

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR**

**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE ABDERRAHMANE MIRA BEJAIA**

**FACULTE DE TECHNOLOGIE**

**DEPARTEMENT DE GENIE MECANIQUE**

**MEMOIRE**

Présenté pour l'obtention du diplôme de

**MASTER**

Filière : Génie Mécanique

Spécialité : Construction Mécanique

Par :

**ABBAS ZAKARIA**

**AISSAT MAZIGH**

## **Thème**

---

**Influence des ajustements sur le montage, l'état de surface et sur l'usure lors d'usinage de l'acier 42CrMo4**

---

Soutenu le 26/09/2022 devant le jury composé de :

Mr. A. IDIR

Président

Mr. N. BENSAID

Rapporteur

Mr. S. BOUTAANI

Examineur

**Année Universitaire 2021-2022**



**Déclaration sur l'honneur**  
**Engagement pour respecter les règles d'authenticité**  
**scientifique dans l'élaboration d'un travail de recherche**

Arrêté ministériel n° 1082 du 27 Décembre 2020<sup>(\*)</sup>  
fixant les règles relatives à la prévention et la lutte contre le plagiat

Je soussigné,

Nom : .....

Prénom : .....

Matricule : .....

Spécialité et/ou Option : .....

Département : .....

Faculté : .....

Année universitaire : ...../.....

et chargé de préparer un mémoire de (*Licence, Master, Autres à préciser*) : .....

Intitulé: .....

.....


.....

déclare sur l'honneur, m'engager à respecter les règles scientifiques, méthodologiques, et les normes de déontologie professionnelle et de l'authenticité académique requises dans l'élaboration du projet de fin de cycle cité ci-dessus.

Fait à Béjaïa le

...../...../.....

Signature de l'intéressé

 Lu et approuvé

.....

## Remerciements

*Avant tout nous aimerions exprimer notre gratitude envers notre créateur, celui qui nous a donné la capacité, le courage, la volonté et la possibilité d'accomplir ce travail, son soutien nous a été fort utile et très ressenti « louange à DIEU ».*

*Nous aimerons dans ces quelques lignes remercier toutes les personnes qui d'une manière ou d'une autre, ont contribué au bon déroulement de notre travail.*

*Nous sincères remerciements pour notre encadreur Mr. BENSAID*

*NASREDDINE pour le choix de ce sujet intéressant, pour avoir dirigé notre travail, de nous avoir permis de bénéficier de son aide consistante, de ses conseils judicieux, ainsi que pour le temps précieux qu'elle nous a consacré pendant la rédaction de ce mémoire, pour la documentation qu'elle a mis à notre disposition. Nous la remercions de tout notre cœur.*

*Nos vifs remerciements pour les membres de jury, pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant d'être examinateurs de notre mémoire.*

*Nous exprimons notre gratitude à l'ensemble des professeurs du département de génie mécanique qui ont contribué à notre formation, on les prie de bien vouloir croire à notre gratitude en espérant que cet humble travail de ces trois dernières années fera crédibilité de leurs efforts.*

## Dédicaces

*Je dédie ce modeste travail à :*

*A mon binôme Mazigh.*

*A ceux qui ont contribué de près ou de loin pour ce projet soit possible, je vous dis merci.*

*(Zakaria)*

## **Dédicaces**

*Je dédie ce modeste travail à :*

*A mon binôme Zakaria*

*Et a ceux qui ont contribué de près ou de loin pour ce projet soit possible, je vous dis merci.*

*(Mazigh)*

# Table des matières

Introduction .....	1
<b>I.1</b> Théorie des montages arbre moyeu .....	3
<b>I.1.1</b> Le montage arbre/moyeu .....	3
<b>I.1.2</b> Types de montages .....	3
<b>I.1.3</b> Le but .....	4
<b>I.1.4</b> Montages de roulements en opposition, avec ajustement .....	4
<b>I.1.5</b> Montage des coussinets .....	5
<b>I.1.6</b> Le montage des roues dentées .....	5
<b>I.1.7</b> Montage du réducteur .....	6
<b>I.1.8</b> Calage du réducteur avec clavette et anneaux ou douille de blocage .....	6
<b>I.2</b> La rugosité de surface .....	6
<b>I.2.1</b> Définition de l'État de surface .....	6
<b>I.2.2</b> Définition de la Rugosité .....	6
<b>I.2.3</b> Dispositifs de mesure .....	7
<b>I.2.3.1</b> Outils de comparaison visuelle .....	7
<b>I.2.3.2</b> Mesure par contact .....	8
<b>I.2.3.3</b> Mesure sans contact .....	9
<b>I.2.4</b> Objectif .....	9
<b>I.3</b> Ajustement .....	9
<b>I.3.1</b> Définition .....	9
<b>I.3.2</b> Types d'Ajustement .....	10
<b>I.3.3</b> Propriétés .....	12
<b>I.4</b> Tolérance .....	12
<b>I.4.1</b> Définition des tolérances .....	12
<b>I.4.2</b> Tolérances géométriques .....	12
<b>I.4.3</b> Types de tolérances géométriques .....	13
<b>I.4.3.1</b> Tolérances de forme .....	13
<b>I.4.3.2</b> Tolérance d'orientation .....	14
<b>I.4.3.3</b> Tolérance de position .....	16
<b>I.4.3.4</b> Tolérances de battement .....	17

<b>I.5</b>	Les avantages des tolérances.....	19
<b>I.6</b>	OBJECTIF .....	21
<b>I.7</b>	Choix d'un matériau.....	21
	Le choix d'un matériau dépend de plusieurs critères .....	21
<b>I.7.1</b>	Matériau utilisé (Acier faiblement allié) .....	21
<b>I.8</b>	Machine utilisée (Tour parallèle conventionnel) .....	22
<b>I.8.1</b>	Description.....	22
<b>I.8.2</b>	Opérations réalisées .....	24
<b>I.8.2.1</b>	Dressage.....	24
<b>I.8.2.2</b>	Chariotage.....	24
<b>I.8.2.3</b>	Perçage.....	25
<b>I.8.3</b>	Outil utilisée (La plaquette d'usinage en carbure) .....	26
<b>I.8.4</b>	Dessin de définition normalisé.....	26
<b>I.8.5</b>	Gamme d'usinage.....	29
<b>I.8.6</b>	Les opérations de contrôles métrologiques, mesure des rugosités des surfaces arbre moyeu.....	30
<b>I.8.6.1</b>	Le moyenne de la rugosité de l'arbre et l'alésage.....	39
<b>I.8.7</b>	L'usure de la plaquette.....	40
<b>I.9</b>	Analyse éventuelle des défauts de surfaces .....	41
	Conclusion .....	42
	<b>Références bibliographique.....</b>	<b>43</b>
	<b>Résumé/Abstract</b>	

## Liste des figures

Figure 1[4].....	4
Figure 2[4].....	4
Figure 3 : MONTAGES DES COUSSINETS [4].....	5
Figure 4 : PIECE JOINTE AVEC UN VIS DE FIXATION [4].....	5
Figure 5 : PIECE JOINTE AVEC UN CLE ET CIRCLIPS [4] .....	5
Figure 6 : PIECE JOINTE AVEC UN GOUPILLE [4].....	5
Figure7 : PIECE JOINTE AVEC UN VERROUILLAGE ASSY [4] .....	5
Figure 8 : PIECE JOINTE AVEC UN DOUILLE AUTOLUBRIFIANTE (DEUX BAGUES) [4].....	6
Figure 9 : PIECE JOINTE AVEC UN ANNEAU DE VERROUILLAGE [4] .....	6
Figure 10 : MOTOREDUCTEURS A ARBRE LENT CREUX POURGU DE RAINURE POUR ANNEAU ELASTIQUE AVEC FRETTE DE SERRAGE [4] .....	6
Figure 11 : MOTOREDUCTEURS A ARBRE LENT CREUX POURGU DE RAINURE POUR ANNEAU ELASTIQUE AVEC RAINURE DE CLAVETTE [4] .....	6
Figure 12 : DOUILLE DE BLOCAGE [4] .....	6
Figure 13 : ANNEAUX DE BLOCAGE [4].....	6
Figure 14 : RUGOSITE (RUGOSITE DE SURFACE). [ARC53] .....	7
Figure 15 : RUGOTEST [ARC53].....	7
Figure 16 : DISPOSITIFS DE MESURE PAR CONTACT [1] .....	8
Figure 17 : COMPOSANTE D'UN AJUSTEMENT [2].....	9
Figure 18 : EXEMPLE D'UN AJUSTEMENT AVEC JEU. [3] .....	10
Figure 19 : EXEMPLE D'UN AJUSTEMENT AVEC SERRAGE. [3].....	10
Figure 20 : EXEMPLE D'UN AJUSTEMENT INCERTAIN. [3] .....	10
Figure 21 : ARBRE-ALESAGE-POSITIONS SCHEMATISES DES TOLERANCES.....	11
Figure 22 : COTATION TOLERANCEE ET AJUSTEMENT [3].....	12
Figure 23 : TOLERANCE DE FORME RECTITUDE [1].....	13
Figure 24 : TOLERANCE DE FORME PLANIETE [1].....	13
Figure 25 : TOLERANCE DE FORME CIRCULARITE [1].....	14
Figure 26 : TOLERANCE DE FORME CYLINDRICITE [1] .....	14
Figure 27 : TOLERANCE D'ORIENTATION DE PARALLELISME [1] .....	15
Figure 28 : TOLERANCE D'ORIENTATION DE PERPENDICULARITE [1].....	15
Figure 29 : TOLERANCE D'ORIENTATION D'INCLINAISON [1].....	15
Figure 30 : TOLERANCE DE POSITION DE LOCALISATION.[1].....	16
Figure 31 : TOLERANCE DE POSITION DE LA COAXIALITE [1].....	17



Figure 32 : TOLERANCE DE POSITION DE SYMETRIE [1] .....	17
Figure 33 : BATTEMENT CIRCULAIRE AXIAL [1] .....	18
Figure 34 : BATTEMENT CIRCULAIRE RADIAL [1] .....	18
Figure 35 : BATTEMENT TOTAL DANS UNE DIRECTION SPECIFIEE [1].....	19
Figure 36 : TOUR PARALLELE CONVENTIONEL [8].....	22
Figure 37 : SCEMA STRUCTURELLE D'UN TOUR PARALLELE [8] .....	22
Figure 38 : DRESSAGE.....	24
Figure 39 : CHARIOTAGE.....	24
Figure 40 : PERÇAGE .....	25
Figure 41 : PERÇAGE .....	25
Figure 42 : PORTE OUTIL.....	26
Figure 43 : PLAQUETTE D'USINAGE EN CARBURE .....	26
Figure 44 : OUTIL A ALESER SECTION RONDE POUR FINITION DE L'ALESAGE .....	26
Figure 45 GAMME D'USINAGE DES DEUX PIECES .....	29
Figure 46 : PROFIL D'ECHANTILLON1. ALESAGE1.....	30
Figure 47 : PROFIL D'ECHANTILLON1. ALESAGE2.....	30
Figure 48 : PROFIL D'ECHANTILLON1. ALESAGE3.....	31
Figure 49 : PROFIL D'ECHANTILLON1. ALESAGE4.....	31
Figure 50 : PROFIL D'ECHANTILLON1. ALESAGE5.....	32
Figure 51 : PROFIL D'ECHANTILLON2. ARBRE1.....	32
Figure 52 : PROFIL D'ECHANTILLON2. ARBRE2.....	33
Figure 53 : PROFIL D'ECHANTILLON2. ARBRE3.....	33
Figure 54 : PROFIL D'ECHANTILLON2. ARBRE4.....	34
Figure 55 : PROFIL D'ECHANTILLON2. ARBRE5.....	34
Figure 56 : RUGOSITE D'ECHANTILLON1. ALESAGE1.....	35
Figure 57 : RUGOSITE D'ECHANTILLON1. ALESAGE2.....	35
Figure 58 : RUGOSITE D'ECHANTILLON1. ALESAGE3.....	36
Figure 59 : RUGOSITE D'ECHANTILLON1. ALESAGE4.....	36
Figure 60 : RUGOSITE D'ECHANTILLON1. ALESAGE5.....	37
Figure 61 : RUGOSITE D'ECHANTILLON2. ARBRE1.....	37
Figure 62 : RUGOSITE D'ECHANTILLON2. ARBRE2.....	38
Figure 63 : RUGOSITE D'ECHANTILLON2. ARBRE3.....	38
Figure 64 : RUGOSITE D'ECHANTILLON2. ARBRE4.....	39
Figure 65 : RUGOSITE D'ECHANTILLON2. ARBRE5.....	39

Figure 66 : MICROGRAPHIE DE L'ARRETE COUPANTE AVANT L'USINAGE.....	41
Figure 67 : MICROGRAPHIE DE L'ARRETE COUPANTE APRES L'USINAGE.....	41

## Liste des tableaux

Tableau 1 : TABLEAU DES CALCULS DES JEUX .....	11
Tableau 2 : ELEMENT DU MACHINE [8].....	23
Tableau 3 : OPERATIONS DE PERÇAGE .....	25
Tableau 4 : RUGOSITE D'ECHANTILLON1. ALESAGE1-ARBRE1 .....	40
Tableau 5 : RUGOSITE D'ECHANTILLON1. ALESAGE2-ARBRE2 .....	40
Tableau 6 : RUGOSITE D'ECHANTILLON1. ALESAGE3-ARBRE3 .....	40
Tableau 7 : RUGOSITE D'ECHANTILLON1. ALESAGE4-ARBRE4 .....	40
Tableau 8 : RUGOSITE D'ECHANTILLON1. ALESAGE5-ARBRE5 .....	40

# **Introduction Générale**

# Introduction

Les propriétés des solides et leur comportement dépendent, souvent d'avantage des caractéristiques de leurs surfaces que de leurs propriétés massiques ou volumiques. La surface d'un corps solide est la partie de ce solide qui le limite dans l'espace et le sépare du milieu environnant. Elle est prépondérante pour assurer des fonctions telles que l'aptitude aux frottements, la résistance à l'usure ou la corrosion, conduction thermique et électrique, résistance aux contraintes mécaniques, étanchéité statique ou dynamique, aspect, etc.

Les surfaces industrielles produites par des moyens techniques présentent toujours des irrégularités par rapport à la surface idéale.

Connaître l'influence de l'état d'une surface sur le fonctionnement d'une pièce et son comportement dans le temps nécessite de pouvoir caractériser sa géométrie. Macro, micro, voire même nanogéométrie dans quelque cas.

Notre travail a pour objectif de trouver comment les ajustements influent sur les montages. Pour atteindre ce but, deux chapitres ont été élaborés.

Dans le premier chapitre nous avons présenté des généralités sur la théorie des montages arbre moyeu, la rugosité de surface, les ajustements et les tolérances avec ces catégories.

Dans le dernier chapitre nous avons conçu et fabriqué un arbre et un alésage et nous avons assuré leur montage en mesurant la rugosité de surface des deux pièces dans 5 points aléatoires.

# **Chapitre I**

**[Revue bibliographique]**

## I.1 Théorie des montages arbre moyeu

### I.1.1 Le montage arbre/moyeu

Un montage mécanique est la liaison de différentes pièces d'un ensemble ou produits.

**Définition :** Ces systèmes permettent de lier en rotation un arbre avec un moyeu ou logement (exemples : poulie, roue dentée) et, par-là, de transmettre des efforts (couple...).[5]

### I.1.2 Types de montages

#### ❖ Assemblage permanent

Assemblage non démontable : pour supprimer cette liaison, il est nécessaire de déformer ou de détruire au moins une des pièces formant l'assemblage. [4]

- Soudure
- Clinchage
- Certains frettages
- Certaines colles et adhésifs.

#### ❖ Assemblage démontable

La liaison est conçue de manière à être démontée sans détérioration importante des pièces qui peuvent être généralement réutilisées pour recréer un assemblage.

L'élément assurant la liaison peut ne pas être réutilisable. [4]

- Clou, démontage par destruction du clou.
- Vis
- Rivet, démontage par destruction du rivet.
- Brasure, perte de la brasure au démontage.

#### ❖ Assemblage direct

L'assemblage ne nécessite aucune pièce intermédiaire, la forme des pièces en contact suffit pour la réalisation de celui-ci. [4]

- Frettage
- Soudage
- Clinchage
- Emboîtement élastique

### ❖ Assemblage indirect

Une ou plusieurs pièces intermédiaires sont utilisées. [4]

- Collage
- Agrafage
- Anneau élastique
- Bague de tolérance

#### I.1.3 Les objectifs

Les intérêts du montage arbre/moyeu sont multiples, mais le plus souvent il sert à assurer la cohésion d'un ensemble d'éléments, pour éviter l'éclatement sous pression et créer une pièce composée de deux parties de matières différentes, l s'agit de réaliser l'union, par interférence mécanique, de deux pièces pour former un montage intégral. Concrètement, l'assemblage est réalisé grâce à un ajustement si serré qu'il est impossible de le réaliser à la main.

#### I.1.4 Montages de roulements en opposition, avec ajustement

Dans les montages de roulements en opposition avec ajustement axial, l'arbre est arrêté axialement dans un sens par le roulement d'un des appuis et dans le sens opposé par l'autre (monté en opposition). Ces montages nécessitent un réglage correct du jeu ou de la précharge lors du montage.

