

Département de Génie Mécanique
MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de :

MASTER

En Génie Mécanique

Option : Fabrication Mécanique Et Productique

Présenté par :

AICHOUCHE IMAD EDDINE & BENSAOUCHA AMMAR

Thème

**CONCEPTION ET SIMULATION D'ES MECANISMES
AUX INTERFACES PIECE-OUTIL- COPEAUX DE
L'ACIER XC48**

Devant le jury composé de :

<u>NOM et Prénom</u>	<u>Grade</u>	<u>Qualité</u>
FARSI Chouki	MCA	Président
Moussaoui Nafissa	MCB	Encadrante
Benyettou Riyad	Doctorant	Examineur

Année Universitaire : 2022 / 2023

N° d'ordre : GM/...../2023

Remerciements

*Tout d'abord, on tient à remercier Dieu tout-puissant pour ce
Cela nous donne beaucoup de courage, de patience et de volonté pour
atteindre cet objectif.*

*La première personne qu'on tient à remercier est notre encadrante Dr
Moussaoui Nafissa pour sa confiance et ses conseils qui ont grandement
contribué à la réalisation de ce travail.*

*On remercie également les candidats pour l'honneur qu'ils nous ont fait en
acceptant de lire notre travail,*

Jugez et discutez de son contenu.

*A tous les responsables pédagogiques et administratifs de l'Université de
M'sila, nous exprimons notre profonde gratitude et leur grande générosité.*

*Enfin, nous remercions nos familles pour leur soutien moral et leur aide, ainsi
que tous ceux qui nous ont soutenus et assistés tout au long de cette étude et
toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à ce travail.*

Merci à tous...

Dédicaces

On dédie ce mémoire à ...

Avant tout, on remercie Dieu de nous avoir donné la force, la chance et la patience d'en arriver jusque-là.

A la lumière de notre vie, nos très chers parents qui nous ont toujours encouragés, on est aujourd'hui au stade final de nos Etudes. Dieu les garde pour nous.

A toutes nos familles.

A tous ce qui nous ont aidé de près ou de loin.

Sommaire

Introduction générale.....	1
----------------------------	---

Chapitre I : Généralités sur l'usinage et le procédé de tournage

I.1 Étapes de développement de l'équipement :	4
I.1.1 Les grandes étapes du progrès technique dans le domaine de l'usinage.....	4
I.1.2 Machines semi-automatiques	4
I.1.3 Machines automatiques.....	4
I.1.4 Machines automatiques spéciales.....	4
I.2 Différents procédés	5
I.3 Etude de l'ordre logique d'usinage	5
I.3.1 Etude de fabrication	6
I.3.2 Préparation d'une production	7
I.4 Temps d'usinage	8
I.5 Procède de tournage	10
I.5.1 Principe de tournage.....	10
I.5.2 Le tour	11
I.5.3 La différente opération d'usinage	12
I.5.4 Les différents montages	16
I.5.5 L'outil	17
I.5.6 Formation du copeau.....	21

Chapitre II : Coupe des métaux

II.1 Introduction.....	25
II.2 Principe de la coupe des métaux	25
II.3 Outil de coupe	29
II.4 Plan de l'outil.....	31
II.4.1 Plan de l'outil en main	31
II.4.2 Plan de l'outil en travail	33
II.5 Angles de l'outil	33
II.5.1 Angles d'arête de l'outil en main	33
II.5.2 Angle d'arête de l'outil en travail	34
II.6 La géométrie de l'arête.....	35
II.7 Matériaux des outils de coupe	37
II.8 Le paramètre de coupe.....	38
II.8.1 Vitesse de coupe (V_c)	39

II.8.2 Vitesse d'avance (vf) et avance/tour (f).....	40
II.8.3 La vitesse d'avance vf.....	41
II.8.4 Les types d'avances	41
II.8.5 Profondeur de passe.....	42

Chapitre III : Modèle théorique

III.1 Introduction	45
III.2 Formulation des modèles.....	45
III .2.1 Formulation Lagrangienne	46
III.2.2 Formulation Eulérienne	47
III .2.3 Approche Eulérienne-Lagrangienne Arbitraire (ALE).....	47
III.3 Modèles constitutifs de la coupe des métaux... ..	48
III.3.1 Modèle d'Oxley.....	49
III. 3.2 Modèle de Johnson et Cook.....	49
III.3.2.1 Loi de Johnson et Cook modifiée (Soldani, 2008)	51
III .3.2.2 Loi de comportement du matériau usine	51
III.3.2.3Critère d'endommagement de Johnson-Cook	53
III .4 Modèle de Zerilli et Armstrong (1987).....	53
III. 5 Approche par éléments finis.....	54
III.5.1 Principe de base	54
III.5.2 Discrétisation du domaine	55
III.5.2.1 Eléments	55
III.5.2.2 Table de définition des nœuds et éléments	56
III.5.2.2.1 Table des coordonnées globales	56
III.5.3 Approximation par éléments finis	57
II.5.3.1. Principe de l'approximation par éléments finis.....	57
III.6. Maillage.....	57
III.7 Critère de séparation de copeau.....	58

Chapitre IV : Présentation Générale du Modèle et Simulation Numérique de la Coupe orthogonale par la Méthode des Éléments Finis

IV.1 Introduction.....	61
IV.2 Distribution ansys 16.2.....	61
IV.3 Modalisation par ansys.....	62
IV.4 Lois de comportement.....	62
1/ Comportement mécanique de la pièce.....	63
2/Critère d'endommagement de Johnson-Cook	63
IV.5 Présentation générale du modèle de simulation de la coupe orthogonale	64

IV.6 Modélisation de l'outil de coupe	64
IV.7 Modélisation de la pièce à usiner	65
IV.8 Conditions aux limites et chargement	66
IV.9 Le maillage et la gestion de contact	67
IV.10	Résulta
ts de la simulation.....	69
IV.11 Distribution de la déformation élastique équivalente l'interface outil/copeau	71
IV.12 Distribution de la déformation élastique principal maximale.	73
IV.13 Distribution de la température à l'interface outil/copeau	74
IV. 14 Conclusion.....	75
<u>Conclusion :</u>	
Conclusion générale.....	79

LISTE DES FIGURES :

Chapitre I : Généralités sur l'usinage et le procédé de tournage

Figure I.1 : Les différents procédés.....	5
Figure I.2 : Tournage avec mouvement axial de l'outil.....	11
Figure I.3 : Constitution d'un tour parallèle.....	12
Figure I.4 : Opérations de base en tournage.....	13
Figure I.5 : Le chariotage cylindrique et conique.....	14
Figure I.6 : Dressage extérieur et intérieur.....	14
Figure I.7 : Le perçage.....	14
Figure I.8 : L'alésage cylindrique et conique	15
Figure I.9 : Le rainurage intérieur et extérieur.....	15
Figure I.10 : représente les opérations d'usinage.....	16
Figure I.11 : Opération de dressage d'un tube	16
Figure I.12 : Montage en lunette	17
Figure I.13 : Angles de coupe	18
Figure I.14 : Influence du rayon du bec de l'outil sur la surface à usinée.....	19
Figure I.15 : Formes variées de plaquettes.....	20
Figure I.16 : Différentes porte-plaquettes pour une même plaquette.....	21
Figure I.17 : La formation du copeau.....	22
Figure I.18 : Copeau continue	22
Figure I.19 : Copeau cisailé	22
Figure I.20 : Copeau discontinu	23

Chapitre II : Coupe des métaux

Figure II.1 : Usinage par enlèvement de matières	25
Figure II.2 : Mouvements de l'outil et de la pièce en tournage	26
Figure II.3 : Critères permettant de définir les paramètres de coupe.....	27
Figure II.4 : Surfaces de la pièce.....	28
Figure II.5 : Eléments de l'outil	29
Figure II.6 : Angles du taillant (outil en travail)	30
Figure II.7 : Principaux plans de l'outil en main.....	32
Figure II.8 : Plan de référence Pr, plan de travail conventionnel Pf, plan de l'arête de l'outil Ps	35
Figure II.9 : Définition de base d'un outil en tournage	36
Figure II.10 : Géométrie de l'arête de coupe	36
Figure II.11 : Gamme des angles d'orientation d'arête.....	38

Figure II.12 : Les paramètres de coupe	39
Figure II.13 : Dimensions des angles de coupe dans le de tournage.....	39
Figure II.14 : Vitesse de coupe.....	39
Figure II.15 : Vitesse de coupe, diamètre et vitesse de rotation.....	40
Figure II.16 : Vitesse d'avance	41
Figure II.17 : Avance f dans le cas de tournage	41
Figure II.18 : Types d'avance	42
Figure II.19 : Les profondeurs de passe	42

Chapitre III : Modèle théorique

Figure III.1 : Description de Lagrange	49
Figure III.2 : Description d'Euler	47
Figure III.3 : Conditions aux limites Lagrangienne et Eulérienne dans ALE.....	48
Figure III.4 : Elément CPE4RT	56
Figure III.5 : Elément CPE3T	56
Figure III.6 : maillage	58
Figure III.7 : Raffinement : (a) maille locale initiale, (b) réduction de la taille de l'élément.....	58
Figure III.8 : Séparation géométrique.....	59

Chapitre IV : Présentation Générale du Modèle et Simulation Numérique de la Coupe orthogonale par la Méthode des Eléments Finis

Figure IV.1 : a-b) Modèle numérique dans le cas du procédé de tournage, c) modélisation de la coupe orthogonale 2D par Ansys.....	64
Figure IV.2 : usinage en coupe orthogonal	67
Figure IV.3 : Méthode appliquée pour le contact outil / pièce.....	68
Figure IV.4 : Répartition des forces dans ans.....	69
Figure IV-5-6 : Résultat de contraintes équivalentes de (Von-mises).	70
Figure IV-7 : Répartition des contraintes dans la zone de déformation.....	70
Figure IV.8 : Schéma de formation du copeau.....	71
Figure IV-9-10 : Distribution déformation élastique équivalent	72
Figure IV-11-12 : : Distribution de la déformation élastique principal maximale.....	73
Figure IV-13-14-15 : Distribution des températures	75

LISTE DES TABLEAUX

LISTE DES TABLEAUX :

Chapitre I. Généralités sur l'usinage et le procédé de tournage

Tableau I.1 : Symbole et désignation des formes du bac d'un outil de tournage..... 19

Chapitre II : Coupe des métaux

Tableau II.1 : Propriétés physiques de quelques matériaux de coupe.....37

Chapitre III. Modèle théorique

Tableau III.1 : Caractéristiques matérielles et coefficient de loi de comportement de Johnson-Cook..... 53

Tableau III.2 : Table des coordonnées globales 56

Chapitre IV. Présentation Générale du Modèle et Simulation Numérique de la Coupe orthogonale par la Méthode des Eléments Finis

Tableau IV.1 : Paramètres de comportement de l'acier XC48 65

Tableau IV.2 : Critère d'endommagement Johnson-Cook de l'acier XC48 65

Tableau V1.3: Propriétés physiques et mécaniques acier x48. 66

Tableau V1.4: conditions aux limites et chargements66

Tableau V1.5: Propriétés physiques et mécaniques acier x48.....76

Nomenclature :

Notation des symboles	Grandeurs
T_m	Temps manuels
T_{tm}	Temps technico-manuels
T_z	Temps masqué
T_s	Temps série
T_t	Temps technologique
L	Longueur à usiner (mm)
A	Avance (mm/tr)
N	Nombre de tours par minute
α	Angle de dépouille
β	Angle de taillant
Γ	Angle de coupe
Λ	Angle d'inclinaison de l'arête
X_r	Angle de direction de l'arête
Ψ_r	Angle de direction complémentaire
ζ_r	Angle de pointe
R_ε	Le rayon de bec
R_ε	Rayon nominal de l'arrondi du bec
B_ε	Largeur nominale du chanfrein du bec

Nomenclatur

Mc	Le mouvement de coupe
Ma	Le mouvement d'avance
Mp	Le mouvement de profondeur
A γ	la face de coupe
A α	la face en dépouille secondaire
Ps	Plan d'arête de l'outil
Pr	plan de référence de l'outil
Pf	Plan de travail conventionnel
Pp	Plan vers l'arrière de l'outil
a(mm)	La profondeur de passe notée
σ, s	Les contraint équivalente de Von
σ_1	La contrainte d'écoulement du matériau
Tmod	La température modifiée
$,S_0$	Les constantes du matériau de la pièce et leur valeursont 0.09 et 0.1
A, B, C, n et m	Les constantes du matériau obtenus par des essaissur les matériaux
T	La température instantanée
Tf	La température de fusion

Nomenclatur

T_{amb}	La température ambiante
T_t	La température de transition
A	La contrainte d'écoulement à déformation ne plastiquenulle
B et n	Sont respectivement les paramètres linéaires et nonlinéaires d'écrouissage.
C	Le coefficient de sensibilité
M	L'exposant d'adoucissement thermique
W	L'endommagement d'un élément
Δ_{s_p}	L'incrément de la déformation plastique équivalente
$\Delta_{s_p}^f$	La déformation équivalente de fracture
C_1, C_2, \dots, C_5 et n	Sont des constantes dumatériau
T	Température absolue.
$U^e(X)$	Une fonction approchée
$u_{ex}(X)$	La fonction exacte
$N_1(X), N_2(X), \dots, N_{ne}(X)$	Les fonctions d'interpolation sur l'élément
u_1, \dots, u_{n^e}	Variable nodale.
D_1, D_2, D_3, D_4 et D_5	Sont les constantes de rupture de Johnson-Cook.

INTRODUCTION

GENERALE

Introduction générale

L'usinage est un processus de génération de surface. Il s'agit de créer une nouvelle surface en enlevant de la matière (formant des copeaux) avec un outil de coupe. Les propriétés de cette surface dépendent du couplage du matériau de l'outil, c'est-à-dire des paramètres impliqués dans le processus de coupe (vitesse de coupe, avance et profondeur de coupe). En usinage, différentes configurations peuvent être utilisées selon le procédé de coupe (fraisage, rabotage, tournage...etc.). L'usinage comprend toute opération de formage par enlèvement de matière dans le but d'obtenir la forme souhaitée de la pièce d'origine en respectant les dimensions et les états de surface prédéfinis dans les tolérances indiquées dans le plan de définition d'usinage afin de bien ajuster les installations à sa taille de production.

La complexité des expérimentations a rendu difficile la détermination de la meilleure combinaison de différents paramètres pour assurer une bonne productivité, en termes de coût et de temps. Il est donc nécessaire de se tourner vers des modèles numériques de simulation de coupe pour accompagner le processus d'augmentation de la productivité des opérations d'usinage. Cependant, il existe actuellement un sérieux manque d'informations sur la physique de la coupe des métaux, notamment en ce qui concerne le comportement à l'interface outil-pièce-puce.

L'objectif de ce travail est la recherche et l'analyse thermique par modélisation et simulation numérique de coupes orthogonales 2D.

La structure des travaux réalisés et présentés dans ce mémoire est la suivante :

Le premier chapitre traite de l'étude bibliographique du procédé de tournage, en commençant par une revue des principaux concepts fondamentaux du tournage, suivi des différents phénomènes associés au procédé, ainsi que des paramètres techniques et économiques.

Le chapitre 2 donne un aperçu de la découpe des métaux, l'une des techniques de production les plus utilisées dans l'industrie et la plus ancienne technique de transformation de blocs de matière (acier, aluminium, etc.) forme, filetage, ...) avec des dimensions très précises et un haut - finition de surface de qualité.

Le chapitre 3 aborde la modélisation du processus de coupe en présentant le processus de formation des copeaux lors de l'opération de coupe. Une introduction à la simulation numérique et à son rôle dans l'usinage et quelques outils de calcul numérique, y compris ceux utilisés dans les travaux de cet article, sont également abordés.

INTRODUCTION

Le chapitre 4 comprend le développement d'un modèle géométrique 2D coupé orthogonalement qui sera utilisé pour des simulations thermomécaniques avec le logiciel ANSYS/Explicit 15.07 basé sur la méthode des éléments finis.

La deuxième partie de ce travail concerne la modélisation numérique et l'analyse des résultats. A la fin de ce travail, une conclusion générale donne une évaluation globale du travail.

CHAPITRE I

Généralités sur l'usinage et le procédé de tournage

I.1/ Étapes de développement de l'équipement :**I.1.1/ Les grandes étapes du progrès technique dans le domaine de l'usinage :**

Avant d'entamer l'usinage d'une pièce, il est important de s'assurer de la qualité des plans ou dessins techniques sur lesquels se baseront les machinistes.

L'atelier d'usinage auquel le mandat est confié doit donc valider, avec son client, les différentes données figurant sur les dessins techniques qui lui sont fournis. Il doit vérifier que les dimensions, formes, matériaux ou degrés de précision choisis pour chaque partie de la pièce à usiner soient bien indiqués et valides.

Dans un domaine comme l'usinage de précision, la moindre incompréhension ou erreur peut impacter fortement la qualité du résultat final. Sans compter que c'est en fonction de ces différents paramètres que seront choisis les outils et le procédé d'usinage à utiliser pour créer la pièce.[1]

I.1.2/ MACHINES SEMI-AUTOMATIQUES :

Semi-automatique lorsque la chaîne de séquence automatique est interrompue par une intervention manuelle : tours semi-automatiques, fraiseuses dites opératrices, etc. Sur ces machines, l'avance rapide de la pièce et l'arrêt en fin de course du cheval sont automatisés.

I.1.3/ MACHINES AUTOMATIQUES :

En plus de l'alimentation par lots de pièces brutes dans des porte-pièces à chargement automatique, la production de la machine-outil est assurée sans intervention humaine et donc entièrement automatisée.

I.1.4/ MACHINES AUTOMATIQUES SPECIALES;

Les machines automatiques spéciales sont des machines-outils destinées à l'usinage de certaines formes non planes ou rotatives, telles que : les machines à engrenages, les machines à engrenages droits, les machines à engrenages coniques, les machines à brocher, etc.

