

Sommaire

LISTE DES SYMBOLES	4
Remerciements.....	5
Introduction générale.....	6
Chapitre 1 Présentation de la SNVI	8
I. Historique.....	8
II. Présentation de la société mère et ses filiales	10
1. Société-mère.....	10
2. Filiale Fonderies de Rouïba	11
3. Filiale Carrosseries Industrielles de Rouïba	11
4. Filiale Carrosseries Industrielles de Tiaret.....	11
5. Filiale Constructions de Matériels et Equipements Ferroviaires.....	11
6. Filiale Véhicules Industriels de Rouïba (V.I.R).....	11
III. La ligne de production des corps des essieux à la SNVI.....	12
1. Description de la ligne	12
2. Les machines utilisées	12
3. Problèmes liés à la ligne de production actuelle.....	14
Conclusion	14
Chapitre 2 Etablissement de la chronologie d'usinage	15
I. Introduction.....	15
II. Modernisation de la ligne de production des corps d'essieux	15
III. La gamme d'usinage du corps d'essieux	16
1. Analyse du dessin de définition	16
2. Repérage des surfaces	16
3. Tableau d'opérations élémentaires (T.O.E).....	16
4. Le groupement de surfaces	17
5. Tableau d'analyse des contraintes (T.A.C)	18
6. Tableau des niveaux	19
7. Le groupement en phase	20
IV. Le montage d'usinage de la pièce	21
1. Définition d'un montage d'usinage	21
2. Fonctions d'un montage d'usinage	22
3. La mise en position de l'essieu (l'isostatisme)	22

V.	Le matériau à usiner	22
VI.	Les outils de coupe	23
1.	Le choix des outils de coupe	23
2.	Les caractéristiques des outils de coupe utilisés	25
3.	Les paramètres de coupe	25
Chapitre 3 Caractéristiques de la machine.....		28
I.	Introduction	28
II.	Choix du nombre d'axes	28
III.	Usinage 3+2 axes	28
1.	Définition	28
2.	L'intérêt de l'usinage 3+2 axes	28
IV.	Types de machines 3+2 axes	29
1.	Rappels sur les conventions	29
2.	Les types de machines à 5 axes	29
V.	Le changeur d'outil	32
3.	Changeur á tambour :.....	33
VI.	La machine retenue	34
1.	Les critères de choix de la machine	34
2.	Caractéristiques techniques de la machine retenue	34
Chapitre 4 Etude technico-économique		36
I.	Introduction	36
II.	Etat des lieux de l'atelier des corps d'essieu	36
III.	L'amortissement de la machine.....	38
Conclusion générale		40
Bibliographie.....		41

Liste des figures

Figure 1 organigramme de la SNVI.....	9
Figure 2 la mise en position de l'essieu.....	22
Figure 3 le logiciel de calculs des conditions de coupe.....	26
Figure 5 machine à tête twist.....	30
Figure 6 machine à tête universelle.....	30
Figure 7 machine à plateau tilting.....	31
Figure 8 machine avec un axe sur la tête et un plateau rotatif	32
Figure 9 changeur d'outils à chaîne.....	32
Figure 10 changeur à parapluie.....	33
Figure 11 changeur à tambour.....	33
Figure 12 changeur de palettes.....	34

Liste des tableaux

Tableau 1 caractéristiques des machines de la ligne d'usinage	13
Tableau 2 le tableau des opérations élémentaires.....	17
Tableau 3 le groupement des surfaces	18
Tableau 4 le tableau d'analyse des contraintes antérieures.....	19
Tableau 5 la composition chimique du matériau des corps d'essieux.....	23
Tableau 6 les outils choisis	24
Tableau 7 les caractéristiques des outils.....	25
Tableau 8 les conditions de coupe	26
Tableau 9 caractéristiques techniques de la machine.	35
Tableau 10 potentiel de l'activité.....	37
Tableau 11 comparaison des temps d'usinage (TU)	38
Tableau 12 comparaison économique.....	39

LISTE DES SYMBOLES

SNVI	société nationale des véhicules industriels
VIR	véhicules industriels Rouiba
SONACOME	Société Nationale de Construction Mécanique
SPA	société par actions
EPE	entreprise publique économique
DRVI	Division Rénovation Véhicules Industriels
C.I.R	Carrosseries Industrielles de Rouïba
C.I.T	Carrosseries Industrielles de Tialet
FOR	Fonderies de Rouïba
UER	Une unité Etudes et Recherches
KW	Kilo watt
tr/min	tour par minute
T.O.E	Tableau d'opérations élémentaires
I.T	intervalle de tolérance
T.A.C	Tableau d'analyse des contraintes
BE	bureau d'études
Mm	millimètre
Vc	vitesse de coupe
Fn	avance par dent
Vf	vitesse d avance
CFAO	conception ET fabrication assistée par ordinateur
TU	temps d'usinage

Remerciements

Avant d'entamer notre travail, nous tenons à remercier DIEU de nous avoir donné du courage et la volonté.

Nous exprimons nos plus vifs remerciements et notre profonde gratitude à monsieur NECHICHE et mademoiselle HANNACHI qui ont bien voulu diriger notre travail, sans leur contribution ce travail ne sera pas achevé.

Nous remercions également notre co-promoteur monsieur MANSEUR MOHAMED EL-HACHIMI d'avoir nous encadré au niveau de la SNVI.

Nous remercions également nos familles qui n'ont gardés aucun effort pour achever nos études.

Nous remercions également à nos enseignants qui 'ont contribué à notre formation, sans leurs efforts nous ne serons pas aujourd'hui devant vous.

Nous remercions vivement les membres du jury qui' ont accepté d'évaluer ce travail.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à :

- * Mes chers parents.
- * Mes frères.
- * Mes sœurs.
- * Toute ma famille.
- * Tous mes amis.
- * Tous les étudiants de génie mécanique.
- * Tous ceux qui me sont chers.

Amar et Djamel

Introduction générale

Dans un milieu industriel caractérisé par une compétitivité acharnée, un monde en perpétuelle évolution et un contexte économique caractérisé par une concurrence rude et accrue, les industries de la mécanique doivent s'adapter aux contraintes de la mondialisation. L'entreprise se trouve aujourd'hui, plus que jamais, dans l'obligation de satisfaire les impératifs qualité, coût et délai. Afin de conserver cet équilibre, elle cherche à éliminer tous les dysfonctionnements et les gaspillages existants dans sa production.

La SNVI (société nationale des véhicules industriels), comme d'autres entreprises de production d'équipements mécaniques, est concernée. Avec le développement industriel en Algérie, la SNVI a l'opportunité d'améliorer sa productivité ainsi que la qualité de ses produits. Cela lui permettra d'être un acteur économique et industriel majeur dans le pays.

Dans ce contexte, la SNVI doit disposer de moyens de production modernes au niveau des lignes de production des différents produits. Cela contribuera de manière significative à la réalisation de l'objectif susmentionné. Pour cette raison, diverses études d'investissement sont lancées par l'entreprise dans le but de moderniser ses lignes de production.

C'est dans cet objectif que notre étude intitulée « Modernisation de la ligne de production des corps d'essieux », a été proposée par le bureau des méthodes de la société.

Notre travail consiste à définir et optimiser la configuration et les caractéristiques permettant l'usinage des corps d'essieux, offrant une meilleure productivité à l'entreprise, tout en répondant aux objectifs suivants :

- Optimiser la gamme d'usinage.
- Atteindre un objectif de production de 10 000 pièces/an
- Assurer la flexibilité et la polyvalence par la production d'autres pièces hors corps d'essieux.

Pour ce faire, nous optons pour une démarche en quatre chapitres :

Nous présenterons dans le premier chapitre l'entreprise SNVI, son organigramme ainsi que ses différentes structures. Une étude détaillée de l'actuelle ligne de production des corps d'essieux au niveau de l'atelier de production sera menée. Les machines utilisées et leurs caractéristiques seront répertoriées. En fin de chapitre, nous passerons en revue les différents problèmes de la ligne actuelle.