Cette disposition est généralement utilisée pour des arbres courts, où la dilatation thermique n'a qu'un effet mineur. Les roulements les plus appropriés sont :[4]

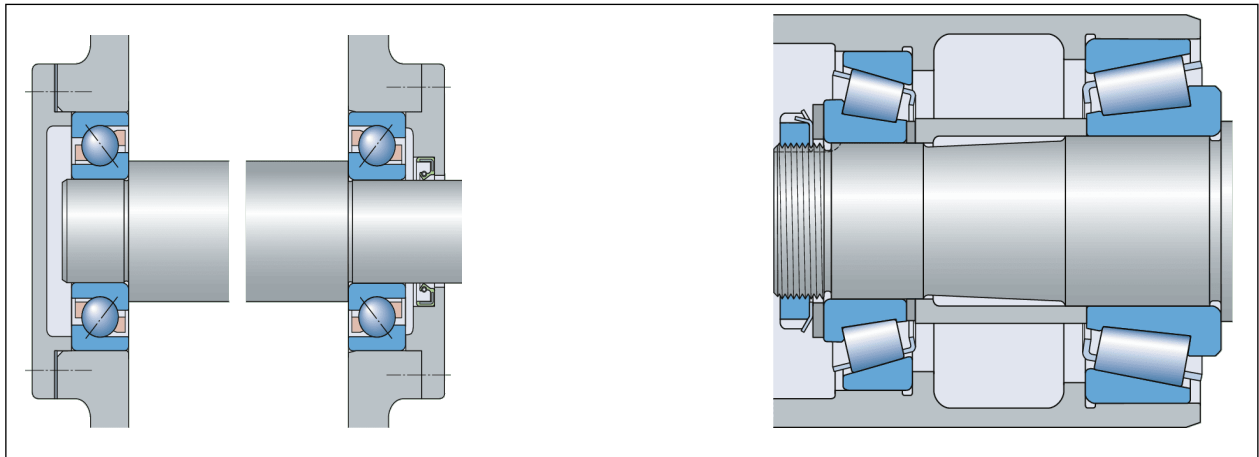


Figure 1: Montage de roulements en opposition avec ajustement axial, roulements à billes à contact oblique disposés en X. [4]

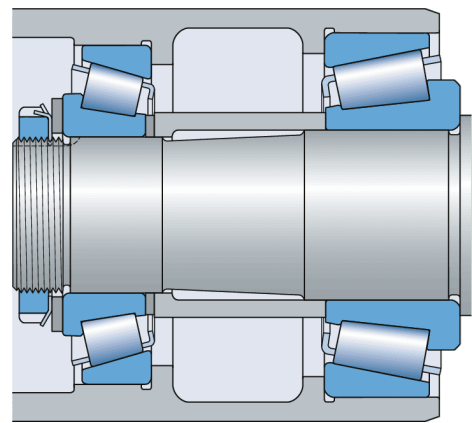


Figure 2: Montage de roulements en opposition avec ajustement axial, roulements à rouleaux coniques disposés en O. [4]



**I.1.5 Montage des coussinets**

Afin de limiter les frottements, le coussinet doit être monté serré sur l'alésage, et glissant sur l'arbre, et non l'inverse. De cette façon la vitesse de glissement est la plus faible [4]

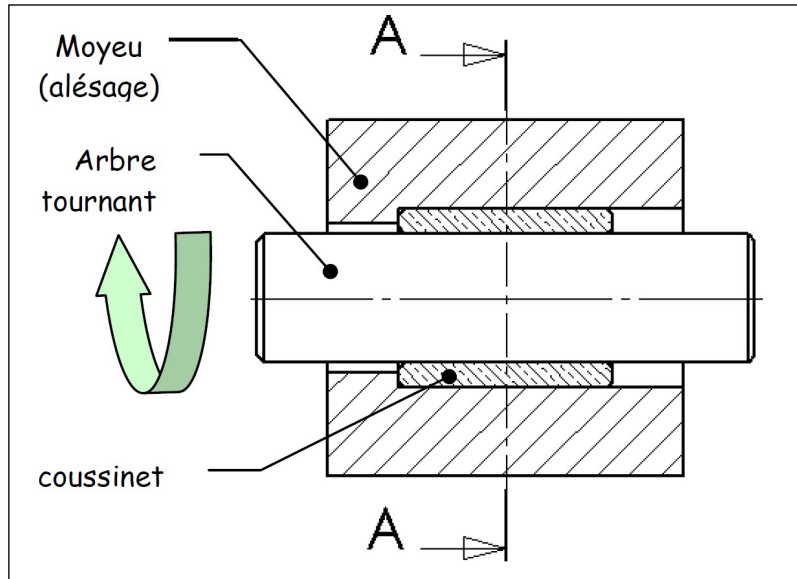


Figure 3: Montages des coussinets [4]

**I.1.6 Le montage des roues dentées**

Un engrenage est une transmission de puissance entre deux arbres rapprochés, modifiant le couple transmis ainsi que la vitesse de rotation dans un rapport précis et constant. Les deux arbres doivent être proches, ils peuvent être parallèles, concourants, orthogonaux ou encore de position quelconque entre eux

Il existe de nombreuses solutions pour fixer un engrenage à un arbre :

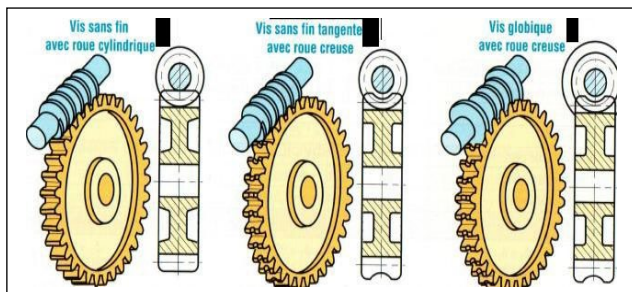


Figure 5: Engrenages droits à denture hélicoïdales

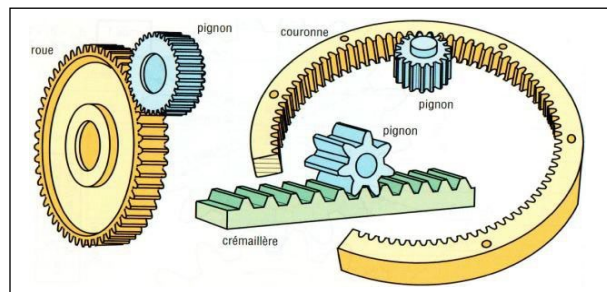


Figure 4: Engrenages droits à denture droite

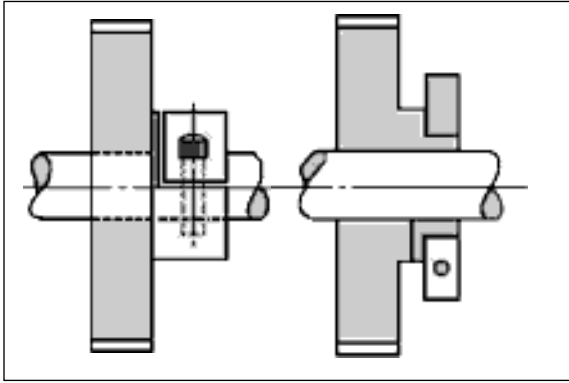


Figure 10: Pièce jointe avec un Vis de fixation [4]

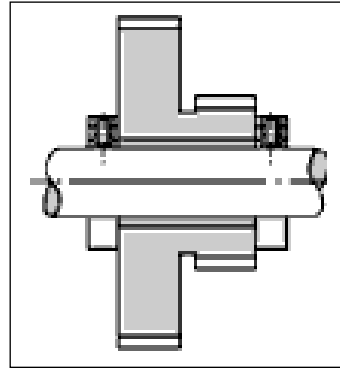


Figure 7: Pièce jointe avec un Anneau de verrouillage [4]

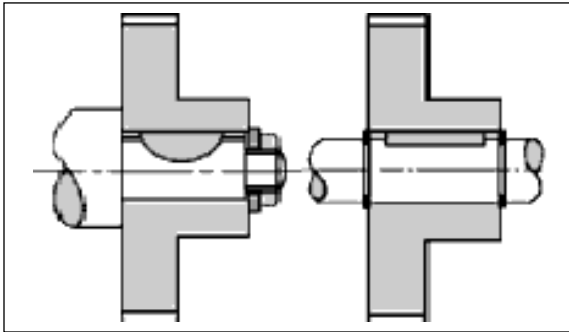


Figure 8: Pièce jointe avec un Clé et circlips [4]

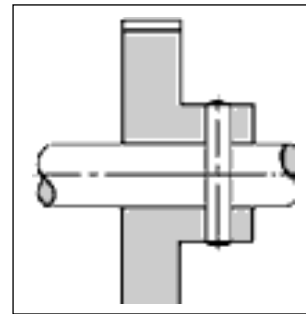


Figure 9: Pièce jointe avec un goupille [4]

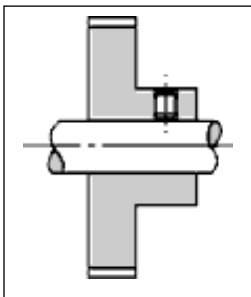


Figure 6: Pièce jointe avec un Douille autolubrifiante (deux bagues) [4]

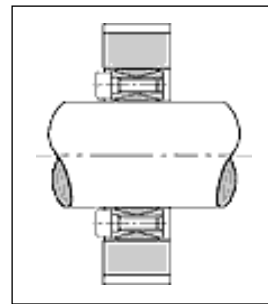


Figure 11: Pièce jointe avec un Verrouillage assy [4]

## I.2 La rugosité de surface

### I.2.1 Définition de l'État de surface :

En mécanique, l'état de surface est un élément de cotation d'une pièce indiquant la fonction, la rugosité, la géométrie et l'aspect des surfaces usinées. [53]

### I.2.2 Définition de la Rugosité :

La rugosité est une caractéristique de l'état de surface d'un matériau solide. C'est aussi un paramètre d'un écoulement se produisant sur ce matériau. [53]

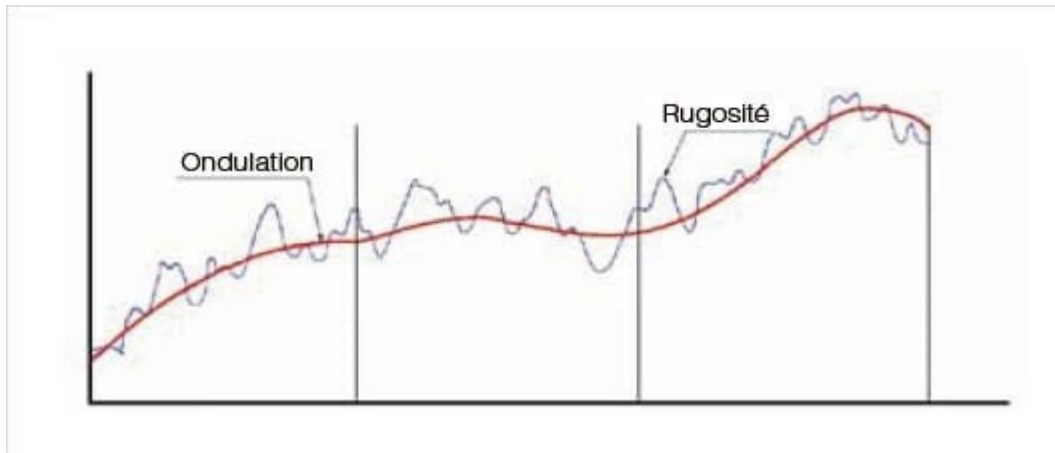


Figure 12:Rugosité (rugosité de surface). [53]

### I.2.3 Méthodes de mesure

Il y a plusieurs méthodes pour évaluer un état de surface :

- Échantillon de comparaison visuelle
- Par contact (stylus)
- Sans-contact : Optique (laser)

#### I.2.3.1 Outils de comparaison visuelle

##### I.2.3.1.1 Rugotest

Le Rugotest est un test de comparaison qui permet une surface en utilisant une référence à sa rugosité à juger. La comparaison est effectuée optiquement, à l'oeil et au toucher, le toucher du doigt. Il convient de noter que chacun des usinages (tournage, fraisage,..) et la référence doit correspondre à déterminer la surface. [53]



Figure 13: Rugotest [53]

### 1.2.3.2 Mesure par contact

Lorsque les comparaisons visuelles et tactiles ne pas sont suffisantes pour distinguer une différence de rugosité entre deux surfaces, on utilise un profil mètre (rugosimètre). Ces appareils déterminent de manière sûre et précise un certain nombre de paramètres de rugosité (Ra, Rz...). [53]

#### Propriété :

- Précis et répétitif
- Possible d'évaluer une multitude de paramètres
- Abordable
- Certifiable
- Standards existant (ISO, ANSI, BS, DIN, JIS)
- Profilomètre
- Profilomètres à contact
- Profilomètre d'état de surface à contact



Figure 15: Dispositifs de mesure par contact [1]

### I.2.3.3 Mesure sans contact

- Profilomètres optiques à balayage

### I.2.4 Objectif

Tous les objets, et notamment les pièces constitutives des produits industriels, au niveau des interfaces entre les pièces d'un assemblage avec mouvement relatif, les divers phénomènes de contraintes et de frottements évoluent continuellement jusqu'à la perte de performance qui va entraîner la déficience du mécanisme.

La maîtrise de l'état de surface par le choix d'un ou plusieurs paramètres adaptés permettra de garantir la qualité du fonctionnement tout au long de la durée de vie du produit. [53]

#### Raisons des spécifications :

- Assurer une bonne adhésion
- Résistance à l'usure
- Assurer une lubrification adéquate
- Garder contact entre 2 pièces
- Apparence esthétique
- Aérodynamisme
- Performances

## I.3 Ajustement

### I.3.1 Définition

Un ajustement représente l'assemblage de deux pièces, l'une contenant un alésage (partie femelle), l'autre contenant l'arbre (partie mâle) de même dimension nominale.

En mécanique, c'est un terme généralement utilisé pour désigner un jeu ou un serrage.[7]

Pour qu'il y ait ajustement, il faut que l'une des pièces pénètre dans l'autre.

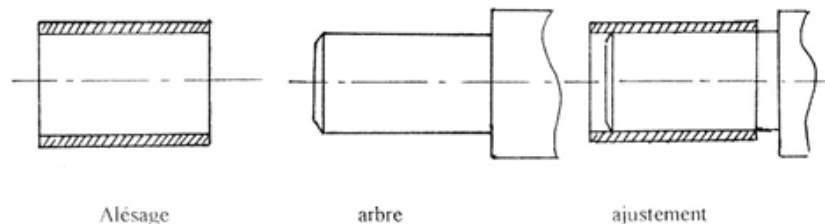


Figure 16: Composante d'un ajustement [2]

### I.3.2 Types d'Ajustement

Il existe 3 types généraux d'ajustements :

- **Ajustement avec jeu**

La figure 24 présente un exemple d'ajustement avec jeu (H7 f6) [3]

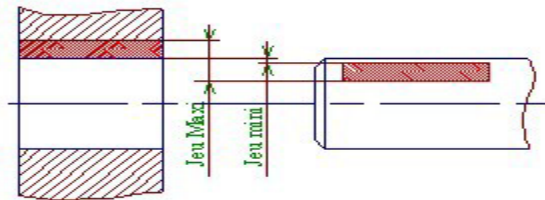


Figure 17: Exemple d'un ajustement avec jeu. [3]

- **Ajustement avec serrage**

La figure 25 présente un exemple d'ajustement avec serrage (H8 p6). [3]

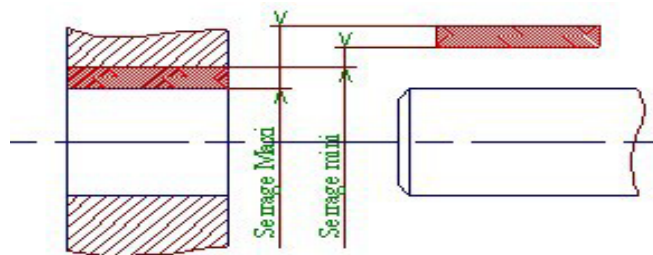


Figure 18: Exemple d'un ajustement avec serrage. [3]

- **Ajustement incertain**

La figure 26 présente un exemple d'ajustement incertain (H7 js6). [3]

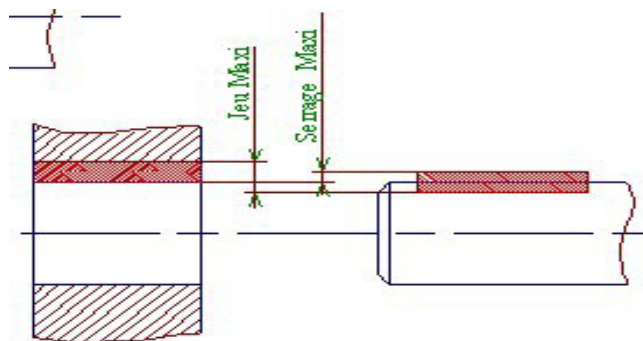


Figure 19: Exemple d'un ajustement incertain. [3]

Le calcul des jeux est donné par les deux relations suivantes :

$$J_{\text{mini}} = \text{Cote}_{\text{mini}} - \text{Cote}_{\text{maxi}}$$

$$J_{\text{maxi}} = \text{Cote}_{\text{maxi}} - \text{Cote}_{\text{mini}}$$

Un jeu négatif est un serrage ou interférence.

G = Glissant donc jeu

M = Maillet donc serrage

P = Presse donc serrage

**A retenir :** Pour l'alésage la lettre est une majuscule et pour l'arbre une minuscule.

De plus le chiffre se trouvant derrière la lettre indique la précision de l'usinage : plus le chiffre est bas, plus la tolérance est serrée. [7]

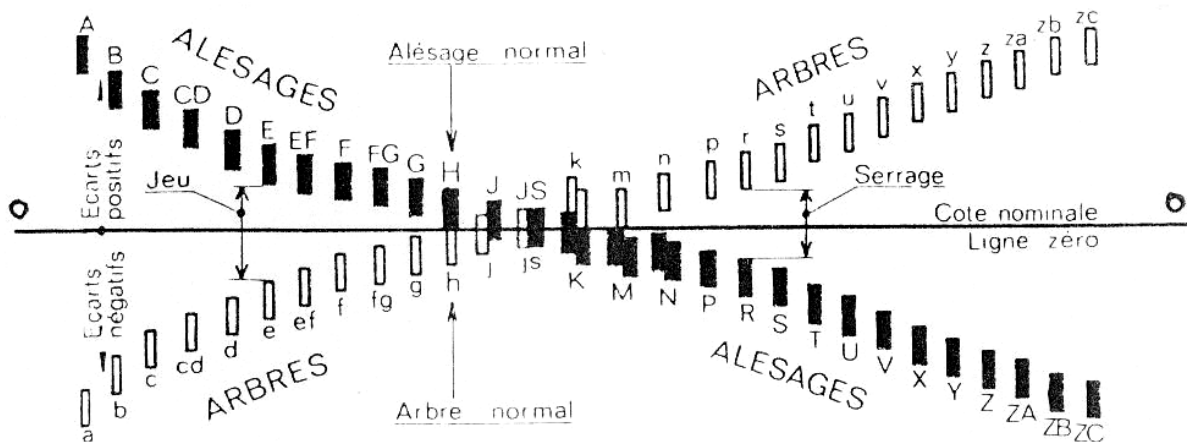


Figure 20:Arbre-Alésage-Positions Schématisés des tolérances[7]

**ALESAGES :** A, B, C, CD, D, E, EF, F, FG, G, H, J, JS, K, M, N, O, P, R, S, T, U, V, X, Y, Z, ZA,ZB, ZC.

**Arbres :** a, b, c, cd, d, e, ef, f, fg, g, h, j, js, k, m, n, o, p, r, s, t, u, v, x, y, z, za, zb, zc.

Tableau 1:Tableau des calculs des jeux[7]

	Ecarts supérieurs	Ecarts inférieurs	Intervalle de tolérance
Arbre	es	ei	$IT_a=es-ei$
Alésage	ES	EI	$IT_{al}=ES-EI$

$$\text{jeu Maxi} = \text{ALÉSAGE Maxi} - \text{arbre mini} = (D_{\text{nomi}} + ES) - (D_{\text{nomi}} + ei) = ES - ei$$

$$\text{jeu mini} = \text{ALÉSAGE mini} - \text{arbre Maxi} = (D_{\text{nomi}} + EI) - (D_{\text{nomi}} + es) = EI - es$$

**I.3.3 Propriétés**

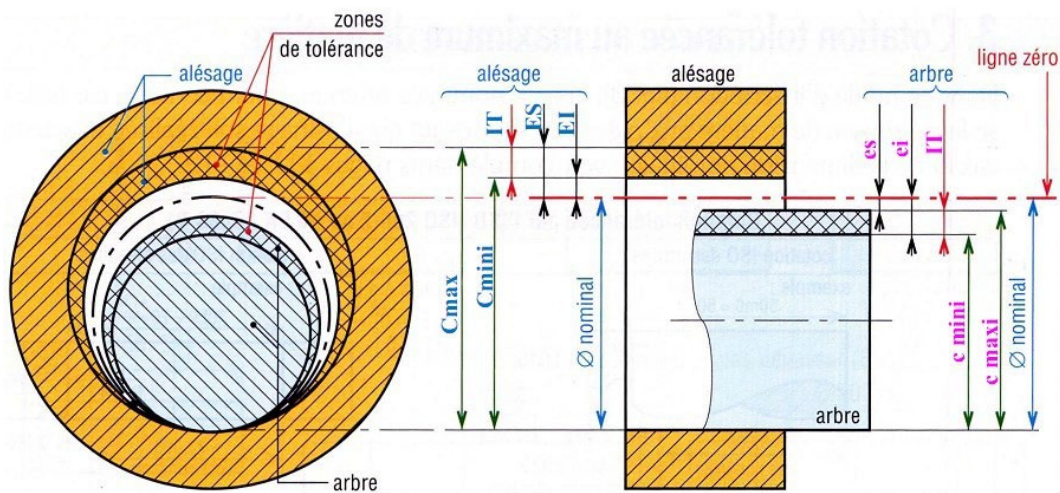
L'association écart (lettre) plus tolérance (chiffre) permet d'obtenir un grand nombre d cotes tolérancées possibles : 30g5, Ø 50F6, Ø 60M6....

