

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA DECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES



Faculté de Technologie
Département Génie Mécanique

Mémoire de Master
Filière : Génie Mécanique
Spécialité : Construction Mécanique

THEME

Conception Et Etude De Fabrication D'un
Essieu Et Trompette D'une Semi-remorque

Présenté par :

DOUDANE Amel

BOUZIDI Riane

promoteur : Mme HEDEILIE. B Née MADANI

Encadreur : Mr RIAL.DJ

Promotion 2023 - 2024

Remerciements

Au début de notre remerciements, nous devons d'abord remercier Dieu Tout-Puissant, qui nous a permis d'atteindre ce stade scientifique et nous a ouvert la voie pour être parmi vous aujourd'hui et discuter de notre travail.

Nous exprimons également nos plus profonds remerciements et notre gratitude au respecté M. « Réel Gamal » et à l'éminent professeur : « Madani Baya », qui nous ont donné de leur temps précieux, ainsi que de leur mer d'informations et de leur vaste expérience, qui constituent un excellent ajout au travail de recherche, car leurs conseils et leurs conseils ont été le phare que nous avons utilisé dans tout notre travail, nous demandons donc à Dieu Tout-Puissant de les récompenser avec la meilleure récompense.

Nous exprimons également notre plus grande gratitude à tous les membres de cet honorable comité. Un merci spécial à l'entreprise : « SNVI » et à tous ses clients pour le bon traitement, dont : « Habib Nadia » (Président du Comité de Formation SNVI), et tout le cadre administratif et nos professeurs du Collège « UNGM », sans exception. Et à nos familles et proches d'ici ou d'ailleurs.

Enfin, nos remerciements à tous ceux qui nous ont aidé dans cet humble travail. Que Dieu vous récompense tous avec la meilleure récompense.

Dédiacaes

Je dédie ce travail à mes chers parents qui ont toujours été à mes côtés et m'ont toujours soutenu tout au long de mes années scolaires. En signe de reconnaissance, j'espère qu'ils trouveront ici l'expression de ma profonde gratitude pour tous les efforts matériels et psychologiques qu'ils ont déployés pour me voir réussir mes études et atteindre les plus hauts gradés. Ils me font crédit de tout avant tout le monde. Autre. À toute ma famille, mes frères et à tous mes amis, notamment Amal, Souad et Wiam. À tous ceux qui me connaissent. Et à tous ceux qui m'aiment et me souhaitent bonne chance et succès.

Bouzidi riane

Dédicaces

À ceux qui sont incomparables dans ce monde, à ceux que Dieu nous a ordonné d'honorer, à ceux qui ont tant donné sans jamais rien attendre en retour, ces mots sont dédiés à vous, mes chers parents. Vous avez été le meilleur soutien tout au long de mon parcours scolaire.

À mon pilier de force, celui qui a été mon appui dans les moments de faiblesse et m'a poussé à atteindre ce niveau, mon cher frère Tarek.

À mon fiancé Nabil, qui m'a offert un soutien constant et m'a encouragée à donner le meilleur de moi-même pour arriver à ce résultat pendant toute la durée de ma recherche.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à mes grands-pères, Rabah et Saïd, ainsi qu'à la mémoire de ma grand-mère Wardia, que Dieu ait son âme, et à ma grand-mère Fatma.

Je saisis cette opportunité pour vous dire : Que Dieu vous garde toujours auprès de moi, vous êtes ma paix et ma tranquillité.

À ma chère tante et à toute ma famille, sans exception, mes oncles et tantes.

À mes amis de toujours, en particulier ma camarade de recherche Riane et houda , et tous ceux qui m'ont accompagné tout au long de mon parcours académique, Manel , Hanane , Chaima, Hajar, Imrane , et tous ceux qui m'ont souhaité succès et bonheur.

Doudane Amel

Résumé

Ce travail se concentre sur l'étude de la fabrication d'un organe de véhicule, à savoir l'essieu et la trompette, au sein d'une semi-remorque. Notre objectif principal est de mener une étude appropriée au bureau des méthodes, en utilisant un cahier des charges fourni par la Société Nationale des Véhicules Industriels (SNVI), où nous avons effectué notre stage. La conception de ce pont arrière est accompagnée d'une analyse numérique visant à optimiser les coûts et les moyens de réalisation. Nous avons travaillé sur la gamme d'usinage ainsi que sur les différents modules de simulation en utilisant le logiciel SolidWorks.

Mots-clés : essieu, trompette, pont arrière, semi-remorque, SNVI, SolidWorks, analyse numérique, optimisation des coûts, gamme d'usinage, bureau des méthodes.

ملخص

يركز هذا العمل على دراسة تصنيع جزء من مركبة، وهو المحور والبوق، في إطار نصف مقطورة. هدفنا الرئيسي هو إجراء دراسة مناسبة في مكتب الأساليب، باستخدام دفتر شروط مقدم من الشركة الوطنية للسيارات الصناعية، حيث أجرينا تدريبنا. يترافق تصميم هذا الجسر الخلفي بتحليل رقمي يهدف إلى تحسين التكاليف ووسائل التنفيذ. لقد عملنا على SolidWorks سلسلة التصنيع وكذلك على مختلف وحدات المحاكاة باستخدام برنامج

، SolidWorks الكلمات المفتاحية: محور، البوق، جسر خلفي، نصف مقطورة، الشركة الوطنية للسيارات الصناعية، تحليل رقمي، تحسين التكاليف، سلسلة التصنيع، مكتب الأساليب

Summary

This work focuses on the study of manufacturing a vehicle component, namely the axle and the trumpet, within a semi-trailer. Our main objective is to conduct an appropriate study at the methods office, using a specification provided by the National Company of Industrial Vehicles (SNVI), where we completed our internship. The design of this rear axle is accompanied by a numerical analysis aimed at optimizing costs and production means. We worked on the machining process as well as various simulation modules using SolidWorks software.

Keywords : axle, trumpet, rear axle, semi-trailer, SNVI, SolidWorks, numerical analysis, cost optimization, machining process, methods office.

Nomenclature et abréviations

A : Allongement à la rupture.

a : Profondeur de passe

AFNOR : Association Française de Normalisation.

BE : Bureau d'étude.

BM : Bureau de méthode.

C : Facteur d'influence de la matière usinée.

C1 : Constante de Lamé pour l'arbre.

C2 : Constante de Lamé pour la frette.

CAO : Conception assistée par ordinateur.

FEA : analyse élément finie.

Cr : Le couple résistant des arbres des roues.

Cm : Cotes machines.

Co : Cotes outils

CNC : Computer Numerical Control (Contrôle numérique par ordinateur)

Cpm : Copeau minimum.

Cf : cotes fabrication

D : Diamètre à réaliser.

DCR : Division Carrosseries Rouïba.

DFR. : Division Fonderie de Rouïba

DCT : Division Carrosseries Tiaret

E : Module de Young.

e :excentration

f: avance par tour.

Enés : Effort nécessaire que doit développer la presse lors du montage.

Fv: Effort principale de coupe.

Fp: Effort de pénétration.

Ff: Effort totale d'avance.

H : Hauteur.

HRB : La dureté.

IT : Intervalles de tolérance.

K : Coefficient pour les outils en carbure et ARS

Kr : Angle entre l'arête de coupe et la direction de l'avance

ks : Pression spécifique de coupe.

L : Longueur de la pièce à usiner.

Lc : Longueur de coupe (course totale).

M : Exposant ayant pour valeur $1/k-1$.

Mt : Moment de torsion appliqué au foret.

Nc: Puissances absorbées dans le sens du Me (mouvement des

Nf: Puissances absorbées dans le sens du Ma (mouvement d'avance)

N : Nombres de pièce réalisé entre deux affutages de l'outil.

Pmax : Pression maximum.

Pmin: Pression minimum.

RA : Rugosité arithmétique.

Re : Résistance élastique.

Rm: Résistance à la rupture.

Rp 0.2: Limite d'élasticité à 0,2% d'allongement.

SNVI : Société Nationale de Véhicule Industriels.

SONACOME : Société National de Construction Méca

Smax: Serrage maximum.

Smin: Serrage minimum.

TAC : Tableau d'analyse des contraintes d'antériorité.

TOE : Tableau des opérations élémentaires.

Tde: Temps démarrage cycle.

Tn: Temps de nettoyages.

T1 : Durée de vie de l'arête de coupe avec V1.

T2 : Durée de vie de l'arête de coupe avec V2.

Tt : Temps technologique.

V1 : Vitesse de coupe initiale (en tenant compte des facteurs de rigidité de l'ensemble pièce outil-machine).

V2 : Vitesse de coupe permettant l'usinage de N pièces.

Vf: Vitesse d'avance en matière exprimée en mm/min.

Z : Nombres de dents.

θ : Écart angulaire.

Υ^0 : Angle de coupe.

γ : Angle d'attaque.

ψ : Angle de spirale du pignon.

ν : Coefficient de Poisson.

Sommaire

Résumé

Liste des figures

Liste de tableaux

Nomenclature

INTRODUCTION GENERALE..... 1

CHAPITRE I : Présentation de l'entreprise et Généralités sur les remorques et les pièces

I.1	Présentation générale de la S.N.V.I	2
I.1.1	Introduction.....	2
I.1.2	Historique de la S.N.V.I	2
I.1.3	Mission de l'entreprise	4
I.1.4	Gamme de production S N V I	4
I.1.5	La structure de S. N.V. I	6
I.1.5.1	Une filiale des Véhicules industriels de Rouïba (VIR).....	6
I.1.5.2	Une filiale de Carrosseries Industrielles de Rouïba (FOR)	8
I.1.5.3	Une filiale de Carrosseries Industrielles de Rouïba (CIR)	9
I.1.5.4	Filiale Carrosseries Industrielles de Tiaret (C.I.T)	9
I.1.5.5	Filiale Constructions de Matériels et Equipements Ferroviaires d'Annaba	10
I.1.5.6	La production et la commercialisation	11
I.2	Généralité sur la semi-remorque	11
I.2.1	Les semi-remorques	11
I.2.1.1	Introduction	11
I.2.1.2	Définition d'une semi-remorque	11
I.2.1.3	Types de semi-remorque	11
I.2.1.3.1	Semi-remorques à ciment.....	11
I.2.1.3.2	Semi-remorque à plateau	12

I.2.1.3.3	Semi-remorques frigorifiques	12
I.2.1.3.4	Semi-remorque-citerne à carburant	13
I.2.1.3.5	Semi-remorques à plate-forme surbaissée	13
I.2.1.3.6	Semi-remorques-citernes à farine	13
I.2.1.3.7	Semi-remorques à châssis porte-conteneurs	14
I.2.1.3.8	Semi-remorques pour le transport de l'huile de palme	14
I.2.1.3.9	Semi-remorques porte-conteneurs à col de cygne	15
I.2.1.3.10	Semi-remorques à parois latérales Semi-remorques	15
I.2.1.4	Les éléments de la semi-remorque	16
I.2.1.5	Avantages des semi-remorques	16
I.2.2	L'essieu	17
I.2.2.1	Introduction	17
I.2.2.2	Les différents types d'essieux	17
I.2.2.3	Les groupes d'essieux	18
I.2.2.4	Rôle de l'essieu.....	18
I.2.3	La trempette	19
I.2.3.1	Définition	19
I.2.3.2	Rôle de la trempette	20
I.2.4	Les matériaux utilisés pour essieu et trompette	21
I.2.4.1	Définition	21
I.2.4.2	Classification des aciers	21
I.2.5	Les types des acier (essieu +trompette)	21
I.2.5.1	Description de l'acier 42CD4	21
I.3	Conclusion	23

CHAPITRE II : Analyse de fabrication Et assemblage par emmanchement forcé

Partie 1 : analyse de fabrication

II.1 Introduction.....	24
II.2 L'analyse de fabrication.....	24
II.2.1 Définition.....	24
II.2.2 Les principales phases d'usinage	24
II.3 Présentation de produit	26
II.3.1 La caractéristique mécanique des pièces	27
II.3.2 L'impact des ajouts d'éléments sur les propriétés des aciers	28
II.4 Conception par SolidWorks	28
II.4.1 Définition de SolidWorks.....	28
II.4.1.1 La conception d'un objet sur SolidWorks requiert	29
II.4.1.2 Processus de conception	29
II.4.2 Définition de conception	30
II.5 Obtention du brut	30
I.5.1 Mode d'obtention de l'ébauche	30
II.6 La gamme d'usinage	32
II.6.1 Définition dans gamme d'usinage	32
II.6.2 Rédaction de la feuille de gamme	32
II.6.3 L'essieu	32
II.6.3.1 Un tableau des opérations élémentaires	32
II.6.3.2 Un tableau d'analyse des contraintes d'antériorité	33
II.6.3.3 Tableau des niveaux	33
II.6.3.4 Tableau de groupements des phases	33
II.6.3.5 Tableaux de feuilles d'analyse	33
II.6.3.6 Le Dessin 2D de l'essieu	34
II.6.3.7 Le graphe BE orienté pour l'essieu	35
II.6.4 Trompette	42

II.6.4.1	Un tableau des opérations élémentaires	42
II.6.4.2	Tableau des groupements de surfaces	42
II.6.4.3	Un tableau d'analyse des contraintes d'antériorité	42
II.6.4.4	Tableaux des niveaux.....	42
II.6.4.5	Tableaux groupements des phases.....	43
II.6.4.6	Un tableau de feuilles d'analyse	43
II.6.4.7	Le Dessin 2D de trompette	44
II.6.4.8	Le graphe BE orienté pour le trompette	45
	PARTIE 2 : Assemblage des emmanchements forcé	53
II.1	Conception des assemblages à emmanchement forcé	53
II.1.1	Emmanchement des pièces	56
II.1.2	Assemblage de l'essieu et la trompette	57
II.1.2.1	La presse	57
II.2	Gamme d'assemblage	58
II.2.1	Le dessin 2 D de l'assemblage	59
II.2.2	Le graphe BE orienté	60
II.2.3	Tableau des opération élémentaire (assemblage)	61
II.2.4	Tableau d'analyse des contraintes d'antériorité (assemblage)	62
II.2.5	Tableau des niveaux (assemblage)	63
II.2.6	Groupement des phases (assemblage)	64
II.2.7	Feuille d'analyse (assemblage)	65
II.3	Concluions	66

CHAPITRE III : Projet de l'étude de fabrication

III.1	L'étude de fabrication	67
III.2	Choix de la machine utilisé	67
III.3	Objectif et fonctionnalité	67
III.3.1	Spécifications techniques	68
III.3.2	Applications	68
III.3.3	Caractéristiques	68

III.3.4	Caractéristique technique de la machine.....	69
III.3.5	Caractéristique principale	69
III.3.6	Précision	70
III.3.7	Choix des outils	70
III.3.8	Choix des outils et groupement d'outils	71
III.4	Condition de coupe	71
III.4.1	Temps technologique, efforts de coupes et puissances	71
III.4.1.1	Piece essieu (phase 200)	71
III.4.1.1.1	Calcul Ks (Dressage de 1)	72
III.4.1.1.2	Calcul de V ₂ (Dressage de 1)	72
III.4.1.1.3	Calcul de T ₂ (Dressage de 1)	73
III.4.1.1.4	Calcul des différents efforts (Dressage de 1)	73
III.4.1.1.5	Calcul des puissances absorbées (Dressage de 1)	73
III.4.1.1.6	Calcul Ks (Charriotage de 3)	74
III.4.1.1.7	Calcul de V ₂ (vitesse de coupe) (Charriotage de 3)	75
III.4.1.1.8	Calcul de T ₂ (temps de coupe) (Charriotage de 3)	76
III.4.1.1.9	Calcul des différents efforts (Charriotage de 3)	76
III.4.1.1.10	Calcul des puissances absorbes (Charriotage de 3)	77
III.4.1.1.11	Calcul du temps technologique (Charriotage de 3)	77
III.4.1.1.12	Calcule de V ₂ (Alésage de 4)	78
III.4.1.1.13	Calcule de T ₂ (Alésage de 4)	78
III.4.1.1.14	Calcul des puissances absorbées (Alésage de 4)	79
III.4.1.2	Piece trompette (phase 200 et 300)	80
III.4.1.2.1	Calcul de V ₂ (Dressage de 19)	80
III.4.1.2.2	Calcul de T ₂ (Dressage de 19)	81
III.4.1.2.3	Calcul des puissances absorbées (Dressage de 19)	81
III.4.1.2.4	Calcul du temps technologique (Dressage de 19)	81
III.4.1.2.5	Calcul de V ₂ (Charriotage de 20)	82
III.4.1.2.6	Calcul de T ₂ (Charriotage de 20)	82
III.4.1.2.7	Calcul des puissances absorbées (Charriotage de 20)	83
III.4.1.2.8	Calcul du temps technologique (Charriotage de 20)	83
III.4.1.2.9	Calcul de V ₂ Dressage de 10(Charriotage de 20)	84
III.4.1.2.10	Calcul de T ₂ (Charriotage de 20)	84

III.4.1.2.11	Calcul des puissance absorbées (Charriotage de 20)	85
III.4.1.2.12	Calcule de V_2 (Charriotage de 16)	86
III.4.1.2.13	Calcule de T_2 (Charriotage de 16)	86
III.4.1.2.14	Calcul des puissances absorbées (Charriotage de 16)	86
III.4.1.2.15	Calcul K_s (Perçage de 06,07)	87
III.4.1.2.16	Calcul de V_2 (Perçage de 06,07)	87
III.4.1.2.17	Calcul de T_2 (Perçage de 06,07)	88
III.4.1.2.18	Calcul des différents efforts (Perçage de 06,07)	89
III.4.1.2.19	Calcul des puissances absorbées (Perçage de 06,07)	89
III.4.1.2.20	Calcul de k_s (Rainurage de 1,2,3)	90
III.4.1.2.21	Calcul de V_2 (Rainurage de 1,2,3)	90
III.4.1.2.22	Calcul des puissances absorbées (Rainurage de 1,2,3)	90
III.4.1.2.23	Calcul de V_2 (Gorgeage de 8,9)	91
III.4.1.2.24	Calculer des puissances absorbées (Gorgeage de 8,9)	92
III.5	Etude de phase	92
III.5.1	Définition des temps	93
III.5.2	Le contrat de phase	93
III.5.3	Détermination de types de production	94

CHAPITRE IV : simulation numérique

IV.1	Simulation SW	96
IV.1.1	Introduction	96
IV.1.2	Simulation numérique	96
IV.1.3	Présentation SOLIDWORKS.....	96
IV.1.4	Avantages	96
IV.1.5	Fonctionnalités SOLIDWORKS	97
IV.1.5.1	SW Simulation Standard	97
IV.1.5.2	SW Simulation Professional.....	97
IV.1.5.3	SW Simulation Premium	97
IV.1.6	Aide à la conception SOLIDWORKS	97
IV.1.7	Résultats et post-traitement	98
IV.1.8	Analyse générale par éléments finis	98

IV.1.9	Types d'analyse	98
IV.1.10	Conditions de contact	99
IV.1.11	Connecteurs	99
IV.1.12	Chargements et conditions aux limites	99
IV.2	Simulation d'essieu	100
IV.2.1	Informations sur le modèle	100
IV.2.2	Propriétés du matériau.....	101
IV.2.3	Propriétés de l'étude	101
IV.2.4	Les Unités	102
IV.2.5	Information sur le maillage.....	102
IV.2.6	Actions extérieures et forces résultantes	103
IV.2.7	Forces résultantes	104
IV.2.8	Résultats de l'étude.....	105
IV.2.8.1	Contraintes.....	105
IV.2.8.2	Déplacement	106
IV.2.8.3	Déformation	107
IV.2.8.4	Coefficient de sécurité	108
IV.3	Simulation de trompette.....	109
IV.3.1	Informations sur le modèle	109
IV.3.2	Propriétés du matériau	110
IV.3.3	Propriétés de l'étude	110
IV.3.4	Les Unités	111
IV.3.5	Information sur le maillage.....	112
IV.3.6	Actions extérieures et forces résultantes	114
IV.3.7	Forces résultantes.....	114
IV.3.8	Résultats de l'étude.....	116
IV.3.8.1	Contraintes.....	116
IV.3.8.2	Déplacement	117
IV.3.8.3	Déformation.....	118
IV.3.8.4	Coefficient de sécurité	119
IV.4	Conclusion	120
	Conclusion Générale	121
	Bibliographie et Webographie	

Tableaux des figures

Les Figures	N°de page
Figure I.1 : bus S N V I 100 V8	4
Figure I.2 : autobus S N V I 100 L6	4
Figure I.3 : bus S N V I numidia lux	5
Figure I.4 : Tracteur S N V I T8 400	5
Figure I.5 : camion militaire S N V IM230	5
Figure I.6 : S N V I remorque benne	6
Figure I.7 : S N V I tanker	6
Figure I.8 : Semi-remorques à ciment	12
Figure I.9 : Semi-remorques à plateau	12
Figure I.10 : semi-remorque frigorifique	13
Figure I.11 : semi-remorque -citerne à carburant	13
Figure I.12 : Semi-remorques à plate-forme surbaissée	13
Figure I.13 : Semi-remorques-citernes à farine	14
Figure I.14 : Semi-remorques à châssis porte-conteneurs	14
Figure I.15 : Semi-remorques pour le transport de l'huile de palme	15
Figure I.16 : Semi-remorques porte-conteneurs à col de cygne	15
Figure I.17 : Semi-remorques à parois latérales Semi-remorques	16
Figure I.18 : pièce d'essieu (réalise avec SW)	19
Figure I.19 : pièce de trompette. (Axe de train arrière) (réalisé avec SW)	21
Figure I.20: l'acier 42CD4	22
Figure II.1 : Dessin de brute de la trompette en 2D (Réalise avec SW)	31
Figure II.2 : dessin de brute de la trompette en 3D (Réalise avec SW)	31
Figure II.3 : Dessin de brute d'essieu en 2D (Réalisé avec SW)	31
Figure II.4: Dessin de brute d'essieu en 3D (Réalisé avec SW)	31

Figure II.6 : opération d'emmanchement des pièces essieu et trompette	56
Figure II.7 : la presseuse SNVI	56
Figure III.1 : machine CTX beta 2000 TC	67
Figure (a) et (b) III.2: usinage par tournage CNC	70
Figure (a) et (b) III .3 : outillage de la machine	70
Figure III.4: opération de dressage	72
Figure III.5 : opération de charriotage	74
Figure III.6 : opération de charriotage.	75
Figure III.7: opération d'alésage	77
Figure III.8: opération de dressage. (Trompette 200)	80
Figure III.9 : opération de charriotage (trompette 200)	81
Figure III.10 : opération de dressage. (Trompette 300)	84
Figure III.11 : opération de charriotage. (Trompette 300)	85
Figure III.12 : opération de perçage	87
Figure III.13: opération de perçage	88
Figure III.14 : opération de rainurage.	89
Figure III.15 : opération de gorgeage	91
Figure IV. 1 : maillage d'essieu	103
Figure IV .2 : Distribution des contraintes équivalentes de Von-mises sur l'essieu	105
Figure IV. 3 : Distribution du champ de déplacement sur l'essieu	106
Figure IV. 4 : Distribution du champ de déformation sur l'essieu	107
Figure IV .5 : Distribution du coefficient de sécurité sur l'essieu	108
Figure IV.6 : maillage de trompette.	113
Figure IV. 7 : Distribution des contraintes équivalentes de Von-mises sur la trompette	116
Figure IV .8 : Distribution du champ de déplacement sur la trompette	117
Figure IV .9 : Distribution du champ de déformation sur la trompette	118
Figure IV .10 : Distribution du coefficient de sécurité sur la trompette	119

Liste des tableaux

Les tableaux	N° de page
Tableau I.1 : gamme de production de la S N V I catégories car et bus	4
Tableau II.1 : caractéristique mécanique de l'acier 35CD4	26
Tableau II.2 : caractéristique mécanique de l'acier 42CD4	26
Tableau II.3 : caractéristique mécanique de l'acier S250	26
Tableau II.4 : Tableau des opération élémentaire (essieu)	35
Tableau II.5 : Tableau des groupements de surfaces (essieu)	36
Tableau II.6 : Tableau d'analyse des contraintes d'antériorité (essieu)	36
Tableau II.7 : tableau des Niveaux (essieu)	38
Tableau II.8 : Groupement des phases	39
Tableau II.9 : Feuille d'analyse	40
Tableau II.10 : Tableau des opération élémentaire (trompette)	45
Tableau II.11 : Tableau des groupements de surfaces (trompette)	46
Tableau II.12 : Tableau d'analyse des contraintes d'antériorité (Trompette)	47
Tableau II.13 : tableau des niveaux (trompette)	48
Tableau II.14 : groupement des phases	49
Tableau II.15 : Feuille d'analyse	50
Tableau II.16 : tableau des opération élémentaire (assemblage)	60
Tableau II.17 : tableau d'analyse des contraintes d'antériorité (assemblage)	61
Tableau II.18 : Tableau des niveaux (assemblage)	62
Tableau II.19 : Groupement des phases (assemblage)	63
Tableau II.20 : feuille d'analyse (assemblage)	64
Tableaux IV.1 : Informations sur le modèle de simulation (essieu)	100
Tableaux IV.2 : propriétés du matériau (essieu)	101
Tableaux IV.3 : Propriétés de l'étude (essieu)	101
Tableaux IV.4 : Les unités de simulation (essieu)	102
Tableaux IV.5 : Informations de maillage (trompette)	102
Tableaux IV.6 : Actions extérieures et forces résultantes (trompette)	103
Tableaux IV.7 : Résultats de l'étude (trompette)	105
Tableaux IV.8: Informations sur le modèle de simulation (trompette)	109
Tableaux IV.9 : propriétés du matériau (trompette)	110
Tableaux IV.10 : Propriétés de l'étude (trompette)	110
Tableaux IV.11 : Les unités de simulation	111
Tableaux IV.12 : Informations de maillage	112
Tableaux IV.13 : Actions extérieures et forces résultantes	114
Tableaux IV.14 : Résultats de l'étude	116

Introduction générale

INTRODUCTION GÉNÉRALE

La transition de l'idée à la mise en œuvre concrète d'un système implique la collaboration de plusieurs fonctions principales : la conception, l'étude, et la fabrication. Ces fonctions sont assurées par des services spécialisés dont le but est de guider le projet depuis la conception initiale jusqu'à la réalisation du produit final. Ce mémoire de master fait intervenir trois services essentiels dans ce processus : le bureau d'étude, le bureau des méthodes prototype, et l'atelier de fabrication « prototype ».

Dans le cadre de notre projet de fin d'études en construction mécanique et productique, ce travail porte sur l'étude, la conception, et l'adaptation du système de direction d'un véhicule industriel, en l'occurrence le semi-remorque SNVI, avec une focalisation particulière sur l'essieu et la trompette.

Le mémoire est structuré en quatre chapitres principaux. Le premier chapitre introduit l'entreprise SNVI, en présentant brièvement ses services, les types de produits qu'elle fabrique, et son historique. Il se termine par une description technique des pièces à usiner, notamment l'essieu et la trompette. Le deuxième chapitre est consacré à l'analyse de la fabrication des deux pièces. Il débute par une description de leurs caractéristiques mécaniques, puis présente les tableaux des gammes d'usinage pour chaque pièce. Le troisième chapitre se concentre sur le calcul des efforts de coupe et des puissances nécessaires pour l'usinage, afin de déterminer le temps total d'usinage de chaque pièce. Une simulation numérique est effectuée et un programme d'usinage est élaboré. Le dernier chapitre porte sur la simulation numérique des pièces et sur la conception de leurs mises en plan, réalisées à l'aide du programme SOLIDWORKS.

Ce mémoire a pour objectif de détailler chaque étape du processus, depuis l'analyse initiale jusqu'à la réalisation finale, en mettant en lumière les aspects techniques et méthodologiques essentiels à la réussite de ce projet industriel.

Chapitre 01 :

**Présentation de l'entreprise et
Généralités sur les remorque et pièces**

I.1 Présentation générale de la S.N.V.I

I.1.1 Introduction

Il est toujours utile de présenter la société et de connaître son historique pour mieux comprendre sa politique de gestion et ses choix stratégiques et économique afin de mieux situer le contexte et l'environnement de notre étude et ainsi comprendre la pertinence de notre projet .pour ce faire , nous allons présenter la société nationale des véhicules industriels de la S N V I ; ses services et ses différents types de produits , puis nous allons faire une description technique se semi-remorque dans lequel de situe l'essieu et la trompette en question posé par la S N V I .[2]

I.1.2 Historique de la S.N.V.I

- **Présentation Berliet-Algérie**

En juin 1957 Berliet entreprend la construction d'une usine de poids lourd de type CKD. En octobre 1958, sortie du premier véhicule Berliet (entièrement monté en Algérie). Dès lors, La production de Berliet-Algérie a connu une progression régulière. En juin 1964 le Gouvernement Algérien par l'intermédiaire de la Caisse algérienne du Développement prend une participation à 40% dans la société (Berliet - Algérie).

- **Présentation de SONACOME**

La SONACOME est créée en 1967 par ordonnance N° 67-150. Elle a été chargée par le Gouvernement algérien de promouvoir et de développer le secteur des industries mécaniques et D'exercer le monopole d'importation des produits mécaniques en Algérie.

Au titre de cette mission elle a lancé au cours du premier quadriennal 1970 - 1973 un Programme d'investissement pour l'édification de 07 complexes industriels.

Le politique adopte par la SONACOME pour la mise en place de cet appareille de production Est fonde sur les options suivantes :

- Création de complexes industriels lies aux produits a fabriqué.
- Promotion de l'industrie par l'utilisation et le développement de toutes les techniques de Transformation des métaux (fonderie / forge /emboutissage/ usinage /etc.) formation Intensives des hommes (outilleurs / réglers / techniciens /agents de maîtrise.).

- **Présentation de S N V I**

Le décret présidentiel 81/348 portant restructuration des entreprises donne naissance à la SNVI.