I.2/ DIFFERENTS PROCEDES:

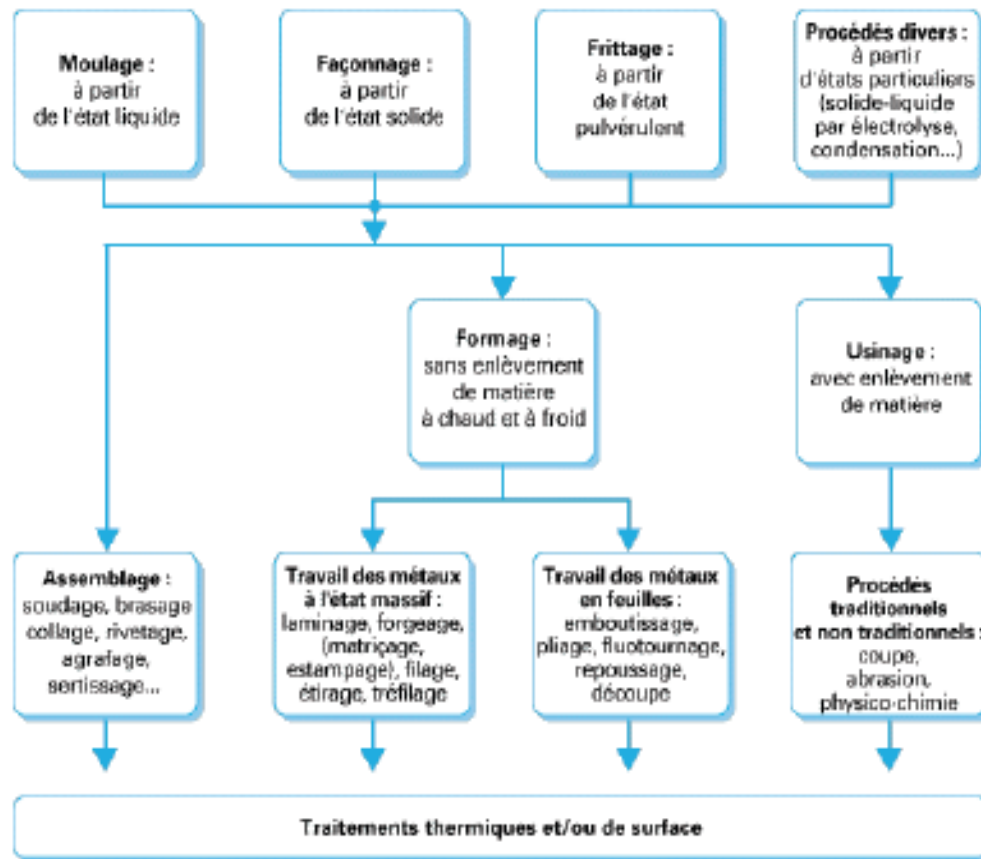


Figure I.1 : Différents procédés

I.3/ ETUDE DE L'ORDRE LOGIQUE D'USINAGE :

L'analyse d'usinage est une discipline permettant de matérialiser et de visualiser les propositions techniques issues du bureau d'études et du bureau des méthodes.

Le méthodiste est dans ce cadre à la recherche des solutions permettant l'obtention de pièces bonnes au coût minimum, par la combinaison de l'ordre chronologique des opérations et de l'utilisation de main d'œuvre, de parc machines et d'outils déterminés.

Il devra prendre des décisions concernant :

- Ordre des phases et des opérations d'usinage
- Choix des machines-outils - le choix d'outils et outillages
- Spécifications de contrôle
- Réglages à faire

- Choix des conditions de coupe
- Etude prévisionnelle de temps et de prix.

Il intégrera les contraintes liées aux données technico-économiques du produit et celles liées aux moyens de production disponibles dans l'entreprise en vue d'établir le processus d'usinage et la documentation technique associée, notamment l'avant-projet d'études de fabrication (APEF) et les contrats de phase (CPH).

La première étape de cette démarche consiste à décoder les spécifications produit, pour pouvoir définir son processus d'élaboration.

Les spécifications sont les différentes indications contenues sur le dessin de définition du produit, elles permettent de traduire le besoin initial en termes utilisables par les techniciens.

On distingue deux grandes catégories de spécifications, les spécifications dimensionnelles (cotes) et les spécifications géométriques (de forme, orientation et position). [2]

I.3.1/ ETUDE DE FABRICATION :

Le but d'une étude de fabrication est d'établir un enchaînement logique des différentes étapes de fabrication d'une pièce.

Doit, dans la limite des moyens disponibles :

- respecter la qualité dictée par les dessins qui définissent le produit,
- maintenir les coûts de production au minimum.

Cette étude de production comprend la scène et les opérations.

Une phase est une suite d'opérations élémentaires réalisées sur un même poste de travail pour (ou sur) une même unité de production.

Par opération, nous entendons tout ensemble de travail qui n'exécute qu'un seul des moyens dont le lieu de travail est équipé et dont le but est d'amener le produit à son état final.

Les principaux éléments de base nécessaires à la création d'une étude de fabrication sont :

- Plan de définition du produit,
- Nombre de pièces à produire,
- Prix demandé,
- Main-d'œuvre disponible,
- Disposition des machines,
- Norme machine,

- Outillages standards,
- Charge de la machine.

L'étude de phase est une étude détaillée consistant à définir précisément les mesures technico-économiques à mettre en œuvre en fonction des résultats à obtenir (zone de traitement ou carte technologique). Le document comprend essentiellement :

- Identification des sous-phases.
- Opérations successives et éléments de travail.
- Identification des outillages et outillages utilisés.
- Vérificateurs à utiliser.
- Éléments coupants et éléments de transition.
- Temps de réalisation.
- Croquis des phases.

I.3.2/ PREPARATION D'UNE PRODUCTION :

Les services de préparation assurent les liaisons nécessaires entre les bureaux d'études et les services de production. Leur tâche essentielle est d'établir le processus de production en utilisant les ressources de l'entreprise.

Dans le processus de production, une attention particulière doit être accordée à :

- la qualité requise du produit.
- le prix minimum d'achat.
- le temps nécessaire.
- les meilleures conditions de travail possibles.

En fonction du temps requis ou de la vitesse de production, nous essayons d'atteindre les coûts de production minimum. Les méthodes générales de traitement dépendent de la quantité de pièces à produire, c'est-à-dire. H. pour un certain type de production nous avons l'organisation, les machines et les outils spécifiques pour cette opération.

Le préparateur doit disposer d'une liste des machines-outils disponibles dans l'atelier, indiquant leurs dimensions, leur précision et leur capacité de production. L'étendue du traitement doit être

adaptée autant que possible au parc de machines existant. Si les machines ne sont pas disponibles en atelier, le bureau d'études peut envisager deux options :

- Acheter une ou plusieurs nouvelles machines.
- Ou sous-traiter le travail.

Les pièces mécaniques peuvent être rappelées pour une production rentable de la machine-outil dans :

- Production unitaire (pièce complexe, pièce encombrante, pièce de rechange, pièce de machine ou mécanisme endommagé, prototypes, ensembles spéciaux) ou multiples (pièces, grosses pièces), prototypes, montages spéciaux).

- Grandes séries dont : Petites séries : de 5 à 200 pièces.

Moyennes séries : de 200 à 1 000 pièces Grandes séries : de 1 000 à 5 000 pièces Très grandes séries : plus de 5 000 pièces.

- Production en série : rythme ou planning (exemple : 50 pièces tous les deux mois).
- Production en ligne continue.

I.4/ TEMPS D'USINAGE :

La détermination des délais de production est nécessaire pour :

- Faire des estimations.
- Déterminer le prix de revient des produits
- Déterminer le prix de revient indicatif (VAD/H).
- Réaliser des études de rentabilité pour l'équipement des produits #039.
- Trouver les goulots d'étranglement du fret.
- Planifier la fabrication.
- Calculer les délais de production.
- Activité poste de travail, unité de contrôle de production...

En général, les temps suivants peuvent être déterminés :

Les temps manuels = T_m = est le temps de travail physique ou mental qui dépend uniquement de l'opérateur.

Exemple : Tourner, serrer ou desserrer à la main, modifier les mouvements d'avance, bloquer les

coulisseaux,

Celles-ci sont spécifiées dans un premier temps par le constructeur puis par le bureau d'études (nous utilisons donc une nouvelle machine).

Le temps d'instruction technique = **T_{tm}** = est le temps pendant lequel le travail dépend de l'élément et des actions simultanées de l'opérateur et de la machine.

Temps masqué = **T_z** = Il s'agit de la durée de la tâche ou de la machine en cours d'exécution pendant que la tâche dominante est en cours d'exécution.

Temps d'éclatement = **T_s** = Durée des activités nécessaires à l'équipement du poste (montage du porte-pièces, montage, montage et réglage des outillages) et des activités liées au démontage du poste. Ce temps n'intervient qu'une seule fois par passage de série.

Le temps technologique = **T_t** = est le temps où le travail effectué dépend uniquement des ressources matérielles (temps de traitement).

$$\mathbf{T_t = L/a.n}$$

Où:

L = longueur à couper (mm), **A** = vitesse d'avance (mm/tr)

N = tours par minute

Les différentes méthodes d'expression des temps de production sont :

Calculs : Calculs cinématiques précis pour les opérations d'usinage, calculs approximatifs pour les opérations d'assemblage comme la loi de Wright, et calculs statistiques utilisant le test de Spearman et les corrélations multiples comme la condensation axiale d'Ait Ken.

Utilisation de temps prédéterminés tels que MTM et facteur de travail. Chronométrage avec chronométrage simple et analyse du temps avec estimation actuelle. Observations actuelles de Tippett (OI) ;

Utilisation de logiciels spécifiques tels que CETIM TEMPS 3.

I.5/ PROCEDE DE TOURNAGE :

Le tournage est un procédé de fabrication mécanique qui effectue une découpe (enlèvement de matière) à l'aide d'un outil à un seul tranchant. La pièce est animée d'un mouvement de rotation (mouvement de coupe), qui est le mouvement principal du procédé, et l'outil est animé d'un mouvement de translation complémentaire (linéaire ou non linéaire) appelé mouvement d'avance, qui permet de définir le profil de pièce. [3]

I.5.1/ PRINCIPE DU TOURNAGE :

C'est simplement que la pièce à couper ou à façonner est mise en rotation par un moteur à une vitesse de rotation élevée et constante, puis l'outil de cisaillement est rapproché lentement de la pièce au fur et à mesure que l'outil de cisaillement se déplace parallèlement à l'axe de la pièce et se déplace verticalement pour le couper ou le façonner, où le lattage est utilisé pour travailler sur la surface extérieure dans la plupart des cas, il peut également être utilisé pour la surface intérieure, mais le nom de l'opération est changé en "tournage" en "alésage".

Le tournage peut être effectué manuellement dans le cas du bois car il n'est pas dangereux, mais dans le cas du métal, il doit être effectué via la machine "cnc", où vous entrez toutes les informations nécessaires et l'ordinateur effectue le travail en votre nom et évite le danger, et aussi le métal doit être refroidi et cela ne peut pas être fait manuellement Mais c'est facile, car l'ordinateur peut couper et refroidir en même temps.



Figure I.2 : Tournage avec mouvement axial de l'outil.

Trois opérations de tournage courantes :

- Chariotage
- Dressage
- Profilage

I.5.2/ TOUR :

Le tour est le type de machine-outil le plus utilisé dans la fabrication mécanique. Il y a beaucoup de domaines qui ont besoin de tours, qui peuvent être utilisés dans les moules en plastique, les outils métalliques et d'autres industries. Le tour représente environ 20 à 35 % du nombre total de machines-outils. Il traite principalement diverses surfaces rotatives (cylindres intérieurs et extérieurs, surfaces coniques, surfaces rotatives formées, etc.) et surfaces d'extrémité d'objets rotatifs. Certains tours peuvent également traiter des surfaces filetées.

Il existe deux classes : les tours monobroche et les tours multibroches (nombre de broches usinées : 4, 6 ou 8 broches). Chaque broche comporte généralement deux porte-outils radiaux et un porte-outil axial. Les outils fonctionnent simultanément.[4]

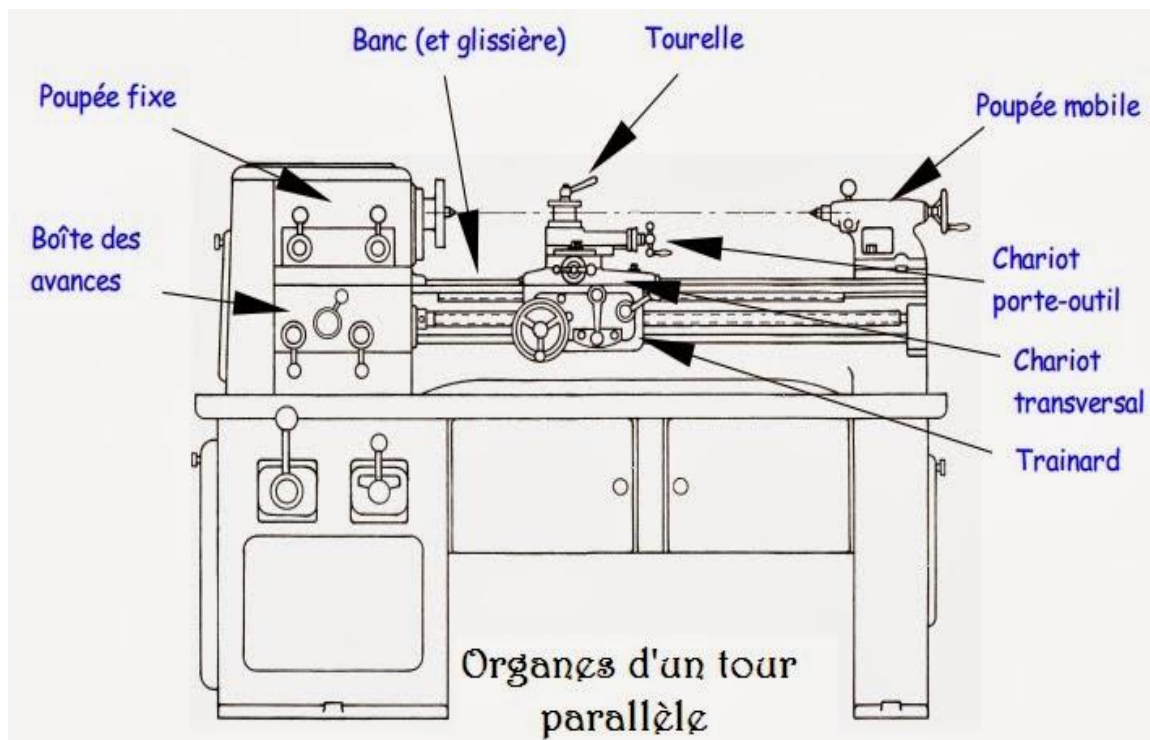


Figure I.3 : Constitution d'un tour parallèle [5]

I.5.3/ DIFFERENTES OPERATIONS D'USINAGE :

En tournage extérieur, les pièces complexes peuvent souvent être décomposées en profils de coupe de base pour la sélection des outils et des paramètres de coupe.

Pour faciliter le choix du type d'outil, on peut penser à quatre opérations de base en tournage :

1. Tournage longitudinal, ou tournage.
2. Formation.
3. Tournage conique.
4. Contournage.

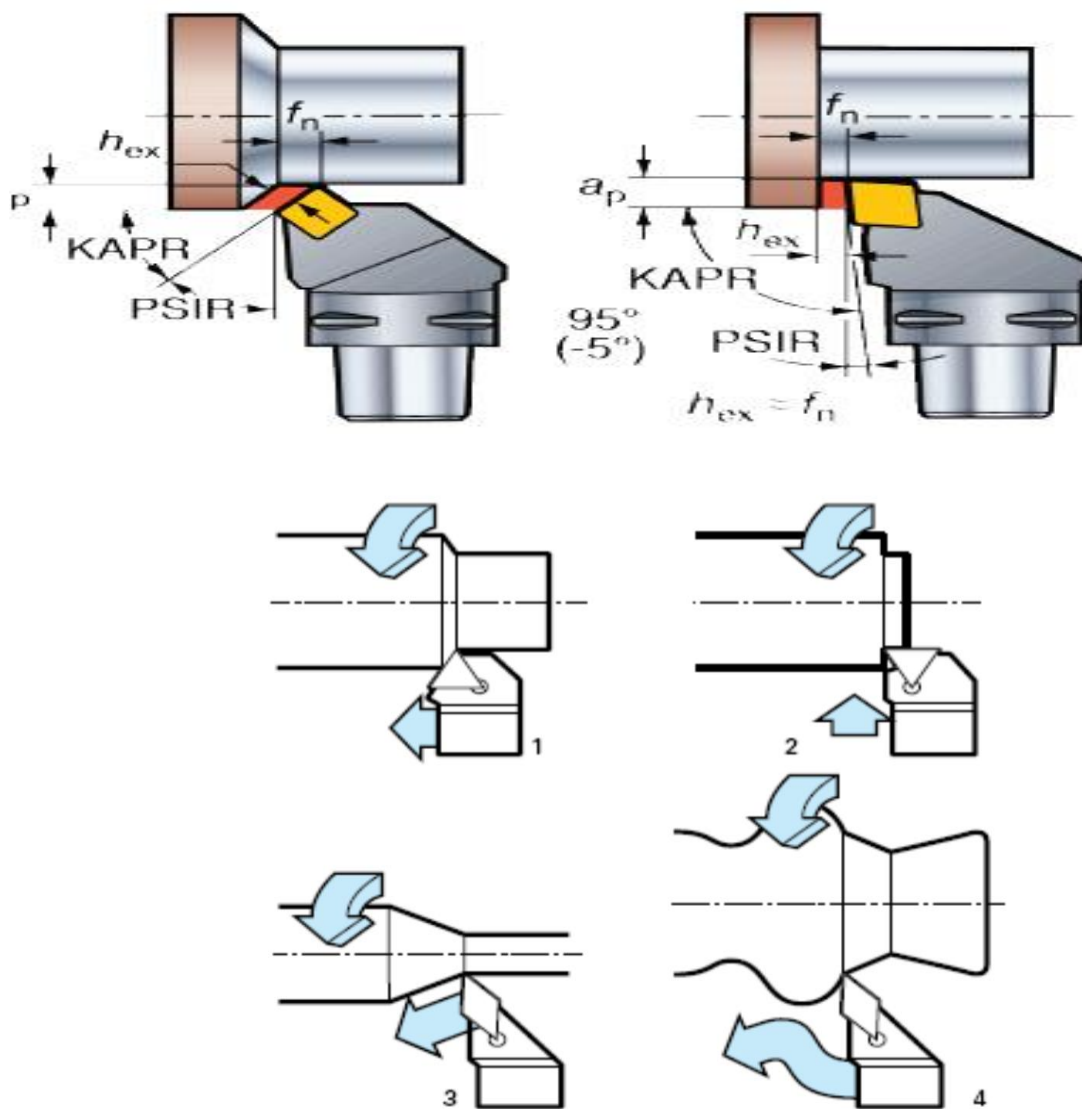


Figure I.4 : Opérations de base en tournage

Le chariotage : est une opération qui consiste à usiner des surfaces extérieures cylindriques ou coniques [6].