La combinaison de ces cotes tolérancées permet d'obtenir un grand nombre de cotes d'ajustement possibles pour définir les jeux ou serrages des assemblage (Ø 50 H7f6, 60 H8p7...).[5]

**I.4 Tolérance**

**I.4.1 Définition des tolérances**

La tolérance est égale à la différence entre la valeur limite maximale et minimale.[1]



I

Figure 21: Cotation tolérancée et ajustement [3]

Les tolérances géométriques limitent les écarts admissibles de forme, d'orientation, de position ou de battement d'un élément (point, ligne, surface) en définissant une zone de tolérance à l'intérieur de laquelle l'élément doit être compris. [1]

**I.4.3 Types de tolérances géométriques**

**I.4.3.1 Tolérances de forme**

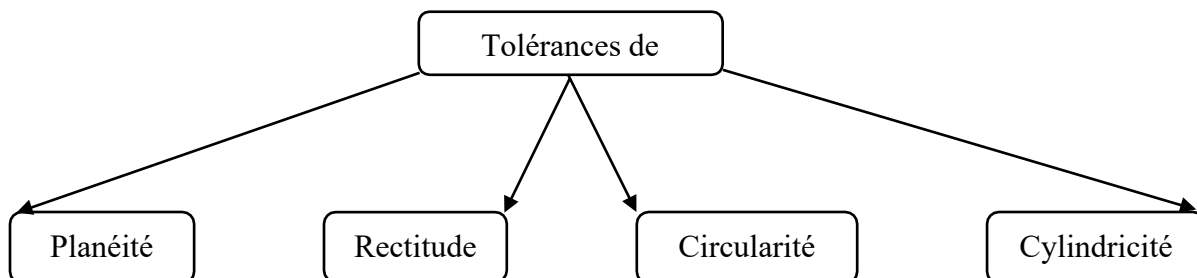


Figure 22: Schéma de tolérance de forme



### I.4.3.1.1 Rectitude

Une ligne quelconque du plan suivant la direction donnée, doit être comprise entre deux droites parallèles distantes de 0,02.

Pour une ligne convexe, les droites sont orientées pour que la valeur  $h$  soit minimale. [1]

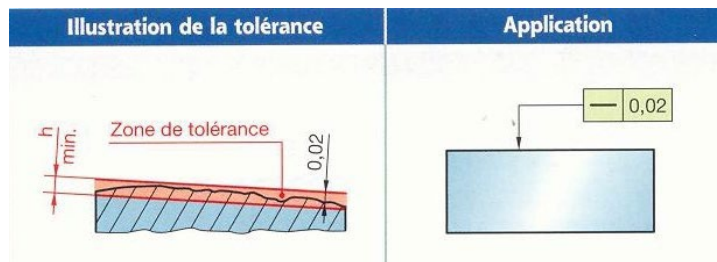


Figure 23: Tolérance de forme Rectitude [1]

### I.4.3.1.2 Planéité

Une planéité quelconque de la surface, sur une longueur de 80, doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,05. [1]

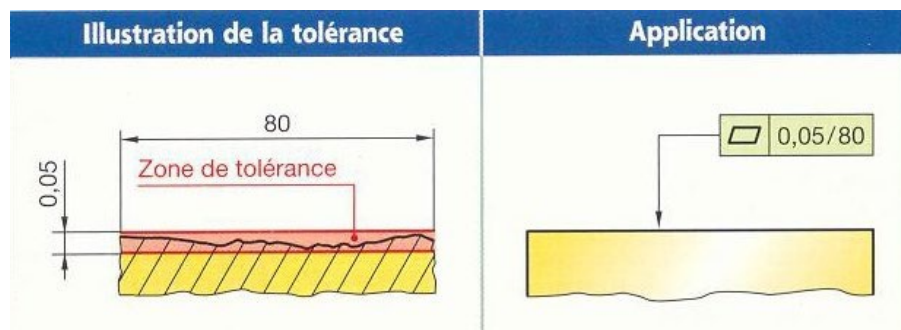


Figure 24: Tolérance de forme Planéité [1]

### I.4.3.1.3 Circularité

Le profil de chaque section droite doit être compris entre deux cercles coplanaires concentriques dont les rayons diffèrent de 0,02.

Le cercle intérieur est le plus grand cercle inscrit. [1]

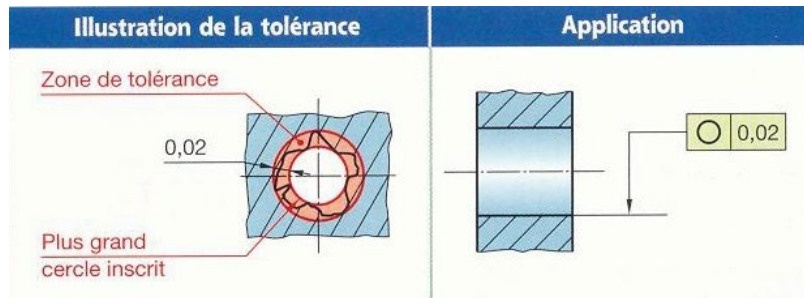


Figure 25: Tolérance de forme Circularité [1]

**I.4.3.1.4 Cylindricité**

La surface doit être comprise entre deux cylindres coaxiaux dont les rayons diffèrent de 0,005.

Le cylindre extérieur est le plus petit cylindre circonscrit. [1]

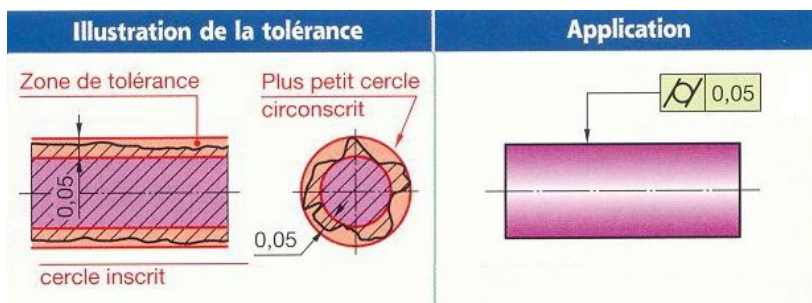


Figure 26: Tolérance de forme Cylindricité [1]

**I.4.3.2 Tolérance d'orientation**

- Une tolérance d'orientation d'un élément est donnée obligatoirement par rapport à un autre élément pris comme références.
- Pour l'inclinaison, il est nécessaire d'indiquer, en plus, l'angle par rapport à l'élément de référence. [1]

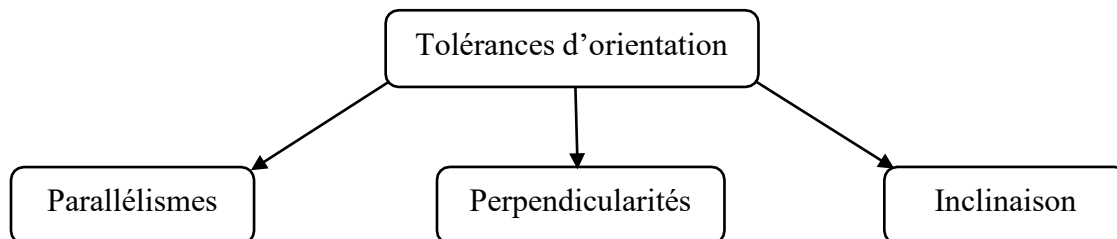


Figure 27: Scéma des tolérances d'orientation

**I.4.3.2.1 Parralélisme**

La surface tolérancée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,05 et parallèles au plan de référence A. [1]

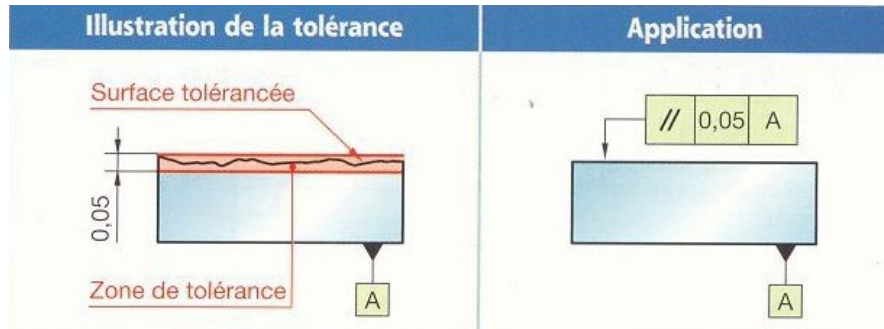


Figure 28: Tolérance d'orientation de Parallélisme [1]

**I.4.3.2.2 Perpendicularité**

La surface tolérancée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,005 et perpendiculaires au plans de référence A. [1]

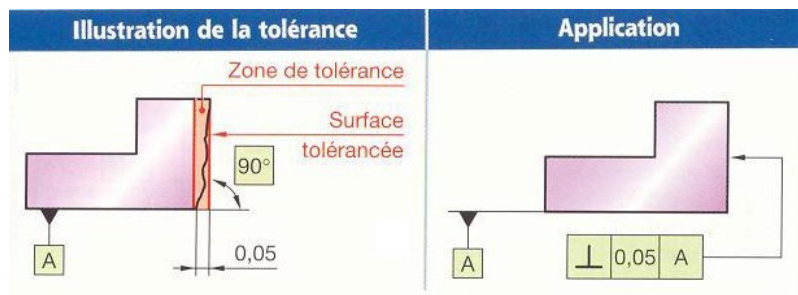


Figure 29: Tolérance d'orientation de Perpendicularité [1]

**I.4.3.2.3 Inclinaison**

La surface tolérancée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,08 et inclinés de 45° par rapport à l'axe du cylindre de référence A. [1]

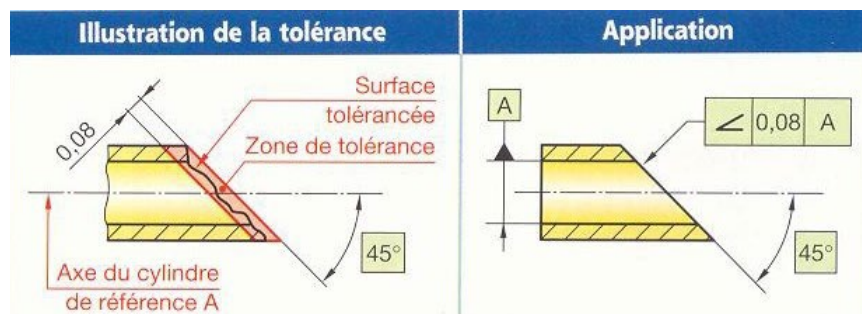


Figure 30: Tolérance d'orientation d'Inclinaison [1]

**I.4.3.3 Tolérance de position**

- La localisation théorique de l'élément est définie, par rapport au système de référence, au moyen de cotes encadrées.
- La zone de tolérance est répartie également de part et d'autre de cette position théorique exacte. [1]

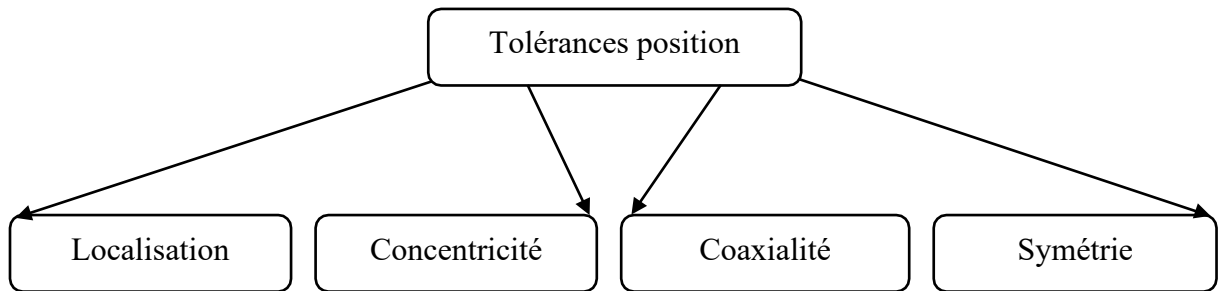


Figure 31: Scéma des tolérances de position

**I.4.3.3.1 Localisation**

La surface tolérancée doit être comprise entre deux plans parallèles distants de 0,05 et disposés symétriquement par rapport à la position théorique exacte. [1]

A: référence primaire ( plan ).

B: référence secondaire ( axe d'un cylindre court).

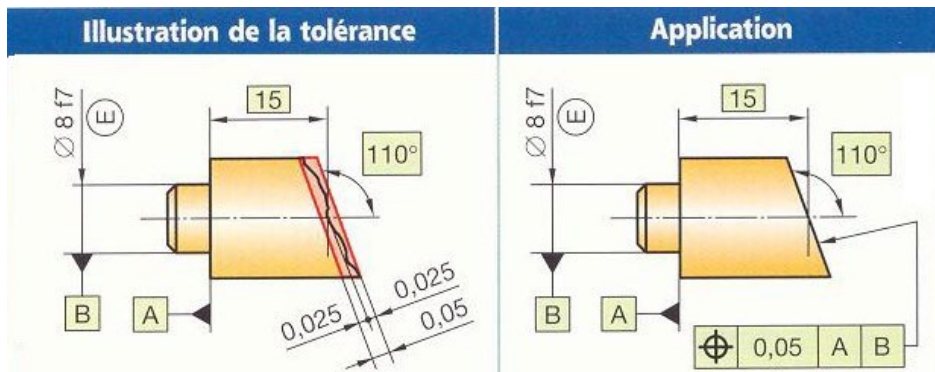


Figure 32: Tolérance de position de localisation. [1]

**I.4.3.3.2 Coaxialité**

L'axe du cylindre  $\varnothing 24$  h8 doit être comprise dans une zone cylindrique de  $\varnothing 0,02$  coaxiale à l'axe du cylindre de référence  $\varnothing 18$  h6 . [1]

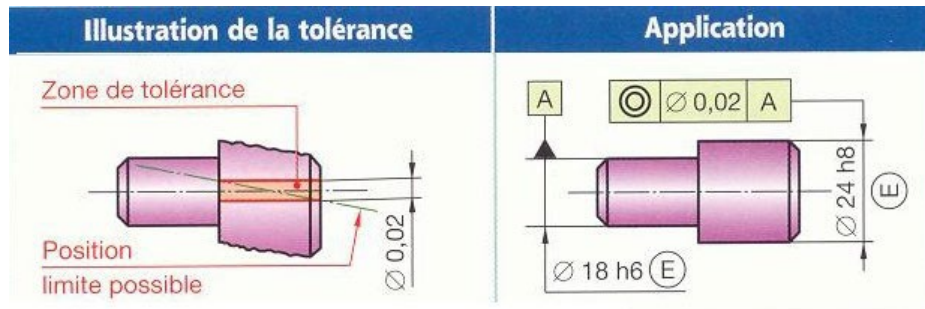


Figure 33:: Tolérance de position de la Coaxialité [1]

#### I.4.3.3.3 Symétrie

Le plan médian de la rainure doit être compris entre deux plan parallèles distants de 0,04 et disposés symétriquement par rapport au plan médian du cylindre.

Dans ce cas, l'orientation du plan médian du cylindre est donnée par le plan médian de la rainure. [1]

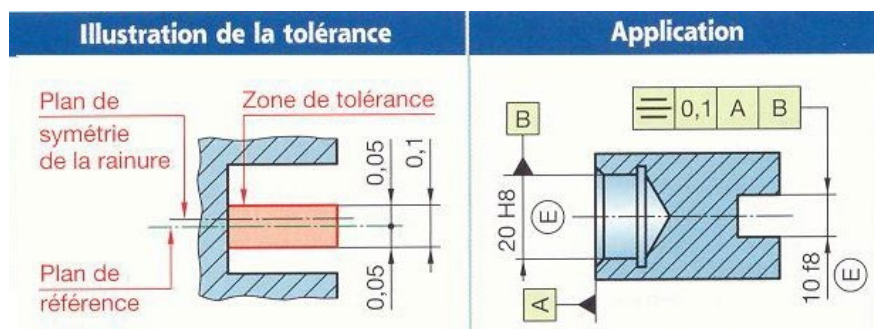


Figure 34: Tolérance de position de symétrie [1]

\*Coaxialité: pour des axes,

\*\* concentricité: pour des centres.

