le fraisage. Dans ce chapitre nous avons mis en évidence le principe de fraisage ses modes et ses particularités.

Une partie est aussi réservée pour le perçage des trous profonds, l'usinage par commande numérique et particulièrement le fraisage des poches circulaires et des poches de formes courbes.

Dans le deuxième chapitre nous avons modélisé le moule à injection en utilisant l'outil CAO <<solidworks>>. Ce chapitre nous a permis de présenter le dessin de définition des différentes pièces constituant l'ensemble moules pour injection de plastique.

Dans le chapitre suivant, nous avons établi une approche pour l'étude de fabrication par le calcul des cotes du brut, la détermination des paramètres des régimes de coupe, ce chapitre est finalisé par le routage d'usinage général du moule fixe coté extrudeuse que nous avons choisi comme pièce à fabriquer pour une production en moyenne série.

Le dernier chapitre est consacré à la gamme d'usinage détaillée du moule fixe. Enfin avant de conclure nous affirmons que ce travail nous a été très bénéfique puisque nous avons été contraints de revoir plusieurs points scientifiques de notre formation.

Enfin ce travail peut être complété par l'étude de fabrication des autres pièces étant donné que le support graphique (dessin de définition et l'analyse technique) sont déjà réalisés dans notre mémoire.

Annexe :

FRAISAGE EN BOUT (surfaçage)

Matières	Rr MPa	Fraises ARS						Plaquettes Carbure					
		γ	Ebauche			Finition		γ	Ebauche			Finition	
			V60 m/min	a max mm	fz mm/(tr.d)	V60 m/min	fz mm/(tr.d)		V60 m/min	a mm	fz mm/(tr.d)	V60 m/min	fz mm/(tr.d)
Acier S235	500	20°	29	2	0.11	40	>0.08	20°	100	2	0.2	120	>0.07
Acier INOX	500	20°	18	2	0.08	22	>0.05	15°	72	2	0.15	92	>0.07
Acier 35CD4	1100	12°	20	2	0.08	25	>0.04	12°	80	2	0.12	90	>0.07
PVC	80	20°	200	4	0.2	300	>0.50	20°	800	4	0.3	1000	>0.07
Nylon PA6	80	20°	100	2	0.15	200	>0.20	20°	400	2	0.35	500	>0.07
Plexi PMMA	78	0°	80	2	0.15	80	>0.20						
Laiton UZ30	400		72	1	0.09	95	>0.07		130	2	0.5	180	>0.18
BronzeUE12P	200		23	1	0.07	31	>0.08		60	2	0.2	82	>0.18
Dural AU4G	280	20°	150	1	0.07	190	>0.08	20°	500	3	0.1	800	>0.08

FRAISAGE EN ROULANT (rainurage, combiné...)

Matières	Rr MPa	Fraises A.R.S. ($\varnothing > 20$)						Fraises A.R.S. ($\varnothing < 20$)					
		γ	Ebauche			Finition		γ	Ebauche			Finition	
			V60 m/min	a maxi mm	fz mm/(tr.d)	V60 m/min	fz mm/(tr.d)		V60 m/min	a maxi mm	fz mm/(tr.d)	V60 m/min	fz mm/(tr.d)
Acier S235	500	20°	25	2	0.08	32	>0.05	20°	19	2	0.03	22	>0.03
Acier INOX	500	20°	24	2	0.08	28	>0.04	20°	18	2	0.03	18	>0.03
Acier 35CD4	1100	20°	18	2	0.04	24	>0.03	12°	18	2	0.03	20	>0.03
Laiton UZ30	400	10°	72	2	0.18	90	>0.03		41	3	0.01	48	>0.01
BronzeUE12P	200	10°	30	2	0.18	35	>0.03		18	3	0.01	22	>0.01
Dural AU4G	280	20°	240	2	0.07	270	>0.08	20°	95	5	0.05	105	>0.03

