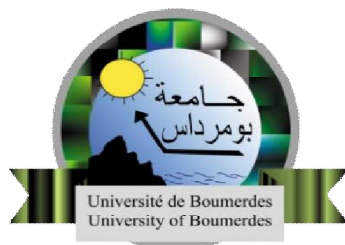


REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DEL'ENSEIGNEMENTS SUPERIEUR ET DELA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARABOUMERDES



Faculté de Technologie

Département de Génie Mécanique

Mémoire de Master

Filière: Génie Mécanique

Spécialité: Fabrication mécanique et productive

THEME

**Elaboration d'une gamme d'usinage d'une butée
eclipsable d'un tour semi-automatique par l'introduction
de l'outil informatique.**

Présenter par :

M^{elle} **BRIKI Noura**

M^r **HARKATI Aymen**

Promoteur

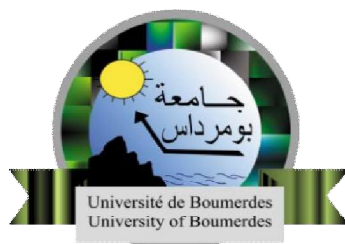
Mr. **TOURAB M^{ed}**

Encadreur:

Mr. **BRIKI Dj**

Promotion : 2021/2022

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DEL'ENSEIGNEMENTS SUPERIEUR ET DELA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARABOUMERDES



Faculté de Technologie

Département de Génie Mécanique

Mémoire de Master

Filière: Génie Mécanique

Spécialité: Fabrication mécanique et productive

THEME

**Elaboration d'une gamme d'usinage d'une butée
eclipsable d'un tour semi-automatique par l'introduction
de l'outil informatique.**

Présenter par :

M^{elle} **BRIKI Noura**

M^r **HARKATI Aymen**

Promoteur

Mr **TOURAB.M^{ed}**

Encadreur:

Mr. **BRIKI.Dj**

Promotion : 2021/2022

Remerciement

Je remercie Dieu, le tout puissant, je rende grâce pour m'avoir donné santé, patience, volonté et surtout raison.

Le travail présenté dans ce mémoire a été effectué au Département génie mécanique de l'université M'Hamed BOUGARA de Boumerdès (UMBB).

Nous tenons à remercier tout particulièrement notre chère promoteur **Mr TOURAB M^{ed}**, notre que personne et enseignant. Il a été pour nous un mentor pendant tout le long de notre parcours universitaire. Nous lui exprimons toute notre gratitude.

A notre encadreur **Mr BRIKI Djamel,Salem** et **BELAID** et tous le personnel de la SNVI

Nous remercions **notre jury**

Nous tenons à remercier aussi Mr **AIT CHIKH**.

En remercie a l'ensemble des enseignents du département génie mécanique

Je remercie aussi l'ensemble du personnel du MFMP avec qui j'ai été amené à travailler, pour avoir fait preuve de disponibilité et d'attention à mon égard tout au long de mon stage.



Dédicace

Chère maman

A ma maman, qui m'a donné la vie et m'a appris à y vivre merci pour votre soutien et votre amour tout au long de ma carrière scolaire, merci pour ton peur et le soin que vous portez à moi.

Chère papa

Mon soutien dans ma vie et toute ma force, merci pour vos sacrifices pour moi, pour votre souci et votre amour constants.

*À mes sœurs **Fahima, Nassima** et mes frères **Ali, Lounis** de m'avoir encouragé, je vous souhaite une vie pleine de bonheur et de succès*

*A ma grande famille : ma **grand-mère** que le dieu la préserve et prolonge sa vie, mes oncles, mes tantes, mes cousins, mes cousines et leurs familles*

*A mon binôme **Aymen**.*

*A mes amis **Lynda, Hadjer, Imen, Fadia, Loubna, Sabrina, Lilya, Meryem, kawther, Sarah, Bouchra, Anissa** merci pour votre amitié précieuse.*

*A mes **Zohir, Sliman, Malek, Younes**.*

*Nous remercions les filles de la chapelle **Sabrina, Soumia, Gadararahmane, Ikram, thanina**, pour toute la responsabilité et les efforts déployés, ainsi que pour l'humilité, la générosité et l'amour, mais je leur souhaite tout le meilleur et le succès.*

Aux étudiants du Génie mécanique

Enfin, j'adresse mes plus sincères remerciements à tous mes proches, amis et Collègues, qui m'ont toujours soutenue et encouragée au cours de la réalisation de ce mémoire. A tous ceux que je ne puis citer ici mais qui savent combien d'avoir croisé leur route m'a apporté.

Noura



Dédicace

A ma très chère maman

*Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point te remercier
Comme il se doit, Ton affection me couvre, ta bienveillance me Guide
Et de m'épauler pour que je puisse atteindre mes objectifs*

A mon très cher père

*Tu as toujours été à mes cotés pour me soutenir et m'encourager
Que ce travail traduit ma gratitude et mon affection.*

A mes très chers frères

Adem ,Oumaima

A ma chère grand-mère

*Que dieu la préserve et prolonge sa vie, merci de prier pour moi
Dans chaque prière*

A mes chères amies

*A tous mes amis qui se tenaient à côté de moi, Amine Hadj-Ali, HalimBelid
Yasmine,muhammed,*

Aymen

NOMENCLATURE

Désignation

B.E	Bureau d'étude
SNVI	Société nationale des véhicules industriels
B.M	Bureau de méthode
Q(I)	Qualité dimensionnelle de la surface (I)
Ra(I)	Rugosité arithmétique de la surface (I)
Ra(I)	Rugosité de la surface (I)
I	Indice de surface à usiner
N	Nombre de surface à usiner
OE	Opérations élémentaires
IE	Surface (I) ébauche
IF/2	Surface (I) demi-finition
IF	Surface (I) finition
Cm	Cote machine
V_C	Vitesse de coupe (m/min)
f	Avance de coupe (mm/tr) en fraisage (mm/min)
a	Profondeur de passe
N_{th}	Fréquence de rotation (tr/min)
V_f	La vitesse d'avance (mm/min)
T₂	La durée de vie de l'outil (min)
T_t	Temps technologie (cmin)
L_C	La longueur de passe (mm)
F_C	Effort de coupe
K_S	Pression spécifique

S	Aire
P_C	Puissance de coupe en tournage (w)
P_f	Puissance de coupe en perçage (w)
Z	Nombre de dent
P_m	Puissance de moteur (w)
M_C	Couple (Nm)
D	Diamètre (mm)
V_{th}	Vitesse théorique (m/min)
V_{pr}	Vitesse pratique (m/min)
Y	Angle effectif (degré)
Y₀	L'écart angulaire (degré)
K	Angle de direction d'arrêt
k_s	Pression spécifique de coupe (N/min)
∂	Angle de pointe
k_r	Angle de direction d'arrêt
T_Z	Temps masqué (cmin)
T_{tm}	Temps techno-manuel (cmin)
T_m	Temps manuel (cmin)

Sommaire :

Introduction générale.....	1
Historique.....	2
Chapitre I : Présentation de sujet et analyse de fabrication	
I.1. Introduction.....	7
I.2. Problématique	7
I.3. Objectif.....	7
I.4. Rôle de la butée eclipsable	7
I.5. Présentation de tour.....	8
I.6. Présentation de la matière.....	8
I.6.1. Composition chimique et caractéristiques mécaniques de la fonte grise à graphite lamellaire EN-GJL 200.....	9
I.6.2. Type de production.....	9
I.7. Travail en série moyenne et répétitive.....	9
I.8. Graphe des conditions bureau d'études orienté	12
I.8.1. Graphe BE orienté suivant ox :	12
I.8.2. Graphe BE orienté suivant oy :	13
I.8.3. Graphe BE orienté suivant oz :	13
I.9. Détermination des opérations élémentaires :	14
I.10. Groupement évident d'opération :	16
I.11. Tableau des contraintes d'antériorités :	16
I.12. Matrice des contraintes d'antériorités par les maximaux :	17
I.13. Fonction ordinale par les maximaux	19
I.14. Projet de gamme.....	20
I.14.1. projets de gamme N°1	20
I.14.2. projets gamme N° 2.....	23
I.14.3. projets gamme N° 3.....	26
I.15. choix du projet de gamme final.....	29
I.16. Feuille d'analyse de fabrication	29
I.17. Liste des machines outils utilisées :	38
I.17. 1. Tour cazeneuve	39
I.17.2. Fraiseuse vernier.....	40
I.17.3. perçage radial :	41

Chapitre II: Simulation d'usinage

II.1. Introduction	42
II.2. Plan de travail	42
II.3. Simulation d'usinage suivant l'axe ox	43
II.4. Simulation d'usinage suivant l'axe oy	44
II.5. Simulation d'usinage suivant l'axe oz	45

Chapitre III : Condition de coupe

III.1. Introduction	47
III.2. Calcule des conditions et efforts de coupe.....	47
III.3. Paramètre caractéristiques le régime de coupe.....	47
III.4. Efforts et puissance de coupe	48

Chapitre IV : Etude de phase

IV.1. Introduction	92
IV.2. Etablissement d'une étude de phase	92
IV.3. Définition des différents temps d'usinage	92
IV.3.1. Temps technologie « Tt ».....	92
IV.3.2. Temps manuel « Tm »	92
IV.3.3. Temps techno-manuel « Ttm ».....	93
IV.3.4. Temps masqué « Tz ».....	93
IV.3.5. Simogramme :	93

Annexe

Elaborations d'un programme pour déterminer le nombre d'opérations élémentaire	102
Elaboration d'un programme pour déterminer les différents niveaux de variation des opérations élémentaire	103
Conclusion générale	112
Référence bibliographique.....	108

Liste de tableau

Chapitre I

Tableau I. 1 : Composition chimique et caractéristiques mécaniques de l'EN-GJL 200.....	9
Tableau I. 2: Détermination des opérations élémentaire.....	15
Tableau I. 3: Groupement évident d'opérations.....	16
Tableau I. 4: Détermination des contraintes d'antériorités.....	17
Tableau I. 5: Matrice des contraintes d'antériorités par les maximaux.....	18
Tableau I. 6:Fonction ordinale par les maximaux.....	19
Tableau I. 7: Projet de gamme N° 1.....	20
Tableau I. 8: Projet de gamme N° 1.....	22
Tableau I. 9: projet de gamme N°3.....	23
Tableau I. 10: Projet de gamme N°2.....	25
Tableau I. 11: Projet de gamme N° 3.....	26
Tableau I. 12: Projet de gamme N3.....	28
Tableau I. 13: Feuille de gamme pour les phases 100 et 200.....	30
Tableau I. 14: Feuille de gamme pour la phase 300.....	32
Tableau I. 15: Feuille de gamme pour la phase 400.....	34
Tableau I. 16: Feuille de gamme pour la phase 500.....	36
Tableau I. 17: Feuille de gamme pour la phase 700.....	38
Tableau I. 18: Caractéristique de la machine tour cazeneuve.....	39
Tableau I. 20: Caractéristique de la machine perceuse radial.....	41

Chapitre II

Tableau II. 1 : Simulation d'usinage suivant l'axe ox.....	43
Tableau II. 2 : Simulation d'usinage suivant l'axe oy.....	44
Tableau II. 3 : Simulation d'usinage suivant l'axe oz.....	45
Tableau II. 4 : Simulation d'usinage suivant suite l'axe oz.....	46

Chapitre IV

Tableau IV. 1: Etude de la phase 200.....	94
Tableau IV. 2: Etude de la phase 300.....	96
Tableau IV. 3: Etude de la phase 400.....	98
Tableau IV. 4: Etude de la phase 500.....	100

Liste de figure

Chapitre I

Figure I. 1: a) Tour semi automatique et b) Butée eclipsable	8
Figure I. 2: Projet de gamme N°1	21
Figure I. 3: Projet de gamme N°2.	24
Figure I. 4: Projet de gamme N°3.	27
Figure I. 5: croquis de phase N°200.	31
Figure I. 6: croquis de phase N°300.	33
Figure I. 7: croquis de phase N°400.	35
Figure I. 8: croquis de phase N°500.	37

Chapitre IV

Figure IV. 1: croquis d'étude de phase 200	95
Figure IV. 2: croquis d'étude de phase 300.	97
Figure IV. 3: croquis d'étude de phase 4.	99
Figure IV. 4: croquis d'étude de phase 500.	101

Résumé :

Dans ce présent travail une gamme d'usinage de la butée éclipseable d'un tour semi-automatique fabriquée en fonte EN-GJL 200 a été élaborée par la méthode de l'analyse de fabrication suivie par une simulation d'usinage permettant de calculer les cotes de fabrication nécessaires pour le réglage des outils de coupe ainsi que de calculer les cotes brutes minimum destinées pour la conception et l'élaboration de la pièce brute capable. Les conditions de coupe nécessaires pour réaliser la pièce ainsi que les différents temps d'usinage ont été déterminés puis on a établi l'étude de phase détaillée pour chaque phase avec leurs croquis. Enfin on a proposé deux programmes par matalab afin de calculer le nombre d'opération élémentaires ainsi que leur ordre chronologique.

Mots clés : gamme d'usinage ; analyse de fabrication ; simulation d'usinage ; l'étude de phase ; matalab.

Abstract:

In the present work a machining range of the retractable stop of a semi-automatic lathe manufactured in cast iron EN-GJL 200 was elaborated by the method of the manufacturing analysis followed by a machining simulation allowing to calculate the manufacturing dimensions necessary for the adjustment of the cutting tools as well as to calculate the minimum rough dimensions intended for the design and the elaboration of the capable rough part. The cutting conditions necessary to realize the part as well as the different machining times were determined and then the detailed phase study was established for each phase with their sketches. Finally two programs were proposed by matalab in order to calculate the number of elementary operations and their chronological order.

Keywords: machining routing; manufacturing analysis; machining simulation; phase study; matalab.

ملخص:

في هذا العمل المقدم قمنا بانجاز سلسلة الشغل لمصدرة قابلة للطي لآلة خراطة نصف آلية مصنوعة من الزهر EN-GJL 200 بطريقة تحليل الصنع متبوعة بمحاكاة الصنع التي تسمح بحساب مختلف إبعاد التصنيع اللازمة لضبط أدوات القطع وكذلك إبعاد الخام الدنيا الموجهة لتصميم وانجاز قطعة الخام. شروط القطع اللازمة في صناعة القطعة وكذلك مختلف أزمنة الشغل حسبت وبعدها قمنا بعمل مفصل دراسة المرحلة لكل مرحلة مع الرسومات. أخيرا قمنا باقتراح برنامجين باستعمال ما طلاب حتى يتسنى لنا حساب عدد العمليات الجزئية وكذلك الترتيب التسلسلي لهذه العمليات الجزئية.

كلمات مفتاحية: سلسلة الشغل ; تحليل الصنع ; محاكاة الصنع ; دراسة المرحلة ; ما طلاب

Introduction générale

Introduction générale

L'objectif de toute entreprise industrielle à caractère économique c'est le passage de l'idée à la réalisation effective d'une pièce mécanique ou d'un produit quelconque de matière générale. Dans le département de conception, les concepteurs produits doivent exprimer leur besoin fonctionnel par un dimensionnement et un tolérancement. Le département de fabrication propose la gamme de fabrication basée sur ces données.

Le bureau des méthodes joue un rôle très important dans la production en raison de produire des pièces avec de qualité, le temps et le cout le plus faible possible.

L'analyse de fabrication et les contrats de phases constituent un point essentiel dans la préparation du travail. Elles nécessitent de part du préparateur ou technicien des connaissances technologiques.

La tâche qui nous a été confié afin de réaliser notre projet, consiste à établir une gamme d'usinage de la pièce butée eclipsable par analyse de fabrication tout en respectant les exigences de bureau d'études.

Afin d'atteindre notre objectif, on a composé ce travail en quatre chapitre donnés comme suite :

Le premier chapitre consiste à faire présentation et analyse de fabrication de notre pièce, le deuxième chapitre consacré à établir la simulation d'usinage. Concernant le troisième chapitre un calcul des conditions de coupe. Le quatrième chapitre consiste à établir l'étude de phases avec un croquis d'usinage et simogramme.

Et on a clôturé notre travail par l'annexe et conclusion générale.

Historique

Historique

A. Historique de la Société National de Véhicules Industriel :

❖ De 1957 à 1966 :

Implantation de la société française BERLIET sur le territoire Algérien par la construction, en juin 1957, d'une usine de montage de véhicules "poids lourd" à 30 km à l'est d'Alger, plus exactement à Rouïba.

❖ De 1967 à 1980 :

En 1967, fut créée la SONACOME (La SOCIETE NATIONALE de CONSTRUCTION MECANIQUE) le schéma d'organisation adopté pour la SO.NA.CO.ME regroupant en son sein dix (10) entreprises autonomes.

❖ De 1981 à 1994 :

La S.N.V.I (Société Nationale des Véhicules Industriels) devient une entreprise publique socialiste (EPS). La S.N.V.I est née à l'issue de la restructuration de la SO.NA.CO.ME et le décret de sa création lui consacra un statut d'entreprise socialiste à caractère économique régis par les principes directifs de la Gestion Socialiste des Entreprises (G.S.E).

❖ De 1995 à 2011 :

Le mois de Mai 1995, la S.N.V.I change de statut juridique pour devenir une Entreprise Publique Économique régie par le droit commun : la S.N.V.I est alors érigée en Société Par Action (SPA), au capital social de 2,2 milliards de Dinars. La S.N.V.I est devenue groupe industriel. [1]

❖ De 2011 à janvier 2015 :

Le mois d'octobre 2011, la S.N.V.I à changer de statut juridique pour devenir un groupe industriel composé d'une Société Mère et de quarts filaires.

❖ De février 2015 à janvier 2018

Suite de la réorganisation de Secteur Public Marchand de l'Etat en date du 23 février 2015, L'EPE FERROVIALE et toutes ses participations a été rattachés au groupe SNVI

❖ Depuis février 2018 à ce jour :

Le groupe SNVI constitué de :

- Epe Fonderie de Rouïba (F.O.R),
- Epe Véhicules Industriels de Rouïba (V.I.R),
- Epe Carrosseries Industriels de Rouïba (C.I.R)
- Epe Carrosseries Industriels de Tiaret (C.I.T)

- Epe Entreprise Rénovation Véhicules Industriels (E.R.V.I)

Et de société mère composée de :

- Directions centrales
- Directions centrale commerciale et son réseau
-

Présentation de la « SNVI »

L'Entreprise Nationale des Véhicules Industriels « **SNVI** » Entreprises Publique Economique constituée en société par actions depuis mai 1995, produit et commercialise des véhicules industriels. L'entreprise nationale des véhicules industriels (**SNVI**) a pour vocation la conception , la fabrication , commercialisation et soutien après – vente d'une importante gamme de produits .au capitale sociale de 2.200.000.000 DA , détenu en totalité par l'état algérien , la **SNVI** construit des camions et des camions tracteurs , autocars , et autobus , des équipements ferroviaires. Trois qualités distinguent se fleuron de l'industrie nationale de ses similaires sur marché et expliquent son succès et sa force- son organisation d'abord. «L'organisation de la société est adossé à des procédures. La maîtrise de la technologie permet à « L'entreprise de faire de la conception, de la fabrication, du montage de véhicules industriels et de la pièce de liaison mécanique « et une autre qualité de l'entreprise. La troisième qualité de la **SNVI** réside dans sa ressource humaine. « Nous avons une ressource humaine potentielle en termes de nombre, de qualité et diversité.

Mission de l'entreprise

La Société Nationale des Véhicules Industriels (**SNVI**) issue de la restructuration de la SONACOME est chargée dans le cadre du plan national du développement économique et social de :

- ✓ La recherche ;
- ✓ Le développement ;
- ✓ L'importation ;
- ✓ La distribution.

Elle se spécialise dans le secteur des véhicules industriels et leurs composants dont :

- ✓ Les camions ;
- ✓ Les autocars, autobus, minicars, minibus ;
- ✓ Les camions spéciaux ;
- ✓ Le matériel tracté (remorques, semi-remorques, et autres...) ;

- ✓ Les pièces brutes de fonderie.

D'une manière générale, tous les véhicules destinés au transport routier des personnes et marchandises d'une charge utile supérieure à 1,5 tonne.

D'autres parts, la SNVI est chargée d'assurer et de promouvoir les activités d'après-vente des véhicules industriels par la mise en place de leurs moyens de maintenance.

1. Organisme et division de la société

SNVI de Rouiba a subi plusieurs changements au niveau de division. Au départ c'était des divisions puis des unités par contre aujourd'hui c'est des filiales :

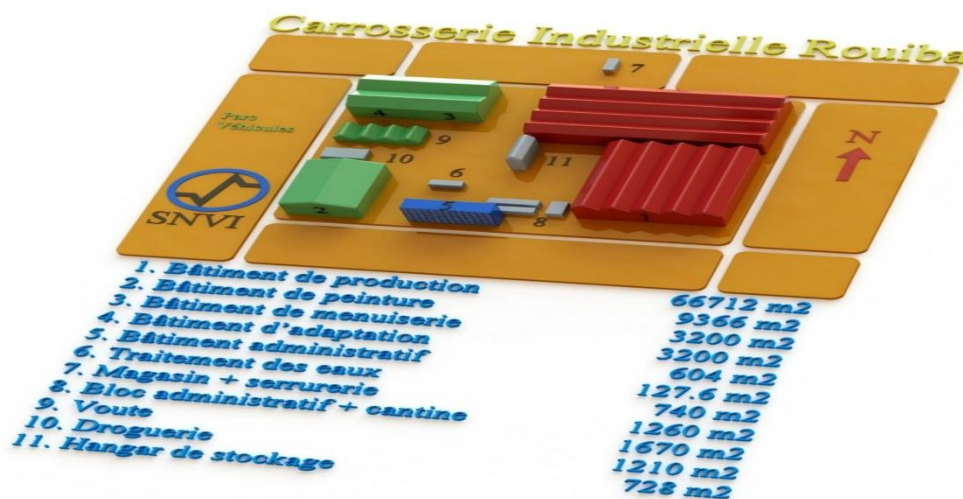
1. **CIR** (Carrosserie Industrielle Rouiba).
2. **VIR** (Véhicule Industrielle Rouiba).
3. **FOR** (Fonderie Rouiba).

La carrosserie industrielle Rouiba a pour vocation l'industrialisation des produits routiers divers. Elle assure la fabrication des équipements de transport et de chantier :

- a. Equipement porté.
- b. Equipement tracté.

2. La présentation de la filiale CIR

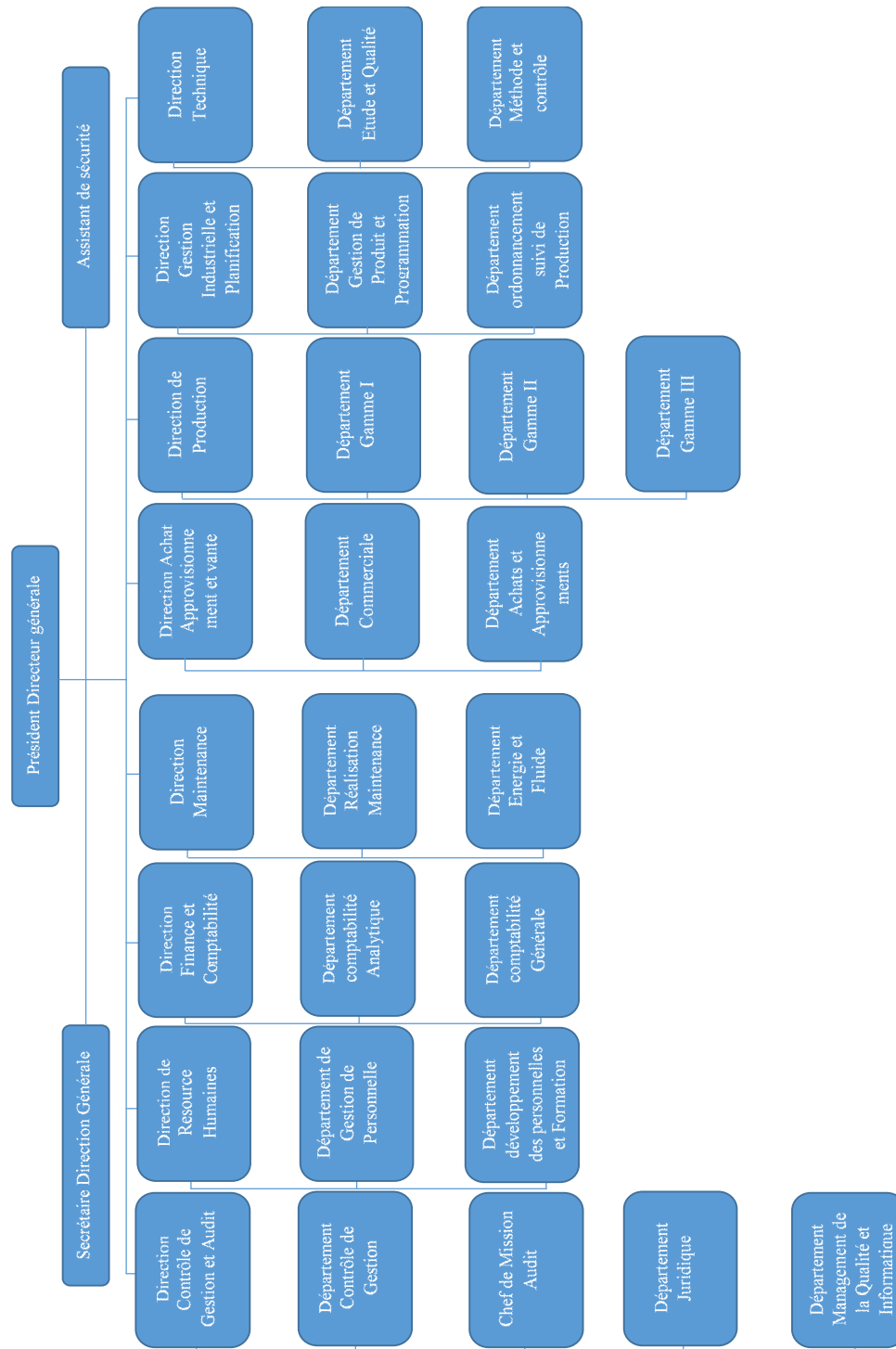
La figure suivante montre les différents bâtiments situés à la filiale CIR, aussi leurs superficies et positions.



présentaion de la filiale CIR

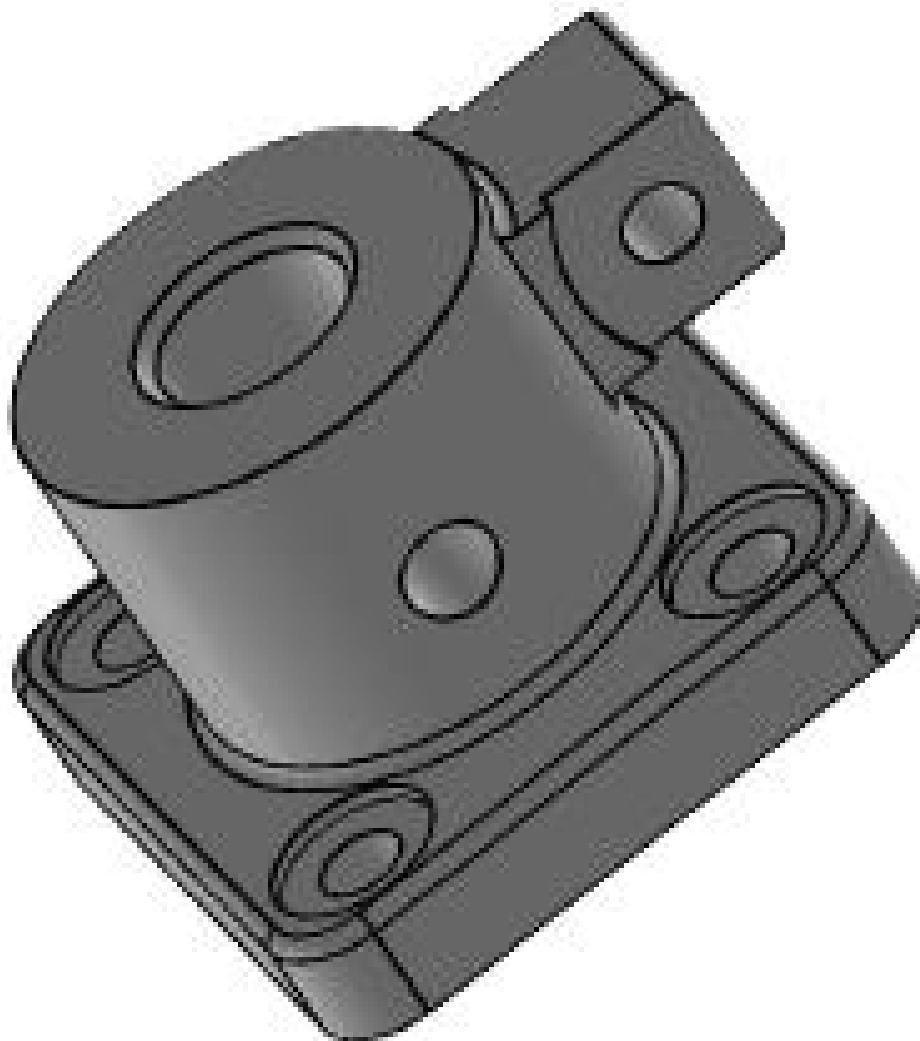
3. L'organigramme de la filiale CIR

L'organigramme de la CIR a subi de son côté des changements, cet organigramme fourni par le bureau d'étude est nouveau (année 2013). Nous le voyons sur la figure suivante :



Organigramme de la filiale CIR. Présentation du Direction technique

Dessin de la butée eclipsable en 3 D



Chapitre I : Présentation de sujet et analyse de fabrication

I.1. Introduction

La fonction productive mécanique représente un élément primordial qui conditionne le niveau des performances économiques de l'entreprise. Dans la structure d'une entreprise industrielle on retrouve les principales fonctions, telles que : direction générales, bureau d'études, gestion de fabrication et bureau des méthodes.