#### I.4.3.4 Tolérances de battement

- Les tolérances de battement s'appliquent aux surfaces de révolution.
- Les tolérances de battement permettent d'exprimer directement les exigences fonctionnelles de surfaces telles que: roues de friction, galets de roulement, jantes de roues, meules, sorties d'arbres de moteurs électriques ... [1]

##### I.4.3.4.1 Battement simple axial

La zone de tolérance est limitée pour chaque position radiale, par deux circonférences distantes de  $t$  situées sur le cylindre de mesurage dont l'axe coïncide avec l'axe de référence.[1]

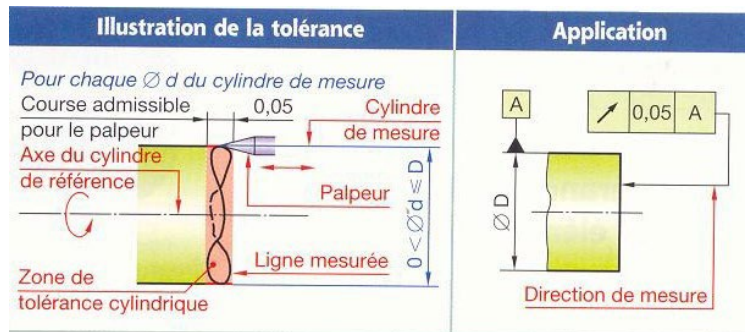


Figure 35: Battement circulaire axial [1]

**I.4.3.4.2 Battement simple radial**

La zone de tolérance est limitée dans chaque plan de mesure perpendiculaire à l'axe par deux cercles concentriques distants de  $t$  dont le centre coïncide avec l'axe de référence.[1]

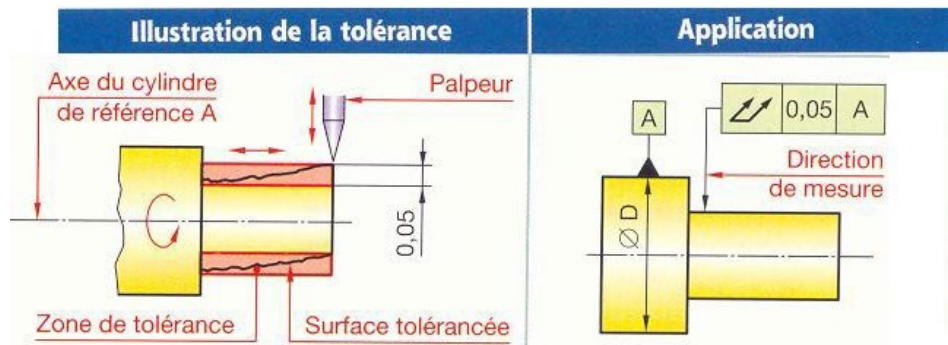


Figure 36: Battement circulaire radial [1]

**I.4.3.4.3 Battement simple oblique**

La zone de tolérance est limitée sur chaque cône de mesure par deux circonférences distantes de  $t$ . Chaque cône de mesure a ses génératrices dans la direction spécifiée et son axe coïncide avec l'axe de référence.[1]

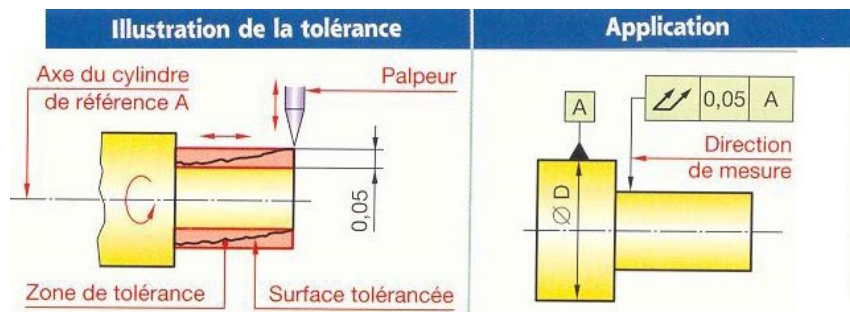


Figure 37: Battement total dans une direction spécifiée [1]

# **Chapitre II**

## **[Cas d'Etude]**

## I.1 OBJECTIF

Fabrication d'un arbre et d'un alésage de diamètre nominale  $\varnothing 40\text{mm}$  avec un ajustement de montage sans jeu (glissant) tout en notons un suivi de l'usure de la plaquette d'usinage.

## I.2 Choix d'un matériau

### I.2.1 Matériau utilisé (Acier faiblement allié)

Le brut  $\varnothing 50\text{mm}$ , longueur 200mm pour arriver à  $\varnothing 40\text{mm}$  et une longueur de 150mm.

Désignation Européenne : **42CrMo4**

Désignation Française : **42CD4**

Produit livré suivant norme EN 10269

**42CrMo4** est un acier traitable thermiquement qui contient au moins 0.9%Cr, 0.15%Mo comme éléments de renforcement. Après trempé et revenu, il obtient une résistance élevée, une bonne ténacité aux chocs à basse température avec une résistance à la traction typique de 900-1200 N / mm<sup>2</sup>. 42CrMo4 acier a meilleures performances que l'acier 34CrMo4 en raison de la teneur plus élevée en carbone et en chrome. Similaire à AISI 4140, seulement une petite différence dans la teneur en Mn, Cr. Ce matériau a également une bonne usinabilité, une bonne résistance à l'usure, mais la fragilité de la trempé n'est pas évidente, et mauvaise soudabilité. [14]

Exemple : 35 Cr Mo 4S (acier avec 0.35% de Carbone, 1% de chrome, moins de 1% de Molybdène. Cet acier est soudable)

## I.3 Machine utilisée (Tour parallèle conventionnel)

Le tour est une machine-outil qui permet de façonner des pièces par enlèvement de copeaux. Les étapes du procédé d'usinage sont commandées individuellement par l'opérateur sans l'aide d'un programme d'usinage à commande numérique. Contrairement à beaucoup d'autres machines-outils, c'est la pièce qui tourne et l'outil qui est maintenu fixe. [8]





Figure 1: Tour parallèle conventionnel [8]

I.3.1 Description

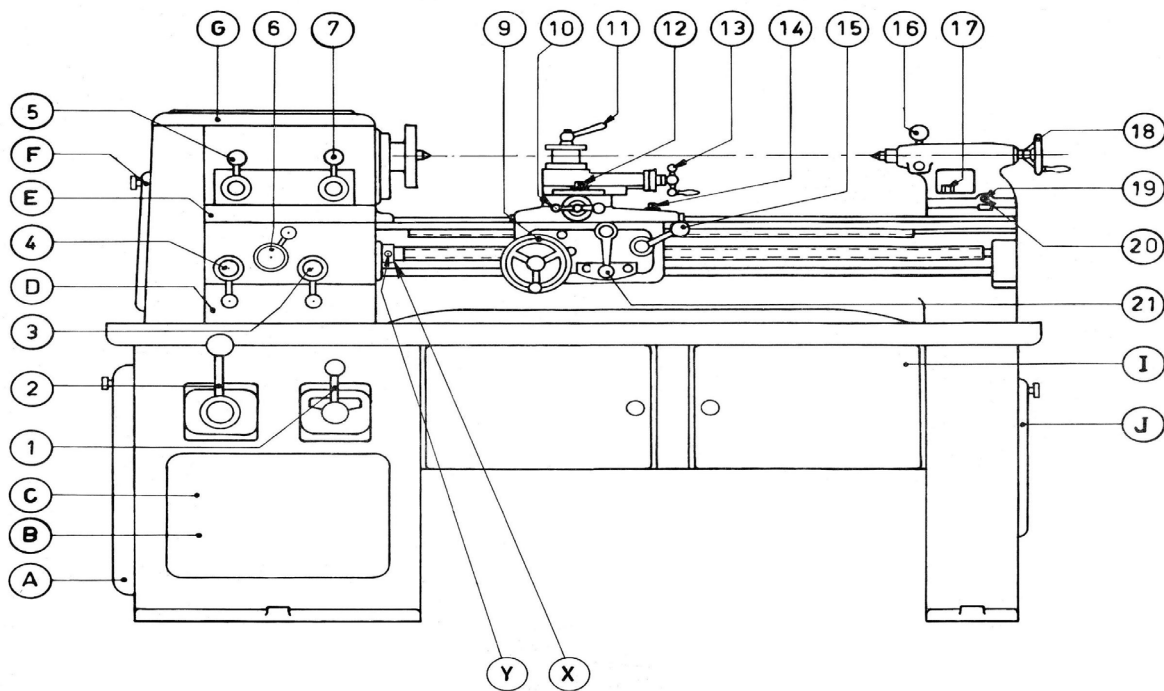


Figure 2: Scéma structurelle d'un tour parallèle [8]

Tableau 1: élément du machine[8]

<b>1</b>	Levier de commande (inverseur et commutateur) du moteur	<b>17</b>	Écrou de blocage de la contre-pointe sur le banc
<b>2</b>	Levier de commande de la boîte de vitesse	<b>18</b>	Volant de commande du canon de la contre-pointe
<b>3</b>	Levier d'inversion du sens de rotation (tringle - vis-mère)	<b>19</b>	Vis de désaxage de la contre-pointe
<b>4</b>	Levier de sélection des filetages et avances	<b>20</b>	Contre-vis de désaxage de la contre-pointe
<b>5</b>	Levier donnant (position harnais) les mouvements lent et rapide	<b>21</b>	Levier d'embrayage des mouvements automatiques longitudinal et transversal des chariots
<b>6</b>	Levier baladeur de sélection des filetages et avances	<b>A</b>	Couvercle d'accès à la poulie d'entrée de la boîte de vitesse
<b>7</b>	Levier donnant à la poupée les vitesses à la volée ou au harnais	<b>C</b>	Accès au moteur principal
<b>9</b>	Volant de commande à la main du chariot longitudinal	<b>D</b>	Couvercle d'accès à l'inverseur
<b>10</b>	Commande à la main du chariot transversal	<b>E</b>	Couvercle d'accès au graissage de la boîte « norton »
<b>11</b>	Levier de blocage de la tourelle porte-outils	<b>F</b>	Porte d'accès à la tête de cheval
<b>12</b>	Vis (deux) de blocage de l'orientation du chariot porte-outils	<b>G</b>	Couvercle de la poupée fixe
<b>13</b>	Commande à la main du chariot porte-outils	<b>I</b>	Portes des armoires à outils
<b>14</b>	Vis de blocage du chariot longitudinal	<b>J</b>	Couvercle d'accès au dispositif de lubrification
<b>15</b>	Levier commandant les demi-écrous de la vis mère (filetage)	<b>X</b>	Manchon
<b>16</b>	Levier de blocage du fourreau de la contre-pointe	<b>Y</b>	Vis

**I.3.2 Opérations réalisées**

**I.3.2.1 Dressage**

C'est une opération qui consiste à usiner une surface plane perpendiculaire à l'axe de la broche extérieure ou intérieure.[8]

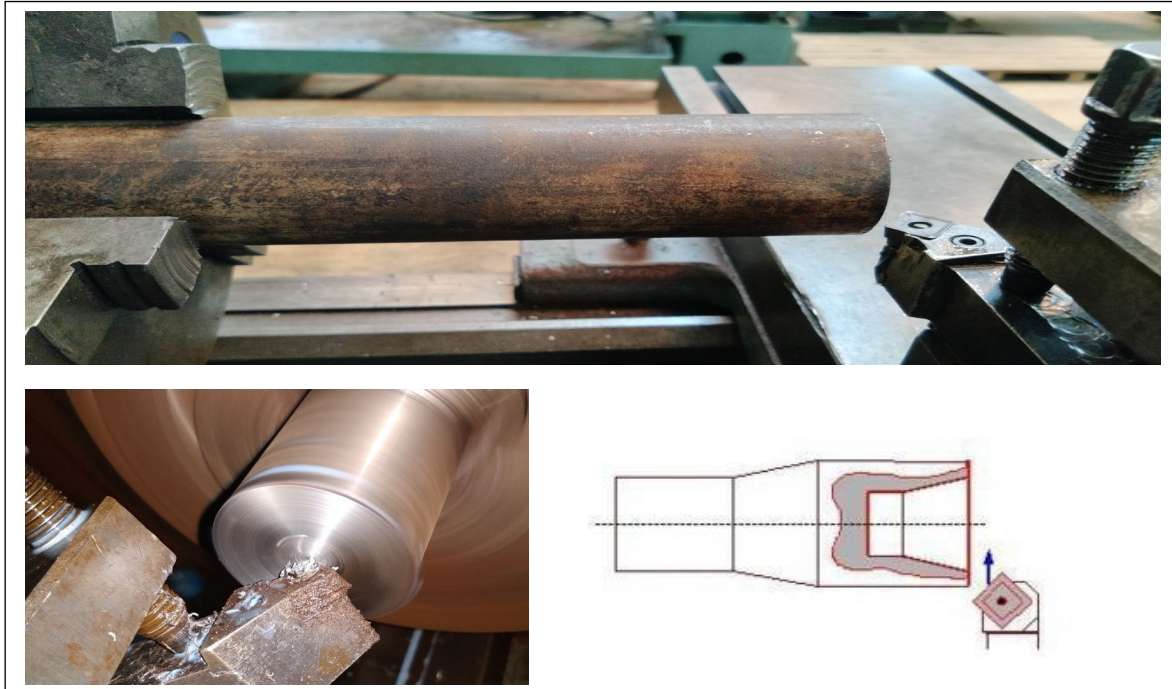


Figure 3: Dressage

**I.3.2.2 Chariotage**

C'est une opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique extérieure. [8]

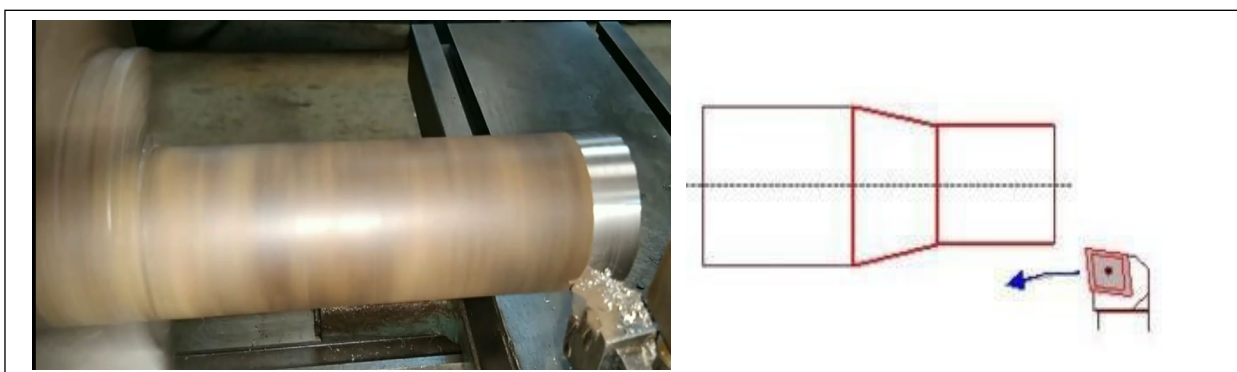


Figure 4: Chariotage

### I.3.2.3 Perçage

C'est une opération qui consiste à usiner un trou à l'aide d'un foret. [8]

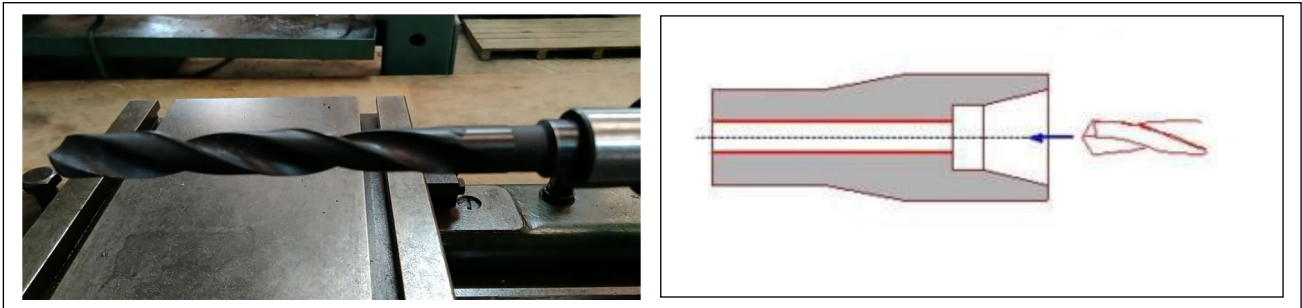


Figure 5 : Perçage

Cette opération était réalisée par plusieurs forets de différents diamètres :

Tableau 2 : Opérations de perçage

Numéro de passe	Diamètre de foret	Observations
N°01	Ø10	Passe réaliser
N°02	Ø12	Passe réaliser
N°03	Ø12	Passe réaliser
N°04	Ø14	Passe réaliser
N°05	Ø15	Passe réaliser
N°06	Ø21	Passe réaliser
N°07	Ø25	Rupture de foret
N°08	Ø26	Passe réaliser
N°09	Ø31	Passe réaliser
N°10	Ø32	Passe réaliser
N°11	Ø34	Passe réaliser
N°12	Ø36	Passe réaliser
N°13	Ø38	Passe réaliser
N°14	Ø40	Passe réaliser

### I.3.3 Outil utilisée (La plaquette d'usinage en carbure)

Les carbures sont des agglomérats de cobalt et de divers carbures obtenus par frittage. Ils conservent leur dureté à des températures extrêmes. Outil indispensable pour le tournage conventionnel et numérique. Ils ont des vitesses de coupe élevées (jusqu'à 200 m/min). Comme pour les plaquettes brasées pour l'usinage de matériaux durs, l'outil aura un biseau d'affûtage négatif. Le plus grand intérêt est que la plaquette offre 3 ou 4 arêtes de coupe sur chacune des deux faces (cas le plus courant), de plus, la précision du système de fixation permet de retourner la plaquette sur son support sans réajuster la plaquette. Ce qui précède est lié à la pièce à usiner (au stade de l'ébauche). [14]

