

People's Democratic Republic of Algeria
Ministry of Higher Education and Scientific Research
Mohamed Boudiaf University of M'sila
Faculty of Technology



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
جامعة المسيلة
كلية التكنولوجيا

Département de Génie Mécanique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de :

MASTER

En Génie Mécanique

Option : Construction mécanique

Présenté par :

Ben Yettou Riyadh & Bennouioua Abla

Thème

Contribution à la fabrication d'une pièce de malaxeur
M 55- C0199/B par moulage en sable.

Devant le jury composé de :

NOM et Prénom	Grade	Qualité
SLAMANI MOHAMED	PR	Président
FARSI CHOUKI	MCA	Encadreur
ELHADI ABDELMALEK	MCB	Examineur

Année Universitaire : 2019 / 2020

N° d'ordre : GM/...../2020

Remerciements

En premier lieu nous tenons à manifester nos louanges à Dieu le tout puissant par aisance et excellence, de nous avoir donné la force et la patience de réaliser ce travail.

Nous tenons particulièrement à remercier chaleureusement notre promoteur Mr. Chouki Farsi pour nous avoir accompagné toute au long de ce travail, pour son guide.

Nous adressons nos remerciements à Mr. Président SLAMANI MOHAMED de nous avoir fait l'honneur de présider le jury et d'évaluer ce travail.

Nous remercions Mr Examineur ELHADI ABDELMALEK d'avoir accepté de juger ce travail.

Nous tenons à remercier également Mr le Chef de département de génie mécanique et tous les enseignants qui ont contribué à notre cycle de formation et aussi tout le personnel du Hall de Technologie (Abd EL Raouf, Oufi, et d'autres) pour leur serviabilité.

Nous tenons à formuler notre gratitude et nos profondes reconnaissances à l'égard de nos parents pour leurs soutiens durant nos études.

A tous les amis (es) qui n'ont pas hésité à nos donner leurs aides. Enfin on ne peut oublier de remercier tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicaces

*Je remercie dieu de m'avoir donné le courage et la
volonté tout au long de mon cursus.*

Je dédie ce modeste travail à :

Mes très chers parents ;

Mes grands-mères et Mes grands pères

Mes frères ;

Mes sœurs

Mes cousins ; Mes cousines ; Mes tantes ; Mes oncles

Toute la famille BEN YETTOU

Mes amis (es) : Touile Ayoub, Afafsa Asma, Snouci

Khouala.

Tous les gens qui m'ont soutenu durant mes études.

Ainsi je dédie ce travail à la promotion MASTER II

Construction mécanique (2020-2021)

❖ *Riyadh*

Dédicaces

*Je remercie dieu de m'avoir donné le courage et la volonté tout
au long de mon cursus.*

*À celui qui m'a appris le don ... sans attendre la personne qui
porte fièrement son nom, mon cher père*

*Mon ange dans la vie. Pour moi, ressentir l'amour et l'affection
est le sourire de la vie et le mystère de l'existence, le secret du
succès de ma mère*

*Aux cœurs purs et aux âmes innocentes de mes frères et de leurs
conjoints*

À mon meilleur ami, Ali Qalbi (Sabre Sahraoui .Dounya Bairit)

À mon ami, que Dieu lui fasse miséricorde (Hamza Lamouat)

*Je tiens également à remercier tous mes amis qui m'ont aidé
dans mon travail avec leur soutien moral et leurs conseils
(Djalal - Djihad. Naima. Batoul. Riyadh. Mohammed)*

À tous les départements de construction mécanique (2020-2021)

❖ Abla

TABLE DES MATIERS

1	Moulage	1
1.1	Introduction :.....	1
1.2	Définition :.....	1
1.3	Les étapes du moulage semblent simples :.....	1
1.4	Le moule:.....	1
1.4.1	La constitution du moule.....	2
1.5	Objectif du moulage :.....	2
1.6	Types de moulage :.....	2
1.6.1	Moulages en moules permanents :.....	3
1.6.1.1	<i>Moulage en coquille</i> :.....	4
1.6.1.1.1	Principe du moulage en coquille :.....	4
1.6.1.1.2	Caractéristiques du procédé : (2).....	5
1.6.1.2	<i>Moulage basse pression</i> :.....	6
1.6.1.2.1	Caractéristiques du procédé.....	6
1.6.1.3	<i>Moulage en coulée continue</i>	7
1.6.1.3.1	Description du procédé.....	7
1.6.1.3.2	Caractéristiques du procédé (2).....	8
1.6.2	Moulage en moule non permanent :.....	8
1.6.2.1	<i>Moulage en sable</i>	9
1.6.2.1.1	Définition :.....	9
1.6.2.1.2	Principales étapes du procédé du moulage en sable.....	10
1.6.2.1.3	Caractéristiques du procédé.....	11
1.6.2.2	Moulage en cire perdue.....	12
1.6.2.2.1	Définition.....	12
1.6.2.2.2	Principe de moulage à la cire perdue.....	12
1.6.2.2.3	Caractéristiques du procédé.....	13
1.7	Préparation du châssis :.....	14
1.7.1	Préparation du châssis inférieur:.....	14
1.7.2	Préparation du châssis supérieur :.....	15
1.8	Coulée du métal liquide.....	18
1.9	Solidification du métal.....	18

1.9.1	Solidification d'un métal pur	19
1.9.2	Temps de solidification.....	20
1.9.3	Méthode des modules.....	21
1.9.4	Tableau de La densité et la température de fusion de différents types des matériaux 21	
1.9.5	Liste des coefficients de dilatation thermique de matériaux courants.....	21
1.10	Les avantages et les inconvénients du moulage :	22
1.10.1	Avantages	22
1.10.2	Inconvénients	22
2	LA FONDERIE	23
2.1	Introduction.....	23
	La fonderie.....	23
2.2	Définition	23
2.3	Différents type de fonderie	24
2.4	Contextes de l'étude et positionnement	24
2.4.1	Contextes socio-économiques de l'industrie de la fonderie	24
2.4.2	Description technologique du procédé de fonderie	25
2.4.3	Quelques exemples des pièces de fonderie d'aluminium :.....	26
2.5	Historique :	30
2.6	Fabrication d'aluminium :	30
2.6.1	Production d'alumine	30
2.6.2	Production de l'aluminium	30
2.7	Principales caractéristiques d'aluminium.....	30
2.8	Types d'alliages d'aluminium utilisés dans la fonderie	31
3	Malaxeur et les fours.....	33
3.1	MALAXEURS À BÉTON :	33
3.2	Description générale et spécifications (8).....	33
3.3	Introduction.....	36
3.4	Généralités	36
3.5	Définition d'un four	36
3.6	Fonctionnement :	37
3.7	Différents types de fours (9)	37
3.7.1	Le four à cubilot.....	37

3.7.2	Les fours à creuset.....	37
3.7.2.1	Les fours chauffés électriquement.....	38
3.7.2.2	Les fours rotatifs ou oscillants.....	38
3.7.2.3	Les fours chauffés au gaz et au mazout :	38
3.8	Définition d'un four à creuset :	39
3.8.1	Avantage :.....	39
3.8.2	Inconvénients :	39
4	La conception.....	40
4.1	Partie de définition:.....	40
4.1.1	Présentation du logiciel utilisé : (10).....	40
4.1.1.1	Généralité sur le logiciel CATIA	40
4.1.1.2	L'utilisation des différentes opérations avec la CAO.....	40
4.1.1.3	Etape de fabrication des pièces par la CAO :.....	41
4.1.2	Présentation générale de CATIA V5 :	42
4.1.2.1	Organisation des modules :.....	42
4.1.2.2	Associativité des modules :	43
4.1.2.3	Environnement de travail :.....	44
4.1.2.4	Manipulation, capture des vues et affichage des objets :.....	44
4.1.2.5	Avec la boussole :	45
4.1.3	Commandes de bases :.....	45
4.1.3.1	Interface graphique :	45
4.1.3.2	Démarrage de CATIA V5 :	46
4.1.3.3	Part design :.....	47
4.1.3.3.1	Présentation de l'atelier :.....	47
4.1.3.3.2	Fonctions de base :.....	48
4.1.3.3.3	Création des contours d'esquisses :.....	49
4.1.3.3.3.1	Tracé de la géométrie :.....	49
4.1.3.3.3.2	Opérations sur la géométrie :	50
4.1.3.3.4	CREATION DE VOLUMES.....	52
4.1.3.3.4.1	Composants issus d'un contour	52
4.1.3.3.4.2	Composants d'habillage	53
4.1.3.4	Assembly Design.....	53
4.1.3.5	Drafting : Mise en plan	54

4.1.3.5.1	Mise en place des vues :.....	54
4.1.3.5.1.1	Mise en place manuelle des vues :.....	54
4.1.3.5.1.2	Mise en place semi-automatique :.....	55
4.1.3.5.2	Autres vues :.....	55
4.1.3.5.3	Fonction d’habillage :.....	56
4.1.3.5.4	Cartouche :.....	56
4.1.3.6	Module Analyse & Simulation :.....	56
4.1.3.6.1	Présentation des ateliers :.....	56
4.1.3.6.2	Présentation de l'atelier « Calculs de Structure » :.....	57
4.1.3.6.3	Méthodologie pour le calcul de structure :.....	57
4.1.3.6.4	Charges.....	57
4.1.3.6.5	Autres icônes :.....	58
4.2	Partie de simulation :.....	59
4.2.1	Le cartouche.....	66
5	Conclusion générale.....	67
6	Bibliographie.....	68
7	Résumé.....	69

TABLE DES FIGURES

Figure 1:	Les types de moulage.....	3
Figure 2:	Exemple de coquille.....	4
Figure 3:	Principales étapes du procédé de moulage en coquille.....	5
Figure 4:	Pièces moulées par gravité.....	6
Figure 5:	Pièces moulées à basse pression.....	7
Figure 6:	Schéma de machine de coulée continue horizontale.....	8
Figure 7:	Principe du moulage en sable.....	10
Figure 8:	Principales étapes du procédé de moulage au sable.....	11
Figure 9:	Principales étapes du procédé de moulage à la cire perdue.....	13
Figure 10:	Courbe de refroidissement d’un métal pur lors d’une opération de coulée.....	19
Figure 11:	Structure caractéristique des grains dans la coulée d’un lingot de métal pur.....	19
Figure 12:	(a) Diagramme de phase de l’alliage Cuivre Nickel	
	(b) Courbe de refroidissement associée pour un alliage à 50%Ni-50%Cu	
	20

Figure 13:Structure caractéristique d'un alliage métallique coulé. Il y a ségrégation des éléments d'alliage dans le centre du lingot.....	20
Figure 14:Exemple de fonderie en sable à gauche et en métal à droite	24
Figure 15:Répartition de la production mondiale des pièces moulées en million de tonnes	25
Figure 16:Pièces moulées en aluminium.....	26
Figure 17: Lingot de l'aluminium et Figure 18:le four	27
Figure 19:La louche et Figure 20:le moule	27
Figure 21: L'enduit blanc	28
Figure 22:Technique de fonderie d'aluminium.....	28
Figure 23:Les lingots d'aluminium utilisés dans les fonderies	29
Figure 24: Malaxeur à béton M 55-C0199.....	33
Figure 25:Malaxeur à béton M 55-C0199/B	34
Figure 26:les composants et les démentions d'un Malaxeur à béton M 55-C0199/B	35
Figure 27:Four à creuset.....	39

TABLE DES TABLEAUX

Tableau 1:Préparation du châssis inferieur	15
Tableau 2: Préparation du châssis supérieur	15
Tableau 3: Ouverture du châssis et finition de l'empreinte	16
Tableau 4 : Noyautage et remmoulage.....	16
Tableau 5: Coulée.....	18
Tableau 6: Les composants d'un Malaxeur à béton M 55-C0199/B.....	35

***Introduction
générale***

Introduction générale

Introduction

Le travail présenté dans ce document s'inscrit dans le cadre de la conception et la fabrication de pièces moulées et plus particulièrement dans une optique d'intégration des connaissances du métier de la fonderie au sein du processus de conception. Comme pour les autres industries, le développement de produits pour la fonderie a dû répondre au triptyque : augmentation de la productivité, baisse des coûts, contrôle de la qualité. La réalisation de cet objectif triple passe par la maîtrise technique du procédé dans son ensemble, de la conception de la pièce à couler jusqu'à la réalisation des outillages. Or il n'existe actuellement aucune méthodologie qui puisse diriger efficacement l'ensemble des étapes nécessaires à la fabrication des pièces de fonderie.

En effet, le processus de conception en fonderie est un processus complexe dans le sens où il fait intervenir des acteurs de métiers ou d'expertises variés, et surtout ce procédé nécessite de nombreux bouclages de conception : par exemple entre la pièce telle que le concepteur la dimensionne et la pièce telle que le fondeur peut la produire, ou encore entre la pièce effectivement fabricable et les outillages associés. Ces bouclages inévitables mais coûteux doivent donc être réduits le plus possible.

Il manque donc aux entreprises de fonderie une méthodologie et un cadre formel (support informatique) qui puissent leur permettre de réaliser la conception complète d'une pièce et de ses outillages tout en réduisant le plus possible les bouclages.

En plus de cette introduction ce mémoire comporte quatre chapitres :

- Le premier chapitre est consacré au moulage, et aux types de moulage existant dans l'industrie et la constitution du moule de fonderie d'aluminium.
- Le second chapitre est réservé à la fonderie son utilisation dans l'industrie et sur l'aluminium et ses alliages.
- Le troisième chapitre sur les Malaxeurs et les fours de fonderie d'aluminium et le principe de leurs fonctionnements et les types de fours qui existent dans l'industrie et
- Le dernier chapitre, on a représenté une définition générale sur le logiciel C A T I A v5, puis nous avons fait une simulation de la pièce mécanique d'un malaxeur de type M 55-C0199/B on utilisant l'outil informatique CATIA v5.
- Conclusion générale
- Ce mémoire se termine par une liste de références bibliographiques.

Chapitre 1: Moulage

1 Moulage

1.1 Introduction :

Le moulage est un des plus anciens procédés de mise en forme des métaux. Son utilisation remonte à environ 5000 ans av. J.-C. Cette technique est largement utilisée à travers le monde de nos jours, avec une production mondiale de plus de 90 millions de tonnes en 2011, tous métaux confondus (environ 85000 tonnes en Suisse). Les pièces produites couvrent une vaste gamme de taille et de masse, allant des dents qui composent les fermetures-éclaircs aux hélices de navires. Les nombreux alliages utilisés permettent d'obtenir des propriétés physiques et mécaniques très variées. Parmi les avantages de cette méthode, citons la possibilité de produire des pièces à géométrie complexe, un coût de production faible, très peu de pertes de matière lors de la production, et une adaptation aisée à la production de masse. Quelques désavantages sont l'état de surface et les tolérances des pièces obtenues, souvent moins bonnes qu'avec d'autres méthodes, ainsi que des questions relatives à la protection de l'environnement, dus aux rejets et aux pollutions que peuvent générer les fonderies.

Après explication des concepts de base entrant en jeu, nous présentons les principales méthodes de moulage ainsi que les caractéristiques des pièces obtenues. Nous terminons par une étude de coût de production d'une pièce réalisée par une de ces techniques. (1)

1.2 Définition :

Le moulage est l'action de prendre une empreinte qui servira ensuite de moule dans lequel sera placé un matériau et qui permettra le tirage ou la production en plusieurs exemplaires d'un modèle. Le tirage consiste donc à placer un matériau (liquide, pâte, poudre, feuille, plaque, paraison, préforme, pastille, etc.) dans un moule dont il prendra la forme. (1)

1.3 Les étapes du moulage semblent simples :

1. Fondre le métal
2. Le verser dans le moule
3. Le laisser refroidir

1.4 Le moule :

Ensemble des éléments en matériaux appropriés délimitant l'empreinte et recevant le métal liquide qui après solidification, donnera la pièce. Un moule comprend au minimum deux parties qui peuvent être séparées l'une de l'autre (châssis, chapes, coquilles). La surface

Chapitre 1: Moulage

commune aux deux demi moules porte le nom de plan de joint même si cette surface n'est pas effectivement un plan.

1.4.1 La constitution du moule

- de la carcasse (en acier moins noble) qui a pour rôle de maintenir les empreintes et d'assurer le bridage sur le plateau de la machine à mouler.
- des empreintes en contact avec le métal liquide. Ces empreintes sont traitées thermiquement et peuvent faire l'objet de traitements de surface.
- d'un système d'éjection (pour sortir des pièces) constitué d'éjecteurs et d'une batterie d'éjection (plaque, contreplaque, ...)

1.5 Objectif du moulage :

La technique du moulage vise le plus souvent la fabrication d'objets en série plus ou moins importante. Dans la coulée sous-pression, l'objet une fois solidifié peut être libéré (démoulage) sans détérioration du moule, et dans le moulage sable, on fabrique autant de moules que de pièces (cas de la fonderie au sable).

1.6 Types de moulage :

La figure ci-dessous (Figure 1) illustre les différents types de moulage existant :

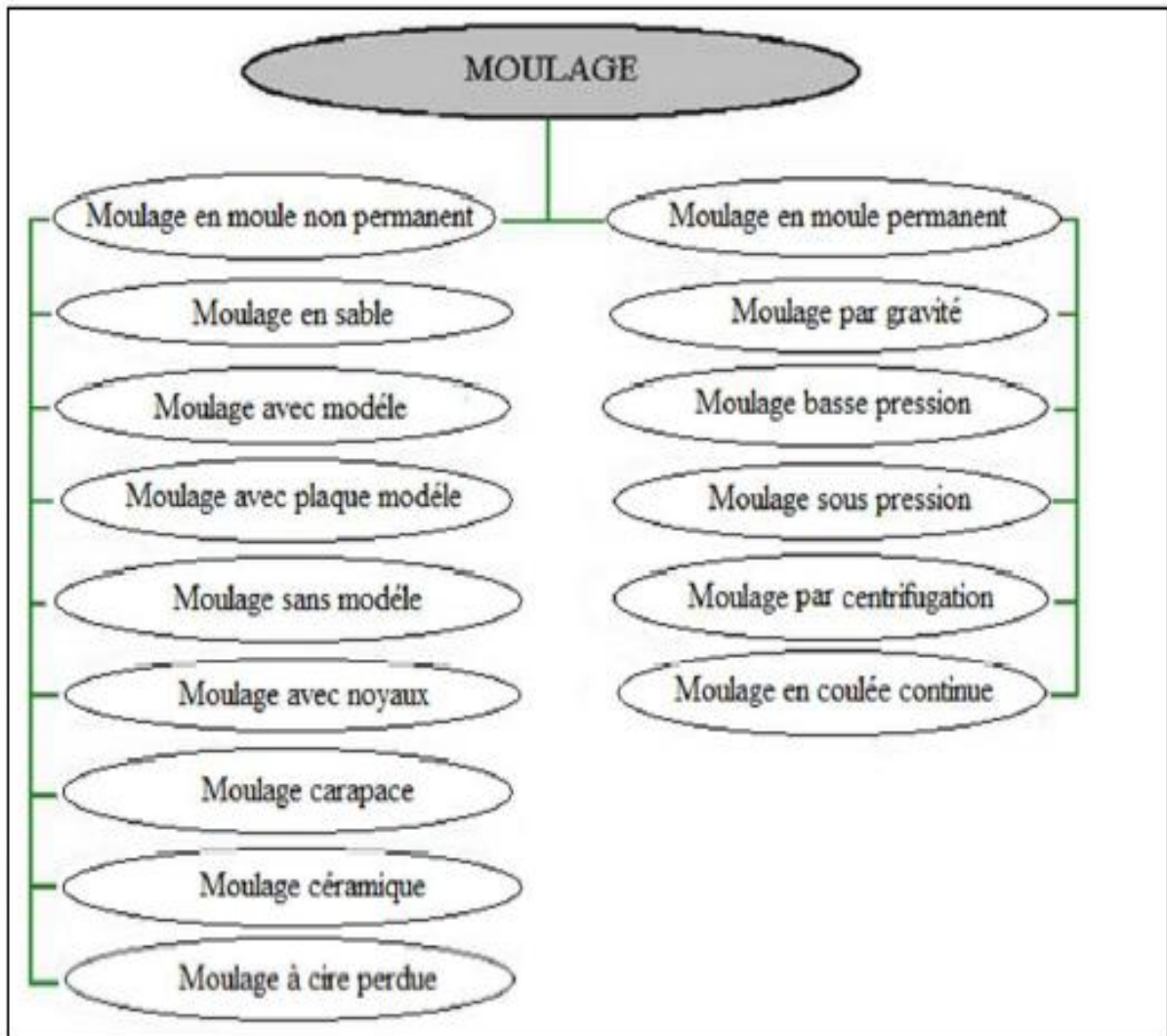


Figure 2: Les types de moulage (2)

1.6.1 Moulages en moules permanents :

Les techniques de moulages en moules permanents se basent sur l'utilisation des moules en métal généralement en acier ou en fonte. Les deux méthodes principales entrant dans cette catégorie se différencient par la manière dont le moule est rempli de métal fondu. Il peut être versé, remplissant le moule par gravité, ou injecté sous pression. Il existe également d'autres méthodes de moulage en moules permanents,

comme le moulage par centrifugation. Ces méthodes sont caractérisées par un faible coût de production, mais un investissement initial important.

Elles conviennent donc particulièrement à la production de grandes séries. L'utilisation de moules en métal restreint le choix des alliages pouvant y être coulés à ceux dont le point de fusion est inférieur à celui du métal du moule. Les plus courants sont les alliages de zinc, cuivre, aluminium ou magnésium, mais également les aciers et les fontes, suivant le moule utilisé. Les

Chapitre 1: Moulage

pièces obtenues sont précises, grâce à la grande rigidité du moule et présentent de bons états de surface. (1)

1.6.1.1 Moulage en coquille :

On appelle coquille (Figure 3) un moule métallique divisé en deux parties suivantes.

