

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

**UNIVERSITE BADJI
MOKHTAR- ANNABA**



جامعة باجي مختار - عنابة

FACULTE SCIENCE D'INGENIEUR
DEPARTEMENT GENIE MECANIQUE

MEMOIRE DE MASTER

FILIERE Génie Mécanique

OPTION Production Mécanique

Thème

Contribution a l'élaboration de la gamme de fabrication du
porte satellite tracteur extra MF 440

Par
Tifouti Hadjer

DIRECTEUR DU MEMOIRE : Rachid Laissaoui

Promotion : 2016/2017



Remerciements

Je remercie DIEU le tout puissant et miséricordieux pour la volonté, la santé et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

Qu'il me soit permis de présenter ici mes remerciements à tout un petit monde de personnes qui ont rendu possible la présente étude et qui ont contribué à son élaboration sous quelque forme que ce soit.

Je voudrais tout d'abord adresser toute ma gratitude au directeur de ce mémoire Dr MEKHILÉF.S , pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je désire également remercier les enseignants du département Génie Mécanique qui m'ont fourni les outils nécessaires à la réussite de mes études universitaires.

Mes remerciements infinis à tout le personnel de l'entreprise ETRAG CONSTANTINE , les travailleurs de la division «B5» particulièrement Mr ZAHAF MED ZAKARIA , et MR CHAKER DEMIGHA.

*Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à:
Mes parents, mes frères, et mes sœurs, que Dieu les gardent ;*

Merci à toutes et à tous.

Remerciements

Je remercie DIEU le tout puissant et miséricordieux pour la volonté, la santé et la patience d'accomplir ce Modeste travail.

Qu'il me soit permis de présenter ici mes remerciements à tout un petit monde de personnes qui ont rendu possible la présente étude et qui ont contribué à son élaboration sous quelque forme que ce soit.

Je voudrais tout d'abord adresser toute ma gratitude au directeur de ce mémoire Dr A. Amirat, pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je désire également remercier les enseignants du département Génie Mécanique qui m'ont fourni les outils nécessaires à la réussite de mes études universitaires.

Un grand merci à Mr Benjoudi Youcef, Mr Bounouara Abdelouaheb, Mr Niou Selemani et M^{LCE} Aziafef, Ghenaï Walid, pour leur contribution dans la maîtrise du logiciel. Ils ont grandement facilité mon travail.

Mes remerciements infinis à tout le personnel de l'entreprise ArcelorMittal Annaba, les travailleurs de la division «AMM» particulièrement Mr A. belhani Chef Service du groupe «T.F», l'ingénieur N. Tachi, l'ingénieur M. Bouadame les ingénieurs : H. Regami, Hamdi, Raouf, Fouad Mmeberawite et Mme Karima, mené par sans eux, ce projet n'aurait pas vu le jour.

*Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à:
Mes parents, mes frères, et ma sœur, que Dieu les garde ;
Mes proches : Kawter, Ilhem et Faizatous les Amis qui m'ont toujours soutenus et encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire.*

Merci à toutes et à tous.

Liste de figures

Figure 01: le moulage en sable

Figure 03: Machine de noyautage

Figure 04 Application de secousse

Figure 05: Opération de noyautage

Figure 06: Opération de coulée

Figure 07: Station de décochage par vibration

Figure 08: Opération de chariotage

Figure 09:procédé de fraisage

Figure 10: Mouvement de coupe et d'avance

Figure 11 : procedé de percage

Figure 12: procéder d'alésage

Figure 13:Côte Machine

Figure 14: côte outil

Figure 15: Côte Appareil

Figure 16:Principaux facteurs influençant la formation du copeau

Figure 17: Vitesse de coupe

Figure 18:Vitesse d'avance

Liste des tableaux

Tableau 01 : composition du sable de noyautage

Tableau 02 : composition de moulage

Tableau 03 : Correspondances de matériaux GGG70 entre des normes

Tableau 04 : Composition chimique

Tableau 05 : Caractéristiques mécaniques sur éprouvette

Tableau 06 : Le copeau minimal des différentes opérations

Tableau 07 : valeurs économiques

INTRODUCTION :

La fabrication mécanique est un domaine très important dans l'industrie mécanique, et la base de tous progrès technologique moderne qui consiste des conceptions et des méthodes de construction très spécifique.

L'importance de cette filière est très large dans le développement économique par l'augmentation de la productivité en qualité et en bien sur qui sera inclus un rendement bénéficiaire très important aussi qui a lieu d'obtention d'une marque international de notre produit par l'export de notre produit et cela en fabriquant des pièces selon des plants de conception bien définie :des couts aussi bien optimisés, et méthodes de fabrication adéquates.

La bonne organisation et l'amélioration des produits fabriquant assurent notre objectif qui acquise durant notre formation professionnelle, qui nous ont élaboré la gamme d'usinage détaillée et particulièrement toutes les phases de fabrication et les moyens utilisé tels que programme de fabrication, l'outillage, instruments de mesure, les gabarits, les dispositifs...

Aujourd'hui ; l'intégration des produits importé est devenue une stratégie prioritaire pour notre pays afin de renforcer son indépendance économique et reprendre à un critère fondamental en

L'occurrence celui de 'L'auto-suffisante' à une considérable crise économique que servie dans le monde.

Ces objectifs ne seront atteints aussi bien des problèmes techniques et économiques.

2.1. Généralité sur le mode d'obtention brut

2.1.1. La fonderie :

La fonderie est l'un des procédés de formage des métaux qui consiste à couler un [métal](#) ou un [alliage](#) liquide dans un [moule](#) pour reproduire, après refroidissement, une pièce donnée (forme intérieure et extérieure) en limitant autant que possible les travaux ultérieurs de finition.

Les techniques employées dépendent de l'alliage fondu, des dimensions, des caractéristiques et des quantités de pièces à produire. C'est le plus souvent une industrie de sous-traitance très dépendante des secteurs acquéreurs : automobile, sidérurgie, matériel de manutention, équipement industriel, matériel électrique, aéronautique, armement, etc. [01]

2.1.1. Type de fonderies :

- Fonderie des métaux ferreux : fonte et acier.
- Fonderie des métaux non ferreux : cuivre, zinc et alliages.
- Fonderie alliages légers : aluminium, zamac, et autres alliages légers.
- Fonderie d'art.
- Fonderie de cloches.
- Fonderie typographique. [01]

2.1.2. Le moulage :

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 moulage consiste donc à placer un matériau (liquide, pâte, poudre, feuille, plaque, [paraison](#), préforme, pastille, etc.) dans un moule dont il prendra la forme.

On a plusieurs types de moulage :

- Moulage en sable.
- Moulage métallique ou moulage permanent.
- Procédés spéciaux de moulage. [04]

2.1.2. Le moulage en sable :

Le moulage en sable consiste à réaliser une empreinte dans un matériau plastique - du sable - à partir d'un modèle aux formes de la pièce. Deux châssis métalliques, parfaitement repérés entre eux, servent à maintenir le sable utilisé pour prendre l'empreinte du modèle. [05]

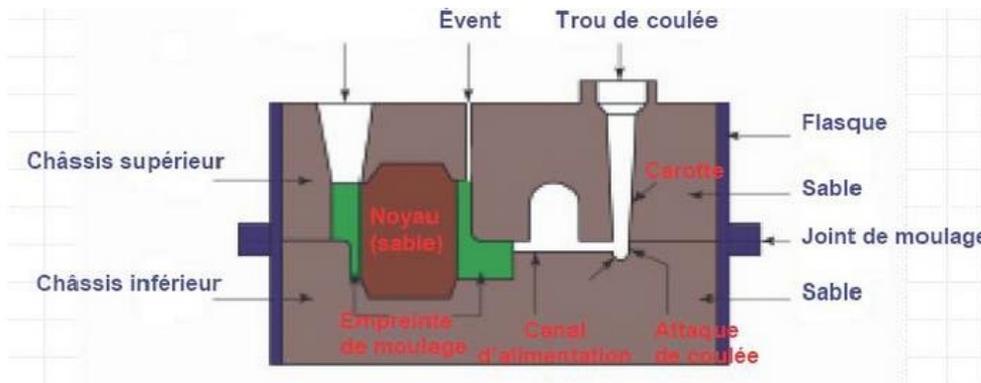


Figure 01: le moulage en sable.

2.1.3. Le moule :

Le moule, en sable, est réalisé à partir de l'outillage décrit. Il se compose d'un fond de moule, d'un dessus de moule, et suivant les cas, d'un ou plusieurs noyaux.

Si l'outillage de fonderie (le modèle) est permanent, il n'en est pas de même du moule qui sera cassé pour en extraire la pièce réalisée. On fabriquera donc autant de moules que de pièces à produire.

2.1.4. Procédé d'élaboration d'une pièce par moulage :

4.1. Choix de l'alliage :

Les alliages de fonderie permettent d'obtenir par moulage des pièces métallique facile à couler et à obtenir, saine et présentant les caractéristiques (résistance à la rupture, dureté, limite d'élasticité) beaucoup plus intéressantes que celle qu'auraient les même pièces exécutés par moulage des métaux purs. Il facile de faire varier dans le sens désirer, leurs caractéristiques en modifiant leur compositions chimiques.

La fonte est assez utilisée à cause de son bas prix de revient, de sa facilité d'obtenir des pièces moulées (et la facilité de travailler à l'outil de coupe).

4.2. Modelage :

a- le dessin technique de la pièce :

Il représente la première opération de la chaîne de fabrication d'une pièce. Le dessin de la pièce soit il est tracé par le bureau d'étude du mécanicien-constructeur utilisant le logiciel CATIA, soit il est emporté de l'étranger pour des pièces spécifiques.

b-Modelage :

Le modelage représente l'ensemble des procédés et moyens utilisés pour fournir un modèle servant à l'exécution d'un moule. Par modèle, on désigne généralement la forme, l'appareil ou l'ensemble des outillages qui par les procédés usuels serviront à reproduire l'objet désiré.

A partir du dessin technique d'une pièce, le modelage est l'ensemble des procédés et moyens mis en œuvre pour la réalisation des modèles et des boîtes à noyaux.

Description et mode d'obtention (outillage) :

- 2 plaques modèles.
- partie supérieure.
- partie inférieure.
- noyautage (outillage) :
 - * boîte à métallique (fonte) en deux pièces.
 - * boîte fixe et boîte mobile.

Lors de la fabrication des modèles et plaques modèles on prend en considération quelque facteur :

❖ Le retrait :

On sait que tous les matériaux métalliques s'allongent sous l'effet de l'élévation de la température, et rétrécissent sous la diminution de cette dernière. A cet effet, et après une série d'essais effectués par des technologues spécialistes en fonderie, ils ont remarqué que les dimensions des pièces moulées sont inférieures à celle du modèle ; et que cette différence dans les dimensions provient principalement du phénomène physique de retrait du métal au refroidissement.

Il est en fonction de facteurs suivants :

- Nature de l'alliage.
- Dimension de la pièce.
- Epaisseur des parois.
- La composition des moules et des noyaux.

Dans cette optique, les valeurs moyennes de retrait observées lors de l'expérimentation sont les suivantes :

- 10 millimètres par mètre (soit 1,0 %) pour les fontes.

❖ **Surépaisseur d'usinage :**

Les surfaces fonctionnelles qui doivent satisfaire à de rigoureuses conditions de position et de précision sont usinées. Pour satisfaire cette condition, il est nécessaire de prévoir de la matière en surplus par rapport à la cote finie. Ce surplus de matière est appelé "surépaisseur d'usinage".

La valeur de ces surépaisseurs d'usinage ne peut être fixée d'une manière absolue. Elle est fonction de l'état de surface que l'on peut obtenir par moulage, de la grandeur de la pièce, et de l'état de surface à obtenir à la finition. On adopte généralement l'ordre de grandeur suivant :

- 3 à 12 mm pour les moulages en fonte.

Les valeurs de surépaisseurs d'usinage sont en fonction de :

- Procédé de moulage
- Nature de l'alliage à couler
- Dimension de la pièce coulée
- Position de la surface usinée.

❖ **Les dépouilles :**

La dépouille est l'inclinaison qui est donnée aux parois verticales d'un moulage, ces parois étant prises dans la position de moulage, pour faciliter leur déroulement avec les parois correspondantes du moule.

La dépouille dépend de la hauteur de la pièce: lorsque la pièce a une petite hauteur la dépouille est grande, et vis-versa.

4.3. Le noyautage:

Les noyaux sont des structures en matériaux de moulage, réalisés indépendamment du moule et donnant après remoulage les reliefs permettant d'obtenir des formes intérieures et extérieures de la pièce brute. Les noyaux sont fabriqués le plus souvent dans des boîtes à noyaux qui sont les moules à noyaux.



Figure 02: Machine de noyautage

A. Sable de noyautage:

Le noyau est fabriqué par un sable traité (élimination de poussière), dans un malaxeur; le sable siliceux subit un préchauffage jusqu'à une température de 200°C pour que la résine ajoutée puisse fondre et se mélange avec le sable et l'eau et avec l'hexaméthylène et le stéarate de calcium.

B. La composition du sable de noyautage :

Tableau 01 composition du sable de noyautage

Elément	Sable jaune (neuf)	Résine (liant) solide	hexaméthylène (durcisseur)	Stéarate de calcium
Quantité	150kg	4 - 5kg	1,5-2litre	50g

C. Les étapes du procédé :

C'est un procédé auto durcissant à chaud

1-un préchauffage des boites a noyau pour éviter le choc thermique.

2-l'emplacement du boite a noyau (les deux parties) dans la machine de noyautage.

3-La fermeture de la boite a noyau qui nous donne l'empreinte.

4-le mélange obtenu est injecté dans un moule chauffé entre 180°C et 260°C.

5-application de la pression soit de 2 bars à 6 bars elle dépend de dimension des noyaux.

6-Après durcissement total du mélange on éjection le noyau et le peintre par un enduit.

D. Disposition de la pièce dans le moule :

Pour choisir une meilleure variante de disposition de la pièce dans un moule, il faut respecter certaines règles suivantes :

Disposer les parties importantes de la pièce dans le châssis inférieur « cas des métaux non ferreux montent en haut »

Les parties usinées de la pièce doivent être disposées en bas du moule, verticalement ou obliquement, pour avoir un bel état de surface de la partie usinée.

Il est préférable de coulé les pièces très longues en état incliné.

F. Plan de joint :

Pendant le choix du plan de joint de la pièce, il est nécessaire de tenir compte des facteurs suivants :

- Le nombre de plan de joint doit être minimal possible.
- Le plan de joint de préférence doit être horizontal.
- Le plan de joint doit assurer la facilité de déplacement de noyaux et de contrôle de leur position.

