

**RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR**  
**ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE ABDERAHMANE MIRA BEJAIA**  
**FACULTÉ DE TECHNOLOGIE**  
**DÉPARTEMENT DE GÉNIE MÉCANIQUE**

**MEMOIRE**

**PRÉSENTÉ POUR L'OBTENTION DU DIPLÔME DE**  
**MASTER**

**FILIÈRE: GÉNIE MÉCANIQUE**

**SPÉCIALITÉ: FABRICATION MÉCANIQUE ET PRODUCTIQUE**

**PAR:**

**BOULAHRAOUAT Tarek**

**FELKAI Yacine**

# **Thème**

---

**Influence des angles de coupe sur l'usinage des alliages d'aluminium**

---

Soutenu le 17/10/2021 devant le jury composé de:

Mr : BELAMRI	Président
Mr : BENSALD	Rapporteur
Mr : HADJOU	Examineur

**ANNÉE UNIVERSITAIRE 2020/2021**

## **Remerciement**

*Nous remercions, en premier lieu, Dieu tout puissant, l'auteur de notre vie et la source de notre force pour nous avoir guidés et donné le courage et sans que ce travail n'aurait pas vu le jour.*

*Nos vifs remerciements vont droit à notre encadreur, **Mr BENSAID** pour son aide.*

*Nous ne manquons surtout pas de remercier **Dr BELAMRI** pour son soutien.*

*Nous tenons à remercier profondément les membres de jury d'avoir accepté l'évaluation de notre travail et de nous avoir prêté leur précieux temps.*

*Un grand merci à nos familles, pour leur soutien constant, leur présence et la confiance dont ils ont fait preuve.*

*On approuve notre gratitude envers toute personne ayant contribué de près ou de loin, à la réalisation de ce travail.*

*Nous ne saurions terminer sans exprimer nos remerciements à tous nos camarades et amis et le personnel du hall de technologie, avec qui nous avons vécu et partagé que des bons moments. en particulier **YOUSFI Rachid**, **ATTOUB Noureddine** et **BOUKOU Smail** pour leurs soutiens.*

## Dédicace

*Je dédie ce modeste travail aux être aux les plus chères  
pour moi:*

*A ma mère, qui était toujours à mes coté et qui m'a toujours  
soutenue tout au long de mes année d'étude,  
que j'ai pu accomplir avec succès.*

*A mon père , qui m'a toujours voulu réussir dans le cadre des  
études et dans tous mes projet professionnels.*

*A mes chères frère : ANIS, WASSIM et SIFE-EDDINE.*

*A tout ma famille en particulier ma grand-mère  
et ma chère tante MERY.*

*A tous mes amis : Bilal, Younes, Anis, Yazid, Yacine, Rahim,  
Massi, Samy, Sofiane, Wissam, Samia, Lydia, warda.*

**TARIK**

## Dédicace

*Je dédie ce mémoire :*

*A tous ceux que j'ai de précieux, mes chers parents mon  
tout dans la vie, Qu'Allah les bénisses et les protège en  
bonne santé.*

*A mes très chers frères Koussaila et Chamseddine .*

*A ma très chère sœur Melissa.*

*A mon binôme Tarek que je remercie beaucoup.*

*A mes chers copains : Nasri karim, Belloul zinedine, Ait Aissa  
belkacem lyazid, Ikni saadi .*

*A tous mes amis de classe : Bilal, Younes, Anis, Yacine, Rahim,  
Massi, Samy .*

**YACINE**

## Table des matières

Remerciement

Dédicace

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

### **Chapitre I:** Généralités sur l'usinage et forme géométrique des outils de coupe.

I.1. Généralités sur l'usinage.....	1
I.1.1. Tournage.....	1
I.2. Généralités sur les alliages d'aluminium.....	4
I.2.1. L'Aluminium.....	4
I.2.2. Alliages d'aluminium.....	4
I.2.3. Les propriétés des alliages d'aluminium.....	5
I.2.4. Les caractéristiques de l'aluminium.....	6
I.2.5. Quelques alliages d'aluminium.....	7
I.3. Les outils de coupe.....	8
I.3.1. Les matériaux des outils de coupes.....	8
I.3.2. La forme géométrique d'un outil de coupe.....	10
I.3.3. La forme géométrique d'un outil de coupe en ARS.....	10
I.3.4. Définition des plans de l'outil.....	12
I.3.5. Les angles d'arêtes d'outils.....	13
I.3.6. Les angles de face d'un outil de coupe.....	14

## **Chapitre II : Paramètre de coupe**

II.1. Les paramètres de coupe.....	17
II.1.1. Les conditions de coupe.....	18
II.1.2. Profondeur de passe $a_p$ .....	21
II.2. Formation des copeaux.....	21
II.2.1. Définition des copeaux.....	22
II.2.2. Classification des copeaux.....	23
II.2.3. Zones de coupe.....	25
II.3. L'usure des outils de coupe.....	27
II.4. Durée de vie des outils de coupe.....	27
II.5. La rugosité des surface usinées.....	27
II.6. La lubrification.....	28

## **Chapitre III: Partie expérimentale.**

III.1. Partie expérimentale.....	37
III.1.1. Préparation des essais.....	38
III.1.2. Préparation des outils de coupe.....	39
III.1.3. Préparation des pièces à usiner.....	41
III.1.4. Déroulement des essais.....	42
III.2. Interprétation des résultats .....	50

Conclusion

Références bibliographique

## Liste des figures:

<b>Figure I.1.</b> Tour conventionnelle type SN 40 C du hall de technologie.....	1
<b>Figure I.2.</b> Mouvements de coupe et d'avance en tournage.....	2
<b>Figure I.3.</b> La structure de l'aluminium.....	4
<b>Figure I.4.</b> La forme géométrique d'un outil de tournage.....	11
<b>Figure I.5.</b> Les plans de l'outil en main.....	13
<b>Figure I.6.</b> Angles d'arête de l'outil.....	13
<b>Figure I.7.</b> Les angles des faces d'outil.....	14
<b>Figure I.8.</b> Les différentes positions de l'angle $\gamma$ .....	15
<b>Figure II.1.</b> Choix des paramètres de coupe.....	17
<b>Figure II.2.</b> vitesse de coupe $V_c$ .....	19
<b>Figure II.3.</b> vitesse d'avance $V_f$ .....	20
<b>Figure II.4.</b> Configuration d'une coupe orthogonale.....	22
<b>Figure II.5.</b> Types du copeaux.....	23
<b>Figure II.6.</b> Les différentes zones de coupe.....	26
<b>Figure III.1.</b> Tour conventionnelle type SN 40 C du hall de technologie.....	38
<b>Figure III.2.</b> un barreau en acier rapide supérieur (ARS).....	39
<b>Figure III.3.</b> Réalisation d'un angle de dépouille ( $\alpha$ ) sur un barreau en ARS.....	39
<b>Figure III.4. (a)</b> Meule pour ébauche, <b>(b)</b> Meule pour finition.Du hall de technologie.....	41

<b>Figure III.5.</b> Réalisation de l'un des angles de l'outil de coupe en ARS.....	41
<b>Figure III.6.</b> Cylindre plein en aluminium de diamètre 50 mm.....	42
<b>Figure III.7.</b> Copeaux obtenus selon le diamètre pour angle $\gamma= 0^\circ$ .....	47
<b>Figure III.8.</b> Copeaux obtenus selon le diamètre pour angle $\gamma= 6^\circ$ .....	48
<b>Figure III.9.</b> Copeaux obtenus selon le diamètre pour angle $\gamma= 12^\circ$ .....	49



## Liste des tableaux

<b>Tableau I.1.</b> Opération et outil essentiel en Tournage.....	2
<b>Tableau I.2.</b> Quelques caractéristiques de l'aluminium.....	6
<b>Tableau I.3.</b> Les alliages d'aluminium.....	7
<b>Tableau I.4.</b> La composition chimique de l'aluminium 2017 A.....	8
<b>Tableau I.5.</b> Caractéristiques des alliages de l'aluminium.....	8
<b>Tableau I.6.</b> Types du matériau des outils.....	9
<b>Tableau II.1.</b> Les valeurs de $V_c$ et $V_f$ en ébauche en tournage.....	22
<b>Tableau II.2.</b> Classification des copeaux.....	24
<b>Tableau III.1.</b> La variation des valeurs prises pour chaque facteur de notre étude.....	37
<b>Tableau III.2.</b> Les angles caractéristiques à angle de coupe ( $\gamma$ ).....	40
<b>Tableau III.3.</b> Les différents essais de chariotage élaborés.....	42
<b>Tableau III.4.</b> Classification des copeaux obtenus pour angle $\gamma=0^\circ$ .....	44
<b>Tableau III.5.</b> Classification des copeaux obtenus pour angle $\gamma=6^\circ$ .....	45
<b>Tableau III.6.</b> Classification des copeaux obtenus pour angle $\gamma=12^\circ$ .....	46
<b>Tableau III.7.</b> Les caractéristiques de l'aluminium 2017A expérimentale.....	51

# **Introduction**

### Introduction

L'usinage par enlèvement de matière désigne l'ensemble des techniques qui permettent d'obtenir une surface par enlèvement de copeaux à l'aide d'un outil tranchant. Cette technique ancienne reste une technique de fabrication importante et très répandue [1]. La qualité des pièces obtenue par ce procédé dépend de plusieurs paramètres tels que la puissance des machines utilisée, la matière à usiner et évidemment les outils utilisés, sur lesquelles est porté notre projet.

Nous parlerons dans ce travail de l'influence de l'avance ( $f$ ), de la profondeur de passe ( $ap$ ) et des angles de coupe des outils en acier rapide supérieur et de l'usinage des alliages d'aluminium. Les outils en acier rapide supérieur (ARS) sont les plus abordables car ils sont moins coûteux que les outils en plaquette de carbure.

Le travail réalisé et présenté dans ce mémoire s'articule de la façon suivante :

Le chapitre I : porte sur une recherche bibliographique en premier lieu des généralités sur les procédés d'usinage, puis sur les alliages d'aluminium qui est le matériau des pièces que nous allons usiner ; ensuite sur des outils de coupe, leurs matériaux et leurs géométries.

Dans le chapitre II : on s'intéresse sur les paramètres de coupe, sur les copeaux, l'usure et la durée de vie des outils de coupe.

le chapitre III, représente la partie pratique, ou nous avons utilisés trois outils de coupe en acier rapide supérieure que nous avons élaboré nous-mêmes. afin de voir l'influence des angles de coupe ainsi les paramètres de coupes sur la formation du copeau lors d'usinage de l'aluminium.. les procédés utilisés au cours de notre travail sont l'affutage, chariotage en fonction du parc machine disponible au niveau du hall technologie.

**Chapitre I:**  
**Généralité sur l'usinage et**  
**forme géométrique de l'outil**

## I.1. Généralité sur l'usinage

L'usinage est un moyen de techniques de fabrication de pièces mécaniques. Le principe d'usinage est l'enlèvement de la matière de manière à donner à la pièce brute une forme précise selon le dessin de définition, à l'aide d'un outil de coupe (usinabilité). Il existe plusieurs procédés tel que le tournage, fraisage, perçage... Les procédés de coupe que nous allons présenter dans le cadre de ce travail sont les suivants.

### I.1.1. Tournage

Le tournage est un procédé de fabrication mécanique par coupe (enlèvement de matière) mettant en jeu des outils à arête unique. La pièce est animée d'un mouvement de rotation (mouvement de coupe), qui est le mouvement principal du procédé, l'outil est animé d'un mouvement complémentaire de translation (rectiligne ou non) appelé mouvement d'avance, permettant de définir le profil de la pièce [2]. La figure (I.1) suivante montre un exemple d'un tour conventionnel [2].