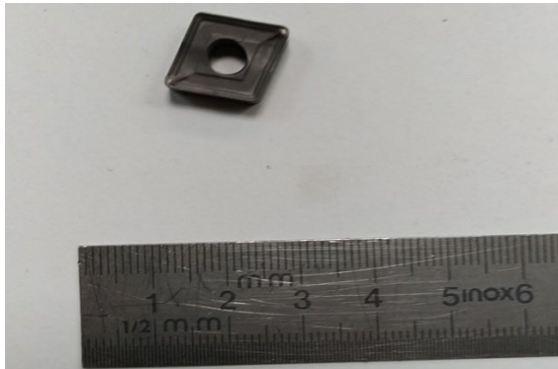


Figure 8: Plaquette d'usinage en carbure



Figure 7: Porte outil

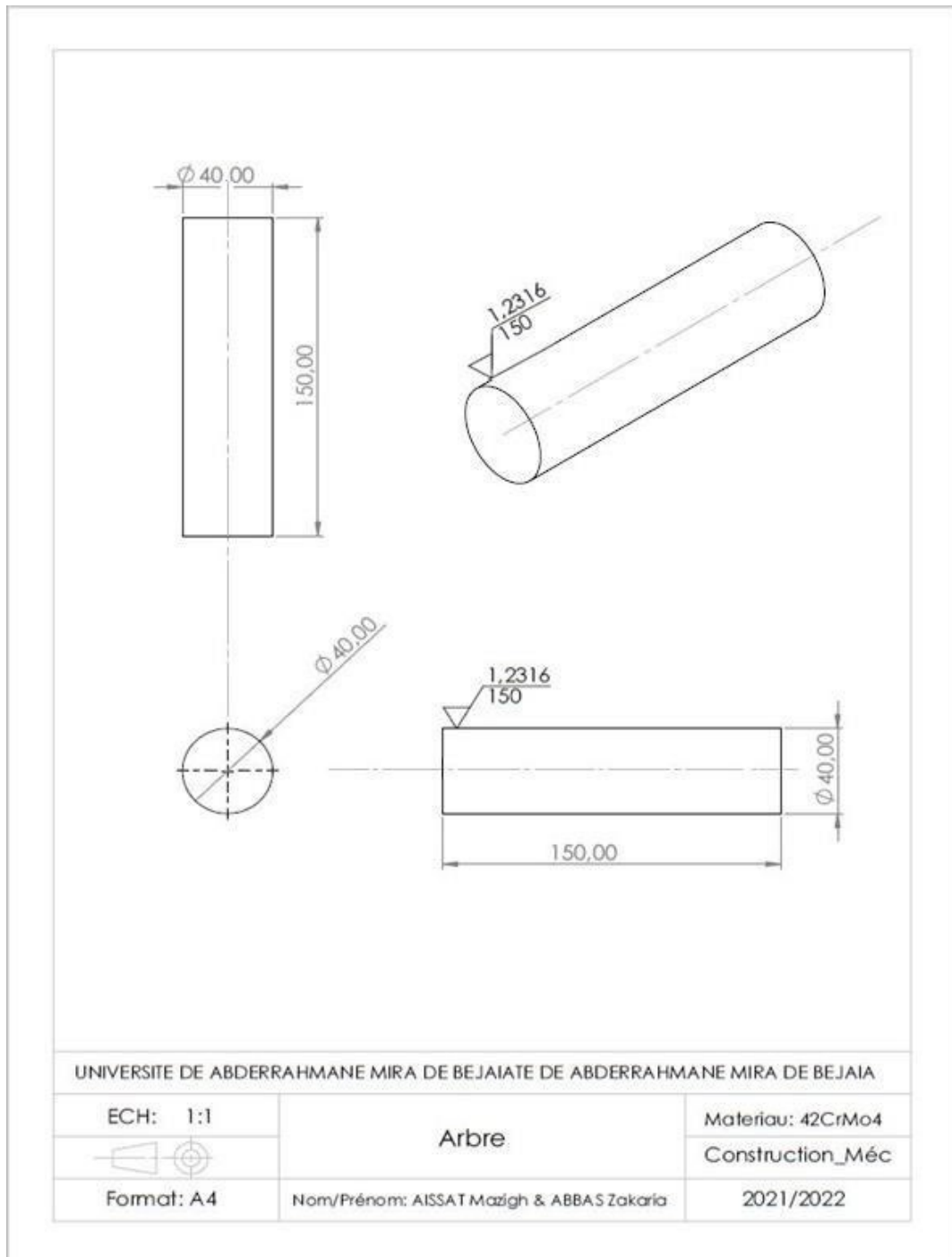


Figure 9: Outil à aléser section ronde pour finition de l'alésage

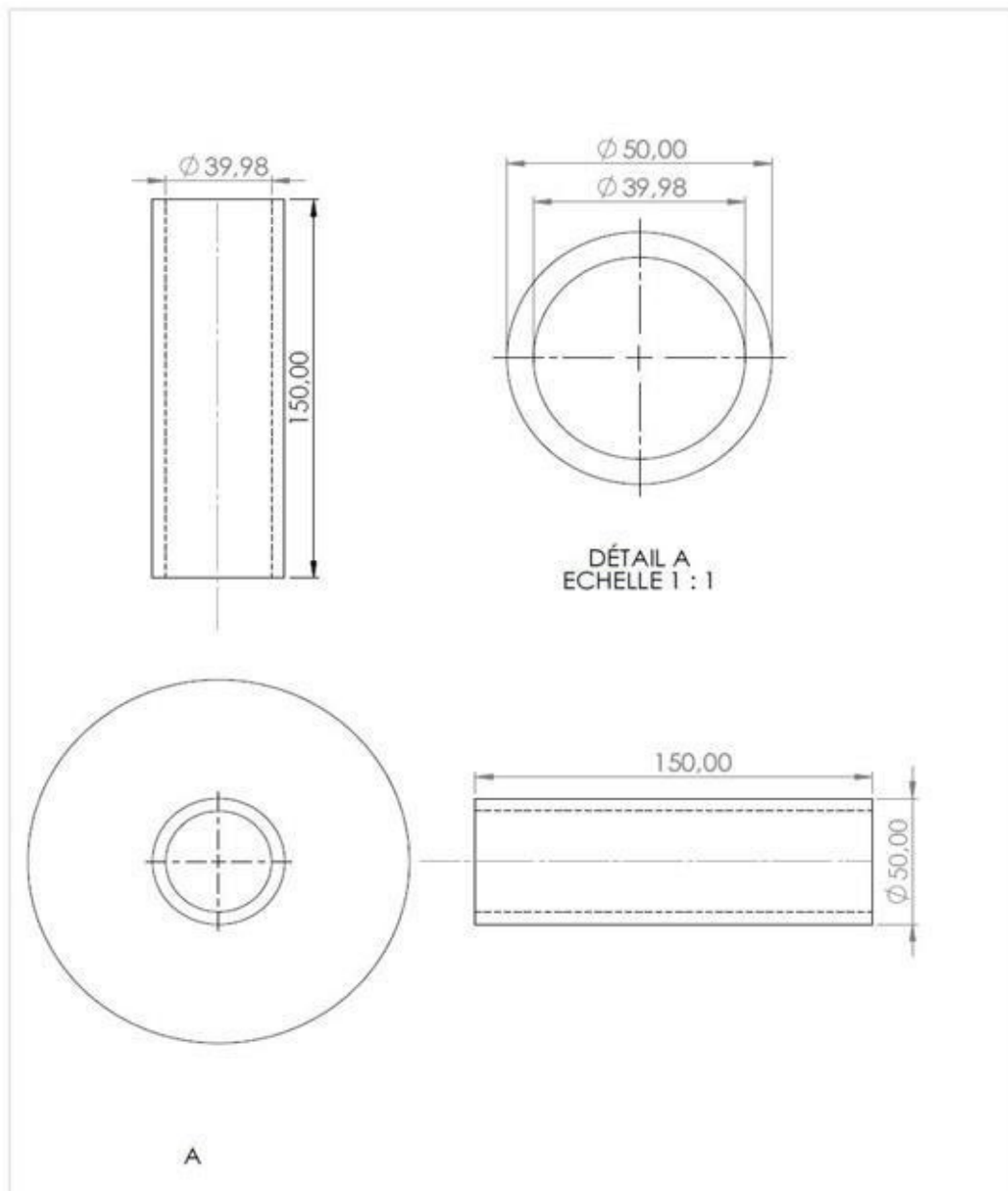
Avec  $V_c = (3.14 * D * N) / 1000$

I.3.4 Dessin de définition normalisé

- Arbre



▪ Alésage



UNIVERSITE DE ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIATE DE ABDERRAHMANE MIRA DE BEJAIA		
ECH: 1:1	Alésage	Materiau: 42CrMo4
		Construction_Méc
Format: A4	Nom/Prénom: AISSAT Mazigh & ABBAS Zakaria	2021/2022

I.3.5 Gamme d'usinage

Nom, Prénom: Abbas Zakaria Aissat Mazigh		FEUILLE D'ANALYSE D'USINAGE		BUREAU DES METHODES
Elément: Arbre et Alésage		Ensemble:		Symboles :
Matière: 42CrMo4		Brut:		Appui :
				Centrage :
				Serrage :
No. ph.	Désignation des phases, sous phases et opérations	Machine	Appareillage:	Croquis de la pièce à ses divers stades d'usinage
10	<u>CONTROLE DU BRUT</u>			
20	<u>Tournage</u> Référentiel défini par: <u>chariotage</u> Ébauchage 0,1mm La finition 0,01mm		Outil Couteau	
30	<u>Tournage</u> Référentiel défini par: Centrage Perçage Dressage		Un foret Outil couteau	

Figure 10 Gamme d'usinage des deux pièces



**I.3.6 Les opérations de contrôles métrologiques, mesure des rugosités des surfaces arbre moyen**

La procédure métrologique des profils et des rugosités de surfaces des deux pièces mécanique usiné sont prises à une longueur de 20mm toute au long des pièces par 5 points choisis aléatoirement.

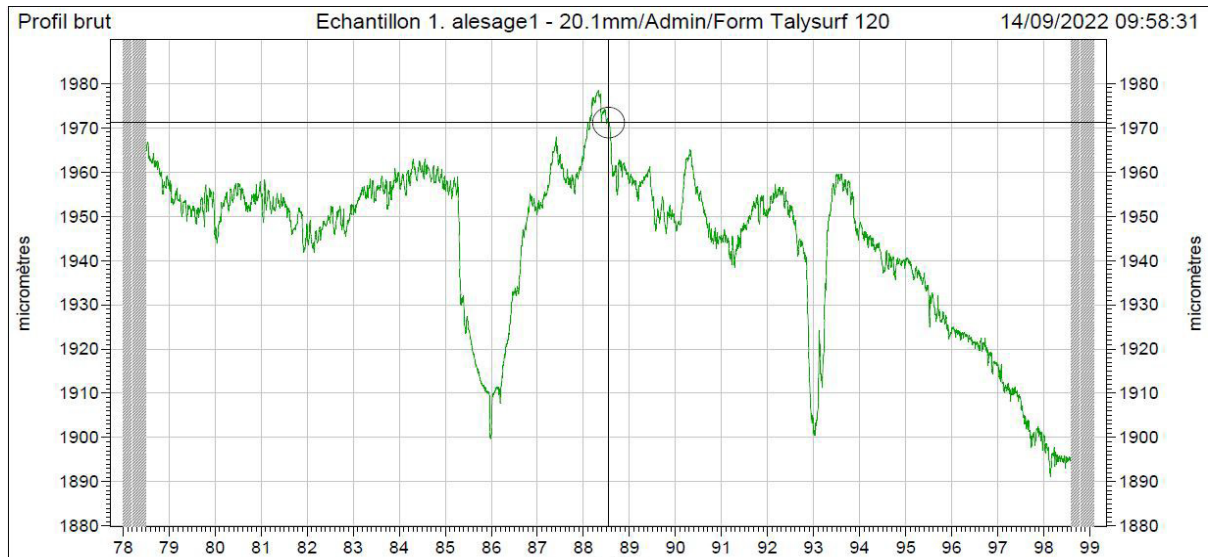


Figure 48: Profil d'échantillon 1. Alesage 1

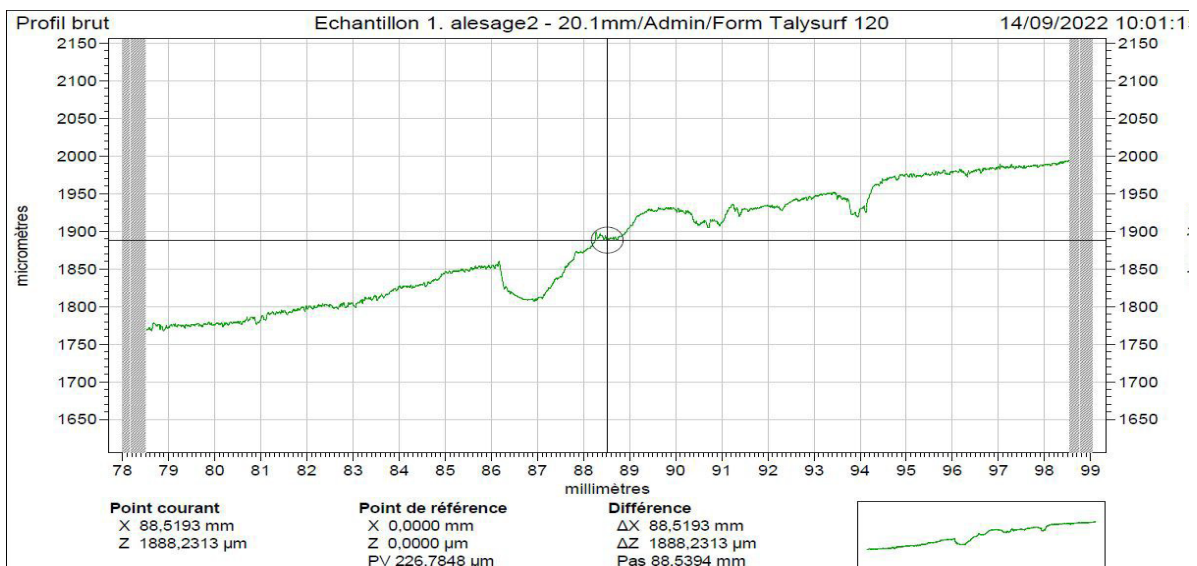
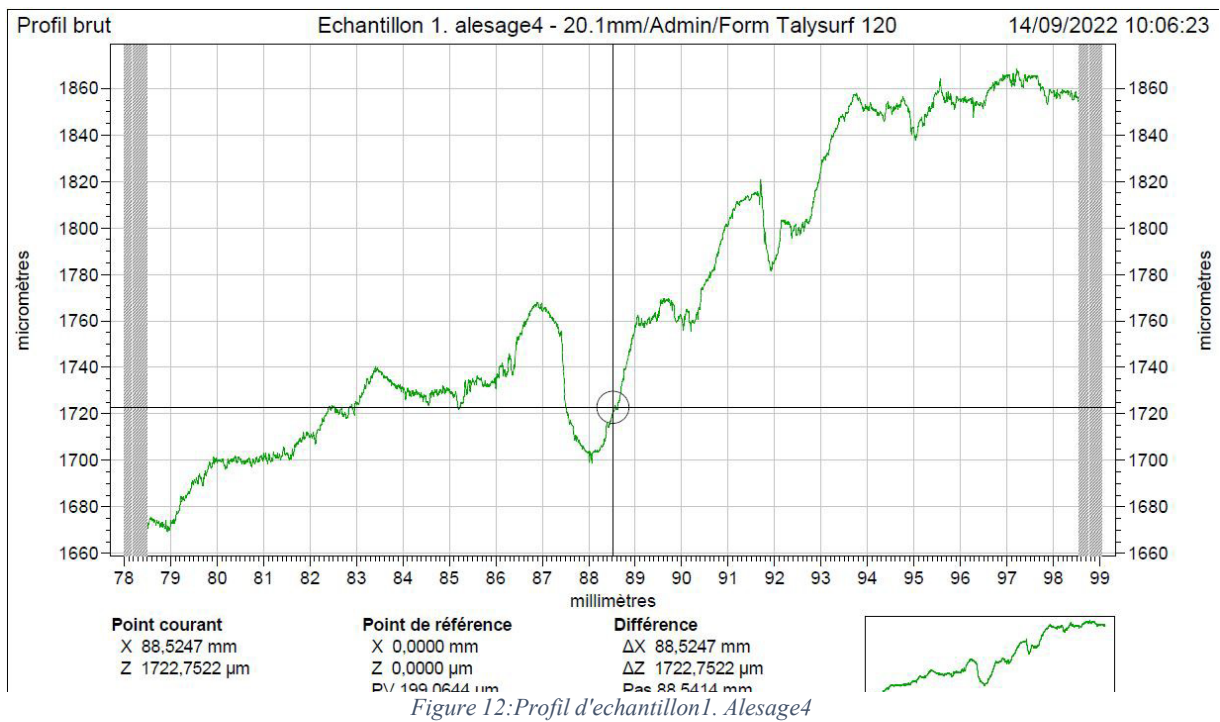
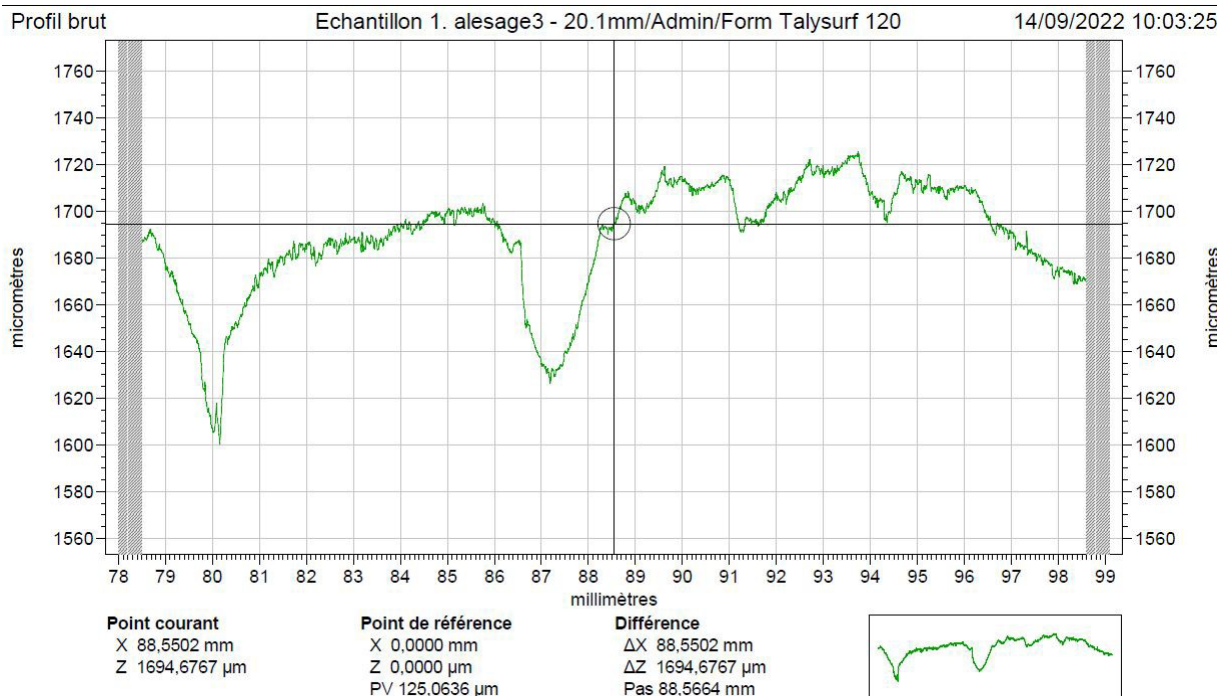