PERÇAGE, ALÉSAGE

Matières	Rr MPa	Forets et alésoirs ARS									Tarauds A.R.S.	
		γ	Perçage			$\varnothing < 10$		$\varnothing > 10$		Alésage $\varnothing < 20$		V60
			V60 m/min	angle pointe	angle hélice	f mm/tr	f mm/tr	V60 m/min	a mm	f mm/tr	m/min	
Acier S235	500	25°	25	135°	30°	0.025 ϕ	>0.05	12.5	>0.20	0.3	12	Huile de coupe
Acier INOX	500	25°	20	120°	30°	0.02 ϕ	>0.04	8	>0.20	0.15	8	Huile soluble
Acier 35CD4	1100	25°	22	120°	30°	0.012 ϕ	>0.03	9	>0.20	0.17	10	Huile de coupe
PVC	80		80	135°	30°	0.02 ϕ		non	non	non	15	Air comprimé
Nylon PA6	80	0°	30	100°	30°	0.02 ϕ		non	non	non	15	Air comprimé
Plexi PMMA	78	0°	40	140°	30°	0.02 ϕ		non	non	non	10	Air comprimé
Laiton UZ30	400	18°	45	120°	15°	0.03 ϕ	>0.03	30	>0.20	0.4	13	a sec
BronzeUE12P	200	10°	20	120°	30°	0.037 ϕ	>0.03	12	>0.20	0.9	7	Huile de coupe
Dural AU4G	280	35°	65	140°	30°	0.032 ϕ	>0.08	30	>0.20	0.4	18	Pétrole

Nuance

Matériaux à usiner

Perçage

ISO		Acier Rapide	Acier Rapide Rev êtu	Carbure
P	Acier Non Alli é	30	45	70
	Acier Faiblement Alli é	20	40	60
	Acier Fortement Alli é	15	35	40
	Acier Moul éFaiblement Alli é	10	30	70
M	Acier inoxydable	12	20	40
K	Fonte lamellaire (EN-GJL...)	25	50	80
	Fonte Modulaire (EN-GJM...)	15	30	80
	Fonte Sph éro ïales (EN-GJS...)	25	50	80
K-N	Alliages d'aluminium de faible dureté sans silicium (AW 2030 ...)	60	90	100
	Alliages d'aluminium durs sans silicium ou %Si moyen (AW2017, AW 6060 ...)	60	90	100
	Alliages d'aluminium à haute teneur en silicium > 12%	40	60	100
Vitesse de coupe Vc en m/min				

Nuance ISO	Mat ériaux à usiner	Al ésage		
		Acier Rapide	Acier Rapide Rev êtu	Carbure
P	Acier Non Alli é	12	14	21
	Acier Faiblement Alli é	9	12	18
	Acier Fortement Alli é	6	11	12
	Acier Moul éFaiblement Alli é	5	9	21
M	Acier inoxydable	4	6	12
K	Fonte lamellaire (EN-GJL...)	8	15	24
	Fonte Modulaire (EN-GJM...)	5	9	24
	Fonte Sph éro ïale (EN-GJS...)	8	15	24
K-N	Alliages d'aluminium de faible dureté sans silicium (AW 2030 ...)	18	27	30
	Alliages d'aluminium durs sans silicium ou %Si moyen (AW2017, AW 6060 ...)	18	27	30
	Alliages d'aluminium à haute teneur en silicium > 12%	12	18	30
Vitesse de coupe Vc en m/min				