**Figure I.1:** Tour conventionnel type SN 40 C du hall de technologie.

Dans ce procédé la pièce à usiner est fixée dans un mandrin, entre pointes. Le mouvement de coupe est associé à la pièce et c'est un mouvement de rotation, quand au mouvement d'avance qui est une translation est associé à l'outil comme il est illustré sur la figure (I.2) suivante.

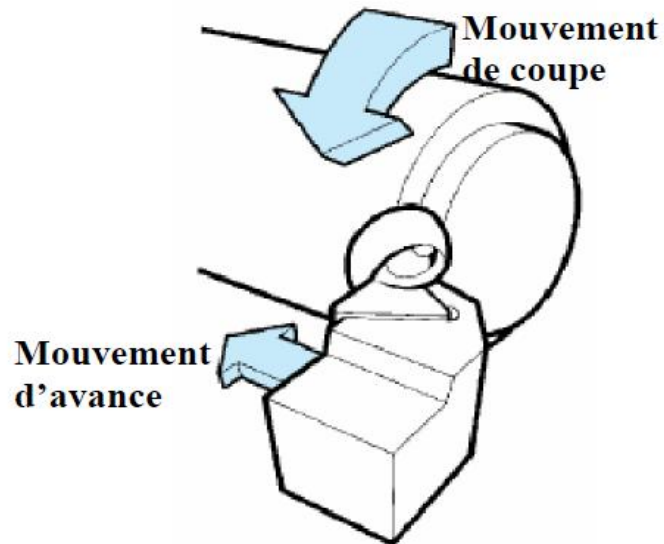

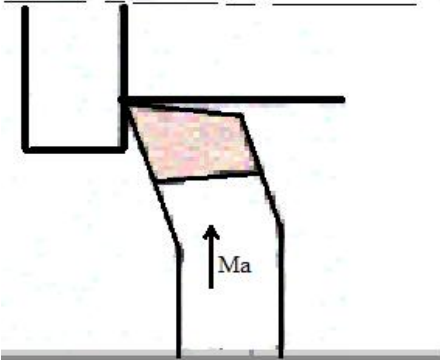


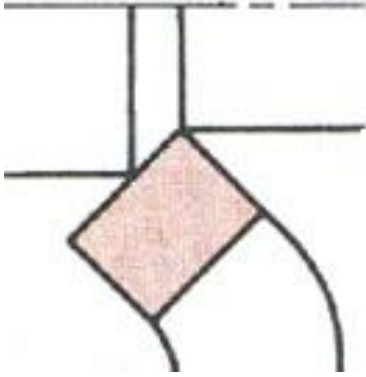


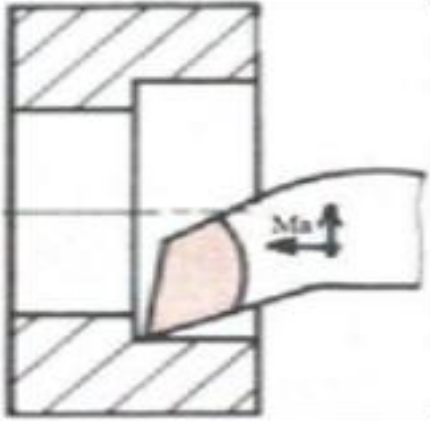



Figure I.2: Mouvements de coupe et d'avance en tournage [2].

Dans le tableau (I.1) suivant nous avons cité brièvement quelques opérations essentielles dans le tournage, tout en donnant un outil avec plaquette en carbure et un autre sans plaquette qui réalise cette opération.

Tableau I.1: Opération et outil essentiel en Tournage [3].

L'outil	Type d'opération réalisé
 <p data-bbox="331 1507 627 1541">Outil à dresser en ARS</p>	 <p data-bbox="1034 1821 1177 1854">Dressage</p>
 <p data-bbox="220 1843 743 1877">Outil à dresser avec plaquette de carbure</p>	

 <p>Outil à charioter en ARS</p>	 <p>Chariotage</p>
 <p>Outil à charioter avec plaquette de carbure</p>	
 <p>Outil à aléser en ARS</p>	 <p>Alésage</p>
 <p>Outil à aléser avec plaquette de carbure</p>	

## I.2. Généralité sur les alliages d'Aluminium

### I.2.1. L'aluminium

L'aluminium est un élément du troisième groupe de classification de Mendéliev, dont le nombre atomique est 13. Les nombreux attributs et qualités de l'aluminium expliquent sa popularité croissante; en effet ce métal est malléable, de couleur argentée.

L'aluminium est un métal brillant, blanc-argent, caractérisé par sa faible densité (env.  $\frac{1}{3}$  du fer), ses hautes conductibilités électrique et thermique et sa Résistance aux agents chimiques. L'aluminium est le métal le plus répandu dans la croûte terrestre, dont il constitue environ 7,3 %. Cependant il ne s'y trouve pas à l'état métallique, mais sous forme de combinaisons, le plus souvent avec l'oxygène et le silicium. Le total de ces combinaisons est environ 15 % de la croûte terrestre. L'extraction de ces combinaisons présente des difficultés bien plus considérables que celles que connaît l'extraction des métaux lourds usuels de leurs minerais. Tandis qu'il suffit par exemple de chauffer les minerais de fer ou de cuivre en présence du charbon, la fabrication de l'aluminium doit recourir aux procédés de réduction les plus actifs, en premier lieu à l'énergie électrique [4].

La structure de l'aluminium émane de celle du CFC, c'est-à-dire Cubique à Faces Centrées comme il est montré dans la figure(I.3) ci-dessous [7].

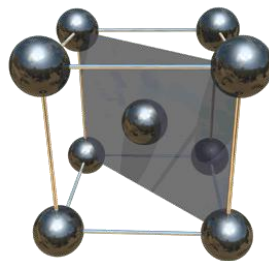


Figure I.3: La structure de l'aluminium [7].

### I.2.2. Alliages d'aluminium

Un alliage d'aluminium est une composition chimique où d'autres éléments sont ajoutés à l'aluminium pur afin d'améliorer ses propriétés. La principale raison est d'augmenter sa Résistance mécanique [5].

Ces éléments comprennent le fer, le silicium, le cuivre, le magnésium, le manganèse et le zinc à des concentrations combinées pouvant représenter jusqu'à 15% de l'alliage en poids [5].



Les alliages sont identifiés par un numéro à quatre chiffres dans lequel le premier chiffre identifie une série caractérisée par ses principaux éléments d'alliage[5].

On distingue deux familles d'alliage d'Aluminium, alliage de fonderie qui sont destinés à être transformés par des techniques de fonderie (méthode au moule permanent et non permanent), et ceux de corroyage qui sont destinés à être transformés par des techniques de forge (laminage, filage, matriçage, forge) [6].

### **I.2.3. Les propriétés des alliages d'aluminium**

L'aluminium et ses alliages s'usinent avec facilité à condition de prendre quelques précautions aux grandes vitesses de coupe et d'utiliser des outils adaptés. Les alliages d'aluminium s'usinent mieux que l'aluminium pur et ne provoquent pas d'étincelles lors de leur usinage. D'une manière générale, les alliages à hautes caractéristiques mécaniques c'est à dire ayant des capacités de déformation à froid faibles, s'usinent bien. (Fraisage, perçage, cisaillement...) [8].

- Légèreté.
- Faible densité.
- Bonne résistance à l'oxydation.
- Capacité à résister à la corrosion qui privilégie la durabilité.
- Excellente conductivité électrique et thermique.

Ces qualités peuvent encore être améliorées à l'aide d'un traitement thermique qui permet d'obtenir des alliages bénéficiant d'une excellente résistance mécanique pour un poids léger [8]. Par ailleurs, l'usinage est économique et donne aux pièces un aspect extérieur agréable voire esthétique.

#### I.2.4. Les caractéristiques de l'aluminium

Le tableau (I.2) suivant nous donne les valeurs et la symbolisation des propriétés principales de l'aluminium.

**Tableau I.2:** Quelques caractéristiques de l'aluminium [9].

Propriété	Symbole	Valeur
Symbole chimique	Al	
Température de fusion	$\theta_f$	660°C
Masse volumique	$\rho$	2700 kg.m <sup>-3</sup>
Coefficient de poisson	$\nu$	0.33
Module de Young	E	70 GPa
Résistance maximale a la traction	Rm	70 à 80 MPa
Limite d'élasticité	Re	10 à 20 MPa
Conductivité thermique	$\lambda$	237 W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup>
Allongement%	A%	50 à 60 %
Capacité calorifique	c	9.10 <sup>2</sup> J.kg <sup>-1</sup> K <sup>-1</sup>

### I.2.5. Quelques alliages d'aluminium

Le tableau (I.3) ci-dessous résume les différentes normalisations de quelque alliage d'aluminium ainsi que leur aptitude à l'usinage et leur utilisation principale.

**Tableau I.3:** Les alliages d'aluminium [10].

NFA Nouvelle Norme	NFA Ancienne Norme	DIN	Aptitudes à l'usinage		Principales utilisations
			Fragmentation Copeaux	Brillance surface	
7020	AZ5G	Al Zn 4.5Mg1	◆	◆	Pièces à haut caractéristiques mécaniques, Moules, industrie aéronautique et militaire.
7075	AZ5GU	Al ZnMg Cu1.5	◆	◆	Pièces de fatigue à limite élastique élevée, Aéronautique, Boulonnerie.
2017A	AU2GN	Al Cu Mg1	◆	◆	Pièces de résistances chaudronnées ou usinées, Aéronautique.
2024	AU4G1	Al Cu Mg2	◆	◆	Pièces de grande résistance non chaudronnées, Aéronautique, Armement.
6082	ASGM0.7	Al Mg Si1	●	■	Pièce mécanique, menuiserie métallique, Industrie textile, Article ménager.

■ :Excellent. ◆ :Très Bien. ● :Moyen.

Dans notre pratique nous avons utilisé un aluminium de décolletage de nuance 2017 A. ça composition chimique et donné dans le tableau (I.4) ci-dessous.

**Tableau I.4 :** La composition chimique de l'aluminium 2017A [10].

Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Al
0,2 à 0,8	Max 0,7	3,5 à 4,5	0,40 à 1,0	0,40 à 0,1	0,1	0,25	-	Solde

**Tableau I.5:** Caractéristique des alliages de l'aluminium.

Propriété	Symbole	Valeur
Alliage	2017 A	
Résistance maximale de la traction	Rm	420MPa
Allongement	A%	18%
Limite d'élasticité	Rp	280 Mpa
Module de Young	E	74000 MPa

### I.3. Les outils de coupe

#### I.3.1. Les matériaux des outils de coupes

Connaître le matériau d'un outil de coupe est une obligation pour pouvoir étudier ses caractéristiques, le tableau ( I.6) ci-dessous résume les différents types du matériau des outils de coupe [11].

**Tableau I.6 :** Types du matériau des outils [11].

Matériau	Opération			Matières à usiner		Remarques
	Travail aux chocs	Ébauche	Finition	Bons résultats	Résultats médiocres	Remarques
<b>Acier rapide</b>	+++	+	++	Alliages légers, fontes, aciers inoxydables, titane	Matériaux durs	Usinage de matériaux qui nécessite une bonne acuité d'arête.
<b>Acier rapide revêtu</b>	++	++	+++	Alliages et fontes en fraisage de petites tailles de petit diamètre		Une bonne durée de vie pour des outils à arête fine. Ces outils existent surtout en fraisage et en perçage.
<b>Carbure métallique</b>	++	++	++	Gamme de nuances adaptée à la plupart des matériaux		Emploi limité dans le cas des matériaux à usiner de très grande dureté.
<b>Carbure revêtu</b>	+	+++	++	Aciers, fontes, alliages réfractaires		Pour l'ébauche associée au revêtement CVD.
<b>Cermet</b>			+++			
<b>Céramiques</b>		+++		Fontes Aciers traités 110 < Rm < 160, daN/mm <sup>2</sup> , – Réfractaires	Alliages de titane Alliages légers Aciers inoxydables pour les céramiques	Finition à grande vitesse Résistance à l'usure élevée Bonne tenue à la température Tenue aux chocs aléatoires Nécessité des machines puissantes et rigides.
<b>Nitrure de bore cubique</b>		+	+++	Aciers trempés, aciers cémentés, fontes trempées		Nuance pure et recommandée pour conditions difficiles.
<b>Diamant polycristallin</b>		+	+++	Métaux non ferreux, graphite et composites		Finition et semi-finition.