Figure 49: Profil d'échantillon 1. Alesage 2



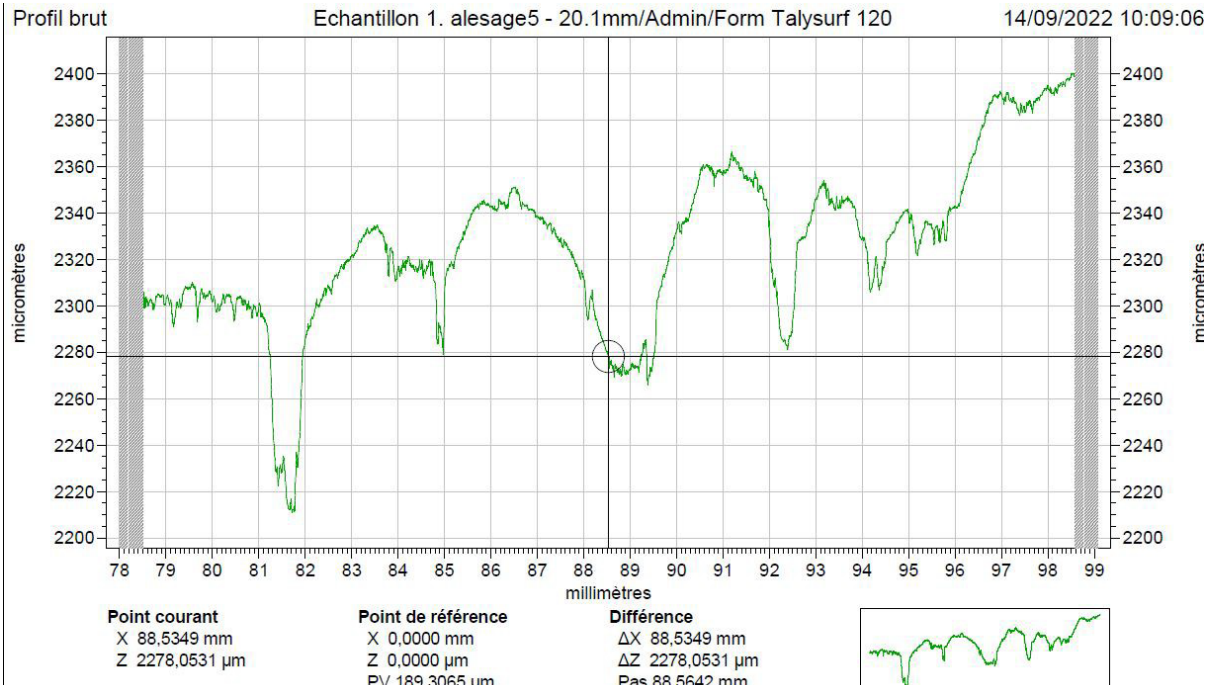


Figure 13: Profil d'échantillon1. Alesage5

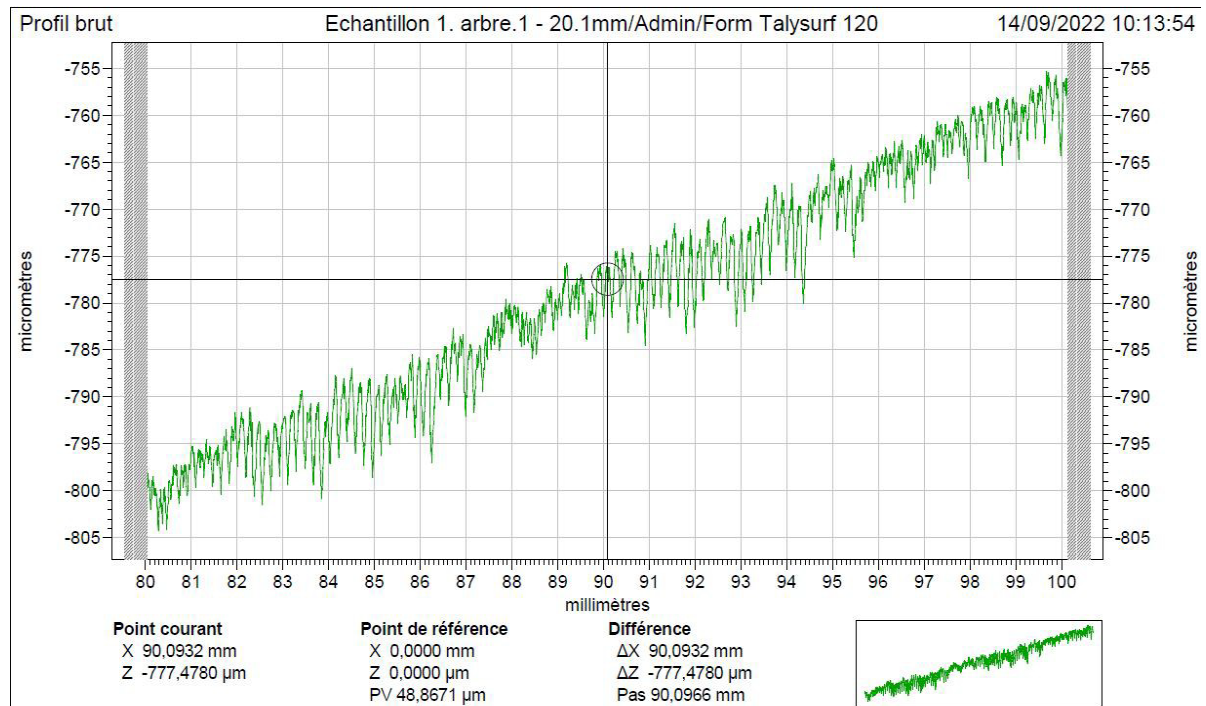


Figure 14: Profil d'échantillon2. Arbre1

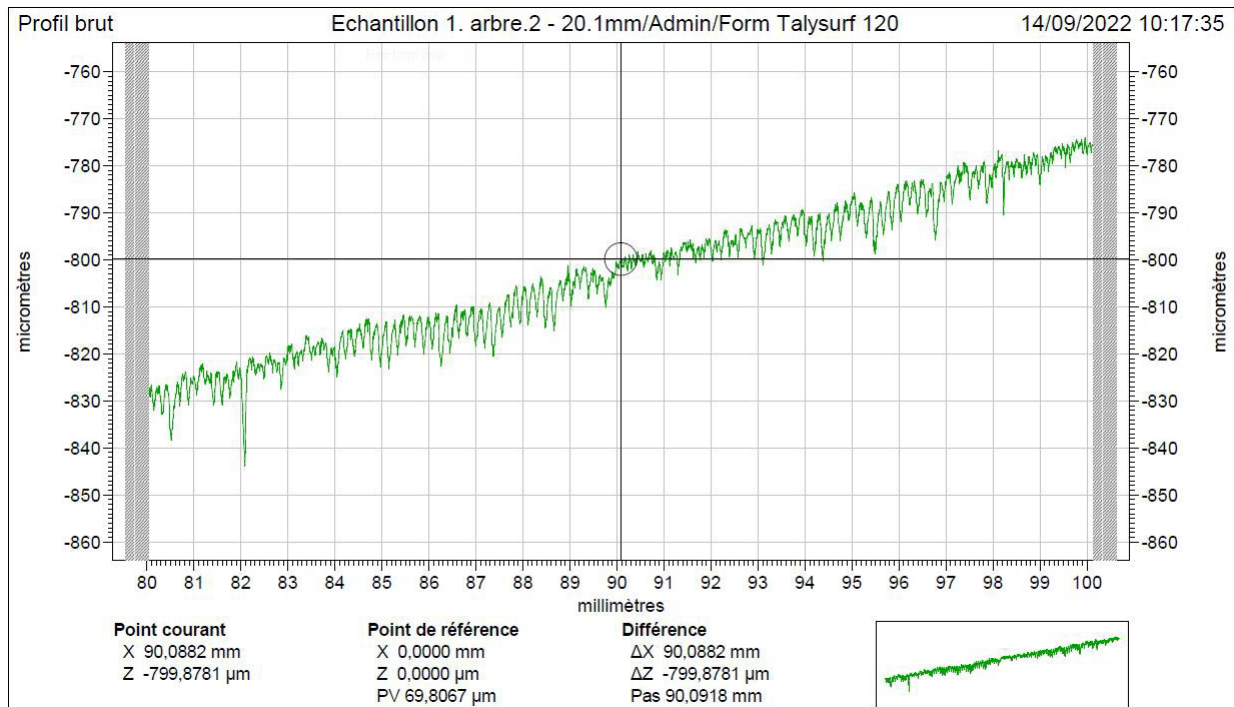


Figure 15: Profil d'échantillon2. Arbre2

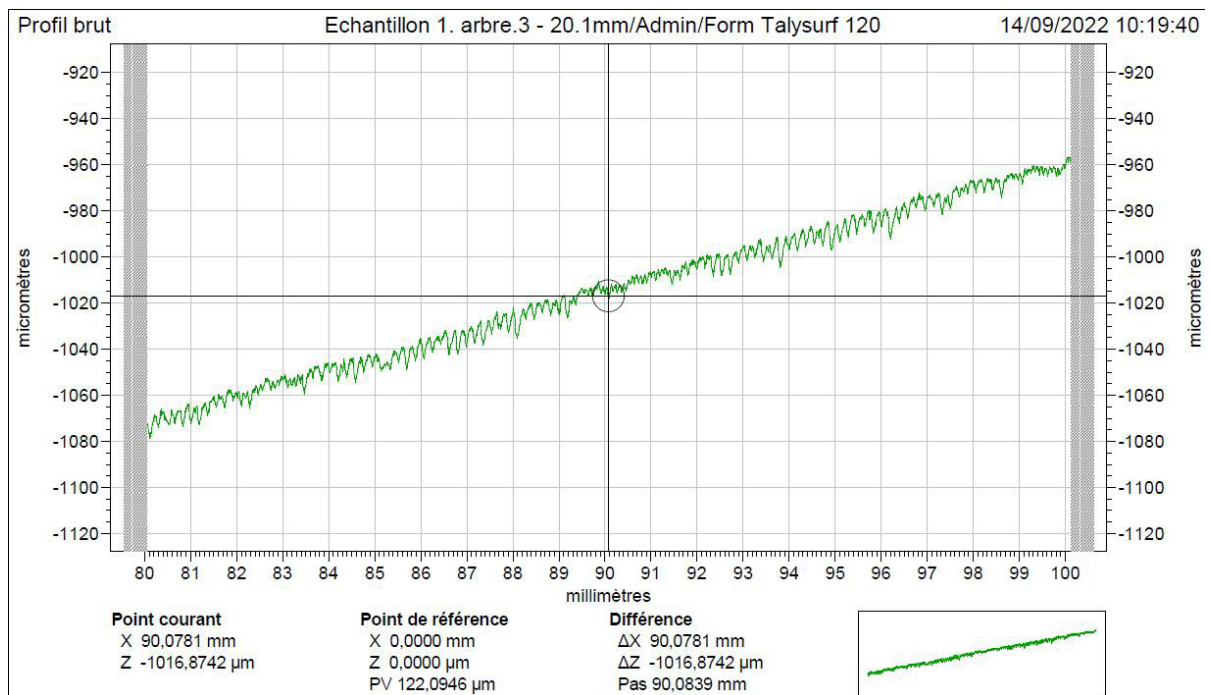


Figure 16: Profil d'échantillon2. Arbre3

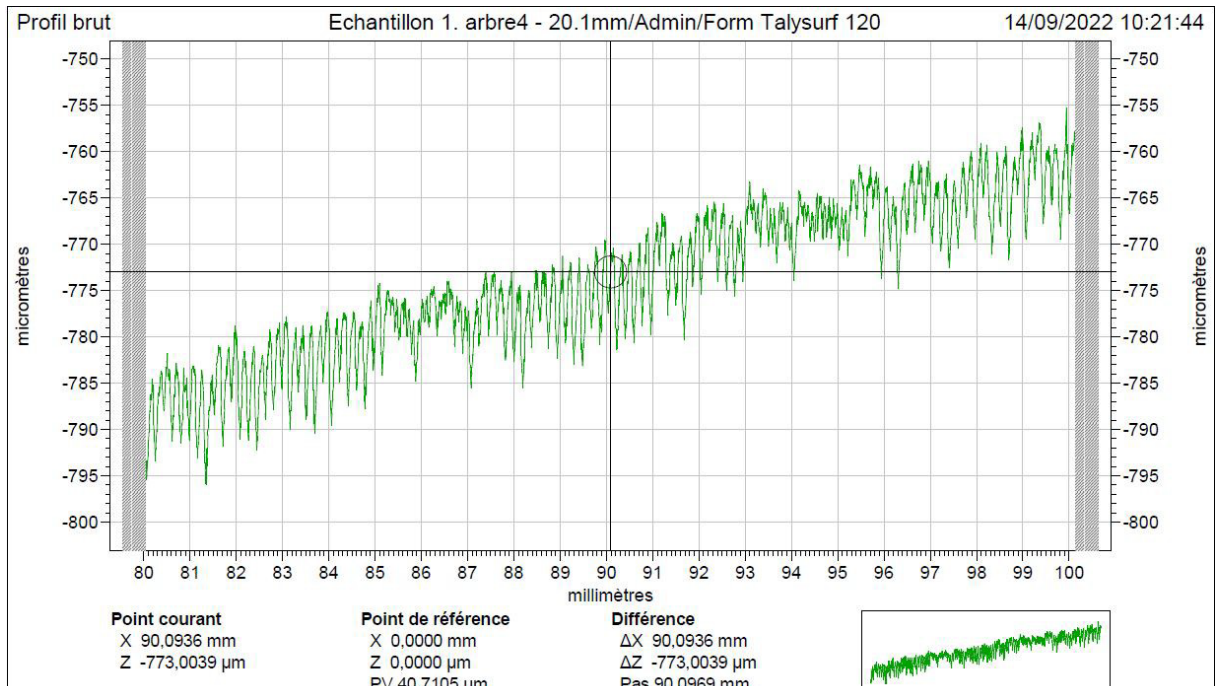


Figure 17: Profil d'échantillon2. Arbre4

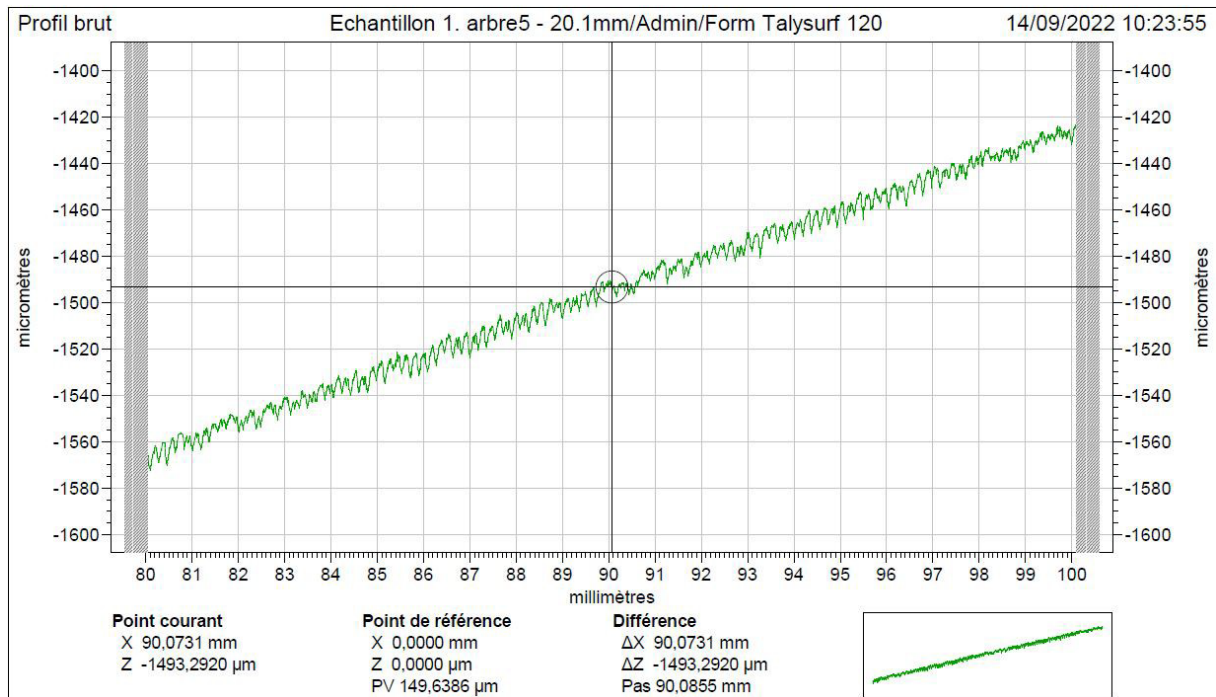


Figure 18: Profil d'échantillon2. Arbre5

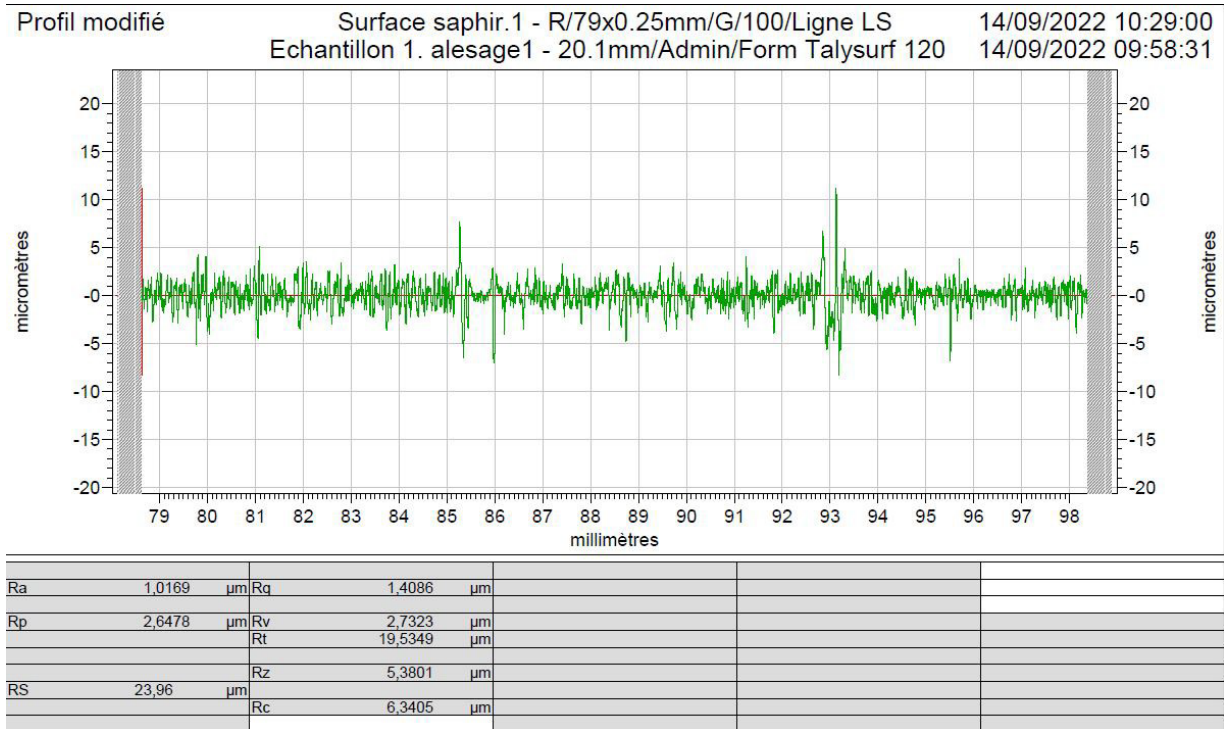


Figure 19: Rugosité d'échantillon 1. Alesage1

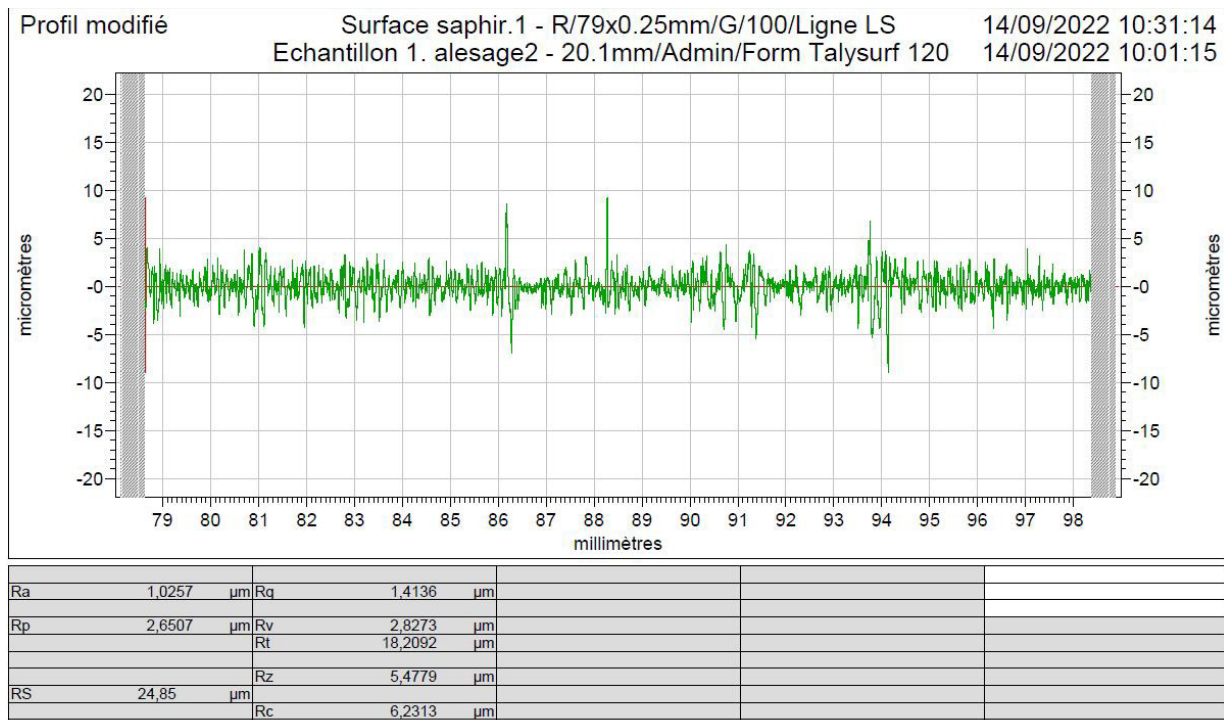


Figure 20: Rugosité d'échantillon 1. Alesage2

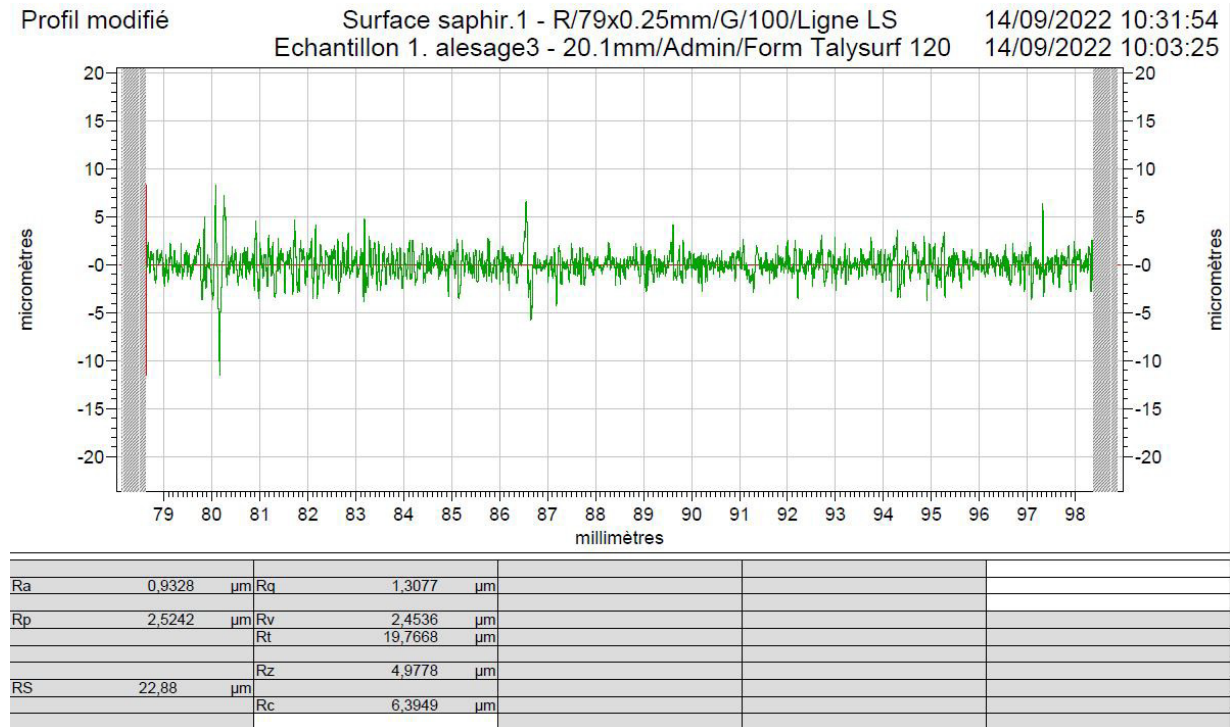


Figure 21: Rugosité d'échantillon1. Alesage3

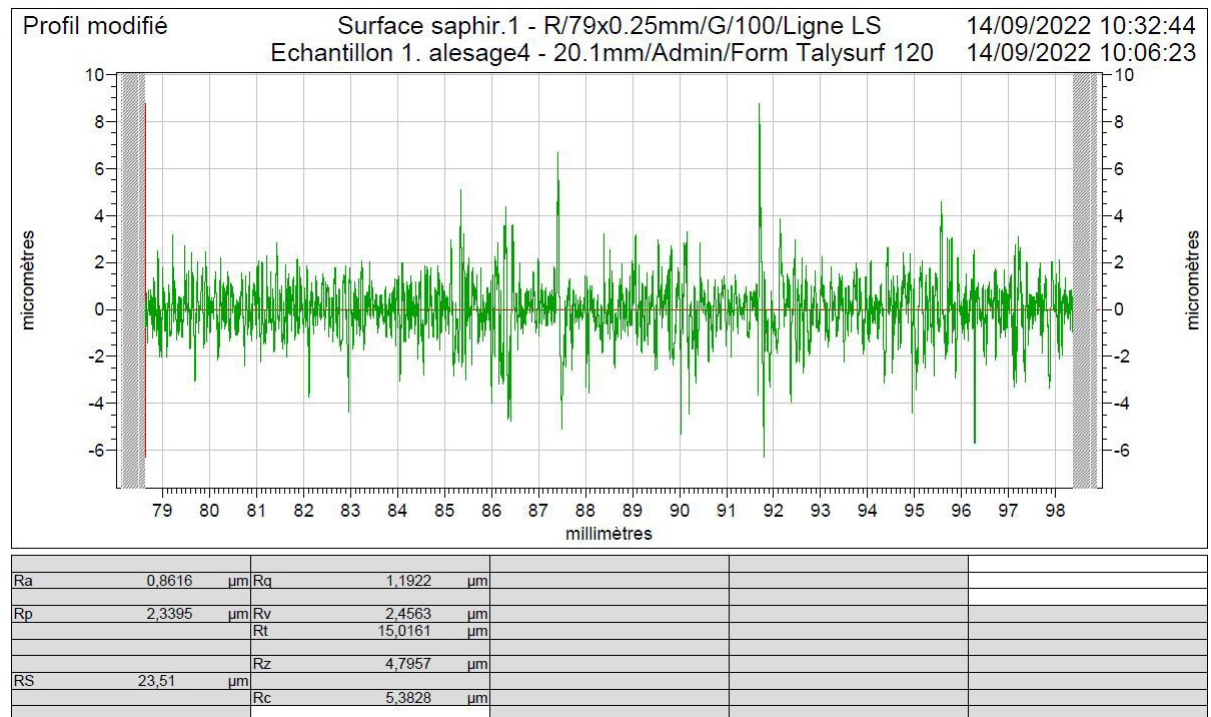


Figure 22: Rugosité d'échantillon1. Alesage4

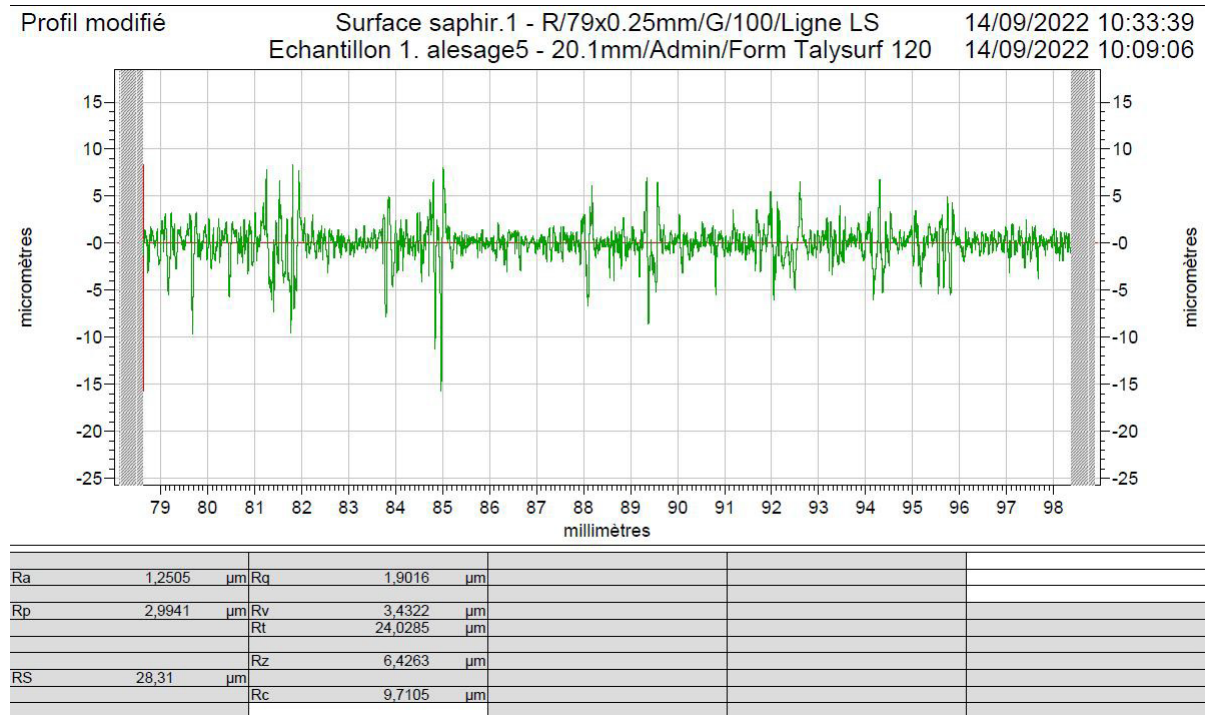


Figure 23: Rugosité d'échantillon1. Alesage5

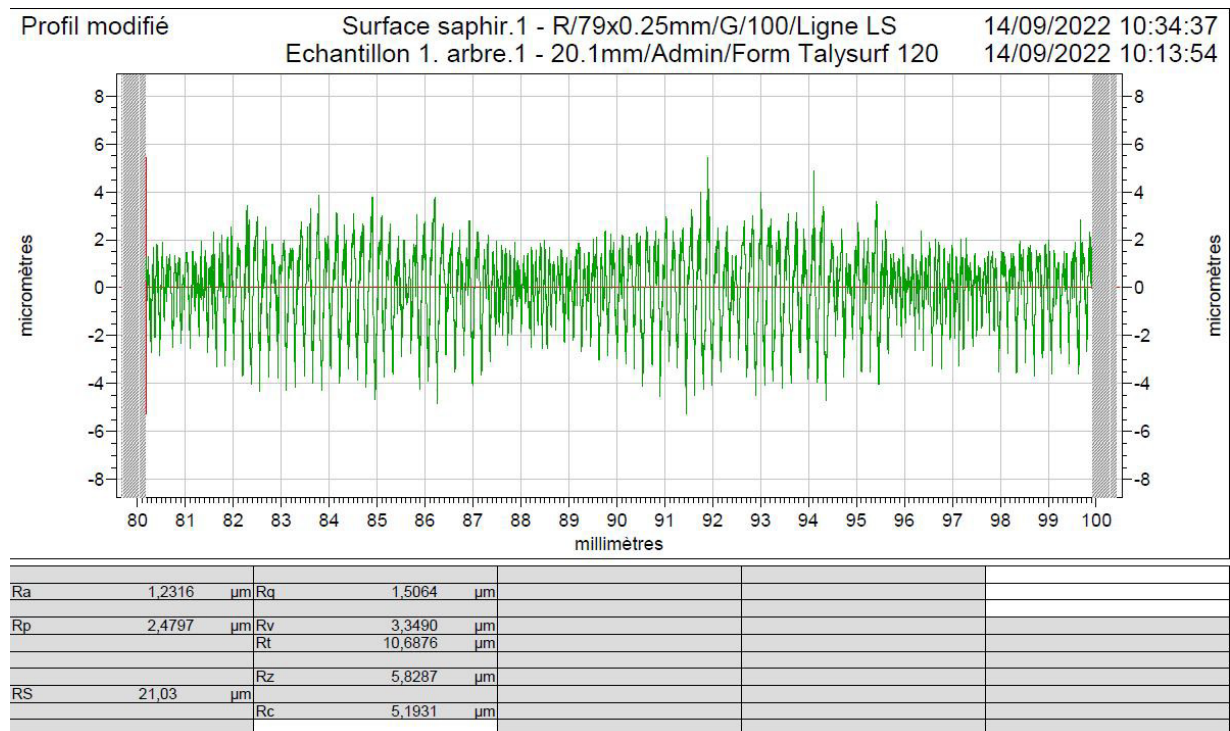


Figure 24: Rugosité d'échantillon2. Arbre1



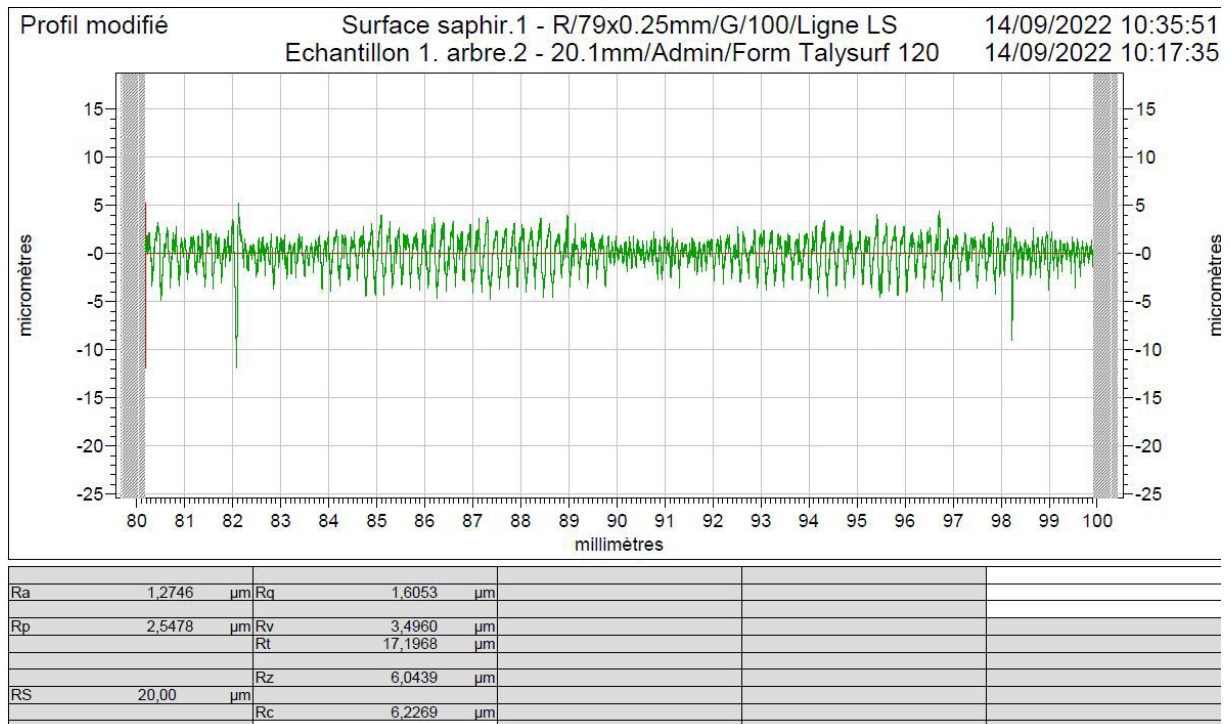


Figure 25: Rugosité d'échantillon2. Arbre2

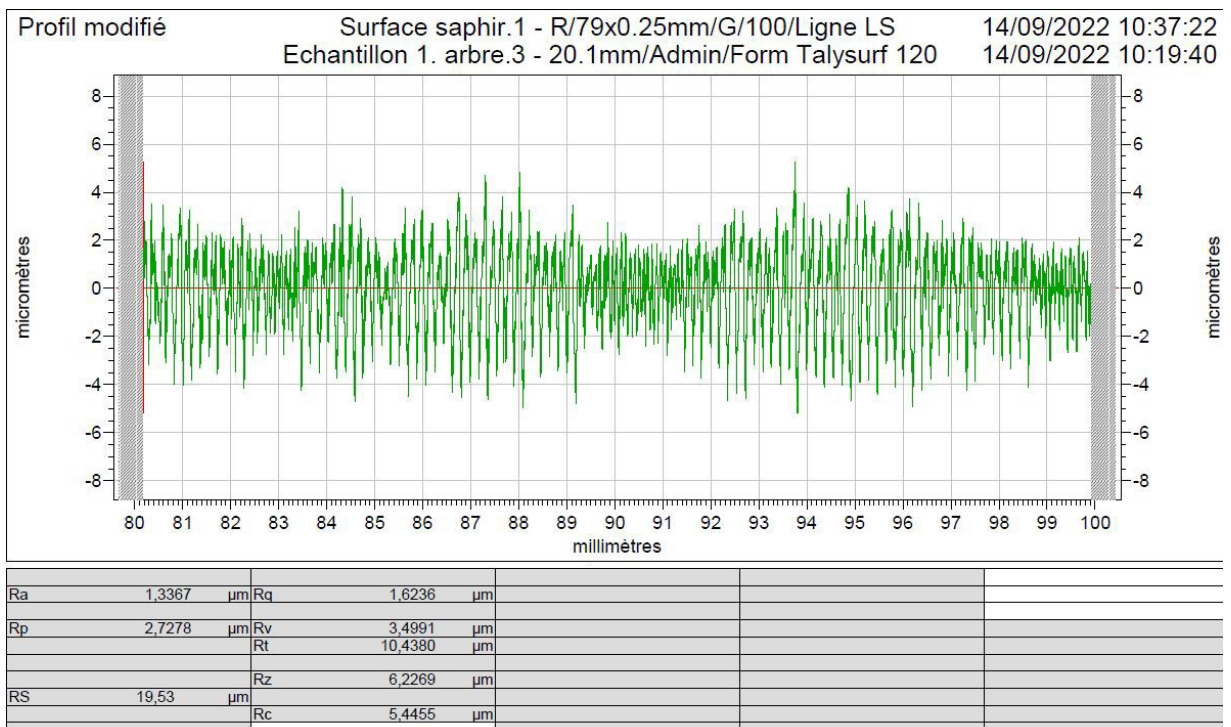


Figure 26: Rugosité d'échantillon2. Arbre3

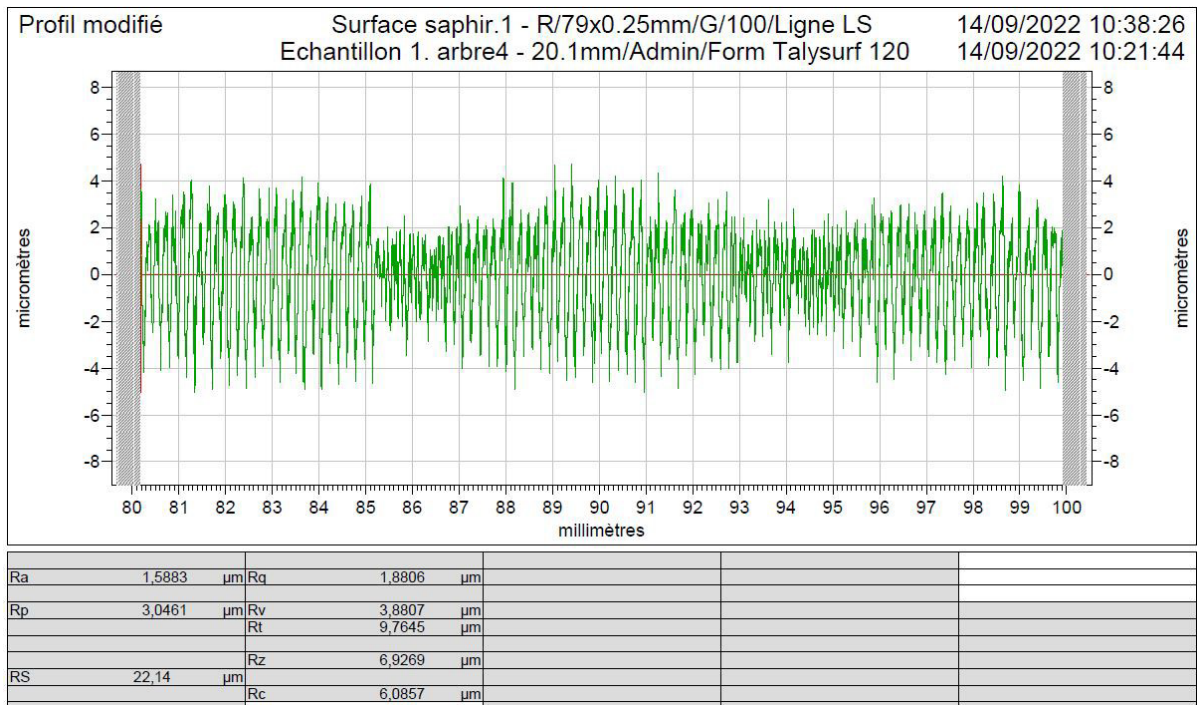


Figure 27: Rugosité d'échantillon2. Arbre4

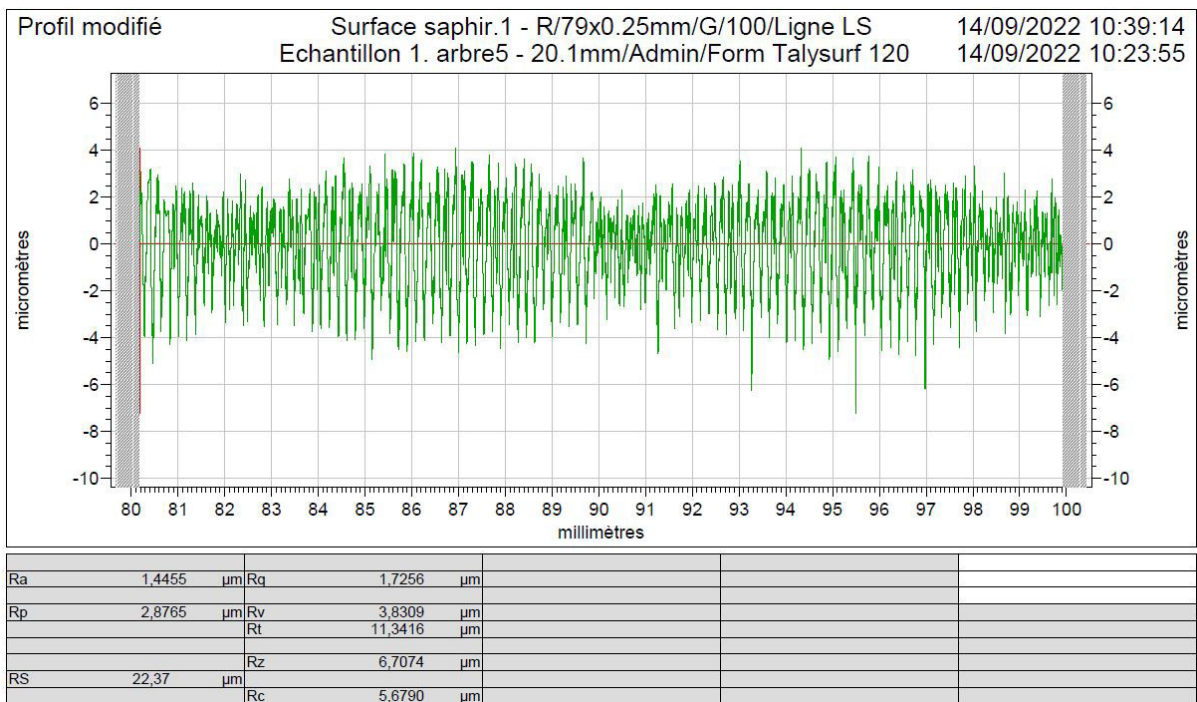


Figure 28: Rugosité d'échantillon2. Arbre5

Tableau 3:Rugosité d'échantillon1. Alesage1-Arbre1

	Ra	Rp	RS	Rq	Rv	Rt	Rz	Rc
Alésage	1,0169	2,6478	23,96	1,4086	2,7323	19,5349	5,3801	6,3405
Arbre	5,1931	5,8287	10,6876	3,349	1,5064	21,03	2,4797	1,2316

Tableau 4:Rugosité d'échantillon1. Alesage2-arbre2

	Ra	Rp	RS	Rq	Rv	Rt	Rz	Rc
Alésage	1,0257	2,6507	24,85	1,4136	2,8273	18,2092	5,4779	6,2313
Arbre	6,2269	6,0439	17,1968	3,496	1,6053	20	2,5478	1,2746

Tableau 5:Rugosité d'échantillon1. Alesage3-arbre3

	Ra	Rp	RS	Rq	Rv	Rt	Rz	Rc
Alésage	0,9328	2,5242	22,88	1,3077	2,4536	19,7668	4,9778	6,3949
Arbre	5,4455	6,2269	10,438	3,4991	1,6236	19,53	2,7278	1,3367

Tableau 6:Rugosité d'échantillon1. Alesage4-arbre4

	Ra	Rp	RS	Rq	Rv	Rt	Rz	Rc
Alésage	5,3828	4,7957	15,0161	2,4563	1,1922	23,51	2,3395	0,8616
Arbre	6,0857	6,9269	9,7645	3,8807	1,8806	22,14	3,0461	1,5883

Tableau 7:Rugosité d'échantillon1. Alesage5-arbre5

	Ra	Rp	RS	Rq	Rv	Rt	Rz	Rc
Alésage	9,7105	6,4263	24,0285	3,4322	1,9016	28,31	2,9941	1,2505
Arbre	5,679	6,7074	11,3416	3,8309	1,7256	22,37	2,8765	1,4455

**I.3.6.1 Le moyenne de la rugosité de l'arbre et l'alésage**

$$\text{Moy}^{\text{Ra}}_{\text{alésag}} = 3,61374 \mu\text{m}$$

$$\text{Moy}^{\text{Ra}}_{\text{arbre}} = 5,72604 \mu\text{m}$$