Le plan de joint et contenant une ou plusieurs empreintes qui lui donnent des formes extérieures. Pour l'obtention des formes intérieures, les trous, les orifices, On coule directement le métal liquide à l'aide d'une louche ou d'une petite poche de coulée par gravité dans l'empreinte du moule métallique qui peut comporter ou non des noyaux métalliques ou destructibles suivant les pièces à fabriquer et leur complexité. (2)

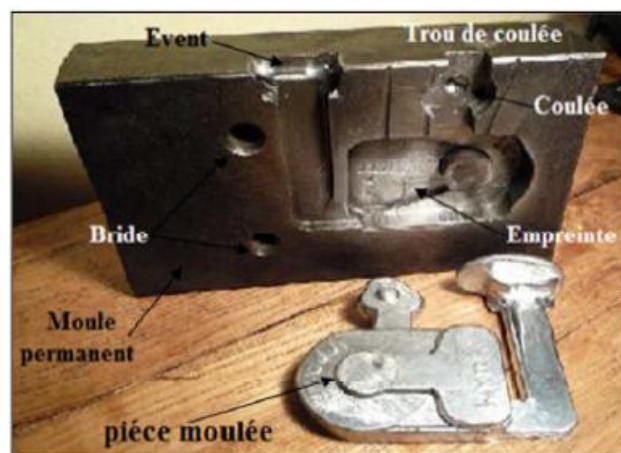


Figure 2 : Exemple de coquille (3)

1.6.1.1.1 Principe du moulage en coquille :

Le moulage en coquille (Figure 4) est un procédé de fonderie utilisant un moule métallique et une coulée par gravité. C'est le procédé qui est utilisé en général pour les grandes séries. Il est plutôt réservé aux alliages légers à bas points de fusion (alliages d'aluminium, zinc...) car la coulée dans les moules de pièces dont la température de fusion est trop élevée provoque la dégradation rapide des éléments du moule.

Le procédé se décompose comme suit. Les matrices du moule (a), préalablement usinées, moulées ou obtenues par Electro Erosion par Enfonçage sont préparées à la coulée du métal par chauffage (application d'un revêtement sur l'empreinte afin d'éviter le collage des pièces) puis assemblées (b). La mise et le maintien en position sont en général assurés par des actionneurs pneumatiques. La coulée est alors réalisée (c). La conductivité et la capacité thermique du métal étant importantes, la vitesse de refroidissement de l'alliage dans le moule est très élevée. La solidification a donc lieu très rapidement et les matrices sont séparées (d). La pièce avec les

Chapitre 1: Moulage

reliquats du système de remplissage et d'alimentation forme alors une grappe (e) qu'il conviendra d'extraire puis d'ébarber (f). Le cycle reprend ensuite. (3)

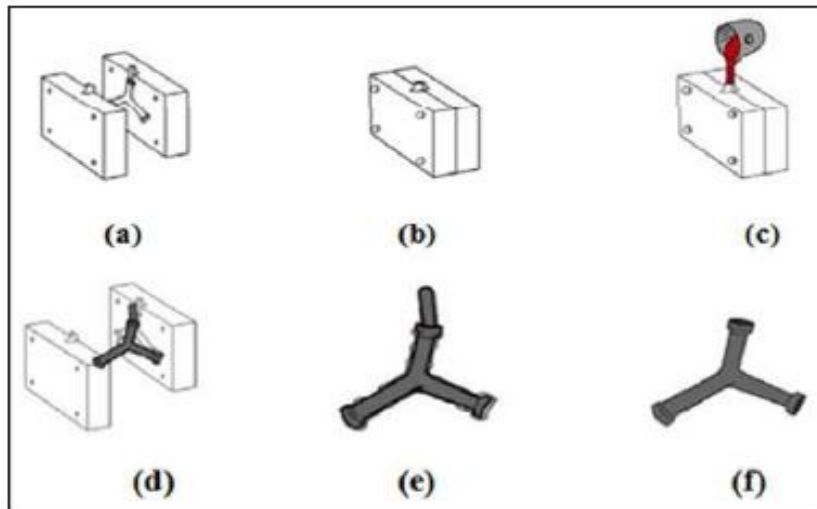


Figure 3 : Principales étapes du procédé de moulage en coquille (3)

(a) : matrices de moule, (b) : assemblage, (c) réalisation de la coulée, (d) : séparation des matrices, (e) : formeur de grappe (f) : d'extraire puis d'ébarber

1.6.1.1.2 Caractéristiques du procédé : (2)

Pour mieux définir ce procédé, on peut donner les avantages techniques qu'il apporte par rapport au moulage en moules non permanents. Pour cela, il faut considérer que la permanence du moule, imposant les métaux comme matériaux constitutifs, entraîne les caractéristiques suivantes d'une coquille :

- rigidité de l'empreinte ;
- grande précision dimensionnelle et d'état de surface des éléments moulants ;
- Conductibilité thermique élevée des mêmes éléments (l'utilisation de noyaux ensable agglomérer est possible puisque la charge métallo-statique est la même qu'en moules non permanents, par contre ces noyaux ont une conductibilité thermique différente que le reste du moule). Il en découle donc pour les pièces moulées en coquille : -un bon état de surface : il faut noter cependant que celui-ci est pas la réplique exacte de l'empreinte métallique puisque cette empreinte est recouverte d'un enduit protecteur qui affecte l'état de surface de la pièce ; -des bonnes caractéristiques mécaniques : conséquence de la vitesse de refroidissement et de solidification plus élevée de l'alliage ; -génération des contraintes résiduelles à l'état brut de coulée qui demandent un traitement thermique de stabilisation de la pièce ; -une grande précision dimensionnelle résultant de la rigidité de la coquille et les moyens d'usinage utilisés pour la fabrication de celle-ci.

Chapitre 1: Moulage

Certaines formes habituellement usinées sont obtenues brutes de moulage comme les trous de fixation et les surfaces d'appui des têtes de vis en particulier. On peut noter aussi une réduction générale des surépaisseurs d'usinage.

Exemple de pièces moulées par gravité :

La figure ci-dessous (Figure 4) représente des certaines Pièces moulées par gravité.



Figure 4 : Pièces moulées par gravité (3)

1.6.1.2 Moulage basse pression :

Le moule est placé directement sur le four de coulé. L'alliage liquide contenu dans un creuset étanche en graphite est refoulé dans le moule par une pression d'air comprimé ou d'azote appliquée sur la surface du métal. Le métal monte dans le tube d'injection réfractaire et pénètre dans le moule par un trou de coulée situé à la partie inférieure du moule. La pression est maintenue pendant tout le temps de la solidification de la pièce puis, au moment où l'on relâche la pression, tout le métal resté liquide dans le tube d'injection redescend dans le four. Les moules sont généralement métalliques, mais les faibles pressions qui ne dépassent pas 0,1 MPa, et qui sont de l'ordre de 40 à 60 KPa pour des pièces en aluminium par exemple, autorisent l'emploi de moules et de noyaux en sable aggloméré. (2)

1.6.1.2.1 Caractéristiques du procédé

Ce procédé permet :

- de supprimer pratiquement la nécessité des masselottes.

Chapitre 1: Moulage

- des cadences peuvent être plus élevées (de l'ordre du double des cadences de moulage en coquille par gravité), d'où une plus grande productivité.
- des caractéristiques des alliages sont améliorées de 10% environ et on peut traiter thermiquement les pièces.
- une précision dimensionnelle des pièces est très bonne.
- une automatisation facile, en mécanisant tous les déplacements et toutes les opérations, et qui résout de façon élégante la mécanisation de la coulée, toujours difficile à réaliser en coquille par gravité. (2)

Exemple de pièces moulées à basse pression :

La figure ci-dessous (Figure 5) représente des certaines Pièces moulées à basse pression.



Figure 5 : Pièces moulées à basse pression (3)

1.6.1.3 Moulage en coulée continue

1.6.1.3.1 Description du procédé

Après fusion et traitement éventuel dans un four de maintien, le métal liquide est coulé dans une filière ou une coquille, refroidie par circulation d'eau, ayant la forme du profil à fabriquer. A la sortie de cette filière, une couche solidifiée assure la tenue de l'ensemble jusqu'à la fin de la solidification. La pellicule d'alliage solidifiée, d'épaisseur contrôlée, présente un certain retrait lors de sa solidification, ce qui facilite son décollement de la coquille, alors que le métal au centre du profilé est encore liquide, formant une sorte de V plus ou moins effilé. La barre profilée, totalement solidifiée à une distance également réglée à partir de la coquille (longueur de V), est tirée au moyen de galets commandés qui servent également de guides pour soutenir la barre après fusion et traitement éventuel dans un four de maintien, le métal liquide est coulé dans une filière ou une coquille, refroidie par circulation d'eau, ayant la forme du profil à

Chapitre 1: Moulage

fabriquer. A la sortie de cette filière, une couche solidifiée assure la tenue de l'ensemble jusqu'à la fin de la solidification. La pellicule d'alliage solidifiée, d'épaisseur contrôlée, présente un certain retrait barre encore chaude en la maintenant rectiligne, l'extraction des barres peut se faire à vitesse constante ou par à-coups. Après solidification, et toujours en continu, les barres sont tronçonnées à la longueur voulue, voir la (Figure 6) (2)

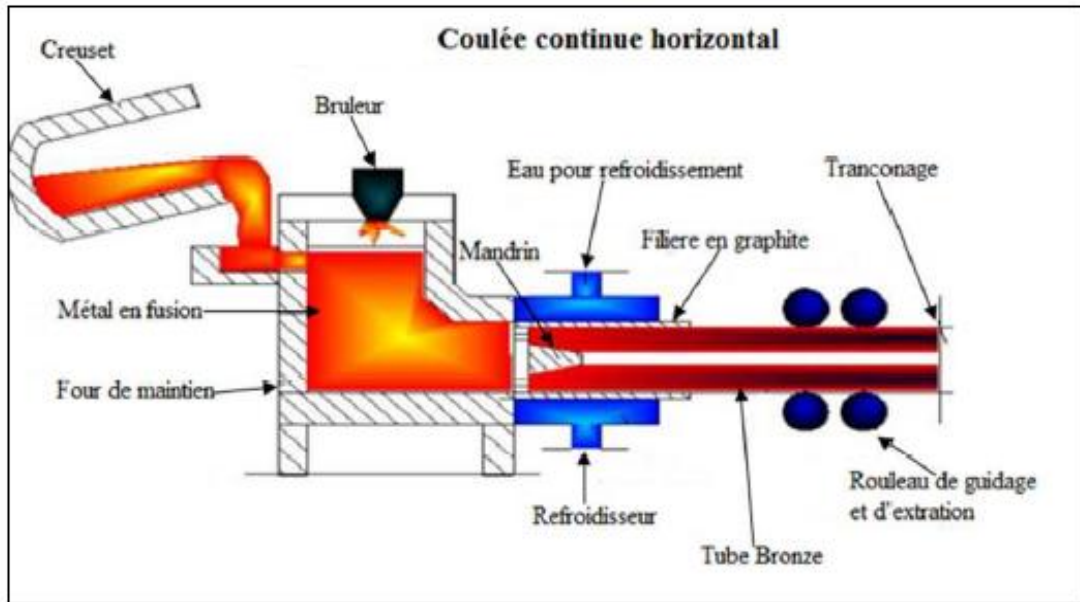


Figure 6 : Schéma de machine de coulée continue horizontale (2)

1.6.1.3.2 Caractéristiques du procédé (2)

Le moulage en coulée continue est un procédé très performant, fiable, très productif qui permet des productions de qualité mais qui demande beaucoup de soin dans la mise au point et, dans la fabrication, une gestion et de contrôles rigoureux de tous les paramètres de production pour obtention d'une qualité totale des produits. Ce type de moulage présente de nombreuses caractéristiques, on peut citer :

- Ce procédé permet d'obtenir des profils de bel aspect, facilement usinables, avec des cotes précises, et des caractéristiques mécaniques élevées.
- La longueur des barres n'est pas limitée ;
- Sur le plan métallurgique, le refroidissement rapide, joint à l'influence de la pression fer statique dans le creuset.

1.6.2 Moulage en moule non permanent :

Moule non-permanent est un moule qui ne sert qu'une seule fois, pour réaliser une pièce. Pour chaque pièce brute de coulée produite, le moule est détruit.

Chapitre 1: Moulage

La structure d'un moule non permanent est principalement réalisée avec des matériaux de moulage, composée d'une ou de plusieurs parties et offrant après assemblage un évidement appelé empreinte. Cette empreinte correspond à la future pièce brute, tout en tenant compte du système d'attaque, du système d'alimentation et du retrait à l'état solide. Les formes intérieures des pièces sont généralement données par des noyaux, qui sont des éléments de moule réalisés séparément avec un outillage spécial, cette structure est désagrégée (décochage) pour extraire la pièce brute solidaire du système de remplissage et du système de masselotte, la réalisation d'une autre pièce conduite à la fabrication d'un autre moule. Les techniques les plus employées sont le moulage au sable et la cire perdue. [Moule réalisés séparément avec un outillage spécial, cette structure est désagrégée (décochage) pour extraire la pièce brute solidaire du système de remplissage et du système de masselotte, la réalisation d'une autre pièce conduite à la fabrication d'un autre moule. Les techniques les plus employées sont le moulage au sable et la cire perdue. (2)

1.6.2.1 Moulage en sable

1.6.2.1.1 Définition :

C'est l'un des procédés les plus courants du moulage des métaux et qui consiste à utiliser un modèle en métal, ou en bois pour former une empreinte en tassant un sable relativement fin, additionné d'un liant, afin d'obtenir un moule réfractaire. Le moule se compose de deux parties essentielles : (Figure 7)

- Un châssis inférieur rempli du sable dans lequel se trouve en creux la partie principale de l'empreinte du modèle.
- Un châssis supérieur qui sert de couvercle et qui peut aussi contenir une partie de l'empreinte.

Le métal liquide est coulé dans l'empreinte par un trou de coulée aménagé à cet effet.

Après solidification par refroidissement naturel, on obtient une pièce ayant la forme de l'empreinte. (2)

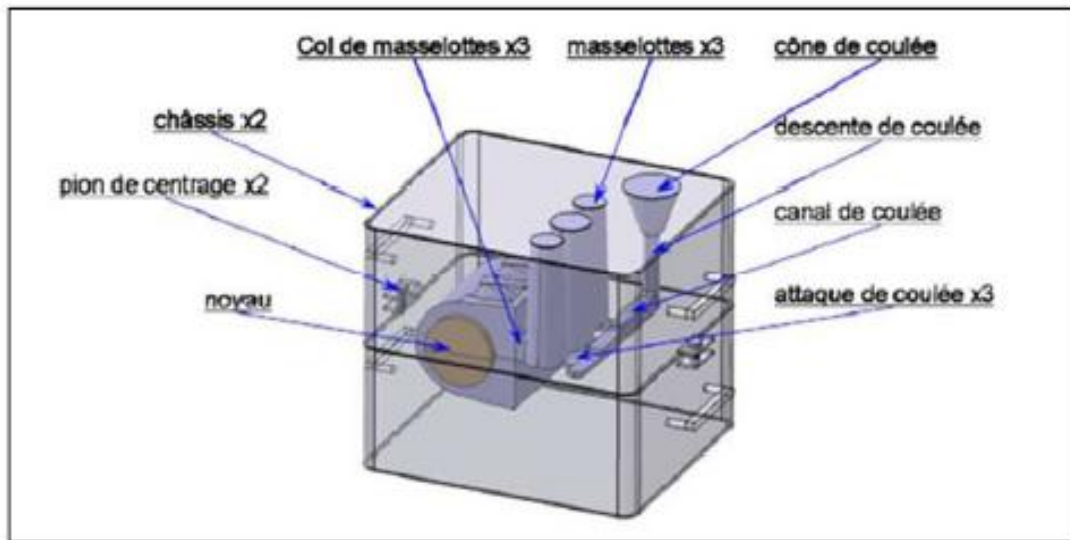


Figure 7 : Principe du moulage en sable (3)

1.6.2.1.2 Principales étapes du procédé du moulage en sable

Le moulage en sable (Figure 8) est un procédé de fonderie utilisant un moule destructible et une coulée par gravité (assez rarement par centrifugation). C'est le procédé qui permet la production des pièces de plus grande taille. Il offre au concepteur plus de liberté que le moulage coquille au niveau de la complexité des formes mais la qualité des surfaces est comparativement plus mauvaise que celle obtenue par les autres procédés présentés ici et sa mise en œuvre est plus complexe. Le procédé se décompose comme suit. Des plaques modèles en bois ou plastiques, répliques partielles de la pièce finale souhaitée sont placées dans des châssis métalliques (a). Relativement à la pièce finale souhaitée, les dimensions des plaques modèles sont augmentées afin de compenser le retrait volumique engendré lors de la solidification du métal. Les formes du système de coulée doivent également être prévues. Le volume restant des châssis est alors rempli (b) avec un sable spécifique (base de silice, argile avec un taux d'humidité contrôlé et éventuellement des additifs chimiques ou liants). Suivant la nature du sable utilisé, un compactage manuel ou mécanique est effectué (sable à vert) ou une réaction chimique de durcissement aussi appelée prise est déclenchée (sable aggloméré prise chimique à froid ou prise à chaud). Les modèles sont séparés de leur empreinte en sable (c). Les châssis sont ensuite réunis en y insérant éventuellement des noyaux de sable qui permettront de créer les formes intérieures (d). La mise en position des châssis, afin d'avoir les empreintes bien en regard, doit être prévue et on utilise pour cela des pions de centrage. Le maintien en position des châssis est assuré par leur propre masse. Si celle-ci est insuffisante, on ajoute des masses de serrages supplémentaires posées sur le châssis supérieur (e). La coulée est alors réalisée (f). Le flux thermique au contact métal/sable entre l'alliage et le moule étant très faible, la solidification est

Chapitre 1: Moulage

donc lent. On sépare ensuite les châssis de la pièce en détruisant le sable du moule et du noyau par vibrations (g). Là encore, la grappe récupérée (h) devra être ébarbée puis sablée ou grenillée afin d'obtenir la pièce brute finale (i). (3)

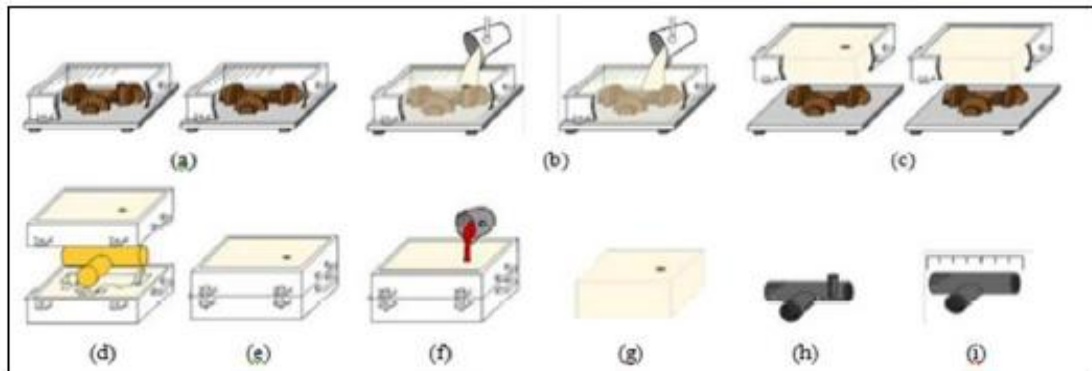


Figure 8 : Principales étapes du procédé de moulage au sable (3)

(a): châssis métalliques,(b): remplissage de châssis,(c): séparation de modèle,(d): insertion de noyaux de sable,(e): mise en position des châssis : La réalisation de la coulée,(g): détruisant le sable du moule,(h): récupération de la grappe,(i): pièce final [2]

1.6.2.1.3 Caractéristiques du procédé

1). Le moulage en sable présente les avantages suivants :

- Il peut être utilisé pour des pièces de 150 à 200 tonnes.
- Il permet de réaliser une grande variété de formes.
- On peut couler des métaux ayant une température de fusion dépassant 1100°C.

2). Ce type de moulage comporte les inconvénients suivants :

La surface de la pièce moulée contient du sable, ce qui cause une usure rapide des outils de coupe.

- Les pièces du moulage en sable ont des propriétés mécaniques bien plus faibles que celles du moulage en moule métallique à cause du refroidissement / environnement du métal.

Ainsi, aucune direction des grains n'est obtenue et la pièce moulée résiste mal aux efforts de traction et de pliage, c'est pour cela que ce genre de procédés est limité au bloc moteur complexe, aux culasses et toutes pièces généralement creuses.

- Lors du refroidissement, les pièces sont portées à se déformer à cause de la variation des épaisseurs ou du refroidissement inégal.

1.6.2.2 Moulage en cire perdue

1.6.2.2.1 Définition

La fonderie en cire perdue, parfois appelée fonderie de précision, est une méthode qui ressemble au moulage au sable, mais qui présente l'avantage de réaliser des pièces avec une précision bien meilleure. Le moule est réalisé en céramique à partir de modèles en cire. Des modèles de la pièce à réaliser sont fabriqués en cire, par différentes méthodes suivant l'importance de la série : injection pour des grandes séries, prototypage rapide, moules silicones. Les modèles sont ensuite reliés sous forme de grappes de pièces par des éléments en cire qui représentent les futurs canaux d'alimentation. Cet assemblage est plongé plusieurs fois dans un bain appelé barbotine, puis recouvert de sable réfractaire afin de former une couche suffisamment résistante pour supporter la coulée du métal. L'ensemble est placé dans un four pour éliminer la cire, puis cuire la céramique. Enfin le métal choisi est coulé dans le moule ainsi formé, puis le moule est cassé et les pièces séparées de la grappe. La précision des modèles en cire perdue et la gestion des dilatations dues à la température détermineront la précision de la pièce finie.

1.6.2.2.2 Principe de moulage à la cire perdue

Le moulage à la cire perdue (Figure 9) est un procédé de fonderie utilisant un moule céramique destructible et une coulée par gravité. C'est le procédé le plus complexe dans sa mise en œuvre et celui qui est utilisé en général pour les séries de pièces plutôt de petite taille et/ou de formes très complexes. La variété des formes qu'il autorise en fait le procédé de prédilection des artistes. Son coût de revient est élevé mais est contrebalancé par le fait qu'il puisse donner des pièces, c'est-à-dire finies et ne nécessitant pas (ou peu) d'opérations d'usinages supplémentaires.