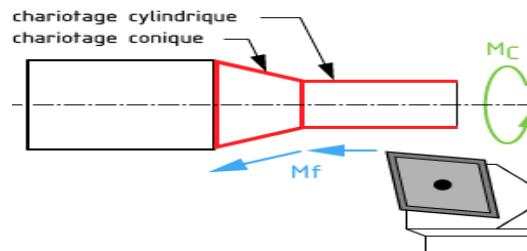


Figure I.5 : Chariotage cylindrique et conique

Le dressage : est une opération qui consiste à usiner un plan (extérieur ou intérieur) perpendiculaire à l'axe de la broche.

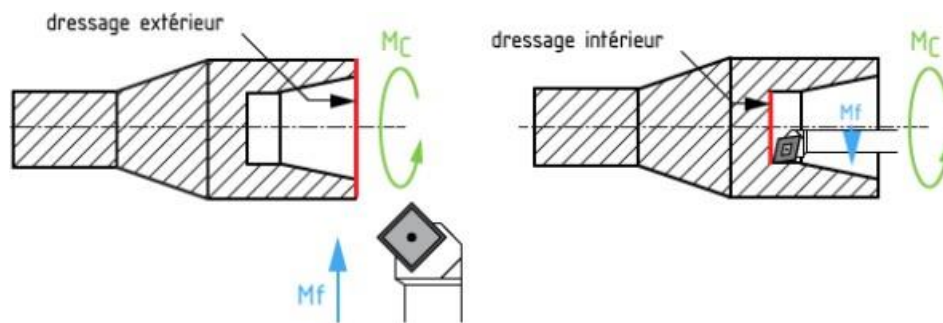


Figure I.6 : Dressage extérieur et intérieur [6]

Le perçage : est l'opération consistant à faire un trou (débouchant ou borgne) dans une pièce à l'aide d'une perceuse. Habituellement, l'axe du trou coïncide avec l'axe de la pièce.

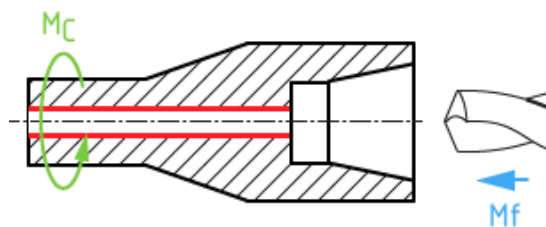


Figure I.7 : Perçage. [6]

L'alésage : est l'opération consistant à créer une surface cylindrique ou conique de haute qualité à l'intérieur d'une pièce.

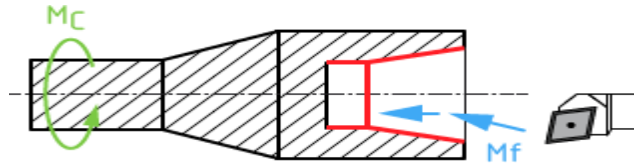


Figure I.8 : Alésage cylindrique et conique [6]

Le rainurage : est une opération qui consiste à usiner une rainure (combinaison de 3 plans) à l'intérieur ou à l'extérieur. Cela peut être utilisé, par exemple, pour monter des circlips ou des joints toriques.

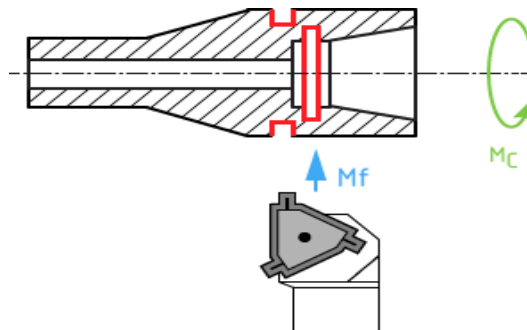


Figure I.9 : Rainurage intérieur et extérieur. [6]

4. Enfin, en donnant à l'outil n'importe quelle trajectoire plane (profil de contour), n'importe quelle forme de rotation peut être obtenue. Ces différentes opérations correspondent à des usinages dits « dégénérés » ou « enveloppants » : la forme obtenue est, à l'échelle géométrique macroscopique, indépendante de la forme de l'outil qui l'a générée.

En d'autres termes, la forme obtenue est entièrement dépendante de la trajectoire de l'outil, jusqu'à la rugosité.

Les rainures, filets, etc., en revanche, sont obtenus en reproduisant le profil de l'outil dans la pièce et sont considérés comme des usinages de "formage". [6]

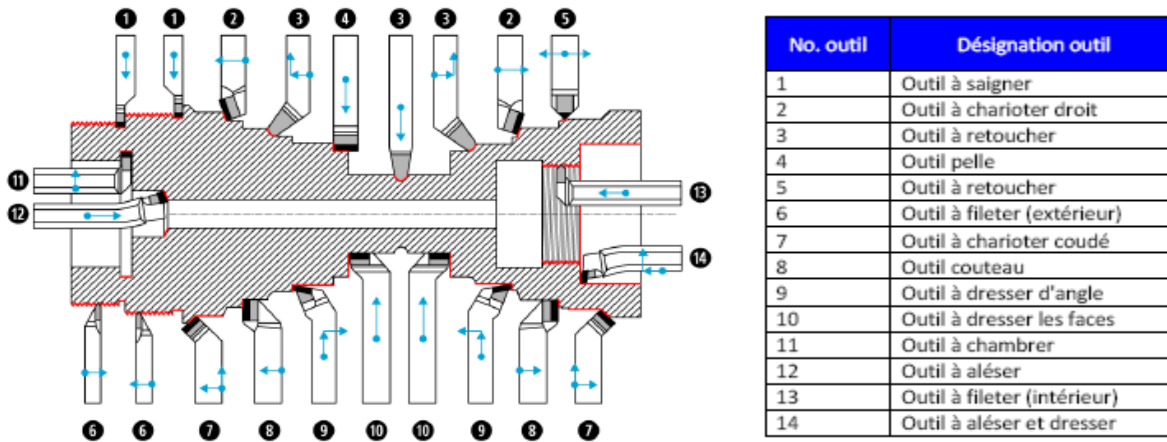


Figure I.10 : représente les opérations d'usinage. [7]

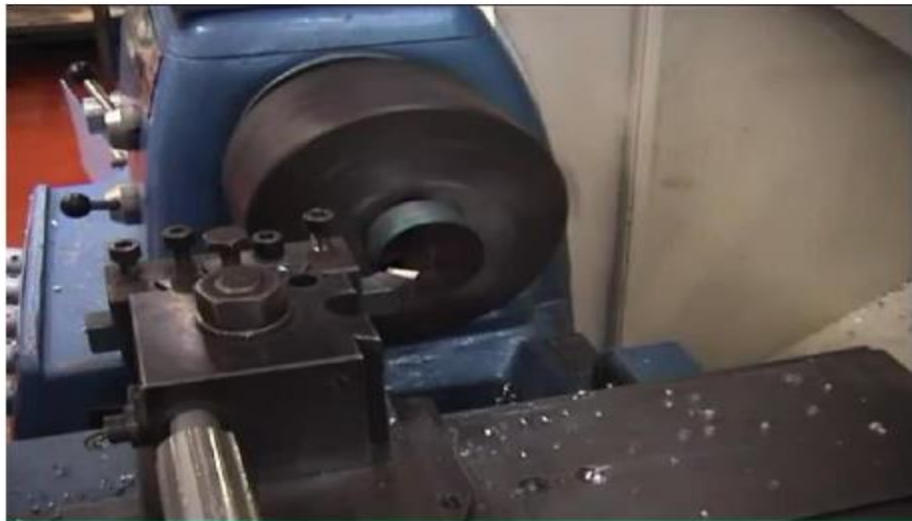


Figure I.11 : Opération de dressage d'un tube

I.5.4/ DIFFERENTS MONTAGES :

En prise de vue, les différentes composantes sont :

- Assemblage à l'air libre sur mandrin 3 mors pour tournage extérieur ou intérieur de pièces courtes,
- Verre assemblé ou tourné entre pointes, adapté au tournage extérieur de pièces longues et souples). Utilisez des lunettes comme support. Dans ce montage, l'axe de la pièce doit toujours coïncider avec l'axe de la broche du tour,

- Assemblages mixtes.

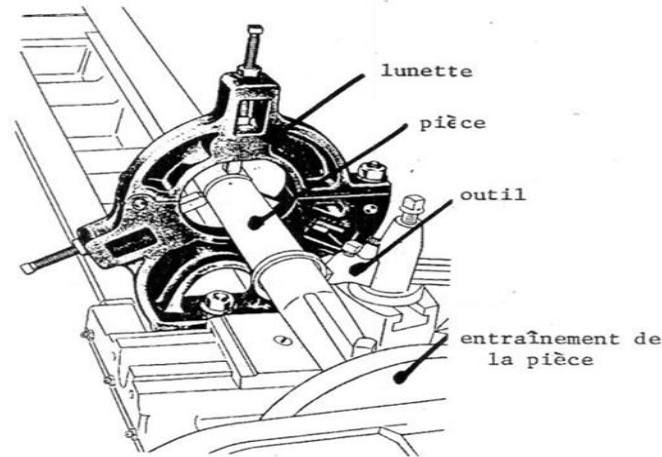


Figure I.12: Montage en lunette

I.5.5/ OUTIL :

L'outil est l'intermédiaire entre la machine et la pièce.

La partie active de l'outil est chassée dans la pièce et se déplace mécaniquement par rapport à celle-ci pour éliminer la surépaisseur sous forme de copeaux. [32]

De même composition que l'outil de coupe (coupe), l'angle caractéristique de l'outil (tournage) est de :

- Angle de dépouille α .
- Angle de coupe β .
- Angle de coupe γ .
- Angle d'inclinaison du bord λ .
- Angle d'orientation du bord χ_r .
- Angle de braquage complémentaire ψ_r .
- Angle de pointe ζ_r .

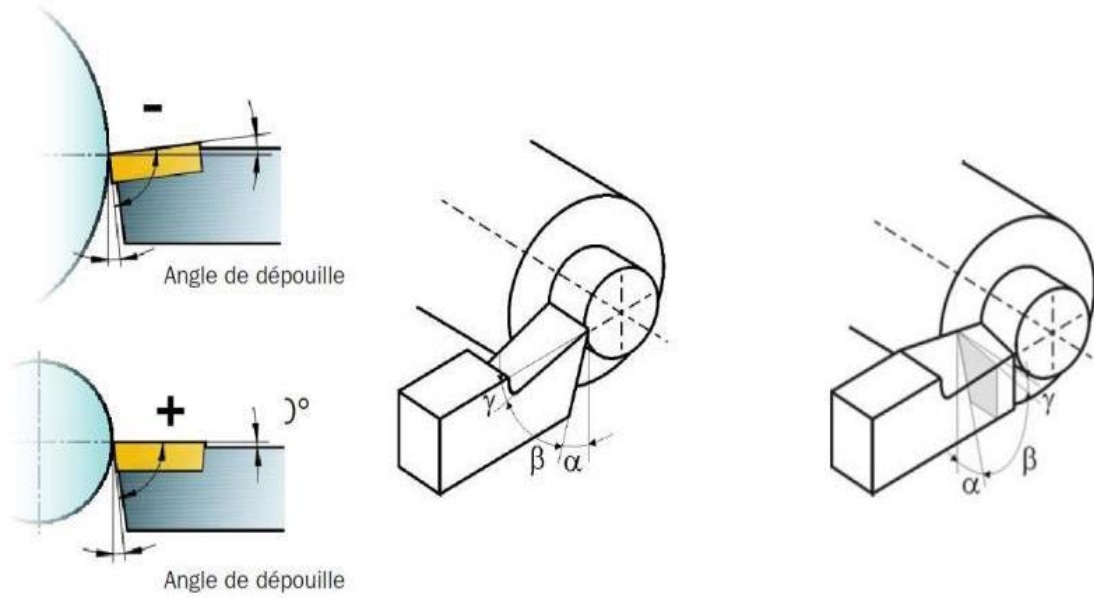


Figure I.13 : Angles de coupe

En tournage, la forme de la pointe de l'outil peut affecter l'état de surface. Le choix du rayon de bec dépend de l'opération à effectuer : ébauche ou finition.

Pour les opérations d'ébauche, le rayon de congé r_c le plus grand possible doit être sélectionné afin d'obtenir une arête de coupe durable.

Dans le cas des opérations de finition, les états de surface et les tolérances réalisables dépendent essentiellement du rayon du congé et de l'avance. Pour obtenir des conditions d'usinage favorables, l'avance doit être utilisée avec un état de surface et un rayon de bec donnés.

Ainsi, les principales formes sont :

- Intersections nettes,
- Des rayons,
- Plat

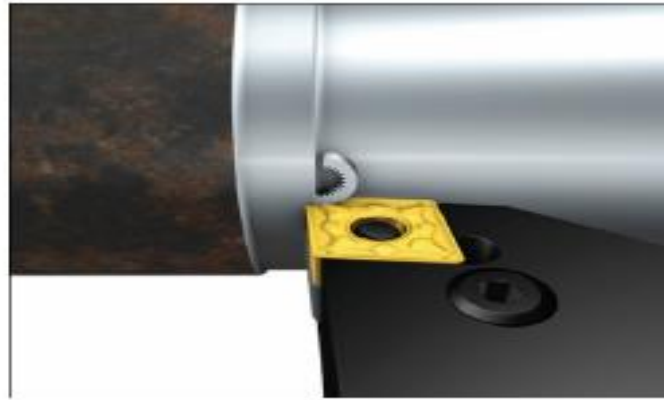


Figure I.14 : Influence du rayon du bec de l'outil sur la surface à usinée.

Les symboles utilisés sont représentés dans le tableau suivant :

Symbole	Désignation
r_ϵ	Rayon nominal de l'arrondi du bec
b_ϵ	Largeur nominale du chanfrein du bec

Tableau I.1 : Symbole et désignation des formes du bac d'un outil de tournage [8]

EXEMPLE DE CHOIX D'UN OUTIL DE COUPE A PLAQUETTE RAPPORTEE : [9]

Les outils de tournage actuels sont généralement constitués d'une cartouche avec un porte-plaquette et une plaquette interchangeable en matériau plus dur et comprenant plusieurs arêtes de coupe. [6]33

La figure I.15 montre les différentes formes de plaquettes.

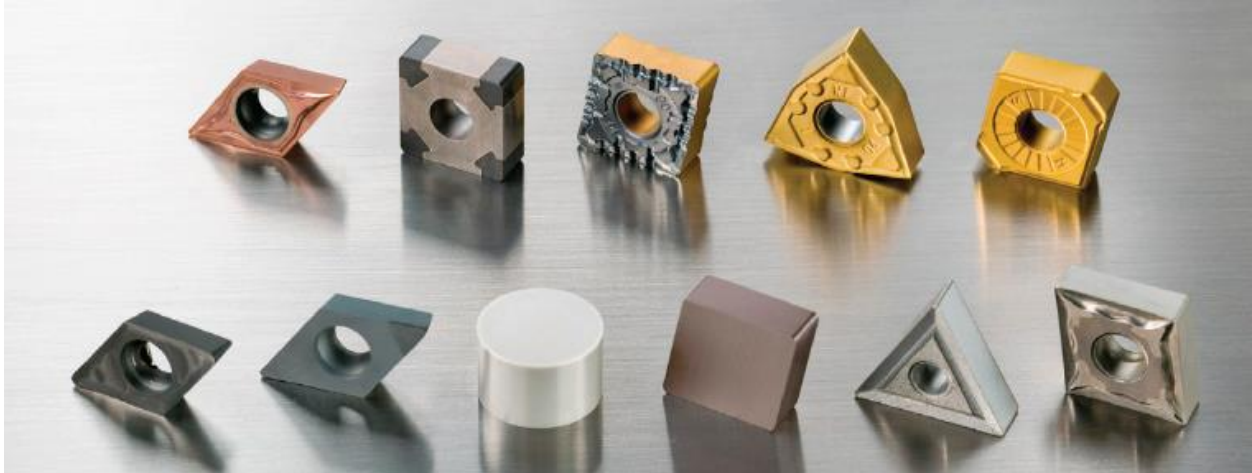


Figure I.15 : Formes variées de plaquettes.

L'arête de coupe est remplacée lorsqu'en utilisation l'arête de coupe a atteint un niveau d'usure qui l'empêche de respecter les tolérances ou la rugosité spécifiée des cotes à réaliser, ou qui peut conduire à plus ou moins de casse.

Pour sélectionner un outil de tournage, les paramètres suivants doivent être pris en compte :

- Matériau de la pièce, usinabilité
- Configuration de la pièce : forme, taille, surépaisseur d'usinage
- Limites : tolérances, états de surface
- Machines : type, puissance, conditions d'utilisation et caractéristiques
- Maintien et stabilité de la pièce, rigidité.