4.4. Détermination du procédé de moulage :

A.Sable de moulage :

Les divers opérations de fonderie ont pour but d'obtenir des pièces métalliques à partir d'un moule constitué d'un sable de moulage, à l'intérieur du quel est coulé un alliage en sable à vert, l'empreinte du moule est obtenue soit avec sable silico-argileux naturel soit avec un sable moulage synthétique, préparé et dosé à partir des constituants : silice, sable spéciaux, argile, eau.

On peut distinguer trois grandes familles de sables :

- les sables naturels (peu utilisés maintenant) ;
- les sables étuvés, surtout pour le moulage à l'unité de pièces importantes ;
- les sables synthétiques, sables verts, utilisés directement après leur préparation, éventuellement grillés ou flambés en surface pour en augmenter la résistance à l'action du métal.

On peut reprocher au sable vert :

- la présence d'humidité dans le sable créant des risques de défauts de piqûres sur les pièces coulées ;
- le manque de dureté des empreintes, surtout dans les parties verticales, en faible dépouille ;
- la chute possible de sable dans les empreintes au moment de la pose des noyaux, de la fermeture des moules, et l'entraînement de sable au moment de la coulée ;
- le manque de résistance au rayonnement thermique du métal liquide dans les parties en plafond de l'empreinte au moment du remplissage du moule, risquant de provoquer l'apparition de gales ;
- la difficulté d'obtenir des cotes précises, des parois minces, etc.

Tous ces défauts sont maîtrisables après mise au point de la fabrication. Mais il faut contrôler rigoureusement tous les stades de production du sable et de sa mise en œuvre. De la qualité du sable et, par conséquent, de sa bonne préparation, de sa régénération correcte et du bon réglage de ses caractéristiques, dépendra en finale, et pour une très grande partie, la qualité des pièces fabriquées. C'est tout l'art du fondeur.

À l'avantage de ce sable vert, il faut noter :

- son très bon prix de revient.
- sa très grande souplesse d'utilisation et de mise en œuvre.

- un bon état de surface des pièces, des détails bien venus et des coutures de moulage peu apparentes.
- le faible risque de crique dans les pièces au moment du retrait du métal pendant son refroidissement, le sable étant compressible.

B. Qualités générales requises pour les sables de moulage

Un sable de fonderie doit satisfaire à deux exigences fondamentales qui sont :

- la mise en forme au contact d'un modèle mère en épousant tous les détails ; cela signifie que son état initial doit être soit pulvérulent, soit liquide ou liquide-plastique, soit plastique ; suivant cet état, le compactage est effectué soit par simple gravité, soit par un effort mécanique de serrage (pression, secousse, vibration, projection mécanique ou pneumatique) ;
- la conservation de cette forme jusqu'à la solidification complète du métal ; cela sous-entend l'acquisition d'une résistance mécanique importante pour résister à la pression statique du métal liquide ainsi qu'à la pression dynamique (afin d'éviter les phénomènes d'érosion) sans pour autant faire obstacle au retrait du métal en cours de solidification.

D'autres propriétés sont également nécessaires :

- la réfractairité, car le sable doit présenter une température de ramollissement supérieure à la température de fusion de l'alliage considéré ;
- la perméabilité, qui permet l'évacuation des gaz contenus dans l'empreinte du moule ou générés à la coulée ;
- l'absence des réactions moule-métal susceptibles de créer des défauts d'inclusions solides ou gazeuses dans le métal ;
- la facilité de décochage, afin de pouvoir séparer facilement le métal de son moule ;

Tout en prenant en compte les considérations de coût et de disponibilité.

La satisfaction de l'ensemble de ces exigences fait qu'un sable de fonderie est très généralement composé de trois catégories de matériaux qui sont :

- un matériau granuleux ou sable de base qui en constitue la masse principale, en quelque sorte son squelette ;

- un liant destiné à agglomérer les grains entre eux et qui doit obligatoirement pouvoir évoluer de l'état liquide ou plastique à l'état solide ; c'est le phénomène de durcissement ;
- un certain nombre d'adjuvants, sans pouvoir liant, destinés à conférer des propriétés secondaires, mais néanmoins nécessaires à la réussite d'un moulage ; ils seront examinés par la suite d'après leurs propriétés.

C. Composition du sable de moulage :

Tableau 02 : composition de moulage

Sable	Composition %	Caractéristique de fonderie		
		Humidité	Perméabilité	Réfractérité
sable vert	• Sable neuf 5%	4.75	180	1713°C
	• Sable usé (sable noir) 80%	4.25	170	
	• Bentonite 7%			
	• Charbon 4%			
	• H ₂ O 3.5 :4%			

4.5. Le procédé de fabrication des pièces :

1-le serrage :

Serrage châssis inférieur et la partie inférieure de la plaque modèle et au même temps le Serrage châssis supérieur et la partie supérieure de la plaque modèle.

2- Le remplissage des moules (plaque modèle) :

S'effectue par des machines spéciales (Machine à mouler) soit pour des petites, moyenne, grande pièces et le sable tombe par gravité dans le châssis.

Les machines à mouler sont destinées au :

- Remplissage et du sable dans le moule (moulage).

- Séparation du modèle du moule (démoulage). Elles sont classées en : Moulage par secousses et pression

3-Application de secousse pour remplir tout le vide a l'intérieur du moule.



Figure 03:Application de secousse

4-Application de la pression pour compacter le sable et donner l'empreinte de la pièce.

5-un poteyage des châssis par un enduit pour donner un bon état de la pièce.

6-Noyautage : la mise des noyaux dans le châssis inférieur.



Figure 04 : Opération de noyautage

7- Fermeture du moule.



Figure 05:Opération de coulée

8 - Coulée de la fonte.

9 -le refroidissement.

10-le Décochage :

On commence le décochage de la pièce, seulement lorsque la température est assez basse, c'est-à-dire lorsque la pièce est totalement solidifiée, elle est effectuée par vibration : on pose le moule sur une grille vibrante, le sable se décolle de la grappe et passe à travers la grille de décochage,



Figure 06:Station de décochage par vibration

11-Le dessablage :

L'opération de dessablage est nécessaire, afin de débarrasser la pièce du sable qui adhère à ses surfaces. Au contact du sable froid, le métal se refroidit rapidement et sa surface extérieure est enrobée de grains de sable, on procède le plus souvent par déca laminage par sable (choc au sable siliceux bien sec) ou grenailage par acier projeté au moyen d'un jet d'air comprimé.

12-Démasselottage :

C'est une opération qui consiste à enlever la ou les masselottes et la descente de coulée par la découpe.

13 -Ebarbage :

L'ébarbage consiste à éliminer le talon de coulée, les bavures aux joints, les picots de trous de coulée et les rugosités, on l'exécute le plus souvent à la meule.

14-Peinture :

Toutes les pièces sont peintes d'une couche protectrice contre la corrosion soit par pistolet, soit par immersion.

4.6. Contrôle des pièces de fonderie:

- 1- contrôles dimensionnelles.
- 2- contrôle de matière au niveau de laboratoire.
- 3- contrôle visuelle.

4.7. Les grands défauts de fonderie :

- soufflures dus aux gaz non évacués.
- Retassures dus à la contraction du métal.
- inclusion de laiton.
- Reprise
- Pénétration matières
- Inclusion sable
- Deport de moule

- Deport de noyaux
- Moule détérioré
- Fissures
- Pièces cassées
- Rebut ébarbage

4.8. La pièce finale doit répondre à certaines propriétés :

- Caractéristique métallique.
- Propriété thermique.
- Résistance au frottement.
- Bonne résistance à l'usure et au frottement

2.1.4. Procédés d'usinage

L'usinage s'effectue dans le but de donner aux pièces brutes la forme, les dimensions et la précision nécessaire demandée par le concepteur dans son dessin de définition, par enlèvement de copeau (surépaisseur) sur des machines-outils appropriées. En fonction de la forme à donner à la surface et du type de la machine-outil, on distingue les opérations de coupe suivantes : le tournage, le perçage, la rectification, le fraisage, le rabotage,...etc.

A. Tournage

Pendant le tournage, la pièce tourne autour de son axe, tandis que l'outil s'engage dans sa surface à une profondeur déterminée. L'outil est animé d'un mouvement d'avance continu parallèle ou perpendiculaire à l'axe de la pièce. Le tournage s'effectue sur machine dite tour,



Figure 07:Opération de chariotage.

Les types de tour employés dans l'industrie sont :

1. Les tours traditionnelles :

- les tours parallèles ;
- les tours revolver ;
- les tours en l'air ;
- les tours verticaux ;
- les tours multibroches.

2. Les tours modernes :

Sont des tours à commande numérique.

B. Fraisage

Le fraisage consiste à enlever de la matière sur une pièce mécanique pour pratiquer notamment une gorge, un trou cylindrique, et globalement tout type de formes en creux même complexes. Le fraisage est réalisé à l'aide d'une fraise que l'on monte sur une fraiseuse. Cette machine-outil dédiée fait partie des indispensables au sein de toutes les usines mécaniques. La fraise rogne la matière en formant des copeaux. Le fraisage combine deux mouvements :

- Mouvement de rotation de la fraise qui est entraîné par la broche de la machine, M_c (mouvement rapide circulaire de coupe)
- Mouvement de translation de la pièce qui est fixée sur la table de la machine, M_a (mouvement lent rectiligne uniforme d'avance).

Le mouvement de translation est orienté de façon à pousser la pièce contre la fraise suivant une direction généralement perpendiculaire par rapport à son axe.



Figure 08: procédé de fraisage.

Pour les pièces réalisées en série, l'usinage de fraisage se fait sur des machines-outils à commandes numériques (fraiseuse ou centre d'usinage). Le fraisage et le tournage sont généralement des techniques complémentaires utilisées par des tourneurs-fraiseurs. [08]

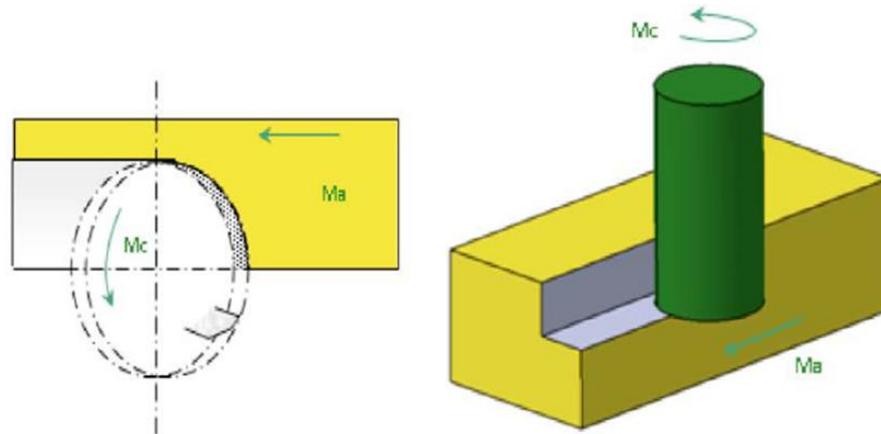


Figure 09:Mouvement de coupe et d'avance

C. Perçage

Le perçage consiste à faire un trou dans la matière à l'aide d'un outil de coupe en rotation. Le perçage est un usinage basique et stratégique en mécanique. 25% des usinages sont de fait des perçages. Les trous de perçage peuvent être réalisés avec un foret ou une fraise. Selon le diamètre du trou à percer, les outils seront plus ou moins précis. [08]



Figure 10: procédé de perçage.

Pendant le perçage, la pièce est fixe tandis que l'outil est animé de deux mouvements continus simultanés, le mouvement de coupe et le mouvement d'avance suivant l'axe de l'outil. Le perçage s'effectue sur des machines à percer appelées perceuses,

Les perceuses les plus fréquemment rencontrées dans la pratique sont:

- Perceuses sensibles
- Perceuses à colonne
- Perceuses radiales
- Perceuses horizontales
- Perceuses multibroches
- Perceuses C.N.C.

D. L'alésage :

L'alésage consiste à retoucher avec précision l'intérieur d'un cylindre ou d'une pièce creuse pour obtenir une surface lisse. Selon le type de pièces et la matière utilisée, l'alésage peut se faire manuellement ou à l'aide d'un tour ou d'une fraiseuse. Lorsque les pièces sont de tailles imposantes, l'étape de l'alésage est réalisée à l'aide d'une machine outils dédiée appelée aléreuse. L'alésage est une étape de finition qui intervient après un perçage le plus souvent. Le perçage forme l'ébauche, l'alésage rectifie de façon homogène la surface percée en éliminant notamment les bavures et les imperfections existantes. La précision de régularité de surface obtenue dépend des outils utilisés : foret, alésoir, ou outils spéciaux. Ces outils sont montés soit sur une barre d'alésage ou soit sur une tête à aléser selon les besoins. [09]



Figure 11: procéder d'alésage

2.2. Gnéralité sur l'élaboration de la gamme d'usinage

2.2.1. Définition :

La gamme d'usinage est l'étude de la pièce usinée, grâce à celle-ci qu'on peut savoir tous les facteurs influençant l'économie de l'entreprise.

Elle traduit le processus de fabrication de la succession des opérations nécessaires à l'exécution d'un travail groupé en phases, sous-phases, ou opérations.

Les indications d'un dessin (dimension, état de surface, matière, spécifications) préciseront les exigences du bureau d'étude.

Ces tolérances de tout ordre influent sur l'analyse de fabrication et sur le prix de revient du produit à réaliser.

2.2.2. Analyse de fabrication :

Une analyse de fabrication a l'objectif d'établir une suite logique des différentes étapes de réalisation d'une pièce, elle doit prendre compte des moyens disponibles qui permettent de respecter la qualité imposée par le dessin de définition du produit.

A. Phase :

Une phase est l'ensemble des opérations élémentaires effectuées à un même poste de travail par les mêmes personnes et avec les mêmes outillages.

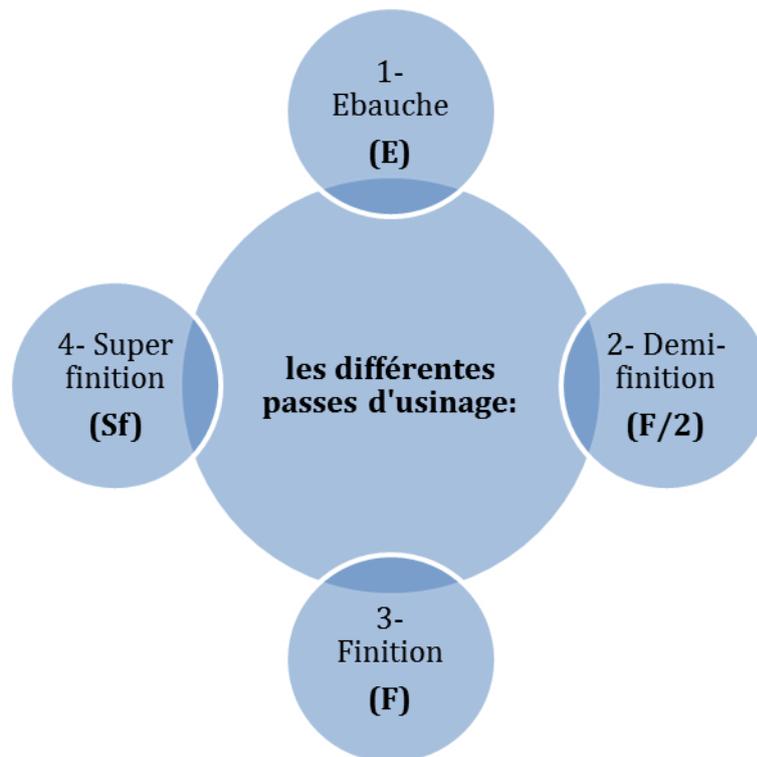
B. Sous-phase :

Une sous-phase est une fonction de phase délimitée par des changements d'outillages ou des pièces différentes.