Le procédé se décompose comme suit : dans une matrice d'injection préalablement réalisée, on injecte de la cire liquide (a) qui, une fois solidifiée donnera le modèle de la future pièce. Plusieurs modèles sont en général coulés simultanément sur une grappe. On constitue donc au préalable la grappe en soudant les modèles en cire sur le dispositif de coulée (b). Les grappes sont d'abord trempées dans la barbotine, (liquide base de silice colloïdale, solution hydrolysée de silicate d'éthyle) (c) puis le sable réfractaire est pulvérisé sur les grappes encore humides (d). Après séchage, les opérations (c) et (d) sont recommencées plusieurs fois constituant une carapace céramique autour de la grappe. La cire des modèles est éliminée par fusion dans une étuve (e) Les carapaces sont cuites (f) dans un four à haute température (+ 1 000°C) afin de leur donner des caractéristiques mécaniques leur permettant de résister aux sollicitations lors de la coulée. La carapace chaude est placée sous le creuset et le métal est coulé

Chapitre 1: Moulage

(g). Après refroidissement, la carapace en céramique est détruite par vibrations et grenailage (h). Les pièces sont séparées des barreaux d'alimentation par tronçonnage (i). Les attaques de coulée sont supprimées par meulage (j). La qualité des surfaces de la pièce est généralement telle, qu'elle est directement utilisable.

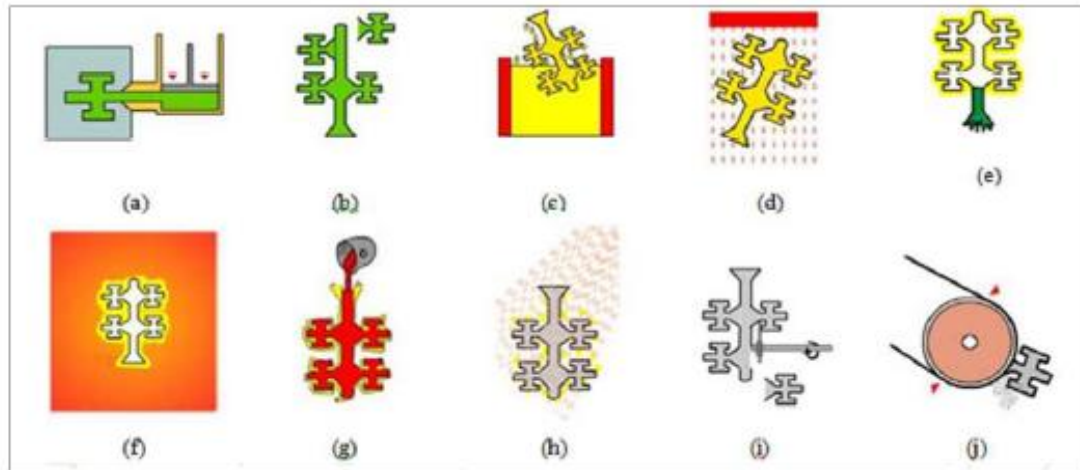


Figure 9 : Principales étapes du procédé de moulage à la cire perdue (3)

(a) : injection de la cire liquide, (b) : soudé les modèles, (c) : les grappes trempées dans le sable, (d) : pulvérisé le sable réfractaire, (e) : fusion dans une étuve, (f) : les carapaces sont cuites, (g) : placement les carapaces sous le creuset, (h) : refroidissement et détruire les carapaces, (i) : séparation des pièces : supprimer les attaques de coulée.

1.6.2.2.3 Caractéristiques du procédé

L'avantage de ce procédé c'est que ce dernier permet l'obtention de tolérances serrées permettent de minimiser les usinages et donc les coûts. En plus, le choix de matériaux est très varié, y compris des nuances non usinables. En plus, ce procédé possède les propriétés et les avantages suivants : -reproduction de formes complexes avec une grande précision de détail et de taille.

- Grande liberté et flexibilité de design, de la pièce simple à la pièce complexe
- Précision dimensionnelle accrue, brut de fonderie
- Élimination ou forte réduction de l'usinage
- Réduction du risque d'inclusion et de craques
- Surface de peau excellente, brut de fonderie
- Le procédé permet de respecter certaines propriétés métallurgiques telles que la grosseur et l'orientation des grains, ce qui permet d'augmenter la dureté de la pièce et ainsi d'éviter le forgeage.

1.7 Préparation du châssis :

1.7.1 Préparation du châssis inférieur :

On place le modèle à l'intérieur du 1/2 châssis inférieur. **(fig. 01)**



(fig. 01)

On place un tamis afin d'éviter de mettre des impuretés au contact du modèle. **(fig. 02)**



(fig. 02)

On vient alors damer le sable à l'aide de la pilette. **(fig. 03)**



(fig. 03)

Chapitre 1: Moulage

On racle alors la surface du châssis pour pouvoir retourner le tout.

(fig. 04)



(Fig. 04)

Tableau 1: Préparation du châssis inférieur

1.7.2 Préparation du châssis supérieur :

Après avoir retourné le châssis inférieur

On place le deuxième
1/2 modèle sur l'autre à l'aide des
pions de centrage. (fig. 05)



(Fig. 05)

Tube servant de descente de coulée.
On met alors le châssis supérieur en y
plaçant un tube qui servira de descente
de coulée. On remplit le châssis de sable
comme pour le 1er châssis. (Fig. 06)



(Fig. 06)

Tableau 2: Préparation du châssis supérieur

Chapitre 1: Moulage


<p>On enlève délicatement le modèle. (Fig. 08)</p>	 <p>(Fig. 08)</p>
<p>On réalise les événements dans les parties les plus hautes du châssis supérieur. (Fig. 09)</p>	<p>L'image est introuvable (le travail de laboratoire n'a pas été effectué en raison de la corona) (Fig. 09)</p>
<p>On creuse enfin l'entonnoir de coulée sur le dessus du châssis supérieur à l'aide d'une spatule (fig. 10)</p>	<p>L'image est introuvable (le travail de laboratoire n'a pas été effectué en raison de la corona) (Fig. 010)</p>

Tableau 3: Ouverture du châssis et finition de l'empreinte

Chapitre 1: Moulage

<p>On place alors les noyaux dans l’empreinte du châssis inférieur. (Fig. 11)</p>	<p>L’image est introuvable (le travail de laboratoire n'a pas été effectué en raison de la corona) (Fig. 11)</p>
<p>On procède alors au remmoulage c'est à dire à la fermeture du moule. Si la pièce à moule est volumineuse on fermera le moule avec des clamps. (Fig. 12)</p>	<p>L’image est introuvable (le travail de laboratoire n'a pas été effectué en raison de la corona) (Fig.012)</p>

Tableau 4 : Noyautage et remmoulage

<p>On place le moule sur un support stable. Pour des raisons de sécurité il faut enfiler une combinaison ignifuge et un masque. (Fig. 13)</p>	<p>L’image est introuvable (le travail de laboratoire n'a pas été effectué en raison de la corona) (Fig. 13)</p>
<p>On peut alors faire couler L'alliage en fusion dans L'empreinte en faisant pivoter rapidement la louche. (Fig. 14)</p>	<p>L’image est introuvable (le travail de laboratoire n'a pas été effectué en raison de la corona) (Fig. 14)</p>

Chapitre 1: Moulage

<p>Une fois l’empreinte remplie, on laisse refroidir entre 5 et 15 minutes (suivant la taille de la pièce) (Fig. 15)</p>	<p>L’image est introuvable (le travail de laboratoire n'a pas été effectué en raison de la corona) (Fig. 15)</p>
	<p>L’image est introuvable (le travail de laboratoire n'a pas été effectué en raison de la corona) (Fig. 16)</p>

Tableau 5: Coulée

1.8 Coulée du métal liquide

- Pour que cette opération soit réussie il faut que le métal liquide ait le temps de remplir la totalité de l’empreinte avant de se solidifier.

- Facteurs importants :

1- La température de coulée 2- La vitesse de coulée 3- La turbulence

1.9 Solidification du métal

Transformation, du liquide en solide (Figure 10)

- La solidification diffère suivant qu’il s’agit d’un métal pur ou d’un alliage

Un métal pur se solidifie à une température constante égale à la température de fusion

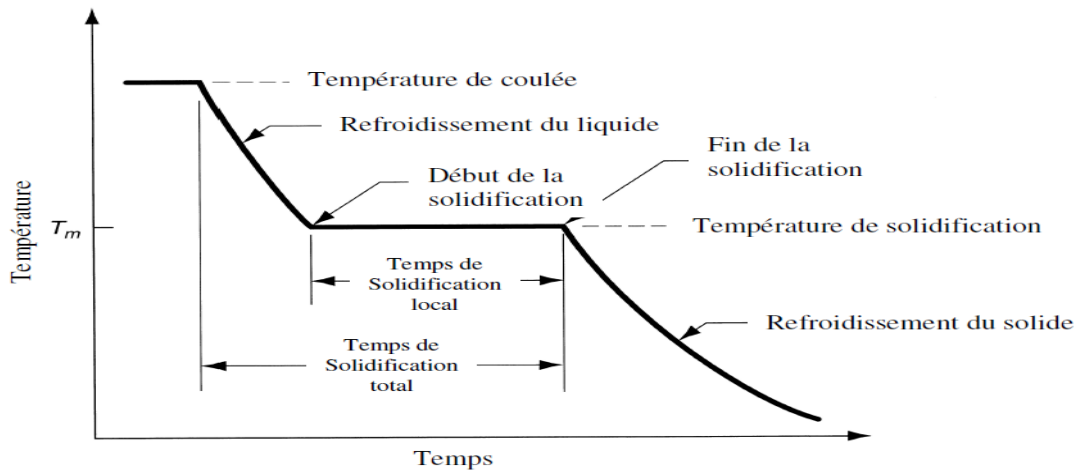


Figure 10 : Courbe de refroidissement d'un métal pur lors d'une opération de coulée

1.9.1 Solidification d'un métal pur

- En raison de l'action de refroidissement de la paroi du moule, une peau mince de métal solidifié est formée juste après la coulée
- Au cours du refroidissement l'épaisseur de la peau augmente jusqu'à former une coquille solide à l'intérieur de laquelle se trouve le métal à l'état liquide.
- La vitesse de refroidissement dépend autant des transferts de chaleur dans le moule que des propriétés thermiques du métal

La structure caractéristique des grains dans la coulée d'un lingot de métal pur est illustrée dans la figure ci-dessous (Figure 11)

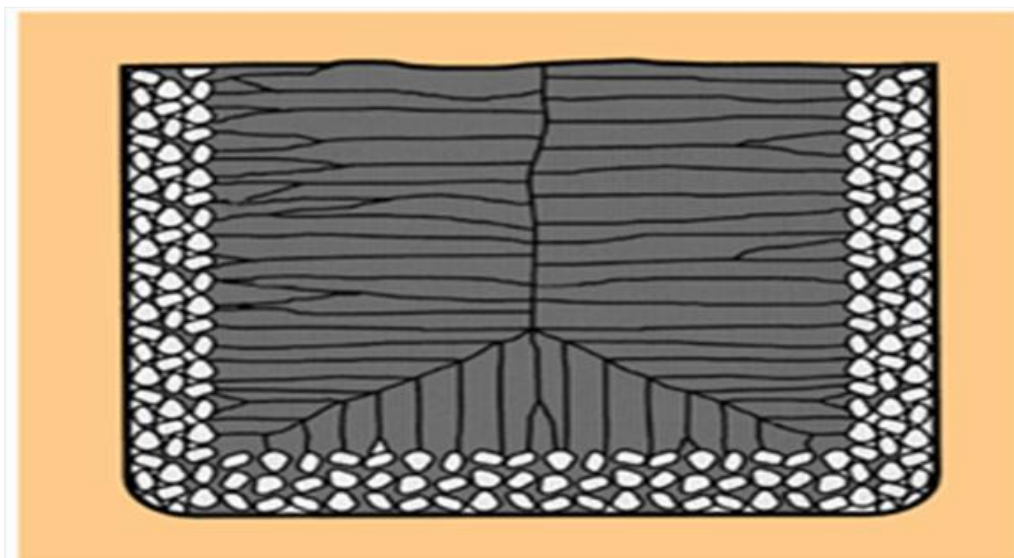


Figure 11 : Structure caractéristique des grains dans la coulée d'un lingot de métal pur.

Chapitre 1: Moulage

En paroi, des grains de petite taille orientés aléatoirement et à cœur de large grains colonnaire orientés vers le centre du lingot.

La majorité des alliages se solidifient sur un intervalle de température plutôt qu'à une température donnée. Voir (Figure 12)

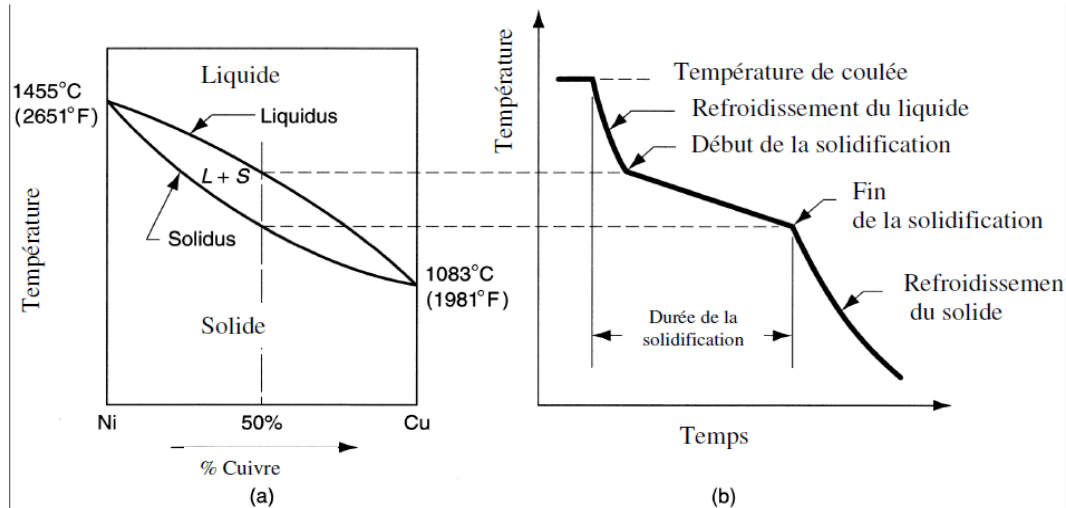


Figure 12 : (a) Diagramme de phase de l'alliage Cuivre Nickel

(b) Courbe de refroidissement associée pour un alliage à 50%Ni-50%Cu

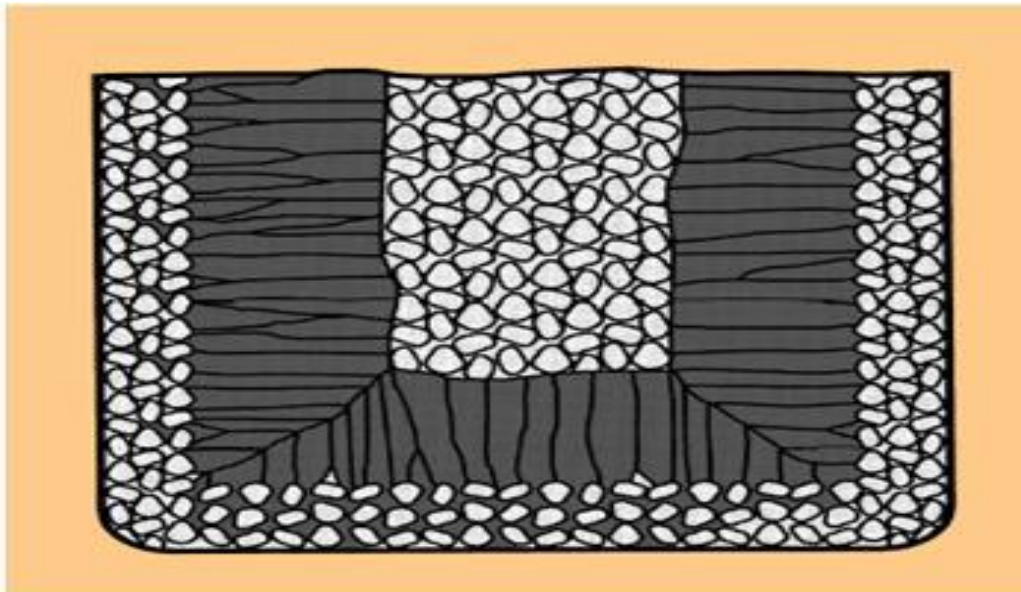


Figure 13 : Structure caractéristique d'un alliage métallique coulé. Il y a ségrégation des éléments d'alliage dans le centre du lingot.

1.9.2 Temps de solidification

- La solidification prend un certain temps
- Temps total de solidification TTS = temps nécessaire à la pièce pour se solidifier après la coulée.
- Le TTS dépend de la taille et de la forme de la pièce (méthode des modules).

1.9.3 Méthode des modules

$$TTS = \left(K_m \left(\frac{V}{S} \right) \right)^n$$

-TTS : temps total de solidification

-V : volume de la pièce

-S : surface enveloppe de la pièce

-n : exposant généralement fixé à 2

-K : un coefficient qui dépend de la nature de l'alliage et du moule

1.9.4 Tableau de La densité et la température de fusion de différents types des matériaux

matériaux	température de fusion	densité
ALUMINIUM (AL)	660 °C	2.7
PLATINE (Pt)	1769 °C	21.46
CHROME (Cr)	1890 °C	7.2
FER (Fe)	1535 °C	7.88
NICKEL (Ni)	1455 °C	8.9
TITANE (Ti)	1820 °C	4.5
CUIVRE (Cu)	1035 °C	8.9
OR (Au)	1064 °C	19.3
ARGENT (Ag)	961 °C	10.5
PHOSPHOR (P)	44 °C	1.83
CARBONE (C)	3700 °C	2.22
SILICIUM (Si)	1430°C	2.33
ZINC (Zn)	419 °C	7.14
PLOMB (Pb)	327 °C	11.34
ETAIN (Sn)	232 °C	7.28

1.9.5 Liste des coefficients de dilatation thermique de matériaux courants

Pour la plage de température 20°C à 100°C :

Chapitre 1: Moulage

acier	$11 * 10^{-6}$
aluminium	$23 * 10^{-6}$ à $25 * 10^{-6}$
argent	$19 * 10^{-6}$
béton	$10 * 10^{-6}$
bronze	$14.5 * 10^{-6}$ à $17.5 * 10^{-6}$
carbure de silicium (SiC)	$2.8 * 10^{-6}$
cuiivre	$16.6 * 10^{-6}$
laiton	$18 * 10^{-6}$ à $19 * 10^{-6}$
magnésium	$25 * 10^{-6}$
manganèse	$23 * 10^{-6}$
silicium	$3 * 10^{-6}$
titane	$8.6 * 10^{-6}$
Zinc	$35 * 10^{-6}$
platine	$9 * 10^{-6}$
or	$14.2 * 10^{-6}$

1.10 Les avantages et les inconvénients du moulage :

1.10.1 Avantages

- Permet de réaliser des pièces de formes complexes
- Permet de réaliser des formes intérieures et extérieures
- Suivant les procédés de moulage on peut obtenir des pièces dont les dimensions sont plus ou moins proches de la pièce finie
- On peut réaliser des pièces de très grande dimension
- Certains procédés de moulage permettent une production en très grandes séries

1.10.2 Inconvénients

Les inconvénients dépendent des procédés de moulage :

- Limitation des propriétés mécaniques des pièces (matériau)
- Faible précision dimensionnelle et mauvais état des surfaces pour certains procédés (ex : moulage en sable)
- Procédés dangereux du fait de la manipulation de métaux en fusion
- Problèmes environnementaux (fumées...)

Chapitre 2 : La fondetie

2 LA FONDERIE

2.1 Introduction

L'élaboration des alliages métalliques est depuis des siècles une préoccupation importante des hommes afin de réaliser des outils, des armes ainsi que des objets de décoration. Pour cette élaboration, des procédés de fonderie et de métallurgie de poudre ont été développés qui sont encore aujourd'hui très largement utilisés.

La fonderie consiste à couler l'alliage liquide dans un moule afin de lui donner la forme souhaitée et l'on sait jouer sur les conditions de solidification afin de contrôler au moins dans une certaine mesure les propriétés de la pièce obtenue.

Les techniques employées dépendent de l'alliage fondu, des dimensions, des caractéristiques et des quantités de pièces à produire. C'est une industrie de sous-traitance très dépendante des secteurs acquéreurs : automobile, sidérurgie, matériels de manutention, équipements industriels, matériels électriques, etc.

Les matériaux en général et les métaux en particulier prennent une place importante dans tout développement industriel progrès technologique. Vu les exigences de l'industrie moderne, nombreux programmes de recherche sont en route pour le développement d'autres matériaux plus performants et moins coûteux tels que les composites, les céramiques, les polymères...etc. Mais les alliages métalliques occupent toujours une place importante, car les caractéristiques de ces derniers s'améliorent de jour en jour grâce aux recherches.