En décembre 1981 elle est chargée dans le cadre de développement économique et social. [1]

- **D'une Société mère composée de**

- ✓ Directions Centrales ;
- ✓ Direction Centrale Commerciale et son réseau ;
- ✓ Division Rénovation Véhicules Industriels DRVI à Sidi-Moussa ;
- ✓ Les missions principales de la société Mère SNVI orientées essentiellement vers ;

L'exercice de contrôle des filiales et la gestion de portefeuille de participations dans les JV Suivantes :

- ZF Algérie : (SNVI 20%/ ZF Allemagne 80%) ;
- SAPPL-MB : Société Algérienne pour la Production de Poids Lourds de Marque Mercedes-Benz à Rouïba : SNVI 34% / EPIC EDIV (MDN) 17% / AABAR (Empirâtes Arabes Unis) 49% avec DAIMLER (partenaire technologique) ;
- SAFAV-MB : Société Algérienne pour la Fabrication de Véhicules de Marque Mercedes-Benz a Tiaret. SNVI 17% / EPIC EDIV (MDN) 34% / AABAR (Empirâtes Arabes Unis) 49% avec DAIMLER (partenaire technologique) ;
- RAP (Renault Algérie Production) : SNVI 34% /FNI (Fonds National D'Investissement) 17% / Renault 49% ;
- CITAL (Société d'assemblage et de maintenance de rames de tramways) : FERROVIAL 41% / EMA (Entreprise de métro d'Alger) 10% / ALSTOMFrance43% / ALSTOM Algérie 6%.[3]

- **Continuer également à assurer le business actuel en rapport avec :**

- La commercialisation des véhicules industriels neufs.
- La rénovation des véhicules industriels à Sidi-Moussa.
- Les activités du Transport, Dédouanement et Transit. [3]

I.1.3 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 ;
- La production ;
- Le développement ;
- L'importation ;
- La distribution. [1]

I.1.4 Gamme de production S N V I

Dans le tableau qui suit la gamme des produits S N V I est présentée

Tableau I.1 : gamme de production de la S N V I catégories car et bus

Gammes	Désignation	Type de véhicule
Autobus	49L6	Autocars
Autocar	100V8	Autocars
Minicars	25L4	Minicars chassé mécanisé
Minicars	18L4	Minicars chassé mécanisé
Minibus	38L6	Minibus interurbain
Minibus	70L6	Minibus interurbain

Car et bus :

Exemple :



Figure I.1 : bus S N V I 100 V8



Figure I.2 : autobus S N V I 100 L6



Figure I.3 : bus S N V I numidia lux

Camion :

Exemple :

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



Figure I.4 : Tracteur S N V I T8 400



Figure I.5 : camion militaire S N V IM230



Figure I.6 : S N V I remorque benne



Figure I.7 : S N V I tanker

I.1.5.1 La structure de S. N.V. I

Présentation de l'entreprise 19 Le Groupe SNVI est constitué ainsi de cinq (05) filiale de production :

- Division Fonderie de Rouïba, FOR ;
- Division Véhicules Industriels de Rouïba, VIR ;
- Division Carrosseries Industrielles de Rouïba, CIR ;
- Division Carrosseries Industrielles de Tiaret, CIT ;
- Filiale Constructions de Matériels et Equipements Ferroviaires « FERROVIAL » d'Annaba.

[3]

II.1.5.1 Une filiale des Véhicules industriels de Rouïba (VIR)

Crée en juillet 1970, le Complexe des Véhicules industriels de Rouïba, érigé en Filiale Le 1er janvier 2011, faisant partie du groupe industriel SNVI est l'unique fabricant de Véhicules industriels en Algérie, le complexe produit des camions de 6,6 à 26 tonnes de poids Total en charge, des tracteurs routiers, des autocars et des autobus mettant en œuvre des

Technologies et des techniques d'élaboration telles que, l'estampage à chaud (forge),

L'emboutissage, l'usinage, le taillage d'engrenage, la rectification et les traitements

Thermiques. Capacité de production installée : 4 500 véhicules/an.[1]

- **Des Véhicules industriels de Rouïba est composée de**

- **Cinq centres de production :**

- Le centre forge : produisant des bruts de forge ;
- Le centre d'usinage mécanique : produisant des ponts, des essieux, des systèmes de

Direction et d'autres pièces de liaison ;

- Le centre de tôlerie et d'emboutissage produit des longerons, des cadres châssis de Cabines et d'autres pièces de liaison ;

- Le centre de montage camions possédant deux lignes d'assemblage ;

- Le centre de montage d'autocars et d'autobus : assemblage de cars et de bus et Fabrication de pièces en polyester et sellerie. [1]

- **Une Unité Étude et Recherche (UER)**

- L'UER a pour mission de :

- Développer la gamme actuelle produite par le complexe véhicules industriels ;
- Améliorer la qualité et la fiabilité de ce produit ;
- Réduire les coûts de la participation ;
- Mener des actions pour diversifier leurs sources d'approvisionnement ;
- L'acquisition et la maîtrise de nouvelles technologies.[1]

- ❖ Son domaine d'activité concerne :

- Les châssis ;
- La chaîne cinématique ;
- La cabine ;
- Les équipements ;
- Les carrosseries autobus et autocars.[1]

Afin de concrétiser ces objectifs, l'UER mène les opérations suivantes :

- ✓ Calculs des systèmes ;
- ✓ Étude de conception des nouveaux produits ;

- ✓ Homologation et dérogations ;
- ✓ Fabrication et essais de prototypes ;
- ✓ Mise en place des nouveaux produits par traitement de nomenclature ;
- ✓ Standardisation et normalisation ;
- ✓ Élaboration et exécution du plan produit. [1]

I.1.5.2 Une filiale de Carrosseries Industrielles de Rouïba (FOR) :

Située à 10 min de l'aéroport Houari Boumediene d'Alger et à 30 min du port, la filiale Fonderies de Rouïba a été mise en exploitation le 1er janvier 1983.

Sa principale mission est la Fabrication de bruts de fonderie en fonte ainsi que des pièces en aluminium selon les nuances Suivantes : [1]

- Fonte grise sphéroïdale GS ;
- Fonte lamellaire GL ;
- Aluminium.

❖ Activités

Capacité annuelle de production :

- Grosses pièces de 70 à 190 Kg : 5 400
- Tonnes Pièces moyennes de 20 à 70 Kg :
2 700
- Tonnes Petites pièces de 0.5 à 20 Kg : 600

Tonnes

- Pièces Aluminium : 300 tonnes

Capacité totale de production installée : 9 000 Tonnes de pièces par an.

❖ Production

- Pièces en fontes GS
- Pièces en GL
- Pièces en Aluminium

❖ Installation industrielle

- Fusion
- Noyautage
- Moulage
- Sablerie

- Parachèvement et contrôle analyse [5]

I.1.5.3 Une filiale de Carrosseries Industrielles de Rouïba (CIR) :

La Filiale Carrosseries Industrielles de Rouïba, fabrique des équipements industriels portés Et tractés tels que les plateaux, bennes, citernes à eau, citernes hydrocarbures, semi-remorques, Ainsi que les équipements spéciaux d'assainissement, voirie et de lutte contre les incendies. [1]

- **Certification :**

La Filiale Carrosseries Industrielles de Rouïba est certifiée ISO 9001 versions 2008 depuis L'année 2008 [3]

- ❖ **Activités :**

Production d'équipement de carrosserie, utilisant les techniques et procédés de chaudronnerie.

- ❖ **Production :**

- Plateau
- Benne
- Citerne
- Equipment de voirie
- Lutte anti-incendie
- Remorques

- ❖ **Installations industrielles**

- Débitage
- Soudage
- Usinage
- Peinture
- Contrôle et jaugeage
- Menuiserie
- Adaptation prototypes [3]

I.1.5.4 Filiale Carrosseries Industrielles de Tiaret (C.I.T) :

La Filiale Carrosserie Industrielle de Tiaret, située à la commune de Ain Bouchekif-Tiaret À 3Km de l'aéroport de Tiaret, spécialisée dans la conception et la fabrication de carrosseries Industrielles portes et tractes dans les gammes suivantes :

Plateaux, Bennes, Citernes à eau, Citernes hydrocarbures, cocottes à ciment, Portes engins,

Fourgons frigorifiques/standards et véhicules spéciaux [1]

- **Certification**

La Filiale Carrosserie Industrielle de Tiaret est certifiée ISO 9001 versions 2008 depuis L'année 2007.

- ❖ **Activités**

Production de carrosseries industrielles, utilisant les techniques et procédés de chaudronnerie.

- ❖ **Production**

- Bennes entrepreneurs, carrières et céréalières ;
- Citernes hydrocarbures et a eau ;
- Cocottes à ciment ;
- Portes engins ;
- Fourgons frigorifiques et standards ;
- Remorques.

- ❖ **Installations industrielles**

- ✓ Débitage ;
- ✓ Soudage ;
- ✓ Usinage ;
- ✓ Peinture ;
- ✓ Contrôle et jaugeage ;
- ✓ Menuiserie. [3]

I.1.5.5 Filiale Constructions de Matériels et Equipements Ferroviaires d'Annaba (FERROVIAL) :

L'Entreprise Publique Economique de Constructions de Matériels et Equipements Ferroviaires « FERROVIAL » a été créée en 1983 à la suite de la restructuration de la Société Mère SN. METAL. Elle a été transformée en S.P.A. Société par actions en 1989 au capital social de 2.254.100.000 DA. Le Siege de FERROVIAL est situé sur l'axe routier Annaba - El-Hadja à 10 kms du Complexe Sidérurgique.[1]

I.1.5.6 La production et la commercialisation de

- ✓ Matériels et équipements ferroviaires : wagnage de tous types, locomotives de Manuvre, appareils de voie, voiture voyageur et métro ;
- ✓ Matériels de travaux publics : bétonnière, centrale à béton, brouette ;
- ✓ Container maritime ;
- ✓ Produits de diversification et de sous-traitante (mécanique, métallique).[3]

I.2 Génération sur la semi-remorque

I.2.1 Les semi-remorques

I.2.1.1 Introduction

Les semi-remorques sont un élément essentiel du secteur des transports, car elles sont chargées de transporter des marchandises et des matériaux d'un endroit à un autre. Elles sont conçues pour être tractées par un tracteur, l'avant reposant sur l'arrière du tracteur, créant ainsi une combinaison de véhicules unique. [4]

I.2.1.2 Définition d'une semi-remorque

Une semi-remorque est un type de remorque sans essieu avant. Cela signifie qu'une partie importante du poids de la remorque repose sur le tracteur qui la tracte. Le nom de "semi-remorque" vient du fait qu'elle n'est que "semi" autoportante, le reste du soutien étant assuré par le tracteur. [4]

I.2.1.3 Types de semi-remorque

I.2.1.3.1 Semi-remorques à ciment Semi-remorques

Les semi-remorques à ciment, également appelées remorques à ciment en vrac ou remorques à poudre, sont spécialement conçues pour transporter du ciment, des cendres volantes, de la chaux et d'autres matériaux en poudre. Ces remorques sont équipées d'un système pneumatique qui utilise de l'air comprimé pour Décharger le ciment de la remorque dans des silos de stockage ou d'autres conteneurs.



Figure I.8 : Semi-remorques à ciment

I.2.1.3.2 Semi-remorque à plateau

Les **semi-remorques** à plateau sont l'un des types les plus courants. Elles se caractérisent par un plateau plat et ouvert, sans parois ni toit. Ces semi-remorques sont idéales pour le transport d'objets volumineux ou de marchandises pouvant résister aux intempéries.



Figure I.9 : Semi-remorques à plateau

I.2.1.3.3 Semi-remorques frigorifiques

Les semi-remorques frigorifiques, également appelées remorques frigorifiques, sont conçues pour maintenir une plage de température spécifique pendant le transport. Elles sont essentielles pour le transport de denrées périssables, telles que les aliments et les produits pharmaceutiques.



Figure I.10 : semi-remorque frigorifique

I.2.1.3.4 Semi-remorque-citerne à carburant :

Les semi-remorques-citernes à carburant sont conçues pour transporter des liquides et des gaz, tels que du carburant, des produits chimiques et du lait. Elles sont dotées d'un corps de citerne cylindrique et sont construites avec des matériaux capables de résister au contenu spécifique transporté.



Figure I.11 : semi-remorque -citerne à carburant

I.2.1.3.5 Semi-remorques à plate-forme surbaissée

Les semi-remorques à plate-forme surbaissée ont une conception unique avec une hauteur de pont plus basse, ce qui les rend idéales pour le transport de marchandises surdimensionnées ou hautes. Leur profil bas permet de transporter efficacement et en toute sécurité des équipements lourds, tels que des machines de construction et des composants industriels.



Figure I.12 : Semi-remorques à plate-forme surbaissée

I.2.1.3.6 Semi-remorques-citernes à farine

Citerne à farine Les semi-remorques, également appelées remorques à farine en vrac ou remorques pneumatiques à farine, sont conçues pour le transport sûr et efficace de la farine et d'autres produits alimentaires en poudre à grain fin.



Figure I.13 : Semi-remorques-citernes à farine

I.2.1.3.7 Semi-remorques à châssis porte-conteneurs

Châssis de conteneur Les semi-remorques, également appelées porte-conteneurs, sont spécialement conçues pour transporter des conteneurs d'expédition. Ces remorques sont dotées d'un cadre squelettique qui accueille en toute sécurité un ou plusieurs conteneurs de différentes tailles, tels que des conteneurs de 20 pieds, 40 pieds ou 45 pieds.



Figure I.14 : Semi-remorques à châssis porte-conteneurs

I.2.1.3.8 Semi-remorques pour le transport de l'huile de palme

Les semi-remorques à huile de palme sont des camions-citernes spécialisés dans le transport de l'huile de palme et d'autres huiles comestibles. Ces camions-citernes sont équipés de compartiments isolés pour maintenir la température de l'huile et éviter qu'elle

ne se solidifie pendant le transport. En outre, ils sont construits en acier inoxydable ou en aluminium pour garantir la pureté de l'huile et éviter toute contamination.



Figure I.15 : Semi-remorques pour le transport de l'huile de palme

I.2.1.3.9 Semi-remorques porte-conteneurs à col de cygne :

Châssis de conteneur à col de cygne Les semi-remorques sont un type particulier de châssis de conteneur conçu avec une section avant surélevée et incurvée qui ressemble au cou d'une oie. Cette conception unique permet d'abaisser la hauteur du pont, ce qui permet de transporter des conteneurs d'expédition plus hauts tout en respectant les restrictions de hauteur sur les routes et les ponts.



Figure I.16 : Semi-remorques porte-conteneurs à col de cygne

I.2.1.3.10 Semi-remorques à parois latérales Semi-remorques

Remorque à parois latérales Les semi-remorques, également connues sous le nom de remorques à ridelles ou à rideaux, sont un type polyvalent de semi-remorques conçues pour le transport de marchandises et de matériaux divers.



Figure I.17 : Semi-remorques à parois latérales Semi-remorques

➤ **Les autres**

- Remorque à benne basculante pour conteneurs
- Semi-remorque à benne basculante
- Semi-remorques ISO à châssis-citerne
- Remorque à benne latérale
- Semi-remorque surbaissée
- Semi-remorque-citerne GPL. [4]

I.2.1.4 Les éléments de la semi-remorque

- Une semi-remorque à 2 essieux se nomme aussi une semi-remorque Tandem.
- Une semi-remorque à 3 essieux se nomme une semi-remorque Tridem.
- Une semi-remorque à 1 essieu se nomme simplement une semi-remorque un essieu.

On peut aussi employer le terme "axe" pour désigner un essieu (exemple : une semi-remorque 3 axes). [4]

I.2.1.5 Avantages des semi-remorques

Polyvalence

Comme indiqué précédemment, les semi-remorques offrent une grande polyvalence, grâce à leur compatibilité avec différents tracteurs et à leur capacité à transporter différents types de marchandises. Cette polyvalence permet aux entreprises de transport et aux conducteurs de s'adapter facilement aux besoins changeants de leurs clients. [4]

Efficacité

Les semi-remorques sont conçues pour maximiser l'espace de chargement et la capacité de charge utile, ce qui permet de transporter efficacement des marchandises sur de longues distances. La combinaison tracteur et semi-remorque permet une manœuvre aisée, même dans les espaces restreints, ce qui en fait une option plus efficace que les camions rigides.

Rapport coût-efficacité

L'utilisation de semi-remorques peut s'avérer plus rentable que d'autres méthodes de transport. La possibilité de transporter une grande quantité de marchandises en un seul voyage permet de réduire les frais de carburant et les dépenses globales de transport. En outre, la flexibilité qu'offre la possibilité de passer d'un type de remorque à un autre permet d'optimiser l'utilisation de la flotte et de réduire les temps morts. [4]

I.2.2 L'essieu

I.2.2.1 Introduction

Sur un véhicule, un essieu consiste en un axe transversal dont les extrémités entrent dans le moyeu des roues. Un camion semi-remorque est doté au minimum de 2 essieux. [5]

Cet essieu est maintenu sur la fusée par un ensemble écrou fendu/vis de blocage (l'écrou qui se monte du côté droit de l'essieu à un pas à droite, l'écrou qui se monte du côté gauche de l'essieu à un pas à gauche). [2]

I.2.2.2 Les différents types d'essieux

Il existe différents types d'essieux qui possèdent des caractéristiques uniques et ont des rôles distincts.

a. Essieux porteurs

Il ne serait pas faux d'affirmer que tous les essieux sont porteurs puisqu'ils soutiennent le poids des roues et du véhicule. Ce terme est donc réservé aux essieux qui ne sont ni conducteurs ni moteurs.

b. Essieux conducteurs

Les essieux conducteurs servent à transmettre des ordres de direction dictés par le chauffeur jusqu'aux roues. Afin qu'elles pivotent le camion dans la direction désirée. Ils sont généralement situés à l'avant des véhicules.

c. Essieux moteurs

Les essieux moteurs ont le rôle de transmettre aux roues la puissance générée par le moteur. Les essieux moteurs sont généralement placés à l'arrière des véhicules lourds utilisés dans le transport. [5]

I.2.2.3 Les groupes d'essieux

Un essieu dont l'axe est distant de plus de 2m d'un autre essieu des essieux du véhicule est un essieu simple. Cependant, si un essieu est distant de moins de 2m d'un autre essieu alors il s'agit d'un groupe d'essieu.

Ceux-ci portent des noms particuliers ;

Essieu Tandem

Un essieu tandem est composé d'un groupe de deux essieux simples dont les axes sont à moins de 2 mètres. Ils sont très répandus sur les véhicules lourds.

Essieu Tridem

Un essieu tridem est composée de trois essieux simples dont les axes sont à moins de deux mètres. Ils sont plus rares que les essieux tandem et équipent surtout des véhicules qui doivent transporter des charges très importantes. [5]

I.2.2.4 Rôle de l'essieu

Ces éléments mécaniques sont situés à l'avant et à l'arrière des camions lourds et ont comme rôle de supporter du véhicule et de maintenir l'écartement entre les roues.[5]

L'essieu a pris une forme géométrique carrée depuis les premières industries. Dans cette rubrique, nous avons misé sur le redessiner et lui donner une forme différente tout en conservant les principales dimensions (cylindriques). Ceci est dû à des facteurs économiques et industriels, dont les plus importants sont les suivants :

Efficacité nationale

Dans la conception et la fabrication de diverses pièces mécaniques : La re-conception de l'axe permet de rationaliser le processus de production et de mieux utiliser les ressources

Disponibles au niveau national. En adoptant des conceptions innovantes, il est possible d'améliorer la compatibilité et l'interchangeabilité des pièces, ce qui contribue à une production plus fluide et efficace.

Réduction des coûts d'achat

En optimisant la conception de l'axe, nous pouvons réduire les coûts de production et, par conséquent, les coûts nécessaires à l'achat de ces pièces. Une conception plus économique peut réduire les dépenses en matériaux et en main-d'œuvre, ainsi que les coûts de maintenance et de remplacement.

En remaniant la forme géométrique de l'essieu tout en conservant ses dimensions cylindriques essentielles, nous pouvons améliorer la performance et l'efficacité des pièces mécaniques utilisées dans diverses applications industrielles. Cette approche innovante aide

Non seulement à abaisser les coûts, mais aussi à soutenir la compétitivité de l'industrie nationale.



Figure I.18 : pièce d'essieu (réalise avec SW)

I.2.3 La trempette

I.2.3.1 Définition

Remorque-elle est surnommé ainsi à cause de sa forme. Elle relie les bars de suspension aux moyeux de roue elle doit être inspecté régulièrement pour s'assurer de son bon état de fonctionnement elle est également soumise à des tests rigoureux pour garantir sa qualité et sa fiabilité. [2]

I.2.3.2 Rôle de la trempette

La trompette d'essieu est soumise à des contraintes importantes notamment à des forces de torsion de flexion, ainsi qu'à des vibrations et des chocs de la route.

Donc elle doit être conçue pour résister à ces contraintes et pour assurer une performance optimale et une durabilité maximale elle doit être usinée pour des tolérances serrées afin d'assurer une performance optimale supporter les poids de la cargaison et absorber les chocs de l route, elle permet de transmettre la puissance du moteur aux roues. [2]

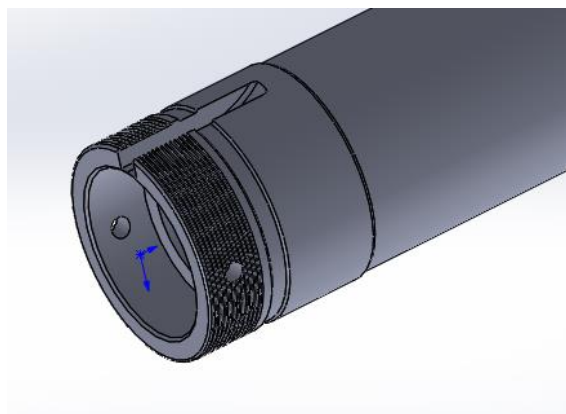
Les trompettes d'essieu sont généralement fabriquées à partir d'acier allié, tel que le 42 CD4 et sont usinées pour des tolérances serrées afin d'assurer une performance optimale. [2]



(Pièce SW)



(pièce réel)



(pièce SW)



(Assemblage de pièce (essieu et trompette))

Figure I.19 : pièce de trompette. (Axe de train arrière) (réalisé avec SW)

I.2.4 Les matériaux utilisés pour essieu et trompette

I.2.4.1 Définition

Un matériau acier et la classification des aciers font l'objet de la norme NF EN 10020. La norme définit l'acier comme un matériau contenant en masse plus de fer que tout autre élément et dont la teneur en carbone est généralement inférieure à 2 % et qui contient d'autres éléments. [6]

I.2.4.2 Classification des aciers

- Aciers non alliés ;
- Les aciers spéciaux non alliés ;
- Les aciers inoxydables. [6]

I.2.5 Les types des acier (essieu +trompette)

• Description de l'acier 42CD4

D'Acier de construction faiblement allié au chrome-molybdène pour trempe et revenu.

Bonne trempabilité à l'huile, bonne résistance aux surcharges à l'état traité.

Acier très employé en mécanique, pour des pièces de moyennes à fortes sections : arbres, essieux, crémaillères, vilebrequins, bielles, engrenages.

Cet acier est parfois utilisé pour des pièces trempées superficiellement. [7]

42 : teneur en carbone multiplié par 100 (0.42%).

CD : symbole des éléments allient (Cr et Mo).

4 : la teneur de premier élément d'adhésion divisée par 4 ($Cr = 4/4 = 1\%$)

Désignation conventionnelle : la composition chimique de l'acier 42CD4.[2]



Figure I.20: l'acier 42CD4

- **Description de l'acier 35CD4**

Acier de construction faiblement allié au chrome-molybdène pour trempe et revenu Bonne trempabilité à l'huile, bonne résistance à la fatigue à l'état traité. Acier très employé en mécanique, pour des pièces moyennes à fortes sections : arbres. Engrenage, essieux, crémaillères, vilebrequins. Apte à tous types de soudage. Sa température de fusion et sa dureté sont respectivement de l'ordre de : 1100-1300°C, et 150-200 HB, Résistance importante à l'usure et à la fatigue, soudabilité assez bonne D'après la norme AFNOR la codification **35CD4** veut dire :

35 : Teneur en carbone multiplié par 100 (0.35%) ;

CD : Symbole des éléments allient (Cr et Mo) ;

4 : la teneur du premier élément d'adhésion divisée par 4 ($Cr4/4 = 1\%$).

- **La teneur du deuxième élément est inférieur à 1% ($Mo < 1\%$)**
- **Désignations conventionnelles : La composition chimique de l'acier 35CD4**

Description de l'acier 42CD4. [2]

I.3 Conclusion

Votre conclusion souligne efficacement l'origine et l'importance de la semi-remorque dans le secteur des transports. Sa conception distinctive, avec un tracteur pour le soutien et la mobilité, ainsi que sa polyvalence, son efficacité et sa rentabilité, en font un élément crucial

de la logistique moderne. L'existence de différents types de semi-remorques permet également d'adapter le transport aux besoins spécifiques, ce qui contribue à accroître encore davantage son efficacité. En somme, la semi-remorque joue un rôle indispensable dans la facilitation des échanges commerciaux et du mouvement des marchandises à travers le monde.

Chapitre 02 :

**Analyse de fabrication et assemblage
par emmanchement forcé**

➤ Partie 1 : analyse de fabrication

II.1 Introduction

- L'analyse d'usinage comporte trois aspects essentiels pour la préparation du travail : L'étude de fabrication L'élaboration des gammes L'analyse des phases Dans la présente section on aborde les aspects précités en se fixant comme objectifs : De définir la suite logique des usinages pour une pièce à réaliser De choisir les machines et les outillages à employer pour réaliser des pièces bonnes, à un prix de revient minimal De rédiger les documents nécessaires au lancement et au suivi des travaux à l'atelier On introduira dans cette optique les notions théoriques permettant de formuler des considérations technologiques relatives à la mise en position des pièces sur les machines - outils (MO), à la cotation de fabrication, ou encore à l'établissement des gammes d'usinage. L'analyse détaillée des documents fournis par le bureau d'études (BE) précède toute décision, il faut évaluer et analyser avec attention les spécifications dimensionnelles et géométriques des pièces afin de constituer des dossiers de fabrication rigoureux et précis.[10]

II.2 L'ANALYSE DE FABRICATION

II.2.1 Définition

-C'est une étude préalable qui permet de décomposer, pour chaque élément, le travail à réaliser en une suite logique d'opérations en vue de la fabrication du produit aux spécifications demandées. [8]

-Dans un atelier d'usinage, il est crucial de travailler de manière méthodique et organisée. C'est essentiel pour fabriquer des pièces usinées dont la qualité est irréprochable.

En ce sens, plusieurs ateliers qui offrent un service d'usinage de pièces ont mis au point une méthode de travail qui leur permet de garantir des résultats parfaits de manière constante. Cela dit, même si chaque fabricant de pièces a son propre processus, certaines étapes d'un mandat d'usinage sont incontournables, peu importe la pièce à usiner.[9]

II.2.2 Les principales phases d'usinage

- Phase 1 : Analyse et approbation des dessins techniques de la pièce à usiner

Avant d'entamer l'usinage d'une pièce, il est important de s'assurer de la qualité des plans ou dessins techniques sur lesquels se baseront les machinistes.

L'atelier d'usinage auquel le mandat est confié doit donc valider, avec son client, les différentes données figurant sur les dessins techniques qui lui sont fournis. Il doit vérifier que les dimensions, formes, matériaux ou degrés de précision choisis pour chaque partie de la pièce à usiner soient bien indiqués et valides.

Dans un domaine comme l'usinage de précision, la moindre incompréhension ou erreur peut impacter fortement la qualité du résultat final. Sans compter que c'est en fonction de ces différents paramètres que seront choisis les outils et le procédé d'usinage à utiliser pour créer la pièce.

- Phase 2 : Modélisation ou prototypage de la pièce à fabriquer

Lors de la fabrication de pièces usinées aux formes complexes, il peut être intéressant de réaliser une modélisation informatique ou un prototype de celles-ci. Cela permet d'avoir une meilleure idée de l'apparence finale qu'aura la pièce à usiner.

Par exemple, lors de la fabrication d'essieu sur mesure, il est possible d'obtenir une vue en 3D de la pièce et de ses différentes faces en entrant différentes données dans des logiciels spécialisés.

- Phase 3 : Sélection des techniques d'usinage qui seront utilisées

Selon le matériau choisi pour la pièce et le niveau de complexité de celle-ci, certaines techniques d'usinage peuvent s'avérer plus efficaces que d'autres pour arriver au résultat souhaité.

Divers procédés d'usinage peuvent d'ailleurs être utilisés par les machinistes :

- Le fraisage ;
 - L'alésage ;
 - Le mortaisage ;
 - Le perçage ;
 - La rectification ;
 - Et plusieurs autres.
- Phase 4 : Le choix de la machine-outil à utiliser

Les machines-outils manuelles ou CNC qui seront utilisées pour créer une nouvelle pièce doivent être choisies en fonction du niveau de complexité de la pièce et du degré de précision à atteindre.

Par exemple, il peut être nécessaire de pouvoir compter sur des équipements informatisés comme les aléseuses CNC. Ce genre de machine peut être particulièrement efficace lorsqu'une pièce doit être produite en plusieurs exemplaires.

Quelquefois, il faudra aussi travailler avec une machine-outil capable de travailler la pièce sur 5 axes différents plutôt que 3, ou qui est capable d'usiner des pièces aux dimensions hors normes.

- Phase 5 : Usinage de la pièce par le machiniste

Si toutes les phases précédant celles-ci ont été effectuées correctement, l'usinage de la pièce devrait se faire sans problème.

Le machiniste pourra recourir aux outils de coupe manuels et informatiques pour créer sa pièce à partir d'un bloc du matériau choisi et lui donner la finition voulue.

- Phase 6 : Le contrôle qualité

Pour s'assurer que la pièce fabriquée correspond en tout point avec les spécifications d'origine de la machine dont elle est une composante mécanique, il est essentiel de contrôler sa qualité.[11]

II.3 Présentation de produit

La pièce que nous fabriquons consiste en un corps d'essieu et deux trompettes qui se montent sur la semi-remorque.

La masse totale de l'essieu est indiquée :

- $M' = 115,44$ Kg (pièce finie) (2 trompettes + Essieu).
- $M = 130$ Kg (pièce ébauche).
- $M1 = 93$ Kg essieu (ébauche).
- $M2 = 18,5$ Kg la masse totale de l'essieu est spécifiée pour chaque trompette individuellement.

II.3.1 La caractéristique mécanique des pièces

- Pour L'essieu

Tableau II.1 : caractéristique mécanique de l'acier 35CD4. [12]

Désignation normalisées	Analyse chimique moyenne				Caractéristique mécanique moyennes				
	C%	Cr%	Mo%	Mn%	Rm (N/mm ²)	Re (N/mm ²)	A%	HRB	Augmentation de la limite d'élasticité Rp
35CD4	0.30-0.37	0.90-1.20	0.15-0.30	0.60-0.30	800-1200	500-800	11-15	≤212	0.2

- Pour Les trompettes

Tableau II.2 : caractéristique mécanique de l'acier 42CD4. [13]

Désignation normalisées	Analyse chimique moyenne				Caractéristique mécanique moyenne				
	C%	Cr%	Mo %	Mn%	Rm(N/mm ²)	Re (N/mm ²)	A%	HRB	D (mm)
42CD4	0.38-0.45	0.90-1.20	0.15-0.30	0.60-0.90	750-1300	500-900	10-14	> 45	20-180

- Pour la goupille

Tableau II.3 : caractéristique mécanique de l'acier S250. [14]

Désignation normalisées	Analyse chimique moyenne			Caractéristique mécanique moyennes				
	C%	Si%	Mn%	Rm (N/mm ²)	Re (N/mm ²)	A%	HRB	D (mm)
S250	0.14	0.05	0.90-1.30	490-760	≥ 410	≥ 7	≤ 170	11-16

II.3.2 L'impact des ajouts d'éléments sur les propriétés des aciers

C : Carbone : De tous les constituants de l'acier, le carbone exerce de loin l'influence la plus grande sur les propriétés du métal. Les principales propriétés des aciers au carbone susceptibles d'être améliorées sont les suivantes :

- La résistance mécanique à l'état normalisé ou à l'état recuit ;
- La trempabilité ;
- La soudabilité ;
- La tenue à chaud ;
- La résistance à l'usure et à la corrosion.

Cr : Chrome : Le chrome est l'élément indispensable des aciers inoxydables, la résistance à la corrosion augmentant avec la proportion qui est présente, laquelle varie entre 5 et 30%.