Le bureau des méthodes se situe entre la fonction de conception BE (bureau d'études) et la fonction production. Il a pour but de définir les moyens de production tels que machines-outils, outillages et procédés...ect, qui permettront par la suite de réaliser les produits conçus par le BE, ce qui nécessite une excellente connaissance de toutes les techniques de production à mettre en œuvre et qui fait de plus en plus appel au traitement informatique des données afin de rendre la tâche aisée et simple.

I.2. Problématique

Au niveau du bureau des méthodes « BM » de la société SNVI lieu de notre stage, la majorité des pièces mécaniques sont fabriquées par expérience c'est-à-dire sans l'application d'une méthode d'analyse de fabrication judicieuse qui permette de suivre des étapes bien déterminées afin de réaliser des pièces conformément à celles indiquées sur le dessin de définition établi par le bureau d'études « BE » ce qui conduit souvent à un rebut des pièces vu le manque de qualité de fabrication à cause du non respect des conditions exigées par le BE sur le dessin de définition.

I.3. Objectif

L'objectif de notre travail consiste à élaborer une gamme d'usinage économique possible question coût et temps d'une butée éclipseable d'un tour semi-automatique proposée par notre promoteur par la méthode d'analyse de fabrication cette dernière est composée de plusieurs étapes bien défini qui doivent être respecté afin d'aboutir à un résultat satisfaisant, bien sûr tout en exploitant les moyens humains et techniques disponibles au niveau de la société.

I.4. Rôle de la butée éclipseable

La butée éclipseable c'est une pièce de rechargement de la machine tour semi-automatique à porte outil revolvers. Le rôle de cette pièce est mis à la position de l'outil et le foret.

I.5. Présentation de tour

Le tour semi-automatique est une **machine-outil** qui permet de faire tourner une pièce pour la travailler soit de façon automatique ou manuelle (fig. I.1 a). Cette machine est utilisée lors des tâches en série et permet de monter simultanément plusieurs outils selon un ordre bien défini.

Ce sont des tours équipés d'un traînard semblable à celui d'un tour parallèle avec une tourelle Hexagonale munie de 6 postes d'outils animée d'un mouvement longitudinal contrôlé par des butées (fig. I.1.b).

Les outillages spécialement conçus pour la machine permettent des opérations simples et précises. La commande de ces tours peut être manuelle ou automatique.

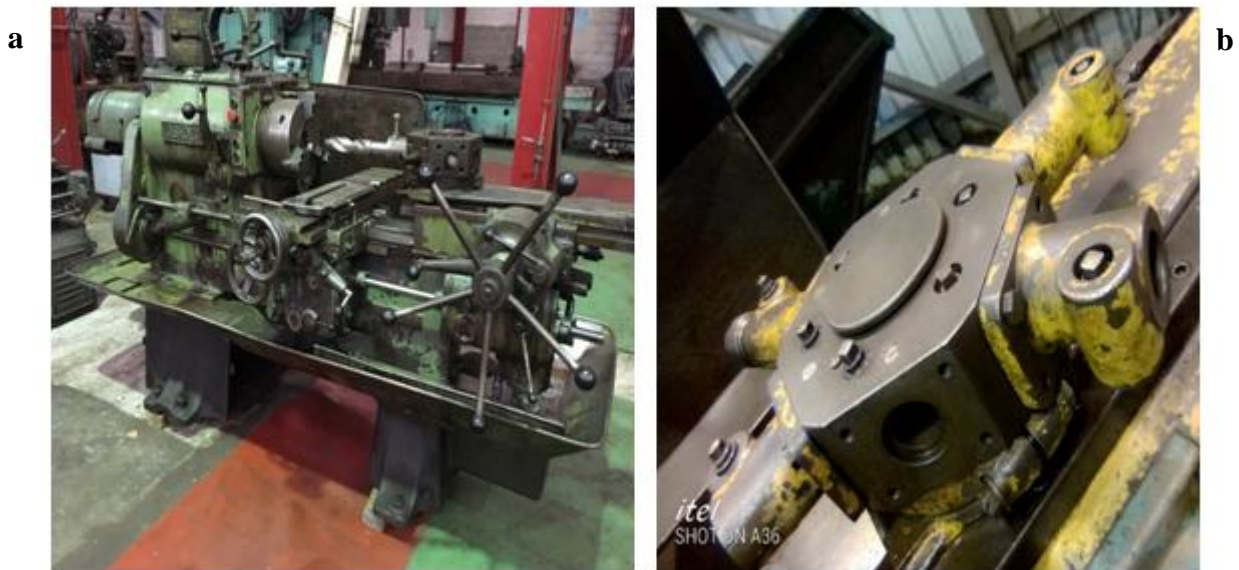


Figure I. 1: a) Tour semi-automatique et b) Butée eclipsable

I.6. Présentation de la matière

La butée eclipsable est une pièce en fonte grise à graphite lamellaire **ft 20** (ancienne désignation), **EN-GJL 200** (nouvelle désignation), obtenue par moulage en sable (fonderie).

I.6.1. Composition chimique et caractéristiques mécaniques de la fonte grise à graphite lamellaire EN-GJL 200

Tableau I. 1 : Composition chimique et caractéristiques mécaniques de l'EN-GJL 200

Composition chimique				
Nuance	C%	Si%	Mn%	Traitement
EN-GJL 200	2,90-3,70	1,70-2,50	0,35-1,00	Sans
Caractéristiques mécaniques				
Nuance	Re [MPa]	Rm [MPa]	A %	HB [N/mm ²]
EN-GJL 200	130-195	200-300	0,8-0,3	150-230

Propriétés : bonne coulabilité, bonne usinabilité, grande résistance en compression et grande capacité d'amortissement des vibrations.

Applications : bâtis de machine, supports, carters, blocs-moteur..., etc.

I.6.2. Type de production

D'après les données indiquées sur le dessin de définition, le nombre de pièces à fabriquer est de 100 pièces par mois pendant deux ans. Donc le type de production est de moyenne série.

I.7. Travaux en série moyenne et répétitive

Les travaux de série moyenne et répétitive ne nécessitent pas la mise en œuvre de moyens de productions importants.

Les machines utilisées pour réaliser les différentes pièces mécaniques sont en général soit des machines classiques (fraiseuse horizontale, fraiseuse verticale ..., etc.), soit des machines semi-automatique ou automatique.

La conception et la rationalisation des outillages spéciaux doivent contribuer sérieusement à la diminution des prix de revient. La gamme d'usinage doit être la plus élaborée possible, car le temps gagné sur une pièce représente nécessairement en fin de série un gain d'heures très important.

Matière: ft20
 Ebordée sablée
 Ra 6.3
 sauf spécifications aucun alésage venu de fonderie 100 pièces par mois pendant 2 ans

toute forme admise à l'intérieur de IT

Matière : FGL 200	BUTÉE ECLAIPSABLE	Date : 01/06/2022
Echelle : 1/1.64		Réaliser par : BRIKI ET HARKATI
Université M'Hamed Bougerra Boumerdes Faculté Science de Technologie		Suivi par Mr , TOURAB

I.8. Graphe des conditions bureau d'études orienté

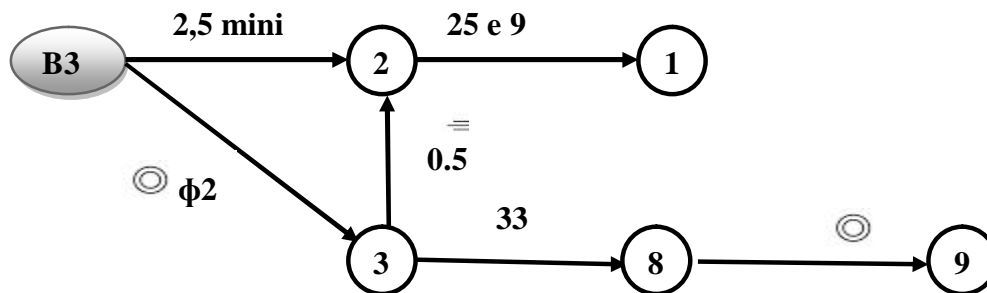
Le graphe des conditions bureau d'études BE orienté a pour but d'indiquer toutes les liaisons représentant les cotes dimensionnelles et les cotes géométriques entre les surfaces brutes et usinés. Le graphe BE est établi par le bureau des méthodes BM

Le graphe de BE permet de :

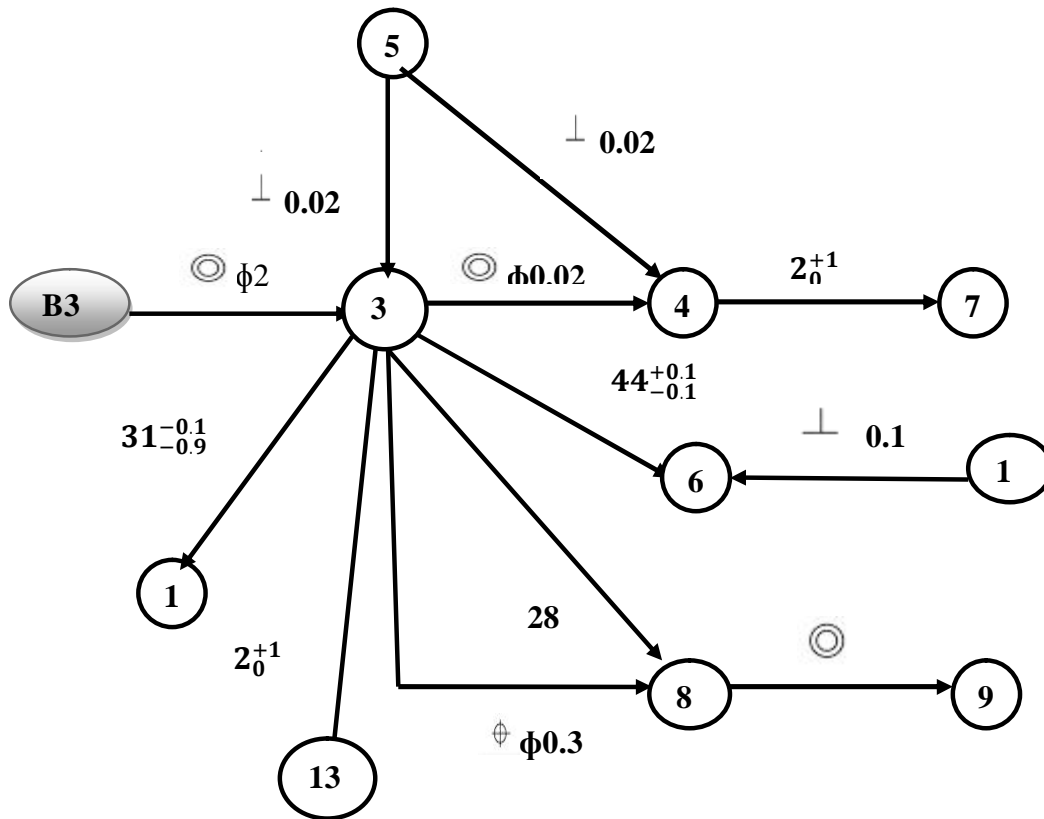
- ❖ Déterminer le nombre opérations élémentaires pour chaque surface à usiner.
- ❖ Déterminer le tableau des contraintes d'antériorités.
- ❖ Déterminer des contraintes d'antériorités.
- ❖ Déterminer la fonction.

Afin de faciliter la construction du graphe BE complet, il est souvent préférable de tracer trois sous-graphe suivant les trois directions orthogonales \vec{ox} ; \vec{oy} et \vec{oz} d'après le dessin de définition.

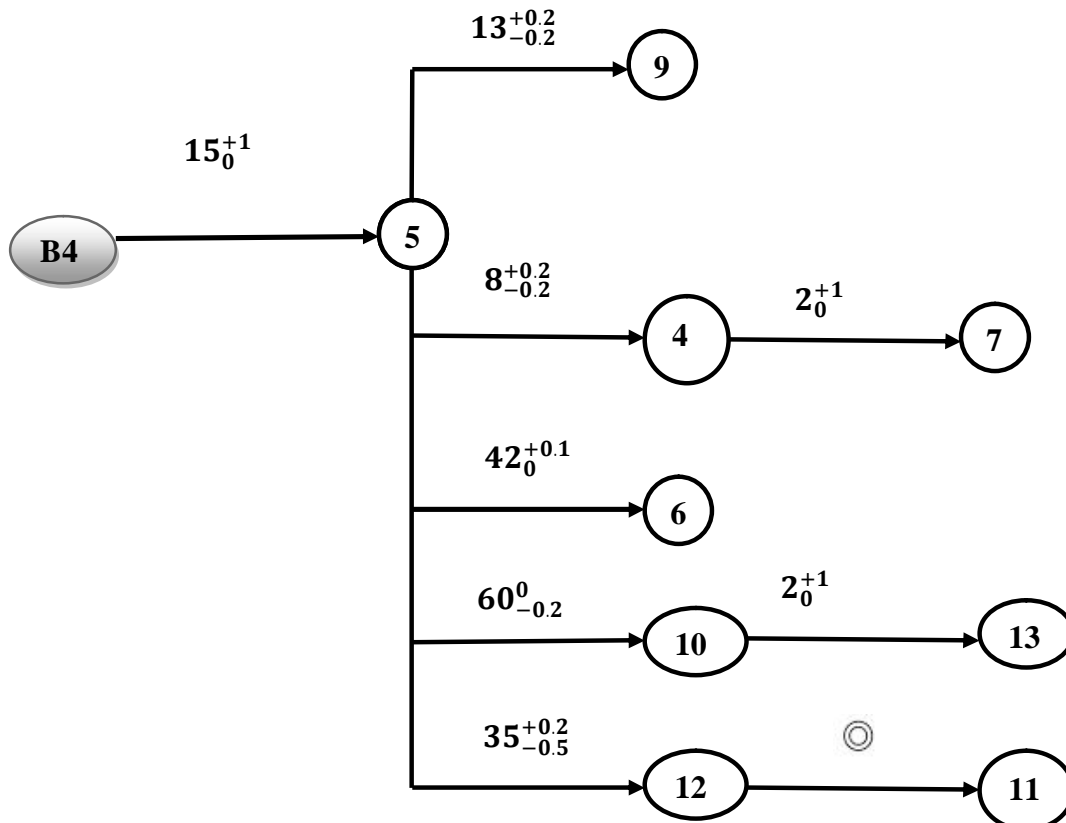
I.8.1.Graphe BE orienté suivant \vec{ox} :



I.8.2. Graphe BE orienté suivant \vec{OY} :



I.8.3. Graphe BE orienté suivant \vec{OZ} :

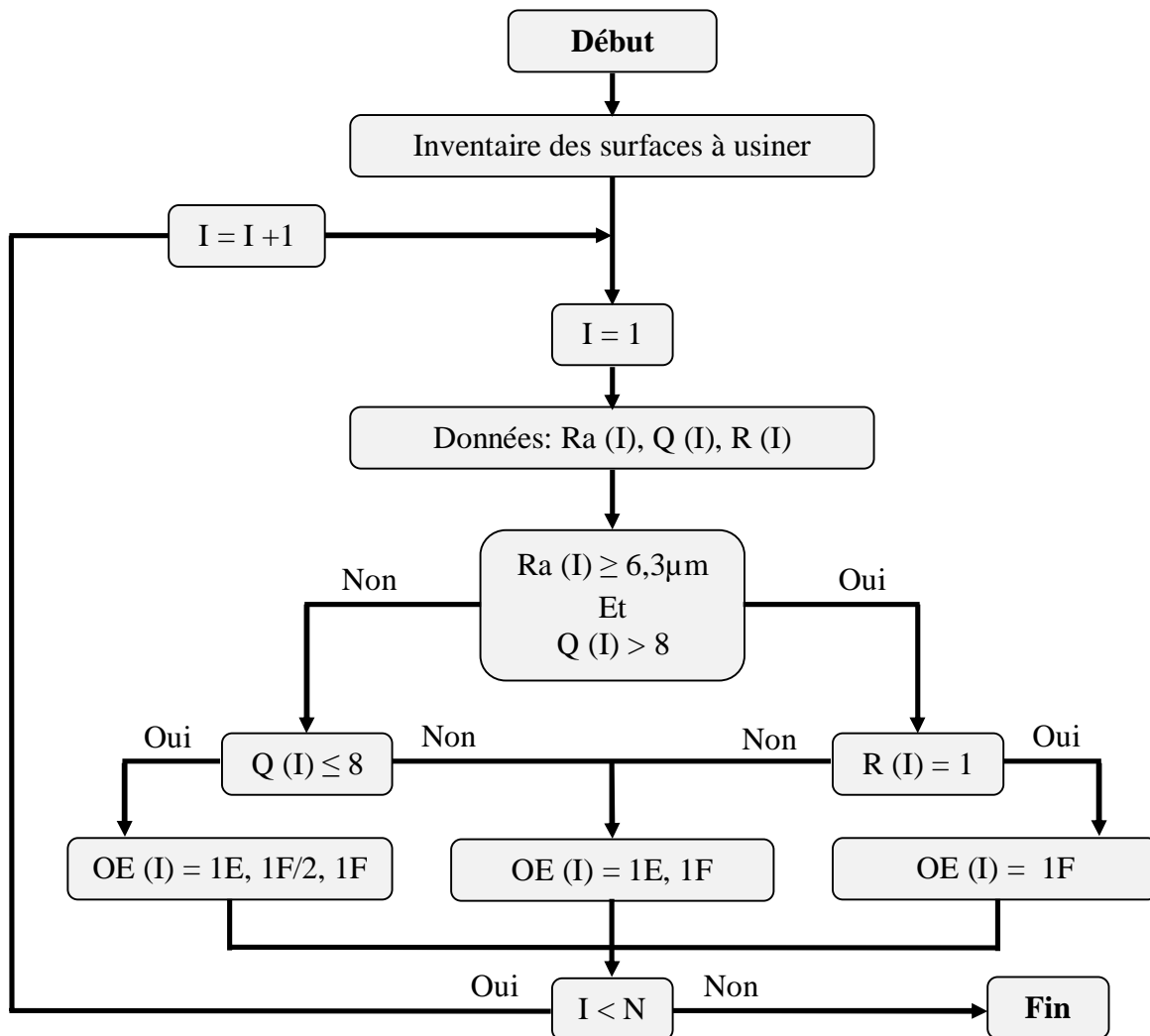


I.9. Détermination des opérations élémentaires :

La détermination des opérations élémentaires est une autre étape qui est très importante dans l'analyse de fabrication, elle permet de distinguer entre les surfaces les plus fonctionnelles ayant une précision élevée de faible précision. Le nombre d'opérations élémentaires des surfaces est déterminé de trois critères :

- La qualité de surfaces « Q »
- La rugosité de surface « Ra »
- La rigidité « R »

L'organigramme ci-dessous permet de déterminer le nombre d'opérations élémentaires de la différente surface usinée.



Organigramme pour déterminer les opérations élémentaires.

Chapitre I : Présentation du sujet et analyse de fabrication

Légende :

I : Indice de surface à usiner ;

N : Nombre de surface à usiner ;

OE(I) : Opérations élémentaire sur surface (I)

IE : Surface (I) ébauche ;

IF/2 : Surface (I) demi-finie ;

IF : Surface (I) finie ;

Q(I) : Qualité dimensionnelle de la surface (I) ;

Ra (I) : Rugosité arithmétique de la surface (I) ;

R (I) = 1 : Si la surface est rigide.

Tableau I. 2: Détermination des opérations élémentaire.

N° de surface	Q	Ra	R	Opérations élémentaires
1	9	3,2	1	1E, 1F
2	9	3,2	1	2E, 2F
3	6	1,6	1	3 E, 3F/2, 3 F
4	8	1,6	1	4 E, 4F/2, 4F
5	6	3,2	1	5 E, 5F/2, 5 F
6	10	6,3	1	6F
7	16	6,3	1	7F
8	12	6,3	1	8F
9	13	6,3	1	9F
10	11	3,2	1	10E, 10F
11	16	6,3	1	11F
12	14	6,3	1	12 F
13	16	6,3	1	13 F
14	12	6,3	1	14 F

I.10. Groupement évident d'opération

Tableau I. 3: Groupement évident d'opérations.

groupement évident d'opérations			
Repère groupement	Surface groupe	Outillage et natifs	Symbolisation
G1	1 et 2	réalisation à l'aide d'un train 2 fraise 3 tailles	FE FF
G2	5 et 14	outil de tournage associés car transfert de cote n'est pas possible	TE TF/2 TF

I.11. Tableau des contraintes d'antériorités

Après avoir déterminer les opérations élémentaires à effectuer pour les différentes surfaces constituant la pièce à étudier, l'étape qui suit consiste à les ordonner en tenant compte de quatre contraintes d'antériorité à savoir : dimensionnelles, géométriques, technologiques et économiques. Ces différentes contraintes sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau I. 4: Détermination des contraintes d'antériorités

N° D'opération	Contraintes d'antériorité			
	Dimensionnelles	Géométriques	Technologiques	Economiques
FE	C, 3F	3F		
FF			FE	
3^E		C, TF		TF
3F/2			3E	
3F			3F/2	
4^E		TF, 3F		
4F/2			4E	
4F			4F/2	
TE	D			
TF/2			TE	
TF			TF/2	
6F	TF, 3F	FF		
7F	TF, 4F			
8F	3F	3F		
9F	TF		8F	
10E	TF			
10F			10E	
11F			12F	
12F	TF			
13F	3F, 10F			

I.12. Matrice des contraintes d'antériorités par les maximaux

L'établissement de la matrice des contraintes d'antériorité est une étape très importante permettent de visualiser les différents contraintes entre les opérations élémentaires à effectuer afin de déterminer leur ordre chronologique sous forme de niveaux.

Le terme maximaux indique que le premier niveau déterminer correspond aux dernières opérations à effectuer ainsi que le dernier niveau correspond aux première opérations à effectuer c'est un dire les opérations qui ne sont pas précédées par aucune opération.

Tableau I. 5: Matrice des contraintes d'antériorités par les maximaux

	FE	FF	3E	3F/2	3 F	4E	4F/2	4F	TE	TF/2	TF	6F	7F	8F	9F	10E	10F	11F	12F	13F	V0	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9							
FE		1																				1	1	0	/	/	/	/	/	/	/	/	/				
FF												1										1	0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/			
3E				1																		1	1	1	1	1	1	0	/	/	/	/	/	/			
3F/2					1																	1	1	1	1	1	0	/	/	/	/	/	/	/			
3F	1					1						1		1								5	3	2	1	0	/	/	/	/	/	/	/	/			
4E							1															1	1	1	0	/	/	/	/	/	/	/	/	/			
4F/2								1														1	1	0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/			
4F														1								1	0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/		
TE										1												1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	/	/		
TF/2											1											1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	/	/	/	/		
TF			1			1						1	1		1	1						7	4	3	2	1	1	1	0	/	/	/	/	/	/		
6F																						0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
7F																						0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
8F															1							1	0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
9F																						0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
10E																						1	1	0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	
10F																						1	0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
11F																						0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
12 F																						1	0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
13F																						0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/

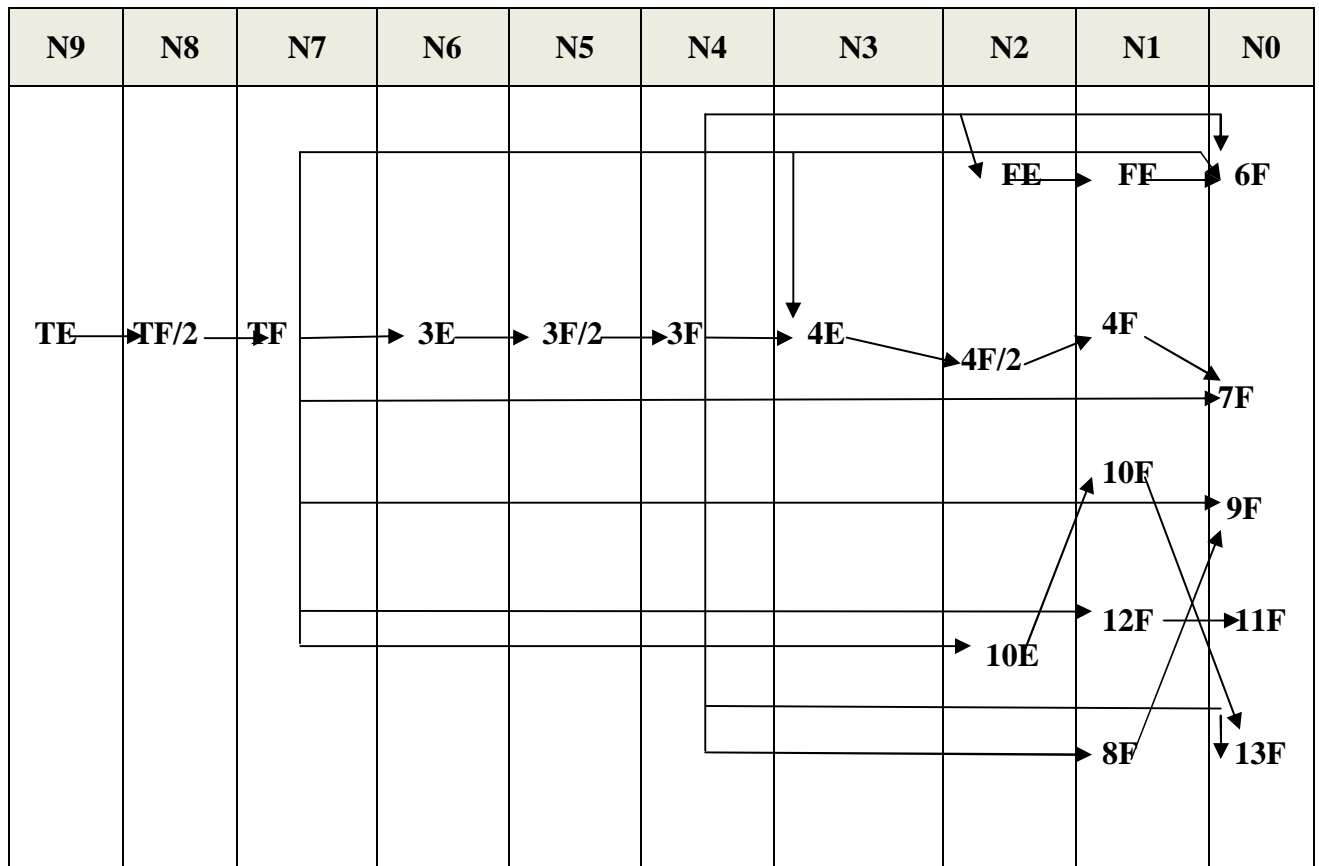
Niveaux	N0	N1	N2	N3	N4	N5	N6	N7	N8	N9
	6F	FF	FE	4E	3F	3F/2	3E	TF	TF/2	TE
	7F	4F	4F/2							
	9F	10F	10E							
	11F	12F								
opérations	13F	8F								

I.13. Fonction ordinale par les maximaux

La fonction ordinale constitue une base de travail pour l'établissement du projet de gamme qui consiste à étudier la réalisation de chaque surface et l'enchaînement de ces réalisations.