C. Opération :

L'opération est une transformation subie par la pièce, et mettant en œuvre l'un des moyens dont il est doté.

2.2.3. Etude des différentes passes d'usinage :



A. Ebauche (E) :

Soit permettre de retirer la plus grande partie de la surépaisseur d'usinage avec une ou plusieurs passes.

B. Demi-finition (F/2) :

Elle est nécessaire quand l'indice de la rugosité et que la précision sur la dimension, la forme et la position des surfaces.

C. Finition (F) :

Elle doit réaliser la précision dimensionnelle, état de surface ainsi que certaines spécifications fixées sur le dessin de définition qui sont imposées par le bureau d'étude dans le cas où (F/2) ne serait pas prévu sur la pièce à fabriquer, elle doit satisfaire également la précision de la forme et de position, on réalise quelque fois la finition spécial par abrasion.

D. Super Finition (Sf)

Elle procède par arrachement des particules au moyen des meules, des pièces, de poudre abrasive, en technique dérivée de grattage.

Elle permet d'obtenir des tolérances dimensionnelles de qualité 6.5.4.3 ainsi que l'indice de rugosité

Cotes de fabrication :

➤ Côte Machine (Cm) :

C'est la distance séparant la surface de la pièce liée aux référentiels de mise en position et la surface usinée ou l'axe de la surface usinée dans le cas d'une surface de révolution intérieur ou extérieur.

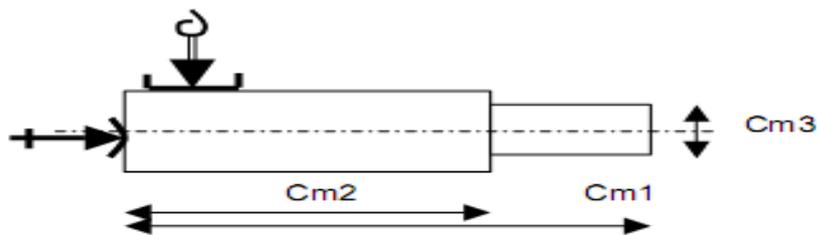


Figure 12:Côte Machine

➤ Côtes Outil (Co) :

C'est la distance obtenue entre deux surfaces usinées par le même outil ou plusieurs outils associés dans la même opération.

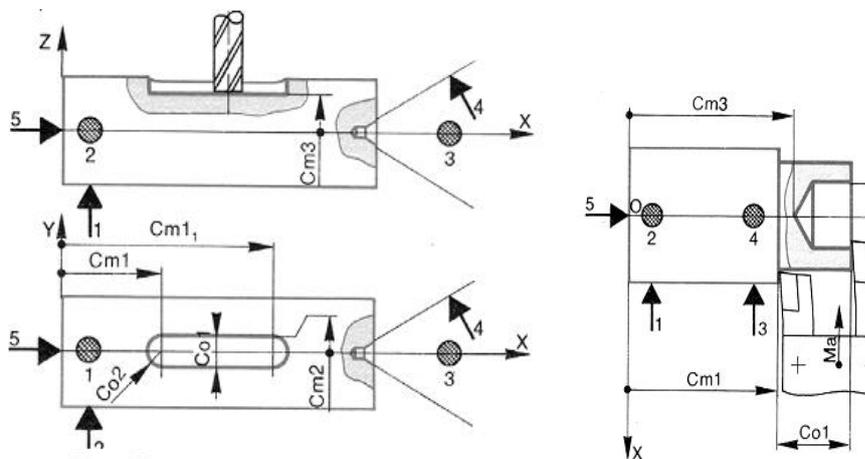


Figure 13: côte outil

➤ Côtes Appareil (Ca) :

Ce sont des côtes dont la dispersion dépend de l'appareil d'usinage utilisé ces appareils sont les appareils des montages, de guidage des outils (gabarits de copiage).

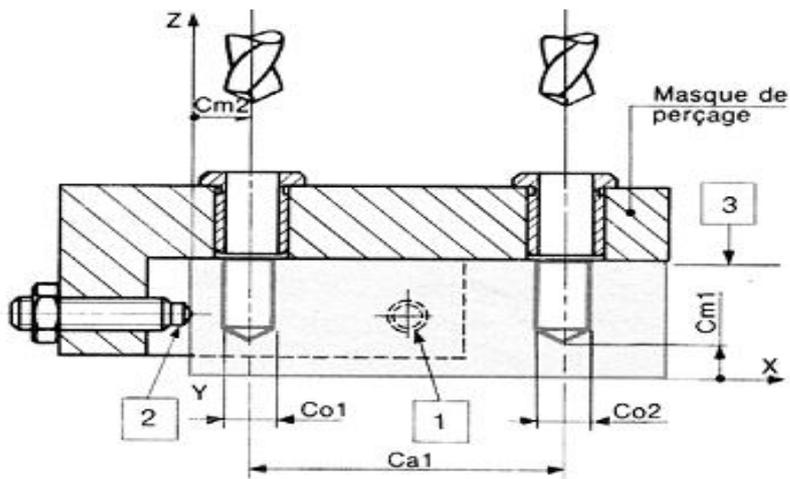


Figure 14: Côte Appareil

3.1. Introduction :

Le choix et l'obtention de la pièce brute se réalise selon les bases du dessin technique des pièces finies.

Lors du choix de l'ébauche, il est recommandé de prendre en considération les données suivantes :

- La destination de la pièce (caractéristiques, précision, état de surface, la série de la pièce à fabriquer)
- Le prix de revient de la pièce
- L'usinabilité de la pièce

Le choix du mode d'obtention de l'ébauche dépend de son coût, il est mesuré selon le coefficient d'utilisation de la matière qui est définie par le rapport du poids de la pièce finie et le poids de la pièce brute.

3.2. Le choix des matières :

3.2.1. Le choix de la matière pour le porte satellite :

Le choix de telle ou telle matière est en fonction :

- Les efforts que la pièce est appelée à supporter
- De coût
- Le mode de traitement
- Procédé de sa mise en forme

3.2.2. Désignation

GGG70 perlitique à 90% min pas de cémentite libre.

A. Tableaux d'équivalence de matériaux de la pièce

Tableau 03 : Correspondances de matériaux GGG70 entre des normes

RFA DIN 1693	France NFA 32-201	GB BS 2789	USA ASTM/A536	USA SAE/J434b
GGG70	FGS 700-2	700-2	100-70-03	D7003

B. Composition Chimique :

Tableau 04 : Composition chimique

Nuances	Analyse Chimique						
	C	gi	Si	Mn	p	S	cu
GGG70	3.3-3.4	1.3-1.4	1.3-1.4	0.35	0.05	0.03	02-0.4

C. Caractéristiques mécaniques sur éprouvette :

Tableau 05: Caractéristiques mécaniques sur éprouvette

Nuance	R à la traction N/mm ²	Elasticité 0.2%	HB	A	R Compression N/mm ²	R flexion N/mm ²
GGG70	700	440	180-240	2	700-1000	350-490

3.3. Définition du brut :

Avant d'obtenir une pièce finie, on nomme une pièce brute qui comporte des surfaces (cotés), non usinée appelée cote brute qui est le résultat d'un calcul bien déterminé par le bureau de méthodes à partir du dessin de la définition élaborée par le bureau d'études.

La pièce prête à l'usinage est appelée "pièce brute", les cotes servant à la détermination de cette pièce brute sont dits «côtes du brute», ces dernières ne figurent pas sur le dessin de

définition sont déterminées par la simulation d'usinage en prenant comme condition soit un copeau minimum, soit une cote fonctionnelle imposée par bureau d'étude.

Qu'est-ce que les liaisons au brut ?

Ce sont des liaisons "cote" sous "spécification géométrique" qui situe les surfaces usinées par rapport aux surfaces devront rester bruts de forge, mécano soudure, matriçage, laminage...

Les liaisons au brut doivent avoir des intervalles de tolérances larges.

Pour les cotes linéaires $IT = \dots$

Les dessins définitions établis au B.E doivent spécifier clairement et complètement toutes les spécifications de liaison au brut.

Les cotes de liaisons au brut peuvent être unies limites l'exigence du B.E ne porte que sur l'une des limites de la cote "mini" ou "max".

➤ Les copeaux minimaux :

Le choix de la surépaisseur est réalisé à partir du tableau suivant :

Tableau 06 : Le copeau minimal des différentes opérations

Opération	Copeau minimal CPM
Écroutage sur but	De 10.5 à 4 mm
Ebauche après écroutage	0.5 à 1
Finition	0.2
Rectification	0.05

➤ Le copeau minimal (CPM) :

Si la surépaisseur prévue pour l'usinage est trop faible l'outil de coupe pas et le métal est écroué, il est nécessaire de prévoir une surépaisseur égale ou supérieure au copeau minimal et en fonction de la nature des métaux constituant l'outil de la finesse de 1 arrête tranchant de l'arrosage.

Le copeau minimal intervient comme cette condition dans le calcul des côtes.

On a montré quelques valeurs de la tolérance économique déterminée uniquement par l'expérimentation et varient en fonction de l'état de chacune des machines et outils.

Tableau 07 : valeurs économiques

Procédés de fabrication	E	F /2	F
Taillage	0.4	0.2	0.05
Tournage	0.4	0.2	0.05
Rabotage	0.4	0.2	0.1
Perçage	0.3	0.1	0.1
Alésage par outil d'enveloppe	0.3	0.15	0.1
Alésage par outil de forme	0.2	0.1	0.03
Brochage	0.1	0.03	0.01
Rectification	0.2	0.05	0.01

3.4. Calcul de brut

$$L=205.4^{\pm 1.2} \text{Cmf(M)}=206.6\text{mm}$$

Finition :

$$\text{Cmp}=\text{CmEb(m)}-\text{Cmf(m)}$$

$$\text{CmEb(m)}=\text{Cmf(m)} +\text{Cmpf}$$

$$\text{CmEb(m)}=206.6+0.2$$

$$\text{CmEb(m)}=206.8\text{mm}$$

$$\text{CmEb(m)}=\text{CmEb(m)} +\text{IT}$$

$$\text{CmEb(m)}=206.8+0.05$$

$$\text{CmEb}=206.85\text{mm}$$

Ebauche :

$$\text{Cmp}=\text{CmEc(m)}-\text{CmEb(m)}$$

$$\text{CmEc(m)}=\text{CmEb(m)}+\text{Cmp(Eb)}$$

$$\text{CmEc(m)}=206.85+1$$

$$\text{CmEc(m)}=207.85\text{mm}$$

$$\text{CmEc(m)}=\text{CmEc(m)}+\text{IT}$$

$$\text{CmEc(M)}=207.85+0.4$$

$$\text{CmEc(M)}=208.25\text{mm}$$

Ecroutage :

