

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 CAPTURE D'IMAGES DE CONTRÔLE IN-
SITU DES CONTRAINTES GEOMETRIQUES SUR PIECES
TOURNEES**

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

Par : **POUANI TCHANGO Marie Prudence**

Sous la direction de
Pr KANAA Thomas
Chef de département
M. NGONGANG Ludovic
Enseignant

Année Académique : 2019 - 2020



INTRODUCTION GENERALE

Le but de cette introduction est de présenter le thème qui meublera l'ensemble des travaux de ce mémoire pour cela, il sera question de le situer d'abord dans le contexte de l'étude avant de ressortir le problème de la recherche et les différents objectifs à atteindre.

1-CONTEXTE ET INTERET DE L'ETUDE

1.1- Contexte de l'étude

Ce travail s'exécute dans un contexte où, marqué par la recherche permanente du bénéfice les industries de production agissent sur différents critères pour accroître leur productivité ainsi certaines, minimisent les gestes inutiles pour diminuer les coûts de production, tandis que d'autres pour éviter les charges liées au rappel des produits s'assurent de la qualité de ces derniers. En ce qui concerne ce dernier critère, dans les industries de fabrication mécanique la qualité de la pièce est étroitement liée aux précisions dimensionnelles et à l'état de surface car le rôle fonctionnel d'une surface dépend notamment de son état. Une surface conçue pour un contact (frottement de glissement, adhérence, ajustement fixe...) n'a pas le même état qu'une surface libre, indépendante. Plus la valeur de la mesure est faible, plus il est difficile à obtenir et cela entraîne une augmentation du coût de fabrication. La tendance générale étant orientée du côté de la minimisation des coûts de production et sachant que la mesure des valeurs de contraintes géométriques s'effectue généralement grâce aux appareils à palpeur à pointe en diamant et ce, dans un poste de métrologie consommant au passage une main d'œuvre supplémentaire et diminuant la précision du fait du démontage de la pièce ; il convient donc d'œuvrer à diminuer les coûts liés à ce contrôle.

1.2- Intérêt de l'étude

Cette étude revêt un grand intérêt car menée à terme, elle permettra :

- Sur le plan industriel de faire un gain en temps en ce qui concerne les mesures des contraintes géométriques ;
- Dans le cadre des mesures, elle améliorera la précision des mesures de paramètre car les pièces sont mesurées sans démontage ;

- Sur le plan scientifique, ce travail contribuera à l'amélioration des recherches dans le domaine et aussi, il servira de base à d'éventuels travaux de recherche future dans le domaine de la mesure des contraintes géométrique.

2-PROBLEME DE LA RECHERCHE

Pour avoir la valeur de la mesure d'une surface, il faut mesurer avec un comparateur. De cette façon pour obtenir une valeur, cela implique plusieurs opérations d'usinage, des démontages et mesures répétitives jusqu'à l'atteinte de la valeur recherchée. Or, lorsqu'on démonte une pièce et on la remonte on n'est plus sûre d'assurer les mêmes mises et maintiens en position. La tâche serait plus facile si on avait un dispositif qui permettait la mesure sur site des différents paramètres ; Dans ce cas il suffirait donc tout simplement qu'après usinage, le comparateur soit monter sur le dispositif pour effectuer les mesures jusqu'à atteinte de la valeur désirée.

Donc il est question de répondre à la question de savoir : quel dispositif faut-il produire afin de faciliter l'acquisition des données images tout en respectant les différentes contraintes pendant la mesure ?

3-OBJECTIFS DE L'ETUDE

3.1- Objectif général

L'objectif général de ce travail est de concevoir et réaliser un dispositif qui permettra l'acquisition des données images et le contrôle IN-SITU des contraintes géométriques sans démontage de la pièce pour les travaux sur tour.

3.2- Objectifs spécifiques

L'atteinte de l'objectif général mentionné ci-dessus, est liée à la concrétisation d'un ensemble d'objectifs spécifiques notamment :

- Répertoire toutes les conditions de coupe ;
- Faire une conception du dispositif qui portera le microscope;
- Choisir le matériel nécessaire à la réalisation.

4-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 surface, nous parlons des conditions de coupe, nous traitons des différentes irrégularités des surfaces en débouchant sur les différents types de contraintes géométriques. En dernière partie nous abordons les différentes méthodes de contrôle et mesure des états de surface ;
- Le chapitre 2 présente l'état de l'art sur la méthodologie de contrôle des contraintes géométriques dans laquelle il est essentiellement question de faire une synthèse de certains travaux qui vont nous renseigner sur l'état actuel de la mesure de ces contraintes géométriques et de l'influence des conditions de coupe sur cette notion ;
- Le chapitre 3 est consacré à l'étude conceptuelle et réalisation du dispositif, 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 réservé aux Résultats et Discussions, nous présentons en images les différents blocs du dispositif réalisé et nous amorçons une discussion sur ce dernier.

Chapitre 1

REVUE DE LITTERATURE SUR LES PIECES TOURNEES ET LEUR CONTROLE

Ce chapitre introduit les notions nécessaires à la compréhension de la problématique traitée dans ce mémoire. Ainsi nous présenterons d'abord les méthodes générales d'obtention des pièces mécaniques où nous insisterons sur le tournage, terme clé de notre travail. Ensuite, il sera question d'énumérer les différentes contraintes sur pièces en donnant leur représentation, leur interprétation et leur représentation sur un dessin. En dernière partie il sera question de présenter les méthodes actuelles de contrôle de ces contraintes.

I.1- GENERALITES SUR L'OBTENTION DES PIECES.....	5
I.1.1. Méthodes générales d'obtention des pièces	5
I.1.2- les usinages conventionnels.....	5
I.1.3- Les usinages non conventionnels.....	11
I.2- DIFFERENTES CONTRAINTES SUR PIECE	11
I.2.1- Spécifications sur pièces usinées	11
I.2.2- Contraintes géométriques.....	12
I.2.3- Interprétation des contraintes.....	13
I.3- METHODES DE CONTROLE DES CONTRAINTES GEOMETRIQUES	16
I.3.1- Contrôle des contraintes de forme.....	16
I.3.2- Contrôle des contraintes de direction ou d'orientation	19
I.3.3- Contrôle des contraintes de position.....	20
1.3.4) Contrôle des contraintes de battement	22
1.4-CONCLUSION.....	22

I.1- GENERALITES SUR L'OBTENTION DES PIECES

I.1.1. Méthodes générales d'obtention des pièces

Pour obtenir les pièces, différentes méthodes peuvent être utilisées telle qu'illustrer sur la figure ci-dessous :

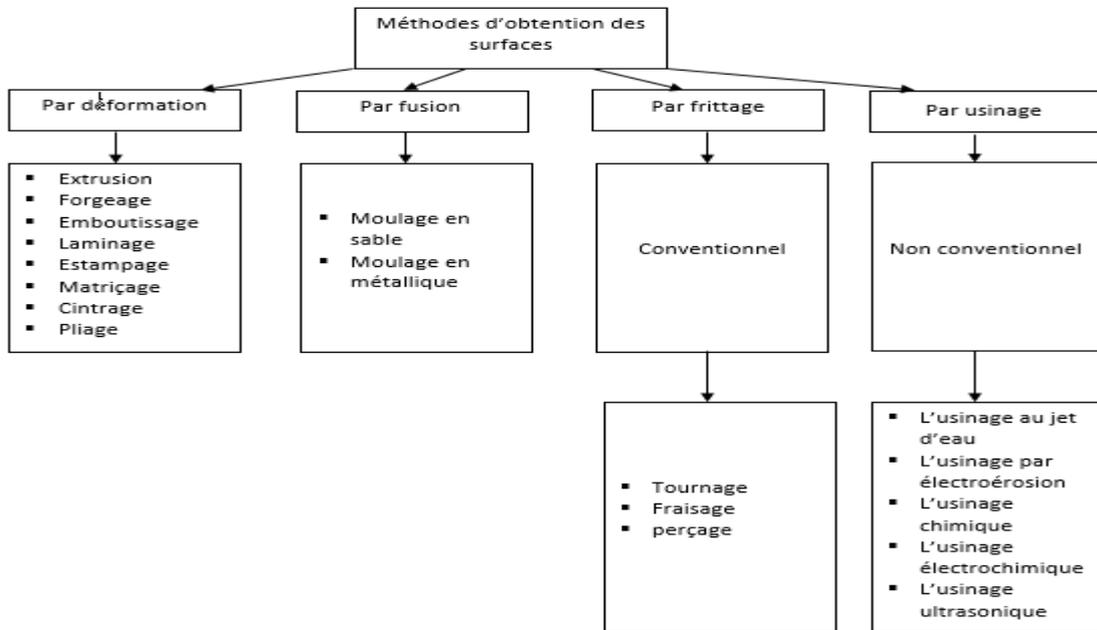


Figure 1.1 : méthodes d'obtention des surfaces [1].

Puisque notre travail concerne les pièces tournées, nous allons nous appesantir sur la méthode par usinage.

I.1.2- les usinages conventionnels

L'usinage est une étape d'élaboration d'une pièce fini à partir d'un brut de forge, de fonderie ou de laminage. On distingue différents types d'usinage conventionnel que de procédés de fabrication, de machine outils spécialisées. [2]

a) Tournage

➤ Principe

C'est l'action de façonner des pièces mécaniques ou d'un autre matériau à l'aide d'un tour mécanique. Le principe de l'usinage ici est que : La pièce tourne et l'outil se déplace par rapport à la pièce, la combinaison de ces actions permet d'obtenir les pièces de révolution. Bien entendu, des industriels fabriquent des tours, où les outils peuvent tourner... ce sont des machines hybrides, mixtes, ou machine multiaxes. [1,2]

➤ Machines-outils



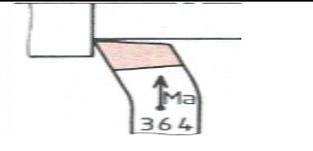
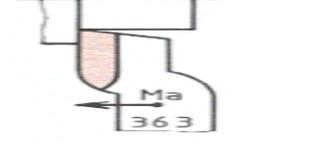
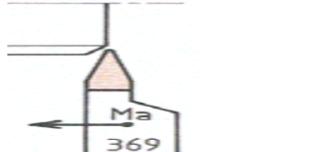
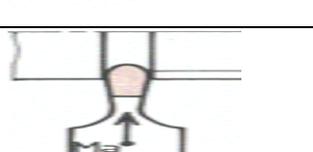
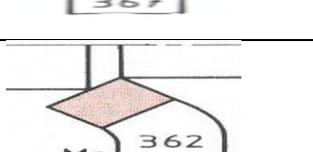
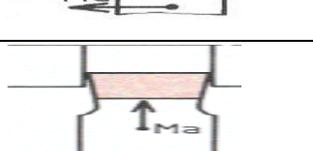
- Alésage de broche : **80 mm** ;
- Hauteur pointe : **220 mm** ;
- Distance broche-pointe de la poupée mobile : **1200 mm** ;
- Porte outil **25×25 mm** ;
- Diamètre du fourreau de contre pointe : **30 mm**

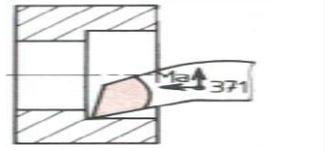
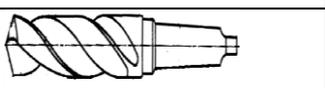
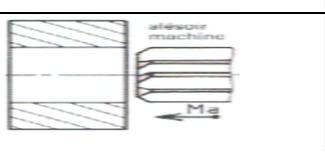
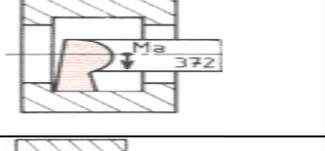
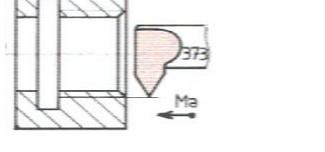
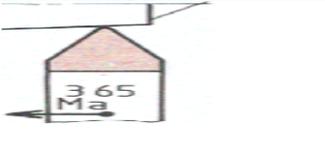
Figure 1.2 : Le tour conventionnel [3]

➤ **Les outils du tournage**

Le choix de l'outil est fonction de l'opération à effectuer (ébauche ou finition) et de la forme de la pièce à réaliser. Ainsi, on distinguera : Les outils en carbure et les outils en acier rapide tel qu'illustrés dans les tableaux 1.1 et 1.2 ci-dessous.

Tableau 1.1 : outils ARS [4]

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

outil	norme	Silhouette outil ARS
Outil à aléser / dresser		
Foret		
Alésoir		
Outil à chambrer		
Outil à fileter intérieure		
Outil pelle	NFE 66 366	

➤ **Quelques opérations de tournage**

Les opérations courantes de tournages sont :

Tableau 1.2 : Operations du tournage [3,4]

Types d'opérations	Représentation	Principe
Le chariotage		<p>Le chariotage est l'opération qui consiste à usiner une surface plane (extérieure) parallèle à l'axe de la broche.</p>
Le dressage		<p>Le dressage est l'opération qui consiste à usiner une surface plane (extérieure ou intérieure) perpendiculaire à l'axe de la broche.</p>
L'alésage		<p>L'alésage est l'opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique de qualité à l'intérieur d'une pièce.</p>
Le tronçonnage		<p>Le tronçonnage est l'opération qui consiste à usiner une rainure jusqu'à l'axe de la pièce afin de détacher un tronçon.</p>
Le filetage		<p>Le filetage est l'usinage consistant à réaliser des filets extérieurs ou intérieurs (tarudage) sur une pièce.</p>

b) Fraisage

➤ **Principe**

Le **fraisage** est un procédé d'usinage qui permet la réalisation des pièces mécaniques à l'aide d'une fraise sur des machines-outils appelées fraiseuses. Dans le cas du fraisage : l'outil tourne et la pièce se déplace. Les centres de fraisage comportent généralement 3 axes (que l'on peut commander individuellement pour faire des formes complexe : hélices...) et un plateau tournant pour présenter toutes les faces de la pièce devant la broche. On peut aussi imaginer de monter l'outil au bout un bras de robot. [5]

➤ **Machines-outils**

Il existe trois grandes catégories de fraiseuse :

- Les fraiseuses d'outillage (généralement universelles) ;
- Les fraiseuses de production (à programme, à cycle, à commande numérique, centre d'usinage) ;
- Les fraiseuses spéciales (à reproduire, multibroches, à banc fixe).

- 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**.



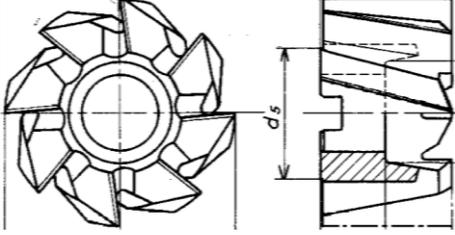
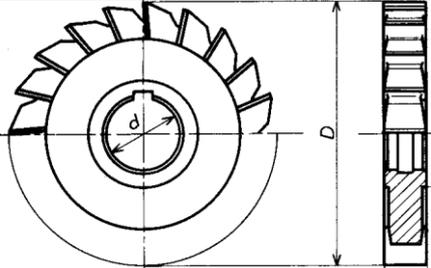
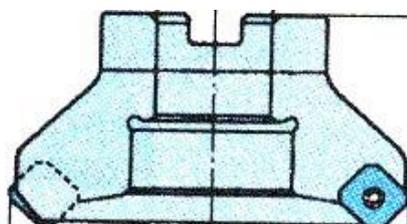
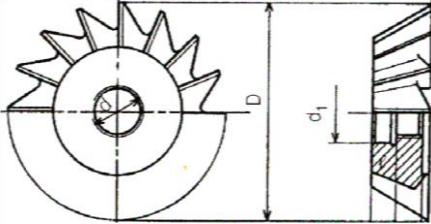
Figure 1.3: fraiseuse verticale [5]

➤ **Les outils du fraisage**

Pour effectuer une opération en fraisage, bon nombre d'outils sont appropriées.

Nous présenterons les différents outils nécessaires pour effectuer une opération de fraisage dans le tableau ci-dessous.

Tableau 1.3: Les outils de fraisage [4-6]

<p>Fraise deux tailles ARS</p>	<p>Usinages de plans. La fraise est en ARS. Cette fraise, une des plus courante, est remplacée par des fraises carbure.</p>	
<p>Fraise deux tailles à plaquettes rapportées</p>	<p>Fraise carbure, de défonçage. Cette fraise permet des ébauches rapides, mais ne permet pas de plonger dans la matière (pas de « coupe au centre »)</p>	
<p>Fraise 3 tailles</p>	<p>Fraise pour usiner les rainures. 3 plans sont usinés dans une seule passe.</p>	
<p>Fraise à surfacer</p>	<p>Fraise carbure à surfacer pour usiner des grands plans.</p>	
<p>Fraise conique de forme</p>	<p>Fraise de forme pour usiner des rainures de queue d'aronde.</p>	

➤ **Quelques opérations de fraisage**

- Le surfacage ;
- La réalisation des engrenages ;
- Les épaulements ;
- Les épaulements ;
- ...

I.1.3- Les usinages non conventionnels

Quand on parle usinage ou machine-outil, on pense souvent au tournage, fraisage, rectification, on ne pense pas aux procédés d'usinage spéciaux.

On parlera d'usinages non conventionnels en référence à des usinages ne faisant pas appel à la « coupe des métaux » définie dans notre travail, les procédés d'usinage modernes ne nécessitent pratiquement aucun effort de coupe, mais leurs débits de matière enlevée est très faible comparativement au dédit de tournage par exemple. Cependant dans certains cas, seuls les usinages modernes peuvent être envisagés (par exemple, usinage des pièces de faibles dimensions, ou pièces très dures). Les opérations ici sont réalisées grâce aux méthodes nouvelles telles que : [1- 4, 7,8]

- L'usinage au jet d'eau ;
- L'usinage par électroérosion ;
- L'usinage chimique ;
- L'usinage électrochimique ;
- L'usinage ultrasonique ;
- ...

