

REPUBLIQUE DU CAMEROUN

Paix – Travail – Patrie

UNIVERSITE DE YAOUNDE I
ECOLE NORMALE SUPERIEUR
D'ENSEIGNEMENT TECHNIQUE
D'EBOLOWA
DEPARTEMENT DE DE GENIE
MECANIQUE



REPUBLIC OF CAMEROUN

Peace – Work – Fatherland

UNIVERSITY OF YAOUNDE I
HIGHER TECHNICAL TEACHER
TRAINING COLLEGE OF
EBOLOWA
DEPARTMENT OF OF
MECHANICAL
ENGINEERING

**Filière
Fabrication Mécanique**

**DISPOSITIF DE MESURE ET D'ACQUISITION
D'IMAGES CORRELATIF AUX ANGLES DE
COUPE D'OUTILS DE TOURNAGE**

Mémoire de fin d'étude
En vue de l'obtention du Diplôme de Professeur d'Enseignement
Technique et
Professionnel de 2e grade (DIPET II) en Génie mécanique

Par : NSIGNEI NAOUSSI Guy Hervé

Sous la direction de
Pr KANAA Thomas
Maitre de conférences
M. MENYOUNG EVINI Martial
Assistant

Année Académique : 2019 - 2020



DEDICACE

À la « mémoire de mes parents »

REMERCIEMENTS

L'accomplissement d'un mémoire implique un effort personnel, mais il s'agit d'un travail d'équipe qui implique aussi la participation de divers intervenants. Dans cette page je remercie toutes ces personnes qui ont contribué à l'aboutissement de ce travail. Je tiens tout d'abord à remercier mon équipe d'encadrement : le superviseur le professeur KANAA Thomas, pour avoir accepté la supervision de nos travaux et pour son suivi permanent ; mon encadreur monsieur MENYOUNG EVINI Martial pour sa disponibilité et ses orientations

J'exprime toute ma gratitude à madame le directeur, le professeur Salomé NDJAKOMO ESSIANE pour le cadre convivial de notre formation et au personnel enseignant et administratif de l'ENSET d'EBOLOWA pour leur encadrement.

Je tiens également à remercier messieurs les membres du jury pour leur collaboration durant l'examen de ce travail et leur participation à la soutenance.

A mon grand frère Pr. DZONDE NAOUSSI SERGE RAOUL qu'il veuille retrouver ici le témoignage de ma profonde et sincère reconnaissance pour le sacrifice qu'il consent à mon égard.

Je remercie ma grande sœur Mme. KENGNE Marinette pour tout son soutien

A tous mes frères et sœurs un énorme merci ! Les détails ne suffiront pas.

Bien entendu, je remercie tous mes camarades de classe qui ont tous contribué, d'une manière ou d'une autre, à la réussite de ce mémoire.

Pour ceux qui n'ont pas trouvé leur nom dans cette liste et qui ont contribué à ce travail, je les en remercie et m'excuse de cet inacceptable oubli.

RESUME

La mécanique connaît de nombreux métiers parmi lesquels nous pouvons citer la fabrication mécanique qui est l'une des disciplines au centre même de celle-ci. L'industrie dans quasiment tous ses secteurs a recourt à la fabrication mécanique pour l'obtention de ses différents produits. Pour le faire la fabrication procède par des moyens parmi lesquels « l'usinage ». L'usinage des pièces mécaniques entraîne généralement à la surface de celles-ci des irrégularités qui ont un effet considérable sur le coefficient de frottement, et altère plus ou moins directement le rendement. Pour minimiser la surchauffe, l'usure des dites pièces dans les mécanismes, et optimiser les délais non seulement de production des dites pièces, mais aussi de la qualité et ce dans leurs délais des produits que constituera à produire l'équipement pour lequel l'usinage est fait, il est important d'anticiper sur les outils de coupe; d'où le thème « *Dispositif de Mesure et d'Acquisition d'Images Corrélatif aux Angles de Coupe d'Outils de Tournage* ». L'atteinte de ces objectifs a nécessité le suivi rigoureux du plan suivant : la Revue de Littérature où il a été question de parcourir et faire un état de la littérature proche du thème sus cité. La partie Matériels et Méthodes nous a permis de faire une présentation exhaustive de tout le matériel mis en œuvre et les techniques employées afin de réaliser notre dispositif. Les résultats eux sont le dispositif en question : ayant un encombrement de 250x250x250 (mm), susceptible de porter un rapporteur d'angle d'atelier, offrant les possibilités d'ajustage de la distance focale, de variation d'angle d'acquisition par rotation du porte caméra, de l'équilibrage du dispositif lors de la manipulation par des vis d'équilibrage. Il a été mentionné aussi dans ce document un plan de maintenance du dit dispositif et son procédé de mise en œuvre.

Mots clés : Dispositif de mesure, Dispositif d'acquisition, Angle d'outils, Tournage.

ABSTRACT

Mechanics knows many trades among which we can cite mechanical manufacturing which is one of the disciplines at the very center of it. Industry in virtually all of its sectors relies on mechanical manufacturing for its various products. To do this, manufacturing proceeds by means including "machining". The machining of mechanical parts generally causes irregularities on the surface thereof which have a considerable effect on the coefficient of friction, and more or less directly affect performance. To minimize overheating, wear of said parts in the mechanisms, and optimize the lead times not only of production of said parts, but also of the quality and within their deadlines of the products that will constitute to produce the equipment for which the machining is done, it is important to anticipate the cutting tools; hence the theme "Device for Measuring and Acquiring Images Correlating to Cutting Angles of Turning Tools". Achieving these objectives required rigorous monitoring of the following plan: the Revue de Littérature, where it was a question of browsing and taking stock of the literature close to the aforementioned theme. The Materials and Methods section allowed us to make an exhaustive presentation of all the equipment used and the techniques used to create our device. The results are the device in question: having a footprint of 250x250x250 (mm), capable of carrying a workshop angle protractor, offering the possibilities of adjustment of the focal length, of variation of acquisition angle by rotation of the camera holder, the balancing of the device during handling by balancing screws. It was also mentioned in this document a maintenance plan of said device and its method of setting up.

Keywords: Measuring device, Acquisition device, Tool angle, Turning.

TABLE DES MATIERES

TABLE DES MATIERES.....	V
LISTE DES SYMBOLES.....	X
LISTE DES TABLEAUX.....	X
LISTE DES FIGURES.....	XI
INTRODUCTION GENERALE.....	1
1) PRESENTATION DU PROJET.....	1
2) METHODOLOGIE.....	1
3) EXIGENCES DE DEVELOPPEMENT.....	2
4) RESULTATS ESCOMPTES.....	2
5) PLAN DE PRESENTATION DU MEMOIRE.....	2
CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTERATURE.....	4
I.1. GÉNÉRALITÉS SUR LES OUTILS DE COUPE.....	5
I.1.1. Les types d'outils de tournage.....	5
I.1.2. Description D'un Outil De Tournage.....	6
I.1.3. Angles et faces de l'outil de coupe.....	8
I.1.4. Matériaux de l'outil.....	10
I.1.5. Durée de vie d'un outil de coupe.....	11
I.2. GÉNÉRALITÉS SUR L'ACQUISITION D'IMAGES.....	12
I.2.1. Acquisition d'image (2D) et mesure numérique.....	12
I.2.2. Préparation de l'objet pour les mesures numériques :.....	12

I.2.3.	Précautions de la manipulation :.....	13
I.2.4.	Méthodes optiques [15].....	13
I.3.	GÉNÉRALITÉS SUR L'USURE D'OUTIL ET MESURE	14
I.3.1.	Phénomènes causes d'usure	14
I.3.2.	Type d'usure des outils.....	15
I.3.3.	Méthodes analytiques	18
I.3.4.	Méthodes diverses	19
I.3.5.	Les modèles mathématiques d'usure (Durée de vie).....	19
	CHAPITREII : ETAT DE L'ART	21
	ACQUISITION D'IMAGES ET MESURES :	22
II.1.	Rene Kamguem, Victor Songmene, et Souheil Antoine Tahan (2013) [18].....	22
	a) Objectif.....	22
	b) Matériels et méthode	22
	c) Résultats	23
II.2.	. Ngnimboha Nguepi Stephane 2019 [25].....	23
	a) Objectif.....	23
	b) Matériel et méthodes	24
II.3	Brigitte VASQUES (2008) [20]	25
	a) Objectif.....	25
	b) Matériels et méthode	25
	c) Résultats	26
II.4.	. Teyou Gumte Eric Donald 2019 [15].....	26
	a) Objectif.....	26

b)	Matériel et méthodes	26
c)	Résultats	27
II.5	J. ONDRA (1999) [22].....	27
a)	Objectif.....	27
b)	Matériels et méthodes.....	27
c)	Résultats	28
II.6	Omar Monir Koura (2015) [17].....	28
a)	Objectif.....	28
b)	Matériels et méthode	29
c)	Résultats	29
II.7	Soualah MOHSSIN (2017) [24].....	30
a)	Objectif.....	30
b)	Matériels et méthode	30
c)	Résultats	31
II.8	Arnaud CROLET (2008) [21]	32
a)	Objectif.....	32
b)	Matériels et méthode	32
c)	Résultats	33
II.9	Brice KAMDEM (2016) [23].....	33
a)	Objectif.....	33
b)	Matériels et méthode	33
c)	Résultats	34
CHAPITRE III : MATERIELS ET METHODES		35
III-1-	MATERIELS POUR LE DISPOSITIF	36
III-1-1-	Machines-Outils.....	36
III-1-2-	Instruments de Mesure et de Contrôle.....	40
III-1-3-	Matériels Pour l'Acquisition Numérique d'Images	40

III-2- PROCEDE DE REALISATION DU DISPOSITIF.....	42
III-2-1 Etude Dimensionnelle	42
III-2-2 Etude Graphique.....	46
DESSIN D'ENSSEMBLE DU DISPOSITIF	47
DESSIN 3D ET NOMENCLATURE DES ELEMENTS DU DISPOSITIF.....	48
DESSIN DE DEFINITION DE LA VIS.....	49
III.2.3. Etude De Fabrication	52
DESSIN DE FABRICATION DE LA VIS.....	53
CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS.....	63
IV RESULTATS ET DISCUSSIONS DISPOSITIF DE MESURE ET D'ACQUISITION.....	64
IV.1 BLOC D'ACQUISITION IN-SITU	64
IV.2 BLOC D'ACQUISITION COMPLET.....	64
IV.3 GUIDE D'UTILISATION.....	65
IV.3.1 Règles de sécurité.....	67
IV.3.2 Description du fonctionnement du dispositif.....	67
IV.3.3 Plan de maintenance	67
IV.4 RESULTATS ET DISCUSSIONS ACQUISITION ET MESURE	68
IV.5 ESTIMATION DU COUT DE NOTRE DISPOSITIF	73
CONCLUSION GENERAL ET PERSPECTIVES	76
Références bibliographiques.....	77
ANNEXE 1 : Valeurs Indicatives Des Valeurs De Vitesse De Coupe En Fonction Du Matériau.....	79

ANNEXE 2 : Valeurs Indicatives Des Conditions De Coupe En Fraisage	82
ANNEXE 3 : Formulaire Sur Les Moments Quadratiques	83
ANNEXE 4 : Dispositif en cours de fabrication	84

LISTE DES SYMBOLES

LISTE DES SYMBOLES		
SYMBOLES	DEFINITION	UNITE
V _c	Vitesse de coupe	m/min
N	Fréquence de rotation	tr/min
V _f	Vitesse d'avance	mm/min
f	Avance par tour	mm/tr
P _p ou a	Profondeur de Passe	en mm
R _a	Rugosité arithmétique moyenne	μm
R _t	Ecart total, dénivellation la plus importante entre le plus haut sommet d'un pic et le fond le plus bas d'un creux	μm
R _z	régularité, c'est la moyenne des écarts totaux de rugosité "R _t " observés sur 5 longueurs	μm
E	Module d'Young	Gpa
I _y	Moment quadratique	mm ⁴
D ou d	Diamètre de la pièce considérée	mm
IT	Intervalle de Tolérance	-
C _f	Cote de fabrication	mm

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 différents outils en ARS	5
Tableau 2 Principales usures observées dans un outil de coupe [13].....	16
Tableau 3 Avant Projet d'Etude de Fabrication.....	54
Tableau 4 Résultats des mesures d'angles.....	71
Tableau 5 Coût de la matière d'œuvre + logistique-transport + production.....	73

LISTE DES FIGURES

Figure 1 outil carbure à plaquette bridée	6
Figure 2 présentation d'un outil de coupe de tournage.....	7
Figure 3 Arêtes et parties actives d'un outil de tournage [3].....	7
Figure 4 Arêtes et parties actives d'un outil de tournage [3].....	8
Figure 5 Angles du taillant (outil en main) [2].....	9
Figure 6 Plans sur un outil en main [Norme NF E 66-502] et [3].....	9
Figure 7 Domaines d'emploi des divers matériaux à outil coupant [1].....	11
Figure 8 positionnement du dispositif pour une acquisition d'image [adapté par nos soins].....	12
Figure 9 méthodes de contrôles et de mesures des surfaces [15].....	13
Figure 10 principe de la mesure par microscopie confocale [15]......	14
Figure 11 Diagramme d'usure en l'usinage. [10].....	15
Figure 12 Schéma de la caractérisation de l'usure d'un outil.[10].....	15
Figure 13 Aspects d'usures constatés dans un outil de coupe	16
Figure 14 Représentation schématique de l'acquisition [15]......	23
Figure 15 dispositif d'acquisition des données.....	24
Figure 16 dispositif d'acquisition on line	27
Figure 17 montages d'essai [17]......	29
Figure 18 dessin de définition de la pièce préparée [4].	31
Figure 19 Evolution de la rugosité en fonction de la profondeur de passe [4].	31
Figure 20 Evolution de la rugosité en fonction de l'avance [4]......	32

Figure 21 échantillons pour essais [12].	34
Figure 22 Meule Portative	36
Figure 23 Fraiseuse Universelle (d'établi);	37
Figure 24 Tour Parallèle	37
Figure 25 Tour Parallèle	38
Figure 26 : outil à tronçonner	38
Figure 27 : outil à charioter et à dresser	39
Figure 28 jeu de tarauds	39
Figure 29 tourne à gauche (filière)	39
Figure 30 Instruments de Mesure et de Contrôle	40
Figure 31 : ordinateur portable	41
Figure 32 : caméras numérique pour l'acquisition	41
Figure 33 schéma cinématique du dispositif	43
Figure 34 Modélisation des charges appliquées à la vis	44
Figure 35 représentation des efforts	45
Figure 36 bloc d'acquisition sur site	64
Figure 37 rapporteur d'angle d'atelier	65
Figure 38 bloc complet d'acquisition	65
Figure 39 : mesure spécimen 1	68
Figure 40 mesure spécimen 2	68
Figure 41 mesure spécimen 3	69

INTRODUCTION GENERALE

Cette introduction a pour objectif de présenter le thème qui meublera l'ensemble des travaux de ce mémoire pour cela, il sera question de présenter le projet dans le contexte de l'étude avant de ressortir le problème de la recherche et les différents objectifs à atteindre.

1) PRESENTATION DU PROJET

Le monde industriel connaît depuis des siècles maintenant un développement exponentiel, et la place de la mécanique est de loin la plus représentée. A travers ses impressionnantes réalisations et leur complexité, la mécanique requiert pour arriver à ses fins une panoplie de métiers, parmi lesquels nous pouvons citer *la fabrication mécanique* qui se veut une plaque tournante du domaine, elle-même démembrée en de nombreuses autres activités dont le *tournage*, ses outils qui nous intéressent particulièrement ; surtout la géométrie de ceux-ci qui est essentielle pour la réalisation de nombreuses formes hautement utiles dans les réalisations mécaniques et dont les défauts rendraient difficile l'obtention de la qualité recherchée.

Il est alors coutume pour rechercher ces défauts de la géométrie des outils afin d'y remédier, d'utiliser des méthodes un peu lentes d'action, et pas toujours très fines. C'est pourquoi nous nous proposons d'employer la méthode de mesure par imagerie des angles de ces outils combinée à la mesure par un dispositif fabriqué que nous pensons plus fine et rapide, en vue de satisfaire la notion de « délai » si chère dans le monde de l'industrie.

2) METHODOLOGIE

En vue d'optimiser en terme de qualité et de temps la mesure des angles et l'emploi de nos outils de tournage, il sera question pour nous de réaliser un Dispositif de Mesure et d'Acquisition d'Images Corrélatif aux Angles de Coupe des Outils de Tournage, ce qui consistera à:

- Etudier les outils de coupes en tournage (leur géométrie),
- Mener une étude sur le mode de mesure que nous souhaitons améliorer,
- Mener une étude sur le mode de mesure par imagerie,

- Etudier les conditions d'acquisition des images,

3) EXIGENCES DE DEVELOPPEMENT

Au regard de la qualité du besoin et bien sûr des exigences auxquelles nous sommes appelés à faire face pour la réussite de cette démarche, l'accent devra porter sur :

- Les contraintes technologiques : ce projet doit avoir une portée technologique,
- Contrainte économiques : ce projet doit à coup réduit être mis à la disposition des usagers,
- Contrainte d'utilisation : la méthode doit pouvoir être facile d'utilisation,
- Contrainte pédagogique : la méthode doit avant tout être initiée dans le cadre académique, il se doit d'avoir une portée didacticiel.

4) RESULTATS ESCOMPTES

La mesure par imagerie et par le dispositif des angles des outils de coupe en tournage va nous permettre à partir de deux images, l'une étant image référence, d'observer les défauts de l'outil déjà utilisé et déterminer s'il a besoin ou non d'être affûté ; utile pour nos nombreuses entreprises de fabrication mécanique.