$$\text{Cmp(m)}=\text{CmB6(m)}-\text{CmEc(M)}$$

$$\text{CmB6(m)}=\text{CmEc(M)} +\text{Cmp(Ec)}$$

$$\text{CmB6(m)}=208.25+1.5$$

$$\text{CmB6(m)}=209.75\text{mm}$$

$$L=209.75\text{mm}$$

Finition

$$C_{pm} = C_{mEb(m)} - C_{mf(M)}$$

$$C_{mEb(m)} = C_{mf(M)} + C_{pm(F)}$$

$$C_{mEb(m)} = 209.75 + 0.2$$

$$C_{mEb(m)} = 209.95\text{mm}$$

$$C_{mEb(M)} = C_{mEb(m)} + IT$$

$$C_{mEb(M)} = 209.95 + 0.05$$

$$C_{mEb(M)} = 210\text{mm}$$

Ebauche

$$C_{pm} = C_{mEc(m)} - C_{mEb(M)}$$

$$C_{mEc(m)} = C_{mEb(M)} + C_{pm(Eb)}$$

$$C_{mEc(m)} = 210 + 1$$

$$C_{mEc(m)} = 211\text{mm}$$

$$C_{mEc(M)} = C_{mEc(m)} + IT$$

$$C_{mEc(M)} = 211 + 0.4$$

$$C_{mEc(M)} = 211.4\text{mm}$$

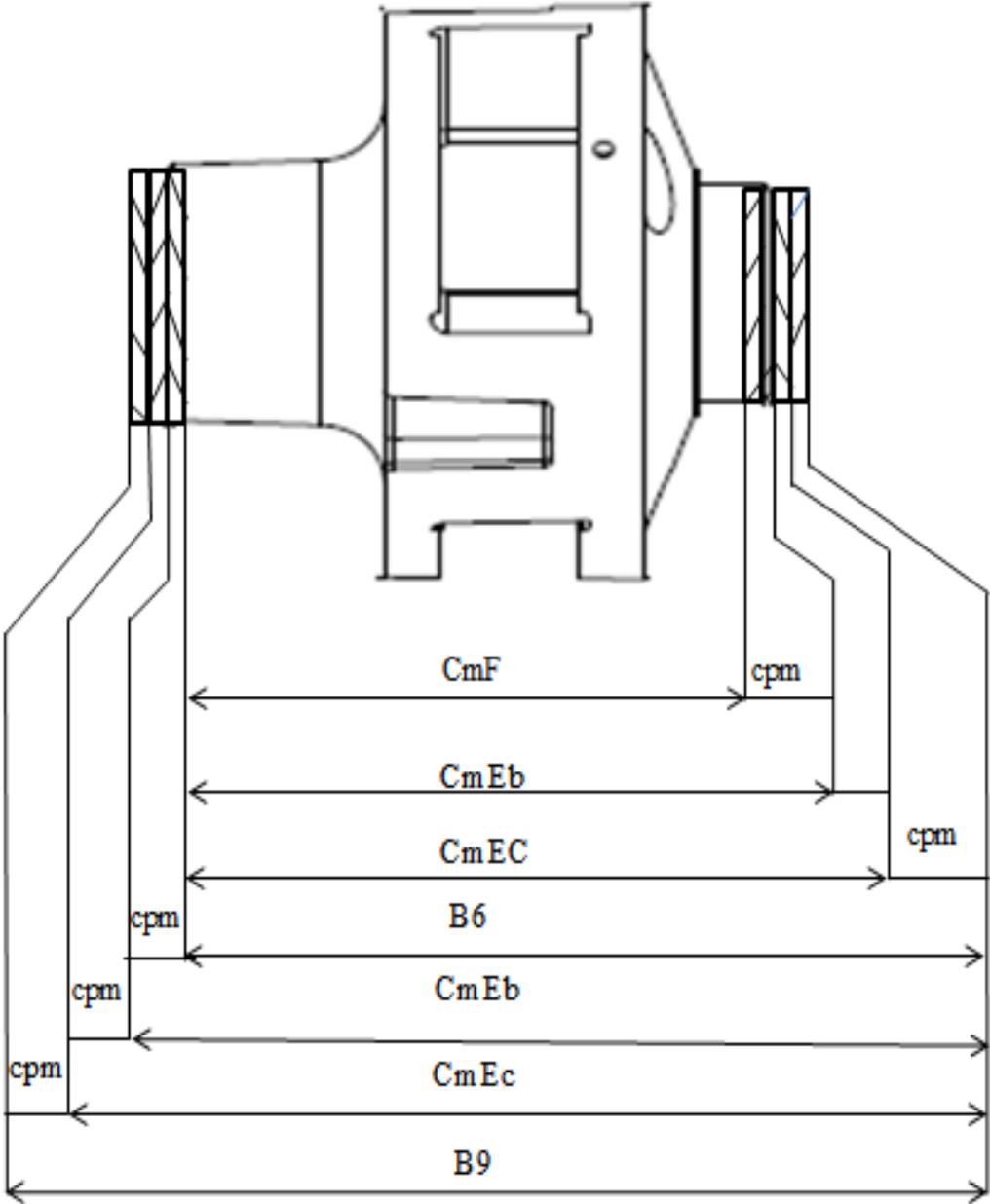
Ecroutage

$$C_{mp} = C_{mB9(m)} - C_{mEc(M)}$$

$$C_{mB9(m)} = C_{mEc(M)} + C_{mp(Ec)}$$

$$C_{mB9(m)} = 211.4 + 1.5$$

$$C_{mB9(m)} = 212.9\text{mm}$$



$$L=85.725^{\pm 0.8}\text{mm} \quad C_{mf}(M)=86.525\text{mm}$$

Finition

$$C_{pm}=C_{mEc}(m)-C_{mF}(M)$$

$$C_{mEc}(m)=C_{mEc}(m)+C_{pm}(F)$$

$$C_{mEc}(m)=86.525+0.2$$

$$\mathbf{C_{mEc}(m)=86.725\text{mm}}$$

$$C_{mEc}(M)=C_{mEc}(m)+IT$$

$$C_{mEc}(M)=86.725+0.05$$

$$\mathbf{C_{mEc}(M)=86.775\text{mm}}$$

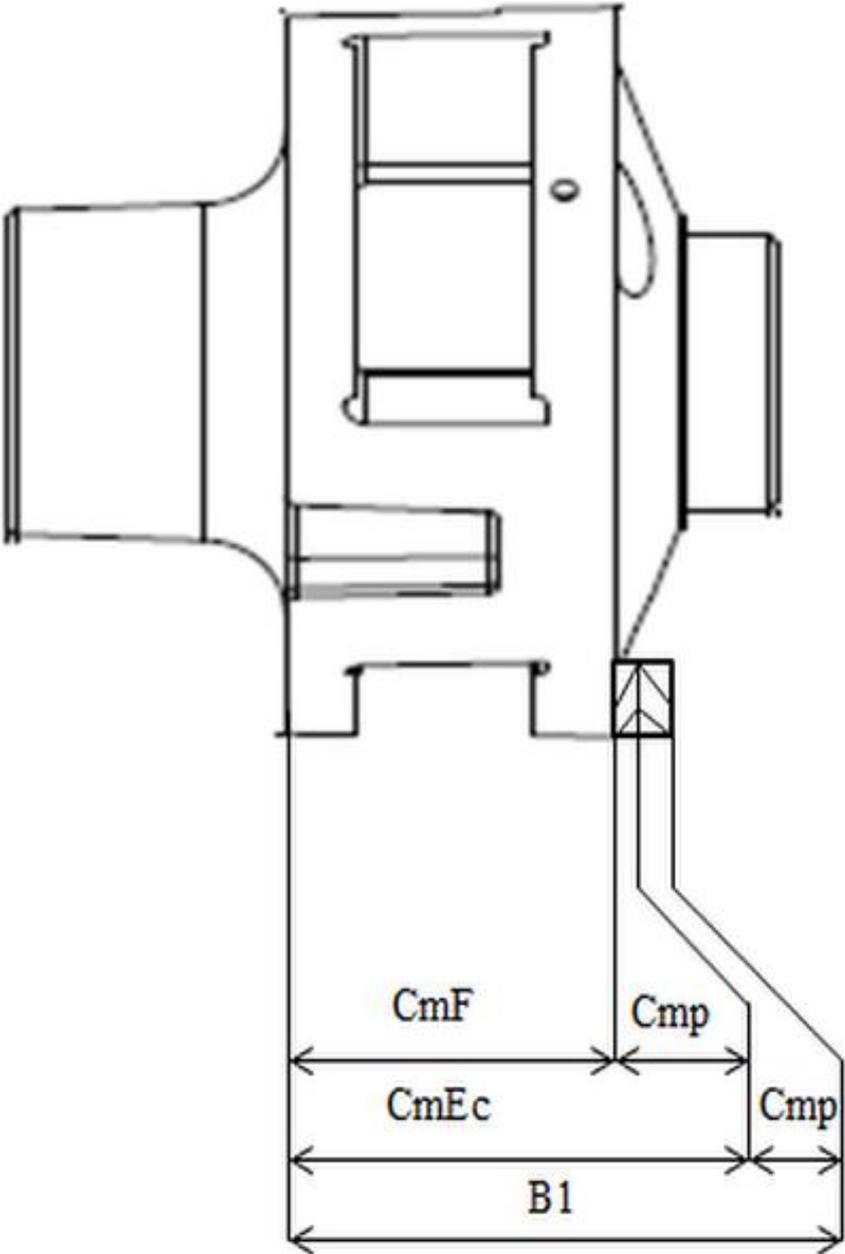
Ecroutage

$$C_{pm}=C_{mB1}(m)-C_{mEc}(M)$$

$$C_{mB1}(m)=C_{mEc}(M)+C_{pm}(Ec)$$

$$C_{mB1}(m)=86.775+1.5$$

$$\mathbf{C_{mB1}(m)=88.27\text{mm}}$$



$$L=48_{-0.22}^{+0.10} \text{ mm}$$

Finition

$$C_{pm}=C_{mEc}(m) + C_{mF}(M)$$

$$C_{mEc}(m)=C_{mF}(M)-C_{pm}$$

$$C_{mEc}(m)=47.98-0.2$$

$$C_{mEc}(m)=47.78 \text{ mm}$$

Ecroutage

$$C_{mp}=C_{mB9}(m)+C_{mF}(M)$$

$$C_{mB9}(m)=C_{mF}(M)-C_{mp}$$

$$C_{mB9}(m)=47.73-1.5$$

$$C_{mB9}(m)=46.23 \text{ mm}$$

Finition

$$C_{pm}=C_{mEc}(m)+C_{mF}(M)$$

$$C_{mEc}(m)=C_{mF}(M)-C_{pm}$$

$$C_{mEc}(m)=46.23-0.2$$

$$C_{mEc}(m)=46.03 \text{ mm}$$

$$C_{mEc}(M)=C_{mEc}(m)+IT$$

$$C_{mEc}(M)=46.03-0.05$$

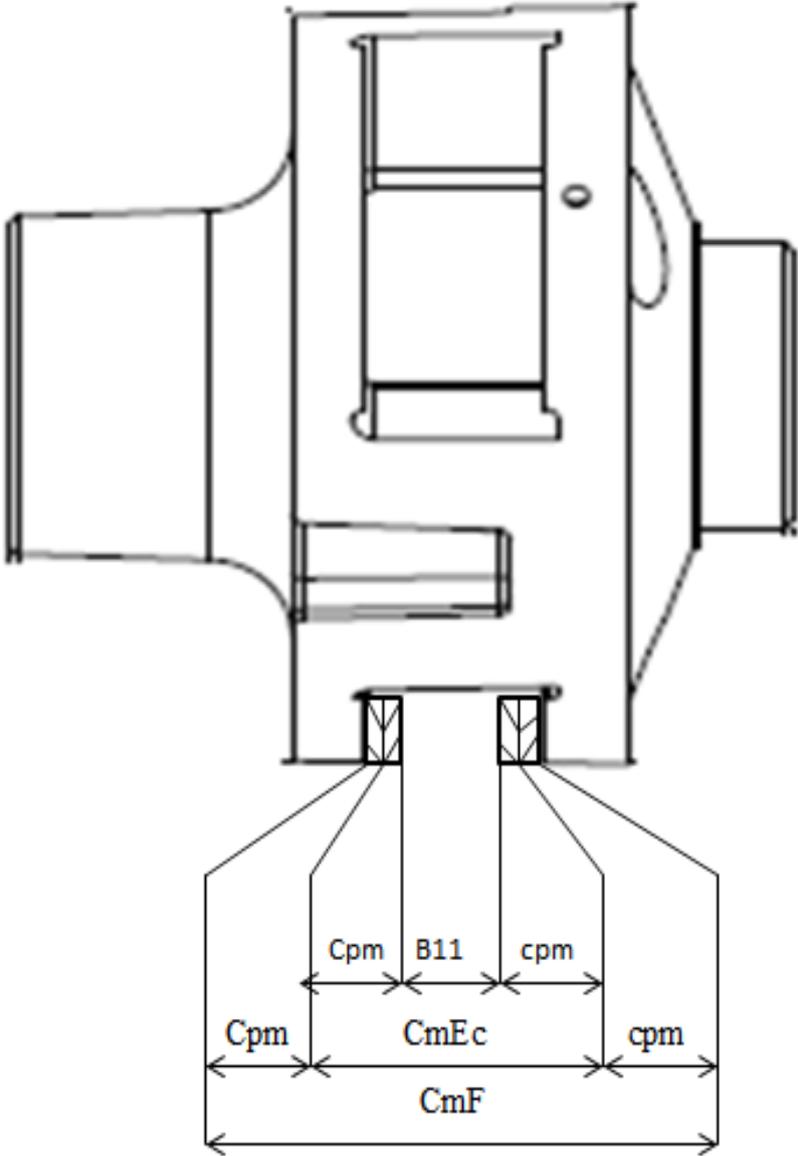
$$C_{mEc}(M)=45.98 \text{ mm}$$

Ecroutage

$$C_{pm}=C_{mB11}(m)+C_{mEc}(M)$$

$$C_{mB11}(m)=45.98-1.5$$

$$C_{mB11}(m)=44.48 \text{ mm}$$



$$L=24^{+0.06}_{-0.19} \text{ mm} \quad C_{mf}(M)=24.6 \text{ mm}$$

Finition

$$C_{pm}=C_{mEb}(m)-C_{mF}(M)$$

$$C_{mEb}(m)=C_{mF}(M)+c_{pm}$$

$$C_{mEb}(m)=24.6+0.2$$

$$C_{mEb}(m)=24.8 \text{ mm}$$

$$C_{mEb}(M)=C_{mEb}(m)+IT$$

$$C_{mEb}(M)=24.8+0.05$$

$$C_{mEb}(M)=24.75 \text{ mm}$$

Ebauche

$$C_{pm}=C_{mEc}(m)-C_{mEb}(M)$$

$$C_{mEc}(m)=C_{mEb}(M)+C_{pm}$$

$$C_{mEc}(m)=24.75+1$$

$$C_{mEc}(m)=25.75 \text{ mm}$$

$$C_{mEc}(M)=C_{mEc}(m)+IT$$

$$C_{mEc}(M)=25.75+0.4$$

$$C_{mEc}(M)=26.15 \text{ mm}$$

Ecroutage

$$C_{pm}=C_{mB9}(m)-C_{mEc}(M)$$

$$C_{mB9}(m)=C_{mEc}(M)+C_{pm}$$

$$C_{mB9}(m)=26.15+1.5$$

$$C_{mB9}(m)=27.65 \text{ mm}$$

$$L=19.05^{\pm 0.8} \text{ mm}$$

Finition

$$C_{pm}=C_{mEc(m)}-C_{mF(M)}$$

$$C_{mEc(m)}=C_{mF(M)}+C_{pm(F)}$$

$$C_{mEc(m)}=19.85+0.2$$

$$\mathbf{C_{mEc(m)}=20.05mm}$$

$$C_{mEc(M)}=C_{mB4(m)}+IT$$

$$C_{mEc(M)}=20.05+0.05$$

$$\mathbf{C_{mEc(M)}=20.1mm}$$

Ecroutage

$$C_{pm}=C_{mB5(m)}-C_{mEc(M)}$$

$$C_{mB5(m)}=C_{mEc(M)}+C_{pm}$$

$$C_{mB5(m)}=20.1+1.5$$

$$\mathbf{C_{mB5(m)}=20.6mm}$$

Finition

$$C_{pm}=C_{mEc(m)}-C_{mf(M)}$$

$$C_{mEc(m)}=C_{mF(M)}+C_{pm(F)}$$

$$C_{mEc(m)}=20.6+0.2$$

$$\mathbf{C_{mEc(m)}=21.8mm}$$

$$C_{mEc(M)}=C_{mB5'(m)}+IT$$

$$C_{mEc(M)}=21.8+0.05$$

$$\mathbf{C_{mEc(M)}=21.85mm}$$

Ecroutage

$$C_{pm} = C_{mB1(m)} - C_{mEc(M)}$$