Le deuxième chapitre sera dédié à l'établissement de la gamme d'usinage de la pièce. Pour la sélection des outils de coupe, nous utiliserons un catalogue en ligne d'un fabricant selon la demande de l'entreprise, en spécifiant les caractéristiques et les références des outils pour extraire les conditions de coupe qui serviront pour la suite de notre travail.

Au troisième chapitre, nous définirons la configuration et les caractéristiques appropriées de « la machine » représentant la solution optimale au problème posé. Pour ce faire, nous utiliserons les données de l'analyse géométrique de la pièce à produire et les conditions de coupe déterminées au deuxième chapitre.

Enfin, en quatrième et dernier chapitre, une étude technico-économique succincte sera présentée à même d'évaluer l'amortissement de l'investissement envisagé.

Chapitre 1 Présentation de la SNVI

I. Historique

La Société Nationale de Véhicules Industriels SNVI a été créée par décret n° 81-342 le 12/12/1981. Elle a hérité des structures, moyens, biens, activités et personnel gérés par la SONACOME. C'est l'une de ses dix divisions.

La SONACOME, la Société Nationale de Construction Mécanique est une entreprise nationale créée par l'ordonnance n° n° 67 – 150 du 09/08/1967 dont la vocation est d'exploiter et gérer les usines de construction mécanique du secteur public. Elle a hérité du patrimoine de la Société Africaine des Automobiles BERLIET (S.A.A.B) après sa dissolution en 1973.

La SNVI a été développée en 1995 et transformée en société par actions (SPA), avec un capital social de 2,2 Milliards de dinars. En octobre 2011, la S.N.V.I change de statut juridique pour devenir un groupe industriel composé d'une société-mère et de quatre filiales. Aussi, suite à la réorganisation du secteur public marchand de l'Etat en février 2015, l'Entreprise FERROVIAL et toutes ses participations ont été rattachées au groupe SNVI comme 5ème filiale.

Aujourd'hui, le groupe SNVI est constitué de cinq filiales de production comme indiqué sur l'organigramme de la figure 1.

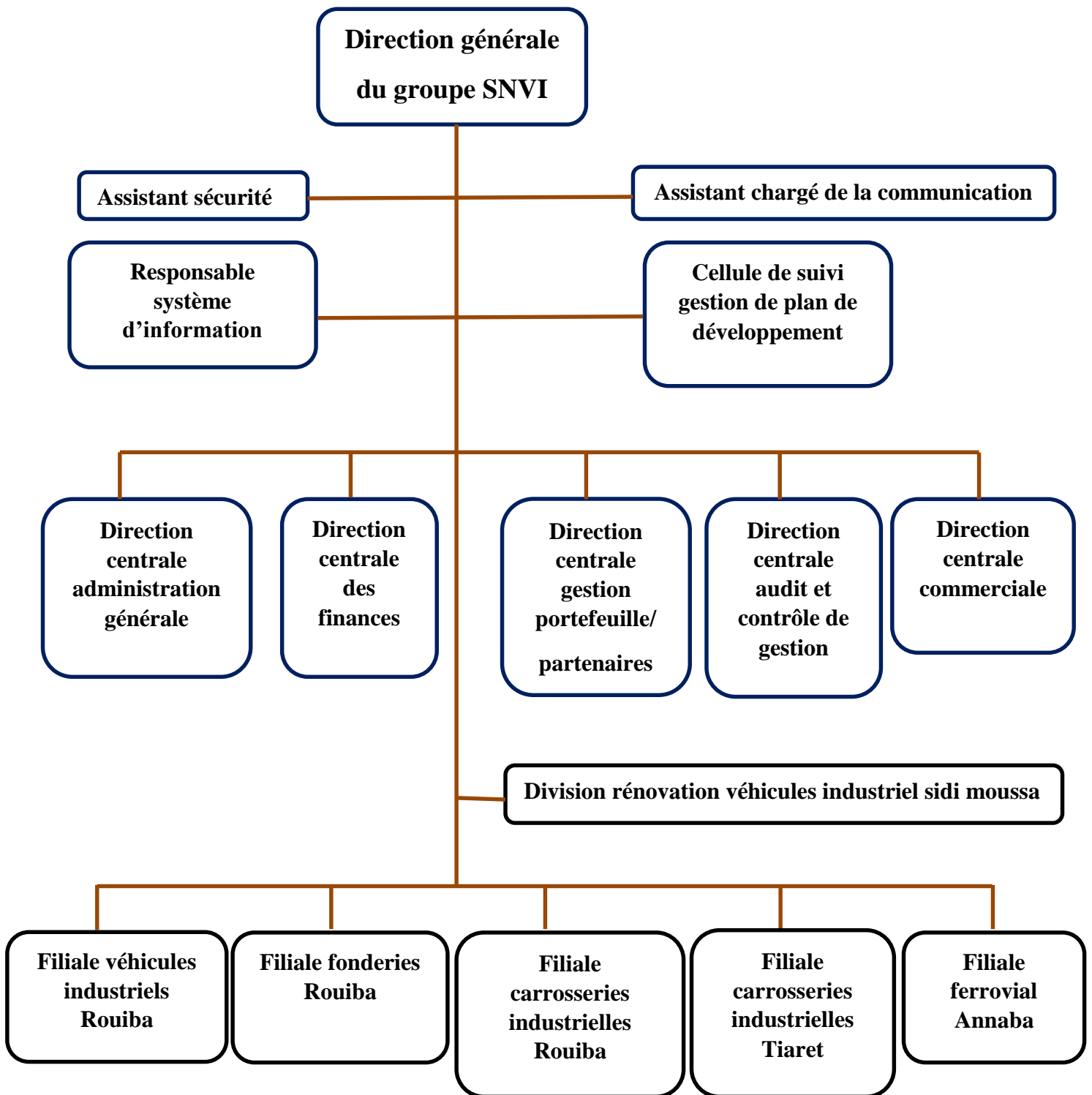


FIGURE 1 ORGANIGRAMME DE LA SNVI

II. Présentation de la société mère et ses filiales

Le statut juridique de l'entreprise publique SNVI est : société par actions (EPE-SPA). Elle produit et commercialise des véhicules industriels dont le capital social est de 2 200 000 000 de dinars entièrement détenu par l'Etat. Son siège social est situé à la zone industrielle de Rouiba et elle est gérée par un conseil d'administration, avec un président directeur général à sa tête.

La SNVI conçoit, fabrique, commercialise et assure les services après-vente d'une gamme de produits composée de camions, camions tracteurs, d'autocars, autobus et carrosseries industrielles.

La SNVI est constituée de :

1. Société-mère composée de :

- Direction Centrale ;
- Direction Centrale Commerciale et son réseau ;
- Division Rénovation Véhicules Industriels (DRVI) ;

Les missions principales de la société-mère SNVI sont essentiellement orientées vers l'exercice de contrôle des filiales et la gestion du portefeuille de participations dans les sociétés suivantes :

- ZF Algérie : SNVI 20% - ZF Allemagne 80%.
- La Société Algérienne de Production de Poids Lourds de marque Mercedes-Benz (SAPPL-MB) à Rouiba : SNVI 34% / EPIC-EDIV (Ministère de la défense nationale, MDN) 17% / AABAR (Emirates Arabes Unis) 49% avec DAIMLER comme partenaire technologique.
- La société Renault Algérie Production (RAP) : SNVI 34% / Fonds National d'Investissement (FNI) 17% / Renault 49%.
- La Société d'assemblage et de maintenance de rames de tramways (CITAL) : FERROVIAL 41% / Entreprise de métro d'Alger (EMA) 10% / ALSTOM France 43% / ALSTOM Algérie 6%.