Les constructeurs apprécient l'aluminium pour sa légèreté, ses qualités mécaniques et son caractère écologique. La haute qualité de surface, une fois décapée ou anodisée, lui donne un atout supplémentaire. L'aluminium peut être recyclé sans perte de qualité. (2)

La fonderie

2.2 Définition

La fonderie consiste à couler de l'aluminium en fusion dans un moule pour Obtenir, après solidification, une pièce dont les formes reproduisent celles du Moule. Du fait qu'elles mettent en forme le métal liquide, les industries de la Fonderie doivent maîtriser deux technologies essentielles :

La fusion des métaux et Leurs alliages ainsi que le moulage. (4) Elle intègre également la fonderie des métaux non ferreux dont particulièrement : (5)

- L'aluminium et autres alliages légers
- le cuivre et alliages
- le zinc et alliages

2.3 Différents types de fonderie

On distingue principalement la fonderie effectuée avec des moules dits non permanents en sable et la fonderie avec des moules permanents en métal

La figure ci-dessous présente un exemple d'une fonderie de sable et d'une fonderie de métaux

(Figure 14)

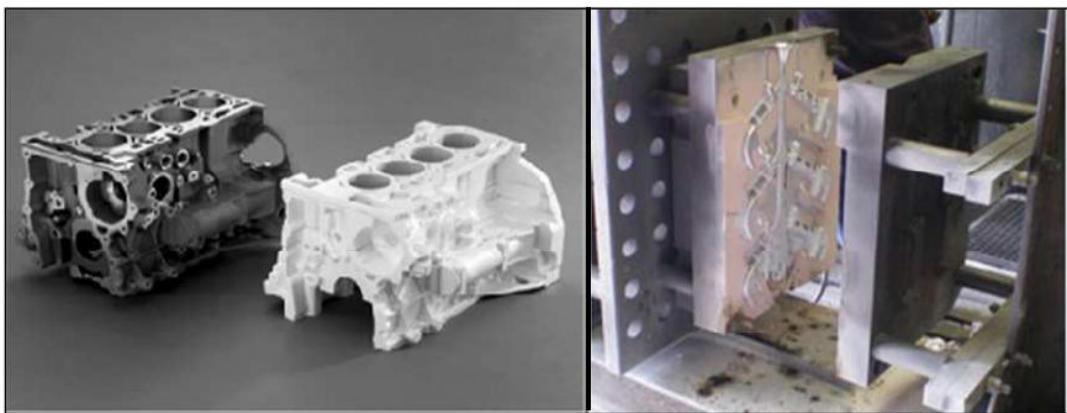


Figure 14 : Exemple de fonderie en sable à gauche et en métal à droite (1)

2.4 Contextes de l'étude et positionnement

2.4.1 Contextes socio-économiques de l'industrie de la fonderie

L'image populaire de la fonderie de ce début de XXIème siècle est celle d'une industrie agonisante dont l'appareil de production est vieillissant. Cette vision trouve ses racines dans la période 1975-1995 où, suite aux deux principaux chocs pétroliers, les entreprises ont dû mener des mutations et restructurations successives se soldant souvent par la fermeture de plusieurs sites de productions. Si cette image perdure, la situation économique actuelle réelle est différente et bien plus nuancée que cette vision simpliste. (3)

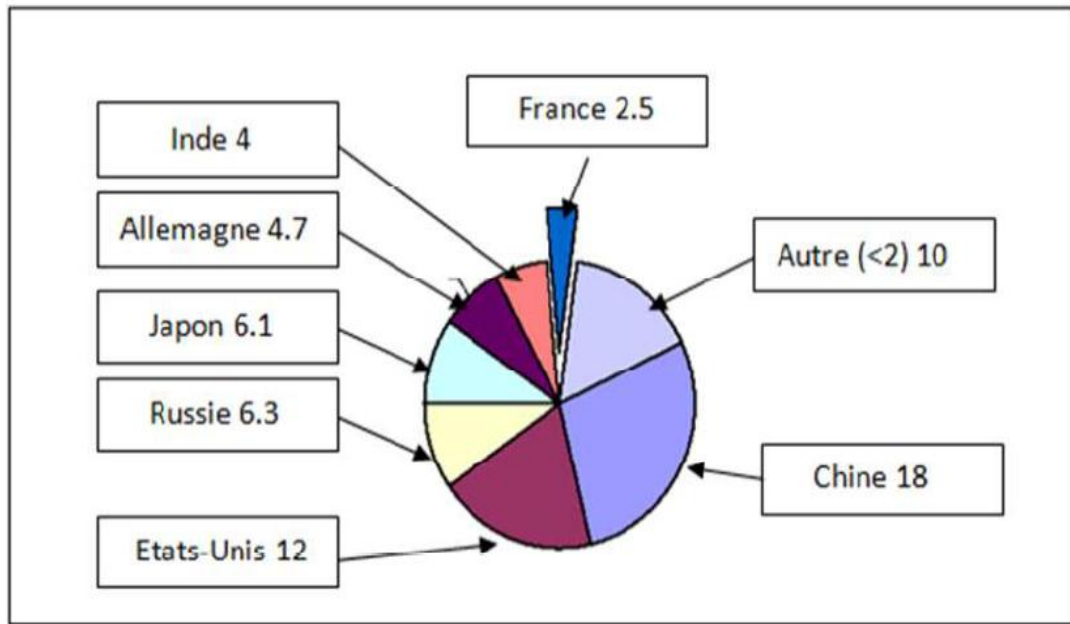


Figure 15 : Répartition de la production mondiale des pièces moulées en million de tonnes (3)

Si l'on considère simplement les chiffres pour la France en juillet 2005 pour l'année 2004, [Fondeurs 2005] certains indicateurs décrivent une industrie effectivement au ralenti (Figure 15) : 12 fermetures d'établissement en un an, 1000 emplois en moins et une baisse de 0.8% d'exportations. Néanmoins, d'autres indicateurs montrent que la fonderie en France constitue encore une industrie de poids avec un fort potentiel. Ainsi, à l'heure actuelle, la fonderie française avec 498 établissements, 48000 employés et 5.2 milliards d'euros de chiffre d'affaire, est au 2ème rang européen et au 7ème rang mondial

Enfin, la fonderie ne se contente plus de fabriquer des produits bruts mais s'investit dans la conception de sous-ensembles complexes pour le compte d'autres industries (ferroviaire, agricole, travaux publics, navale, aéronautique, automobile, militaire, nucléaire...). C'est une évolution des relations commerciales du type donneur d'ordre / sous-traitant de produits intermédiaires vers le type partenaires de conception de produits finis.

Afin de maintenir l'avance technologique, bénéficiant de plusieurs années d'expertise accumulées sur le métier et que ne possèdent pas encore les nouveaux concurrents. La problématique d'intégration des outils et des méthodes devient alors une préoccupation centrale pour la fonderie française qui, si elle veut perdurer dans ce contexte difficile, doit continuer son évolution technique, commerciale et économique. (3)

2.4.2 Description technologique du procédé de fonderie

La définition encyclopédique du procédé de fonderie : "La fonderie est un des procédés de formage des métaux. Il consiste à couler un alliage liquide dans un moule reproduisant une pièce

Chapitre 2 : La fonderie

donnée (formes extérieures et intérieures).", recouvre bien sûr plusieurs procédés de fabrication très différents et ayant chacun leurs spécificités. Afin de les dénombrer, on peut effectuer plusieurs classifications par permanence ou matière du moule, pression de service, mode de coulée etc.

Les trois principaux procédés de fonderies "classiques" décrits ci-après (le moulage coquille, le moulage au sable, le moulage à la cire perdue) constituent la grande majorité des procédés employés actuellement. Cette description paraîtra simpliste pour qui connaît déjà la fonderie, mais permettra pour les autres de fixer les termes techniques élémentaires, employés dans ce document et nécessaires à la compréhension des travaux qui y sont développés. (3)
(Exemples des pièces moulées en aluminium (figure 16))



Figure 16 : Pièces moulées en aluminium (6)

2.4.3 Quelques exemples des pièces de fonderie d'aluminium :

L'outillage d'une fonderie d'aluminium

Les figures suivantes (17, 18, 19, 20,21) montres les différents outillages de fonderie aluminium :

- La matière première (aluminium)
- Le four
- La louche
- Le moule
- L'enduit (blanche. Noire)

Chapitre 2 : La fonderie



Figure 17 : Lingot de l'aluminium



Figure 18 : le four



Figure 19 : La louche



Figure 20 : le moule



Figure 21 : L'enduit blanc

Vocabulaire technique utilisé en fonderie :

La figure ci-dessous présente des différentes techniques de fonderie d'aluminium (Figure 22)

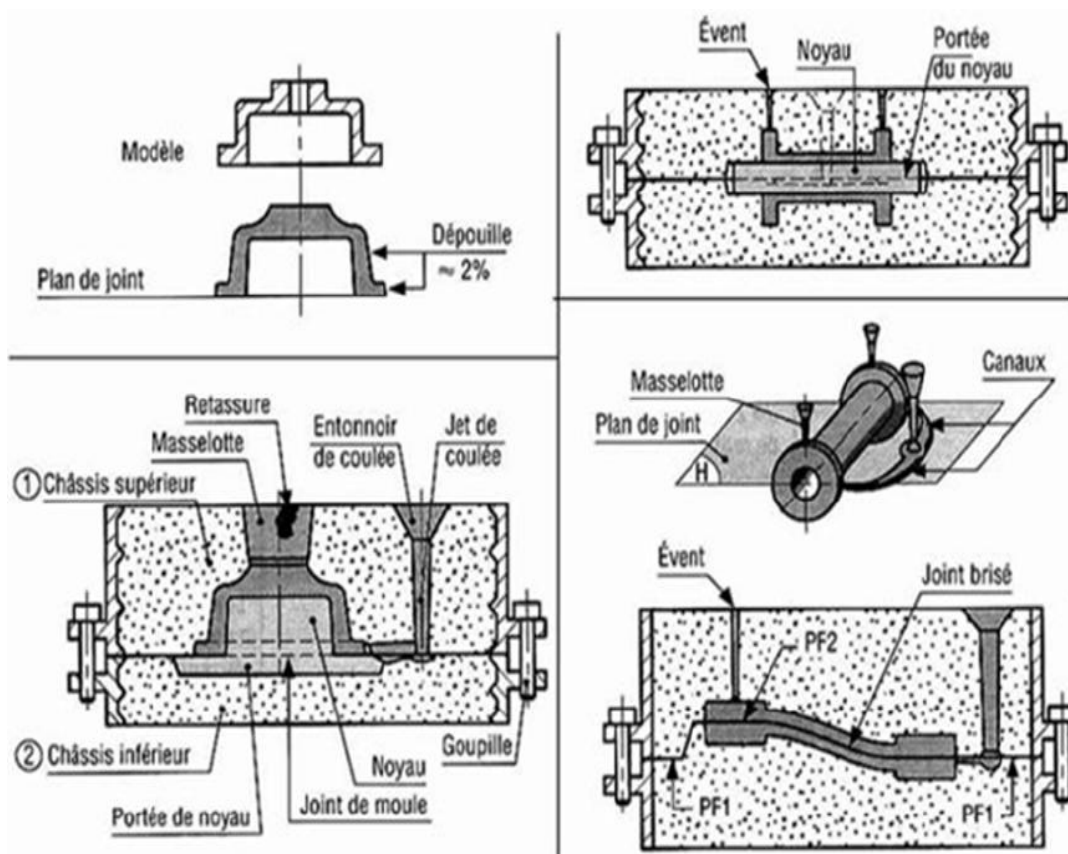


Figure 22 : Technique de fonderie d'aluminium

Chapitre 2 : La fonderie

Modèle : Objet destiné à être reproduit. Il est l'œuvre du modelleur.

Moule : Corps suffisamment solide et façonné pour recevoir un métal ou un alliage en fusion (fonderie en moule permanent).

Châssis : Cadre en métal destiné à maintenir le sable comprimé autour du modèle (fonderie en moule non permanent).

Dépouille : Elle est prévue sur le modèle afin de l'extraire sans provoquer l'effritement du sable lors de sa sortie.

Masselotte : Excédent de matière qui permet de déplacer la retassure hors de la pièce.

Retassure : Principal défaut de fonderie dont la cause est due à la contraction de l'alliage lors de sa solidification.

Joint de moule (plan de joint) : Séparation entre les châssis. Une pièce peut être réalisée avec plusieurs châssis donc plusieurs plans de joint.

Noyau : Réalisé en sable, il permet d'obtenir les formes intérieures. Il est réalisé dans une boîte à noyau (fonderie en moule non permanent).

Event : Canal destiné à faciliter l'échappement des gaz formés au moment où le métal chaud entre en contact avec la surface de l'empreinte (en incluant l'air présent dans le moule).

Décochage : Opération qui consiste à libérer la pièce du moule lorsque le métal est solidifié.

Ebarbage : Opération qui permet d'enlever les différentes parties superflues (canaux d'alimentation, masselottes, événements ...) pour obtenir la pièce brute.

Chape : Tout châssis intermédiaire entre le châssis supérieur et le châssis inférieur.

Généralités sur l'aluminium :



Figure 23 : Les lingots d'aluminium utilisés dans les fonderies (7)

2.5 Historique :

La première apparition de l'aluminium était en 1854 lors d'une présentation à l'académie des sciences par le chimiste français Sainte-Claire Deville, sous la forme d'un lingot. Cette pièce avait été obtenue par voie chimique. En 1886 il y'a eu l'invention du procédé d'électrolyse l'aluminium par Paul Héroult (France) et Charles Martin Hall (USA). Depuis, l'aluminium a connu un développement très important grâce notamment à son utilisation dans les industries ayant attiré au transport : aviation, automobile, marine. Il est aussi employé dans l'emballage, le bâtiment, l'électricité, la mécanique...

2.6 Fabrication d'aluminium :

L'aluminium est un métal très répandu sur la terre, c'est le troisième élément après l'oxygène et le silicium. Les bauxites qui sont des roches riches en aluminium.

2.6.1 Production d'alumine

La bauxite est le minerai le plus utilisé pour obtenir de l'alumine, matière intermédiaire nécessaire à la fabrication de l'aluminium. La bauxite contient de 40 à 60% d'oxyde d'aluminium hydraté mélangé à de la silice et à de l'oxyde de fer.

2.6.2 Production de l'aluminium

L'aluminium est produit par électrolyse de l'alumine dans de la cryolithe (Na_3AlF_6) fondue, à environ 1000°C dans une cuve comportant un garnissage intérieur en carbone. L'aluminium se dépose au fond de la cuve avec un titre de 99,7% (les principales impuretés étant le fer et le silicium). Plusieurs procédés de raffinage permettent d'obtenir un titre plus élevé sachant que pour fabriquer une tonne d'aluminium, il faut deux tonnes d'alumine et quatre tonnes de bauxite.

2.7 Principales caractéristiques d'aluminium

En tonnage, la production d'aluminium ne représente que 2% environ de celle des aciers. Cependant, ce métal et ses alliages arrivent en seconde position dans l'utilisation des matériaux métalliques. L'aluminium doit cette place à un ensemble de propriétés qui en font un matériau remarquable. L'aluminium et ses alliages prennent encore aujourd'hui une place importante dans les différents domaines de l'industrie. Son utilisation s'accroît de jour en jour grâce à ses propriétés particulières.

2.8 Types d'alliages d'aluminium utilisés dans la fonderie

L'aluminium pur ne présente que peu d'intérêt, car ses propriétés physico-chimiques sont médiocres. Ses alliages, eux, sont des matériaux de choix dans des secteurs comme l'aéronautique et l'automobile.

On distingue deux grandes classes d'alliages d'aluminium :

a) Les alliages corroyés : produits obtenus par des procédés de déformation plastique à chaud ou à froid tels que le filage, le laminage

b) les alliages de moulage : obtenus par fonderie seulement, on trouve :

➤ **Les alliages Al-Si :** ce sont numériquement et industriellement les plus importants parmi les alliages moulés.

Exemple : Al-Si 13 : alpac : bonne coulabilité, utilisé pour la fabrication de blocs et carters de moteur et de boîte de vitesse, appareillage électrique, cycle, bâtiment.

➤ **Alliages Al-Cu :** Ces alliages présentent :

- une aptitude au moulage variable mais assez médiocre
- une résistance à la corrosion insuffisante en milieu agressif marin
- une bonne usinabilité

Exemple : Al-Cu5MgTi : caractéristiques mécaniques les plus élevées (statique, endurance, fatigue). Utilisation : aéronautique, armement, véhicules divers

➤ **Alliages Al-Zn**

Alliages autotremnants.

Alliages Al-Mg :

- usinage facile
- bonne aptitude à l'anodisation
- bel aspect après polissage
- excellente tenue à la corrosion atmosphérique ou marine

➤ **Alliages Al-Mn :**

Chapitre 2 : La fonderie

Température de début de fusion élevée

➤ **Alliages Al-Sn :**

Utilisé pour les coussinets et pièces de frottements

➤ **Autres éléments d'alliage :**

Aluminium Titane, Lithium : permet d'alléger les structures à résistance égale.

***Chapitre 3 : Malaxeur
et les fours***

3 Malaxeur et les fours

3.1 MALAXEURS À BÉTON :

Les modèles que nous proposons ont été sélectionnés pour la préparation d'éprouvettes et d'échantillons de béton en laboratoire ou sur chantier. Les modèles à cuve 55-C0199/B (Figure 25) et 55-C199 (Figure 24) assurent un malaxage homogène et efficace. Le modèle à tambour 55-C0196/1 est plus adapté à une utilisation sur site pour la préparation d'un béton de résistance faible à moyenne. (8)



Figure 24 : Malaxeur à béton M 55-C0199 (8)

Malaxeur à béton de laboratoire 130 litres.

380 V, 50 Hz, 3 ph.

M 55-C0199/B

Malaxeur à béton de laboratoire 60 litres.

380 V, 50 Hz, 3 ph.

3.2 Description générale et spécifications (8)


Malaxeur mobile, équipé d'une trappe de vidange, à ouverture manuelle ajustable, pour récupération du mélange dans un bac ou une brouette. Les pales et la cuve sont réalisées en acier spécial résistant à l'usure et sont conçues pour assurer un malaxage rapide et particulièrement homogène.

Chapitre 3 : Malaxeur et les fours

Puissance : 600 W (55-C0199/B) et 3000 W (55-C0199)

Capacité de la cuve : 120 l. (55-C0199/B) et 160 l. (55-C0199)

Capacité utile : 60 litres (55-C0199/B) et 130 litres (55-C0199)

 **Dimensions :** 940x810x1520 mm (55-C0199/B) 1000x1880x1500 mm (55-C0199)


 **Poids :** 87 kg (55-C0199/B) et 230 kg (55-C0199)



Figure 25 : Malaxeur à béton M 55-C0199/B

Chapitre 3 : Malaxeur et les fours

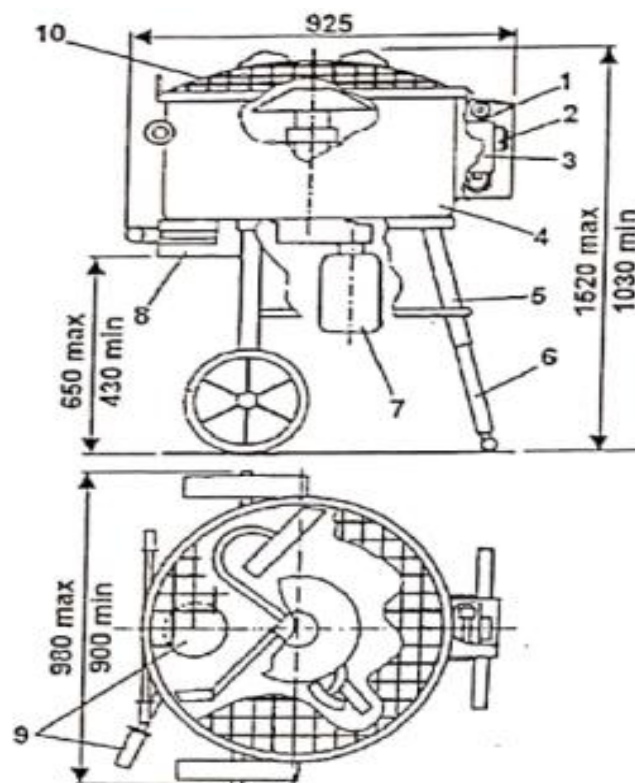


Figure 26 : les composants et les démentions d'un Malaxeur à béton M 55-C0199/B

	I	F	GB	D	E
1	FINECORSA	FIN DE COURSE	LIMIT SWITCH	ENDSCHALTER	FINAL DE CARRERA
2	INTERRUPTORE	INTERRUPTEUR	SWITCH	SCHALTER	INTERRUPTOR
3	QUADRO COMANDO	TABLEAU ÉLECTRIQUE	ELECTRIC PANEL	SCHALTKASTEN	CUADRO ELECTRICO
4	VASCA DI MESCOLOMENTO	CUVE DE MALAXAGE	MIXING TANK	MISCHTROG	RECIPIENTE DE MEZCLA
5	TELAIO	CHÂSSIS	SUPPORT FRAME	GESTEL	BASTIDOR
6	PIEDE DI APPOGGIO	PIED D'APPUI	SUPPORT LEG	STÜTZFUSS	PIE DE APOYO
7	MOTORIDUTTORE	MOTORÉDUCTEUR	MOTOR AND REDUCTION GEAR	GETRIEBEMOTOR	MOTORREDUCTOR
8	PROTEZIONE BOCCHETTA DI SCARICO	PROTECTION BOUCHE D'ÉVACUATION	OUTLET PROTECTION	SCHUTZVERKLEIDUNG DER DENKLAPPE	PROTECCION DE LA BOCA DE DESCARGA
9	BOCCHETTA DI SCARICO	BOUCHE D'ÉVACUATION	OUTLET	BODENKLAPPE	BOCA DE DESCARGA
10	PROTEZIONE VASCA	PROTECTION CUVE	TANK PROTECTION COVER	TROGABDECKUNG	PROTECCION DE RECIPIENTE

Tableau 6: Les composants d'un Malaxeur à béton M 55-C0199/B (8)

3.3 Introduction

Le four de fusion et de maintien au chaud au fuel et gaz peut non seulement être utilisé pour la fusion et le maintien de la température des métaux non ferreux à bas point de fusion comme l'aluminium, le zinc et le cuivre, mais aussi pour la fonte de ferraille d'aluminium et de restes industriels d'aluminium en pièces.