A partir de cette fonction, divers types d'enchaînement peuvent être envisagés, et doivent cependant tous respecter l'ordre défini par les niveaux .

Tableau I. 6:Fonction ordinale par les maximaux.



Projet de gamme N° 1

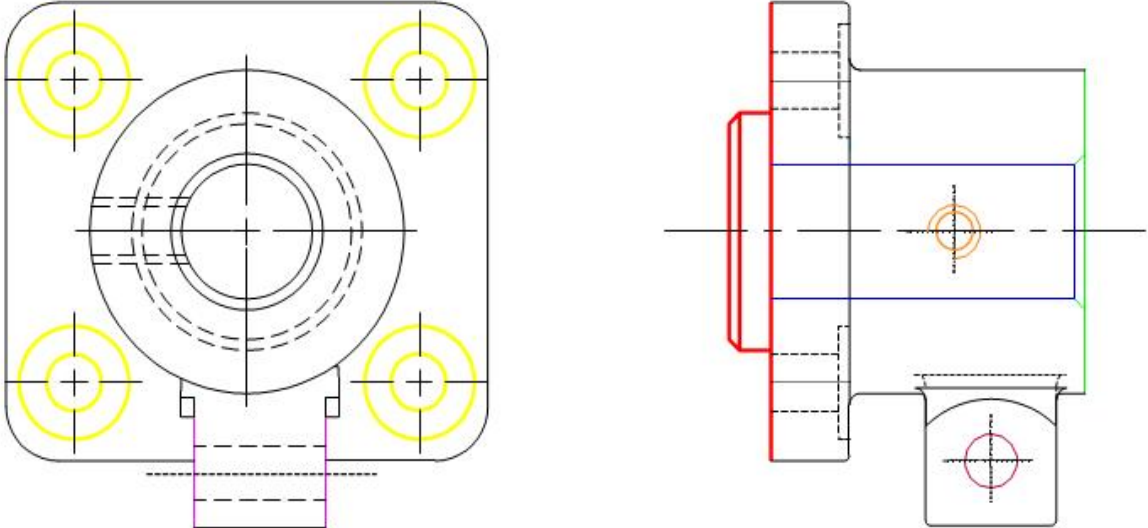


Figure I. 2: Projet de gamme N°1

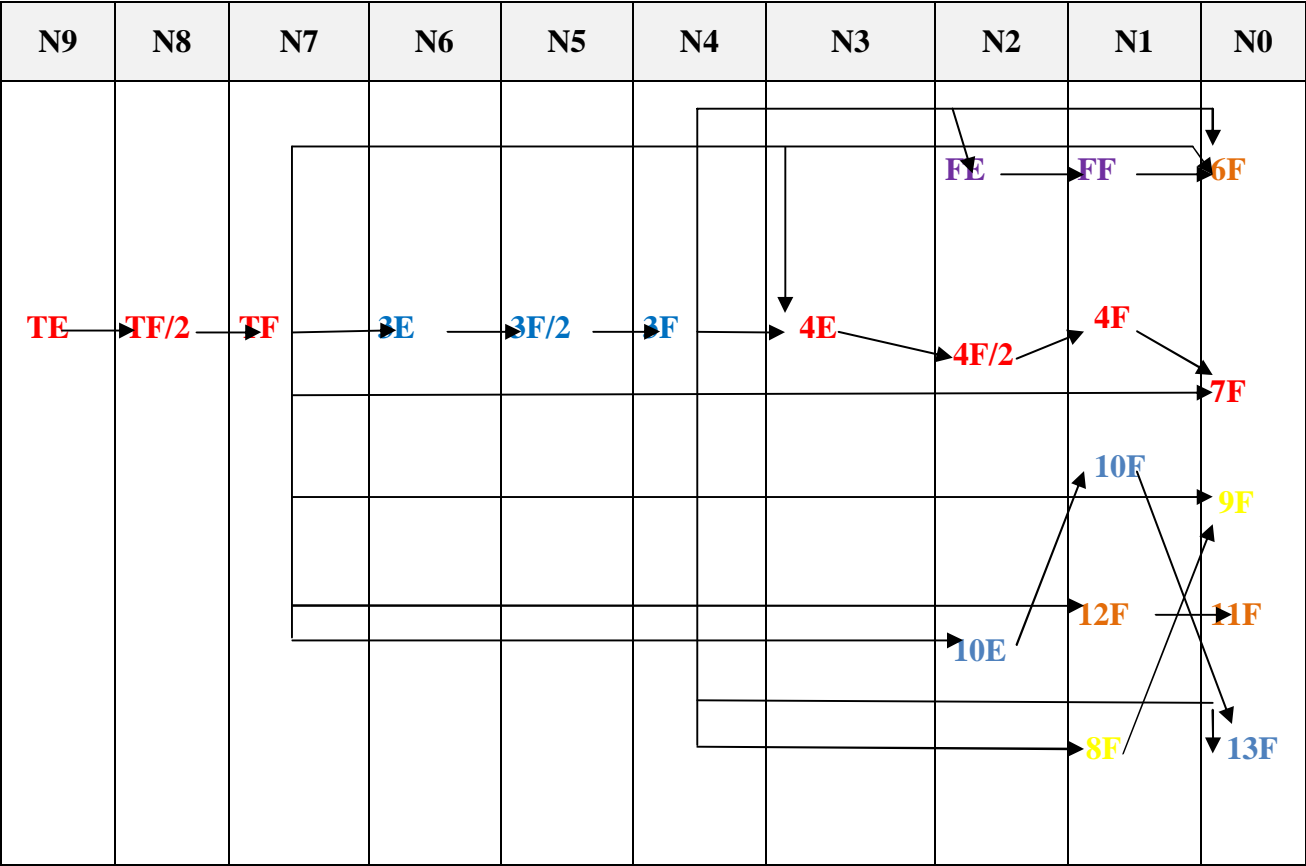
Phase 200 – phase 300- phase 400 –phase 500 –phase 600 –phase 700-phase 800

Tableau I. 8: Projet de gamme N° 1.

N° de phase	Designation	Machines-outils
Phase 100	Contrôle de brut	Poste de contrôle
Phase 200	Tournage Dressage: TE ; TF/2 ; TF Chariotage : 4E ; 4 F/2 ; 4F Chanfreinage : 7F	Tour Cazeneuve
Phase 300	Tournage : Alésage:3E ; 3F/2 ; 3F	Tour Cazeneuve
Phase 400	Tournage : Dressage : 10 E; 10 F; Chanfreinage : 13 F	Tour Cazeneuve
Phase 500	Fraisage : FE , FF	Fraiseuse Vernier
Phase 600	Perçage : 8F Lamage : 9F	Perceuseradiale
Phase 700	Perçage : 6F	Perceuseradiale
Phase 800	Perçage 12F Taraudage 11 F	Perceuseradiale
Phase 900	Contrôle finale	Poste de contrôle

I.14.2. projets gamme N° 2

Tableau I. 9: projet de gamme N°3.



Phase 200 – phase 300 – phase 400 – phase 500 – phase 600

Projet de gamme N° 2

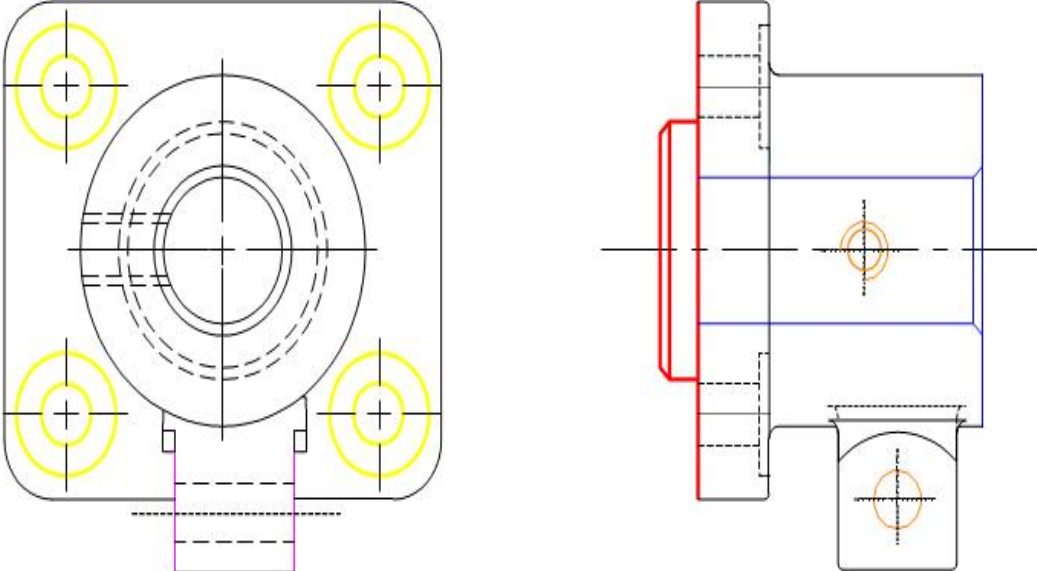


Figure I. 3: Projet de gamme N°2.

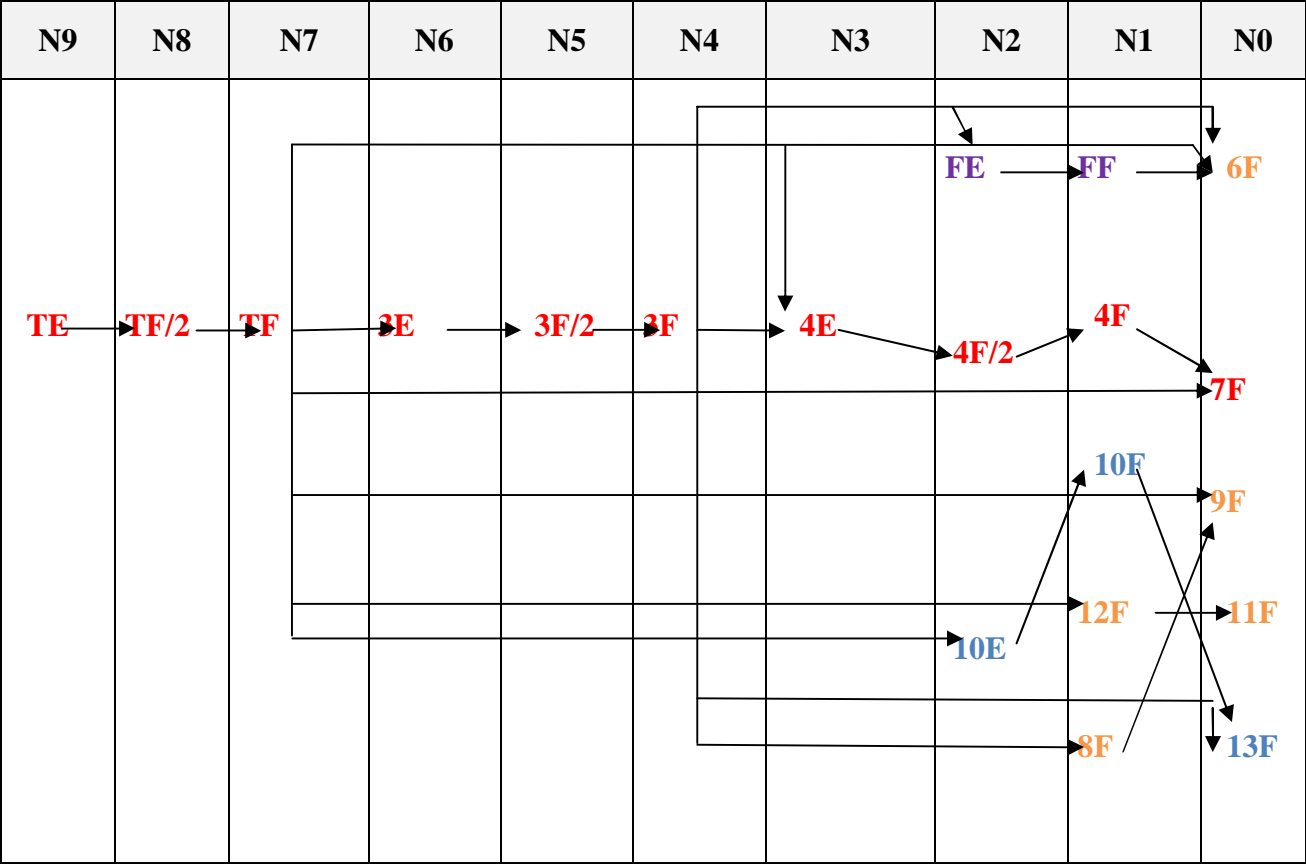
Phase 200 – phase 300 – phase 400 – phase 500 – phase 600 -

Tableau I. 10: Projet de gamme N°2

N° de phase	Designation	Machines-outils
Phase 100	Contrôle de brut	Poste de contrôle
Phase 200	Tournage dressage: TE ; TF/2 ; TF chariotage : 4E ; 4 F/2 ; 4F Chanfreinage : 7F	Tour Cazeneuve
Phase 300	Tournage : Alésage : 3E ; 3F/2 ; 3F dressage : 10 E ; 10F Chanfreinage : 13 F	Tour Cazeneuve
Phase 400	Fraisage : FE ; FF	Fraiseuse Vernier
Phase 500	Perçage : 6F Perçage : 12 F Taraudage : 11 F	Perceuse radiale
Phase 600	Perçage : 8F Lamage : 9F	Perceuse radiale
Phase 700	Contrôle finale	Poste de contrôle

I.14.3. projets gamme N° 3

Tableau I. 11: Projet de gamme N° 3.



Phase 200 – phase 300 – phase 400 – phase 500 –

Projet de gamme N° 3

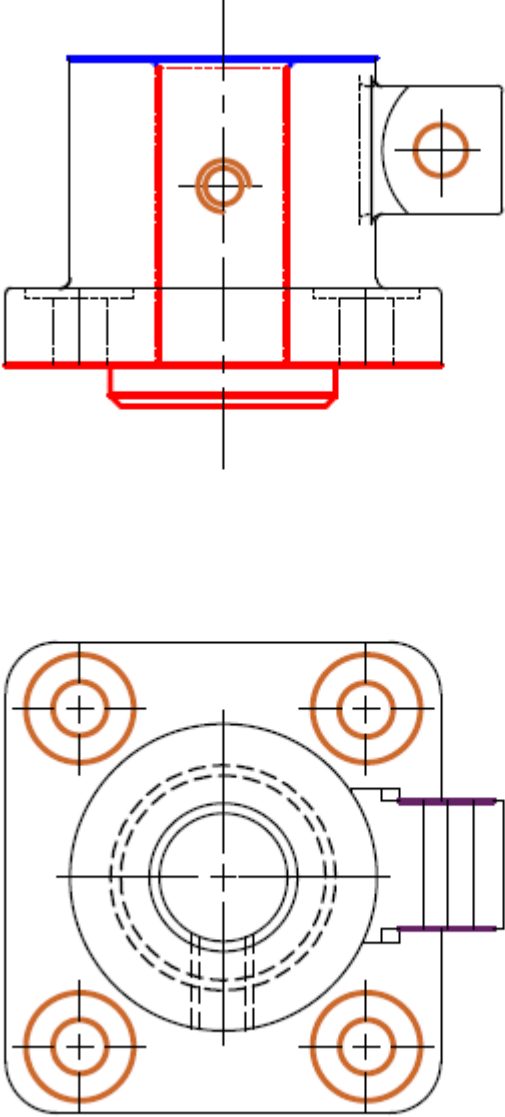


Figure I. 4: Projet de gamme N°3.

Phase 200 – phase 300 – phase 400 – phase 500 –

Tableau I. 12: Projet de gamme N3

N° de phase	Designation	Machines-outils
Phase 100	Contrôle de brut	Poste de contrôle
Phase 200	<p>Tournage</p> <p>dressage: TE ; TF/2 ; TF</p> <p>chariotage : 4E ; 4 F/2 ; 4F</p> <p>Chanfreinage : 7F</p> <p>Alésage : 3E ; 3F/2 ; 3F</p>	Tour Cazeneuve
Phase 300	<p>Tournage :</p> <p>dressage : 10 E ; 10F</p> <p>Chanfreinage : 13 F</p>	Tour Cazeneuve
Phase 400	Fraisage : FE ; FF	Fraiseuse Vernier
Phase 500	<p>Perçage : 6F</p> <p>Perçage : 12 F</p> <p>Taraudage : 11 F</p> <p>Perçage : 8F</p> <p>Lamage : 9F</p>	Perceuse radiale
Phase 700	Contrôle finale	Poste de contrôle

I.15. choix du projet de gamme final

Après avoir détailler chaque projet de gamme ; en tenant compte des critères suivants :

- Disponibilités des machines de production.
- La condition de sécurité de personnel.
- Coût maximum d'usinage.
- Suite logique des niveaux d'usinage.
- Détails exigées.
- Le programme de production.
- Le nombre de phases minimum.

En jouant sur le dernier critère nombre de phases minimum ; le troisième projet est retenu comme projet de gamme final.

I.16. Feuille d'analyse de fabrication

Le projet de gamme final étant choisi ; l'avant-projet de fabrication devient un projet de fabrication

Nous proposons la démarche générale suivante, afin d'avoir une vision beaucoup plus globale sur le projet de fabrication de notre pièce.

Tableau I. 13: Feuille de gamme pour les phases 100 et 200.

Etabli par : Briki Noura HarkatiAymen	Année : 2022 Spécialité : fabrication mécanique et productique		Département génie mécanique
Projet d'étude de fabrication	Elément : Butée eclipsable Matière : FGL 200		Feuille d'analyse de fabrication
N° de phase	Désignation des phases et sous phases et opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils-coupants Vérification
100	Contrôle de brut	Poste de contrôle	Vérifier les cotes brutes capables
200	<p>Tournage :</p> <p>une pièce en montage référentiel de départ défini par :</p> <p>centrage long N (1, 2, 3,4) sur B₃ N(5) sur B₄ N(6) sur 6 Immobilisation 2 points I_{1,12}</p> <p>a) Dresser simultanément 5 et 14 en ébauche $cm'_1 = 15,5_0^{+0,5}$</p> <p>b) Dresser simultanément 5 et 14 en finition $cm_1 = 15_0^{+1}$ $co_1 = 8_{-0,2}^{+0,2}$ Ra = 3,2 μm</p> <p>c) Charioter en ébauche 4 $2cm_2' = 44,5_0^{+0,5}$</p> <p>d) charioter en finition 4 en 2 $2cm_2 = 44g8$ Ra = 1,6 μm</p> <p>e) Chanfreinage 14 : $Ca_1 = 2_0^{+1}$ Ra = 6,3 μm</p> <p>f) percer 3 avec Ø/4 percer 3 avec Ø-1 $2Cm'_3 = \text{Ø}24_0^{+0,15}$</p> <p>g) Aléser 3 en demi-finition $2Cm''_3 = \text{Ø}24,7_{-0,2}^0$</p> <p>h) Aléser 3 en finition en $2Cm_3 = 25H7$ Ra = 1,6 μm</p>	Tour Cazeneuve	<p>Montage T 200 Mandrin 3 mors Outil à dresser Outil à charioter</p> <p>Porte plaquette PTGN 90 ° Plaquette TNMA Porte plaquette PSBV Plaquette SNMA</p> <p>Foret Ø6,25 Foret Ø24</p> <p>Outil à aléser Alésoir Calibri Pied à coulisse</p> <p>Contrôle de rugosité</p>

Croquis de phase 200

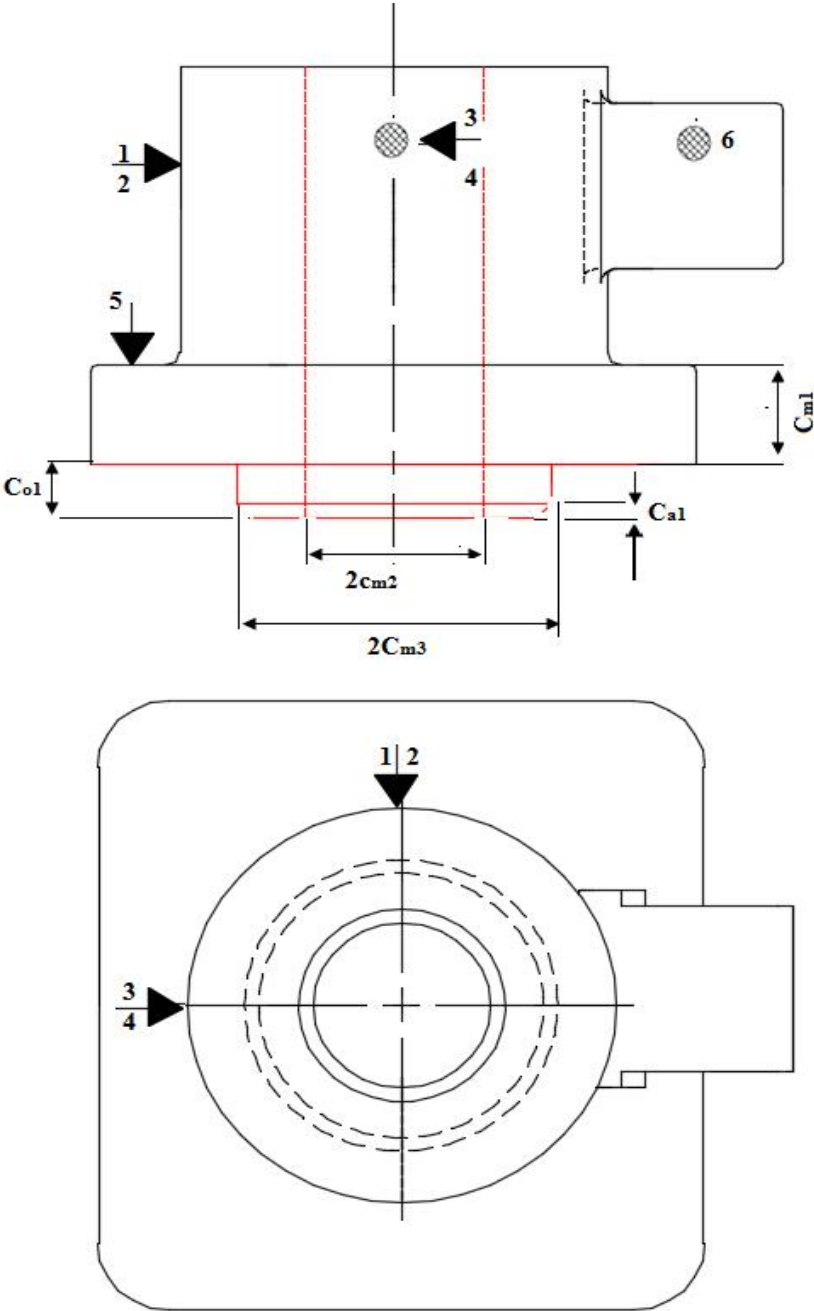


Figure I. 5: croquis de phase N°200.

Tableau I. 14: Feuille de gamme pour la phase 300.

Établi par : Briki Noura HarkatiAymen	Année : 2022 Spécialité : fabrication mécanique et productive		Département génie mécanique
Projet d'étude de fabrication	Élément : Butée eclipsable Matière : FGL 200		Feuille d'analyse de fabrication
N° de phase	Désignation des phases et sous phases et opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils-coupants Vérification
300	<p>Tournage :</p> <p>Une pièce par montage référentiel de départ défini par :</p> <p>Appui plan N (1, 2, 3) sur 5 Orientation N(4,5) sur 3 Immobilisation de 2 points</p> <p>a)Dressage en ébauche 10 $Cm'_4 = 60,5_{0,2}^0$</p> <p>b) dresser en finition $Cm_4 = 60_{-0,2}^{+0}$ $Ra = 3,2 \mu m$</p> <p>c)Chanfreinage 13 $Ca_2 = 2_0^{+1}$ a 45° $Ra = 6,3 \mu m$</p>	Tour cazeneuve	<p>Montage T300</p> <p>Outil à dresser</p> <p>Porte plaquette PSBV Plaquette SNMA</p> <p>Pied à coulisse</p> <p>Contrôle de rugosité</p>

Croquis de phase 300

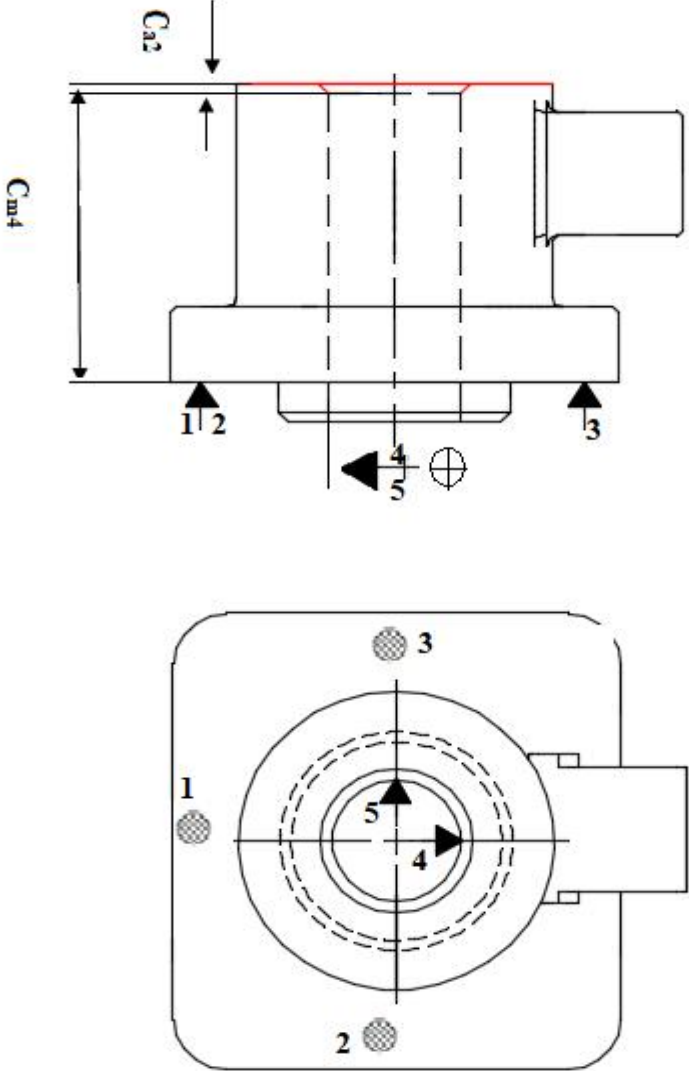


Figure I. 6: Croquis de phase N°300.

Tableau I. 15: Feuille de gamme pour la phase 400.