La coupe de métal dépend étroitement de la géométrie de l'outil utilisé, dans ce qui suit un aperçu sur les géométries des outils de coupes.

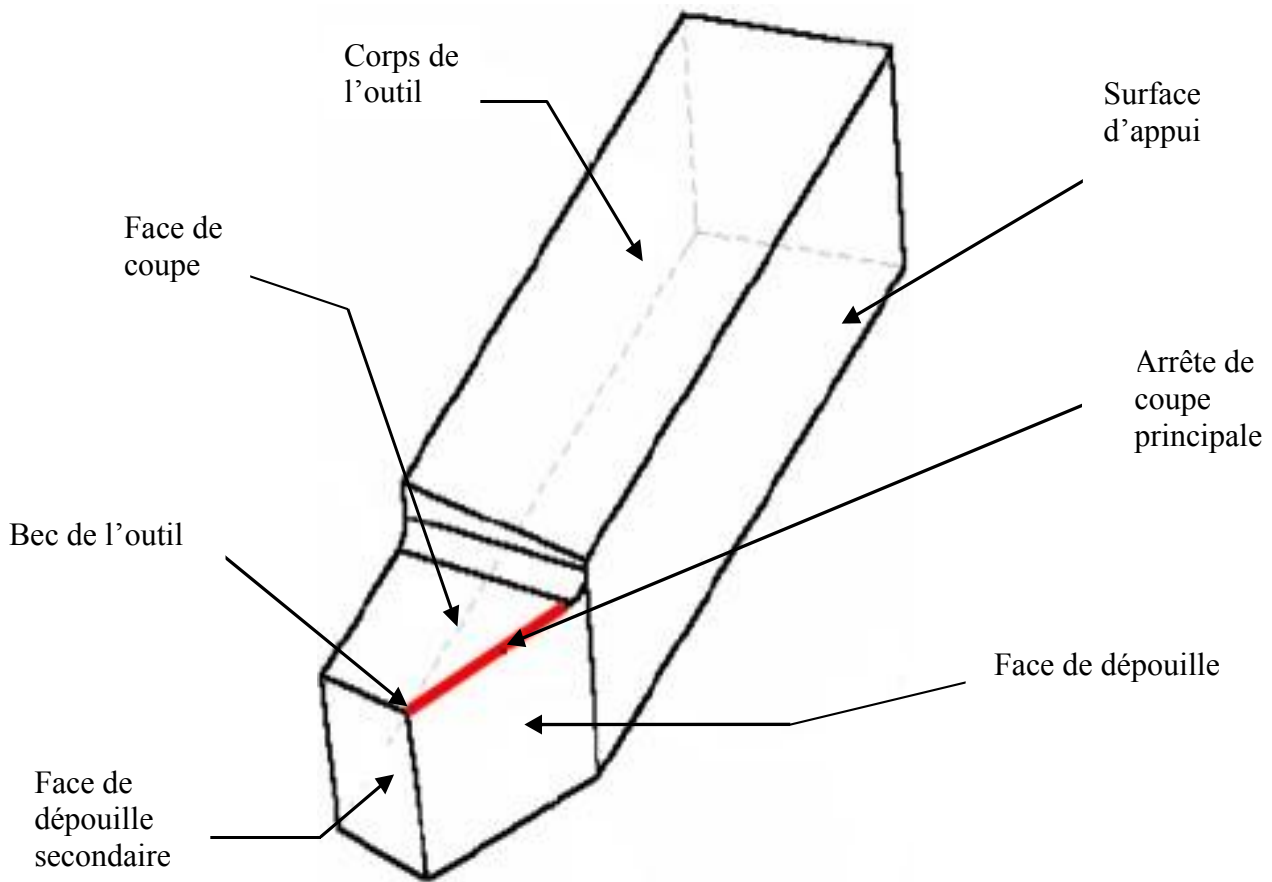
### **I.3.2. La forme géométrique d'un outil de coupe**

Les outils de coupe se caractérisent par leurs matériaux et les différents paramètres géométriques de sa partie active. Il est nécessaire de définir les différents angles caractéristiques de l'outil. Ces derniers sont établis selon les plans de références dans le système de l'outil en main [12]

Un outil coupant est constitué d'un corps d'outil comportant une ou Plusieurs parties actives, cette dernière est constituée d'une arête de coupe, intersection de la Face de coupe et de la face de dépouille.

### **I.3.3. La forme géométrique d'un outil de coupe en ARS**

Ce type d'outils sont élaborés à partir d'un acier faiblement allié subissant un traitement thermique est généralement utilisé pour les cas nécessitant un angle tranchant très faible. Et ils ne permettent pas une vitesse de coupe très élevé. La figure (I.4) suivante montre successivement un outil de tournage [13].



**Figure I.4:** La forme géométrique d'un outil de tournage [3].

#### **a. Le corps**

Il assure la liaison de l'outil avec le porte-outil, il est prismatique ou cylindrique.

#### **b. La partie active**

C'est la partie qui agit sur la pièce pour provoquer un enlèvement de matière. Elle est caractérisée par sa forme et son matériau, Sa dureté doit être plus grande que celle du métal à travailler.

Elle est constituée essentiellement de:

- D'une face de coupe.
- D'une face de dépouille principale.
- D'une face de dépouille secondaire.
- De deux arrête :
  - Une arrête de coupe principale: intersection de la face de coupe et la face de dépouille principale.
  - Une arrête de coupe secondaire: intersection de la face de coupe et la face de dépouille secondaire.
- D'un bec d'outil obtenu par l'intersection de la face de coupe et de l'arrondi de raccordement entre les deux faces de dépouilles.
- D'un arrondi arrête sur les deux arrête et le bec d'outil [14].

### I.3.4. Définition des plans de l'outil

Il existe deux systèmes de référence permettant de définir la géométrie de la partie active de l'outil :

- **Système de l'outil en main** : Ce système permet de spécifier la géométrie de la partie active de l'outil lors de sa fabrication et de son contrôle, indépendamment des conditions réelles de travail. les principaux plans de la partie active de l'outil en main [15] :
- **Plan de référence  $P_r$**  : C'est un plan parallèle à la surface d'appui et passant par le point considéré de l'arête (point destiné à l'étude) [15].
- **Plan d'arête  $P_s$**  : C'est un plan perpendiculaire au plan de référence et tangent à l'arête au point considéré [15].
- **Plan de travail  $P_f$**  : C'est un plan perpendiculaire au plan de référence au point considéré de l'arête et parallèle à la direction supposée de l'avance de l'outil [15].
- **Plan orthogonal  $P_o$**  : C'est le plan perpendiculaire au plan de référence  $P_r$  et au plan d'arête  $P_s$ , au point de l'arête [15].
- **Système de l'outil en travail** : Ce système permet de spécifier la géométrie de la partie active de l'outil lors de l'opération de coupe. (En fonction des conditions réelles de travail) [15].



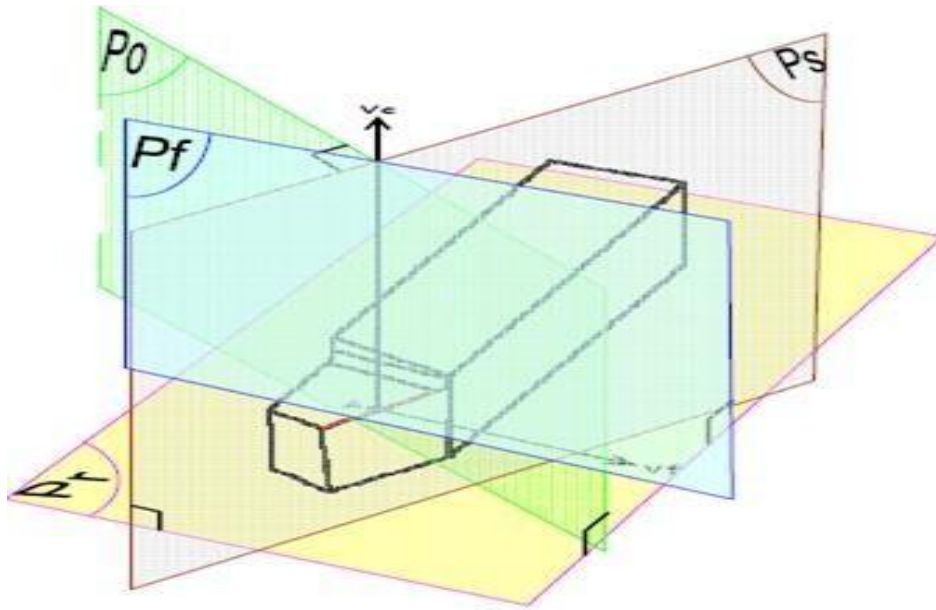


Figure I.5: Les plans de l'outil en main [3]

### I.3.5. Les angles arrêtes d'outils

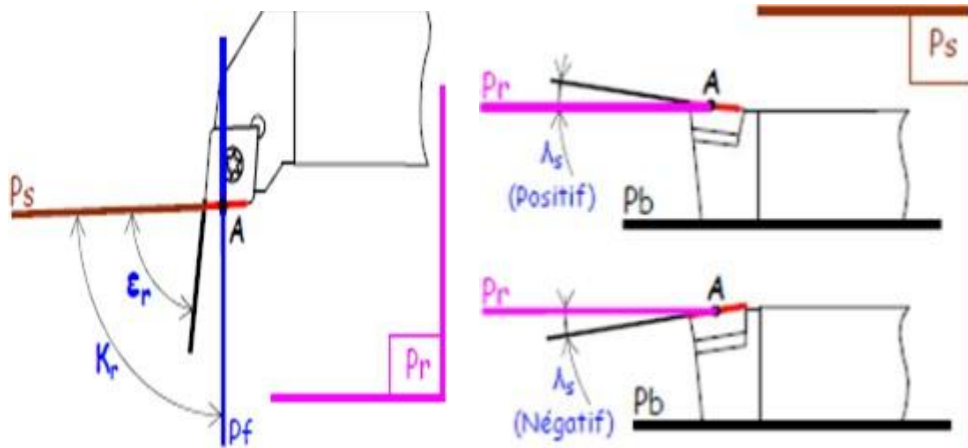


Figure I.6: Angles arrête de l'outil [16].

- **Angle de direction d'arête  $K_r$** : angle mesuré dans  $P_r$  entre  $P_f$  et  $P_s$ .
- **Angle de pointe  $\epsilon_r$** : angle mesuré dans  $P_r$  entre  $P_s$  et le plan perpendiculaire à l'arête.
- **Angle d'inclinaison d'arête  $\lambda_s$** : Angle aigu mesuré dans  $P_s$ , compris entre  $P_r$  et la tangente à l'arête, au point  $A$ . Il peut être positif ou négatif [16].

### I.3.6. Les angles de face d'un outil de coupe

Un outil de coupe est défini par deux plans: la face de coupe et la face de dépouille, l'intersection de ses deux plans constitue l'arête de coupe.

Trois angles sont nécessaires pour définir les caractéristiques géométriques. Ces dernières ont une influence conséquente sur: la puissance consommée par la machine, la direction des efforts de coupe, l'écoulement des copeaux ainsi que les phénomènes d'usure [3]. La figure (I.7) illustre les fameux angles sur un outil de tournage.