L'obtention des bonnes surfaces de pièces que ce soit en usinage conventionnel ou non nécessite en plus du choix de la méthode d'usinage appropriée, le respect des contraintes spécifiées sur le dessin de définition. [7]

I.2- DIFFERENTES CONTRAINTES SUR PIECE

I.2.1- Spécifications sur pièces usinées

Les dessins de définition des pièces renseignent généralement à propos de différentes contraintes notamment celles dimensionnelles et celles géométriques. Les contraintes dimensionnelles font référence aux cotes inscrites sur les dessins de pièces, aux cotes directement nécessaires à la réalisation des pièces ainsi qu'aux intervalles de tolérance de toutes celles-ci. La figure 1.4 ci-dessous présente les spécifications générales rencontrées sur un dessin de définition. [4, 5, 8]

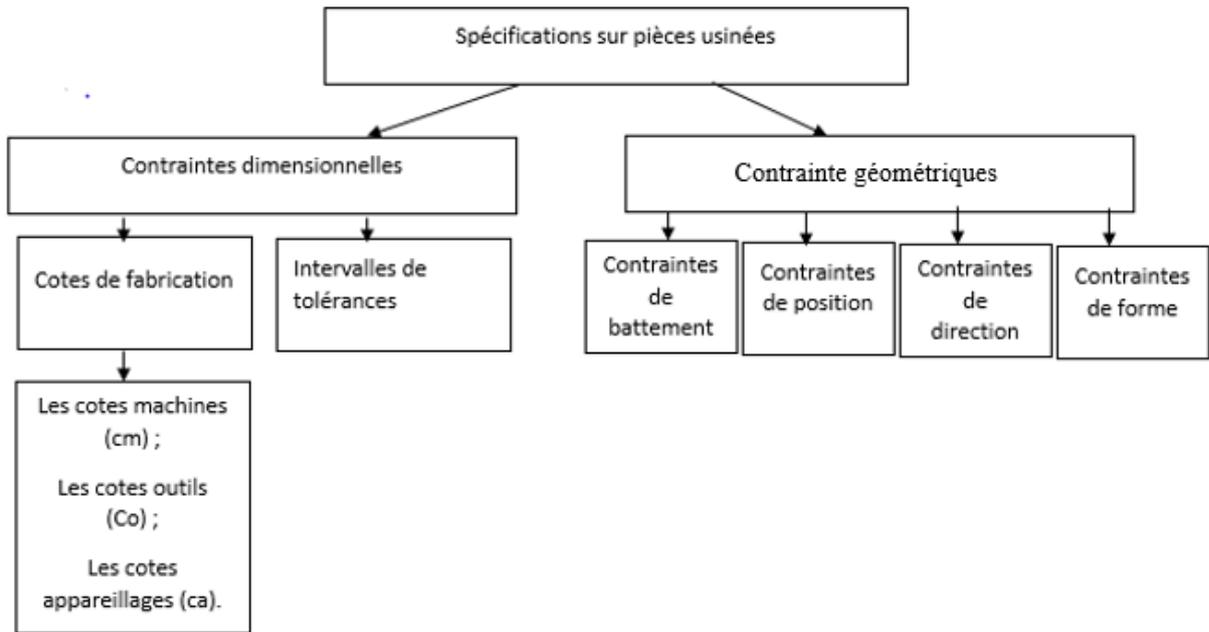


Figure 1.4 : Spécification sur dessin des pièces (source-auteur)

Dans le cadre de notre travail, il est question pour nous de mettre un point d'honneur sur les Contraintes géométriques.

I.2.2- Contraintes géométriques

Les différentes contraintes géométriques sont recensées dans le tableau ci-dessous :

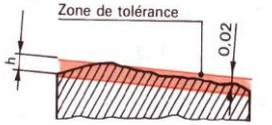
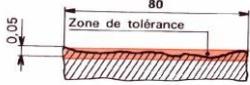
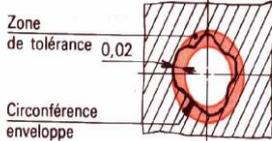
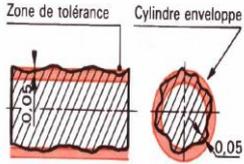
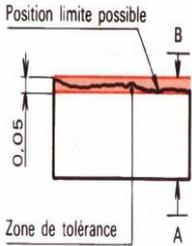
Tableau 1.4 : Récapitulatif des contraintes géométriques [9]

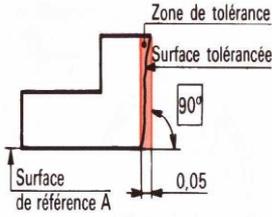
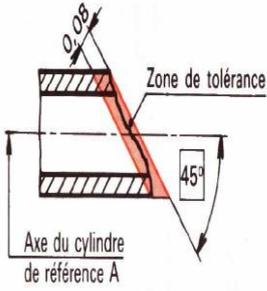
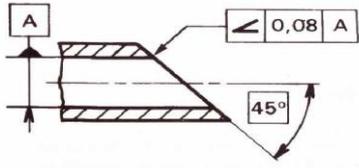
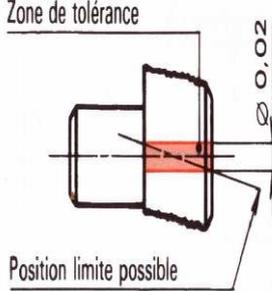
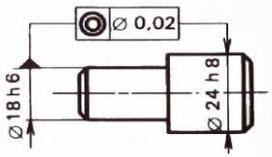
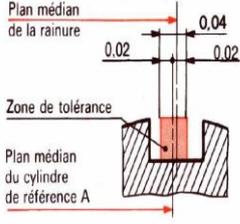
Types de contraintes (tolérances)	Désignation	Symbole ISO	Observation
Tolérances de forme	Rectitude		S'utilise sans éléments de référence
	Planéité		
	Circularité		
	Cylindricité		
	Profil de ligne		
	Profil d'une surface		
Tolérances de direction (orientation)	Parallélisme		S'utilisent avec éléments de référence (ex : axe, plan, etc.)
	Perpendicularité		
	Inclinaison		
Tolérances de position	Concentricité		
	Symétrie		
	Localisation		
Tolérances de battement	Battement simple		
	Battement total		

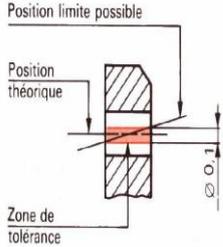
I.2.3- Interprétation des contraintes

L'objectif du travail étant de contrôler les spécifications géométriques des pièces tournées, il convient de connaître la définition, l'interprétation et la représentation de ces différentes contraintes. Cela est explicité dans le tableau 1.6 suivant :

Tableau 1.5 : Interprétation des contraintes géométriques [6, 10, 11]

TYPE DE LA TOLERANCE	DEFINITION	REPRESENTATION	INTERPRETATION
Tolérances de rectitude	La zone de tolérance est limitée par 2 droites parallèles distantes de h		Une génératrice du cylindre doit être comprise entre 2 droites parallèles distantes de 0.02 mm
Tolérances de planéité	La zone de tolérance est limitée par 2 plans parallèles distants de h sur une longueur de 80 mm		La surface doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0.05
Tolérance de circularité	La zone de tolérance dans le plan considéré est limitée par 2 cercles concentriques distants de h.		Le contour du trou doit être compris entre les 2 cercles concentriques de 0.05 mm
Tolérances de cylindricité	La zone de tolérance dans la surface est limitée par 2 cercles coaxiaux distants du rayon h.		La surface considérée doit être comprise entre les 2 cylindres coaxiaux dont les rayons diffèrent de 0.05 mm
Tolérances de parallélisme	La zone de tolérances est limitée par 2 plans parallèles distants de h sont disposé parallèlement au plan de référence.		La surface B doit être comprise entre 2 plans Parallèles distants de 0.05 mm par rapport à la surface A

<p>Tolérances de perpendicularité</p>	<p>La zone de tolérance est limitée par 2 plans parallèles distants de h et disposés perpendiculairement au plan de référence.</p>		<p>La surface tolérancée doit être comprise entre 2 plans parallèles distants de 0.05 mm et perpendiculaire à la surface de référence</p>
<p>Tolérance d'inclinaison</p>	<p>La zone de tolérance est limitée par 2 plans parallèles distants de h et incliné à l'angle spécifique sur l'axe de référence.</p>		<p>La surface tolérancée doit être comprise entre 2 plans parallèles distants de 0.08 mm et inclinés de 45° par rapport à l'axe de référence.</p> 
<p>Tolérance de concentricité (Coaxialité)</p>	<p>La tolérance est limitée par 1 zone cylindrique de \varnothing h dont l'axe coïncide avec l'axe de référence.</p>		<p>L'axe du \varnothing 24 h 8 doit être compris dans une zone de \varnothing 0.02 mm coaxial à l'axe du cylindre de référence \varnothing 18 h 6.</p> 
<p>Tolérance de symétrie</p>	<p>La zone de tolérance est limitée par 2 plans parallèles distants de h sont disposé symétriquement par l'axe du plan médian de référence</p>		<p>Le plan médian de la rainure doit être compris entre 2 plans parallèles distants de 0.04 mm et disposés symétriquement par rapport au plan médian.</p>

Tolérance de localisation			L'axe du trou doit être compris dans une zone cylindrique de $\varnothing 0.1$ mm dont l'axe est dans la position théorique spécifiée.

I.3- METHODES DE CONTROLE DES CONTRAINTES GEOMETRIQUES

Le contrôle des contraintes géométriques se déroule généralement dans les laboratoires de métrologie et nécessite l'utilisation de comparateurs, de marbre... nous présentons ci-dessous les démarches de contrôle pour chaque type de tolérance. [4, 6, 10,11]

I.3.1- Contrôle des contraintes de forme

a) La rectitude

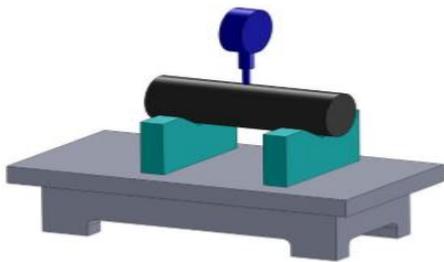


Figure 1.5 : contrôle de la rectitude [11]

Une génératrice doit rester comprise entre deux droites distantes de t . Placer les vés sur le marbre. Déplacer le comparateur le long de la pièce et se placer sur le point de rebroussement à chaque déplacement, noter les variables de l'aiguille. [6]

b) La planéité



Figure 1.6 : contrôle de la planéité [11]

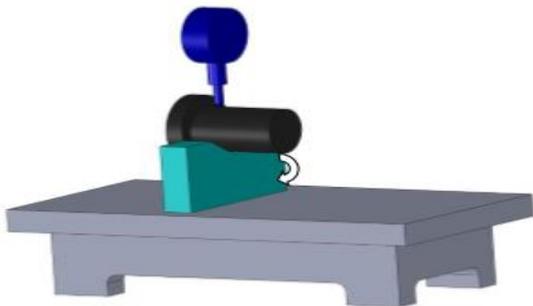
La surface doit être comprise entre deux points distants de t . Déplacer le comparateur sur toute la surface. Ecart maximal toléré : t . [6]

Méthodologie :

- Quadriller la surface à contrôler,

- Placer les trois appuis sur le marbre, placer la pièce sur les trois appuis (appuis fixe et appuis réglables),
- Placer le socle magnétique sur le marbre
- Positionner le comparateur dans l'axe de l'appui fixe,
- Mettre le comparateur à zéro,
- Positionner le comparateur dans l'axe de l'un des appuis réglables,
- Régler l'appui réglable afin de mettre l'aiguille du comparateur sur le zéro,
- Positionner le comparateur dans l'axe de l'autre appui réglable,
- Régler l'appui réglable afin de mettre l'aiguille du comparateur sur le zéro,
- Contrôler les 3 points de contacts et refaire les « Zéro » si nécessaire (ainsi la surface est parallèle au plan de référence défini par le marbre),
- Déplacer le comparateur sur toute la surface quadrillée à contrôler,
- Noter les variations de l'aiguille,
- Conclure si la surface palpée est dans la tolérance exigée.

c) La circularité

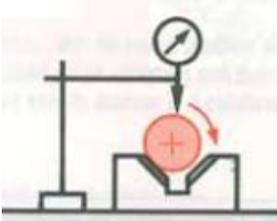


Le profil de chaque section doit être comprise entre deux circonférences concentriques dont les rayons différents de t . La circonférence extérieure est la plus petite circonférence circonscrite. La pièce effectue une rotation [6]

Figure 1.7 : contrôle de la circularité [11]

- Placer le vé sur le marbre.
- Placer la pièce sur le vé en butée.
- Poser le socle magnétique sur le marbre.
- Positionner le comparateur perpendiculaire à l'axe sur la surface à contrôler au point de rebroussement (l'axe de rotation de la pièce est parallèle au plan de référence défini par le marbre).
- Mettre le comparateur à zéro.
- Faire tourner la pièce sur 360° .
- Noter les variations de l'aiguille.
- Positionner le comparateur à quelques mm du premier point de palpé.
- Mettre le comparateur à zéro.

- Faire tourner la pièce sur 360° .
- Noter les variations de l'aiguille.
- Répéter le contrôle sur plusieurs cercles.
- Conclure si chaque cercle palpé est dans la tolérance exigée.



Appareil de mesure de la variation d'un rayon autour d'un centre fixe. Ecart max par section : $2t$. Afin de réduire l'influence des défauts de forme, il est conseillé d'effectuer 2 fois cette mesure : l'une avec un vé à 90° , l'autre avec un vé à 120° .

Figure 1.8 : contrôle de la circularité [6]

d) La cylindricité

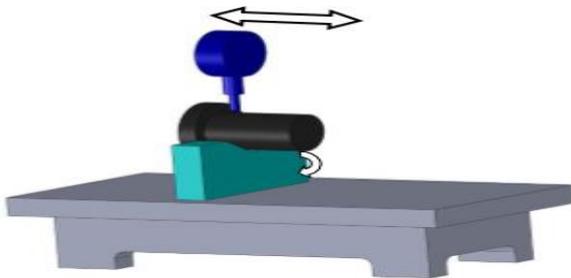
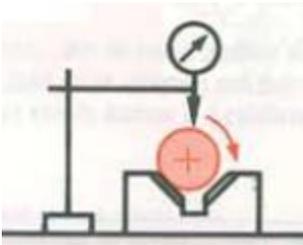


Figure 1.9: contrôle de la cylindricité [11]

La surface doit être comprise entre deux cylindres coaxiaux dont les rayons différents de t . relever les déviations pendant une rotation complète sur n sections. Appareil de mesure de la variation d'un rayon autour d'un axe fixe. [8]

Méthodologie [9]

- Placer le vé sur le marbre.
- Placer la pièce sur le vé en butée.
- Poser le socle magnétique sur le marbre.
- Positionner le comparateur perpendiculaire à l'axe sur la surface à contrôler au point de rebroussement (l'axe de rotation de la pièce est parallèle au plan de référence défini par le marbre).
- Mettre le comparateur à zéro.
- Faire tourner la pièce sur 360° .
- Noter les variations de l'aiguille.
- Positionner le comparateur à quelques mm du premier point de palpation.
- Faire tourner la pièce sur 360° .
- Noter les variations de l'aiguille.
- Répéter le contrôle sur plusieurs cercles.
- Conclure si le cylindre palpé est dans la tolérance exigée.

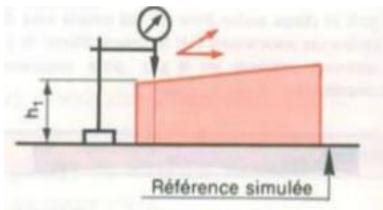


Ecart max entre tous les points de sections : $2t$. Afin de réduire l'influence des défauts de forme, il est conseillé d'effectuer 2 fois cette mesure : l'une avec un vé à 90° , l'autre avec un vé à 120° .

Figure 1.10 : contrôle de la cylindricité [6]

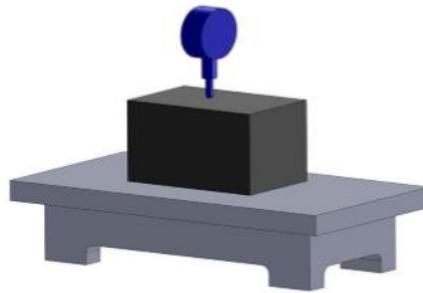
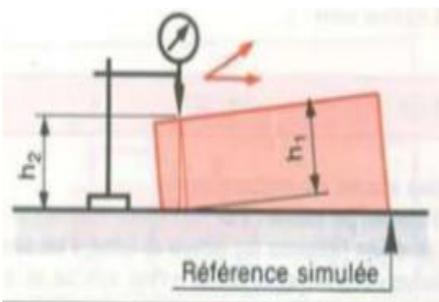
I.3.2- Contrôle des contraintes de direction ou d'orientation

a) Le parallélisme



En prenant chaque surface à tour de rôle, comme référence, la surface contrôlée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de t et parallèles à la surface choisie comme référence. [8]

Figure 1.11 : contrôle du parallélisme [8]



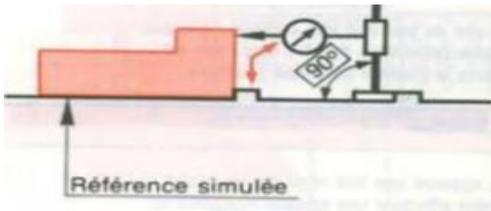
Pour chaque contrôle, déplacer le comparateur sur toute la surface. Si une surface de référence est indiquée, un seul contrôle est effectué. [8]

Figure 1.12 : contrôle du parallélisme ([6, 11])

Méthodologie :

- Placer la surface de référence de la pièce sur le marbre.
- Poser le socle magnétique sur le marbre.
- Positionner le comparateur sur un coin de la surface à contrôler.
- Mettre le comparateur à zéro.
- Faire glisser la pièce sous le comparateur afin de repérer le point le plus haut ainsi que le point le plus bas.
- Noter les variations de l'aiguille.
- Conclure si la surface palpée est dans la tolérance exigée.

b) La perpendicularité



La surface tolérancée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de t et perpendiculaire à la surface de référence A.