Mo : Molybdène : Le molybdène agit d'une façon semblable à celle du chrome, pour augmenter la résistance, l'aptitude à la trempe et la résistance à l'usure, tout en gardant une bonne ténacité. Avec une bonne résistance aux températures élevées.

Mn : Manganèse : Le manganèse est présent dans les aciers, en partie sous forme d'impuretés résiduelles, en partie comme résultat d'une désoxydation. Une partie du manganèse constitue un élément d'addition intentionnelle pour contrebalancer la mauvaise influence du sulfure de fer, en produisant du sulfure de manganèse relativement moins nocif. Le manganèse améliore les propriétés mécaniques et les possibilités de travail à chaud. En tant que désoxydant.

Si : Silicium : Le silicium améliore la résistance de l'acier aux températures élevées. Les pellicules d'oxyde superficiel formées les premières sont adhérentes et inertes et elles empêchent rapidement une oxydation ultérieure. [16]

II.4 Conception par SolidWorks

II.4.1 Définition de SolidWorks

Le logiciel de CAO SOLIDWORKS est une application de conception mécanique 3D paramétrique qui permet aux concepteurs d'esquisser rapidement des idées, d'expérimenter des fonctions et des cotes afin de produire des modèles et des mises en plan précises. [17]

- Concevoir des objets avec une grande précision en 3D ;
- Développer des produits innovants ;
- Assurer la validation de la conception de votre fichier ;

- Organiser une bibliothèque centralisée de fichiers 3D ;
- Créer des plans 2D détaillés ;
- Réaliser des images et animations de haute qualité de vos objets 3D ;
- Évaluer les coûts de fabrication de vos créations en 3D.

II.4.1.1 La conception d'un objet sur SolidWorks requiert

- La sélection des matériaux ;
- Le choix de la technologie de fabrication ;
- La définition précise de la forme et des dimensions de l'objet ;

-Ces trois décisions sont étroitement liées, soulignant l'importance d'une cohérence entre le choix des matériaux, la technologie de fabrication et les spécifications de conception. Cette interdépendance met en avant la nécessité d'une approche holistique dans le processus de conception.

-Le processus de prise de décision dépend souvent de l'expérience du bureau d'études, des réalisations passées, ainsi que des ressources internes de l'entreprise et des partenariats avec les fournisseurs et sous-traitants habituels.

-Les bureaux d'études les plus efficaces intègrent l'analyse de la valeur pour optimiser les choix tout au long du processus de conception.

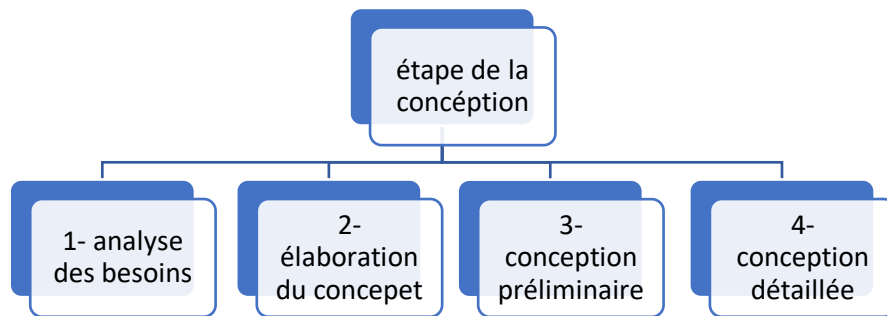
-Il est essentiel de noter que le défi de la conception varie selon le contexte, qu'il s'agisse de la création d'un nouveau produit ou de la modernisation d'un produit existant. La formulation des problèmes et les approches adoptées diffèrent en conséquence.

II.4.1.2 Processus de conception

-La CAO joue un rôle essentiel dans le processus de conception d'un nouveau produit manufacturé, en fournissant aux concepteurs les moyens de :

Définir précisément la géométrie du produit, Simuler son fonctionnement pour évaluer sa performance, Préparer sa fabrication en générant les plans nécessaires.

-La CAO est ainsi un outil indispensable, permettant aux concepteurs de donner vie à leurs idées et de les transformer en produits finis.



II.4.2 Définition de conception

La conception est la phase créative d'un projet d'ingénierie. Le but premier de la conception est de permettre de créer un système ou un processus répondant à un besoin en tenant compte des contraintes. Le système doit être suffisamment défini pour pouvoir être installé, fabriqué, construit et être fonctionnel, et pour répondre aux besoins du client.

La conception peut être divisée en cinq étapes séquentielles. En premier lieu, l'analyse des besoins permet d'établir la ou les problématiques et les contraintes. Puis, l'ingénieur est en mesure d'imaginer un premier concept lui permettant de proposer une conception préliminaire, basée sur des calculs plus sophistiqués tenant compte d'un éventail plus large de paramètres. Par la suite, l'ingénieur augmente la précision des détails pour produire la conception détaillée qui mène à la finalité de son travail, notamment la fabrication, la construction, la réalisation ou l'opération. [18]

II.5 Obtention du brut

II.5.1 Mode d'obtention de l'ébauche

-L'option pour le processus de création de l'ébauche est déterminée par l'examen du dessin technique de la pièce finale.

-Lors du choix de l'ébauche, il est conseillé de tenir compte des principales données initiales suivantes :

- La forme, les dimensions et le poids de la pièce ;

- Le matériau imposé par la conception de la pièce, ainsi que les spécifications auxquelles elle doit répondre (rigidité, résistance à l'usure...);

- L'efficacité économique de la fabrication : le choix du processus de création de l'ébauche doit permettre de minimiser le coût de production de la pièce usinée ;

-Les pièces brutes sont obtenues en découpant des tubes d'acier à l'aide d'une scie à ruban.

- **Trompette :**

-L'acquisition de l'ébauche à partir de tubes en acier. (Tube : 100×22×436)



Figure II.1 : Dessin de brute de la trompette en 2D

(Réalise avec SW)

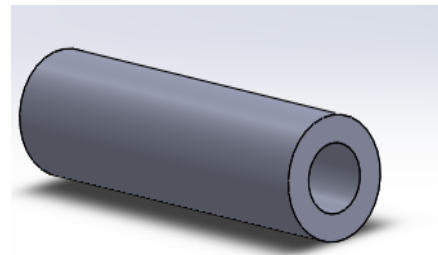


Figure II.2 : dessin de brute de la

trompette en 3D (Réalise avec SW)

- **Essieu :**

-L'acquisition de l'ébauche à partir de tubes en acier. (Tube : 128×22×1630)

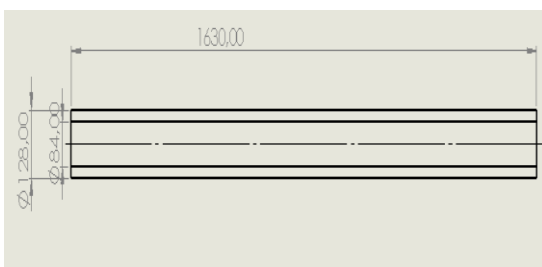


Figure II.3 : Dessin de brute d'essieu en 2D

(Réalisé avec SW)

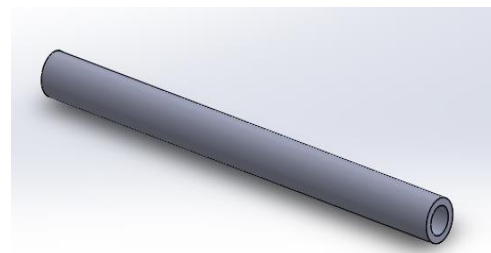


Figure II.4: Dessin de brute d'essieu en 3D

(Réalisé avec SW)

II.6 La gamme d'usinage

II.6.1 Définition dans gamme d'usinage

La gamme d'usinage est une feuille donnant l'ordre chronologique des différentes opérations d'usinage d'une pièce en fonction des moyens d'usinage. Gamme d'usinage La feuille résume l'étude et doit :[19]

- Permettre l'identification de la pièce étudiée ;
- Présenter très clairement la succession des phases ;
- Préciser les surfaces usinées à chaque phase ;
- Indiquer le temps alloué pour l'usinage de la pièce.

II.6.2 Rédaction de la feuille de gamme

- Numéro de gamme ;
- Identification de la pièce D'après les indications du dessin :
Elément : nom de la pièce ; Organe : nom de l'organe auquel appartient la pièce ;
Ensemble : nom du mécanisme à réaliser ; Dessin : numéro de dessin ; Repère :
numéro ou lettre servant de repère à la pièce ; Matière : nature du métal à usiner
complétée par l'indication d'une caractéristique mécanique, du traitement
thermique, etc. ; Etat brut : état du métal brut, complété parfois par des
dimensions (longueur du débit, poids, etc.) ; Nombre de pièces ;
- Dessin de la pièce ;
- Spécifier chaque phase d'après la gamme adoptée :
Numéro de phase : (de 10 en 10, ce qui permet l'introduction d'une phase mal
placée ou oubliée), désignation des phases et indication des sous-phases,
énumération des surfaces usinées (ébauche, finition) ; Machine-outil : indiquer
seulement le type de machine ; Echelon : préciser la qualification de l'opérateur ;
Croquis : préciser à l'aide d'un schéma, les opérations à effectuer ; Outillage :
citer l'outillage spécial, à prendre en magasin ; Contrôle : citer le matériel spécial,
à prendre en magasin ; Temps : temps alloué d'après les feuilles d'instructions
(temps calculé ou estimé). [19]

II.6.3 L'essieu

II.6.3.1 Un tableau des opération élémentaires

-Pour usiner un essieu de semi-remorque, il est nécessaire de définir le nombre d'étapes d'usinage requises pour chaque surface. Chaque étape consiste en un

ensemble d'actions exécutées à l'aide d'un seul équipement disponible sur le lieu de travail, afin de progresser vers l'état final de la surface de la pièce.

II.6.3.2 Un tableau d'analyse des contraintes d'antériorité

-La création de ce tableau repose sur une analyse élémentaire pour chaque surface. Le Bureau d'Études définit les surfaces usinées de la pièce selon divers critères, notamment :

- Les spécifications dimensionnelles fonctionnelles ;
- Les exigences géométriques ;
- L'état de la surface ;
- Les éventuels traitements de surface, etc.. .

II.6.3.3 Tableau des niveaux

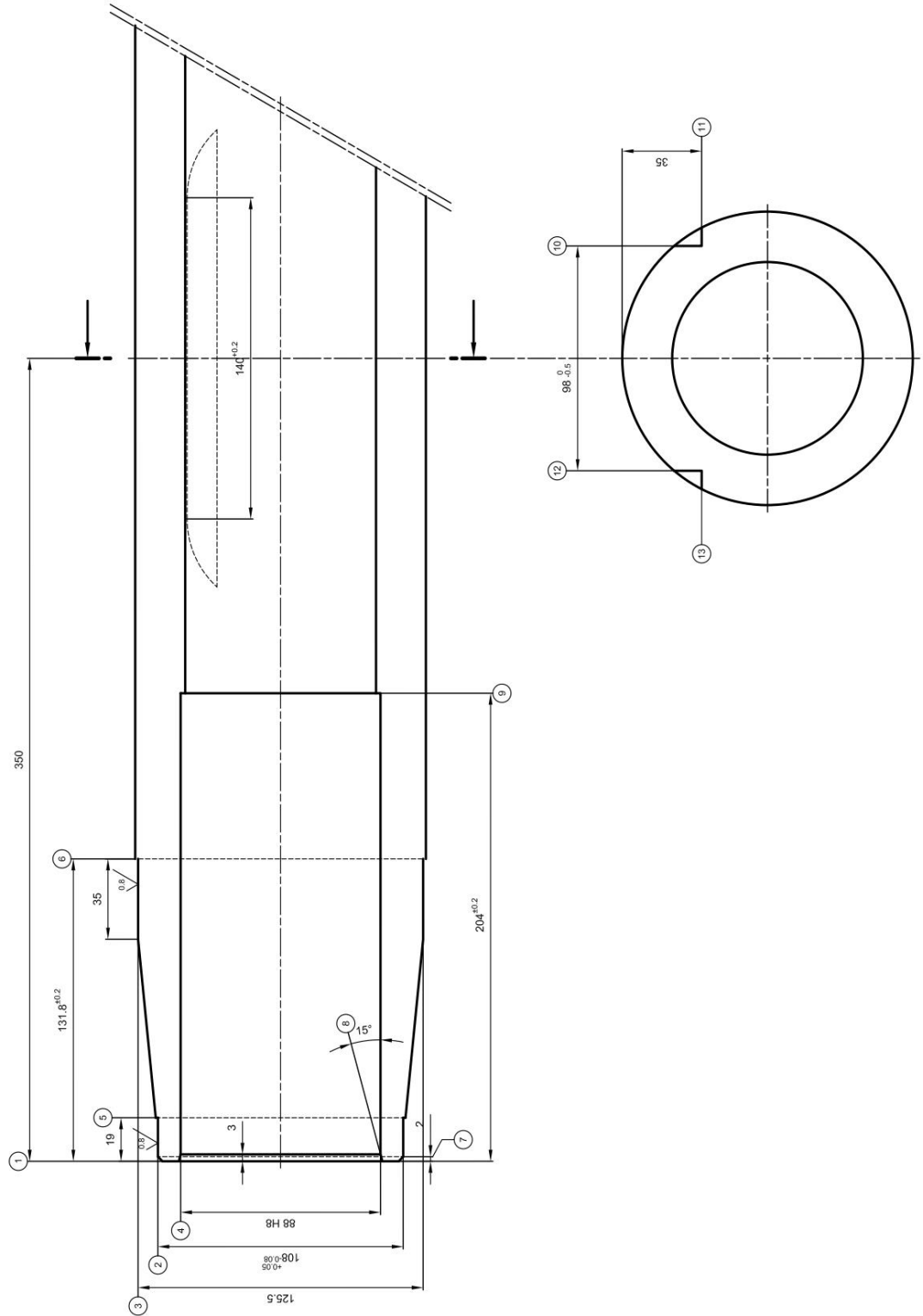
- Il s'agit d'une matrice carrée, avec le même nombre de lignes et de colonnes que d'opérations élémentaires définies dans le TAC (Tableau d'Acheminement des Commandes). Chacune de ces opérations est répertoriée en tant qu'entrée et sortie.

II.6.3.4 Tableau de groupements des phases

II.6.3.5 Tableaux de feuilles d'analyse

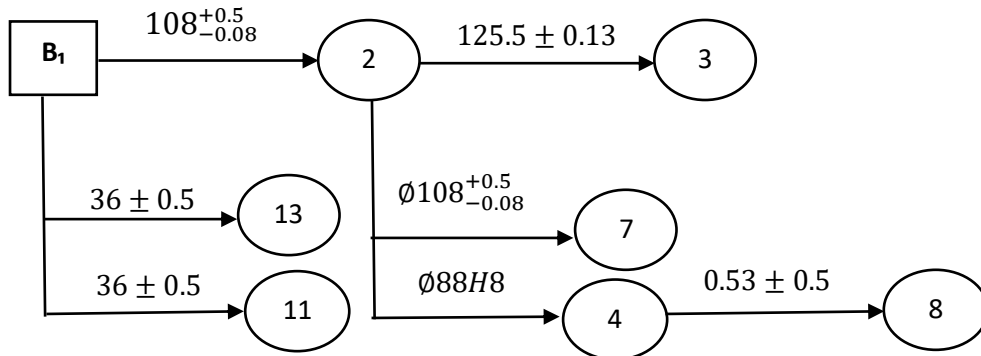
-Ce tableau intègre la demi-longueur de l'essieu dans les résultats, les tests et les inspections. Il offre la possibilité de suivre l'historique de l'essieu, de comparer ses performances avec d'autres, de faciliter la maintenance et les réparations, et de contribuer à assurer la sécurité et la qualité des véhicules.

II.6.3.6 Le dessin 2D d'un essieu



II.6.3.7 Le graphe BE orienté pour l'essieu

➤ Sur l'axe OX :



➤ Sur l'axe OZ :

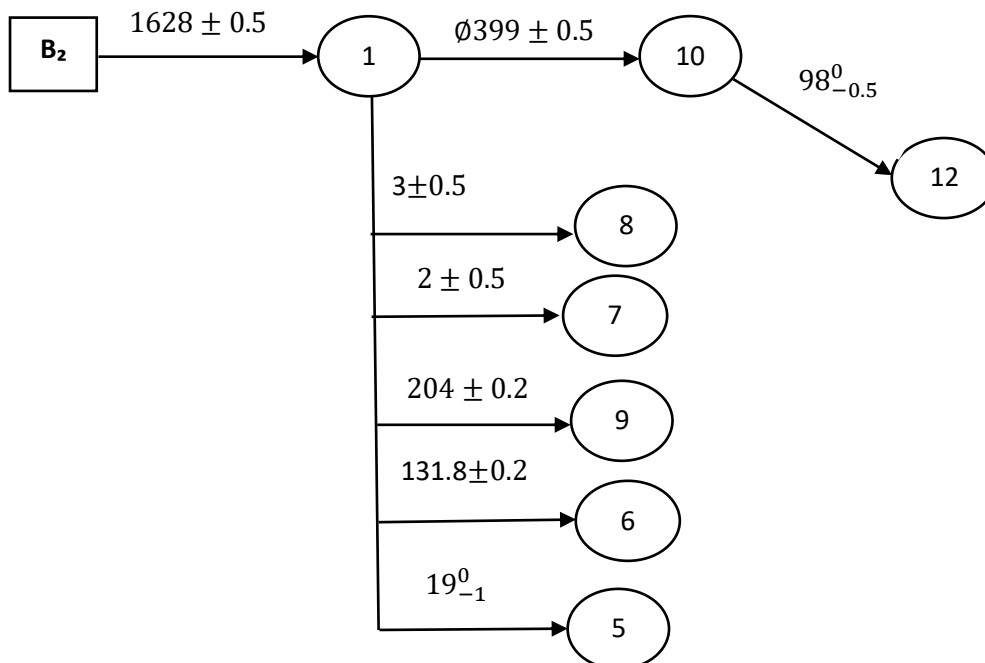


Tableau II .4 : Tableau des opération élémentaire (essieu)

Tableau des opération élémentaires								
Repère Surfaces	Cotes de liaison aux surfaces		Spécifications métrologique			Opérations		
	Usinées	Brutes	IT	Former	position	Ra√	Elémentaire	symboles
①		B2 1628 ^{±0.5}	1			16	Finition directe	1F
②		B188.8 ^{+0.05 -0.08}	0.13			0.8	Ebauche, 1/2finition, finition	2E ;2F/2 ;2F
③	②125.5 ^{±0.13}		0.26			0.8	Ebauche, 1/2finition, finition	3E ;3F/2 ;3F
④	②∅ 88H8 ^{±0.5}		1			3.2	Ebauche, 1/2finition, finition	4E ;4F/2 ;4F
⑤	①19 ⁰ ₋₁		1			15	Finition directe	5F
⑥	①131.8 ^{±0.2}		0.4			14	Finition directe	6F
⑦	①2 ^{±0.5} ②∅108 ^{+0.05 -0.08}		1 0.13			11	Finition directe	7F
⑧	④0.53 ^{±0.5} ②3 ^{±0.5}		1			16	Finition directe	8F
⑨	①204 ^{±0.2}		0.4			13	Finition directe	9F
⑩	①399 ^{±0.5}	B1 49 ⁰ _{-0.25}	1			16	Finition directe	10F
⑪		B1 36 ^{±0.5}	1			6.3	Finition directe	11F
⑫	⑩98 ⁰ _{-0.5}		0.5			6.3	Finition directe	12F
⑬	②35 ^{±0.5}	B1 36 ^{±0.5}	1			6.3	Finition directe	13F

Tableau II. 5 : Tableau des groupements de surfaces (essieu)

Groupement des Surfaces		
Repéré groupement	Surfaces Groupées	Outillages utilisés et motifs du groupement AVEC SYMBOLES
G	⑩ ; ⑪ ; ⑫ ; ⑬	Finition directe à l'aide d'un train de deux fraises à 3 tailles

Tableau II .6 : Tableau d'analyse des contraintes d'antériorité (essieu)

		Analyse des contraintes				Nom :				
ENSEMBLE :		ELEMENT : SUPPORT PALIER				MATIERE : F1 18				
S/ENSEMBLE :		PIECE :				BRUT : de fonderie				
Opération	Contraintes de position					Contraintes technologique			Contraintes économique	
	↔	//	⊥	⊙	≡	Opération	Reprise	Divers	Moindre Usinage	Cond. De coupe
B1										
B2										
1F	B2									
2E	B1									
2F/2						2E				
2F						2F/2				
3E	2F									
3F/2						3E				
3F						3F/2				
4E	2F									
4F/2						4E				

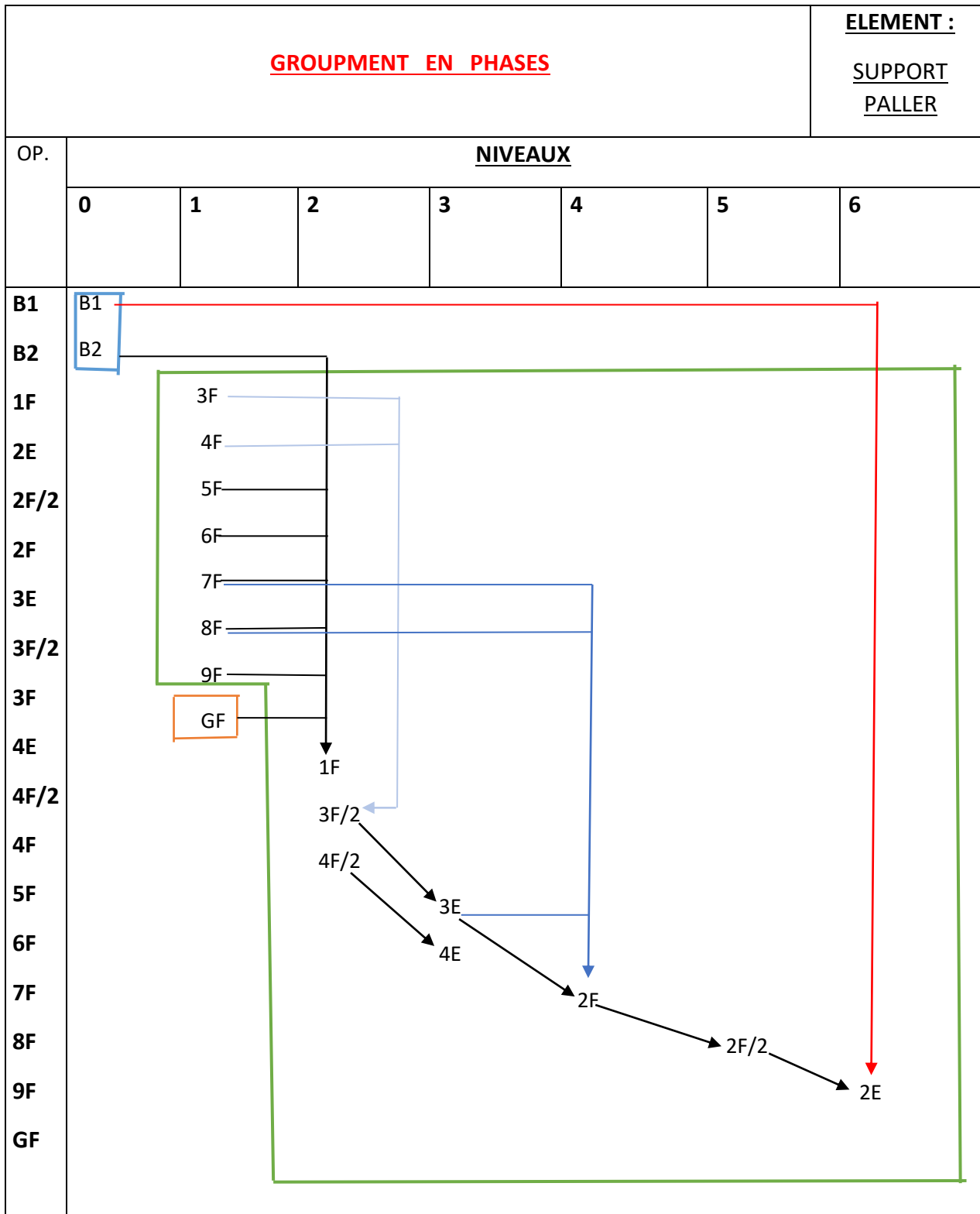
	4F						4F/2				
	5F	1F									
	6F	1F									
	7F	1F 2F									
	8F	1F 2F									
	9F	1F									
	G1F	1F B1									

Tableau II .7 : tableau des Niveaux (essieu)

ENTREE																		NIVEAUX							
	B1	B2	1F	2E	2F/2	2F	3E	3F/2	3F	4E	4F/2	4F	5F	6F	7F	8F	9F	GF	Total	V1	V2	V3	V4	V5	V6
B1	■			1														1	2	1	1	1	1	1	0
B2		■	1																1	1	0	/	/	/	/
1F			■										1	1	1	1	1	1	6	0	/	/	/	/	/
2E				■	1														1	1	1	1	1	0	/
2F/2					■	1													1	1	1	1	0	/	/
2F						■	1			1						1	1		4	2	2	0	/	/	/
3E							■	1											1	1	0	/	/	/	/
3F/2								■	1										1	0	/	/	/	/	/
3F									■										0	/	/	/	/	/	/
4E										■	1								1	1	0	/	/	/	/
4F/2											■	1							1	0	/	/	/	/	/
4F												■							0	/	/	/	/	/	/
5F													■						0	/	/	/	/	/	/
6F														■					0	/	/	/	/	/	/
7F															■				0	/	/	/	/	/	/
8F																■			0	/	/	/	/	/	/
9F																	■		0	/	/	/	/	/	/
GF																		■	0	/	/	/	/	/	/

Tota	3F	1F 3F/2 4F/2	3E 4E	2F	2F/2	2E
	4F					
	5F					
	6F					
	7F					
	8F					
	9F					
	GF					

Tableau II. 8 : Groupement des phases



La couleur bleue représente la phase 100
 La couleur verte représente la phase 200
 La couleur orange représente la phase 300

Tableau II.9 : Feuille d'analyse

		FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICACATION		
N° Phases	Désignation des phasés/phase-opération : préciser Déprt-appuis-serrage	Machine utilisées	Appareillage outils coupants vérificateurs	Croquis de la pièce à ses divers stades de la fabrication : préciser sur chaque croquis : départ-appuis-serrage-Ra-CF-Tolérances-Géo
100	Contrôle de brute	Atelier de contrôle		Contrôle géométrique, métallurgique et dimensionnelle
200	<p>Tournage</p> <p>1pièce au montage référentiel définis</p> <p>Par :</p> <p>Centrage long sur (B1)</p> <p>En 4N (1,2,3,4)</p> <p>Appui ponctuelle sur (B2)</p> <p>En 1N (5)</p> <p>201 : dressage (1)</p> <p>Cm :1628</p> <p>202 : Alésage (4) en ébauche</p> <p>203 : Alésage (4) 1/2 finition</p> <p>204 : chanfreiner (2) 2 × 30°</p> <p>205 : Alésage (4) en finition</p> <p>Cm :204 ± 0.2</p> <p>206 : charioter (3) en ébauche</p> <p>207 : charioter (3) en 1/2 finition</p> <p>208 : chanfreiner 2 × 45°</p>	Tour CNC	<p>Pied à coulisse</p> <p>Tampon lisse</p> <p>Calibre à mâchoire</p>	

209 : charioter ③ en finition $C_m : 19_{-1}^0$, $C_m : 108_{-0.08}^{+0.05}$ 210 : charioter ② en finition $C_m : 77.8 \pm 0.5$ 211 : charioter ⑥ en finition $C_m : 35 \pm 0.5$ $R_a : 1,6 . 6,3$			
--	--	--	--

II.6.4 Trompette

-La même procédure est également utilisée pour la trompette :

II.6.4.1 Un tableau des opérations élémentaires

-Pour fabriquer une trompette, il est nécessaire de déterminer le nombre d'opérations d'usinage requises pour chaque surface. Chaque opération représente un ensemble d'actions nécessaires, réalisées avec un seul équipement disponible sur le poste de travail, pour progresser vers l'état final de la surface de la pièce.

II.6.4.2 Tableau des groupements de surfaces

II.6.4.3 Un tableau d'analyse des contraintes d'antériorité

-L'élaboration de ce tableau repose sur une analyse élémentaire pour chaque surface de la trompette. Le Bureau d'Études définit les surfaces usinées en fonction de différents critères, notamment :

- Les spécifications dimensionnelles fonctionnelles ;
- Les exigences géométriques ;
- L'état de surface ;
- Les éventuels traitements de surface, etc... .

II.6.4.4 Tableaux des niveaux

-Effectivement, il s'agit d'une matrice carrée qui comprend le même nombre de lignes et de colonnes que d'opérations élémentaires définies dans le TAC (Tableau d'Acheminement des

Commandes). Chaque opération est répertoriée à la fois en tant qu'entrée et sortie dans cette matrice.

II.6.4.5 Tableaux groupements des phases

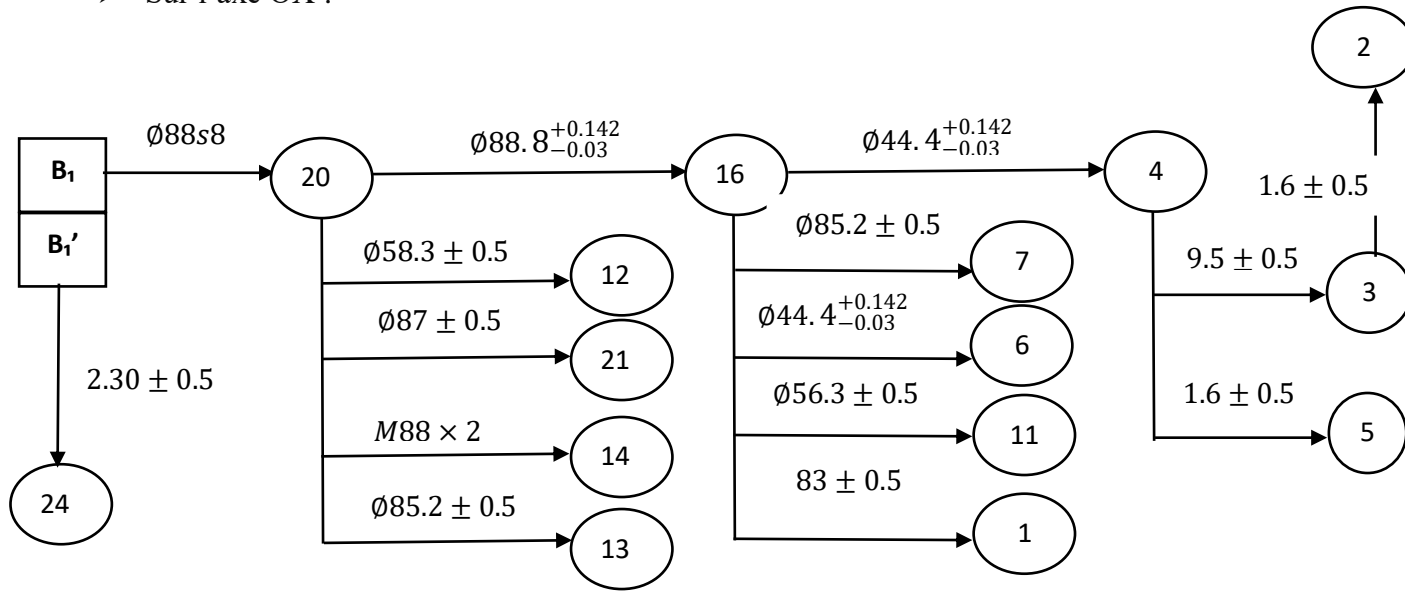
-Le regroupement en phases implique d'associer dans une même phase les surfaces qui peuvent être usinées sans nécessiter le démontage de la pièce.