5) PLAN DE PRESENTATION DU MEMOIRE

Le présent mémoire est organisé comme suit :

- Dans le chapitre 1 relatif aux Généralités sur la Thématique, nous introduisons les notions nécessaires à la compréhension de la problématique traitée dans ce mémoire. Plus concrètement, nous explicitons la notion de d'outil de coupe, nous parlons des types d'usure d'outil de coupe en tournage, en dernière partie nous abordons les différentes méthodes d'acquisition, de contrôle et mesure des états de surface ;
- Le chapitre 2 présente une revue de littérature dans laquelle il est essentiellement question de faire une synthèse de certains travaux qui vont nous renseigner sur l'état actuel des méthodes d'acquisition et de contrôle.

- Le chapitre 3 est consacré aux Matériels et Méthodes, il renvoi à la présentation de l'ensemble du matériel nécessaire à la réalisation de notre dispositif, sa conception et les méthodes utilisées pour sa mise en œuvre effective ;

- Enfin au chapitre 4 consiste à présenter les Résultats et en discuter, à travers les images du dispositif et des acquisitions.

CHAPITRE I : REVUE DE LA LITTÉRATURE

Au cœur de l'industrie aujourd'hui comme par le passé, la *fabrication mécanique* occupe une place de choix étant donné la multitude et la complexité des pièces constituant les différents systèmes. Il s'avère alors que pour l'obtention de ces pièces, à la hauteur des qualités exigées, les outils de coupe sont d'une importance capitale.

I.1. GÉNÉRALITÉS SUR LES OUTILS DE COUPE

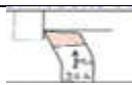
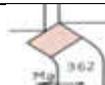
Il existe une grande diversité d'outils de coupe, notamment dans les deux grands domaines de l'usinage que sont le « *fraisage et le tournage* ». Toute fois, les principaux éléments des différents outils pour chaque cas sont semblables. Ainsi, afin de simplifier la compréhension de différents éléments définissant un outil quelconque, nous nous baserons sur un outil de coupe en tournage. Les définitions peuvent ensuite être déduites pour tout autre type d'outil. [7]

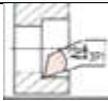
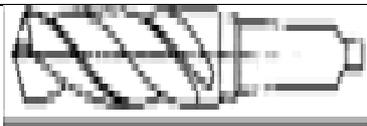
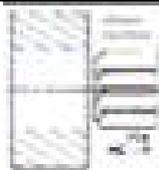
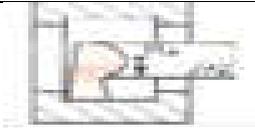
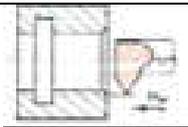
I.1.1. Les types d'outils de tournage

On choisit la forme de l'outil en fonction de l'opération à effectuer (ébauche ou finition) et de la forme de la pièce à réaliser. [16]

- Outils ARS (Acier Rapide Supérieur)

Tableau 1 différents outils en ARS

Outils	Norme	Silhouette outils ARS
Outil à dresser d'angle	NFE 66 364	
Outil couteau	NFE 66 363	
Outil à fileter	NFE 66 369	
Outil à saigner	NFE 66 367	
Outil à charioter	NFE 66 362	
Outil pelle	NFE 66 366	

Outil à retoucher	NFE 66 365	
Outil à aléser dresser		
Foret		
Alésoir		
Outil à chambrer		
Outil à fileter intérieur		

- **Outil carbure**

Il est constitué de deux types à savoir : les carbures brasés (sur la partie nommée corps d'outil) et d'autres sous forme de plaquettes qui sont soit bridés, vissés ou ayant une double possibilité de montage.

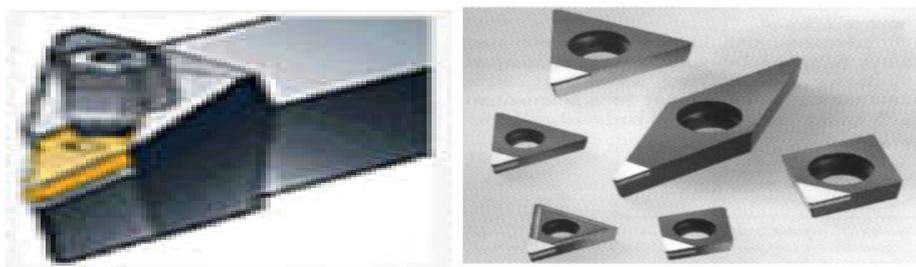


Figure 1 outil carbure à plaquette bridée

I.1.2. Description D'un Outil De Tournage

Un outil coupant est constitué d'un corps d'outil et peut comporter une ou plusieurs parties actives, intersection de deux surfaces ($A\alpha_1$, $A\gamma_1$ Figure I.2). La (figure I.2) précise le vocabulaire relatif aux différentes parties actives d'un outil de tournage.

Outre cette description de la géométrie locale des outils, il existe une norme (ISO 1831) permettant de décrire les différentes parties constitutives des outils de tournage à plaquettes rapportées, systématiquement utilisés aujourd'hui.



Figure 2 présentation d'un outil de coupe de tournage

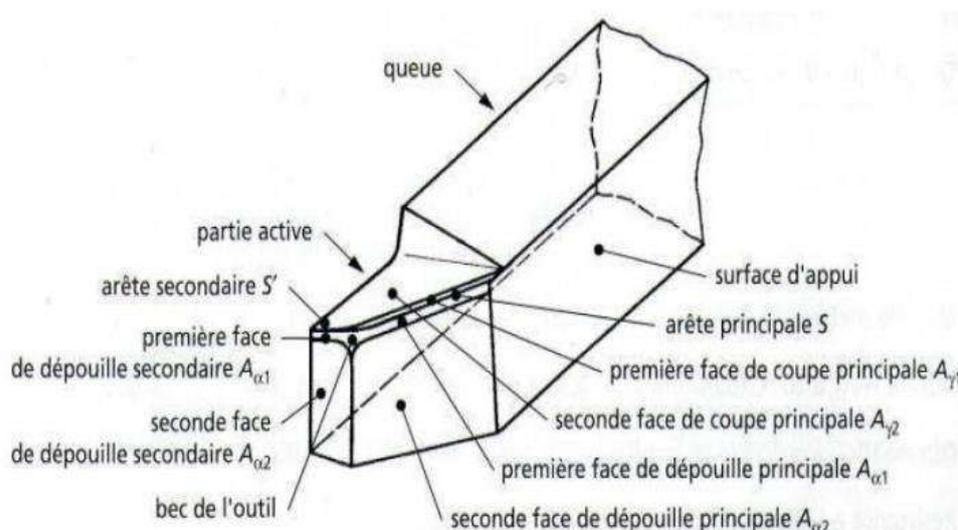


Figure 3 Arêtes et parties actives d'un outil de tournage [3]

La partie de l'outil appelée taillant est celle directement impliquée dans la coupe. Elle est limitée par trois faces, la face de coupe le long de laquelle glisse le copeau et les deux faces de dévissage (principale et secondaire) le long desquelles passent les surfaces coupée et engendrée.

L'arête de coupe est une des limites (coté) de la face de coupe destiné à l'enlèvement de matière. Dans un outil de tournage simple, on peut distinguer une arête principale, intersection entre la face de coupe et la face de dévissage principale, et une arête secondaire, intersection entre la face de coupe et la face de dévissage secondaire. La jonction des arêtes principale et

secondaire constitue le *bec de l'outil*. Il peut être droit, arrondi ou représenter l'intersection vive des deux arêtes. [7]

Un outil possède quasi toujours un mouvement de coupe et un mouvement d'avance. On en déduit dès lors un vecteur résultant du mouvement relatif outil/ pièce exprimé par le vecteur V_e . A partir de là, on peut définir deux systèmes d'angles d'un outil de coupe. On définit soit les angles d'outil « en main » par rapport à la direction supposée de coupe V_e (repère nécessaire à la fabrication des outils), soit les angles d'outils « en travail » par rapport à la direction réelle de coupe V_c (repère nécessaire pour connaître les angles effectifs durant la coupe). A l'aide de ces repères, on établit une série de plans et d'angles normalisés permettant de décrire la géométrie locale des outils.

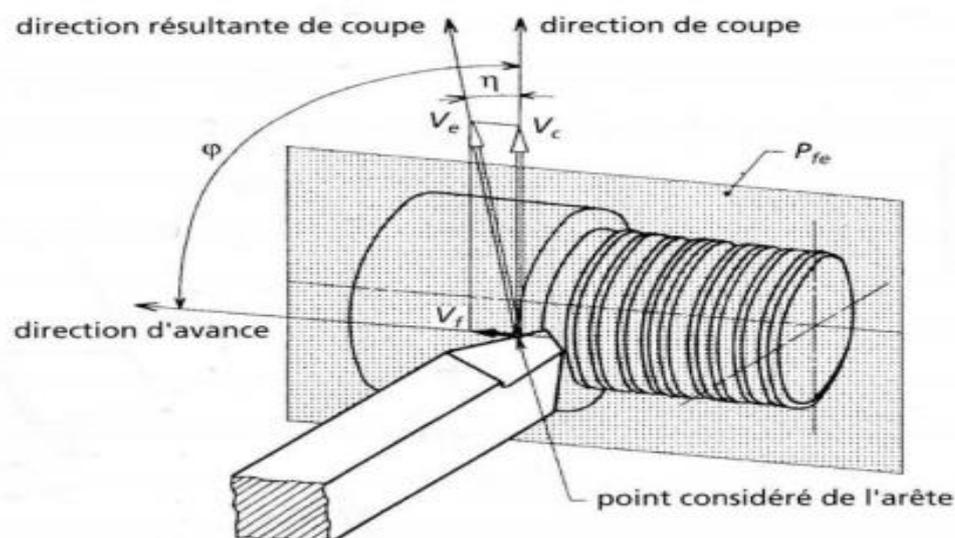


Figure 4 Arêtes et parties actives d'un outil de tournage [3]

I.1.3. Angles et faces de l'outil de coupe

Pour faciliter l'explication des phénomènes de la coupe il est nécessaire de définir les angles ayant la plus grande influence sur les dits phénomènes. La (figure I.11) illustre, dans le système de référence outil en main, les trois angles principaux du taillant, l'angle de dépouille α , l'angle de taillant β et l'angle de coupe γ . [2]

Pour effectuer le choix d'un outil de tournage, les paramètres à prendre en compte sont les suivants [1]:

- matière de la pièce, usinabilité.
- configuration de la pièce : forme, dimension, surépaisseurs d'usinage.
- limitations : tolérances, état de surface.
- machine : type, puissance, conditions d'utilisation et caractéristiques.
- stabilité, rigidité de la prise de pièce et de la pièce.

I.1.4. Matériaux de l'outil

La partie active des outils de coupe et donc les matériaux servant à leur constitution doivent posséder certaines propriétés:

- Une grande stabilité chimique vis-à-vis du matériau usiné et de l'atmosphère environnante (air, liquide de coupe, etc.)
- Une bonne résistance mécanique au frottement - résistance à l'usure
- Une bonne résistance à la pénétration – dureté
- Une bonne résistance à la pression
- Une bonne résistance aux chocs - ténacité
- Une bonne résistance à la chaleur garder ces propriétés à haute température (par exemple dureté à chaud)
- Une faible adhésion avec le matériau usiné sous haute pression et haute température
- Un bas prix d'achat et de mise en forme, ainsi que l'abondance des éléments de composition. [3]

Le diagramme (figure I.6) est donné à titre indicatif pour situer les différents domaines des matériaux à outil. Il est représentatif des conditions normales d'utilisation de ces outils, en ébauche, pour les aciers et les fontes. Il ne peut être utilisé pour choisir les conditions de coupe. [3]

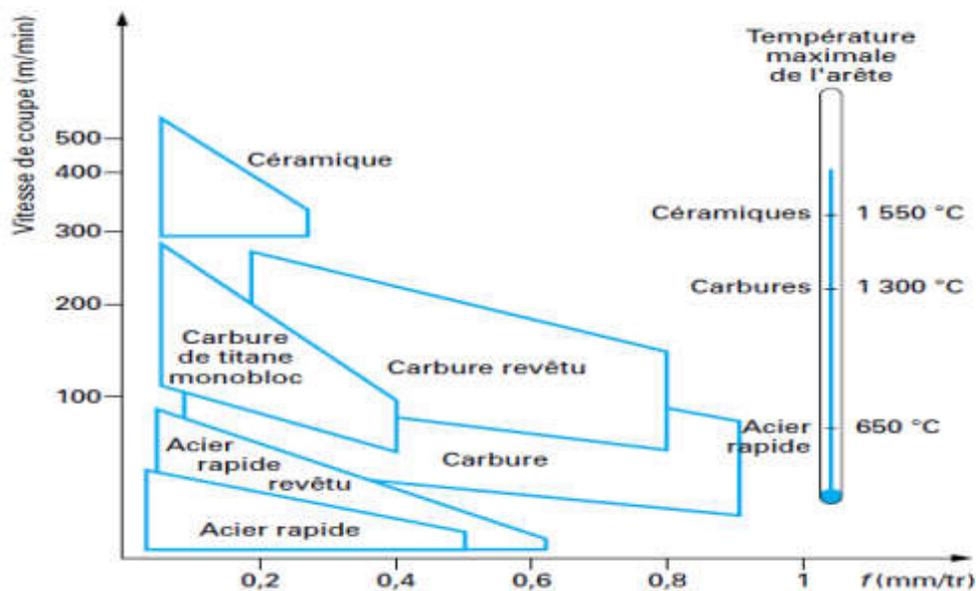


Figure 7 Domaines d'emploi des divers matériaux à outil coupant [1]

I.1.5. Durée de vie d'un outil de coupe

Le paramètre « durée de vie de l'outil » est assez complexe comme phénomène, même qu'il

En fait la durée de vie de l'outil est fonction des différents paramètres, soit:

- Les conditions de coupe
- Le matériau et la géométrie de l'outil
- Le matériau et l'état physique de la pièce
- La lubrification

Généralement seules les conditions de coupe sont prises en considération et on établit des lois d'usure pour des outils parfaitement définis pour un matériau usiné, donné et dans des conditions de lubrification déterminées. [14]

On arrive donc des lois d'usure de la forme

$$T=f(V_c, f, a_p)$$

Remarque : La vitesse de coupe étant en fait le paramètre le plus important, on trouve aussi des lois d'usure sous la forme :

$$T=f(V_c, f)$$

I.2. GÉNÉRALITÉS SUR L'ACQUISITION D'IMAGES

De nombreuses méthodes pour le contrôle de l'état géométrique des pièces (outil dans notre cas) ont été mises sur pied :

I.2.1. Acquisition d'image (2D) et mesure numérique

➤ **Matériel :**

- écran et son support
- règle graduée 30 cm (=échelle)
- dispositif d'acquisition d'image numérique et fiche technique d'acquisition
- logiciel de mesure et fiche technique

I.2.2. Préparation de l'objet pour les mesures numériques :

- **Installer** l'objet sur le support fourni en respectant le schéma du montage ci-contre
- **Effectuer** les captures d'image nécessaires en utilisant l'appareil d'acquisition d'image numérique
- **Enregistrer** au format .jpg (par exemple) à l'emplacement indiqué

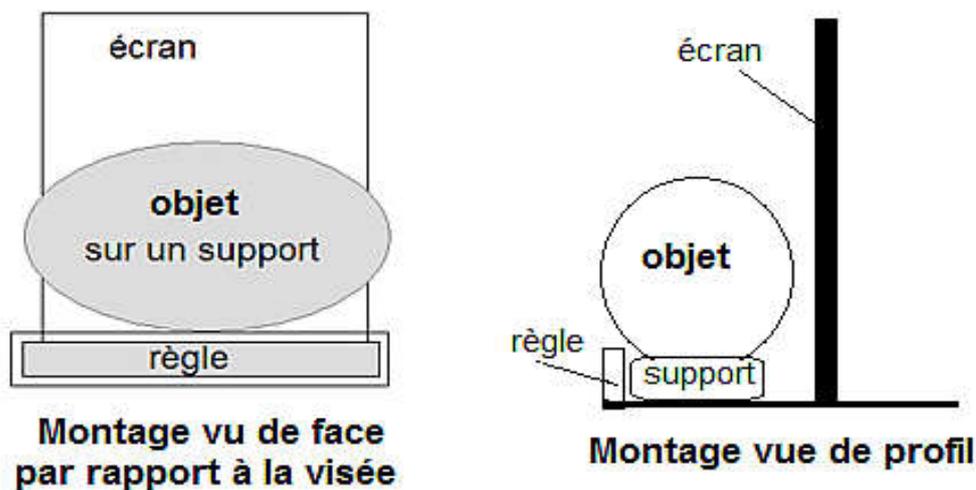


Figure 8 positionnement du dispositif pour une acquisition d'image [adapté par nos soins]

I.2.3. Précautions de la manipulation :

- Réaliser la photographie en prenant garde à respecter le parallélisme entre l'écran, la règle et l'objet. L'appareil de d'acquisition d'image doit être perpendiculaire à l'ensemble.
- On peut réaliser 2 ou 3 photographies en faisant varier la hauteur de l'appareil par rapport à l'objet. On choisit ensuite parmi ces photographies celle qui convient le mieux à la réalisation des mesures.
- Utiliser les fonctionnalités du logiciel de mesure pour créer une échelle (en millimètre) avant d'effectuer les mesures.