Figure 1.13 : contrôle de la perpendicularité ([6])

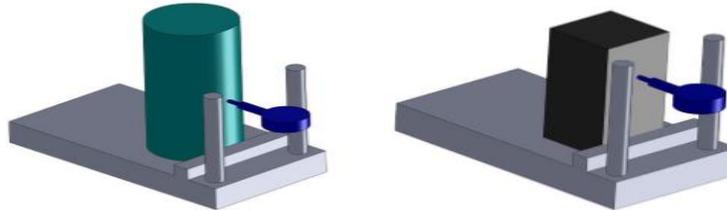
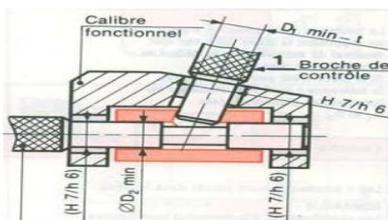


Figure 1.14 : contrôle de la perpendicularité ([10, 11])

Méthodologie :

- Placer le cylindre étalon sur le marbre dédié contre la butée.
- Régler la hauteur du comparateur (le plus haut possible) et perpendiculaire à la surface de référence. Mettre le comparateur à zéro sur le point de rebroussement du cylindre étalon.
- Retirer le cylindre étalon et placer la surface de référence de la pièce sur le marbre dédié.
- Faire glisser le comparateur le long de la surface à contrôler.
- Noter les variations de l'aiguille.
- Conclure si la surface palpée est dans la tolérance exigée.

c) L'inclinaison



La broche de contrôle doit passer dans la pièce. Si l'indication de la tolérance de perpendicularité est comme telle, il faut remplacer la broche par un expansible (la pièce doit rester coulissante, ne pas bloquer). [8]

Figure 1.15 : contrôle de l'inclinaison [6]

I.3.3- Contrôle des contraintes de position

a. La concentricité/Co axialité

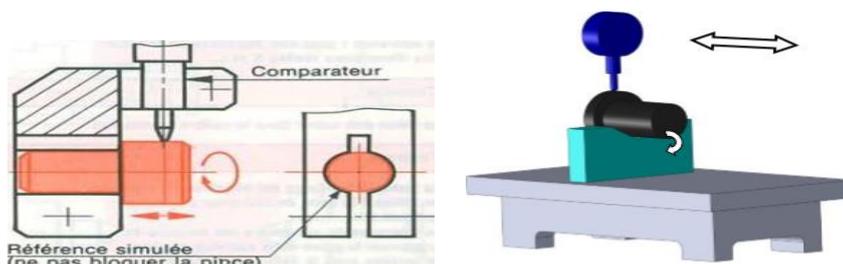


Figure 1.16 : différents contrôles de la Co axialité [6, 11]

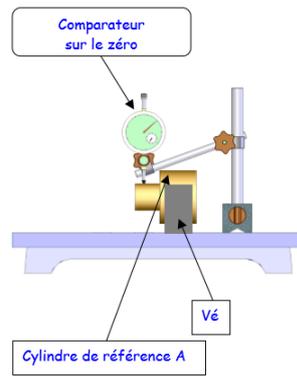


Figure 1.17 : contrôle de la Co axialité [10]

La tolérance de Co axialité a été calculée en supposant la pièce dans son état max de matière avec le défaut de Co axialité le plus grand. Si la pièce n'est pas dans cet état, la tolérance t peut être dépassée en fonction des diamètres réels $D1$ et $D2$. La broche doit entrer dans la pièce. ([8, 9])

Méthodologie :

- Placer le vé sur le marbre.
- Placer la surface de référence de la pièce sur le vé en butée.
- Poser le socle magnétique sur le marbre.
- Positionner le comparateur perpendiculaire à l'axe sur la surface à contrôler au point de rebroussement.
- Mettre le comparateur à zéro.
- Faire tourner la pièce sur 360° .
- Noter les variations de l'aiguille.
- Positionner le comparateur à quelques mm du premier point de palpation.
- Mettre le comparateur à zéro.
- Faire tourner la pièce sur 360° .
- Noter les variations de l'aiguille.
- Répéter le contrôle sur plusieurs cercles.
- Conclure si le cylindre palpé est dans la tolérance exigée.

b) La symétrie

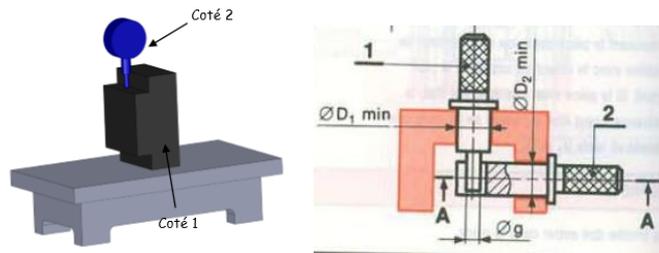


Figure 1.18 : différents contrôles de la symétrie ([6, 11])

La tolérance de symétrie a été calculée en supposant la pièce dans son état max de matière avec le défaut de symétrie le plus grand. Si la pièce n'est pas dans cet état, la tolérance t peut être dépassée en fonction des dimensions réelles k et L .

Méthodologie :

- Placer la surface de référence de la pièce sur le marbre.
- Poser le socle magnétique sur le marbre.
- Positionner le comparateur sur la surface à contrôler.
- Mettre le comparateur à zéro.
- Retourner la pièce et placer la deuxième surface de référence sur le marbre.
- Noter la variation de l'aiguille.
- Conclure si la surface palpée est dans la tolérance exigée.

1.3.4- Contrôle des contraintes de battement

a) Battement simple

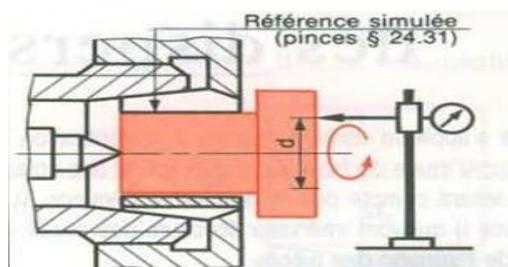


Figure 1.19 : battement simple axial [6]

Le battement axial de la surface tolérance, lors d'une révolution complète de la pièce autour de l'axe du cylindre de référence A , ne doit pas dépasser séparément, pour chaque diamètre D du cylindre de mesure, la valeur t . Répéter la mesure pour plusieurs longueurs différentes. [11]

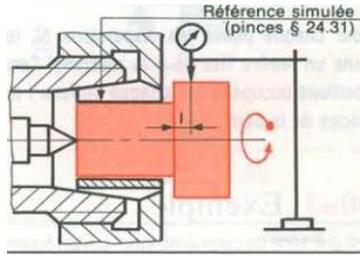


Figure 1.20 : Battement simple radial [16]

Le battement radial de la surface tolérance, lors d'une révolution complète de la pièce autour de l'axe du cylindre de référence A, ne doit pas dépasser séparément, pour chaque position du plan de mesure, la valeur t . Répéter la mesure pour plusieurs longueurs L différentes. [6, 11]

b. Battement total

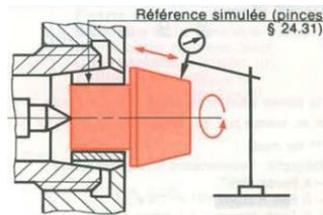


Figure 1.21 : battement total [6]

Le battement dans une direction donnée, de la surface tolérance, lors des révolutions complètes de la pièce autour de l'axe de cylindre de référence, doit être compris entre deux cônes coaxiaux distants de t dans la direction donnée, et dont les axes coïncident avec l'axe du cylindre de référence. [11]

1.4- CONCLUSION

Parvenu au terme de ce chapitre qui introduisait les notions nécessaires à la compréhension de la problématique traitée dans ce mémoire il ressort que nous avons présenté tout d'abord les méthodes générales d'obtention de pièces ceci pour mettre en exergue l'opération de tournage dont le contrôle fait l'objet de ce mémoire, ensuite nous avons énumérer les différentes contraintes sur pièce en présentant leur représentation et leur signification pour enfin chuter sur les méthodes actuelles de contrôle de ces dernières. La suite de notre travail consistera en la des travaux des auteurs en rapport avec notre thématique.

Chapitre 2

ETAT DE L'ART SUR LA METHODOLOGIE DE CONTROLE DES CONTRAINTES GEOMETRIQUES

Dans ce chapitre, il sera essentiellement question de faire une synthèse de certains travaux qui vont nous renseigner sur l'état actuel du contrôle des contraintes géométriques sur les pièces tournées et du dispositif de capture d'image. Pour cela, nous organiserons notre travail en trois grandes parties à savoir : D'abord la première partie fera une synthèse des travaux sur le contrôle des contraintes géométriques, ensuite il s'agira des travaux sur l'acquisition des données images, pour enfin terminer par une synthèse générale.

2.1- CONTROLE DES CONTRAINTES GEOMETRIQUES	25
2.1.1- Benedito Di Giacomo et autres (2004)	25
2.1.2- Metalugija (2011)	29
2.1.3- German Vdi/Vde (1989)	30
2.1.4- Bourebia MOUNIRA (2010).....	31
2.2- ACQUISITION DES DONNEES IMAGES	32
2.2.1-M Van Droogenbroeck (2001).....	32
2.2.2-Valentin Segouim, (2019).....	33
2.2.3- Brigitte VASQUES (2008).....	35
2.2.4- Rene Kamguem et autres (2016)	36
2.3- SYNTHESE GENERALE	37
2.3.1- synthèse sur le contrôle des contraintes géométriques.....	37
2.3.2- Synthèse sur l'acquisition des données images.....	39

2.1- CONTROLE DES CONTRAINTES GEOMETRIQUES

Pour chaque travail, nous donnerons les auteurs, l'objectif, les matériels utilisés, la méthode ainsi que les résultats.

2.1.1- Benedito Di Giacomo et autres (2004)

Les objectifs de ce travail étaient entre autre:

- D'effectuer le contrôle de la perpendicularité d'une surface par rapport à un plan de référence ;
- D'effectuer aussi le contrôle du parallélisme de cette surface.

Contrôle de la tolérance de perpendicularité

La zone de tolérance ici est limitée par deux plans parallèles distants de t et parallèles au plan de référence. Son étendue est celle de l'élément spécifié. Il est à noter que généralement la perpendicularité recherchée peut être soit celle d'un cylindre par rapport à un plan, soit d'un plan par rapport à un cylindre.

a) Matériel

Le matériel utilisé était constitué :

- D'un marbre équipé d'une butée ;
- D'un cylindre étalon ;
- Et d'un comparateur à cadran.

b) Méthode

Dans le chapitre relatif à la généralité sur la thématique, nous avons constaté que dans un cadre générale pour déterminer la perpendicularité d'un plan par rapport à un axe de référence, il faut mesurer ce plan et deux sections du cylindre déterminant l'axe de référence. La tolérance de perpendicularité calculée correspond alors à la distance qui sépare les deux plans géométriques à l'axe de référence et enveloppant le plan mesuré. En suivant ce cadre générale, ces auteurs ont appliqué pour leur contrôle les étapes suivantes :

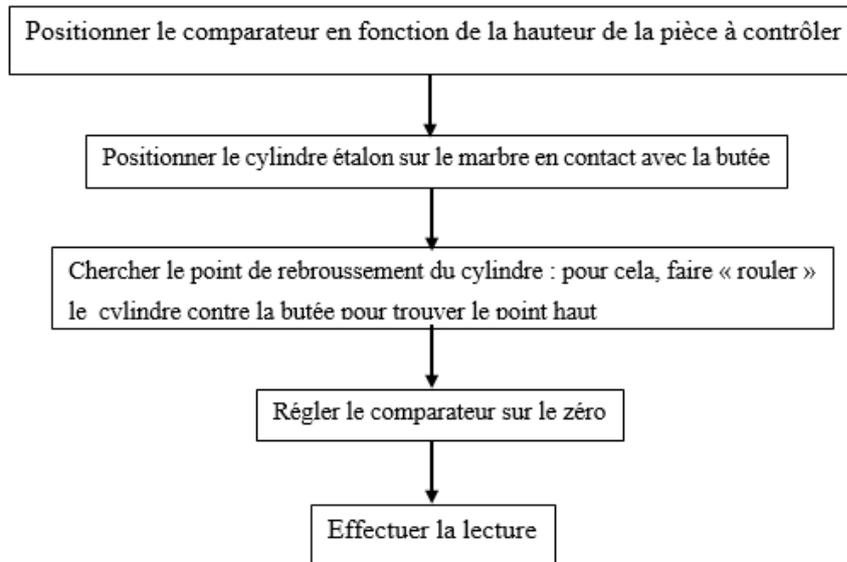


Figure 2.1 : Etapes de contrôle de la perpendicularité (source : auteur)

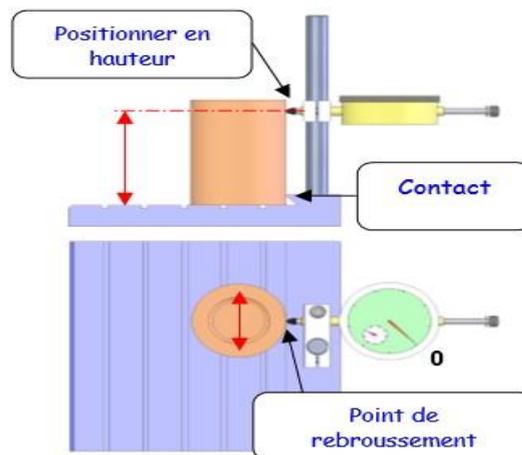


Figure 2.2 : Surface perpendicularité à contrôler [12].

C. Résultat

Ce travail a permis de conclure que l'écart e qui est la valeur relevée est inférieur à la distance t des deux plans parallèles ($e \leq t$) et que cet écart peut être approché par la formule globale:

$$e = \sqrt{e_1^2 + e_2^2} \quad (2.1)$$

- **Contrôle de la tolérance de parallélisme**

La zone de tolérance ici est limitée par deux plans parallèles distants de t et parallèles au plan de référence. Son étendue est celle de l'élément spécifié.

a) Matériel

Le matériel utilisé était constitué :

- D'un marbre équipé d'une butée ;
- D'un cylindre étalon ;
- D'un comparateur à cadran.

b) Méthode

Leur méthode de contrôle du parallélisme suivait les étapes suivantes :

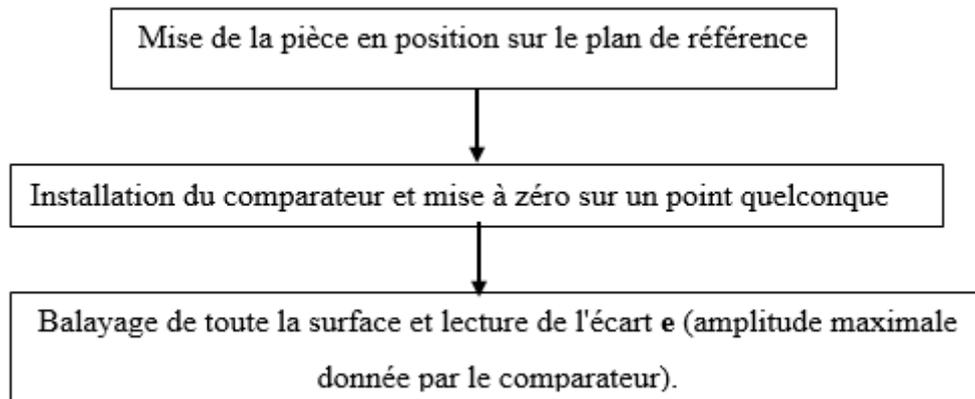
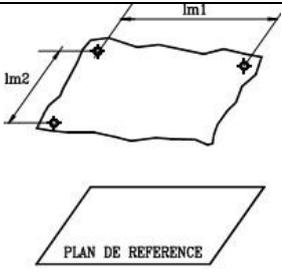
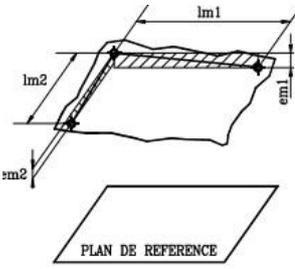
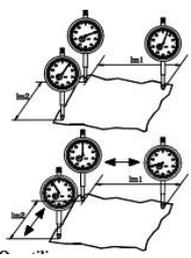
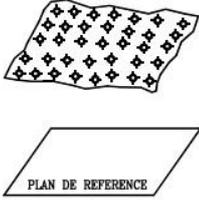
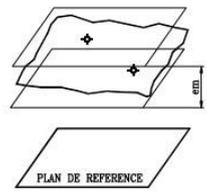
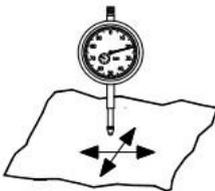


Figure 2.3 : Etapes de contrôle du parallélisme ([12] et adapté par nos soins).

Tableau 2.1 : Principes de mesure [12, 13]

	Image du réel	Modèles et grandeurs mesurés associés	Matériel utilisé
Modèle N° 1	 <p>On définit trois points distants de l_{m1} et l_{m2} sur la surface spécifiée dans deux plans de mesure orthogonaux. Les plans de mesure sont perpendiculaires au plan de référence. LE DEFECT DE FORME EST NEGLIGE.</p>	 <p>MODELE : UN PLAN passant par les points palpés dans les plans de mesure. GRANDEURS MESUREES (e_{m1}, e_{m2}) : distances entre les plans parallèles au plan de référence passant par les points palpés.</p>	 <p>On utilise : - soit 2 ou 3 comparateurs fixes (e_{m1} et e_{m2} correspondent aux écarts relatifs entre les comparateurs). - soit un comparateur mobile (mouvements relatifs pièce/comparateur : 2 translations perpendiculaires).</p>
Modèle N° 2	 <p>On palpe un nuage de points sur la surface spécifiée. LE DEFECT DE FORME EST PRIS EN COMPTE.</p>	 <p>MODELE : LES DEUX POINTS du nuage les plus éloignés l'un par rapport à l'autre (donnant l'écart $e_{m \max}$). GRANDEUR MESUREE (e_m) : distance entre deux plans parallèles au plan de référence passant par les deux points extrêmes.</p>	 <p>On utilise : Un comparateur mobile (mouvement relatif pièce/comparateur pour balayer toute la surface). L'axe du palpeur doit être perpendiculaire au plan de référence. Il est souhaitable d'utiliser une touche de type sphérique.</p>

c) Résultat

Ce travail a permis de conclure que l'écart e qui est la valeur relevée est inférieur à la distance t des deux plans parallèles ($e \leq t$) et que la formule globale de cet écart est :

$$e = \sqrt{e_1^2 + e_2^2} \quad (2.2)$$

2.1.2- Metalugija (2011) [13]

Cet auteur a travaillé sur le thème intitulé : « **STRAIGHTNESS MEASUREMENT OF LARGE MACHINE GUIDEWAYS** ». Et l'objectif était de connaître l'uniformité des contraintes géométriques d'une pièce tournée tel que la cylindricité. Car parlant de pièces tournées, la forme est la mieux à adopter.

a) Matériels

Les essais ont été réalisés sur des éprouvettes de cuivre **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 été réalisés respectivement sur : un tour à commande numérique SOMAB T400 et sur un autre SOMAB T450. Et les contrôles se sont effectués avec l'usage d'une réglette ou une règle étalon et un réflecteur angulaire.

b) Méthode

La méthode utilisée était fonction des différents contrôles effectués ainsi, on notera que :

- Comparaison par contact avec une réglette ou une règle étalon (droite parfaite xx') l'opérateur évalue à l'œil la valeur des défauts et retouche la pièce en conséquence ;

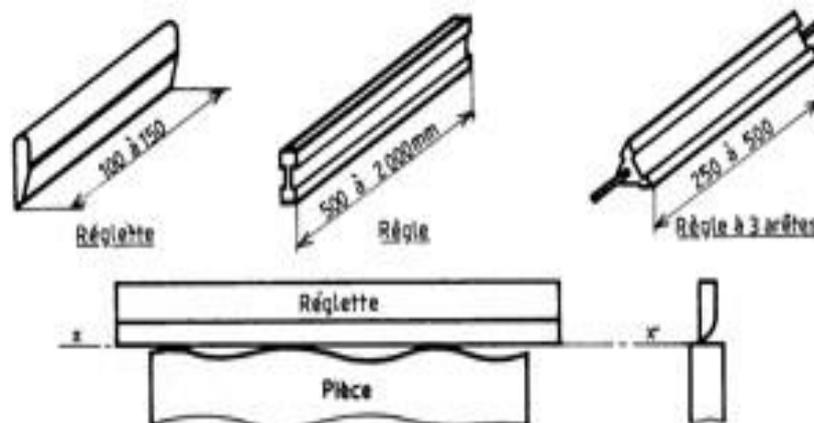


Figure 2.4 : Détection du défaut à l'œil [13]

- Selon la norme ISO-230, une ligne située sur un plan est considérée comme droite dans une longueur donnée, si chacun de ses points est enfermé entre deux lignes à la tolérance distance égale, parallèle à la direction principale ;
- Une mesure de la platitude est effectuée en prenant une série de lectures de hauteur incrémentielle que le réflecteur angulaire est déplacé le long de la trajectoire de mesure.

c) Résultats

Ce travail permet de conclure que : les contrôle peuvent s'effectués aussi bien visuellement qu'avec les instruments tous dépend de la précision que l'on recherche. On a aussi remarqué que la rugosité de la surface de la glissière peut influencer les résultats de l'enquête. Donc un accent doit être mis sur l'espace de contrôle.