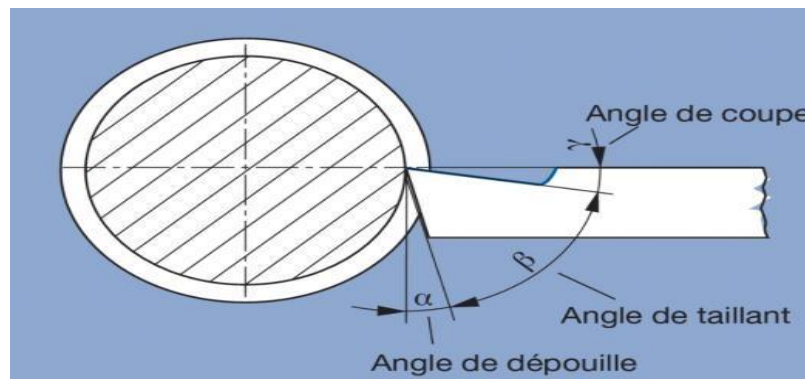
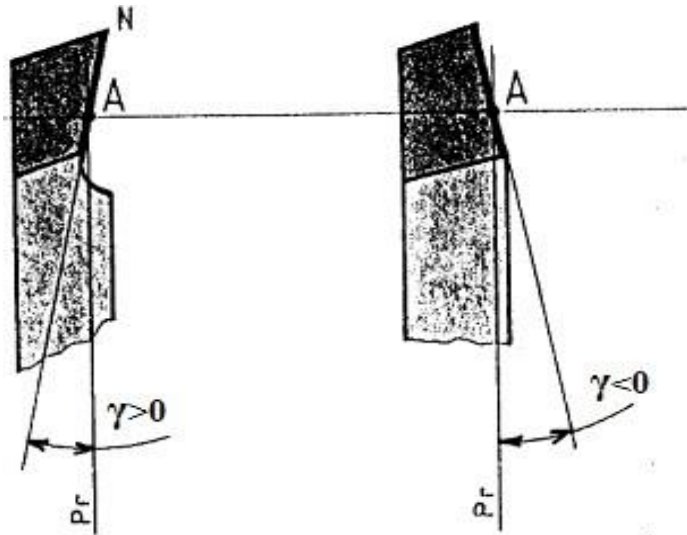


Figure I.7: Les angles des faces d'outil [3].

- **$\beta$  (beta)**: l'angle entre la face de dépouille et la face de coupe, cette dernière varie selon la résistance de la matière à usiner d'une façon proportionnelle.
- **$\alpha$  (alpha)**: l'angle entre la surface de la pièce et la face de dépouille. Dans le cas d'usinage des métaux.
- **$\gamma$  (gamma)**: se situe entre l'horizontale par rapport à la surface de coupe et la face d'attaque ou face de coupe pour le tournage, et il se situe entre la perpendiculaire de la face d'attaque et la face de coupe pour le fraisage. Il peut être positif ou négatif comme il est indiqué sur la figure (8).



**Figure I.8:** Les différentes positions de l'angle  $\gamma$  [16].

Dans le cas d'un outil de tournage, les angles  $\beta, \alpha,$  et  $\gamma$  cumulés donnent toujours un angle de  $90^\circ$  [16].

# **Chapitre II:**

# **Paramètres de Coupe**

Pour exécuter une opération d'usinage nous devons connaître les différents paramètres de coupe ainsi que quelque notion sur la formation des copeaux, l'usure et la durée de vie des outils de coupe. Ce qui est expliqué dans ce présent chapitre.

### II.1. Les paramètres de coupe

Il y a plusieurs critères qui permettent de définir les paramètres de la coupe, notamment :

- le type de machine (tournage, fraisage, perçage) ;
- la puissance de la machine ;
- la matière usinée (acier, aluminium) ;
- la matière de l'outil (ARS, carbure) ;
- le type de l'opération (perçage, chariotage, surfaçage).
- L'objectif final est d'obtenir une pièce usinée dans de bonnes conditions.

Pour cela il faut déterminer certains paramètres spécifiques :

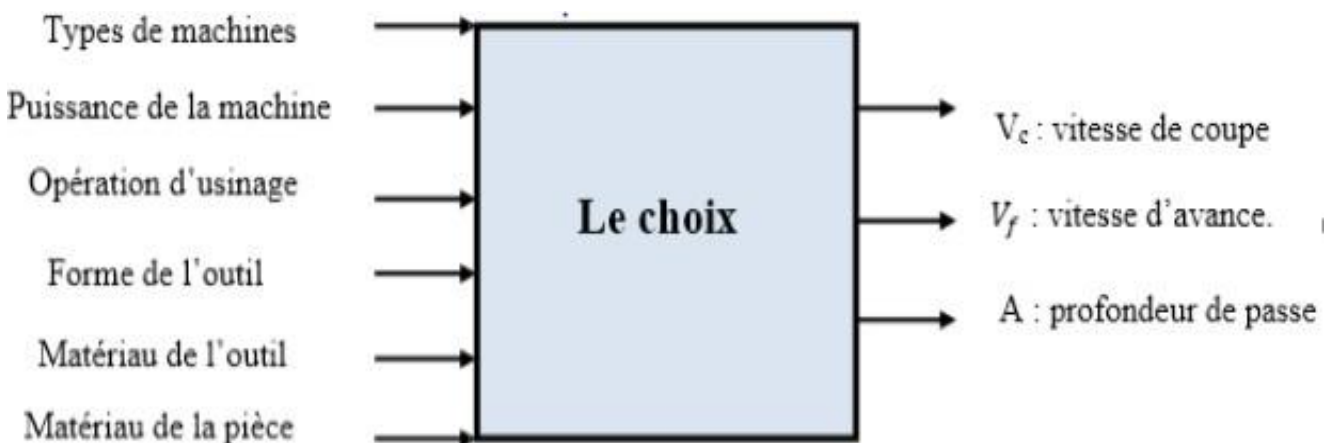


Figure II.1: Choix des paramètres de coupe [17].

Ces paramètres dépendent de:

#### a. Types de machines

Suivant le type d'opération à réaliser, il faut la méthode d'usinage, et donc choisir la machine à utiliser. Donc il faut choisir entre tournage, fraisage ou perçage. Naturellement il y a souvent plusieurs possibilités pour réaliser un même type d'usinage [17].

### **b. Puissance de la machine**

La puissance de la machine influe donc sur la performance. Pour l'usinage, il y a deux grands cas de figure:

- Usinage en ébauche : on cherche à enlever un maximum de matière en un minimum de temps, l'objectif est dans ce cas d'augmenter au maximum le débit de copeaux. Mais la machine doit être suffisamment puissante, ainsi que l'attachement pièce /porte-pièce, sinon la machine peut caler ou la pièce peut voler [17].

- Usinage en finition : cette fois, c'est la qualité de réalisation qui est importante. La surface doit être lisse, les cotes doivent être correctes... comme les efforts en jeu sont plus faibles que pour une ébauche, la puissance de la machine n'est un critère primordial [17].

### **c. Matériau de l'outil**

C'est l'outil qui doit usiner la pièce et non l'inverse, donc cela influe sur l'usure de l'outil et sa durée de vie [17].

### **d. Matériau de la pièce**

Il est évident que les efforts de coupe ne sont pas les mêmes si nous usinons une pièce en polystyrène ou en acier. Donc la matière influe sur des choix relatifs à la puissance machine (entre autres) [17].

## **II.1.1. Les conditions de coupe**

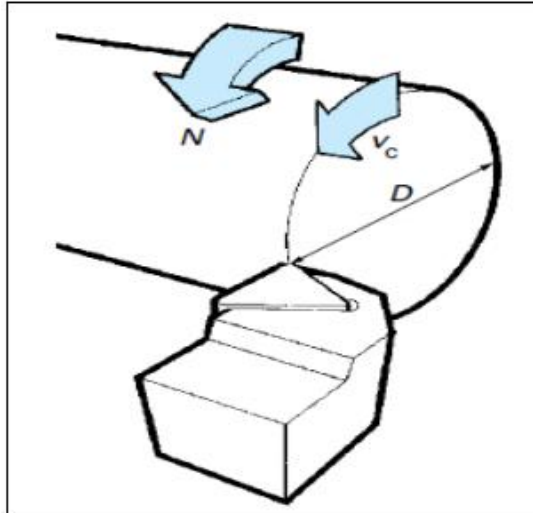
On cherche toujours à optimiser les conditions de coupe pour plusieurs buts tel que : assurer la qualité des surfaces usinées, minimiser le coût de l'usinage, le temps de production et le nombre d'outils nécessaire.

### **a. La vitesse de coupe**

On appelle vitesse de coupe d'un outil coupant, la vitesse de l'arête tranchante par rapport à la surface usinée. Elle dépend de la configuration d'usinage, du procédé et de couple outil/pièce. Ça définition est un paramètre essentiel, car elle détermine la vitesse de rotation de la pièce en tournage et de l'outil en fraisage, exprimer en (m/min).

La vitesse de coupe est déterminée en fonction de différents facteurs:

- Le matériau de la pièce.
- Le matériau de l'outil.
- Lubrifiant.



**Figure II.2:** vitesse de coupe  $V_c$  [2].

### b. La vitesse de rotation $N$

Est la vitesse de rotation de la pièce en tournage et l'outil en fraisage, elle est exprimée en tour/minute. On la définit à partir de vitesse de coupe [18].

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

Avec

$V_c$ : vitesse de coupe en **m/min**

$D$ : diamètre de l'outil en fraisage et de la pièce en tournage, exprimé en **mm**.

**c. La vitesse d'avance**

C'est la vitesse à laquelle la machine déplace en tournage l'outil, et en fraisage la pièce dans chaque direction concernée. Elle est déterminée à partir d'une valeur d'avance. Son expression varie selon le procédé d'usinage, exprimé en (mm/min) [18].

- **L'avance**

Elle est déterminée en fonction de l'état de surface à obtenir, le type de travail à réaliser etc.

- ✓ En tournage:  $f$  en millimètre/tour

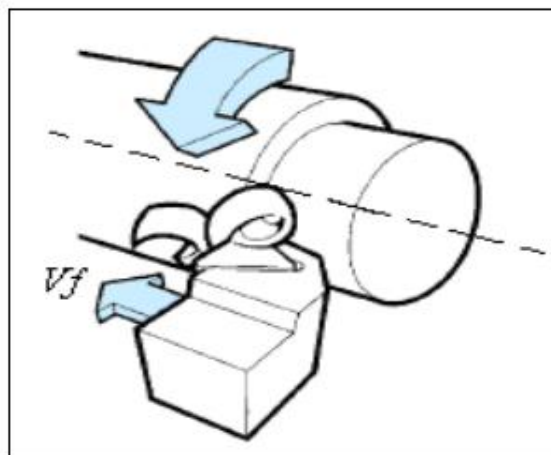
$$V_f = f \times N$$

- ✓ En fraisage:  $f_z$  en millimètre par dent par tour.

$$V_f = f_z \times Z \times N$$

Avec

$Z$  : Nombre de dents de la fraise.



**Figure II.3:** vitesse d'avance  $V_f$  [2].



Le tableau (II.1) ci-dessus montre les valeurs normaliser de la vitesse de coupe et la vitesse d'avance en ébauche pour les outils en ARS et à plaquette de carbure dans le tournage :

- **En tournage**

**Tableau II.1:** Les valeurs de  $V_c$  et  $V_f$  en ébauche en tournage [3].

Matière	Outil en ARS		Outil à plaquette en carbure	
	Vitesse de coupe ébauche	Avance ébauche	Vitesse de coupe ébauche	Avance ébauche
Alliage d'aluminium	100	0.3	600	0.4

**Ebauche :** C'est l'opération qui consiste à enlever le maximum de copeaux en un minimum de temps sans s'intéresser à l'état de surface. Il faut donc choisir de grandes profondeurs de passe et de grandes avances.