$$C_{mB1(m)} = C_{mEc(M)} + C_{pm}$$

$$C_{mB1(m)} = 21.85 + 1.5$$

$$\mathbf{C_{mB1(m)} = 23.35mm}$$

$$L=18.25^{\pm 0.8} \text{ mm}$$

Finition

$$C_{pm}=C_{mEc(m)}-C_{mf(M)}$$

$$C_{mEc(m)}=C_{mf(M)}+C_{pm(f)}$$

$$C_{mEc(m)}=19.05+0.2$$

$$C_{mEc(m)}=19.25\text{mm}$$

$$C_{mEc(M)}=C_{mB5(m)}+IT$$

$$C_{mEc(M)}=19.25+0.05$$

$$C_{mEc(M)}=19.3\text{mm}$$

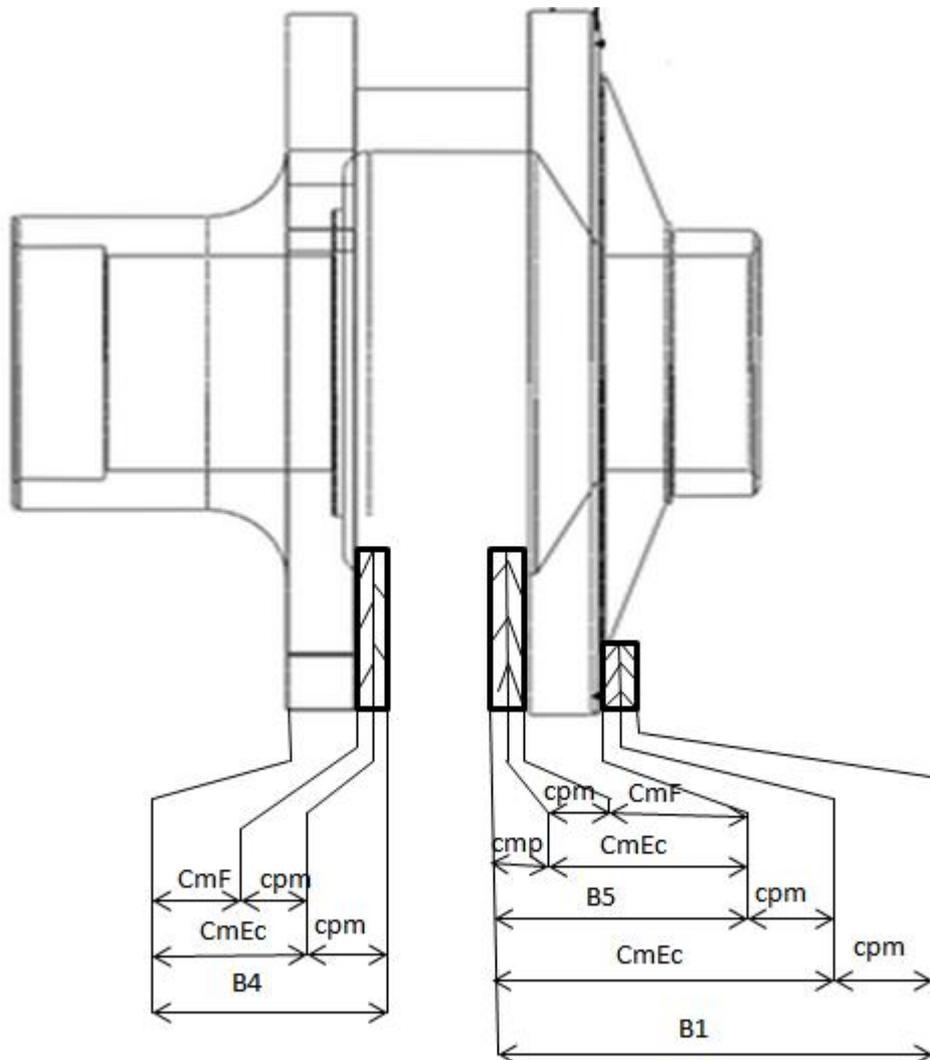
Ecroutage

$$C_{pm}=C_{mB4(m)}-C_{mEc(M)}$$

$$C_{mB4(m)}=C_{mEc(M)}+C_{pm}$$

$$C_{mB4(m)}=19.3+1.5$$

$$C_{mB4(m)}=20.8\text{mm}$$



$$\Phi 218.28^{\pm 1.2}$$

$$\Phi/2=109.74$$

Finition

$$C_{pm} = C_{mEb(m)} - C_{mf(M)}$$

$$C_{mEb(m)} = C_{mf(M)} + C_{pm(f)}$$

$$C_{mEb(m)} = 109.74 + 0.2$$

$$C_{mEb(m)} = 109.94 \text{ mm}$$

$$C_{mEb(M)} = C_{mEb(m)} + IT$$

$$C_{mEb(M)} = 109.94 + 0.05$$

$$C_{mEb(M)} = 109.99 \text{ mm}$$

Ebauche

$$C_{pm} = C_{mEc(m)} - C_{mEb(M)}$$

$$C_{mEc(m)} = C_{mEb(M)} + C_{pm(Eb)}$$

$$C_{mEc(m)} = 109.99 + 1$$

$$C_{mEc(m)} = 110.99 \text{ mm}$$

$$C_{mEc(M)} = C_{mEc(m)} + IT$$

$$C_{mEc(M)} = 110.99 + 0.2$$

$$C_{mEc(M)} = 111.19 \text{ mm}$$

Ecroutage

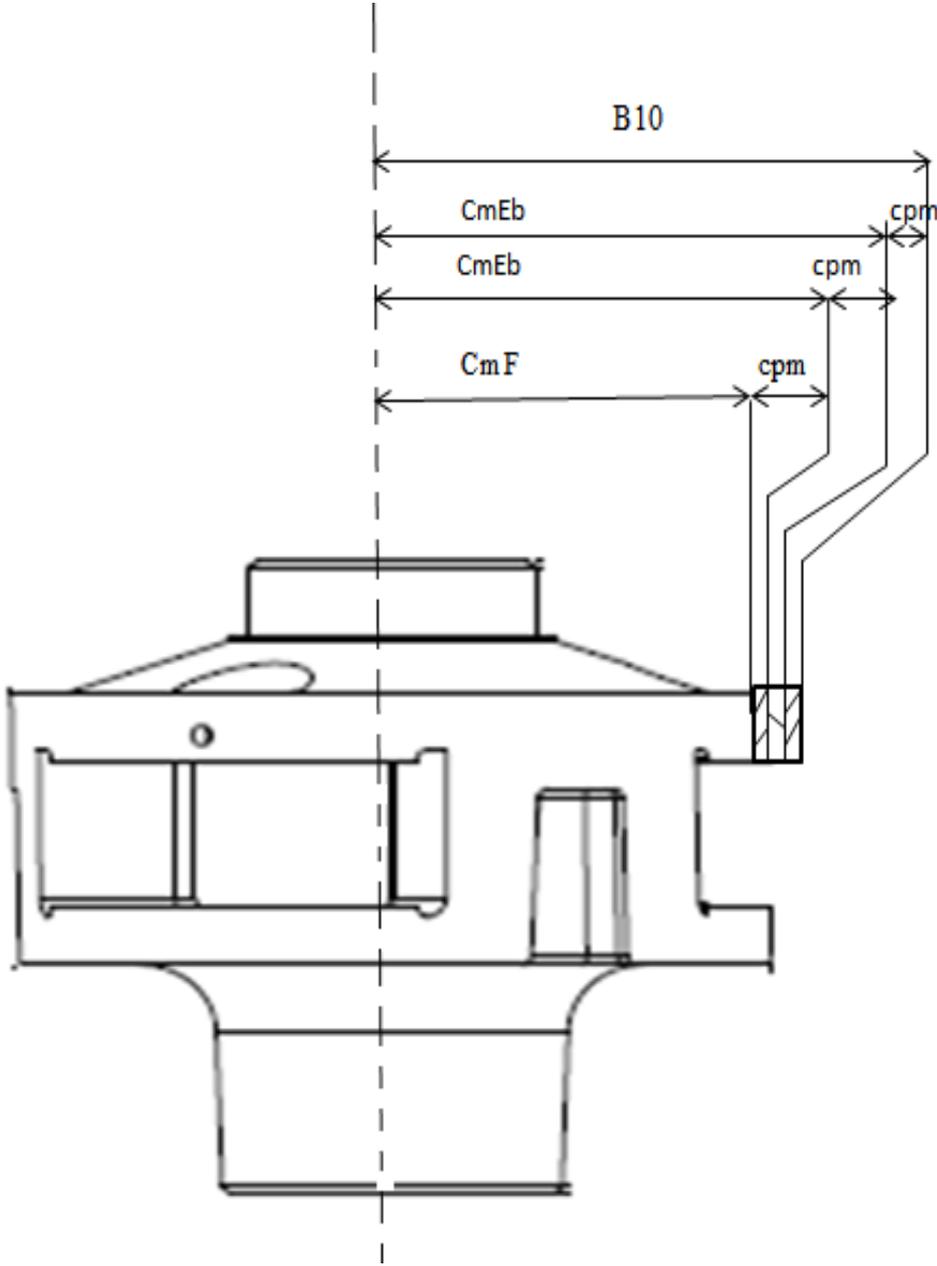
$$C_{pm} = C_{mB10(m)} - C_{mEc(M)}$$

$$C_{mB10(m)} = C_{mEc(M)} + C_{pm(Ec)}$$

$$C_{mB10(m)} = 111.19 + 1.5$$

$$C_{mB10(m)} = 112.69 \text{ mm}$$

$$\mathbf{B10 = 112.69 * 2 = 225.38 \text{ mm}}$$



$$\Phi 82_{-0.412}^{+0.613} \quad \Phi/2=41.306$$

Rectification

$$C_{pm}=C_{mf}(m)-C_{mRe}(M)$$

$$C_{mF}(m)=C_{mRe}(M)+C_{pm}(Re)$$

$$C_{mF}(m)=41.306+0.05$$

$$C_{mF}(m)=41.356\text{mm}$$

$$C_{mF}(M)=C_{mF}(m)+IT$$

$$C_{mF}(M)=41.356+0.005$$

$$C_{mF}(M)=41.37\text{mm}$$

Finition

$$C_{pm}=C_{m/F}(m)-C_{mF}(M)$$

$$C_{m/F}(m)=C_{mF}(M)+C_{pm}(F)$$

$$C_{m/F}(m)=41.37+0.2$$

$$\mathbf{C_{m/F}(m)=41.57\text{mm}}$$

$$C_{m/F}(M)=C_{m/F}(m)+IT$$

$$C_{m/F}(M)=41.57+0.025$$

$$C_{m/F}(M)=41.595\text{mm}$$

Demi-finition

$$C_{pm}=C_{mEb}(m)-C_{m/F}(M)$$

$$C_{mEb}(m)=C_{m/F}(M)+C_{pm}(F)$$

$$C_{mEb}(m)=41.595+0.5$$

$$C_{mEb}(m)=42.095\text{mm}$$

$$C_{mEb}(M)=C_{mEb}(m)+IT$$

$$C_{mEb}(M)=42.095+0.1$$

$$C_{mEb}(M)=42.195\text{mm}$$

Ebauche

$$C_{pm}=C_{mEc}(m)-C_{mEb}(M)$$

$$C_{mEc}(m)=C_{mEb}(M)+C_{pm}(Eb)$$

$$C_{mEc}(m)=42.195+1$$

$$C_{mEc}(m)=43.195\text{mm}$$

$$C_{mEc}(M)=C_{mEc}(m)+IT$$

$$C_{mEc}(M)=43.195+0.2$$

$$C_{mEc}(M)=43.395\text{mm}$$

Ecroutage

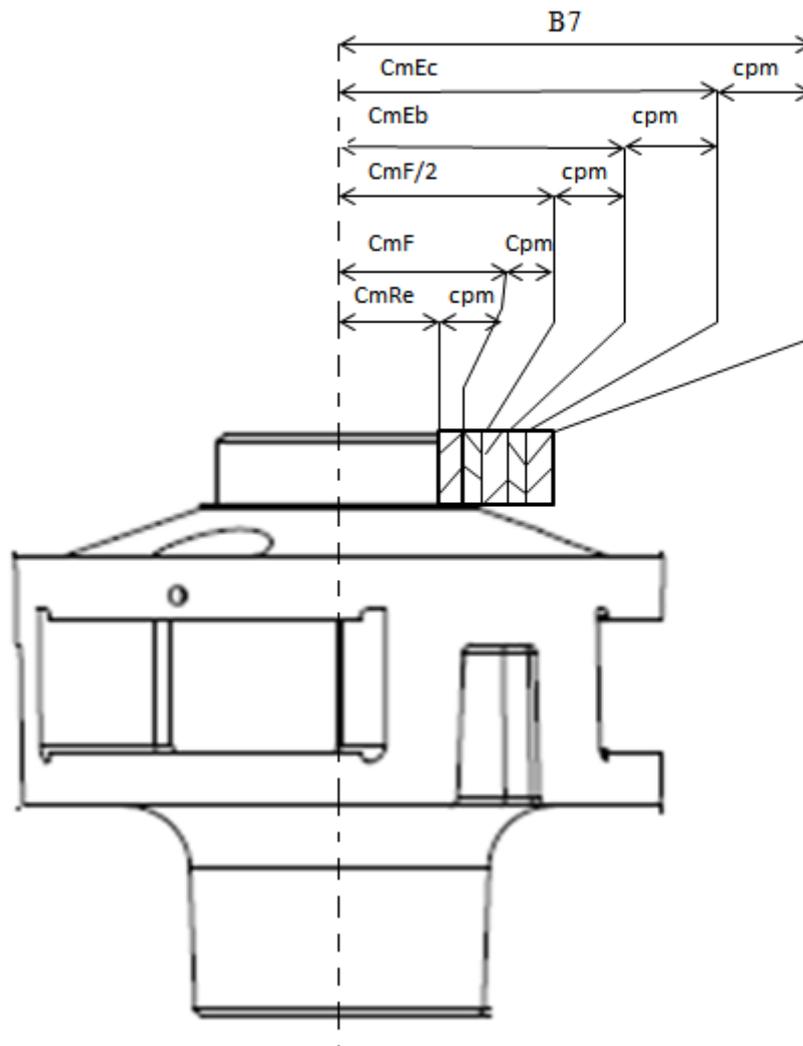
$$C_{pm} = C_{mB7(m)} - C_{mEc}(M)$$

$$C_{mB7(m)} = C_{mEc}(M) + C_{pm}(Ec)$$

$$C_{mB7(m)} = 43.395 + 1.5$$

$$C_{mB7(m)} = 44.895 \text{ mm}$$

$$B7 = 44.895 * 2 = 89.79 \text{ mm}$$



$$\Phi 66.675^{\pm 0.125}$$

$$\Phi/2=33.337$$

Finition

$$C_{pm} = C_{mEb}(\min) + C_{mF}(\text{Max})$$

$$C_{mEb}(\text{m}) = C_{mF}(\text{M}) - C_{pm}$$

$$C_{mEb}(\text{m}) = 33.337 - 0.2$$

$$\mathbf{C_{mEb}(\text{m}) = 33.137\text{mm}}$$

$$C_{mEb}(\text{M}) = C_{mEb}(\text{m}) - IT$$

$$C_{mEb}(\text{M}) = 33.137 - 0.025$$

$$\mathbf{C_{mEb}(\text{M}) = 33.112\text{mm}}$$

Ebauche

$$C_{pm} = C_{mEc}(\text{m}) + C_{mEb}(\text{M})$$

$$C_{mEc}(\text{m}) = C_{mEb}(\text{M}) - C_{pm}$$

$$C_{mEc}(\text{m}) = 33.112 - 0.5$$

$$\mathbf{C_{mEc}(\text{m}) = 32.612\text{mm}}$$

$$C_{mEc}(\text{M}) = C_{mEc}(\text{m}) - IT$$

$$C_{mEc}(\text{M}) = 32.612 - 0.2$$

$$\mathbf{C_{mEc}(\text{M}) = 32.412\text{mm}}$$

Ecroutage

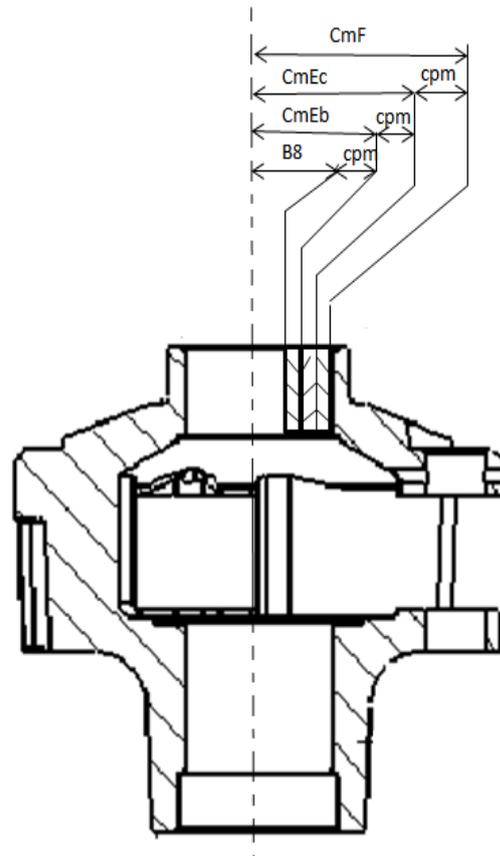
$$C_{pm} = C_{mB8}(\text{m}) + C_{mEc}(\text{M})$$