2. Filiale Fonderies de Rouïba (FO.R) : elle fabrique pour les structures de la SNVI, la sous-traitance et pour différents clients, des pièces brutes, en fonte lamellaire et en fonte sphéroïdale ainsi que des pièces en alliages d'aluminium.
3. Filiale Carrosseries Industrielles de Rouïba (C.I.R) : elle produit des équipements tractés et portés ainsi que des caisses pour châssis mécanisés pour minibus et minicars.
4. Filiale Carrosseries Industrielles de Tiaret (C.I.T) : elle est spécialisée dans la conception et la fabrication de carrosseries industrielles portées et tractées dans les gammes plateaux, bennes, citernes à eau, citernes hydrocarbures, cocottes à ciment, portes-engins, fourgons frigorifiques/standards et véhicules spéciaux.
5. Filiale Constructions de Matériels et Equipements Ferroviaires de Annaba (FERROVIAL) : elle a pour objet les études, la recherche et le développement, la production et la commercialisation de matériels et équipements ferroviaires. Citons le wagonnage de plusieurs types, les locomotives de manœuvre, les appareils de voie, les voitures-voyageur et métro, des matériels de travaux publics (bétonnières), les centrales à béton, les containers maritimes et certains produits forgés.
6. Filiale Véhicules Industriels de Rouïba (V.I.R) : elle produit des camions, des tracteurs routiers, des autocars et des autobus en mettant en œuvre diverses techniques et technologies telles que l'emboutissage, le taillage d'engrenages, la rectification, le forgeage et les traitements thermiques.

La filiale VIR est l'unité la plus importante de la SNVI. Elle est composée de 5 centres de production et d'une unité d'études et recherches :

- Un centre Forge produisant des bruts de forge.
- Un centre de Tôlerie Emboutissage pour la production de longerons pour cadres châssis, de cabines et d'autres pièces de liaison.
- Un centre de Montage de Camions avec deux lignes d'assemblage des véhicules.
- Un centre de Montage d'autocars et d'autobus assurant la fabrication et l'assemblage cars et bus et la fabrication de pièces en polyester.

- Un centre d'Usinage Mécanique produisant des ponts, des essieux et d'autres pièces de liaison.
- Une unité Etudes et Recherches (UER) assure l'innovation, l'amélioration de la qualité et le lancement de nouveaux produits, ainsi que l'acquisition et la maîtrise de nouvelles technologies. [1]

III. La ligne de production des corps des essieux à la SNVI

1. Description de la ligne

La ligne de production des corps des essieux au niveau de l'atelier de fabrication mécanique de la SNVI est une ligne de série du modèle continu. Elle est composée de 6 machines spécifiques utilisées pour la réalisation des opérations d'usinage des corps d'essieux exigés dans la gamme de fabrication.

2. Les machines utilisées

Les machines utilisées sur cette ligne ainsi que leurs caractéristiques sont répertoriées dans le tableau I.1. [2]

TABLEAU 1 CARACTERISTIQUES DES MACHINES DE LA LIGNE D'USINAGE

Machine	Moteur	Puissance	Vitesse de rotation
Fraiseuse Raiden n° C14821	Moteur de la broche	15 KW	1500tr/min
	Moteur d'axe de déplacements	5KW	3000tr/min
Perceuse radiale GSP 450 K150 n°9283	Moteur de la broche (une seule broche)	3,7KW	-
Fraiseuse Rouchaud FH 80 n°9289 Table (1800X450)	Moteur d'avance	4,5KW	
	2 broches horizontales	15KW	1500tr/min
Fraiseuse Rouchaud	Broche verticale	15KW	1500tr/min
Perceuse radiale 407 Q17 n°9284	un seul moteur de broche	3,7KW	-
Aléseuse spéciale GSP n°9295	2 broches	1,6KW	750tr/min

3. Problèmes liés à la ligne de production actuelle

a) Problème de temps d'usinage

La ligne de production actuelle est supposée sérielle, c'est à dire à cheminement unique. La mauvaise implantation de quelques machines a augmenté le temps mort. Ce dernier est dû aux déplacements du stock intermédiaire entre les postes de travail.

La multitude des phases et des sous-phases (donc des machines et des montages d'usinage) exigées par la gamme de fabrication nécessite un temps de réglage important pour chaque poste de travail.

b. Problèmes de polyvalence

L'utilisation des machines spéciales rend les postes de travail de la ligne de production inadaptés aux autres produits. Ceci fait que la fabrication d'autres pièces est impossible sur ces machines (ou nécessite une reconfiguration du poste de travail).

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté le groupe SNVI en commençant par l'historique de sa création et de son évolution. Nous avons ensuite présenté le groupe et ses filiales pour ensuite décrire la ligne de production concernée par la présente étude. Nous avons répertorié les machines utilisées sur cette ligne et cité les problèmes constatés. La résolution de ces problèmes mènera à l'augmentation de la productivité et la diminution des coûts de production des corps des essieux au niveau de la SNVI. Pour ce faire, une modernisation de la ligne de production est nécessaire.

Chapitre 2 Etablissement de la chronologie d'usinage

I. Introduction

Après avoir diagnostiqué les problèmes au niveau de l'actuelle ligne de fabrication des corps des essieux, nous allons relever les données nécessaires en vue de proposer une solution portant modernisation de cette ligne de fabrication. Ces données portent notamment sur les caractéristiques techniques des machines-outils utilisées, caractéristiques choisies à partir de

- L'analyse de la pièce afin d'identifier le nombre d'axes nécessaires et suffisant pour réaliser toutes les opérations d'usinage des corps d'essieux, les courses des axes et les plages de pivotement des axes de rotation si nécessaire, les dimensions et la charge supportées par la table.
- L'établissement de la gamme d'usinage des corps des essieux pour déterminer les conditions de coupe maximales pour les différentes opérations d'usinage (puissance de la broche, vitesse de la broche, poids et effort supporté par la broche ...etc.).

Ce chapitre consiste en l'étude des données relatives à la fabrication des corps d'essieux pour la détermination des caractéristiques techniques des nouvelles machines à utiliser.

II. Modernisation de la ligne de production des corps d'essieux

Le processus de modernisation de la ligne de production des corps d'essieux consiste à changer les machines de fabrication en utilisant des équipements permettant une meilleure rentabilité. Ce qui nécessite dans un premier temps l'identification des principales exigences puis l'établissement d'un cahier des charges pour aboutir à la détermination des caractéristiques des nouvelles machines à utiliser.

Les étapes de modernisation de la ligne de production sont les suivantes

- Analyse de la pièce à fabriquer
- Principales exigences de l'actuelle ligne de production
- Détermination des caractéristiques de(s) la nouvelle(s) machine(s) à utiliser
- Etablissement du cahier des charges.

III. La gamme d'usinage du corps d'essieux

Le corps d'essieu est la pièce de liaison entre le cadre-châssis via les lames à ressort et la rue via les moyeux tambours et les roues.

La gamme d'usinage est le document qui donne l'ordre chronologique des opérations, les moyens, les procédés et les différentes mises en position de la pièce sur les machines pendant la fabrication. Son traitement se fait selon les étapes suivantes : [3]

1. Analyse du dessin de définition

Le but de cette étape est l'analyse géométrique et dimensionnelle de la pièce à fabriquer (dans notre cas le corps d'essieux) en utilisant une méthodologie bien définie qui consiste à repérer les surfaces à usiner en spécifiant les différentes cotes relatives à ces surfaces tout en relevant les tolérances de forme et de position ainsi que les états de surface.

Le dessin de définition est issu du bureau d'études. Il définit complètement et sans ambiguïté les exigences auxquelles doit satisfaire la pièce finie.

Le dessin de définition du corps d'essieux, objet de cette étude, est présenté ci-après.

2. Repérage des surfaces

Le repérage des surfaces est présenté ci-après.

Les surfaces repérées sont :

Les surfaces brutes : B1, B2, B3 et B4

Les surfaces usinées : 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 et 12




3. Tableau d'opérations élémentaires (T.O.E)

Il s'agit de faire l'inventaire de toutes les opérations élémentaires que doit subir la pièce en fonction des données fixées par le bureau d'études, à savoir :

- Les spécifications dimensionnelles (I.T).
- Les spécifications géométriques.

Le but de faire ce tableau est de déterminer le nombre d'opérations d'usinage nécessaires à l'obtention de chaque surface. Une opération d'usinage est un ensemble d'actions nécessaires, mettant en œuvre une seule combinaison outils-déplacements dont est doté le poste de travail.