### II.1.2. Profondeur de passe $a_p$

La profondeur de passe, également appelée profondeur de coupe, correspond à l'épaisseur de matière enlevée sur la pièce lors du passage de l'outil coupant. Dans le cas de la coupe, elle correspond à la différence de rayon ou de longueur de la pièce avant et après un tour d'usinage, selon la configuration géométrique choisie. C'est à dire, la profondeur de passe correspond à la vitesse d'avance, il est exprimé en millimètres [19].

## II.2. Formation des copeaux

La formation du copeau résulte d'actions mécaniques complexes, pour simplifier on peut dire que l'arête de coupe (intersection de la face de coupe avec la face de dépouille) pénètre dans la matière et provoque la formation du copeau. Le frottements du copeau sur la face de coupe et celui de la pièce sur la face de dépouille provoquent une élévation importante de la température, qui peut entraîner une fusion locale du copeau. Ce phénomène peut conduire à l'adhérence du copeau sur la face de coupe (copeau adhérent) .

La chaleur engendrée par la coupe est produite non seulement par le frottement et le glissement de l'outil sur la pièce pour une faible part et du copeau sur l'outil pour l'essentiel, mais aussi, et surtout, par les contraintes internes de cisaillement et de compression développées à l'intérieur du copeau pendant sa formation.

C'est d'abord, au cours de la déformation plastique du métal, en avant de l'arête tranchante de l'outil que la chaleur est engendrée, le point le plus important se situant dans une zone appelée interface de contact .

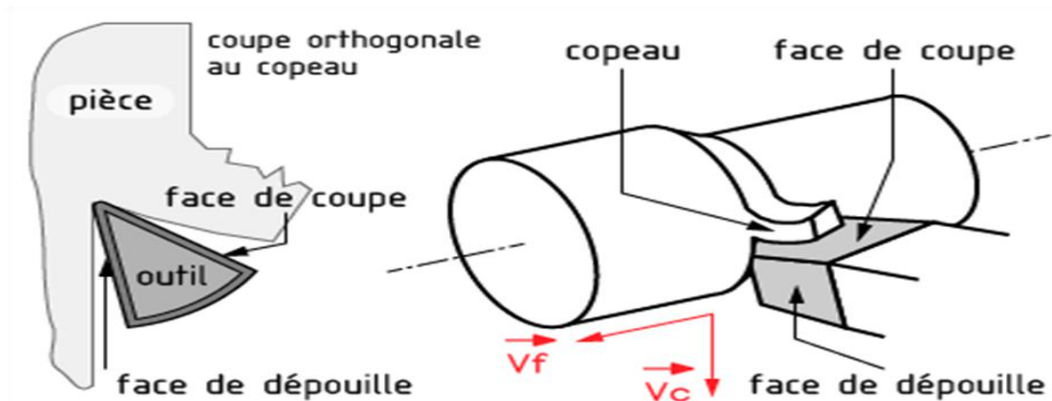


Figure II.4: Configuration d'une coupe orthogonale.

### II.2.1. Définition des copeaux

Le copeau est la partie de matière qui se détache lors de la coupe dans un procédé d'usinage. L'état de la surface usinée dépend des conditions de coupe. Il existe une avance en dessous de laquelle il ne faut pas descendre sous peine de n'avoir aucune formation du copeau . Cette avance minimale dépend du matériau, de la vitesse et du type d'outil utilisés, et définit le copeau minimum si l'avance est plus faible, y a plus de coupe, mais un écrouissage qui crée un échauffement préjudiciable à l'état de surface de la pièce et à l'outil .

Pour les métaux, le processus de formation du copeau est principalement basé sur des déformations plastiques. Selon les conditions de coupe, on rencontre trois familles de copeaux :

**A) Le copeau continu** : la continuité du matériau y est préservée, et les déformations plastiques dans les zones de cisaillement sont quasi stationnaires .

**B) Le copeau segmenté** : il est composé d'éléments plus ou moins connectés entre eux, résultant de variations périodiques de la couche superficielle, ce qui conduit à des zones alternées de déformations locales très peu cisillées .

C) **Le copeau dentelé** : il est en majorité formé d'éléments séparés, dus plutôt à une rupture du matériau qu'à un cisaillement de celui-ci.

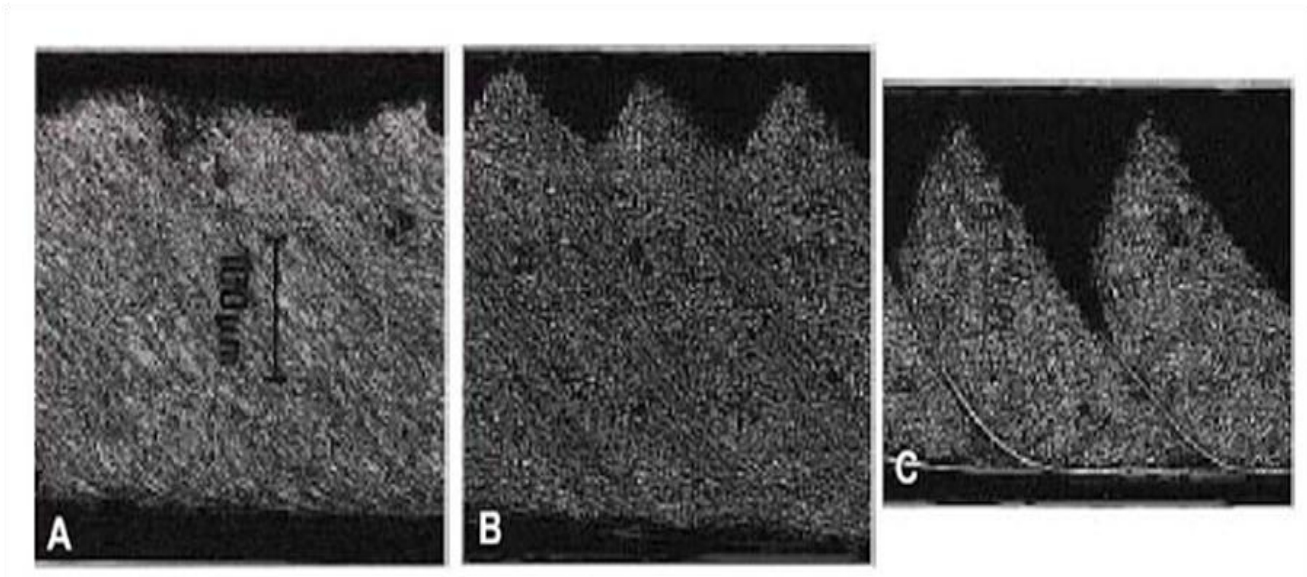



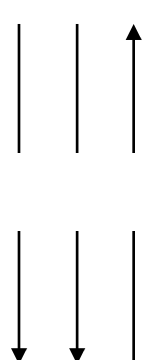



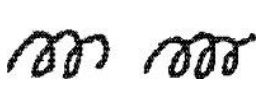

Figure II.5: Types du copeaux .


### II.2.2. classification des copeaux

La forme des copeaux n'est pas sans importance. Tout d'abord, il faudra les stocker et, à ce point de vue, ils convient qu'ils prennent le moins de place possible [20].

Dans le tableau (II.2) ci-dessous nous avons un mode de classification des copeaux qui s'appuie sur leur taux d'encombrement  $R$ , il montre aussi la variation de l'angle de coupe ( $\gamma_s$ ), la longueur de l'arête de coupe ( $a$ ) ainsi l'angle de direction d'arête de coupe ( $\kappa_r$ ).

Tableau II.2 : Classification des copeaux [20].

Type	Forme	R min	Qualité	$\nearrow \searrow$
1	Bande 	90	Mauvaise	
2	Emmêlé 			
3	Hélicoïdale long 	50	Admissible	
4	En morceaux 	3	Admissible	
5	Hélicoïdale court 	25	Bon	
6	Spirale 			

7	Spirale court 	8		
---	--	---	--	--

Un deuxième aspect à envisager est l'évacuation correcte des copeaux.

- Les copeaux en ban des larges et minces sont dangereux car, tout chauds qu'ils sont, ils sortent à grande vitesse et risquent de blesser l'opérateur.
- Les copeaux emmêlés sont une vraie plaie, car ils forment un écheveau autour de l'outil, se laissent entraîner par la pièce, et requièrent une attention constante de l'opérateur qui doit les arracher avec une tige recourbée à son extrémité.
- Les copeaux hélicoïdaux longs sont admissibles, quoique non idéaux dans la mesure où ils passent mal dans un système de récupération automatique des copeaux.
- Les copeaux hélicoïdaux courts, Spirale et Spirale court sont meilleurs.
- Les copeaux en petits morceaux, ils sont projetés en l'air et peuvent être dangereux. On ne peut les admettre en toute sécurité que si la machine est pourvue d'un capot.

### II.2.3. Zones de coupe

L'étude de la formation de copeau et l'interférence entre la pièce/outil coupant sont faites à un plan plus large que l'échelle microscopique. Plusieurs études ont montré qu'au voisinage de l'espace arête copeau pièce est caractérisé par l'apparition de zones de sollicitation très remarquables. Ces zones sont localisées par le principe de l'interaction mécanique des matériaux et le processus de coupe [12].

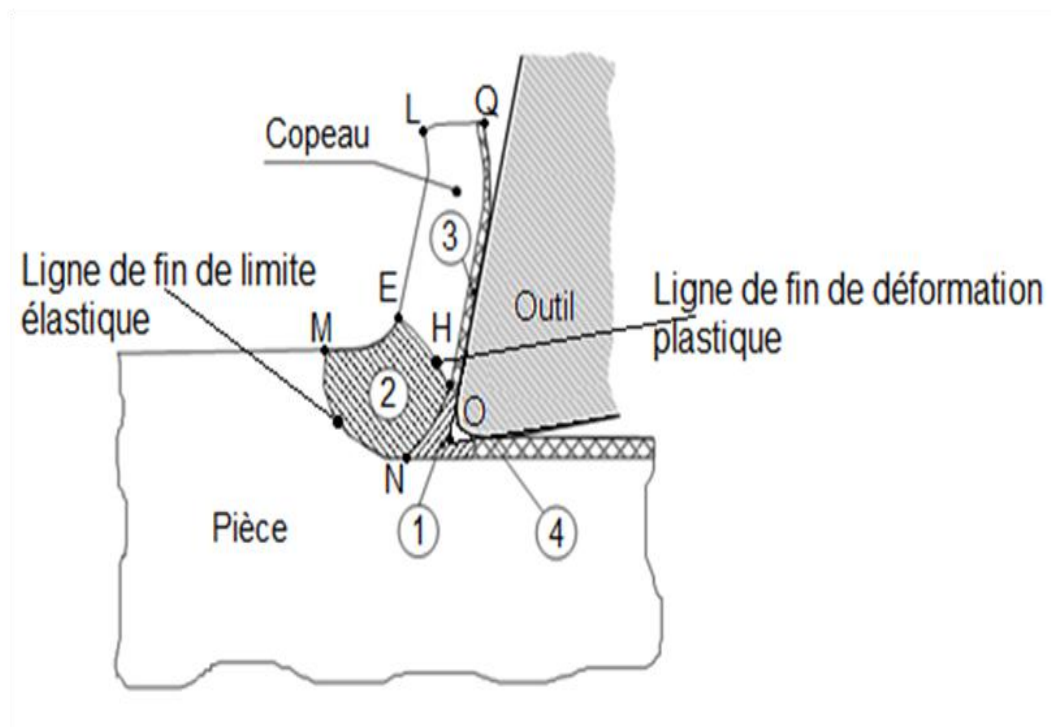
- 1). Zone morte ou zone de séparation du métal ou aussi zone de forte pression hydrostatique
- 2). Zone de cisaillement primaire
- 3). Zone de cisaillement secondaire ou zone de frottement intense
- 4). Zone de dépouille principale ou zone de cisaillement tertiaire.