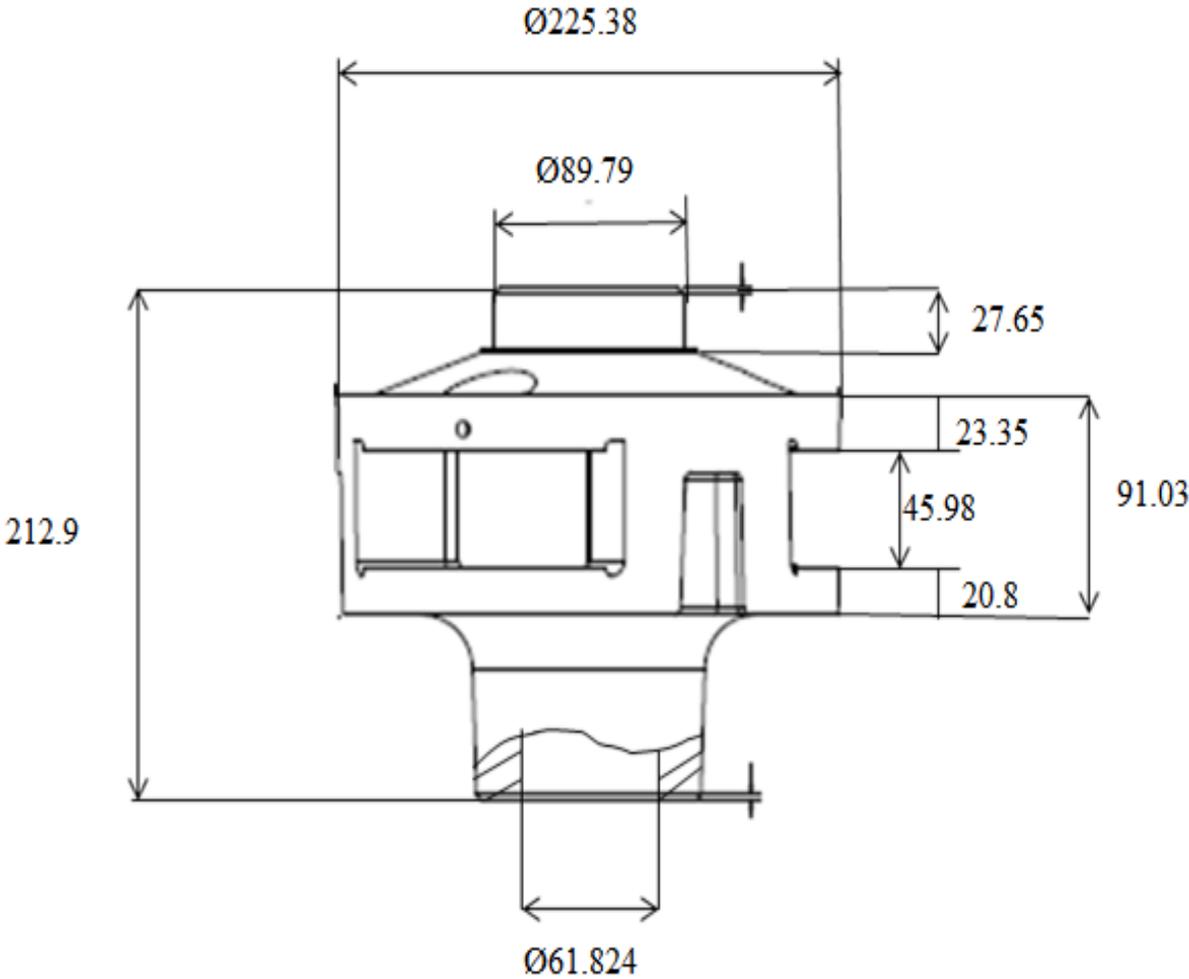
$$C_{mB8}(\text{m}) = C_{mEc}(\text{M}) - C_{pm}$$

$$C_{mB8}(\text{m}) = 32.412 - 1.5$$

$$\mathbf{C_{mB8}(\text{m}) = 30.912\text{mm}}$$

$$\mathbf{B8 = 61.824\text{mm}}$$





2.5. Calcul de volume :

Calcul de volume de brut du porte satellite :

$$V1 = \pi r^2 h$$

$$V1 = 3.14 \times 44.895^2 \times 27.65$$

$$V1 = 175081.78255 \text{ mm}^3$$

$$V2 = \frac{1}{3} \pi h (r^2 + R + R^2)$$

$$V2 = \frac{1}{3} \times 3.14 \times 19.685 \times (47.625^2 + 47.625 \times 88.9 + 88.9^2)$$

$$V2 = 296931.29055 \text{ mm}^3$$

$$V3 = \pi r^2 h$$

$$V3 = 3.14 \times 112.69 \times 23.35$$

$$V3 = 931552.88436 \text{ mm}^3$$

$$V4 = \pi r^2 h$$

$$V4 = 3.14 \times 108.743 \times 21.295$$

$$V4 = 791097.72736 \text{ mm}^3$$

$$V5 = \pi r^2 h$$

$$V5 = 3.14 \times 48.19 \times 78.075$$

$$V5 = 569607.52452 \text{ mm}^3$$

$$V6 = \frac{2\pi^2 \times R \times r^2}{6}$$

$$V6 = \frac{2(3.14)^2 \times 48.19 \times (11.112)^2}{6}$$

$$V6 = 19575.81636 \text{ mm}^3$$

$$V7 = l \times L \times h$$

$$V7 = [(74.93 \times 49.678) - (31.75 \times 19)] \times 41.98$$

$$V7 = 130969.07428 \text{ mm}^3$$

$$V8 = \left[\left(\frac{49.687 \times 74.93}{2} \right) - (31.75 \times 19) \times 41.98 \right] \times 2$$

$$V8 = 105644.63928 \text{ mm}^3$$

$$V9 = \pi r^2 h$$

$$V9 = 3.14 \times 30.769^2 \times 125.19$$

$$V9 = 372345.64207 \text{ mm}^3$$

$$V10 = \frac{1}{3} \pi h (r^2 + rR + R^2)$$

$$V10 = 224202.35069 \text{ mm}^3$$

$$V11 = l \times L \times h$$

$$V11 = (19.05 \times 31.75 \times 57.15) \times 3$$

$$V11 = 103699.789 \text{ mm}^3$$

$$VT = (V1 + V2 + V3 + V4 + V5 + V6 + V7 + V8) - (V9 + V10 + V11)$$

$$VT = 3042949.7018 \text{ mm}^3$$

$$PB = VT \times 7.2 \times 10^{-6}$$

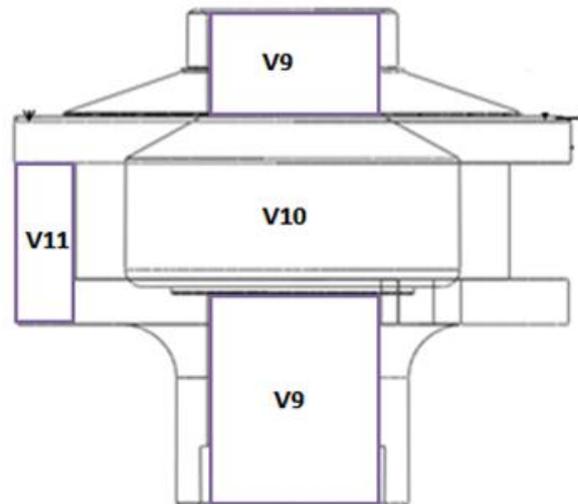
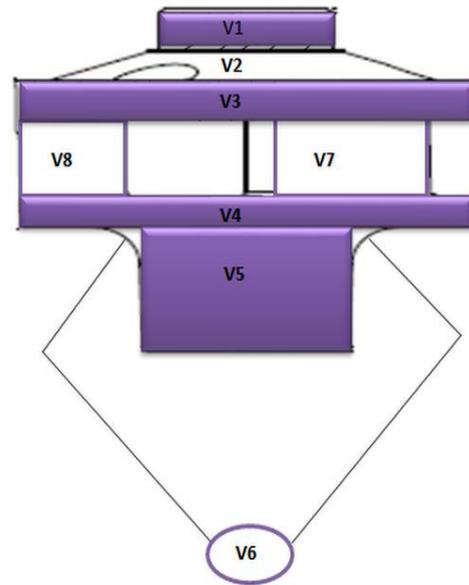
$$PB = 3042949.7018 \times 7.2 \times 10^{-6}$$

$$PB = 21.9 \text{ Kg}$$

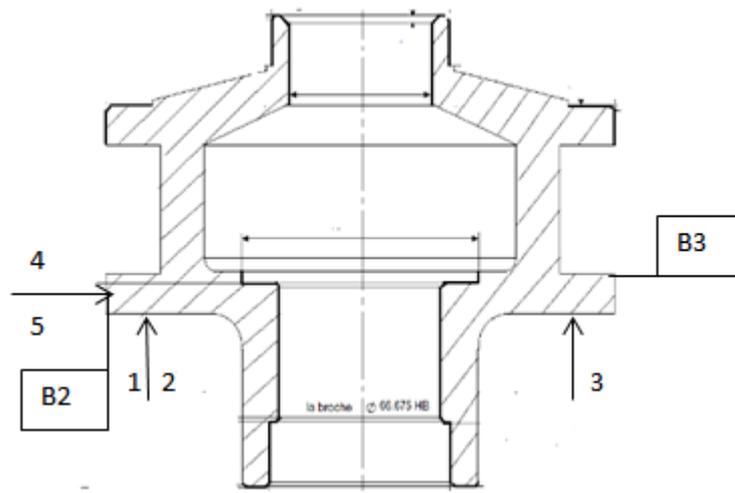
$$KV = \frac{pf}{PB} \times 100$$

$$KV = \frac{18.5}{21.9}$$

$$KV = 87.74\% \Phi$$

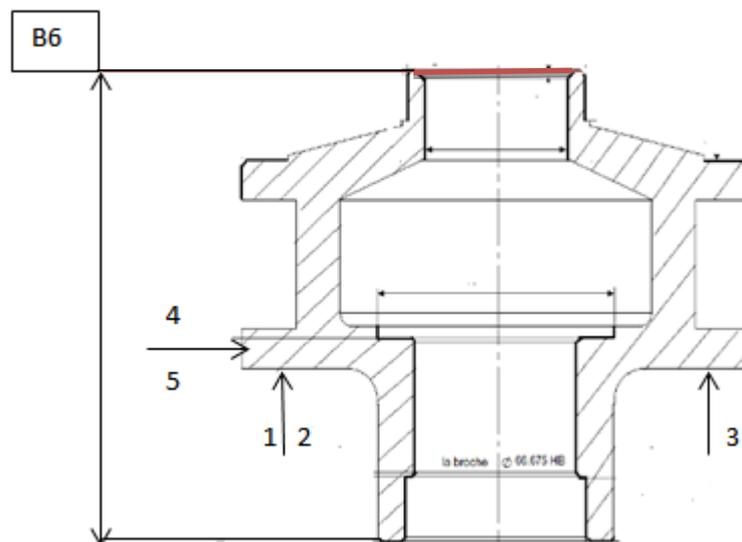


CONTRAT DE PHASE	ENSEMBLE :TRACTEUR MF 440X	DATE :18/06/2017	
PREVISIONNEL	PIECE :PORT SATILLIT022 516 P3		1/18
PHASE N° : 200/ Sp (1)	MATIERE : GGG70		
NOM : TIFFOUTI HADJER	PROGRAMME : 1400 PIECE/AN		
DESINATION : TOURNAGE			
MACHINE : TOUR CNC TYPE PV 400			



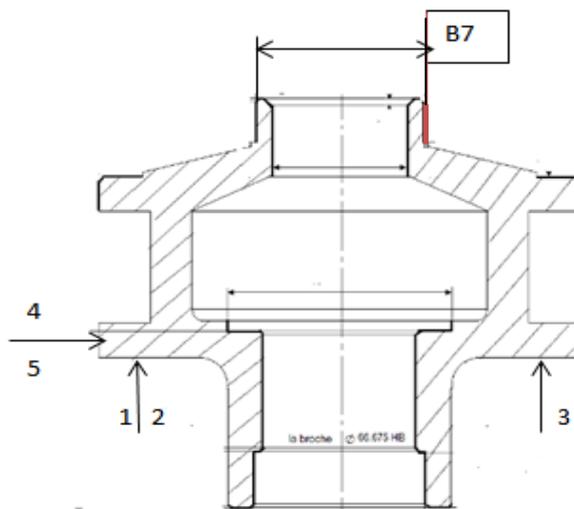
OPERATIONS	OUTILE	Vc	f/fz	N	ap
<p>Tournage une pièce au montage référentiel définie par : - appuis plan sur surface (B3) en 3N (1.2.3) - centrage courte en (B2) - serrage opposé aux appuis</p>					

CONTRAT DE PHASE	ENSEMBL :TRACTEUR MF 440X	DATE : 18/06/2017	
PREVISIONNEL	PIECE : PORT SATILLITE022 516 P3		2/18
PHASE N° : 200/ Sp (1)	MATIERE : GGG70		
NOM : TIFFOUTI HADJER	PROGRAMME : 1400 PIECE/AN		
DESGNATION : TOURNAGE			
MACHINE : TOUR CNCTYPE PV 400			