II.6.4.6 Un tableau de feuilles d'analyse

-Cette liste de caractéristiques et de spécifications pour une trompette comprend des détails tels que les dimensions, les matériaux utilisés, les tolérances de fabrication, les propriétés mécaniques et les exigences de performance. Elle permet de documenter ces aspects spécifiques de la trompette et de garantir que chaque pièce fabriquée répond aux mêmes normes. En outre, elle peut servir à suivre l'évolution des performances de la trompette dans le temps et à élaborer des stratégies de maintenance et de réparation afin d'optimiser sa durée de vie.

II.6.4.8 Le graphe BE orienté pour le trompette

➤ Sur l'axe OX :



➤ Sur l'axe OZ :

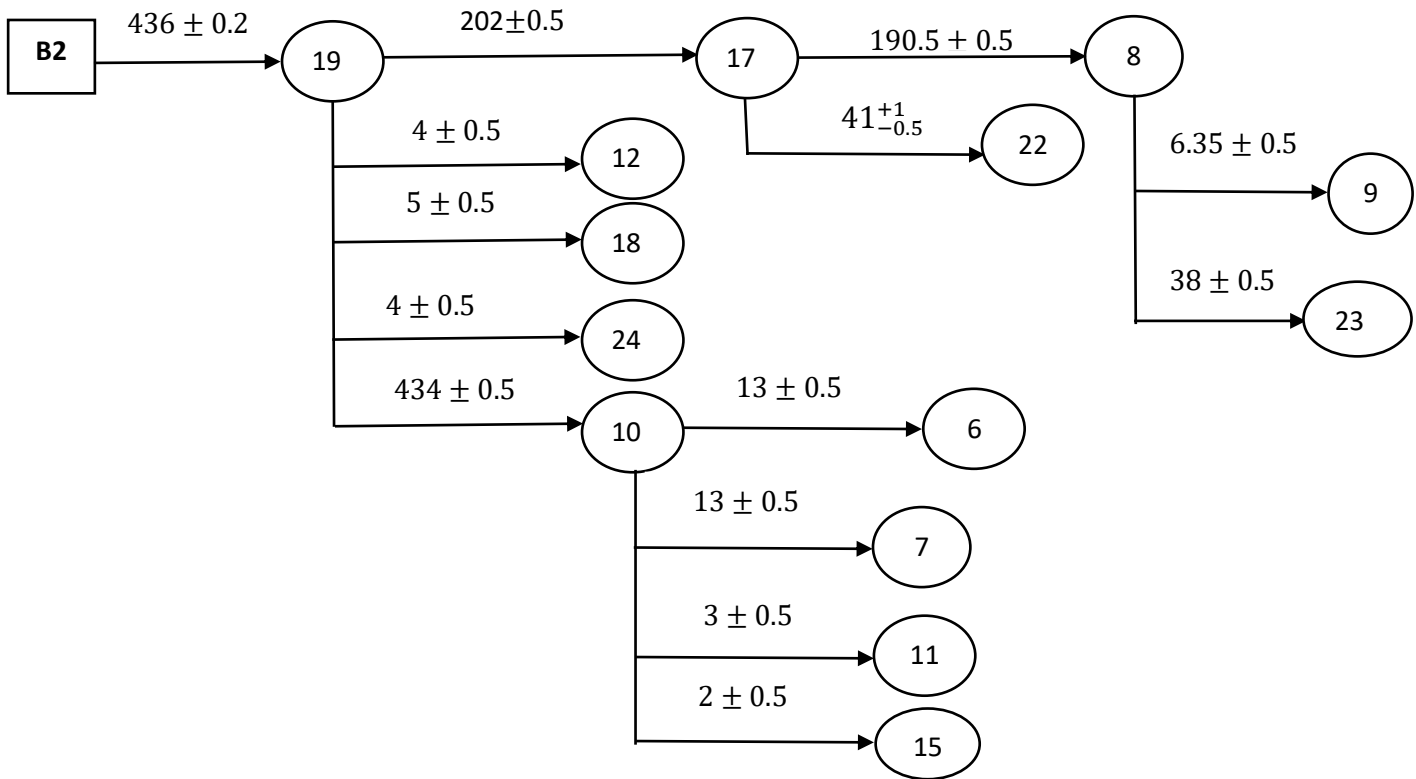


Tableau II. 10 : Tableau des opération élémentaire (trempette)

Tableau des opération élémentaires							
Repère Surfaces	Cotes de liaison aux surfaces		Spécifications métrologique			Opérations	
	Usinées	Brutes	IT	Former position	Ra√	Elémentaire	symboles
①	⑯∅ 83 ^{±0.5}		1		14	Finition direct	1F
②	③ 1,6 ^{±0.5}		1		16	Finition direct	2F
③	④ 9,5 ^{±0.5}		1		16	Finition direct	3F
④	⑯∅ 44,4 ^{±0.5}		0.2		11	Finition direct	4F
⑤	④ 1,6 ^{±0.5}		1		16	Finition direct	5F
⑥	⑩ 13 ^{±0.5}		1		11	Finition direct	6F
	⑯∅ 44,4 ^{±0.5}		0.12				
⑦	⑩ 13 ^{±0.5}		1		11	Finition direct	7F
	⑯∅ 44,4 ^{±0.5}		0.2				
⑧	⑰ 190,5 ^{±0.5}		1		13	Finition direct	8F
⑨	⑧ 6,35 ^{±0.5}		1		16	Finition direct	9F
⑩	⑱ 434 ^{±0.2}		0.4		13	Finition direct	10F
⑪	⑩ 2 ^{±0.5}		1		14	Finition direct	11F
	⑯∅ 58,3 ^{±0.5}						
⑫	⑱ 4 ^{±0.5}		1		16	Finition direct	12F
	⑳∅ 58,3 ^{±0.5}				14		
⑬	⑳∅ 58 ^{±0.5}		1		14	Finition direct	13F
⑭	⑳ M88,2 ^{±0.5}		1		0.8	Ébauche ;1/2finition ; finition	14E ;14F/2 ;14F
⑮	⑩∅ 88 ^{±0.5}		1		14	Finition direct	15F
⑯	⑳∅ 88,8 ^{±0.5}		0.2		10	Finition direct	16F
⑰	⑱ 202 ^{±0.2}		0.4		11	Finition direct	17F
⑱	⑱ 5 ^{±0.5}		1		16	Finition direct	18F
⑲		B2436 ^{±0.1}	1		11	Finition direct	19F
⑳		B1∅ 88 ^{±0.5}	1		1.6	Ébauche ;1/2finition ;	20E ;20F/2 ;20F

							finition	
⑳	⌀ 87 \pm 0.5		1			14	Finition direct	21F
㉑	⑰ 41 \pm 0.5		1			15	Finition direct	22F
㉒	⑧ 38 \pm 0.5		1			15	Finition direct	23F
㉓	⑱ 4 \pm 0.5	B1'2,3 \pm 0.5	1			16	Finition direct	24F

Tableau II.11 : Tableau des groupements de surfaces (trompette)

Groupement des Surfaces		
Repéré groupement	Surfaces Groupées	Outillages utilisés et motifs du groupement AVEC SYMBOLES
G	①, ②, ③, ④, ⑤	Finition directe à l'aide d'un fraise 3 tailles (fraie de forme)
G1	⑧, ⑨	

Tableau II .12 : Tableau d'analyse des contraintes d'antériorité (Trompette)

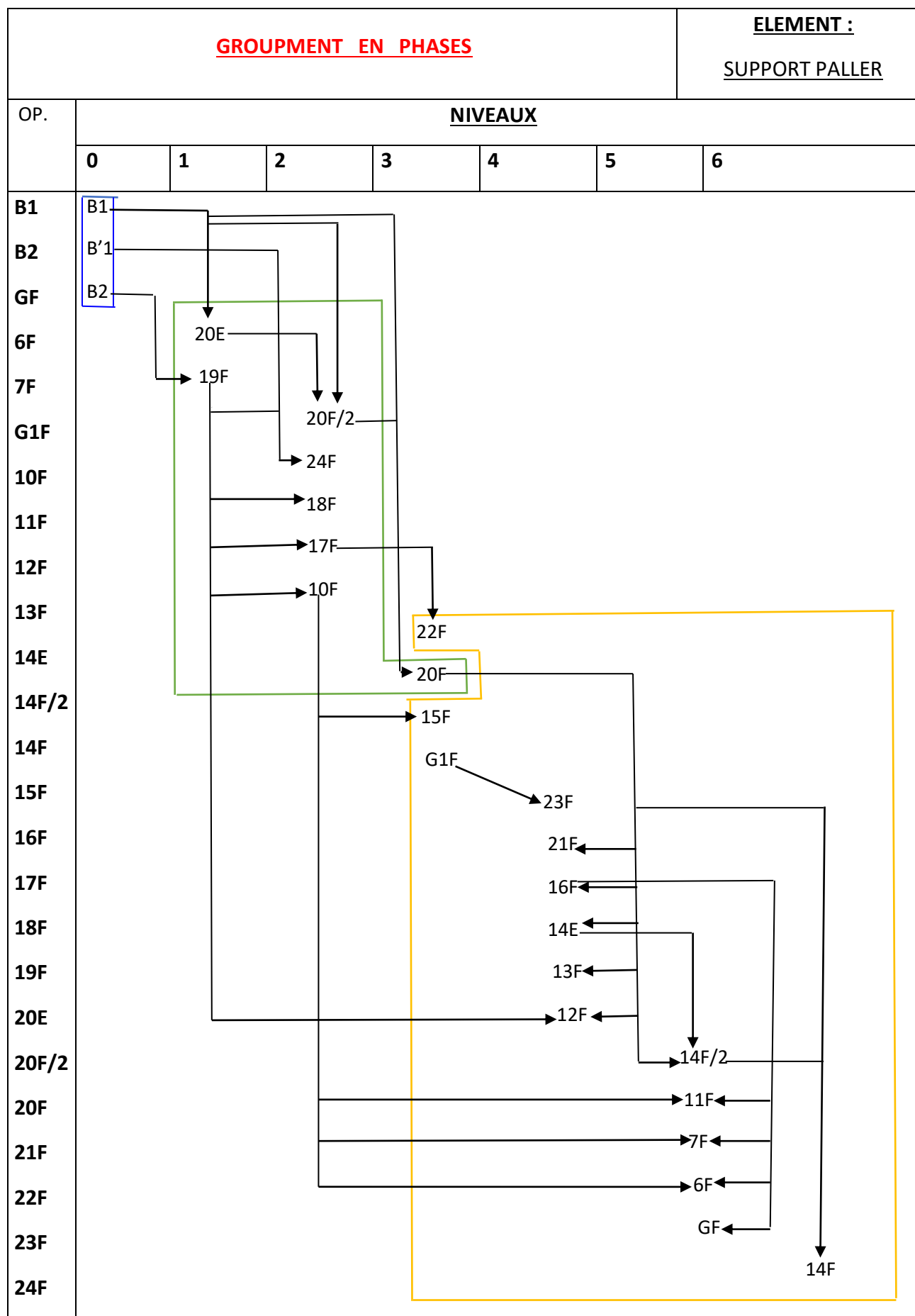
		<u>Analyse des contraintes</u>					<u>Nom :</u>				
<u>ENSEMBLE :</u>		<u>ELEMENT :</u> SUPPORT PALIER					<u>MATIERE :</u> F1 18				
<u>S/ENSEMBLE :</u>		<u>PIECE :</u>					<u>BRUT :</u> de fonderie				
<u>Opération</u>	<u>Contraintes de position</u>						<u>Contraintes technologique</u>			<u>Contraintes économique</u>	
	↔	//	⊥	⊙	⊕	≡	Opération	Reprise	Divers	Moindre Usinage	Cond. De coupe
B1											
B1'											
B2											
GF	16F										
6F	16F										

	10F										
7F	16F 10F										
G1F	17F										
10F	19F										
11F	16F 10F										
12F	20F 19F										
13F	20F										
14E	20F										
14F/2	20F						14E				
14F	20F						14F/2				
15F	10F										
16F	20F										
17F	19F										
18F	19F										
19F	B2										
20F	B1										
20F/2	B1						20E				
20F	B1						20F/2				
21F	20F										
22F	17F										
23F	8F										
24F	19F B'1										

Tableau II.13 : tableau des niveaux (trompette)

ENTREE																								NIVEAUX									
	B1	B2	GF	6F	7F	G ₁ F	10F	11F	12F	13F	14E	14F/	14F	15F	16F	17F	18F	19F	20E	20F/	20F	21F	22F	23F	24F	Total	V1	V2	V3	V4	V5	V6	
B1	■																									0	/	/	/	/	/	/	
B2		■																									0	/	/	/	/	/	/
GF			■												1												1	1	1	1	1	0	/
6F				■			1								1												2	2	2	1	1	0	/
7F					■		1								1												2	2	2	1	1	0	/
G ₁ F						■										1											1	1	1	0	/	/	/
10F							■												1								1	1	0	/	/	/	/
11F								■							1												2	2	2	1	1	0	/
12F									■										1			1					2	2	1	1	0	/	/
13F										■											1						1	1	1	1	0	/	/
14E											■											1					1	1	1	1	0	/	/
14F/												■										1					2	2	2	2	1	0	/
14F													■									1					2	2	2	2	1	1	0
15F								1						■													1	1	1	0	/	/	/
16F															■							1					1	1	1	1	0	/	/
17F																■			1								1	1	0	/	/	/	/
18F																	■		1								1	1	0	/	/	/	/
19F																		■									1	0	/	/	/	/	/
20E	1																		■								1	0	/	/	/	/	/
20F/	1																			■							2	1	0	/	/	/	/
20F	1																				1						2	1	1	0	/	/	/
21F																						1					1	1	1	1	0	/	/
22F																1											1	1	1	0	/	/	/
23F						1																					1	1	1	1	0	/	/
24F																			1								1	1	0	/	/	/	/
Total																											19F 20E	10F 17F 18F 20F/ 24F	G ₁ F 15F 20F 22F	12F 13F 14E 16F 21F 23F	GF 6F 7F 11F 14F	14F	

Tableau II. 14: groupement des phase



{ La couleur bleue représente la phase 100 }
 { La couleur verte représente la phase 200 }
 { La couleur orange représente la phase 300 }

Tableau II. 15 : Feuille d'analyse

		FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICACATION		
N° Phases	Désignation des phasés/phase-opération : préciser Déprt-appuis-serrage	Machine utilisées	Appareillage outils coupants vérificateurs	Croquis de la pièce à ses divers stades de la fabrication : préciser sur chaque croquis : départ-appuis-serrage-Ra-CF-Tolérances-Géo
100	Contrôle de brute	Atelier de contrôle		Contrôle géométrique, métallurgique et dimensionnelle
200	<p>Tournage</p> <p>1 pièce au montage référentiel définis</p> <p>Par :</p> <p>Centrage long sur (B₁)</p> <p>En 4N (1,2,3,4)</p> <p>Appui ponctuelle sur (B₂) En 1N (5)</p> <p>201 : dressage (19) en finiti</p> <p>Cm :436</p> <p>202 : chanfreiner (24) 2 × 45°</p> <p>203 : chanfreiner (18) 3 × 45°</p> <p>204 : charioter (20) en E</p> <p>205 : charioter (20) en F/2</p> <p>206 : charrioter (20) en F</p>	Tour CNC	<p>Pied à coulisse</p> <p>Calibre à mâchoire</p>	

--	--	--	--	--

➤ **PARTIE 2 : Assemblage des emmanchements forcé**

II.1 Conception des assemblages à emmanchement forcé

-Les assemblages à emmanchement forcé (ou "interférence fit" en anglais) sont des techniques de montage où une pièce est insérée dans une autre avec une pression élevée, créant une liaison solide sans nécessiter de fixations supplémentaires.

-le frettage est un mode d'assemblage permanent utilisé pour lier énergiquement des pièces subissant des efforts brusques et variables. Ont procédé :

- Soit en chassant une des pièces dans l'autre à la presse. Un nouveau procédé permet un frettage et un démontage facile, grâce à de l'huile sous pression canalisée au milieu des zones de contact, à l'aide d'une pompe à main.
- Soit en chauffant la pièce extérieure avant sa mise en place la contraction au refroidissement produit un blocage énergétique.[20]

-La matière d'essieu et 35CD4 avec $Re \geq 500 \text{ N/mm}^2$.

- La matière de la trompette 42CD4 avec $Re \geq 550 \text{ N/mm}^2$.

- La coefficient de sécurité = 2 ; et $R_p = Re/2$.

- La longueur emmanché : $L = 202 \text{ mm}$.

- La coefficient de frottement des surfaces emmanché $f = 0.2$.

- module d'élasticité $E_1 = E_2 = 2.1 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ $88\text{H}8\text{s}8 = \begin{matrix} \text{H}8 \\ \text{S}8 \end{matrix} \left\{ \begin{matrix} 88_0^{+54} \\ 88_{+71}^{+125} \end{matrix} \right\}$

-Coefficient de poisson $\nu_1 = \nu_2 = 0.3$.

-Ce type de montage est réalisé par ajustement serré, ce qui provoque une déformation et, par conséquent, des contraintes sur l'arbre et la frette. Le serrage peut être défini par l'intervalle suivant :

$$S_{min} \leq S \leq S_{max}$$

Le problème consiste donc à déterminer :

- Quel est le serrage minimum S_{min} à adopter pour éviter que l'assemblage ne se démonte sous l'effet de forces F , de moments de torsion Mt , ou d'une combinaison de ceux-ci. C'est ce que nous appelons l'aptitude ou la capacité de l'assemblage.
- Quel est le serrage maximum S_{max} à ne pas dépasser pour éviter la rupture de l'arbre, de la frette, ou des deux. C'est ce que nous désignons par la résistance de l'assemblage.

$$S_{max} = e_{Ar} \max - E_{Al} \min = 125 - 0 = 125 \dots (2.1)$$

$$S_{min} = e_{Ar} \min - E_{Al} \max = 71 - 54 = 17 \dots (2.2)$$

- Vérification de la résistance des éléments :

La pression de frettage après déformation de l'arbre et de la frette est déterminée à l'aide des équations de LAMÉ.

On considère le cas le plus défavorable en utilisant P_{max} , calculé à partir de la contrainte maximale S_{max} .

$$p_{max} = \frac{S_{max} \times 10^3}{d \left(\frac{c_1}{E_1} + \frac{c_2}{E_2} \right)} \dots (2.3)$$

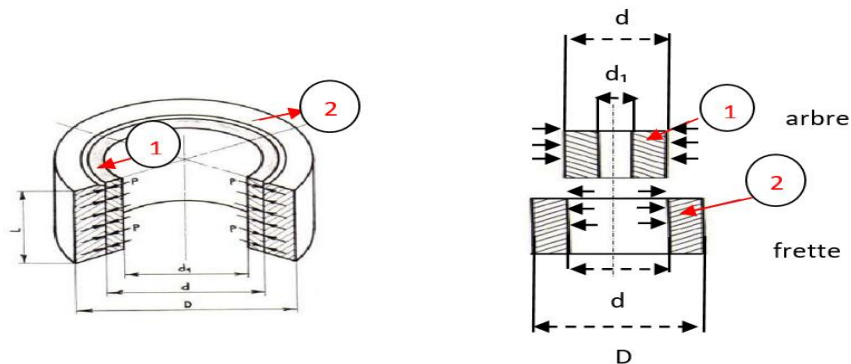


Figure II.5 : schéma explicatif de pression frettage

$$\left\{ \begin{aligned} C_1 &= \frac{d^2 + d_1^2}{d^2 - d_1^2} - \vartheta_1 \dots (2.4) & C_1 &= \frac{88^2 + 56^2}{88^2 - 56^2} - 0.3 = 2.06 \\ C_2 &= \frac{D^2 + d_1^2}{D^2 - d_1^2} + \vartheta_2 \dots (2.5) & C_2 &= \frac{126.6^2 + 88^2}{126.6^2 - 88^2} + 0.3 = 3.16 \end{aligned} \right.$$

Donc :

$$p_{max} = \frac{125 \times 10^3}{218.74} = 57.14 \text{ N/mm}^2$$

Nous déterminons ci-après les forces maximales qu'un assemblage serré peut supporter sans se défaire.

- **Contrainte résultante dans l'alésage**

$$\delta_{max} = p_{max} \left(1 + \frac{1 + \left(\frac{d}{D}\right)^2}{1 - \left(\frac{d}{D}\right)^2}\right) = 221.11 \text{ N/mm}^2 \dots (2.6)$$

$$\delta_{max} < R_{P1}$$

Par conséquent, la résistance de l'alésage est validée.

- **Contrainte résultante dans l'arbre**

$$\delta_{max} = p_{max} \frac{2p_{max}}{1 - \left(\frac{d_1}{d}\right)^2} = 192.05 \text{ N/mm}^2 \dots (2.7)$$

$$\text{Alors que : } \delta_{max} < R_{P2}$$

Ainsi, la vérification de la résistance de l'arbre est concluante.

- **La force de pression**

Le montage est effectué à l'aide d'une presse capable d'appliquer une force F requise pour l'assemblage.

$$F_{néc} \geq p_{max} \times f \times \pi \times d \times L = 57.14 \times 0.2 \times 3.14 \times 88 \times 202 = 63.78 \times 10^4 \text{ N} \dots (2.8)$$

- **La force comprimée**

$$\delta \frac{4F_{max}}{\pi(d^2 - d_1^2)} = 176.25 \text{ N/mm}^2 \dots (2.9)$$

$$\delta_c < R_{P2}$$

Par conséquent, l'arbre est capable de résister à la force exercée par la presse, autorisant ainsi le montage sous pression.

- **Le couple de torsion M_t**

$$M_t \leq p_{min} \times f \times \pi \left(\frac{d^2}{2} \right) \times L \dots (2.10)$$

$$p_{min} = \frac{S_{min} \times 10^3}{d \left(\frac{c_1}{E_1} + \frac{c_2}{E_2} \right)} = 7.77 \text{ N/mm}^2$$

De la :

$$M_t \leq 38.17 \times 10^2 \text{ N.mm}$$

- **Points à noter**

L'alésage est souvent désigné sous le nom de frette, tandis que l'arbre peut être plein ou creux, parfois appelé axe. Lorsqu'un assemblage serré est réalisé, cela entraîne une déformation élastique de la frette et de l'arbre, ce qui expose ces éléments à des contraintes. Par conséquent, il est essentiel de vérifier la résistance de l'ensemble assemblé.

- **Avantages**

-Réduction de la concentration de contraintes.

-Atténuation de l'effet de déséquilibre.

- **Inconvénients**

-En cas de démontage éventuel, cela nécessite l'utilisation de méthodes coûteuses, telles que l'injection d'huile sous pression entre l'arbre et la frette

II.1.1 Emmanchement des pièces

L'emmanchement des pièces, comme l'essieu et la trompette d'une semi-remorque, est une opération délicate qui nécessite des outils et des techniques spécifiques. Voici une procédure générale pour réaliser cet assemblage :

-Préparation des pièces : Assurez-vous que les surfaces d'emmanchement des pièces, telles que l'alésage de la trompette et l'extrémité de l'essieu, sont propres et débarrassées de toute saleté ou corrosion.

-Contrôle des tolérances : Vérifiez les dimensions des pièces pour vous assurer qu'elles correspondent aux spécifications de conception et aux tolérances requises pour un emmanchement précis.

- Lubrification** : Appliquez un lubrifiant approprié sur les surfaces d'emmanchement pour faciliter l'insertion des pièces et réduire les frottements lors de l'assemblage.
- Positionnement des pièces** : Placez l'essieu et la trompette de manière à ce qu'ils soient alignés correctement pour permettre un emmanchement sans contrainte.
- Assemblage** : Utilisez un dispositif d'assemblage approprié, tel qu'une presse hydraulique ou un marteau à inertie, pour enfoncer l'essieu dans la trompette avec une pression contrôlée.
- Contrôle de l'ajustement** : Après l'assemblage, vérifiez l'ajustement des pièces pour vous assurer qu'il n'y a pas de jeu excessif ou de déformation qui pourrait compromettre la solidité de la liaison.
- Test de qualité** : Effectuez des tests de qualité, tels que des inspections visuelles et des mesures dimensionnelles, pour garantir que l'emmanchement des pièces est conforme aux exigences de conception et de sécurité.

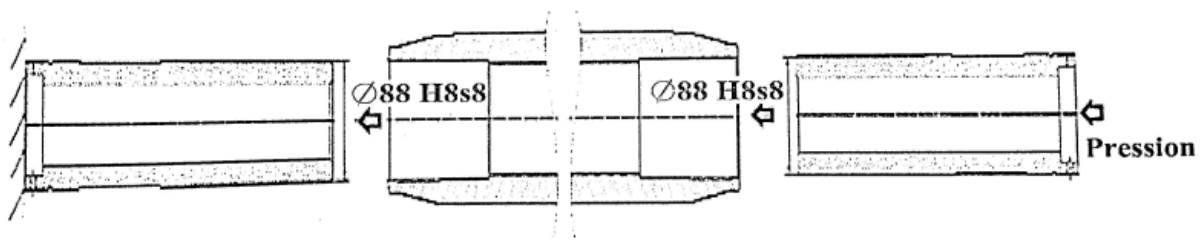


Figure II.6 : opération d'emmanchement des pièces essieu et trompette

II.1.2 Assemblage de l'essieu et la trompette

II.1.2.1 La presse

La machine utilisée :



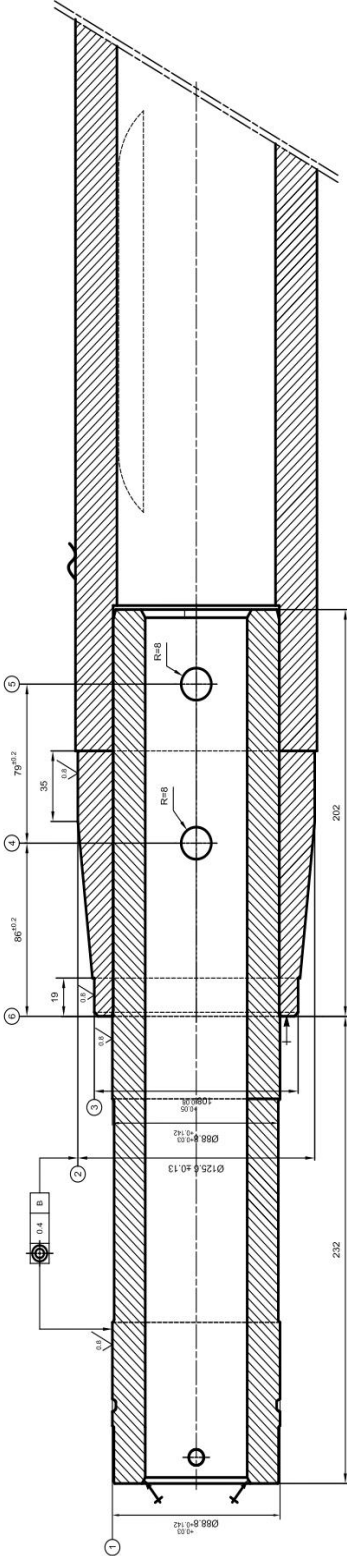
Figure II.7 : la presseuse SNVI

- Commencez par positionner deux trompettes dans la presse, une de chaque côté. Ensuite, nettoyez soigneusement l'alésage intérieur de l'essieu à l'aide d'une soufflette. Utilisez un dispositif de manutention pour placer l'essieu entre les deux trompettes. Pour faciliter le frettage, appliquez de la graisse sur chaque cône de l'essieu. Programmez ensuite la machine et lancez le processus de pressage jusqu'à atteindre la cote d'emmanchement souhaitée.

II.2 Gamme d'assemblage :

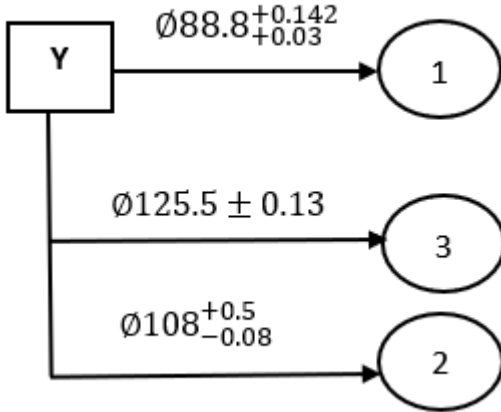
Étant donné que l'opération de frettage va entraîner une déformation géométrique de l'assemblage, une reprise de chariotage sera effectuée uniquement sur les parties destinées aux roulements (les portées) afin d'assurer une bonne coaxialité entre les roues.

