

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE AMAR TELIDJI - LAGHOUCAT

Faculté de technologie

Département d'électronique

MEMOIRE DE MASTER

Présenté par :

-Zebbach hicham

-Bakiri fethi

DOMAINE : Sciences et Techniques

FILIERE : Electronique

SOPTION : Electronique des systèmes embarqués

Thème

**Mise au point d'une stratégie de
surveillance de l'usinage par logique floue**

Encadreur : Mecheri KIOUS

Promotion : 2019-2020



Dédicace

A ma mère et mon père, qui m'ont éclairé

Le chemin en me donnant la main

Tout au long de mes années d'étude « Que dieu
me les gardes ».

A mes chers frères et me parent dans leur cœur.

A toute la famille.

A toute personne que j'aime et que je respecte.

A tous mes amis sans exception.

fethi bakiri

Dédicaces

Je tiens à dédier ce mémoire :

A ma très chère Mère e à mon père, en témoignage et en gratitude de leurs dévouements, de leurs soutiens permanent durant toutes mes années d' études, leurs sacrifices illimités

Leur réconfort moral, eux qui ont consenti tant d'effort pour mon éducation, mon instruction et pour me voir atteindre ce but, pour tout cela et pour ce qui ne peut être dit, mes affectations sans limite.

A ceux qui sont la source de mon inspiration et mon courage, à qui je dois de l'amour et de la reconnaissance :

A toute ma famille.

Mr **HICHAM ZEBBACH**

Remerciement

Nous remercions DIEU le tout puissant de nous aider et éclairer le chemin et nous donner le courage, la force, la santé, la volonté ainsi que la conscience de réaliser ce modeste travail, que nous souhaitons qu'il soit honorable et réussi.

Nous tenons à remercier particulièrement notre encadreur Mr. – MECHRI KIOUS Pour leurs soutiens et leurs précieux conseils.

Enfin nous tenons à exprimer nos profonds remerciements à tous ceux qui nous ont aidés de près ou de loin pour la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous

ملخص:

تشغل آلية القطع مساحة مفترضة في التصنيع، إنها الطريقة التي تسمح بإنتاج أشكال معقدة ودقيقة للغاية دون تغيير خصائص المادة التي يتم تشكيلها.
الهدف من هذا العمل هو دراسة ظاهرة التآكل أثناء المعالجة
لقد قسمنا هذا الملخص إلى ثلاثة فصول:
-فصل أول يعرض تعريفات وأنظمة ومفاهيم عامة عن التصوير.
-فصل ثان يعرض فيه ظاهرة مراقبة التآكل وطرق وأجهزة قياس تآكل أداة القطع.
-فصل ثالث كشفنا فيه عن تصنيفات اهتراء الحشو الداخلي بالمنطق الضبابي

Résumé

L'usinage par enlèvement de copeaux occupe un bon espace dans la fabrication, c'est la méthode qui permet de produire des formes complexes et très précises sans changement des caractéristiques de la matière usinée.

L'objet de ce travail est d'étudier ce phénomène d'usure lors de l'usinage, dans un premier temps nous avons présenté des définitions, les notions générales sur le tournage suivi par l'extraction des paramètres pertinents caractérisant l'usure des plaquettes de coupe par une analyse du signal vibratoire généré lors de l'usinage par diverse techniques de traitement de signal. Ces paramètres sont injectés dans un système de surveillance à base de la logique floue pour une éventuelle classification de l'usure des plaquettes de coupe.

Abstract

The machining occupies a good amount of space in the manufacturing process; it is the method that allows producing complex and very precise shapes without changing the characteristics of the material.

The object of this work is to study this phenomenon of wear during machining; firstly, we presented definitions, general notions on turning followed by the extraction of the relevant parameters characterizing the wear of cutting inserts by analyzing the vibration signal generated during machining by various signal-processing techniques. These parameters introduced into a fuzzy logic-based monitoring system for possible classification of cutting tool wear.

SOMMAIRE

SOMMAIRE	1
I. CHAPITRE I: L'USINAGE : DEFINITION, SYSTEME DE SURVEILLANCE ET ETAT D'ART.....	2
I.1 TOURNAGE :.....	2
I.1.1 Les machines de tournage :.....	2
I.1.2 Opérations de base :.....	3
I.1.3 Paramètres de coupe :	3
I.2 LES OUTILS DE COUPE EN USINAGE :.....	4
I.2.1 Géométrie des outils :	5
I.3 USURE DE L'OUTIL COUPANT :	5
I.3.1 Mécanismes d'endommagement des outils :	5
I.3.1.1 Usure par abrasion :	6
I.3.1.2 Usure par adhésion :.....	6
I.3.2 Typologie de l'usure et sa quantification :	6
I.3.3 Lois d'usure :	7
I.3.4 La durée de vie d'outil :	7
I.4 SURVEILLANCE DE L'USURE DES OUTILS COUPANTS :	8
I.4.1 Description générale des systèmes de surveillance des machines-outils :	8
I.4.2 Méthodes de surveillance de l'usure des outils coupant :	9
I.4.2.1 Méthodes Directes :	9
I.4.2.2 Méthodes Indirectes :	9
I.4.2.2.1 Les efforts de coupe :	9
I.4.2.2.2 L'énergie électrique consommée et le courant de broche :	10
I.4.2.2.3 Contrôle du déplacement :	11
I.4.2.2.4 Fluctuations de vitesse de la broche :	11
I.4.2.2.5 La température de coupe :	12
I.4.2.2.6 Finition Extérieur :	12
I.4.2.2.7 Les Ultrasons :	13
I.4.2.2.8 Emission Acoustique :	14
I.4.2.2.9 Vibrations :	14
I.4.2.3 Fusion des données :	14
I.5 CONCLUSION :	15
II. CHAPITRE II CARACTERISATION ET SURVEILLANCE DE L'USURE EN TOURNAGE	16
II.1 INTRODUCTION :	16
II.2 CONDITIONS EXPERIMENTALES :	16
II.3 MISE EN PLACE DE LA CHAINE DE MESURES :	17
II.3.1 Mesure des signaux vibratoires :	17

II.3.1.1	Capteurs et positionnement :	17
II.3.2	Contrôle direct des plaquettes de coupe :	17
II.3.2.1	Billan de dispersion de la durée de vie des plaquettes étudiées :	18
II.3.2.2	Graphes de V_b de quelques plaquettes :	19
II.4	ANALYSE DES SIGNAUX VIBRATOIRES :	21
II.4.1	Caractérisation de l'usure des outils coupants en tournage :	21
II.4.1.1	Analyse dans le domaine temporel :	21
II.4.1.1.1	Puissance	21
II.4.1.2	Analyse dans le domaine fréquentiel :	23
II.4.1.2.1	Energie spectrale du signal vibratoire :	24
II.4.1.2.2	Energie spectrale du signal vibratoire filtré autour de la fréquence 5200HzII :25	
II.4.1.2.3	Energie spectrale du signal vibratoire filtré passe-bas ($f_c < 100$ Hz) :	27
II.4.1.3	La transformé en Ondelette :	29
II.5	PUISSANCE DE L'APPROXIMATION A1 :	29
II.6	PUISSANCE DU DETAIL D1 :	31
II.7	CONCLUSION :	33
III.	CHAPITRE III : CLASSIFICATION DE L'USURE D'UNE PLAQUETTE DE COUPE PAR LOGIQUE FLOUE	35
III.1	INTRODUCTION :	35
III.2	LA LOGIQUE FLOUE :	35
III.3	PRINCIPE DE LA LOGIQUE FLOUE :	35
III.4	L'UTILISATION DE LA LOGIQUE FLOUE :	36
III.4.1	Domaine D'application De La Logique Floue :	36
III.4.2	Logique floue et la logique classique :	36
III.4.3	Structure d'un système de commande floue :	36
III.5	FUZZIFICATION :	37
III.5.1	Moteur d'inférence :	37
III.5.2	Défuzzification :	38
III.6	PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DE NOTRE TRAVAIL :	38
III.6.1	Logique floue pour la surveillance du tournage :	40
III.6.2	Les règles :	46
	DONC LES REGLE SONT LA BASE DE LOGIQUE FLOUE CAR C'EST EUX QUI NOUS DETERMINENT LA VALEUR DE LA SORTIE.....	46
	UNE REGLE EST ACTIVEE DES QU'ELLE A UNE PREMISSE AYANT UNE VALEUR DE VERITE NON NULLE. PLUSIEURS PEUVENT ETRE ACTIVEES SIMULTANEMENT ET PRECONISER DES ACTIONS AVEC DIFFERENTS DEGRES DE VALIDITES.	46
III.7	CONCLUSION :	47

LISTE DES FIGURES

Figure I-1:organes principaux du tour	2
Figure I-2:quatre opérations de base.....	3
Figure I-3:temps de contact outil/matière	5
Figure I-4:la géométrie des outils	5
Figure I-5:l'adhésion et l'abrasion font généralement place aux phénomènes de diffusion	6
Figure I-6:La durée de vie d'outil.....	8
Figure I-7:Microscope optique binoculaire	9
Figure I-8:Les composantes de l'effort de coupe	10
Figure I-9:Vitesse de coupe	12
Figure I-10:Évacuation de la chaleur par le copeau à différentes phases 220 m/min..	12
Figure II-1: Chaîne d'acquisition.....	17
Figure II-2-a: plaquette saine	18
Figure II-3-b: image de la plaquette usée	18
Figure II-4-c: courbe d'usure (zone).....	18
Figure II-5:Billan de dispersion de la durée de vie.....	19
Figure II-6:Groupe de 4mn	19
Figure II-7:Groupe de 10mn	20
Figure II-8:Groupe de 11 min	20
Figure II-9:Groupe 12 mn.....	20
Figure II-10:Groupe 13m.....	21
Figure II-11:plaquette 25	22
Figure II-12:plaquette 06	22
Figure II-13:plaquette 03	22
Figure II-14:plaquette 01	23
Figure II-15:plaquette 18	23
Figure II-16:plaquette 25	24
Figure II-17:palquette06	24
Figure II-18:plaquette8	24
Figure II-19:plaquette 01	25
Figure II-20:plaquette18	25
Figure II-21:plaquette25	25

Figure II-22:plaquette06	26
Figure II-23:plaquette03	26
Figure II-24:plaquette01	26
Figure II-25:plaquette18	27
Figure II-26:plaquette25	27
Figure II-27:plaquette 06	27
Figure II-28:plaquette 03	28
Figure II-29:plaquette01	28
Figure II-30:plaquette 18	28
Figure II-31:plaquette 25	29
Figure II-32:plaquette 06	30
Figure II-33:plaquette 03	30
Figure II-34:plaquette 01	30
Figure II-35:plaquette 18	31
Figure II-36:plaquette 25	31
Figure II-37:plaquette 06	32
Figure II-38:plaquette 03	32
Figure II-39:plaquette 01	32
Figure II-40:plaquette 18	33
Figure III-1:structure d'un système de commande floue	37
Figure III-2:principe de fonctionnement de notre travail	39
Figure III-3:évolution puissance de signale	41
Figure III-4: input variable input	41
Figure III-5:évolution énergie spectrale.....	42
Figure III-6:input variable input	42
Figure III-7:évolution de puissance spect de la résonance 5200hz.....	43
Figure III-8:input variable input	43
Figure III-9:évolution la puissance de A1	44
Figure III-10:input variable input	44
Figure III-11:évolution de la puissance de D1	45
Figure III-12:input variable input	45
Figure III-13:surface de décisions	46
Figure III-14:les test du système à base de la logique floue	47

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I-1	13
Tableau III-1:tableau de logique floue pour la surveillance du tournage	40

LISTE DES Equations

Équation 1	10
Équation 2.....	10
Équation 3	11
Équation 4.....	11
Équation 5.....	11
Équation 6.....	22
Équation 7.....	22
Équation 8.....	29

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

L'usinage par enlèvement de copeaux désigne l'ensemble des techniques qui permettent d'obtenir une surface par enlèvement de matière à l'aide d'un outil tranchant. Cette technique ancienne est souvent qualifiée de coupe onéreuse dans la mesure où la mise en forme de la pièce entraîne une transformation de matière noble en déchets (copeaux). Cependant, elle reste une technique de fabrication importante et répandue dans la mise en forme des métaux par la coupe, le procédé de tournage, objet de notre étude, représente à lui seul 33 % du domaine de l'usinage par enlèvement de copeaux.

Dans l'usinage, l'usure des outils de coupe conduit à une dégradation de la qualité de la pièce usinée, notamment en termes d'état de surface et de précision géométrique. Ainsi, il est important de disposer de critères permettant de suivre la dégradation d'un outil durant les opérations de tournage. Cela permettra de prendre la décision du changement de l'outil au moment opportun. Cependant, le rendement économique des machines-outils dépend essentiellement des performances des outils de coupe et de leur durée de vie.

Dans cette perspective nous avons entrepris ce PFE afin de mettre en place d'un système de surveillance de l'usure des outils coupants en tournage.

Nous avons partagé ce mémoire en trois chapitres :

- Un premier chapitre présente les définitions et les notions générales sur le tournage.
- Un deuxième chapitre, dans lequel on présente le phénomène surveillance de l'usure en définissant les méthodes directes et indirectes et les appareils de mesure l'usure de l'outil de coupe.
- Un troisième chapitre, dans lequel nous avons exposé les classifications de l'usure d'une plaquette de coupe par logique floue.
- Enfin une conclusion générale.

***CHAPITRE 01 : L'USINAGE : DEFINITION,
SYSTEME DE SURVEILLANCE ET ETAT D'ART***

I. CHAPITRE I : L'USINAGE : DEFINITION, SYSTEME DE SURVEILLANCE ET ETAT D'ART**I.1 Tournage :****I.1.1 Les machines de tournage :**

Les **machines-outils** les plus courantes utilisées pour le **tournage** sont : Les tours parallèles à charioter et à fileter.

Ces machines sont utilisées pour les travaux unitaires ou de petites et moyennes séries sur des pièces très simples. Ces **tours** sont peu flexibles. Seules les surfaces dont les génératrices sont parallèles ou perpendiculaires à l'axe de la broche sont réalisables en travail d'enveloppe. (1)

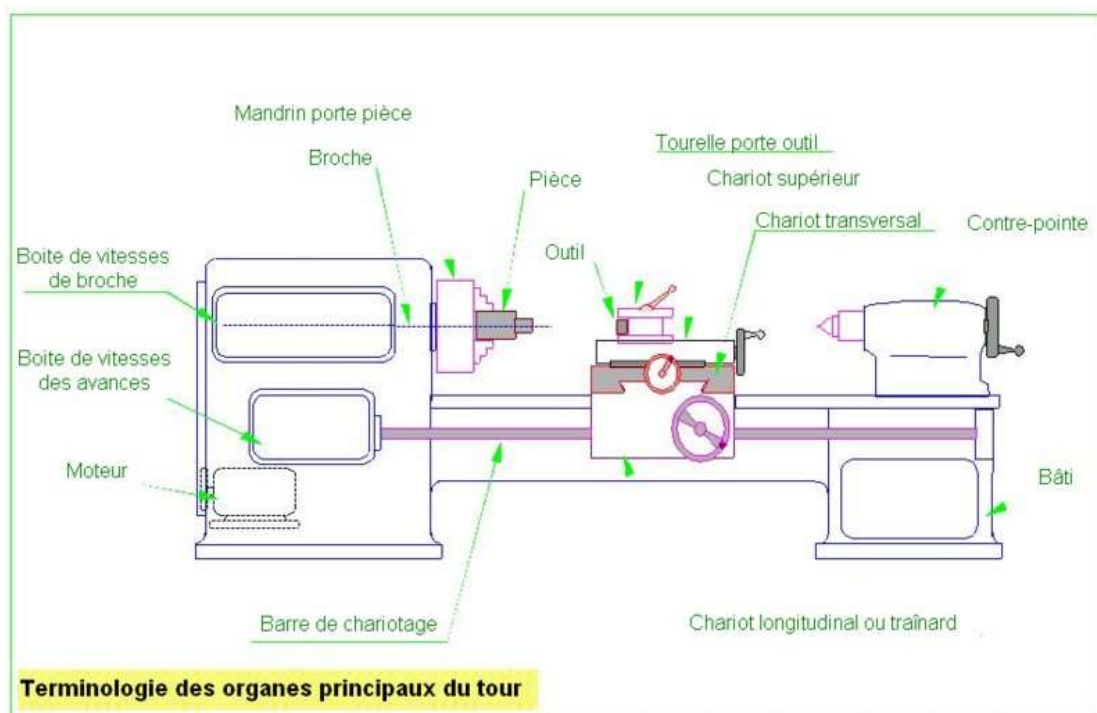


Figure I-1: organes principaux du tour

-**Les tours à copier** : Ils permettent l'**usinage** de pièces par reproduction, à partir d'un gabarit, grâce à un système de copiage hydraulique qui pilote le déplacement du chariot transversal.

- **Les tours semi-automatiques** : Ce sont des **tours** équipés d'un trainard semblable à celui d'un **tour parallèle** avec une tourelle hexagonale indexable munie de 6 postes d'outils animée d'un mouvement longitudinal contrôlé par des butées.

-Les tours automatiques : Plusieurs outils sont montés tangentiuellement à la pièce. Les mouvements sont obtenus par des cames qui donnent la vitesse d'avance et la course de chaque outil. Une came est spécifique à une opération et à une pièce.

-Les tours automatiques multibroches : Ce type de tour comportera par exemple huit broches. Huit outils soit un par broche travaillent en même temps et effectuent une opération différente.

-Les tours à commande numérique : Comme en copiage la génératrice de la pièce peut être quelconque mais ici la trajectoire de l'outil est obtenue par le déplacement simultané de deux axes dont les positions successives sont données par un calculateur travaillant à partir d'un programme propre à la pièce.

I.1.2 Opérations de base :

En tournage extérieur, on peut souvent dissocier les pièces complexes en profils de coupe élémentaires pour le choix des outils et des paramètres de coupe. Pour faciliter le choix du type d'outil, on peut considérer qu'il existe, en tournage, quatre opérations de base,

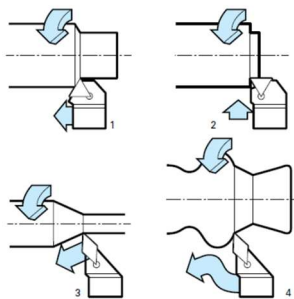


Figure I-2: quatre opérations de base

I.1.3 Paramètres de coupe :

Les paramètres des coupes sont :

- La vitesse de coupe v_c en mètre par minute (m/min) : caractérise la vitesse relative entre la pièce et l'outil au point de contact
- L'avance par tour f_n en millimètre par tour (mm/tr) : caractérise l'état de surface obtenu.

Les paramètres de coupe sont choisis en fonction des caractéristiques mécaniques de la matière à usiner et de l'outil. Ils sont indépendants de la machine utilisée et des caractéristiques géométriques de la pièce et de l'outil.

Les paramètres machines sont :

- La fréquence de rotation de la broche N en tours par minute (tr/min)
- la vitesse d'avance V_f en millimètre par minute (mm/min).

Les paramètres machines sont calculés à partir des paramètres de coupe et des caractéristiques géométriques de la pièce et de l'outil.

Les éléments de passe sont :

- la profondeur de passe a_p en millimètre (mm) ;
- Le nombre de passes n_p ;
- La longueur usinée l en millimètre (mm) ;
- La longueur totale usinée L en millimètre (mm).

Un autre paramètre de coupe peut également être considéré : la lubrification. Classiquement, pour la plupart des opérations d'usinage, un fluide arrose la pièce. Ce fluide d'usinage a pour but de faciliter l'évacuation des copeaux (de la zone d'usinage et de la machine), de lubrifier l'interface outil/pièce et outil/copeau et d'assurer la stabilisation thermique de la coupe ou la dégrader (choc thermique). Cependant pour des considérations économiques et écologiques, l'utilisation de ces fluides d'usinage est remise en question. Ces dernières années les techniques d'usinage à sec ou de micro-lubrification se développent.