3.4 Généralités

Les fours de fusions de fonderie traitent des métaux déjà élaborés et provenant du traitement de minerais

- Les métaux ferreux
- Les métaux non ferreux

Donc les fours de fonderie sont au moins des fours de deuxième fusion et permettent d'élaborer des alliages métalliques

Le souci d'obtenir ces alliages présentent leurs caractéristiques de fonderie et mécanique optimale implique des conditions d'élaboration et de fusion rigoureuse

Les appareils de fusion doivent permettre le respect de ces conditions. Leurs choix en fonctions de types d'alliage désiré, est déterminant c'est pourquoi ces appareils doivent :

- Réduire le maximum les risques d'oxydation et d'inclusion de gaz dans les alliages.
- Avoir une productivité La plus élevée possible.
- Consommation minimale d'énergie. (9)

3.5 Définition d'un four

Différents moyens de chauffage de fours de fusion utilisables : le gaz, le fuel, le coke et l'électricité notamment.

Dans tous les cas, le four est composé de matériaux réfractaires permettant de l'isoler du milieu ambiant, et contient un creuset en graphite.

Ce creuset est rempli de lingots et de jets, puis porté à une température supérieure à la Température de fusion de l'alliage qu'il contient. La régulation de température est effectuée à l'aide de thermocouples placés dans la chambre de chauffe, entre les résistances (cas d'un four électrique) et le creuset. La température de cette chambre est légèrement supérieure à celle du métal contenu dans le creuset.

3.6 Fonctionnement :

Le principe de fonctionnement du four est simple : l'objet à traiter y est enfermé pour être soumis à une source de chaleur provenant de l'intérieur ou de l'extérieur du four. La chaleur à l'intérieur du four peut être répartie par circulation forcée d'air, par convection naturelle, par conduction thermique ou par rayonnement (infrarouge, microondes, etc.).

La source d'énergie pour fournir la chaleur du four peut être :

- Un combustible (bois, gaz naturel...)
- L'électricité dans des résistances
- Des micro-ondes, avec l'électricité

3.7 Différents types de fours (9)

Le choix d'un four de fusion est un aspect important de l'élaboration d'un procédé de fonderie.

Chaque type de four possède des propriétés qui lui sont propres en ce qui concerne ses besoins en alimentation et ses possibilités d'alliage, qui auront à leur tour des répercussions sur l'ensemble du procédé de fonderie. D'un autre côté, le type de métal fondre détermine quel four peut ou ne peut pas être utilisée.

On distingue les types suivants :

3.7.1 Le four à cubilot

C'est un four vertical de type à cuve, dans laquelle les matériaux à fondre sont en contact direct avec le combustible.

3.7.2 Les fours à creuset

Dans ses fours, le métal à fondre est contenue dans un creuset il se trouve ainsi protégé des flammes et des gaz de la combustion, les creusets sont :

- En fonte ou en acier moule : ils sont résistants et d'un prix peu élevé ils peuvent être suspendus dans l'enceinte de four.
- En graphite ou en carborundum : ils sont réfractaires et leur conductibilité thermique est meilleure que les autres réfractaires.

La forme générale des creusets est cylindrique mais le rapport entre la hauteur et le diamètre est variable suivant l'utilisation et le type d'alliage fondu.

On distingue les types suivants :

3.7.2.1 Les fours chauffés électriquement

Les fours électriques présentent de nombreux avantages :

- Pertes au feu réduites et constantes ;
- Obtention de hautes températures favorables pour amorcer les réactions chimiques d'affinage ;
- Régulation plus aisée de la température de bain.

Les fours chauffés électriquement sont divisés en :

- Fours à arcs
- Fours à induction

3.7.2.2 Les fours rotatifs ou oscillants

Ces fours permettent l'élaboration d'alliages spéciaux grâce aux hautes températures atteintes et au brassage du métal.

Le brassage permet l'homogénéisation du bain et favorise l'évacuation des gaz.

La fusion est rapide grâce à la faible inertie thermique de ces fours et leurs rotations qui accélèrent les échanges thermiques. On distingue :

- Fours à flammes ;
- Fours électriques ;

3.7.2.3 Les fours chauffés au gaz et au mazout :

Une enceinte métallique maintient les matériaux réfractaires qui assurent le calorifugeage et entourent, le creuset le bruleur à gaz ou au mazout doit avoir une position bien déterminée par rapport au creuset.

- La flamme du bruleur ne doit pas frapper le creuset afin d'éviter des points chauds locaux ;
- La flamme doit être tangente aux réfractaires de l'enceinte et le creuset est chauffé par convection et rayonnement de réfractaires.

D'autre part le brûleur doit être incliné vers le haut pour éviter une accumulation de gaz dans le fond du four.

3.8 Définition d'un four à creuset :

Il s'agit de creusets simples (Figure 27) chauffés par l'extérieur grâce aux gaz de combustion provenant de la combustion du gaz ou du mazout, grâce à l'électricité ou, pour des températures inférieures, grâce à un fluide thermique. Le contact direct avec la flamme est évité afin d'empêcher l'apparition locale de points chauds à la base du creuset et de sorte qu'il soit possible de maintenir un bon réglage de la température dans la coulée, pour empêcher l'oxydation et l'évaporation du métal. (9)



Figure 27 : Four à creuset (9)

3.8.1 Avantage :

- Technologie simple - peu d'entretien
- Flexibilité pour ce qui est du changement d'alliage.

3.8.2 Inconvénients :

- Faible rendement et faible capacité de production

Chapitre 4 : La conception

4 La conception

4.1 Partie de définition :

4.1.1 Présentation du logiciel utilisé : (10)

Dans ce travail nous avons fait l'analyser d'un malaxeur de ciment et sa construction pour faire une simulation assistée par ordinateur avec l'utilisation du logiciel CATIA V5

4.1.1.1 Généralité sur le logiciel CATIA

[CATIA] est un mot complexe **C**omputer **A**ided **T**hree dimensional **I**nteractive Application, développé par la société Dassault Systèmes. Il regroupe un nombre important de modules totalement intégrés dans un seul et même environnement de travail. Ces modules permettent de modéliser une géométrie (**CAO**), de réaliser des analyses et des simulations (**IAO**), de mener une étude d'industrialisation (conception des outillages), de générer les programmes de commande numérique pour les machines-outils (**FAO**), d'établir les plans d'usines etc.

L'ensemble de ces fonctionnalités permettent de mettre en œuvre la « maquette numérique » et de définir de façon conjointe le produit et certains processus qui lui sont liés (on parle alors d'ingénierie concourante produit/processus).

La version 5 DE CATIA est sortie en 2000 et sa dénomination commerciale est « CATIA V5 ». Des mises à jour sont régulièrement proposées : **R1, R2 ...R20** (version actuelle au 08/12/10). Pour toutes ces versions des corrections (service packs) sont également disponibles : **SP1, SP2 ...SP7**. Et finalement, la dénomination précise d'une configuration doit être du type « **CatiaV5R19 SP5** ». Avec, 3 déclinaisons qui sont possibles P1, P2 et P3 et qui se distinguent par le nombre de fonctionnalités proposées.

4.1.1.2 L'utilisation des différentes opérations avec la CAO.

L'utilisation des différents modules de **CATIA V5** que nous détaillerons par la suite nous permettra de :

La réalisation des études de conception notamment « en configuration » permet de définir une pièce directement dans sa configuration définitive dans un assemblage.

Exemple : implantation des différents éléments d'un robot $E=m^6$ en prenant en compte l'encombre mentés composants standards achetés (moteur, réducteur, batterie etc.). Et les contraintes du cahier des charges fonctionnelles (poids, encombrement, cinématique de certains sous-ensembles etc.).

Chapitre 4 : La conception

-Définir des surfaces géométriques complexes difficilement sinon impossible à obtenir par d'autres moyens.

-Obtenir des images et des animations de synthèse en vue de les inclure dans un dossier d'avant-projet

-Réaliser des simulations cinématiques, dynamiques, analyses des modèles ou de calculs de structure en vue d'une vérification de performances ou d'une optimisation.

Exemple : calculs de structure sur un châssis tubulaire d'un engin.

-Traiter un nuage de points issus de la numérisation **3D** d'une pièce mécanique en vue de sa reproduction ou de son intégration dans la définition d'un modèle géométrique.

Exemple : numérisation d'une statuette et réalisation d'une copie en résine par le procédé de stéréolithographie.

Toutes les activités décrites ci-dessus s'intègrent en général dans une boucle d'optimisation au cours de laquelle on parcourt plusieurs fois 3 étapes clés : définition, analyse et modification. L'intérêt de l'outil **CAO** est de permettre l'intégration partielle ou totale de ces 3 étapes dans un seul et unique environnement de travail, le passage d'une étape à la suivante se réalise de façon quasi transparente. Toutefois, une grande rigueur dans la définition du modèle géométrique doit être observée afin de permettre au logiciel d'interpréter correctement les intentions du concepteur. Il est également essentiel d'évaluer la validité des résultats issus des différents modules d'analyse (notamment en calculs de structure).

Utiliser un logiciel de **CAO** ne se réduit donc pas à définir le plus rapidement possible la géométrie figée d'une ou plusieurs pièces mécaniques. Le modèle **CAO** défini doit permettre le parcours d'une ou plusieurs boucles d'optimisation.

4.1.1.3 Etape de fabrication des pièces par la CAO :

La fabrication de pièces mécaniques peut se faire par les moyens suivants :

Prototypage rapide : c'est un procédé permettant d'obtenir en quelques heures une pièce mécanique en résine ou en **ABS** à partir de son modèle **CAO**.

Moulage de pièces plastiques en petite série : à partir d'un modèle en résine obtenu en prototypage rapide, on peut obtenir une petite série de pièces en plastique.

Usinage conventionnel unitaire : à partir d'un modèle **3D**, vous pouvez obtenir des dessins de définition **2D** (encore appelés « mises en plan ») sur lesquels toutes les côtes de fabrication seront automatiquement mentionnées. Ces plans permettront aux techniciens de l'école

Chapitre 4 : La conception

de réaliser vos pièces sur des machines conventionnelles (fraiseuses, tours, perceuses etc.).
Usinage à commande numérique : à partir du modèle **CAO 3D**, il s'agit de générer les codes permettant d'usiner la pièce sur une machine à commande numérique. Pour cela, il est nécessaire d'utiliser le module de **FAO** intégré à **CATIA**. (10)









4.1.2 Présentation générale de CATIA V5 :

4.1.2.1 Organisation des modules :

CATIA V5 est organisé en modules appelés ici « Ateliers ».

Ils sont structurés dans l'arbre des ateliers suivants :

Chaque groupe comporte de nombreux ateliers. Nous nous contenterons, dans le présent paragraphe, de décrire les ateliers les plus utilisés pour les travaux réalisés en projet (voir le tableau suivant)

	Infrastructure
	Conception Mécanique [Mechanical] Modélisation volumique de pièces mécaniques et d'assemblages, tolérancement, tolerie etc. C'est le module par lequel on commence le travail de modélisation d'une pièce.
	Forme [Shape Design & Styling] Modélisation surfacique avancée : travail de design sur des formes extérieures d'un carter, carénage, traitement d'un nuage de points issus d'une numérisation 3D
	Analyse & Simulation [Analysis] Maillage – Calculs de structure – Analyses modales
	Construction d'usine [Plant] Maillage – Calculs de structure – Analyses modales
	Fabrication par CN [NC Manufacturing] Génération automatique d'un programme pour machines à commande numérique
	Maquette numérique [Digital Mock-Up : DMU]
	Equipements & Systèmes [Equipment & Systems Engineering]
	Conception & Analyse ergonomique

Chapitre 4 : La conception

4.1.2.2 Associativité des modules :

Pour réaliser une étude sous C a t i a , il vous faudra sans doute utiliser plusieurs ateliers.
Par exemple :

-Conception Mécanique / Part design pour modélisation volumique

-Forme / Générative Shape -Design pour la modélisation de surfaces avancées

-Analyse & Simulation / Générative Structural Analysis pour le calcul de structure

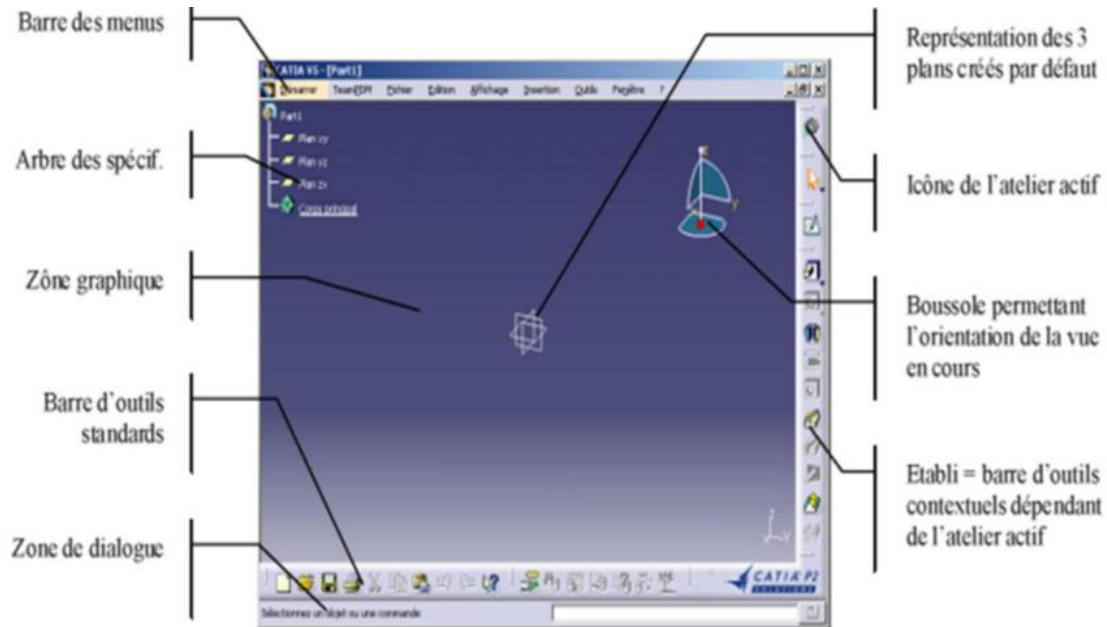
-Conception Mécanique / Drafting pour la mise en plan des pièces à produire

- **Catia V5** vous permet de naviguer dans les différents ateliers en gardant un lien entre les différents modèles créés. La modification dans un atelier impacte ainsi tous les modèles qui lui sont liés, c'est ce que l'on appelle l'associativité des modèles.

Au cours de votre modélisation, les extensions des fichiers créés sont les suivantes : Extension	Contenu
CATPart	Part design : modélisation de la géométrie des pièces
CATDrawing	Drafting : mises en plan (dessins techniques 2D)
.CA Product	Assembly design : modélisation d'un assemblage
.CATAnalysais	Analyse & Simulation : calculs de structure, analyses modales
CATProcess	?

Chapitre 4 : La conception

4.1.2.3 Environnement de travail :



Le système des barres d'outils est entièrement personnalisable. On peut ainsi afficher ou supprimer une barre d'outils par la commande Affichage / Barre d'outils, on peut déplacer une barre d'outils par un glisser-déposer y compris dans la zone graphique (barre d'outils volante) etc.

Lorsque la place est insuffisante sur l'un des côtés pour afficher la totalité des barres s'y trouvant, celles qui ne sont pas affichées sont accessibles en cliquant sur le signe >>.

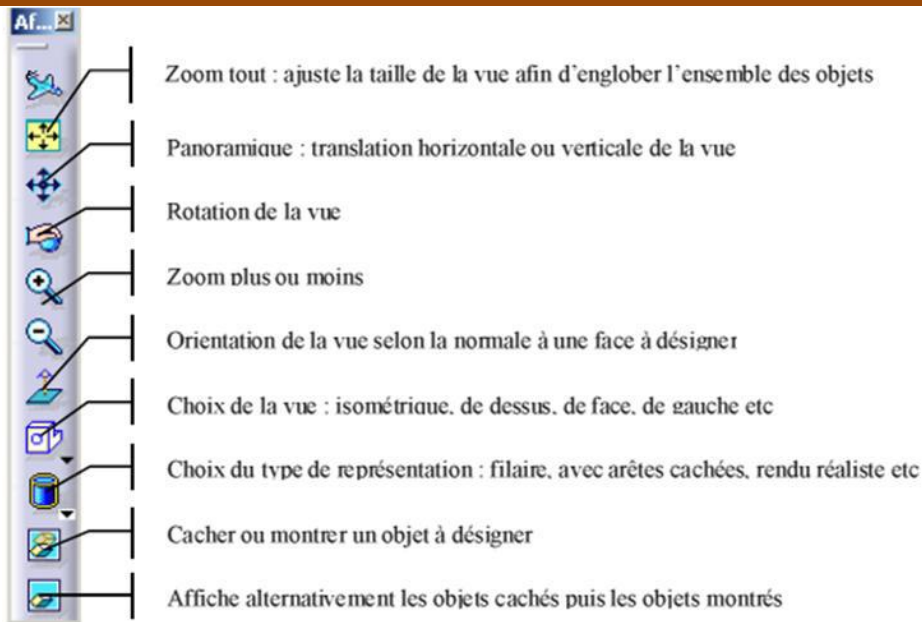
Un simple clic sur un icône permet de réaliser une commande et de désactiver celle-ci après sa réalisation. Un double-clic permet de rendre

Cette commande active de façon permanente



4.1.2.4 Manipulation, capture des vues et affichage des objets :

Les commandes principales sont contenues dans la barre d'outils « Affichage » :



4.1.2.5 Avec la boussole :

Translation suivant un axe : cliquez sur l'axe désiré de la boussole avec le bouton de gauche de la souris puis déplacez la souris en restant appuyer.

Déplacement suivant un plan : Cliquez sur un plan de la boussole avec le bouton de gauche de la souris puis déplacez la souris en restant appuyer.

Visualisation suivant un plan de référence : Cliquez sur une des trois lettres pour se positionner dans le plan normal à la lettre sélectionné.

Rotation autour d'un point : cliquez sur le point gris à l'extrémité de l'axe Z avec le bouton gauche de la souris puis déplacez la souris en restant appuyer.

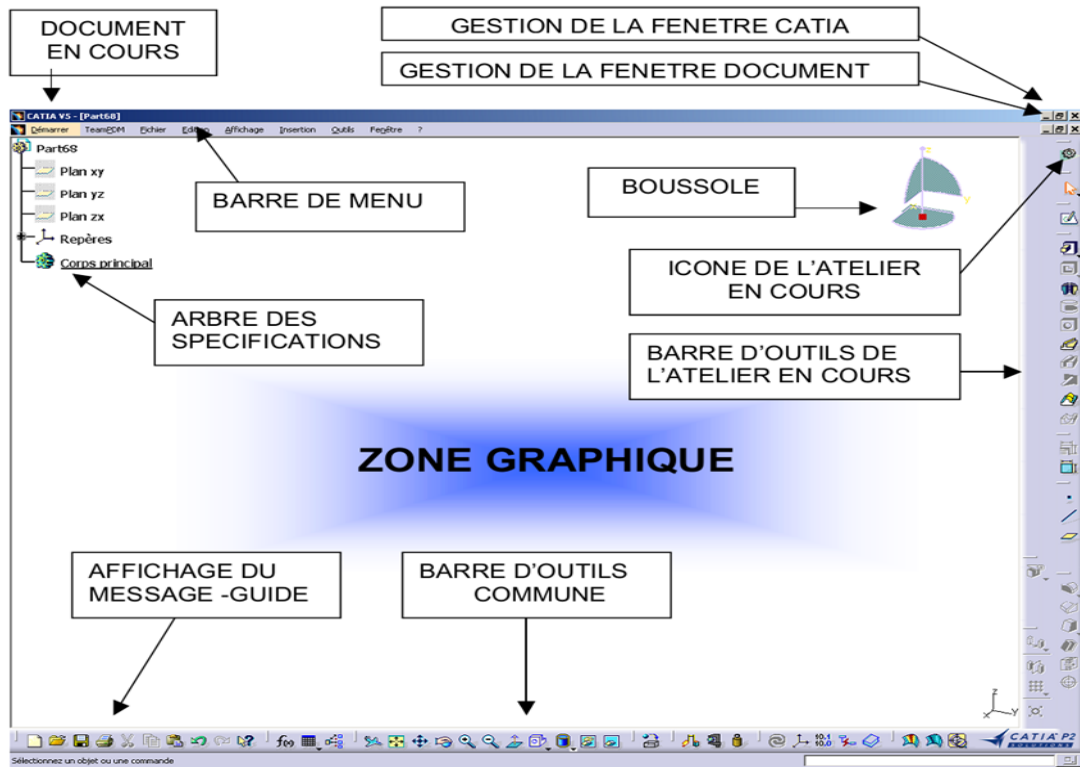
Rotation autour d'un des trois axes principaux : Cliquez sur un des trois arcs de cercles délimitant les plans de la boussole puis déplacez la souris en restant appuyer. Déplacement d'un corps de pièce : Cliquez sur le point rouge de la boussole pour la déplacer et positionnez-la sur la face d'un objet. Sélectionnez le corps de pièce à déplacer et manipulez-la boussole. En combinaison avec la touche **ctrl** vous obtenez une duplication de l'élément

4.1.3 Commandes de bases :




4.1.3.1 Interface graphique :

L'interface CATIA à l'aspect suivant :

Chapitre 4 : La conception



Interface opérateur L'utilisation de la souris diffère selon le type d'opération que vous devez effectuer.

Bouton de la souris	Opération
	Sélectionner (un menu, une commande, une géométrie dans une zone graphique, etc.) Cliquez (sur une icône, un bouton dans une boîte de dialogue, un onglet, un emplacement sélectionné dans la fenêtre du document etc.) et Double-cliquer Cliquez en maintenant la touche Maj enfoncée Cliquez en maintenant la touche Ctrl enfoncée Cocher (une case) Faire glisser la souris Faire glisser (une icône sur un objet, un objet sur un autre)
	Faire glisser la souris Déplacer
	Cliquez à l'aide du bouton droit de la souris (pour sélectionner un menu contextuel)

4.1.3.2 Démarrage de CATIA V5 :

Après avoir lancé CATIA, une fenêtre vierge s'ouvre.

Pour ouvrir Pour ouvrir un atelier, cliquez sur Démarrer et choisissez l'atelier voulu dans le sous-menu.

On peut également ouvrir un fichier (nouveau ou existant) à partir du sous-menu Fichier.