TABLEAU 2 LE TABLEAU DES OPERATIONS ELEMENTAIRES

Tableau des opérations élémentaire									
Surface	Cotes de liaison aux surfaces			Spécifications			Opérations élémentaires		
	intrinsèque	Usinées	Brutes	Ra	I.T	Géométriques		nbr	Symbole
1			(B3) 18	12,5				1	1F
2	∅21±0.5	(3) 61,25±0.5 (3) 64±0.5		6,3	1			1	2F
3	∅25H10	(1) 14 ±1	(B2) 90	6,3	2			2	3E, 3F
4		(1) 17±0.5		6,3	1			1	4F
5	∅48±0.5	(3) 61,25±0.5 (3) 64±0.5		6,3	1			1	5F
6		(7) 98h9		3,2	h9	 0.05	8	2	6E, 6F
7		(1) 141±3		3,2	6	 0.05	8	2	7E, 7F
8	∅45J7	(3) 475±0.5		3,2	1	 2	B1	3	8E, 8F/2, 8F
9		(8) 1±0.5 (7) 1±0.5		6,3	1			1	9F
10		(8) 1±0.5 (6) 1±0.5		6,3	1			1	10F
11	∅12H10	(6) 37±0.5 (8) 24±0.2		6,3	1			2	11E, 11F
12	∅30±0.5		(B4) 78	12,5	1			1	12F

4. Le groupement de surfaces

Il existe deux types d'associations de surfaces :

- Les regroupements géométriques : les surfaces élémentaires sont réalisées à la suite, les unes après les autres, par un ou plusieurs outils animés d'un mouvement d'avance dans une même direction.

- Les regroupements technologiques : les surfaces réalisées seront associées technologiquement. Cette association pourra être de plusieurs types :

- Regroupement outil
- Regroupement porte-outil
- Regroupement appareil
- Regroupement machine

TABEAU 3 LE GROUPEMENT DES SURFACES

Groupement des surfaces				
Surfaces groupées	Nom du groupe	Motif du groupement	Opérations élémentaires	Symboles
(4) (5)	G1	Lamage : fraise à lamer	1	G1F

5. Tableau d'analyse des contraintes (T.A.C)

Ce tableau est établi à partir de T.O.E et du dessin de définition. Il traduit toutes les contraintes d'antériorité entre les différentes opérations.

Toutes les surfaces usinées d'une pièce sont définies par les différents critères suivant :

- La cotation fonctionnelle dimensionnelle.
- La cotation géométrique.
- L'état de surface.
- Les traitements des surfaces éventuels.

Les contraintes d'antériorité sont classées en 3 familles :

- Les contraintes d'antériorité de position (dimensionnelles et géométriques)
- Les contraintes d'antériorité technologiques.
- Les contraintes d'antériorité économiques.

TABLEAU 4 LE TABLEAU D'ANALYSE DES CONTRAINTES ANTERIEURES

	Le tableau d'analyse des contraintes					
op	Contraintes de position		Contraintes technologiques			Contraintes économiques
	dimensionnel	géométrique	Opérations	Reprise	Divers	
1F	B3					
2F	3F					
3E	B1, B2					
3F			3E			
G1F	1F, 3F					
6E	7F					
6F			6E			
7E	1F					
7F			7E			
8E	3F	B1				7F
8F/2			8E			
8F			8F/2			9F, 10F
9F	8F/2					
10F	8F/2					
11E	6F, 8F					12 F
11F			11E			
12F	B4					

6. Tableau des niveaux

C'est une matrice carrée comportant autant de lignes que de colonnes, contenant des opérations élémentaires fixées par le T.A.C (en plus des surfaces brutes). On reporte toutes les opérations en entrée et sortie.

D'après le tableau des niveaux on extrait les opérations à exécuter par niveaux

: Niveau 0 : B1, B2, B3, B4

Niveau 1 : 1F,3E,12F

Niveau 2 : 3 F,7E

Niveau 3 : 2 F, G1F,7F

Niveau 4 : 6 E,8E

Niveau 5 : 6F ,8F/2

Niveau 6 : 9 F,10F

Niveau 7 : 8F

Niveau 8 : 11E

Niveau 9 : 11F

7. Le groupement en phase :

- Phase 00 : obtention de brut.
- Phase 100 : fraisage, perçage, alésage.
 - Opération 101 : fraisage des patins.
 - Opération 102 : perçage de trou étoquio.
 - Opération 103 : perçage des trous de fixation.
 - Opération 104 : lamage des trous de fixation.
 - Opération 105 : fraisage des pivots.
 - Opération 106 : perçage trou de pivot.
 - Opération 107 : chanfreinage.
 - Opération 108 : alésage $\frac{1}{2}$ F trou pivot.
 - Opération 109 : alésage finition.
 - Opération 110 : fraisage du trou de goupille.
 - Opération 111 : perçage du trou de goupille.
- phase 200 : contrôle final.

L'étape suivante consiste à déterminer les conditions de coupe pour les différentes opérations d'usinage des corps d'essieux et proposer des montages-usinage permettant la réalisation des différentes opérations sur un nombre minimal de machines, voire un seul centre d'usinage. Ceci pour avoir un gain de temps technologique et de montage tout en préservant la qualité et la précision exigées dans le dessin de définition. Nous proposons de procéder comme suit :

- Etablir l'isostatisme permettant l'usinage de la pièce en une seule prise et choisir les outils de coupe.
- Présenter les outils de coupe choisis et donner leurs références.
- Extraire les conditions de coupe optimal de la gamme d'usinage.
- Calculer des conditions de coupe (puissances).

IV. Le montage d'usinage de la pièce

1. Définition d'un montage d'usinage

Un montage d'usinage est un outillage utilisé pour fixer la pièce à la bonne position. Le montage d'usinage a un rôle important pour obtenir une pièce de bonne qualité. Il s'inscrit dans un processus plus global de fabrication industrielle. Les contraintes que doit respecter un montage d'usinage sont les suivantes :

- Garantir un accès libre des outils de coupe.
- Garantir la qualité requise par le BE.
- Garantir la stabilité de la pièce.
- Garantir un montage et un démontage facile de la pièce.
- Permettre l'évacuation des copeaux et du fluide de coupe.
- Garantir la sécurité de l'opérateur. [4]

2. Fonctions d'un montage d'usinage

Les fonctions principales que doit remplir le montage d'usinage sont :

a. Positionner la pièce

La pièce doit être positionnée précisément dans l'espace de travail de la machine-outil. Cette condition est nécessaire pour garantir un bon positionnement en respectant l'isostatisme et assurant le maximum de précision et de stabilité.

b. Maintenir la pièce

La pièce doit être maintenue en position sur ses appuis pour éliminer tout risque de mouvement.

c. Soutenir la pièce

Dans certains cas, il est nécessaire d'ajouter des soutiens pour éviter les déformations et/ou les vibrations de la pièce durant son usinage. [5]

3. La mise en position de l'essieu (l'isostatisme)

Notre montage d'usinage doit maintenir la pièce de la façon représentée sur la figure suivante.