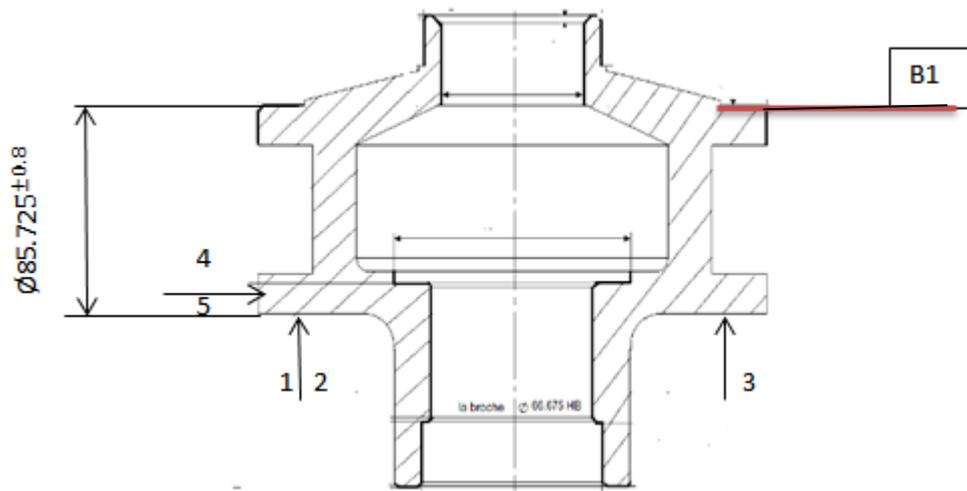
OPERATIONS	OUTILS	Vc	f/fz	N	ap
210 : Dressage					
211 : Dressage la face B6 en Ecroutage CmEc=211.4mm	outil à	200	0.32	707	3.2
212 : Dressage la face B6 en Ebauche CmEb=210mm	dresser	266.66	0.08	1023	0.28
213 : Dressage la face B6 en finition CmF=209.75mm					

CONTRAT DE PHASE	ENSEMBL :TRACTEUR MF 440X	DATE : 18/06/2017	
PREVISIONNEL	PIECE : PORT SATILLITE022 516 P3		3/18
PHASE N° : 200/ Sp (1)	MATIERE : GGG70		
NOM : TIFFOUTI HADJER	PROGRAMME : 1400 PIECE/AN		
DESGNATION : TOURNAGE			
MACHINE : TOUR CNCTYPE PV 400			



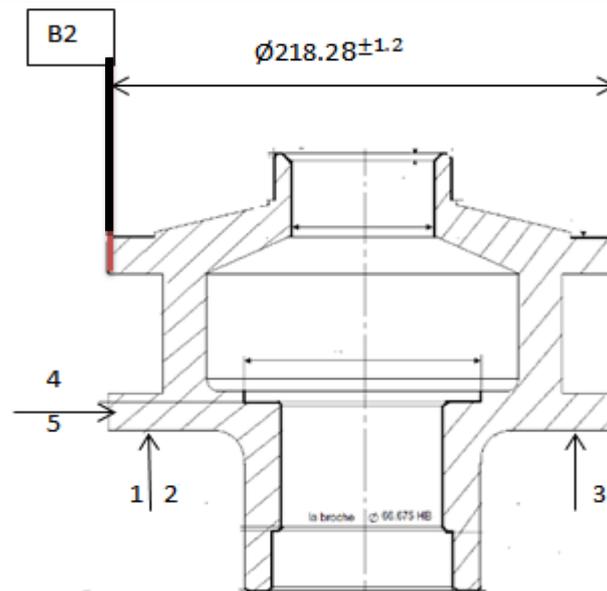
OPERATIONS	OUTILS	Vc	f/fz	N	ap
<p>Chariotage :</p> <p>214 : Chariotage la face B7 en Ecroutage $2CmEc = \varnothing 86.79 \text{ mm}$ $L = 24^{+0.6}_{-0.2}$</p> <p>215 : Charioter la face B7 en Ebauche $2CmEb = \varnothing 84.39 \text{ mm}$ $L = 24^{+0.6}_{-0.2}$</p> <p>216 : Charioter la face B7 en Demi Finition $2CmF = \varnothing 83.19 \text{ mm}$ $L = 24^{+0.6}_{-0.2}$</p> <p>217 : charioter la face B7 en Finition $2CmF = \varnothing 82.74 \text{ mm}$ $L = 24^{+0.6}_{-0.2}$</p>	<p>Outil à charioter</p>	<p>130</p> <p>257</p>	<p>0.5</p> <p>0.2</p>	<p>490</p> <p>9838</p>	<p>1</p> <p>0.5</p>

CONTRAT DE PHASE	ENSEMBL :TRACTEUR MF 440X	DATE : 18/06/2017	
PREVISIONNEL	PIECE : PORT SATILLITE022 516 P3		4/18
PHASE N° : 200/ Sp (1)	MATIERE : GGG70		
NOM : TIFFOUTI HADJER	PROGRAMME : 1400 PIECE/AN		
DESGNATION : TOURNAGE			
MACHINE : TOUR CNC			



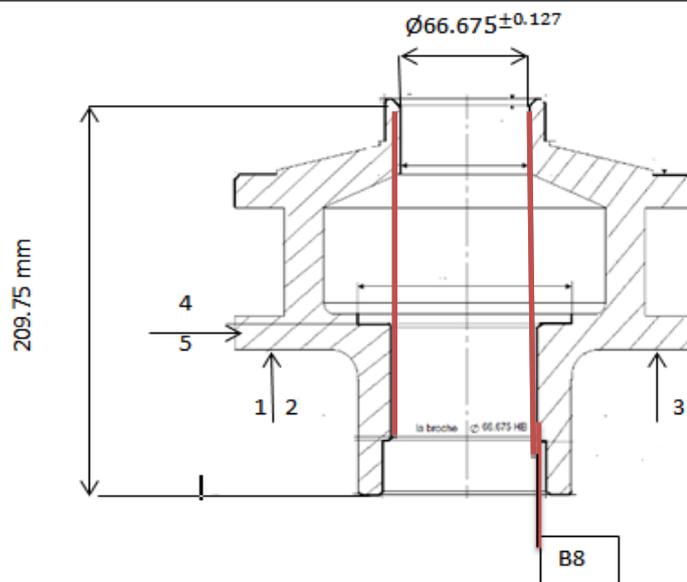
OPERATIONS	OUTILS	Vc	f/fz	N	ap
Dressage					
218 : Dresser la face B1 en Ecroutage	outil à	169	0.2	239	0.2
CmEc=86.775mm	dresser	198	0.5	280	0.1
2Cm=177.8±1.2 mm					
219 : Dresser la face B1 en Finition					
CmEb=Ø85.725±0.8					
2Cm=177.8±1.2 mm					

CONTRAT DE PHASE	ENSEMBL : TRACTEUR MF 440X	DATE : 18/06/2017	
PREVISIONNEL	PIECE : PORT SATILLITE022 516 P3		5/18
PHASE N° : 200/ Sp (1)	MATIERE : GGG70		
NOM : TIFFOUTI HADJER	PROGRAMME : 1400 PIECE/AN		
DESIGNATION : TOURNAGE			
MACHINE : TOUR CNC			



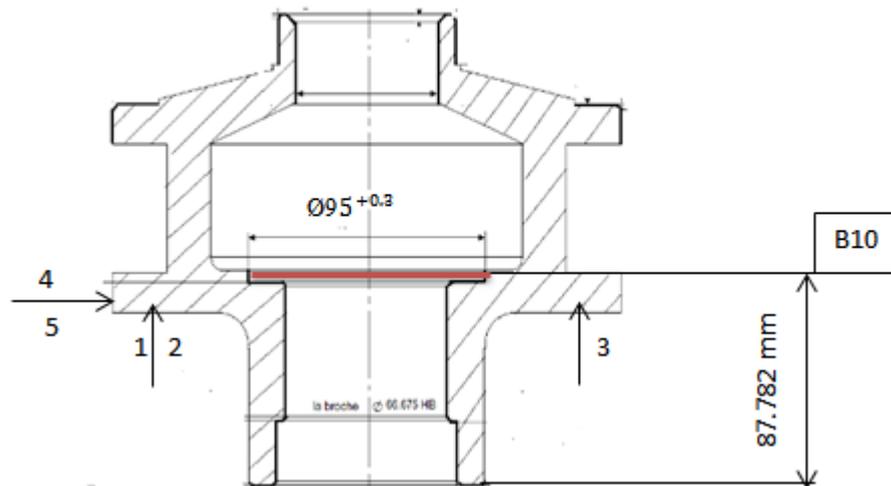
OPERATIONS	OUTILS	Vc	f/fz	N	ap
Chariotage :					
220 : Charioter la face B2 en Ebauche 2CmEb=Ø219.98mm	Outil à	198	0.5	287	1
221 : Charioter la face B2 en Finition 2CmF=218.28±1.2mm	charioter	257	0.2	375	0.2

CONTRAT DE PHASE	ENSEMBL : TRACTEUR MF 440X	DATE : 18/06/2017	
PREVISIONNEL	PIECE : PORT SATILLITE022 516 P3		6/18
PHASE N° : 200/ Sp (1)	MATIERE : GGG70		
NOM : TIFFOUTI HADJER	PROGRAMME : 1400 PIECE/AN		
DESGNATION : TOURNAGE			
MACHINE : TOUR CNC			



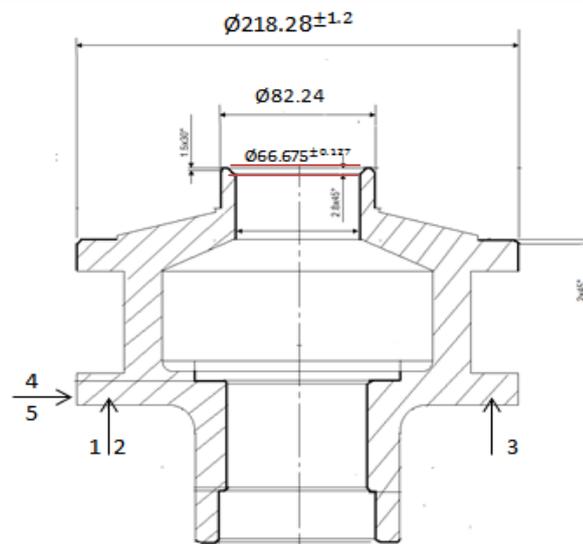
OPERATIONS	OUTILS	Vc	f/fz	N	ap
230 : Alésage 231 : Aléser la surface B8 en Ecroutage $2CmEc = \text{Ø}64.828\text{mm}$ $L = 209.75\text{mm}$ 232 : Aléser la surface B8 en Ebauche $2CmEb = \text{Ø}66.224\text{mm}$ $L = 209.75\text{mm}$ 233 : Aléser la surface B8 en Finition $2CmF = \text{Ø}66.675^{+0.127}\text{mm}$	Bar d'alésage	140	1.27	687	1.5

CONTRAT DE PHASE	ENSEMBL :TRACTEUR MF 440X	DATE : 18/06/2017	
PREVISIONNEL	PIECE : PORT SATILLITE022 516 P3		7/18
PHASE N° : 200/ Sp (1)	MATIERE : GGG70		
NOM : TIFFOUTI HADJER	PROGRAMME : 1400 PIECE/AN		
DESGNATION : TOURNAGE			
MACHINE : TOUR CNC			



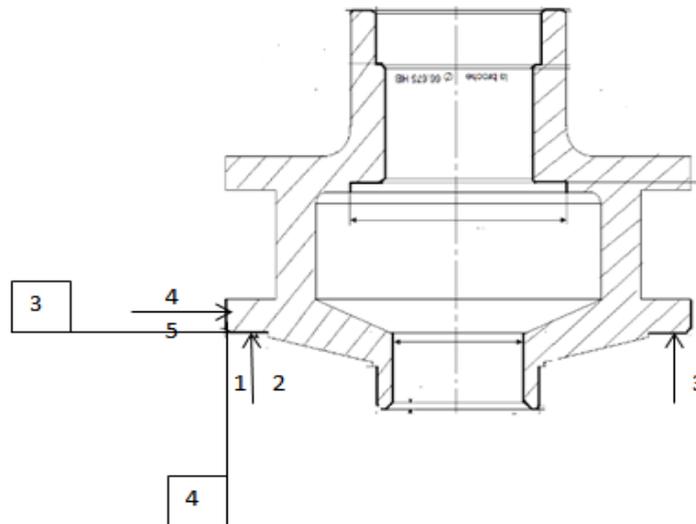
OPERATIONS	OUTILS	Vc	f/fz	N	ap
240 : Chambrage 241 : Chambrer la face B10 en Finition $1^{+0.52}_{-0.24} \times 95^{+0.3} mm$ L=87.782mm	Outil de gorge	80	0.1	268	0.2

CONTRAT DE PHASE	ENSEMBL : TRACTEUR MF 440X	DATE : 18/06/2017	
PREVISIONNEL	PIECE : PORT SATILLITE022 516 P3		8/18
PHASE N° : 200/ Sp (1)	MATIERE : GGG70		
NOM : TIFFOUTI HADJER	PROGRAMME : 1400 PIECE/AN		
DESGNATION : TOURNAGE			
MACHINE : TOUR CNC			



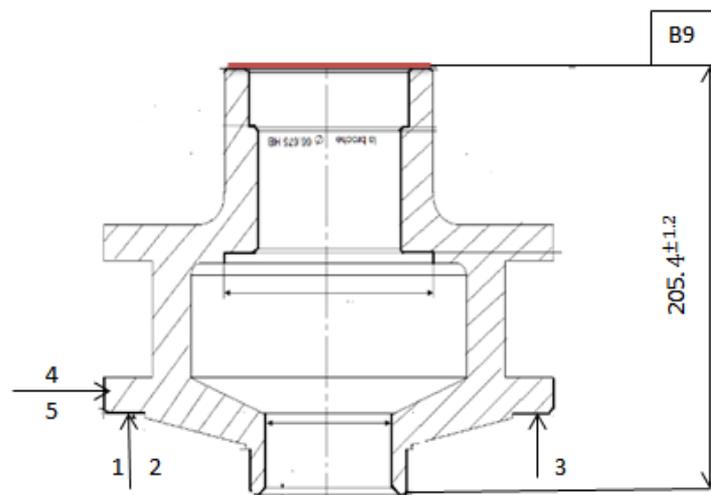
OPERATIONS	OUTILS	Vc	f/fz	N	ap
250 : Chanfrein					
251 : Chanfreiner le diamètre $\varnothing 82.614$ en finition $1.52 \times 30^\circ$	Outil à chanfrein	120	0.1	462	1.52
252 : Chanfreiner le diamètre $\varnothing 66.738$ en Finition $4.7 \times 45^\circ$		120	0.1	572	0.7
253 : Chanfreiner le diamètre $\varnothing 218.28$ en Finition		120	0.1	175	4.76