Nuance ISO	Matériaux à usiner Avance f en mm/dent/tour	Fraisage				Fraisage filetage
		Acier Rapide		Carbure		Carbure
		0.03 à 0.1	0.1 à 0.2	0.05 à 0.2	0.2 à 0.3	f = pas du filet
P	Acier Non Allié	50	40	140	120	150
	Acier Faiblement Allié	30	25	100	80	130
	Acier Fortement Allié	20	15	80	70	100
	Acier Moulé Faiblement Allié	25	20	90	80	120
M	Acier inoxydable	20	15	100	90	150
K	Fonte lamellaire (EN-GJL...)	35	30	100	90	120
	Fonte Modulaire (EN-GJM...)	30	25	80	70	100
	Fonte Sphéroïdale (EN-GJS...)	40	35	100	90	120
K-N	Alliages d'aluminium de faible dureté sans silicium (AW 2030 ...)	250	200	500	400	300
	Alliages d'aluminium durs sans silicium ou %Si moyen (AW2017, AW 6060 ...)	120	80	300	200	250
	Alliages d'aluminium à haute teneur en silicium > 12%	80	40	120	80	100
Vitesse de coupe Vc en m/min						

Nuance ISO	Matériaux à usiner	Taroudage
		Acier Rapide
P	Acier Non Allié	13
	Acier Faiblement Allié	10
	Acier Fortement Allié	5
	Acier Moulé Faiblement Allié	7
M	Acier inoxydable	5
K	Fonte lamellaire (EN-GJL...)	10
	Fonte Modulaire (EN-GJM...)	8
	Fonte Sphéroïdales (EN-GJS...)	12
K-N	Alliages d'aluminium de faible dureté sans silicium (AW 2030 ...)	18
	Alliages d'aluminium durs sans silicium ou %Si moyen (AW2017, AW 6060 ...)	13
	Alliages d'aluminium à haute teneur en silicium > 12%	10
Vitesse de coupe Vc en m/min		

Bibliographie

- [01] L'extrusion des thermoplastiques. Présentation du procédé. Format PDF.
- [02] Moulage par injection. Techniques de mise en forme.rob Thomson. Format PDF, Technologie N°185 Avril2013.
- [03] Mise en forme des matériaux plastiques. Sciences des matériaux. Format PPT.
- [04] Documentations : Technologie les matériaux. Les matières plastiques.
- [05] Les polymères. Coppens thomas, de docker Jonathan, debruycker Vincent, guissart Céline, lavendomme Roy, ozkan Alp, van overmeir laure line, Verhaegen François. Service de sciences des polymères. Format PPT.
- [06] Les polymères. Congres du réseau français d'ingénierie. juin 2005. Format PDF.
- [07] Physique des matériaux: partie polymères. Pr. j.lecomte-beckers. Format PPT.
- [08] Les matières plastiques. Projet troisième rob 'ok. Patricia nicaud. Format PDF.
- [09] H. auici s. benlahmidi. Fraisage. TP production 2ème année GM&p. Nationale supérieure de technologie. 2011/2012. Format PDF.
- [10] Gohmes abderrazek et khalfaoui hocin. Optimisation multi –objectif des conditions de coupe en fraisage. Université kasdi merbah d'Ouargla. Thèse de master mécanique. 2010/2011. Format PDF.
- [11] Usinage. Production automatisée. Conservatoire national des arts et métiers. Format PDF.
- [12] Cours : Matériaux et Propriétés Mécaniques. Dr. Mohieddine Benghersallah.
- [13] Guide du dessinateur industriel. A. Chevalier. Version électronique, Édition 2004.
- [14] CHABANE Fouad. Contribution à la modélisation de transfert de chaleur lors du remplissage d'un moule. Thèse de magister, Université de Batna juin 2009.
- [15] Hervé Benoit. Etude et conception des parties actives d'un moule d'injection plastique sur une presse Babylast 610.
- [16] Cours : Machines-outils à commande numérique, photocopié de Benghersallah Mohieddine.
- [17] Guide des fabrications mécaniques, A. Chevalier.

- [18]** Cours Analyse de fabrication, le bureau des méthodes. Benghersallah mohieddine, Année 2008/2009.
- [19]** Manuel du logiciel Wincam Fraisage EMCO 2001.
- [20]** Logiciel Solidworks Edition 2013/2014.
- [21]** Catalogue Sandvik coromant, les outils de fraisage et perçage.