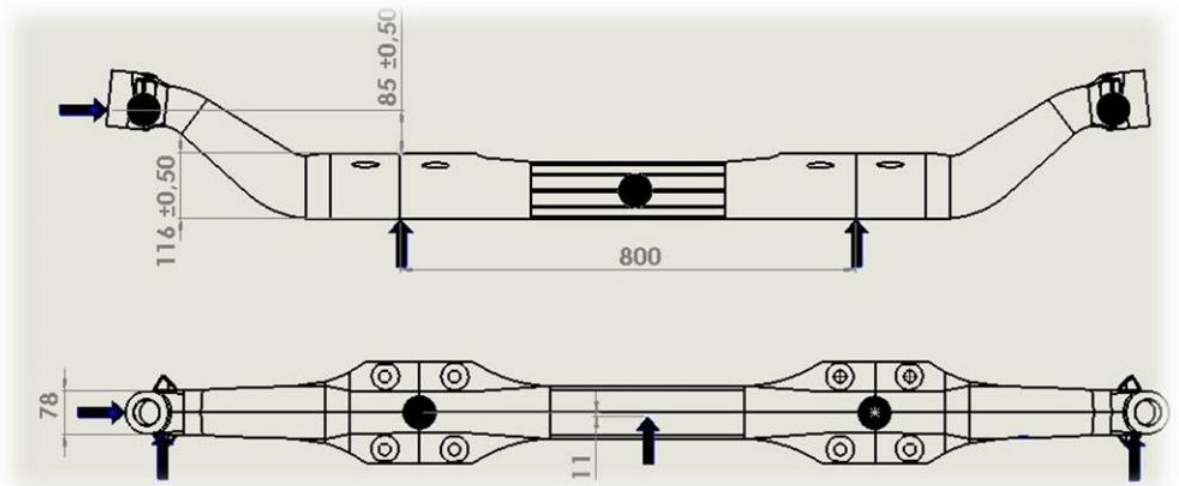


FIGURE 2 LA MISE EN POSITION DE L'ESSIEU

V. Le matériau à usiner

Dans un premier temps, il faut spécifier le matériau de la pièce. C'est un acier faiblement allié 25CD4, sa composition chimique est présentée dans le tableau ci-dessous. C'est un acier de construction faiblement allié au chrome molybdène, d'une dureté comprise entre 303 et 309 HB, apte à la déformation à froid, et présentant de bonnes propriétés mécaniques.

Son domaine d'application comprend les pièces mécaniques de petites et moyennes dimensions exigeant une bonne ténacité [6]

TABLEAU 5 LA COMPOSITION CHIMIQUE DU MATERIAU DES CORPS D'ESSIEUX

C	Cr	Mo	S	Mn	P	Si
0,22- 0,29	0,90- 1,20	0,15- 0,30	<0,035	0,60- 0,90	<0,035	<0,40

VI. Les outils de coupe

1. Le choix des outils de coupe

Le choix des outils de coupe a été effectué en utilisant le catalogue sur le site internet du fabricant d'outillage SANDVIK. La sélection de ce fabricant a été faite selon la demande du bureau des méthodes de la SNVI. [7]

TABLEAU 6 LES OUTILS CHOISIS

op	n° outil	Outil	Référence
101	1	CoroMill360 Fraise à surfacer à plaquettes revêtement CVD	360-200Q60Z10E28
102	2	CoroDrill880 Forêt à plaquettes revêtement CVD	880-D2400L2505
	3	CoroDrill 870 Forêt à embout amovible Revêtement PVD	870-2500- 25LX125-3
103	4	CoroDrill880 Forêt à plaquettes revêtement CVD	880-D2100C403
104	5	CoroMill419 Fraise à surfacer à plaquette revêtement CVD	A419-032O3214L
105	6	CoroMill745 Fraise à surfacer à plaquettes	745-100Q3221M
106	7	CoroDrill880 Forêt à plaquettes revêtement CVD	A880- D1750LX38-04
107	8	CoroMill495 Fraise à chanfreiner, à plaquettes revêtement PVD	495-040C44509H
108	9	CoroBore 825 Outil d'alésage micrométrique à plaquette revêtement CVD	825D-45TC09C4
109	10	CoroBore 825 Outil d'alésage micrométrique à plaquette revêtement CVD	825D-45TC09C4
110	11	CoroMill 245 Fraise à surfacer	RA245- 038MN32-12L
111	12	CoroDrill 860 Foret carbure monobloc	860.1-1200- 098A1-PM 4234

2. Les caractéristiques des outils de coupe utilisés

Les caractéristiques des outils de coupe utilisés sont représentées dans le tableau suivant :

TABLEAU 7 LES CARACTERISTIQUES DES OUTILS

N° outil	Diamètre de coupe (mm)	Profondeur de coupe max (mm)	IT (mm)	Poids (Kg)
1	200	18	---	15.2
2	24	---	+0.4 0	0.6
3	25	---	H9	0.8
4	21	---	+0.25 0	0.4
5	17.1	8	---	1.52
6	100	5.2	---	2.18
7	44.45	---	+0.43 0	1.94
8	47	5.46	---	0.92
9	44.7	---	H9	1.6
10	45	---	H6	4.72
11	38.1	6.1	---	0.9
12	12	---	H8	0.175

3. Les paramètres de coupe

Le fabricant de l'outillage SANDVIK a mis à la disposition des utilisateurs de son site, un logiciel (appelée "sandvik coromant toolguide"), afin d'aider au choix de l'outil et des calculs des paramètres de coupe pour chaque opération.

Les calculs présentés dans les tableaux suivants sont obtenus à partir de cette application.

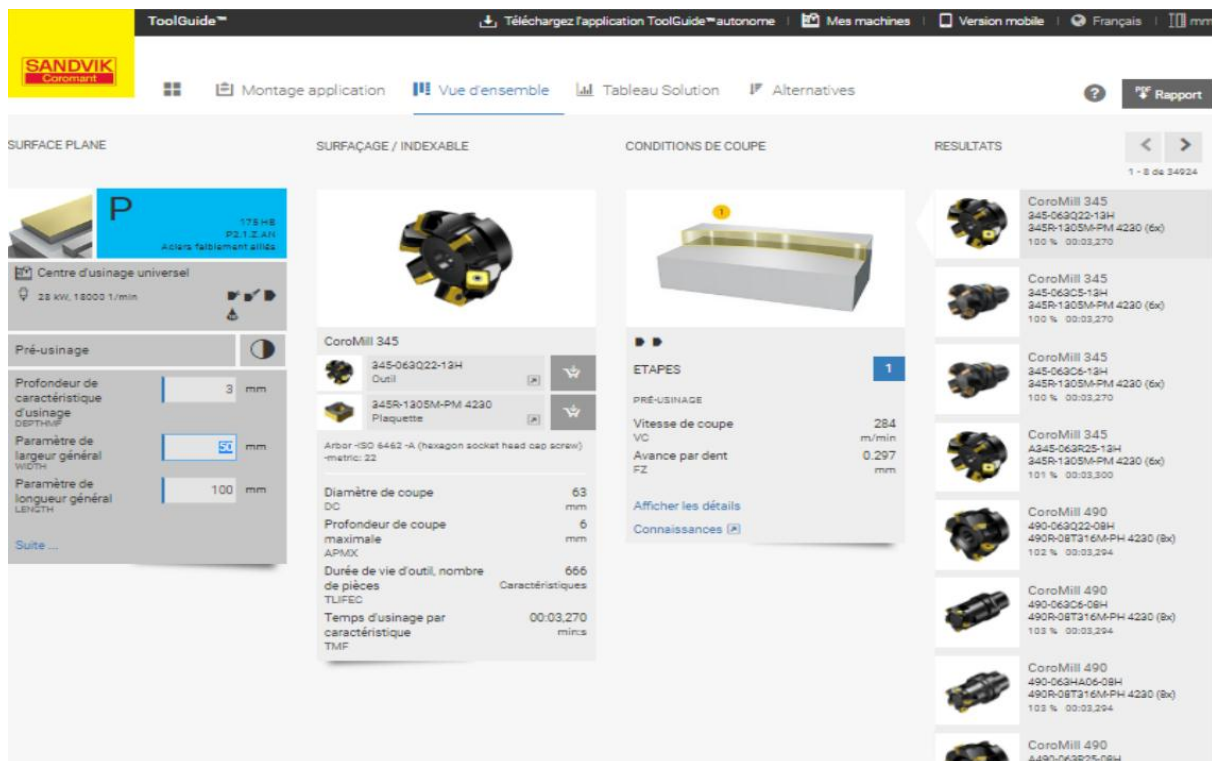


FIGURE 3 LE LOGICIEL DE CALCULS DES CONDITIONS DE COUPE

TABLEAU 8 LES CONDITIONS DE COUPE

Op	No outil	Type d'opération	ap Mm	N tr/min	Vf mm/min	Vc m/min	Fn mm/dent	P KW
101	1	Surfaçage ébauche (x2)	6.25x 2	213	1000	138	0.471	26,9
		Finition	0.5	215	1240	137	0.575	3.25
102	2	Perçage ébauche Ø24	---	2570	494	194	0.192	14.1
	3	Alésage Ø25 H10	---	1310	426	103	0.325	13,3
103	4	Perçage Ø21	---	2940	476	194	0,162	11,1
104	5	Lamage Ø48	6*	3270	3370	225	0.8	7,01
105	6	Surfaçage ébauche	3,5	710	1050	234	0,212	17,2
		Finition	0.5	768	908	245	0,169	2,61
106	7	Perçage ébauche Ø44,4	---	1390	271	194	0.195	26,4