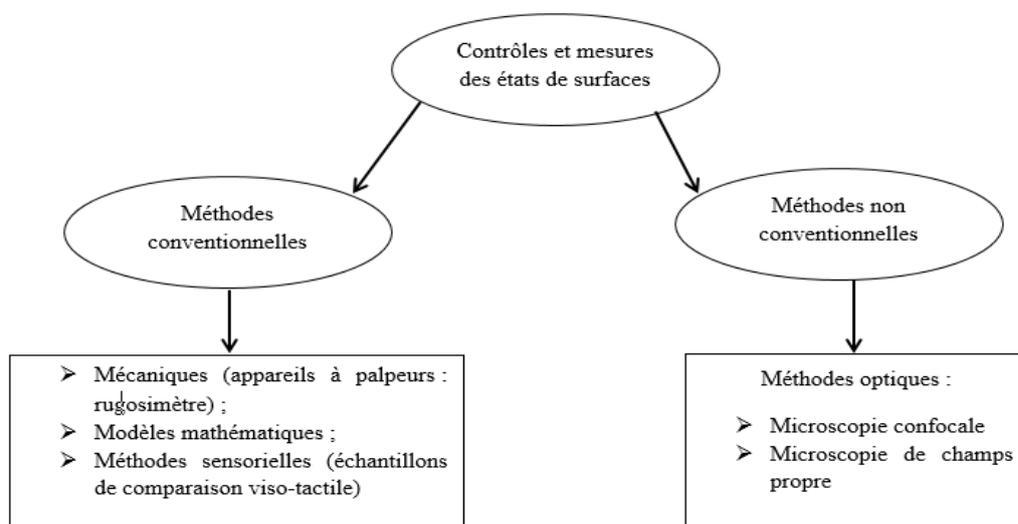


Figure 9 méthodes de contrôles et de mesures des surfaces [15]

I.2.4. Méthodes optiques [15]

Elles regroupent les technologies de mesure sans contact des états de surface, et ici dans la pratique cela se passe en bombardant la surface à analyser par des électrons accélérés puis à analyser la réponse de la surface. On utilise :

➤La microscopie confocale

Le principe ici est qu'à partir d'un microscope optique, l'idée est de détecter les points correspondants aux zones nettes dans le champ de vision de l'objectif et d'y associer la hauteur du plan de focalisation.

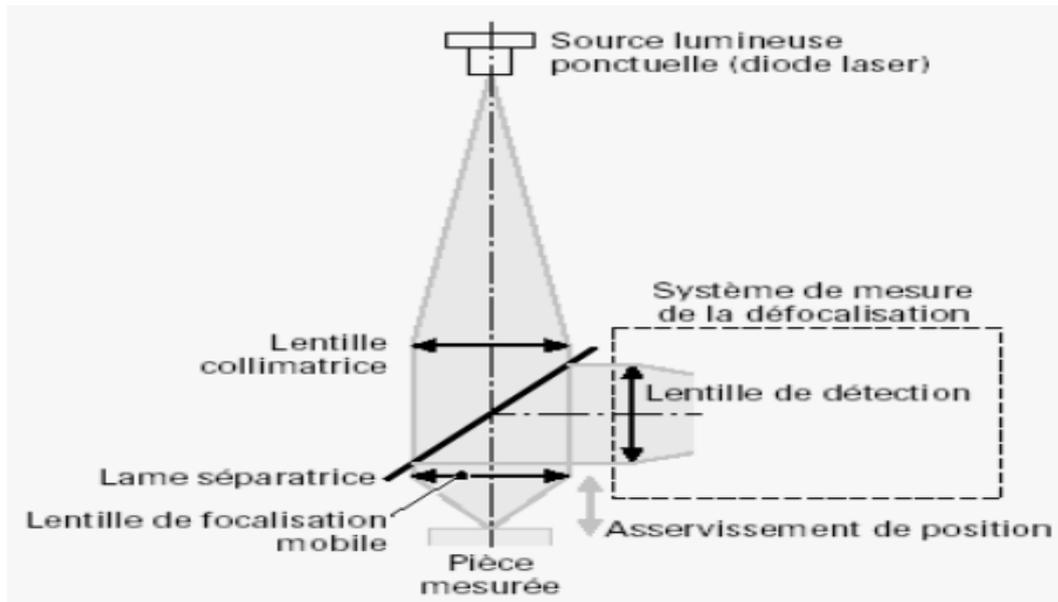


Figure 10 principe de la mesure par microscopie confocale [15].

➤ La microscopie de champ proche

Le principe ici est l'utilisation d'un signal physique entre une sonde et la surface analysée pour suivre l'évolution de la topographie [10].

L'emploi d'un microscope, à faible grossissement, permet de faire des observations intéressantes sur les destructions des systèmes cristallins, le cheminement des craquelures, la forme et le volume des particules arrachées, l'épaisseur des couches superficielles.[14]

I.3. GÉNÉRALITÉS SUR L'USURE D'OUTIL ET MESURE

L'usure d'outil en fabrication mécanique est un phénomène dont la connaissance et le suivi sont hautement importants pour des meilleurs rendus en usinage.

I.3.1. Phénomènes causes d'usure

Les phénomènes physico-chimiques et les phénomènes mécaniques sont généralement les causes premières de l'usure entre 2 matériaux en contact, et sont quasi essentiellement dues à la température de coupe. Et selon professeur konig l'usure est manifestée suivant le diagramme de la figure(I.9).

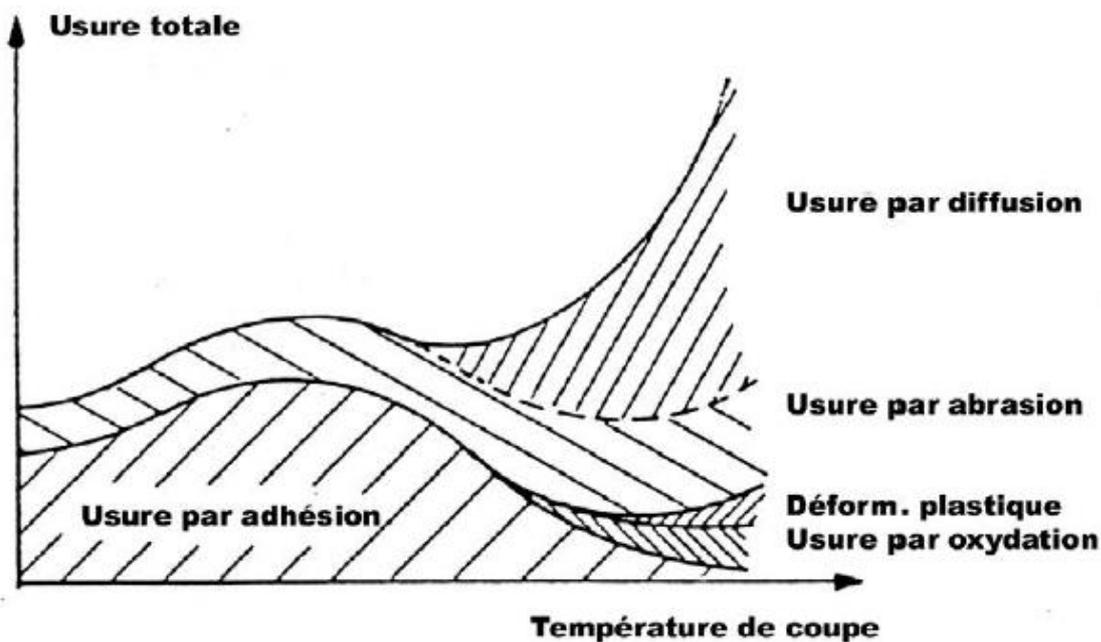


Figure 11 Diagramme d'usure en l'usinage. [10]

I.3.2. Type d'usure des outils

Dans ce paragraphe nous décrivons les conséquences des usures précédemment citées. Ces dernières étant mesurables.

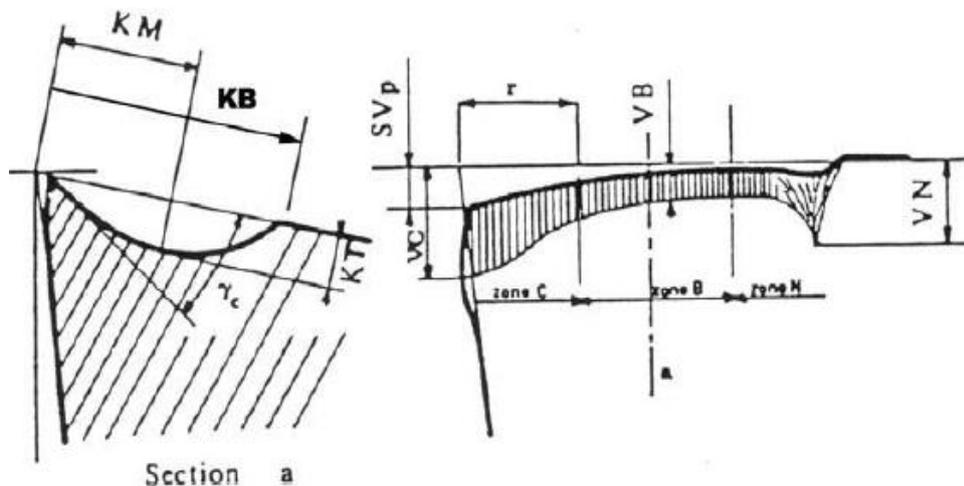


Figure 12 Schéma de la caractérisation de l'usure d'un outil.[10]

Indice :

K_M : Distance du centre du cratère / pointe initiale de l'outil

K_T : profondeur d'un cratère

K_B : Largeur du cratère

γ_c : Angle de cratérisation

V_B : Hauteur de l'usure en dépouille

V_N : profondeur d'entaille par rapport à l'arête de coupe initiale

V_{BC} : Profondeur entre l'arête initiale et la zone usée

S_v : Profondeur entre l'arête initiale et la pointe de l'outil usé

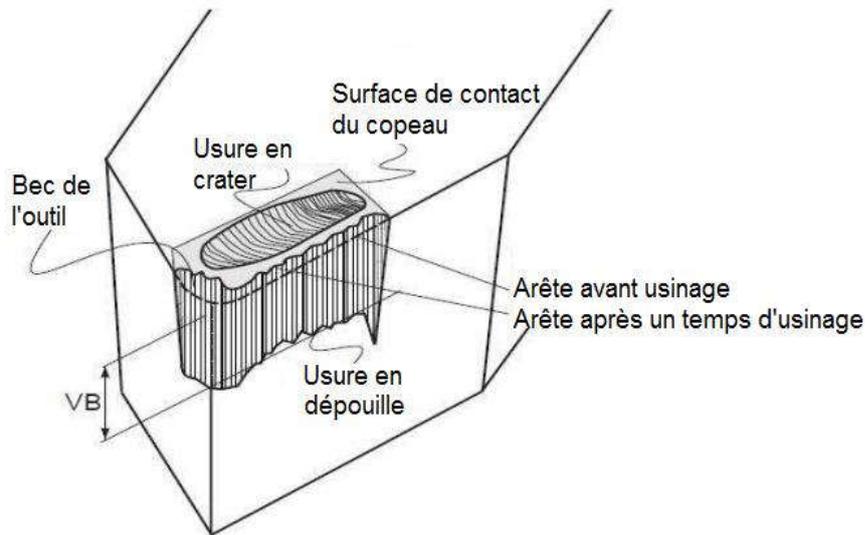
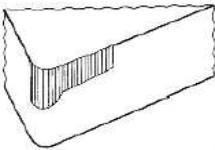
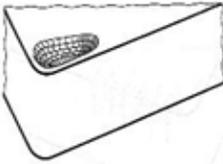
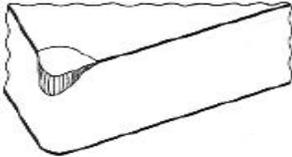
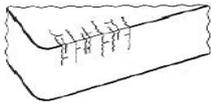
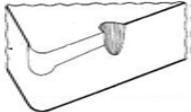
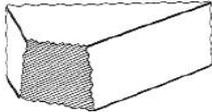


Figure 13 Aspects d'usures constatés dans un outil de coupe

Tableau 2 Principales usures observées dans un outil de coupe [13]

Formes d'usures d'outil	
Usure en dépouille	
Usure en cratère	
Usure par ébréchure	

<p align="center">Usure par déformation Plastique</p>	
<p align="center">Usure par soudure ou Arête rapportée</p>	
<p align="center">Usure par fissuration en peigne</p>	
<p align="center">Usure en entaille</p>	
<p align="center">Usure par écaillage</p>	
<p align="center">Fracture du bec d'outil</p>	

- **Usure en dépouille**

Elle est due au frottement de la pièce sur la face de dépouille de l'outil et provoque une bande striée parallèle à l'arête de coupe. Elle influe sur l'état de surface de la pièce usinée et sur la précision dimensionnelle de l'usinage car elle modifie la position de l'arête de coupe.

- **Usure en entaille**

Elle apparaît ponctuellement au niveau du point de contact entre l'arête principale de coupe et la surface de la pièce mais elle peut aussi apparaître sur la face de dépouille secondaire. Elle est due à l'érouissage ou l'oxydation de la pièce.

- **Usure en cratère**

C'est une usure en creux sur la face de coupe, caractérisée par la profondeur de cratérisation (indice KT) et le rapport K_t/K_M ou son angle de cratérisation γ_c .

Elle est due au frottement du copeau sur la face de coupe de l'outil. Lors de l'usinage, la température élevée à l'interface copeau-outil et les pressions de contact entre le copeau et l'outil, provoquent une diffusion importante de la matière de l'outil vers le copeau par processus d'adhésion.

Elle donne aussi une déformation plastique de la pointe de l'outil, caractérisée par une flèche Svp et un renflement de la face de dépouille.

L'usure est souvent constatée sur les outils en carbures, elle provoque généralement la rupture de la pointe de l'outil.

- **Ecaillage de l'arête de coupe**

C'est une destruction de l'arête de coupe par arrachement de petits fragments d'outil, elle est généralement accompagnée d'une usure de la face de dépouille et de ce fait n'est pas toujours reconnaissable. Elle est générée par les chocs thermiques et les vibrations. Elle peut générer des ruptures.

- **Fracture du bec d'outil**

Une rupture de la plaquette signifie en général détérioration de l'outil et de la pièce. Ses causes sont multiples et dépendent de la machine et de la pièce. Elle est souvent le résultat d'entailles sur l'arête de coupe, d'une cratérisation ou d'une usure trop importante

- **Arêtes rapportées**

Les arêtes rapportées résultent d'une accumulation de métal de la pièce usinée sur la face de coupe, en particulier dans le cas de matériaux difficilement usinables. Il arrive parfois que cet apport de métal se détache et détériore l'arête de coupe.

- **Déformation plastique**

Elle est occasionnée par une sollicitation trop importante de l'arête de coupe (matériaux usinés trop durs) en combinaison avec des températures d'usinages élevées. La zone de déformation plastique du matériau dépassée, il y aura rupture !

- **Fissurations de l'arête de coupe ou usure en peigne**

Légères fissures sensiblement perpendiculaires à l'arête de coupe occasionnées par les chocs thermiques résultant des interruptions de coupe, en particulier da le Risque de rupture !

I.3.3. Méthodes analytiques

On procède par centrifugation des particules en suspension dans le lubrifiant. Analyses chimiques ou spectrographiques qui permettent de doser des traces de matériaux et de connaître l'organe qui s'use par frottement.

I.3.4. Méthodes diverses

D'autres méthodes sont aussi utilisées telle que la pesée : Pesée de l'échantillon avant et après usinage suivant une certaine période.

I.3.5. Les modèles mathématiques d'usure (Durée de vie)

- **La loi de Taylor :**

Ce modèle établi par Taylor en 1969 est caractérisé par l'équation (II-5). Le coefficient C_v et l'exposant n sont des constantes. La constante C_v est caractérisé par le matériau. La durée de vie d'un outil est influencée par la vitesse de coupe, elle augmente quand la vitesse de coupe diminue.

Le revêtement est l'un des paramètres qui joue un rôle important sur la durée de vie, son utilisation augmente la durée de vie de l'outil car il diminue l'usure par diffusion entre la pièce et la face de coupe

$$T = C_v \cdot V^n$$

- **La loi de Gilbert :**

Cette loi est une généralisation de la loi de Taylor pour prendre en considération l'influence de l'avance f et de la profondeur de passe a_p . Elle est caractérisée par l'équation (II6). Plusieurs recherches ont été réalisées pour trouver les constantes de ce modèle en considérant le critère de durée de vie $V_{BB} = 0.3$ mm

$$T_c = K \cdot V_c^k \cdot f^x \cdot a_p^y$$

- **La loi de König – Depiereux :**

Cette loi prend en compte l'influence de l'avance f et la profondeur de passe a_p dans une équation exponentielle

$$T = \exp(-\alpha V_c^\mu - \gamma f^\nu - \delta a_p^\lambda)$$

Ces lois permettent d'évaluer la durée de vie d'une plaquette à partir des paramètres de coupe utilisés lors de l'usinage. Le critère de durée de vie moyen courant est $VB = 0.3$ mm.

CHAPITRE II : ETAT DE L'ART

ACQUISITION D'IMAGES ET MESURES :

Pour ce qui concerne l'acquisition d'images et la mesure des états de surface des pièces (étroitement lié à la qualité de l'outil), plusieurs auteurs ont travaillé sur la question : certains dans un poste de métrologie et d'autres en ligne :

II.1. Rene Kamguem, Victor Songmene, et Souheil Antoine Tahan (2013) [18]

a) Objectif

L'article intitulé : « **surface roughness estimated of turned parts from optical measurement and wavelet decomposition** » est le thème de ces auteurs et l'objectif visé par le travail était de démontrer d'estimation des rugosités de surface à travers les images et que de plus cette technique offrait des caractéristiques métrologiques intéressantes.

b) Matériels et méthode

➤ **Matériels**

Les expériences sont menées avec un tour dont la spécification est : **Darbert db-1660s** appliquées à des spécimens cylindriques en aluminium et grâce à des outils de coupe ayant pour référence : ISO CPGT09T308HP et KC5410 PVD TiB2. La microscopie optique est utilisée pour l'acquisition des images.