II.2.1 Le dessin 2D de l'ensemble (essieu-trompette)



II.2.2 Le graphe BE orienté

➤ Sur l'axe OX :



➤ Sur l'axe OZ :

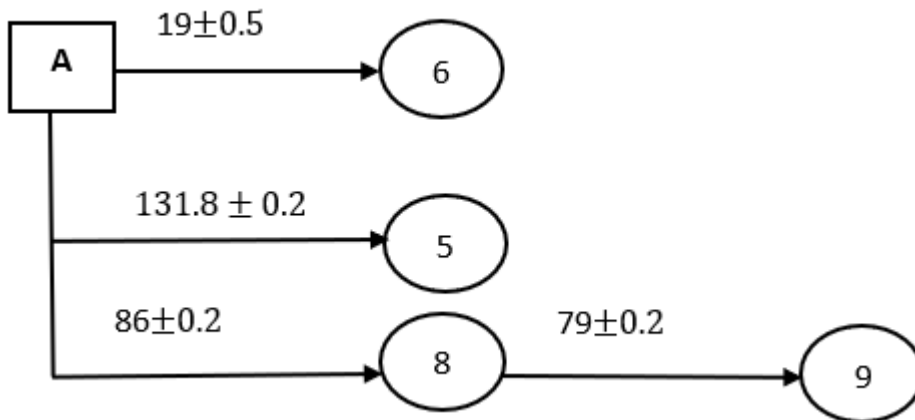


Tableau II. 16 : tableau des opération élémentaire (assemblage)

Tableau des opération élémentaires								
Repère Surfaces	Cotes de liaison aux surfaces		Spécifications métrologique			Opérations		
	Usinées	Brutes	IT	Former position	$Ra\sqrt{\quad}$	Elémentaire	symboles	
①	$Y \varnothing 88.8^{+142}_{+0.03}$		0.11			6.3	Finition directe	1F
②	$Y \varnothing 108^{+0.05}_{-0.08}$		0.13			9	Finition directe	2F
③	$Y \varnothing 125.5^{\pm 0.13}$		0.26			10	Finition directe	3F
A		A				6.3	Finition directe	4F
⑤	A $131.8^{\pm 0.2}$		0.4			16	Finition directe	5F
⑥	A $19^{\pm 0.5}$		1			16	Finition directe	6F
Y		Y				6.3	Finition directe	7F
⑧	A $86^{\pm 0.2}$		0.4			12	Finition directe	8F
⑨	⑧ $79^{\pm 0.2}$		0.4			12	Finition directe	9F

Tableau II .17 : tableau d'analyse des contraintes d'antériorité (assemblage)

		Analyse des contraintes					Nom :			
ENSEMBLE :		ELEMENT : SUPPORT PALIER					MATIERE : F1 18			
S/ENSEMBLE :		PIECE :					BRUT : de fonderie			
Opéra tion	Contraintes de position					Contraintes technologique			Contraintes économique	
	↔	//	⊥	⊙	≡	Opération	Reprise	Divers	Moindre Usinage	Cond. De coupe
1F	Y									
2F	Y									
3F	Y									
A										
5F	A									
6F	A									
Y										
8F	A									
9F	8F									

Tableau II. 18 : Tableau des niveaux (assemblage)

Tableau des niveaux (T.N)													
Entrées												Niveaux	
Sorties	A	Y	1F	2F	3F	5F	6F	8F	9F	Total	V0	V1	
	A	■					1	1	1		3	3	0
	Y		■	1	1	1					3	3	0
	1F			■						0	0	/	
	2F				■					0	0	/	
	3F					■				0	0	/	
	5F						■			0	0	/	
	6F							■		0	0	/	
	8F								■	1	1	0	
	9F									■	0	0	/
											1F	8F	
											2F		
											3F		
											5F		
											6F		
											9F		

Tableau II. 19 : Groupement des phases (assemblage)

GROUPMENT EN PHASES		ELEMENT :
		SUPPORT
		PALLER
OP.	NIVEAUX	
	1	2
A		
Y		
1F		
2F		
3F		
5F		
6F		
8F		
9F		

(La couleur verte représente la phase 100)
(La couleur orange représente la phase 200)

Tableau II. 20 : feuille d'analyse (assemblage)

		FEUILLE D'ANALYSE DE FABRICACATION		
N° Phases	Désignation des phasés/phase-opération : préciser Déprt-appuis-serrage	Machine utilisées	Appareillage outils coupants vérificateurs	Croquis de la pièce à ses divers stades de la fabrication : préciser sur chaque croquis : départ-appuis-serrage-Ra-CF-Tolérances-Géo
100	Contrôle de brute	Atelier de contrôle		Contrôle géométrique , métallurgique et dimensionnelle
200	<p>Tournage</p> <p>1pièce au montage référentiel définis</p> <p>Par : (Applique sur l'autre coté)</p> <p>Centrage long sur (A)</p> <p>En 4N (1,2,3,4)</p> <p>Appui ponctuelle sur (Y)</p> <p>En 1N (5)</p> <p>201 : dressage (1) en finition</p> <p>Cm : 28</p> <p>202 : charioter (2) finition</p> <p>Cm : 19^0_{-1}</p> <p>204 : percer (8) en finition</p> <p>Cm : 16 , Cm : $86^{\pm 0.2}$</p> <p>Ca : $79^{\pm 0.2}$</p> <p>205 : percer (9) en finition</p> <p>Cm : 16</p> <p>Ca : $79^{\pm 0.2}$</p> <p>Ra : 6.3</p> <p>Ra : 0.8</p>	Tour CNC	<p>Pied à coulisse</p> <p>Calibre à mâchoire</p> <p>Tampon lisse</p>	

II.3 Concluions

-L'analyse de fabrication pour la production d'une trompette met en lumière l'importance de déterminer le nombre d'opérations d'usinage nécessaires pour chaque surface, ainsi que la nécessité de regrouper les surfaces pouvant être usinées sans démontage de la pièce. En outre, elle souligne l'importance de documenter les caractéristiques et spécifications de la trompette, notamment ses dimensions, les matériaux utilisés, les tolérances de fabrication, les propriétés mécaniques et les exigences de performance. Cette analyse fournit une base solide pour garantir la qualité, la cohérence et la durabilité des trompettes fabriquées, ainsi que pour développer des stratégies efficaces de maintenance et de réparation.

Chapitre 03 :

projet d'étude de fabrication

III.1 L'étude de fabrication

Ce chapitre se focalisera sur le processus de sélection des outils et machines adéquats pour l'étude, en tenant compte des paramètres géométriques et de la profondeur de coupe optimale. Nous ferons usage des normes de la S N V I pour effectuer les calculs, lesquelles intègrent des modèles mathématiques afin de déterminer les temps de coupe et l'usure des outils. Ces calculs seront utilisés dans le but d'optimiser le temps de production en accord avec les objectifs fixés.

III.2 Choix de la machine utilisé

Le CTX Beta 2000 TC est un type de machine souvent utilisé dans des applications industrielles, impliquant probablement le travail des métaux ou d'autres tâches d'ingénierie de précision. Voici un aperçu général de ce qu'il faut considérer à propos d'une telle machine.

III.3 Objectif et fonctionnalité

Le CTX Beta 2000 TC est généralement un centre de tournage ou un tour CNC (Commande numérique par ordinateur). Il est utilisé pour des tâches d'usinage de haute précision, telles que des opérations de tournage, de fraisage et de perçage sur du métal ou d'autres matériaux durs.



FigureIII.1 : machine CTX beta 2000 TC

III.3.1 Spécifications techniques

Taille de la pièce : La machine peut traiter des pièces relativement grandes, ce qui est indiqué par le « 2000 » dans son nom, faisant souvent référence à la longueur ou au diamètre maximum de la pièce en millimètres.

Axes

Généralement, ces machines disposent de plusieurs axes (X, Y, Z et parfois des axes supplémentaires) pour permettre des opérations complexes et précises.

Vitesse et puissance de la broche

Broches à grande vitesse avec une puissance importante pour effectuer des tâches découpe et de finition lourdes.

Système de contrôle

Équipé de commandes CNC avancées qui permettent une programmation précise et une automatisation des tâches d'usinage.

III.3.2 Applications

Industrie automobile

Pour la fabrication de composants de moteur, de pièces de transmission et d'autres pièces automobiles critiques.

Aérospatiale

Pour produire des composants de haute précision utilisés dans les avions et les engins spatiaux.

Équipement médical

Pour l'usinage de pièces utilisées dans les dispositifs médicaux et les implants.

Fabrication générale

Utilisé dans diverses autres industries où un usinage de précision des composants est requis.

III.3.3 Caractéristiques

- **Changeur d'outils**

Changeurs d'outils automatiques pour basculer rapidement entre différents outils de coupe.

- **Systèmes de refroidissement**

Systèmes de refroidissement avancés à gérer.

III.3.4 Caractéristique technique de la machine

Tableau III.21 : caractéristique de la machine [21]

Diamètre maximale de la pièce	800 mm
Longueur maximale de la pièce usiner	2000mm
Diamètre max. des barres l	110mm
Déplacement maximale sur l'axe X	415 mm
Déplacement maximale sur l'axe Y	150 mm
Déplacement maximale sur l'axe Z	2025 mm

III.3.5 Caractéristique principale

Tourelle de haute précision pour une précision maximale tr /min, 12,5 KW et 85 Nm

- Tolérance dans le diamètre < 10 µm
- Stabilité thermique à travers un refroidissement actif < 10µm

Usinage des pièces ayant un diamètre de rotation max/ de Ø 600 mm et une longueur de tournage allant jusqu'à 2000 mm [2]

- Diamètre maximale du mandrin 500 mm
- Tourelle VDI 50 avec 12outils à entrainement +6 blocktool
- Poupée mobile NC et lunette

Usinage des pièces ayant un diamètre de rotation max/ de Ø600 mm et une longueur de tournage allant jusqu'à 2000 mm [2]

- Diamètre de pourtour jusqu'à à 800 mm
- Usinage de barres de pièces de max. Ø 111 mm
- Broche principale comme ISM 102 avec 4000 tr/ min, 45 KW et 770 Nm en version standard, en option ISM102 plus 2500 tr /min, 52 KW et 2200 Nm.



(a)



(b)

Figure (a) et (b) III.2: usinage par tournage CNC.

III.3.6 Précision

- Stabilité maximale et précision constante
- Excellente stabilité thermique Grâce à des moteurs de broche refroidis par eau intégrés
- Haute précision constante grâce à des système directs dans l'axe X en série [2]

III.3.7 Choix des outils

- 1) Outillés à dresser et charioté $K_r = 95^\circ$
- 2) Outil à rainuré $K_r = 45^\circ$
- 3) Outil a percé $K_r = 95^\circ$
- 4) Outil à aléser $K_r = 95^\circ$
- 5) Outil à fileté $K_r = 60^\circ$
- 6) Outil à gorge $K_r = 59^\circ$



(a)



(b)

Figure (a) et (b) III.3 : outillage de la machine.

III.3.8 Choix des outils et groupement d'outils

En se fondant sur les informations provenant des spécifications techniques des outils et l'expérience des bureaux d'études de la S N V I, ainsi qu'en tenant compte de nos propres conclusions, le choix de l'outil est effectué en fonction de :

- Des associations prévues dans le projet de gamme.
- Des formes des surfaces à générer.
- Des rigidités outils et des porte-machines.
- Des possibilités cinématiques des machines.[2]

III.4 Condition de coupe

III.4.1 Temps technologique, efforts de coupes et puissances

III.4.1.1 Pièce essieu

Phase 200 : tournage

$K_s = c (\int \sin Kr)^n \times (1+m \theta) \rightarrow$ (Pression spécifique de coupe)

C : d'après le tableau des valeurs indicatives 2300N/mm² → (facteur d'influence de la matière usinée)

$\gamma = \gamma^0 - \gamma$ (Ecart angulaire) ou $\begin{cases} \gamma^0 = \text{angle de coupe} \\ \gamma = \text{angle d'attaque} \end{cases}$

$F = a/8$ (V45 de coupe avance) → $\begin{cases} a = 3 \text{ à } 5 \text{ en ébauche on prend } a = 4 \\ 1 \text{ à } 3 \text{ en finition on prend } a = 2 \\ 0,5 \text{ à } 1 \text{ en finition on prend } a = 0,75 \end{cases}$

Acier $\begin{cases} n = -0,2 \text{ aciers} \\ m = 0,008 (1\%) \end{cases}$

1-Dressage de 1 :

III.4.1.1.1 Calcul Ks

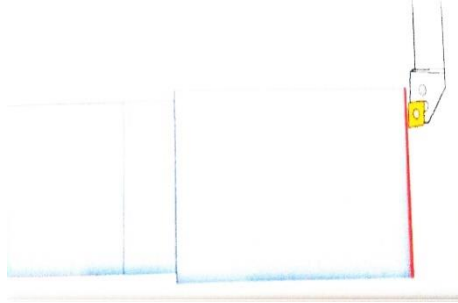


Figure III.4: opération de dressage

Les donnees → $\begin{cases} Kr = 95^\circ \\ \gamma = -6^\circ \\ T1 = 45min \end{cases}$

$Ks = c (f \sin Kr)^n \times (1 + m \theta) \dots\dots\dots(3,1)$

$\theta = \gamma^\circ - \gamma \dots\dots(3,2)$ D'où $\theta = 14^\circ - (-6^\circ) = 20^\circ$

• Finition

$F = a/8$ et $a = 0,75$ d'où $f = 0,75/8$ m/tr

$Ksf = 9608,11$ N/mm²

III.4.1.1.2 Calcul de V2

$V2 = [V1 \left[\frac{(T1 \times f \times 10^3)}{(Lc \times n \times D \times N)} \right]^{\frac{1}{-k}}]^{-\frac{k}{-k-1}} \dots\dots\dots (3,3)$

les donnees → $\begin{cases} k = -3,1^\circ \\ T1 = 45min \\ f = 0,75/8 \\ D = 108 \\ N = 3000 \text{ nombres de pièce} \end{cases}$

• Finition

$Vt = 200$ m/min

$Lc = 2 + \alpha \tan K + \frac{D1 - D2}{2} \rightarrow$ (longueurs de coups) ... (3,4)

$$L_c = 56.04 \text{ mm} \quad \text{D'où} \quad V_2 f = 324.71 \text{ m/min}$$

III.4.1.1.3 Calcul de T_2

$$(V_1 \times T_1)^{\frac{1}{-k}} = (V_2 \times T^2)^{\frac{1}{-k}} \dots \dots \dots (3,5)$$

- $\frac{1}{2}$ Finition

$$V_1 = 200 \text{ m/min}$$

$$V_2 = 324,71 \text{ m/min}$$

$$T_2 f = 3.98 \text{ min}$$

III.4.1.1.4 Calcul des différents efforts

- Finition

$$K_s = 4286,69 \text{ N/mm}^2 \quad a = 0.75 \quad f = 0,75/8$$

$$F_v = k_s \times a \times f \dots \dots \dots (3,6)$$

$$F_f = F_v \times (0,15 - 0,1 \times \cos k) \dots \dots (3,7)$$

$$F_p = 0,3 \times f_v \dots \dots (3,8)$$

$$F_v = 301.4 \text{ N} \quad F_p = 90.42 \text{ N} \quad F_f = 15,18 \text{ N}$$

III.4.1.1.5 Calcul des puissances absorbées

$$N_c = F_v \times V \dots \dots \dots (3,9)$$

$$N_f = F_f \times V_f \dots \dots \dots (3,10)$$

$$N_{cf} = 1631,12 \text{ W} \quad N_{ff} = 22,69 \text{ W}$$

D'où on trouve le temps technologique :

$$T_t = \frac{L_c}{v_f} \dots \dots \dots (3,11)$$

$$T_{t_f} = 0.14 \text{ min}$$

2. Charriotage de 3

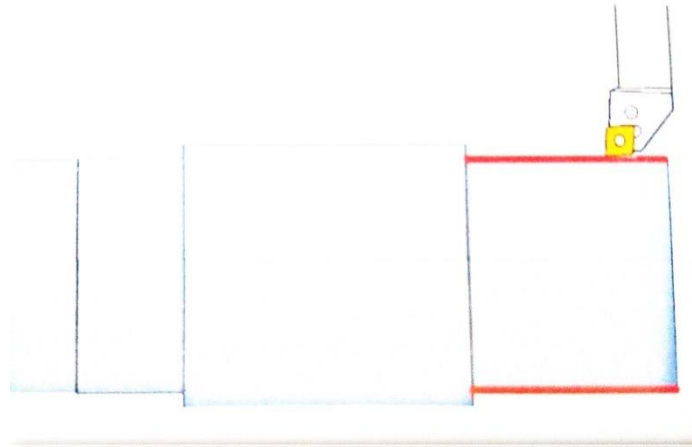


Figure III.5 : opération de charriotage

III.4.1.1.6 Calcul K_s

$$\text{Les données} \rightarrow \begin{cases} Kr = 95^\circ \\ \gamma = -6^\circ \\ T1 = 45 \text{ min} \end{cases}$$

$$K_s = c (f \sin kr)^n \times (1 + m \theta)$$

$$\theta = \gamma^\circ - \gamma \quad \text{D'où } \theta = 14^\circ - (-6^\circ) = 20$$

- **Ebauche**

$$F = a/8 \text{ et } a = 4 \quad \text{d'où } f = 4/8 \text{ m/tr}$$

$$K_{se} = 3067,6 \text{ N/mm}^2$$

- **½ finition**

$$F = a/8 \text{ et } a = 2 \quad \text{d'où } f = 2/8 \text{ m/tr}$$

$$K_s \text{ } \frac{1}{2}f = 3523,13 \text{ N/mm}^2$$

- **Finition**

$$F = a/8 \text{ et } a = 0,75 \text{ d'où } f = 0,75/8 \text{ m/tr}$$

$$K_{sf} = 4286,69 \text{ N/mm}^2$$

III.4.1.1.7 Calcul de V_2 (vitesse de coupe)

$$V_2 = \left[V_1 \times \frac{T_1 \times f \times 10^3}{L_c \times \pi \times D \times N} \right] \left(\frac{1}{-k} \right)^{\left(\frac{-k}{-k-1} \right)}$$

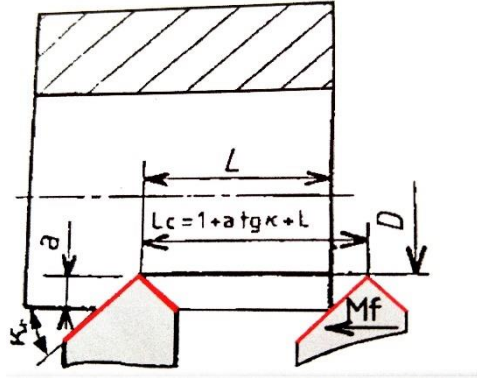


Figure III.6 : opération de charriotage.

$$\text{Les donnees} \rightarrow \begin{cases} k = -3,1^\circ \\ T1 = 45 \text{min} \\ fe = \frac{4}{8} \\ D = 109.7 \\ N = 3000 \text{nombre de pièce} \end{cases}$$

• Ebauche

$$V=150\text{m/min}$$

$$L_c = 1 + a + \tan k + L \rightarrow (\text{Longueurs de coupe})$$

$$L_c = 19,65\text{mm} \quad \text{D'où} \quad V_{2e} = 302,83\text{m/min}$$

• 1/2 Finition

$$V=175\text{m/min}$$

$$L_c = 19,82\text{m} \quad \text{D'où} \quad V_{21/2f} = 308.73 \text{ m/min}$$

• Finition

$$V=200\text{m/min}$$

$$L_c = 19,93\text{mm} \quad \text{D'où} \quad V_{2f} = 285,61 \text{ m/min}$$

III.4.1.1.8 Calcul de T2 (temps de coupe)

$$(V_1 \times T_1)^{\frac{1}{-k}} = (V_2 \times T_2)^{\frac{1}{-k}}$$

- **Ebauche**

$$V_1 = 150 \text{ m / m in}$$

$$V_2 = 302.83 \text{ m / min}$$

$$T_2 = [T_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)]^{-k} = 34 \text{ min}$$

- **1/2 finition**

$$V_1 = 175 \text{ m / m in}$$

$$V_2 = 308,73 \text{ m/min}$$

$$T_{2(1/2)} = 2,63 \text{ min}$$

- **Finition**

$$V_1 = 200 / \text{min}$$

$$V_2 = 285,61 \text{ m/min}$$

$$T_{2f} = 7.57 \text{ min}$$

III.4.1.1.9 Calcul des différents efforts

- **Ebauche**

$$K_s = 3667,6 \text{ N/mm}^2$$

$$a = 4 \quad \text{et} \quad f = 1/2$$

$$\begin{cases} F_v = K_s \times a \times f \\ F_v = 6134,12 \text{ N} \end{cases} \quad \begin{cases} F_p = 0,3 \times F_v \\ F_p = 1840,23 \text{ N} \end{cases} \quad \begin{cases} F_f = F_v \times (0,15 - 0,1 \cos k) \\ T_f = 309,4 \text{ N} \end{cases}$$

- **1/2 Finition**

$$K_s = 3523,13 \text{ N / mm}^2$$

$$\alpha = 2 \quad f = 0,75/8$$

$$F_v = 1761,56 \text{ N} \quad F_p = 520,46 \text{ N} \quad F_f = 10,74 \text{ N}$$

• Finition

$$K_s = 4286,69 \text{ N / m m}^2$$

$$a = 0.75 \quad f = 0.75/8$$

$$F_v = 301,40 \text{ N} \quad F_p = 90.42 \text{ N} \quad F_f = 15,18 \text{ N}$$

III.4.1.1.10 Calcul des puissances absorbées

$$N_c = F_v \times V$$

$$N_{c_e} = 30959,92 \text{ W} \quad N_{c_{1/2f}} = 9064.1 \text{ W} \quad N_{c_f} = 1434,71 \text{ W}$$

$$N_f = F_f \times V_f \quad \rightarrow \quad V_f = f \times N \dots\dots\dots (3,12)$$

$$N = \frac{v_2 \times 1000}{n \times D} \dots\dots\dots (3,13)$$

$$N_{f_e} = 2262,95 \text{ W} \quad N_{f_{1/2f}} = 300,96 \text{ W} \quad N_{f_f} = 19,963$$

III.4.1.1.11 Calcul du temps technologique

$$T_t = \frac{Lc}{v_f}$$

$$T_{t_e} = 0.044 \text{ min} \quad T_{t_{1/2f}} = 0.094 \text{ min} \quad T_{t_f} = 0,25 \text{ min}$$

3. Alésage de 4.

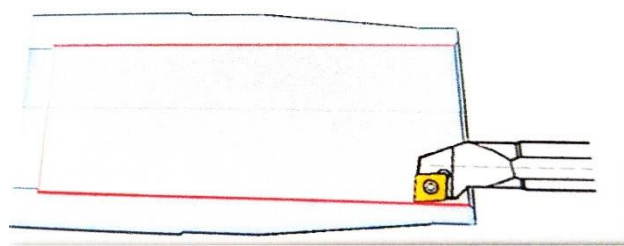


Figure III.7: opération d'alésage

Les données \rightarrow $\left\{ \begin{array}{l} K_r = 95^\circ \\ \gamma = 6^\circ \\ T_1 = 45 \text{ min} \\ K_{se} = 1224.53 \text{ N / mm}^2 \\ K_c = (1/2f) = 3231.56 \text{ N / mm}^2 \end{array} \right.$

$$\theta = \gamma^0 - \gamma \quad \text{D'où} \quad \theta = 14^\circ - 6^\circ = 8^\circ$$

III.4.1.1.12 Calcul de V_2

$$\text{Les donnes} \rightarrow \begin{cases} K = -3,1^\circ \\ T_1 = 45 \text{min} \\ fe = \frac{4}{8} \\ D = 82,94 \\ N = 3000 \text{ nombres de pièce} \end{cases}$$

- **Ebauche**

$$V_1 = 150 \text{m / min}$$

$$L_c = 201,95 \text{mm} \quad \text{D'où} \quad V_2 = 181,38 \text{m / min}$$

- **½ finition**

$$V_1 = 175 \text{m / min}$$

$$L_c = 202,82 \text{ mm} \quad \text{D'où} \quad V_{2\frac{1}{2}f} = 182,14 \text{ m / min}$$

- **Finition**

$$V_1 = 200 \text{m / min}$$

$$L_c = 204,93 \text{ mm} \quad \text{D'où} \quad V_{2f} = 167,87 \text{m / min}$$

III.4.1.1.13 Calcul de T_2

$$(V_1 \times T_1)^{\frac{1}{-k}} = (V_2 \times T_2)^{\frac{1}{-k}}$$

$$V_2 = \left(\frac{T_1}{T_2}\right)^{\frac{1}{-k}}$$

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{-k}$$

- **Ebauche**

$$V_1 = 150 \text{m / min}$$

$$V_2 = 181,38 \text{m / min}$$

$$T_2 = T_1 \times \left(\frac{V_1}{V_2}\right)^{-k}$$

$$T_{2e} = 17,4 \text{min}$$

- 1/2 finition

$$V_1 = 175 \text{ m / min}$$

$$V_2 = 182,14 \text{ m / min}$$

$$T_{2/2f} = 36,84 \text{ min}$$

- Finition

$$V_1 = 200 \text{ m / min}$$

$$V_2 = 167,87 \text{ m / min}$$

$$T_{2/2f} = 108,1 \text{ min}$$

III.4.1.1.14 Calcul des puissances absorbées

$$\text{Les données} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} F_{ve} = 2449,09 \text{ N} \\ F_{pe} = N \quad 724,71 \text{ N} \\ F_{fe} = 123,38 \text{ N} \\ K_{s-e} = 1224,38 \text{ N / mm}^2 \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} F_{v/2f} = 1615,78 \text{ N} \\ F_{p/2f} = 484,73 \text{ N} \\ F_{f/2f} = 81,40 \text{ N} \\ K_{s/2f} = 3231,56 \text{ N / mm}^2 \end{array} \right.$$

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{vf} = 274,69 \text{ N} \\ F_{pf} = 13,83 \text{ N} \\ F_{ff} = 13,83 \text{ N} \\ K_{sf} = 3938,25 \text{ N / mm}^2 \end{array} \right.$$

$$N_{ce} = 7403,59 \text{ W}$$

$$N_{c/2f} = 4904,96 \text{ W}$$

$$N_{cf} = 768,53 \text{ W}$$

$$N_f = F_f \times V_f \quad \rightarrow \quad V_f = f \times N$$

$$N = \frac{V_2 \times 1000}{\pi \times D}$$

$$N_{fe} = 715,71 \text{ W}$$

$$N_{/2f} = 223,57 \text{ W}$$

$$N_{ff} = 13,12 \text{ W}$$

D'où on trouve le temps technologique

$$T_{te} = 0,57 \text{ min}$$

$$T_{t/2f} = 1,23 \text{ min}$$

$$T_{tf} = 3,58 \text{ min}$$

III.4.1.2 Pièce trompette

Phase 200 : tournage

$K_s = c (f \sin Kr)^n \times (1+m\theta) \rightarrow$ (Pression spécifique de coupe)

C : d'après le tableau des valeurs indicatives=2300N/mm² \rightarrow (facteur d'influence de la matière usinée)

$\theta = \gamma^0 - \gamma \rightarrow$ (Ecart angulaire) ou $\rightarrow \begin{cases} \gamma^0 = \text{angle de coupe} \\ \gamma = \text{angle d'attaque} \end{cases}$

$f = a/8 \rightarrow$ (V 45 de coupe avance) $\begin{cases} a = 3a5 \text{ en ébauche on prend } a = 4 \\ 1\text{à}3 \text{ en } \frac{1}{2} \text{ finition on prend } a = 2 \\ 0,5\text{à}1 \text{ en finition on prend } a = 0,75 \end{cases}$

acier $\begin{cases} n = -0.2 \\ m = 0,008 (1\%) \end{cases}$

1. Dressage de 19.

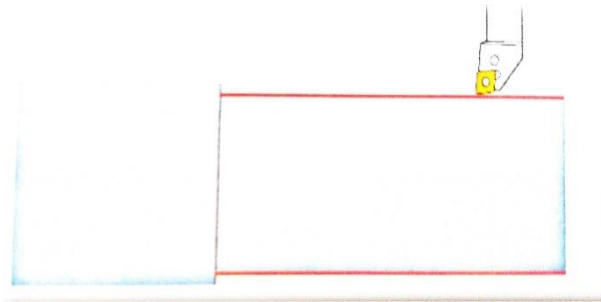


Figure III.8: opération de dressage. (Trompette 200)

Les donnees $\rightarrow \begin{cases} kr = 95^\circ \\ \gamma = -6^\circ \\ T_1 = 45min \\ f = 4286,69N/mm^2 \end{cases}$

$\theta = \gamma^0 - \gamma$ D'où $\theta = 14^\circ - (-6^\circ) = 20^\circ$

III.4.1.2.1 Calcul de V₂

$V_2 = \left[\frac{V_1 \times T_1 \times f \times 10^3}{L_c \times \pi \times D \times N} \right]^{-\frac{1}{k}}$

• Finition

Vt-200m/min

$L_c = 2 + a \tan k + \left(\frac{D_1 - D_2}{2}\right)$ (Longueurs de coupe)

$L_c = 23,93 \text{ mm}$ D'où $V_{2f} = 203,06 \text{ m/min}$

III.4.1.2.2 Calcul de T_2

- Finition

$V_1 = 200 \text{ m/min}$

$V_2 = 203,06 \text{ m/min}$

$T_{2f} = 41,71 \text{ min}$

III.4.1.2.3 Calcul des puissances absorbées

- Finition

Les donnes $\rightarrow \begin{cases} F_v = 301,40 \text{ N} \\ F_p = 90,42 \text{ N} \\ F_f = 15,18 \\ K_{sf} = 4286,69 \text{ N/mm}^2 \end{cases}$

$N_{cf} = 1152,36 \text{ W}$ $N_{ff} = 17,42 \text{ W}$

III.4.1.2.4 Calcul du temps technologique

$T_{tf} = 0,34 \text{ min}$

1. Charriotage de 20.

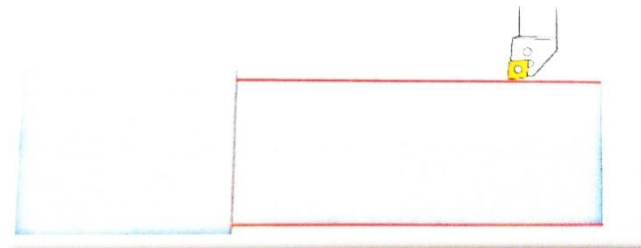


Figure III.9 : opération de charriotage (trompette 200)

$$\text{Les donnees} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} kr = 95^\circ \\ \gamma = 6^\circ \\ T_1 = 45 \text{min} \\ Ks - e = \frac{3067,06N}{\text{mm}^2} \\ ks \left(\frac{1}{2}\right) = \frac{3523,13N}{\text{mm}^2} \\ ksf = 4286,69N/\text{mm}^2 \end{array} \right.$$

$$\theta = \gamma^\circ - \gamma \quad \text{D'où } \theta = 14^\circ - (-6^\circ) = 20^\circ$$

III.4.1.2.5 Calcul de V_2

$$Lc = 204,95\text{mm} \quad \text{D'où} \quad V_2 = 125,19\text{m/min}$$

- **½finition**

$$V_1 = 75\text{m/min}$$

$$Lc = 1 + a \tan k + L \rightarrow (\text{Longueurs de coupe})$$

$$Lc = 204,97\text{mm} \quad \text{D'où} \quad V_2^{1/2f} = 128\text{m/min}$$

- **Finition**

$$V = 200 \text{ m/ min}$$

$$Lc = 1 + a \tan k + L \rightarrow (\text{Longueurs de coupe})$$

III.4.1.2.6 Calcul de T_2

$$Lc = 205\text{mm} \quad \text{D'où} \quad V_2^{1/2f} = 118,69\text{m/min}$$

- **Ébauche**

$$V_1 = 150 \text{ m/ min}$$

$$V_2 = 125,19 \text{ m/ min}$$

- **½finition**

$$V_1 = 175 \text{ m/ min}$$

$$V_2 = 128 \text{ m/ min}$$

$$T_2^{1/2f} = 214,95\text{min}$$

• **Finition**

$$V_1=200 \text{ min}$$

$$V_2=118,69 \text{ m/ min}$$

$$T_{2f} = 611,35 \text{ min}$$

III.4.1.2.7 Calcul des puissances absorbées

Les données →

$$\left\{ \begin{array}{l} F_{ve} = 6134,12N \\ F_{pe} = 1840,23N \\ F_{fe} = 3090,04N \\ K_{se} = \frac{1224,53N}{mm^2} \\ N_{fe} = 1140,27W \\ N_{ce} = 12798,84W \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} F_{V1/2f} = 1761,56 N \\ F_{p1/2f} = 528,46 N \\ F_{f1/2f} = 88,74N \\ k_{s1/2f} = \frac{3231,56N}{mm^2} \\ N_{f1/2f} = 169.26W \\ N_{c1/2f} = 3757,99W \end{array} \right. \quad \left\{ \begin{array}{l} F_{vf} = 301,40 N \\ F_{pf} = 301,40 N \\ F_{ff} = 15,18 N \\ k_{sf} = 3938,25Nmm^2 \\ N_{ff} = 10,18W \\ N_{cf} = 1434,714W \end{array} \right.$$