107	8	chanfreinage 1x45°	4.45	2574	618	380	0.24	0.01 5
108	9	Alésage ½ F Ø44.7	---	1420	256	200	0.18	16
109	10	Alésage F Ø45	---	1560	249	220	0.1	22.2
110	11	Lamage trou de goupille	3	1770	1820	243	0.334	11.1
111	12	Perçage Ø12 trou de goupille	---	2680	268	908	0.33*	5,85

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons pu extraire les conditions de coupe. L'utilisation d'un seul montage d'usinage, que nous avons pu valider après l'analyse géométrique de la pièce, nous permettra de réduire considérablement le temps de fabrication. Par conséquent, nous pourrions obtenir une importante amélioration de la production. Ces résultats serviront à l'établissement des caractéristiques techniques à mettre dans le cahier des charges afin de choisir la machine adéquate pour l'usinage des corps d'essieux.

Chapitre 3 Caractéristiques de la machine

I. Introduction

Au fil des années les besoins de la fabrication mécanique (tolérances serrés, formes complexes, diminution des sous phases, etc...) ont évolués et les centres d'usinages se sont développés pour répondre à ces exigences.

Dans ce chapitre, nous allons aborder les étapes qui nous permettront de déterminer les caractéristiques techniques de la machine et les critères qui nous permettront d'améliorer le rendement et les coûts destinés à l'usinage des corps d'essieux.

L'objectif principal est la réalisation de toutes les opérations pour la fabrication des corps d'essieux avec une seule mise en position.

II. Choix du nombre d'axes

Le nombre et le choix des axes de la machine se font selon des exigences se rapportant à la pièce, comme suit :

- L'usinage des corps d'essieux se fait sur 5 faces différentes, (y compris la face arrière et le plan incliné de fraisage et perçage des pivots, plan de perçage de goupille).
- Le plan incliné nécessite une combinaison de deux axes rotatifs pour mettre l'axe de la broche dans le plan perpendiculaire au plan de la surface à usiner.
- Toutes les opérations d'usinage de la pièce (fraisage, perçage et alésage) nécessitent un usinage en trois axes.
- Afin de réduire les temps au cours de l'usinage, la pièce doit être réalisé en une seule prise.

Une machine avec 3+2 axes convient parfaitement aux exigences pour l'usinage des corps d'essieux.

III. Usinage 3+2 axes

1. Définition

L'usinage 3+2 est un procédé consistant à orienter l'axe de la broche vers la position perpendiculaire à la surface à usiner.

2. L'intérêt de l'usinage 3+2 axes

L'usinage 3+2 a d'importants avantages dans le domaine de la fabrication mécanique et permet à l'outil d'atteindre un espace de travail plus grand. L'outil peut usiner 5 faces de la pièce grâce à la configuration des axes de mouvements de la machine.

Ce type d'usinage apporte un grand avantage à la réalisation de perçages des trous avec des angles différents en un seul montage, tout en garantissant l'alignement correct du forêt.

Aussi, le 3+2 axes permet d'utiliser des outils plus courts, donc plus rigides, avec des vitesses de coupe et d'avance plus élevées. Il en résulte l'obtention d'un bon état de surface et d'une précision dimensionnelle supérieure. [8]

IV. Types de machines 3+2 axes

1. Rappels sur les conventions

Une fraiseuse généralement est constituée d'axes linéaires qui assurent un déplacement dans le volume de travail suivant 3 directions : X, Y et Z.

Les axes d'orientation dans l'espace sont le plus souvent des axes rotatifs, il faut deux axes pour orienter l'outil dans toutes les positions de l'espace.

Chez les fabricants la convention d'orientation utilisée est la suivante : les axes sont appelés A, B ou C :

- ✓ A pour un axe tournant autour de X,
- ✓ B autour de Y,
- ✓ C autour de Z. [9]

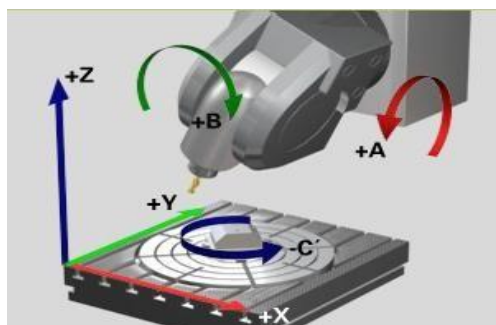


FIGURE 4 LES AXES DE DEPLACEMENT ET DE ROTATION D'UNE MACHINE-OUTIL

2. Les types de machines à 5 axes

Il existe quatre (04) grands types de machines à 5 axes. Ces machines sont classées comme suit :

1. Les machines à tête twist (2 axes rotatifs sur la tête)

Ces machines, généralement à portique, sont souvent des machines de grandes dimensions. On les retrouve dans l'industrie aéronautique ou automobile.

Les avantages

- ✓ Elles permettent d'usiner des pièces de grandes dimensions.
- ✓ Les mouvements 5 axes de la machine ne sont pas influencés par le poids de la pièce.
- ✓ La tête horizontale permet une meilleure évacuation des copeaux.

Les inconvénients

Ces machines ont généralement un axe A limité à $\pm 110^\circ$ et un axe C qui peut être illimité mais malheureusement avec toutes les nouvelles options, câblage et autres qui doivent passer dans la tête ont maintenant trouvé beaucoup plus de têtes limitées avec des valeurs de ± 200 jusqu'à $\pm 400^\circ$ [10]



FIGURE 4 MACHINE A TETE TWIST

2. Les machines à tête universelle (2 axes rotatifs à 45° sur la tête)

Ce sont des machines dont les deux axes sont situés sur la tête et sont concourants, l'un des axes est à 45° par rapport à l'autre.

Ce type de cinématique est rarement pris en compte dans les logiciels de CFAO, de plus le coulisseau horizontal dans ce cas de figure impose une capacité d'usinage limitée à 4 faces (face arrière inaccessible) ce qui diminue l'intérêt de ces machines pour une utilisation 5 axes. [10]



FIGURE 5 MACHINE A TETE UNIVERSELLE

3. Les machines à plateau tilting (2 axes rotatifs sur la table de la machine)

C'est une configuration qui possède une broche verticale et une table bi-rotative.

Les avantages :

Fréquemment utilisée dans l'industrie énergétique (usinage des turbines), elle permet d'obtenir un axe C illimité et un axe A avec une grande variation angulaire.

Les inconvénients :

La position et la rotation du plateau, rend la charge des pièces lourdes. C'est une contrainte défavorable pour la machine. [10]

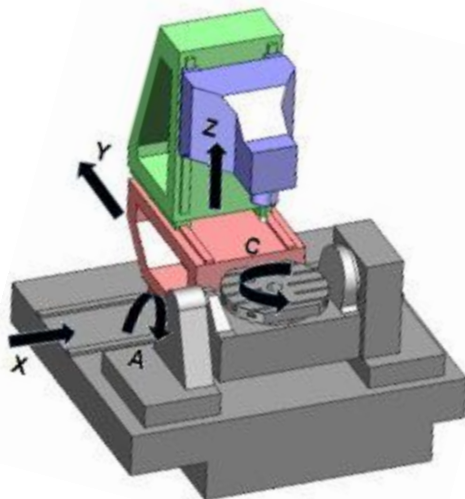


FIGURE 6 MACHINE A PLATEAU TILTING

4. Les machines avec un axe sur la tête et un plateau rotatif (généralement l'axe C'est sur le plateau)

Une solution souvent adoptée dans la fabrication d'outils et de formes ainsi que pour la fabrication de pièces unitaires et de pièces fabriquées en petites séries. La gestion des trajectoires est plus difficile en effet par rapport à un parcours calculé en FAO, sur la machine et la position pièce-machine, ainsi que les longueurs d'outils ont une influence sur le résultat final.