Lors de l'application, les méthodes suivantes permettent de sélectionner "pas à pas" les caractéristiques de l'outil de tournage adaptées à une application donnée :

- Système de fixation de plaque
- Taille et type de porte-lame
- Forme galette
- Cotes d'insertion
- Rayon de nez
- Type de tampon
- Matériel d'outillage

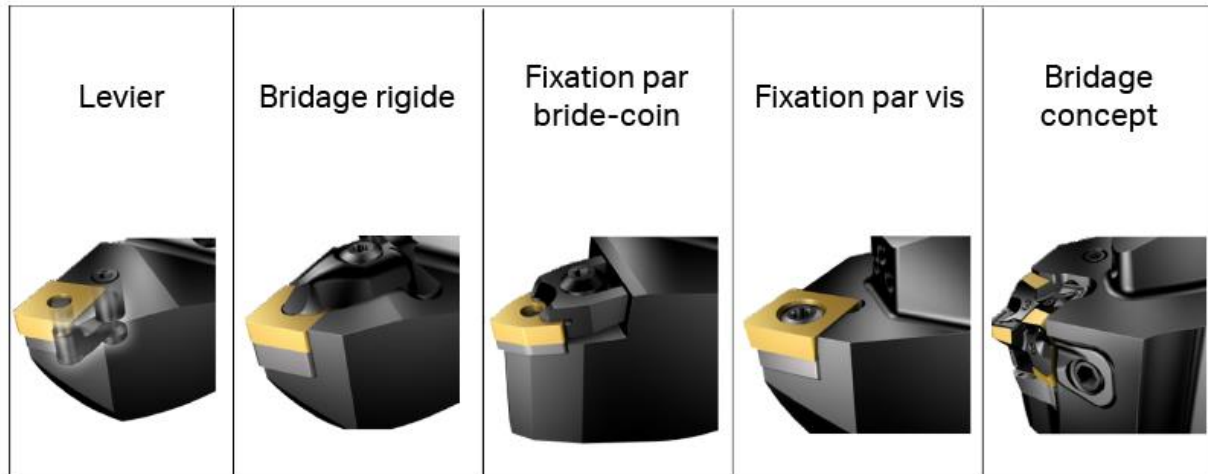


Figure I.16 : Différentes porte-plaquettes pour une même plaquette.

I.5.6/ Formation du copeau :

La formation de copeaux est le résultat d'actions mécaniques complexes (voir figure). Pour simplifier, on peut dire que le tranchant (l'intersection de la face de coupe et de la face en relief) pénètre dans la matière et conduit à la formation de copeaux. Le frottement entre la puce sur la face de coupe et la pièce sur la face de flanc provoque une augmentation importante de la température, ce qui conduit à une fusion localisée de la puce. Ce phénomène fait que les copeaux collent à la face de coupe (copeaux collants). [10]

Les principaux facteurs affectant la formation de copeaux sont :

- Vitesse de coupe V_c [m/min].
- Profondeur de passe à [mm].
- Avance V_f [mm/tour] ou [mm/dent/tour].
- Géométrie de l'outil.
- Outils et matériaux de pièces.
- Lubrifiant.

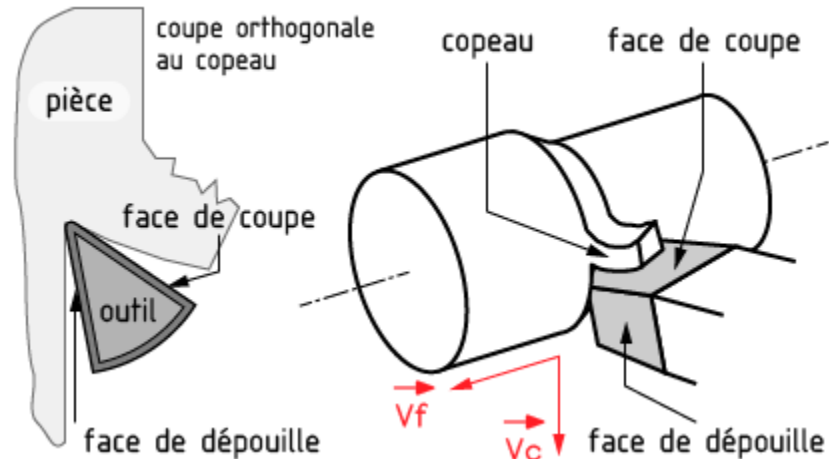


Figure I.17 : Formation du copeau

Le copeau continu : Il se produit lors de l'usinage de l'acier à grande vitesse. Ensuite, il coule en longues bandes.

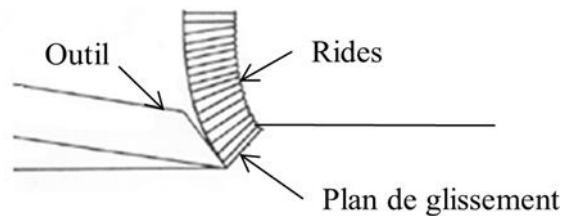


Figure I.18 : Copeau continu

Le copeau cisailé : Il est obtenu lors de l'usinage de l'acier à des vitesses modérées. La face de la puce tournée vers l'outil est lisse, tandis que sa face opposée présente des encoches qui définissent l'orientation clairement marquée d'éléments isolés solidement connectés les uns aux autres.

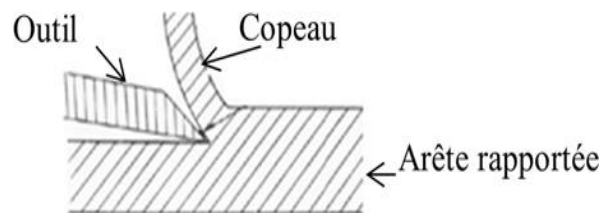


Figure I.19 : Copeau cisailé

Le copeau discontinu : Il est obtenu lors de l'usinage de métaux durs et peu ductiles à faible vitesse de coupe. Il se compose d'éléments séparés, déformés plastiquement, faiblement connectés ou pas connectés du tout.

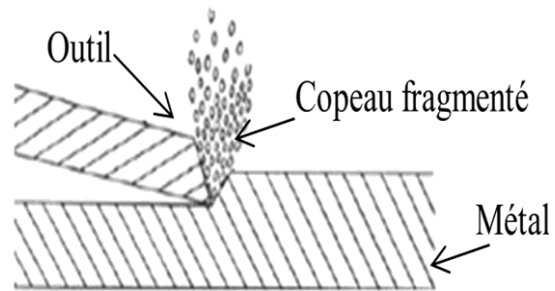


Figure I.20 : Copeau discontinu

Chapitre II

Coupe des métaux

II.1/ Introduction :

Le choix du matériau et de la nuance de coupe est un facteur important pour réussir les opérations d'usinage. Pour faire un bon choix pour une application donnée, il doit avoir une compréhension de base des propriétés des matériaux de coupe et de leurs propriétés Performance [11].

II.2/ Principe de la coupe des métaux :

La découpe (ou usinage) du métal consiste à enlever une couche de métal pour obtenir une pièce finie conforme à un dessin défini.

Cette coupe est réalisée sur des machines utilisant des outils de coupe de différentes tailles et formes.

Lors de l'usinage, on trouve :

- Lames d'outils qui pénètrent dans la matière et éliminent les copeaux,
- L'outil suit une trajectoire relative à la pièce à usiner, où le mouvement est assuré par les éléments constitutifs de la machine-outil.

La combinaison de 3 mouvements sur un outil ou une pièce crée une coupe. Les 3 actions sont :

- Mouvement de coupe, M_c
- Mouvement vers l'avant, M_a
- Mouvement de profondeur, M_p

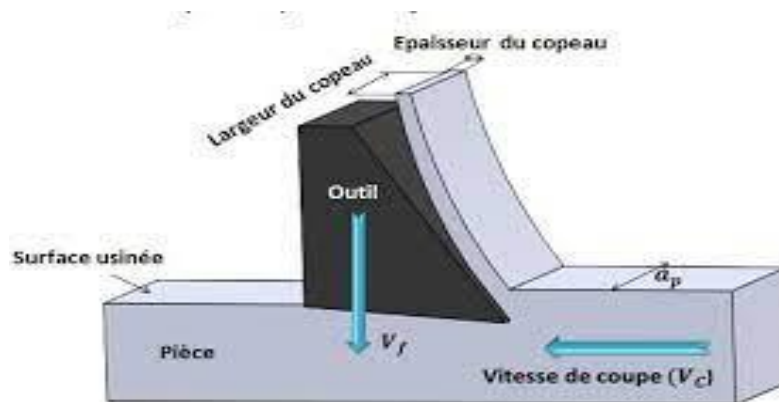


Figure II.1 : Usinage par enlèvement de matières.

Avec :

Mouvement de coupe M_c : Lors des opérations d'enlèvement de matière par fraisage, l'outil (instrument) est animé d'un mouvement de coupe. Ce mouvement, noté M_c , correspond au mouvement de rotation de l'outil autour de son axe.

Elle lui permet d'usiner des composants prothétiques dans la zone de contact outil/matériau. Le mouvement de coupe est caractérisé par la vitesse de rotation de l'outil (fraise/instrument) autour de son axe (exprimée en rpm ou RPM, tours par minute).

Dans le cas des machines dentaires à commande numérique (MOCN), le mouvement de coupe est généré par un moteur électrique, et dans le cas d'une turbine, par de l'air comprimé. Les pièces à main sont disponibles en versions électrique et pneumatique [12].

Mouvement d'avance M_a : En principe, est un processus de fabrication mécanique effectué par coupe (enlèvement de matière), consistant en un mouvement coordonné de rotation de l'outil (mouvement de coupe) et l'avancement relatif de la pièce usinée par rapport à l'outil (mouvement d'avance).

Comme M_f , correspond au mouvement relatif de la pièce par rapport à l'outil. Le mouvement d'avance est caractérisé par la vitesse d'avance V_f exprimée en mm/min.

Aujourd'hui, le déplacement peut se faire dans pratiquement toutes les directions de l'espace grâce au contrôle des axes de la machine CNC, ce qui entraîne un mouvement vers l'avant non linéaire en 2D et 3D. Ce dernier est très proche d'une opération réalisée par une personne, par exemple lors de la préparation d'une dent par un médecin (porteur humain) [13].

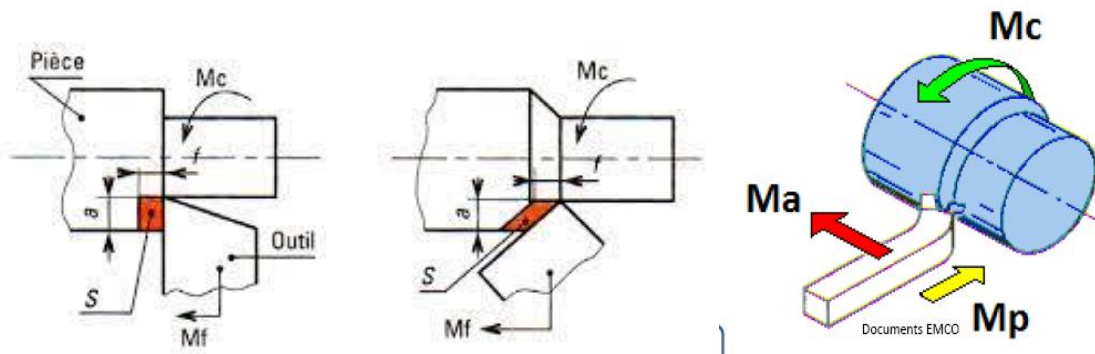


Figure II.2 : Mouvements de l'outil et de la pièce en tournage

Mouvement de profondeur M_p

Les paramètres d'usinage sont les grandeurs qui caractérisent le mouvement de l'outil et de la pièce à usiner, ainsi que la valeur de la surépaisseur d'usinage et la valeur de la section de coupe. Le mouvement de profondeur M_p est le mouvement perpendiculaire aux mouvements de coupe et d'alimentation. Il détermine la profondeur d'enfoncement de l'outil dans la pièce (épaisseur des copeaux à enlever).

Pour enlever de la matière pendant l'usinage, deux mouvements sont nécessaires : le mouvement de coupe et le mouvement d'avance. [14]

Typiquement, ces mouvements de coupe peuvent être donnés par la pièce ou l'outil.

Pour un travail satisfaisant (bon état de surface usiné, vitesse d'usinage, usure modérée de l'outil, etc.), les paramètres de coupe doivent être ajustés ; alternativement, il existe plusieurs critères qui définissent les paramètres de coupe, comme la montre la Figure II.3.

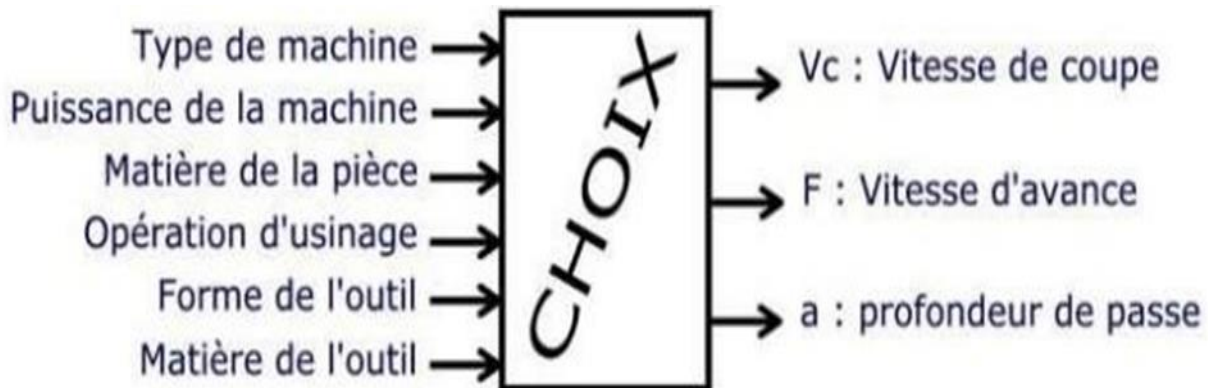


Figure II.3 : Critères permettant de définir les paramètres de coupe [15]

Suivant le type d'opération à réaliser, il faut choisir la méthode d'usinage, et donc choisir la machine à utiliser : Tournage, fraisage ou perçage.

De ces paramètres, on peut citer :

Allocation d'usinage : La portion de matériau à usiner entre la surface de la pièce et la surface finale souhaitée (après que toutes les passes nécessaires ont été effectuées).

Avance : quantité de déplacement de l'arête de coupe pendant un tour de la pièce (tournage). Elle dépend de la profondeur de passe, de l'état de surface (ébauche ou finition), de la nature de l'outil

et du mouvement de l'outil (longitudinal, latéral ou incliné).

Profondeur : est la valeur pour enlever la couche de métal (épaisseur supplémentaire). Elle dépend de la nature du métal à usiner et de l'épaisseur du métal à usiner (ébauche ou finition).

Usinage d'ébauche : L'objectif est d'enlever le plus de matière possible en un minimum de temps.

Finition : Cette fois, c'est la qualité de fabrication qui compte. La surface doit être lisse et les dimensions doivent être correctes [15].

La Figure II.4, illustre les principaux éléments des pièces et des outils. La surface de la pièce usinée est appelée la surface de la pièce. Il peut être d'origine (provenant de différents procédés comme le moulage, le forgeage, le laminage, etc.) ou il peut être obtenu par usinage lors d'une opération précédente. La surface générée (ou surface usinée) est la surface souhaitée, réalisée par le procédé d'enlèvement de matière (outil coupant lors de l'usinage). Ces deux surfaces sont reliées par une surface générée intermédiaire (générée par l'arête de coupe lors de l'usinage), appelée surface de coupe.

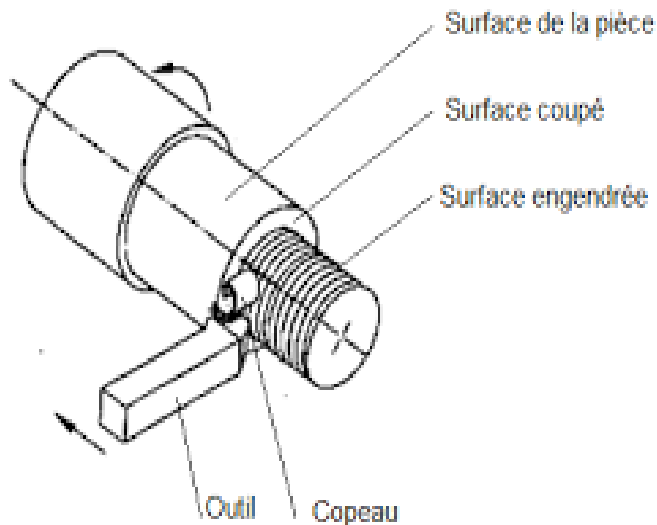


Figure II.4 : Surfaces de la pièce [16]

II.3/Outil de coupe :

Les fabricants d'outils de coupe fournissent des outils aux artisans et aux fabricants différentes

géométries et différents prix selon l'opération d'usinage souhaitée (tournage, fraisage, perçage, etc.) et différents aspects : outillage bloc HSS, bande Patins brasés et indexables.

Il existe différents outils de coupe. Cependant, les principaux éléments des différents outils sont similaires. Par conséquent, pour simplifier la compréhension des différents éléments qui définissent tout outil, nous nous baserons sur un outil de tournage. Des définitions pour tout autre type d'outil peuvent alors être dérivées. Dans cette section, nous ne donnons que les définitions nécessaires à la compréhension du phénomène de clivage expliqué plus loin. Une définition complète peut être trouvée dans ISO3002/1982.

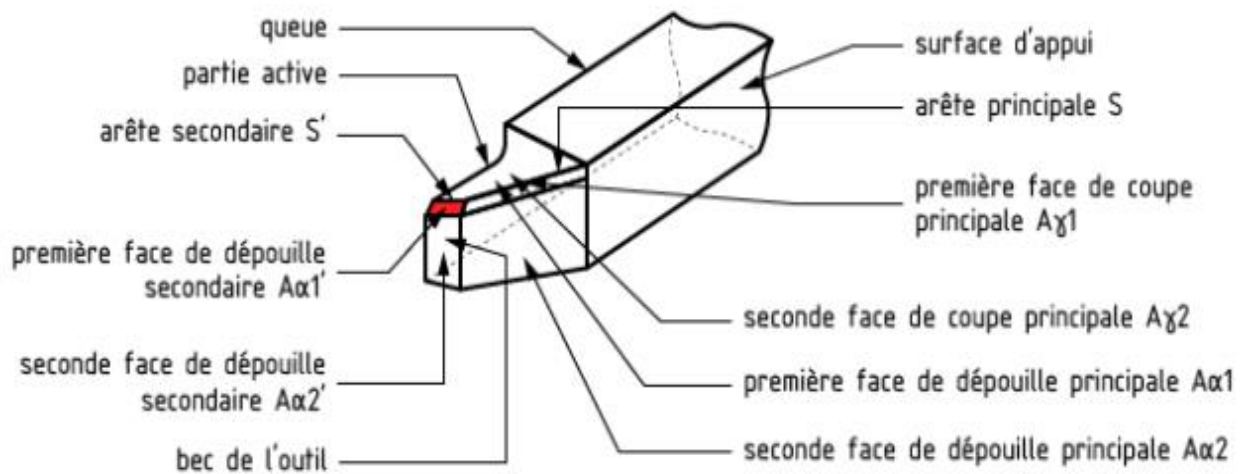


Figure II.5 : Eléments de l'outil [10].