III.4.1.2.8 Calcul du temps technologique

$$T_{te} = 0,92 \text{ min}$$

$$T_{t1/2f} = 1,79 \text{ min}$$

$$T_{tf} = 3,08 \text{ minutes}$$

Phase 300 : tournage, fraisage, perçage

$$k_s = c(f \sin kr) \times (1+m\theta) \rightarrow \text{(Pression spécifique de coupe) (En Tournage)}$$

$$k_s = c(f/2 \sin Kr)^n \times (1 + m\theta) \text{ (En perçage)}$$

$$K_s = c [\sin kr \times (\frac{360 \times L \times f}{\pi \times \psi \times D})]^n \times (1+m\theta) \dots \text{ (En fraisage) } (\psi = \cos(-1) - (\frac{1-ae}{R}) \dots (314)$$

C : d'après le tableau des valeurs indicatives 2300N/mm² (facteur d'influence de la matière usinée)

$$\theta = \gamma^0 - \gamma \text{ (Écart angulaire) ou } = \begin{cases} \gamma^0 \text{ angle de coupe} \\ \gamma = \text{ angle d'attaque} \end{cases}$$

$$f=a/8 \text{ (V45 de coupe avance)} \quad \begin{cases} a = 3 \text{ à } 5 \text{ en ébauche on prend } a = 4 \\ 1 \text{ à } 3 \text{ en en finition on prend } a = 2 \\ 0,5 \text{ à } 1 \text{ en finition on prend } a = 0,75 \end{cases}$$

1. Dressage de 10.

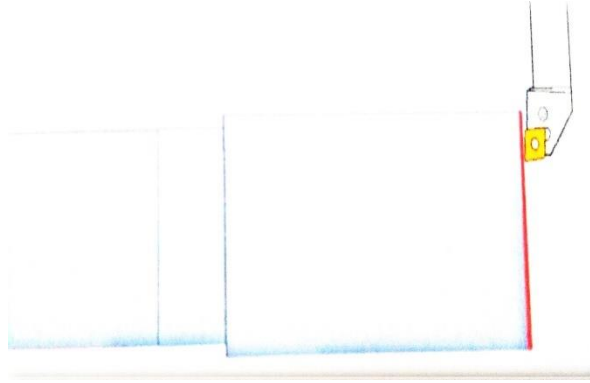


Figure III.10 : opération de dressage. (Trompette 300)

$$\text{Les données} \rightarrow \begin{cases} kr = 95^\circ \\ \gamma = -6^\circ \\ T_1 = 45 \text{ min} \\ K_{sf} = 4286,69 \text{ N/mm}^2 \end{cases}$$

$$\theta = \gamma^\circ - \gamma \quad \text{d'où } \theta = 14^\circ - (-6^\circ) = 20^\circ$$

III.4.1.2.9 Calcul de V_2

$$\text{Les données} \rightarrow \begin{cases} k = -3,1^\circ \\ T_1 = 7,45 \text{ min} \\ f = \frac{0,75}{8} \\ D = 87,8 \\ N = 12000 \text{ nombres de pièce} \end{cases}$$

- **Finition**

$$V_1 = 200 \text{ m/min}$$

$$L_c = 10,83 \text{ mm} \quad \text{D'où} \quad V_2 f = 247,72 \text{ min}$$

III.4.1.2.10 Calcul de T_2

$$(V_1 \times T_1)^{\frac{1}{-k}} = (V_2 \times T_2)^{\frac{1}{-k}}$$

- **Finition**

$$V_1 = 200 \text{ m / min}$$

$$V_2 = 247.72 \text{ m / min}$$

$$T_{2f} = 15.43 \text{ min}$$

III.4.1.2.11 Calcul des puissance absorbées

- Finition

$$\text{Les données} \rightarrow \begin{cases} F_v = 301.4 \text{ N} \\ F_p = 90.42 \text{ N} \\ F_f = 15.18 \text{ N} \\ K_{sf} = 4286.69 \text{ N / mm}^2 \end{cases}$$

$$N_{cf} = 1244.38 \text{ W} \quad N_{ff} = 21.3 \text{ W}$$

D'où on trouve le temps technologique

$$T_{tf} = 0.12 \text{ min}$$

2. Charriotage de 16.

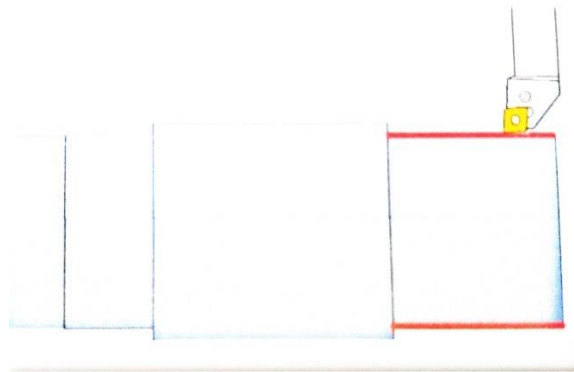


Figure III.11 : opération de charriotage. (Trompette 300)

$$\text{Les données} \rightarrow \begin{cases} k_r = 95^\circ \\ \gamma = -6^\circ \\ T^1 = 45 \text{ mm} \\ K_{sf} = 4286.69 \text{ N / mm}^2 \end{cases}$$

$$\theta = \gamma^0 - \gamma \quad \text{d'où} \quad \theta = 140 - (-6^\circ) = 20^\circ$$

III.4.1.2.12 Calcul de V_2

$$\text{Les données} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} k = -3,1^\circ \\ T^1 = 45 \text{ min} \\ f = \frac{0,75}{8} \\ D = 87,8 \\ N = 12000 \text{ nombres de pièce} \end{array} \right.$$

- **Finition**

$$V_t = 200 \text{ m / min}$$

$$L_c = 33,68 \text{ mm} \quad \text{D'où} \quad V_{2f} = 189,54 \text{ m / min}$$

III.4.1.2.13 Calcul de T_2

$$(V_1 \times T_1)^{\frac{1}{-k}} = (V_2 \times T_2)^{\frac{1}{-k}}$$

- **Finition**

$$V_1 = 200 \text{ m/min}$$

$$V_2 = 189,54 \text{ mm / min}$$

$$T_{2f} = 51,2 \text{ min}$$

III.4.1.2.14 Calcul des puissances absorbées

- **Finition**

$$\text{Les données} \rightarrow \left\{ \begin{array}{l} F_v = 301,40 \text{ N} \\ F_p = 90,42 \text{ N} \\ F_f = 15,18 \text{ N} \\ K_{sf} = 4286,69 \text{ N/mm}^2 \end{array} \right.$$

$$N_{cf} = 952,12 \text{ W}$$

$$N_{ff} = 16,29 \text{ W}$$

D'où on trouve le temps technologique

$$T_{tf} = 0,52 \text{ min}$$

3. Perçage de 06,07.

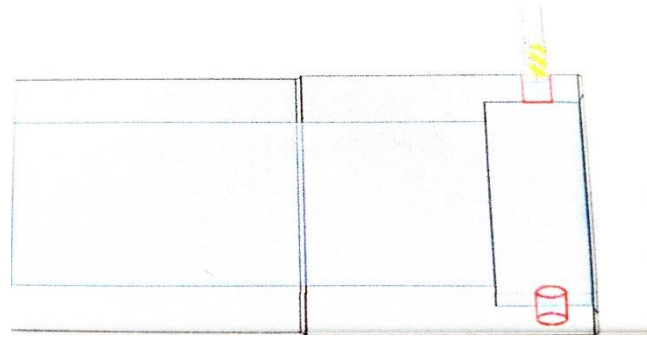


Figure III.12 : opération de perçage

III.4.1.2.15 Calcul Ks

Les donnees \rightarrow $\begin{cases} kr = 59^\circ \\ \gamma = 20^\circ \\ T_1 = 45min \end{cases}$

$$ks = c \left(\frac{f}{2} \times \sin Kr \right)^n (1 + m\theta)$$

$\theta = \gamma^\circ - \gamma$ D'où $\theta = 14^\circ - 20^\circ = -6^\circ$

• Finition

$F = a / 8$ $a = 0.75$ d'où $f = 0.7/8$ m/tr

$ksf = 3954.703N / m m^2$

III.4.1.2.16 Calcul de V2

$$(VL_1 \times L_1)^{\frac{1}{-k-1}} = (VL_2 \times L_2)^{\frac{1}{-k-1}}$$

Le donnees \rightarrow $\begin{cases} k = 0,025 \text{ et } kr = -0.25 \\ T1 = 15min \\ fe = \frac{4}{8}D = 8 \text{ et } Z = 2\text{à}5 \\ N = 120 \text{ nombres de pièce} \\ \delta = 118^\circ \\ VL_1 = 18 \text{ m/min} \\ L = 13 \text{ et } L_1 = 4.5 \times 10^3 \text{ m} \end{cases}$

• Finition

$$L_c = 2Z + L + \frac{D}{2} \times \left(\frac{1}{\tan(\delta/2)} \right) \text{ (Longueurs de coupe)(3,15)}$$

$$L_c = 21,4 \text{ mm}$$

$$(V_{L1} \times L_1)^{\frac{1}{-k-1}} = (V_{L2} \times L_2)^{\frac{1}{-k-1}}$$

$$V_{L2} = V_{L1} \times \left(\frac{L_1}{L_2 N} \right)^{\frac{1}{-k-1}}$$

$$V_{L2} = 94,66 \text{ m / min}$$

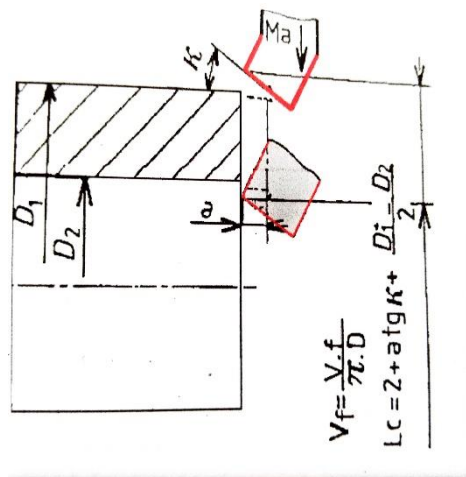


Figure III.13: opération de perçage

(δ =angle de point

Z= distance d'approche 2à 5 mm)

III.4.1.2.17 Calcul de T₂

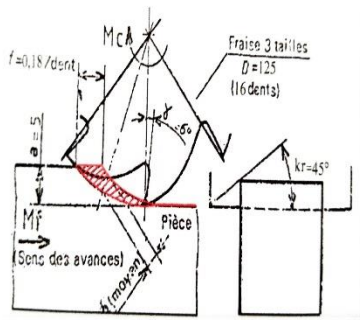
- Finition

$$V_1 = 200 / \text{min}$$

$$V_2 = 94,66 \text{ m / min}$$

$$T_2 f = 18,08 \text{ min}$$

III.4.1.2.18 Calcul des différents efforts



• Finition

$$K_s = 3954,703 \text{ N/mm}^2$$

$$a = 0,7576 \quad f = (K \times D)^{0,75} = 0,025 \times 8 = 0,1214$$

$$\begin{cases} F_v = k_s \times f \times \left(\frac{d}{4}\right) \\ F_v = 960,2 \end{cases} \quad \begin{cases} M_t = F_v \times \left(\frac{D}{2}\right) \\ M_t = 3840,807 \text{ N} \end{cases}$$

$$\begin{cases} F_f = \frac{k_s \times f \times D \times \sin kr}{2} \\ F_f = 1646,1 \text{ N} \end{cases}$$

III.4.1.2.19 Calcul des puissances absorbées

$$N_{cf} = 2725 \text{ W} \quad N_{ff} = 25000.823 \text{ W}$$

D'où on trouve le temps technologique

$$T_{t1} = 1,0046 \text{ min}$$

4. Rainurage de 1,2,3 :

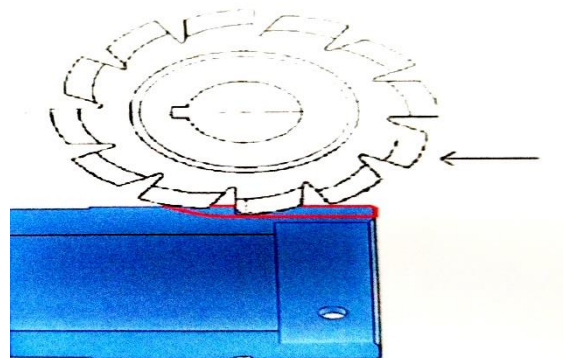


Figure III.14 : opération de rainurage.

$$\text{Les donnes} \rightarrow \begin{cases} Kr = 45^\circ \\ \gamma = 6^\circ \\ T_1 = 45 \text{ min} \\ \theta = 14^\circ - 6^\circ = 8^\circ \end{cases}$$

III.4.1.2.20 Calcul de ks

$$K_s = c \left[\sin kr \times \frac{(360 \times f \times L)}{(\pi \times \psi \times D)} \right]^{n \times (1 + m\theta)} \dots \dots (3,16)$$

$$K_s = c \left(\sin Kr \left(\frac{360 \times f \times L}{\pi \times 29,7^\circ \times 125} \right) \right)^{n \times (1 + m\theta)}$$

$$\Psi = \cos(-1) - \left(\frac{1 - ae}{R} \right) = \cos(-1) - \left(1 - \frac{5}{38} \right) = 29,7^\circ$$

$$k_s = 2300 (\sin 45 (360 \times 0,18 \times 68) / (\pi \times 29,7 \times 125))^{0,25 \times (1 + 0,008 \times 8)}$$

$$k_s = 15933,45 \text{ N/mm}^2$$

III.4.1.2.21 Calcul de V₂

$$\text{Les donnes} \rightarrow \begin{cases} k = -3,1^\circ \\ T_1 = 45 \text{ min} \\ f = 0,18 \\ D = 125 \\ N = 12000 \text{ nombres de pièce} \end{cases}$$

$$V_2 = V_1 \times \left(\frac{T_1}{T_2} \right)^{\frac{1}{-k-1}}$$

- **Finition**

$$V_1 = 61,5 \text{ m/min}$$

$$k_s f = 44,81 \text{ N/mm}^2$$

III.4.1.2.22 Calcul des puissances absorbées

- **Finition**

$$\begin{cases} F_v = 301,40 \text{ N} \\ F_f = 15,18 \text{ N} \\ K_s f = \frac{15933,45 \text{ N}}{\text{mm}^2} \\ F_p = 90,42 \text{ N} \end{cases}$$

$$N_c = k_s \times \left[\frac{a \times f \times V_c \times Z \times L}{192,27 \times 10^3 \times D} \right]$$

$$N_c f = 15933,45 \times \left[\frac{(5 \times 0,18 \times 44,81 \times 16 \times 68)}{(16 \times 68) (192,27 \times 10^3 \times D)} \right]$$

$$N_{ff} = 16,05 \text{ W}$$

D'où on trouve le temps technologie

$$T_{tf} = 6,40 \text{ min}$$

5. Gorgeage de 8,9 :

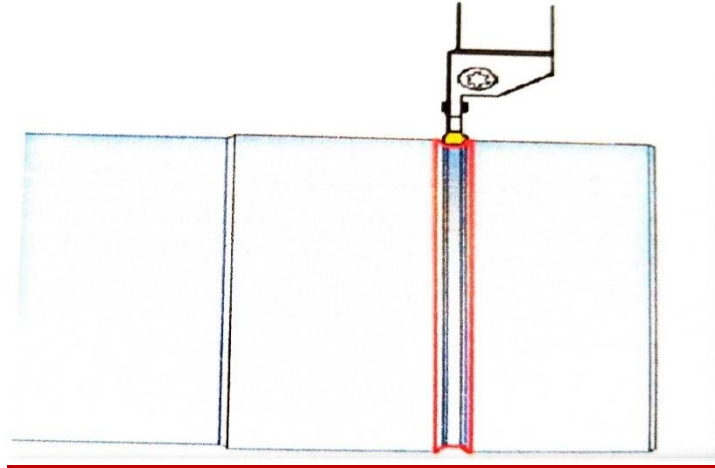


Figure III.15 : opération de gorgeage

$$\text{Les données} \rightarrow \begin{cases} Kr = 53^\circ \\ \gamma = 8^\circ \\ T_1 = 45 \text{ min} \\ K_{sf} = 236,369 \text{ min} \end{cases}$$

$$\theta = \gamma^\circ - \gamma \text{ D'où } \theta = 14^\circ - 8^\circ = 6^\circ$$

III.4.1.2.23 Calcul de V_2

$$\text{Les données} \rightarrow \begin{cases} K = -3,1^\circ \\ T_1 = 45 \text{ min} \\ F = \frac{0,76}{8} \\ D = 85,2 \\ N = 12000 \text{ nombres de pièce} : \end{cases}$$

- **Finition**

$$V_1 = 200 \text{ m/min}$$

$$L_c = 39,03 \text{ mm}$$

$$V_2 f = 181,15 \text{ m/min}$$

$$(V_1 \times T_1)^{\frac{1}{-k}} = (V_2 \times T_2)^{\frac{1}{-k}}$$

- **Finition**

$$V_1 = 200 \text{ m/min}$$

$$V_2 = 181,15 \text{ m/min}$$

$$T_2 f = 73,81 \text{ min}$$

III.4.1.2.24 Calculer des puissances absorbées

- **Finition**

$$\text{Les donnees} \rightarrow \begin{cases} F_v = 16,62 \text{ N} \\ F_p = 4,98 \text{ N} \\ F_f = 0,83 \text{ N} \\ k_{sf} = \frac{236,369 \text{ N}}{\text{mm}^2} \\ N_{cf} = 50,17 \text{ W} \\ N_{ff} = 0,87 \text{ W} \end{cases}$$

D'où on trouve le temps technologique

$$T_{tf} = 0,61 \text{ min}$$

Remarque : Choix des conditions optimales de coupe

Le choix des vitesses de coupe V , des avances par tour f , des profondeurs de passe a , ainsi que

Des nuances et angles d'outils (γ , k , λ) s'effectue en fonction :

- Du matériau à usiner ;
- De la rigidité de l'outil et de la pièce ;
- Des limites de la machine (puissance, fréquence rotation, vitesse d'avance) ;
- Du type d'opération à réaliser (ébauche ou finition) ;
- De l'état de surface à obtenir ;
- De l'usure d'outil fixée en fonction du temps .[2]

III.5 Etude de phase

L'étude de phase est une analyse approfondie visant à préciser les moyens techniques et économiques nécessaires, en fonction des résultats à atteindre.

III.5.1 Définition des temps

Temps technologique

La durée de travail englobe l'activité d'un outil ou de plusieurs outils associés, dépendant exclusivement des moyens matériels. Elle prend également en considération l'engagement et le désengagement des outils.

Temps manuel : TM

Il s'agit du laps de temps pendant lequel un travailleur effectue une action ou une réflexion à son poste de travail.

Temps techno manuel : Ttm

Il s'agit de la période pendant laquelle une action combinée, telle que l'utilisation d'un outil en conjonction avec une action manuelle, est réalisée.

Temps masqué

Il s'agit de la durée d'une action au cours d'une opération.

III.5.2 Le contrat de phase

Le contrat de phase (CPH) est un document contractuel entre le bureau des méthodes, qui le rédige, et l'atelier de fabrication, qui l'applique. Il détaille les opérations d'usinage d'une phase définie dans l'avant-projet d'étude de fabrication. Ce document est évolutif. Lorsque le poste d'usinage est stabilisé, en tenant compte des résultats des essais (choix d'outils ou de conditions de coupe différents par exemple). [22]

Contenu du contrat de phase

Zoon 1 : Cette partie contient des informations relatives à la phase et à la pièce

- Mode d'usinage (tournage, fraisage)
- Numéro de phase
- Type de machine utilisée
- Nom de la pièce et de l'ensemble
- Nombre de pièces et cadence
- Matière de la pièce
- État du brut (coulé ; laminé, étiré,)

- Nature du porte-pièce

Zoon 2 : Cette partie contient le dessin de la pièce en position d'usinage et dans l'état où elle se trouve à la fin de la phase

- Surfaces à usiner, en trait fort
- Normales de repérage avec la symbolisation technologique (2ème partie de la norme)
- Repérages des surfaces usinées et de mise en position
- Cotes fabriquées (Cf)
- Tolérances géométriques et état de surface
- Éventuellement la représentation schématique des outils de coupe (trajectoires)

Zoon 3 : On indique ici, les informations relatives aux opérations à effectuer

- Nature de l'opération
- Niveau de finition (ébauche, ½ finition, finition)
- Cotes fabriquées [22]

III.5.3 Détermination de types de production

Le choix du type de production dépend du programme annuel défini pour l'essieu et la trompette, prenant en compte à la fois la transition du produit à la fabrication ainsi que les considérations techniques et économiques. De plus, le régime d'un atelier mécanique est déterminé par des facteurs tels que le nombre de jours travaillés par an, le nombre d'équipes par jour, et la durée d'une journée de travail.

Le temps de nettoyages

Le service méthode établit la durée allouée au processus de nettoyage.

Le temps démarrage cycle

Les déperditions mentionnées se rapportent aux machines à avance hydraulique et représentent le temps requis pour chauffer le groupe hydraulique avant le démarrage de la machine. Cette période est estimée à environ une demi-heure par machine.

Le temps de pannes de la machine

Le temps de pannes de la machine, connu sous le nom de taux prévisionnel, correspond à la durée pendant laquelle les machines sont hors service en raison d'interventions de

maintenance programmées pendant les heures de travail, déterminée par le service de maintenance.

- **Calcul du nombre de pièce dans l'années :**

Le fond effectif (f) = 234jour

Nombre d'équipe (e)= 2

Repas pour chaque équipe (R)= 30mn

Temps démarrage cycle (Tdc) 15 mn /J ...15 mn ×234 Jour =3510 mn

Temps de nettoyages (Tn) = 30 mn/semaine ...30 mn ×40 semaines =1200 mn

La durée d'une journée de travail. (Tmt) =8 heures... 8-0,5=7,5 h

Temps d'usinage d'une pièce = 133,12 mn

Temps de travail sur année (Tta) ... Tta = f×e×Tmt = 234×2×7,5=3510 h =210600 mn ... [2]

- **Calcul de temps de travail :**

Temps de travail. Tta =(Tdc+Tn) = 210600 mn – (3510 +1200) 205890 mn →(3,17)

- **Calcul du nombre de pièce unitaire :**

(Temps de travail) / (temps d'usinage d'une pièce) = 1546 pièces / ans→ (3,18) [2]

Chapitre 04 :

simulation numérique

IV.1 Simulation SW

IV.1.1 Introduction

SOLIDWORKS Simulation est une solution d'analyse structurelle complète, entièrement intégrée à SOLIDWORKS, que les concepteurs et les analystes peuvent utiliser pour permettre aux entreprises de commercialiser leurs produits plus rapidement, à moindre coût et sans compromettre la qualité ou les performances.

IV.1.2 Simulation numérique

Les outils d'aide à la conception et à l'étude dans le domaine de la mécanique sont destinés à simuler le comportement cinématique et dynamique des mécanismes, ce qui permet d'améliorer notre façon de les concevoir et de les analyser.

IV.1.3 Présentation SOLIDWORKS

Simulation est un portefeuille de solutions d'analyse structurelle qui fait appel à la méthode d'analyse par éléments finis (FEA) pour prédire le comportement physique d'un produit dans le monde réel en testant virtuellement des modèles de CAO. Ce portefeuille fournit des solutions d'analyse linéaire, statique non linéaire et dynamique, réparties dans trois produits :

- Simulation Standard ;
- Simulation Professional ;
- Simulation Premium ;

Offrant chacun des fonctionnalités faciles à utiliser qui permettent de résoudre les problèmes les plus complexes.

IV.1.4 Avantages :

- Détecte des formes de conception alternatives grâce à l'optimisation de la topologie ;
- Réduit les délais de mise sur le marché en déterminant rapidement les solutions de conception optimales ;
- Prédit les performances, le coefficient de sécurité et la fatigue des produits dès les premières phases du processus ;

- Réduit les coûts des matériaux. Grâce à SOLIDWORKS Simulation, les équipes de conception peuvent se débarrasser en toute sécurité des matériaux inutiles ;
- Rationalise le processus onéreux de test et de certification en commençant par tester et affiner virtuellement les conceptions, ce qui permet de réduire les délais de mise sur le marché.[23]

IV.1.5 Fonctionnalités SOLIDWORKS

IV.1.5.1 SW Simulation Standard

SOLIDWORKS propose un environnement de test virtuel intuitif pour différentes simulations, permettant aux concepteurs et ingénieurs de résoudre des problèmes structurels courants. Voici un résumé des fonctionnalités clés :

- Simulation Statique Linéaire ;
- Simulation de Mouvement Temporelle ;
- Simulation de Fatigue Méga Cyclique ;
- Outils de Conception et de Dissection ;
- Fonctionnalités Avancées de SOLIDWORKS Simulation Professional ;

IV.1.5.2 SW Simulation Professional

SOLIDWORKS Simulation Professional offre des outils avancés pour optimiser et sécuriser les conceptions grâce à diverses analyses sophistiquées :

- Optimisation Paramétrique ;
- Étude de Flambage ;
- Analyse de Conception d'Appareils Sous Pression ;
- Étude de Topologie.

IV.1.5.3 SW Simulation Premium

➤ Simulation Premium comporte trois études avancées :

- Statique non linéaire ;
- Dynamique non linéaire ;
- Dynamique linéaire.

IV.1.6 Aide à la conception SOLIDWORKS

- Intégration totale avec le logiciel de CAO 3D SOLIDWORKS ;
- Prise en charge des configurations et des matériaux SOLIDWORKS ;
- Aide, documentation et base de connaissances ;

- Enregistrement de macros et interfaces de programmation d'applications (API). [23]

IV.1.7 Résultats et post-traitement

- Superposition des résultats de simulation sur les graphiques SOLIDWORKS ;
- Calcul de contraintes, de déformations, de déplacements et du coefficient de sécurité ;
- Calcul des forces de réaction et des moments ;
- de contours, d'iso surfaces, de surfaces et de résultats de sectionnés résultats .

Outil de sonde

- Comparaison des données de test ;
- Détection des points sensibles (singularité de contrainte) ;
- Résultats pilotés par des équations ;
- Rapport personnalisable de simulation ;
- Visualisation des résultats de simulation SOLIDWORKS.[23]

IV.1.8 Analyse générale par éléments finis

- Analyse de pièces à un ou plusieurs corps ;
- Analyse d'assemblages ;
- Modélisation de volumes, de coques et de poutres ;
- Analyses 3D et 2D ;
- Méthodes adaptatives h et p ;
- Fonctionnalités de contrôle du maillage ;
- Sous-modélisation ;
- Allocation des ressources informatiques pour l'exécution ;

IV.1.9 Types d'analyse

- Analyse statique linéaire ;
- Analyse de fatigue ;
- Analyse fréquentielle ;
- Analyse de flambage linéaire ;
- Analyse thermique linéaire ;
- Optimisation de la conception en mode paramétrique ;
- Études de topologie ;
- Analyse de test de chute ;
- Simulation de la conception d'un appareil sous pression ;

- Analyse cinématique temporelle ;
- Analyse du mouvement basée sur les événements ;
- Analyse dynamique linéaire ;
- Statique non linéaire ;
- Analyse dynamique non linéaire. [23]

IV.1.10 Conditions de contact

- Conditions de contact solidaire, glissant et d'ajustement serré ;
- Condition d'auto-contact ;
- Condition de résistance thermique de contact ;
- Condition isolante.

IV.1.11 Connecteurs

- Boulons, ressorts, goupilles, appuis élastiques et paliers ;
- Contrôle de sécurité des connecteurs ;
- Connecteurs de type point de soudure et cordon de soudure.