➤ **Méthode**

L'acquisition de l'image est faite **en ligne** grâce à une camera CCD de spécification : **Canon® EOS T1i**. Ces images sont enregistrées à la résolution de 3168×4752 pixels avec une luminosité de 24-bit pixel. Le principe est ci-dessous illustré a figure:

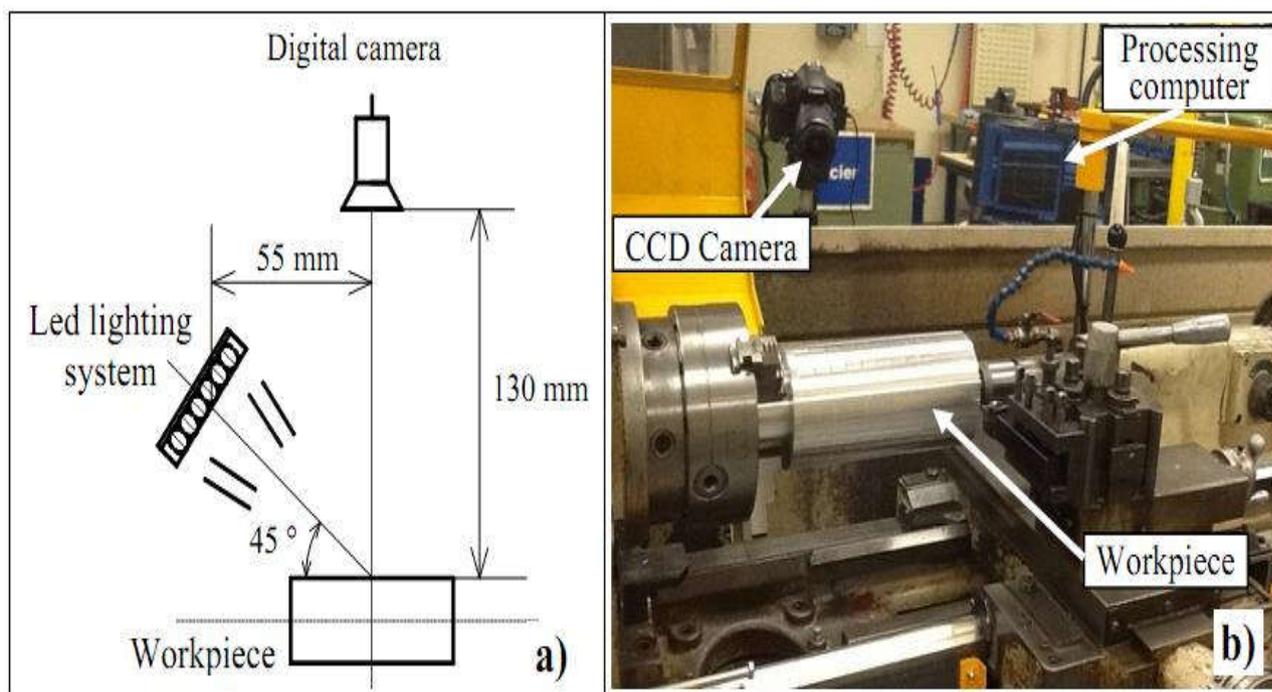


Figure 14 Représentation schématique de l'acquisition [15].

Figure II.1 : Représentation schématique de l'acquisition [15].

c) Résultats

Il ressort clairement de cette expérience que :

- L'erreur maximale entre la valeur de Ra prédite par analyse d'image et celle mesurée est va de 4% à 11% ;
- D'autres paramètres influencent aussi la rugosité comme la lubrification,
- Les paramètres comme Rt, Rq et Rz peuvent également être estimés.

II.2. . Ngimboha Nguepi Stephane 2019 [25]

a) Objectif

Cet auteur avait comme thème : « **Système d'acquisition online des données en vue de l'étude de l'impact des conditions d'usinage sur la rugosité des surfaces en fraisage** ».

L'objectif de ce travail est de proposer un dispositif qui facilitera la lecture de la rugosité sur la fraiseuse sans toute fois démonter la pièce.

b) Matériel et méthodes

➤ Matériel

L'acier étant un alliage à base de fer additionné d'un faible pourcentage de carbone (de 0,008 à environ 2% de masse). Fraiseuse universelle Une fraise en carbure au tungstène (S50% WNiCu)

Une fraise en Acier à rapide;(ENHS8-5- 4C).



Figure 15 dispositif d'acquisition des données

➤ Méthodes

Une fois le dispositif assemblé, on le pose sur la table de la fraiseuse. En ce qui concerne comment régler la distance focale avec le microscope MV-900 après usinage des différentes nuances sur le dispositif d'acquisition nous allons procéder comme suit :

Sachant que notre arbre fileté est M24 et que le pas est de 3mm ;

Donc en effectuant un tour complet avec notre bague porte microscope nous aurions effectué 3mm de déplacements ; Et sachant que la base de notre arbre porte dispositif est cylindrique et l'angle est 360° ; Nous aurions à diviser l'angle de 360° par 3 ce qui nous donnera l'angle de 120° ;

L'angle de 120° est la valeur avec laquelle il faudra faire pivoter la bague du porte microscope dans le sens trigonométrique pour obtenir la valeur 1mm en réglage de la distance focale ;

Et pour obtenir la valeur de 0,5mm en distance focale il faudra diviser l'angle de 120° par 2 ce qui donnera l'angle de 60° ; Donc pour obtenir la valeur de 0,5 mm en distance focale nous

aurions à faire varier la bague porte microscope de l'angle de 60° dans le sens trigonométrique.

➤ **Résultat.**

Il ressort des résultats de l'auteur un poids du dispositif de 7,5 kg de hauteur 240 mm de longueur 80 mm et de largeur 80 mm, permettant de mesurer de façon précise avec une variation de distance focale sur une hauteur de « 80mm » et une capture d'incidence variant de « 60°, 65°, 70°, 75° et 105°, 110°, 115°, 120° ».

II.3 Brigitte VASQUES (2008) [20]

a) Objectif

L'intitulé du thème de l'auteur ici est : « **Étude du comportement du rayon d'arête et de son influence sur l'intégrité de surface en tournage à sec.** », Le but de ses travaux visait donc à réaliser une série d'expériences qui devaient permettre d'analyser le comportement du rayon de bec de l'outil sur l'état des surfaces en tournage.

b) Matériels et méthode

➤ **Matériels**

Lors des différents essais, La plaquette CNMG 12-04-08 M5 a été sélectionnée et était montée sur un porte plaquette du type DCLNL-2525M12. Les opérations de chariotage ont été réalisées sur un acier faiblement allié : le 27MnCr5 JV ce, par un tour à commande numérique, SOMAB Unimab 500. Le microscope électronique à balayage utilisé dans cette étude est un appareil JEOL JSM – 6480LV.

➤ **Méthode**

L'obtention des images s'est faite par microscopie à balayage car cette technique permet d'obtenir des images de surfaces à très grand grossissement et offre une très grande profondeur de champ (plusieurs centaines de micromètres), le microscope électronique à balayage utilisé dans cette étude est un appareil JEOL JSM – 6480LV. Le profilomètre optique utilisé est un Veeco wyko NT 1100, il est accompagné d'un logiciel d'analyse de surface « Vision 32 », permettant la mesure et l'analyse de plusieurs paramètres liés à la rugosité.

c) Résultats

Cette expérience permet de conclure :

- Clairement que l'usure en dépouille augmente avec la valeur du rayon d'arête ;
- Que le taux d'usure en V_b (pente de la courbe) augmente avec le rayon d'arête ;
- Qu'une augmentation des rayons d'arêtes ER se traduit par une rugosité plus faible, mais s'accompagne d'une durée de vie réduite.

II.4. . Teyou Gumte Eric Donald 2019 [15]

a) Objectif

L'article présenté par cet auteur avait pour thème : « **dispositif d'acquisition online des données en vue de l'étude de l'impact des conditions d'usinage sur la rugosité des surfaces en tournage** ». L'objectif de ce travail est de proposer un dispositif qui facilitera l'acquisition des données sous différents angles.

b) Matériel et méthodes

➤ Matériel

Un tour parallèle ;

Des plaquettes en carbure de tungstène CNMG 1204 (jeu de trois) et dont le corps est un porte outil PCLNR 2525 M 12 ;

Un outil en acier rapide supérieur de désignation courante HSS et de désignation Z90WDCV 6.5.4.2 (AFNOR) ; Microscope MV-900.

➤ Méthodes

Dès que le porte microscope est effectivement monté tel que présenté à la figure suivante; il convient de procéder à l'acquisition des données images. Ici on a la possibilité de varier les angles d'acquisition : pour cela il suffit de desserrer l'écrou M12 de la tige filetée 10x80 et de positionnée cette dernière suivant l'angle voulu.



Figure 16 dispositif d'acquisition on line

c) Résultats

Le bloc est en acier ayant un encombrement de 290x240x100, il favorise un ajustement de la distance focale de la caméra sur 100 mm et une variation de l'angle d'acquisition des surfaces sur l'intervalle $[-90^\circ ; 10^\circ]$.

II.5 J. ONDRA (1999) [22]

a) Objectif

Il a travaillé sur le thème intitulé : « **measurement of roughness using image processing** » et le principal objectif était la sélection et l'investigation de techniques modernes permettant le traçage, la surveillance et l'évaluation du processus d'usinage.

b) Matériels et méthodes

➤ Matériels

Les **aciers 13240** (Mn-Si) et **15230** (Cr-Mn-Si-Mo) ont été sélectionnés pour expérimentations et l'**acier 12050** (C45) comme matériau de référence pour comparer les résultats. Les surfaces de ces aciers ont été tournées en utilisant le **tour de type SUI40**,
Par NSIGNEI NAOUSSI Guy Hervé

percées et aussi broyées et une **caméra CCD monochrome 752x582** points avec le panneau de commande latéral a été utilisée pour l'évaluation de la morphologie de ces surfaces usinées.

➤ **Méthode**

Le réglage de la caméra (y compris l'objectif) **était invariable** pour tous les spécimens en cours de broyage, de façon à ce que la largeur du champ de vision était de **1,25 mm** de la surface de la pièce. Les images de surface numérisées étaient affichées en nuances de gris afin que le blanc corresponde à la valeur du **pixel "255"** tandis que le noir à la valeur du **pixel "0"**. Le système de surveillance utilisé a été adapté à la numérisation **hors ligne** de surfaces, mais aussi pour la numérisation **en ligne**. De plus, diverses variantes adaptatives de filtres ont été testées comme accessoires servant à la suppression du bruit, à l'amélioration de la définition des limites d'objet et de structure.

c) **Résultats**

Il est clairement établi que :

➤ Les expériences réalisées ont confirmé les hypothèses sur les possibilités d'exploiter la technologie de traitement numérique d'image pour la surveillance en cours de processus de l'état de surface ou de la rugosité ;

➤ Le système de suivi expérimental a permis de distinguer différentes

Caractéristiques qui influencent l'aspect optique de la surface notamment la nature du matériau.

II.6 **Omar Monir Koura (2015) [17]**

a) **Objectif**

Le Travail de Omar Monir Koura sous le thème intitulé : « **Applicability of image processing for evaluation of surface roughness** », ne vise pas à appliquer le traitement d'image pour évaluer la rugosité des surfaces, mais son objectif principal est de se concentrer sur les effets de certains paramètres tels que les propriétés de la caméra numérique représentée par ses pixels, le réglage relatif de la caméra par rapport aux surfaces mesurées,

l'intensité lumineuse **et** les conditions de capture de l'image telles que la vitesse d'obturation sur la cohérence des résultats et à sa fiabilité.

b) Matériels et méthode

➤ Matériels

Le montage d'essai qui s'explique de lui-même est constitué de **trois caméras** (camera **Nikon** (Coolpix P510) 16.1 méga pixels, **Sony cyber shot** 12.1 méga pixels et **Sony** 9.1 méga pixels), de **deux sources lumineuses**, d'un **ordinateur** et bien sûr d'un **spécimen**. Ce montage est illustré par la figure ci-dessous :



Figure 17 montages d'essai [17].

➤ Méthode

Les images ont été capturées à des intervalles de temps variables entre **1/30 et 1 seconde**. Et à des hauteurs variées soit de **250 mm à 475 mm**. La caméra était réglée sur une plage d'inclinaison différente de **-12° à + 12°**. Une fois les images capturées, il y'a eu calcul de l'échelle de gris suivant un algorithme prévu à cet effet.

c) Résultats

Il ressort de ce travail que :

- Une augmentation de la hauteur de positionnement de la camera implique une diminution de l'échelle de gris ;
- Il est absolument déconseillé d'utiliser la lumière non contrôlée en particulier à des hauteurs plus élevées car l'échelle de gris est influencée par l'intensité de lumière ;
- Lorsque la résolution de la caméra augmente, il en résulte une déviation moindre des hauteurs grises ;
- Il y'a une corrélation entre la valeur mesurée et celle prédite et le coefficient de cette corrélation est de 0.92842.

II.7 Soualah MOHSSIN (2017) [24]

a) Objectif

Le travail de l'auteur est intitulé: « **l'influence des paramètres de coupe sur l'état de surface lors de l'usinage de l'acier XC55** » et l'objectif était d'effectuer une série d'expériences afin d'observer l'influence de certaines conditions de coupe (N, f, p, avec ou sans lubrification) sur l'état de surface de l'acier XC55.

b) Matériels et méthode

➤ Matériels

Grâce aux **outils TCMX 160408EN, TCMX 332EN et ISO-HC P15K25**, les essais sont réalisés sur l'acier **XC55** par usinage au tour à charioter de l'usine Ferroviaal : **tour CAZENEUVE HB 575**. En plus, un rugosimètre **surfest SJ-301** Type : **Mitutoyo** a permis d'effectuer les différentes mesures de rugosité.

➤ Méthode

4 paliers sont réalisées à partir des pièces de longueur $L= 400\text{mm}$ et diamètre $D=25\text{mm}$ (1^{ère} Pièce usinage sans lubrification, 2^{ème} Pièce usinage avec lubrification). Largeur du palier 40mm, Séparé par des gorges de profondeur 5mm et largeur de 5mm tels que présenté sur la figure ci-dessous :

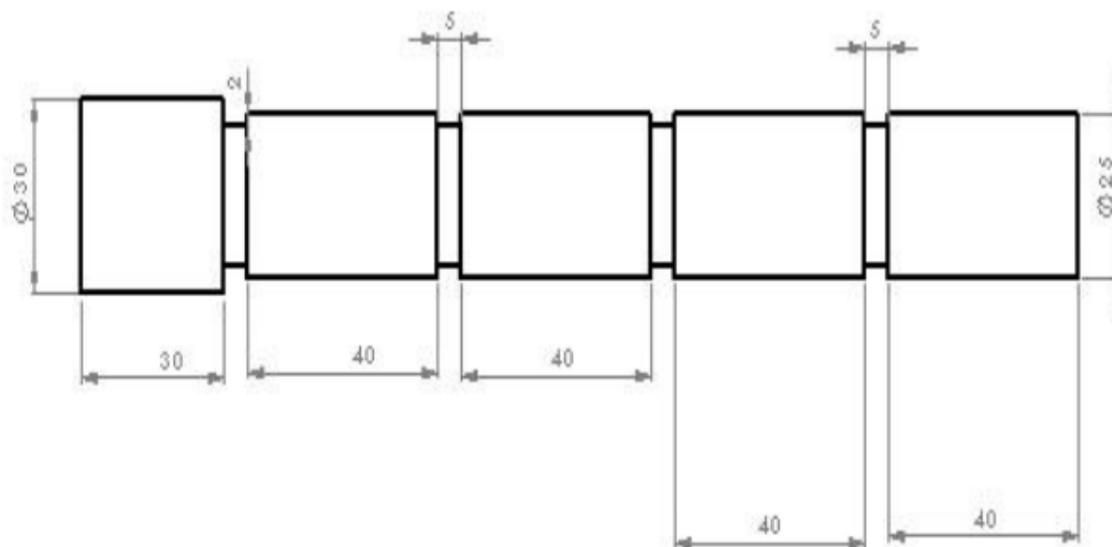


Figure 18 dessin de définition de la pièce préparée [4].