Ce type de machine est particulièrement adapté pour des pièces "cylindriques" (pièce nécessitant de réaliser des usinages en tournant autour de la pièce). [10]

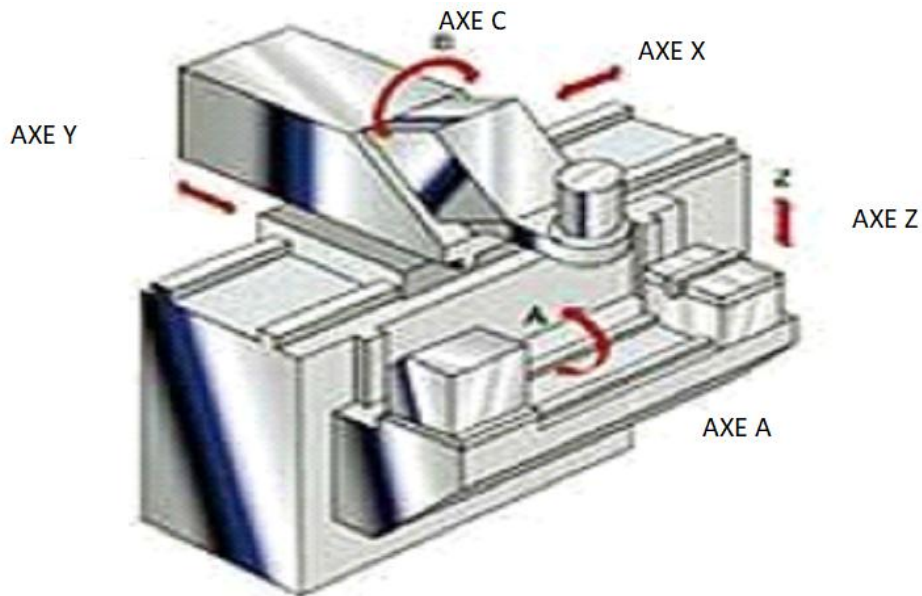


FIGURE 7 MACHINE AVEC UN AXE SUR LA TETE ET UN PLATEAU ROTATIF

V. **Le changeur d'outil** : pour faciliter l'utilisation des outils, il est nécessaire qu'ils soient bien positionnés et bien ordonnés dans le magasin toute en identifiant le nombre des outils utilisés. Il existe trois types de changeur :

1. **Changeur à chaîne** : les outils sont disposés sur une chaîne de transport fermée. Le fonctionnement de la chaîne est similaire à celui d'un convoyeur à bandes. L'avantage de ce système est qu'un espace moindre est requis pour des capacités d'outils plus grandes par rapport aux autres types. L'inconvénient c'est qu'il est très coûteux pour les petites productions. [11]



FIGURE 8 CHANGEUR D'OUTILS A CHAINE

2. **Changeur à parapluie** : sa vitesse de rotation permet un changement rapide d'outils, le changeur avance vers la broche pour le chargement et le déchargement d'outils, il est flexible est facile a utilisée. [12]



FIGURE 9 CHANGEUR A PARAPLUIE

3. **Changeur à tambour** : C'est le plus rapide des changeurs dans la construction des machines-outils, ses pinces pneumatiques permettent un changement très rapide, mais sa capacité de chargement d'outils est petite par rapport aux autres types. [13]

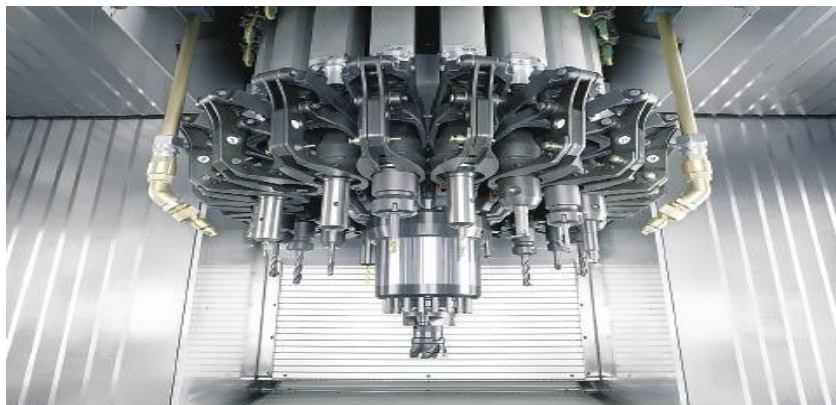


FIGURE 10 CHANGEUR A TAMBOUR

4. **Changeur de palette** : ce changeur est facultatif, utilisé dans les grandes machines pour gagner plus de temps dans l'usinage et le montage des pièces. [14]

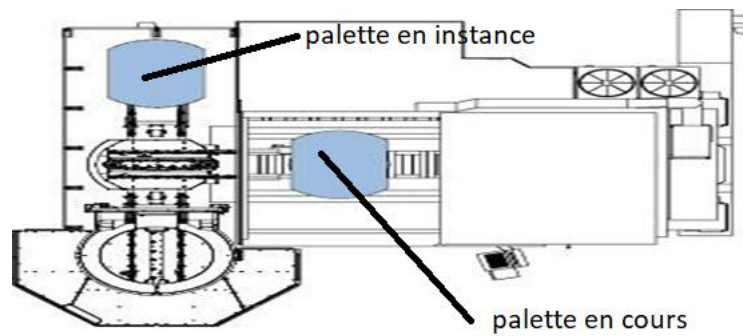


FIGURE 11 CHANGEUR DE PALETTES

VI. La machine retenue

1. Les critères de choix de la machine

L'étude effectuée sur les différents types de configuration de la machine et le choix du nombre d'axes (3+2 axes) répondant aux besoins de l'usinage des corps d'essieux, nous a permis de retenir la machine à portique à tête TWIST.

Nous allons aborder les caractéristiques de cette machine, en mettant en évidence les critères de choix qui seront établis dans un cahier de charges, présentés ci-dessous :

- Les axes et leurs emplacements : avec 3 axes de translation et 2 axes de rotation, la machine peut réaliser n'importe quelle opération.
- Les dimensions de la table : les dimensions de la table dépendent des dimensions et de la géométrie de la pièce.
- La charge supportée par la table : la charge de la pièce et les forces de coupe doivent être supportées par la table pour éviter toutes ruptures.
- L'espace de travail (pour chargement/déchargement des pièces) : l'espace de travail doit être ouvert pour le montage (chargement) et le démontage (déchargement) de la pièce sur la table
- La puissance, le couple et la vitesse de la broche : ils doivent être supérieurs aux plus grandes valeurs de ces paramètres calculés lors de la gamme d'usinage, afin d'assurer les conditions exigées pour toutes les opérations.

2. Caractéristiques techniques de la machine retenue

L'entreprise doit exiger aux fournisseurs des machines du type « machine à portique », à tête TWIST, dotées d'une configuration 3+2 axes, possédant deux axes rotatifs sur la tête, A et C, présentant les caractéristiques techniques indiquées dans le tableau suivant :

TABLEAU 9 CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DE LA MACHINE.

caractéristiques machine		Exigée par la gamme de fabrication	Disponibilité chez les fabricants*
Les déplacements des axes	Course -X	2000mm mini	1900mm à 65000mm
	Course -Y	400mm mini	1500mm à 3500mm
	Course -Z	500mm mini	1000mm à 2000mm
	Rotation C	360°	360°
	Rotation A	0°-95°	105° à 120°
Critères de la broche	Puissance	35Kw	20KW à 150KW
	Vitesse de rotation N	3500tr/min	1000tr/min à 6000tr/min
Changeur d'outil Capacité		avec 12 outils minimum	Disponible
Système de palettisation (facultatif)		Deux palettes min de dimension mini 1700x400 mm	Disponible pour palettes jusqu'à 2000 mm de diamètre.
Convoyeur coupeau		exigé	Disponible
Type de commande numérique		Siemens (choix de l'entreprise SNVI)	Disponible

*Nota : nous avons trouvé ces données en consultant différents sites internet de plusieurs fabricants de machines-outils. Une liste des noms de ces fabricants et leur site internet est présentée ci-après.