2.1.3- German Vdi/Vde (1989) [14]

Cet auteur a travaillé sur le thème intitulé « **analyse des équipements conventionnels : la chaine métrologique** ». L'objectif était donc d'identifier la chaine métrologique du système permettant de mesurer les contraintes géométriques sur des pièces tournées tel que la cylindricité. Car parlant de pièces tournées, la forme est la mieux à adopter.

a) Matériels

Le matériel de travail utilisé pour le contrôle était constitué d'une machine à mesurer tridimensionnelle, un ordinateur pour le traitement.



Figure 2.5 : Machine de mesure utilisée [14].

b) Méthode

La méthode utilisée suivait la chaîne métrologique de la figure suivante :

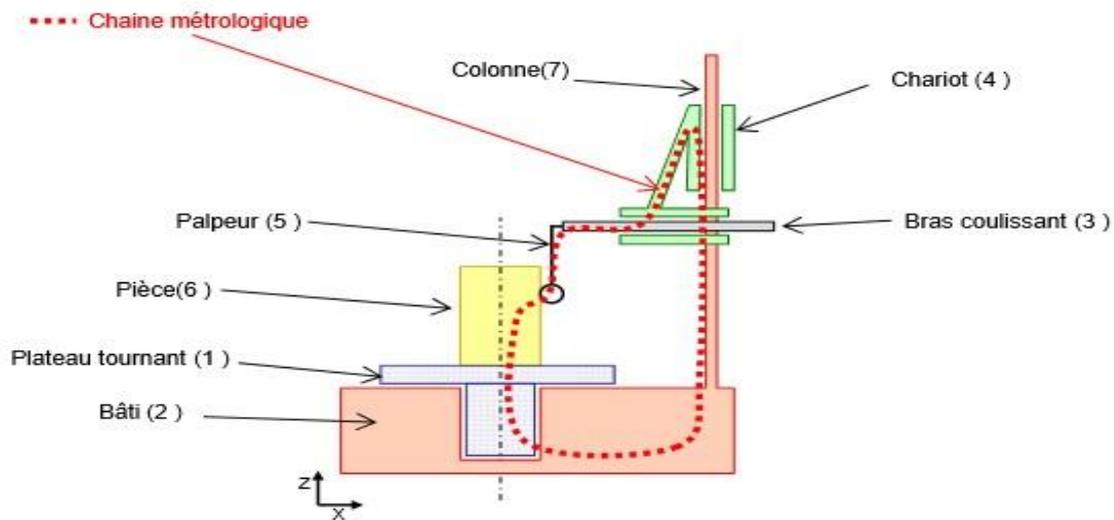


Figure 2.6: Identification de la chaîne métrologique [14]

La chaîne métrologique traverse la pièce à mesurer puis le plateau tournant (1). La chaîne métrologique traverse ensuite le bâti (2), remonte dans la colonne (7) et passe par la glissière entre le chariot vertical (4) et la colonne (7). La chaîne métrologique rejoint ensuite le bras coulissant horizontal (3) par l'intermédiaire de la glissière entre le chariot (4) et le bras coulissant (3). Le palpeur pièce (5) est le dernier élément traversé par la chaîne métrologique

c) Résultat

- Il y'a eu un contrôle à 100 % ou par prélèvement ;
- Un contrôle en bord de ligne.

2.1.4- Bourebia MOUNIRA (2010) [15]

L'article présenté par cet auteur avait pour thème: « **influence des procédés d'usinage sur les contraintes géométriques des surfaces et leurs répercussions sur un contact mécanique** » et son objectif principal était de faire une série d'expérience afin de mettre en évidence l'impact de certains procédés d'usinage (tournage, rectification et brunissage) pour le contrôle des surfaces des pièces tournées.

a) Matériels

Le matériau utilisé pour les essais était l'acier **XC48** et les essais préliminaires ont été réalisés sur un **tour universel TOSTRENCIN type SN40**. L'outil utilisé lors de la finition de la pièce est à **plaquette en carbure métallique** et l'appareil de contrôle des contraintes géométriques utilisé est un palpeur en diamant, modèle MITUTOYO SJ-301.

b) Méthode

La préparation de la pièce pour les passes de chariotage (sans lubrification) est illustrée sur le schéma ci-dessous :

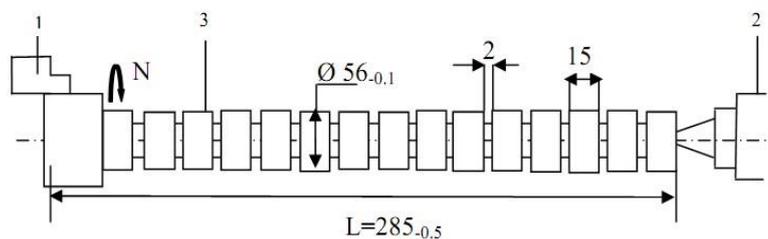


Figure 2.7 : Montage et préparation de la pièce [15].

La méthode utilisée permet d'avoir les valeurs de la contrainte mesurée avec comme plage de mesure 10µm pour la perpendicularité et 50µm pour le parallélisme et le contrôle a été effectué sur huit génératrices de chaque palier aux différents angles de : **0°**, **45°**, **90°**, **135°**, **180°**, **225°**, **270°** et **315°** et la pièce étant positionnée sur un marbre équipé d'une buté.

c) Résultats

D'après les résultats obtenus :

- Le tournage a donné des surfaces de qualité, à titre d'exemple on a le profil à 45° ;
- Ce procédé peut offrir des résultats plus intéressants avec une optimisation de la géométrie de l'outil et d'autres conditions, ainsi qu'un choix judicieux de la machine-outil.

2.2- ACQUISITION DES DONNEES D'IMAGES

On distingue ici les auteurs qui font l'acquisition des images en ligne et ceux qui la font dans un poste de métrologie :

2.2.1-M Van Droogenbroeck. (2001)[16]

L'objectif de ce travail était de comprendre la nature d'une image qui s'avère délicat, d'autant que l'on confond souvent l'image, la visualisation et les traitements effectués sur l'image.

a) Matériel

Pour aborder la question du traitement d'image, l'auteur distingue les éléments suivants :

- Un élément de perception visuel : l'œil car La perception d'une image s'articule autour des caractéristiques du système visuel humain. Ainsi, il apparaît que l'œil est sensible à certaines fréquences du spectre électromagnétique; ces fréquences représentent la lumière en général. Dans certains cas, le rayonnement électromagnétique à observer se situe en dehors de la plage des fréquences visibles et les rayons X par exemple. On doit alors recourir à un révélateur pour transposer le signal à observer dans une plage visible,
- Un oscilloscope,
- Une loupe.

b) Méthode

La méthode utilisée était :

- La représentation d'une image. Il s'agit de représenter une entité physique sous une forme électrique ou une forme informatique. La représentation joue un rôle essentiel dans une chaîne de traitement car elle conditionne la capacité de stockage nécessaire ainsi que la mise en œuvre ;
- Les traitements d'image. Les traitements sont des opérations qui interprètent ou affectent la représentation d'une image; nous considérerons exclusivement le traitement d'images échantillonnées.

c) Résultat

Il conclut en disant que :

- Le traitement d'images est un domaine très vaste qui a connu, et qui connaît encore, un développement important depuis quelques dizaines d'années
- Les expériences réalisées ont confirmé que l'œil est un système complexe.
- La lumière est donc une distribution d'énergie émise à certaines fréquences ayant une certaine intensité.

2.2.2-Valentin Segouim, (2019)

L'auteur a travaillé sur le thème intitulé : «**développement d'un outil de corrélation**

d'image numérique pour la caractérisation du comportement piézoélectrique et ferroélectrique» et l'objectif principal était la sélection et l'investigation de techniques modernes permettant le traçage, la surveillance et l'évaluation du processus d'usinage.

a) Matériels

Le matériel utilisé était :

Les **aciers 13240** (Mn-Si) et **15230** (Cr-Mn-Si-Mo) ont été sélectionnés comme aciers expérimentaux et l'**acier 12050** (C45) comme matériau de référence pour la comparaison des résultats. Les surfaces de ces aciers ont été tournées en utilisant le **tour de type SUI40**, 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.

b) Méthode

Le réglage de la caméra (y compris l'objectif) **était invariable** pour tous les spécimens en cours de broyage, de sorte 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 et même pour la numérisation **en ligne**. Aussi, 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 ressort clairement 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.

2.2.3- Brigitte VASQUES (2008) [18]

Cet auteur a travaillé sur le thème intitulé « **Étude du comportement du rayon d'arête et de son influence sur l'intégrité de surface en tournage à sec.** », L'objectif de ses travaux était donc de réaliser une série d'expérience qui devaient permettre d'analyser le comportement du rayon de bec de l'outil sur l'état des surfaces en tournage.

a) Matériels

Pour les différents essais, La plaquette CNMG 12-04-08 M5 a été sélectionnée et elle reposait sur une porte plaquette du type DCLNL-2525 M 12. Les opérations de chariotage ont été faites sur un acier faiblement allié : le 27MnCr5 JV ce, grâce à un tour à commande numérique, SOMAB Unimab 500. Le microscope électronique à balayage utilisé dans cette étude est un appareil JEOL JSM – 6480LV.

b) 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) ainsi, 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 aux contraintes géométriques.

c) Résultats

Ce travail permet de conclure :

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

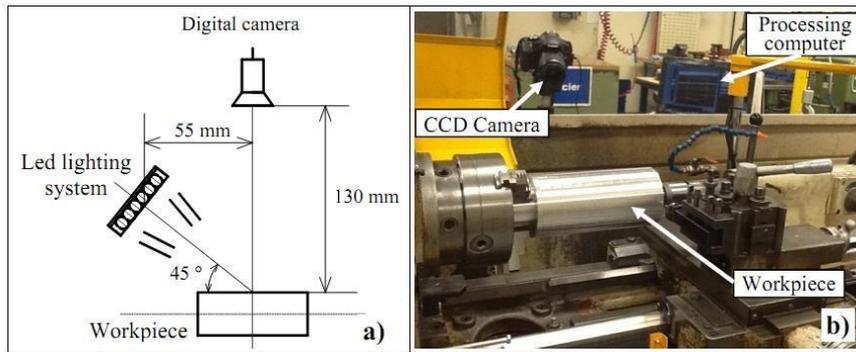


Figure 2.8: Représentation schématique de l'acquisition [18].

2.2.4- Rene Kamguem et autres [19]

Ces auteurs ont travaillé sur le thème intitulé : « **traitement, l'analyse d'images omnidirectionnelles et intégration du module d'acquisition d'images** ». L'objectif de cet article était de démontrer la faisabilité de l'inspection sans contact de la rugosité d'une surface à l'aide d'un microscope optique. Et l'objectif de ce travail était de développer une procédure de mesure et d'analyse permettant d'estimer la rugosité d'une surface en tournage en utilisant les images.

a) Matériels

Les expériences ont été effectuées sur un alliage à base d'aluminium de désignation numérique 6061 ce, grâce à un tour à commande numérique Mazak® Integrex 200 III ST. Les outils de coupe utilisés avaient pour référence ISO DPGT-11T304HP et TiB2 PVD.

Le système d'acquisition des images était constitué d'un **microscope VHX-500FE Keyence**



Figure 2.9 : montage d'essai [19].

b) Méthode

L'acquisition de l'image est faite dans un poste de métrologie et enregistrée à la résolution de 1600×1200 pixels avec une luminosité de 24-bit pixel. Le principe d'acquisition est illustré sur le schéma ci-dessous :

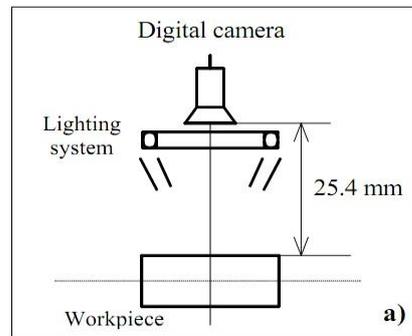


Figure 2.10 : Représentation schématique de l'acquisition [19].

c) Résultats

De ce travail, Il ressort clairement que :

- Il y'a une très bonne corrélation entre la valeur estimée et celle mesurée, elle va jusqu'à 93%, 97% et 98% dépendamment des paramètres ;
- Les autres paramètres Co axialité, planéité et circularité peuvent également être estimés.

2.3- SYNTHESE GENERALE

Des paragraphes précédents, il ressort que de nombreuses études ont été menées pour le contrôle des contraintes géométriques, l'acquisition des données. Nous nous proposons ici de faire une synthèse générale des articles et thèses présentés ci-haut :

2.3.1- synthèse sur le contrôle des contraintes géométriques

Auteurs	Contraintes contrôlées	Appareillages	Observation
Benedito Di Giacomo et al	effectuer le contrôle de la perpendicularité et du parallélisme d'une surface	un comparateur à cadran.	e ≤ t
Metalugija	l'uniformité des contraintes géométriques d'une pièce tournée.	un tour à commande numérique SOMAB T400 et un autre SOMAB T450.	
German Vdi/Vde	identifier la chaîne métrologique du système	une machine à mesurer tridimensionnelle, un ordinateur	un contrôle à 100 % ou par prélèvement
Bourebia MOUNIRA		un palpeur en diamant, modèle MITUTOYO SJ-301.	des surfaces de qualité

 : Information non précisée

2.3.2- Synthèse sur l'acquisition des données images

Auteurs	Éléments d'acquisition	Angles d'acquisition	Observation
M Van Droogenbroeck	Un élément de perception visuel : l'œil		l'œil est un système complexe.
Valentin Segouim	caméra CCD monochrome 752x582		
Brigitte VASQUES	microscopie à balayage	Invariable	une durée de vie réduite. Poste de métrologie
Rene Kamguem, Souheil Antoine Tahan, et Victor Songmene	microscope VHX-500FE Keyence	Invariable	très bonne corrélation

 : Information non précisée

Nous nous accentuons exactement sur le contrôle de la cylindricité dans la suite de notre travail. Qui est l'une des contraintes géométriques la mieux adoptée lorsque nous parlons de pièces tournées. Comme l'a mentionné Germain et Metalugia dans leur travail. Ce qui fera l'objet du chapitre 3.

Parvenu au terme de ce chapitre où il était question de faire une synthèse de certains travaux qui devraient nous renseigner sur l'état actuel du contrôle des contraintes géométriques et de l'influence des conditions de coupe sur cette dernière il ressort que l'ensemble des études menées par nos prédécesseurs confirment l'importance de ce thème dans le domaine de la production des pièces mécaniques. Nous avons tout de même constaté la faible présence des travaux en ce qui concerne le contrôle des contraintes géométriques malgré son brillant avantage de gain en main d'œuvre et en productivité tel qu'illustré au chapitre précédent, c'est d'ailleurs sans doute l'une des raisons de l'orientation de notre travail vers la mesure « online ». Dans la suite de notre travail, nous présenterons la section : matériels et méthodes.

Chapitre 3

ETUDE CONCEPTUEL ET DE REALISATION DU DISPOSITIF

Ce chapitre renvoie, à la présentation de l'ensemble du matériel nécessaire à la réalisation de notre dispositif et les méthodes utilisées pour sa mise en œuvre effective. Ainsi dans cette articulation, la première partie sera réservée au dispositif d'acquisition online où seront présentés les matériels et contraintes ainsi que la méthodologie de réalisation du dispositif. La deuxième partie est réservée à l'établissement du contrôle de la cylindricité des pièces tournées, plus précisément des pièces cylindriques.

3.1- ETUDE DIMENSIONNELLE	42
3.1.1-différentes contraintes à respecter	42
3.1.2-Schéma cinématique du bloc porte microscope	43
3.2- ETUDE GRAPHIQUE	46
3.2.1-Dessins des différents blocs de ce dispositif	46
3.3- ETUDE DE REALISATION	57
3.3.1-Choix des conditions de coupe à utiliser	57
3.3.2-Contrat de phase des différentes pièces support de la camera(bride et supports camera)	57

3.1- ETUDE DIMENSIONNELLE

3.1.1-différentes contraintes à respecter

Les principales contraintes à respecter par notre dispositif sont :

- Il doit être capable de supporter le comparateur requis pour le contrôle des contraintes géométriques;
- Il doit être capable de supporter le microscope requis pour la captures des images ;
- Les surfaces qui portent le dispositif de contrôle des contraintes géométriques doivent respecter les contraintes de planéité et même de perpendicularité suivant la conception. [20].

En respectant ces différentes contraintes nous avons adopté un dispositif en deux blocs : un bloc porte comparateur pour le contrôle des contraintes géométriques qui se monte sur le porte outil et un bloc porte microscope qui utilisera la table du chariot transversal pour appui pour la capture des images.