Etabli par : Briki Noura HarkatiAymen	Année : 2022 Spécialité : fabrication mécanique et productique		Département génie mécanique			
Projet d'étude de fabrication	Elément : Butée eclipsable Matière : FGL 200		Feuille d'analyse de fabrication			
N° de phase	Désignation des phases et sous phases et opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils-coupants Vérification			
400	<p>Fraisage :</p> <p>Une pièce de montage</p> <p>Référentiel de départ défini par :</p> <p>Appui plan N (1, 2, 3) sur 5 Orientation N (4,5) sur 3 Buté N (6) sur B₃ Immobilisation de 2 points I₁, I₂</p> <p>Fraiser simultané 1 et 2 Co₂ = 25e9 Cm₅ = 31^{-0.1}_{-0.9} Ra = 3,2 μm</p> <table border="1" style="margin-left: auto; margin-right: auto;"> <tr> <td style="text-align: center;">≡</td> <td style="text-align: center;">0.5</td> <td style="text-align: center;">B</td> </tr> </table>	≡	0.5	B	Fraiseuse Vernier	<p>Montage F400</p> <p>2 Fraise disque à 3 tailles</p> <p>Contrôle de rugosité</p>
≡	0.5	B				

Croquis de phase 400

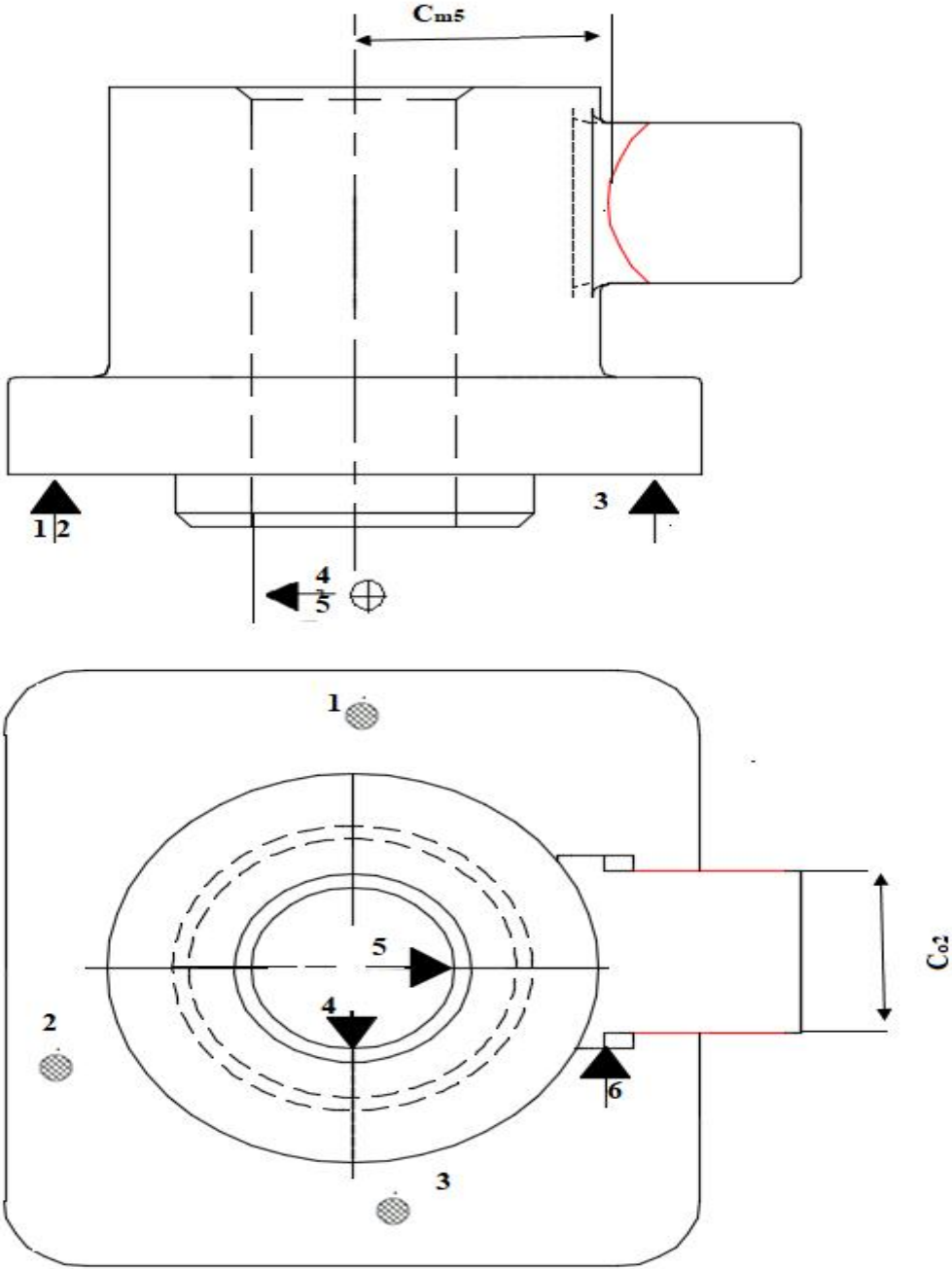


Figure I. 7: Croquis de phase N°400.

Tableau I. 16: Feuille de gamme pour la phase 500.

Etabli par : Briki Noura HarkatiAymen	Année : 2022 Spécialité : fabrication mécanique et productique		Département génie mécanique
Projet d'étude de fabrication	Elément : Butée eclipsable Matière : FGL 200		Feuille d'analyse de fabrication
N° de phase	Désignation des phases et sous phases et opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils-coupants Vérification
500	<p>Perçage : Une pièce de montage</p> <p>Référentiel de départ défini par : Appui plan N (1, 2, 3) sur 5 Orientation N (4,5) sur 3 Buté N (6) sur 2 Immobilisation de 2 points</p> <p>a) Percer 4 trou en 8 $Co_3 = 10.5$ $Ra = 6,3\mu m$</p> <p>b) Lamer 4 trou en 9 $Co_4 = 21_0^1$ $Cm_6 = 13_{-0.2}^{0.2}$ $Ra = 6,3 \mu m$</p> <p>c) Basculer montage</p> <p>d) Percer 1 trou $\varnothing 10H10=Ca$ $Ca_5 = 44_{-0.1}^{+0.1}$ $Ca_6 = 42_0^{0.1}$</p> <p>e) Basculer montage</p> <p>f) Percer 1 trou $\varnothing 10,25$ $Ca_7 = 35_{-0.9}^{-0.1}$ $Ra = 6,3\mu m$</p> <p>g) Tarauder 1 trou M12 =Ca</p>	Perceuse radiale	<p>Montage P500</p> <p>Foret $\varnothing 10,5$ Foret a lamer $\varnothing 21$</p> <p>Foret $\varnothing 10$ Foret $\varnothing 10.25$ Taraud M 12</p> <p>Pied à coulisse</p> <p>Contrôle de rugosité</p>

Croquis de phase 500

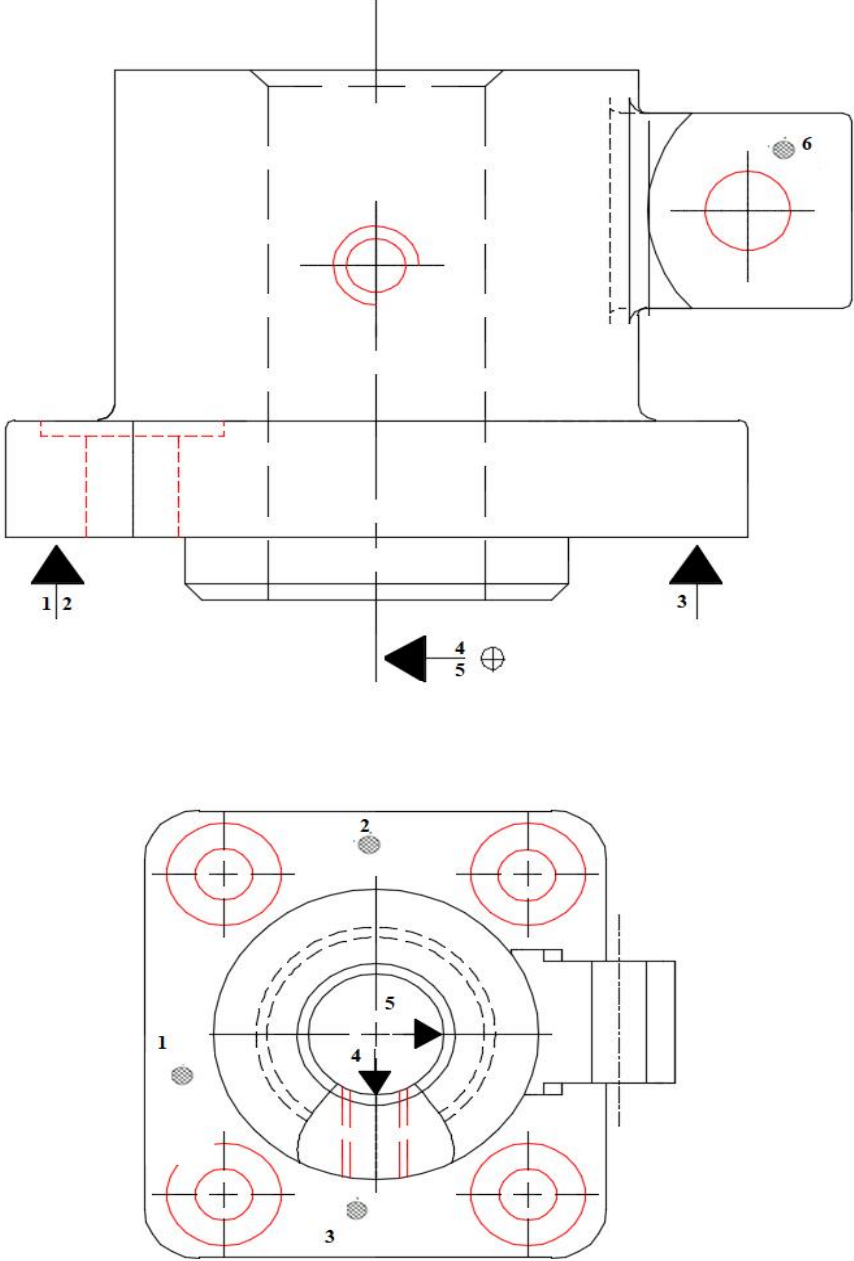


Figure I. 8: Croquis de phase N°500.

Tableau I. 17: Feuille de gamme pour la phase 700.

Etabli par : Briki Noura HarkatiAymen	Année : 2022 Spécialité : fabrication mécanique et productique		Département génie mécanique
Projet d'étude de fabrication	Elément : Butée eclipsable Matière : FGL 200		Feuille d'analyse de fabrication
N° de phase	Désignation des phases et sous phases et opérations	Machine utilisé	Appareillages Outils-coupants Vérification
700	Contrôle final - Cotes usinées - Tolérances géométriques - Rugosité de surface	Poste de contrôle	Vérification des : - Cotes usinées - Tolérances géométriques - Rugosité de surface

I.17. Liste des machines-outils utilisées :

Les machines sélectionnées pour l'usage

- ❖ Phase 200 : Tour Cazeneuve.
- ❖ Phase 300 : Tour Cazeneuve
- ❖ Phase 400 : fraiseuse Vernier
- ❖ Phase 500 : perceuse radiale

I.17. 1. Tour cazeneuve

Tableau I. 18: Caractéristique de la machine tour cazeneuve

Type	HB 725	
Hauteur de pointes	315 mm	
Course maximum du coulisseau transversal	400 mm	
Course maximum du coulisseau orientable	220 mm	
Course maximum du fourneau de la contre-poupée	235 mm	
Nombre de vitesse de broche	36	18
Puissance du moteur	16 ou 11 ou 7.5 kW	18 ou 13kW

I.17.2. Fraiseuse vernier

Tableau I.19: Caractéristique de la machine fraiseuse vernier

Table	
Surface utile mm	1550×38
Course longitudinale mm	1.100
Course transversale mm	380
Course verticale	690
Nombre de rainures à T	5
largeur des rainures et écartement mm	16×63
Admissibilité	
Distance des glissières du bâti de la broche T.U. (position verticale)	
Hauteur disponible sous T.U. (broche en position verticale)	380
	600
Broches	18
Nombre de vitesses de broche	
Gomme des vitesses (progression géométrique)..T/MN	32 à 15000
Nez de la broche horizontal le (ou sur demande) ...SA	50(SA 40)
Nez de la broche universelle (ou sur demande)..SA	50(SA 40)
AVANCES	
Nombre d'avance	18
Gamme des avance longitudinales et transversales (ou sur demande)..mm/mm	
Gamme des avances (ou sur demande) mm/mm	16 à780 (9 à 440)
Déplacements rapides horizontaux	3.55à180 (2à100)
Déplacements rapide vertical	3 0.68
MOTEURES	
Moteur principale	
Moteur des av	
Pompe d'arros	7.5 KW(10ch)ou 9kw(12.5ch)
Poids	
Poids de la machine ...KG	3.8000
ENCOMBREMENT	
Long .x larg .x haut...mm	2120×2170×2040

I.17.3. perçage radial :

Tableau I. 19: Caractéristique de la machine perceuse radial.

Diamètre de la colonne	1100 mm	
Course de la tige porte broche	120 mm	
Course verticale du bras	300 mm	
Rayon de perçage	minimale	445 mm
	maximale	1125 mm
	Cone	CM4
Broche portée	course	325 mm
	diamètre	70 mm
Vitesses de rotation de la broche	40 – 56 - 80 – 112 – 160 – 224 – 320 – 45 – 640 – 900 – 1250 – 1800 tour/min	
Avances de la broche	0.045 -0.065- 0.09- 0.13- 0.17- 0.25- 0.35 mm/min	

Chapitre II: Simulation d'usinage

II.1. Introduction

Après avoir défini les processus de fabrication de notre pièce, la détermination des cotes de brut capable à l'usinage est nécessaire afin d'usiner une pièce en mettant en œuvre une quantité minimale de matière brute pour l'obtention d'une pièce saine dans les cotes fonctionnelles sont détermination par le bureau d'étude.

La simulation d'usinage s'effectue en traçant les chaînes de cotes cumulées de toutes les opérations d'usinage réalisées sur la pièce dont les directions sont imposées par différentes cotes.

II.2. Plan de travail

On peut utiliser la méthode suivante :

1. Effectuer le croquis en coupe de la pièce. Pour établir ultérieurement, avec clarté, les chaînes de côtes, les surfaces cotées ne doivent pas être situées dans un même plan, si cela se présente, il faut les déclarer arbitrairement d'un ligne, afin que les lignes de rappel ne soient pas confondues.
2. Dessiner les surépaisseurs d'usinage en commençant par la dernière phase.
3. Porter les cotes fonctionnelles du dessin de définition au-dessus de croquis de la pièce.
4. Tracer les cotes d'usinage dans l'ordre de la gamme.
5. Les cotes d'usinage sont représentées sous forme de vecteurs ayant pour origine de face d'appui et pour extrémité la phase usinée.
6. Chaque cote représente une opération.
7. Traduire les cotes fonctionnelles en cotes minimales et maximales et porter ces valeurs dans les colonnes correspondantes.
8. Choisir la valeur des copeaux minima à partir du tableau de la page de précédente. Incrire ces valeurs dans la colonne min.
9. Repérer les cotes fonctionnelles
 - Repérer les copeaux minima.
 - Repérer les cotes brutes.
 - Repérer les cotes –machines.
10. Tracer le graphe permettant la détermination des composants de chaque chaîne.
11. Tracer la première chaîne en prenant comme cote condition la première cote fonctionnelle.
12. Tracer les autres chaînes dans l'ordre des cotes fonctionnelles et des copeaux minima.
13. Calculer les chaînes l'ordre des conditions.
S'il y a deux côtes inconnues dans une même chaîne, il faut passer à la suivante.
Porter les valeurs minimales et maximales de chaque cote calculée en indiquant le numéro de chaîne ayant permis de la déterminer.

II.3.Simulation d'usinage suivant l'axe ox

Tableau II. 1 : Simulation d'usinage suivant l'axe ox

Simulation d'usinage suivant l'axe ox						
		Cmin				
Cotes bureau d'études		1	33			
		2	2,5mini			
		3	12,454	12,48	0,026	
		4	0,025		0,5	
Croquis de la pièce						
copeaux		5	2,5			
		6	0,2			
cote brut		CFB5-2				
		CF5-3				
		CF5-4				
		CF4-6				
		CF5-6				
cote fabriqué		CF5-1				
		CF5-1				
Chaîne 1		1		33	0,1	
		CF5-1	33	33	0,1	1
Chaîne 2		3		12,454	0,026	
		CF4-6	12,454	12,454	0,026	2
Chaîne3		4		0,025	0,5	
		CF4-6	12,454		0,026	
		CF4-5		12,204	0,474	3
Chaîne4				0,025	0,5	
		CF5-6	0,025	0,025	0,5	4
Chaîne5		5		2,5	0,974	
		CF3-5	15,178		0,5	5
		CF4-5		12,678	0,474	
Chaîne6		6		0,2	3,474	
		CFB2-5	13,352		3	6
		CF3-5		13,152	0,474	
			13,352	13,352	3,474	

II.4. Simulation d'usinage suivant l'axe oy

Tableau II. 2 : Simulation d'usinage suivant l'axe oy

Simulation d'usinage suivant l'axe oy					
		Cmin			
Cote BE		1	43,9	44,1	0,2
		2	30,1	30,9	0,8
		3	28		
		4	22	22,008	0,008
		5	12,5	12,605	0,0105
		6	1		
		7	0,5		
		8	0,2		
		9	0,5		
		10	1		
cote brut		CFB1-9			
		CFB1-5			
cote fabriqué		CF1-8			
		CF1-7			
		CF1-6			
		CF1-3			
		CF1-2			
		CF1-12			
		CF1-11			
		CF1-10			
Chaine 1		1		43,9	0,2
		CF1-12	43,9	43,9	0,2
			43,9	43,9	0,2
Chaine2		2		30,1	0,8
		CF1-11	30,1	30,1	0,8
			30,1	30,1	0,8
Chaine 3		3		28	0,8
		CF1-10	28	28	0,8
			28	28	0,8
Chaine4		4		22	0,008
		CF1-8	22	22	0,008
			22	22	0,008
Chaine 5		5		12,5	0,0105
		CFB1-5	12,5	12,5	0,0105
			12,5	12,5	0,0105
Chaine6		6		1	5,05
		CF8-1		22,808	0,05
		CFB1-9	23,808	23,808	5
			23,808	23,808	5,05
Chine 7		7		0,5	0,3
		CF1-7		22,258	0,25
		CF1-8	22,158	22,158	0,3
			22,158	22,158	0,3
Chaine 8		8		0,2	0,258
		CF1-6		22,008	0,008
		CF1-7	22,208	22,208	0,25
			22,208	22,208	0,258
Chaine9		9		0,5	0,1605
		CF1-3	12,5	12	0,15
		CF1-4		12	0,15
			12,5	12,5	0,1605
Chaine 10		10		1	0,45
		CF1-3	11,85	10,85	0,3
		CF1-2		10,85	0,3
			11,85	11,85	0,45

Tableau II. 4 : Simulation d'usinage suivant suite l'axe oz

Simulation d'usinage suivant l'axe oz (suite)															
Cmin															
Cote BE															
	1	15	16	1											
	2	34,5	35,3	0,8											
	3	42	42,1	0,1											
	4	58,8	60,2	0,4											
	5	7,8	8,2	0,4											
copeaux															
	5	1													
	6	0,5													
	7	0,2													
	8	1													
	9	0,5													
	10	0,2													
	11	1													
	12	0,2													
	13														
	cote brut														
		CFB6-10													
		CFB6-14													
	cote fabriqué														
CF6-7															
CF6-8															
CF6-9															
CF7-11															
CF8-12															
CF9-13															
CF7-2															
CF7-3															
CF7-4															
CF7-5															
chaîne 10															
	10		0,5	1,05											
	CF8-12		8,45	0,25											
	CF6-8		16,45	0,25											
	CF6-9	16,95		0,5											
chaîne 11															
	9		1	3,55											
	CF9-13		8,5	0,05											
	CF6-9		17,45	0,5											
	CFB6-14	26,95		3	11										
chaîne 12															
	12		1	0,9											
	CF2-7	61,2		0,5											
	CF3-7		60,2	0,4	12										
Chaîne 13															
	13		0,2	4,5											
	CF2-7		11,7	0,5											
	CF6-7	15		1											
	CFB1-6	46,9		3	13										

Chapitre III : Conditions de coupe

III.1. Introduction

Besoin principal des industriels est de pouvoir prédire rapidement le temps d'usinage avec des valeurs proches de la réalité pour l'usinage d'une pièce de forme complexe, et de déterminer les paramètres optimaux qui tendent à réduire le temps et par la suite le coût de fabrication.

III.2. Calcule des conditions et efforts de coupe

Le choix des vitesses de coupe V_c , des avances f et des profondeurs s s'effectuent en fonction :

- De la nature de matière à usiner ;
- Du type d'opération à réaliser ;
- De l'usure fixée de l'outil en fonction du temps ;
- Des conditions de travail ;
- De la nature de la partie active ;
- De la rigidité du montage de la pièce et de l'outil ;
- De la puissance de la machine ;
- De la gamme des vitesses ;
- De la section de copeau.

III.3. Paramètre caractéristiques le régime de coupe

- **Vitesse de coupe V_c [m/min]**

$$V_c = \frac{\pi \times D \times N}{1000}$$

- **Fréquence de rotation : N [tr /min]**

$$N_{th} = \frac{V_i \times 1000}{\pi \times D}$$

- **Avance : f [mm/dent] (fraisage)**
- **Avance : f [mm/tr] (tournage. Perçage)**

En ébauche et demi finition

$$f = 0.5r_c$$

En finition

$$f = \sqrt{(8 \times R_t \times r_c \div 1000)}$$

- **Vitesse d'avance V_f [mm/min]**

$$V_f = f_t \times N_{pr} \text{ (Tournage, perçage, alésage)}$$

$$V_f = f_f \times Z \times N_{pr} \text{ (Fraisage)}$$

- **Durée de vie de l'outil** : T_2 [min]

$$T_2 = T_1 (V_1 \div V_2)^{-k}$$

- **Longueur de passe** : L_c [mm]

Tournage

Dressage

$$L_c = 2 + a \times \text{tg} K_r + (D_1 - D_2)$$

Chariotage

$$L_c = 1 + a \times \text{tg} K_r + L$$

Fraisage en roulant

Ebauche

$$L_c = 1 + L + (a \times (D - a))^{\frac{1}{2}}$$

Finition

$$L_c = 2 + L + 2(a \times (D - a))^{\frac{1}{2}}$$

Perçage

$$L_c = 2 + L + D \div 2 \times ((1 \div \text{tg}(\hat{\alpha} \div 2))$$

- **Temps technologique** : T_t [min]

$$T_t = L_c \div V_f$$

III.4. Efforts et puissance de coupe

-Effort de coupe principale F_c

-Effort d'avance F_t

-Effort de refoulement F_p

Effort de coupe

$$F_c = k_s \times S$$

En tournage

$$k_s = C \times (f \times \sin K_r)^n \times (1 + m |y - y_0|)$$

En fraisage

$$K_s = C \times (f_z \times 360 \times L \times \sin K_r / \pi \times D \times \theta)^n \times (1 + m |y - y_0|)$$

En perçage

$$k_c = C \times (f \div 2 \sin K_r)^n \times (1 + m |y - y_0|)$$

En tournage et fraisage

$$F_C = k_s \times S$$

$$S = f \times a$$

$$F_f = F_C \times (0.15 - 0.1 \times \cos K_r)$$

$$F_p = 0.3 F_C$$

En perçage

$$F_C = k_s \times f \times D \div 4$$

$$F_f = k_s \times f \times (D \div 2) \times \sin \theta \div 2$$

$$M_t = F_C \times D \div 2$$

Puissance de coupe [kw]**En tournage et en perçage**

$$P_C = F_C \times V_C$$

$$P_f = F_f \times V_f$$

En fraisage

$$P_C = k_s \times a \times f \times Z \times V_C \times L \div (192,27 \times 10^3 D)$$

Puissance du moteur**Fraisage, tournage**

$$P_m = P_C \times \eta(kw)$$

Couple M_C (Nm)

$$M_C = P_C \times 3 \times 10^3 \div \pi \times N$$

Phase 200

Dressage TE

Données					
Vc (m/min)	160	ap(mm)	3	D1 (mm)	89
Kr (degrés)	60	re(mm)	0,5	D2(mm)	44
γ0(degrés)	14	γ(degrés)	-6	Rt (mm)	10,86
C (N/mm ²)	800	N	-0,3	m	0,02
T1(min)	45	K	-5	η	0,8

a) Fréquence de rotation théorique Nt:

$$Nt = \frac{1000 \times V_{cth}}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 160}{3,14 \times 89} = 572,53 \text{ tr/min}$$

Fréquence de rotation selon gamme de vitess

$$N = 572,53 \text{ tr/min}$$

b) Calcul vitesse de coupe réelle Vcpr

$$V_{cpr} = \frac{\pi \times D \times N}{1000} = \frac{3,14 \times 89 \times 572,53}{1000} = 159,99 \text{ m/min}$$

$$V_{cpr} = 159,99 \text{ m/min} \quad V_{cpr} = 159,99 \text{ m/min}$$

c) Vitesse d'avance Vf

$$Vf = N \times fn$$

$$Vf = 527,53 \times 0,25$$

$$Vf = 143,13 \text{ mm/min}$$

d) Longueur de coupe Lc

$$Lc = 2 + a \times \text{tg} Kr + (D_1 - D_2)$$

$$Lc = 2 + 3 \times \text{tg} 60 + (89 + 44) = 53,66$$

$$Lc = 53,66 \text{ mm}$$

e) Le temps technologie Tt

$$Tt = \frac{Lc}{Vf} = \frac{53,66}{143,13} = 0,374 \text{ C min}$$

$$Tt = 0,374 \text{ C min}$$

Effort de coupe

En calcul :

$$k_c = C \times (f \times \sin K_r)^n \times (1 + m |y - y_0|)$$

$$Kc = 800 \times (0,25 \times \sin 60)^{-0,3} \times (1 + 0,02 |-6 - 14|)$$

$$kc = 1367,3 N / mm$$

$$S = f \times a = 0,25 \times 3 = 0,75$$

$$F_C = k_c \times S = 1367,3 \times 0,75 = 1025,74 N$$

$$F_f = F_C \times (0,15 - 0,1 \times \cos K_r)$$

$$F_f = 1025,74 \times (0,15 - 0,1 \times \cos 60)$$

$$F_f = 25,63 N$$

$$F_p = 0,3 F_C$$

$$F_p = 0,3 \times 1025,74$$

$$F_p = 307,59 N$$

Puissance de coupe

$$P_c = F_C \times V_c$$

$$P_c = (1025,74 \times 159,99 \div 60) \div 1000$$

$$P_c = 2,69 kw$$

$$P_m = P_c \div \eta$$

$$P_m = 2,69 \div 0,8$$

$$P_m = 3,37 KW$$

$$T_2 = T_1 (V_1 \div V_2)^{-k}$$

$$T_2 = 45 (160 \div 159,99)^{-5}$$

$$T_2 = 45,02 \text{ min}$$

Résultats					
$N_{th}(tr/min)$	572,53	$N_{Pr}(tr/min)$	572,53	$V_{Pr}(m/min)$	159,99
$F_n(mm/tr)$	0,25	$V_F(mm/min)$	143,13	$L_C(mm)$	53,66
$T_1(min)$	0,374	$T_2(min)$	45,02	$K_S(N/mm)$	1367,3
$F_C(N)$	1025,74	$F_F(N)$	25,63	$F_P(N)$	307,59
$P_C(kw)$	2,69	$P_m(kw)$	3,37	/	/

Dressage TF/2

Données					
$V_c(m/min)$	180	$a_p(mm)$	1,5	$D_1(mm)$	89
$K_r(degrés)$	60	$r_c(mm)$	0,8	$D_2(mm)$	44
$\gamma_0(degrés)$	14	$\gamma(degrés)$	-6	$R_t(mm)$	13,04
$C(N/mm^2)$	800	N	-0,3	m	0,01
$T_1(min)$	45	K	-5	η	0,8

a) Fréquence de rotation théorique N_t :

$$N_t = \frac{1000 \times V_{cth}}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 180}{3,14 \times 89} = 644,09 \text{ tr/min}$$