I.2 Les Outils de Coupe en Usinage :

Les outils de coupe modernes sont composés d'un support appelé porte-outil en acier et d'une partie amovible appelée plaquette de coupe en carbures Figure (I-6-a). La plaquette est fixée par une vis ou une bride sur son support Figure (I-6-b). Cela permet d'adapter parfaitement son outil selon la matière que l'on souhaite usiner, de l'opération que l'on doit effectuer ou des contraintes particulières. Cette plaquette dispose de plusieurs arêtes de coupe qui permettent une réduction des coûts d'utilisation. La durée de vie moyenne pour un outil en carbure de tungstène revêtu est de 20 min en tournage et de 45 min en fraisage (2)

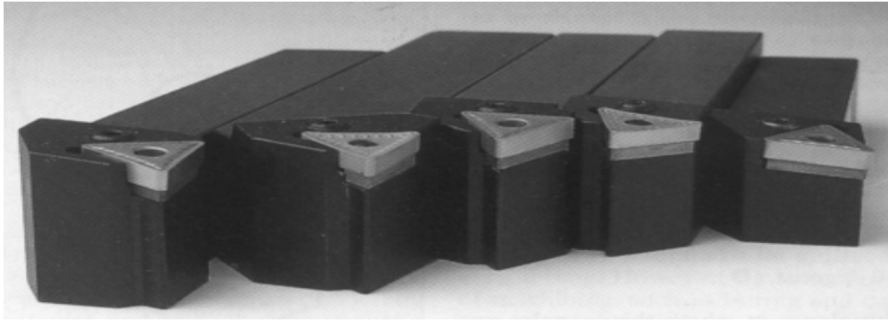


Figure I-3: temps de contact outil/matière

I.2.1 Géométrie des outils :

Quelle que soit la technique d'usinage employée, un outil comprend des normes une ou plusieurs zones tranchantes que l'on peut décrire comme des dièdres élémentaires Figure (I-4) définis par des faces A_α et A_γ et une arête d'intersection. La face A_α est appelée face de dépouille et la face A_γ face de coupe

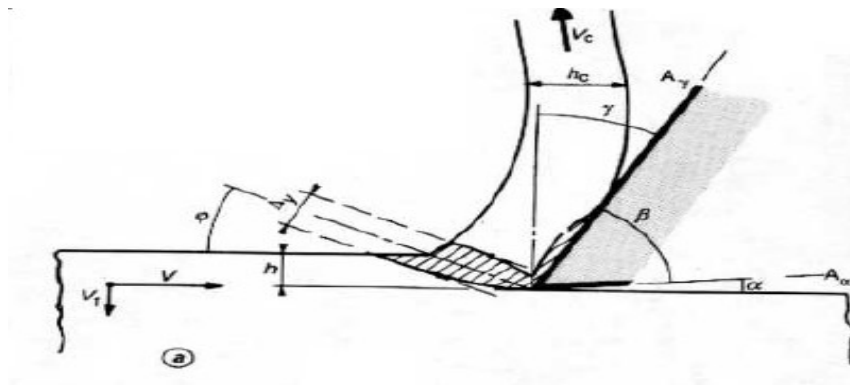


Figure I-4: la géométrie des outils

I.3 Usure de l'outil coupant :

I.3.1 Mécanismes d'endommagement des outils :

L'usure peut avoir des origines mécaniques (abrasion, attrition) ou bien peut être chimiquement activée (usure par diffusion) et chaque mécanisme.

L'endommagement agit sur l'outil à des niveaux différents. La prédominance d'un des mécanismes ou l'effet combiné de plusieurs d'entre eux dépend à la fois du type d'opération d'usinage, des conditions de coupe et des propriétés physico-chimiques des matériaux mis en jeu. Par exemple, quand la température à l'interface outil-copeau atteint des valeurs suffisamment élevées.

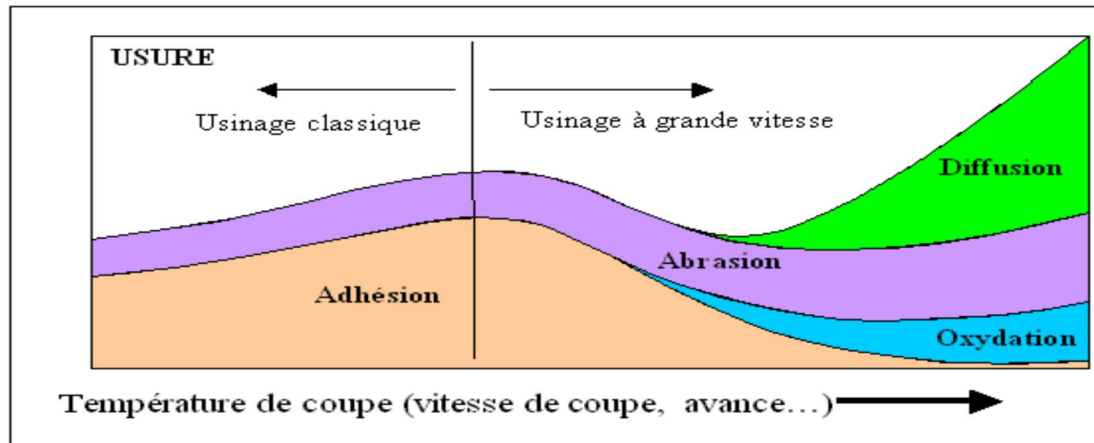


Figure I-5: l'adhésion et l'abrasion font généralement place aux phénomènes de diffusion

I.3.1.1 Usure par abrasion :

L'usure par abrasion se caractérise par la formation de bandes striées dans la direction de contact avec la surface usinée de la pièce ou dans la direction du copeau qui glisse le long de la face de coupe. L'usure par abrasion apparaît donc à la fois sur la face de coupe, et sur la face de dépouille des outils. Ce sont les particules dures qui sont à l'origine de cette usure.

I.3.1.2 Usure par adhésion :

Sous l'effet de la pression, de véritables soudures se créent entre l'outil et le copeau par écrasement/entrelacement des aspérités ou par des phénomènes d'adsorption et de solubilité s'il existe une affinité chimique entre les atomes qui constituent les deux surfaces.(3)

I.3.2 Typologie de l'usure et sa quantification :

L'usure se manifeste sur l'outil de coupe sous plusieurs formes qui dépendent de :

- Matériau de l'outil de coupe et sa géométrie
- Material usiné
- Conditions de coupe
- Type de l'opération d'usinage.
- Tempe d'usinage
- La lubrification
- Les vitesses d'usinage (vitesse d'avance vitesse de pénétration vitesse de coupe)

I.3.3 Lois d'usure :**Modèle Mathématique :****Modèle de Gilbert ou le modèle de Taylor généralisé en 1950 :**

$$Vc = C. f x. a y. Vc n$$

Où f est l'avance, a est la profondeur de passe et x, y, n sont. La constante C : dépend du Couple Outil / Matière Les coefficients x, y et n : dépendent que du matériau constituant l'outil, avec $x \approx n/6$ et $y \approx n/3$

Modèle de Colding en 1959 :

$$k + A.x + B.x^2 + C.y + D.y^2 - z + E.z^2 + F.x.y + G.y.z + H.x.z$$

Modèle de König-Depiéreux en 1969 :

$$T = \exp(-\alpha Vc v - \gamma a \mu - \sigma a \lambda)$$

Modèle de Kronenberg en 1970 :

$$T = C (V + k) m$$

K, C, m sont des constantes.

I.3.4 La durée de vie d'outil :

La durée de vie d'un outil est caractérisée par le temps mis pour atteindre la valeur limite du critère d'usure considérée dans des conditions de coupe données.

Généralement on choisit comme critère d'usure l'un des trois critères suivants :

- Défaillance brutale due à la déformation plastique de l'arête. Ce critère n'est employé que pour les outils en acier rapide ou les outils en céramique.
- Usure frontale, employé pour tous les outils, caractérisés soit par l'usure frontale moyenne soit par l'usure frontale maximale.
- Usure en cratère, employé seulement pour les outils en carbure métallique, caractérisé par la profondeur du cratère.

Appelons U le paramètre d'usure adopté. Il varie en fonction du temps selon une certaine courbe. On se fixe alors arbitrairement une valeur de référence de l'usure U que l'on estime être une limite acceptable. A cette valeur U correspond, par la courbe d'usure, un temps de fonctionnement T que l'on appelle durée de vie de l'outil. Il va de soi que cette définition est tout conventionnelle, puisqu'elle dépend de la limite d'usure U choisie. Une valeur souvent citée est $V_B = 0.3$ mm est souvent plus déterminante.

Sue base d'un grand nombre d'essais, Taylor a montré que la vitesse de coupe est le paramètre ayant la plus forte influence sur la durée de vie de l'outil. Toute autre chose étant égale, Taylor a montré que, dans un domaine raisonnable de vitesse, on a la relation

$$vT^n = \text{cte}$$

Cette relation est connue sous le nom de loi de Taylor. Elle ne vaut pas pour les très faibles vitesses. Pour l'exposant n , on observe des valeurs de l'ordre de

$n = 1/8$ pour les outils en acier rapide

$n = 1/4$ pour les outils en carbure

$n = 1/2$ pour les outils en céramique

Ceci ne sont que des valeurs approximatives. Les carburiers, fabricants de plaquettes d'usinage, fournissent à la demande des valeurs spécifiques pour leurs plaquettes, dans le cas de divers matériaux à couper.

Une analyse plus approfondie montre que la constante de Taylor varie quelque peu avec l'épaisseur de coupe h et avec la largeur de coupe b . Leur influence peut être prise en compte par la loi de Taylor généralisée.

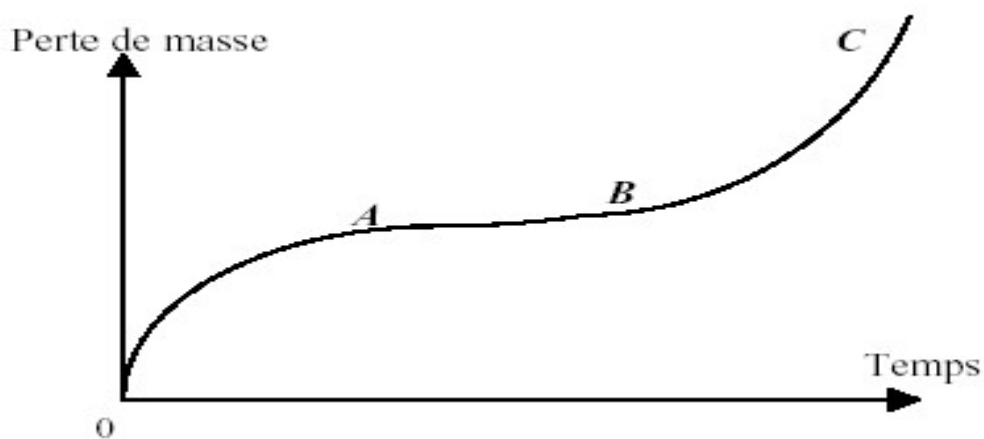


Figure I-6: La durée de vie d'outil

I.4 Surveillance de l'usure des outils coupants :

I.4.1 Description générale des systèmes de surveillance des machines-outils :

Dans ce travail, nous proposons des méthodes de surveillance basée conjointement sur l'analyse temporelle et l'analyse fréquentielle des signaux mesurés en tournage pour identifier l'usure de l'outil. La sensibilité d'indicateurs scalaires à la variation de l'usure et d'autre part de déterminer plusieurs indicateurs de l'usure à l'image des fréquences

caractéristiques, du niveau vibratoire et des changements brusques qui permettent de déceler l'endommagement de l'outil de coupe.

I.4.2 Méthodes de surveillance de l'usure des outils coupant :

La surveillance des outils de coupe prend de plus en plus d'importance dans les processus d'usinage moderne. Plusieurs techniques proposées s'appuient sur les méthodes de mesures directes, alors que les méthodes de surveillance indirecte sont majoritairement utilisées.

I.4.2.1 Méthodes Directes :

Les méthodes directes sont celles qui utilisent les effets provoqués directement par l'usure de l'outil. Ce sont des méthodes optiques et radiométriques (3)



Figure I-7: Microscope optique binoculaire

I.4.2.2 Méthodes Indirectes :

Les méthodes indirectes mesurent des facteurs qui sont les conséquences de l'usure d'outil. Les méthodes d'évaluation de l'usure les plus fréquemment utilisées dans l'environnement de l'usinage industriel sont les efforts de coupe, les signatures vibratoires..... etc .

I.4.2.2.1 Les efforts de coupe :

Les efforts de coupe sont à l'origine des déformations plastiques et donc des élévations de température qui se produisent au cours de la coupe. Pour toutes autres conditions de coupe égales, l'augmentation de la vitesse de coupe ne s'accompagne pas

d'une variation notable des efforts de coupe (10% de baisse environ), alors que l'augmentation de la vitesse d'avance entraîne une augmentation de la valeur de l'effort tangentiel (relation linéaire : l'effort double environ quand la vitesse d'avance double).

Mésure :

Le tournage longitudinal donne lieu à un effort de coupe dont la décomposition dans trois directions privilégiées peut servir de base à la définition des efforts de coupe pour toutes les opérations d'usinage

- Ø Fz : composante dans le sens de la vitesse de coupe, appelée effort tangentiel ou effort principal de coupe.
- Ø Fx: composante dans le sens de l'avance, appelée effort d'avance ou effort axial en tournage, joue un rôle fondamentale dans le processus de coupe.
- Ø Fy : composante dans le sens perpendiculaire aux deux autres, appelée effort de refoulement ou effort radial, n'a qu'une importance secondaire est disparaît dans le cas de coupe orthogonale pure.

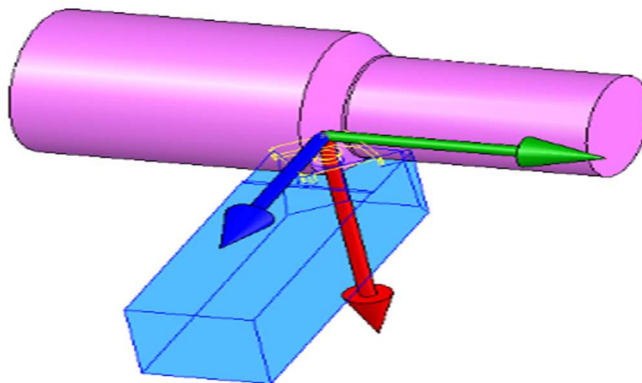


Figure I-8: Les composantes de l'effort de coupe

I.4.2.2.2 L'énergie électrique consommée et le courant de broche :

Dans le paragraphe suivant, nous avons noté les relations entre les forces engendrées par la coupe et la puissance de coupe pour donner une énergie électrique consommée :

$$F_s = \frac{wt_1}{\sin \phi} \tau_1 \tilde{\tau}_R = \frac{wt_1}{\sin \phi} (DC\gamma_1 + \tau_0) \tilde{\tau}_R$$

Équation 2

Les efforts de coupe et d'avance prévus par le modèle sont :

$$F_p = wt_1 \tilde{\tau}_R \frac{(DC\gamma_1 + \tau_0) \cos(\lambda - \alpha)}{\sin \phi \cos(\phi - \alpha + \lambda)}$$

Équation 3

$$F_g = w t_1 \tilde{\tau}_R \frac{(DC\gamma_1 + \tau_0) \sin(\lambda - \alpha)}{\sin \phi \cos(\phi - \alpha + \lambda)}$$

Équation 4

La puissance totale dissipée pendant la coupe s'écrit :

$$U = F_p V = \frac{(DC\gamma_1 + \tau_0) \tilde{\tau}_R \cos(\lambda - \alpha)}{\sin \phi \cos(\phi - \alpha + \lambda)} w t_1 V$$

Équation 5

I.4.2.2.3 Contrôle du déplacement :

Le moyen le plus simple est le vernier : tambour gradué sur lequel on lit les déplacements de l'outil. C'est l'opérateur qui contrôle la position de l'outil, et qui arrête l'avance de l'outil lorsque la position est atteinte. Ces machines s'appellent les machines conventionnelles. Les pièces fabriquées sont limitées à des formes simples. Ces machines sont de plus en plus rares dans l'industrie, car elles sont peu productives. On les trouve dans les ateliers de réparation. La machine la plus courante est la machine à commande numérique.

Un codeur permet de connaître la position de l'outil, et une boucle d'asservissement permet de contrôler l'alimentation des moteurs d'avance pour atteindre la position désirée. Ces machines nécessitent donc une programmation pour être mise en œuvre, mais la programmation devient de plus en plus transparente grâce aux logiciels de FAO (fabrication assistée par ordinateur) qui génèrent le programme à partir du fichier CAO de la pièce, ou grâce à une nouvelle génération de machine dites « par apprentissage ».

I.4.2.2.4 Fluctuations de vitesse de la broche :

C'est la distance que parcourt la pointe de l'arête tranchante d'un outil en une seconde. La vitesse de coupe s'exprime en mètre/seconde.

Formule :

$$V = \frac{\pi \times D \times S}{60}$$

Équation 6

V = vitesse de coupe ou linéaire en m/s.

$\pi = 3,14$. D = diamètre de l'outil en mètre.

S = fréquence de rotation en tr/min.

60 = nombre de secondes comprises dans une minute.

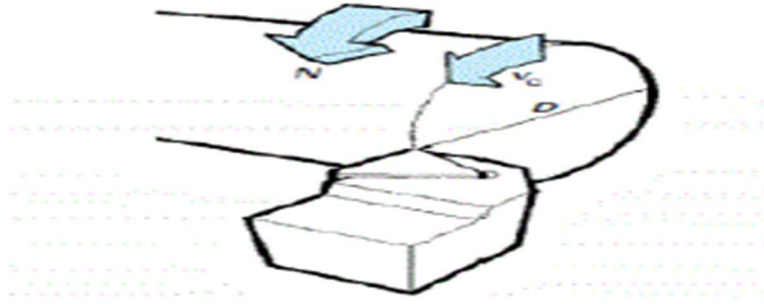


Figure I-9: Vitesse de coupe

I.4.2.2.5 La température de coupe :

Le but de suivre l'évolution de la température de coupe, n'étant pas d'étudier systématiquement les variations de cette dernière en fonction de tous les paramètres de base de la coupe. Nous avons choisi d'observer essentiellement la variation de la température en fonction de la vitesse de coupe. Cette dernière semble être l'un des paramètres les plus déterminants sur la température de coupe et sur l'usure des outils.

Lors de l'usinage de l'acier AISI 52100 par le CBN, la coupe est caractérisée par un écoulement de copeau très chaud de couleur rouge (Fig. 10). Cette quantité de chaleur dégagée est le résultat des frottements, des déformations plastiques intenses et des cisaillements. La majeure partie de la quantité de chaleur est évacuée à travers le copeau.(4)

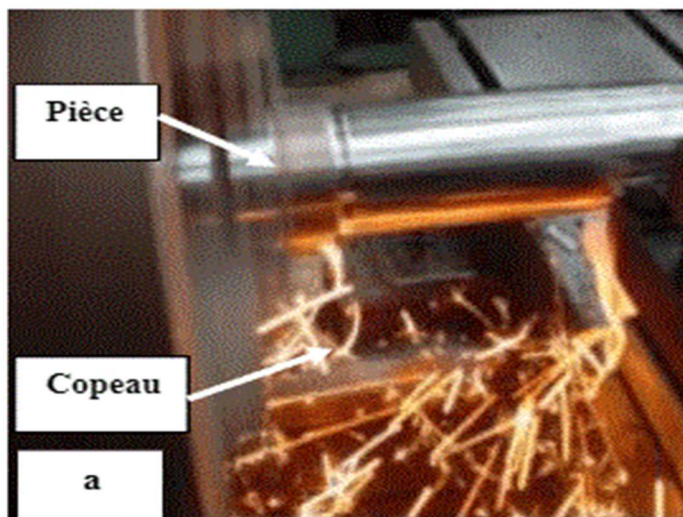


Figure I-10:Évacuation de la chaleur par le copeau à différentes phases 220 m/min

I.4.2.2.6 Finition Extérieur :

La finition elle doit être précédée d'une ébauche et d'une demi-finition. On en cherche le plus souvent une bonne qualité de surface : dimensions, forme et rugosité

dans les tolérances permises par le dessin de définition. Les efforts sont plus faibles que pour une ébauche, l'outil est donc plus fin.