- **Zone 1** : zone de séparation du métal en deux fractions par l'arête de coupe. Cette section de l'outil est une zone confinée en un point embryonnaire de sortie de copeau sous de fortes pressions hydrostatiques et aussi c'est elle qui est le point générateur de la surface usinée [12].

- **Zone 2** : zone de formation du copeau où on observe un changement brutal d'orientation et de vitesse d'écoulement de la matière, de la direction de la vitesse de coupe VC au sens d'écoulement du copeau, en provoquant un glissement plastique limité et un important flux de chaleur transmis à l'outil [12].

- **Zone 3** : zone de glissement à l'interface copeau face de coupe, il a été constaté dans des études expérimentales et numériques, qu'un phénomène d'adhésion freine considérablement l'écoulement de la matière causant un cisaillement plastique de la matière.[12].

- **Zone 4** : cette zone est localisée à l'interface face de dépouille / surface usinée, où un frottement de glissement est observé, donnant naissance à des phénomènes d'adhésion conduisant à un cisaillement plastique de faible intensité par rapport à la zone 3. Une forte pression sur la surface usinée est accompagnée d'un état de surface et une rugosité médiocre [12].



**Figure II.6:** Les différentes zones de coupe [12].

### II.3. L'usure des outils de coupe

Dans des conditions de production stable la qualité des surfaces obtenues est directement liée au degré d'usure de l'outil. L'usure provient des sollicitations mécaniques et thermiques engendrées par les mouvements relatifs entre la pièce, l'outil et le copeau, qui provoquent un transfert de métal entre les surfaces en contact. Le degré d'usure conditionne la durée de vie d'outil, il dépend du : volume de copeaux, nombre de pièces usinées, longueur usinée, vitesse de coupe maximale entre deux remplacements d'arête [13].

### II.4. Durée de vie d'un outil de coupe

La durée de vie de l'outil est en pratique considérée en termes de nombre de pièces réalisées, de temps écoulé, de volume de copeaux produit, ... entre chaque changement d'arête. Cette durée de vie dépend de l'usure du tranchant de l'outil. La chaleur dégagée lors de la coupe des métaux influe directement sur le développement de l'usure. La température de coupe et l'usure de l'outil dépendent dans une large mesure des différentes conditions d'usinage utilisées. L'augmentation de la profondeur de coupe ou de l'avance est directement proportionnelle à la température de coupe et à l'usure. Mais c'est la vitesse de coupe qui a la plus grande influence sur la génération de chaleur et par conséquent, sur le développement des différents mécanismes d'usure.

### II.5. La rugosité des surfaces usinées

La rugosité est proportionnelle à l'augmentation de l'avance et à la profondeur de passe et inversement proportionnelle à la vitesse de coupe. Avec l'augmentation de la vitesse de coupe, la rugosité de la surface usinée diminue tout d'abord rapidement puis lentement tout en se stabilisant aux grandes vitesses, L'avance est le facteur prépondérant sur la qualité de la surface usinée, tandis que la profondeur de passe exprime une influence peu significative. Le rayon du bec de l'outil a un effet non négligeable sur la rugosité des surfaces obtenues. Par la combinaison de l'arrondi du bec de l'outil et de l'effort de coupe radial élevé, nous assistons à un genre de lissage et à un écrasement des sillons de la rugosité [21].

### II.6. La lubrification

La lubrification est le procédé ou la technique utilisée pour réduire le frottement et l'usure d'une ou des deux surfaces à proximité et se déplaçant l'une par rapport à l'autre en interposant entre elles une substance appelée lubrifiant. Il existe divers types de lubrifiant, qui comprennent des huiles, des émulsions huile-eau, des pâtes, des gels, des aérosols (brouillards) et de l'air ou d'autres gaz. Ils peuvent être fabriqués à partir de distillats de pétrole, de graisses animales, d'huiles végétales, d'eau et d'air, ou d'autres matières premières. Selon le contexte et le type de fluide de coupe considéré, il peut être appelé fluide de coupe, huile de coupe, agent de coupe, agent de refroidissement ou lubrifiant.

L'action d'un fluide de coupe assure des fonctions multiples, notamment :

- réduire les efforts de coupe.
- augmenter la durée de coupe d'un outil.
- évacuer les copeaux hors de la zone de coupe.
- réduire le frottement de l'outil sur la pièce.
- améliorer l'état de surface en évitant les micro-soudures de particules de métal (arête rapportée).
- diminuer les frottements des copeaux sur la face de coupe.
- refroidir l'outil et la pièce usinée.



**Chapitre III :**  
**Partie expérimentale**

### III.1. Partie expérimentale

Dans cette partie nous avons abordés un protocole expérimentale afin de voir l'influence des angles de coupe sur la formation du copeau lors d'usinage de l'aluminium, le paramètre de la vitesse de de rotation étant pris constant à une valeur de  $N= 1000$  [tr/min] pour l'usinage de ce matériau, en gardant le paramètre de la profondeur de passe à une valeur constante durant tout les essais,  $a_p= 2$  [mm], nous avons aussi défini l'avance  $f$  constant à une valeur de  $f=0.18$  [mm/tr], nous avons choisis ces paramètres constants afin de travailler dans le but d'assurer une bonne coupe afin d'avoir une meilleure évacuation du copeau, et un bon état de surface, ceci est assuré par le bon choix de la combinaison précédente, et l'angle de coupe  $\gamma$  de l'outil élaboré.

Le tableau suivant résume les variations des conditions de coupes choisi dans notre cas, nous avons deux facteurs constants ( $f$ ,  $a_p$ , ) , et l'angle  $\gamma$  variant dans les trois parties de l'expérience pour chacun 1, 2 et 3.

**Tableau III.1** : La variation des valeurs prises pour chaque facteur de notre étude.

<b>Facteurs</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>L'avance f</b>	0.18	0.18	0.18
<b>Profondeur de passe <math>a_p</math></b>	2	2	2
<b>Angle de coupe <math>\gamma</math></b>	0°	6°	12°

### III.1.1. Préparation des essais

Les essais sont faits sur le tour conventionnelle type SN 40 C figure (III.1) au niveau du hall de technologie de l'université de Bejaïa.



**Figure III.1:** Tour conventionnelle type SN 40 C du hall de technologie.

### III.1.2. Préparation des outils de coupe

Les outils de coupe sont élaborés par nous-mêmes en utilisant des barreaux en acier rapide supérieur de section 16x16 (mm<sup>2</sup>) figure, nous avons élaboré trois outils, avec angle de coupe ( $\gamma$ ) variants. La figure (III.2) ci-dessous montre un barreau en acier rapide supérieur.



**Figure III.2:** un barreau en acier rapide supérieur (ARS).

- a. Nous avons commencé par la réalisation de l'angle de dépouille  $\alpha$  comme il est illustré sur la figure (III.3) suivante.

Face de dépouille



**Figure III.3:**Réalisation d'un angle de dépouille ( $\alpha$ ) sur un barreau en ARS.

b. En suite nous avons réalisé les différent angles de coupe ( $\gamma$ ).

Les angles caractéristiques des trois outils a angle de coupe ( $\gamma$ ) que nous avons élaborés sont comme suit:

- L'angle de dépouille  $\alpha=8^\circ$ ,
- Angle d'inclinaison de la surface de coupe  $\lambda_s = 7^\circ$ .

**Tableau III.2:** Les angles caractéristique des trois outils à angle de coupe ( $\gamma$ )

Outil N°	1	2	3
Angle de coupe $\gamma$	$0^\circ$	$6^\circ$	$12^\circ$
Angle de tatillon	$82^\circ$	$76^\circ$	$70^\circ$

c. L'affûtage est effectué au niveau du hall de technologie sur une meule de type ALMO (figure III.4.a) pour l'ébauche, et une meule de type SOLID figure (III.4.b) pour la finition, la mise en forme ce fait de manière progressive en petites passes et refroidissement indéfrisable après chaque passe afin d'éviter l'échauffement de l'outil de coupe et altérer les caractéristiques mécaniques de cet outil, telle que la dureté qui est un paramètre très important pour les outils de coupe.



(a)



(b)

**Figure III.4:** (a) Meule pour ébauche, (b) Meule pour finition. Du hall de technologie.

La figure (III.5) ci-dessous montre un opérateur en train d'affûter un outil .



**Figure III.5:** Réalisation de l'un des angles de l'outil de coupe en ARS.

### III.1.3. Préparation des pièces à usiner

La pièce à usiner (Figure III.6) est découpée d'un long cylindre plein en Aluminium de diamètre 50 mm, nous avons divisés la pièce sur trois parties, chaque partie mesure 35 mm de longueur, dressés.



**Figure III.6:** Cylindre plein en Aluminium de diamètre 50 mm.

#### III.1.4. Déroulement des essais

On mettant la pièces dans le mandrin, on a élaboré des essais de chariotage d'une longueur de 35 mm sur chaque partie de la pièce d'aluminium.

Pour chaque outil utilisé (angle de coupe différent) nous avons exécuté la profondeur de passe constante à de 2 mm , ainsi pour l'avance qui reste constant aussi à une valeur de 0.18 mm/tr, le tableau suivant illustre les différentes essais que nous avons choisis pour les opérations de chariotage, nous aurons 55 essais.

**Tableau III.3 :** Les différents essais de chariotage élaborés





Nombre d'essais	L'avance f mm/tr	Profondeur de passe ap mm	angle de coupe $\gamma$
17	0.18	2	0
18	0.18	2	6
20	0.18	2	12

Après les essais nous avons pris le soin de prendre en photo les copeaux pour chaque essai, puis nous avons classés ces copeaux selon leur ressemblance, nous avons remarqués l'existence de quatre types de copeaux pour l'angle ( $\gamma=0^\circ$ ), pour l'angle ( $\gamma=6^\circ$ ) nous avons trouvés trois types de copeaux, et pour l'angle ( $\gamma=12^\circ$ ) nous avons déduits quatre types de copeaux, nous les avons classés selon leur diamètre usiné (du diamètre 50 mm jusqu'à le diamètre 10 mm ).