Corps d'outil : Partie de l'outil qui porte les éléments constitutifs de l'outil (éléments de coupe ou plaquettes) et sert à le fixer et à le positionner sur la machine.

Partie active de l'outil : La partie qui participe directement à l'opération de coupe. Il se compose d'une face de coupe, d'une face de flanc et d'un tranchant.

Face de coupe : La surface sur laquelle le copeau glisse pendant la coupe.

Flanc : La face qui traverse la face de coupe de l'outil devant.

Arête de coupe principale : L'arête de coupe utilisée pour enlever la matière. Elle résulte de l'intersection de la face de coupe $A\gamma$ et du flanc principal $A\alpha$.

Arête sous-tranchante : une arête qui commence à la fin d'une arête principale et s'étend dans

l'autre direction. Il résulte de l'intersection de la surface de coupe $A\gamma$ et de la surface de relief secondaire $A\alpha'$.

Le Bec d'outil : Partie où se rejoignent l'arrête principale et l'arrête secondaire. Cette partie peut être droite, arrondie, ou vive.

La partie de l'outil qui participe directement à la coupe s'appelle le tranchant. Elle est limitée par trois faces : la face de coupe le long de laquelle glisse le copeau et deux faces de relief (primaire et secondaire) à travers les surfaces de coupe et de génération.

L'arête est l'arête de la face de coupe utilisée pour enlever la matière. Dans un outil de tournage simple, on peut distinguer une arête principale, qui est l'intersection de la face de coupe et de la surface de relief principale, et une arête secondaire, qui est l'intersection de la face de coupe et de la surface de relief secondaire.

La jonction des bords primaire et secondaire forme la pointe du couteau. Il peut être droit, rond ou représenter une intersection nette de deux côtés.

Afin de faciliter l'interprétation des phénomènes de coupe, il est nécessaire de définir l'angle qui a le plus d'influence sur ledit phénomène.

- angle de dépouille α ,
- angle de coupe β ,
- Angle de coupe γ .

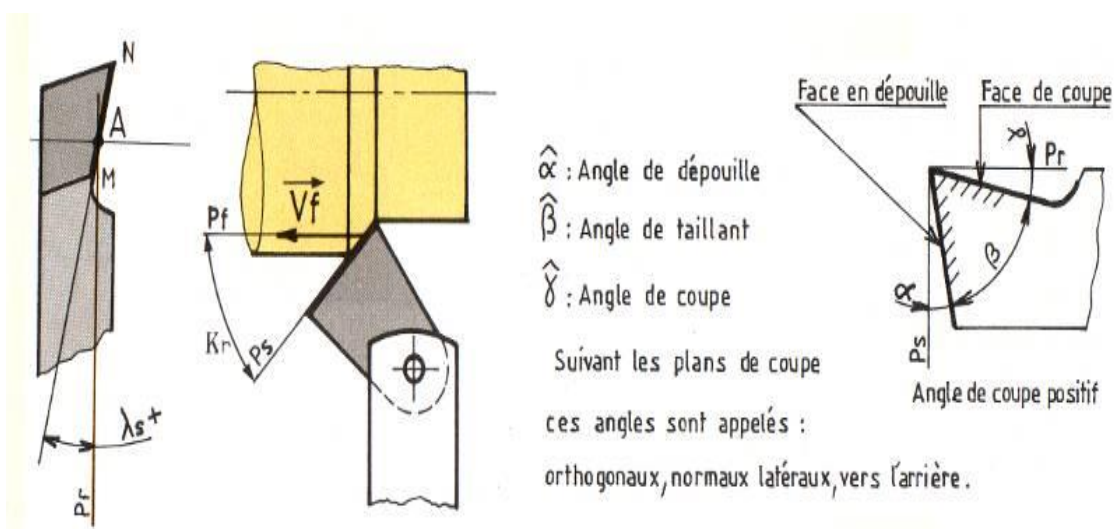


Figure II.6 : Angles du taillant (outil en travail)

Globalement, l'angle de dépouille α influe sur le frottement entre l'outil et la pièce et donc la durée utile de l'outil. L'angle de coupe γ a une influence sur la manière dont s'écoule le copeau sur la face de coupe et ainsi les efforts de coupe, la puissance consommée, les dégagements de chaleur etc. L'angle de taillant β affecte la résistance à la rupture du taillant. La somme de ces trois angles est toujours égale à 90° .

$$\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$$

II.4/Plan de l'outil :

II.4.1/ Plan de l'outil en main :

C'est le plan de référence de l'outil (plan Pr) : plan passant par le point du bord considéré et contenant l'axe de l'outil (pour un outil rotatif) ou parallèle au plan de base servant d'appui frontal au corps de l'outil (pour un outil classique).

- Plan du bord de l'outil Ps : le plan tangent au bord au point considéré et perpendiculaire au plan de référence de l'outil Pr.

- Plan de travail général Pf : le plan perpendiculaire au plan de référence de l'outil Pr, au point considéré de l'arête, et parallèle à la « direction d'avance supposée » de l'outil.

- Plan vers l'arrière de l'outil, Pp : plan perpendiculaire au plan de référence de l'outil Pr et le plan de travail général Pf, au point considéré sur l'arête.

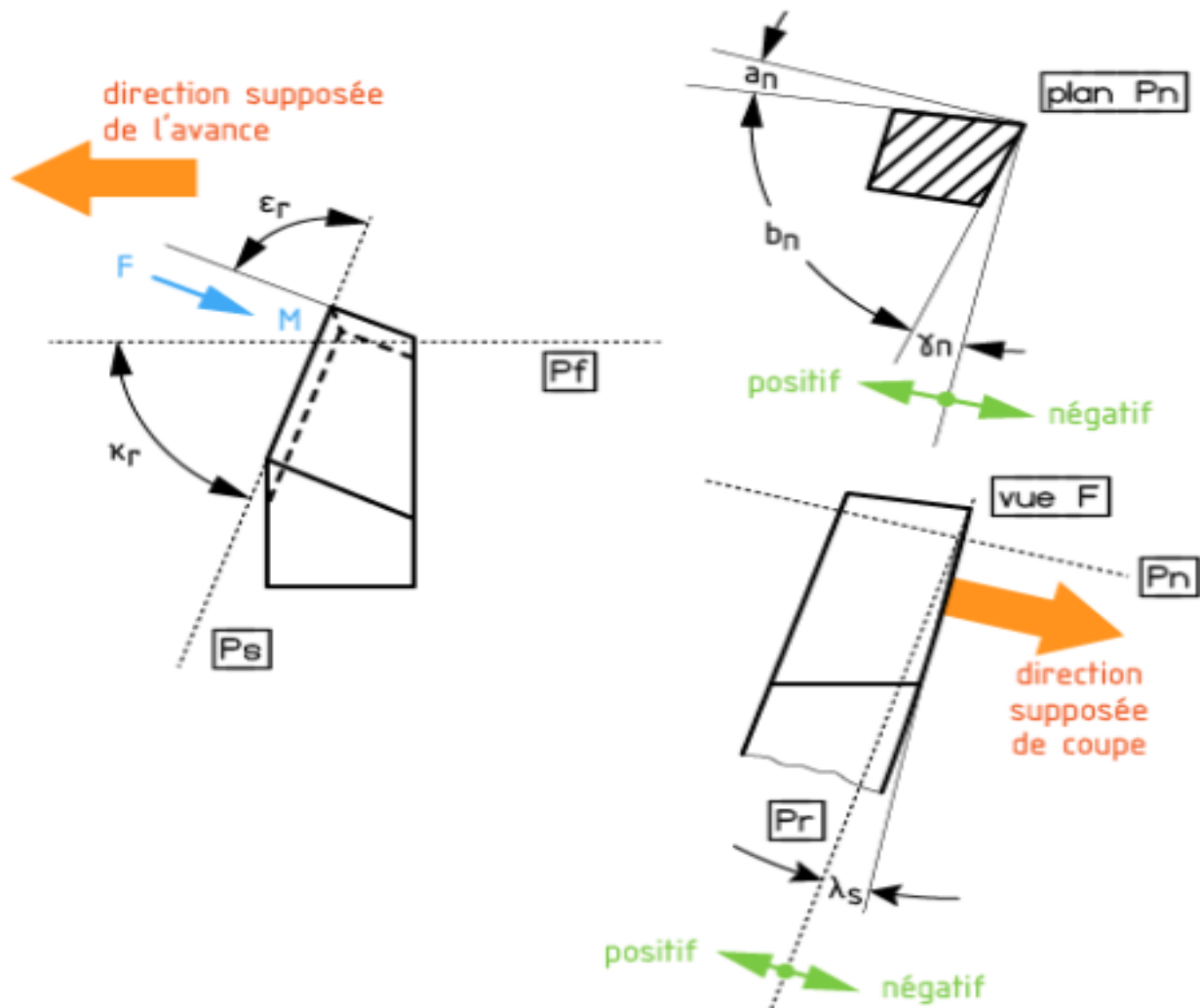


Figure II.7: Principaux plans de l'outil en main [10].

Le **plan de référence** P_r est le plan passant par le point considéré de l'arête et parallèle au plan de base. Il sert de face d'appui au corps de l'outil

Le **plan de travail conventionnel** P_f est le plan perpendiculaire au plan de référence P_r de l'outil, au point considéré de l'arête, et parallèle à la direction supposée d'avance de l'outil

Le **plan d'arête de l'outil** P_s est le plan tangent à l'arête (au point considéré) et perpendiculaire au plan de référence de l'outil P_r

Le **plan normal** P_n est un plan perpendiculaire au plan de référence de l'outil P_r et au plan d'arête de coupe P_s , au point considéré. [10]

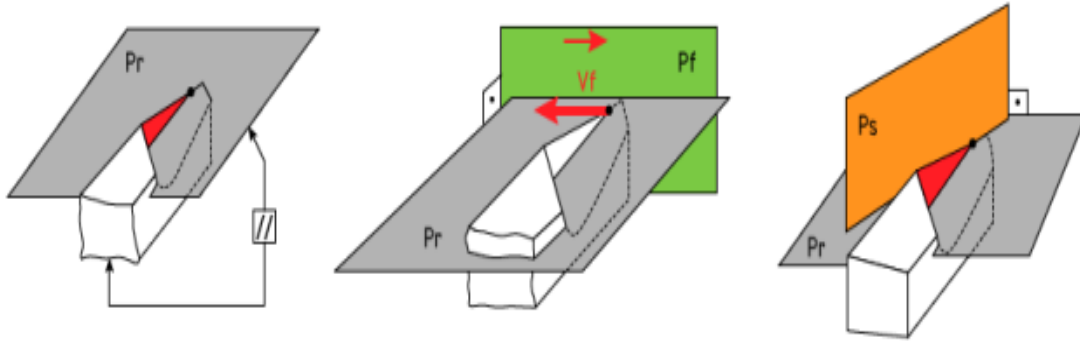


Figure II.8 : Plan de référence Pr, plan de travail conventionnel Pf, plan de l'arête de l'outil Ps [10].

II.4.2/ Plan de l'outil en travail :

Plan de référence de travail, **Pré** : Le plan perpendiculaire au point de considération du bord, perpendiculaire à la direction de la vitesse de coupe finale, c'est-à-dire perpendiculaire à la direction instantanée du mouvement produit par le mouvement de coupe et le mouvement d'avance synchrone en ce point.

- Plan du bord de travail **Pse** : Plan tangent au bord au point considéré et perpendiculaire au plan de travail de référence **Pre**. Ce plan contient la direction de la vitesse de coupe finale.
- Plan de travail, **Pfe** : Le plan contenant la direction de la vitesse de coupe et la direction de l'avance au point du bord considéré. Ce plan est perpendiculaire au plan de référence de travail Pré.
- Plan **Ppe** vers le dos de travail : le plan perpendiculaire au plan de référence de travail Pre et le plan de travail **Pfe** au point considéré de l'arête.

II.5/ Angles de l'outil :

II.5.1/ Angles d'arête de l'outil en main :

Angle de direction de la lame \mathbf{kr} : l'angle aigu mesuré dans le plan de référence P_r entre le plan de la lame P_s et le plan de travail P_f , il est mesuré de P_f à P_s , et la trajectoire de P_s dans P_r est éloignée de la direction de la pointe de l'outil.

- Angle d'inclinaison de l'outil λ_s : Angle aigu mesuré dans le plan de l'arête P_s , entre l'arête et le plan de référence P_r . Il est positif lorsqu'il est éloigné de la pointe de l'outil. La butée d'outil est située sous le plan P_r .

- Angle d'angle ϵ_r : c'est l'angle mesuré dans le plan P_r , entre le plan de bord P_s et le plan de bord secondaire P_s' .

- Angle d'orientation de l'arête secondaire de l'outil \mathbf{kr}' : C'est l'angle entre le plan général de travail P_f mesuré dans le plan P_r et la projection de l'arête secondaire dans le plan de référence de l'outil. Outil RP.

La relation angulaire entre la direction de pale, le bout de pale et la direction de pale auxiliaire est : $\mathbf{kr} + \epsilon_r + \mathbf{kr}' = 180^\circ$.

II.5.2/ Angle d'arrête de l'outil en travail :

L'angle d'appui du bord est l'angle K_r mesuré dans le plan de référence P_r entre le bord de l'outil P_s et le plan de travail général P_f .

Pour la valeur $K_r < 90^\circ$, le tranchant entre progressivement en contact avec la matière à usiner.

Pour des valeurs trop petites K_r la longueur de contact tranchant/matériau augmente, ce qui entraîne également des efforts de coupe accrus.

L'angle K_r affecte également la direction d'évacuation des copeaux.

L'angle λ_s de biseau de l'arête est l'angle entre l'arête P_s et le plan mesuré dans le plan P_r de l'arête de l'outil.

En raison de la robustesse de l'arête de coupe $\lambda_s < 0^\circ$ et de la bonne fragmentation des copeaux, l'outil est utilisé pour l'ébauche.

Outils pour la finition avec $\lambda_s > 0^\circ$ de faibles valeurs minimales de copeaux.

L'angle aigu est l'angle ϵ_r mesuré dans le plan de référence P_r entre le plan du bord de l'outil P_s et le bord de fuite. L'angle est choisi en fonction du contour à usiner.

L'angle de dépouille α est l'angle entre le plan de la lame P_s et la surface de dépouille.

Si l'angle α est trop grand, le bord de l'outil est trop fragile.

Si l'angle α est trop petit, la surface de contact pièce/surface de dépouille augmente et il y a un risque d'enfoncement.

L'angle de taillant β est l'angle entre le flanc et la face de coupe.

L'angle de coupe γ est l'angle entre la face de coupe et le plan de référence P_r .

Un angle γ trop grand affaiblira l'arête de coupe et provoquera un flux continu de copeaux.

Des angles γ trop petits peuvent provoquer le frottement des copeaux contre la face de coupe.

Les valeurs $\gamma < 0^\circ$ sont réservées aux outils en carbure de tungstène et en céramique en raison de leur bonne résistance aux contraintes et du fait que les copeaux se cassent facilement [17].

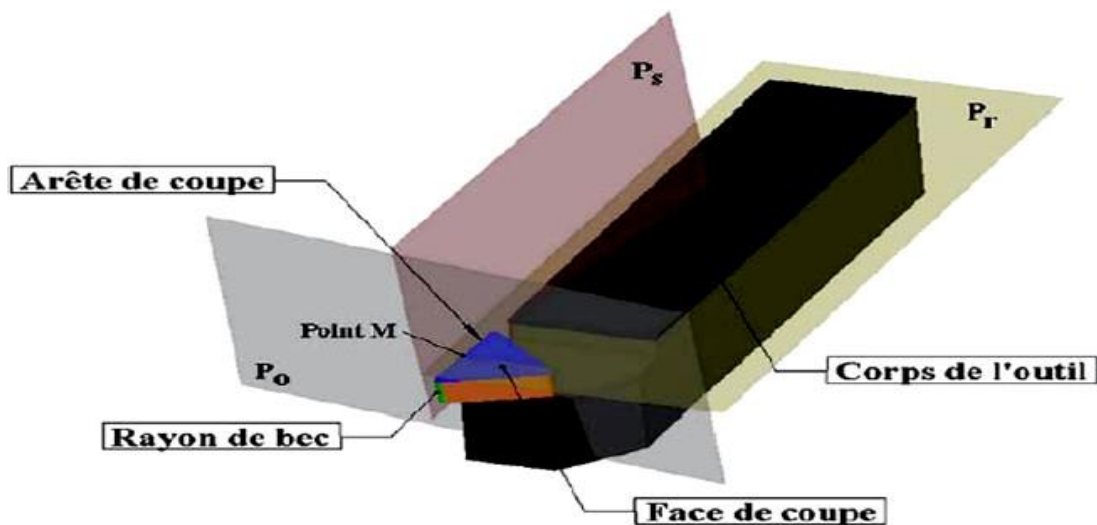


Figure II.9 : Définition de base d'un outil en tournage [33]

P_r = Plan de référence : C'est un plan perpendiculaire au vecteur V_c (vitesse de coupe) et passant par le point considéré A de l'arête de coupe. Pour un outil rotatif, P_r passe aussi par l'axe de rotation.

P_s = Plan d'arête : C'est le plan perpendiculaire au plan de référence P_r , qui contient la tangente à l'arête de coupe, au point considéré A.

P_o = Plan orthogonal : C'est le plan perpendiculaire au plan de référence P_r et au plan d'arête P_s , passant par le point considéré A de l'arête de coupe.

Pf = Plan de travail conventionnel : C'est le plan perpendiculaire au plan de référence Pr, qui contient le vecteur Vf (vitesse d'avance) et passant par le point considéré A de l'arête de coupe.

II.6/ Géométrie de l'arête :

Typiquement dans un modèle de coupe, la partie active de l'outil est définie par trois plans non connectés.

En réalité, la zone de coupe d'un outil est constituée de trois plans reliés par deux rayons : le rayon de nez d'outil et le rayon d'arête tranchante R, souvent négligé dans un grand nombre de modèles.