La capacité du rugosimètre permet d’avoir les paramètres Ra, Rt et Rz et la mesure s’effectue dans un poste de métrologie.

c) Résultats

Dans le premier essai, on fixe $N=320$ tr/min, l’avance $f= 0,03$ mm/tr et on fait ensuite varier la profondeur de passe ainsi :

On obtient pour les usinages à sec et avec lubrification le graphe suivant :

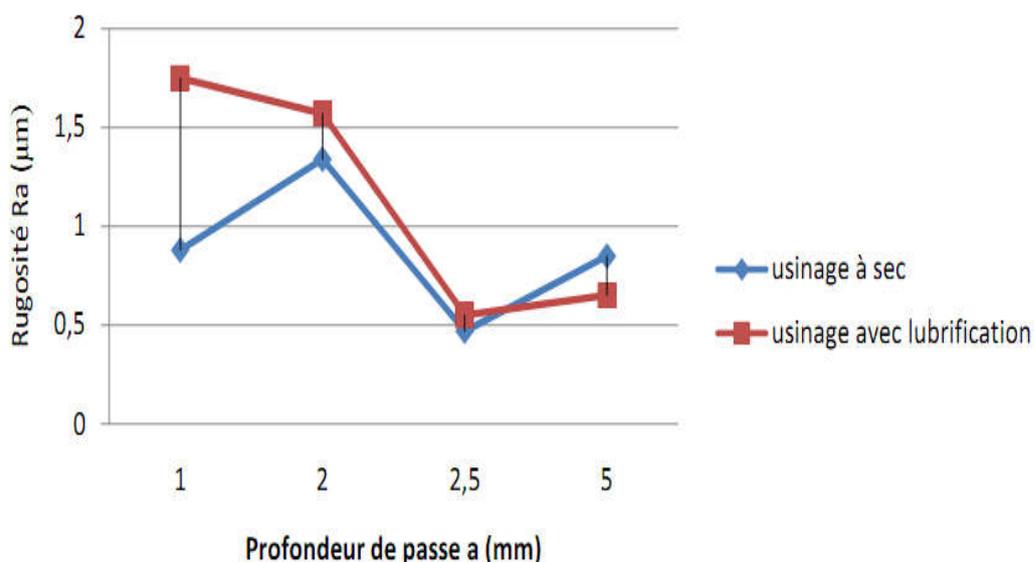


Figure 19 Evolution de la rugosité en fonction de la profondeur de passe [4].

Figure II. 6 Evolution de la rugosité en fonction de la profondeur de passe [4].

Il est recommandé par l'auteur d'utiliser **l'outil à carbure**, pour des profondeurs de passe à partir de **2.5 mm**.

On fixe Dans le deuxième essai, $N=320$ tr/min, la profondeur de passe $a=1$ mm/tr et puis on fait varier l'avance f :

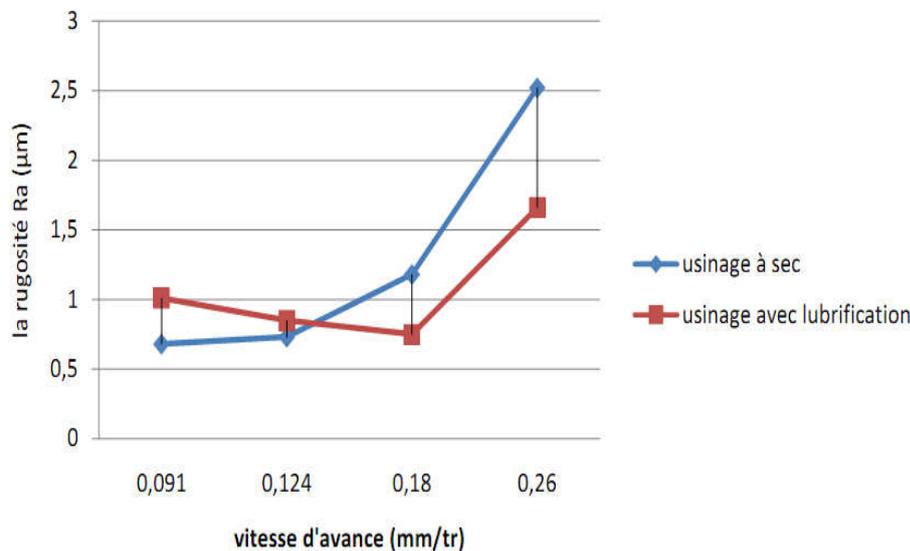


Figure 20 Evolution de la rugosité en fonction de l'avance [4].

On observe qu'à sec, Plus la vitesse d'avance augmente plus la rugosité augmente.

II.8 Arnaud CROLET (2008) [21]

a) Objectif

Il a travaillé sur le thème intitulé : « **contribution à l'étude de l'influence du comportement vibratoire du système « pièce – outil – machine » sur la qualité de surface obtenue en tournage de super finition** » et l'objectif était de comprendre comment les caractéristiques dynamiques du système Pièce / Outil / Machine (P.O.M.) influencent la qualité de surface obtenue en super finition à l'outil coupant.

b) Matériels et méthode

➤ Matériels

Les éprouvettes de cuivre sont ce sur quoi les essais ont été réalisés **CuC2 Ø140 et Ø80**, l'outil était constitué d'un porte-plaquette ARNO de type SVJCL 2020H16 et de plaquettes ARNO en carbure, de nuance AK10 et de type VCGT 160404 FN-ALU. Les essais ont respectivement été réalisés sur: un tour à commande numérique SOMAB T400 et SOMAB T450

➤ **Méthode**

Sur les pièces était réalisée une série d'opération (chariotage et dressage) sous lubrification. Et ici a été étudiée, l'influence des conditions de coupe sur les paramètres d'état de surface que sont : Ra, Rz et W. A l'issue de chaque essai, les profils d'état de surface des éprouvettes ont été mesurés à l'aide d'un capteur confocal STIL CHR 150N et traités avec le logiciel TalyProfil Gold.

c) **Résultats**

Ce travail a permis de conclure que :

- ☐ Seule la configuration machine-attachement est influente à la fois sur l'état de surface et sur les vibrations ;
- ☐ La sortie d'outil influe seulement sur l'ondulation W et les vibrations suivant X et Y ;
- ☐ L'état des plaquettes n'influe que sur les critères de rugosité (Ra et Rz) et les vibrations suivant X.

II.9 **Brice KAMDEM (2016) [23]**

a) **Objectif**

Cet auteur a travaillé sur le thème : « **surface roughness measurements on machined parts** » et son objectif était de prédire la valeur des rugosités en fonction des conditions d'usinage, de l'opération effectuée et de la nature du matériau usiné.

b) **Matériels et méthode**

➤ **Matériels**

Les **outils** de coupe en **acier rapide** et en **carbure de tungstène** étaient utilisés pour les essais sur des aciers non alliés : **C10**, **C15**, **C25** et **C35** et les opérations de chariotage s'effectuaient sur un tour universel TRA 180/ N1100. La mesure de la rugosité s'effectuait grâce à un rugosimètre SRT 6210.

➤ **Méthode**

Les échantillons se présentent comme celui-ci :

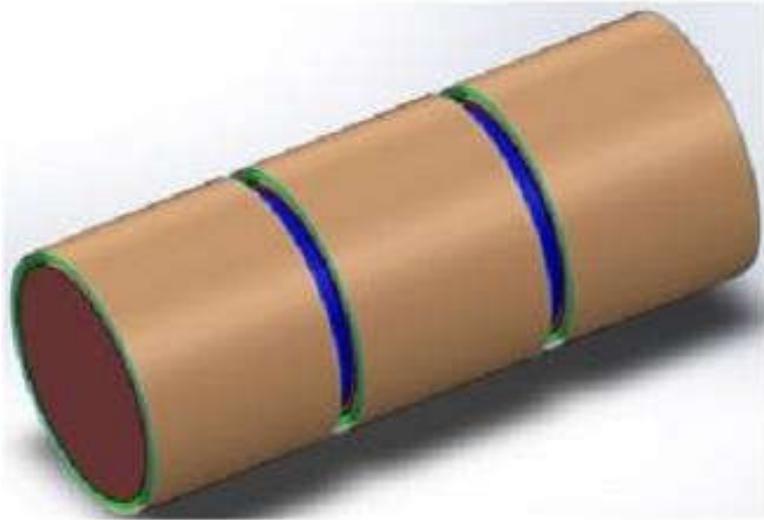


Figure 21 échantillons pour essais [12].

La capacité du rugosimètre lui permet d'avoir les paramètres R_a , R_z , R_q et R_t en différents filtre digital (RC, PC-RC, GAUSS, D-P) et longueur d'onde de coupure (2.5mm, 0.8mm, 0.25mm).

c) Résultats

- L'utilisation de l'outil en carbure permet d'obtenir un meilleur état de surface que les outils en aciers rapides ;
- La nature du matériau usiné influence la valeur de la rugosité.

CHAPITRE III : MATÉRIELS ET MÉTHODES

Il est question dans ce chapitre de présenter toutes les ressources matérielles nécessaires à l'obtention du dispositif d'acquisition d'image conçu en un bloc unique, les méthodes employées pour son obtention et les méthodes de mesure après acquisition des dits images.

III-1- MATERIELS POUR LE DISPOSITIF

Etant donné le milieu d'utilisation de notre dispositif qui sera un atelier de *fabrication mécanique*, le choix du matériau doit être savamment pensé et nous avons opté pour l'acier dans la grande majorité des composants de celui-ci, car supportera de nombreuses sollicitations notamment liées à la manipulation.

III-1-1- Machines-Outils

Seront mobilisés pour la réalisation du dispositif cinq moyens machines à savoir :

-Une Meule Portative ;



Figure 22 Meule Portative

-Une Fraiseuse Universelle(d'établi);



FRAISEUSE D'ETABLI

- Dimensions de la table : **840×210 mm** ;
- Largeur des rainures : **14 mm** ;
- Course longitudinale : **560 mm** ;
- Course transversale : **220 mm** ;
- Course de la tête : **280 mm** ;
- Hauteur maxi broche-table : **320 mm** ;
- Cône de broche : **7/24** ou Standard Américain (SA) ;
- Vitesse de rotation de la broche : **50 à 300 tr/min** ;
- Motorisation : **1100 W** ;
- Alimentation électrique : **230 V / 50Hz** ;
- Col de cygne (axe broche - colonne) : **160 mm**.

Figure 23 Fraiseuse Universelle (d'établi);

-Un Tour Parallèle ;



Tour parallèle Harrison M250

- Alésage de broche : **80 mm** ;
- Hauteur pointe : **220 mm** ;
- Distance broche-pointe de la poupée mobile : **1200 mm** ;
- Porte outil **25×25 mm** ;
- Diamètre du fourreau de contre pointe : **30 mm**

Figure 24 Tour Parallèle

-Une Perceuse à Colonne ;



Figure 25 Tour Parallèle

-Un Poste à souder.

Les autres outils et accessoires utilisés seront :

-Un appareil à diviser ;

-Un outil à tronçonner ;



Figure 26 : outil à tronçonner

-Un outil à charioter et à dresser;



Figure 27 : outil à charioter et à dresser

-Un jeu de tarauds ;



Figure 28 jeu de tarauds

-Une filière ;



Figure 29 tourne à gauche (filière)

-Une lime manuelle.

Par NSIGNEI NAOUSSI Guy Hervé

III-1-2- Instruments de Mesure et de Contrôle

Pour s'assurer de la qualité des différentes opérations d'usinage réalisées, les instruments suivants sont requis :

- Un pied à coulisse (avec bec de prise intérieur et extérieur), (1)
- Un peigne de filetage, (2)
- Du marbre, (3)
- Un comparateur à cadran,
- Une équerre,
- Un réglet,

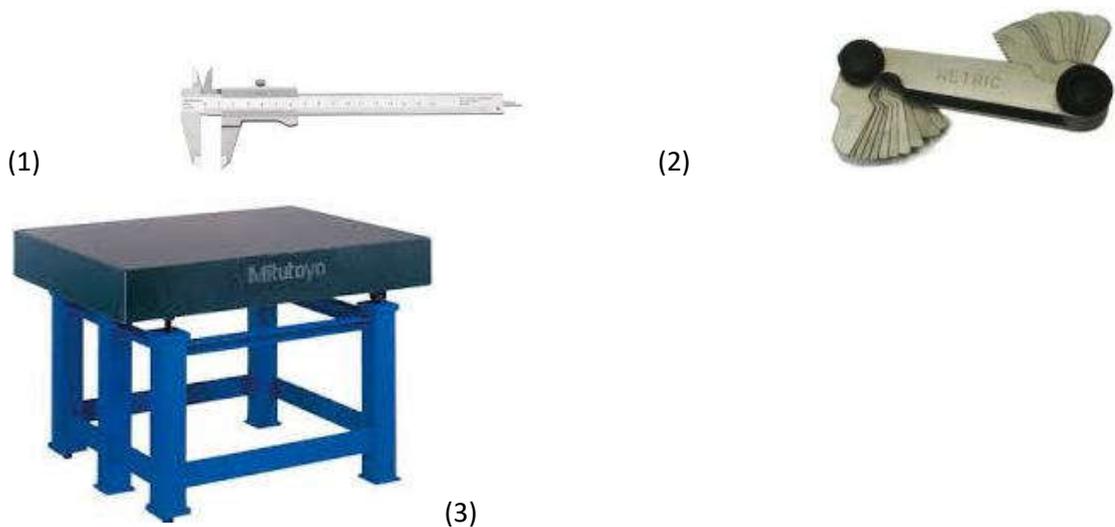


Figure 30 Instruments de Mesure et de Contrôle

III-1-3- Matériels Pour l'Acquisition Numérique d'Images

Le dispositif d'acquisition nécessite en plus de l'équipement mécanique sus présenté, un ensemble d'autres équipements qui sont logiciels et numériques ; à savoir :

-Un ordinateur portable ou de bureau ;

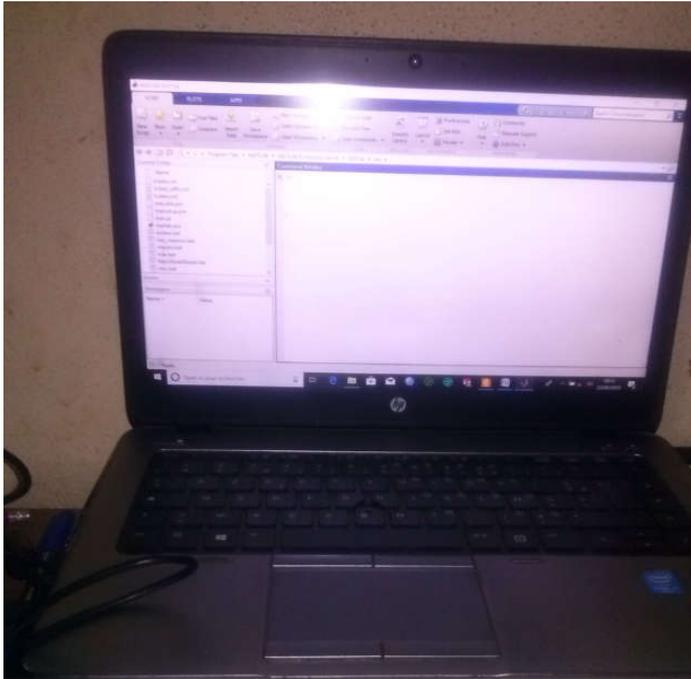


Figure 31 : ordinateur portable

-Un microscope avec caméra embarquée;



Figure 32 : caméras numérique pour l'acquisition

-Un câble de connexion USB ;

-Un logiciel d'acquisition-traitement des données savamment installé dans l'ordinateur (Matlab, Image J...)

III-2- PROCEDE DE REALISATION DU DISPOSITIF

III-2-1 Etude Dimensionnelle

Un certain nombre de contraintes devront être respectées pour la fiabilité de notre dispositif :

Le dispositif devra pouvoir supporter l'appareil à photographier,

La surface sur laquelle reposeront les outils se voudra suffisamment plane pour une fiabilité des images.

Sans négliger les contraintes, nous avons fait le choix d'un dispositif en un ensemble qui supportera un bloc (réglable en hauteur et pivotant) porte caméra, et une table d'acquisition sur laquelle pourra être monté un rapporteur d'angles.

Etats de notre dispositif

Avantages :

Variabilité possible d'angle d'acquisition des images

Variabilité possible de la hauteur de prise (influençant la distance focale)

Encombrement assez réduit

Procédé de fabrication relativement accessible

Structure en acier plutôt solide et durable

Inconvénients :

Besoin pour prise in-situ d'élément support préalable

Besoin de revêtement pour protection contre la corrosion du matériau.

Schéma Cinématique De Notre Dispositif

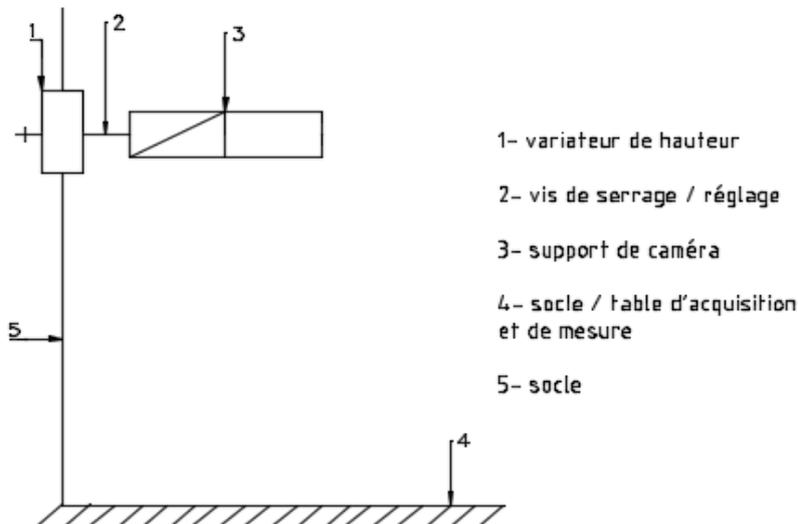


Figure 33 schéma cinématique du dispositif

Choix du composant à calculer

La nécessité de dimensionner la vis s'impose, au regard des sollicitations qu'elle subit tant du socle du dispositif que du support de la caméra.

Hypothèse de calcul

L'intention ici est de déterminer quel diamètre de la vis sera optimal afin de satisfaire les différentes contraintes. Pour donc y parvenir nous émettons les hypothèses suivantes :

La charge du support de caméra et le poids propre de la vis s'applique à son extrémité.