Tableau I-1

<i>Nombre d'opérations/contrainte</i>	1	2	3	4
Qualité ≥ 12	x			
Qualité 9-10-11		x		
Qualité 7-8			x	
Qualité ≤ 6				x
Ra $\geq 3,2$	x			
$1,6 \leq Ra < 3,2$		x		
$0,8 < Ra < 1,6$			x	
Ra $\leq 0,8$				x
IT $> 0,4$	x			
$0,15 \leq IT < 0,4$		x		
$0,02 \leq IT < 0,15$			x	
IT $\leq 0,02$				x

En effet :

- Si le nombre des opérations est égal à l'unité, le fabricant exécute une finition directe.
- Si le nombre d'opérations demandé est de deux, l'opérateur fait une ébauche et une finition.
- S'il est égal à trois, il réalise une ébauche, une demi-finition et une finition.
- S'il est égal à quatre, il effectue les trois opérations : ébauche, demi-finition et finition et ajoute un des procédés d'usinage par abrasion tel que la rectification.

I.4.2.2.7 Les Ultrasons :

Les ultrasons sont des vibrations, réalisées à haute fréquence, utilisés dans de nombreux domaines allant de la chirurgie (liposuction, par exemple) au nettoyage des pièces, en passant les échographies et le soudage de métaux et de matières plastiques. Et, parmi ces champs d'applications industrielles figure notamment l'usinage.

La technique d'usinage par ultrasons consiste à utiliser des grains abrasifs libres et de les mettre en mouvement, en transformant un courant électrique en vibration mécanique, qui sera ensuite transmis via un outil (sonotrode).

I.4.2.2.8 Emission Acoustique :

Par définition, l'Émission Acoustique (EA) est le phénomène de libération d'énergie sous forme d'ondes élastiques transitoires résultant des micro déplacements locaux internes au sein d'un matériau soumis à des sollicitations (Norme AFNOR NFA 09350).

Le dégagement irréversible d'énergie dans le matériau représente une source importante d'ondes élastiques transitoires. Le domaine fréquentiel de ces ondes couvre le domaine des ultrasons [10-1000 kHz]. Ces ondes sont caractérisées par des courtes durées (quelques millisecondes) [4]. Cette technique est non directionnelle, les sources émissives se propagent dans toutes les directions. La détection n'a lieu qu'au moment du relâchement des contraintes générant les signaux d'émission acoustique.

La technique d'émission acoustique consiste à étudier la propagation des ondes élastiques transitoires émises par les matériaux soumis à des sollicitations mécaniques de déformation et/ou de rupture.

I.4.2.2.9 Vibrations :

Les vibrations sont une cause récurrente de difficultés en usinage, causant dégradation des surfaces usinées, usure des outils et machines, nuisances sonores, etc. Une méthode pour les réduire, initialement utilisée dans l'industrie, a été testée avec succès dans une dizaine de lycées. Elle s'appuie sur les paramètres de rigidité et de fréquence vibratoire du système usinant.

Certains éléments sont systématiquement associés au risque de vibrations :

- Les pièces flexibles, à cause de leurs parois minces ou d'un porte-à-faux important :
- Les outils longs et fins
- Les machines peu rigides, et récemment les robots d'usinage
- Les engagements importants, car ils sollicitent la rigidité machine, aussi élevée soit-elle.

I.4.2.3 Fusion des données :

La fusion de données est relativement récente dans le domaine du Contrôle Non Destructif (CND), où on est souvent amené, à cause des propriétés intrinsèques des capteurs physiques et/ou de la perte des informations et des précisions due aux procédés de mesure, à utiliser plusieurs modalités de contrôle afin d'assurer la qualité du produit ou de détecter les défauts hors critère d'acceptation susceptibles d'apparaître en cours de fabrication. Chacune de ces méthodes a ses performances mais également ses limites.

Les informations dont on dispose sont souvent incertaines, imprécises et incomplètes. L'utilisation conjointe d'informations complémentaires issues de différentes modalités de contrôle est parfois nécessaire. La fusion de données permet alors d'intégrer ces informations de façon plus objective et automatique.

I.5 Conclusion :

Dans ce chapitre nous avons présenté l'usinage en particulier le tournage et les différents type d'usure des outils coupants et différentes techniques directes et indirectes de mesure et d'estimation de cette usure. La mesure directe par microscope et indirecte par analyse des vibrations générés par l'usinage feront l'objet du chapitre suivant.

**CHAPITRE 02 : CARACTERISATION ET
SURVEILLANCE DE L'USURE EN TOURNAGE**

II. CHAPITRE II : CARACTERISATION ET SURVEILLANCE DE L'USURE EN TOURNAGE**II.1 Introduction :**

La qualité de la pièce produite en usinage dépend principalement de l'état de l'outil de coupe utilisé. Ce dernier est exposé à l'endommagement au cours de l'opération d'usinage causé par les frottements avec la pièce à usiner et les copeaux générés. D'où l'intérêt de prédire sa durée de vie au cours de l'usinage avant dégradation du processus d'usinage. Dans les conditions d'usinage normales, l'usure en dépouille est considérée comme l'usure prépondérante. Le développement de ce type d'usure sur une plaquette de coupe n'est pas un phénomène aléatoire, mais on peut observer trois phases au cours de la vie de l'outil (rodage, usure stabilisée et usure accélérée). Si la frange de cette usure est uniforme, il est conseillé d'accepter une largeur d'usure, notée VB, égale à 0.3 mm. Si non, la limite admissible est fixée à 0.6 mm.

Dans ce contexte de surveillance de l'outil de coupe, l'approche proposée dans ce PFE consiste à traiter la signature vibratoire générée en usinage en utilisant des analyses fréquentielles et temporelles. L'objectif de ces analyses est de pouvoir identifier l'influence d'une usure de l'outil de coupe sur les vibrations produites. Inversement, il s'agit de déterminer quels paramètres extraits des signaux vibratoires traduisent l'état de l'usinage et obtenir, par la suite, un ensemble de paramètres descriptifs fiables et capables d'intégrer un système de surveillance automatique de l'usinage. Pour ce faire, une acquisition des réponses vibratoires générées lors de l'usinage des pièces découpées de la même barre du matériau à l'aide de trente plaquettes issues du même lot de fabrication. Chacune de ces plaquettes usinera au même diamètre avec la même vitesse de rotation de la broche et donc aussi la même longueur usinée tout au long de son utilisation c'est-à-dire sa durée de vie.

II.2 Conditions expérimentales :

Les opérations d'usinage ont été réalisées sur un tour à commande numérique de modèle [SOMAB] « Unimab 450 » en utilisant un outil de coupe [DCLNL 2525M 12] portant une plaquette de carbure de tungstène revêtue [CNMG 1204 085B OR2500]. La plaquette utilisée ici est une plaquette polyvalente dédiée aussi bien pour l'ébauche que pour la semi-finition. Les essais d'usinage ont été effectués sans lubrification et dans les conditions de coupe suivantes : une avance $V_f=0.18$ mm/Tr, une profondeur

de passe $a_p=1.5$ mm et une vitesse de coupe $V_c=340$ m/min. La durée de chaque passe d'usinage étant d'une minute

II.3 Mise en place de la chaîne de mesures :

Le but de cette opération était de reproduire une usure réelle de plaquettes de coupe en tournage, particulièrement le chariotage.

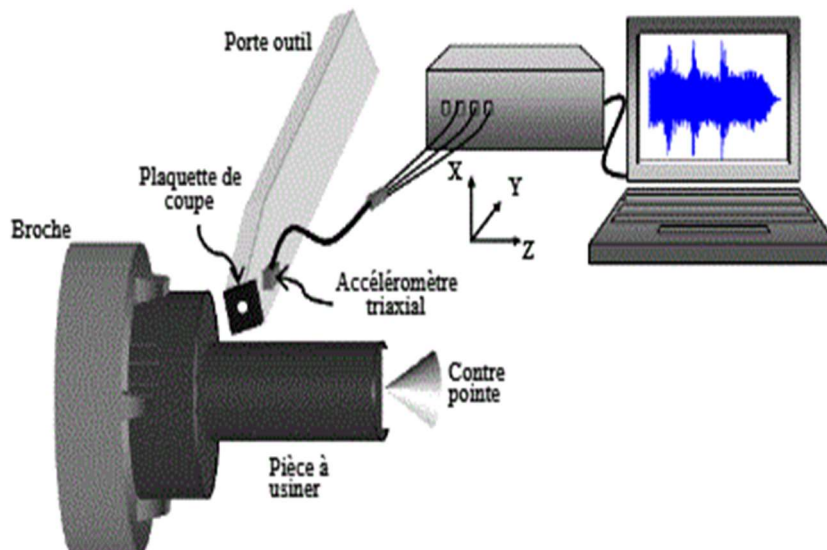


Figure II-1: Chaîne d'acquisition

II.3.1 Mesure des signaux vibratoires :

Les signaux vibratoires générés en usinage ont été mesurés à l'aide d'un système d'acquisition de Bruel & Kjaer via un accéléromètre piézo-électrique triaxiale (X Y Z)

II.3.1.1 Capteurs et positionnement :

Pour une bonne acquisition, le capteur a été placé le plus proche possible de la zone d'usinage et sur un endroit fixe conformément. Les vibrations sont enregistrées pendant les 10 premières secondes de chaque essai d'usinage à une fréquence d'échantillonnage de 8 kHz.

II.3.2 Contrôle direct des plaquettes de coupe :

La campagne expérimentale décrite précédemment nous a permis de prélever 16 observations depuis l'état neuf de la plaquette (figure II-5-a) jusqu'à sa destruction (figure II-6-b)

Ce nombre d'essai a été suffisant pour générer l'endommagement de l'outil de coupe et nous a permis de représenter la progression de l'usure en fonction de l'essai sur la figure (II-7-c) .

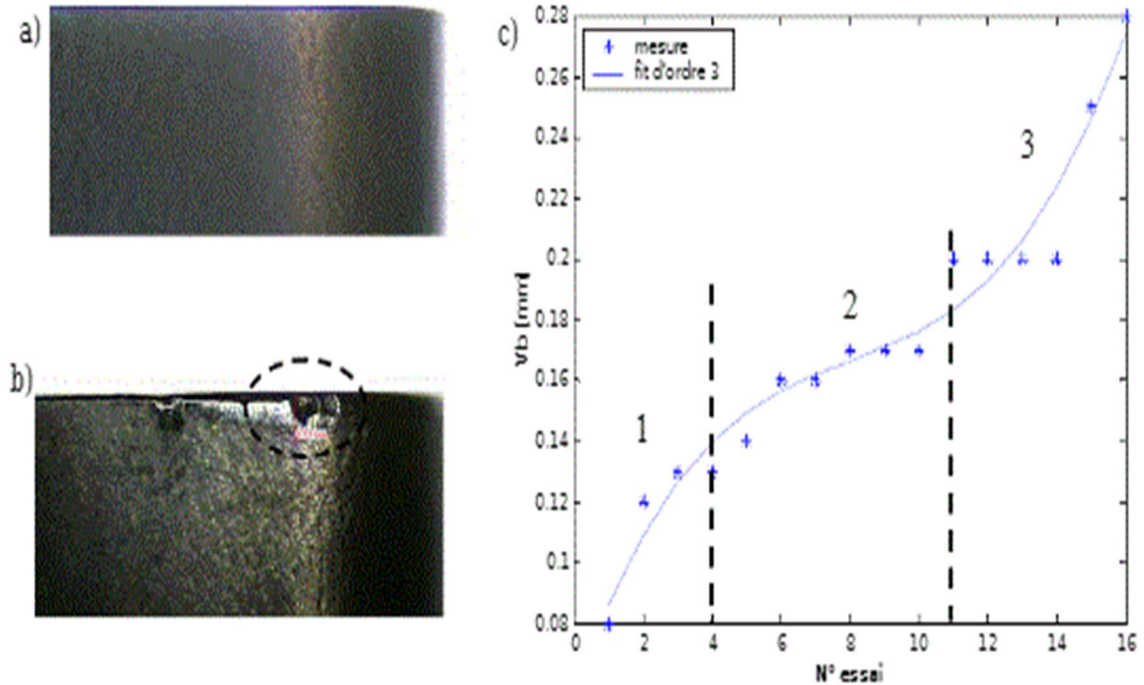


Figure II-2-a: plaquette saine

Figure II-3-b: image de la plaquette usée

Figure II-4-c: courbe d'usure (zone)

II.3.2.1 Billan de dispersion de la durée de vie des plaquettes étudiées :

Selon les conditions de coupe choisies, le matériau usiné et le type de plaquette utilisé, l'estimation de la durée de vie des plaquettes a été réalisée via un logiciel adéquat.

Les essais d'usinage s'arrêtent lorsque la largeur de l'usure en dépouille VB atteint ou dépasse la valeur de 0.3 mm, qui est synonyme de la fin de la vie de la plaquette

Bien que les trente plaquettes de coupe soient issues d'un même lot de fabrication, nous avons constaté que leurs durées de vie variaient de 10 à 13 minutes.

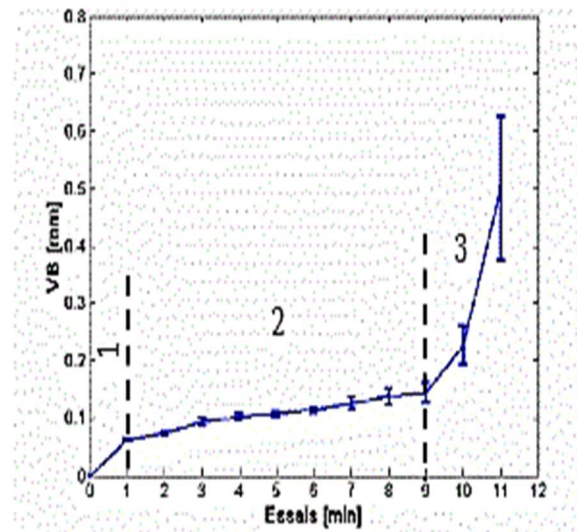
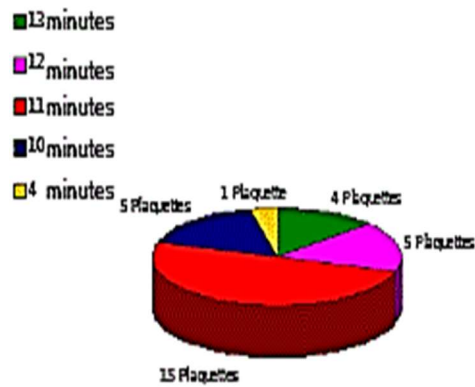


Figure II-5: Billan de dispersion de la durée de vie

D'après cette figure, quatre groupes de plaquettes classées selon leur durée de vie ont été identifiés (10, 11, 12 et 13 minutes).

II.3.2.2 Graphes de Vb de quelques plaquettes :

Les différents phénomènes physiques utilisés pour suivre la dégradation de l'état des outils de coupe, les vibrations, en tant qu'images des efforts dynamiques engendrés par les composants en mouvement donnent un maximum d'information sur l'état de l'outil de coupe utilisé. (5)