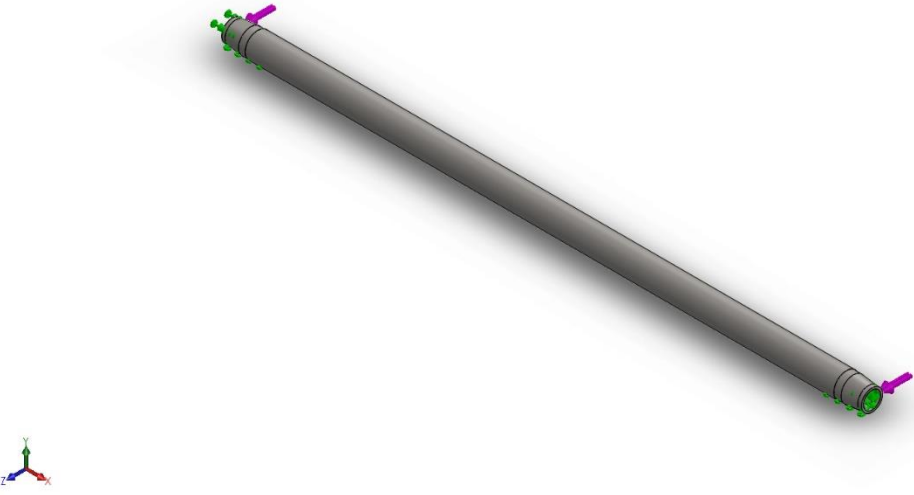


IV.1.12 Chargements et conditions aux limites

- Prise en charge des systèmes de coordonnées cartésien, cylindrique et sphérique ;
- Déplacements imposés ;
- Chargements structurels ;
- Chargement thermique ;
- Importation des effets d'écoulements/thermiques ;
- Gestionnaire de scénarios de chargement ;
- Courbes de charge conception qui utilisent.[23]

IV.2 Simulation d'essieu


IV.2.1 Informations sur le modèle

Tableaux IV.1 : Informations sur le modèle de simulation

			
Nom et référence du document	Traité comme	Propriétés volumétriques de l'essieu	Date de modification
Extruder-Mince 1 	Corps solide	Mass :180.589 kg Volume :0.0231525 m³ Densité :7,800kg/m³ Poids :1,769.78 N	May 30 11:23:35 2024
Extruder-Mince 2 	Corps solide	Mass :0.001326 kg Volume :1.7e-07m³ Densité :7,800kg/m³ Poids :0.0129948N	May 30 11:23:35 2024

IV.2.2 Propriétés du matériau

Tableaux IV. 2 : propriétés du matériau

Référence du modèle	Propriétés
	<p>Nom : 1.7045 (42Cr4)</p> <p>Type de modèle : Isotrope élastique linéaire</p> <p>Critère d'échec par défaut : Max von Mises Stress</p> <p>Limite d'élasticité : $6.7e^8 \text{N/m}^2$</p> <p>Résistance à la traction : $8.8e^8 \text{N/m}^2$</p> <p>Module d'élasticité : $1.9e^{11} \text{N/m}^2$</p> <p>Coefficient de Poisson : 0.28</p> <p>Densité de masse : $7,800 \text{ kg/m}^3$</p> <p>Module Des cisaillement : $7.9e^{10} \text{ N/m}^2$</p> <p>Coefficient de dilatation thermique : $1.1e^{(-5)}/\text{Kelvin}$</p>

IV.2.3 Propriétés de l'étude

Tableaux IV .3 : Propriétés de l'étude

Nom de l'étude	Statique 1
Type d'analyse	Statique
Type de maillage	Maille solide
Option thermique	Activé
Température de déformation nulle	Inclure les charges de température
Inclure les effets de pression du fluide de SOLIDWORKS Flow Simulation	298 Kelvin
Type de solveur	Désactivé
Effet dans le plan	Automatique
Ressort doux	Désactivé
Soulagement inertiel	Désactivé
Options de liaison incompatibles	Automatique
Grand déplacement	Désactivé
Les forces du corps libre	Activé
Friction	Désactivé
La méthode adaptative	Désactivé

IV.2.4 Les Unités

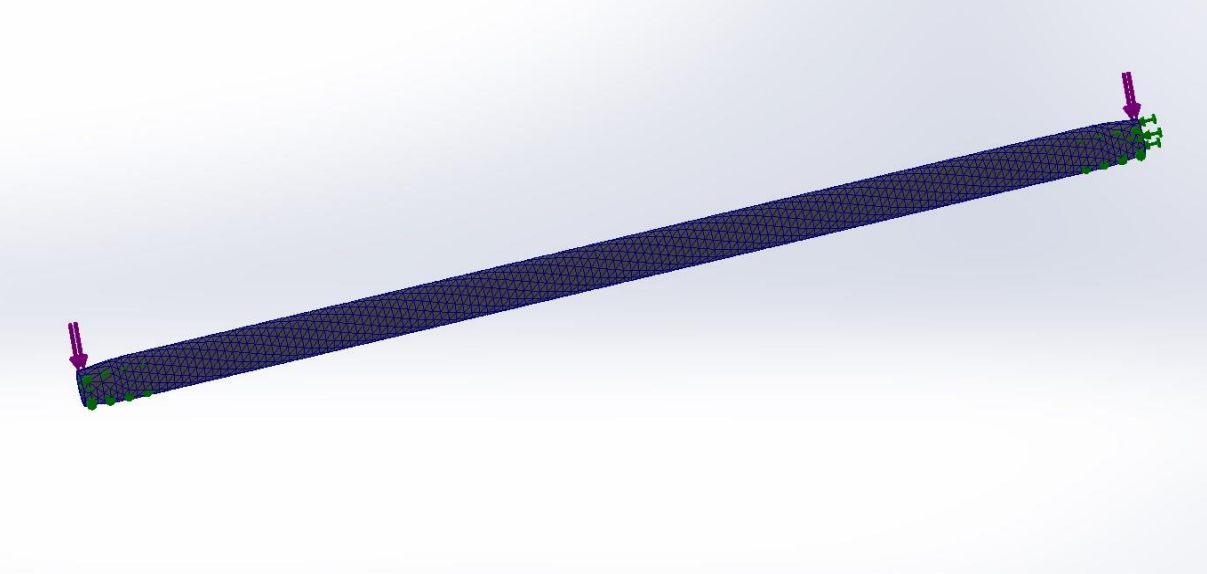
Tableaux IV. 4 : Les unités de simulation

Système d'unité	SI (MKS)
Longueur/Déplacement	mm
Température	Kelvin
Vitesse angulaire	Rad/s
Pression/contraint	N/m ²

IV.2.5 Information sur le maillage


Tableaux IV .5 : Informations de maillage

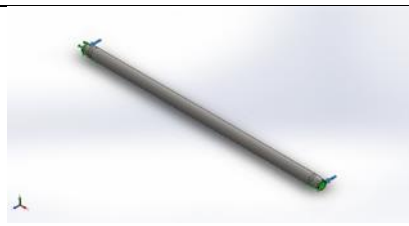
Type de maillage	Maille solide
Meilleur utilisé	Maillage basé sur la courbure
Points jacobiens pour un maillage de haute qualité	16 Points
Taille maximale de l'élément	29,477 mm
Taille maximale de l'élément	1,47385 mm
Qualité du maillage	Haut
Nombre total de nœuds	20567
Total des éléments	10355
Rapport hauteur/largeur maximum	110,8
Pourcentage d'éléments avec un rapport hauteur/largeur < 3	96,4
Pourcentage d'éléments déformés	1,81


Pourcentage d'éléments déformés	0
Temps pour terminer le maillage (h ; m ; s)	00 :00 :01
	
<p>Figure IV. 1 : maillage d'essieu</p>	

IV.2.6 Actions extérieures et forces résultantes

Tableaux IV. 6 : Actions extérieures et forces résultantes

Nom du déplacement imposé	Image du déplacement imposé	Détails du déplacement imposé		
Fixation berceaux		<p>Entités : 2 face(s) Type : Géométrie fixe</p>		
Forces résultantes :				
Composants	X	Y	Z	Résultant
Force de réaction (N)	-2.16659	0.820799	-100,002	100,002
Moment de réaction (N.m)	0	0	0	0

Nom de la charge	Charger l'image	Détails du chargement
Force-1		Entités : 2 face(s) Type : Appliquer une force normale Valeur : 50 000 N

Contact	Contact Image	Contacter Propriétés
Force de réaction		Type : collé Composants : 1composant(s) Options : Maillage indépendant

IV.2.7 Forces résultantes

- Forces de réaction :

Ensemble de sélection	Unités	Somme X	Somme Y	Somme Z	Résultant
Modèle entier	N	-2.16659	0.820799	-100.002	100.002

- Moments de réaction :

Ensemble de sélection	Unités	Somme X	Somme Y	Somme Z	Résultant
Modèle entier	N.m	0	0	0	0

- Forces du corps libre :

Ensemble de sélection	Unités	Somme X	Somme Y	Somme Z	Résultant
Modèle entier	N	-1.09131	-0.913594	-0.967529	1.46131

- Moments de corps libres :

Ensemble de sélection	Unités	Somme X	Somme Y	Somme Z	Résultant
Modèle entier	N.m	0	0	0	0

IV.2.8 Résultats de l'étude
IV.2.8.1 Contraintes

Tableaux IV .7 : Résultats de l'étude

Nome	Type	Min	Max
Contraint 1	Contrainte de Von	$7.978e^{-2}N/m^2$	$2.346e^8N/m^2$
	Mises	Noeud : 6284	Noeud : 20548

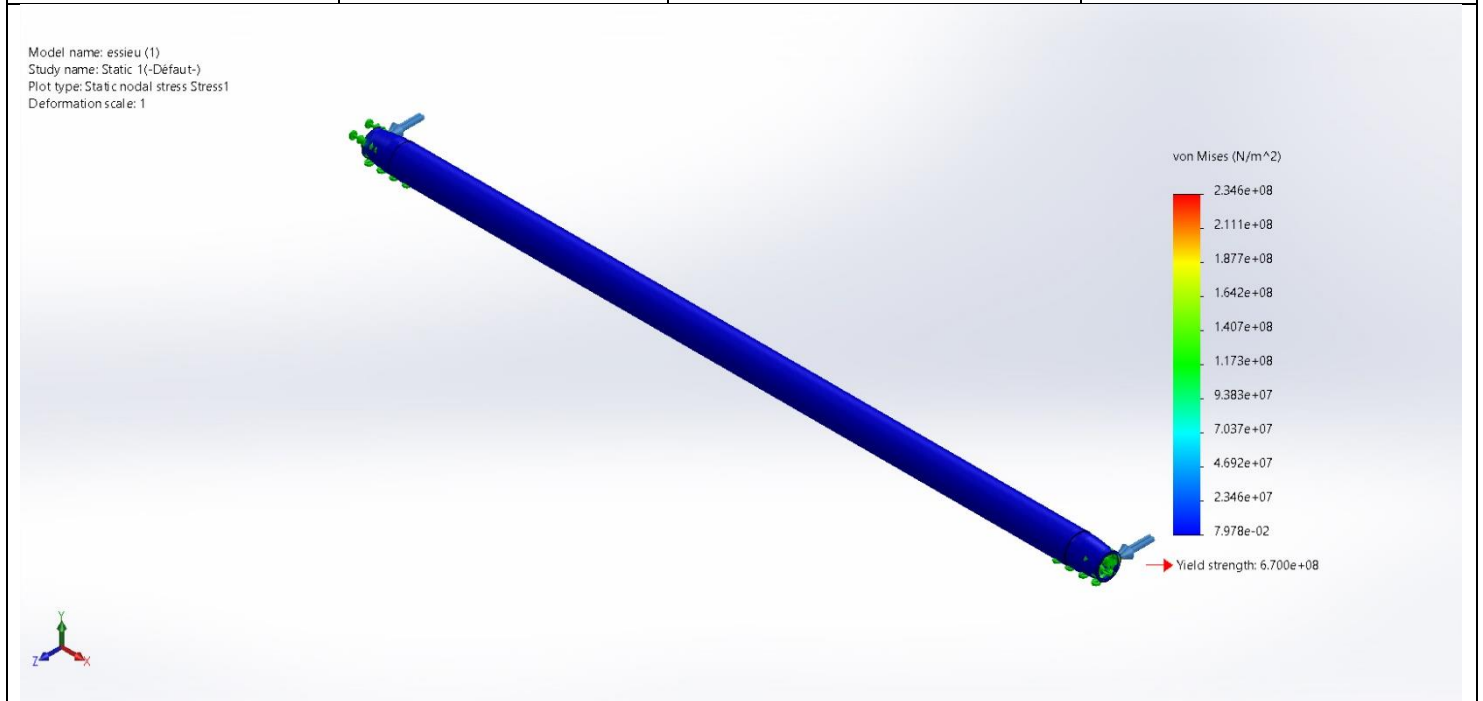


Figure IV .2 : Distribution des contraintes équivalentes de Von-mises sur l'essieu

Le tracé des contraintes équivalentes est généré sur la déformation. Les annotations

Relatives aux contraintes minimales et maximales de Von Mises s'affichent sur Figure IV .2 ,

Une marque de limite d'élasticité apparaît au bas de la légende du tracé. Ce tracé montre que la contrainte maximale ne dépasse pas les $2.346e^8 \text{N/m}^2$.

IV.2.8.2 Déplacement

Nome	Type	Min	Max
Déplacement	Déplacement résultant	$0.000e^0 \text{mm}$ Noeud : 17	$1.254e^{-2} \text{mm}$ Noeud : 3633

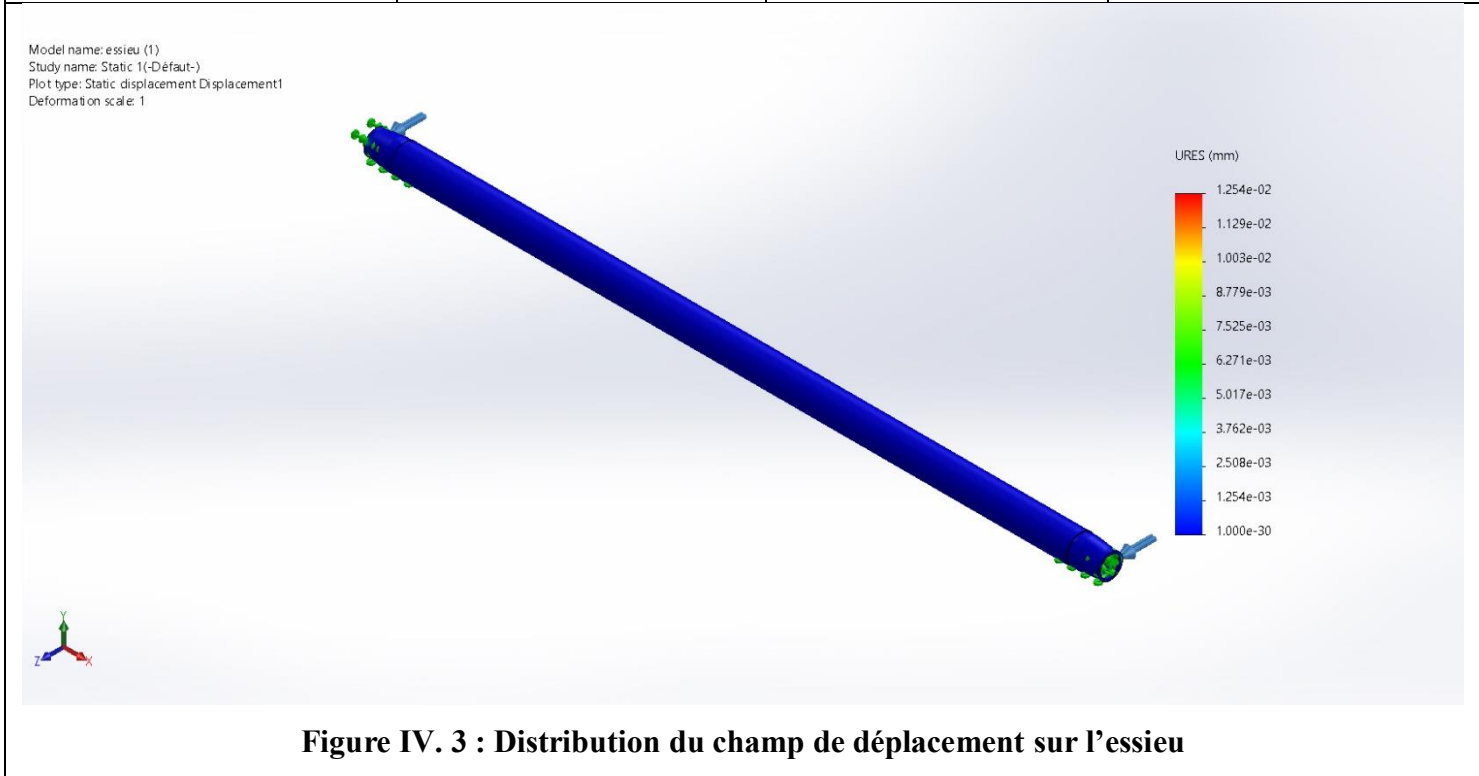


Figure IV. 3 : Distribution du champ de déplacement sur l'essieu

Des déplacements résultants dans le tracé de déplacement s'affichent sur La Figure IV. 3 de déplacement résultant maximum du corps de l'essieu est inférieur $1.254 e^{-2}$

IV.2.8.3 Déformation

Nome	Type	Min	Max
Déformation	Déformation équivalente	$2.241e^{-13}$	$9.903e^{-4}$
		Elément : 7494	Elément : 10352

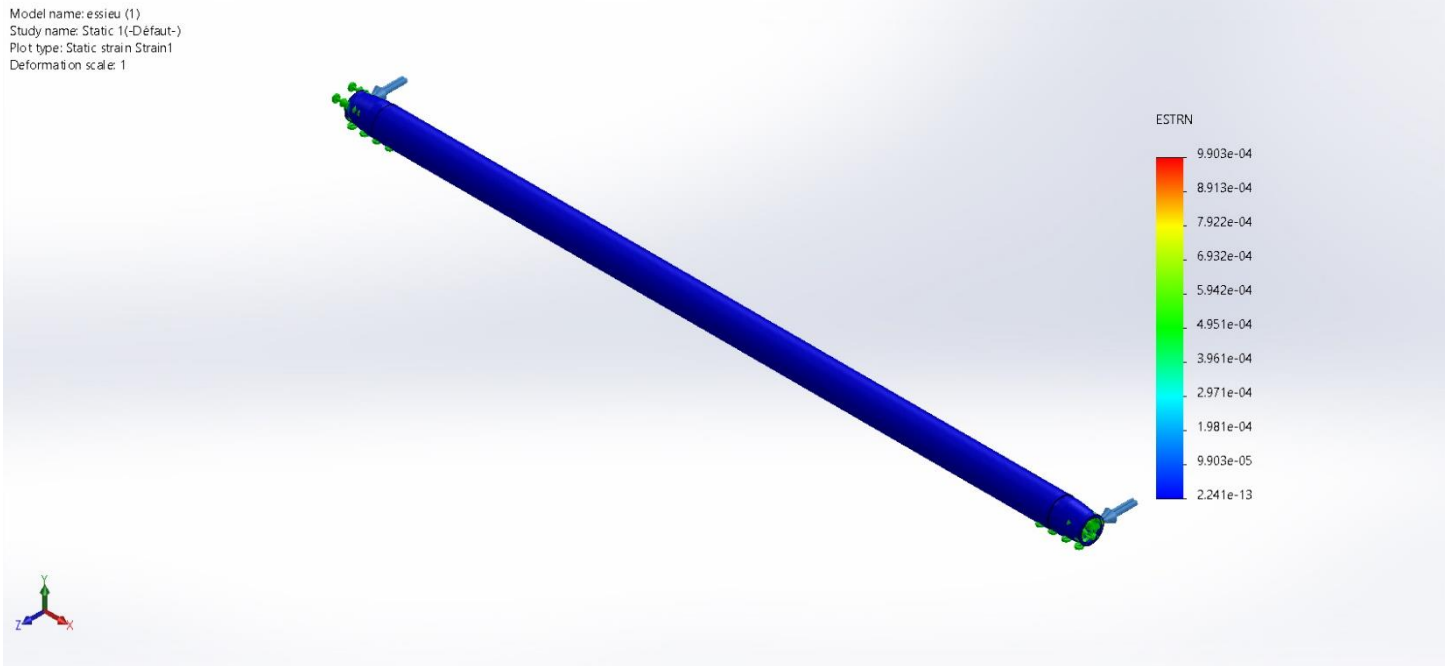


Figure IV. 4 : Distribution du champ de déformation sur l'essieu

Les résultats de déformation pour des études statiques de dépression sont affichés dans le tracé de déformation sur Figure IV. 4.

La déformation résultante maximum du corps de l'essieu est inférieure $9.903 e^{-4}$

IV.2.8.4 Coefficient de sécurité

Nome	Type	Min	Max
Coefficient de sécurité1	Automatique	$2.856e^0$ Noeud : 20548	$8.398e^9$ Noeud : 6284

Model name: essieu (1)
 Study name: Static 1(-Défaut-)
 Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1
 Criterion : Automatic
 Factor of safety distribution: Min FOS = 2.9

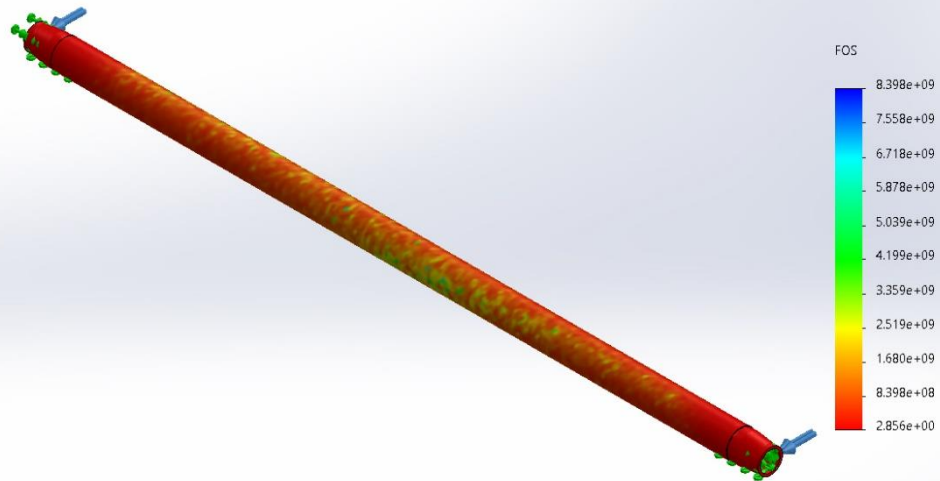


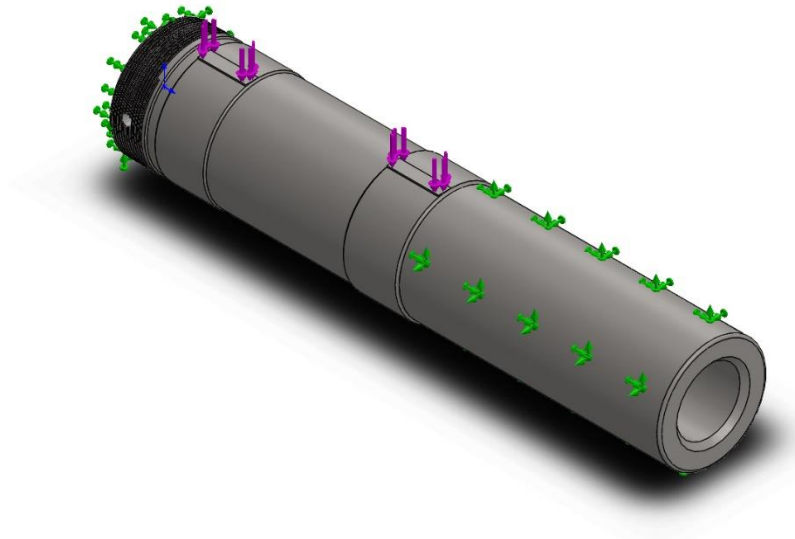

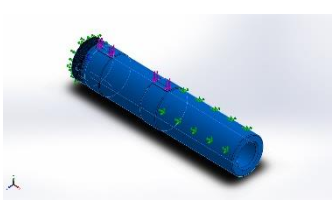
Figure IV .5 : Distribution du coefficient de sécurité sur l'essieu

La dernière étape de l'étude est affichée sur la Figure IV .5 ; Le coefficient de sécurité minimum du modèle est de 2.5 ce qui signifie que le modèle devrait résister aux pressions et aux déplacements imposés spécifiés.

IV.3 Simulation de trompette

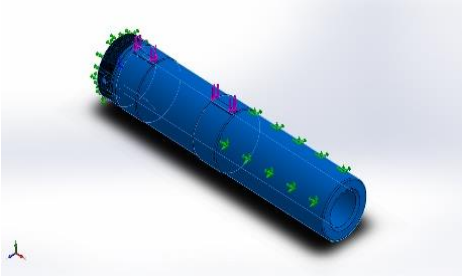
IV.3.1 Informations sur le modèle

Tableaux IV.8: Informations sur le modèle de simulation

			
			
Nom du document et référence	Traité comme	Propriétés volumétriques de trompette	Date de modification
Extruder-Mincel 	Corps solide	Masse : 12,3115 Kg Volume : 0,0015784 m³ Densité : 7799.98 kg/m³ Poids : 120.652 N	28 mai 00 :43 :25 2024

IV.3.2 Propriétés du matériau

Tableaux IV. 9 : propriétés du matériau

Référence du modèle	Propriétés
	<p>Nom : 1.7045 (42Cr4)</p> <p>Type de modèle : Isotrope élastique linéaire</p> <p>Limite d'élasticité : 6,7e+08 N/m²</p> <p>Limite de traction : 8,8e+08 N/m²</p> <p>Module d'élasticité : 1,9e+11 N/m²</p> <p>Coefficient de poisson : 0,28</p> <p>Masse volumique : 7800kg/m³</p> <p>Module de cisaillement : 7,9e+10 N/m²</p> <p>Coefficient de dilatation thermique : 1,1e-05 /Kelvin</p>

IV.3.3 Propriétés de l'étude

Tableaux IV. 10 : Propriétés de l'étude

Nom d'étude	Pression statique
Type d'analyse	Statique
Type de maillage	Maille solide
Effets thermiques	Activé(e)
Option thermique	Inclure des chargements thermiques
Température de déformation nulle	298 Kelvin
Inclure la pression du fluide calculée par SolidWorks Flow Simulation	Désactivé(e)

Type de solveur	Automatique
Stress contrefort	Désactivé(e)
Faible raideur	Désactivé(e)
Relaxation inertielle	Désactivé(e)
Options de contact solidaire incompatible	Automatique
Grand déplacement	Désactivé(e)
Vérifier les forces externes	Activé(e)
Friction	Désactivé(e)
Utiliser la méthode adaptative	Désactivé(e)

IV.3.4 Les Unités

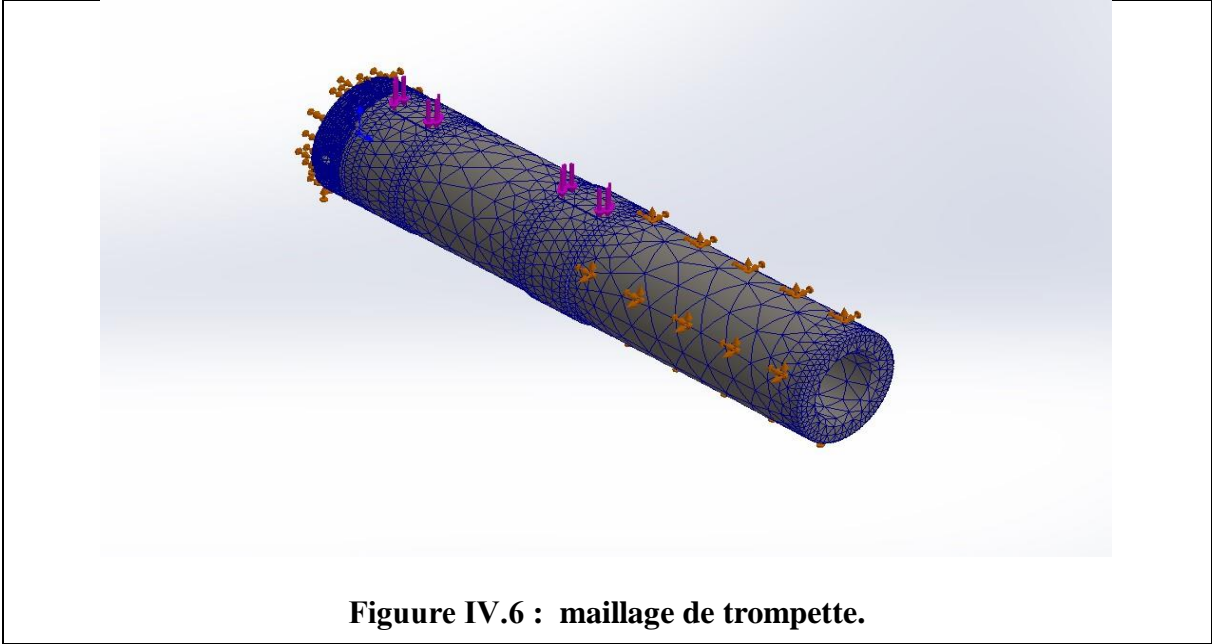
Tableaux IV. 11 : Les unités de simulation

Système d'unités	SI (MKS)
Longueur/Déplacement	mm
Température	Kelvin
Vitesse angulaire	Rad/s
Pression/Contrainte	N/m^2

IV.3.5 Information sur le maillage

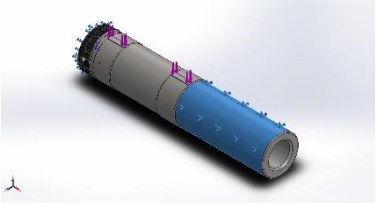
Tableaux IV. 12 : Informations de maillage

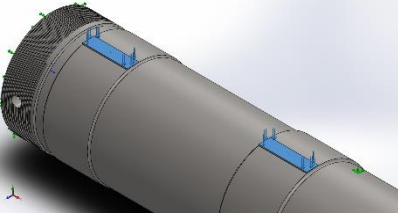
Type de maillage	Maille solide
Meilleur utilisé	Maillage mixte basé sur la courbure
Points jacobin pour un maillage de haute qualité	16 points
Taille maximale de l'élément	23,2912 mm
Taille minimale de l'élément	4,65825 mm
Qualité du maillage	Haut
Nombre total de nœuds	26617
Total des éléments	14179
Rapport hauteur / largeur maximum	228,47
<i>pourcentage d'élément avec un rapport hauteur /largeurr < 3</i>	54,2
Pourcentage d'éléments avec un rapport hauteur /logeur > 10	19,5
Pourcentage d'éléments déformés	0
Temps pour termine le maillage (h :m : s)	00 :00 :05



IV.3.6 Actions extérieures et forces résultantes

Tableaux IV. 13 : Actions extérieures et forces résultantes

Nom du luminaire	Image de luminaire			Détails du luminaire
Fixe - 1				-Entités : 2 face (s) -Taper : géométrie fixe
Forces résultantes				
Composants	X	Y	Z	Résultant
Force de réaction (N)	0,14559	100,001	1,59306	100,001
Moment de réaction (N. m)	0	0	0	0

Nom de la charge	Charger l'image	Détails du chargement
Fore - 1		-Taper : appliquer une force normale -Valeur : 50000 N

IV.3.7 Forces résultantes

- Forces de réaction

Ensemble de sélection	Unités	X	Y	Z	Résultant
Modèle enter	N	0,14559	100,001	1,59306	100 ,001

- Moments de réaction

Ensemble de sélection	Unités	X	Y	Z	Résultant
Modèle entière	N.m	0	0	0	0

- Force du corps libre

Ensemble de sélection	Unités	X	Y	Z	Résultant
Modèle entière	N	-3,78288	-3,07369	4,37846	6,552

- Force du corps libre

Ensemble de sélection	Unités	X	Y	Z	Résultant
Modèle entière	N.m	0	0	0	$1e^{-33}$

IV.3.8 Résultats de l'étude

IV.3.8.1 Contraintes

Tableaux IV .14 : Résultats de l'étude

Nom	Type	Min	Max
Contraints	Von : Contrainte de von-Mises	7.779e+00N/m ²	1.629e+08N/m ²
1		Nœud: 24167	Nœud : 16916

Model name: trompette
 Study name: Static 4(-Défaut-)
 Plot type: Static nodal stress Stress1
 Deformation scale: 1

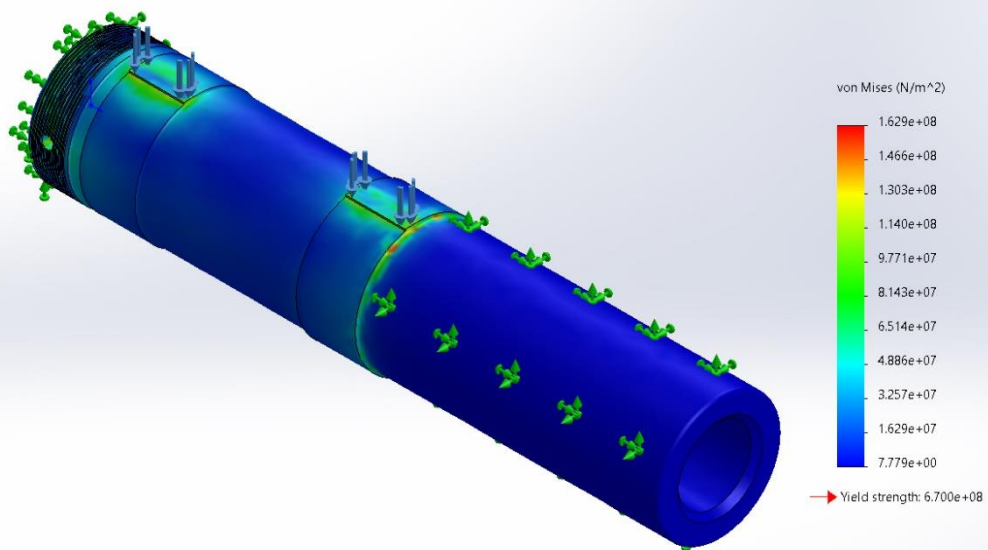


Figure IV. 7 : Distribution des contraintes équivalentes de Von-mises sur la trompette

Le tracé des contraintes équivalentes de Von Mises en fonction de la déformation est présenté dans la Figure IV. 7, avec des annotations indiquant les contraintes minimales et maximales. Une marque de la limite d'élasticité est visible au bas de la légende. Ce tracé montre que la contrainte maximale ne dépasse pas 1.629

IV.3.8.2 Déplacement

Nom	Type	Min	Max
Déplacement	URES : Déplacement	0.000e+00mm	4.415e-02mm
1	Résultant	Nœud : 11	Nœud : 5041

Model name: trompette
 Study name: Stat c 4(-Défaut-)
 Plot type: Static displacement/Displacement1
 Deformation scale: 1

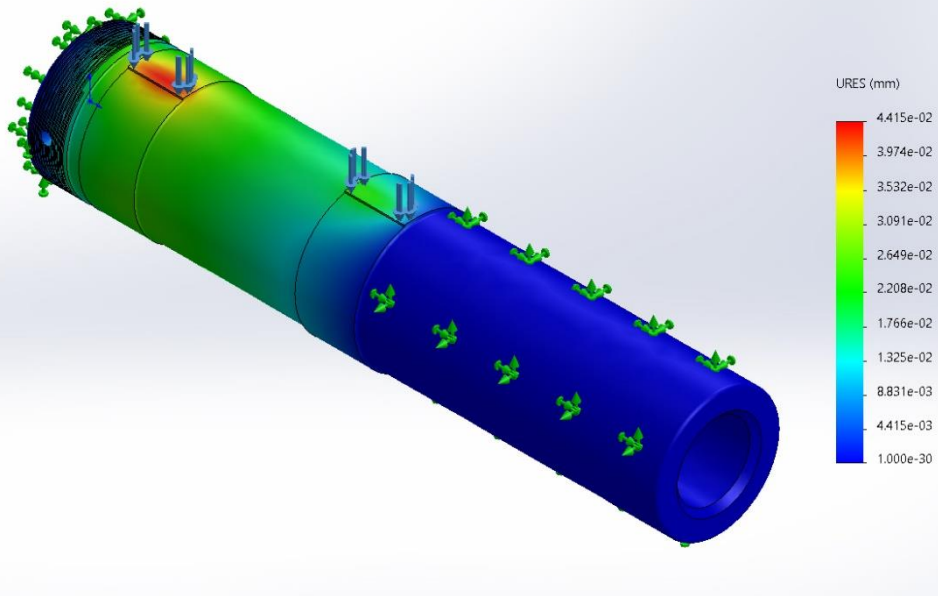


Figure IV .8 : Distribution du champ de déplacement sur la trompette

- Les déplacements résultants dans le tracé de déplacement sont présentés dans la Figure IV .8. Le déplacement résultant maximum du corps de la citerne est inférieur à 5.593×10^{-5} mm.