Les figures montrées dans les tableaux suivants présentent les différents types des copeaux obtenus






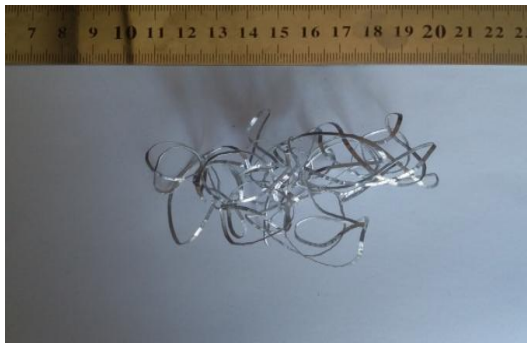
**Tableau III.4** : classification des copeaux obtenus pour angle  $\gamma=0^\circ$

Type du copeau	Diamètre usiné	Image du copeau
Emmêlé	Ø48 Ø46 Ø39 Ø37 Ø35 Ø25 Ø23 Ø21 Ø19	
En morceaux	Ø33 Ø31 Ø29 Ø27 Ø13 Ø11	
Hélicoïdale long	Ø17	
Hélicoïdale court	Ø15	

**Tableau III.5** : classification des copeaux obtenus pour angle  $\gamma=6^\circ$

Type du copeaux	Diamètre usiné	Image du copeau
Emmêlé	Ø48 Ø46 Ø44 Ø42 Ø38 Ø36 Ø34 Ø32 Ø30 Ø28 Ø26 Ø24 Ø22 Ø20 Ø18	
Hélicoïdale long	Ø40	
En morceaux	Ø16 Ø14	

**Tableau III.6 :** classification des copeaux obtenus pour angle  $\gamma = 12^\circ$

Type du copeaux	Diamètre usiné	Image du copeau
Emmêlé	Ø48 Ø46 Ø44 Ø42 Ø40 Ø38 Ø36 Ø34 Ø32 Ø30 Ø28	
En morceaux	Ø26 Ø16 Ø14	
Hélicoïdale court	Ø24 Ø22 Ø20 Ø18	
Emmêlé	Ø12 Ø10	

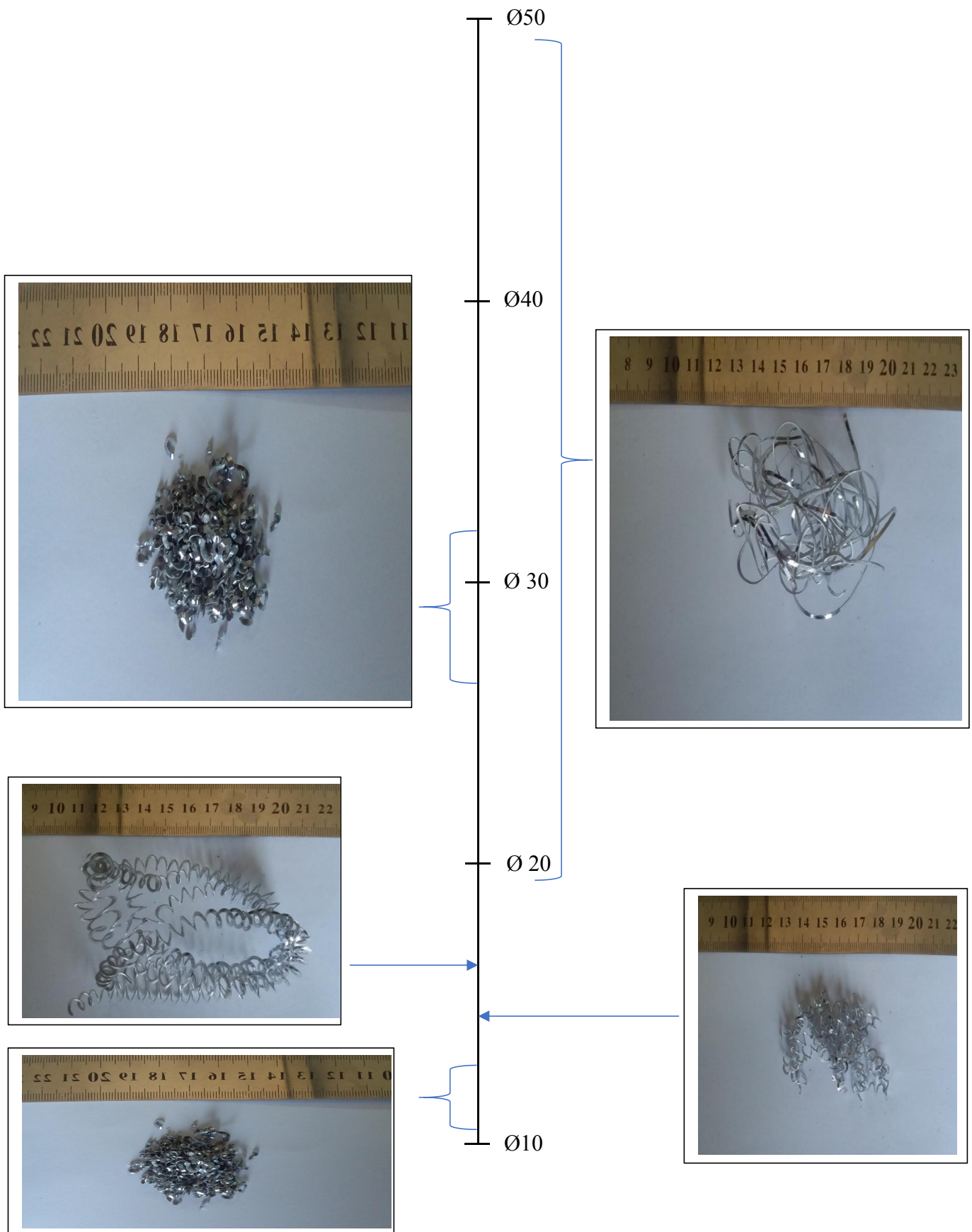
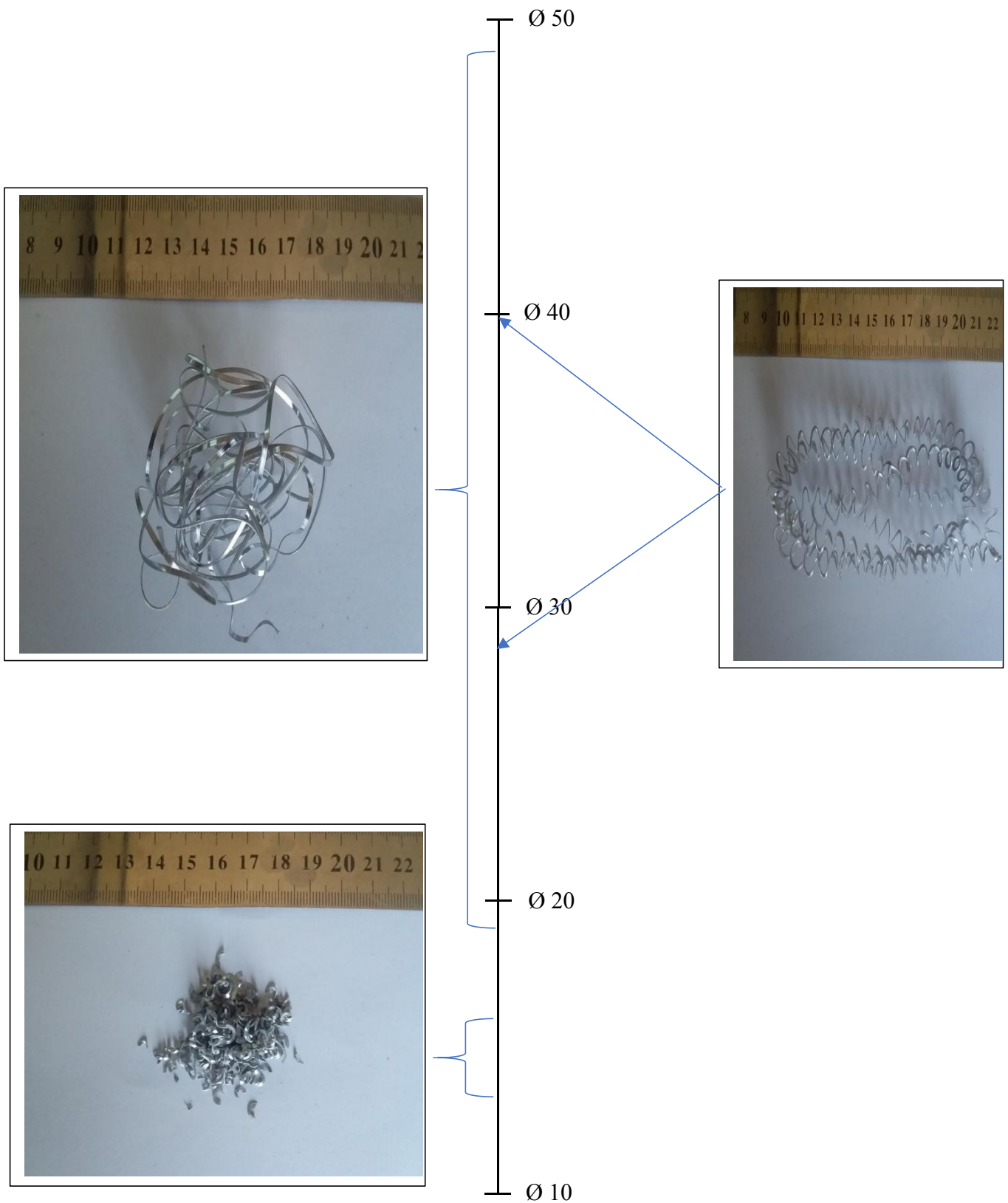


Figure III.7 :Copeaux obtenus selon le diamètre pour angle  $\gamma=0^\circ$



**Figure III.8 :** Copeaux obtenus selon le diamètre pour angle  $\gamma = 6^\circ$



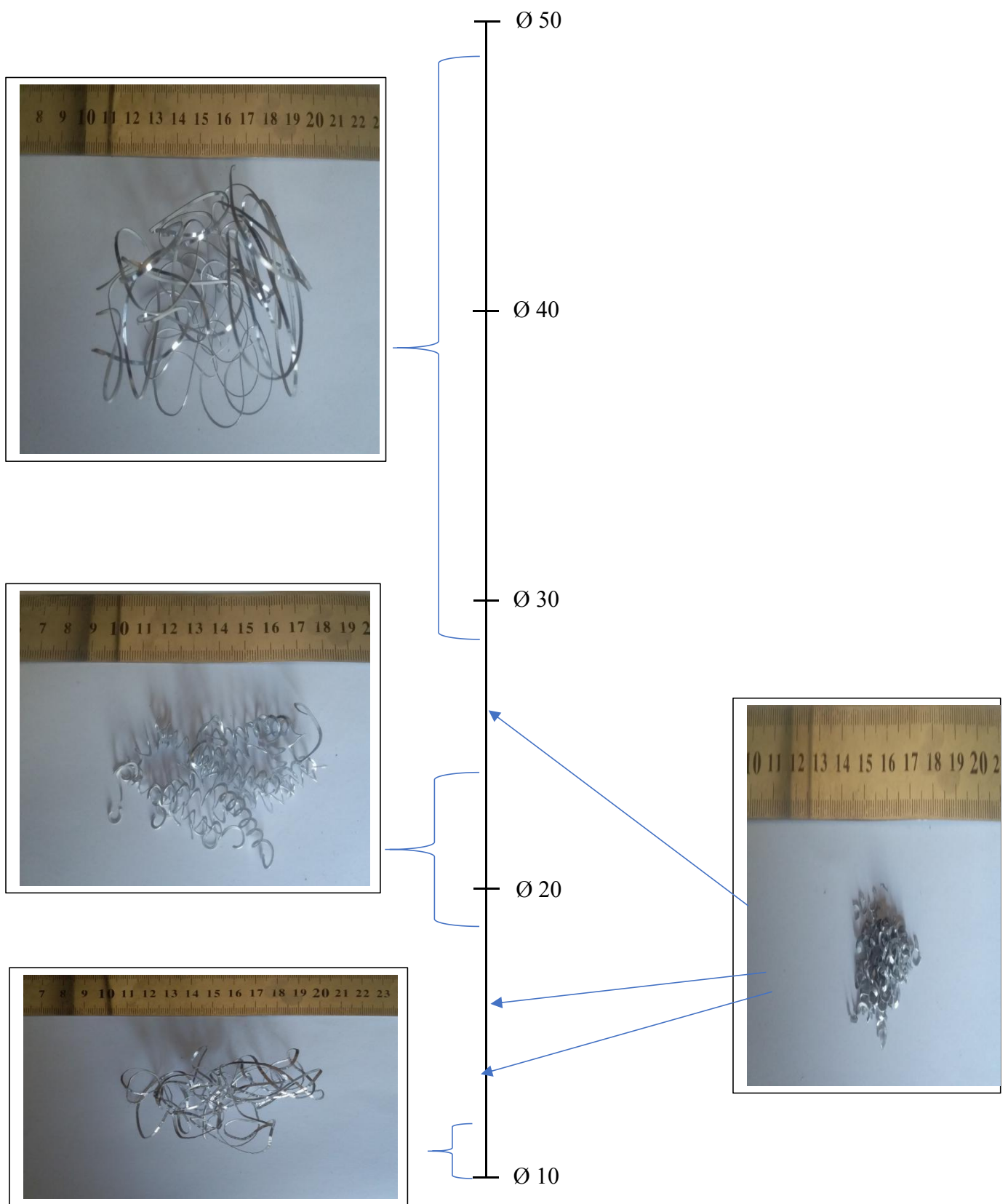


Figure III.9 :Copeaux obtenus selon le diamètre pour angle  $\gamma = 12^\circ$

### III.2. Interprétation des résultats

Nos essais sont faits sur une pièce d'aluminium sur plusieurs diamètres.