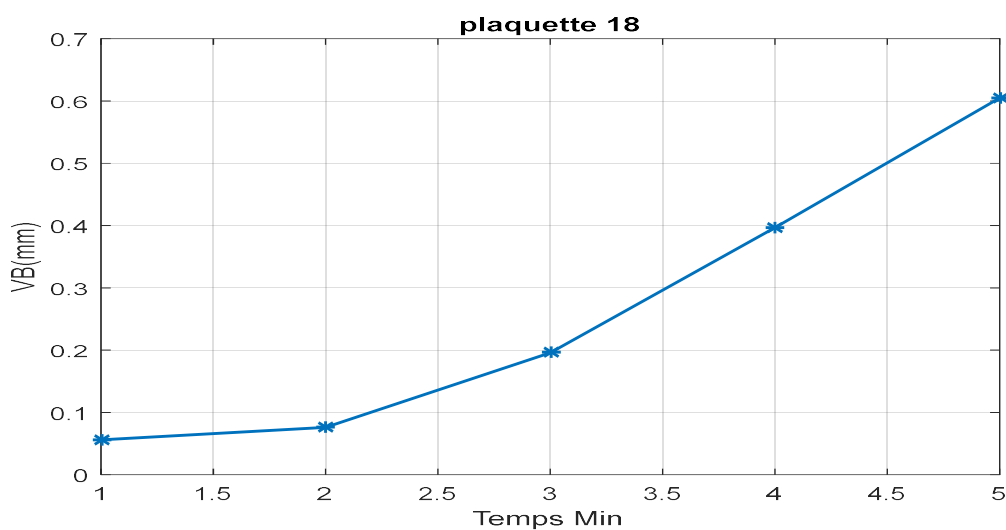


Figure II-6: Groupe de 4mn

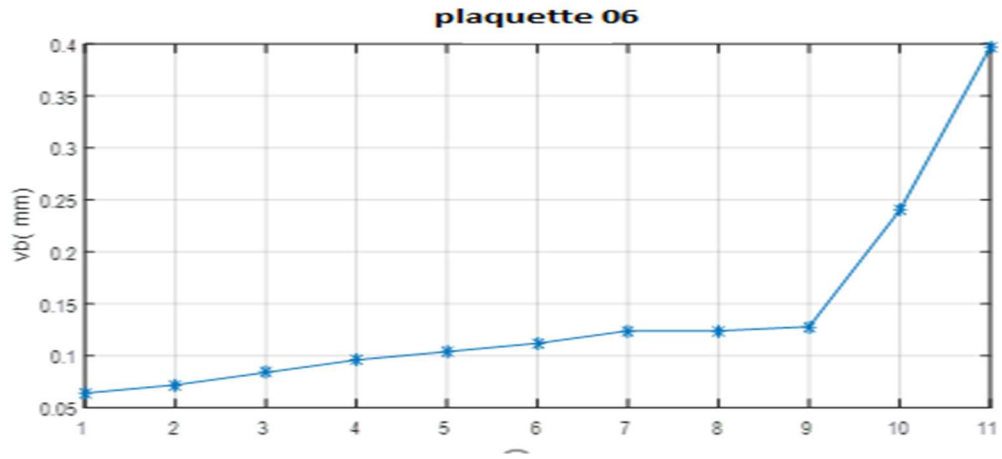


Figure II-7: Groupe de 10mn

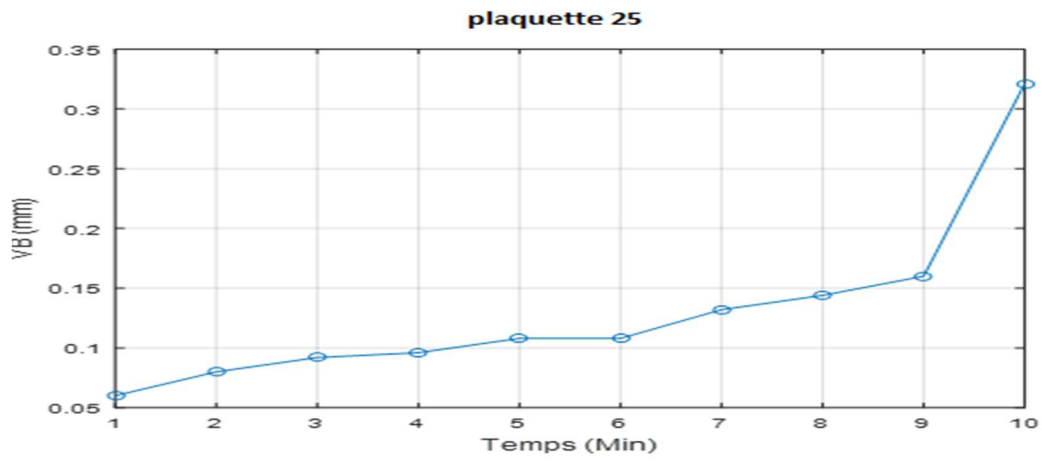


Figure II-8: Groupe de 11 min

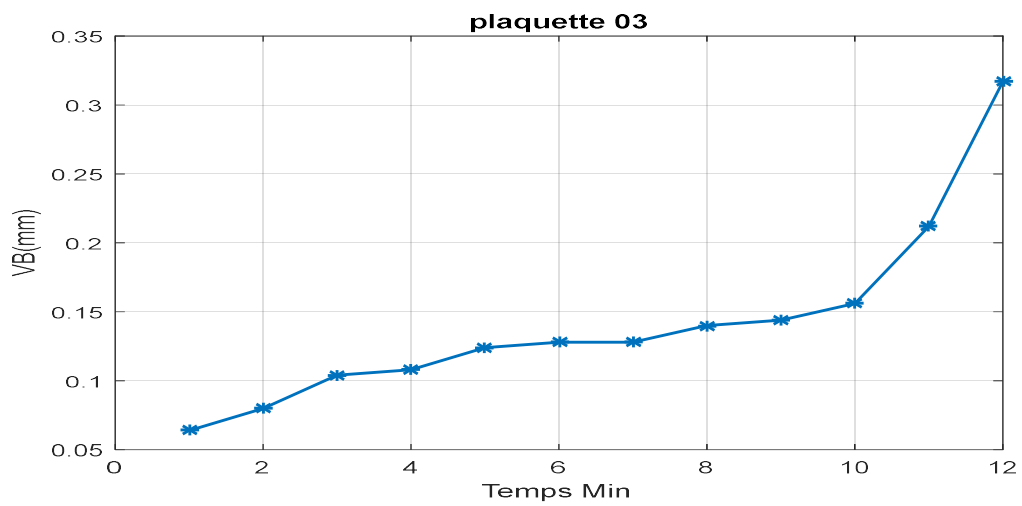


Figure II-9: Groupe 12 mn

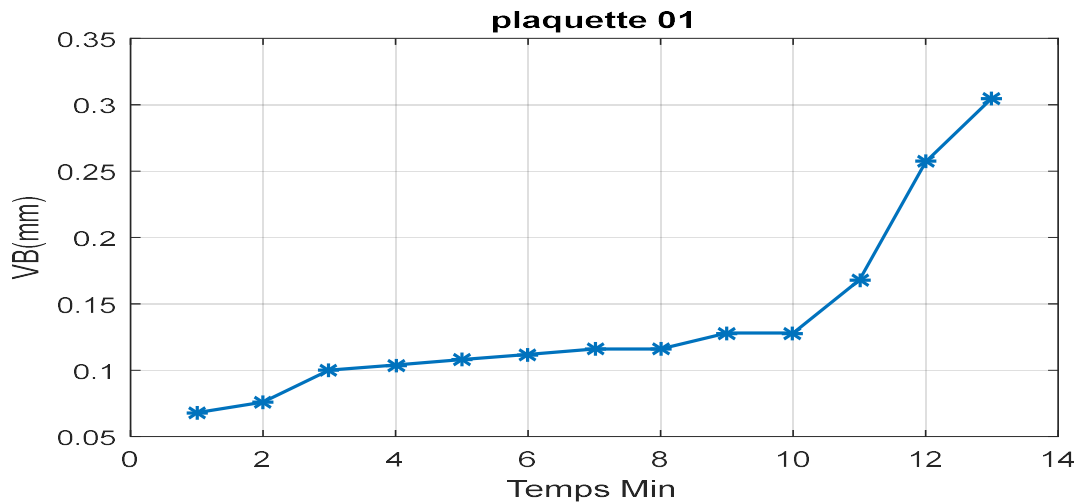


Figure II-10: Groupe 13m

Remarque :

La plaquette numéro 18 a été éliminée vu qu'elle a été usée très rapidement au bout de 4 min

II.4 Analyse des signaux vibratoires :

La plupart des techniques de surveillance de l'usure durant le processus de coupe sont basées sur la mesure des grandeurs physiques sensibles à la variation de l'état de l'outil. Parmi ces grandeurs, on peut citer les efforts de coupe, les *vibrations* et l'émission acoustique acquis pendant l'usinage. Une fois ces grandeurs sont traitées et analysées, l'état de l'outil peut être prévu avec une identification de modèle ou toute autre technique de classification telle que : l'évolution de la valeur moyenne de l'énergie et autres paramètres à déterminer.(5)

II.4.1 Caractérisation de l'usure des outils coupants en tournage :

II.4.1.1 Analyse dans le domaine temporel :

II.4.1.1.1 Puissance

Les mesures de la puissance de coupe ont permis de vérifier les éléments observés dans la bibliographie

$$P = \frac{1}{N} \sum_{k=1}^{k=N} S_k^2$$

Équation 7

Avec N le nombre d'échantillons du signal

Puissance moyenne :

$$P_{moy} = \frac{F_s}{N} \sum_{k=1}^N S_k^2$$

Équation 8

Avec F_s la fréquence d'échantillonnage

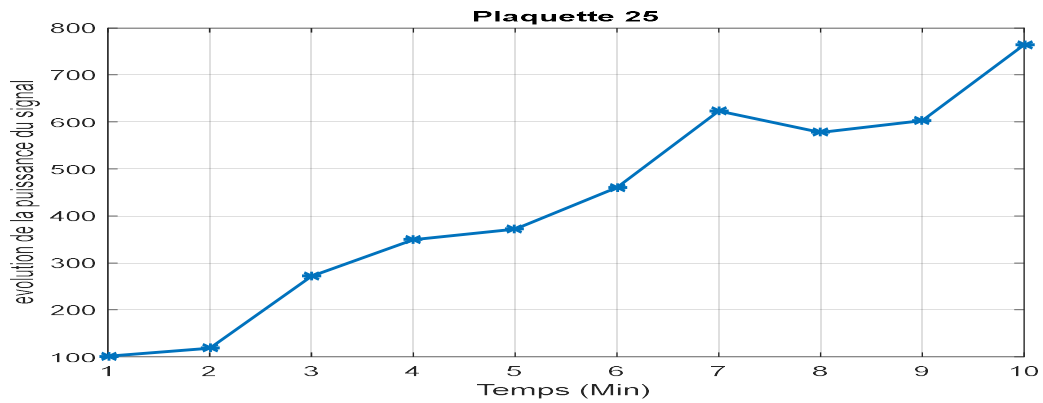


Figure II-11:plaquette 25

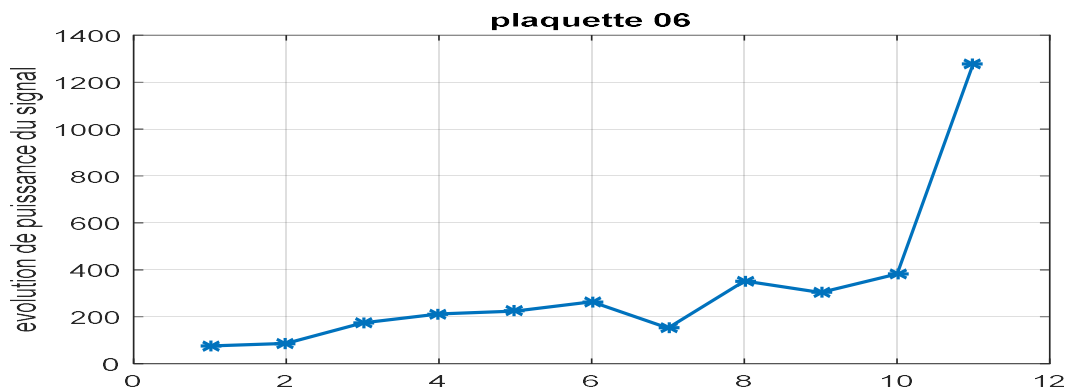


Figure II-12:plaquette 06

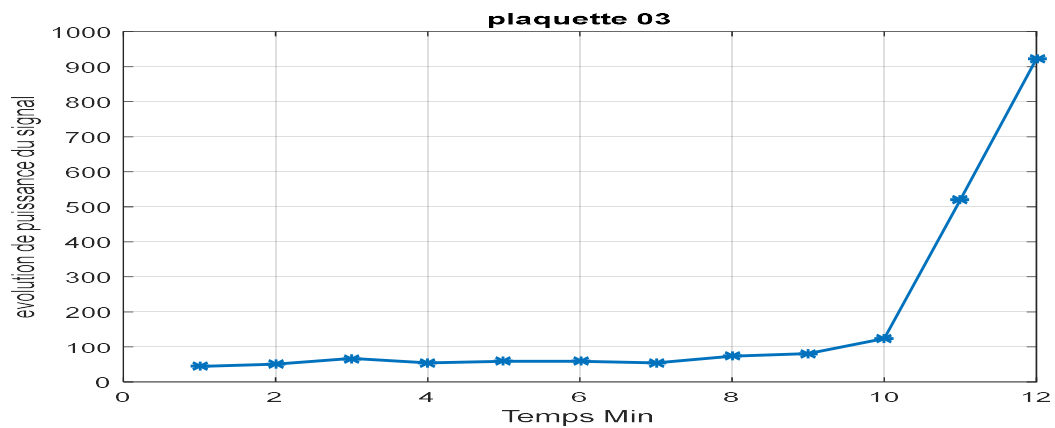


Figure II-13:plaquette 03

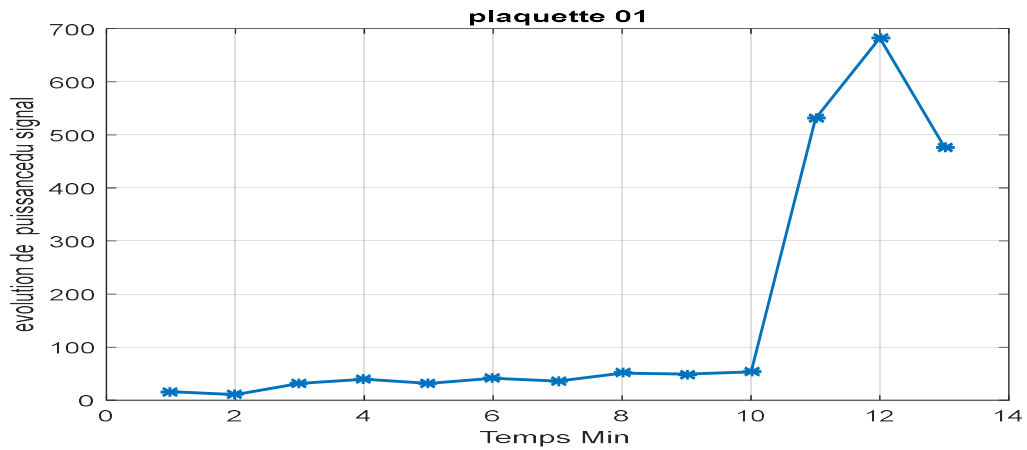


Figure II-14:plaquette 01

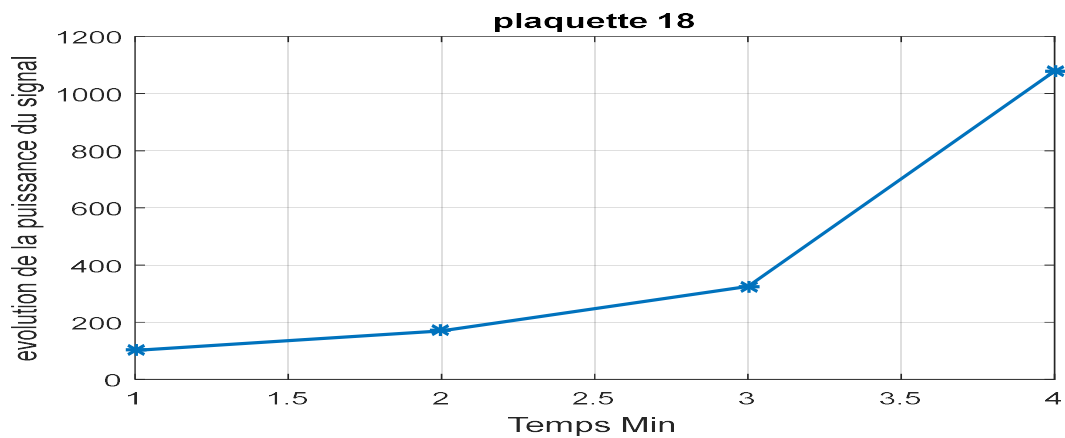


Figure II-15:plaquette 18

L'allure des graphes representants l'evolution de la puissance du signal temporel prend forme exponentiel et suivent presque les allures de l'evolution de l'usure ce qui nous permet de considerer ce parametre comme un bon indicateur indirect d'usure.

II.4.1.2 Analyse dans le domaine fréquentiel :

Les méthodes d'analyse fréquentielle ou spectrale sont très répandues dans les études vibratoires. Elles permettent de mettre en évidence les composantes périodiques d'un signal. La transformée de Fourier, particulièrement sa version discrète, est l'une des méthodes les plus employées en analyse fréquentielle

II.4.1.2.1 Energie spectrale du signal vibratoire :

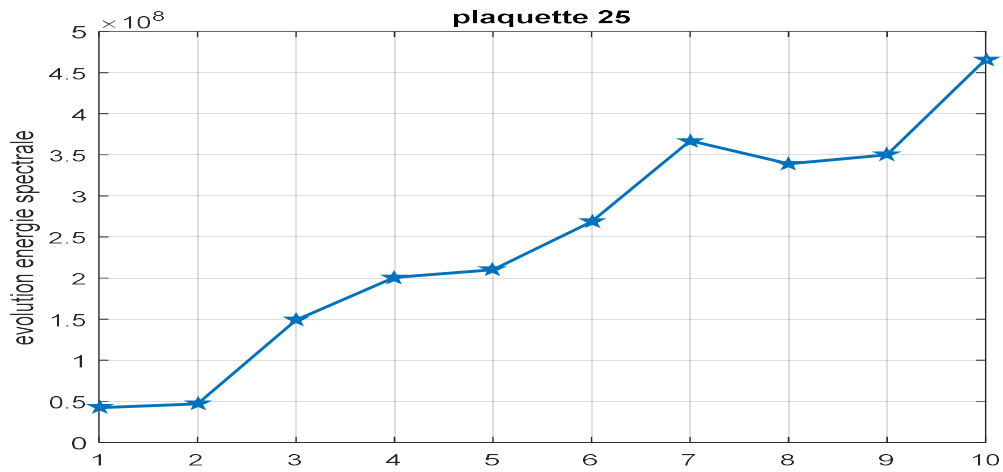


Figure II-16:plaquette 25

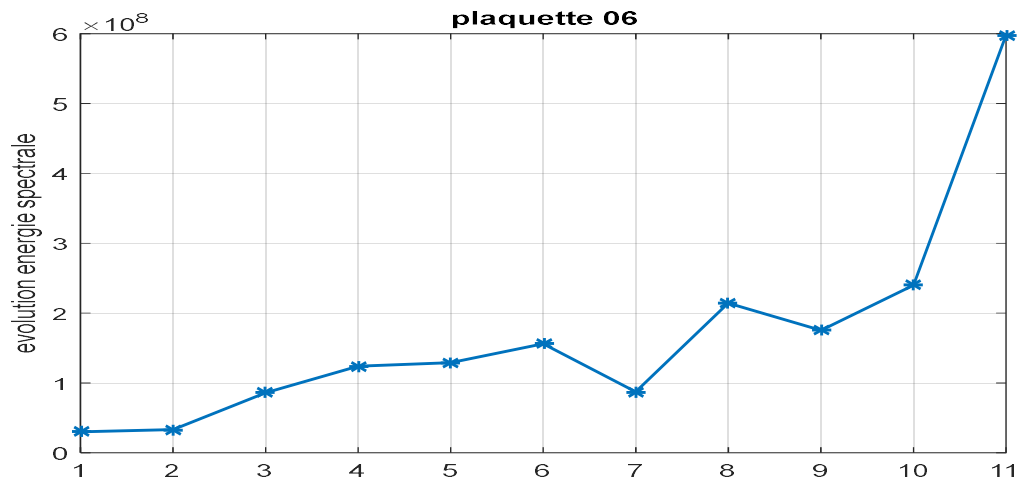


Figure II-17:palquette06

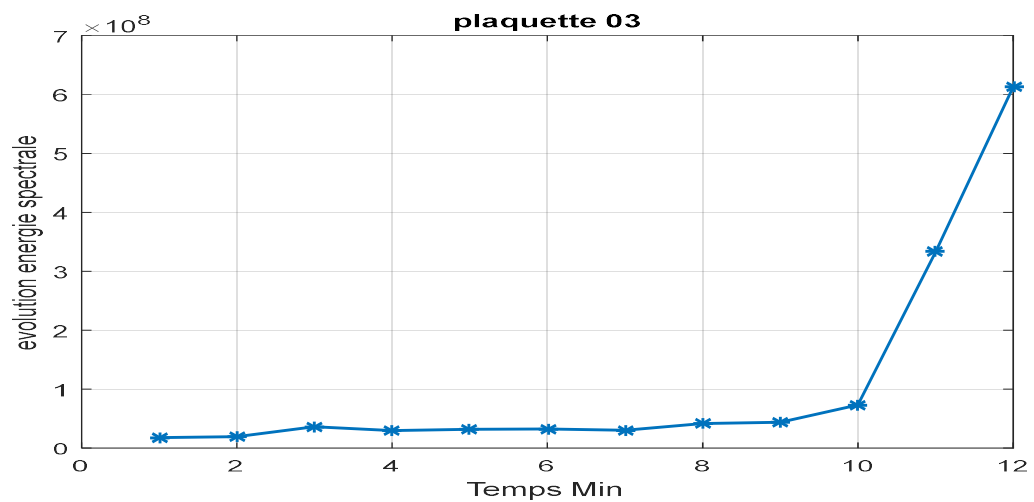


Figure II-18:plaquette8

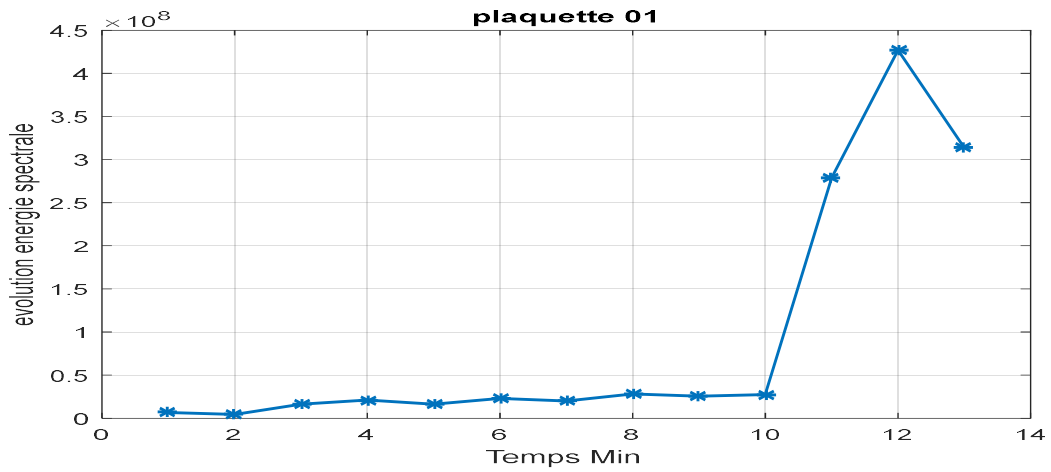


Figure II-19:plaquette 01

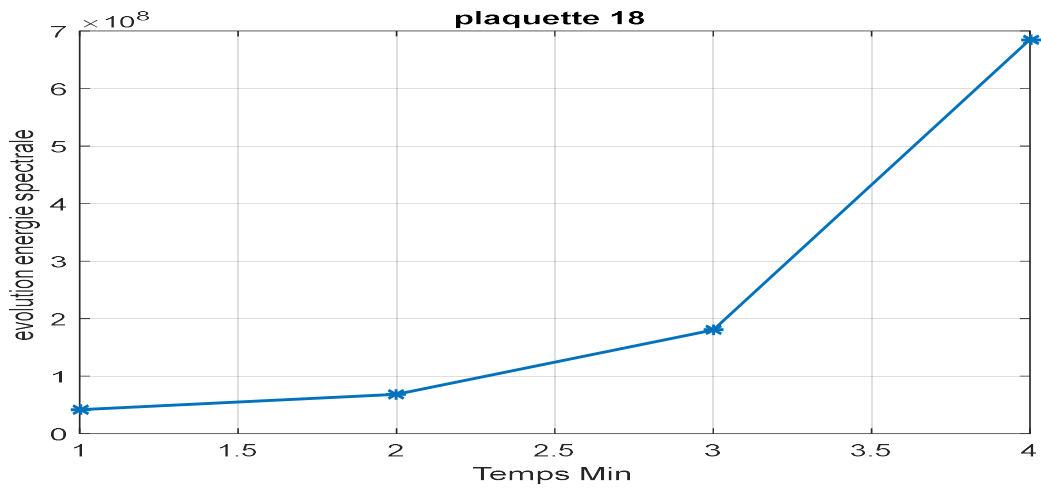


Figure II-20:plaquette18

II.4.1.2.2 Energie spectrale du signal vibratoire filtré autour de la fréquence 5200HzII :