### I.3.7 L'usure de la plaquette

L'usure des outils de coupe peut être définie comme la défaillance graduelle de l'outil de coupe due à un usinage régulier. Elle se produit généralement pendant l'opération de coupe. Même si des conditions de coupe appropriées ont été sélectionnées. L'usure de l'outil se produit en raison de l'augmentation de la température dans la zone de coupe. Dans le tournage, des valeurs plus élevées de paramètres de coupe offrent des opportunités pour augmenter la productivité, mais elles impliquent également un plus grand risque de détérioration de la qualité de surface et de la durée de vie de l'outil.

- Avant l'usinage

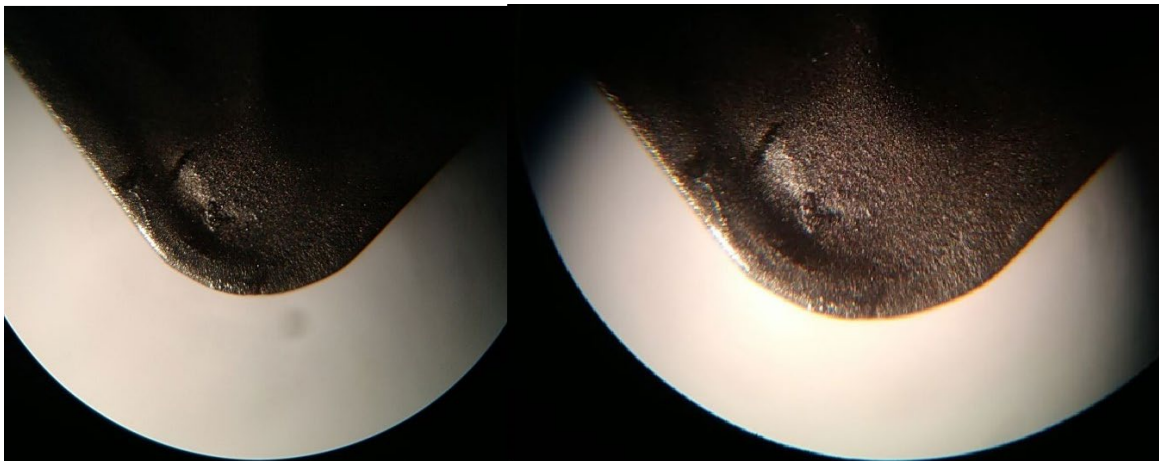


Figure 29: Micrographie de l'arrête coupante avant l'usinage

- Après l'usinage

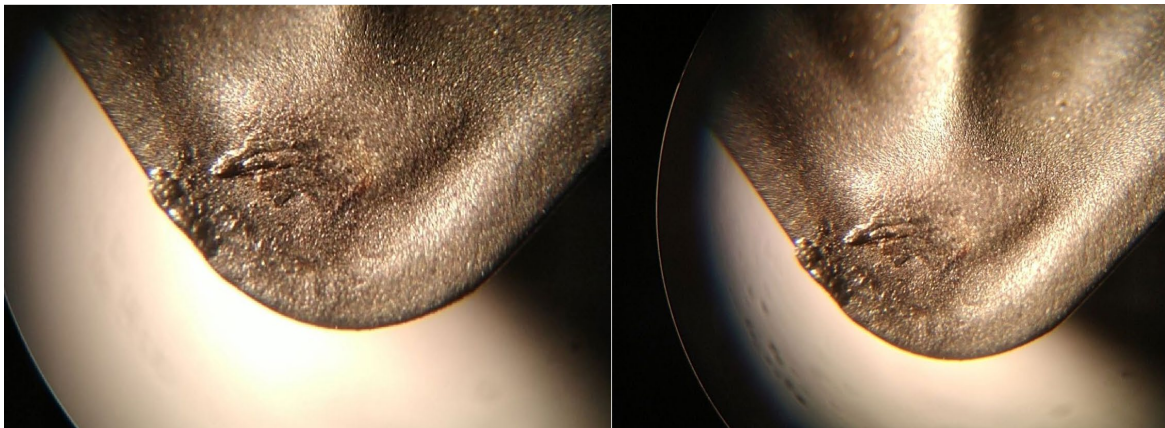


Figure 30: Micrographie de l'arrête coupante après l'usinage

#### **I.4 Analyse éventuelle des défauts de surfaces**

La présence des défauts d'usinage sont inévitables quelque soit le processus technologique utilisé. Les erreurs de fabrication sont classées en fonction de leurs sources : [14]

- **Défauts d'usinage**

Parmi les défauts d'usinage les plus importants, on trouve :

- Mise en position des pièces pour l'usinage
- Le maintien en position des pièces pour l'usinage
- Flexion de la pièce, de l'outil ou de leurs supports ;
- Usure de l'outil en cours d'usinage ;
- Les imperfections dans le guidage des chariots et des broches de machine ;
- **Défauts du montage**

## **CONCLUSION**

Le déséquilibre des pièces en fonction lié à des tolérances de fabrication et de montage non respectées peut poser des anomalies au cours de fonctionnement des machines.

La précision d'usinage d'une pièce dépend principalement du positionnement des surfaces usinées par rapport au référentiel de montage d'usinage.

Notre travail est focalisé sur l'influence des ajustements sur le montage, l'état de surface et sur l'usure de la plaquette lors de l'usinage de l'acier 42CrMo4. Pour cela, nous avons usiné un arbre et un alésage de diamètre nominale  $\varnothing 40\text{mm}$  avec un ajustement pour en assurer un montage sans jeu.

Les résultats ont prouvé que l'influence des ajustements sur les montages des pièces mécaniques est très remarquable. Donc, il est impératif de contrôler l'état de surface lors de l'usinage, puisqu'elle est synonyme d'une répartition inégale de la matière, pour qu'elle soit toujours dans les normes exigées par le dessin de définition exigé par le concepteur.

En fin, et après avoir présenté les résultats de mesure de la rugosité de surface des deux pièces usinées. Nous avons pu constater que l'influence des ajustements sur le type de montage ne peut qu'être la rugosité de surface qui est l'élément cruciale de toute type de montage, et que la rugosité de la surface devrait être limitée pour permettre d'obtenir l'ajustement requis.