Fréquence de rotation selon gamme de vitesse :

$$N = 644,09 \text{ tr/min}$$

b) Calcul vitesse de coupe réelle V_{cpr}

$$V_{cpr} = \frac{\pi \times D \times N}{1000} = \frac{3,14 \times 89 \times 644,09}{1000} = 180 \text{ m/min}$$

$$V_{cpr} = 159,99 \text{ m/min} \quad V_{cpr} = 180 \text{ m/min}$$

c) Vitesse d'avance V_f

$$V_f = N \times f_n$$

$$V_f = 644,09 \times 0,4$$

$$V_f = 257,63 \text{ mm/min}$$

d) Longueur de coupe L

$$L_c = 2 + a \times \text{tg} K_r + (D_1 - D_2)$$

$$L_c = 2 + 1,5 \times \text{tg} 60 + (89 + 44) = 49,5$$

$$L_c = 49,5 \text{ mm}$$

e) Le temps technologie T_t

$$T_t = \frac{Lc}{Vf} = \frac{49,5}{257,63} = 0,214C \text{ min}$$

$$T_t = 0,214C \text{ min}$$

Effort de coupe

En calcul :

$$k_c = C \times (f \times \sin K_r)^n \times (1 + m |y - y_0|)$$

$$Kc = 800 \times (0,4 \times \sin 60)^{-0,3} \times (1 + 0,01 |-6 - 14|)$$

$$k_c = 1087,5 N / mm$$

$$S = f \times a = 0,4 \times 1,5 = 0,6$$

$$F_c = k_c \times S = 1087,5 \times 0,6 = 652,5 N$$

$$F_f = F_c \times (0,15 - 0,1 \times \cos K_r)$$

$$F_f = 652,5 \times (0,15 - 0,1 \times \cos 60)$$

$$F_f = 16,31 N$$

$$F_p = 0,3 F_c$$

$$F_p = 0,3 \times 652,5$$

$$F_p = 195,7 N$$

Puissance de coupe

$$P_c = F_c \times V_c$$

$$P_c = (652,09 \times 180 \div 60) \div 1000$$

$$P_c = 1,96$$

$$P_m = P_c \div \eta$$

$$P_m = 1,96 \div 0,8$$

$$P_m = 2,45$$

$$T_2 = T_1 (V_1 \div V_2)^{-k}$$

$$T_2 = 45 (180 \div 180)^{-5}$$

$$T_2 = 45 \text{ min}$$

Résultats					
$N_{th}(tr/min)$	644,09	$N_{Pr}(tr/min)$	644,09	$V_{Pr}(m/min)$	180
$F_n(mm/tr)$	0,4	$V_F(mm/min)$	257,63	$L_C(mm)$	49,3
$T_t(min)$	0,214	$T_2(min)$	45	$K_S(N/mm)$	1087,5
$F_C(N)$	652,5	$F_F(N)$	16,31	$F_P(N)$	195,7
$P_C(kw)$	1,96	$P_m(KW)$	2,45	/	/

Dressage TF

Données					
$V_c(m/min)$	215	$ap(mm)$	0,5	$D_1(mm)$	89
$K_r(degrés)$	60	$r_c(mm)$	1,2	$D_2(mm)$	44
$\gamma_0(degrés)$	14	$\gamma(degrés)$	-6	$R_t(mm)$	9,80
$C(N/mm^2)$	800	N	-0,3	m	0,01
$T_1(min)$	45	K	-5	η	0,8

a) Fréquence de rotation théorique N_t :

$$N_t = \frac{1000 \times V_{cth}}{\Pi \times D} = \frac{1000 \times 215}{3,14 \times 89} = 769,34 \text{ tr/min}$$

Fréquence de rotation selon gamme de vitesse :

$$N = 769,34 \text{ tr/min}$$

b) Calcul vitesse de coupe réelle V_{cpr}

$$V_{cpr} = \frac{\Pi \times D \times N}{1000} = \frac{3,14 \times 89 \times 769,34}{1000} = 215 \text{ m/min}$$

$$V_{cpr} = 215 \text{ m/min}$$

c) Vitesse d'avance V_f

$$V_f = N \times f_n$$

$$V_f = 769,34 \times 0,25$$

$$V_f = 192,33 \text{ mm/min}$$

d) Longueur de coupe L_c

$$L_c = 2 + a \times \text{tg} K_r + (D_1 - D_2)$$

$$L_c = 2 + 0,5 \times \text{tg} 60 + (89 + 44) = 49,33$$

$$L_c = 49,33 \text{ mm}$$

e) Le temps technologie Tt

$$Tt = \frac{Lc}{Vf} = \frac{49,33}{192,33} = 0,256C \text{ min}$$

$$Tt = 0,256C \text{ min}$$

Effort de coupe

En calcul :

$$k_c = C \times (f \times \sin K_r)^n \times (1 + m |y - y_0|)$$

$$Kc = 800 \times (0,25 \times \sin 60)^{-0,3} \times (1 + 0,01 |-6 - 14|)$$

$$kc = 1367,32N / mm$$

$$S = f \times a = 0,25 \times 0,5 = 0,125$$

$$F_c = k_c \times S = 1367,32 \times 0,125 = 170,9N$$

$$F_f = F_c \times (0,15 - 0,1 \times \cos K_r)$$

$$F_f = 170,9 \times (0,15 - 0,1 \times \cos 60)$$

$$F_f = 4,27N$$

$$F_p = 0,3F_c$$

$$F_p = 0,3 \times 170,9$$

$$F_p = 51,27N$$

Puissance de coupe

$$P_c = F_c \times V_c$$

$$P_c = (170,9 \times 159,99 \div 215) \div 1000$$

$$Pc = 0,6kw$$

$$Pm = Pc \div \eta$$

$$Pm = 0,6 \div 0,8$$

$$Pm = 0,75Kw$$

$$T_2 = T_1 (V_1 \div V_2)^{-k}$$

$$T_2 = 45 (215 \div 215)^{-5}$$

$$T_2 = 45 \text{ min}$$

Résultats					
$N_{th}(tr/min)$	769,34	$N_{Pr}(tr/min)$	769,34	$V_{Pr}(m/min)$	215
$F_n(mm/tr)$	0,25	$V_F(mm/min)$	192,33	$L_C(mm)$	49,33
$T_t(min)$	0,256	$T_2(min)$	45	$K_S(N/mm)$	1367,32
$F_C(N)$	170,9	$F_F(N)$	4,27	$F_P(N)$	51,27
$P_C(kw)$	0,6	$Pm(KW)$	0,75	-	-

Chariotage4E

Données					
$V_c(m/min)$	160	$a_p(mm)$	3	$D(mm)$	44
$K_r(degrés)$	60	$r_e(mm)$	0,5	$L(mm)$	44
$\gamma_0(degrés)$	14	$\gamma(degrés)$	-6	$R_t(mm)$	10,26
$C(N/mm^2)$	800	N	-0,3	m	0,01
$T_1(min)$	45	K	-5	η	0,8

1. Fréquence de rotation théorique N_t :

$$N_t = \frac{1000 \times V_{cth}}{\Pi \times D} = \frac{1000 \times 160}{3,14 \times 44} = 1158,07 \text{ tr/min}$$

Fréquence de rotation selon gamme de vitesse :

$$N = 1158,07 \text{ tr/min}$$

2. Calcul vitesse de coupe réelle V_c

$$V_{cpr} = \frac{\Pi \times D \times N}{1000} = \frac{3,14 \times 44 \times 1158,07}{1000} = 160 \text{ m/min}$$

$$V_{cpr} = 160 \text{ m/min}$$

3. Vitesse d'avance V_f

$$V_f = N \times f_n$$

$$V_f = 1158,07 \times 0,25$$

$$V_f = 289,51 \text{ mm/min}$$

4. Longueur de coupe L

$$L_c = 1 + a \times \text{tg} K_r + L$$

$$L_c = 1 + 3 \times \text{tg} 60 + 44 = 49,19$$

$$L_c = 49,19 \text{ mm}$$

5. Le temps technologie T_t

$$Tt = \frac{Lc}{Vf} = \frac{49,19}{289,51} = 0,169C \text{ min}$$

$$Tt = 0,169C \text{ min}$$

Effort de coupe

En calcul :

$$k_c = C \times (f \times \sin K_r)^n \times (1 + m |y - y_0|)$$

$$Kc = 800 \times (0,25 \times \sin 60)^{-0,3} \times (1 + 0,01 |-6 - 14|)$$

$$kc = 1367,32N / mm$$

$$S = f \times a = 0,25 \times 3 = 0,75$$

$$F_C = k_c \times S = 1367,32 \times 0,75 = 1025,49N$$

$$F_f = F_C \times (0,15 - 0,1 \times \cos K_r)$$

$$F_f = 1025,49 \times (0,15 - 0,1 \times \cos 60)$$

$$F_f = 25,63N$$

$$F_p = 0,3F_C$$

$$F_p = 0,3 \times 1025,49$$

$$F_p = 307,64N$$

Puissance de coupe

$$P_c = F_c \times V_c$$

$$P_c = (1025,49 \times 160 \div 60) \div 1000$$

$$P_c = 2,7Kw$$

$$P_m = P_c \div \eta$$

$$P_m = 2,7 \div 0,8$$

$$P_m = 3,375$$

$$T_2 = T_1 (V_1 \div V_2)^{-k}$$

$$T_2 = 45 \text{ min}$$

Résultats					
$N_{th}(tr/min)$	1158,07	$N_{Pr}(tr/min)$	1158,07	$V_{Pr}(m/min)$	160
$F_n(mm/tr)$	0,25	$V_F(mm/min)$	289,51	$L_C(mm)$	49,19
$T_t(min)$	0,169	$T_2(min)$	45	$K_S(N/mm)$	1367,32
$F_C(N)$	1025,49	$F_F(N)$	25,63	$F_P(N)$	307,64
$P_C(kw)$	2,7	$Pm(KW)$	3,375	/	/

Chariotage4F/2

Données					
$V_c(m/min)$	180	$ap(mm)$	1,5	$D(mm)$	44
$Kr(degrés)$	60	$r_e(mm)$	0,8	$L(mm)$	44
$\gamma_0(degrés)$	14	$\gamma(degrés)$	-6	$Rt(mm)$	13,04
$C(N/.mm^2)$	800	N	-0,3	m	0,01
$T1(min)$	45	K	-5	η	0,8

1. Fréquence de rotation théorique N_t :

$$N_t = \frac{1000 \times V_{cth}}{\Pi \times D} = \frac{1000 \times 180}{3,14 \times 44} = 1302,83 \text{ tr/min}$$

Fréquence de rotation selon gamme de vitesse :

$$N = 1302,83 \text{ tr/min}$$

2. Calcul vitesse de coupe réelle V_{cpr}

$$V_{cpr} = \frac{\Pi \times D \times N}{1000} = \frac{3,14 \times 44 \times 1302,83}{1000} = 180 \text{ m/min}$$

$$V_{cpr} = 180 \text{ m/min}$$

3. Vitesse d'avance V_f

$$V_f = N \times f_n$$

$$V_f = 1302,83 \times 0,4$$

$$V_f = 521,13 \text{ mm/min}$$

4. Longueur de coupe L_c

$$L_c = 1 + a \times \text{tg} Kr + L$$

$$L_c = 1 + 1,5 \times \text{tg} 60 + 44 = 47,05$$

$$L_c = 47,05 \text{ mm}$$

5. Le temps technologie Tt

$$Tt = \frac{Lc}{Vf} = \frac{47,05}{521,13} = 0,0903 \text{ min}$$

$$Tt = 0,0903 \text{ min}$$

Effort de coupe

En calcul :

$$k_c = C \times (f \times \sin K_r)^n \times (1 + m |y - y_0|)$$

$$Kc = 800 \times (0,4 \times \sin 60)^{-0,3} \times (1 + 0,01 |-6 - 14|)$$

$$k_c = 1187,5 \text{ N / mm}$$

$$S = f \times a = 0,4 \times 1,5 = 0,6$$

$$F_C = k_c \times S = 1187,5 \times 0,6 = 712,5 \text{ N}$$

$$F_f = F_C \times (0,15 - 0,1 \times \cos K_r)$$

$$F_f = 712,5 \times (0,15 - 0,1 \times \cos 60)$$

$$F_f = 17,8 \text{ N}$$

$$F_p = 0,3 F_C$$

$$F_p = 0,3 \times 712,5$$

$$F_p = 213,7 \text{ N}$$

Puissance de coupe

$$P_c = F_C \times V_c$$

$$P_c = (712,5 \times 180 \div 60) \div 1000$$

$$P_c = 2,096 \text{ KW}$$

$$P_m = P_c \div \eta$$

$$P_m = 2,096 \div 0,8$$

$$P_m = 2,62$$

$$T_2 = T_1 (V_1 \div V_2)^{-k}$$

$$T_2 = 45 \text{ min}$$

Résultats					
$N_{th}(tr/min)$	1302,83	$N_{Pr}(tr/min)$	1302,83	$V_{Pr}(m/min)$	180
$F_n(mm/tr)$	0,4	$V_F(mm/min)$	521,13	$L_C(mm)$	47,05
$T_t(min)$	0,101	$T_2(min)$	45	$K_S(N/mm)$	1187,5
$F_C(N)$	712,5	$F_F(N)$	17,8	$F_P(N)$	213,7
$P_C(kw)$	2,096	$Pm(KW)$	2,67	/	/

Chariotage4F

Données					
$V_c(m/min)$	215	$a_p(mm)$	0,5	$D(mm)$	44
$Kr(degrés)$	60	$r_e(mm)$	1,2	$L(mm)$	44
$\gamma_0(degrés)$	14	$\gamma(degrés)$	-6	$Rt(mm)$	9,80
$C(N/mm^2)$	800	N	-0,3	m	0,01
$T1(min)$	45	K	-5	η	0,8

1. Fréquence de rotation théorique N_t :

$$N_t = \frac{1000 \times V_{cth}}{\Pi \times D} = \frac{1000 \times 215}{3,14 \times 44} = 1556,16 \text{ tr / min}$$

Fréquence de rotation selon gamme de vitesse

$$N = 1556,16 \text{ tr / min}$$

2. Calcul vitesse de coupe réelle V_{cpr}

$$V_{cpr} = \frac{\Pi \times D \times N}{1000} = \frac{3,14 \times 44 \times 1556,16}{1000} = 215 \text{ m / min}$$

$$V_{cpr} = 215 \text{ m / min}$$

3. Vitesse d'avance V_f

$$V_f = N \times f_n$$

$$V_f = 1556,16 \times 0,25$$

$$V_f = 389,04 \text{ mm / min}$$

4. Longueur de coupe L_c

$$L_c = 1 + a \times \text{tg} Kr + L$$

$$L_c = 1 + 0,5 \times \text{tg} 60 + 44 = 46,59$$

$$L_c = 46,59 \text{ mm}$$

5. Le temps technologie T_t

$$Tt = \frac{Lc}{Vf} = \frac{46,59}{389,04} = 0,119C \text{ min}$$

$$Tt = 0,119C \text{ min}$$

Effort de coupe

En calcul :

$$k_c = C \times (f \times \sin K_r)^n \times (1 + m|y - y_0|)$$

$$Kc = 800 \times (0,4 \times \sin 60)^{-0,3} \times (1 + 0,01|-6 - 14|)$$

$$kc = 1187,5N / mm$$

$$S = f \times a = 0,4 \times 1,5 = 0,6$$

$$F_C = k_c \times S = 1187,5 \times 0,6 = 712,5N$$

$$F_f = F_C \times (0,15 - 0,1 \times \cos K_r)$$

$$F_f = 712,5 \times (0,15 - 0,1 \times \cos 60)$$

$$F_f = 17,8N$$

$$F_p = 0,3F_C$$

$$F_p = 0,3 \times 712,5$$

$$F_p = 213,7N$$

Puissance de coupe

$$P_c = F_C \times V_C$$

$$P_c = (170,91 \times 215 \div 60) \div 1000$$

$$Pc = 0,6kw$$

$$Pm = Pc \div \eta$$

$$Pm = 0,6 \div 0,8$$

$$Pm = 0,75$$

$$T_2 = T_1(V_1 \div V_2)^{-k}$$

$$T_2 = 45 \text{ min}$$

Résultats					
$N_{th}(tr/min)$	1556,16	$N_{Pr}(tr/min)$	1556,16	$V_{Pr}(m/min)$	215
$F_n(mm/tr)$	0,25	$V_F(mm/min)$	389,04	$L_C(mm)$	46,59
$T_t(min)$	0,119	$T_2(min)$	45	$K_S(N/mm)$	1367,32
$F_C(N)$	170,91	$F_F(N)$	4,27	$F_P(N)$	51,27
$P_C(kw)$	0,6	$Pm(KW)$	0,75	-	-

Cheinfrairage 7F

Données					
$V_c(m/min)$	160	$a_p(mm)$	3	$D(mm)$	44
$K_r(degrés)$	44	$r_e(mm)$	1,2	$L(mm)$	2
$\gamma_0(degrés)$	14	$\gamma(degrés)$	-6	$R_t(mm)$	12
$C(N/mm^2)$	800	N	-0,3	m	0,01
$T_1(min)$	45	K	-5	η	0,8

1. Fréquence de rotation théorique N_{tr}/min

$$N_{tr} = \frac{1000 \times V_{c_{th}}}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 160}{3,14 \times 44} = 1058,07 \text{ tr/min}$$

Fréquence de rotation selon gamme de vitesse :

$$N = 1058,07 \text{ tr/min}$$

2. Calcul vitesse de coupe réelle V_{cpr}

$$V_{cpr} = \frac{\pi \times D \times N}{1000} = \frac{3,14 \times 44 \times 1058,07}{1000} = 160 \text{ m/min}$$

$$V_{cpr} = 160 \text{ m/min}$$

3. Vitesse d'avance V_f

$$V_f = N \times f_n$$

$$V_f = 1058,07 \times 0,357$$

$$V_f = 377,73 \text{ mm/min}$$

4. Longueur de coupe L_c

$$L_c = 1 + a \times \tan K_r + L$$

$$L_c = 1 + 3 \times \tan 60 + 44 = 53,66$$

$$L_c = 49,19 \text{ mm}$$

5. Le temps technologie T_t

$$Tt = \frac{Lc}{Vf} = \frac{5,86}{377,73} = 0,015C \text{ min}$$

$$Tt = 0,015C \text{ min}$$

Effort de coupe

En calcul :

$$k_c = C \times (f \times \sin K_r)^n \times (1 + m |y - y_0|)$$

$$Kc = 800 \times (0,357 \times \sin 44)^{-0,3} \times (1 + 0,01 |-6 - 14|)$$

$$kc = 1293,51N / mm$$

$$S = f \times a = 0,357 \times 3 = 1,071$$

$$F_C = k_c \times S = 1293,51 \times 1,071 = 1455,19N$$

$$F_f = F_C \times (0,15 - 0,1 \times \cos K_r)$$

$$F_f = 1455,19 \times (0,15 - 0,1 \times \cos 44)$$

$$F_f = 36,37N$$

$$F_p = 0,3F_C$$

$$F_p = 0,3 \times 1455,19$$

$$F_p = 436,55N$$

Puissance de coupe

$$P_c = F_C \times V_C$$

$$P_c = (1455,19 \times 160 \div 60) \div 1000$$

$$P_c = 3,896kw$$

$$P_m = P_c \div \eta$$

$$P_m = \div 0,8$$

$$P_m = 4,87kw$$

$$T_2 = T_1 (V_1 \div V_2)^{-k}$$

$$T_2 = 45 \text{ min}$$

Résultats					
$N_{th}(tr/min)$	1058,07	$N_{Pr}(tr/min)$	1058,07	$V_{Pr}(m/min)$	160
$F_n(mm/tr)$	0,357	$V_F(mm/min)$	377,73	$L_C(mm)$	5,86
$T_t(min)$	0,015	$T_2(min)$	45	$K_S(N/mm)$	1293,51
$F_C(N)$	1455,19	$F_F(N)$	36,37	$F_P(N)$	436,55
$P_C(kw)$	3,896	$P_m(KW)$	4,87	/	/

Perçage 3E₁

Données					
$V_c(m/min)$	31	$ap(mm)$	3	$D(mm)$	6,25
$K_r(degrés)$	60	δ	118	$L(mm)$	68
$\gamma_0(degrés)$	14	$\gamma(degrés)$	-6	$R_t(mm)$	0,033
$C(N/mm^2)$	800	N	-0,3	m	0,01
$T_1(min)$	90	K	-2,5	η	0,8

1. Fréquence de rotation théorique N_t : tr/min

$$N_t = \frac{1000 \times V_{cth}}{\Pi \times D} = \frac{1000 \times 31}{3,14 \times 6,25} = 1581,6 \text{ tr/min}$$

Fréquence de rotation selon gamme de vitesse :

$$N = 1581,6 \text{ tr/min}$$

2. Calcul vitesse de coupe réelle V_{cpr}

$$V_{cpr} = \frac{\Pi \times D \times N}{1000} = \frac{3,14 \times 6,25 \times 1581,6}{1000} = 31,03 \text{ m/min}$$

$$V_{cpr} = 31,03 \text{ m/min}$$

3. Vitesse d'avance V_f

$$V_f = N \times f_n$$

$$V_f = 1581,6 \times 0,45$$

$$V_f = 205,6 \text{ mm/min}$$

4. Longueur de coupe L_c

$$L_c = 2 + L \times D \div 2 \times ((1 \div \tan(\delta \div 2))$$

$$L_c = 2 + 68 \times 6,25 \div 2 \times ((1 \div \tan(118 \div 2))$$

$$L_c = 71,8$$

5. Le temps technologie T_t

$$T_t = \frac{L_c}{V_f} = \frac{70,8}{205,6} = 0,34 \text{ C min}$$

$$T_t = 0,34 \text{ C min}$$

Effort de coupe

En calcul :

$$k_s = C \times (f / 2 \sin K_r)^n \times (1 + m |y - y_0|)$$

$$K_s = 800 \times (0,125 / 2 \sin 60)^{-0,3} \times (1 + 0,01 |-6 - 14|)$$

$$k_s = 1294,2 \text{ N/mm}$$

$$S = f \times a = 0,45 \times 3 = 1,35$$

$$F_c = k_s \times f \times D / 4 = 1294,2 \times 1,35 \times 0,45 \times 6,25 / 4 = 909,9 \text{ N}$$

$$F_f = K_s \times f \times (D / 2) \times \sin \delta / 2$$

$$F_f = 1294,2 \times 0,45 \times (6,25 / 2) \times \sin 118 / 2$$

$$F_f = 1560,01 \text{ N}$$

$$M_t = F_c \times D / 2$$

$$M_t = 909,9 \times 6,25 / 2$$

$$M_t = 2843,43 \text{ Nm}$$

Puissance de coupe

$$P_c = F_c \times V_c$$

$$P_c = (909,9 \times 31,03 \div 60) \div 1000$$

$$P_c = 0,44$$

$$P_m = P_c \div \eta$$

$$P_m = 0,44 \div 0,8$$

$$P_m = 0,56$$

$$T_2 = T_1 (V_1 \div V_2)^{-k}$$

$$T_2 = 54,9 \text{ min}$$

Résultats					
$N_{th}(\text{tr/min})$	1581,6	$N_{Pr}(\text{tr/min})$	1581,6	$V_{Pr}(\text{m/min})$	31,03
$F_n(\text{mm/tr})$	0,45	$V_F(\text{mm/min})$	205,6	$L_C(\text{mm})$	71,8
$T_1(\text{min})$	0,34	$T_2(\text{min})$	54,9	$K_S(\text{N/mm})$	1294,2
$F_C(\text{N})$	909,9	$F_F(\text{N})$	1560,01	$F_P(\text{N})$	28434,43
$P_C(\text{kw})$	0,44	$P_m(\text{KW})$	0,56	/	/

Perçage 3E₂

Données					
Vc (m/min)	31	ap (mm)	3	D (mm)	24
Kr (degrés)	60	δ	118	L (mm)	68
γ ₀ (degrés)	14	γ (degrés)	-6	Rt (mm)	14,58
C (N/mm ²)	800	N	-0,3	m	0,01
T1 (min)	90	K	-2,5	η	0,8

1. Fréquence de rotation théorique N_t: tr / min

$$N_t = \frac{1000 \times V_{cth}}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 31}{3,14 \times 24} = 411,35 \text{ tr / min}$$

Fréquence de rotation selon gamme de vitesse :

$$N = 411,35 \text{ tr / min}$$

2. Calcul vitesse de coupe réelle V_{cpr}

$$V_{cpr} = \frac{\pi \times D \times N}{1000} = \frac{3,14 \times 24 \times 411,35}{1000} = 31 \text{ m / min}$$

$$V_{cpr} = 31 \text{ m / min}$$

3. Vitesse d'avance V_f

$$V_f = N \times f_n$$

$$V_f = 411,35 \times 0,45$$

$$V_f = 185,09 \text{ mm / min}$$

4. Longueur de coupe L_c

$$L_c = 2 + L \times D \div 2 \times ((1 \div \tan(\delta \div 2))$$

$$L_c = 2 + 71,8 \times 24 \div 2 \times ((1 \div \tan(118 \div 2))$$

$$L_c = 71,8$$

5. Le temps technologie T_t

$$T_t = \frac{L_c}{V_f} = \frac{71,8}{185,09} = 0,39 \text{ C min}$$

$$T_t = 0,39 \text{ C min}$$

Effort de coupe

En calcul :

$$k_s = C \times (f / 2 \sin K_r)^n \times (1 + m |y - y_0|)$$

$$K_s = 800 \times (0,45 / 2 \sin 60)^{-0,3} \times (1 + 0,01 |-6 - 14|)$$

$$k_s = 1146,28 \text{ N / mm}$$

$$S = f \times a = 0,45 \times 3 = 1,35$$

$$F_C = ks \times f \times D / 4 = 1146,28 \times 1,35 \times 0,45 \times 24 / 4 = 1146,28 N$$

$$F_f = Ks \times f \times (D / 2) \times \sin \delta / 2$$

$$F_f = 1146,28 \times 0,45 \times (24 / 2) \times \sin 118 / 2$$

$$F_f = 38,68 N$$

$$Mt = F_C \times D / 2$$

$$Mt = 1547,47 \times 24 / 2$$

$$Mt = 464,24 Nm$$

Puissance de coupe

$$P_C = F_C \times V_C$$

$$P_C = (1547,47 \times 31 \div 60) \div 1000$$

$$P_C = 0,792 kw$$

$$P_m = P_C \div \eta$$

$$P_m = 0,792 \div 0,8$$

$$P_m = 0,99$$

$$T_2 = T_1 (V_1 \div V_2)^{-k}$$

$$T_2 = 45 \text{ min}$$

Résultats					
N_{th}(tr/min)	411,35	N_{Pr}(tr/min)	411,35	V_{Pr}(m/min)	31
F_n(mm/tr)	0,45	V_F(mm/min)	185,09	L_C(mm)	71,8
T₁(min)	0,39	T₂(min)	45	K_S(N/mm)	1146,28
F_C(N)	1547,47	F_F(N)	38,68	F_P(N)	464,24
P_C(kw)	0,792	P_m(KW)	0,99	/	/

Alésage 3F /2

Données					
V_c(m/min)	60	ap(mm)	1,5	D(mm)	24,6
K_r(degrés)	60	r_e(mm)	1,2	L(mm)	68
γ₀(degrés)	14	γ(degrés)	-6	Rt(mm)	13,15
C(N/mm²)	800	N	-0,3	m	0,01
T1(min)	45	K	-2,5	η	0,8

1. Fréquence de rotation théorique N_t : tr / min

$$N_t = \frac{1000 \times V_{cth}}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 60}{3,14 \times 24,6} = 776,7 \text{ tr / min}$$