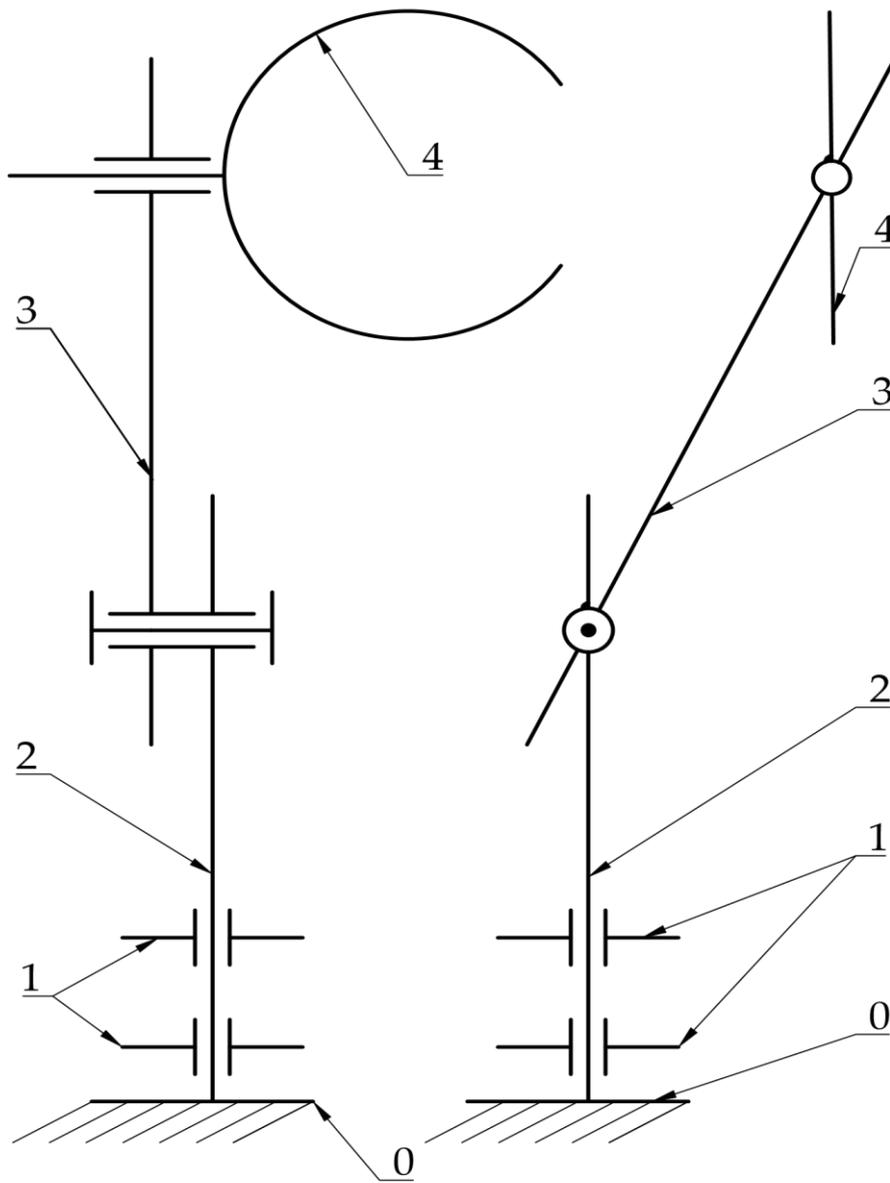
Le tableau suivant représente les points forts de notre dispositif.

Tableau 3.1 : points forts et limites du dispositif proposé (source : auteur)

Dispositif	Points forts	Limite
Dispositif d'acquisition des données	<ul style="list-style-type: none">➤ Maintien en position du dispositif de contrôle des contraintes géométriques assuré (comparateur) ;➤ Possibilité de faire varier la hauteur de contrôle des contraintes géométriques comme dans le cas de la mise à la hauteur de pointe d'un outil ;➤ Possibilité de faire varier la distance focale pour le microscope ;➤ Fixation des différents blocs (bloc porte microscope et bloc porte comparateur);➤ Bloc porte comparateur de contrôle des contraintes géométriques en aluminium donc le poids est allégé ;➤ Usinage facile car les formes sont simples et le matériau du porte du dispositif de contrôle des contraintes géométriques est en aluminium.	Proposition du dispositif en deux blocs

3.1.2-Schéma cinématique du bloc porte microscope

Le schéma cinématique du porte microscope est le suivant :



0 - Bâti;

1 - Bride;

2 - Support caméra;

3 - Support caméra 1;

4 - Pince caméra.

ENSET - D'EBOWA

Echelle: 1 / 1

SCHEMA CINEMATIQUE

F 1 5



DU PORTE MICROSCOPE

E

POUANI TCHANGOU MARIE PRUDENCE

A4V

- **Choix de l'élément à dimensionner**

Il est important de procéder au dimensionnement de la tige du porte microscope car il est primordial du fait des efforts qu'elle subit tant de la part du chariot. [21]

- **Hypothèses de calcul**

L'objectif est de déterminer au terme de ce dimensionnement le diamètre optimal de cette tige, pour cela nous admettons les hypothèses suivantes :

- ✓ La charge engendrée par la camera est ponctuelle et se situe à l'extrémité droite de la tige ;
- ✓ Les déformations sont élastiques et suffisamment petites pour ne pas modifier l'intensité des forces ni leurs distances respectives ;
- ✓ 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. [21,22]

- **Dimensionnement de la tige porte microscope**

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 allons choisir 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 structure telle que définie au niveau des hypothèses ci-haut. La somme des masses donne **m= 1,5 Kg**. [23]

La tige est en acier, son module d'Young est **E= 2,1×10⁵MPa**. On a donc la modélisation suivante :

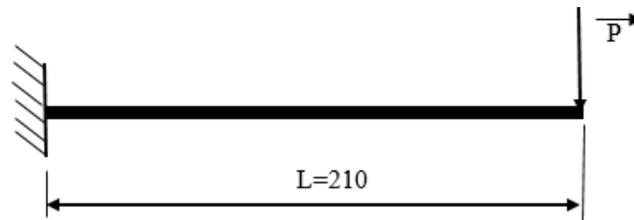


Figure 3.1 : Modélisation des charges appliquées à la tige du microscope [22]

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

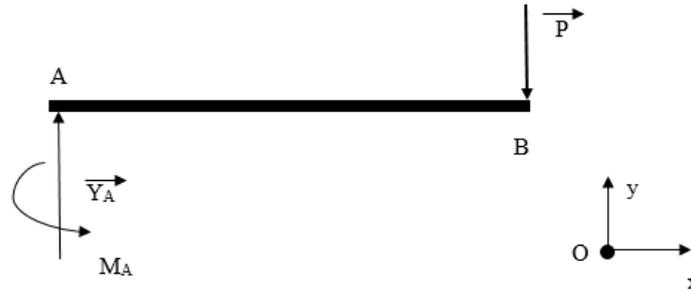


Figure 3.2 : Représentation des efforts [22]

/OY: $Y_a - P = 0 \rightarrow Y_a = P = mg$ AN : $Y_a = 1,5 \times 10 = 15 \text{ N}$ avec $g = 10 \text{ N/Kg}$ (la pesanteur)

/OZ : $M_A - P.L = 0 \rightarrow M_A = P.L$ AN : $M_a = 15 \times 0,21 = 3,15 \text{ N.m}$

- ✓ Utilisation de l'expression de la flèche pour déterminer le moment quadratique I

On sait que pour cette structure la flèche est : $f = \frac{PL^3}{3EI}$ (3.1)

Avec $E = 2,1 \times 10^5 \text{ MPa}$

Les valeurs limites de déformation des structures dépendent de divers critères propres à chaque structure. Puisque nous nous trouvons dans le cas d'une structure appuyée et encastree simple, nous allons définir nos limites par rapport à celles recommandées dans l'Euro code 3 :

$$f \leq \frac{L}{500} \quad (3.2)$$

D'où $\frac{PL^3}{3EI} \leq \frac{L}{500} \rightarrow I \geq \frac{500 \times P \times L^2}{3E}$ (3.3)

Puisque nous voulons un rond plein en acier, d'après les formules des moments quadratiques des solides usuels pour un rond plein on a :

$$I_y = \frac{\pi d^4}{64} \quad (3.4)$$

De l'inéquation (3.3) et l'équation (3.4) on a donc l'inéquation suivante :

$$\frac{\pi d^4}{64} \geq \frac{500 \times P \times L^2}{3E}$$

D'où : $d \geq \sqrt[4]{\frac{3200 \times P \times L^2}{3\pi E}}$ (3.5)

En faisant l'application numérique, on trouve : $d \geq 5,71 \text{ mm} \approx 6 \text{ mm}$

Pour avoir un axe facilement usinable sur notre tour nous prendrons pour nos travaux **d= 16 mm**

Donc cette tige sera un rond plein en acier de diamètre **16mm** et de longueur **210mm**. [22]

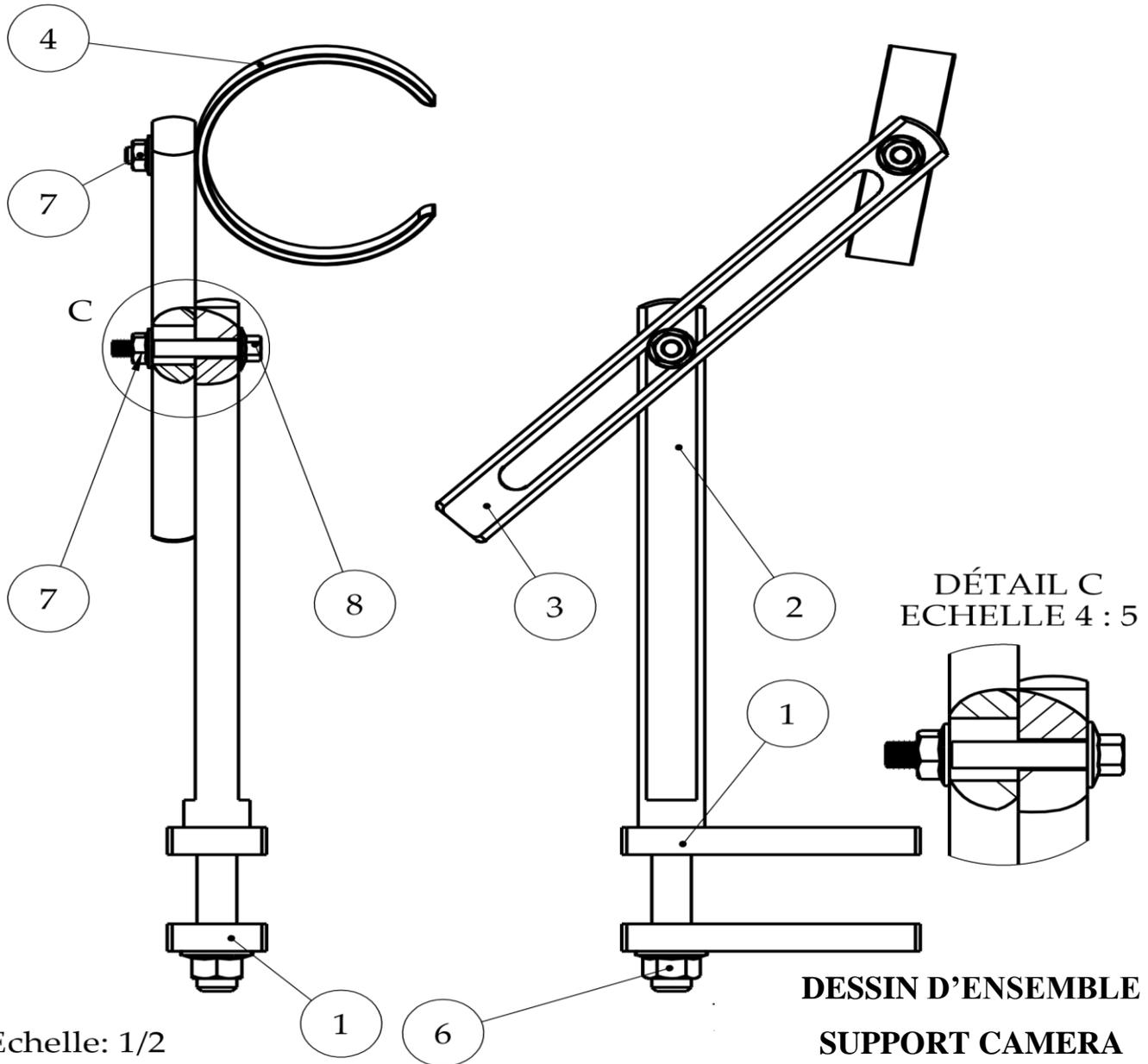
3.2- ETUDE GRAPHIQUE

3.2.1-Dessins des différents blocs de ce dispositif

Les dessins des différents blocs de ce dispositif sont présentés ci-dessous :

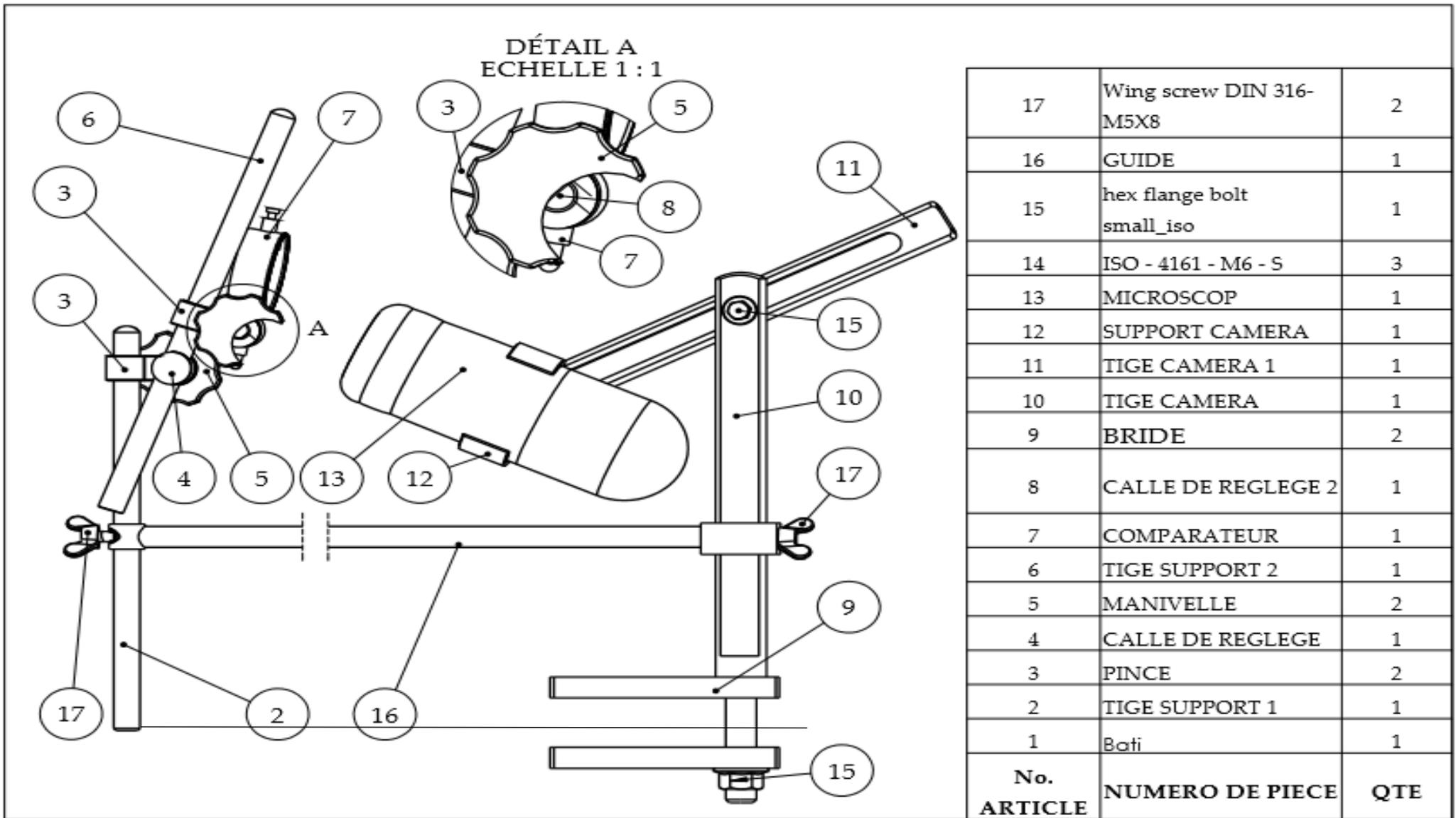
- ✓ Le dessin d'ensemble du bloc porte microscope ;
- ✓ Le dessin d'ensemble du bloc porte du dispositif de contrôle des contraintes géométriques;
- ✓ dessin de définition de la tige 1 du porte camera
- ✓ dessin de définition de la tige 2 du support camera
- ✓ Le dessin de définition du support pour dispositif de contrôle des contraintes géométriques ;
- ✓ dessin de définition de la bride pour fixer et serrer la camera

➤ DESSIN D'ENSEMBLE DU BLOC PORTE MICROSCOPE (folio 2)



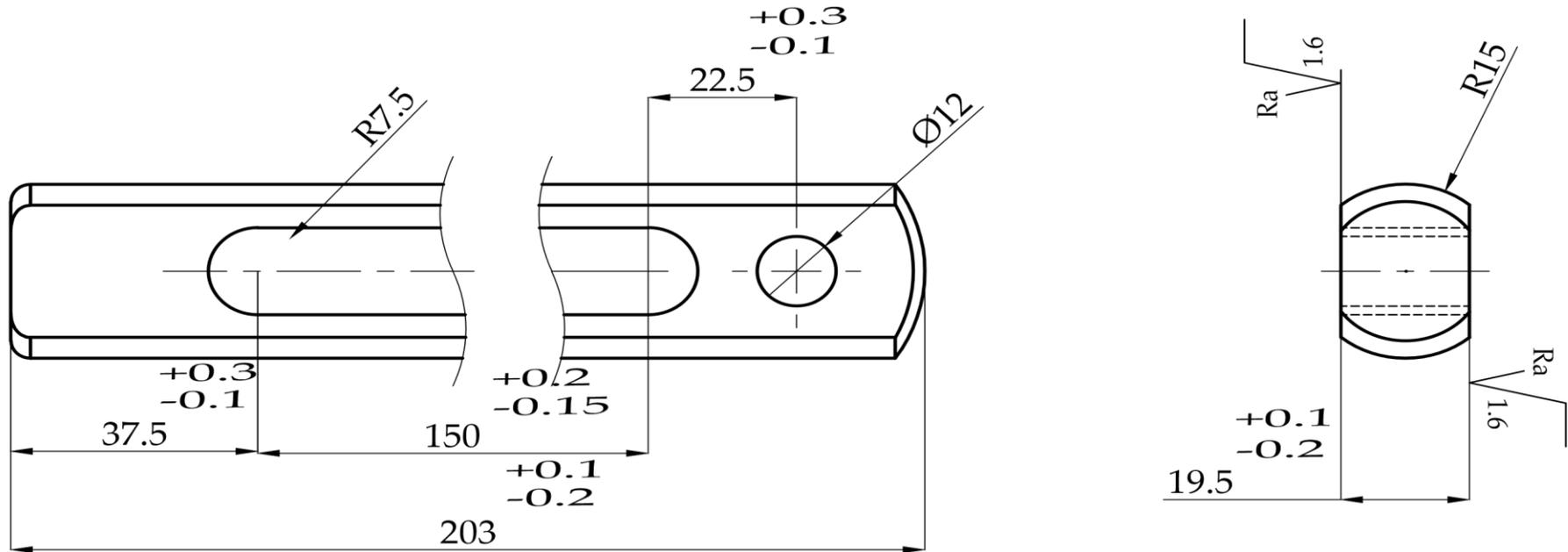
8	hex flange bolt small-iso	1
7	ISO - 4161 - M6 - S	2
6	ISO - 4161 - M10 - S	1
5	MICROSCOP	1
4	SUPPORT CAMERA	1
3	TIGE CAMERA 1	1
2	TIGE CAMERA	1
1	BRIDE	2
No. ARTICLE	NUMERO DE PIECE	QTE