Les déformations sont élastiques et négligeables car ne pouvant modifier l'intensité, ni la distance des forces.

L'hypothèse de Navier-Bernoulli(1705) est prise en compte c'est-à-dire que les sections droites de la poutre demeurent planes et perpendiculaires à l'axe de celle-ci après déformation.

Dimensionnement de la vis

Pour réaliser ce dimensionnement, on a le choix entre deux types de critères : un critère en contrainte normale (condition de résistance) et un critère sur la flèche maximale (condition de rigidité). Nous avons choisi le deuxième critère puisqu'il est plus pratique. Mais avant il convient de connaître certains paramètres comme les efforts appliqués à cette structure, la nature de la liaison avec l'extérieur, le type de matériau utilisé et ses caractéristiques.

Soit P la charge appliquée à l'extrémité de cette vis comme définie par les hypothèses sus évoquées; elle est engendrée par la masse m qui est la masse du support de caméra, et la masse propre du goujon. La somme de ces masses donne $m = 1,2 \text{ Kg}$.

La vis étant en acier, son module d'Young est $E = 2,1 \times 10^5 \text{ MPa}$. Ce qui nous donne la modélisation suivante :



Figure 34 Modélisation des charges appliquées à la vis

Notons par : M_A le moment d'encastrement au point A

Y_A l'inconnue de liaison en A suivant l'axe (OY). L'inconnue de liaison en A suivant l'axe (OX) est nulle car aucun effort ne s'applique suivant cet axe.

Détermination des réactions d'appui

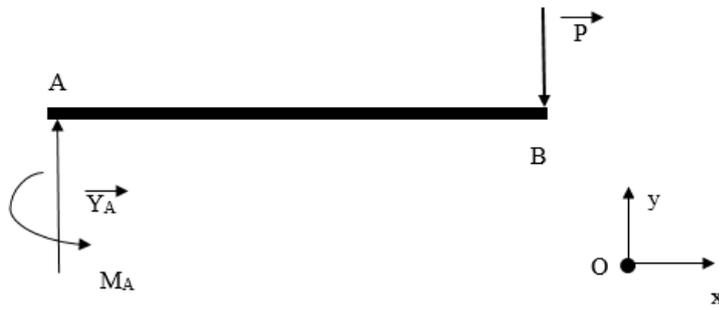


Figure 35 représentation des efforts

/OY: $Y_a - P = 0 \rightarrow Y_a = P = mg$ AN : $Y_a = 1,2 \times 10 = 12 \text{ N}$ avec $g = 10 \text{ N/Kg}$ (Intensité de pesanteur)

/OZ : $M_A - P.L = 0 \rightarrow M_A = P.L$ AN : $M_a = 12 \times 0,025 = 0,3 \text{ N.m}$

On utilise l'expression de la flèche pour déterminer le moment quadratique I.

Nous savons que la flèche pour cette structure est : $f = \frac{PL^3}{3EI}$ Avec $E = 2,1 \times 10^5 \text{ MPa}$

De nombreux critères propres à chaque structure influencent les valeurs limites de déformation de celles ci. Puisque nous nous trouvons dans le cas d'une structure appuyée, nous allons définir nos limites par rapport à celles recommandées dans l'Euro code 3 :

$$f_y \leq \frac{L}{500}$$

d'où :

$$\frac{PL^3}{3EI} \leq \frac{L}{500} \rightarrow I \geq \frac{500 \cdot P \cdot L^2}{3E},$$

Le besoin étant celui d'un rond plein en acier, d'après les formules des moments quadratiques des solides usuels pour un rond plein on a :

$$I_y = \frac{\pi d^4}{64},$$

Ce qui nous donne :

$$\frac{\pi d^4}{64} \geq \frac{500PL^2}{3E}$$

$$\text{D'où : } d \geq \sqrt[4]{\frac{3200.PL^2}{3\pi E}}$$

D'après l'application numérique :

$$d \geq 1,049\text{mm} \approx \mathbf{1\text{mm}}$$

Pour un usinage possible sur notre tour, nous prendrons $d = 12\text{mm}$

Cette vis sera donc un rond plein de diamètre $d = 12\text{mm}$ et de longueur $L = 25\text{mm}$.

III-2-2 Etude Graphique

Les différents dessins du dispositif sont présentés ci-dessous :

- ✓ Le dessin d'ensemble du dispositif ;
- ✓ Le dessin 3D et nomenclature du dispositif;
- ✓ Le dessin de définition de la vis;

DESSIN D'ENSEMBLE DU DISPOSITIF

DESSIN 3D ET NOMENCLATURE DES ELEMENTS DU DISPOSITIF

DESSIN DE DEFINITION DE LA VIS

Choix des conditions de coupe à utiliser

TOURNAGE

Puisque le travail s'effectue sur de l'acier, en se référant au tableau donnant les conditions de coupe pour les travaux en tournage (ANNEXE) le choix sera de :

➤ $V_c = 30$ m/min pour l'outil en acier rapide ;

L'utilisation d'un lubrifiant constitué d'eau et d'huile soluble en proportion normale sera requise pour l'usinage.

On sait que la vitesse de coupe est liée à la fréquence de rotation par la formule

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

Pour notre pièce de diamètre 30mm, en utilisant l'outil en acier rapide nous avons:

$$N = \frac{1000 \times 30}{\pi \times 30}$$

$$N \approx 318,31 \text{ tr/min}$$

En utilisant l'outil en carbure nous avons :

$$N = \frac{1000 \times 140}{\pi \times 30}$$

$$N \approx 1485,44 \text{ tr/min}$$

Pour la vitesse d'avance V_f on a : $V_f = N \times f$

Avec N la fréquence de rotation en tr/min

Et f est l'avance par tour en mm/tr

En se référant au tableau donnant les conditions de coupe pour les travaux en tournage (ANNEXE), f est compris entre 0,1 et 0,2 pour l'outil en acier rapide (nous retiendrons **0,2mm/tr**) et entre 0,2 et 0,3 pour les outils en carbure (pour nous ce sera **0,3mm/tr**).

AN : $V_f = 318,31 \times 0,2 = \mathbf{106,10 \text{ mm/min}}$ pour l'outil en acier rapide.

Et $V_f = 1485,44 \times 0,3 = \mathbf{742,72 \text{ mm/min}}$ pour l'outil en carbure.

FRAISAGE ($\varnothing 40$ et 5 dents)

En se référant au tableau des conditions de coupe pour le fraisage (ANNEXE), on aura :

$V_c = 26$ pour l'outil en Acier Rapide Supérieur et $V_c = 90$ pour l'outil en carbure

D'où :

Pour l'ARS :

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

AN :

$$N = \frac{1000 \times 26}{\pi \times 40}$$

$$N \approx 206,90 \text{ tr/min}$$

$$V_f = f_z \cdot Z \cdot N$$

AN :

$$V_f = \left[\frac{0,15 \times 0,4}{2} \right] \times 5 \times 206,90$$

$$V_f \approx 31,035 \text{ mm/min}$$

Pour l'outil carbure :

$$N = \frac{1000 \times 90}{\pi \times 40}$$

$$N \approx 716,197 \text{ tr/min}$$

$$f = fz . Z . N$$

$$Vf = \left[\frac{0,2 \times 0,4}{2} \right] \times 5 \times 716,197$$

$$Vf \approx 143,24 \text{ mm/min}$$

III.2.3. Etude De Fabrication

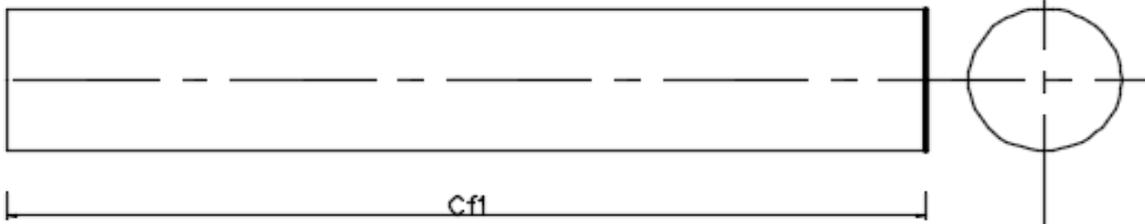
Dessin De Fabrication De Lavis

DESSIN DE FABRICATION DE LA VIS

Tableau 3 Avant Projet d'Etude de Fabrication

APEF (Avant Projet d'Etude de Fabrication)		
N° de phase	Désignation de la phase	Surfaces obtenues
10	Contrôle du brut	Cf1 = 100; Cf2 = 30
20	TOURNAGE 1	F1F, D2E, D2F, F2E, F2F, C1F, F4F
30	FRAISAGE	F5F
40	FILETAGE	A1E, A1 1/2F, A1F
50	Contrôle final	

ENSET D'EBOLOWA	ANALYSE DE FABRICATION		Date:						
			Tableau 1/8						
	CONTRAT DE PHASE		Matière: Acier C22						
Nbre de pièces:	Auteur: NSIGNEI NAOUSSI Guy Hervé		Cadence:						
N° de la phase: 10		MO utilisée:							
Contrôle du Brut (B1, B2)									
Référentiel:									
OPERATIONS D'USINAGE		OUTILLAGE	ELEMENTS DE COUPE						
Rép	Désignation	Outil de coupe	Vérificateurs	Vc m/mn	N tr/m n	Vf mm/mn	f mm/tr	A mm	Lc mm
10	Contrôle du brut		Réglet, pied à coulisse au 1/50						Cf1 = 100
									Cf2 = 30
<p>The drawing consists of two parts. On the left is a side view of a cylinder represented as a rectangle with a horizontal dashed centerline. A dimension line below it is labeled 'Cf1'. On the right is a circular end view with a vertical dashed centerline. A dimension line from the center to the edge is labeled 'Cf2'.</p>									

ENSET D'EBOLOWA	ANALYSE DE FABRICATION								Date:
									Tableau 2/8
	CONTRAT DE PHASE								Matière: Acier C22
Nbre de pièces:	Auteur: NSIGNEI NAOUSSI Guy Hervé								Cadence:
N° de la phase: 20			MO utilisée: TOUR PARALLELE						
TOURNAGE									
Référentiel: Centrage long / B2				Butée / B1					
OPERATIONS D'USINAGE		OUTILLAGE		ELEMENTS DE COUPE					
Rép	Désignation	Outil de coupe	Vérificateurs	Vc m/mn	N tr/mn	Vf mm/mn	f mm/tr	A mm	Lc mm
21	Dressage de F1F	un outil à charioter et à dresser	Un pied à coulisse au 1/50	30	318,31	106,1	0,2		Cf1 = 98
									

ENSET D'EBOLOWA		ANALYSE DE FABRICATION						Date:	
								Tableau 3/8	
Nbre de pièces:		Auteur: NSIGNEI NAOUSSI Guy Hervé						Matière:	
								Acier C22	
N° de la phase: 20		MO utilisée: TOUR PARALLELE							
TOURNAGE									
Référentiel: Centrage long / B2				Butée / B1					
OPERATIONS D'USINAGE		OUTILLAGE		ELEMENTS DE COUPE					
Rép	Désignation	Outil de coupe	Vérificateurs	Vc m/mn	N tr/mn	Vf mm/mn	f mm/tr	A mm	Lc mm
21	Chariotage de D2F et dressage de F2F	un outil à charioter et à dresser	Un pied à coulisse au 1/50	30	318,31	106,1	0,2		Cf1 = 73
				30	318,31	106,1	0,2		Cf2 = 12

DISPOSITIF DE MESURE ET D'ACQUISITION DES IMAGES CORRELATIF AUX ANGLES DE COUPE D'OUTILS DE TOURNAGE

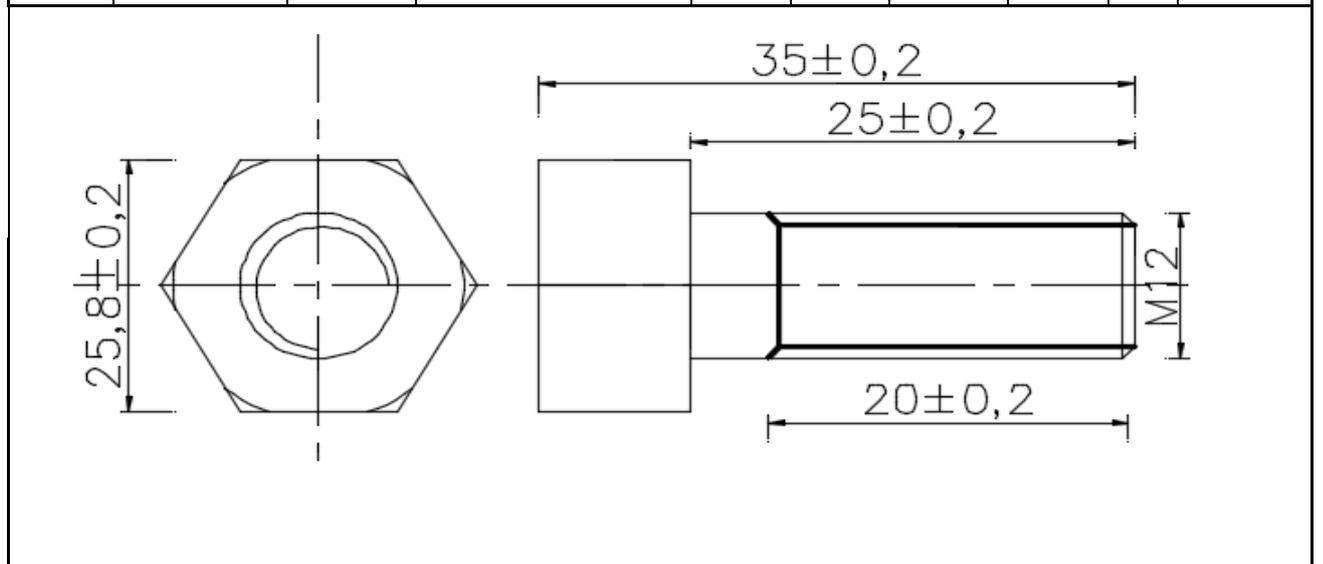
NSET D'EBOLOWA		ANALYSE DE FABRICATION								Date:
										Tableau 4/8
		CONTRAT DE PHASE								Matière: Acier C22
Nbre de pièces:		Auteur: NSIGNEI NAOUSSI Guy Hervé								Cadence:
N° de la phase: 30				MO utilisée: TOUR PARALLELE						
TOURNAGE										
Référentiel: Centrage long / B2				Butée /B1						
OPERATIONS D'USINAGE		OUTILLAGE			ELEMENTS DE COUPE					
Rép	Désignation	Outil de coupe	Vérificateurs	Vc m/mn	N tr/mn	Vf mm/mn	f mm/tr	A mm	Lc mm	
21	Chanfreiner C1F	un outil à charioter	Rapporteur d'angle	30	318,31	106,1	0,2		Cf1= 2 à 45°	
	Chanfreiner C2F			30	318,31	106,1	0,2		Cf2=2 à 45°	

ENSET D'EBLOWA		ANALYSE DE FABRICATION							Date:	
		CONTRAT DE PHASE							Tableau 5/8	
Nbre de pièces:		Auteur: NSIGNEI NAOUSSI Guy Hervé							Cadence:	
N° de la phase: 30			MO utilisée: TOUR PARALLELE							
TOURNAGE										
Référentiel: Centrage long /B2					Butée /B1					
OPERATIONS D'USINAGE		OUTILLAGE			ELEMENTS DE COUPE					
Rép	Désignation	Outil de coupe	Vérificateurs	Vc m/mn	N tr/mn	Vf mm/m n	f mm/tr	A mm	Lc mm	
22	Tronçonner F4F	Outil à tronçonner	Un pied à coulisse au 1/50	30	318,3 1	106,1	0,2		Cf = 35	

ENSET D'EBOLOWA		ANALYSE DE FABRICATION						Date:	
		CONTRAT DE PHASE						Tableau 6/8	
Nbre de pièces:								Auteur: NSIGNEI NAOUSSI Guy Hervé	
N° de la phase: 30		MO utilisée: FRAISEUSE UNIVERSELLE							
FRAISAGE									
Référentiel: Centrage court / D2F				Butée / F1F					
OPERATIONS D'USINAGE		OUTILLAGE			ELEMENTS DE COUPE				
Rép	Désignation	Outil de coupe	Vérificateurs	Vc m/mn	N tr/mn	Vf mm/mn	f mm/tr	A mm	Lc mm
31	Réaliser F5F (pans 1 à 6)	Fraise 1 taille Ø40	Un pied à coulisse au 1/50	26	206,9	31,035	0,3		Cf1 = 25

ENSET D'EBOLOWA		ANALYSE DE FABRICATION								Date:
		CONTRAT DE PHASE								Tableau 7/8
Nbre de pièces:		Auteur: NSIGNEI NAOUSSI Guy Hervé								Cadence:
N° de la phase: 40		Equipement utilisée: ETAU								
FILETAGE										
Référentiel: Orientation / F5F					Butée / F4F					
OPERATIONS D'USINAGE		OUTILLAGE			ELEMENTS DE COUPE					
Rép	Désignation	Outil de coupe	Vérificateurs	Vc m/mn	N tr/mn	Vf mm/mn	f mm/tr	A mm	Lc mm	
41	Fileter A1F	Fliaire	Ecrou M12 / Peigne de filetage						Cf1 = 20 ± 0,01	
									Cf2 = M12	
ENSET D'EBOLOWA		ANALYSE DE FABRICATION								Date:

				Tableau 8/8					
		CONTRAT DE PHASE		Matière: Acier C22					
Nbre de pièces:		Auteur: NSIGNEI NAOUSSI Guy Hervé		Cadence:					
N° de la phase: 50		MO utilisée:							
CONTRÔLE FINAL									
Référentiel:									
OPERATIONS D'USINAGE		OUTILLAGE		ELEMENTS DE COUPE					
Rép	Désignation	Outil de coupe	Vérificateurs	Vc m/mn	N tr/mn	Vf mm/mn	f mm/tr	A mm	Lc mm
50	Contrôle final		Ecrou M12 / Peigne de filetage; Pied à coulisse 1/50						Cf1 = 20 ± 0,01
									Cf2 = M12



CHAPITRE IV : RESULTATS ET DISCUSSIONS

IV RESULTATS ET DISCUSSIONS DISPOSITIF DE MESURE ET D'ACQUISITION

IV.1 BLOC D'ACQUISITION IN-SITU

D'un encombrement de 250 x 80 x 152, ce bloc est fait en acier et permet une variation de hauteur pour optimiser la distance focale.