CATIA ouvre alors automatiquement l'atelier correspondant au type de fichier.

4.1.3.3 Part design :



• **Intro** : Une pièce est appelée PART et est créée dans l'atelier PART DESIGN. L'extension lors de son enregistrement sera .Capra

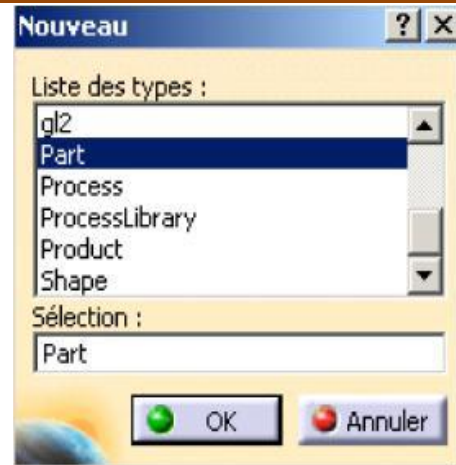
• Création d'un PART

1-Choisir : Démarrer + conception mécanique + part design

Ou Fichier nouveau + part, Si la fenêtre suivante s'ouvre, choisissez Part La fenêtre suivante s'ouvre (uniquement à partir des versions CATIA V5 R15), choisissez Activer la conception hybride et cochez ne pas afficher cette boîte au démarrage.

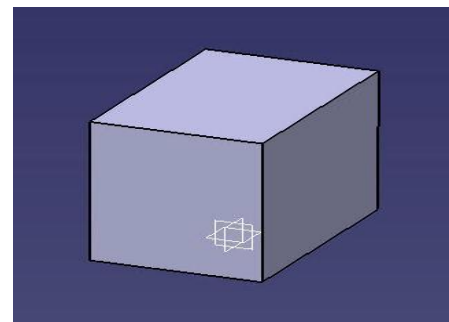
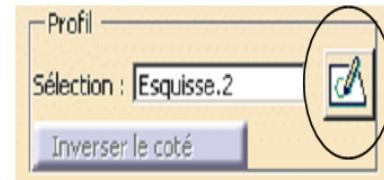
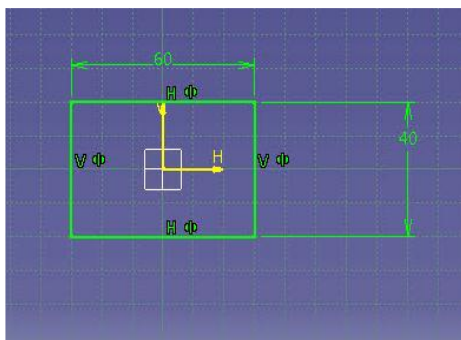
L'icône s'affiche en haut à droite de la barre d'outils.

2- Sauvegarder dans le fichier désiré (Fichier Enregistrer sous)



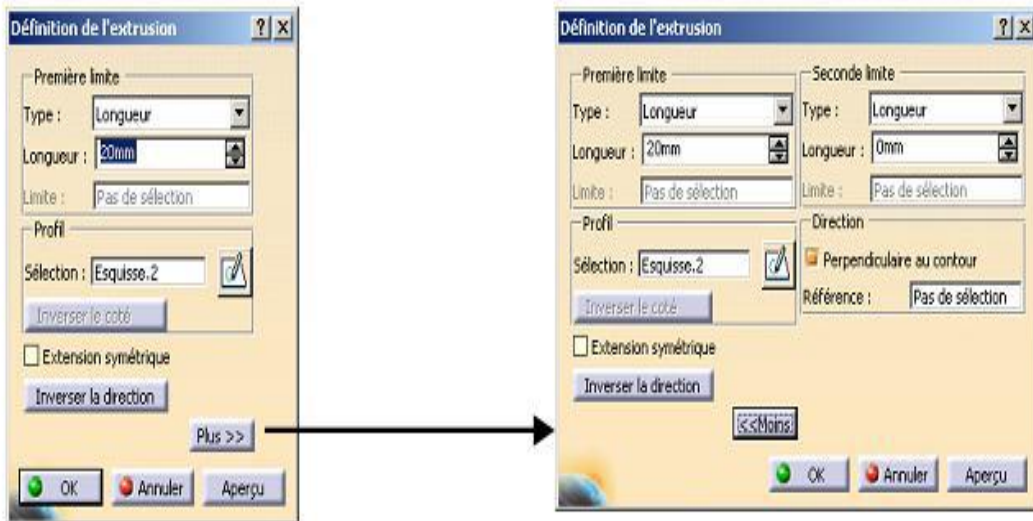
4.1.3.3.1 Présentation de l'atelier :

Cet atelier permet de créer des objets 3D volumiques à partir d'esquisses 2D ou de modifier des éléments déjà



Définis (congés, chanfreins, symétrie etc.) : Lors de la création de certaines fonctions, l'ensemble des paramètres et options n'apparaissent pas par défaut dans la fenêtre d'édition.

Pour les visualiser, il faut utiliser le bouton « Plus >> » qui permet d'afficher la fenêtre d'édition étendue.



Lors de la définition d'une fonction, il est parfois possible d'éditer les éléments 2D utilisés (profil, courbe guide) sans quitter la commande en cours. Cela permet de modifier un contour et d'en voir immédiatement les impacts sur la fonction solide créée grâce au bouton « Aperçu ».





4.1.3.3.2 Fonctions de base :

L'atelier Esquisse fonctionne selon la méthode "Sketcher" (dessin à main levée): on crée une géométrie de forme approximative et l'on impose ensuite des contraintes dimensionnelles et géométriques entre les différents éléments pour obtenir un dessin rigoureux.

Ces contraintes peuvent être modifiées ou supprimées, et l'on peut utiliser des formules pour lier les cotes entre elles ou à des paramètres extérieurs.

La barre d'outils Outils permet de choisir les options de fonctionnement.

Lorsqu'une fonction est activée, l'icône passe en couleur orange.

Barre d'outils : Outils		
Icône	Fonction	Utilisation
	ACTIVE/DESACTIVE LA GRILLE MAGNETIQUE	Accroche les points sur le pas de la grille. (paramétrable dans <i>Outils/Options...</i>)
	Bascule entre éléments standards/éléments de construction	Permet de créer des éléments géométriques qui peuvent servir de référence, mais ne seront pas utilisés pour générer le 3D
	Active/Désactive la création automatique des contraintes géométriques	Permet au système de générer automatiquement des contraintes géométriques lors du tracé à main levée
	Active/Désactive la création automatique des contraintes dimensionnelles	Permet au système de générer automatiquement des contraintes dimensionnelles lors du tracé à main levée

Chapitre 4 : La conception

4.1.3.3.3 Création des contours d'esquisses :

4.1.3.3.3.1 Tracé de la géométrie :

Les esquisses constituent la base de départ servant à générer la géométrie 3D. Elles sont constituées d'éléments géométriques (lignes, cercles, courbes) placés sur un plan 2D. On peut créer autant d'esquisses que l'on veut, dans n'importe quel plan de l'espace, mais il est essentiel de suivre une méthodologie rigoureuse. En effet, le choix des références de départ (plans, directions, repères) est essentiel pour la mise en œuvre et la modification ultérieure des volumes. Il faut respecter les règles de base suivantes :

- Choisir le plan d'esquisse principal pour que.
- Il coïncide avec l'un des plans de base calé sur le repère absolu de la pièce.
- Il corresponde au plan d'interface de montage de la pièce dans l'assemblage.
- Choisir les directions d'extrusion pour définir le maximum de géométrie avec un nombre minimal d'esquisses.
- * Pour les autres esquisses, utiliser les plans principaux ou créer d'autres plans si nécessaires. On peut utiliser une face plane de la pièce pour créer une esquisse. Une référence de type "corps surfacique" est alors créée.








Pour obtenir une orientation cohérente de l'esquisse, il est souvent nécessaire de créer un repère local sur la face.








La création de la géométrie fait appel à une large palette d'outils contenus dans la barre d'outils contours détaillée ci-après.

Dans toutes les commandes, la saisie des points peut se faire :

- À main levée directement (clic gauche).
- Par accrochage sur un élément existant.
- Par la saisie des coordonnées dans la fenêtre contextuelle du menu "outils".

Chapitre 4 : La conception

Barre d'outils : Contours		Menu : Cercle	
Icône	Opération	Éléments d'entrée	Remarques / options
	Cercle	CENTRE + 1 POINT DU CERCLE	On peut aussi saisir les coordonnées du centre et le rayon
	Cercle par 3 points	3 points du cercle OU 2 points + rayon	
	Cercle avec coordonnées	Coordonnées centre + rayon	Crée les contraintes dimensionnelles
	Cercle tri-tangent	3 courbes ou droites	
	Arc par 3 points	3 points	Point 1 = début de l'arc Point 2 = milieu de l'arc Point 3 = fin de l'arc
	Arc par points limites	3 points	Point 1 = début de l'arc Point 2 = milieu de l'arc Point 2 = fin de l'arc
	Arc centré	3 points	Point 1 = centre Point 3=fin Point 2 = rayon et début








Barre d'outils : Contours		Menu : Contour prédéfini	
Icône	Opération	Éléments d'entrée	Remarques / options
	Rectangle	2 points	Les 2 points correspondent à la diagonale
	Rectangle orienté	3 points	Point 1 et 2 = premier côté Point 3= second côté
	Parallélogramme	3 points	Point 1 et 2 = premier côté Point 3 = second côté
	Contour oblong	3 points	Point 1 et 2 = axe du contour Point 3 = Rayon et largeur
	Contour oblong En arc	4 points	Point 1= centre de l'arc Point 2 et 3 = extrémités de l'arc Point 4 = point de passage
	Trou de serrure	4 points	Point 1 et 2 = axes du contour Point 3 = petit rayon Point 4 = grand rayon
	Hexagone	2 points	Point 1 = centre Point 2 = rayon cercle inscrit






4.1.3.3.2 Opérations sur la géométrie :




On peut effectuer des opérations sur les tracés existants :

- Relimitation des intersections
- Congés et chanfreins.
- Transformations géométriques.
- Extraction de géométrie issue du 3D.





Chapitre 4 : La conception

Barre d'outils : Relimitations			
Icône	Opération	Éléments d'entrée	Remarques / options
	Relimitation	2 éléments	Relimite le premier élément ou les 2 éléments à leur intersection selon l'option : 
	Coupure	2 éléments sécants	L'élément 1 est coupé en 2 parties à l'intersection avec l'élément 2
	Effaceur	1 élément sécant avec un ou plusieurs autres	La portion située entre ou à l'extérieur des intersections est supprimée selon l'option : 
	Suppression des relimitations	1 cercle ou 1 courbe	Reconstitue le cercle entier
	Complément	1 cercle ou une ellipse	Trace l'arc complémentaire

Barre d'outils : Transformation			
Icône	Opération	Éléments d'entrée	Remarques / options
	Symétrie	Eléments à transformer + axe de symétrie	Crée des contraintes de positionnement
	Translation	Eléments à transformer + vecteur de translation	Le sous-menu propose le mode duplication
	Rotation	Eléments à transformer + centre de rotation + angle	Le sous-menu propose le mode duplication
	Facteur D'échelle	Eléments à transformer + centre d'homothétie + facteur d'échelle	Le sous-menu propose le mode duplication
	Décalage	Eléments à transformer + 1 point	Crée les contraintes de parallélisme











Barre d'outils : Géométrie 3D			
Icône	Opération	Éléments d'entrée	Remarques / options
	Projection sur le Plan d'esquisse	Eléments 3D : faces ou arêtes	Les éléments projetés apparaissent en jaune et restent liés à la géométrie 3D Pour casser le lien avec le 3D, il faut utiliser la commande <i>isoler</i> accessible par clic droit sur l'objet ou sa représentation dans l'arbre
	Intersection avec le plan d'esquisse	Eléments 3D : faces ou arêtes	
	Projection Edge silhouette	Face cylindrique	

Chapitre 4 : La conception

Barre d'outils : Opération			
Icône	Opération	Éléments d'entrée	Remarques / options
	Congé	2 éléments consécutifs	Options de relimitation des éléments : 
	Chanfrein	2 éléments consécutifs	Options de relimitation des éléments : 

4.1.3.3.4 CREATION DE VOLUMES

4.1.3.3.4.1 Composants issus d'un contour

Barre d'outils : Composants issus d'un contour				
Icône	Opération	Type	Objet CATIA créé	Éléments d'entrée
	Extrusion selon une direction droite normale au plan du profil (prisme)	ajout	Extrusion	1 contour fermé plan + paramètres d'extrusion
		retrait	Poche	
	Création d'un volume de révolution (révolution ou tore)	ajout	Révolution	1 contour fermé plan + 1 axe OU
		retrait	Gorge	1 contour ouvert plan avec les 2 extrémités sur l'axe + 1 axe
	Création d'un trou débouchant, borgne, lamé, lisse ou taraudé	retrait	Trou	1 face plane sur 1 solide + 1 esquisse de positionnement + paramètres du trou
	Extrusion suivant une courbe-guide avec section constante	ajout	Nervure	Profil= 1 contour fermé plan + 1 courbe guide= contour ouvert plan continu en tangence
		retrait	Rainure	
	Volume à section variable s'appuyant sur 1 ou plusieurs courbes-guides (lissage)	ajout	Surface guidée	N contours fermés plans pour définir les sections + X courbes guides passant par un point de chaque section
		retrait	Surface guidée	
	Extrusion selon une direction droite normale au plan de profil	ajout	Raidisseur	1 contour ouvert plan ayant ses extrémités sur une face plane de solide existant

Chapitre 4 : La conception

4.1.3.3.4.2 Composants d'habillage

Barre d'outils :		Composants d'habillage	
Icône	Opération	Objet CATIA créé	Éléments d'entrée
	Congé à rayon constant sur arêtes	Congé arête	1 ou plusieurs arêtes : courbes planes ou gauches
	Congé à rayon variable sur arêtes	Congé arête	1 ou plusieurs arêtes : courbes planes ou gauches
	Congé entre 2 faces	Congé face	2 faces planes non parallèles
	Congé tangent à 3 plans	Congé tri-tangent	3 plans non parallèles
	Chanfrein d'angle constant	Chanfrein	1 ou plusieurs surfaces OU arêtes + paramètres du chanfrein
	Dépouille d'angle constant	Dépouille	Face à dépouiller, élément neutre et direction
	Création d'un corps évidé à partir d'un corps plein	Coque	1 ou plusieurs faces à retirer + 1 ou 2 valeurs d'épaisseur
	Ajout de matière sur une face	Surépaisseur	1 ou plusieurs faces à épaissir + 1 valeur de surépaisseur
	Ajout d'un taraudage	Taraudage	1 cylindre (poche circulaire) + 1 plan + paramètres du taraudage

4.1.3.4 Assembly Design



Cet atelier permet de créer des produits constitués de différentes pièces mécaniques réalisées dans l'atelier "Part Design". Les liaisons entre les solides sont définies par l'intermédiaire de contraintes géométriques liant une ou plusieurs entités géométriques des pièces assemblées.

Pour le but de démarrer cet atelier, on suit ces étapes :

Démarrer -> Conception mécanique -> Assembly Design

- Contrainte de coïncidence entre 2 axes, droits ou plans



- Contrainte de contact



- Contrainte de décalage (impose une distance)



- Contrainte angulaire

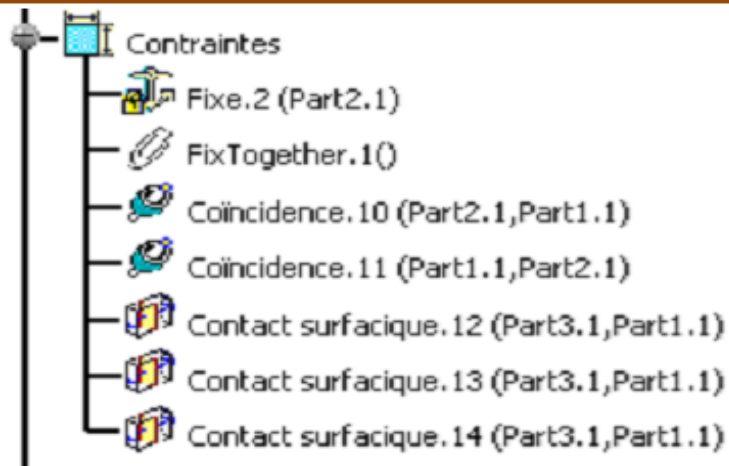


- Contrainte de fixité relative



- Contrainte de fixation (c'est le « bâti », la « masse »)

Il est à noter que pour un même mécanisme, il existe plusieurs jeux de Contraintes possibles. Les contraintes apparaissent dans l'arbre des Spécifications de la façon suivante :



4.1.3.5 Drafting : Mise en plan



La mise en plan est l'opération finale que l'on effectuera pour réaliser des dessins d'ensemble, nomenclatures et plan de définition.

Pour créer une mise en plan d'une pièce (PART) ou d'un assemblage (PRODUCT), il faut l'ouvrir et faire un nouveau fichier en cliquant sur « fichier », « nouveau ».

La fenêtre ci-contre apparaît. Sélectionner le type de fichier

« Drawing ». Valider avec « OK ».

Suite à cette sélection, une seconde boîte apparaît.

Celle-ci concerne le choix du format de papier.

Choisir le standard (en général ISO) ainsi que votre style de feuille dans les menus déroulant.

Il est conseillé de prendre A3 compte tenu des capacités d'impression de l'ENSIL.

L'orientation paysage est la plupart du temps à privilégier.

Enregistrer immédiatement votre travail.

4.1.3.5.1 Mise en place des vues :

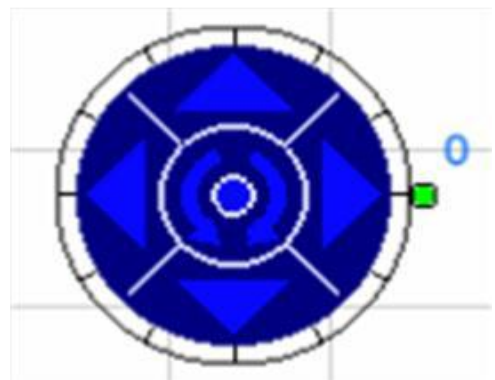
Il existe 2 méthodes pour mettre en place les vues. Une méthode manuelle et une méthode semi-automatique avec un assistant. Dans tous les deux cas, il est conseillé d'utiliser le multi fenêtrage pour visualiser simultanément l'objet volumique et la mise en plan.

4.1.3.5.1.1 Mise en place manuelle des vues :

On commence toujours par placer la vue de face.

Pour cela on clique sur l'icône « vue de face » puis on sélectionne un plan de la pièce 3D qui repèrera cette vue.

Le manipulateur ci-contre apparaît. Il permet de changer de vue grâce aux 4 grosses flèches ou de faire tourner la



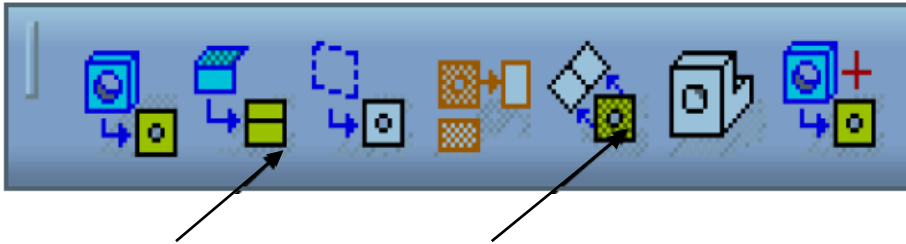
Chapitre 4 : La conception

vue sélectionnée grâce aux 2 petites flèches courbes.

Une fois la position choisie, cliquer sur le petit cercle au centre du manipulateur pour valider.

Il est possible de changer l'échelle de cette vue en cliquant droit dessus dans l'arbre de construction et en sélectionnant propriétés.

Pour rajouter d'autres vues, il suffit de cliquer sur l'icône « vue projetée » et de cliquer sur le plan à l'endroit souhaité.



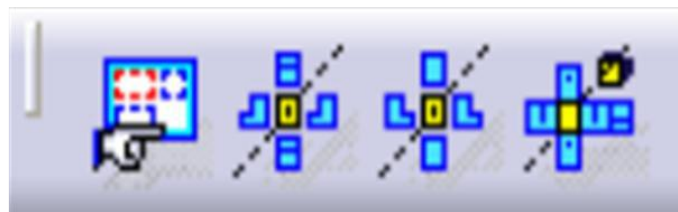
Vue de Face

Vue Projetée

4.1.3.5.1.2 Mise en place semi-automatique :

L'assistant de mise en plan fonctionne de manière similaire à la mise en place manuelle mais le nombre de vues est prédéfini.

Cet assistant incite à multiplier les vues ce qui est souvent inutile. Donc il faut souvent supprimer les vues excédentaires.



4.1.3.5.2 Autres vues :

Pour réaliser d'autres types de vues utiliser les icônes suivantes :



Vue en coupe

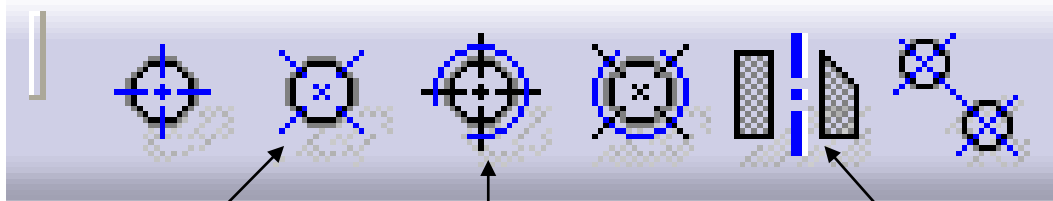
Vue de détail

Vue interrompue

Chapitre 4 : La conception

4.1.3.5.3 Fonction d'habillage :

Les fonctions d'habillage permettent de rajouter les traits manquants. En effet CATIA ne prend pas en compte un certain nombre de spécifications du dessin technique qu'il faut mettre manuellement.