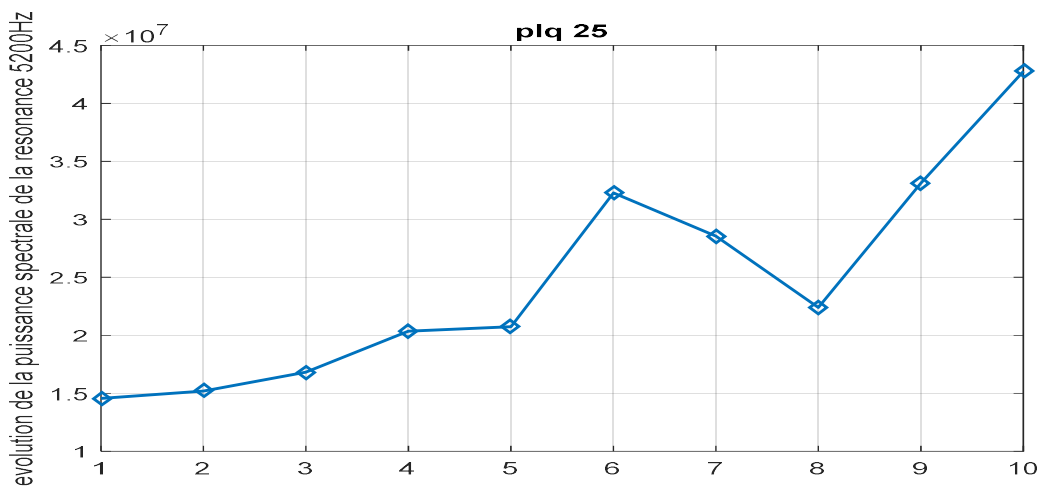


Figure II-21:plaquette25

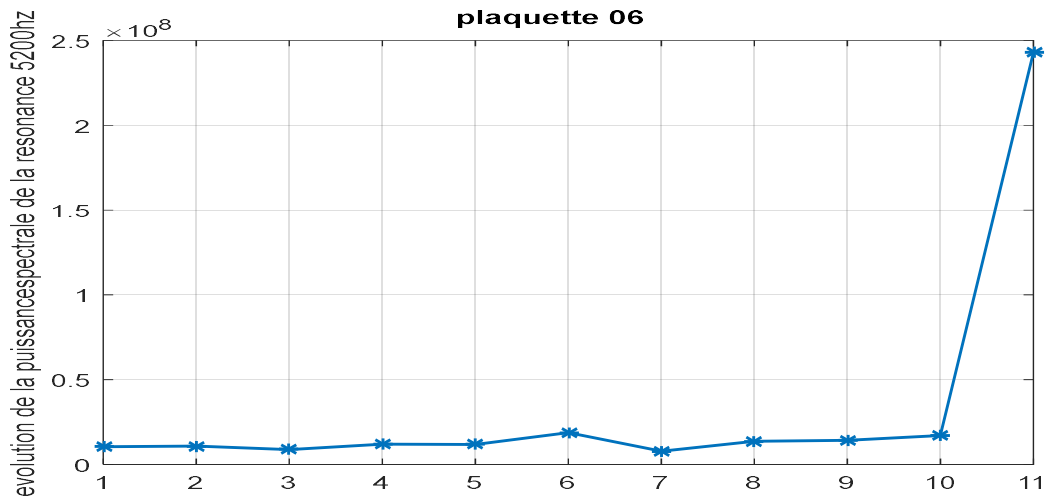


Figure II-22:plaquette06

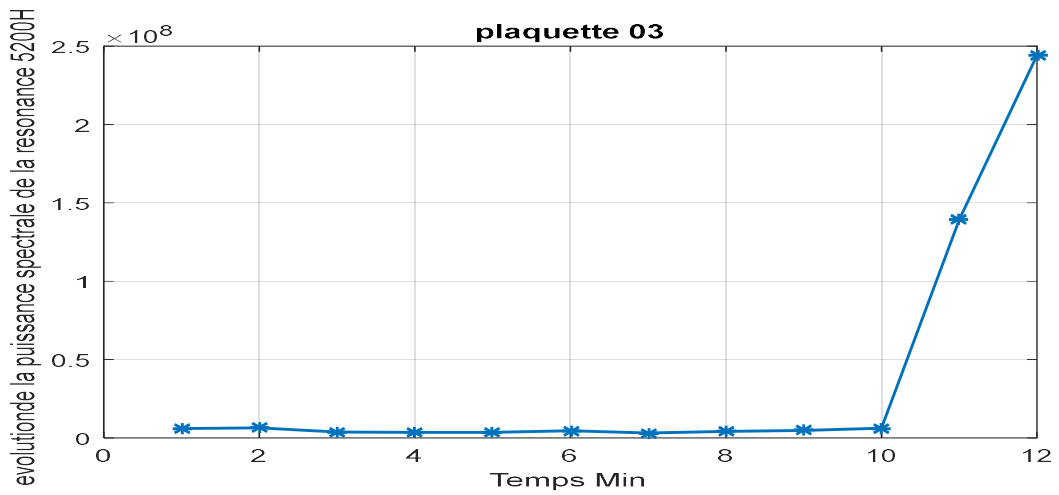


Figure II-23:plaquette03

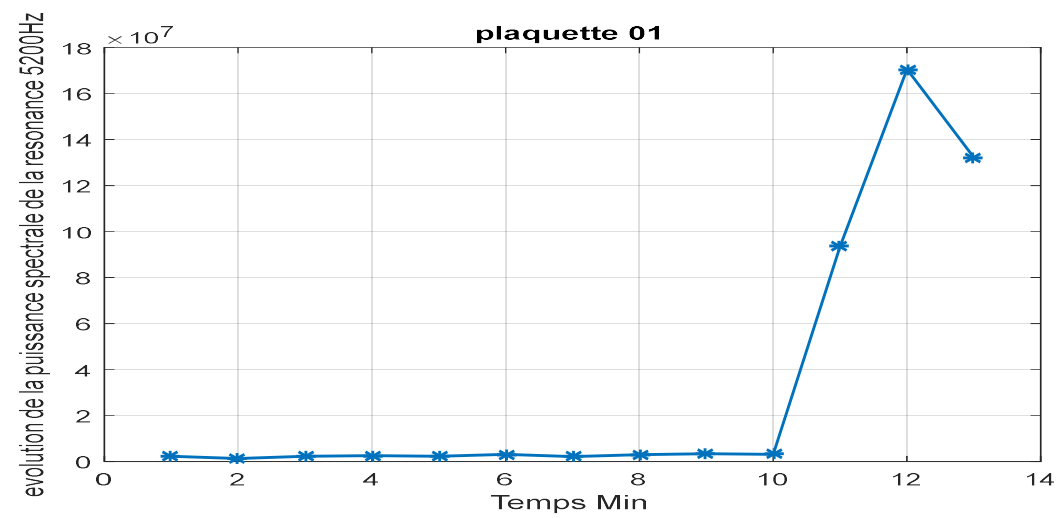


Figure II-24:plaquette01

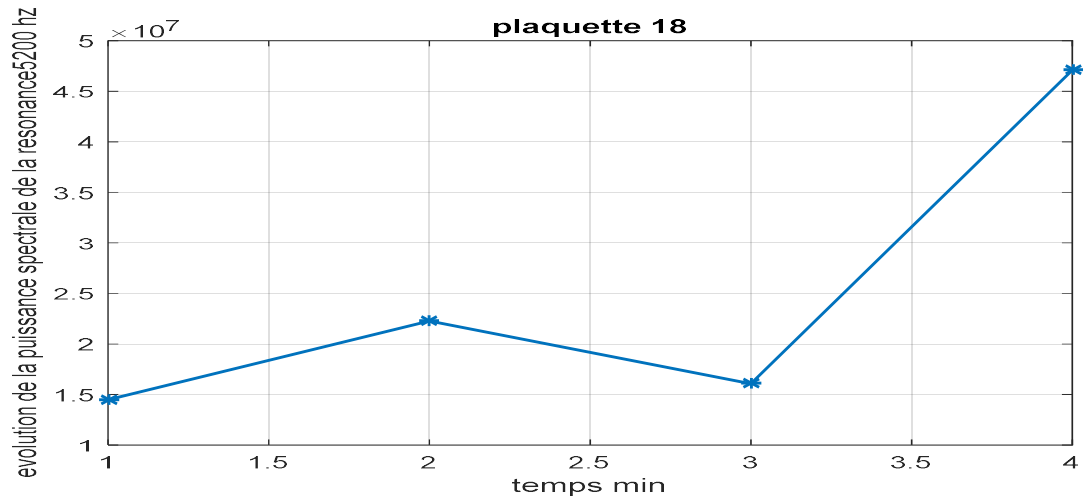


Figure II-25:plaquette18

II.4.1.2.3 Energie spectrale du signal vibratoire filtré passe-bas ($f_c < 100$ Hz) :

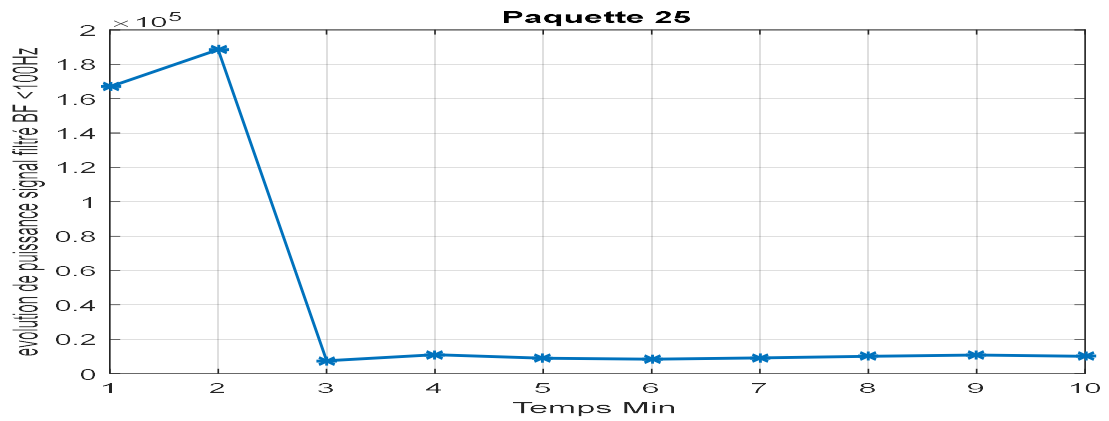


Figure II-26:plaquette25

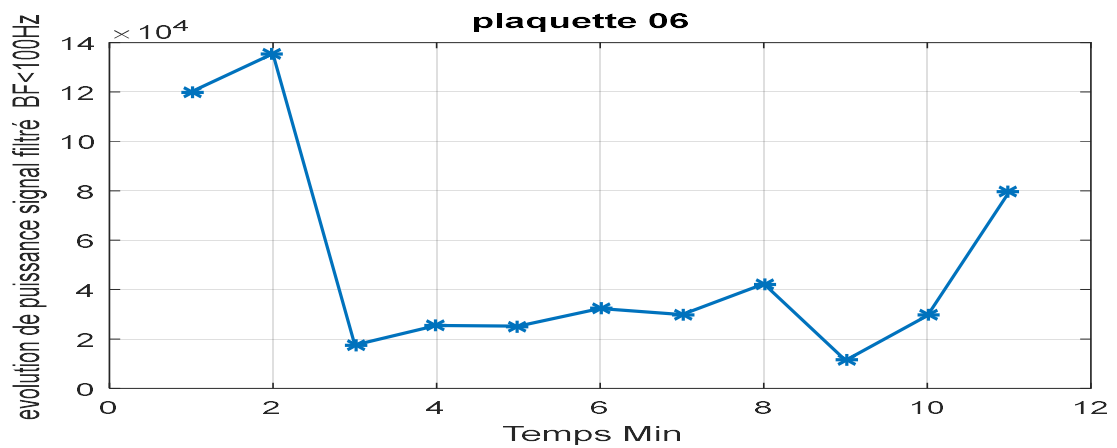


Figure II-27:plaquette 06

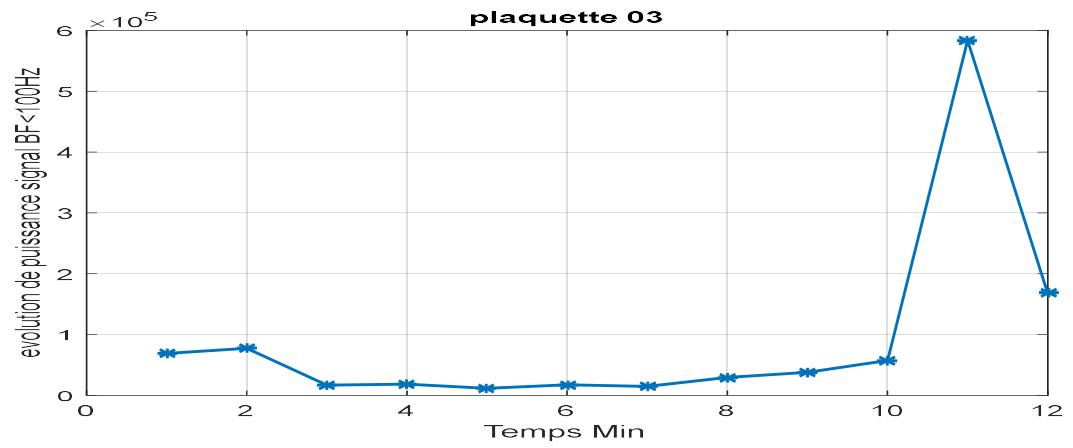


Figure II-28:plaque 03

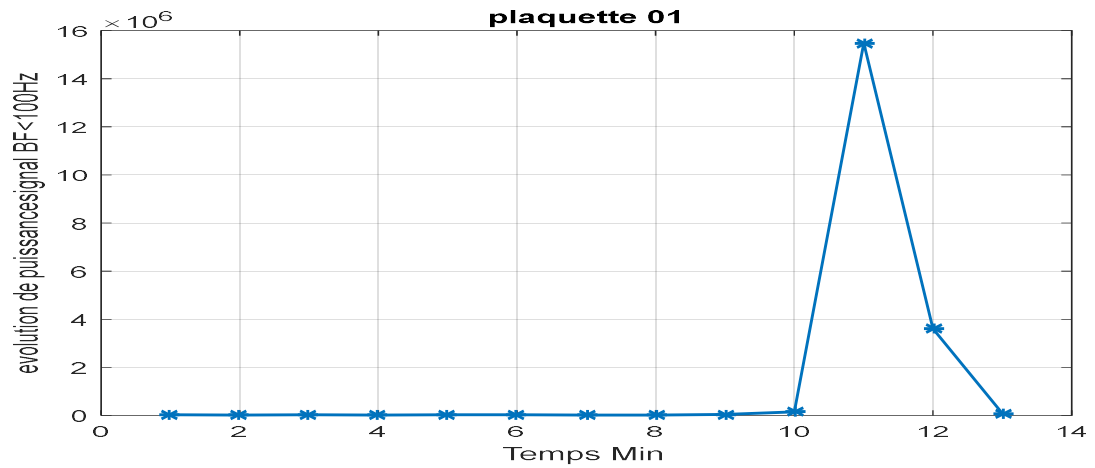


Figure II-29:plaque01

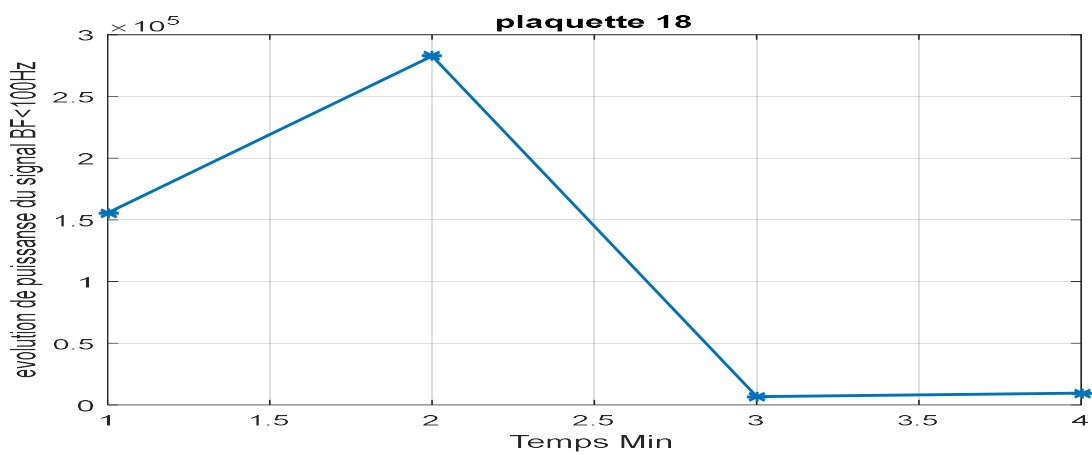


Figure II-30:plaque 18

D'après les graphes précédents on constate que l'évolution des deux premiers paramètres suit bien l'évolution de l'usure, et donne une bonne corrélation entre la mesure directe (réelle) de Vb (image) et la mesure indirecte (vibration) de cela on peut considérer ces paramètres comme un bon indicateur d'évolution de l'usure.

Le paramètre extrait du signal filtré par un filtre passe bas de $f_c=100\text{Hz}$ ne donne aucune information pertinente donc on va l'ignorer pour toute future analyse.