Fréquence de rotation selon gamme de vitesse :

$$N = 776,7 \text{ tr / min}$$

2. Calcul vitesse de coupe réelle V_{cpr}

$$V_{cpr} = \frac{\pi \times D \times N}{1000} = \frac{3,14 \times 25 \times 764,5}{1000} = 60 \text{ m / min}$$

$$V_{cpr} = 60 \text{ m / min}$$

3. Vitesse d'avance V_f

$$V_f = N \times f_n$$

$$V_f = 764,5 \times 0,45$$

$$V_f = 344,02 \text{ mm / min}$$

4. Longueur de coupe L_c

$$L_c = 1 + a \times \tan K_r + L$$

$$L_c = 1 + 1,5 \times \tan 60 + 24,6 = 72,3$$

$$L_c = 72,3 \text{ mm}$$

5. Le temps technologie T_t

$$T_t = \frac{L_c}{V_f} = \frac{72,3}{344,02} = 0,21 \text{ C min}$$

$$T_t = 0,21 \text{ C min}$$

Effort de coupe

En calcul :

$$k_c = C \times (f \times \sin K_r)^n \times (1 + m |y - y_0|)$$

$$K_c = 800 \times (0,45 \times \sin 60)^{-0,3} \times (1 + 0,01 |-6 - 14|)$$

$$k_c = 1146,2 \text{ N / mm}$$

$$S = f \times a = 0,45 \times 1,5 = 0,675$$

$$F_C = k_c \times S = 1146,2 \times 0,675 = 773,68N$$

$$F_f = F_C \times (0,15 - 0,1 \times \cos K_r)$$

$$F_f = 773,68 \times (0,15 - 0,1 \times \cos 60)$$

$$F_f = 19,3N$$

$$F_p = 0,3F_C$$

$$F_p = 0,3 \times 773,68$$

$$F_p = 232,10N$$

Puissance de coupe

$$P_c = F_C \times V_C$$

$$P_c = (773,68 \times 60 \div 60) \div 1000$$

$$P_c = 0,69kw$$

$$P_m = P_c \div \eta$$

$$P_m = 0,69 \div 0,8$$

$$P_m = 0,87kw$$

$$T_2 = T_1 (V_1 \div V_2)^{-k}$$

$$T_2 = 45 \text{ min}$$

Résultats					
N_{th}(tr/min)	776,7	N_{Pr}(tr/min)	776,7	V_{Pr}(m/min)	60
F_n(mm/tr)	0,45	V_F(mm/min)	344,02	L_C(mm)	72,3
T_t(min)	0,22	T₂(min)	45	K_S(N/mm)	1146,2
F_C(N)	773,68	F_F(N)	19,3	F_p(N)	232,10
P_C(kw)	0,69	P_m(KW)	0,87	-	-

Alésage 3F

Données					
V_c(m/min)	65	ap(mm)	0,5	D(mm)	25
K_r(degrés)	60	r_e(mm)	1,6	L(mm)	68
γ₀(degrés)	14	γ(degrés)	-6	R_t(mm)	17,03
C(N/mm²)	800	N	-0,3	m	0,01
T₁(min)	45	K	-2,5	η	0,8

1. Fréquence de rotation théorique N_t : tr / min

$$N_t = \frac{1000 \times V_{cth}}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 65}{3,14 \times 25} = 828,02 \text{ tr / min}$$

Fréquence de rotation selon gamme de vitesse :

$$N = 828,02 \text{ tr / min}$$

2. Calcul vitesse de coupe réelle V_{cpr}

$$V_{cpr} = \frac{\pi \times D \times N}{1000} = \frac{3,14 \times 25 \times 828,02}{1000} = 65 \text{ m / min}$$

$$V_{cpr} = 65 \text{ m / min}$$

3. Vitesse d'avance V_f

$$V_f = N \times f_n$$

$$V_f = 828,02 \times 0,8$$

$$V_f = 662,42 \text{ mm / min}$$

4. Longueur de coupe L_c

$$L_c = 1 + a \times \text{tg} K_r + L$$

$$L_c = 1 + 0,5 \times \text{tg} 60 + 25 = 70,5$$

$$L_c = 70,5 \text{ mm}$$

5. Le temps technologie T_t

$$T_t = \frac{L_c}{V_f} = \frac{70,5}{662,42} = 0,106 \text{ C min}$$

$$T_t = 0,106 \text{ C min}$$

Effort de coupe

En calcul :

$$k_c = C \times (f \times \sin K_r)^n \times (1 + m |y - y_0|)$$

$$K_c = 800 \times (0,8 \times \sin 60)^{-0,3} \times (1 + 0,01 |-6 - 14|)$$

$$k_c = 964,55 \text{ N / mm}$$

$$S = f \times a = 0,8 \times 0,5 = 0,4$$

$$F_C = k_c \times S = 964,55 \times 0,4 = 385,82 N$$

$$F_f = F_C \times (0,15 - 0,1 \times \cos K_r)$$

$$F_f = 385,82 \times (0,15 - 0,1 \times \cos 60)$$

$$F_f = 9,64 N$$

$$F_p = 0,3 F_C$$

$$F_p = 0,3 \times 385,82$$

$$F_p = 115,74 N$$

Puissance de coupe

$$P_c = F_C \times V_C$$

$$P_c = (385,82 \times 65 \div 60) \div 1000$$

$$P_c = 0,41 \text{ kw}$$

$$P_m = P_c \div \eta$$

$$P_m = 0,41 \div 0,75$$

$$P_m = 0,52 \text{ kw}$$

$$T_2 = T_1 (V_1 \div V_2)^{-k}$$

$$T_2 = 45 \text{ min}$$

Résultats					
$N_{th}(\text{tr/min})$	828,02	$N_{Pr}(\text{tr/min})$	828,02	$V_{Pr}(\text{m/min})$	65
$F_n(\text{mm/tr})$	0,8	$V_F(\text{mm/min})$	662,42	$L_C(\text{mm})$	70,5
$T_t(\text{min})$	0,106	$T_2(\text{min})$	45	$K_S(\text{N/mm})$	964,55
$F_C(\text{N})$	385,82	$F_F(\text{N})$	9,64	$F_P(\text{N})$	115,74
$P_C(\text{kw})$	0,41	$P_m(\text{KW})$	0,52	/	/

Phase 300: Tournage

Dressage 10^E

Données

Vc (m/min)	180	ap (mm)	3	D (mm)	60
Kr (degrés)	60	r_c(mm)	1	L (mm)	60
γ₀ (degrés)	14	γ (degrés)	-6	Rt (mm)	15,8
C (N/mm²)	800	N	-0,3	m	0,01
T1 (min)	45	K	-5	η	0,8

a) Fréquence de rotation théorique N_t:

$$N_t = \frac{1000 \times V_{cth}}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 180}{3,14 \times 60} = 955,41 \text{ tr/min}$$

Fréquence de rotation selon gamme de vitesse :

$$N = 955,41 \text{ tr/min}$$

b) Calcul vitesse de coupe réelle V_{cpr}

$$V_{cpr} = \frac{\pi \times D \times N}{1000} = \frac{3,14 \times 60 \times 572,53}{1000} = 180 \text{ m/min}$$

$$V_{cpr} = 180 \text{ m/min}$$

c) Vitesse d'avance V_f

$$V_f = N \times f_n$$

$$V_f = 180 \times 0,625$$

$$V_f = 597,13 \text{ mm/min}$$

d) Longueur de coupe L_c

$$L_c = 2 + a \times \text{tg} K_r + (D_1 - D_2)$$

$$L_c = 2 + 3 \times \text{tg} 60 + (60) = 7,19$$

$$L_c = 7,19 \text{ mm}$$

e) Le temps technologie T_t

$$T_t = \frac{L_c}{V_f} = \frac{7,19}{597,13} = 0,020 \text{ C min}$$

$$T_t = 0,020 \text{ C min}$$

Effort de coupe

En calcul :

$$k_c = C \times (f \times \sin K_r)^n \times (1 + m |y - y_0|)$$

$$K_c = 800 \times (0,625 \times \sin 60)^{-0,3} \times (1 + 0,01 |-6 - 14|)$$

$$k_c = 1038,7 \text{ N/mm}$$

$$S = f \times a = 0,625 \times 3 = 1,875$$

$$F_C = k_c \times S = 1038,7 \times 1,875 = 3245,9 N$$

$$F_f = F_C \times (0,15 - 0,1 \times \cos K_r)$$

$$F_f = 3245,9 \times (0,15 - 0,1 \times \cos 60)$$

$$F_f = 81,14 N$$

$$F_p = 0,3 F_C$$

$$F_p = 0,3 \times 3245,9$$

$$F_p = 973,77 N$$

Puissance de coupe

$$P_C = F_C \times V_C$$

$$P_C = (3245,9 \times 180 \div 60) \div 1000$$

$$P_C = 9,72 \text{ kw}$$

$$P_m = P_C \div \eta$$

$$P_m = 9,72 \div 0,75$$

$$P_m = 12,16 \text{ kw}$$

$$T_2 = T_1 (V_1 \div V_2)^{-k}$$

$$T_2 = 45 (180 \div 180)$$

$$T_2 = 45 \text{ min}$$

Résultats					
N_{th}(tr/min)	955,41	N_{Pr}(tr/min)	955,41	V_{Pr}(m/min)	180
F_n(mm/tr)	0,625	V_F(mm/min)	597,13	L_C(mm)	7,19
T_t(min)	0,020	T₂(min)	45	K_S(N/mm)	1038,7
F_C(N)	3245,9	F_F(N)	81,14	F_P(N)	973,77
P_C(kw)	9,72	P_m(KW)	12,16	/	/

Dressage 10F

Données					
Vc (m/min)	240	ap (mm)	0,5	D (mm)	60
Kr (degrés)	60	re(mm)	2	L (mm)	60
γ ₀ (degrés)	14	γ(degrés)	-6	Rt (mm)	6,54
C (N/mm ²)	800	N	-0,3	m	0,01
T1 (min)	45	K	-5	η	0,8

a) Fréquence de rotation théorique Nt:

$$Nt = \frac{1000 \times V_{cth}}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 240}{3,14 \times 60} = 1273,8 \text{ tr / min}$$

Fréquence de rotation selon gamme de vitesse :

$$N = 1273,8 \text{ tr / min}$$

b) Calcul vitesse de coupe réelle Vcpr

$$V_{cpr} = \frac{\pi \times D \times N}{1000} = \frac{3,14 \times 60 \times 1273,8}{1000} = 240 \text{ m / min}$$

$$V_{cpr} = 240 \text{ m / min}$$

c) Vitesse d'avance Vf

$$V_f = N \times f_n$$

$$V_f = 1273,8 \times 0,125$$

$$V_f = 159,22 \text{ mm / min}$$

d) Longueur de coupe

$$L_c = 2 + a \times \text{tg} Kr + (D_1 - D_2)$$

$$L_c = 2 + 0,5 \times \text{tg} 60 + (60) = 3,68$$

$$L_c = 3,68 \text{ mm}$$

e) Le temps technologie Tt

$$T_t = \frac{L_c}{V_f} = \frac{3,68}{159,22} = 0,023 \text{ C min}$$

$$T_t = 0,023 \text{ C min}$$

Effort de coupe

En calcul :

$$k_c = C \times (f \times \sin K_r)^n \times (1 + m |y - y_0|)$$

$$Kc = 800 \times (0,125 \times \sin 60)^{-0,3} \times (1 + 0,01 |-6 - 14|)$$

$$kc = 1683,3 \text{ N / mm}$$

$$S = f \times a = 0,125 \times 0,5 = 0,0625$$

$$F_C = k_c \times S = 1683,3 \times 0,0625 = 210,41 \text{ N}$$

$$F_f = F_C \times (0,15 - 0,1 \times \cos K_r)$$

$$F_f = 210,41 \times (0,15 - 0,1 \times \cos 60)$$

$$F_f = 5,26 \text{ N}$$

$$F_p = 0,3 F_C$$

$$F_p = 0,3 \times 210,41$$

$$F_p = 63,12 \text{ N}$$

Puissance de coupe

$$P_c = F_C \times V_c$$

$$P_c = (210,41 \times 240 \div 60) \div 1000$$

$$P_c = 0,84 \text{ kW}$$

$$P_m = P_c \div \eta$$

$$P_m = 0,84 \div 0,8$$

$$P_m = 1,05 \text{ kW}$$

$$T_2 = T_1 (V_1 \div V_2)^{-k}$$

$$T_2 = 45 \text{ min}$$

Résultats					
$N_{th}(\text{tr/min})$	1273,8	$N_{Pr}(\text{tr/min})$	1273,8	$V_{Pr}(\text{m/min})$	240
$F_n(\text{mm/tr})$	0,125	$V_F(\text{mm/min})$	159,22	$L_C(\text{mm})$	3,68
$T_t(\text{min})$	0,023	$T_2(\text{min})$	45	$K_S(\text{N/mm})$	1683,3
$F_C(\text{N})$	210,41	$F_F(\text{N})$	5,26	$F_P(\text{N})$	63,12
$P_C(\text{kw})$	0,84	$P_m(\text{KW})$	1,05	/	/

Cheinfraimage 13F

Données					
Vc (m/min)	160	ap (mm)	3	D (mm)	25
Kr (degrés)	44	r_c(mm)	1,2	L (mm)	2
γ₀ (degrés)	14	γ (degrés)	-6	Rt (mm)	15,5
C (N/.mm²)	800	N	-0,3	m	0,01
T1 (min)	45	K	-5	η	0,8

1. Fréquence de rotation théorique N_{tr} / min

$$N_{tr} = \frac{1000 \times V_{cth}}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 160}{3,14 \times 25} = 2038,2 \text{ tr / min}$$

Fréquence de rotation selon gamme de vitesse :

$$N = 2038,2 \text{ tr / min}$$

2. Calcul vitesse de coupe réelle V_{cpr}

$$V_{cpr} = \frac{\pi \times D \times N}{1000} = \frac{3,14 \times 25 \times 2038,2}{1000} = 160 \text{ m / min}$$

$$V_{cpr} = 160 \text{ m / min}$$

3. Vitesse d'avance V_f

$$V_f = N \times f_n$$

$$V_f = 2038,2 \times 0,625$$

$$V_f = 1273,8 \text{ mm / min}$$

4. Longueur de coupe L

$$L_c = 1 + a \times \text{tg} Kr + L$$

$$L_c = 1 + 3 \times \text{tg} 60 + 25 = 7,79$$

$$L_c = 7,79 \text{ mm}$$

5. Le temps technologie T_t

$$T_t = \frac{L_c}{V_f} = \frac{7,79}{1273,8} = 0,0061 \text{ C min}$$

$$T_t = 0,0061 \text{ C min}$$

Effort de coupe

En calcul :

$$k_c = C \times (f \times \sin K_r)^n \times (1 + m |y - y_0|)$$

$$Kc = 800 \times (0,625 \times \sin 60)^{-0,3} \times (1 + 0,02 |-6 - 14|)$$

$$k_c = 1109,7 \text{ N / mm}$$

$$S = f \times a = 0,625 \times 3 = 1,875$$

$$F_C = k_c \times S = 1109,7 \times 1,875 = 3467,8 \text{ N}$$

$$F_f = F_C \times (0,15 - 0,1 \times \cos K_r)$$

$$F_f = 3467,8 \times (0,15 - 0,1 \times \cos 60)$$

$$F_f = 86,69 \text{ N}$$

$$F_p = 0,3 F_C$$

$$F_p = 0,3 \times 3467,8$$

$$F_p = 1040,34 \text{ N}$$

Puissance de coupe

$$P_c = F_C \times V_c$$

$$P_c = (3467,8 \times 160 \div 60) \div 1000$$

$$P_c = 9,24 \text{ kw}$$

$$P_m = P_c \div \eta$$

$$P_m = 9,24 \div 0,75$$

$$P_m = 11,55 \text{ kw}$$

$$T_2 = T_1 (V_1 \div V_2)^{-k}$$

$$T_2 = 45 \text{ min}$$

Résultats					
N_{th}(tr/min)	2038,2	N_{Pr}(tr/min)	2038,2	V_{Pr}(m/min)	160
F_n(mm/tr)	0,625	V_F(mm/min)	1273,8	L_C(mm)	7,79
T_t(min)	0,0061	T₂(min)	45	K_S(N/mm)	1109,7
F_C(N)	3467,8	F_F(N)	86,69	F_P(N)	1040,34
P_C(kw)	9,24	P_m(KW)	11,55	-	-

Phase 400 fraisage

Fraisage FE

Données					
Vc (m/min)	30	ap (mm)	2	D (mm)	25
Kr (degrés)	45	re (mm)	0,5	θ° (degrés)	98,75
γ₀ (degrés)	14	γ (degrés)	-6	Rt (mm)	0,05
C (N/mm²)	800	N	-0,3	m	0,01
T1 (min)	90	K	-6,6	η	0,8
Z (dent)	16	L (mm)	25	-	-

1. Fréquence de rotation théorique Nt: tr / min

$$N_t = \frac{1000 \times V_{cth}}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 30}{3,14 \times 25} = 382,16 \text{ tr / min}$$

Fréquence de rotation selon gamme de vitesse :

$$N = 382,16 \text{ tr / min}$$

2. Calcul vitesse de coupe réelle Vcpr

$$V_{cpr} = \frac{\pi \times D \times N}{1000} = \frac{3,14 \times 25 \times 382,16}{1000} = 31,4 \text{ m / min}$$

$$V_{cpr} = 31,4 \text{ m / min}$$

3. Vitesse d'avance Vf

$$V_f = N \times f_n \times Z$$

$$V_f = 382,16 \times 0,18 \times 16$$

$$V_f = 72 \text{ mm / min}$$

4. Longueur de coupe Lc

$$L_c = 1 + L + (a \times (D - a))^{\frac{1}{2}}$$

$$L_c = 1 + 33,34 + (3 \times (25 - a))^{\frac{1}{2}}$$

$$L_c = 33,34 \text{ mm}$$

5. Le temps technologie Tt

$$T_t = \frac{L_c}{V_f} = \frac{33,34}{72} = 0,46 \text{ C min}$$

$$T_t = 0,46 \text{ C min}$$

Effort de coupe

En calcul :

$$k_c = C \times (f \times 360 \times L \times \sin K_r \div \pi \times D \times \varphi)^n \times (1 + m |y - y_0|)$$

$$Kc = 800 \times (0,18 \times \sin 45)^{-0,3} \times (1 + 0,01 |-6 - 14|)$$

$$kc = 1533,3 N / mm$$

$$S = f \times a = 0,18 \times 3 = 0,54$$

$$F_C = k_c \times S = 1533,3 \times 0,54 = 551,9 N$$

$$F_f = F_C \times (0,15 - 0,1 \times \cos K_r)$$

$$F_f = 551,9 \times (0,15 - 0,1 \times \cos 45)$$

$$F_f = 19,31 N$$

$$F_p = 0,3 F_C$$

$$F_p = 0,3 \times 551,9$$

$$F_p = 165,5 N$$

Puissance de coupe

$$P_c = k_s \times a \times f \times Z \times V_c \times L \div (192,27 \times 10^3 D)$$

$$Pc = 1533,3 \times 3 \times 0,18 \times 16 \times 31,4 \times 25 \div (192,27 \times 10^3 \times 25)$$

$$Pc = 2,06 KW$$

$$Pm = Pc \div \eta$$

$$Pm = 2,06 \div 0,8$$

$$Pm = 2,57 kw$$

$$T_2 = T_1 (V_1 \div V_2)^{-k}$$

$$T_2 = 90 (30 \div 31,4)^{-6,6}$$

$$T_2 = 66,60$$

Résultats					
N_{th}(tr/min)	382,16	N_{Pr}(tr/min)	400	V_{Pr}(m/min)	31,4
F_z(mm/tr)	0,18	V_F(mm/min)	72	L_C(mm)	33,34
T_t(min)	0,46	T₂(min)	66,60	K_S(N/mm)	1533,3
F_C(N)	551,9	F_F(N)	19,31	F_P(N)	165,5
P_C(kw)	2,056	P_m(KW)	2,57	-	-

Fraisage FF

Données					
Vc (m/min)	34	ap (mm)	1,5	D (mm)	25
Kr (degrés)	45	rc(mm)	1,2	θ° (degrés)	98,75
γ₀ (degrés)	14	γ(degrés)	-6	Rt (mm)	0,05
C (N/.mm²)	800	N	-0,3	m	0,01
T1 (min)	90	K	-6,6	η	0,8
Z (dent)	16	L (mm)	25	-	-

1. Fréquence de rotation théorique Nt: tr / min

$$Nt = \frac{1000 \times V_{cth}}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 34}{3,14 \times 25} = 433,12 \text{ tr / min}$$

Fréquence de rotation selon gamme de vitesse :

$$N = 500 \text{ tr / min}$$

2. Calcul vitesse de coupe réelle Vcpr

$$V_{cpr} = \frac{\pi \times D \times N}{1000} = \frac{3,14 \times 25 \times 500}{1000} = 39,25 \text{ m / min}$$

$$V_{cpr} = 39,25 \text{ m / min}$$

3. Vitesse d'avance Vf

$$Vf = N \times fn \times Z$$

$$Vf = 500 \times 0,18 \times 16$$

$$Vf = 90 \text{ mm / min}$$

4. Longueur de coupe Lc

$$Lc = 1 + L + (a \times (D - a))^{\frac{1}{2}}$$

$$Lc = 1 + 25 + (1,5 \times (25 - 1,5))^{\frac{1}{2}}$$

$$Lc = 33,27 \text{ mm}$$

5. Le temps technologie Tt

$$Tt = \frac{Lc}{Vf} = \frac{33,27}{90} = 0,503 \text{ C min}$$

$$Tt = 0,503 \text{ C min}$$

Effort de coupe

En calcul :

$$k_c = C \times (f_z \times 360 \times L \times \sin K_r \div \pi \times D \times \varphi)^n \times (1 + m |y - y_0|)$$

$$K_c = 800 \times (0,18 \times 360 \times \sin 45) \div 3,14 \times 25 \times 98,75)^{-0,3} \times |1 + 0,01| - 6 - 14|$$

$$k_c = 1533,26 \text{ N/mm}$$

$$S = f \times a = 0,18 \times 1,5 = 0,27$$

$$F_C = k_c \times S = 1533,26 \times 0,27 = 413,98 \text{ N}$$

$$F_f = F_C \times (0,15 - 0,1 \times \cos K_r)$$

$$F_f = 413,98 \times (0,15 - 0,1 \times \cos 60)$$

$$F_f = 10,34 \text{ N}$$

$$F_p = 0,3 F_C$$

$$F_p = 0,3 \times 413,98$$

$$F_p = 124,1 \text{ N}$$

Puissance de coupe

$$P_c = k_s \times a \times f \times Z \times V_c \times L \div (192,27 \times 10^3 D)$$

$$P_c = 1,168 \text{ kw}$$

$$P_m = P_c \div \eta$$

$$P_m = 1,168 \div 0,8$$

$$P_m = 7,5 \text{ kw}$$

$$T_2 = T_1 (V_1 \div V_2)^{-k}$$

$$T_2 = 90 (34 \div 39,25)$$

$$T_2 = 34,8 \text{ min}$$

Résultats					
N_{th}(tr/min)	433,12	N_{Pr}(tr/min)	500	V_{Pr}(m/min)	39,25
F_Z(mm/tr)	0,18	V_F(mm/min)	90	L_C(mm)	33,27
T_t(min)	0,503	T₂(min)	34,8	K_S(N/mm)	1533,26
F_C(N)	413,98	F_F(N)	10,34	F_P(N)	124,1
P_C(kw)	1,46	P_m(KW)	7,5	Z (dent)	16

Phase 500

Perçage 6F

Données					
Vc (m/min)	31	δ	118	D (mm)	10
Kr (degrés)	60	γ (degrés)	-6	L (mm)	25
γ_0 (degrés)	14	N	-0,3	Kc (mm)	0,033
C (N/mm ²)	800	K	-8,3	m	0,01
T1 (min)	90	η	0,8	-	-

1. Fréquence de rotation théorique Nt: tr / min

$$Nt = \frac{1000 \times V_{cth}}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 31}{3,14 \times 10} = 987,2 \text{ tr / min}$$

Fréquence de rotation selon gamme de vitesse :

$$N = 987,2 \text{ tr / min}$$

2. Calcul vitesse de coupe réelle Vcpr

$$V_{cpr} = \frac{\pi \times D \times N}{1000} = \frac{3,14 \times 10 \times 987,2}{1000} = 31 \text{ m / min}$$

$$V_{cpr} = 31 \text{ m / min}$$

3. Vitesse d'avance Vf

$$V_f = N \times f_n$$

$$V_f = 987,2 \times 0,18$$

$$V_f = 177,69 \text{ mm / min}$$

4. Longueur de coupe Lc

$$L_c = 2 + L \times \frac{D}{2} \times ((1 + \text{tg } \delta / 2))$$

$$L_c = 2 + L \times \frac{10}{2} \times ((1 + \text{tg } 118 / 2))$$

$$L_c = 30,73 \text{ mm}$$

5. Le temps technologie Tt

$$T_t = \frac{L_c}{V_f} = \frac{30,73}{177,69} = 0,16 \text{ C min}$$

$$T_t = 0,16 \text{ C min}$$

Effort de coupe

En calcul :

$$k_s = C \times (f \div 2 \sin K_r)^n \times (1 + m |y - y_0|)$$

$$K_s = 800 \times (0,18 \times \sin 60)^{-0,3} \times (1 + 0,02 |-6 - 14|)$$

$$k_s = 1703,5 \text{ N / mm}$$

$$F_c = k_s \times f \times D \div 4$$

$$F_c = 1703,5 \times 0,18 \times 10 \div 4$$

$$F_c = 766,5 \text{ N}$$

$$F_f = k_s \times f \times (D \div 2) \times \sin \theta \div 2$$

$$F_f = 1703,5 \times 0,18 \times (10 \div 2) \times \sin 118 \div 2$$

$$F_f = 1314,1 \text{ N}$$

$$M_t = F_c \times D \div 2$$

$$M_t = 766,5 \times 10 \div 2$$

$$M_t = 3832,5 \text{ Nm}$$

Puissance de coupe

$$P_c = F_c \times V_c$$

$$P_c = (766,5 \times 31 \div 60) \div 1000$$

$$P_c = 0,39 \text{ kw}$$

$$P_m = P_c \div \eta$$

$$P_m = 0,39 \div 0,75$$

$$P_m = 0,49 \text{ kw}$$

$$T_2 = T_1 (V_1 \div V_2)^{-k}$$

$$T_2 = 90 (31 \div 31)$$

$$T_2 = 90 \text{ min}$$

Résultats					
N_{th}(tr/min)	987,2	N_{Pr}(tr/min)	987,2	V_{Pr}(m/min)	31
F_n(mm/tr)	0,18	V_F(mm/min)	177,69	L_C(mm)	30,73
T_t(min)	0,161	T₂(min)	90	K_S(N/mm)	1703,5
F_C(N)	766,5	F_F(N)	1314,1	M_t(Nm)	3832,5
P_C(kw)	0,39	P_m(KW)	0,49	-	-

Perçage 8F

Données					
Vc (m/min)	31	ap (mm)	0,5	D (mm)	10,5
Kr (degrés)	59	γ(degrés)	-6	L (mm)	0,6
γ ₀ (degrés)	20	N	-0,3	Rt (mm)	0,033
C (N/mm ²)	800	K	-8,3	m	0,01
T1 (min)	90	δ	118	η	0,06

6. Fréquence de rotation théorique Nt: tr / min

$$Nt = \frac{1000 \times V_{cth}}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 31}{3,14 \times 13} = 940,20 \text{ tr / min}$$