➤ DESSIN D'ENSEMBLE DU BLOC PORTE COMPARETEUR ET BLOC CAMERA (folio 3)



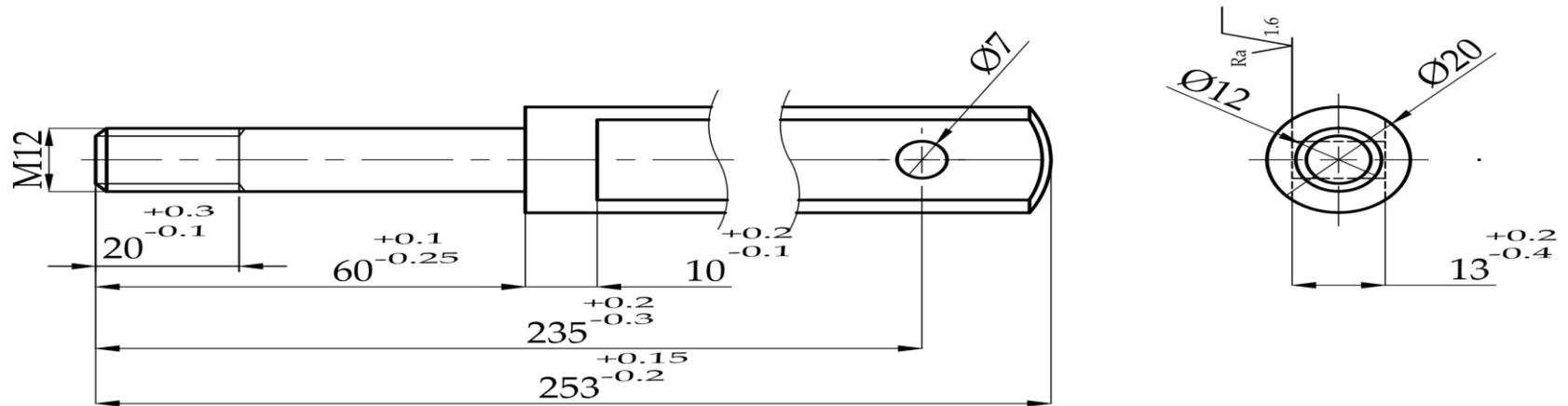
17	Wing screw DIN 316-M5X8	2
16	GUIDE	1
15	hex flange bolt small_iso	1
14	ISO - 4161 - M6 - S	3
13	MICROSCOP	1
12	SUPPORT CAMERA	1
11	TIGE CAMERA 1	1
10	TIGE CAMERA	1
9	BRIDE	2
8	CALLE DE REGLEGE 2	1
7	COMPARETEUR	1
6	TIGE SUPPORT 2	1
5	MANIVELLE	2
4	CALLE DE REGLEGE	1
3	PINCE	2
2	TIGE SUPPORT 1	1
1	Bati	1
No. ARTICLE	NUMERO DE PIECE	QTE

- DESSIN DE DEFINITION DE LA TIGE 1 DU PORTE CAMERA (folio 4)



ENSET - D'EBOLOWA		
Echelle: 1 / 1	SUPPORT CAMERA 1	Folio 4
POUANI TCHANGOU MARIE PRUDENCE		A4H

➤ DESSIN DE DEFINITION DE LA TIGE 2 DU SUPPORT CAMERA (folio 5)



ENSET - D'EBOWA		
Echelle: 1 / 1	SUPPORT CAMERA	5 Folio 3
POUANI TCHANGOU MARIE PRUDENCE		A4H

➤ DESSIN DE DEFINITION DE LA GOUPILLE 1

3.2.2-Calcul du jeu fonctionnel

En mécanique, le jeu est l'espace laissé entre deux pièces assemblées imparfaitement. Sur notre dessin d'ensemble l'ajustement entre les différentes pièces est celui obtenu après calcul, c'est un ajustement glissant avec jeu minimal car il laisse les pièces glisser simplement. Nous allons calculer un exemple de jeu fonctionnel entre deux pièces. Le dessin suivant montre la représentation de la chaîne de cote. [23]

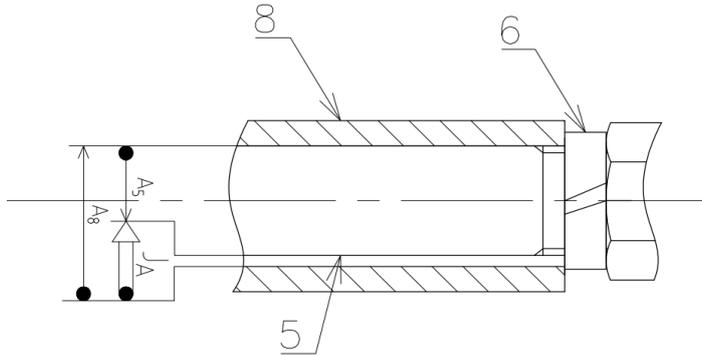


Figure 3.8 : Représentation d'un exemple de chaîne de cote [23]

Pour calculer J_A , on a deux méthodes : celle par tableau ou celle par calcul. Dans le cadre de ce travail nous utiliserons la méthode par calcul.

$\varnothing 17H7g6$ signifie que l'alésage (A_8) est $17^{+0,018}_0$ et l'arbre (A_5) est $17^{-0,006}_{-0,017}$

Le calcul doit respecter les conditions suivantes :

L'intervalle de tolérance du jeu (ITJ_A) doit être :

$$ITJ_A \geq \sum IT_{\text{cotes composantes}} \text{ ainsi : } ITJ_A \geq ITA_5 + ITA_8 \quad (3.6)$$

$$ITJ_A \geq 0,011 + 0,018$$

$$ITJ_A \geq 0,029$$

J_A est maximal en même tant que les cotes composantes qui sont orientées dans le même sens que lui. Ainsi : $J_{A_{\max}} = A_{8_{\max}} - A_{5_{\min}}$ (3.7)

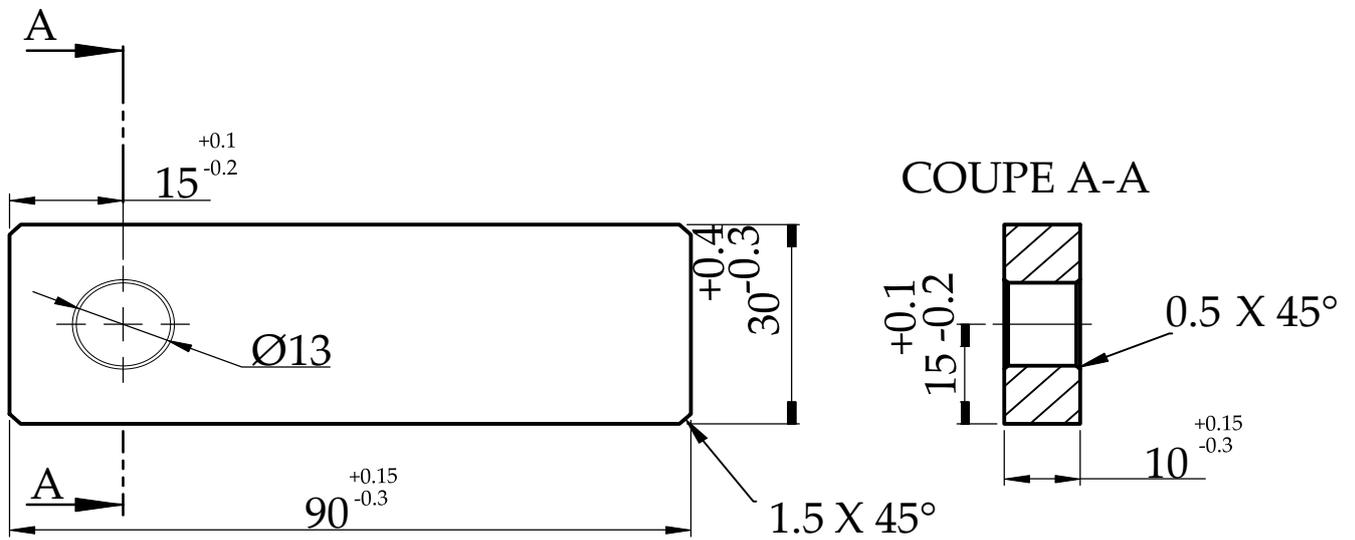
$$J_{A_{\max}} = 17,018 - 16,983$$

D'où le jeu maximal recherché est : $J_{A_{\max}} = 0,035 \text{ mm}$

Le jeu minimal est : $J_{A_{\min}} = J_{A_{\max}} - ITJ_A = 0,035 - 0,029 = 0,006 \text{ mm}$

Donc le jeu entre les pièces 5 et 8 est : $J_A = 0,035^{0}_{-0,029}$

➤ DESSIN DE DEFINITION DE LA BRIDE (folio 7)



ENSET - D'EBOWA

Echelle: 1 / 1

Folio 5

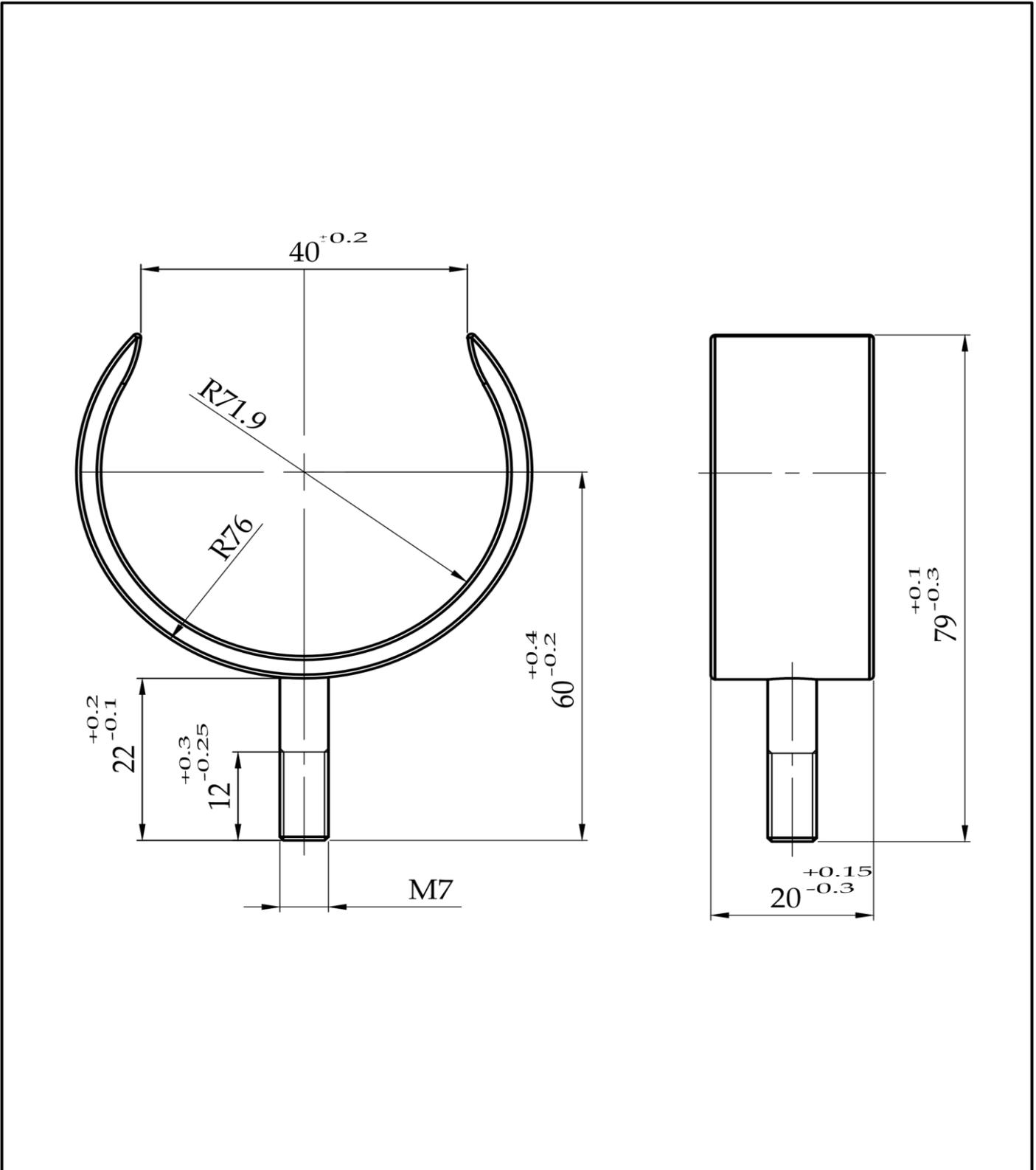


BRIDE DE SERRAGE

POUANI TCHANGOU MARIE PRUDENCE

A4V

➤ DESSIN DE DEFINITION DE LA PINCE CAMERA (folio 8)



ENSET - D'EBOWA

Echelle: 1 / 1

SUPPORT CAMERA

FOLIO 8



POUANI TCHANGOU MARIE PRUDENCE

A4V

3.3- ETUDE DE REALISATION

3.3.1-Choix des conditions de coupe à utiliser

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 1) le choix sera de :

- $V_c = 25$ m/min pour l'outil en acier rapide ;

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

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

$$N = \frac{1000 V_c}{\pi D} \quad (3.8)$$

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

$$\text{AN : } N = \frac{1000 \times 25}{\pi \times 30}$$
$$N \approx \mathbf{265,25 \text{ tr/min}}$$

En utilisant l'outil en carbure nous avons :

$$\text{AN: } N = \frac{1000 \times 140}{\pi \times 30}$$
$$N \approx \mathbf{1485,44 \text{ tr/min.}}$$

$$\text{En plus la vitesse d'avance } V_f \text{ est : } V_f = N \times f \quad (3.9)$$

Où N est 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 1), f est pris entre 0,1 et 0,2 pour l'outil en acier rapide (nous prendrons **0,2mm/tr**) et entre 0,2 et 0,3 pour les outils en carbure (nous prendrons **0,3mm/tr**).

$$\text{AN : } V_f = 265,25 \times 0,2 = \mathbf{53,05 \text{ mm/min}} \text{ avec l'outil en acier rapide.}$$

$$\text{Et } V_f = 1485,44 \times 0,3 = \mathbf{445,63 \text{ mm/min}} \text{ avec l'outil en carbure. [22]}$$

3.3.2-Contrat de phase des différentes pièces support de la caméra (bride et supports caméra)

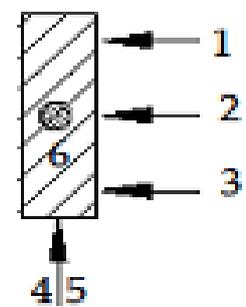
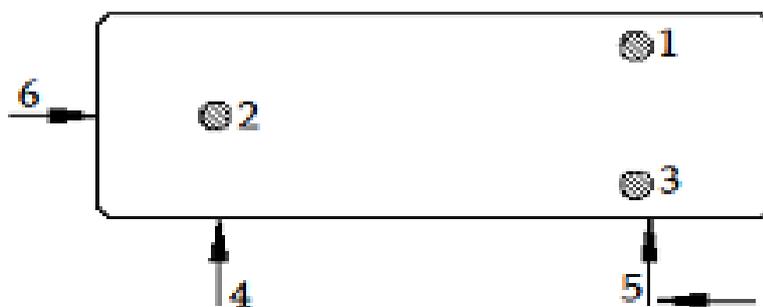
Phase : 20			Machine: Fraiseuse-universelle							
Désignation: C35			BRIDE DE SERRAGE							
Matière: acier										
Nbre: 2										
Opération d' usinage			Elément de coupe				Outillage			
N°	Rep	Désignation	Vc	n	A	P	Fabrication	Contrôle		
1	E; F	- Ebauche;		750			Surfaçage	Pc 1/5 ^{eme}		
2		-Finition.								

Montage sur l'étau

-Appui plan: 1;2;3

-Orientation: 4;5

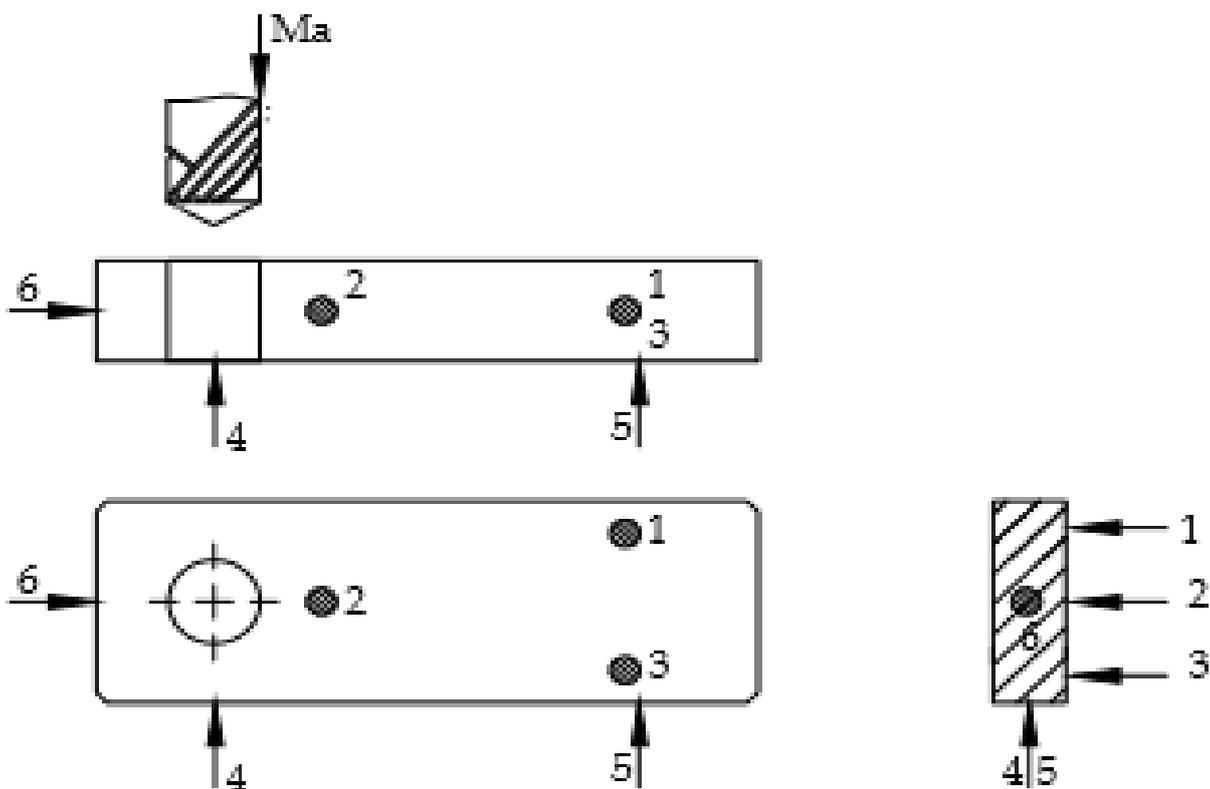
- buté: 6.