II.4.1.3 La transformée en Ondelette :

La fonction à deux variables est une représentation temps-échelle appelée transformation en Ondelette. La transformée en ondelette d'une fonction $f(x)$ est définie par :

$$C(a,b) = \frac{1}{\sqrt{a}} \int_{-\infty}^{+\infty} f(x) \psi^* \left(\frac{x-b}{a} \right) dx$$

Équation 9

II.5 Puissance de l'approximation A1 :

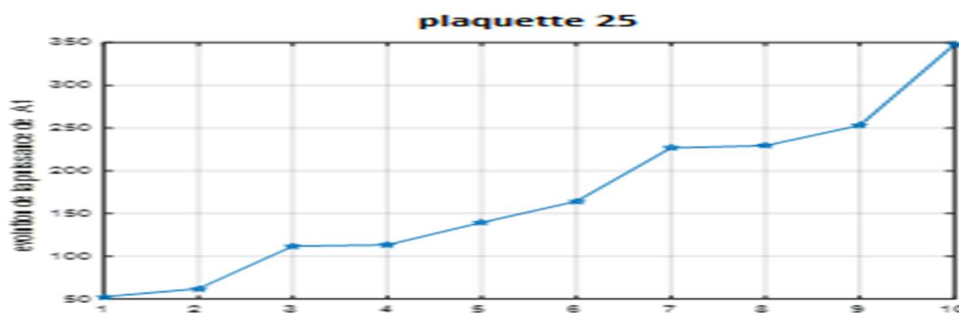


Figure II-31: plaquette 25

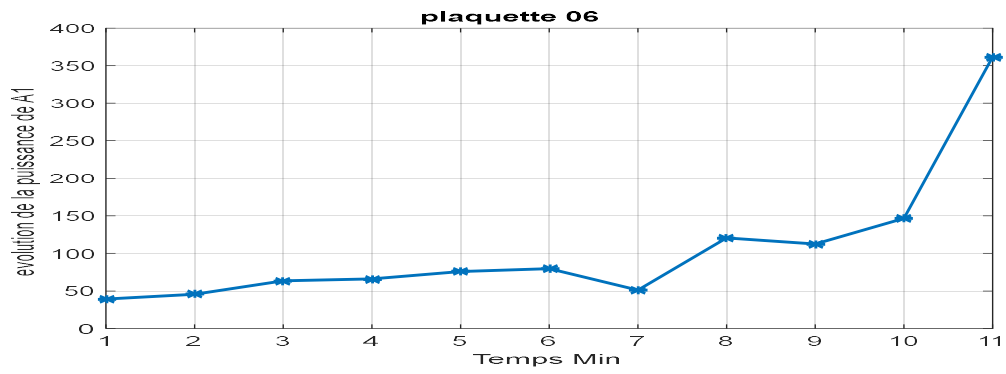


Figure II-32:plaquette 06

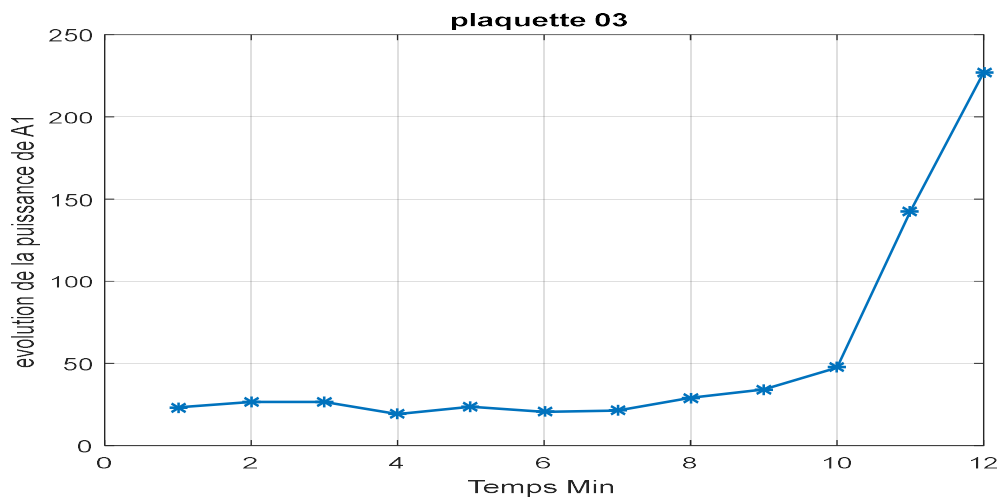


Figure II-33:plaquette 03

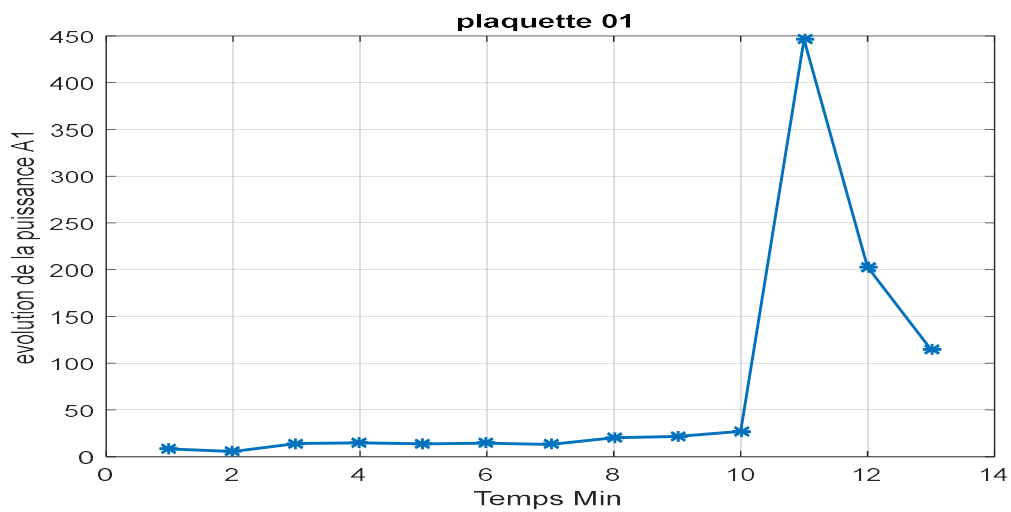


Figure II-34:plaquette 01

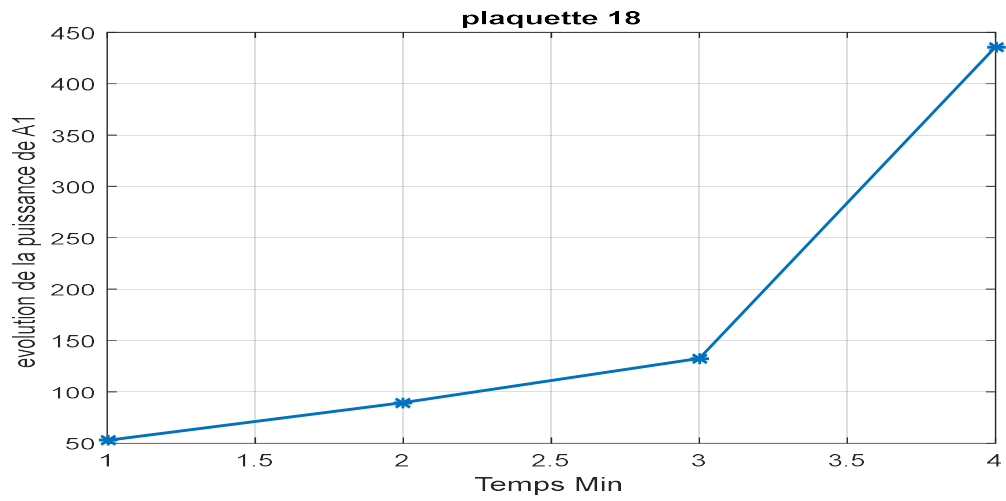


Figure II-35:plaquette 18

II.6 Puissance du détail D1 :

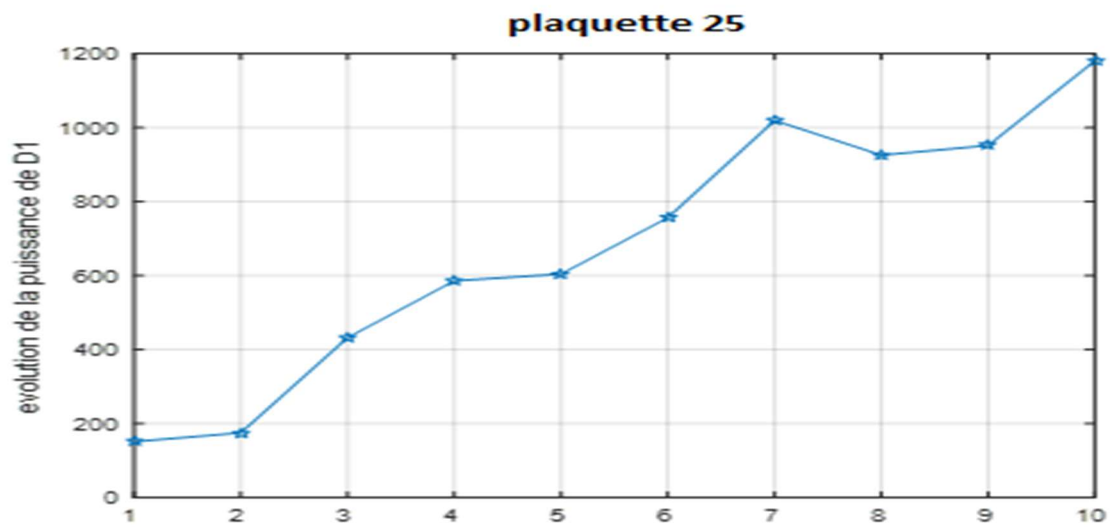


Figure II-36:plaquette 25

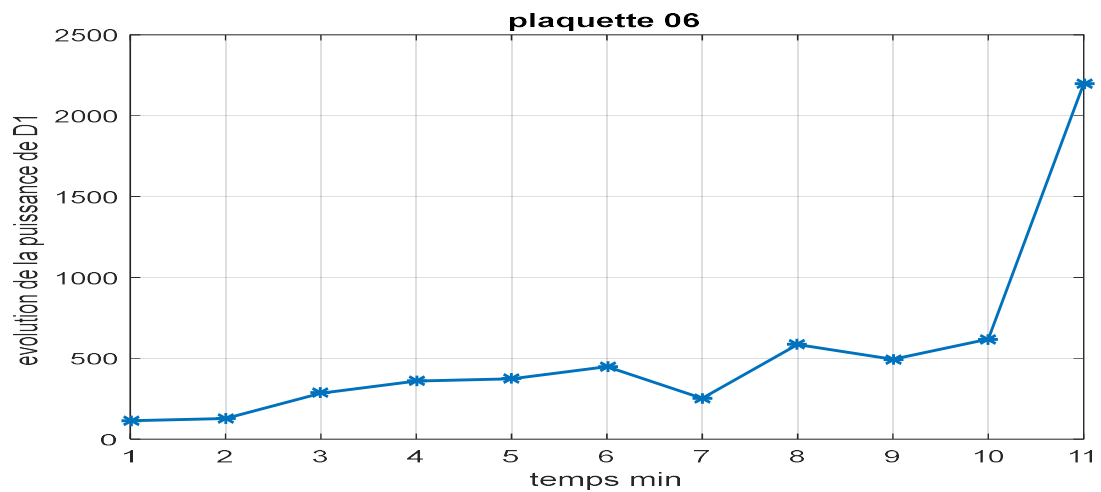


Figure II-37:plaquette 06

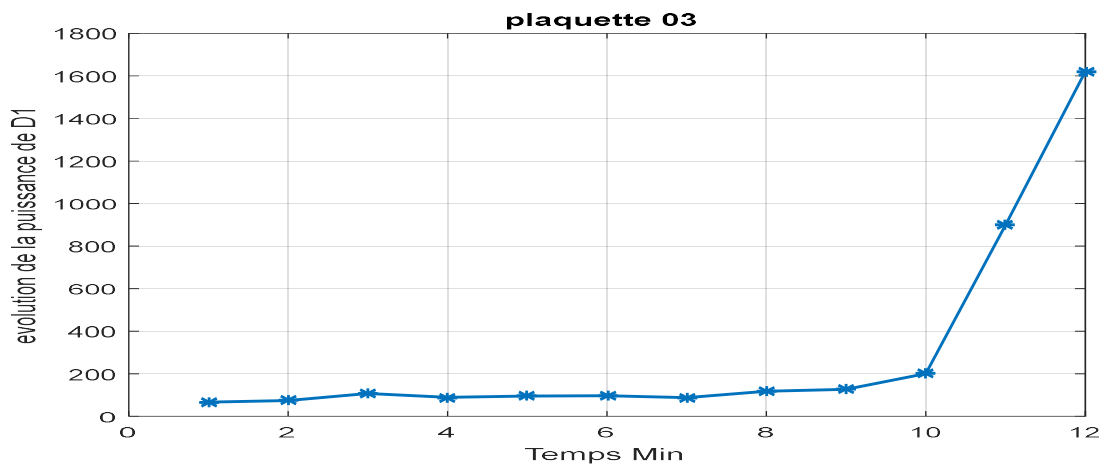


Figure II-38:plaquette 03

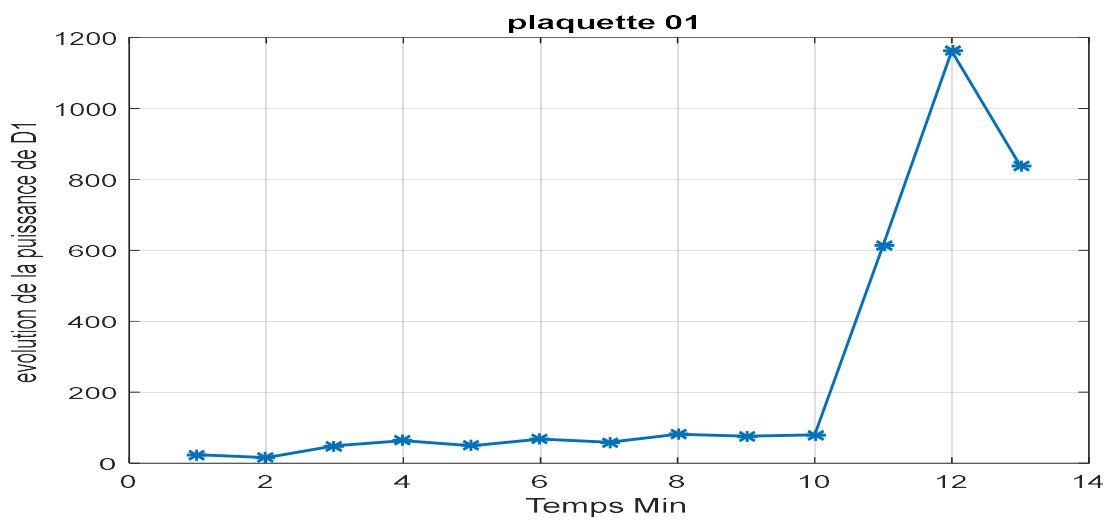


Figure II-39:plaquette 01

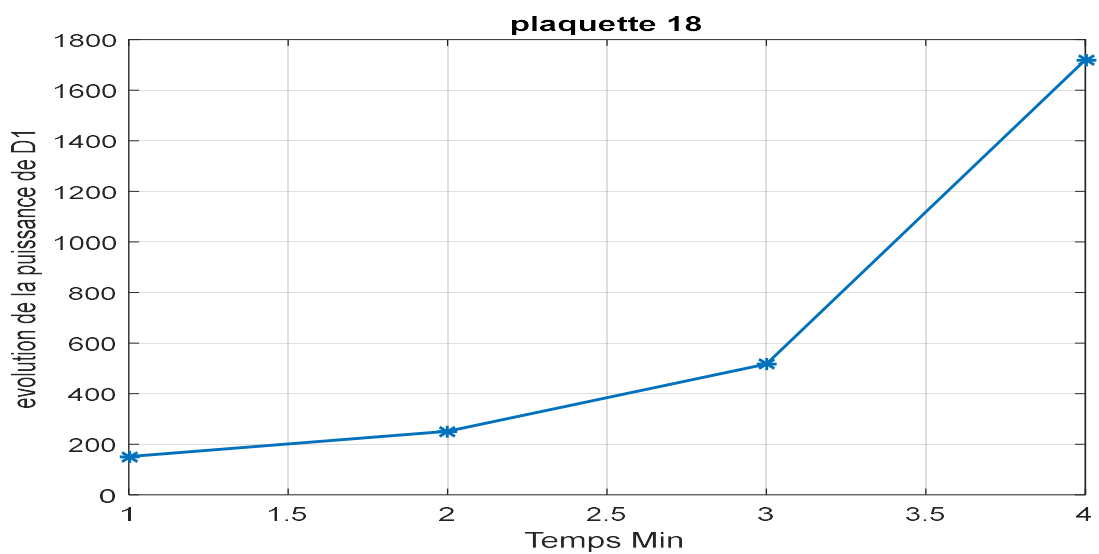


Figure II-40:plaquette 18

Les graphes de la puissance de A1 et D1 donne une bonne corrélation entre l'évolution de la puissance de ces deux paramètres et l'évolution de l'usure tout au long de l'usinage. Nous pouvons les considérer comme de bons indicateurs d'usure pour toute mesure indirecte.

II.7 CONCLUSION :

Dans ce chapitre, nous nous sommes intéressés à la surveillance de l'usure de l'outil de coupe en tournage, dans l'optique de réaliser une surveillance efficace par deux méthodes, l'une temporelle consiste à mesure l'usure de l'outil directement sur l'outil, et l'autre fréquentiel consiste à la puissance de coupe et les vibrations générées lors de l'usinage.

D'une autre coté nous avons étudiés l'analyse d'usure de 30 plaquette par apport à le VB. Cette analyse nous permis de classer ces plaquettes en 4 groupes

- Groupe de 10 min
- Groupe de 11 min

- Groupe de 12 min
- Groupe de 13 min

Cette étude nous a permis de trouver cinq paramètres indicateurs d'usure de V_b . Ces paramètres peuvent être utilisés comme paramètres d'entrée d'un système de surveillance automatique en temps réel de l'usure des outils coupants.

**CHAPITRE 03 : CLASSIFICATION DE
L'USURE D'UNE PLAQUETTE DE
COUPE PAR LOGIQUE FLOUE**

III. CHAPITRE III : CLASSIFICATION DE L'USURE D'UNE PLAQUETTE DE COUPE PAR LOGIQUE FLOUE**III.1 Introduction :**

La logique floue a contribué dans le développement de plusieurs domaines. En production industrielle, la logique floue est utilisée pour résoudre les problèmes du diagnostic par la classification automatique des signaux vibratoires correspondant aux différents modes de fonctionnement des machines.

Dans ce chapitre nous utilisons la logique floue, pour la classification de l'usure d'une plaquette de coupe.

III.2 La logique floue :

La description d'une certaine situation imprécise ou incertaine peut contenir des expressions floues comme par exemple : très grand, grand, moyen, petit.

Ces expressions forment les valeurs d'une variable x , appelée "linguistique", soumise à des fonctions appelées fonctions d'appartenance. La logique floue est une extension de la logique booléenne créée par Lotfi Zadeh en 1965 en se basant sur sa théorie mathématique des ensembles flous, qui est une généralisation de la théorie des ensembles classiques. En introduisant la notion de degré dans la vérification d'une condition, permettant ainsi à une condition d'être dans un autre état que vrai ou faux, la logique floue confère une flexibilité très appréciable aux raisonnements qui l'utilisent, ce qui rend possible la prise en compte des imprécisions et des incertitudes. (6)

III.3 Principe de la logique floue :

Le principe du réglage par logique floue s'approche de la démarche humaine dans le sens que les variables traitées ne sont pas des variables logiques (au sens de la logique binaire par exemple) mais des variables linguistiques, proches du langage humain de tous les jours. De plus ces variables linguistiques sont traitées à l'aide de règles qui font référence à une certaine connaissance du comportement du système. Toute une série de notions fondamentales sont développées dans la logique floue. Ces notions permettent de justifier et de démontrer certains principes de base. Dans ce qui suit de ce chapitre, on ne retiendra que les éléments indispensables à la compréhension du principe du réglage par logique floue.

III.4 L'utilisation de la logique floue :

La logique floue est une technique de résolution de problèmes très puissants avec une large applicabilité dans le control et la prise de décision elle est aussi supposée de travailler dans les situations où il y a de large incertitude et des variations inconnues dans les paramètres et la structure du système.

Tandis que son application au niveau des systèmes de réglage et de commande est relativement récente, depuis quelques années la commande par la logique floue a connu, essentiellement au Japon à partir de 1985 un essor appréciable. En effet, elle a été appliquée dans des problèmes industriels pour résoudre des problèmes de régulation aussi divers, liés à l'énergie, le transport, les machines-outils, et la robotique, ... etc

III.4.1 Domaine D'application De La Logique Floue :

Les principaux domaines de recherche et d'application de la logique floue sont les suivants :

- Commande des instruments et reconnaissance de voix et de ; caractères ;
- Conception, jugement et décision
- Commande des unités arithmétiques, des micro-ordinateurs, et réalisation des opérateurs ;
- Traitement d'information telles que les données, recherche de l'information, modélisation des systèmes...etc.

III.4.2 Logique floue et la logique classique :

Dans la logique classique, les variables gérées sont Booléennes. C'est à dire qu'elles ne prennent que deux valeurs 0 ou 1. La logique floue a pour but de raisonner à partir de connaissances imparfaites qui opposent résistance à la logique classique. Pour cela la logique floue se propose de remplacer les variables booléennes par des variables floues [6].