Fréquence de rotation selon gamme de vitesse :

$$N = 1000 \text{ tr / min}$$

7. Calcul vitesse de coupe réelle Vcpr

$$V_{cpr} = \frac{\pi \times D \times N}{1000} = \frac{3,14 \times 10,5 \times 1000}{1000} = 32,9 \text{ m / min}$$

$$V_{cpr} = 32,9 \text{ m / min}$$

8. Vitesse d'avance Vf

$$V_f = N \times f_n$$

$$V_f = 1000 \times 0,19$$

$$V_f = 190 \text{ mm / min}$$

9. Longueur de coupe Lc

$$L_c = 2 + L \times \frac{D}{2} \times ((1 + \operatorname{tg} \delta / 2))$$

$$L_c = 2 + L \times \frac{10,5}{2} \times ((1 + \operatorname{tg} 118 / 2))$$

$$L_c = 21,25 \text{ mm}$$

10. Le temps technologie Tt

$$T_t = \frac{L_c}{V_f} = \frac{21,25}{190} = 0,11 \text{ C min}$$

$$T_t = 0,11 \text{ C min}$$

Effort de coupe

En calcul :

$$k_s = C \times (f \div 2 \sin K_r)^n \times (1 + m |y - y_0|)$$

$$K_s = 800 \times (0,19 \times \sin 59)^{-0,3} \times (1 + 0,02 |-6 - 14|)$$

$$k_s = 1763,06 \text{ N / mm}$$

$$F_c = k_s \times f \times D \div 4$$

$$F_c = 1763,06 \times 0,19 \times 10,5 \div 4$$

$$F_c = 879,3 \text{ N}$$

$$F_f = k_s \times f \times (D \div 2) \times \sin \theta \div 2$$

$$F_f = 1763,06 \times 0,19 \times (10,5 \div 2) \times \sin 118 \div 2$$

$$F_f = 1507,4 \text{ N}$$

$$M_t = F_c \times D \div 2$$

$$M_t = 879,3 \times 10,5 \div 2$$

$$M_t = 4616,3 \text{ Nm}$$

Puissance de coupe

$$P_c = F_c \times V_c$$

$$P_c = (879,3 \times 32,9 \div 60) \div 1000$$

$$P_c = 0,45 \text{ kW}$$

$$P_m = P_c \div \eta$$

$$P_m = 0,45 \div 0,8$$

$$P_m = 0,56 \text{ kW}$$

$$T_2 = T_1 (V_1 \div V_2)^{-k}$$

$$T_2 = 90 (31 \div 32,9)$$

$$T_2 = 54,9 \text{ min}$$

Résultats					
N_{th}(tr/min)	940,20	N_{Pr}(tr/min)	1000	V_{Pr}(m/min)	32,9
F_n(mm/tr)	0,19	V_F(mm/min)	190	L_C(mm)	21,25
T_t(min)	0,11	T₂(min)	54,9	K_S(N/mm)	1763,06
F_C(N)	879,3	F_F(N)	1507,4	Mt(Nm)	4616,3
P_C(kW)	0,45	Pm (KW)	0,56	-	-

Lamage 9F

Données					
Vc (m/min)	32	K	-3,1	D (mm)	21
Kr (degrés)	90	γ (degrés)	-6	L (mm)	2
γ_0 (degrés)	14	N	-0,3	m	0,01
C (N/.mm ²)	800	K _c	0,033	η	0,6
T1 (min)	90	δ	118	-	-

1. Fréquence de rotation théorique Nt: tr / min

$$Nt = \frac{1000 \times V_{cth}}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 32}{3,14 \times 21} = 485,2 \text{ tr / min}$$

Fréquence de rotation selon gamme de vitesse :

$$N = 400 \text{ tr / min}$$

2. Calcul vitesse de coupe réelle Vcpr

$$V_{cpr} = \frac{\pi \times D \times N}{1000} = \frac{3,14 \times 21 \times 400}{1000} = 26,3 \text{ m / min}$$

$$V_{cpr} = 26,3 \text{ m / min}$$

3. Vitesse d'avance Vf

$$Vf = N \times fn$$

$$Vf = 400 \times 0,33$$

$$Vf = 48 \text{ mm / min}$$

4. Longueur de coupe Lc

$$Lc = 2 + L \times \frac{D}{2} \times ((1 + \text{tg} \delta / 2))$$

$$Lc = 2 + L \times \frac{21}{2} \times ((1 + \text{tg} 118 / 2))$$

$$Lc = 20,8 \text{ mm}$$

5. Le temps technologie Tt

$$Tt = \frac{Lc}{Vf} = \frac{20,8}{48} = 0,43 \text{ C min}$$

$$Tt = 0,43 \text{ C min}$$

Effort de coupe

En calcul :

$$k_s = C \times (f \div 2 \sin K_r)^n \times (1 + m |y - y_0|)$$

$$K_s = 800 \times (0,33 \times \sin 90)^{-0,3} \times (1 + 0,02 |-6 - 14|)$$

$$k_s = 1483,4 \text{ N/mm}$$

$$F_c = k_s \times f \times D \div 4$$

$$F_c = 1483,4 \times 0,33 \times 21 \div 4$$

$$F_c = 2569,9 \text{ N}$$

$$F_f = k_s \times f \times (D \div 2) \times \sin \theta \div 2$$

$$F_f = 1483,4 \times 0,33 \times (21 \div 2) \times \sin 118 \div 2$$

$$F_f = 4405,8 \text{ N}$$

$$M_t = F_c \times D \div 2$$

$$M_t = 2569,9 \times 21 \div 2$$

$$M_t = 770,97 \text{ Nm}$$

Puissance de coupe

$$P_c = F_c \times V_c$$

$$P_c = (2569,9 \times 26,3 \div 60) \div 1000$$

$$P_c = 1,37 \text{ kw}$$

$$P_m = P_c \div \eta$$

$$P_m = 1,37 \div 0,75$$

$$P_m = 1,82 \text{ kw}$$

$$T_2 = T_1 (V_1 \div V_2)^{-k}$$

$$T_2 = 90 (32 \div 26,3)$$

$$T_2 = 149,3 \text{ min}$$

Résultats					
N_{th}(tr/min)	485,2	N_{Pr}(tr/min)	400	V_{Pr}(m/min)	26,3
F_n(mm/tr)	0,33	V_F(mm/min)	48	L_C(mm)	20,8
T_t(min)	0,43	T₂(min)	149,3	K_S(N/mm)	1483,4
F_C(N)	2569,9	F_F(N)	4405,8	F_P(N)	770,97
P_C(kw)	1,37	P_m(KW)	1,82	-	-

Perçage 12F

Données					
Vc (m/min)	31	δ	118	D (mm)	10,25
Kr (degrés)	60	γ (degrés)	-6	L (mm)	31
γ_0 (degrés)	14	N	-0,3	Kc(mm)	0,033
C (N/mm ²)	800	K	-8,3	m	0,01
T1 (min)	90	η	0,75	-	-

1. Fréquence de rotation théorique Nt: tr / min

$$Nt = \frac{1000 \times V_{cth}}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 31}{3,14 \times 10,25} = 963,33 \text{ tr / min}$$

Fréquence de rotation selon gamme de vitesse :

$$N = 963,33 \text{ tr / min}$$

2. Calcul vitesse de coupe réelle Vcpr

$$V_{cpr} = \frac{\pi \times D \times N}{1000} = \frac{3,14 \times 10,25 \times 963,33}{1000} = 31 \text{ m / min}$$

$$V_{cpr} = 31 \text{ m / min}$$

3. Vitesse d'avance Vf

$$Vf = N \times fn$$

$$Vf = 963,33 \times 0,21$$

$$Vf = 202,29 \text{ mm / min}$$

4. Longueur de coupe Lc

$$Lc = 2 + L \times \frac{D}{2} \times ((1 + \text{tg} \delta / 2))$$

$$Lc = 2 + L \times \frac{10,25}{2} \times ((1 + \text{tg} 118 / 2))$$

$$Lc = 36,04 \text{ mm}$$

5. Le temps technologie Tt

$$Tt = \frac{Lc}{Vf} = \frac{36,04}{202,29} = 0,178 \text{ C min}$$

$$Tt = 0,178 \text{ C min}$$

Effort de coupe

En calcul :

$$k_s = C \times (f \div 2 \sin K_r)^n \times (1 + m |y - y_0|)$$

$$K_S = 800 \times (0,21 \times \sin 60)^{-0,3} \times (1 + 0,02 |-6 - 14|)$$

$$k_S = 1626,5 \text{ N / mm}$$

Puissance de coupe

$$P_C = F_C \times V_C$$

$$P_C = (875,26 \times 31 \div 60) \div 1000$$

$$P_C = 0,44 \text{ kW}$$

$$P_m = P_C \div \eta$$

$$P_m = 0,44 \div 0,8$$

$$P_m = 0,56 \text{ kW}$$

$$T_2 = T_1 (V_1 \div V_2)^{-k}$$

$$T_2 = 90 (31 \div 31)$$

$$T_2 = 90 \text{ min}$$

Résultats					
N_{th}(tr/min)	963,33	N_{Pr}(tr/min)	963,33	V_{Pr}(m/min)	31
F_n(mm/tr)	0,21	V_F(mm/min)	202,29	L_C(mm)	36,04
T_t(min)	0,178	T₂(min)	90	K_S(N/mm)	1626,5
F_C(N)	875,26	F_F(N)	1500,4	P_f(N)	303,5
P_C(kw)	0,44	P_m(KW)	0,56	M_t(Nm)	4485,7

Taroudage 11F

Données					
V_c(m/min)	14	D (mm)	12	m	0,01
K_r(degrés)	59	L (mm)	31	η	0,75
C (N.mm²)	800	N	-0,3	δ	118
T₁(min)	90	K	-1,6	-	-
γ₀(degrés)	14	γ(degrés)	-6	-	-

1. Fréquence de rotation théorique N_t: tr / min

$$N_t = \frac{1000 \times V_{cth}}{\pi \times D} = \frac{1000 \times 14}{3,14 \times 12} = 371,54 \text{ tr / min}$$

Fréquence de rotation selon gamme de vitesse :

$$N = 450 \text{tr} / \text{min}$$

2. Calcul vitesse de coupe réelle V_{cpr}

$$V_{cpr} = \frac{\pi \times D \times N}{1000} = \frac{3,14 \times 12 \times 450}{1000} = 16,95 \text{m} / \text{min}$$

$$V_{cpr} = 16,95 \text{m} / \text{min}$$

3. Vitesse d'avance V_f

$$V_f = N \times f_n$$

$$V_f = 450 \times 0,24$$

$$V_f = 112,5 \text{mm} / \text{min}$$

4. Longueur de coupe L_c

$$L_c = 2 + L \times \frac{D}{2} \times ((1 + \tan \delta / 2))$$

$$L_c = 37,5 \text{mm}$$

Le temps technologie T_t

$$T_t = \frac{L_c}{V_f} = \frac{37,5}{112,5} = 0,33 \text{C min}$$

$$T_t = 0,33 \text{C min}$$

Effort de coupe

En calcul :

$$k_s = C \times (f \div 2 \sin K_r)^n \times (1 + m |y - y_0|)$$

$$K_s = 800 \times (0,24 \times \sin 59)^{-0,3} \times (1 + 0,02 |-6 - 14|)$$

$$k_s = 1557,9 \text{N} / \text{mm}$$

$$F_c = k_s \times f \times D \div 4$$

$$F_c = 1557,2 \times 0,24 \times 12 \div 4$$

$$F_c = 1121,19 N$$

$$F_f = k_s \times f \times (D \div 2) \times \sin \theta \div 2$$

$$F_f = 1557,2 \times 0,24 \times (12 \div 2) \times \sin 118 \div 2$$

$$F_f = 1384,9 N$$

$$M_t = F_c \times D \div 2$$

$$M_t = 1121,19 \times 12 \div 2$$

$$M_t = 6731,4 Nm$$

Puissance de coupe

$$P_c = F_c \times V_c$$

$$P_c = (1121,19 \times 16,95 \div 60) \div 1000$$

$$P_c = 0,26 kw$$

$$P_m = P_c \div \eta$$

$$P_m = 0,26 \div 0,8$$

$$P_m = 0,32 kw$$

$$T_2 = T_1 (V_1 \div V_2)^{-k}$$

$$T_2 = 90 (14 \div 16,95)$$

$$T_2 = 66,2 \text{ min}$$

Résultats					
$N_{th}(\text{tr/min})$	371,54	$N_{Pr}(\text{tr/min})$	450	$V_{Pr}(\text{m/min})$	16,95
$F_n(\text{mm/tr})$	0,24	$V_F(\text{mm/min})$	112,5	$L_C(\text{mm})$	37,5
$T_t(\text{min})$	0,33	$T_2(\text{min})$	66,2	$K_S(\text{N/mm})$	1557,2
$F_C(\text{N})$	1121,19	$M_t(\text{Nm})$	6731,4	$F_F(\text{N})$	1384,9
$P_C(\text{kw})$	0,26	$P_m(\text{KW})$	0,32	/	/

Conclusion :

D'après nos calculs, on déduit que les conditions de coupe jouent un grand rôle dans l'usinage, pour avoir une qualité de surface et aussi pour éviter des usures rapides des outils, si ce n'est la casse.

Chapitre IV : Etude de phase

IV.1. Introduction

L'étude de phase est un détail qui définit avec précision les moyens techniques et économiques à mettre en œuvre en fonction des résultats à obtenir.

IV.2. Etablissement d'une étude de phase

Le document comporte essentiellement :

- La désignation des sous-phases,
- Les opérations et les éléments de travail successifs,
- La désignation des outillages et des montages employés,
- Les vérificateurs à utiliser,
- Les éléments de coupe et les éléments de passe,
- Les temps de fabrication,
- Le croquis de phase.

Il doit indiquer en outre :

- Les références de la pièce,
- La matière utilisée,
- Le nombre de pièces à usiner
- La désignation de la phase et son numéro,
- La machine utilisée.

IV.3. Définition des différents temps d'usinage

IV.3.1. Temps technologie « Tt »

C'est le temps de travail dont la durée dépend uniquement des conditions techniques d'exécution.

Les paramètres de coupe (V_c , f , ...) étant fixés, la longueur à usiner étant connue, donnent :

$$Tt(\text{min}) = Lc(\text{mm}) / V_f(\text{mm} / \text{min}).$$

IV.3.2. Temps manuel « Tm »

C'est le temps correspondant à un travail humain (physique et mental).

Dans le cadre d'un travail physique, c'est le temps pendant lequel le travail réalisé résulte uniquement de l'action de l'opérateur aidé ou non d'un moyen interne.

La détermination des temps humains doit être faite avec prudence et compétence, car ils sont sujets à tous les aléas de la réalisation : interviennent l'habileté et la qualification ouvrière, le degré de stabilisation du poste, la connaissance exacte et respect du monde opératoire, l'influence de l'environnement, l'ambiance, la monotonie...,ect.

IV.3.3. Temps techno-manuel « Ttm »

C'est le temps de travail pendant lequel l'activité de l'exécutant dépend des conditions techniques de transformation physique, chimique,...de la matière ou du comportement des machines, outillages et appareils.

Cas particulier : temps homme-machine : qui est le temps pendant lequel l'opérateur et la machine travaillent conjointement.

IV.3.4. Temps masqué « Tz »

C'est le temps d'un travail accompli pendant l'exécution d'un autre travail dont la durée est seule prise en considération.

IV.3.5. Simogramme :

Est la représentation graphique des événements simultanés ou successifs dans l'accomplissement d'un travail. Il comporte toujours une échelle des temps écoulés.

Tableau IV. 1: Etude de la phase 200.

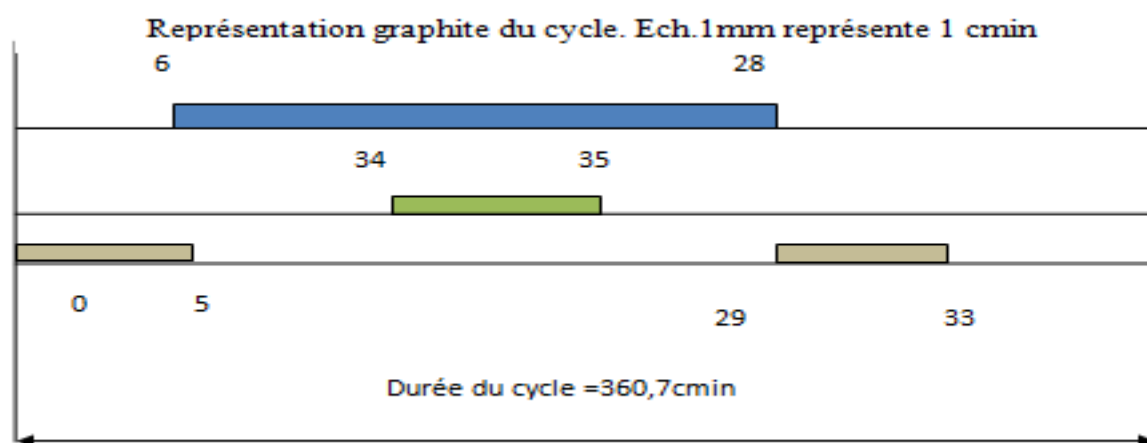
Pièce : Butée eclipsable Matière : FGJL 200 Nombre : 100 pièces / moins pendant 2 ans		Phase : Tournage Numéro : 200 Machine : Tour CAZENEUVE		ETUDE DE PHASE							Date : Nom : BRIKI et HARKATI Folio : 1/1			
N°	Désignation des sous-phases Opérations et éléments de travail	Outillages Montages d'usinage	vérificateurs	Eléments de coupe			Eléments de passes				Temps en : cmin			
				V _c	f _n	N	p	a _p	V _f	L _c	Tt	Tm	Tt _m	Tz
1	Prendre la pièce											10		
2	Monter la pièce dans le montage	Montage T200										15		
3	Serrer la pièce											25		
4	Fermer le capot											10		
5	Actionner le départ du cycle											5		
6	Avance rapide											1		
7	Dressage TE	O. à dresser en C.M		159,99	0,25	572,53	1	3	143,13	53,66	37,4			
8	Dégager l'outil		Pied à coulisse								1			
9	Dresser TF/2	O. à dresser en C.M		180	0,4	644,09	1	1,5	257,63	49,5	21,4			
10	Dégager l'outil										1			
11	Dresser TF	O. à dresser en C.M		215	0,25	769,34	1	0,5	192,33	49,33	25,6			
12	Dégager l'outil										1			
13	Charioter 4E	O. à charioter en C.M		160	0,25	1158,07	1	3	289,51	49,19	16,9			
14	Dégager l'outil										1			
15	Charioter 4F/2	O. à charioter en C.M		180	0,4	1302,83	1	1,5	521,13	47,05	10			
16	Dégager l'outil										1			
17	Charioter 4F	O. à charioter en C.M		215	0,25	1556,16	1	0,5	389,04	46,59	11,9			
18	Dégager l'outil										1			
19	Percer 3E	Foret Ø6, 25	Rugosimètre	31,03	0,45	1581,6	1	3	205,6	71,8	34			
20	Dégager l'outil										1			
21		Foret Ø24		31	0,45	411,35	1	3	185,09	71,8	39			
22											1			
23	Aléser 3F/2	Alésoir C.M		60	0,45	764,5	1	1,5	344,02	28,5	22			
24	Dégager l'outil										1			
25	Aléser 3F	Alésoir Calibri C.M		65	0,8	828,02	1	0,5	662,42	70,5	10			
26	Dégager l'outil										1			
27	Chanfreiner 7F	O. à dresser en C.M		160	0,357	1058,07	1	3	377,73	5,86	1,5			
28	Dégager l'outil										1			
29	Arrêter la machine											3		
30	Ouvrir le capot											1		
31	Démonter la pièce											30		
32	Poser la pièce sur desserte											10		
33	Nettoyer le montage											10		
34	Ebavurer la pièce													40
35	Vérifier la pièce													10

Totaux 241,7 119 / 50

Ts : temps série

Temps pour 100 pièces par moins pendant 2 ans

144h20min



Tt : Temps technologique

Tm : Temps manuel

Ttm : Temps techno-manuel

Tz : Temps masqué

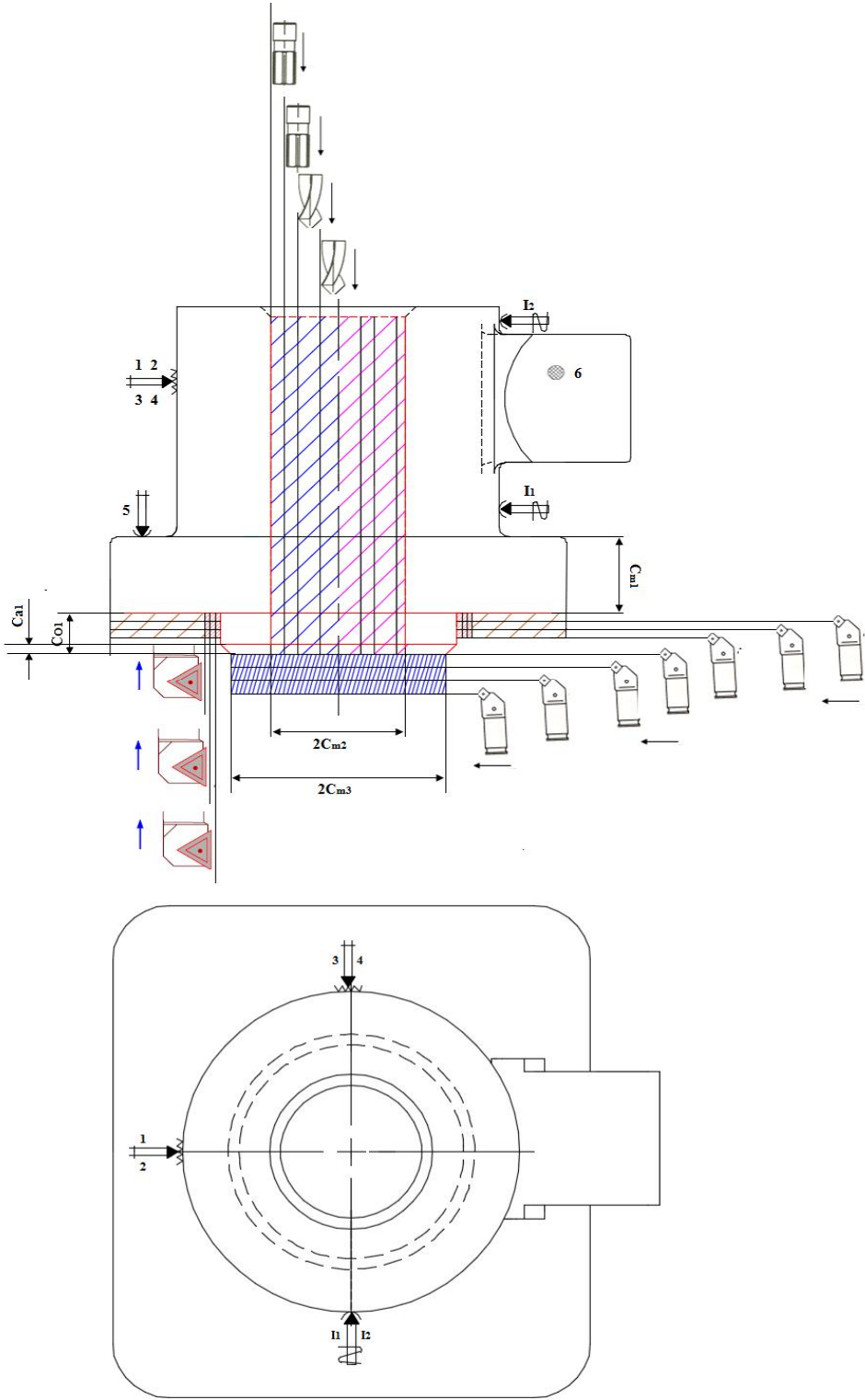
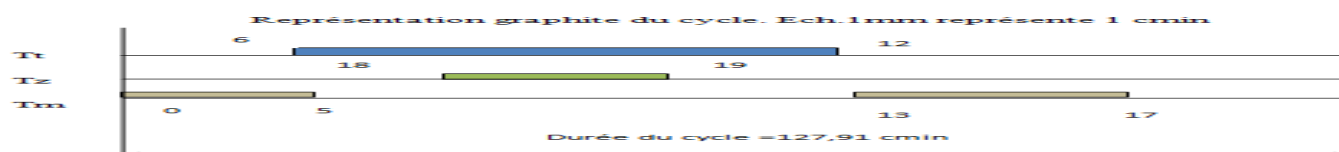


Figure IV. 1: croquis d'étude de phase 200.

Tableau IV. 2: Etude de la phase 300.

Pièce : Butée eclipsable Matière : FJL 200 Nombre : 100 pièces / mois pendant 2 ans		Phase : Tournage Numéro : 300 Machine : Tour CAZENEUVE		ETUDE DE PHASE							Date : Nom : BRIKI et HARKATI Folio : 1/1					
N°	Désignation des sous-phases Opérations et éléments de travail	Outillages Montages d'usinage	vérificateurs	Eléments de coupe			Eléments depasses				Temps en : cmin					
				V _c	f _n	N	p	a _p	V _f	L _c	Tt	Tm	Ttm	Tz		
1	Prendre la pièce											10				
2	Monter la pièce dans le montage	Montage T300										15				
3	Serrer la pièce											25				
4	Fermer le capot											10				
5	Actionner le départ du cycle											5				
6	Avance rapide										1					
7	Dressage 10E	O. à dresser en C.M		180	0,652	955,41	1	3	597,13	7,19	2					
8	Dégager l'outil		Pied à coulisse								1					
9	Dresser 10F	O. à dresser en C.M		240	0,125	1273,8	1	0,5	159,22	3,68	2,3					
10	Dégager l'outil										1					
11	Chanfreiner 13F	O. à dresser en C.M	Rugosimètre	160	0,625	2038,2	1	3	1273,8	7,79	0,61					
12	Dégager l'outil										1					
13	Arrêter la machine											3				
14	Ouvrir le capot											1				
15	Démonter la pièce											30				
16	Poser la pièce sur desserte											10				
17	Nettoyer le montage											10				
18	Ebavurer la pièce													40		
19	Vérifier la pièce													10		
											Totaux	8,91	119	/	50	
											Ts : temps série					
											Temps pour 100pièces par moins pendant 2 ans		51h 16min			
Tt : Temps technologique		Tm : Temps manuel		Ttm : Temps techno-manuel			Tz : Temps masqué									



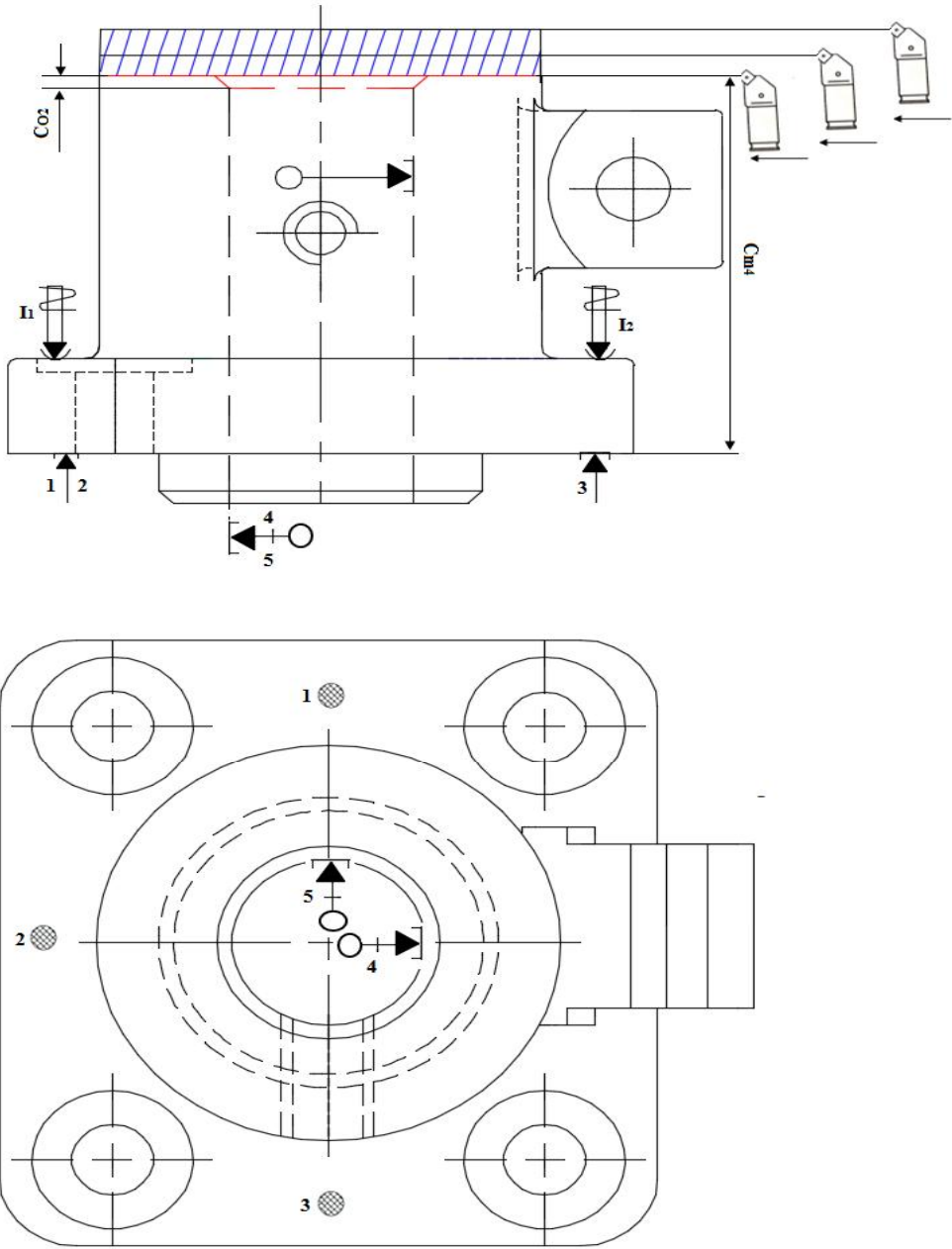
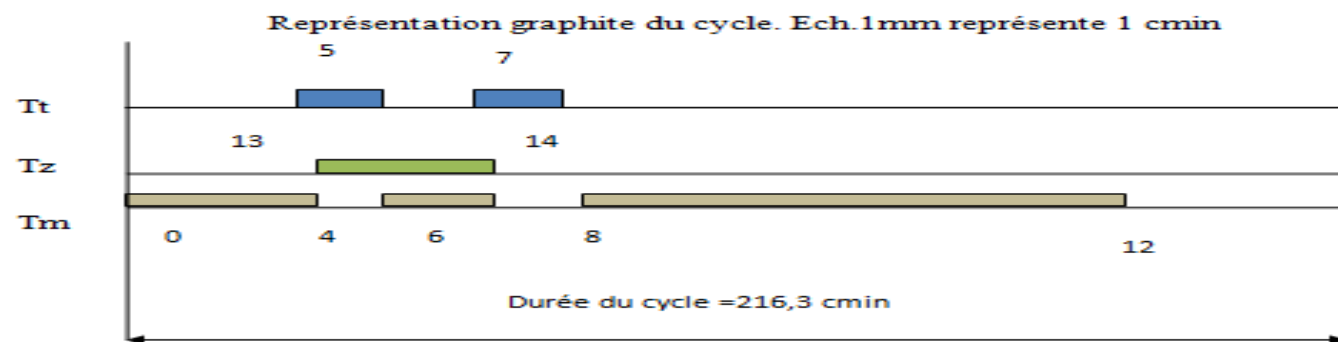


Figure IV. 2: Croquis d'étude de phase 300.