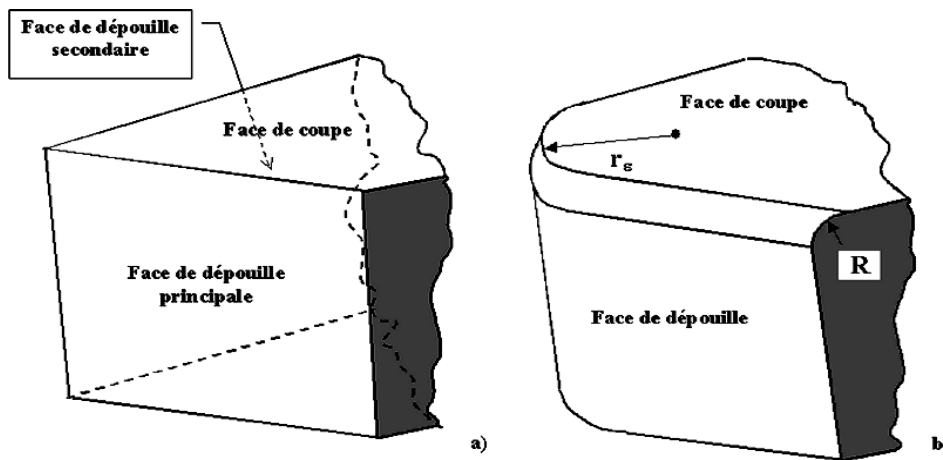


Figure II.10 : Géométrie de l'arête de coupe

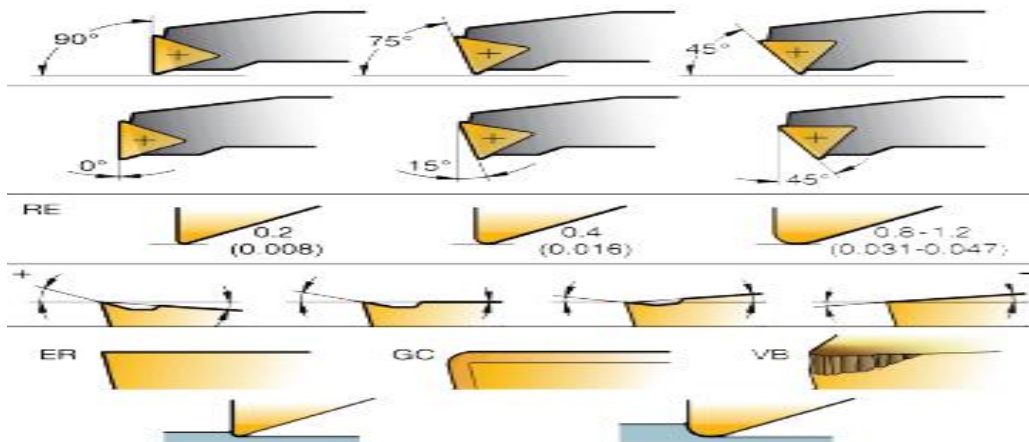


Figure II.11 : Gamme des angles d'orientation d'arête.**II.7/ Matériaux des outils de coupe :**

Le rendement économique des machines-outils dépend essentiellement des performances des outils de coupe. En plus des conditions d'utilisation de l'outil, celles-ci sont fonction des propriétés du matériau qui constitue l'arête de coupe : ténacité et résistance à l'abrasion.

D'une manière générale, un matériau est d'autant plus tenace que les contraintes, statiques ou dynamiques (chocs), provoquant sa rupture sont plus élevées. Plus précisément, on caractérise cet aspect des matériaux de coupe par leur ténacité K_{Ic} , facteur critique d'intensité de contrainte, provoquant la propagation de fissure en mode I, leur contrainte de rupture en flexion σ_{rf} ou leur résilience (rupture par chocs) (Tableau II.1) [18].

Tableau 1 - Propriétés physiques de quelques matériaux de coupe							
Propriétés	Masse volumique ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-3}$)	Module d'élasticité (GPa)	Résistance à la rupture en flexion (MPa)	Dureté Vickers (HV30)	Coefficient de dilatation linéique (10^{-6}K^{-1})	Conductivité thermique à 20 °C ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)	Ténacité K_{Ic} ($\text{MPa} \cdot \text{m}$)
Aciers rapides							
HS 6 – 5 – 2	8 160	217		800 à 920	12,5	19	
HS 2 – 9 – 1 – 8	8 000	217		950 à 1 100	12	19	
Carbures métalliques							
WC + Co.....K 10	14 800 à 15 000 10 000 à 11 500	630 à 650 530 à 550	1 500 à 1 600 1 000 à 1 500	1 600 à 1 800 1 500 à 1 700	5,5 6	80 35	13 10
WC + Tic + Ta (Nb) C + Co.....P 10							

Céramiques							
Alumine.....Al ₂ O ₃	3 900	400	400 à 600	2 400	8	25 à 30	4 à 6
O ₃	4 100	365	600 à 800	1 700	9 à 10	15 à 25	5 à 7
Alumine + zircon.....Al ₂ O ₃ + Zr O ₂	3 700	390	700 à 900	1 800 à 2 000	7 à 8	35	6 à 9
Alumine + Whiskers	4 200	410	700 à 900	2 200 à 2 600	8 à 8,5	25 à 30	5 à 7
SiC.....Al ₂ O ₃ + SiC	3 200	310	800 à 1 000	1 500 à 1 600	3	20 à 30	5 à 7
Alumine + carbure de Ti.....Al ₂ O ₃ + Tic							
Nitride de silicium.....Si ₃ N ₄							
Cermets							
TiCN + Mo ₂ C + WC + VC + TaC + NbC + (Ni,Co)	6 000 à 8 000	390	1 500 à 2 000	1 500 à 1 700	7 à 8	18	
Diamants							
Diamant naturel.....monocristal	3 520	1 140	(1)	> 9 000	3,1	600 à 2 000	3 à 4
Diamant synthétique. PCD polycristallin (2)	3 860	920	920	5 000 à 8 000	3,6 à 6	560	8 à 9
Nitride de bore cubique... CBN polycristallin (2)	3 100	680	570	2 500 à 4 000	5	80 à 120	6
Mesures effectuées à 20 °C sur outil.							
(1) Valeur non disponible sur outil de coupe							
(2) Pour les matériaux polycristallins, les caractéristiques sont fonction du taux de liant présent dans le compact.							

Tableau II. 1 : Propriétés physiques de quelques matériaux de coupe [18].

II.8/ Paramètres de coupe :

Ce paramètre a une influence directe sur la durée de vie de l'outil, il varie :

- Selon le type de matériau à usiner et le matériau de l'outil
- Selon la nature de l'opération (ébauche ou finition)
- Concernant le type d'usinage effectué (des facteurs de réduction sont appliqués pour l'usinage fin)
- Dépend des conditions de lubrification (travail à sec ou lubrifié).

Des valeurs communes pour les vitesses de coupe sont données dans le tableau, en fonction du matériau à usiner et du matériau de l'outil.

Compte tenu de la vitesse de coupe, il faut maintenant déterminer le paramètre de fréquence de rotation qui sera utilisé pour le mouvement de coupe [10].

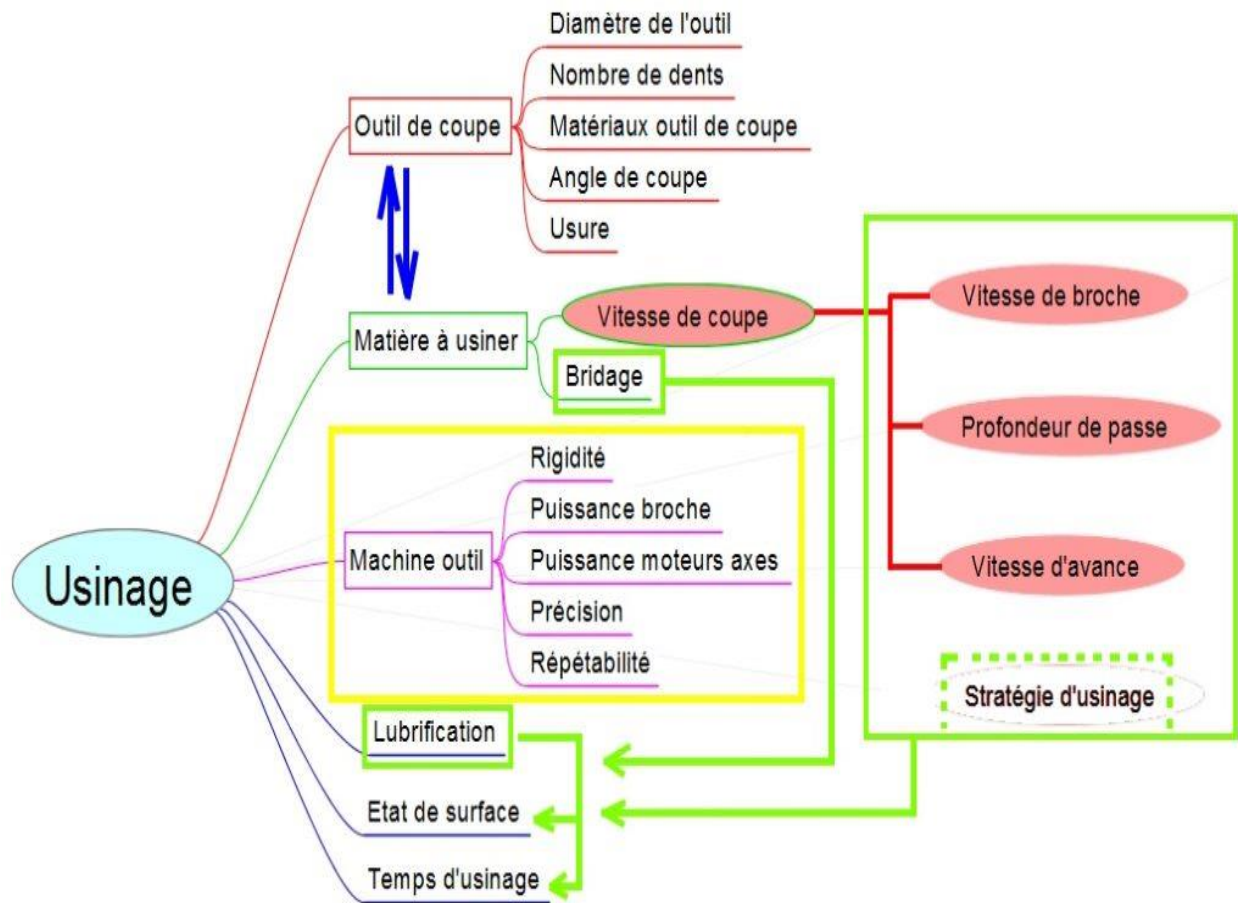


Figure II.12 : Les paramètres de coupe [19]

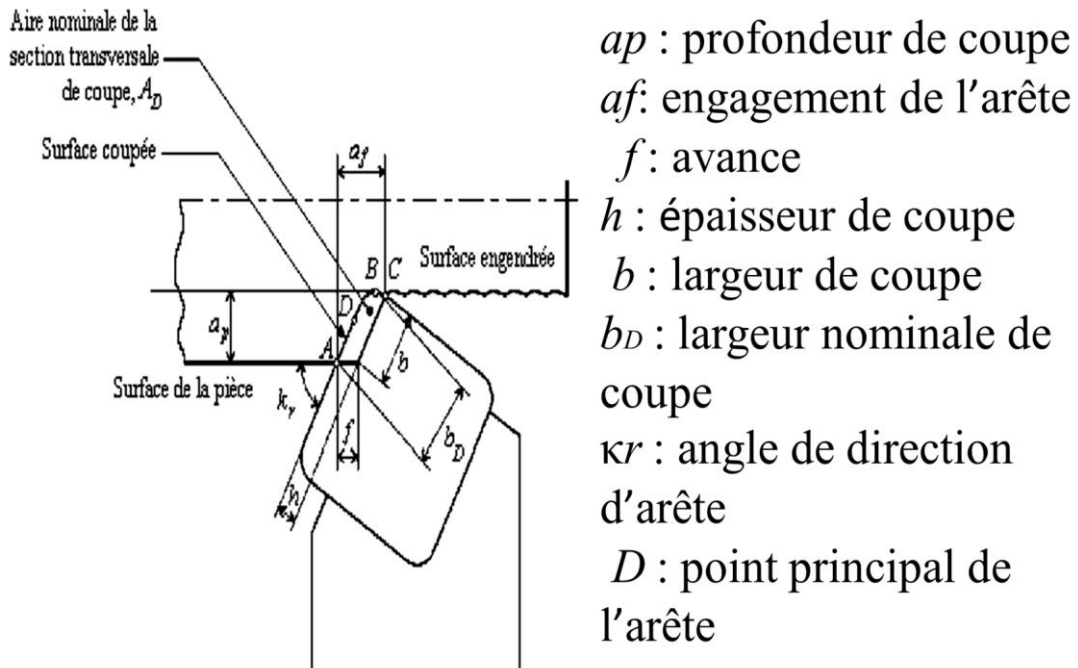


Figure II.13 : Dimensions des angles de coupe dans le de tournage

II.8.1/ Vitesse de coupe (VC) :

En usinage, la vitesse de coupe *v_c* c'est la distance parcourue par une dent en une minute. Elle est exprimée en mètre par minute, ou en pieds par minute.

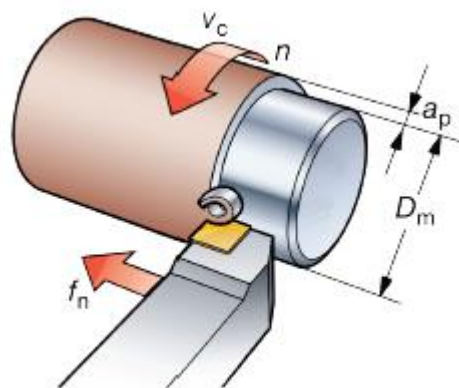
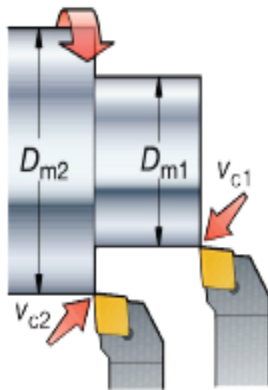


Figure II.14 : Vitesse de coupe



Etant donné :

Vitesse de la broche, $n = 2000$ tr/min

Diamètre, $D_{m1} = 50$ mm

Diamètre, $D_{m2} = 80$ mm

Métrique

$$V_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{1000} \text{ m/min}$$

$$V_{c1} = \frac{3.14 \times 50 \times 2000}{1000} = 314 \text{ m/min}$$

$$V_{c2} = \frac{3.14 \times 80 \times 2000}{1000} = 502 \text{ m/min}$$

Pouces

$$V_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{12} \text{ pieds/min}$$

$$V_{c1} = \frac{3.14 \times 1.969 \times 2000}{12} = 1030 \text{ pieds/min}$$

$$V_{c2} = \frac{3.14 \times 3.150 \times 2000}{12} = 1649 \text{ pieds/min}$$

Figure II.15 : Vitesse de coupe, diamètre et vitesse de rotation

Il convient de noter que la vitesse de coupe n'est constante que si la vitesse de broche et le diamètre de la pièce restent constants.

Pour une productivité maximale et une meilleure qualité de surface, il est préférable de maintenir la vitesse de coupe constante. La vitesse est sélectionnée en fonction du matériau des pièces et de l'outil, de la lubrification et de la durée de vie prévue de l'outil.

En précisant le diamètre du cercle décrit en millimètres (mm) avec D, la vitesse de rotation en tours par minute (t/min) avec N, et la ligne en mètres par minute (m/min) avec la vitesse Vc, on a :

$$V_c = (\pi \times D \times N) / 1000 \text{ m/min.}$$

Le mouvement de coupe anime principalement la pièce (pièce tournante). On en déduit la vitesse de coupe Vc, qui déterminera la vitesse de rotation de la pièce quel'on doit régler sur la machine.

$$n = \frac{v_c \times 1000}{\pi \times D_m} \text{ tr/min}$$

II.8.2/ Vitesse d'avance (VF) et avance/tour (f) :

La vitesse d'avance Vf est la vitesse instantanée du mouvement d'avance du point concerné de l'arête de coupe par rapport à la pièce. Elle est exprimée en [mm/min] ou [mm/tour]. [34]

L'avance, notée f, correspond à la différence de déplacement de l'outil entre deux itérations ou deux tours (dans le cas du tournage, un tour de la pièce).

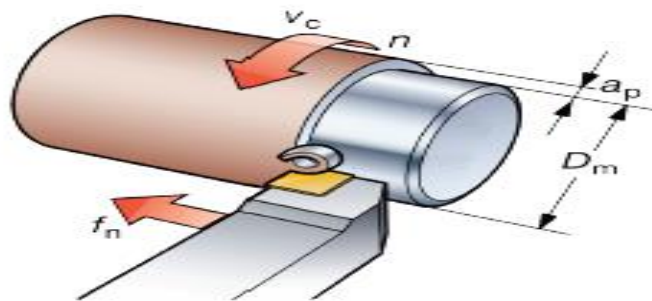


Figure II.16 : Vitesse d'avance

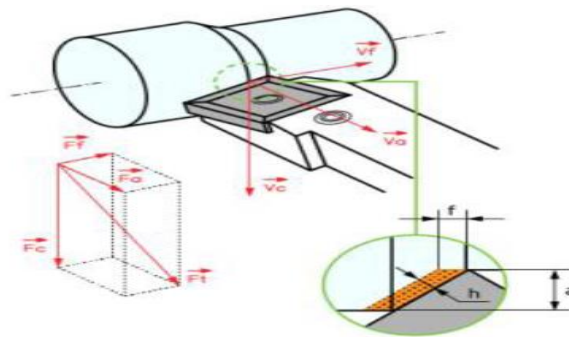


Figure II.17 : Avance f dans le cas de tournage

II.8.3/ Vitesse d'avance VF :

L'avance [mm/min] est la vitesse de translation de la pièce/outil qui sera affichée sur la machine.

Ce paramètre est calculé par la formule suivante :

$$V_f = f_z * Z * N$$

Où Z représente le nombre de dents de l'outil et N la fréquence de rotation calculée à partir de la vitesse de coupe V_c .

f_z = capacité de coupe de l'arête coupante pour une rotation de un tour de la pièce. En d'autres termes, c'est la distance que l'arête de coupe va parcourir à chaque tour de la pièce [10].