Chapitre 4 Etude technico-économique

I. Introduction

Dans un milieu industriel de plus en plus caractérisé par une compétitivité acharnée, l'entreprise se trouve aujourd'hui, plus que jamais, dans l'obligation de satisfaire les impératifs de qualité, coût et délai. Afin de conserver cet équilibre, l'entreprise cherche à éliminer tous les dysfonctionnements et les gaspillages existants de la production dans ses ateliers. Partant du principe que tout « problème » est une opportunité d'amélioration qui doit être abordé comme une occasion pour le traitement efficient des irrégularités, une telle étude permettra de satisfaire les trois exigences citées plus haut.

C'est dans ce contexte que s'inscrit cette étude technico-économique d'une mise en place d'une machine-outil « fraiseuse à 5 axes ». Afin de mener à bien cette étude, nous avons commencé tout d'abord par établir un diagnostic de l'existant, en l'occurrence l'état des lieux de l'atelier corps d'essieu, nous nous sommes intéressés par la suite aux avantages qu'offre la machine fraiseuse à 5 axes.

II. Etat des lieux de l'atelier des corps d'essieu

Actuellement, la fabrication des corps d'essieux se fait dans plusieurs postes pour différentes opérations d'usinages et de montages de la pièce. La production moyenne est de 20 corps d'essieu par jours (pour les deux équipes).

Le temps mis pour la fabrication d'un corps d'essieu est estimé aujourd'hui à 123 minutes.

Données :

Nombre de jours ouvrables / an : 232

Nombre d'heures /jour/équipe 8

Nombre de machine 1

Nombre d'équipes 2

Total cycle de production par pièce : 9,62 min

Casse-croûte : 30 min/jr

Démarrage de cycle 15 min/jr

Nettoyage hebdomadaire : 60 min

Programme (pièce /ans) 10 000

Cadence 6 pièces/heure

Capacité réelle 800 min

Charge machine % 54%

Cout de la machine : entre 70 et 90 million de dinars

TABLEAU 10 POTENTIEL DE L'ACTIVITE

	Type	Minutes	Taux
Potentiel brut		222 720	100%
Pertes	Casse-croûte (min)	6 960	3%
	Réglage (min)	1 440	1%
	Nettoyage (min)	2 760	1%
	Démarrage du cycle (min)	3 480	2%
	Pannes 10% (min)	22 272	10%
	Total pertes (min)	36 912	17%
Potentiel net (min)		185 808	83%

III. L'amortissement de la machine

L'amortissement de la machine représente la durée durant laquelle la somme des gains générés par cet investissement est égale au cout de cet investissement. De façon plus concise, l'amortissement de la machine représente l'étalement de son cout sur sa durée d'utilisation.

De façon plus générale, un actif n'est amortissable que si son usage est limité dans le temps. C'est le cas, entre autre, des constructions, des installations techniques, du matériel et de l'outillage industriels.

Il faut déterminer la base de calcul des amortissements.

Le calcul de l'amortissement de la machine se fait en dix ans

Nous remarquons une forte amélioration dans les temps de l'exécution des opérations (tableau 11), ce qui permet une réduction des coûts comme explicité dans le tableau suivant :

TABLEAU 11 COMPARAISON DES TEMPS D'USINAGE (TU)

Opération	Nouveau	Ancien
	TU total/pièce min:s	TU total/pièce min:s
101	3 :44.4	35:00:00
102	00:08,5	17:54
103	00:22,4	
104	00:41,5	
106	01:14,8	20:00
105	00:44,6	21:30
107	00:01,7	
108	00:45,8	
109	00:47,2	
110	00:03,2	
111	00:10,2	18:18
Total	9 :37.5	123:36:00

TABLEAU 12 COMPARAISON ECONOMIQUE

	Critère de comparaison	l'ancienne ligne de production	la nouvelle machine
Machine	temps d'usinage (minutes)	123,6	9,62
	cout d'usinage/min (dinars)	93	173,1
	Nbr machines	6	1
	cout d'usinage/essieu (dinars)	495	665
main- d'œuvre	Nbr Ouvriers	6	1
	cout /min/ouvrier (DA)	12	12
	cout ouvrier/ essieu	1483	115
Cout total de l'usinage de l'essieu		978	781

Conclusion

A travers ce chapitre, nous avons présenté un aperçu des principaux critères que l'entreprise doit prendre en considérations pour évaluer ce projet d'investissement.

Cet investissement, fraiseuse à 5 axes, doit être intégré dans la modernisation de la ligne de fabrication des essieux des véhicules SNVI pour répondre aux besoins du marché et faire face à la concurrence féroce des différents constructeurs dans le domaine des véhicules lourds.

Conclusion générale

Au cours de ce travail, nous nous sommes penchés sur la solution à apporter aux problèmes rencontrés sur l'actuelle ligne de fabrication des corps d'essieux au niveau de la SNVI.

Il nous a été confié la mission, au sein de la société nationale des véhicules industriels SNVI, de moderniser la ligne de fabrication des corps d'essieux. Pour ce faire, nous avons procédé par étapes. La première était de présenter la société et la ligne de production actuelle en mettant en évidence les problèmes rencontrés afin de bien poser la problématique.

La deuxième étape consistait en l'établissement de la chronologie d'usinage de la pièce en optimisant les temps d'usinage par rapport à l'ancienne gamme. Nous avons également eu à calculer les conditions de coupe et faire une comparaison de la durée d'usinage totale entre l'ancienne et la nouvelle gamme. Un gain de temps très important (92%) a été obtenu. Nous avons ensuite enchaîné avec la troisième étape qui avait pour but de caractériser la machine-outil permettant l'exécution de l'usinage des corps d'essieux dans les conditions énoncées au deuxième chapitre. Et enfin, en dernière étape nous avons validé notre étude par une analyse prévisionnelle (technico-économique) pour l'achat de la machine et le gain de production.

Nous espérons que ce projet aidera la SNVI dans son évolution et son progrès pour demeurer leader dans la construction des véhicules lourds et de transports dans notre pays.

Bibliographie

- [1] <http://snvigroupe.dz>
- [2] service méthodes SNVI
- [3] A.IGHILAZA. Cours analyse de fabrication mécanique, 2015 université de Bab-Ezzouar.
- [4] Saïd ZIRMI. Ingénierie- matériaux, mécanique, environnement, Energétique, procédés,
- [5] Michel Colombié Jean-Pierre Cordebois et coll. Fabrication par usinage.2ème édition,Dunod, Paris, 2003, 2008
- [6] Métaux détail servie, <http://www.metaux-detail.com/pdf/acier/25cd4.pdf> Le matériau a usinée. Consulté le 14/06/2018
- [7] Sandvik, coromant, <https://www.sandvik.coromant.com/fr-fr/products/pages/toolguide.aspx?Country=dz>, consulté le 24/06/2018
- [8] Trametal, usinage 3+2 solution intéressante pour les grosses pièces. Machines-outils,
- [9] Sandvik coromant, <https://www.sandvik.coromant.com/frfr>. Consulté le 21/07/1018
- [10] http://5axes.free.fr/fraiseuse5_en.htm, les types de machines 5 axes, consulté le 23/07/2018
- [11] <http://www.chensound.com/cht/chain-tool-magazine/40-2.html>
- [12] <http://www.solucoesindustriais.com.br>
- [13] <https://www.ctemag.com/news/articles/not-your-fathers-vmc>.
- [14] <http://www.reiden.com/fr/machines/rx14/changeur-de-palette.html>