Phase : 30			Machine: Fraiseuse-universelle						
Désignation: C35			BRIDE DE SERRAGE						
Matière: acier									
Nbre: 2									
Opération d'usinage			Elément de coupe				Outillage		
N°	Rep	Désignation	Vc	n	A	P	Fabrication	Contrôle	
1	F	Finition		250			Perçage	Pc 1/5 ^{ème} avec bec	

Montage sur l'étau

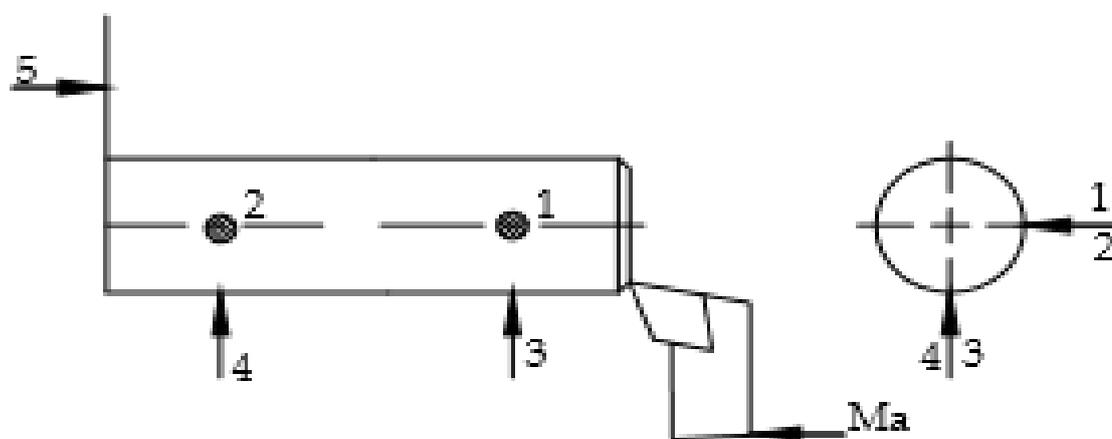
- Appui plan: 1;2;3
- Orientation: 4;5
- buté: 6.



Phase : 20			Machine: Tour-parallèle						
Désignation: C35			SUPPORT CAMERA						
Matière: acier									
Nbre: 2									
Opération d' usinage			Elément de coupe			Outillage			
N°	Rep	Désignation	V c	n	A	P	Fabrication	Contrôle	
1 2 3	E; 1/2F; F.	Ebauche; Demi-Finition; -Finition		850			Chariotage; Dressage; Chanfrein	Pc 1/5 ^{ème} avec bec	

Centrage cour

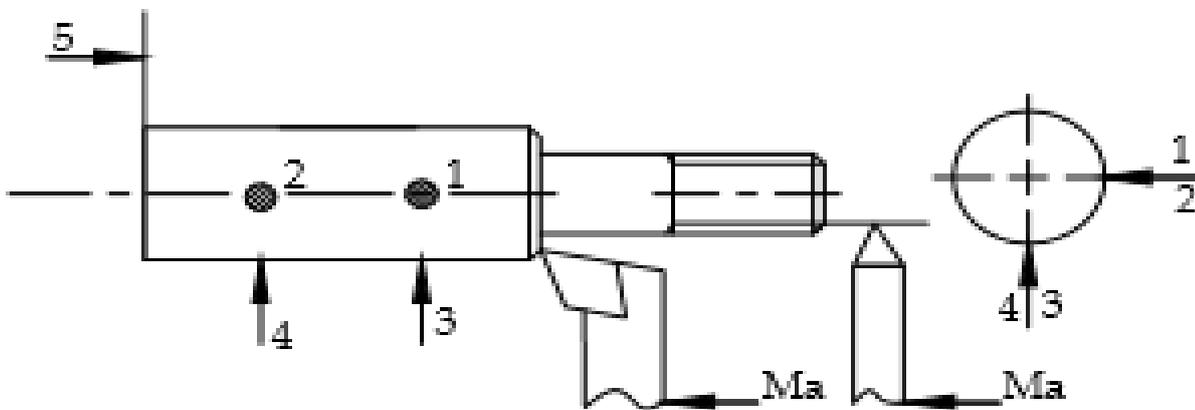
- Orientation: 1;2;
- Orientation: 3;4
- buté: 5.



Phase : 30			Machine: Tour-parallèle						
Désignation: C35			SUPPORT CAMERA						
Matière: acier									
Nbre: 2									
Opération d' usinage			Elément de coupe				Outillage		
N°	Rep	Désignation	V c	n	A	P	Fabrication	Contrôle	
1	E; 1/2F; F.	Ebauche; Demi-Finition; -Finition		850 75			Chariotage; Dressage; Chanfrein; Filetage	Pc 1/5 ^{ème} avec bec, Peigne de filetage	

Centrage cour

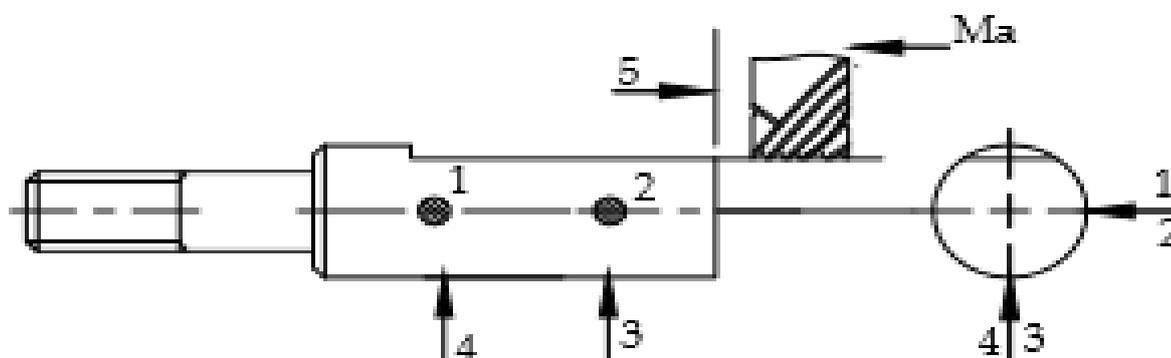
- Orientation: 1;2;
- Orientation: 3;4
- buté: 5.



Phase : 40			Machine: Fraiseuse universelle							
Désignation: C35			SUPPORT CAMERA							
Matière: acier										
Nbre: 2										
Opération d'usinage			Elément de coupe			Outillage				
N°	Rep	Désignation	V _c	n	A	P	Fabrication	Contrôle		
1	F.	-Finition		350			Epaulement	Pc 1/5 ^{ème} avec bec,		

Centrage cour

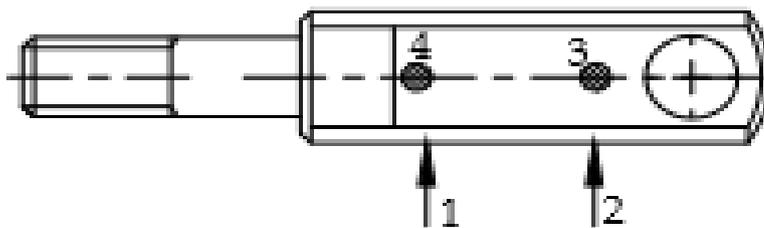
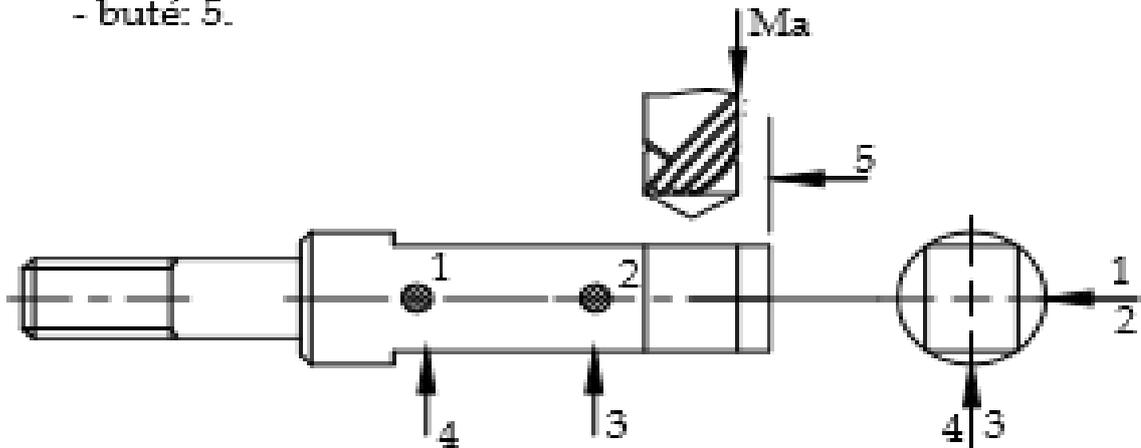
- Orientation: 1;2;
- Orientation: 3;4
- buté: 5.



Phase : 50			Machine: PERCEUSE						
Désignation: C35			SUPPORT CAMERA						
Matière: acier									
Nbre: 2									
Opération d'usinage			Elément de coupe				Outillage		
N°	Rep	Désignation	V c	n	A	P	Fabrication	Contrôle	
1	F.	-Finition		350			Perçage	Pc 1/5 ^{ème} avec bec,	

Centrage cour

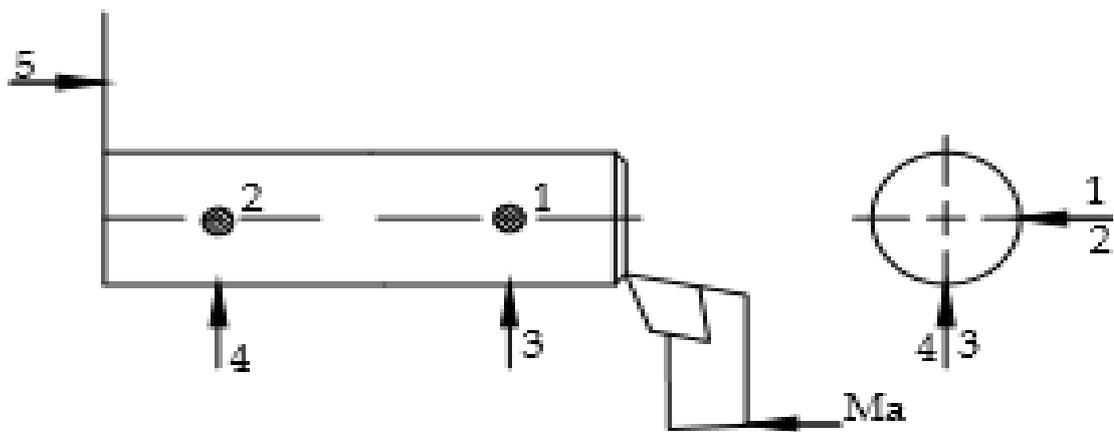
- Orientation: 1;2;
- Orientation: 3;4
- buté: 5.



Phase : 20			Machine: Tour-parallèle						
Désignation: C35			SUPPORT CAMERA 1						
Matière: acier									
Nbre: 2									
Opération d' usinage			Elément de coupe			Outillage			
N°	Rep	Désignation	V c	n	A	P	Fabrication	Contrôle	
1 2 3	E; 1/2F; F.	Ebauche; Demi-Finition; -Finition		850			Chariotage; Dressage; Chanfrein	Pc 1/5 ^{ème} avec bec	

Centrage cour

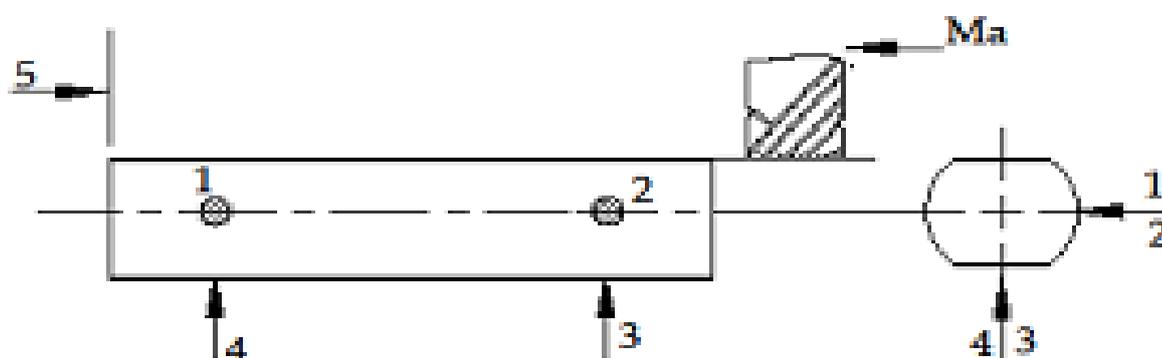
- Orientation: 1;2;
- Orientation: 3;4
- buté: 5.



Phase : 40			Machine: Fraiseuse universelle							
Désignation: C35			SUPPORT CAMERA 1							
Matière: acier										
Nbre: 2										
Opération d' usinage			Elément de coupe				Outillage			
N°	Rep	Désignation	V c	n	A	P	Fabrication	Contrôle		
1	F.	-Finition		350			Epaulement	Pc 1/5 ^{ème} avec bec,		

Centrage cour

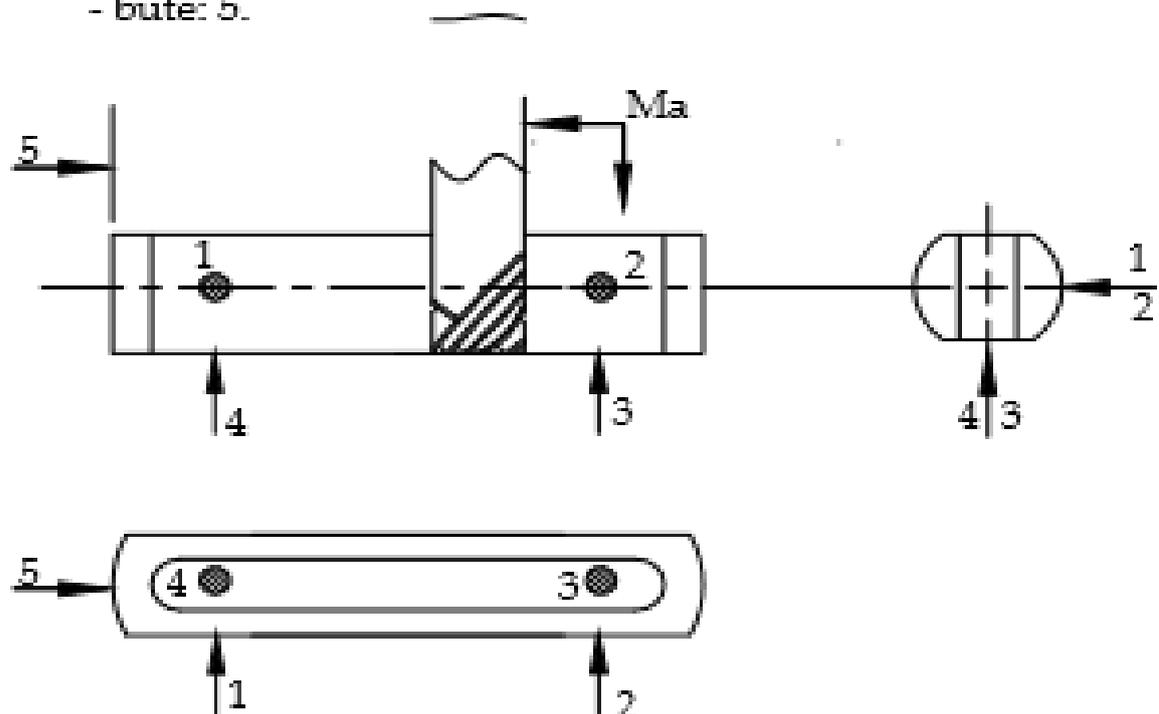
- Orientation: 1;2;
- Orientation: 3;4
- buté: 5.



Phase : 50			Machine: Fraiseuse universelle							
Désignation: C35			SUPPORT CAMERA 1							
Matière: acier										
Nbre: 2										
Opération d'usinage			Elément de coupe			Outillage				
N°	Rep	Désignation	V _c	n	A	P	Fabrication	Contrôle		
1	F.	-Finition		350			Rainure	Pc 1/5 ^{ème} avec bec,		

Centrage cour

- Orientation: 1;2;
- Orientation: 3;4
- buté: 5.



Parvenu au terme de ce chapitre dont l'objet était la présentation de l'ensemble du matériel nécessaire à la réalisation de notre dispositif et les méthodes utilisées pour sa mise en œuvre effective, il ressort que pour mieux faire cette présentation nous avons organisé le chapitre en trois grandes parties : D'abord nous avons travaillé sur le dispositif d'acquisition partant de son étude dimensionnelle, étude graphique et l'étude de réalisation. Au cours de cette démarche nous avons donné le contrat de phase des pièces très importantes du bloc porte microscope du fait des efforts qu'elle subit de la part du socle. Les dessins d'ensemble et de définition des différents blocs ont été présents.

Chapitre 4

RESULTATS MAINTENANCE ET COUT

Dans ce chapitre il est question de présenter les résultats de notre dispositif et d'amorcer une discussion par rapport à ce dernier. La discussion se fera sur la base des résultats présentés dans la revue de littérature.

4.1- DISPOSITIF D'ACQUISITION DES DONNEES ET DE CONTROLE DE LA CYLINDRICITE.....	69
4.1.1- Présentation globale du Bloc porte microscope	69
4.1.2- Graphe de liaison du dispositif d'ensemble porte microscope et comparateur .	69
4.2- PLAN DE MAINTENANCE	72
4.3- COUTS ESTIMATIFS DU DISPOSITIF DE CAPTURE D'IMAGE ET DE CONTROLE DE LA CYLINDRICITE.....	72
4.3.1 Estimations du cout de la matière d'œuvre	72
4.3.2 Estimation du cout de production.....	73
4.3.3 Logistique et transport.....	74
4.3.4 Estimation du cout de revient du prototype	74

4.1- DISPOSITIF D'ACQUISITION DES DONNEES ET DE CONTROLE DE LA CYLINDRICITE

4.1.1- Présentation globale du Bloc porte microscope

Pour ce bloc, le maintien en position est assuré par bridage sur la tige transversale liée au comparateur, il est présenté à la figure 4.1 suivante :

La figure 4.1 suivante présente sous différentes vues, le bloc porte microscope en réalisation:



Figure 4.1 : présentation globale du bloc porte microscope (source : auteur)

Ce bloc est en acier avec un encombrement de 290x203x100, 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 $[-90^\circ ; 10^\circ]$ sur différentes positions. Vu qu'il est maniable sur la tige transversale liée au comparateur.