II.8.4/ Types d'avances :

Il existe trois types de préparations :

- Pénétration longitudinale : L'outil se déplace parallèlement à l'axe d'ébauche.
- Pénétration perpendiculaire : L'outil se déplace perpendiculairement à l'axe d'ébauche.
- Pénétration inclinée : L'outil se déplace selon un angle par rapport à l'axe d'ébauche.

Avec :

1 = pénétration longitudinale

2 = pénétration perpendiculaire

3 = pénétration inclinée

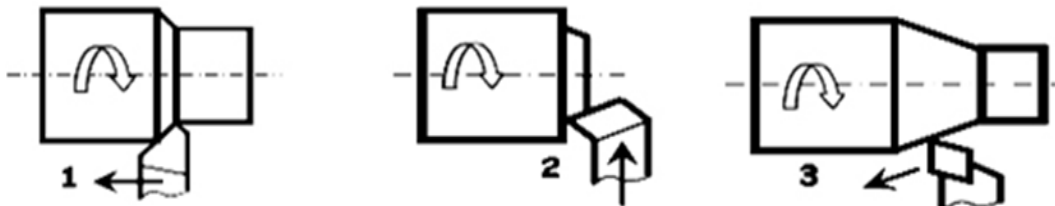


Figure II.18 : Types d'avance

II.8.5/ Profondeur de passe :

La profondeur de coupe a en (mm), dans le cas d'une coupe orthogonale, correspond à la longueur de l'arête de coupe qui coupe dans le matériau, et dans le cas d'une coupe, correspond à la différence de rayon avant et après usinage de la partie, prise dans ce cas.

La profondeur de coupe est toujours mesurée perpendiculairement à la direction d'avance et non le long du bord de l'outil [20].

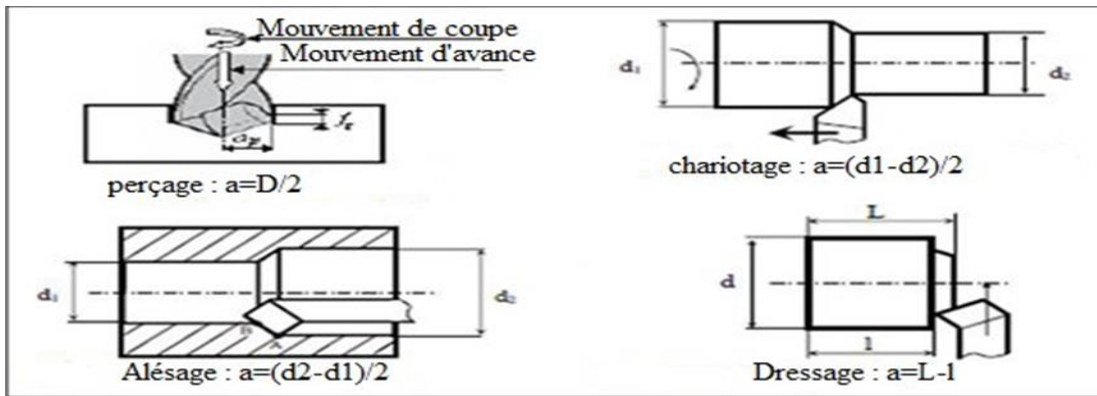


Figure II.19 : Profondeurs de passe [20].

Chapitre III

Modèle théorique

III.1/ Introduction :

Pour concevoir et optimiser les paramètres de processus dans l'industrie du formage des métaux, il est nécessaire d'avoir une représentation cohérente et réaliste du comportement des matériaux où la déformation, la vitesse de déformation et la température ont un effet sur la contrainte d'écoulement du matériau. Cette partie examine diverses approches utilisées pour calculer les constantes matérielles de Johnson Cook.

La méthodologie Split Hopkinson-bar et des essais de traction universels ont été utilisés pour déterminer les constantes de matériau liées au matériau Johnson Cook et aux modèles de défaillance. Ces modèles ont été utilisés dans des simulations numériques pour faciliter l'optimisation de la conception et réduire les coûts d'expérimentation.

Les modèles de matériaux de Johnson Cook ont été utilisés dans divers logiciels de simulation comme ABAQUS, LS-DYNA et DEFORM 3D pour simuler les opérations de tournage, de fraisage et de formage des métaux.

Introduction Les matériaux avec une bonne résistance mécanique et à la traction, une résistance élevée à la corrosion, une résistance extraordinaire à l'oxydation à haute température, une bonne résistance à l'usure, une résistance et une ténacité élevées comprennent l'acier à carbone moyen AISI-1045, l'Inconel 601 et les métaux balistiques.

Le modèle de Johnson Cook est appliqué pour prévoir le comportement des matériaux.

C'est l'un des modèles les plus largement utilisés pour prédire le comportement des matériaux et ne pas l'initier. Les comportements d'écoulement, les vitesses de déformation élevées, la température des métaux, la déformation de divers matériaux sont prédits par les paramètres acquis par le modèle de Johnson Cook.

III.2/ Formulation des modelés :

Trois formulations principales sont utilisées dans la simulation de la coupe des métaux : Lagrangienne (Lagrangien), Eulérienne (Eulérien) et Lagrangien-Eulérienne arbitraire (Arbitrary Lagrangian-Eulerian (ALE) [34].

III .2.1/ Formulation lagrangienne :

Dans cette méthode, chaque nœud du maillage suit le mouvement du point matériel qu'il lui est attribué. Le maillage est déformé, puis le processus de découpe depuis l'étape de pénétration jusqu'à l'obtention des copeaux peut être simulé. [35]

Cependant, partant de géométries arbitraires (la géométrie de la puce n'est pas prédéfinie), son utilisation nécessite la définition de critères de séparation pour permettre la formation de puces. La séparation peut être réalisée de deux manières (Figure III.1) : en déboutonnant ou en éliminant des éléments.

La définition de ce critère de séparation géométrique implique deux défauts majeurs : les copeaux obtenus ne peuvent être que continus, et l'influence des conditions physiques ne peut être prise en compte.

C'est pourquoi certains auteurs s'intéressent à la définition de critères physiques de séparation. Celles-ci sont empruntées à la mécanique de la rupture.

La formulation Lagrangienne liant la matière au maillage et la pièce étant soumise à des sollicitations extrêmes.

Les modélisations utilisant ce formalisme ont fait apparaître des problèmes de distorsion de maillage. Afin d'y remédier, certains auteurs ont fait appel à des algorithmes de maillage adaptatif, dont le principe consiste uniquement à repositionner les nœuds ou de remaillage [21].

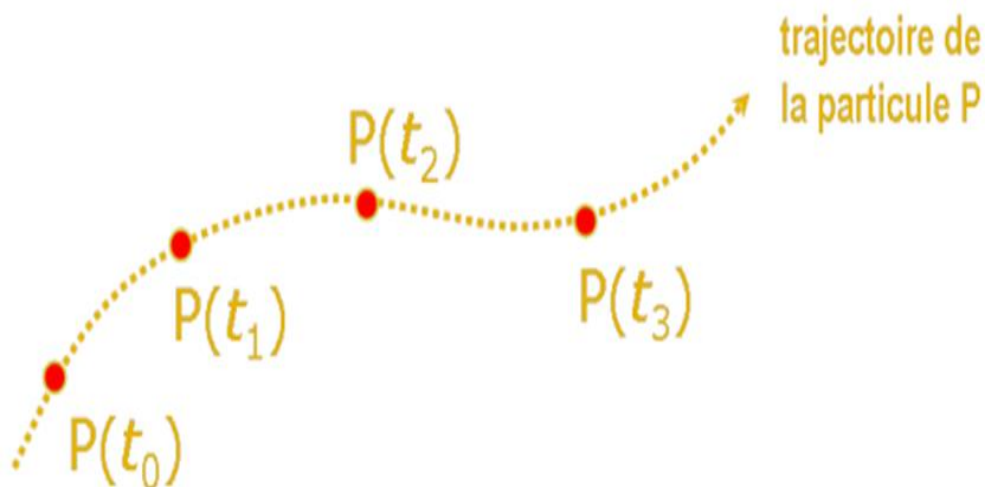


Figure III.1 : Description de Lagrange [34].

III.2.2/ Formulation eulérienne :

Cette approche concentre l'attention sur des régions spatiales fixes où la matière circule.

Son application dans les simulations de coupe combinée à la gestion des surfaces libres permet d'obtenir l'écoulement des phases continues de repos des copeaux à partir d'une définition plus ou moins grossière de la géométrie initiale des copeaux [35].

La gestion de surface est définie de manière à obtenir une composante normale de vitesse nulle sur les surfaces libres des pièces et des copeaux, et une contrainte normale négative sur l'interface de contact. Cette méthode permet d'étudier l'effet de certains paramètres de processus sur la formation continue de copeaux, tels que la profondeur de coupe, la vitesse de coupe et le rayon du bord des copeaux., stress et température.

Leur modèle thermo-visco-plastique est validé à partir d'une comparaison des efforts mesurés expérimentalement et obtenus par simulation. Cette formulation est à la base des premières simulations réalisées en coupe orthogonale, mais ne permet pas de rendre compte de la formation d'un copeau discontinue [21].

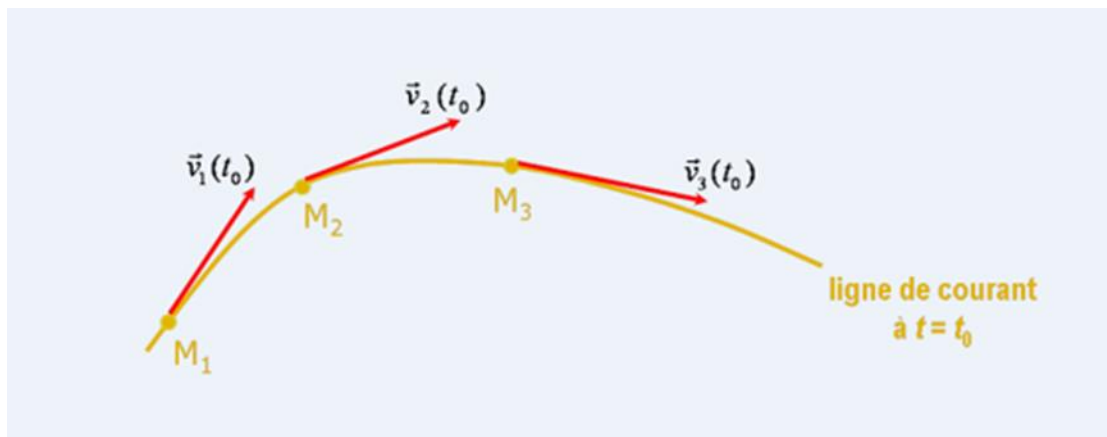


Figure III.2 : Description d'Euler

III.2.3/ Approche eulérienne-lagrangienne arbitraire :

Les conditions aux limites sont naturellement écrites en utilisant la description d'Euler. Au moins le type de conditions aux limites que je considère : obstacles fixes ou trajectoires connues dans un fluide en mouvement.

En effet, pour savoir comment un fluide interagit avec un obstacle, il faut connaître son état à l'interface, c'est-à-dire en un point et à un instant donné. C'est exactement l'information fournie par

la description d'Euler. En revanche, la description lagrangienne fournit des informations sur le mouvement des particules dans le fluide, mais les particules interagissant avec les parois changent constamment.

Mais peut-être que je comprends mal ce que vous entendez par "conditions aux [22].

Les deux descriptions, Lagrangien et Euler, sont équivalentes : nous venons de voir comment passer du Lagrangien à Euler. Inversement, à partir de la description d'Euler, en passant par l'intégration du système différentiel, retour à la description lagrangienne.

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \mathbf{V}(\mathbf{x}, t) ; \quad \mathbf{x}(t=0) = \mathbf{X}$$

En mécanique des solides, l'étiquetage des particules est généralement relativement naturel, et une description lagrangienne est naturelle, alors qu'en mécanique des fluides, on observe un écoulement, qui conduit naturellement à une description eulérienne.

Les lignes de courant sont définies comme l'enveloppe du champ vectoriel de vitesse à chaque instant.

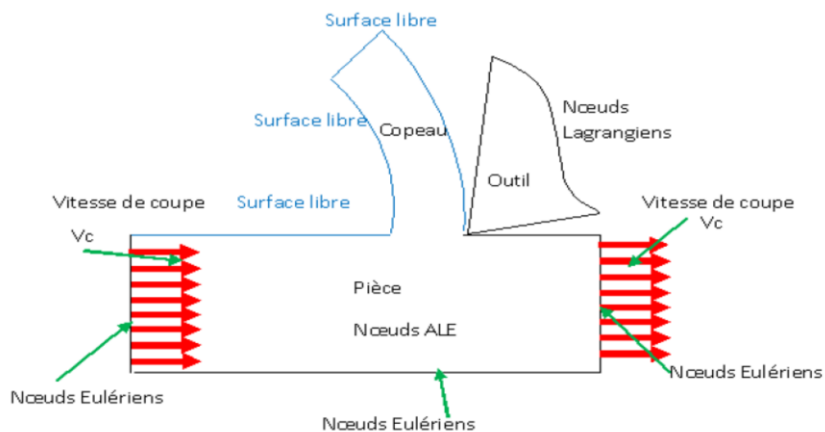


Figure III.3 : Conditions aux limites Lagrangienne et Eulérienne dans ALE.

III.3/ Modelés constitutifs de la coupe des métaux :

L'un des sujets les plus importants de la coupe des métaux est la modélisation du flux de contraintes dans les matériaux lors de l'usinage, qui dépend de la déformation, de la température... et peut-être exprimé sous forme mathématique ; sous forme d'équations constitutives, parmi ces modèles sont

les plus largement utilisés pour simuler le métal découpage Il y a : le modèle d'Oxley, Johnson Cook, Zerilli Armstrong...etc.

III.3.1/ Modèle d'Oxley:

Une approche de modélisation analytique basée sur la théorie prédictive de l'usinage d'Oxley est proposée pour évaluer la force de coupe, l'épaisseur du copeau et la distribution de la température pendant la coupe orthogonale.

Dans cette approche, les propriétés du matériau de travail sont modélisées à l'aide de la loi constitutive de Johnson-Cook, qui trace la limite d'élasticité du matériau en fonction de la déformation, de la vitesse de déformation et de la température.

Pour déterminer la température de l'interface outil-copeau, une source de chaleur rectangulaire uniformément répartie à proximité de l'arête de coupe est utilisée à la place d'une source de chaleur superficielle.

Le modèle thermique de l'outil est simplifié en ignorant les variations de température le long de l'interface outil-puce afin d'éviter des coûts de calcul élevés.

Le modèle thermique a été résolu à l'aide de la méthode des différences finies. La performance du modèle développé a été vérifiée par des données expérimentales lors de l'usinage de l'acier 1045.

Une comparaison des résultats du modèle Oxley original et du modèle modifié est présentée. Le modèle est également évalué en utilisant deux autres matériaux, Al 6086-T6 et Ti6Al4V. Des accords étroits avec les résultats expérimentaux ont été démontrés [23].

III.3.2/ Modèle de Johnson et Cook:

Le modèle de Johnson Cook est un modèle de plasticité basé sur la plasticité de Mises avec des équations analytiques de forme fermée spécifiant le comportement d'écrouissage et la dépendance à la vitesse de déformation de la limite d'élasticité.

1. Il convient à la déformation à taux de déformation élevé de nombreux matériaux, y compris la plupart des métaux.
2. Il peut également rendre compte de l'effet d'adoucissement thermique de la température sur la contrainte d'écoulement.
3. Le modèle comporte cinq paramètres de matériau : A, B, n, C et m qui sont mesurés à ou en dessous de la température de transition.

Pour décrire la contrainte d'écoulement plastique nous avons choisi une loi empirique multiplicative de type loi de Johnson-Cook [35].

Elle exprime la contrainte d'écoulement en fonction de la déformation équivalente, de la vitesse de déformation équivalente et de la température

Johnson et Cook introduisent une température de transition T_t au-dessus de laquelle l'effet de la température sur la contrainte d'écoulement n'est pas négligeable. La loi d'écoulement s'écrit

Pour $T \leq T_t$:

$$\sigma(\epsilon_{eq}, \dot{\epsilon}_{eq}, T) = (A + B(\epsilon_{eq}^p)^n) \left(1 + C \ln \left(\frac{\dot{\epsilon}_{eq}^p}{\dot{\epsilon}_0} \right) \right)$$

Et $T_f > T > T_t$:

$$\sigma(\epsilon_{eq}, \dot{\epsilon}_{eq}, T) = \underbrace{(A + B(\epsilon_{eq}^p)^n)}_{\text{Terme d'écrouissage}} \underbrace{\left(1 + C \ln \left(\frac{\dot{\epsilon}_{eq}^p}{\dot{\epsilon}_0} \right) \right)}_{\text{Terme dynamique : } f_d} \underbrace{\left(1 - \left(\frac{T - T_t}{T_f - T_t} \right)^m \right)}_{\text{Terme d'adoucissement : } f_a}$$

Cette loi d'écoulement se décompose en trois termes : un terme d'écrouissage, un terme dynamique et un terme d'adoucissement. Le terme relatif à l'écrouissage correspond à la contrainte d'écoulement à vitesse de déformation constante $\epsilon_{eqp} = \epsilon_0$ et à la température constante $T = 0$

A est la contrainte d'écoulement à déformation plastique nulle, B et n sont respectivement les paramètres linéaires et non linéaire d'écrouissage.

Le second terme est un facteur multiplicatif f_d qui caractérise l'écrouissage dynamique du matériau. Par conséquent, le terme dépend du taux de déformation plastique équivalent.

C'est le coefficient de sensibilité à la vitesse de déformation et ϵ_0 est la vitesse de déformation de référence.

Le troisième terme de la loi est un facteur noté f_a , qui correspond au phénomène d'adoucissement thermique.

En dessous de la température de transition T_t , l'influence de la température sur la loi d'écoulement est ignorée. Pour des températures comprises entre T_t et la température de fusion T_f , pour $T =$, la contrainte d'écoulement diminue avec la température jusqu'à zéro.

Au-dessus de la température de fusion, la contrainte d'écoulement est quasi nulle. Ainsi, T_t est la température de transition à laquelle nous avons un mécanisme d'adoucissement thermique et m est l'exposant d'adoucissement thermique.

III.3.2.1/ Loi de Johnson et Cook :

La loi de JOHNSON-COOK est un autre modèle de comportement multiplicatif.

Il prend en compte les effets de la vitesse de déformation, mais également ceux de la température.