IV.3.8.3 Déformation

Nom	Type	Min	Max
Déformations	ESTRN : Déformation	5.510e-11	1.059e-03
1	Équivalente	Elément : 13354	Elément : 10941

Model name: trompette
 Study name: Static 4(-Défaut-)
 Plot type: Static strain Strain1
 Deformation scale: 1

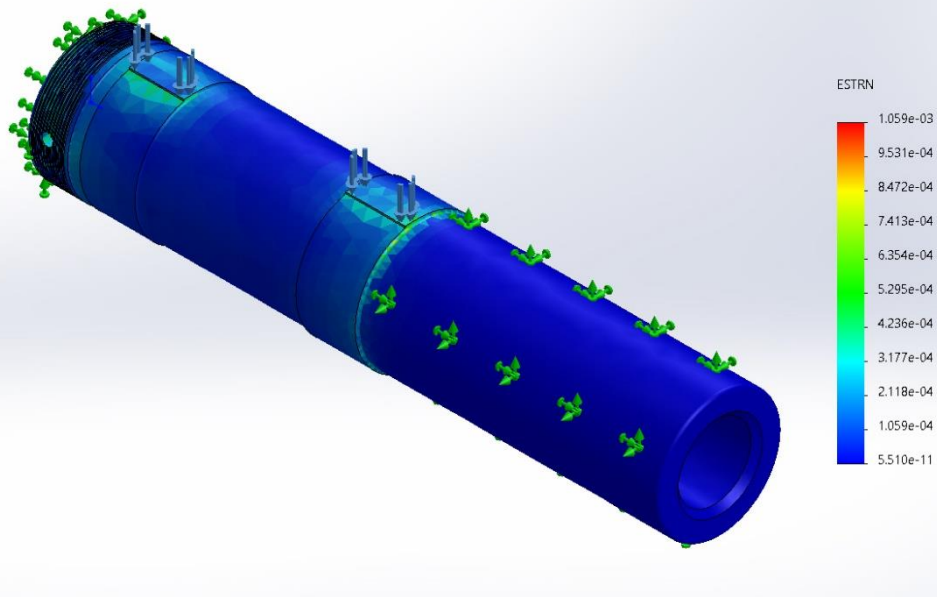


Figure IV .9 : Distribution du champ de déformation sur la trompette

Les résultats de déformation pour des études statiques de dépression sont affichés dans le tracé de déformation de la Figure IV .9. La déformation résultante maximale du corps de la citerne est inférieure à 6.734×10^{-9}

IV.3.8.4 Coefficient de sécurité

Nom	Type	Min	Max
Coefficient de Sécurité 1	Automatique	4.114e+00 Nœud : 16916	8.613e+07 Nœud : 24167

Model name: trompette
 Study name: Static 4-(Défaut-)
 Plot type: Factor of Safety Factor of Safety1
 Criterion: Automatic
 Factor of safety distribution: Min FOS = 4.1

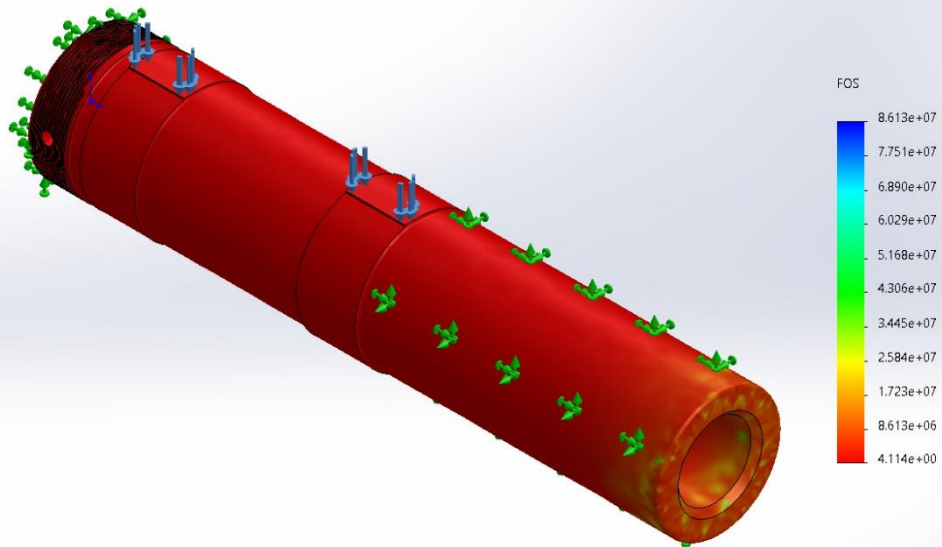


Figure IV .10 : Distribution du coefficient de sécurité sur la trompette

La dernière étape de l'étude est affichée dans la Figure IV .10. Le coefficient de sécurité minimum du modèle est de 4.1, ce qui signifie que le modèle devrait résister aux pressions et aux déplacements imposés spécifiés.

IV.4 Conclusion

L'étude, la conception et la simulation de l'essieu, ainsi que les paramètres, les facteurs et les démarches de cette étude ont été détaillés. Les résultats obtenus sont présentés et approuvés. À partir de ce chapitre, on peut déduire que pour une bonne conception d'un système de levage stable et sécurisé, il est indispensable de tenir compte préalablement de certains paramètres requis. Citons à titre d'exemple : les caractéristiques géométriques et mécaniques de la pièce à transporter et les matériaux utilisés pour chaque élément du système.

CONCLUSION GÉNÉRALE

Dans le domaine du transport de marchandises, il existe divers modèles de remorques, chacun étant conçu pour transporter un type spécifique de marchandises en fonction de leur forme et de leur capacité de chargement.

En réponse à la problématique et à la demande de la société SNVI concernant le remplacement des pièces anciennes (essieu et trompette) qui étaient monoblocs et nécessitaient un temps d'usinage considérable, ce qui réduisait la production, un renouvellement de la gamme ancienne a été entrepris.

Notre contribution s'est concentrée sur une étude approfondie de la fabrication mécanique de la nouvelle gamme d'usinage des nouvelles pièces, maintenant divisées en trois parties (un essieu et deux trompettes). Cette segmentation facilite l'usinage simultané sur plusieurs cellules, augmentant ainsi la cadence de production. Cette étude repose sur les principales analyses de fabrication, nous permettant d'optimiser les conditions selon le parc machine disponible.

La collecte de nos données a été principalement basée sur le cahier des charges de la SNVI, comprenant les dessins de définition, les machines CNC, les machines presseuses et les magasins d'outillage. L'application de la loi de Taylor aux méthodes analytiques des conditions de coupe nous a permis de déterminer des valeurs optimales pour un temps technologique favorable à l'usinage. Le choix des machines et des outils visait à optimiser les temps de coupe et à minimiser l'usure des outils.

La simulation numérique, en tant qu'outil crucial, nous a fourni les valeurs minimales des copeaux à prendre en compte lors de la mise en œuvre du contrat de phase. L'utilisation de la gamme d'usinage a permis de réduire considérablement les travaux d'optimisation, facilitant ainsi la modification des pièces fabriquées dans les ateliers.

L'emmanchement des pièces a démontré que la pression appliquée à la trompette sur l'essieu est bien supportée. Nous avons calculé la force de pression ainsi que la force de compression. Après l'usinage des pièces, nous avons constaté que les valeurs calculées et étudiées étaient idéales et conformes à la réalité, respectant les conditions géométriques et dimensionnelles.

Conclusion générale

En conclusion, bien qu'il existe plusieurs méthodes pour obtenir un produit, il est essentiel d'utiliser celle qui est la plus économique et la plus rapide (donc la plus rentable), tout en respectant les prescriptions techniques imposées par l'analyse de la fabrication du produit conforme.

Bibliographie

- [1] Boukezzoula Mohamed, Mlle. Haddadi Cylia, Conception et étude d'un pont moteur sur un autobus hors codes Promotion 2016-2017
- [2] Ghobrini yasmine ,Sellam linda tinhine , conception et étude de fabrication d'un essieu et trompette d'un semi-remorque , 2022-2023
- [3] M. Mahour Massinissa. ghardaneali, Etude, conception et adaptation d'un système de direction adroite du véhicule K120 /SNVI Promotion 2017
- [4] <https://www.pandamech.com/fr/info/pourquoi-appelle-t-on-cela-une-semi-remorque>
- [5] <https://www.econonord.com/2021/05/essieux-camion>
- [6] <https://www.a3ms.fr/la-classification-des-aciers/>
- [7] <https://acier.emile-maurin.fr/fr/acier-construction-allie-42cd4-traite-rectifie-h7-rond-42crmo4-10083-3-trrer/>
- [8]<https://slideplayer.fr/slide/502905/#:~:text=1%20L'ANALYSE%20DE%20FABRICATON,du%20produit%20aux%20sp%20C3%A9cifications%20demand%20C3%A9es.>
- [9] <https://braidwoodgear.com/principales-phases-usinage>
- [8]<https://slideplayer.fr/slide/502905/#:~:text=1%20L'ANALYSE%20DE%20FABRICATON,du%20produit%20aux%20sp%20C3%A9cifications%20demand%20C3%A9es.>
- [9] <https://braidwoodgear.com/principales-phases-usinage/>
- [10] https://fac.umc.edu.dz/ista/pdf/cours/Fab3_Bureau%20Des%20M%C3%A9thodes.pdf .
- [11] <https://fr.slideserve.com/vaughan/analyse-de-fabrication.>
- [12] <https://acier.emile-maurin.fr/fr/acier-construction-allie-35cd4-recuit-etire-rond-34crmo4-10083-3-rcetr/>
- [13] <https://acier.emile-maurin.fr/fr/acier-construction-allie-42cd4-traite-rond-42crmo4-10083-3-Trlar>
- [14] <https://www.deperly-dufour.fr/wp-content/uploads/2018/03/S250.pdf>
- [15]<http://dSPACE.univtiaret.dz/2.pdf?bitstream/123456789/11990/10/i%29chapitr3%20%20propriet%C3%A9%20des%20acier%20et%20des%20galvaniques>
- [16]
http://philippe.berger2.free.fr/productique/ressources/metallurgie/trait_thermic/influence_des_elements_d.htm#:~:text=Le%20chrome%20contribue%20beaucoup%20%C3%A0,allant%20jusqu'%C3%A0%203.5%25.
- [17] https://my.solidworks.com/solidworks/guide/SOLIDWORKS_Introduction_FR.pdf

Référence bibliographique

[18] https://fac.umc.edu.dz/ista/pdf/cours/L1GPL_Cours%20Conception%20M%C3%A9canique%201%20%28partie%201%29.pdf

[19] <http://www.lyrfac.com/soutiens/knbase/pdf/gamme%20usinage.pdf>

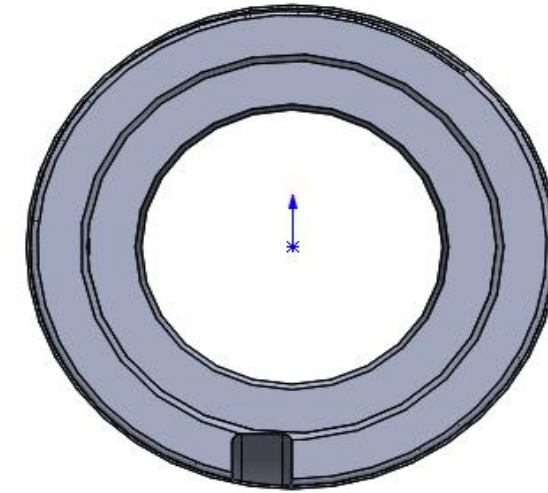
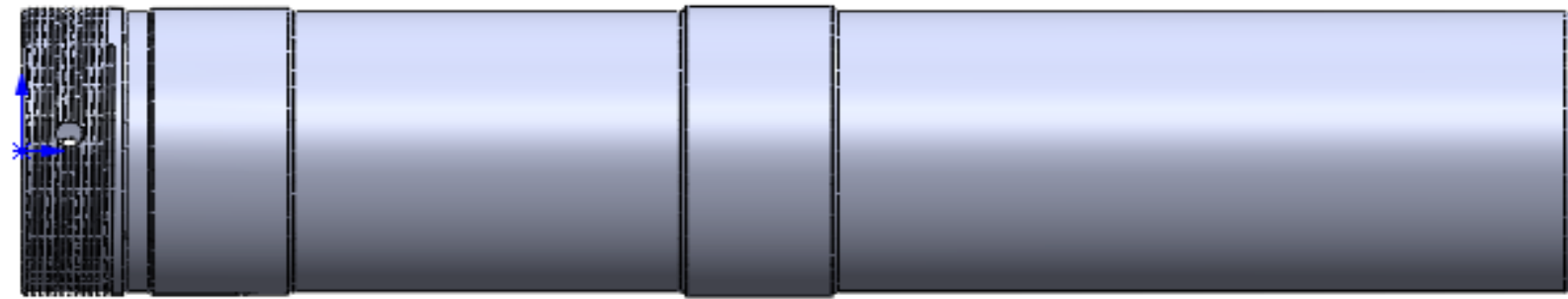
[20] <https://fr.scribd.com/document/450124316/Chapitre-04-Assemblage-par-Frettage-Emmenchements-forces-2017-2018>




[21] <https://fr.dmgmori.com/produits/machines/tournage/tournage-universel/ctx/ctx-beta-2000>

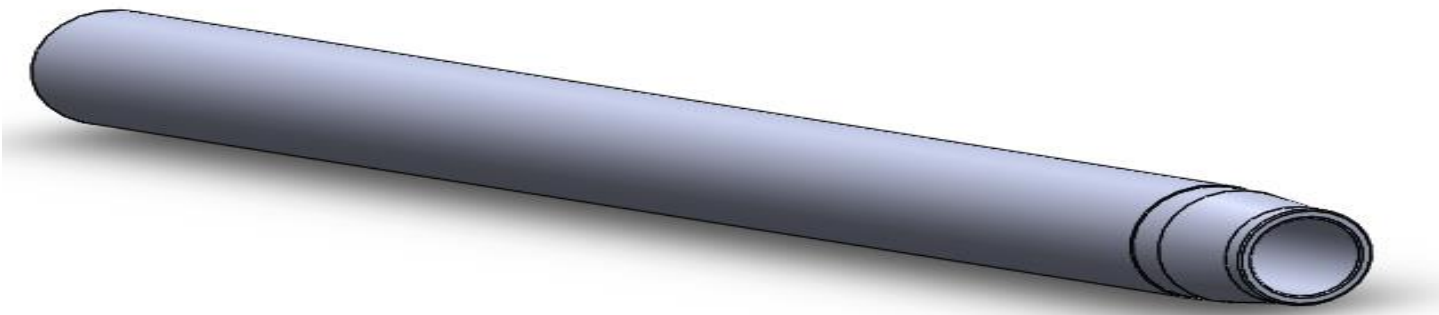
[22] https://www.google.com/search?q=traduction+français+arabe&rlz=1C1CHBD_frDZ1081DZ1082&oq=&gs_lcrp=EgZjaHJvbWUqCQgEECMYJxjqAjIJCAAQIxgnGOoCMgkIARajGCcY6gIyCOgCECMYJxjqAjIJCAMQIxgnGOoCMgkIBBAjGCcY6gIyCOgFECMYJxjqAjIJCAYQIxgnGOoCMgkIBxajGCcY6gLSAQkxMTI4NWowajeoAgiwAgE&sourceid=chrome&ie=UTF-8




[23] Chrome extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfndmkaj/https://pbicadcam.com/pdf/SWSI-MULATION.pdf

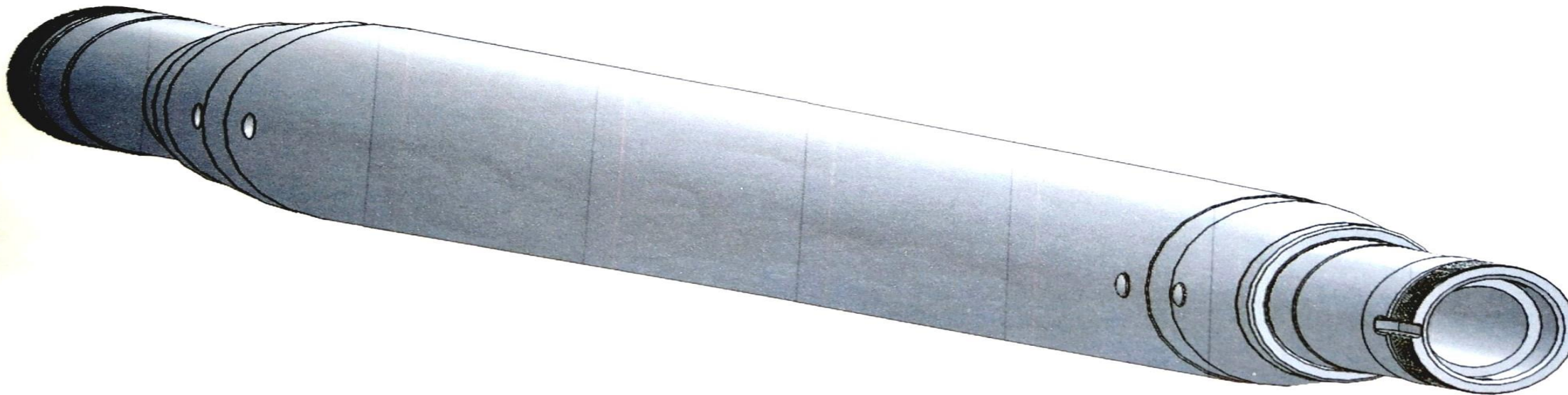
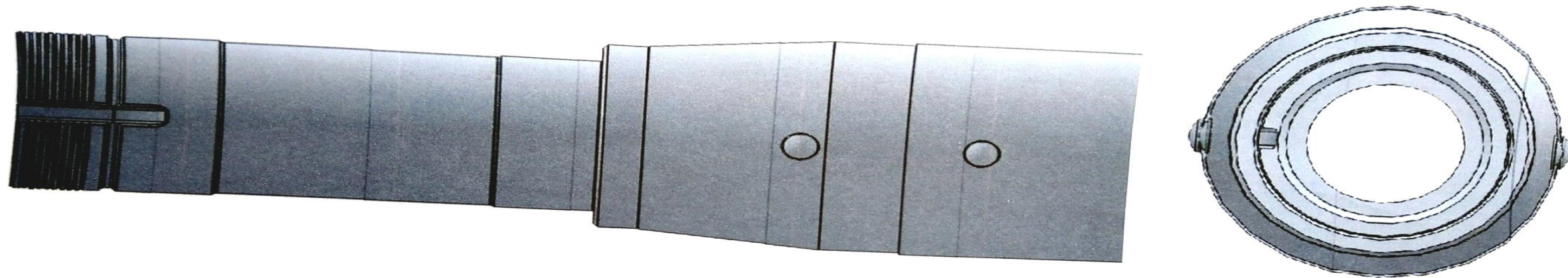
Annexes






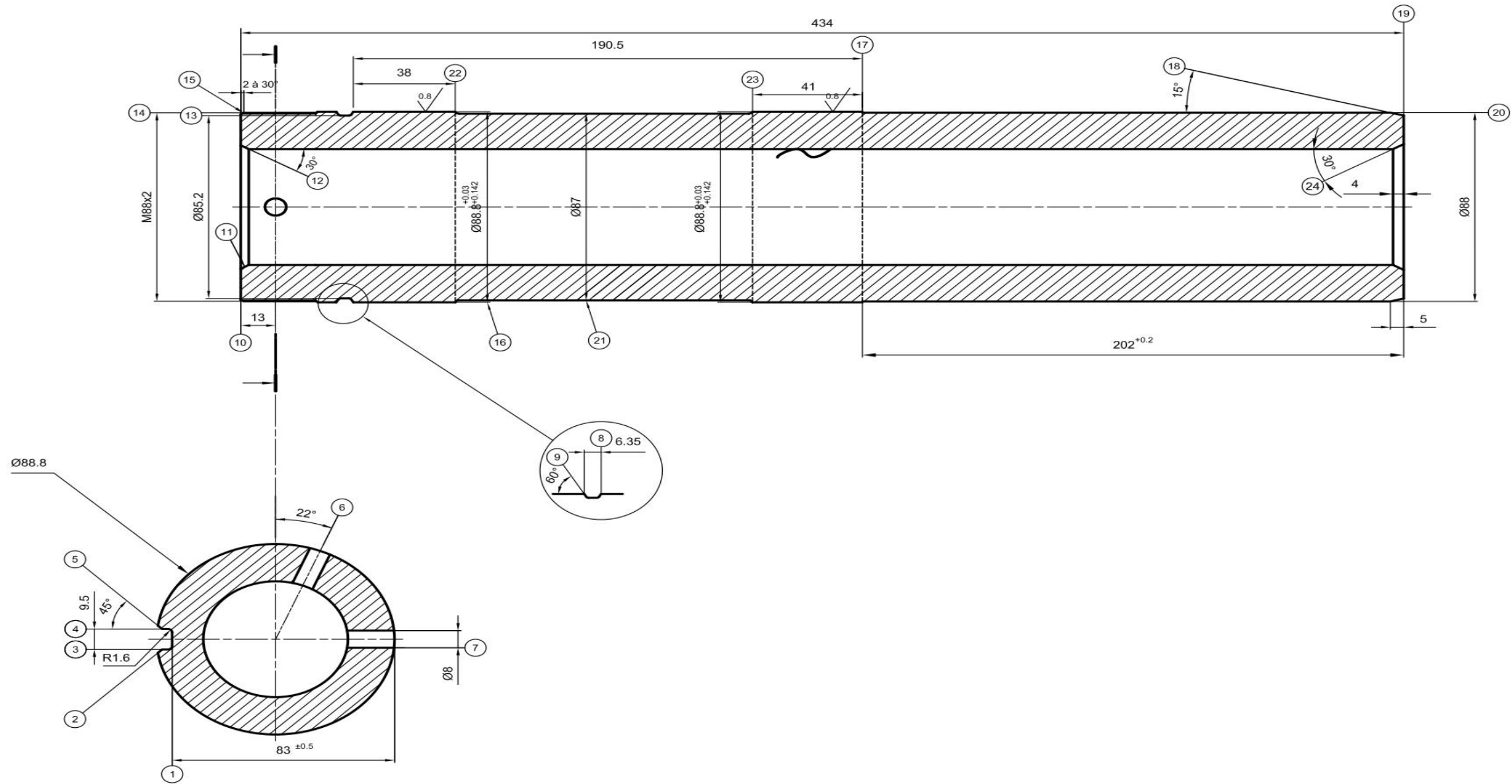
Echelle : 1 :1	Matière : 42CD4		
	TITRE : pièce trompette 3D SW	Date : 11/06/2024	
Format : A3	Dessiné par : DOUDANE AMEL – BOUZIDI RIANE		






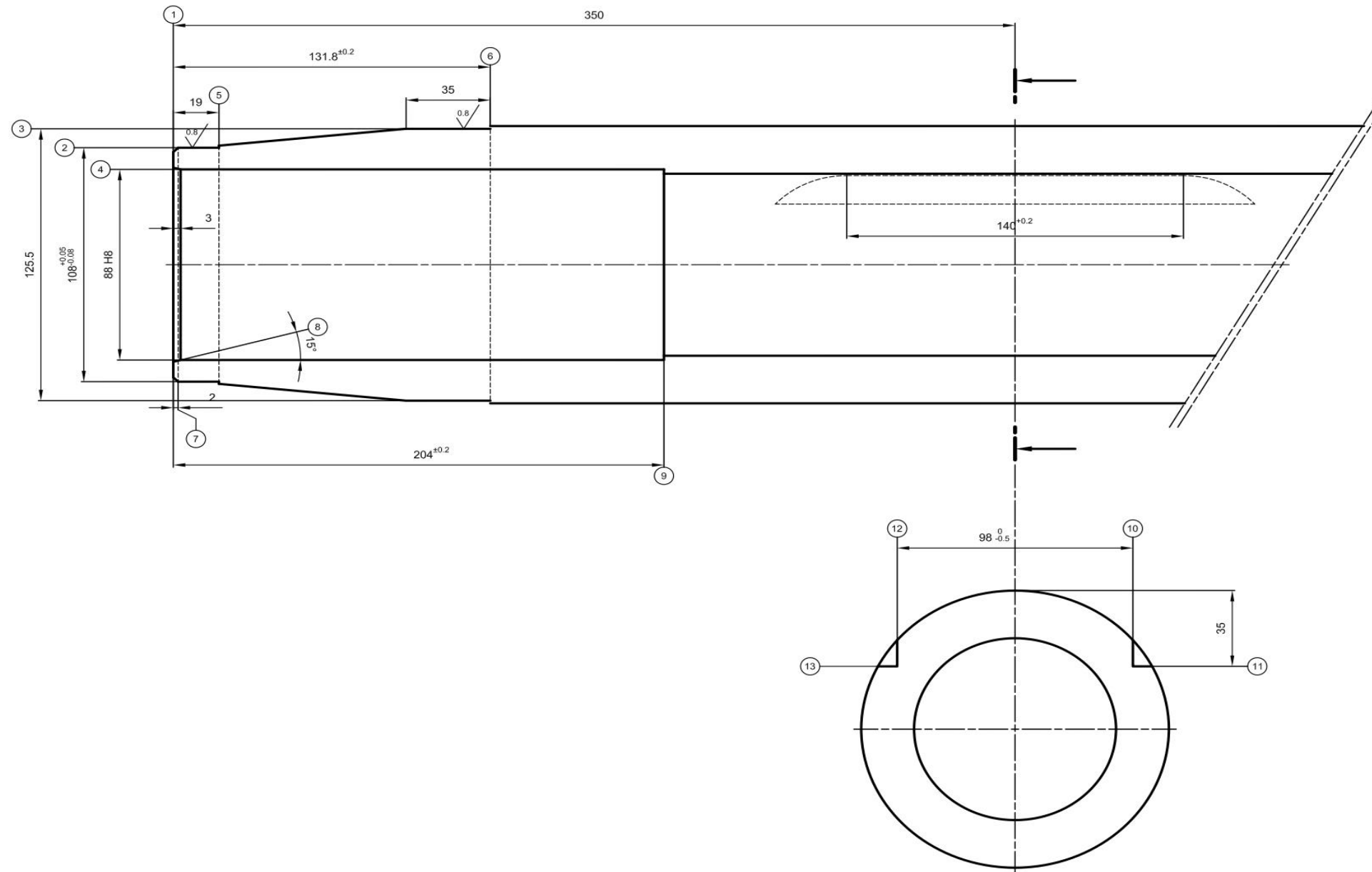
Echelle : 1 :1	Matière : 35 CD4		
	TITRE : pièce essieu 3D SW	Date : 11/06/2024	
Format : A3	Dessiné par : DOUDANE AMEL – BOUZIDI RIANE		






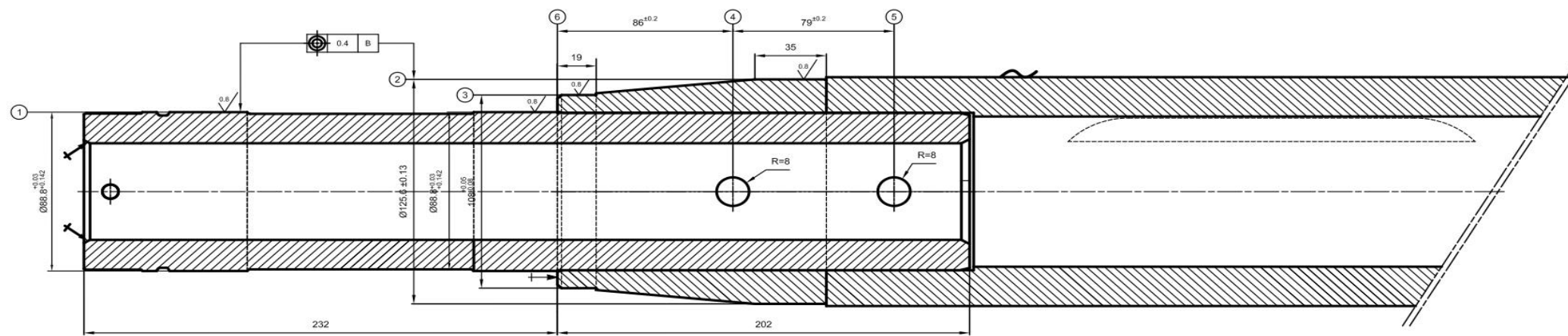
Echelle : 1 :1	Matière : 35 CD4 et 42CD4		
	TITRE : assemblage de pièce essieu et trompette 3D SW		Date : 11/06/2024
Format : A3	Dessiné par : DOUDANE AMEL – BOUZIDI RIANE		






Echelle : 1 :1	Matière : 42 CD4		
	TITRE : pièce trompette 2D SW	Date : 11/06/2024	
Format : A3	Dessiné par : DOUDANE AMEL – BOUZIDI RIANE		



Echelle : 1 :1	Matière : 35 CD4		
	TITRE : pièce essieu 2D SW		Date : 11/06/2024
Format : A3	Dessiné par : DOUDANE AMEL – BOUZIDI RIANE		



Echelle : 1 :1	Matière : 35 CD4 et 42CD4		
	TITRE : assemblage de pièce essieu et trompette 2D SW	Date : 11/06/2024	
Format : A3	Dessiné par : DOUDANE AMEL – BOUZIDI RIANE		