Trait d'axe vue de face

Taraudage et filetage

Trait d'axe de vue de côté

4.1.3.5.4 Cartouche :

Pour créer le cartouche, il faut d'abord éditer le fond de plan. Cliquer dans la barre d'outils sur « édition », « fond de plan ». Cliquer ensuite sur l'icône « Créer Cartouche ».

La fenêtre ci-dessous apparaît :

Vous pouvez alors choisir le cartouche qui vous convient et valider avec OK.

Vous pouvez ensuite modifier le contenu du cartouche en double cliquant sur les éléments. Pour revenir à la mise en plan, cliquer dans la barre d'outils sur « édition », « calques des vues »

4.1.3.6 Module Analyse & Simulation :

4.1.3.6.1 Présentation des ateliers :

Les ateliers « Analyse et Simulation » permettent de réaliser des analyses par éléments finis sur une pièce ou un assemblage à savoir :

- Advancemeshingtools : outils avancés de maillage. N'est pas utilisé pour les études courantes
- Générative Structural Analysis : permet de réaliser les études suivantes :

-Analyse statique : il s'agit de dimensionner une pièce mécanique en fonction des efforts appliqués

Analyse modale : étude des modes propres d'un système avec déclaration de conditions aux limites (encastrement ...)

Analyse modale libre : étude des modes propres sans déclaration préalable de conditions aux limites

Chapitre 4 : La conception

•Analyses connexions: permet de déclarer des connexions particulières comme des points de soudure. Nous présentons ci-dessous l'atelier « Analyse statique», sachant que les ateliers d'analyse modale sont assez proches et peuvent donc être utilisés sans peine.

4.1.3.6.2 Présentation de l'atelier « Calculs de Structure » :

L'atelier "Analyse & Simulation/Générationnelle Structural Analysis" permet de réaliser des calculs de structure sur les modèles géométriques CATIA en vue de leur dimensionnement. Cet atelier est totalement intégré à l'environnement CATIA et ne nécessite aucune connaissance approfondie dans le domaine du calcul. On se place ici dans le cadre de calculs d'avant-projet permettant de vérifier le plus rapidement possible la validité d'une solution.

4.1.3.6.3 Méthodologie pour le calcul de structure :

Les différentes étapes à suivre pour réaliser un calcul de structure sur une pièce ou un assemblage est le suivant :

- Modélisation géométrique du système à étudier : « Part design » pour les pièces, « Assembly design » pour les assemblages
- Affectation d'un matériau aux pièces dans l'atelier Part design : une librairie de matériaux est disponible sous C A T I A. On peut également éditer ses propres matériaux dans l'atelier : Infrastructure/Material library
- Activation de l'atelier « Générationnelle Structural Analyses » puis « Analyse statique »
- Détermination de la taille générale du maillage et éventuellement de maillages locaux
- Définition des conditions aux limites : chargement, contraintes, liaisons
- Pour les assemblages, transformations des contraintes géométriques en connexions entre pièces
- Maillage automatique et résolution du problème
- Analyse des résultats : déplacements, contraintes de Von Mises etc. (10)

4.1.3.6.4 Charges



- L'utilisation des différents types de charges est très intuitive et ne sera donc pas détaillée ici.

Pression : permet de définir une charge en N/m^2 sur une face à désigner



- Force distribuée : permet de définir une force en un point, un bord, une face ou une pièce virtuelle.

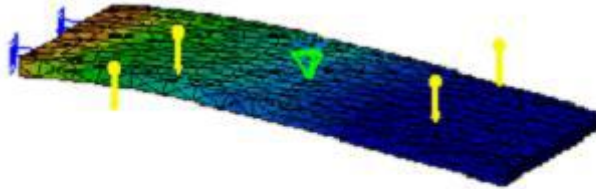
Chapitre 4 : La conception



- Chargement de type palier : permet de définir un chargement de type palier sur un cylindre, un cône ou une surface de révolution



- Définit une accélération, par exemple la pesanteur pour étudier un solide soumis à son propre poids :



4.1.3.6.5 Autres icônes :



Déformation

Contraintes de Von mises

Déplacement



Encastrement

Glissement surfacique

Fixation définie par l'utilisateur



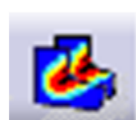
Lancement de calcul



Générés un rapport



Journal du code de calcul El fini



Positionnement des images



Représentation simplifiée



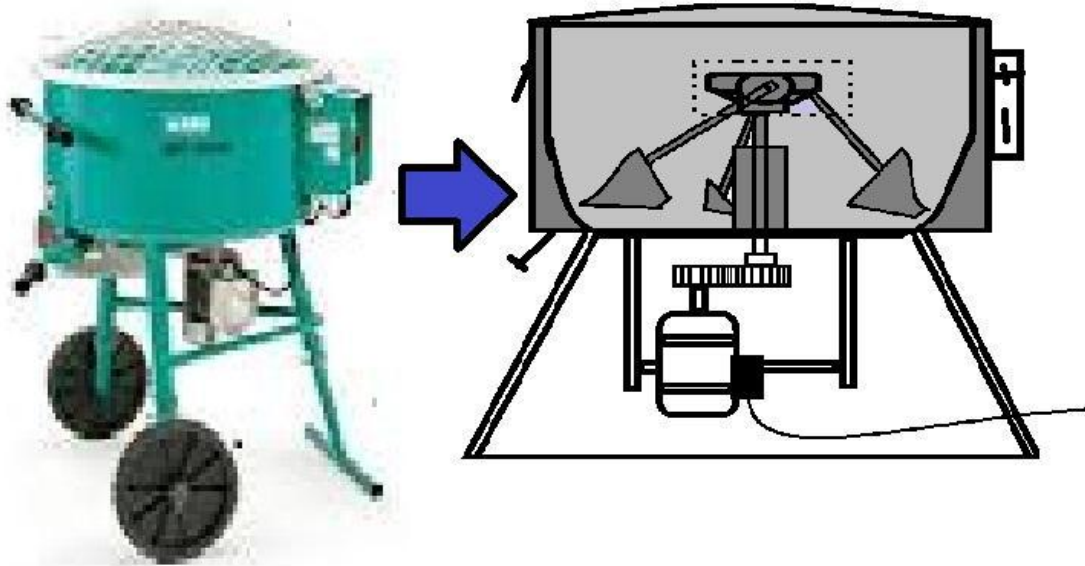
Amplitude de la déformée

Chapitre 4 : La conception

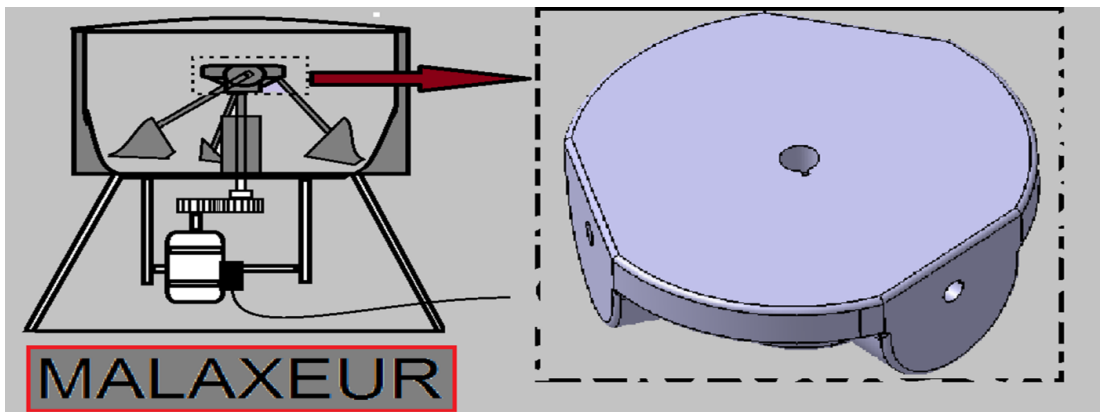
4.2 Partie de simulation :

Conception d'une pièce mécanique (malaxeur) par utiliser l'outil informatique CATIA v5

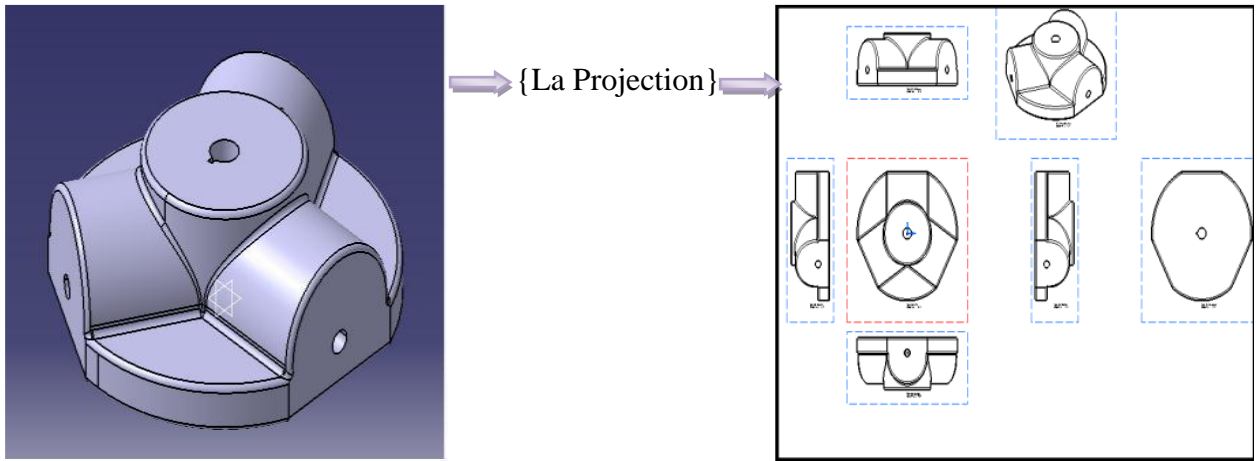
Dans cette partie on a fait une réalisation de la pièce du malaxeur entre l'arbre de mouvement et les Utiles de malaxage voire la figure suivante :



MALAXEUR

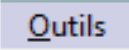
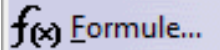


Chapitre 4 : La conception



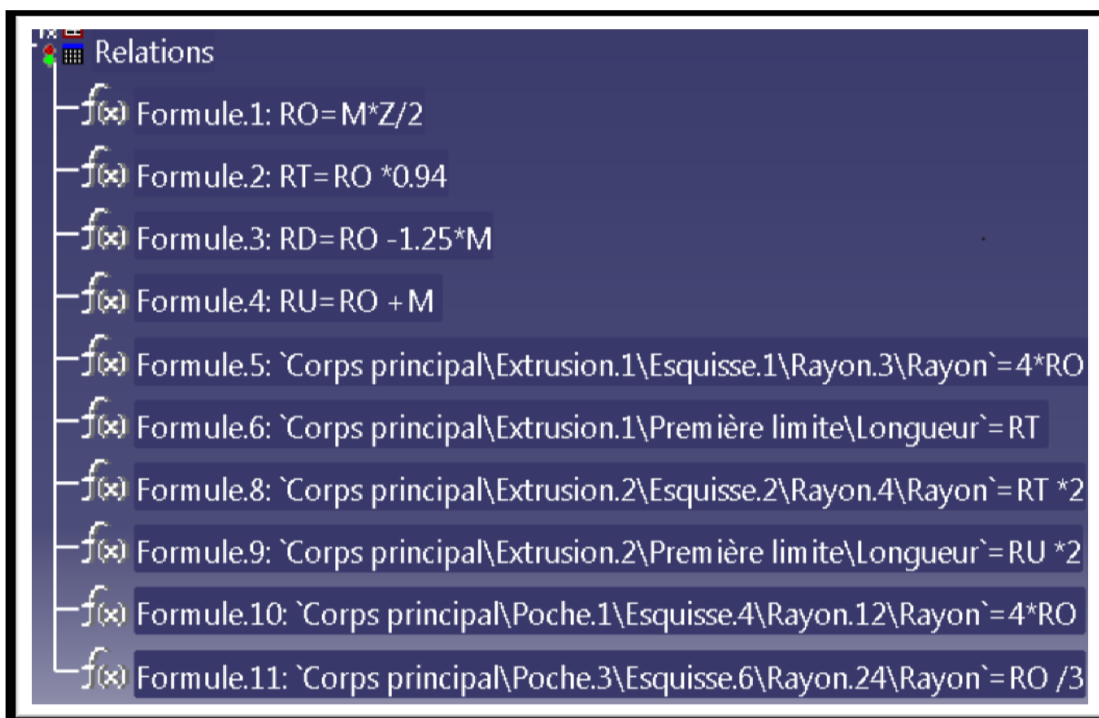
- Avance logiciel C A T I A v5 sur votre ordinateur

- Allez vers Part Design

- Outil  \Rightarrow ff(x) formule  \Rightarrow

Crée 05 paramètres de types longueur (M et RO et RD et RT et RU) et un paramètre de type réel(z) sachant que la formule de chaque paramètre comme suit : $M=3.5\text{mm}$; $RO=M*Z/2$; $RT=RO*0.94$; $RD=RO-1.25*M$; $RU=RO+M$; $Z=25$; \Rightarrow appliquer \Rightarrow OK.

Les relations Sant affichés sous l'arborescence comme la figure suivent :

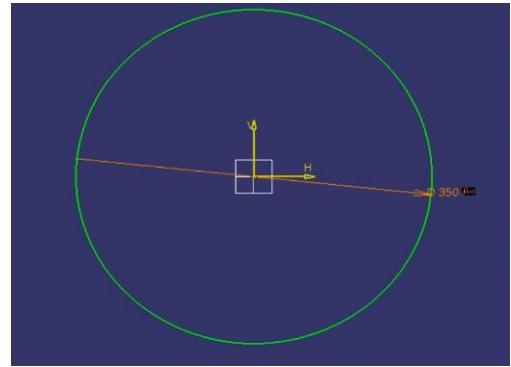


Chapitre 4 : La conception


- Choisissez le plan XY + nouvelle esquisses

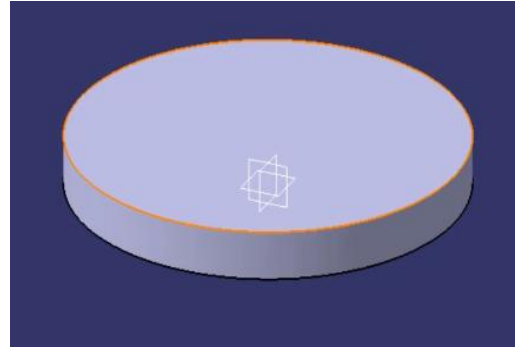
- Traces un cercle  + fait un contraint 

- Type de cotation "rayon" =f(x)=4*RO
(voir Figure01)



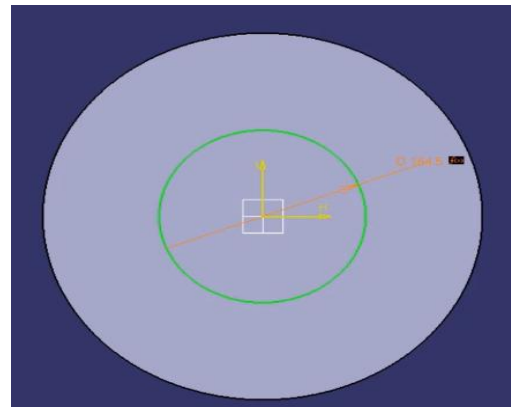
(Figure01)

- Fait une extrusion à  fonction de "RT"
(Voir Figure02)



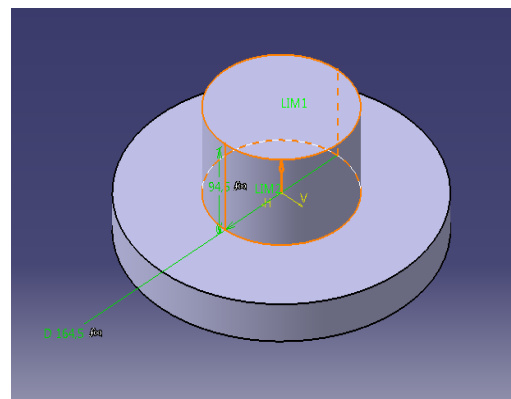
(Figure02)

- Sélectionnée la face supérieure +
• Nouvelle esquisse (voir Figure03)



(Figure03)

- fait un cercle dans le centre de diamètre en fonction de "2*RT"
+ fait une Extrusion ="2*RU" (Figure04)



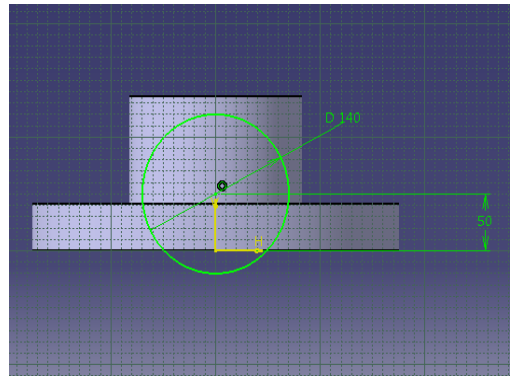
(Figure04)

Chapitre 4 : La conception

- Choisie le Plan ZX +nouvelle esquisse +tracer un cercle de rayon $R=70\text{mm}$ et le distance entre le centre de cette cercle et centre de la repère

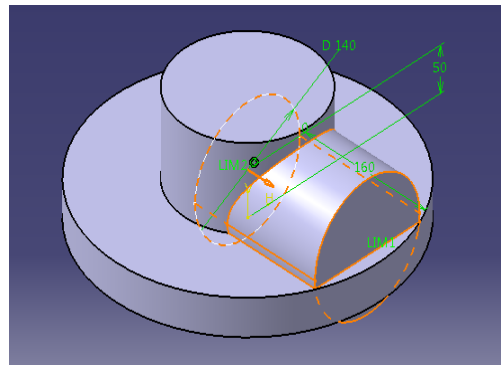


=50mm (voir Figure05)



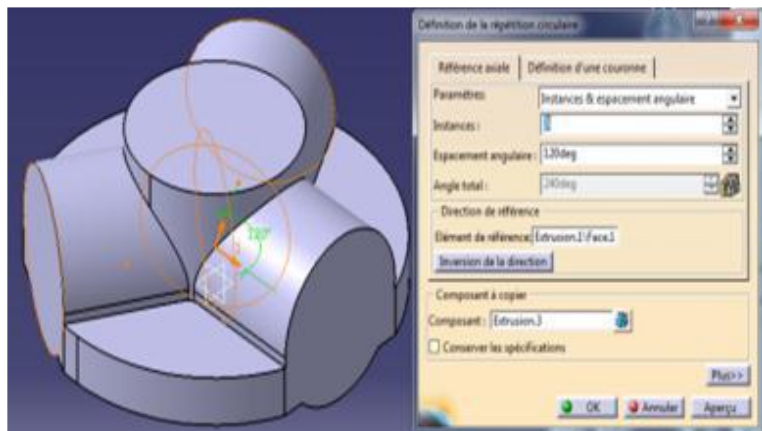
(Figure05)

- Faites une extrusion a 160mm. (voir Figure06)






(Figure06)

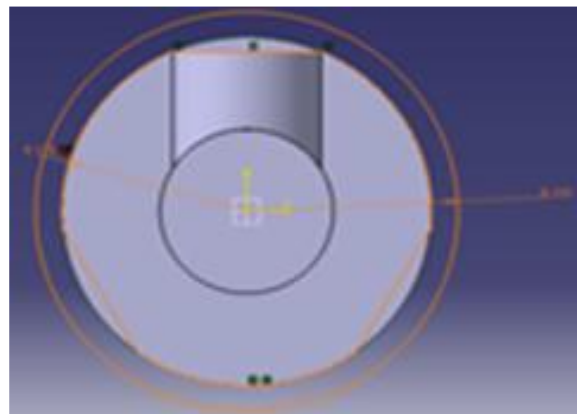
- Aller vers l'arborescence sélectionnée le "extrusion 3" puis un "répétition circulaire "de trois instances et de 120 deg d'espacement angulaire, et collectionnée la face supérieure de l'extension du cercle de $4*RO$ puis "OK". (Voir Figure07)



(Figure07)


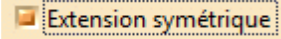
- Choisie le XY +nouvelle esquisse +tracer un droit horizontal  et la distance entre la droit et l'axe horizontale =160mm, et fait une  Rotation + tracer deux cercles de rayon $=4*RO$ et rayon $=200\text{mm}$

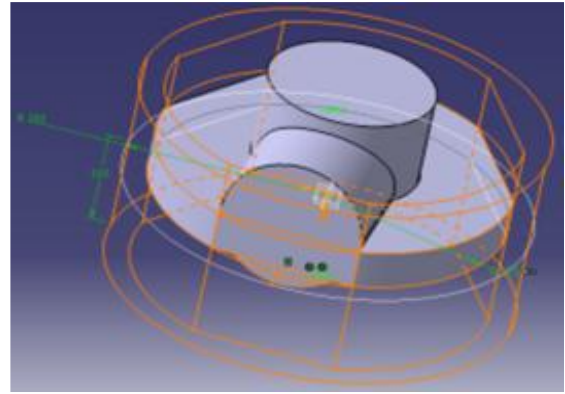
- Supprimer  les coter du droit horizontal a l'extérieure a cercle $4*RO$ (voir Figure08)





(Figure08)

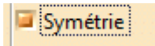
Chapitre 4 : La conception

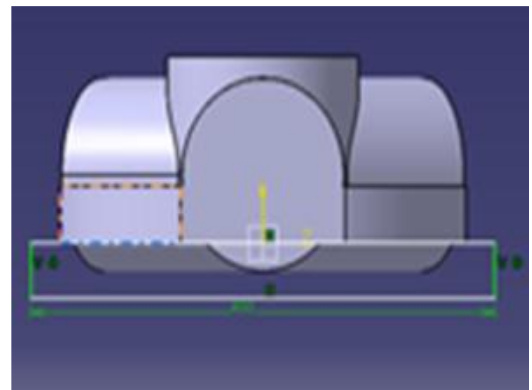
- Fait u poches  de 100 mm et sélectionnée "Extension symétrie"  " (Voir Figure09)