La figure (III.7) cas de ( $\gamma = 0^\circ$ ), on remarque que le copeau commence par la forme emmêlé du diamètre 48 mm jusqu'à le diamètre 35 mm, Puis du diamètre 33 mm jusqu'à le diamètre 27 mm la forme du copeau devient en morceaux, puis le copeau reprend la forme emmêlé du diamètre 25 mm jusqu'à le diamètre 19 mm, la forme du copeau devient Hélicoïdale long dans le diamètre 17 mm et Hélicoïdale court dans diamètre 15 mm, le copeau reprend la forme en morceaux du diamètre 13 mm jusqu'à le diamètre 11 mm.

La figure (III.9) nous montre les copeaux pour le cas ( $\gamma = 12^\circ$ ), on remarque que le copeau commence par la forme emmêlé du diamètre 48 mm jusqu'à le diamètre 28 mm, puis il prend la forme en morceaux dans les diamètres 26 mm, 16 mm et 14 mm, et il prend la forme Hélicoïdale court du diamètre 24 mm jusqu'à le diamètre 18 mm, le copeau reprend la forme initiale qui est emmêlé du diamètre 12 mm jusqu'à le diamètre 10 mm.

La figure (III.8) nous montre les copeaux pour le cas ( $\gamma = 6^\circ$ ), on remarque que le copeau commence par la forme emmêlé du diamètre 48 mm jusqu'à le diamètre 42 mm puis la forme du copeau change pour devenir en forme hélicoïdale long dans les diamètres 40 mm et 28 mm, et il reprend la forme initiale qui est emmêlé du diamètre 38 mm jusqu'à le diamètre 30 mm et du diamètre 26 mm jusqu'à le diamètre 18 mm, le copeau prend la forme en morceaux du diamètre 16 mm jusqu'à le diamètre 14 mm.

Les angles d'arêtes de coupes ont tendances aussi à jouer sur les résultats d'usinage et de façon très claire comme nous montre la variation faite au cours des opérations (voir TB III.4 à III.6) et Fig (III.7 à Fig III.9)

En se basant sur les trois figures ( III.7, III.8, III.9) nous pouvons dire que l'outil présentant un angle de ( $\gamma = 6^\circ$ ) donne une meilleure coupe et des copeaux bien évacuer et bien former.

Nous avons cherché à comprendre l'origine de ces différences.

Le travail de AKKAOUR Samir et SMAILI Sidali dans leur projet de fin d'étude intitulé (Analyse de l'effet de l'essai de traction sur le comportement de l'alliage d'aluminium 2017A) a mis en évidence le changement des caractéristiques mécanique dans notre matériau en faisant des essais de traction sur des éprouvettes élaborés au centre (4 et 5) , et à l'extrémité (1,2,3 et 6). Les résultats sont illustrés sur le tableau suivant :

**Tableau III.7:** Les caractéristiques de l'aluminium 2017A expérimentale.

Les éprouvettes	1	2	3	4	5	6
Module de Young E (Gpa)	62,14	62,30	51,51	59,40	64,50	65,50
Résistance élastique Re (Mpa)	310	300	300	328	333	300
A Limite élastique R0,2 (Mpa)	322	320	319	350	350	331
Contrainte rupture Rm (Mpa)	502	490	489	528	517	470
$\epsilon$ a Rm (mm)	7	6,5	7,4	6,4	5,7	4,3
$\epsilon$ Max (mm)	7,6	7,1	7,78	6,9	6,1	4,5
Coefficient d'écroutissage (n)	0,1945	0,2017	0,1937	0,1861	0,1867	0,1879



On constate probablement que la formation des copeaux durant nos expériences après avoir mis les paramètres de coupes constants durant toute l'expérience dépendent de la géométrie de la pièce brut (centre de la pièce brut ou périphérie) , cela veut dire que ceux du centre sont plus ductiles et rigides que ceux de la périphérie ils influencent directement la qualité et la forme du copeau obtenus durant nos expériences.

On remarque clairement qu'il y a un effet le long du diamètre de la pièce :

✓ Dans le cas de ( $\gamma= 0^\circ$ ) :

pour  $n=0,2017$  ; on obtient des copeaux emmêlés.

Pour  $n=0,1861$ ; on obtient des copeaux en morceaux.

✓ Dans le cas de ( $\gamma= 6^\circ$ ) :

pour  $n=0,2017$ , on obtient des copeaux emmêlés.

pour  $n=0,1861$ , on obtient des copeaux en morceaux.

✓ Dans le cas de ( $\gamma= 12^\circ$ ) :

pour  $n=0,2017$ , on obtient des copeaux emmêlés.

pour  $n=0,1861$ , on obtient des copeaux emmêlés.

D'après ces résultats le coefficient d'écroûissage ( $n$ ) influe sur la forme finale du copeau, donc l'écroûissage d'un matériau varie suivant le diamètre de la pièce ce qui fait obtenir différents copeaux sur différents diamètres.

Une remarque très importante est à signaler c'est que pour ( $\gamma= 6^\circ$ ) le copeau reste presque constante le long du diamètre de la pièce.

Nos recherche sur les résultats d'usinage de l'aluminium nous indique que l'angle le plus préconisé par  $\gamma$  varie de  $6^\circ$  à  $8^\circ$ . Nos résultats confirment cette forme géométrique de l'outil pour l'usinage de l'aluminium.

# **Conclusion**

### Conclusion

Dans la recherche bibliographique nous avons acquis les bases nécessaires à la compréhension de la coupe de l'aluminium, les machines que nous allons utiliser pour nos essais, et les critères de choix des conditions de coupe que nous avons vérifiées.

Nous avons commencé par un rappel des procédés d'usinage par enlèvement de matière, en suite une description des matériaux et les outils de coupe, et enfin les paramètres de coupe et l'usure des outils de coupe.

Nous sommes passés à la réalisation des outils de coupe en acier rapide supérieure .

En se basant sur l'analyse des résultats, nous pouvons dire que la formation des copeaux dépend dans nos expériences des caractéristiques mécaniques et des angles de coupes de l'outil

- L'angle de coupe  $\gamma = 6^\circ$ , donne une meilleure coupe et des copeaux bien évacués et bien formés durant tous les essais de l'usinage de l'aluminium.
- Les diamètres de pièces d'aluminium usinées contribuent à la formation des copeaux de bonne coupe.

En perspective, il reste à vérifier les interactions entre les paramètres de coupes que nous avons testés, de refaire des essais supplémentaires avec un outil à angle ( $\gamma$ ) varié de  $6^\circ$  à  $8^\circ$  et d'affiner les résultats et enfin de développer un modèle numérique permettant de prévoir les résultats souhaités en faisant varier les paramètres de coupe dans la plage déjà testée dans notre travail.

## Références bibliographique

---

### Références bibliographique:

- [1] : S.Benlahdi., H.Aouici, Tournage, TP Production/ 2ème année GM, École Nationale Supérieur de Technologie.
- [2] : Alain Passeron, Tournage, Techniques de Ingénieur, BM7086, 1997.
- [3] : Catalogue SANDVIK COROMANT.
- [4] : Exposé de M. MAX PREISWERK publié en 1936 dans le Bulletin No 25 de L'ASSOCIATION SUISSE DES ELECTRICIENS. Pour une plus ample documentation.
- [5] : ALU QUEBEC grappe de l'aluminium, centre d'expertise et d'innovation sur l'aluminium.
- [6] : R. vennekens et EWE. Fweldl, notice d'information sur l'aluminium, deuxième partie, institue de la belge de la soudure, avril 2003.
- [7] : structure des solides, Équipe Gr.A.M.M.E.S., Université Bordeaux 1 - 2005
- [8] : catalogue Euroalliage, alliage d'aluminium.
- [9] : Michel Dequatremare et Thierry Devers, PRECIS DES MATERIAU, 2012, paris, DUNOD.
- [10]: Métaux détail service, PROPRIETER PHYSIQUE DES ALLIAGE D'ALUMINIUM.
- [11]: Equip prod, Le magazine technique des équipements de production industrielle.
- [12]: Université des Sciences et de la Technologie d'Oran Mohamed Boudiaf, faculté de Génie Mécanique, département de Génie Mécanique, Coupe des Métaux en Fabrication Mécanique et Productique. Dr. BENNEGADI Mohammed El Larbi.
- [13]: Brigitte Vasquez, ETUDE DU COMPORTEMENT DU RAYON D'ARÊTE ET DE SON INFLUENCE SUR L'INTÉGRITÉ DE SURFACE EN TOURNAGE À SEC, 17 juin 2008, Université François – Rabelais.
- [14]: S.BENSAADA, coupe des métaux.
- [15]: INSTITUT SUPERIEUR DES ETUDES TECHNOLOGIQUES DE GAFSA SUPPORT DE COURS : ETUDE DE LA COUPE. Élaboré par : Mr. Nciri Rached.
- [16]: Équipe procédé de fabrication-GMC, usinage par outil coupant, INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUEES LYON.

## Références bibliographique

---

- [17]: Guide pratique de l'usinage – Tournage, Jacob, J., Malesson, Y., Ricque, D., Hachette Technique, Paris, 1992 Fabrications Mécaniques – Technologie, Butin, R., Pinot, M., Les éditions Foucher, Paris.
- [18]: B.Vielle, méthode et fabrication, CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS.
- [19]: École Doctorale Énergie Mécanique Matériaux, thèse présentée à L'université de Paul Verlaine de Metz par Juan David Puerta Velasquez, étude des copeaux et de l'intégrité de surface en usinage à grande vitesse de l'alliage de titane TA6V.
- [20]: J.F. Debongnie, COMPLEMENTS DE FABRICATION MECANIQUE ET F.A.O, 2013.
- [21]: H. Bouchelaghem, M.A .yallese, S. Belhadi, N .Kribeset K .Bouacha, INFLUENCE DES CONDITIONS DE COUPE SUR LA RUGOSITE DE L'ACIER TRAITE AISI D3 USINE AVEC UN OUTIL CBN, LMS Université de Guelma, Congrès Algérien de Mécanique de Construction, Alger, 29-30 avril 2007.

### Résumé

Le but de notre travail est de définir les meilleurs angles de coupe afin d'avoir une bonne coupe et une meilleure qualité de copeau pour l'usinage des alliages d'aluminium, en choisissant des outils de coupe en acier rapide supérieure ARS élaborés par nous-mêmes, en choisissant trois angles de coupe dans un intervalle [0-12°] pour des opérations de chariotage.

L'analyse des résultats obtenus à partir des essais que nous avons faits a abouti à des résultats assez intéressants.

Mots clé : angle de coupe, alliage d'aluminium, procédé de chariotage.

### Abstract

The goal of our work is to define the best cutting angles in order to have a good cut and a better quality of chip for the machining of aluminum alloys, by choosing cutting tools in high speed steel HSS developed by us, choosing three cutting angles in an interval [0-12 °] for stock removal operations.

The analysis of the results obtained from the tests we carried out yielded some rather interesting results.

Keywords : Cutting angle, aluminium alloy, rolling process.