4.1.1- Guide d'utilisation

➤ Montage du dispositif

En se référant aux dessins d'ensemble présentés dans le chapitre «Etude conceptuel et de réalisation du dispositif » pour la nomenclature des éléments, le processus de montage des deux blocs (bloc porte microscope et bloc porte comparateur) est présenté dans les figures (4.2 et 4.3) suivantes :

4.1.2- Graphe de liaison du dispositif d'ensemble porte microscope et comparateur

Nous adapterons notre bloc porte microscope sur notre comparateur par bridage sur la tige transversale liée sur ce dernier. Pour moins d'encombrement.



Figure 4.2 : dispositif d'ensemble du bloc porte microscope et comparateur sur site

❖ **Mise en marche et fonctionnement de la machine**

Le graphe de liaison ci-dessous présentera la disposition le montage d'ensemble du dispositif sur le chariot transversal du tour. Afin d'effectuer la mesure de la cylindricité et la capture d'image sur notre pièce tournée fixée sur le tour.

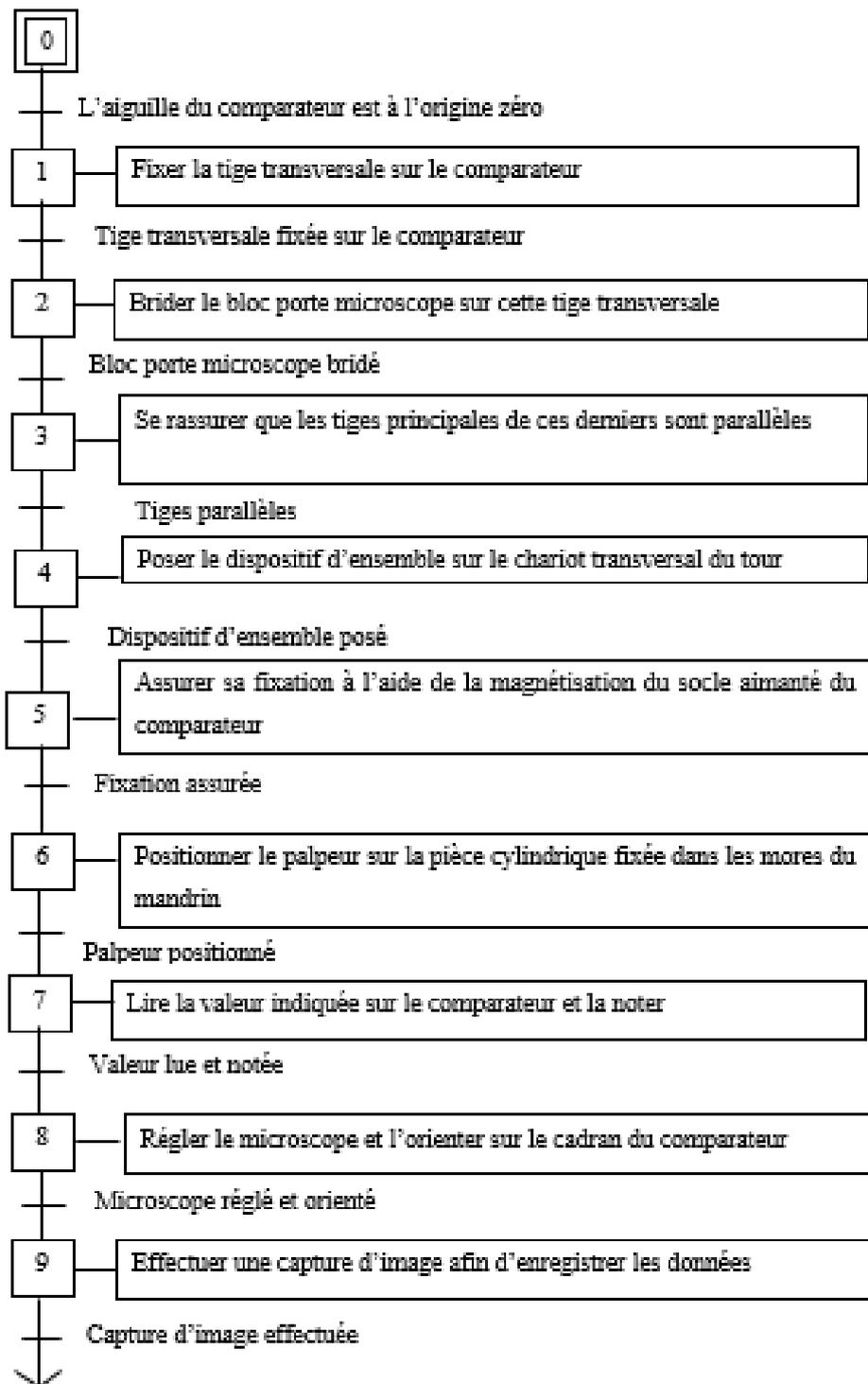


Figure 4.3 : Graphe de liaison du dispositif d'ensemble porte microscope et comparateur (source : Auteur)

❖ Condition d'utilisation de la machine

Tenir la machine à l'abri des intempéries (pluies, soleil) ;

Eviter d'utiliser la machine à des fins autres que celle pour laquelle elle a été conçue.

a) **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 ;
- Attention au risque de blessure pendant la manipulation du bloc porte microscope puisqu'il est en acier ;
- Manipuler le bloc porte comparateur avec précaution car l'épaisseur de l'aluminium étant petit, un coup ou un choc peut le déformer ou le briser ;
- Eviter la manipulation pendant le processus d'acquisition d'image;
- Respecter les règles de sécurité relatives au travail sur un tour (l'utilisation des équipements de protection individuels (EPI) est exigée).

b) **Description du fonctionnement du dispositif**

Le processus de fonctionnement ici concerne principalement l'ensemble bloc porte microscope et comparateur qui forment un seul bloc. Afin que le dispositif soit moins couteux

Une fois le montage du bloc porte microscope effectif, tel que présenté à la figure 4.2 précédente ; il convient de procéder à l'acquisition des données images.

4.2- 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 une série d'opération de maintenance préventive doit être exécutée. Il faut :

- Après chaque utilisation, nettoyer à l'aide d'un tissu propre les surfaces de prises du comparateur ;
- Avoir en stock une quantité d'écrou H M10 et d'écrou H M12 pour prévenir les pertes des principaux.
- Nettoyer le porte microscope après usage afin d'enlever toutes graisse.

4.3- COUTS ESTIMATIFS DU DISPOSITIF DE CAPTURE D'IMAGE ET DE CONTROLE DE LA CYLINDRICITE

Cette partie nous permet de déterminer une étude estimative des couts de réalisation pour le budget de notre prototype pour l'acquisition d'image LORS DU CONTROLE IN-SITU de la cylindricité après tournage.

4.3.1 Estimations du cout de la matière d'œuvre

Le tableau ci-dessous présente le matériel utilisé pour la réalisation de notre dispositif d'acquisition online des données et les différents prix d'achats de ce matériel.

Tableau 4.1 : estimation du cout de la matière d'œuvre du bloc porte microscope (source : auteur)

N°	Désignation	Quantité	Prix Unitaire(FCFA)	Prix total(FCFA)
1	Acier S325 de Ø50 mm	1	12000	12000
2	Acier S350 de Ø28 mm	1	7000	7000
3	Rondelle plate	1	500	500
4	Ecrou H M8	1	500	500
5	Vis C H M8 16-8	1	500	500
6	Ecrou H M22	1	1000	1000
7	Vis CH M4 12-4	2	800	1600
Total 1 : cout de la matière d'œuvre				23100
Arrêter la présente somme : vingt trois mille cent FCFA				

Tableau 4.2 : estimation du cout d'achat du comparateur (source : auteur)

N°	Désignation	Quantité	Prix Unitaire(FCFA)	Prix total(FCFA)
1	Cadran	1	60000	60000
2	Tige 1	1	6000	6000
3	Tige 2	1	6000	6000
4	Boulon	2	3000	6000
5	Joints	3	70000	21000
6	Tige 3	1	8000	8000
Total 1 : cout de la matière d'œuvre				107000
Arrêter la présente somme : Cent sept mille FCFA				

4.3.2 Estimation du cout de production

Tableau 4.3 : Estimation du cout de production (source : auteur)

N°	Opération	Tarif par heure (F CFA)	Nombre d'heures utilisées	Montant
1	Tournage	3000	3H	9000
2	Perçage	4000	2H	8000
3	Taroudage	2000	1H	2000
4	Fraisage	5000	2H	10000
5	Filetage	5000	1H	5000
6	Découpage	2000	1H	2000
7	Soudage	1500	1H	1500
Total 2 : cout de production				37500

Arrêter la présente somme de : Trente-sept mille cinq cent FCFA

4.3.3 Logistique et transport

Tableau 4.3 : estimation de la logistique et transport (source : auteur)

Logistique et Transport	Montant(FCFA)
Transport	10000
Facture d'électricité	4000
Connexion internet pendant 06 mois	5000
Autres dépenses diverses	6000
Total 3 : logistique et transport	25000
Arrêter la présente somme de : Vingt-cinq mille FCFA	

4.3.4 Estimation du cout de revient du prototype

Montant total (MT)=T1+T2+T3

MT= 169000 FCFA

TVA= **19, 25%**. MT

TVA= 32532.5 **FCFA**

Montant Total (MTF)=MT + TVA

Total (MTF)= 201532.5 **FCFA**

D'où le cout de fabrication de l'ensemble (prototype) est estimé à deux cent un mille cinq cent trente-deux mille FCFA.

Parvenu au terme de ce chapitre où il était question de faire une étude du cout de production en vue d'évaluer un cout approximatif pour la conception de notre machine suivie de son mode d'emploi pour accéder au contrôle de la cylindricité. De présenter les résultats de notre dispositif, il ressort que le dispositif (l'ensemble microscope-comparateur) réalisé est maintenu en position par magnétisation sur la table du chariot transversal. La présentation du processus de montage a été faite ainsi que le document d'utilisation.

CONCLUSION GENERALE ET PERSPECTIVES

Ce mémoire a porté sur la production d'un dispositif devant faciliter l'acquisition online sue site des données lors du contrôle de la cylindricité en vue de l'étude de l'impact des conditions de coupe sur les contraintes géométriques des surfaces en tournage. Pour le mener à bien, le travail a été organisé en quatre chapitres : d'abord dans le premier, il a été question d'introduire les notions nécessaires à la compréhension de la problématique traitée. Dans ce chapitre, la notion de surface, ses différentes irrégularités après usinage, les méthodes de contrôle et de mesure des états de surface et les conditions de coupe ont été présentés. Dans le deuxième chapitre est présentée une étude bibliographique mettant en relief les travaux sur l'état actuel du contrôle des contraintes géométriques et l'influence des conditions de coupe sur cette notion. Le troisième chapitre consacré à l'étude conceptuelle et de réalisation du dispositif, essentiellement sur le contrôle de la cylindricité 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 effective pour la capture d'image ; il a été présenté dans ce chapitre, les différents dessins d'ensemble des blocs du dispositif et de définition de certaines pièces du bloc porte microscope. Enfin dans le quatrième chapitre, il a été question de présenter les résultats du dispositif.

Les résultats de ce travaille ouvrent des perspectives :

- Réaliser si possible l'ensemble du dispositif en aluminium ceci pour palier à la difficulté liée au poids;
- Dans les prochains dispositifs, il serait plus judicieux d'intégrer de manière explicite les graduations ;
- Concevoir un dispositif en un seul bloc ceci pour palier à la difficulté liée à l'encombrement ;
- Pour la suite des travaux, il serait intéressant d'effectuer les acquisitions effectives avec le dispositif ainsi réalisé et dans ce cas on pourra étudier l'impact des conditions (vitesse d'avance, profondeur de passe...) de coupe sur la cylindricité des surfaces.

REFERENCES :

- [1]- PHILIPPE DEPEYRE (2004, 2005), cours de fabrication mécanique, la coupe des matériaux, université de la réunion.
- [2]- Alain Vissière, 13 décembre 2013, mesure de surfaces, procédé d'usinage conventionnel, thèse pour obtention du grade de docteur, école normale supérieure d'arts et métiers.
- [3]- archive.sfl.cnrs.fr, les techniques de prise de vue- CNRS, tournage mécanique, édition 2010.
- [4]- BELLOUFI Abderrahim, édition 2010, cours procédé de fabrication, master-maintenance industriel.
- [5]- archive.sfl.cnrs.fr, les techniques de prise de vue- CNRS, fraisage mécanique, édition 2010.
- [6]- ANDRE CHEVALIER guide du dessinateur industriel, HACHETTE technique, édition 2004.
- [7]- J. MITÉLAN, P. GORRIA, M. ROBERT, méthodes non conventionnelles, Université de Bourgogne, édition 1994.
- [8]- Ahmed Hadj Ali (2005), contrôle des contraintes géométriques sur pièces tournée, école de technologie supérieure.
- [9]- Charles augustin MPAKO, chargé de cours université, traité d'analyse en fabrication mécanique, édition 2016.
- [10]-procédure de contrôle de la Co axialité, CI13, S5, BAC TU
- [11]- TRAN DINH TIN, édition 2014, contrôle des tolérances géométriques, école doctorale MEGA de LYON, grade de docteur.
- [12]- Benedito Di Giacomo, Rita De Cassia Alves De Magalhaes, Fabricio Tadeu Paziani (Février 2004), Procédures de contrôle géométrique-A-Contrôle perpendicularité Ligne/Plan
- [13]- Metalugija (29 Janvier 2011), STRAIGHTNESS MEASUREMENT OF LARGE

MAACHINE GUIDEWAYS

[14]- German Vdi/Vde (1989), REVERSAL TECHNIQUE APPLIED TO THE MEASUREMENT OF STRAIGHTNESS ERRORS

[15]- Bourebia MOUNIRA (2010), influence des procédés d'usinage sur les contraintes géométriques des surfaces et leurs répercussions sur un contact mécanique

[16]- M Van Droogenbroeck. Septembre 2001,

[17]- - Rene Kamguem, Victor Songmene, et Souheil Antoine Tahan (2013) Brigitte VASQUES (2008),

[18]- Brigitte VASQUES (2008),

[19]- Rene Kamguem, Souheil Antoine Tahan, et Victor Songmene, traitement, l'analyse d'images omnidirectionnelles et intégration du module d'acquisition d'images

[20]- Grzegorz M. Krolczyk, Stanisław Legutko (2014), experimental analysis by measurement of surface roughness variations in turning process of duplex stainless steel, metrology and measurement systems, No. 4, pp. 759–770.

[21]- M. DIB, F. GIRARDIN, N. HAMZAoui, L.LAKHDAR (2015), Optimisation des paramètres de coupe par l'analyse de la rugosité, 22ème Congrès Français de Mécanique tenu à Lyon du 24 au 28 Août 2015. France.

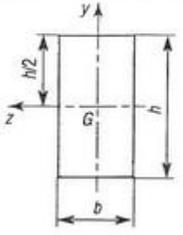
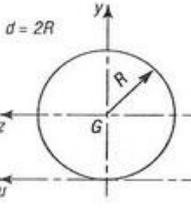
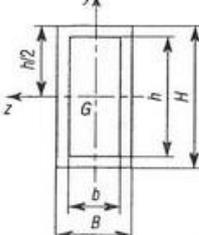
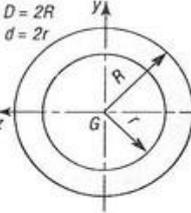
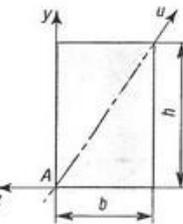
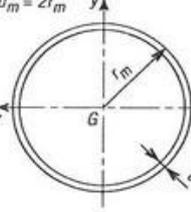
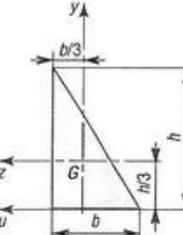
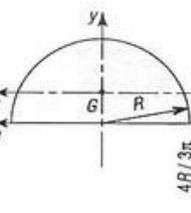
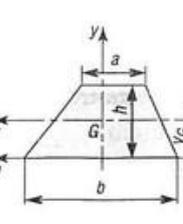
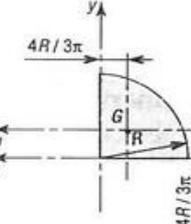
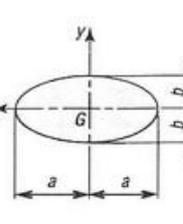
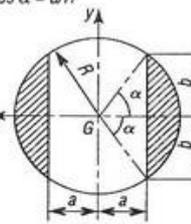
[22]- Stéphanie Bissey-Breton, José Farré, Vincent Vignal et Nicolas Mary (2007), Impact des conditions d'usinage sur la zone du matériau affectée par le procédé, 18ème Congrès Français de Mécanique, tenu à Grenoble du 27-31 août 2007. France.

ANNEXES

ANNEXE 1 : VALEURS INDICATIVES DES VALEURS DE VITESSE DE COUPE EN FONCTION DU MATERIAU

Nuance ISO	Matériaux à usiner	Tournage d'Extérieur				Tour
		Acier Rapide		Carbure		Acier Rap
	Avance f en mm/tr	0.05 à 0.1	0.1 à 0.2	0.05 à 0.2	0.2 à 03	f =
P	Acier Non Allié	50	40	250	200	35
	Acier Faiblement Allié	30	20	150	130	20
	Acier Fortement Allié	20	15	120	100	15
	Acier Moulé Faiblement Allié	30	20	150	120	20
M	Acier inoxydable	25	20	150	130	20
K	Fonte lamellaire (EN-GJL...)	40	30	80	60	20
	Fonte Modulaire (EN-GJM...)	30	25	100	80	15
	Fonte Sphéroïdale (EN-GJS...)	55	45	90	70	25
K-N	Alliages d'aluminium de faible dureté sans silicium (AW 2030 ...)	250	200	550	400	150
	Alliages d'aluminium durs sans silicium ou %Si moyen (AW2017, AW 6060 ...)	120	80	250	200	90
	Alliages d'aluminium à haute teneur en silicium > 12%	80	40	120	100	45
Vitesse de coupe V_c en m/min						

FORMULAIRE Moments quadratiques

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

ANNEXE 2 : DIFFERENTS DESSINS DE NOTRE DISPOSITIF EN REPRESENTATION 3D AINSI QUE SON MONTAGE SUR LE TOUR