(Figure09)

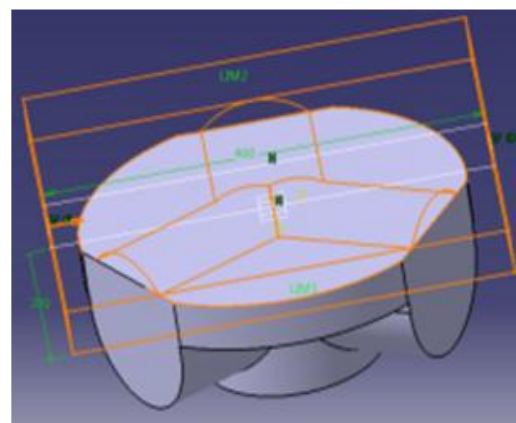
- Choisie le Plan ZX +nouvelle esquisse
- Tracer un rectangle  dans le centre du repère
- Sélectionnée l'arête haute du rectangle avec l'axe horizontale allez a "contraint multiples"  "et sélectionnée la "coïncidence ".la longueur de l'arête=350mm

- Sélectionnée les deux arêtes verticales puis l'axe verticale allez a "contraint multiples" et sélectionnée la "symétrie"  (voir Figure10)



(Figure10)

- Faite une poche de 200mm et sélectionnée la "Extension symétrie". (Voir Figure11)
- Choisie le Plan XY +nouvelle esquisse



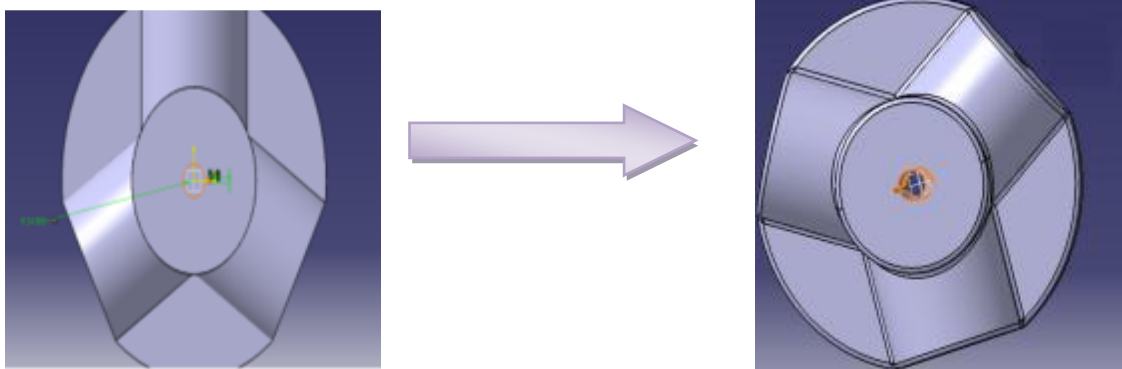
(Figure11)

Chapitre 4 : La conception

- Faites un cercle dans le centre du repère de rayon en $f(x)=RO/3$; et rectangle, sélectionnée les deux arrêts horizontaux puis l'axe horizontale et faite une symétrie, la longueur de l'arrêt verticale du rectangle =5mm
- Le distance entre l'arrêt droit de la rectangle et l'axe verticale =20mm.
- Effacer les 4 lignes interne du cercle
- et rectangle +fait n poches à 140 mm et sélectionnée "inverse direction

Inverser la direction "

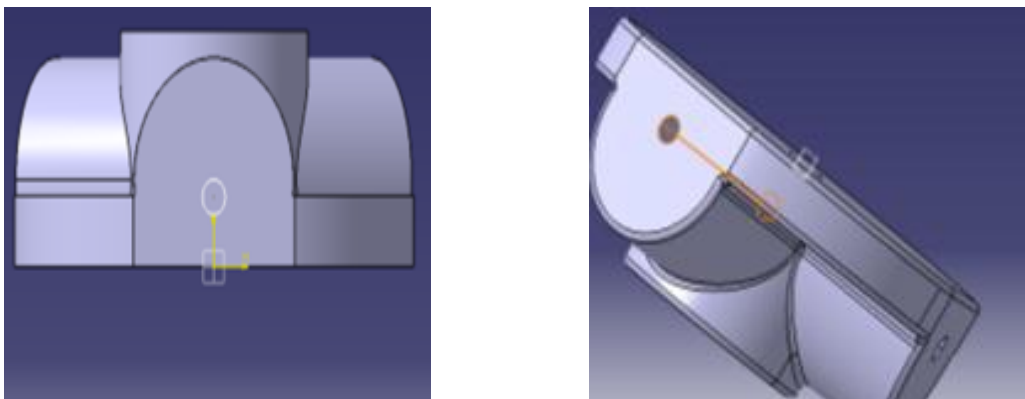
(Voir Figure12)



(Figure12)

- Choisie le Plan ZX +nouvelle esquisse
 - Fait un cercle de rayon 10mm et la distance 40mm entre O et O'
 - Fait une poche de 160mm et sélectionnée la " inverse direction "

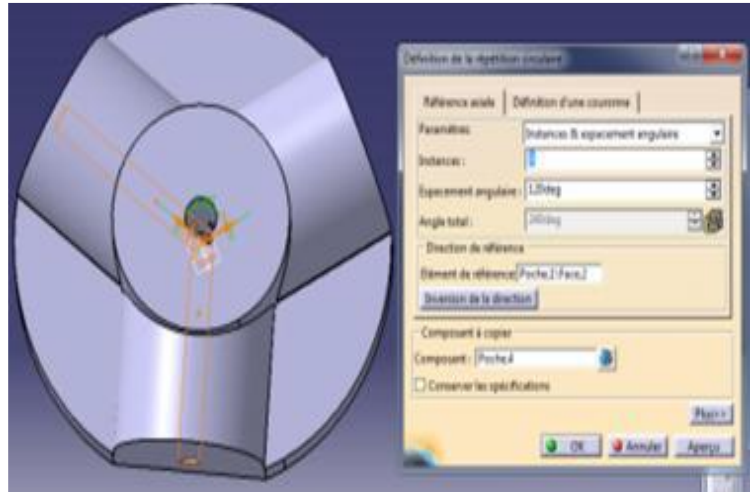
(Voir Figure13)




(Figure13)

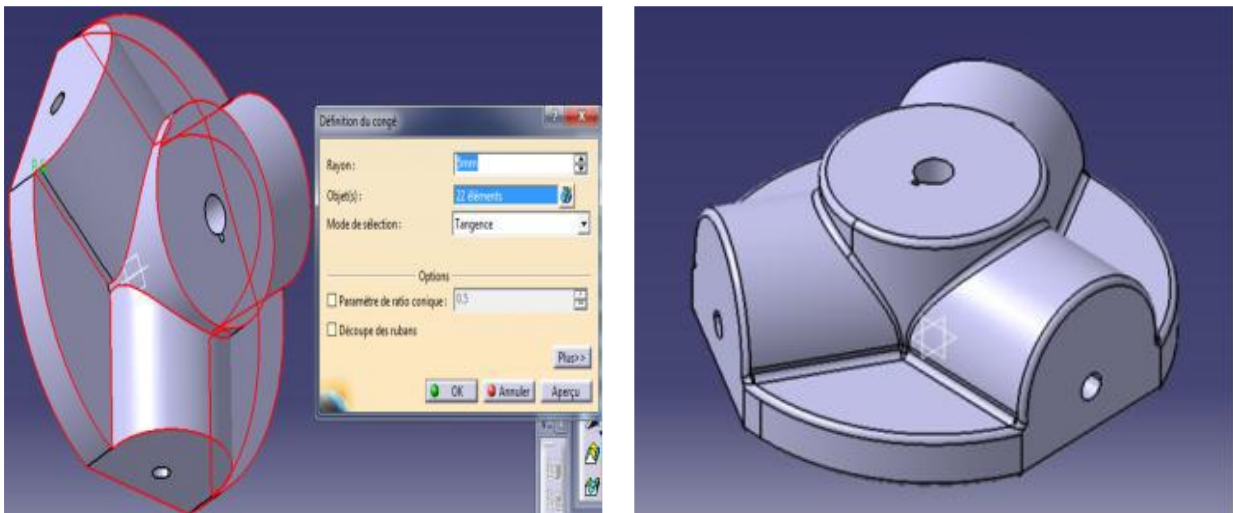
Chapitre 4 : La conception

Aller a arborescence et sélectionner le "poche 4" et faite une répétition circulaire de trois instance et le 120 dég puis Sélectionnée la face Supérieure de Figure (14) la cercle de "4*RO" (voir Figure14)



(Figure14)

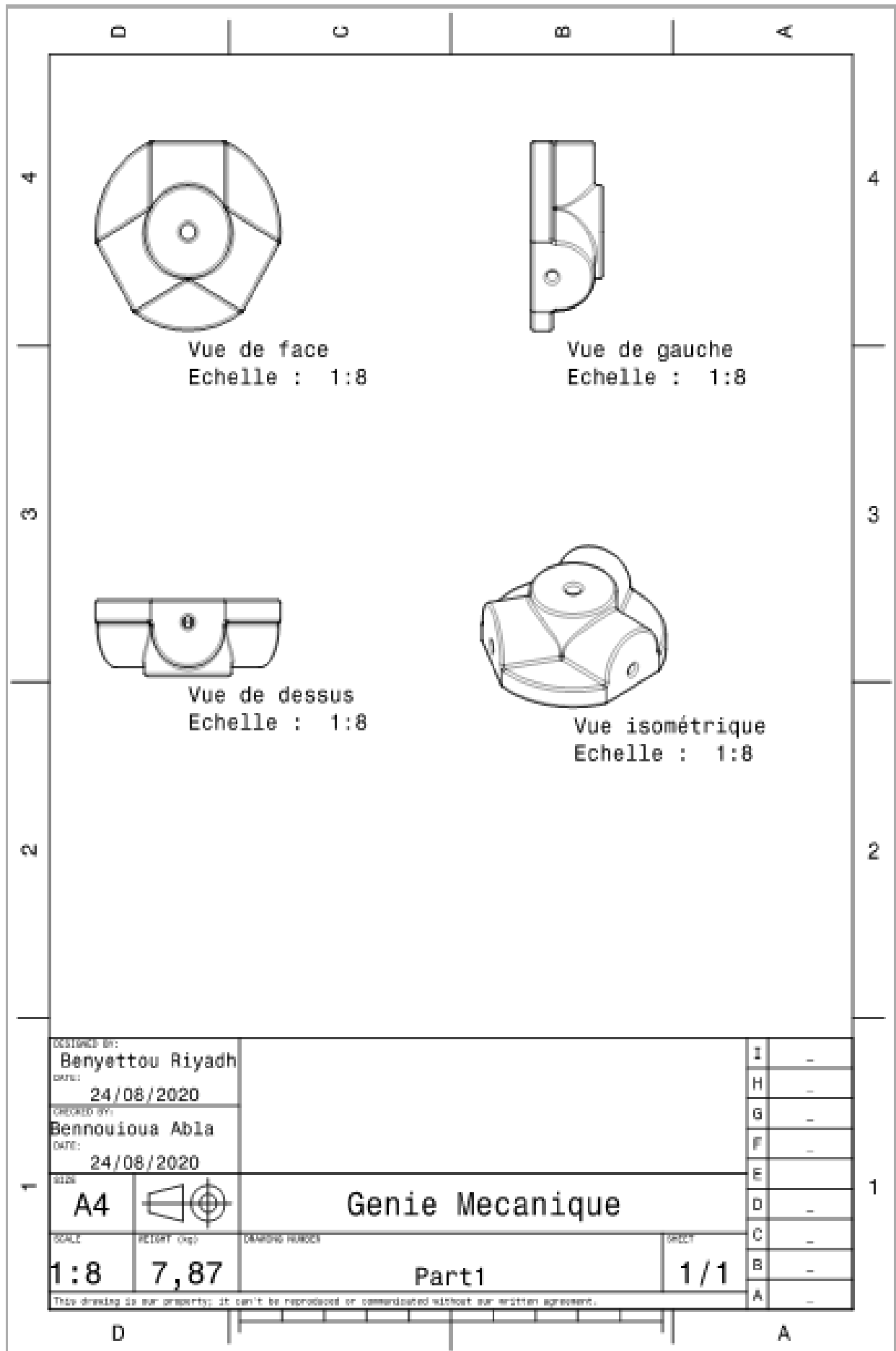
- Sélectionnée toute les Arrêtes extérieures et fait un "congé d'arrêt"  " de rayon 5mm. (Voir Figure15)



(Figure 15)

Chapitre 4 : La conception

4.2.1 Le cartouche



***Conclusion
générale***

5 Conclusion générale

Conclusion générale

Après l'étude bibliographique nous sommes arrivés à distinguer entre la pratique qui est le moulage de la pièce et ses techniques ainsi que différentes applications des logiciels C A T I A v5.

L'industrie de la fonderie d'aluminium doit d'une façon générale progresser dans deux grandes directions : baisse des coûts et amélioration des propriétés des pièces.

Le moulage en moule permanent par coquille est le meilleur choix pour répondre à ces deux exigences. Avec ce type de moule on baisse les coûts car le moule est permanent.

L'aluminium a une température de fusion relativement basse ce qui résulte d'une facilité de fusion qui présente un avantage certain pour les opérations de fonderie, Leur emploi est lié à leur légèreté, leur conductibilité et leur résistance à la corrosion,

Les fours à flamme (gaz ou propane) sont répandus pour les fonderies d'alliages d'aluminium

Les techniques de moulages en moules permanents se basent sur l'utilisation des moules en métal généralement en acier ou en fonte, L'utilisation de moules en métal restreint le choix des alliages pouvant y être coulés à ceux dont le point de fusion est inférieur à celui du métal du moule. Les pièces obtenues sont précises grâce à la grande rigidité du moule et l'utilisation du blanc de fonderie pour les moules on obtient de bons états de surface.

Bibliographie

6 Bibliographie

1. **Adrien Toros, Jorge Zarate, Benoît Denkinger.** *Méthode de productions Moulage des Métaux, école polytechnique fédérale de Lausanne.* 2012.
2. **Ahlem, Mme BOUGHERARA.** *Etude de la corrélation entre les propriétés mécaniques Et la température des traitements thermiques d'un alliage fer/cuivre.* 2013/2014.
3. **MARTIN, Lionel.** *Intégration du métier de la fonderie dans les processus de conception méthodologies et outils associés, L'école nationale supérieure d'arts métiers.* 2006.
4. **Zherng, Chang Qing.** *Étude et évaluation des procédés de fabrication des pièces de Suspension d'automobile en alliage d'aluminium, L'UNIVERSITÉ DU QUÉBEC,.* 2009.
5. **Fonderie des non ferreux à bas point de fusion, Automatisée et à coulée par gravité.** 2001.
6. **GUIDE FOR CASTING DIGITAL RADIOGRAPHY.** *guide pour la radiographie numérique des pièces moulées D. Lavastre 1.*
7. **Haddouche, Asma.** *Caractérisation physico-chimique des alliages d'Aluminium utilisés comme matériau de revêtement mural, Université Med Khider Biskra.* 2013/2014.
8. **www.controlsgroup.net.** [En ligne]
9. **Sylvio Quesnel, ING.** *université de Montréal, essai sous gradient thermique du corindonage des réfractaire : application aux fours de traitement de l'aluminium.* décembre 1996.
10. **liver de catia V5.**
11. **multiples, Auteurs.** *Les alliages d'aluminium moulés, [CD-ROM], Paris, Centre technique des industries de la fonderie et Centre québécois de la recherche et du développement de l'aluminium.* 2002.
12. **L'aluminium dans l'automobile, Pechiney Rhenalu, Paris, 1998, 144 pages.**
13. **Aluminium Casting technologie, 2nd Edition, American Foundrymen's Society, Des Plaines, Illinois, 1997, 356 pages.**
14. **coord, STEFANESCU D. M.** *Casting, Volume 15 in ASM Handbook, 9th Edition, American Society for Metals, USA, . 1988.*
15. **A, HOUDE.** *Répertoire des fonderies québécoises, révision 2002, Québec, Direction des communications du ministère de l'Industrie et du Commerce.* 2000.
16. **F.BLANCHARD (cram ile-de France), B.COURTOIS (inrs paris), C.ROBIN (cramRhône-Alpes).** *institut nationale de recherche et de sécurité.* 2016.
17. **Editions Techniques des Industries de la Fonderie.** *Maîtrise de l'Energie dans l'Industrie de la Fonderie, N° ISBN : 978-2-7119-0277-4, Dépôt légal : 4ième trimestre 2013.* Octobre 2013.
18. **européenne, commission.** *forges et fonderie, ministre de l'écologie de l'énergie de développement durable et de la mer.* mai 2005.

Résumé

7 Résumé

Français

Le moulage est un des plus anciens procédés de mise en forme des métaux. Cette technique est largement utilisée à travers le monde de nos jours, les nombreux alliages utilisés permettent d'obtenir des propriétés physiques et mécaniques très variées. Parmi les avantages de cette méthode, citons la possibilité de produire des pièces à géométrie complexe, un coût de production faible, très peu de pertes de matière lors de la production, et une adaptation aisée à la production de masse. Quelques désavantages sont l'état de surface et les tolérances des pièces obtenues, souvent moins bonnes qu'avec d'autres méthodes, ainsi que des questions relatives à la protection de l'environnement, dus aux rejets et aux pollutions que peuvent générer les fonderies.

Après explication des concepts de base entrant en jeu, nous présentons les principales méthodes de moulage ainsi que les caractéristiques des pièces obtenues.

Les travaux présentés dans ce document s'inscrivent dans le cadre de la conception et de la fabrication de pièces moulées plus spécifiquement dans le but d'intégrer les connaissances du métier de fonderie dans le processus de conception. Comme pour les autres industries, le développement des produits de fonderie doit répondre aux trois triades : productivité accrue, réduction des coûts et contrôle de la qualité. Le moulage peut-il atteindre ce triple objectif ? et quel est le meilleur type de moulage nécessaire pour atteindre cet objectif ?

Pour répondre à la problématique, une expérience a été menée qui impliquait le moulage au sable d'une broyeur d'un malaxeur de type M 55-C0199/B, Cela se fait en appliquant toutes les étapes de ce type de moulage de Préparation du châssis inférieur à Préparation du châssis supérieur à Ouverture du châssis et finition de l'empreinte et, et, ... Jusqu'à ce que nous ayons notre pièce.

A partir de nos conclusions, Le moulage en moule permanent par coquille est le meilleur choix pour répondre aux trois exigences précédentes « les trois objectifs ».

Anglais

Casting is one of the oldest metals forming processes. This technique is widely used throughout the world today; the numerous alloys used make it possible to obtain very varied physical and mechanical properties. The advantages of this method include the possibility of producing parts with complex geometries, low production costs, very little material loss during production, and easy adaptation to mass production. Some disadvantages are the surface finish and tolerances of the parts obtained, which are often less good than with other methods, as well as environmental protection issues, due to the waste and pollution that can be generated by foundries.

After explaining the basic concepts involved, we present the main casting methods and the characteristics of the parts obtained.

The work presented in this document falls within the framework of the design and manufacture of castings more specifically with the aim of integrating knowledge of the foundry trade into the design process. As in other industries, foundry product development must meet the three triads of increased productivity, cost reduction and quality control. Can casting achieve this triple objective? Moreover, what is the best type of casting needed to achieve this objective?

To answer this question, an experiment was carried out which involved sand molding of a type M 55-C0199/B mixer grinder. This was done by applying all the steps of this type of molding from Preparing the lower frame to Preparing the upper frame to Opening the frame and finishing the impression and, and, ... until we have our part.

Based on our conclusions, permanent mould casting by shell is the best choice to meet the three previous requirements "the three objectives".

يعتبر الصب من أقدم عمليات تشكيل المعادن. تستخدم هذه التقنية على نطاق واسع في جميع أنحاء العالم في الوقت الحاضر.

تتيح العديد من السبائك المستخدمة الحصول على مجموعة متنوعة من الخصائص الفيزيائية والميكانيكية. من بين مزايا هذه الطريقة إمكانية إنتاج أجزاء بهندسة معقدة، وتكلفة إنتاج منخفضة، وفقدان ضئيل للغاية للمواد أثناء الإنتاج، وسهولة التكيف مع الإنتاج الضخم. تتمثل بعض العيوب في تشطيب الأسطح والتفاوتات في الأجزاء التي تم الحصول عليها، والتي غالباً ما تكون أقل جودة من الطرق الأخرى، فضلاً عن قضايا حماية البيئة، بسبب النفايات والتلوث الذي يمكن أن تولده المسابك.

بعد شرح المفاهيم الأساسية المتضمنة، نقدم طرق التشكيل الرئيسية بالإضافة إلى خصائص الأجزاء التي تم الحصول عليها.

يندرج العمل المعروض في هذه الوثيقة في إطار تصميم وتصنيع الأجزاء المقولبة وبشكل أكثر تحديداً بهدف دمج المعرفة بتجارة المسبك في عملية التصميم. كما هو الحال مع الصناعات الأخرى، يجب أن يفي تطوير منتجات المسابك بالثلاثيات: زيادة الإنتاجية، انخفاض التكاليف، مراقبة الجودة، فهل يمكن أن يحقق الاختيار هذا الهدف الثلاثي؟ علاوة على ذلك، ما هو أفضل نوع مطلوب لتحقيق هذا الهدف؟

للإجابة على المشكلة، تم إجراء تجربة تضمنت قوالب كسارة (مطحنة الخلاط) من نوع M 55-C0199/B بالرمل، وذلك من خلال تطبيق جميع مراحل هذا النوع من القوالب بالتمام من إعداد الإطار السفلي إلى إعداد الإطار العلوي إلى فتح الإطار وإنهاء الانطباع و، و، ... حتى نحصل على القطعة الخاص بنا.

بناءً على النتائج التي توصلنا إليها، يعتبر قوالب الغلاف الدائم هو الخيار الأفضل لتلبية المتطلبات الثلاثة السابقة "الأهداف الثلاثة"،