Tableau IV. 3: Etude de la phase 400.

Pièce : Butée eclipsable Matière : FJL200 Nombre : 100 pièce /mois pendant 2 ans		Phase : Fraisage Numéro : 400 Machine : Fraiseuse vernier		ETUDE DE PHASE							Date : Nom : BRIKI ET HARKATI				
											Folio : 1/1				
N°	Désignation des sous-phases Opérations et éléments de travail	Outillages Montages d'usinage	vérificateurs	Eléments de passes			Eléments de passes				Temps en : cmin				
				V _c	f _n	a _p	p	N	V _f	L _c	Tt	Tm	Ttm	Tz	
1	Prendre la pièce											10			
2	Monter la pièce dans le montage	Montage F400										15			
3	Serrer la pièce											25			
4	Mettre la machine en marche											3			
5	Surfaçage FE	2 Fraise à 3 tailles en A.R.S		31,4	0,18	3	1	400	72	33,34	46				
6	Dégager l'outil											2			
7	Fraiser FF	2 Fraise à 3 tailles en A.R.S		39,25	0,18	1,5	1	500	90	33,27	50,3				
8	Dégager l'outil											2			
9	Arrêter la machine											3			
10	Démonter la pièce											40			
11	Nettoyer le montage											10			
12	Ebavurer la pièce											10			
13	Vérifier la pièce		Pied à coulisse											15	
14	Nettoyer le poste de travail		Rugosimètre											5	
											Totaux	96,3	120	/	20
											Ts : temps série				
											Temps pour 100 pièces par moins pendant 2 ans		86 h52min		
Tt : Temps technologique		Tm : Temps manuel		Ttm : Temps techno-manuel			Tz : Temps masqué								



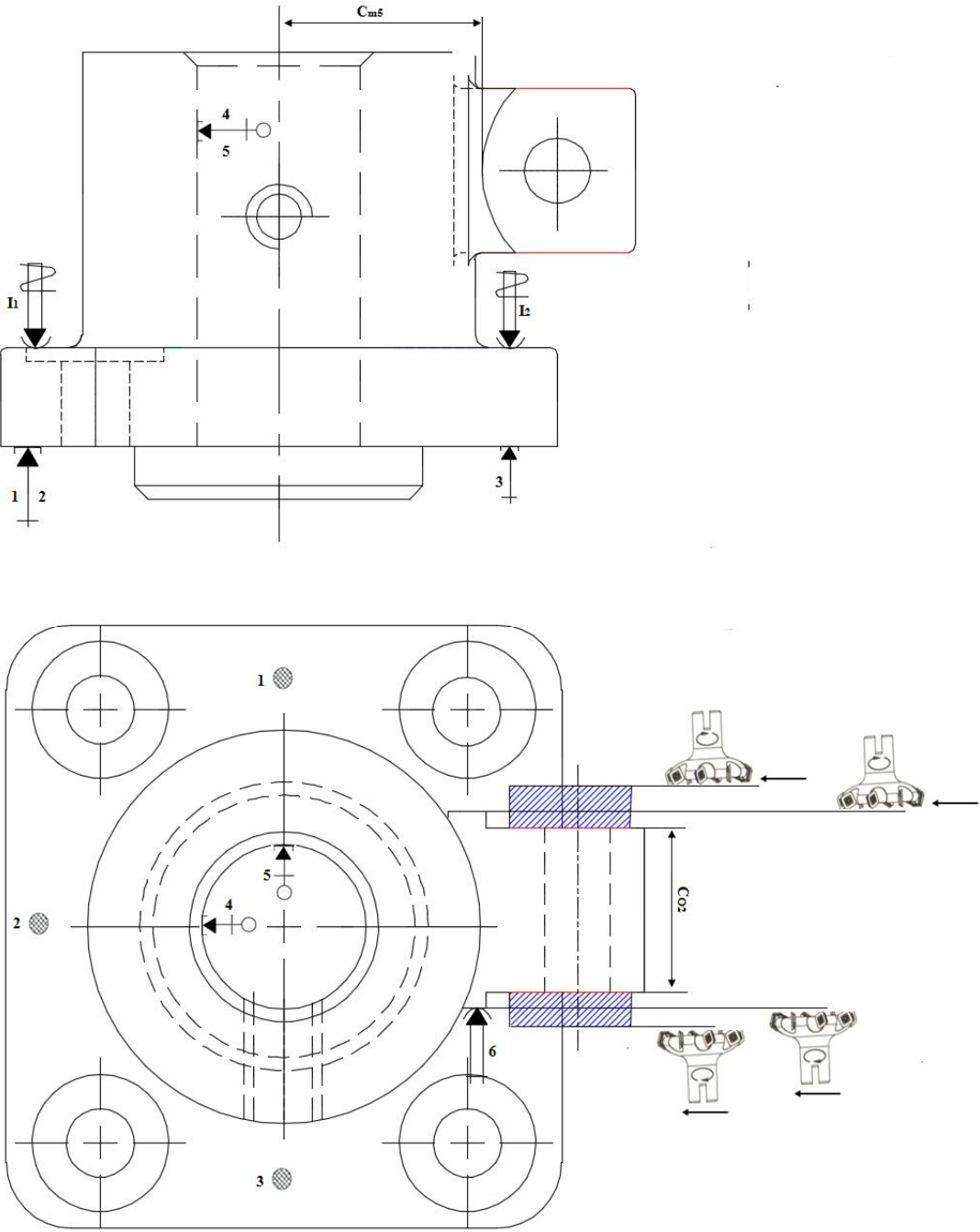
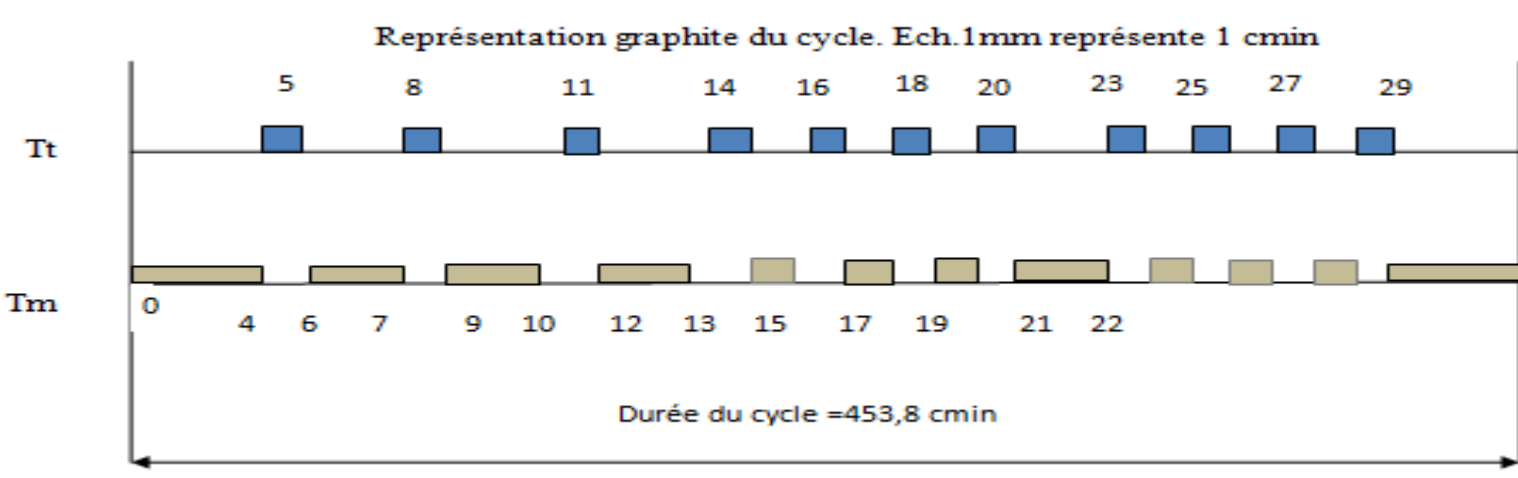


Figure IV. 3: Croquis d'étude de phase 400.

Tableau IV. 4: Etude de la phase 500.

Pièce : Butée eclipsable Matière : FJL200 Nombre : 100 pièces / mois pendant 2 ans		Phase : Perçage Numéro : 500 Machine : Perceuse radiale GSP		ETUDE DE PHASE							Date : Nom : BRIKI et HARKATI Folio : 1/1				
N°	Désignation des sous-phases Opérations et éléments de travail	Outillages Montages d'usinage	vérificateurs	Eléments de coupe			Eléments de passes				Temps en : cmin				
				V _c	f _n	N	p	a _p	V _f	L _c	Tt	Tm	Ttm	Tz	
1	Prendre la pièce											10			
2	Monter la pièce dans le montage	Montage P500 avec masque de guidage										15			
3	Serrer la pièce											3			
4	Mettre la machine											1			
5	Percer 6F	Foret Ø10 en A.R.S	Pied à coulisse Calibre fileté Montage de contrôle spécial	31	0,18	987,2	1	/	177,69	30,73	16				
6	Dégager l'outil												1		
7	Changer l'outil												5		
8	percer 12F	Foret Ø10, 25 en A.R.S		31	0,21	963,33	1	/	202,29	36,04	17,8				
9	Dégager l'outil												1		
10	Changer l'outil												5		
11	Tarauder 11 F	Taraud M12 en A.R.S		16,95	0,24	450	1	/	112,5	37,5	33				
12	Dégager l'outil												1		
13	Changer l'outil												5		
14	Perçage 8F du 1 ^{er} trou	Foret Ø10,5 en A.R.S		32,9	0,19	1000	1	/	190	21,25	11				
15	Positionner l'outil au 2 ^{ème} trou												5		
16	Perçage 8F du 2 ^{ème} trou	Foret Ø10,5 en A.R.S		32,9	0,19	1000	1	/	190	21,25	11				
17	Positionner l'outil au 3 ^{ème} trou												5		
18	Perçage 8F du 3 ^{ème} trou	Foret Ø10,5 en A.R.S		32,9	0,19	1000	1	/	190	21,25	11				
19	Positionner l'outil au 4 ^{ème} trou												5		
20	Perçage 8F du 4 ^{ème} trou	Foret Ø10,5 en A.R.S		32,9	0,19	1000	1	/	190	21,25	11				
21	Dégager l'outil												1		
22	Changer l'outil												5		
23	Lamage 9F du 1 ^{er} trou	Fraise à lamer en A.R.S		26,3	0,33	400	1	/	48	20,8	43				
24	Positionner l'outil au 2 ^{ème} trou												5		
25	lamage 9F du 2 ^{ème} trou	Fraise à lamer en A.R.S	26,3	0,33	400	1	/	48	20,8	43					
26	Positionner l'outil au 3 ^{ème} trou											5			
27	lamage 9F du 3 ^{ème} trou	Fraise à lamer en A.R.S	26,3	0,33	400	1	/	48	20,8	43					
28	Positionner l'outil au 4 ^{ème} trou											5			
29	Lamage 9F du 4 ^{ème} trou	Fraise à lamer en A.R.S	26,3	0,33	400	1	/	48	20,8	43					
30	Dégager l'outil											5			
31	Arrêter la machine											3			
32	Démonter la pièce											30			
33	Poser la pièce sur desserte											10			
34	Nettoyer le montage											10			
35	Ebavurer la pièce											10			
36	Vérifier la pièce											10			
37	Nettoyer le poste de travail											10			
											Totaux	282,8	171	/	/
											Ts : temps série				
											Temps pour 100 pièces par mois pendant 2 ans	181 h52 min			
Tt : Temps technologique		Tm : Temps manuel		Ttm : Temps techno-manuel			Tz : Temps masqué								



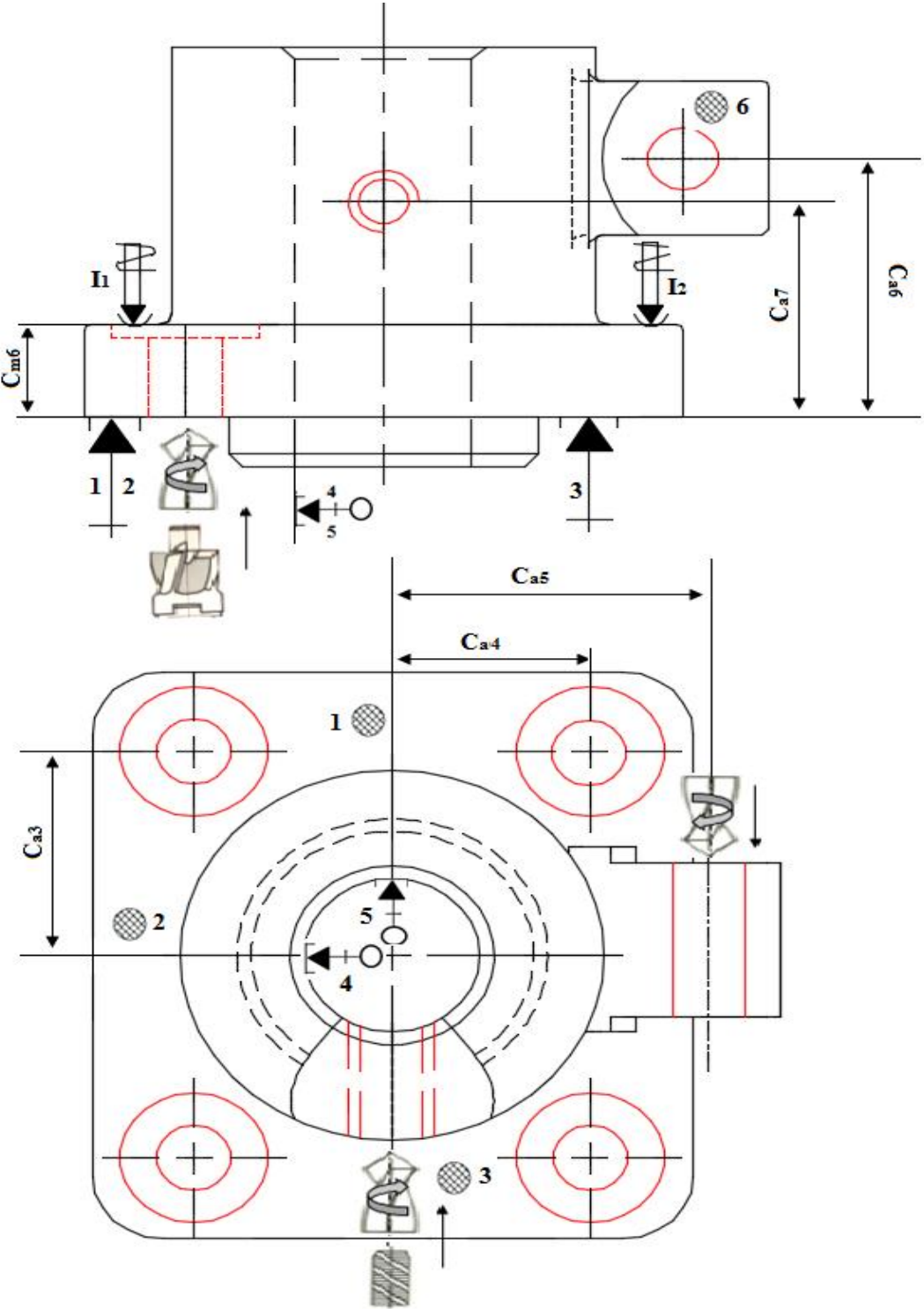


Figure IV. 4: croquis d'étude de phase 500.

Annexe

Elaborations d'un programme pour déterminer le nombre d'opérations élémentaire

```
1 - N=14;
2 - Ra=[3.2 3.2 1.6 1.6 3.2 6.3 6.3 6.3 6.3 3.2 6.3 6.3 6.3 6.3];
3 - R=[1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1];
4 - Q=[9 9 6 8 6 10 16 12 13 11 16 14 16 12];
5
6 - display OE(i)=
7 - for i=1:N
8
9 -     if Ra(i)>=6.3 & Q(i)>8
10 -        if R(i)==1
11
12 -            A=sprintf('%d F',i);
13 -            disp(A)
14 -        else
15 -            B=sprintf('%dE,%dF',i,i);
16 -            disp(B)
17
18 -        end
19 -    else
20 -        if Q(i)<=8
21
22 -            C=sprintf('%dE,%dF/2,%dF',i,i,i);
23 -            disp(C)
24 -        else
25
26 -            D=sprintf('%dE,%dF',i,i);
27 -            disp(D)
28
29 -        end
30 -    end
31
32 - end
```

Elaboration d'un programme pour déterminer les différents niveaux de variation des opérations élémentaire

```

1 - clear all ; clc ; close all ;
2 - N= 20 ;
3 - for i=1:N
4 -     for j=1:N
5 -         M(i,j) = 0 ;
6 -     end
7 - end
8 - NC = cell(20,4) ;
9 - NC{1,1}='C3F' ; NC{1,2}='3F' ; NC{1,3}='0' ; NC{1,4}='0' ;
10 - NC{2,1}='0' ; NC{2,2}='0' ; NC{2,3}='FE' ; NC{2,4}='0' ;
11 - NC{3,1}='0' ; NC{3,2}='CTF' ; NC{3,3}='0' ; NC{3,4}='TF' ;
12 - NC{4,1}='0' ; NC{4,2}='0' ; NC{4,3}='3E' ; NC{4,4}='0' ;
13 - NC{5,1}='0' ; NC{5,2}='0' ; NC{5,3}='32/F' ; NC{5,4}='0' ;
14 - NC{6,1}='0' ; NC{6,2}='TF3F' ; NC{6,3}='0' ; NC{6,4}='0' ;
15 - NC{7,1}='0' ; NC{7,2}='0' ; NC{7,3}='4E' ; NC{7,4}='0' ;
16 - NC{8,1}='0' ; NC{8,2}='0' ; NC{8,3}='42/F' ; NC{8,4}='0' ;
17 - NC{9,1}='D' ; NC{9,2}='0' ; NC{9,3}='0' ; NC{9,4}='0' ;
18 - NC{10,1}='0' ; NC{10,2}='0' ; NC{10,3}='TE' ; NC{10,4}='0' ;
19 - NC{11,1}='0' ; NC{11,2}='0' ; NC{11,3}='2T/2F' ; NC{11,4}='0' ;
20 - NC{12,1}='TF3F' ; NC{12,2}='FF' ; NC{12,3}='0' ; NC{12,4}='0' ;
21 - NC{13,1}='TF4F' ; NC{13,2}='0' ; NC{13,3}='0' ; NC{13,4}='0' ;
22 - NC{14,1}='3F' ; NC{14,2}='3F' ; NC{14,3}='0' ; NC{14,4}='0' ;

23 - NC{15,1}='TF' ; NC{15,2}='0' ; NC{15,3}='8F' ; NC{15,4}='0' ;
24 - NC{16,1}='TF' ; NC{16,2}='0' ; NC{16,3}='0' ; NC{16,4}='0' ;
25 - NC{17,1}='0' ; NC{17,2}='0' ; NC{17,3}='E10' ; NC{17,4}='0' ;
26 - NC{18,1}='0' ; NC{18,2}='0' ; NC{18,3}='F12' ; NC{18,4}='0' ;
27 - NC{19,1}='TF' ; NC{19,2}='0' ; NC{19,3}='0' ; NC{19,4}='0' ;
28 - NC{20,1}='3F10F' ; NC{20,2}='0' ; NC{20,3}='0' ; NC{20,4}='0' ;
29 - CC=cell(1,20) ;
30 - CC{1,1}='FE' ;
31 - CC{1,2}='FF' ;
32 - CC{1,3}='3E' ;
33 - CC{1,4}='32/F' ;
34 - CC{1,5}='3F' ;
35 - CC{1,6}='4E' ;
36 - CC{1,7}='42/F' ;
37 - CC{1,8}='4F' ;
38 - CC{1,9}='TE' ;
39 - CC{1,10}='2T/2F' ;
40 - CC{1,11}='TF' ;
41 - CC{1,12}='6F' ;
42 - CC{1,13}='7F' ;
43 - CC{1,14}='8F' ;
44 - CC{1,15}='9F' ;

```

```

45 - CC{1,16}='E10';
46 - CC{1,17}='F10';
47 - CC{1,18}='F11';
48 - CC{1,19}='F12';
49 - CC{1,20}='F13';
50 - for i=1:N
51 -     V0(i)=0;
52 -     for j=1:N
53 -         for ij=1:4
54 -             % if ismember(CC(1,i),NC(j,ij))
55 -
56 -             a=char(CC(1,i));
57 -             b=NC(j,ij);
58 -             if cellfun(@(s) ~isempty(strfind(s, a)), b)
59 -                 M(i,j) =1;
60 -                 V0(i)=V0(i)+1;
61 -                 break;
62 -             else
63 -                 M(i,j) =0;
64 -             end
65 -         end
66 -     end
67 - end
68 - M1=M;
69 -
70 - V=zeros(N,N);
71 - Niveau=cell(N,N);
72 - V(:,1)=V0';
73 -
74 - LN=N;
75 - j=1;
76 - Mii=[];
77 - MMii=zeros(1,N);
78 -
79 - while sum(V(:,j))~=0
80 -
81 -     V(:,j+1)=V(:,j);
82 -
83 -     for ii=1:LN
84 -         if V(ii,j)==0 && sum(ii==MMii)==0
85 -             Mii=[Mii ii];
86 -             Niveau{ii,j}=CC(1,ii);
87 -             M1(:,ii)=zeros(N,1);
88 -             for iii=1:N

```

```

89 -         V(iii, j+1)=sum(M1(iii, :));
90 -         end
91 -
92 -     end
93 -
94 - end
95 - MMii=Mii;
96 - %     Mii=[]
97 -     j=j+1;
98 -
99 - end
100 -
101 -
102 - for ii=1:LN
103 -     if V(ii, j)==0 && sum(ii==MMii)==0
104 -         Mii=[Mii ii];
105 -         Niveau{ii, j}=CC(1, ii);
106 -         M1(:, ii)=zeros(N, 1);
107 -         for iii=1:N
108 -             V(iii, j)=sum(M1(iii, :));
109 -
110 -         end
111 -
112 -     end
113 -
114 - end
115 -
116 - Vfinal=V(:, 1:j);
117 - Nfinal=Niveau(:, 1:j);
118 -

```

Conclusion générale

Conclusion générale

La durée du stage que nous avons passée au niveau de la SNVI, ainsi que l'étude menée le long de ce travail nous a permis d'enrichir et d'approfondir notre savoir, d'où on a proposé une gamme d'usinage qui tient compte des exigences imposées par le bureau d'études et les moyens techniques disponible au niveau de ces ateliers bien sûren respectant les étapes de l'analyse de fabrication.

L'utilisation des logiciels de dessin industriel nous a facilité la tâche pour réaliser différents dessins.

Concernant la pièce, l'étude de phase nous permis de révéler la durée de cycles pour chaque phase, et la durée totale donc pour réaliser les 100 pièces par moins pendant 2 ans avec les quatre phases est de 20 jours.

Enfin nous souhaitons que notre travail ait rempli la tâche qui nous a été confiée par le bureau des méthodes et aussi qu'il reste une référence utile c'est-à-dire sert comme support de travail pour les promotions à venir du Département de Génie Mécanique

Référence bibliographique

- [1] J.P. Baïlon& J.M. Dorlot. Des Matériaux.Ed. Presses Polytechnique de Montréal. 736p. (2000).
- [2] V. Kovan. Technologie de construction mécanique. Ed. Mir. 261p. (1970).
- [3] R. Dietrich, D. Garsaud, S. Gentillon& M. Nicolas. Précis méthode d'usinage. Ed. Nathan. 181p. (1981).
- [4] A. Ricordeau&C. Corbet. Dossier de technologie de construction. Ed. Casteilla. 159p. (2007).
- [5] *P. Poloukhine. Technologie des métaux. Ed. Mir. 430p. (1967).*
- [6] P. Padilla,A&Thély. Guide des fabrications mécaniques. Ed. Dunod. 239p. (1978).
- [7] H. Gerling. Machines outils. Ed. Eyrolles. 225p. (1978).
- [8] *R. Thibaut. Machines-outils « Tournage ». Ed. A. de Boeck. 88p. (1972).*
- [9] *R. Thibaut. Machines-outils « Fraisage ». Ed. A. de Boeck. 75p. (1972).*
- [10] *R. Thibaut. Machines-outils « Perçage ». Ed. A. de Boeck. 50p. (1972).*
- [11] *J. Bohan & A. Chevalier. Guide du technicien en productique. Ed. Hachette. 288p. (2003).*
- [12] *J. Karr. Méthode et analyse de fabrication mécanique. Ed. Dunod.142p. (1979).*
- [13] *A. Saber. L'analyse de fabrication, le préparateur, le bureau des méthodes. Direction des enseignements. 328p.*
- [14] *F. Arnaud, C. Bedrin& B. Roumesy. Production mécanique analyse de fabrication. Ed. INSA.161p. (1996-1997).*
- [15] *G. Branger. Guide du bureau des méthodes. Ed. Desforges. 271p. (1977).*