CONTRAT DE PHASE	ENSEMBLE :TRACTEUR MF 440X	DATE : 18/06/2017	
PREVISIONNEL	PIECE :PORT SATILLIT022 516 P3		9/18
PHASE N° :	MATIERE : GGG70		
NOM : TIFFOUTI HADJER	PROGRAMME : 1400 PIECE/AN		
DESINATION :			
MACHINE :TOUR CNC			



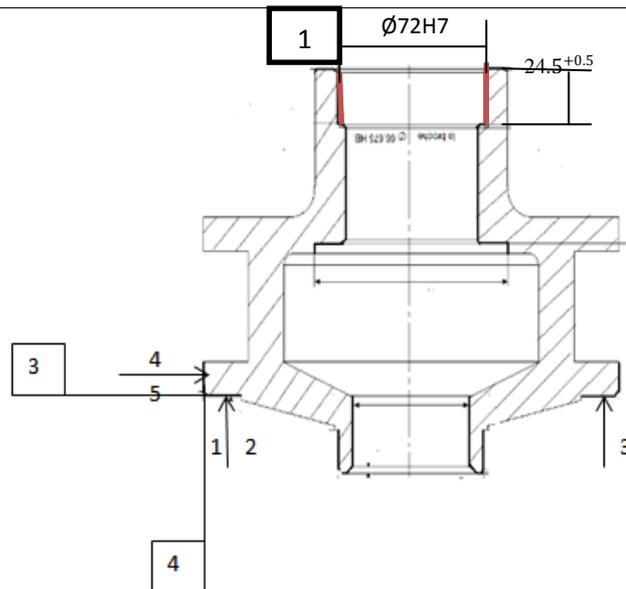
OPERATIONS	OUTILS	Vc	f/fz	N	ap
une pièce au montage référentiel définie par : Appuis plan sur la surface 3 en 3N (1.2.3.) centrage en 4 serrage opposé aux appuis	Fraiseuse et perceuse	/	/	/	/

CONTRAT DE PHASE	ENSEMBLE :TRACTEUR MF 440X	DATE :18/06/2017	
PREVISIONNEL	PIECE :PORT SATILLIT022 516 P3		10/18
PHASE N° :	MATIERE : GGG70		
NOM : TIFFOUTI HADJER	PROGRAMME : 1400 PIECE/AN		
DESINATION :			
MACHINE : TOUR CNC			



OPERATIONS	OUTILS	Vc	f/fz	N	ap
260 : Dressage					
261 : Dresser la face B9 en Ecroutage CmEc=208.25mm	outil à dresser	89	0.2	295	1
262 : Dresser la face B9 en Ebauche CmEb=206=85mm					
263 : Dresser la face B 9 en Finition CmF=205.4 ^{±1.2}		175	0.1	592	0.2

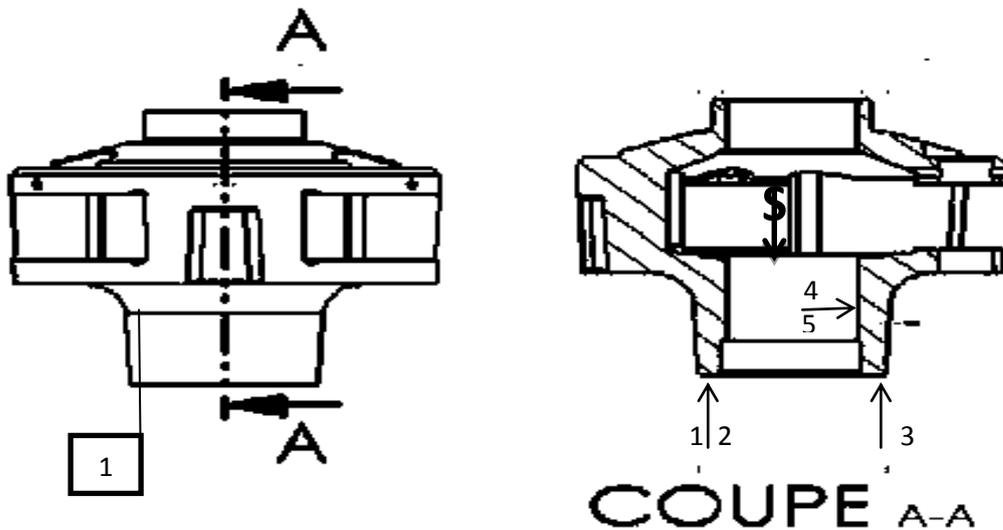
CONTRAT DE PHASE	ENSEMBLE :TRACTEUR MF 440X	DATE :18/06/2017	
PREVISIONNEL	PIECE :PORT SATILLIT022 516 P3		11/18
PHASE N° :	MATIERE : GGG70		
NOM : TIFFOUTI HADJER	PROGRAMME : 1400 PIECE/AN		
DESINATION : Alésage			
MACHINE : TOUR CNC			



OPERATIONS	OUTILS	Vc	f/fz	N	ap
271 : Aléser la fac 1 en finition $2CmF = \text{Ø}72^{+0.23}_{+0.36}$ mm $L = 24.5^{+0.5}$ mm					

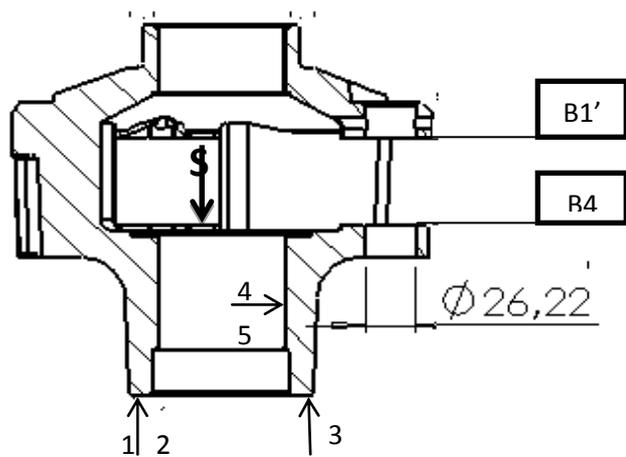
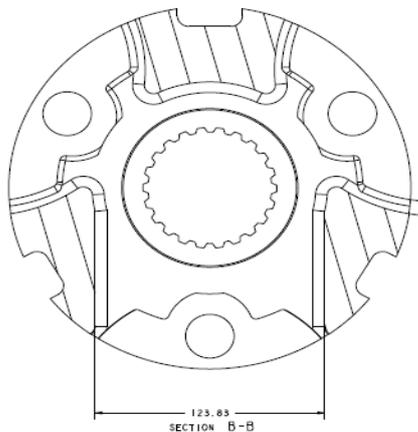
CONTRAT DE PHASE	ENSEMBLE : TRACTEUR MF 440X		DATE :18/06/2017		
PREVISIONNEL	PIECE :PORT SATILLIT022 516 P3			12/18	
PHASE N° :	MATIERE : GGG70				
NOM : TIFFOUTI HADJER	PROGRAMME : 1400 PIECE/AN				
DESINATION :					
MACHINE : TOUR CNC					
OPERATIONS	OUTILS	Vc	f/fz	N	ap
280 : Chanfrein 281 : Chanfreiner le diamètre Ø66.738 en Finition 0.7× 15° 282 : Chanfreiner le diamètre Ø72.263 en Finition 1.58×45°					

CONTRAT DE PHASE	ENSEMBLE :TRACTEUR MF 440X	DATE :18/06/2017	
PREVISIONNEL	PIECE :PORT SATILLIT022 516 P3		13/18
PHASE N° :	MATIERE : GGG70		
NOM : TIFFOUTI HADJER	PROGRAMME : 1400 PIECE/AN		
DESINATION :			
MACHINE : Center d'usinage			



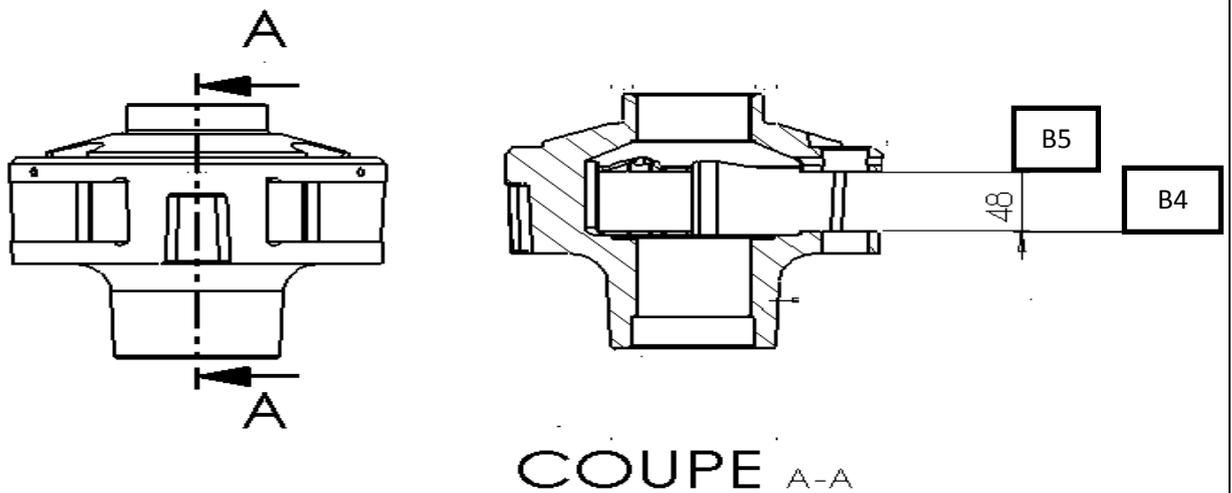
OPERATIONS	OUTILS	Vc	f/fz	N	ap
300 : Fraisage et Perçage une pièce au montage référentiel défini par : -appuis plan sur la surface 5 en 3N (1.2.3) -centrage court sur la surface 1 310 : Centrage					

CONTRAT DE PHASE	ENSEMBLE : TRACTEUR MF 440X	DATE :18/06/2017	
PREVISIONNEL	PIECE :PORT SATILLIT022 516 P3		14/18
PHASE N° :	MATIERE : GGG70		
NOM : TIFFOUTI HADJER	PROGRAMME : 1400 PIECE/AN		
DESINATION : perçage			
MACHINE : Center d'usinage			



OPERATIONS	OUTILS	Vc	f/fz	N	ap
350 : Perçage 351 : Percer la face B1' et B4 les trois trous à distance entre l'axe 120° Co=26.205mm					

CONTRAT DE PHASE	ENSEMBLE :TRACTEUR MF 440X	DATE :18/06/2017	
PREVISIONNEL	PIECE :PORT SATILLIT022 516 P3		15/18
PHASE N° :	MATIERE : GGG70		
NOM : TIFFOUTI HADJER	PROGRAMME : 1400 PIECE/AN		
DESINATION : fraisage			
MCHINE : Center d'usinage			

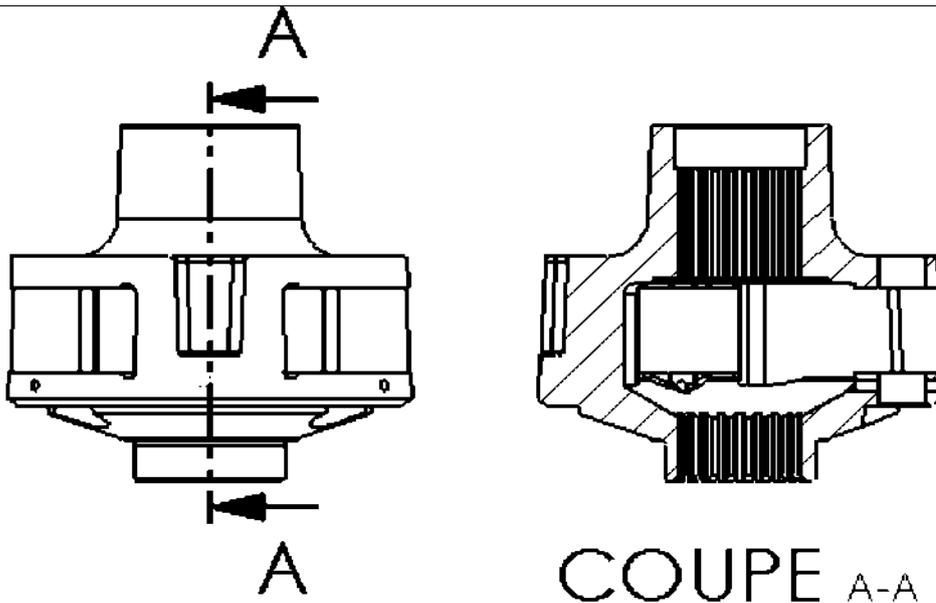


OPERATIONS	OUTILS	Vc	f/fz	N	ap
370 : Fraisage 371 : Fraiser les faces B4 et B5 en Finition $CmF=48^{+0.1}_{-0.02}mm$					

CONTRAT DE PHASE	ENSEMBLE :TRACTEUR MF 440X	DATE :18/06/2017	
PREVISIONNEL	PIECE :PORT SATILLIT022 516 P3		16/18
PHASE N° :	MATIERE : GGG70		
NOM : TIFFOUTI HADJER	PROGRAMME : 1400 PIECE/AN		

DESINATION : TAILLAGE

MACHINE :



OPERATIONS	OUTILS	Vc	f/fz	N	ap
400 : Taillage une pièce au montage référentiel défini par : appuis plan sur la surface 5 en 3N (1.2.3) centrage court en 4 serrage opposé aux appuis 410 : Taillage la face (1) en Finition Z=22 M=3.175 Dp=69.85					

CONTRAT DE PHASE	ENSEMBLE :TRACTEUR MF 440X	DATE :18/06/2017			
PREVISIONNEL	PIECE :PORT SATILLIT022 516 P3		17/18		
PHASE N° :	MATIERE : GGG70				
NOM : TIFFOUTI HADJER	PROGRAMME : 1400 PIECE/AN				
DESINATION :					
MACHINE					
OPERATIONS	OUTILS	Vc	f/fz	N	ap
<p>500 : rectification</p> <p>une pièce au montage référentiel défini par :</p> <p>appuis plan sur la surface (5) en 3N (1.2.3</p> <p>centrage court en (4)</p> <p>serrage opposé aux appuis</p> <p>510 : rectifier la face (6) en Finition</p> <p>$2C_{mre}=82^{+0.613}_{-0.412}$</p>					

CONTRAT DE PHASE	ENSEMBLE :TRACTEUR MF 440X	DATE :18/06/2017			
PREVISIONNEL	PIECE :PORT SATILLIT022 516 P3		18/18		
PHASE N° :	MATIERE : GGG70				
NOM : TIFFOUTI HADJER	PROGRAMME : 1400 PIECE/AN				
DESINATION :					
MACHINE					
OPERATIONS	OUTILS	Vc	f/fz	N	ap
600 : contrôle de Brute finale 610 : dimension 620 : spécification et états de surface					