Figure 36 bloc d'acquisition sur site

IV.2 BLOC D'ACQUISITION COMPLET

D'un encombrement de 250 x 250 x 250, ce bloc est fait en acier et permet une variation de hauteur pour optimiser la distance focale ; le support de caméra peut égale pivoter et permettre une acquisition suivant un angle choisi pour un meilleur rendu et suivant les dispositions d'acquisition.

Ce bloc achevé pourra porter un rapporteur d'angle monter sur la Table de prise et qui permettra aussi la mesure par manipulation manuelle, mais aussi permettra de positionner à chaque fois les outils dans une position peu variée pour une acquisition dans les meilleures conditions.

Ce rapporteur d'angle se présente comme le montre la figure suivante

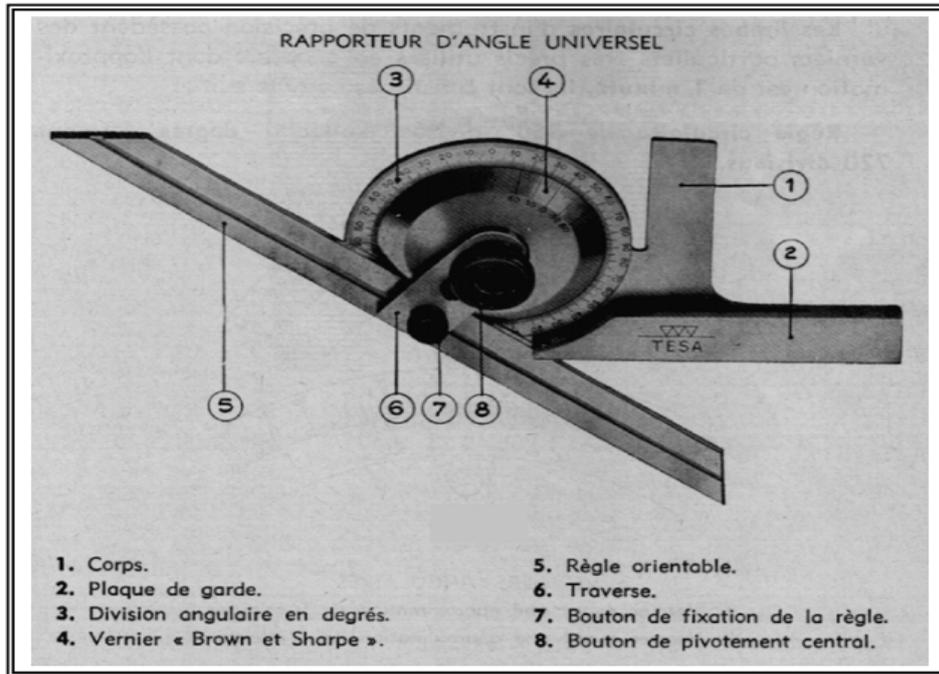


Figure 37 rapporteur d'angle d'atelier



Figure 38 bloc complet d'acquisition

IV.3 GUIDE D'UTILISATION

La référence sera le dessin d'ensemble présenté dans le chapitre précédent (Matériels et Méthodes). Pour la nomenclature des éléments, le processus de montage du dispositif est présenté dans la figure suivante :

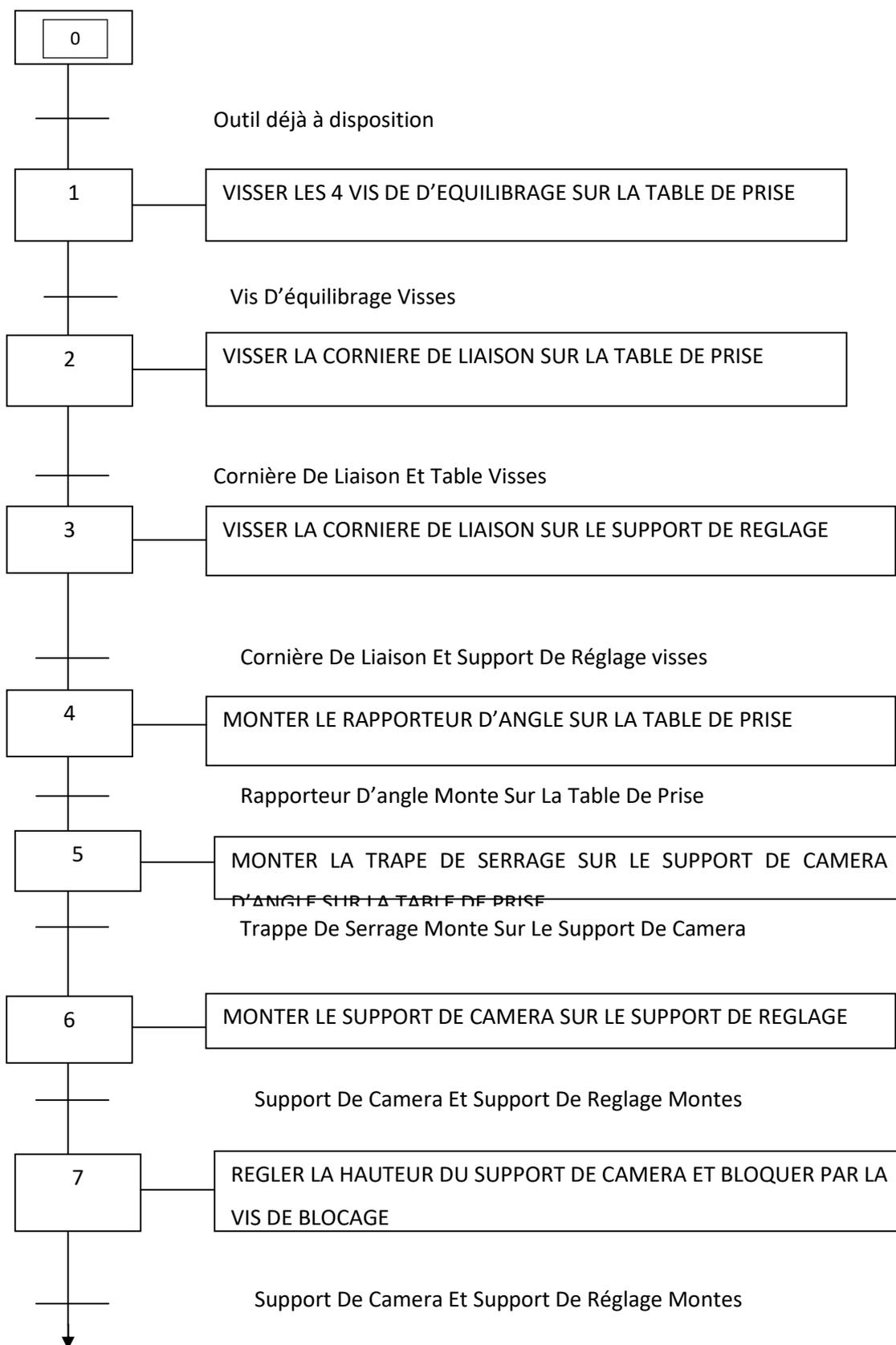


Figure Montage du dispositif d'acquisition et de mesure (source : auteur)

IV.3.1 Règles de sécurité

- Ne pas plonger le dispositif dans de l'eau, ni dans aucun autre liquide car il y'a risque de corrosion ;
- Disposer le dispositif sur un endroit sec ;
- Manipuler le dispositif avec précaution pour éviter toute blessure éventuelle puisqu'il est en acier ;
- Eviter la manipulation pendant le processus d'acquisition ;

IV.3.2 Description du fonctionnement du dispositif

Une fois le dispositif monté comme sus présenté sur la figure, il est alors question de procéder à l'acquisition proprement dite.

En ex-situ, principal mode d'acquisition dans notre cas, l'objectif de notre caméra est orienté perpendiculairement au plan de la table de prise.

Il y a néanmoins possibilité de faire des acquisitions in-situ par fixation au moyen d'un aimant de notre support de réglage sur la tourelle porte-outil : l'objectif de la caméra perpendiculaire au plan de référence de l'outil.

Par ailleurs l'acquisition sur site peut également se faire pendant l'affûtage en posant notre dispositif sur un support à la hauteur de la tourelle à meuler, puis en variant l'angle d'acquisition par dévissage de la vis de réglage-blocage.

IV.3.3 Plan de maintenance

La maintenance a pour rôle principal de maintenir ou de rétablir un bien dans un état où il peut accomplir sa fonction requise. Ainsi, dans l'optique d'assurer la longévité et la disponibilité de ce dispositif les opérations de maintenance préventive sont requises, et sont celles-ci :

- Régulièrement nettoyer et souffler le dispositif aux moyens d'un chiffon sec, propre et d'un mini compresseur d'air ;

- Avoir en stock une quantité d'écrou H M8 et d'écrou H M12 et des vis correspondantes pour prévenir les probables pertes.
- Graisser souvent les différentes vis pour faciliter la manipulation.

IV.4 RESULTATS ET DISCUSSIONS ACQUISITION ET MESURE



Figure 39 : mesure spécimen 1

La figure nous présente ici un spécimen qui est en fait un outil à saigner en ARS et l'acquisition a été faite au moyen d'une caméra numérique (ou appareil photo numérique). La mesure d'angle a quand à elle été faite par le logiciel « *Image J* », pour des résultats qui seront présentés dans le tableau de résultats situé plus bas.

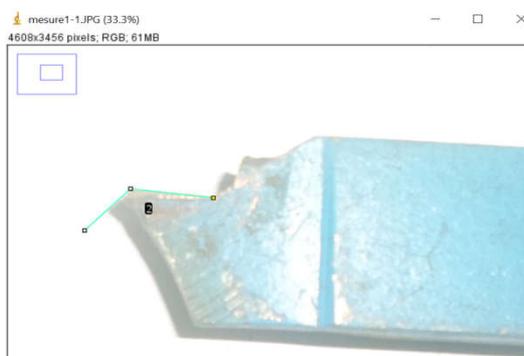


Figure 40 mesure spécimen 2

La figure précédente nous présente ici un spécimen qui est en fait un outil à saigner en ARS et l'acquisition a été faite au moyen d'une caméra numérique (ou appareil photo numérique). La mesure d'angle a quand à elle été faite par le logiciel « *Image J* » considérant à la différence de la figure précédente l'usure (par déformation plastique), pour des résultats qui seront présentés dans le tableau de résultats situé plus bas.

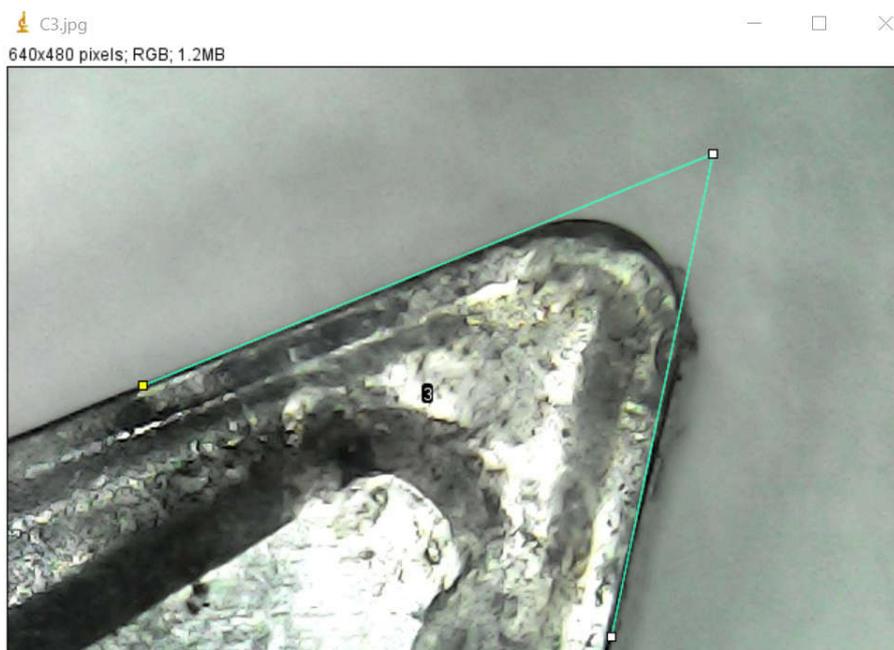


Figure 41 mesure spécimen 3

La figure précédente nous présente ici un spécimen qui est en fait une pastille en carbure et l'acquisition a été faite au moyen d'un microscope avec caméra embarquée dont les caractéristiques sont celle de la **figure.....** du chapitre précédent (ou appareil photo numérique). La mesure d'angle a quand à elle été faite par le logiciel « *Image J* » considérant l'angle de pointe qui dans le cas des outils en pastilles est la principale, avec pour résultats les valeurs qui seront présentés dans le tableau de résultats situé plus bas.



Figure IV.6 mesure spécimen 4

Par NSIGNEI NAOUSSI Guy Hervé

La figure précédente nous présente ici un spécimen qui est en fait un outil en carbure brasé, et l'acquisition a été faite au moyen d'une caméra numérique (ou appareil photo numérique). La mesure d'angle a quand à elle été faite par le logiciel « *Image J* » considérant l'angle de pointe, avec pour résultats les valeurs qui seront présentés dans le tableau de résultats situé plus bas.

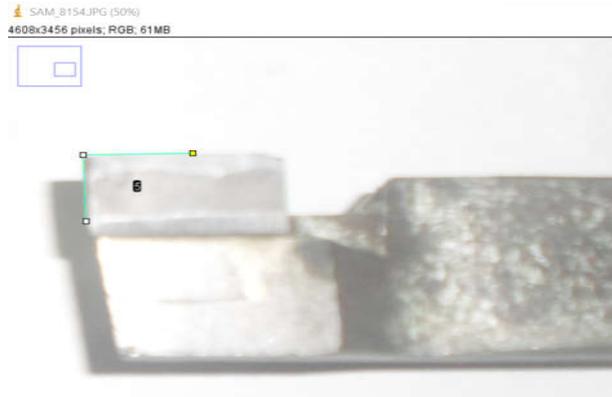


Figure IV.7 mesure spécimen 5

La figure précédente nous présente ici un spécimen qui est en fait un outil en carbure brasé, et l'acquisition a été faite au moyen d'une caméra numérique (ou appareil photo numérique). La mesure d'angle a quand à elle été faite par le logiciel « *Image J* » considérant l'angle de coupe et la dépouille, avec pour résultats les valeurs qui seront présentés dans le tableau de résultats situé plus bas.

Tableau 4 Résultats des mesures d'angles

Résultats des mesures.csv

	Area	Mean	StdDev	Min	Max	XM	YM	Perim.	Major	Minor	Angle	Feret	Median	Kurt	%Area	Slice	FeretX	FeretY	FeretAngle	MinFeret
1	0	0	0	0	0	0	0	765.914	0	0	297.230	522.009	0	0	0	1	2254	1508	112.291	216.876
2	0	0	0	0	0	0	0	484.141	0	0	231.968	435.992	0	0	0	1	2095	1655	15.566	104.245
3	0	0	0	0	0	0	0	787.850	0	0	304.037	436.395	0	0	0	1	95	226	22.216	291.240
4	0	0	0	0	0	0	0	1097.570	0	0	285.856	714.227	0	0	0	1	1500	2658	178.556	368.757
5	0	0	0	0	0	0	0	382.148	0	0	271.115	271.205	0	0	0	1	2834	1912	37.208	131.060

Il est à noter ici que les valeurs d'angles considérées sont celles des angles obtus donc à l'extérieur du sommet des différents angles considérés.