## **Références bibliographiques**

[1] : A. CHEVALIER, J. LECRINIER, Guide de dessinateur industriel, HACHETTE LIVRE 1969,2003, 43, quai de Grenelle 75905 Paris Cedex 15 Edition 2004

- [2] : C. BARLIER, R. BOURHEOIS, L. GIRARDIN, MEMOTECH PRODUCTIQUE conception et dessin ; Editions CASTEILLA, 25, RUE Monge- 75 005 Paris
- [3] : A. RICORDEAU, C. CORBET, DOSSIER DE FABRICATION ET TECHNOLOGIE DE CONSTRUCTION. Edition 2007. Editions CASTEILLA, 25, RUE Monge- 75 005 Paris
- [4] : R. ASTIER, J. BERSCIANI, R. COSTE, L. JOURDAN, P. NEVEU, P. PERRONE, G.REY ; CONSTRUCTION INDUSTRIELLE.
- [5] : JEAN-LOUIS FANCHON, GUIDE DES SCIENCES ET THECHNOLOGIES INDUSTRIELLES, dessins industriels et graphes. Matériaux. Eléments de construction. Economie et organisation d'entreprise. Automatisation. Automatique.
- [Arc53] J.F. Archard. Contact and rubbing of flat surfaces. Journal of Applied Physics,24 :981–988, 1953.
- [7] Article Alain Passeron, « Tournage », Techniques de L'Ingénieur, BM7086, 1997.
- [8] Article Rocdacier, « Cours sur le Tournage - Usinage Cours Technologie », 2011.
- [9] Alexandre Toumine, « Cours D'Usinage », Groupe Conception Production, INSA de Lyon, France.
- [10] Alain Passeron, « Tournage », Techniques de L'Ingénieur, BM7086, 1997.
- [11] Cours de technologie générale, classe de BTS.BE, 1973.
- [12] H7g6.fr, le site des concepteurs <https://www.h7g6.fr/data/article/21/les-ajustements>(vconsultez le 20/08/2022)
- [13], Journal de l'Allcat Instruments est le spécialiste des instruments de mesure portables pour les industriels et les laboratoires. <https://www.mesurez.com/mesure-rugosite-principe-application-solution.html>
- [14] Denkena, B., Koehler, J., & Rehe, M. (2012). Influence of the honed cutting edge on tool wear and surface integrity in slot milling of 42CrMo4 steel. Procedia CIRP, 1, 190-195.

## **Résumé**

Le but de ce travail est de prouver que le paramètre qui influent sur les ajustements lors des montages, et sur l'état de surface lors de l'usinage de l'acier 42CrMo4, en passant par un processus de fabrication d'un arbre et d'un alésage avec mesure de leur rugosité de surface en 3 points choisis aléatoirement qui a abouti à des conclusions à partir de ces résultats.

## **Abstract**

The aim of this work is to prove that the parameter that influence the fits during the assemblies, and the surface condition during the machining of 42CrMo4 steel, through a manufacturing process of a shaft and a bore with measurement of their surface roughness in 3 randomly selected points that led to conclusions from these results.