III.4.3 Structure d'un système de commande floue :

Contrairement aux techniques de réglage classique, le réglage par la logique floue n'utilise pas des formules ou des relations mathématiques bien déterminées ou précises. Mais, il manipule des inférences avec plusieurs règles floues à base des opérateurs flous ET, OU, ALORS, ...etc., appliquées à des variables linguistiques. On peut distinguer trois parties principales constituant la structure d'un régulateur floue [6] :

- Une interface de fuzzification,

- Un mécanisme d'inférence,
- Une interface de Defuzzification

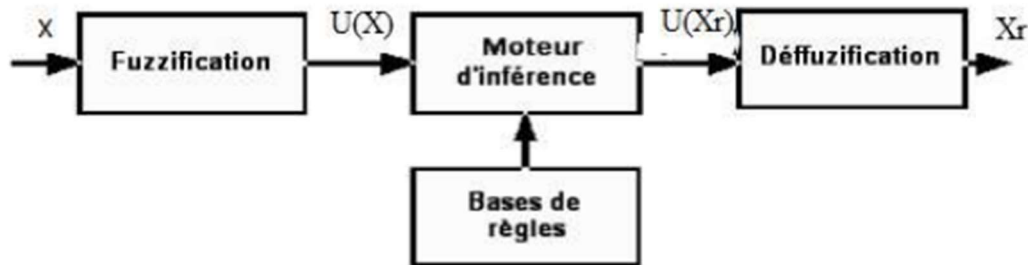


Figure III-1: structure d'un système de commande floue

III.5 Fuzzification :

La fuzzification est réalisée dans l'interface d'entrée du contrôleur flou. Durant cette phase, les informations issues du système sont tout d'abord normalisées. Ensuite, les données normalisées sont transformées en qualifications linguistiques, en utilisant des règles sémantiques définies par un expert. Durant la phase de normalisation, chaque mesure issue du système est modifiée pour fournir une valeur appartenant à un univers du discours relativement simple. On peut choisir comme univers du discours un intervalle centré sur zéro : $[-c, +c]$. Si la mesure initiale x est comprise dans un autre intervalle $[a, b]$, la normalisation est souvent réalisée par transformation linéaire, selon L . L'univers du discours est ensuite représenté par une variable linguistique, qui comporte un nombre assez restreint de termes (en général trois, cinq ou sept) de façon à limiter le nombre de règles. Enfin, les valeurs normalisées déduites de chacune des entrées sont transformées en qualifications linguistiques, en utilisant les variables linguistiques correspondantes [7].

III.5.1 Moteur d'inférence :

Cette étape consiste à relier les variables physiques d'entrée du régulateur (grandeurs mesurées ou estimées), qui sont transformées en variables linguistiques pendant l'étape de fuzzification, la variable de sortie du contrôleur sous sa forme linguistique, par des règles mentales traduisant une action ou une décision linguistique sur la commande à la sortie du régulateur, face à toute situation se présentant à l'entrée de ce régulateur [7]. Ces inférences sont basées sur plusieurs règles établies par l'expertise et le savoir-faire humain concernant le système à régler. Elles sont structurées sous forme compacte

dans une matrice multidimensionnelle dite matrice d'inférence. On exprime les inférences généralement par une description linguistique et symbolique à base de règles pré définies dans la matrice d'inférence. Chaque règle est composée d'une condition précédée du symbole 'SI' appelée prémisse, et d'une conclusion (action, décision, opération ou commande) précédée du symbole 'ALORS'. Le traitement numérique des règles d'inférence qui permet d'obtenir la sortie linguistique ou floue du régulateur se fait par différentes méthodes, on cite principalement [7].

- La méthode d'inférence max-min,
- La méthode d'inférence max-prod,
- La méthode d'inférence somme-prod.

Chacune de ces trois méthodes utilise un traitement numérique propre des opérateurs de la logique floue.

III.5.2 Défuzzification :

Cette étape consiste à réaliser l'opération inverse de la fuzzification, c'est-à-dire, obtenir une valeur physique de la sortie à partir de la surface obtenue. Plusieurs méthodes de défuzzification existent. Comme pour tous les opérateurs flous, le concepteur du système ou doit choisir parmi plusieurs définitions possibles de défuzzification . Les plus utilisées sont :

- Méthode du maximum.
- Méthode de la moyenne des maximums.
- Méthode du centre de gravité

III.6 Principe de fonctionnement de notre travail :

La première étape nous a permis de déterminer les entres dans le domaine temporel et fréquentiel qui seront injecté dans un système de détection des plages à base de la logique floue.

Pour le système à logique floue, nous allons utiliser la méthode la plus courant à savoir la méthode *Mamdani*. Cette méthode a pour règle : « plus la condition sur les entrées est vraie, plus l'action préconisée pour la sortie doit être respectée ».

Notre but pour utiliser la logique floue est de déterminer les 3 phases d'usure (**normale 2^{ème} critique 3^{ème} Défectueux**) c'est pour ça en choisi les 6 entrer suivent.

A : évolution de la puissance du signal

B : évolution de lénergie spectrale

C : évolution de la puissance spectrale de résonnance

D : évolution de la puissance de A1

E : évolution de la puissance de D1

Donc pour chaque entrer on a divisé on 3 intervalle

- Plage normale
- Plage Critique
- Plage défectueux

La figure III.1 ci-dessous représente les variables d'entrées et de sortie du système flou utilisé pour classification de l'usure d'une plaquette de coupe.

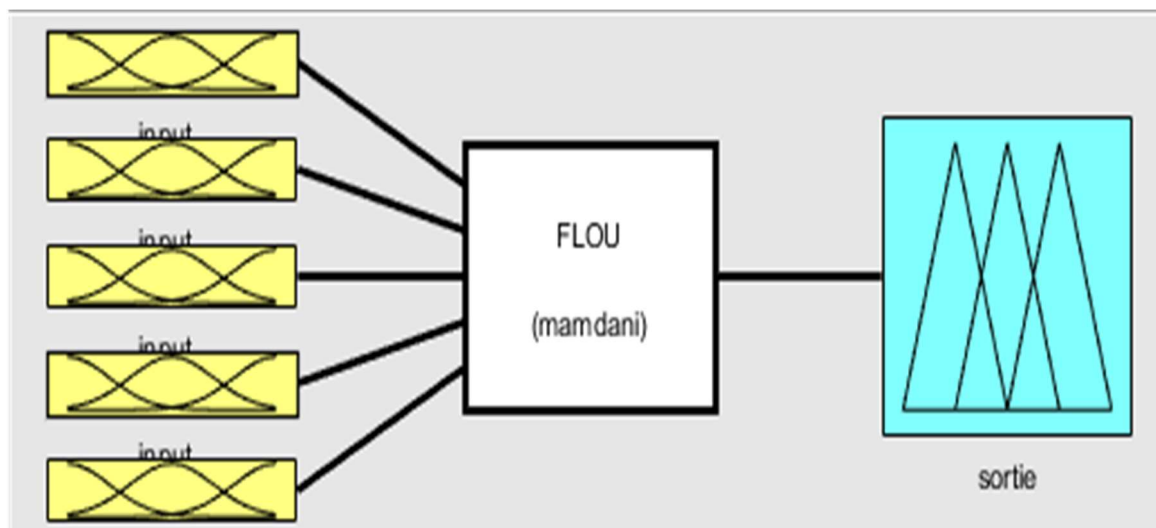


Figure III-2:principe de fonctionnement de notre travail

III.6.1 Logique floue pour la surveillance du tournage :

Tableau III-1: tableau de logique floue pour la surveillance du tournage

Les plages Les paramètres	Normale	Critique	Défectueux
A : évolution de la puissance du signal	[0 250]	[200 800]	[700 4000]
B : évolution de énergie spectrale	[0 - 0.3e+9]	[2 e+8 0.6 e+9]	[0.5e+9 3 e+9]

C : évolution de la puissance spectrale de résonnance	[0 0.5e +8]	[0.3e+80.9e+8]	[0.7e+8 10e+8]
D : évolution de la puissance de A1	[0 150]	[100 350]	[300 1200]
E : évolution de la puissance de D1	[0 60]	[40 950]	[900 7000]