BASE DE QUELQUES DONNEES IMAGES ACQUISES PAR L'APPAREIL PHOTO NUMERIQUE



Figure IV.8 base de données (caméra numérique)

BASE DE QUELQUES DONNEES IMAGES ACQUISES PAR LE MICROSCOPE A CAMERA EMBARQUEE

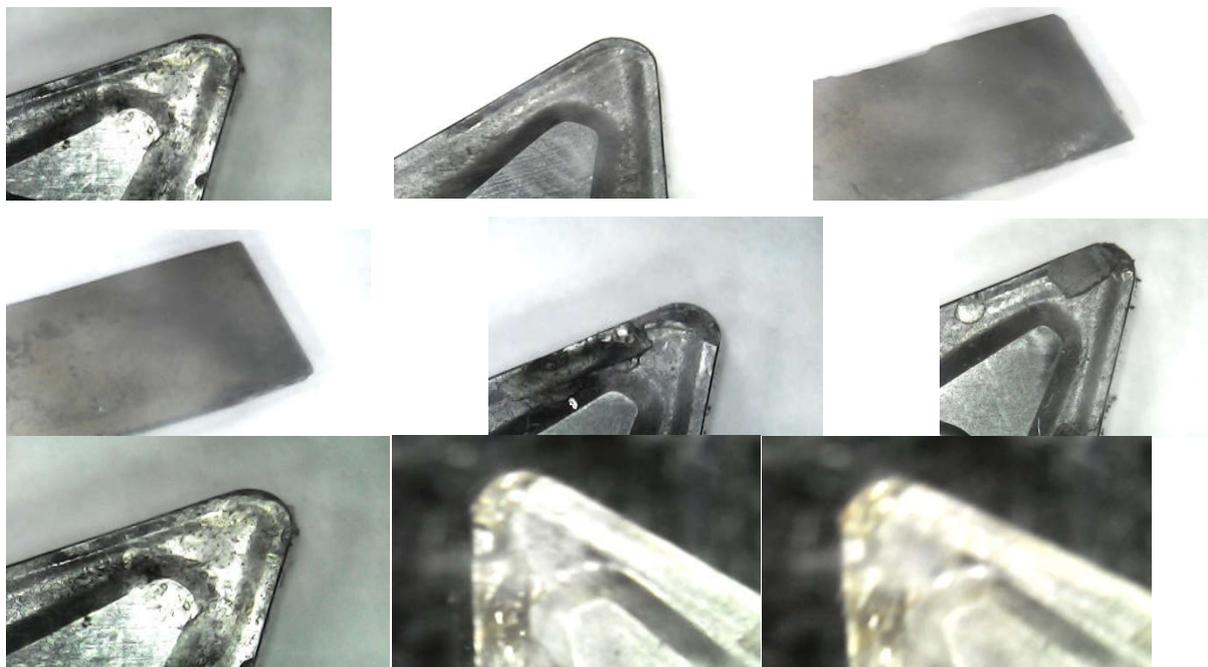


Figure IV.9 base de données (microscope)

IV.5 ESTIMATION DU COUT DE NOTRE DISPOSITIF

Coût de la matière d’œuvre + logistique-transport + production

Tableau 5 Coût de la matière d’œuvre + logistique-transport + production

Coût de la matière d’œuvre				
N°	Désignation	Qté	Prix Unitaire	Prix Total
1	Plaque d’acier300 x 300mm épaisseur 5mm	1	12 000	12000
2	Vis et écrous M 10	4	500	2000
3	Vis et écrous M 8	4	500	2000
4	Rond plein L=100mm ; Ø= 30mm	1	2000	2000
5	Plaque 200x200 mm épaisseur 2mm	1	3000	3000
Total 1				21000
Arrêter la présente somme : vingt et un mille francs CFA				

COÛT DE PRODUCTION				
N°	Opérations	Tarif/heure (FCFA)	Durée (h)	Montant
1	Tournage	5000	1	5000
2	Fraisage	5000	2	10000
3	Perçage	2000	1	2000
4	Filetage	3000	2	6000
5	Soudage	5000	1	5000
6	Découpage	2000	2	4000
Total 2				32000
Arrêter la présente somme : trente deux mille francs CFA				
LOGISTIQUE ET TRANSPORT				
Moyens Logistique et Transport			Montant	
Transport			17000	
Factures d'électricité			8000	
Connexion internet [(3Go/mois)/8mois]			10000	
Dépenses diverses			15000	
Total 3			50 000	
Arrêter la présente somme : cinquante francs CFA				

Coût estimé du dispositif :

Montant total (M_T)=T₁+T₂+T₃

$$M_T = 103000 \text{ FCFA}$$

$$TVA = 19,25\% \cdot M_T$$

$$TVA = 19830 \text{ FCFA}$$

$$\text{Montant Total } (M_{TF}) = M_T + TVA$$

$$\text{Total } (M_{TF}) = 122830 \text{ FCFA}$$

D'où le cout de fabrication d'un prototype est estimé à **cent vingt deux mille huit cent trente franc CFA.**

CONCLUSION GENERAL ET PERSPECTIVES

Les travaux de ce mémoire ont conduit à la production d'un dispositif permettant la mesure facile et l'acquisition des images des angles de coupe des outils en tournage en vue de leur mesure et dans le but de d'optimiser la qualité de l'usinage à travers des pièces respectant plus ou moins scrupuleusement la qualité recherchée ; améliorant dans le même élan les délais ; limitant aussi les risques de retour de pièce, ces facteurs ayant une conséquence assez directe sur le coût de production et naturellement sur les bénéfiques. Pour mener à bien ce travail, on a dû l'organiser en quatre chapitres : il a été question dans le premier chapitre d'introduire les notions nécessaires à la compréhension de la problématique traitée. Dans ce chapitre, la notion d'outil de coupe, sa géométrie, les différentes formes d'usure observées chez celui-ci, ses méthodes de contrôle et de mesure parallèle, soit par la mesure de la rugosité des surfaces qu'il génère ont été présentés. Dans le deuxième chapitre une étude bibliographique est présentée, mettant en relief les travaux sur l'état actuel de la mesure de la rugosité étroitement lié à la qualité de l'outil et les facteurs concourants à sa détérioration. Le troisième chapitre consacré aux matériels et méthodes, nous renvoie à la conception et la présentation de l'ensemble du matériel nécessaire à la réalisation du dispositif ainsi que les méthodes utilisées pour sa mise en œuvre. A été présenté dans ce chapitre, les différents dessins: d'ensemble du dispositif et de définition d'une pièce particulière et l'étude nécessaire pour la mise en œuvre du dit dispositif. Pour le quatrième chapitre, il a été question de présenter les résultats discutés du dispositif.

Les résultats de ce travail ouvrent des perspectives :

- Il serait intéressant dans les prochains dispositifs de prévoir une graduation pour mieux gérer la distance focale,
- Il serait intéressant de réaliser si possible l'ensemble du dispositif en aluminium ceci pour réduire le poids au mieux,
- Concevoir un dispositif pouvant acquérir au même moment les images de plusieurs faces de l'outil.

Références bibliographiques

- [1] Alain Passeron, «Tournage», Techniques de L'Ingénieur, BM7086, 1997
- [2] A. Belloufi, « Cours Procédés de Fabrication », Master Maintenance Industrielle, Université KasdiMerbah Ouargla.2010
- [3] Jean-Pierre cordebois et coll, « Fabrication Par Usinage », DUNOD, Paris 2003
- [4] A. TOUMINE, « Usinage », INSA de LYON, Groupe conception - productive, 2007
- [5] Rocardier, « Cours sur le Tournage Usinage Cours Technologie », 2011
- [6] Alexandre Toumine, «Cours D'Usinage », Groupe Conception Production, INSA de Lyon, France.
- [7] J. Vergnas, « Usinage : Technologie et Pratique », Génie Mécanique DUNOD, ISBN 2-04-011186-7, BORDAS, Paris 1982
- [8] J. L. Fanchon« Guide des Sciences et Technologie Industrielle » Edition Nathan Paris France,1994
- [9] Denis Gelin, Michel Vincent, « Eléments de Fabrication », Les Editions Foucher, 1995.
- [10]P. CHRISTAN : « comportement de revêtements céramiques sur outil en tournage à sec finition », Ecole centrale de Lyon, 2003.
- [11] B. HAMADI : « étude des revêtements durs et applications sur outil de coupe », thèse de magister en mécanique, université Mentouri Constantine, 2010.
- [12] YALLESE MOHAMED ATHMANE ,«étude du comportement a l'usure des matériaux de coupe modernes en tournage dur», génie mécanique, productive,2005
- [13] Dr. BENNEGADI Mohammed El Larbi « Coupe des Métaux en Fabrication Mécanique et Productive », Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed BOUDIAF, 2018
- [14] BAKHTI Abdelbassit et MERZOUG Aissa, « Recherche de l'usure de l'outil de coupe lors du tournage d'éprouvettes pour l'essai de traction », Mémoire présenté pour l'obtention Du diplôme de Master Académique Université Mohamed Boudiaf - M'sila
- [15] TEYOU Donald, « Dispositif D'acquisition Online Des Données En Vue De L'étude De L'impact Des Conditions De Coupe Sur La Rugosité Des Surfaces En Tournage », mémoire en mécanique ENSET EBOLOWA, 2019
- [16] Philippe DEPEYRE « Fabrication Mécanique » université de la réunion, 2004-2005
- [17] B.Vieille « méthodes et fabrications » Conservatoire National Des Arts Et Métiers

- [18]- Rene KAMGUEM, Victor SONGMENE, et Souheil Antoine TAHAN (2013), « surface roughness estimated of turned parts from optical measurement and wavelet decomposition », article soumis à la revue “Image and vision computing”.
- [19]- Omar MONIR KOURA (2015), « Applicability of image processing for evaluation of surface roughness », IOSR Journal of Engineering, Vol. 05, Issue 05, PP 01-08.
- [20]- Brigitte VASQUES (2008), « Étude du comportement du rayon d’arête et de son influence sur l’intégrité de surface en tournage à sec », soutenue le 17 juin 2008 à l’université FrançoisRabelais de Tours. France.
- [21]- Arnaud CROLET (2009), *contribution à l’étude de l’influence du comportement vibratoire du système « pièce – outil – machine » sur la qualité de surface obtenue en tournage de superfinition*, Soutenue le 29 septembre, Institut National Polytechnique de Lorraine. France.
- [22]- J. ONDRA (1999), « measurement of roughness using image processing », Department of Mechanical Technology Military Academy Brno, 612 00 Brno, Czech Republic.
- [23]- Brice Martial KAMDEM (2016), « surface roughness measurements on machined parts », The University of Bamenda. Cameroon.
- [24]- Soualah MOHSSIN (2017), « l’influence des paramètres de coupe sur l’état de surface lors de l’usinage de l’acier XC55 », université Badji Mokhtar Annaba, Algérie.
- [25]- NGNIMBOHA NGUEPI STEPHANE (2019), Système d’acquisition online des données en vue de l’étude de l’impact des conditions d’usinage sur la rugosité des surfaces en fraisage, ENSET D’EBOLOWA, Cameroun.

ANNEXES

ANNEXE 1 : Valeurs Indicatives Des Valeurs De Vitesse De Coupe En Fonction Du Matériau

Nuance ISO	Matériaux à usiner Avance f en mm/tr	Tournage d'Extérieur				Tournage Filetage	
		Acier Rapide		Carbure		Acier Rapide	Carbure
		0.05 à 0.1	0.1 à 0.2	0.05 à 0.2	0.2 à 0.3	f = pas du filet	
P	Acier Non Allié	50	40	250	200	35	120
	Acier Faiblement Allié	30	20	150	130	20	80
	Acier Fortement Allié	20	15	120	100	15	60
	Acier Moulé Faiblement Allié	30	20	150	120	20	75
M	Acier inoxydable	25	20	150	130	20	90
K	Fonte lamellaire (EN-GJL...)	40	30	80	60	20	30
	Fonte Modulaire (EN-GJM...)	30	25	100	80	15	40
	Fonte Sphéroïdale (EN-GJS...)	55	45	90	70	25	40
K-N	Alliages d'aluminium de faible dureté sans silicium (AW 2030 ...)	250	200	550	400	150	230
	Alliages d'aluminium durs sans silicium ou %Si moyen (AW2017, AW 6060 ...)	120	80	250	200	90	110
	Alliages d'aluminium à haute teneur en silicium > 12%	80	40	120	100	45	60
Vitesse de coupe Vc en m/min							

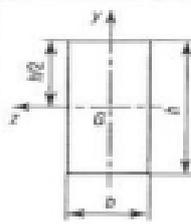
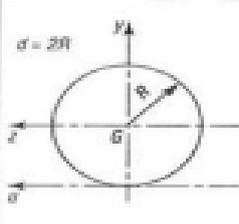
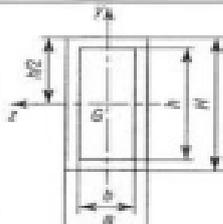
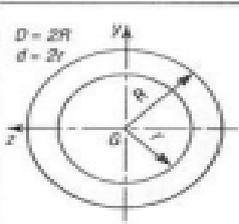
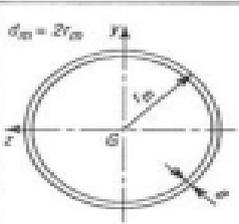
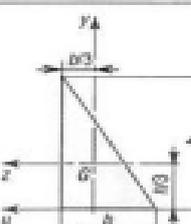
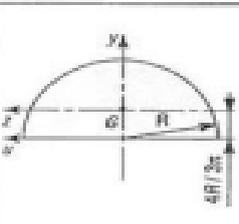
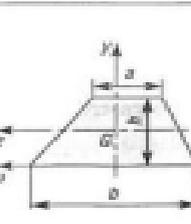
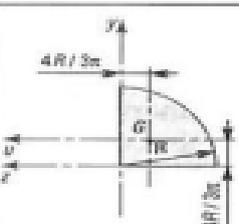
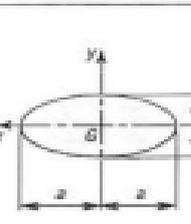
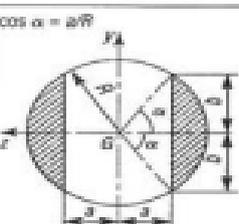
ANNEXE 2 : Valeurs Indicatives Des Conditions De Coupe En Fraisage

Fraisage de face	Outil A.R.S.			Outil carbure	
	Vc		fz	Vc	fz
	Ebauche	Finition			
Aciers Rm ≤ 70 hbar	22	26	0,15	90	0,2
Aciers Rm de 70 à 100 hbar	18	22	0,12	70	0,2
Aciers Rm de 100 à 120 hbar	16	20	0,1	60	0,15
Fonte Ft 20	22	26	0,15	7	0,25
Fonte GS	16	20	0,12	60	0,2
Laiton	60	80	0,1	220	0,3
Bronze	40	55	0,1	180	0,2
Alliages d'aluminium	100	140	0,1	250	0,2

COEFICIENTS DE CORRECTION À APPORTER À L'AVANCE PAR DENT fz EN EBAUCHE	
Fraise 1 taille à surfacer : K = 1	Fraise 2 dents à rainurer : K = 0,4
Fraise 2 taille à queue : K = 0,4	Fraise 3 taille : K = 0,4
Fraise 2 taille à trou : K = 0,7	Fraise à profil constant : K = 0,4
Finition : $fz = \frac{fz}{2}$ (ébauche)	

ANNEXE 3 : Formulaire Sur Les Moments Quadratiques

FORMULAIRE Moments quadratiques

 $S = b h$ $I_y = \frac{b h^3}{12}$ $I_x = \frac{h b^3}{12}$ $I_G = \frac{b h}{12} (h^2 + b^2) = I_y + I_x$	 $S = \pi R^2$ $I_y = I_x = \frac{\pi R^4}{4} = \frac{\pi d^4}{64}$ $I_G = \frac{5 \pi R^4}{4} = \frac{5 \pi d^4}{64}$ $I_G = \frac{\pi R^4}{2} = \frac{\pi d^4}{32} = I_y + I_x$
 $S = BH - bh$ $I_y = \frac{BH^3 - bh^3}{12}$ $I_x = \frac{BH^3 - bh^3}{12} = I_y + I_x$	 $S = \pi (R^2 - r^2)$ $I_y = I_x = \frac{\pi}{4} (R^4 - r^4)$ $= \frac{\pi}{64} (D^4 - d^4)$ $I_G = \frac{\pi}{2} (R^4 - r^4)$ $= \frac{\pi}{32} (D^4 - d^4) = I_y + I_x$
 $I_y = \frac{hb^3}{3}$ $I_x = \frac{bh^3}{3}$ $I_G = \frac{b^3 h^3}{8 (b^2 + h^2)}$ $I_G = \frac{b h}{3} (h^2 + b^2) = I_y + I_x$	 <p>cas où e est faible</p> <p>formules approchées</p> $S = 2 \pi r_m e = \pi e d_m$ $I_y = I_x = \pi e r_m^3 = \frac{\pi}{8} e d_m^3$ $I_G = 2 \pi e r_m^3 = \frac{\pi}{4} e d_m^3$
 $S = \frac{bh}{2}$ $I_y = \frac{h b^3}{36}$ $I_x = \frac{b h^3}{36}$ $I_G = \frac{b h^3}{12}$ $I_G = \frac{b h}{36} (h^2 + b^2) = I_y + I_x$	 <p>1/2 cercle</p> $S = \frac{\pi R^2}{2}$ $I_y = I_x = \frac{\pi R^4}{8}$ $I_G = 0,1098 R^4$ $I_G = \frac{\pi R^4}{8}$
 $S = \frac{h}{2} (a + b)$ $I_y = \frac{h (2a + b)}{3 (a + b)}$ $I_x = \frac{h^3 (a^2 + 4ab + b^2)}{36 (a + b)}$ $I_G = \frac{h^3 (3a + b)}{12}$	 <p>1/4 de cercle</p> $S = \frac{\pi R^2}{4}$ $I_y = I_x = \frac{\pi R^4}{16}$ $I_G = 0,05488 R^4$
 <p>ellipse</p> $S = \pi a b$ $I_y = \frac{\pi a b^3}{4}$ $I_x = \frac{\pi b a^3}{4}$ $I_G = \frac{\pi a b}{4} (a^2 + b^2) = I_y + I_x$	 <p>cercle + trou de perçage</p> $b = \sqrt{R^2 - r^2}; \alpha \text{ en radian}$ $S = 2 R^2 \left(\alpha - \frac{r b}{R^2} \right)$ $I_y = \frac{R^4}{6} \left(3\alpha - \frac{3 r b}{R^2} - \frac{2 r b^3}{R^4} \right)$ $I_x = \frac{R^4}{2} \left(\alpha - \frac{r b}{R^2} + \frac{2 r b^3}{R^4} \right)$

ANNEXE 4 : Dispositif en cours de fabrication