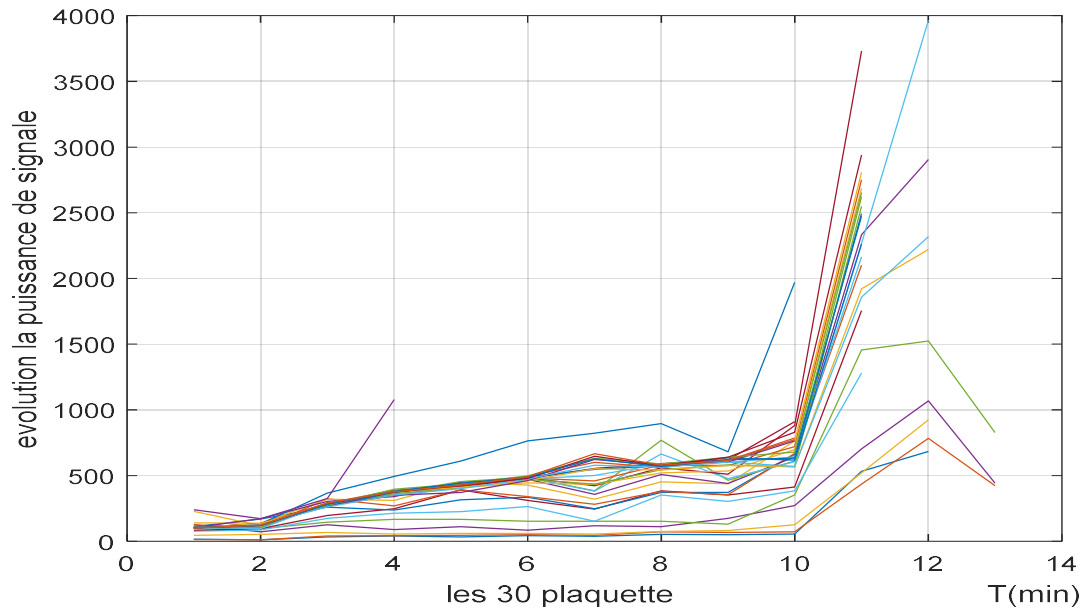


Figure III-3: évolution puissance de signale

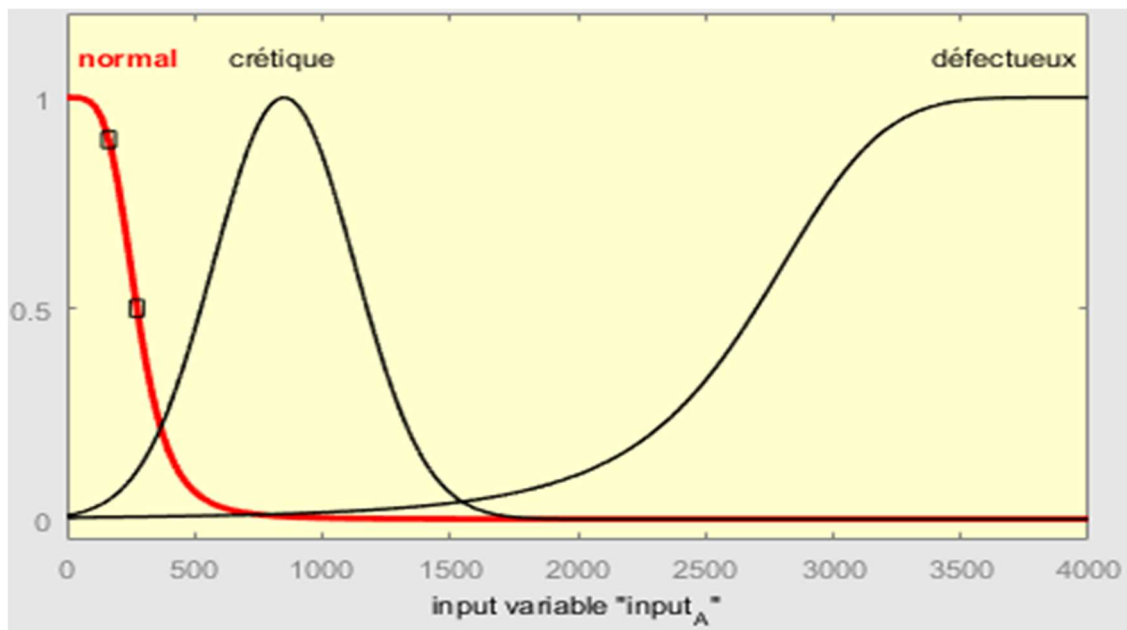


Figure III-4: input variable input

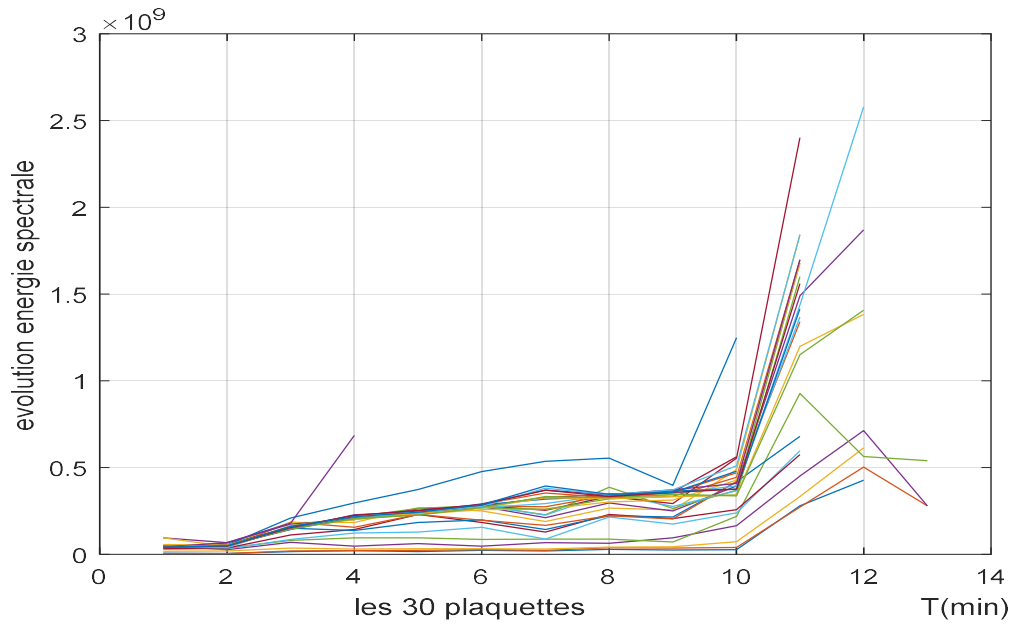


Figure III-5: évolution énergie spectrale

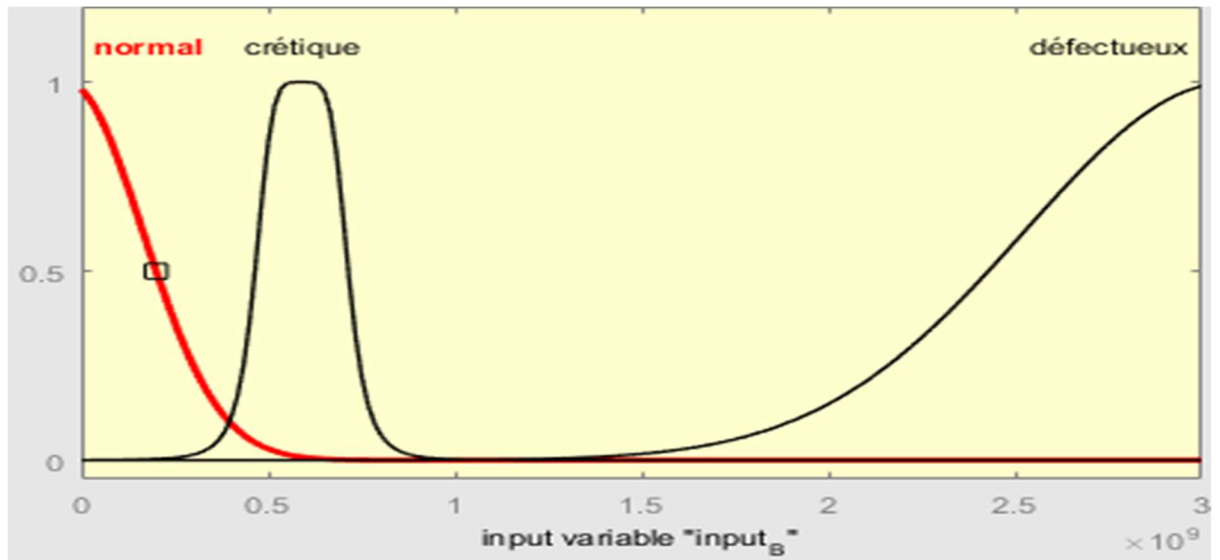


Figure III-6: input variable input

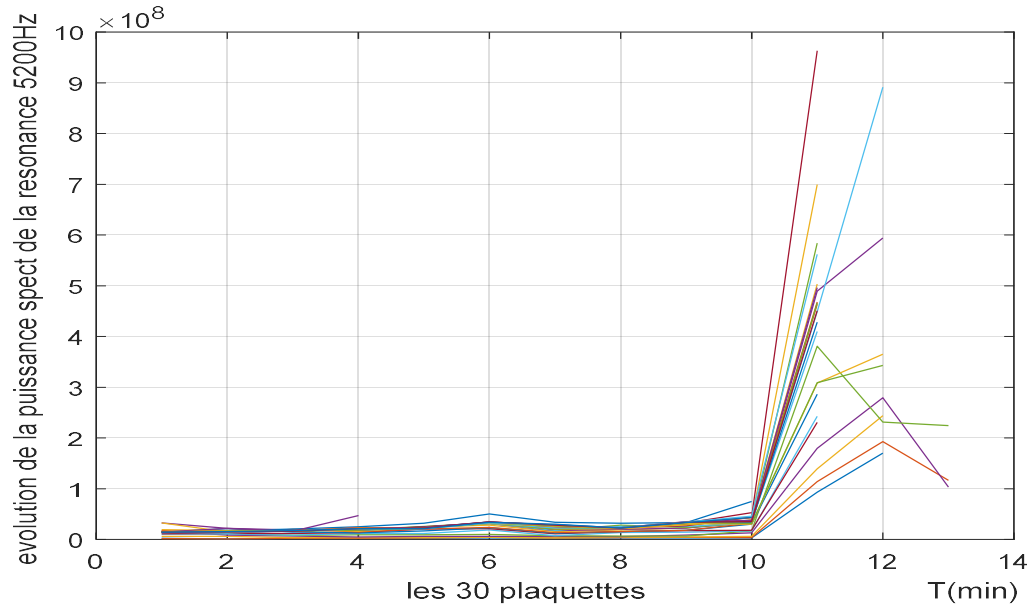


Figure III-7: évolution de puissance spect de la résonance 5200hz

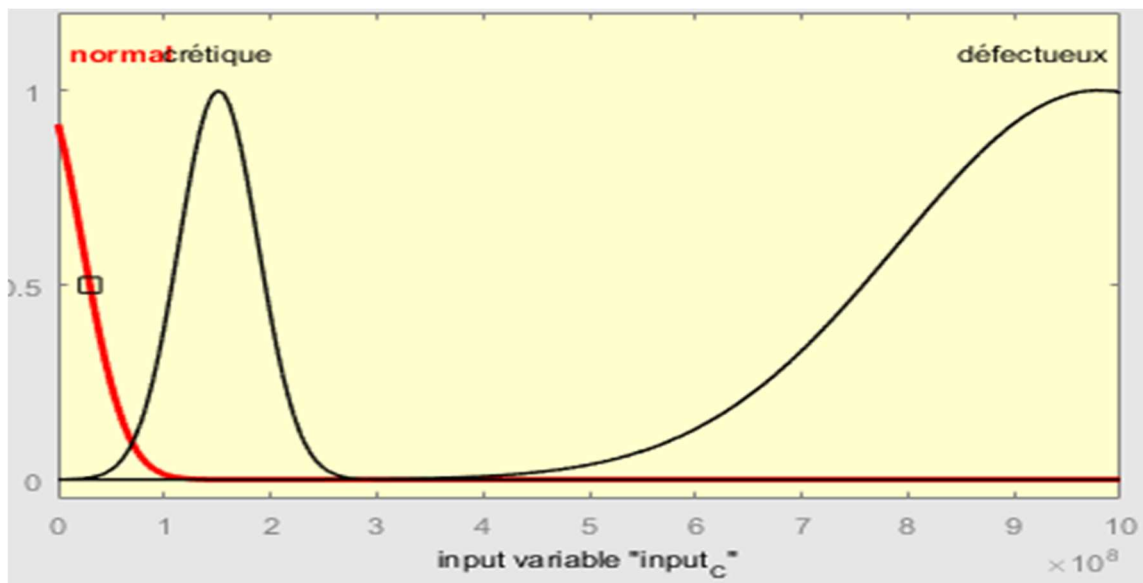


Figure III-8: input variable input

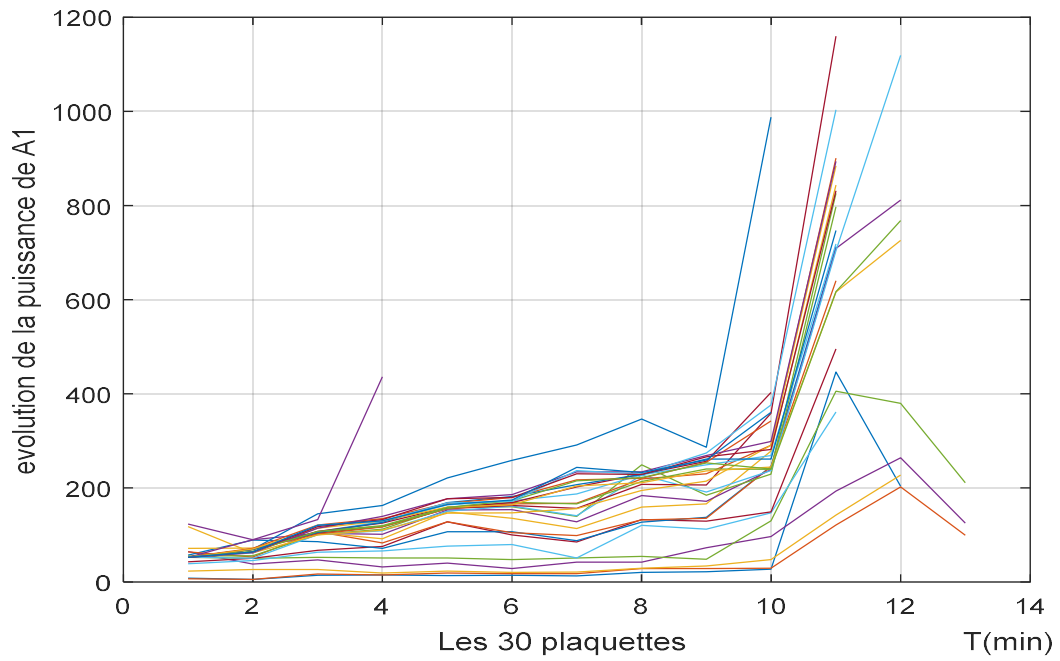


Figure III-9: évolution la puissance de A1

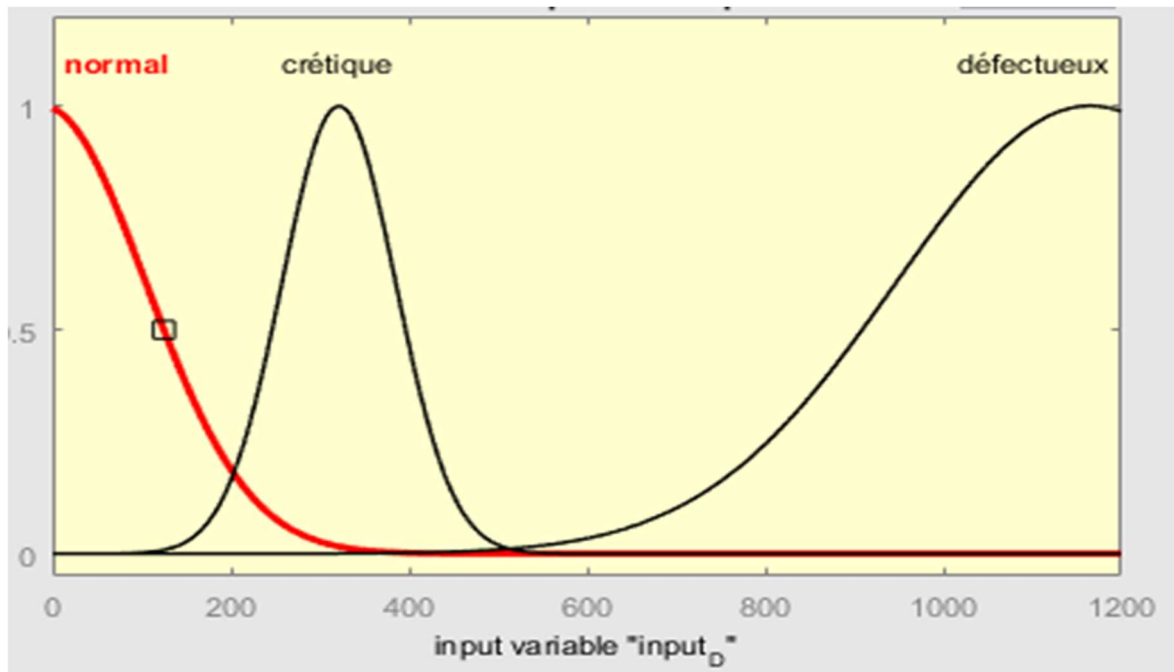


Figure III-10: input variable input

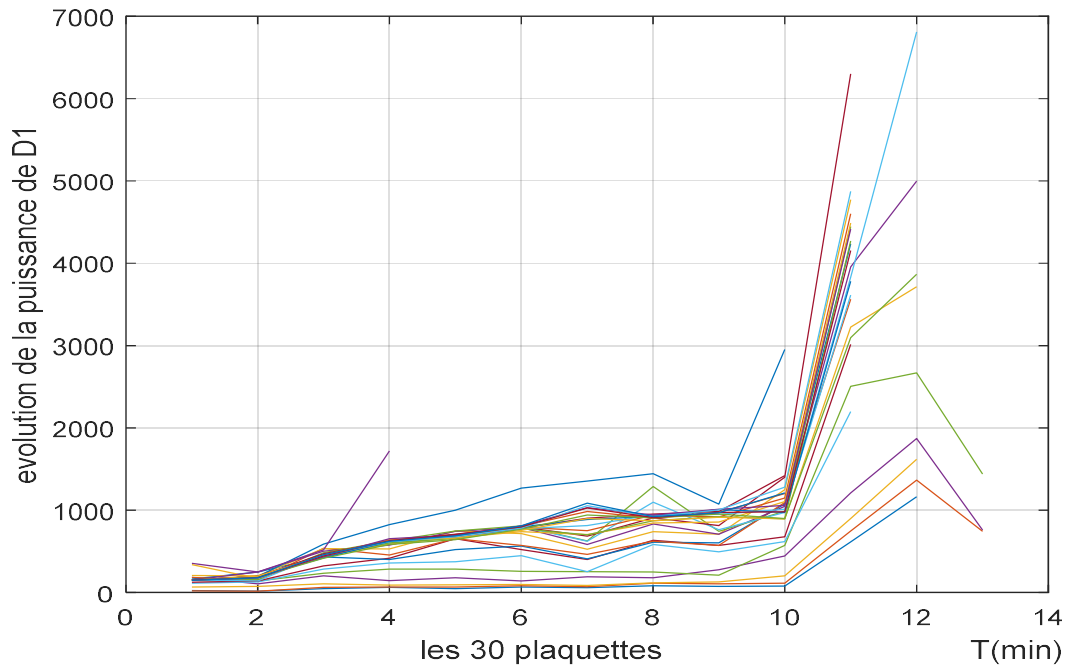


Figure III-11: évolution de la puissance de D1

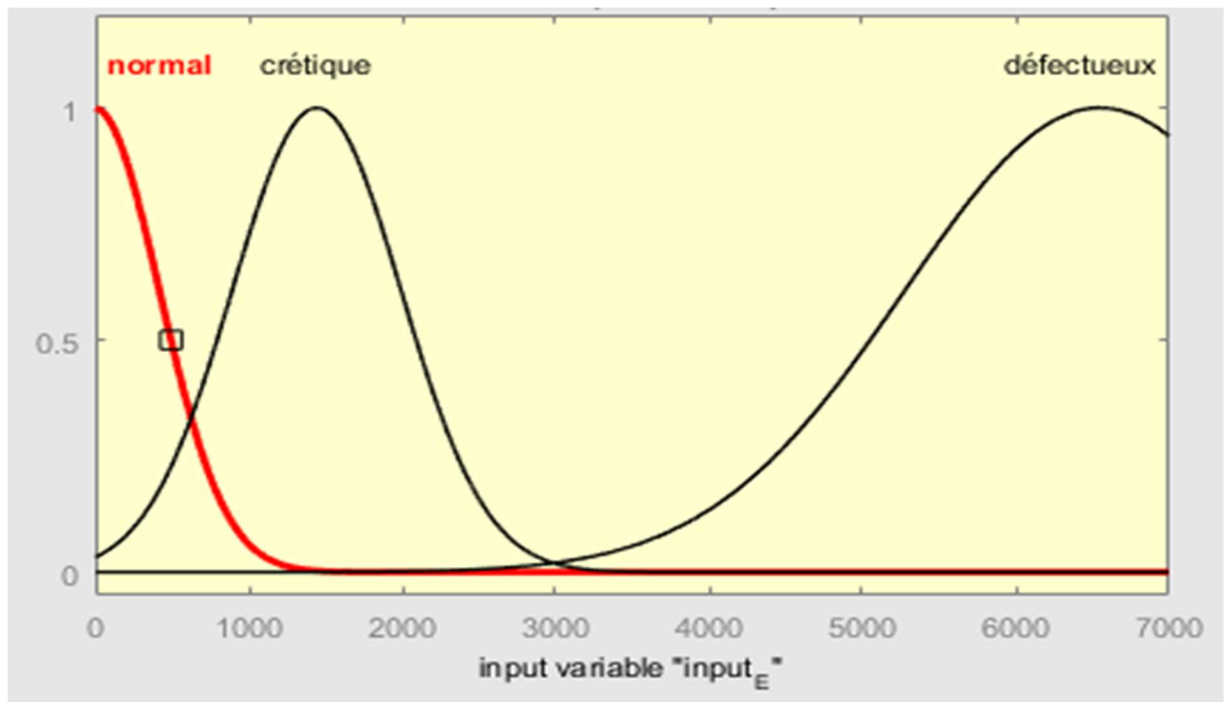


Figure III-12: input variable input

III.6.2 Les règles :

Donc les règles sont la base de la logique floue car c'est elles qui nous déterminent la valeur de la sortie.

Une règle est activée dès qu'elle a une prémisse ayant une valeur de vérité non nulle. Plusieurs peuvent être activées simultanément et préconiser des actions avec différents degrés de validités.

Il convient d'agréger les règles pour fournir une appartenance de la variable floue de sortie à une classe floue consolidée.

A partir de notre étude et remarque et plusieurs essais on a élaboré 20 règles pour l'identification des phases d'usinage.

Une fois toutes les opérations de Fuzzification sont faites nous pouvons obtenir une évaluation de la sortie grâce à une surface de décision floue voir la Figure

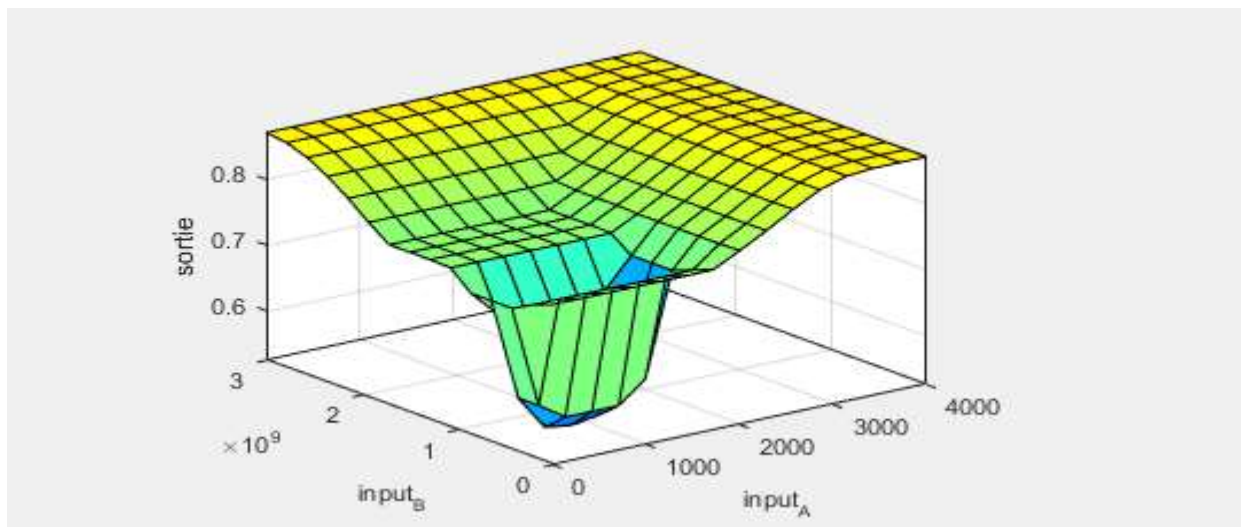


Figure III-13:surface de décisions

On a ici quelque exemple d'applications de test du système à base de la logique floue :

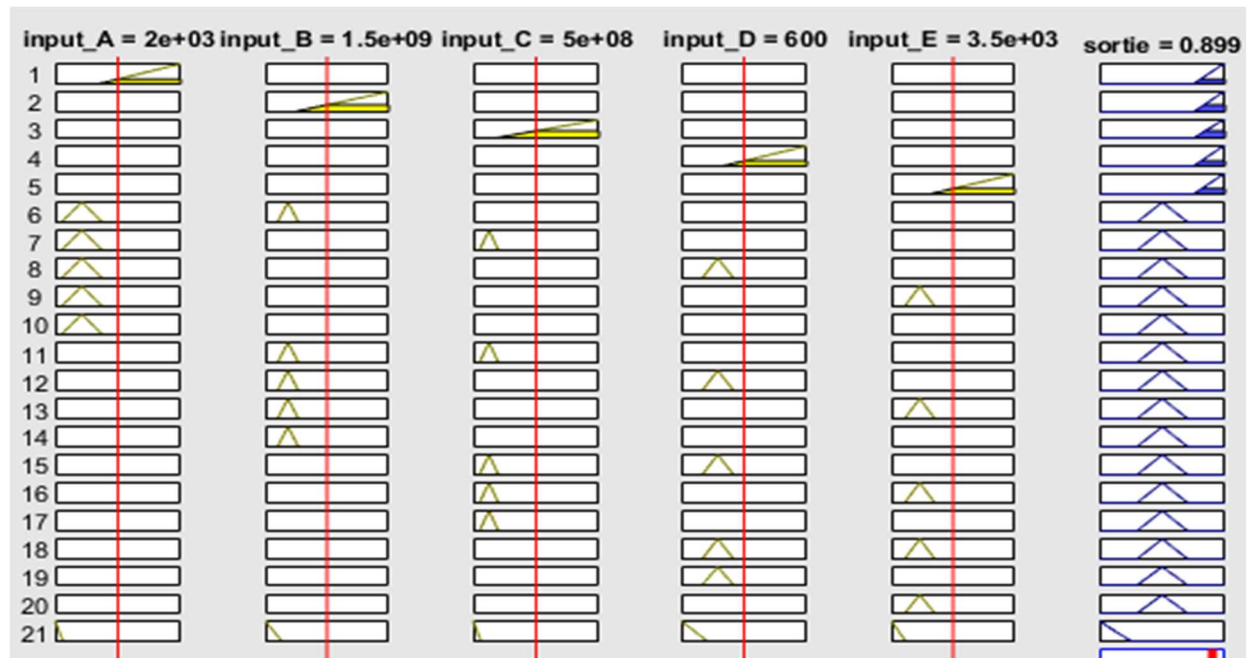


Figure III-14: les test du système à base de la logique floue

Cette figure représente notre travail qu'il s'agit de classification de l'usure d'une plaquette de coupe par logique floue.

Dans ce cas le résultat du la logique floue est 0.915 c.-à-d. 91.5% défectueuse.

Ceci est confirmé par valeurs réelles.

III.7 Conclusion :

Les systèmes floue sont à l'évidence meilleurs que les systèmes linéaires à partir du moment où ils génèrent des résultats assez proches du raisonnement humain, sous réserve d'avoir au préalable bien défini les trois parties qui structurent sont fonctionnement , à savoir : la modélisation des données d'entrées en variables linguistiques grâce à des fonctions d'appartenances, la définition d'une liste de règles d'inférences qui représentent les connaissances que l'on a du système et enfin le choix de l'opérateur logique utilisé et le type de Défuzzification choisie.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

L'objectif de notre travail était le développement d'une stratégie de suivi de l'usure des outils de coupe, répondant à une demande industrielle, appliquée au problème particulier de l'usinage en tournage et dont la mise en œuvre doit être simple. Dans le cadre de cette thèse, nous avons étudié un système de surveillance de suivi l'usure basé la logique floue via l'analyse des signaux vibratoires.

Dans ce travail, l'exploitation des méthodes de traitement de signal proposées a confirmé la sensibilité des signaux vibratoires à l'état de l'outil. En effet, les analyses effectuées, temporelle, statistique et fréquentielle ont permis l'extraction d'un ensemble d'indicateurs d'usure. Qui ont été exploité par système à logique floue pour la détection des phases (rodage, stabilisation et accélération). En vue de mettre à la disposition de l'utilisateur un outil ergonomique et adapté exploitant les diverses méthodes développées.

Les résultats obtenus sont très prometteurs en milieu industriel pour l'élaboration d'un système de surveillance en tournage fondé sur la détection des phases par la logique floue.

BIBLIOGRAPHIE :

- (1) **R. MOHAMMAD** : (Etude de l'évolution des caractéristiques des plaquettes de coupe en tournage à sec. Mise en place de critères d'aide à la décision du changement de plaquette. = Application au cas de l'ébauche de turbines de pompage), thèse doctorat de l'Université Toulouse III – Paul Sabatier Toulouse France, 2011.
- (2) **H.BEN ABDELALI**, (Caractérisation et modélisation des mécanismes tribologiques aux interfaces outils-pièces-copeaux en usinage à sec de l'acier C45,) Ecole Centrale de Lyon – France, 2013.
- (3) **C. GRUESCU, F. DEFOURNE, P. QUAEGEBEUR et J. F. ANTOINE**, (Préparation de production en productique mécanique – étude de fabrication et analyse d'usinage (3PMEFAU), SEMM (Service Enseignement et Multimédia) Université Lille1 – France, 2015.
- (4) **Mohammed NOUARI**. (Modélisation de l'usure par diffusion des outils de coupe en usinage à grande vitesse. Mécanique [physics.med-ph]). Université Paul Verlaine – Metz, 2000. Français.
- (5) **B. HAMADI** : « étude des revêtements durs et applications sur outil de coupe », thèse de magister en mécanique, université Mentouri Constantine, 2010.
- (6) **YALLESE MOHAMED ATHMANE**, (étude du comportement à l'usure des matériaux de coupe modernes en tournage du), génie mécanique, productique, 2005.
- (7) : **BURYTA, D., SOWERDY, R., YELLOWLEY I** (Stress distributions on the rake face during orthogonal machining", Intj. Mach. Tool Manufact. 3. 4p p.72L-739) 1994.