Le modèle de LUDWIK est la partie élastoplastique de la loi.

$$\sigma(\varepsilon, \dot{\varepsilon}) = \left(\sigma_0 + K_0 \varepsilon_p^n \right) \left(1 + K_1 \ln \dot{\varepsilon} / \dot{\varepsilon}_0 \right) \left(1 - T^{*m} \right)$$

Où T^* est une fonction de la température de fusion T_m et de la température de référence T_0

$$\underline{T^* = \frac{T - T_0}{T_m - T_0}}$$

K_0 et n définissent l'écroutissage, K_1 et définissent la sensibilité à la vitesse de déformation et m à la température.

Des corrections multiplicatives comme celles proposées par JONES permettent d'étendre ces descriptions à une plus large gamme de déformations en introduisant une prise en compte de l'évolution de l'influence de la vitesse de déformation au cours de la déformation.

$$F(\varepsilon, \dot{\varepsilon}) = 1 + \left(\frac{(\varepsilon_{ul} - \varepsilon_y) \dot{\varepsilon}}{K_y (\varepsilon_{ul} - \varepsilon) + K_{ul} (\varepsilon - \varepsilon_y)} \right)^r \quad [24]$$

III .3.2.2/ Loi de comportement du matériau usine :

La loi choisie pour représenter la physique du processus est la loi de Johnson-Cook, couramment utilisée dans la littérature pour modéliser de telles opérations [36].

$$\sigma(\varepsilon_{eq}, \dot{\varepsilon}_{eq}, T) = \left(A + B(\varepsilon_{eq}^\rho)^n \right) \left(1 + C \ln \left(\frac{\dot{\varepsilon}_{eq}}{\dot{\varepsilon}_0} \right) \right) \left(1 - \left(\frac{T - T_t}{T_f - T_t} \right)^m \right)$$

Cette loi d'écoulement est divisée en trois termes : un terme d'écrouissage, un terme dynamique et un terme d'adoucissement. Le terme associé à l'écrouissage correspond à la contrainte d'écoulement à vitesse de déformation et température constantes.

A est la limite d'élasticité à une déformation plastique nulle, B et n sont respectivement les paramètres linéaires et non linéaires de l'écrouissage.

Le second terme est un facteur multiplicatif bien connu qui caractérise le durcissement dynamique des matériaux. Par conséquent, le terme dépend du taux de déformation plastique équivalent. C'est le coefficient de sensibilité à la vitesse de déformation et est la vitesse de déformation de référence.

Le troisième terme de cette loi est un facteur important correspondant au phénomène d'adoucissement thermique.

En dessous de la température de transition, l'effet de la température sur la loi d'écoulement est ignoré. Pour des températures comprises entre et la température de fusion, la contrainte d'écoulement tend vers zéro lorsque la température diminue. Au-dessus de la température de fusion, la contrainte d'écoulement est quasi nulle.

Ainsi est la température de transition à laquelle on a un mécanisme de ramollissement thermique et m est l'indice de ramollissement thermique.

Le tableau 1 donne respectivement les propriétés des matériaux et les coefficients de la loi de Johnson-Cook [25].

Caractéristiques matérielles	ρ (Kg/m ³)	E (MPa)	ν	c_v (J/Kg.K)	k (W/ (mK))			
		7800	210000	0.3	379	46		
Paramètres de Johnson-Cook	A (MPa)	B (MPa)	n	C	m	$\dot{\epsilon}_0$ (s ⁻¹)	T _{amb} (°K)	T _{fus} (°K)
	595	580	0.133	0.023	1.03	0.001	293	1793

Tableau III-1 : Caractéristiques matérielles et coefficient de loi de comportement de Johnson-Cook.

III.3.2.3/ Critère d'endommagement de Johnson Cook :

$$\varepsilon_f = [D_1 + D_2 \exp(-D_3 \mu)] \left[1 + D_4 \ln \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_0} \right] \left[1 + D_5 \left(\frac{\theta - \theta_t}{\theta_f - \theta_t} \right) \right] \quad \text{III-1}$$

Les variables D_1 à D_5 sont les paramètres d'initiation de l'endommagement du matériau usiné à déterminer expérimentalement, l'endommagement est initié lorsque $w = 1$.

L'endommagement d'un élément est défini par :

$$W = \sum \frac{\Delta s_p}{\Delta f_{s_p}} \quad \text{III-2}$$

Δs_p est l'incrément de la déformation plastique équivalente

Δf est la déformation équivalente de fracture [26].

III.4/ Modele de Zerilli et Armstrong (1987) :

Zerilli et Armstrong (1987) ont développé deux équations constitutives pour les microstructures qu'ils ont analysées pour le cubique à faces centrées (c.f.c.) et le cubique centré (c.c.) pour la température et la vitesse de déformation. Ils ont trouvé des différences significatives entre les matériaux. Ils ont donc développé deux modèles distincts

L'équation constitutive du matériau cubique central est la suivante :

$$\sigma = C_0 + C_1 \exp\left(-C_3 T + C_4 T \ln \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_0}\right) + C_5 \varepsilon^n$$

L'équation constitutive d'un matériau cubique à faces centrées est :

$$\sigma = C_0 + C_2 \varepsilon^{-1/2} \exp\left(-C_3 T + C_4 T \ln \frac{\dot{\varepsilon}}{\dot{\varepsilon}_0}\right)$$

Dans ces équations, C_0 est la composante de contrainte qui tient compte de la densité de

dislocation et de la contrainte d'écoulement, $C1-C5n$ sont des constantes matérielles et T est la température absolue [27].

III.5/ Méthode des éléments finis :

Depuis une quarantaine d'années, la méthode des éléments finis est largement utilisée, notamment en découpage. Dans ce domaine, Tay et al. Grâce aux éléments finis, [4] a apporté une grande contribution à la modélisation de la distribution de température dans les puces et les outils. Ils ont également présenté une méthode pour calculer la carte de température lors de la coupe à partir des seules données expérimentales (force de coupe, angle de coupe et angle de cisaillement).

Lin et al ont proposé une modélisation thermoélastoplastique des coupes orthogonales par éléments finis. Ils en déduisent la déformation, la vitesse de déformation, la contrainte et la température à chaque nœud du composant. Le fait que la géométrie de la puce soit supposée connue initialement constitue une lacune majeure du modèle.[21]

III.5.1/ Principe de base :

Cette section est dédiée aux aspects spécifiques de l'implémentation du code éléments finis utilisé pour simuler le processus de découpe. Le maillage est construit avec un type d'élément fini appelé CAX4R. Ce sont des éléments rectangulaires à 4 nœuds, prenant en compte la symétrie cylindrique (AX). Ces éléments ont des points gaussiens uniques (R).

La dernière caractéristique du type CAX4R peut entraîner des artefacts sur les modèles de déformation du maillage associés aux matériaux soumis à des charges mécaniques.

En effet, il est possible d'obtenir artificiellement (indépendamment des phénomènes physiques) des déformations d'éléments à volume constant qui se propagent rapidement à travers le maillage. Une projection gaussienne à un seul point ne peut pas rendre compte de la forme des éléments. Afin d'éviter cette possibilité, ces éléments sont munis de la fonction de contrôle de l'effet "sablier" (contrôle de sablier).

III.5.2/ Discrétisation du domaine :

La méthode des éléments finis propose une résolution numérique approchée des systèmes d'équations aux dérivés partielles.

La performance des outils de l'informatique a permis à cette méthode de connaître un formidable assaut et elle fait encore l'objet de nombreuses publications en mécanique et en mathématiques appliquées. Par ailleurs, elle est largement répandue dans l'industrie avec des codes commerciaux comme NASTRAN, ABAQUS, COSMOS, ou encore ANSYS. Citons aussi CAST3M, code libre pour l'éducation et la recherche qui est développé en Fortran par le CEA (Centre des Energies Atomiques- France) et il est plus populaire chez les universitaires.

Le principe fondamental à toute l'analyse par éléments finis est le remplacement d'un continuum, dans lequel des variables du problème peuvent être déterminées exactement, par un nombre d'ensemble de points qui sont les noeuds des éléments.

Entre les noeuds, les valeurs des variables ou des quantités dérivées sont déterminées par interpolation.

III.5.2.1/ Eléments :

Un élément est caractérisé par un ensemble de points, appartenant au domaine V , appelés noeuds géométriques. V_e

- Les éléments CPE4RT qui sont des éléments linéaires à 4 noeuds, avec 1 seul point d'intégration et comme degrés de liberté actifs u_x , u_y et T .

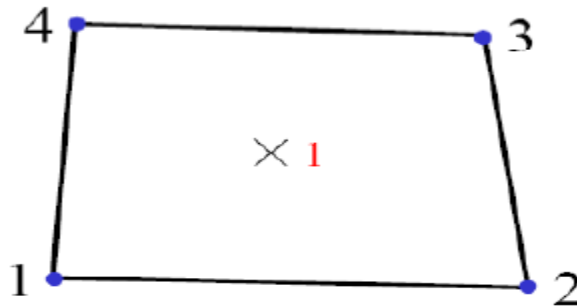


Figure III.4 : Elément CPE4RT

Les éléments CPE3T qui sont des éléments linéaires à 3 noeuds, avec 1 seul point d'intégration et comme degrés de liberté actifs u_x , u_y et T .

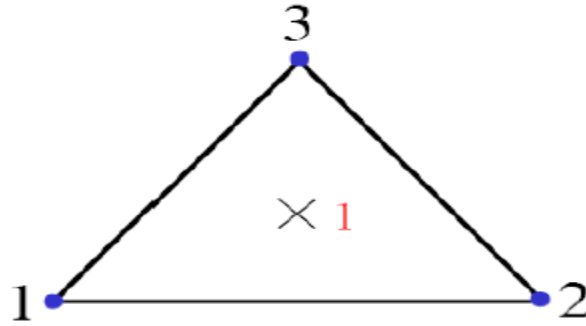


Figure III.5 : Élément CPE3T

III.5.2.2/ Table de définition des nœuds et éléments :

III.5.2.2.1/ Table des coordonnées globales :

Les nœuds de géométrie sont caractérisés en ce que leurs coordonnées et leur numérotation varient séquentiellement de 1 à n. Ces caractéristiques doivent être stockées dans une table

Table de coordonnées globales appelée : CORG. Pour les problèmes bidimensionnels, ce tableau prend la forme suivante : [28]

	1	2	3	\bar{n}
Abscisses	X_1	X_2	X_3	$X_{\bar{n}}$
Ordonnées	Y_1	Y_2	Y_3	$Y_{\bar{n}}$

Tableau III.2 : Tableau des coordonnées globales [28]

III.5.3/ Approximation par éléments finis :

Dans ce qui suit, nous présentons l'approximation par élément finis nous permettant de remplacer un système continu par un système discret équivalent.

III.5.3.1/ Principe de l'approximation par éléments finis :

Le principe de l'approximation par éléments finis est une méthode numérique qui permet de résoudre des équations aux dérivées partielles (EDP) sur un domaine géométrique complexe. Il consiste à découper le domaine en sous-domaines appelés éléments finis, sur lesquels on cherche une solution approchée de l'EDP à l'aide de fonctions simples (par exemple, des fonctions affines). On obtient ainsi un système d'équations linéaires qui relie les valeurs de la solution aux nœuds du maillage. Ce système peut être résolu par des méthodes algébriques classiques.

La méthode des éléments finis présente plusieurs avantages, tels que la possibilité de traiter des problèmes physiques variés (mécanique, thermique, électromagnétique, etc.), la flexibilité du choix du maillage et des fonctions d'approximation, et la convergence vers la solution exacte lorsque le maillage est raffiné. [28]

III.6/ Maillage :

C'est une zone continue qui est divisée en éléments discrets, appelés éléments dans la méthode des éléments finis. Ce processus est appelé discrétisation ou maillage, et il est purement géométrique. Le maillage initial de l'élément fini ne peut pas conserver sa forme générale et peut être détruit du fait de diverses déformations plastiques lors de la découpe ou du formage du métal. La distorsion due à la non-linéarité peut conduire à des erreurs numériques.

L'un des éléments clés de la modélisation FEM est la discrétisation spatiale, ou en d'autres termes, le maillage.

Ceci est obtenu en réduisant l'intégration des quadrilatères du premier ordre en déformation plane dans la région d'intérêt, la région coupée.

La densité du maillage est variable au cours de la simulation. Nous caractériserons plus tard le quadrilatère par la longueur initiale d'un de ses côtés.

Par conséquent, plus la longueur caractéristique est courte, plus la densité est élevée. [29]

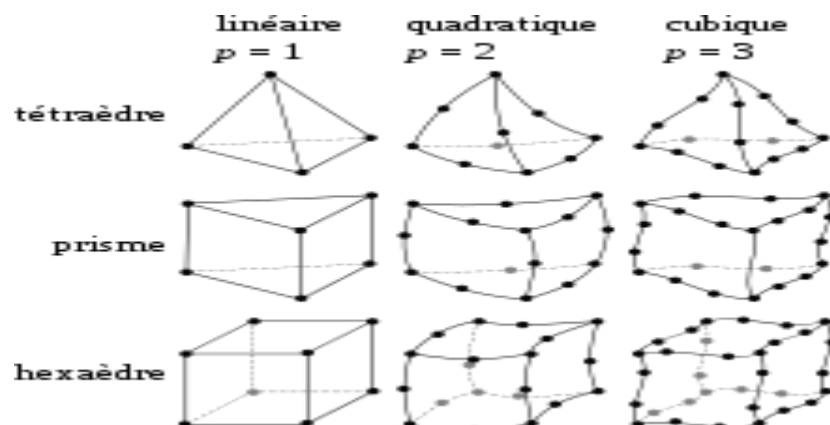


Figure III.6: Maillage

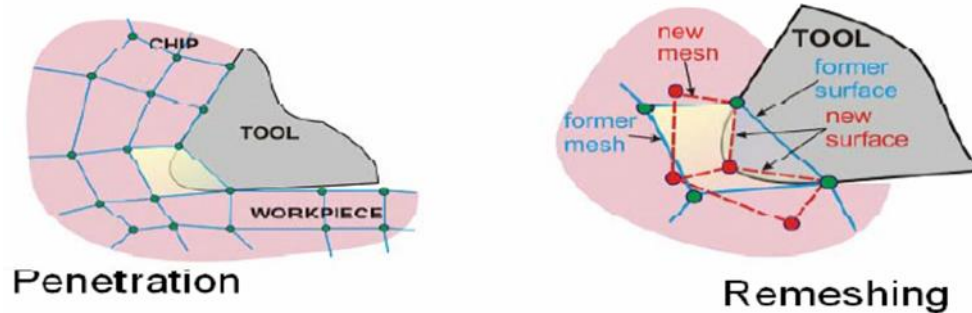


Figure III.7 : Raffinement : (a) maille locale initiale, (b) réduction de la taille del'élément. [27]

III.7/ Critère de séparation de copeau :

Dans les opérations d'usinage proprement dites, coupe continue, discontinue ou segmentée ça peut arriver. Deux méthodes de base sont utilisées pour fournir de véritable formation de copeaux dans un environnement numérique. La première façon est de définir Critères de séparation des copeaux selon des lignes prédéfinies, le second est Utiliser un remaillage continu basé sur les grandes déformations plastiques.

De nombreuses normes de séparation peuvent être combinées ensemble en tant que norme Normes géométriques et physiques. Selon des critères de séparation géométriques la séparation du copeau commence lorsque la pointe de l'outil s'approche d'un nœud le long de la ligne Distance critique de séparation. Ce nœud est alors détaché de la pièce et devient une partie de la tranche Ce processus peut être vu en détail sur la Figure III.8.

Lorsque la distance D entre la pointe de l'outil et le nœud E devient égale ou inférieure à la distance critique D_c , la connectivité de l'élément 2 change, et un nouveau nœud E' apparaît dans cet élément, puis le nœud E remonte d'une petite distance le long de EB , et le nœud E' descend d'une petite distance le long de $E'G$. Elle est purement basée sur des considérations géométriques, et la distance critique est choisie arbitrairement. Par conséquent, il n'exprime pas le mécanisme physique réel de formation des copeaux. La séparation des copeaux, d'autre part, peut être facilement contrôlée selon des critères physiques. La séparation des jonctions se produit lorsqu'un nœud ou un élément atteint une valeur de paramètre physique critique prédéfinie, qui peut être choisie comme déformation, énergie de contrainte ou énergie de déformation en fonction du matériau de la pièce (Propriétés et conditions de coupe) [28].

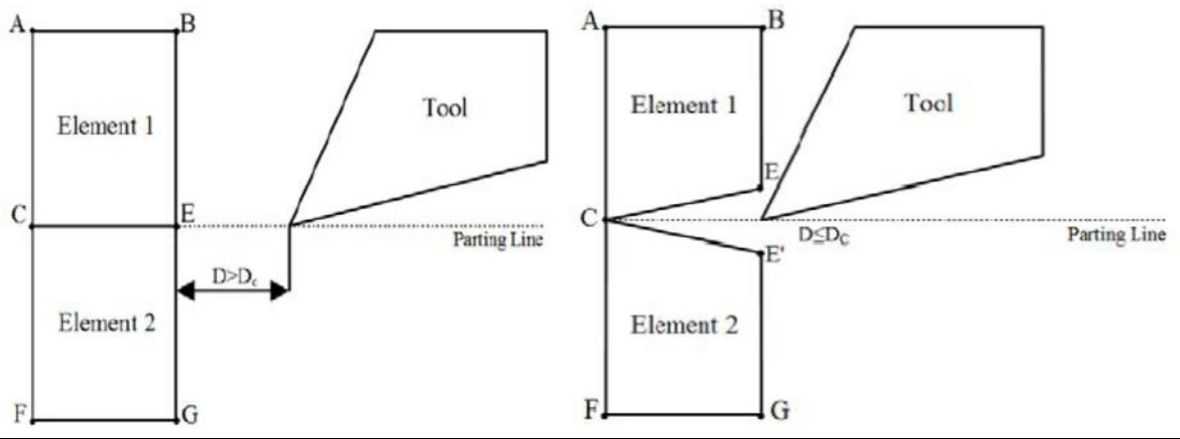


Figure III.8 : Séparation géométrique.[34]

Chapitre IV

Simulation Numérique de la Coupe Orthogonale par la Méthode des Eléments Finis

Chapitre VI Simulation numérique de la coupe orthogonale par la méthode des éléments finis

IV.1/ Introduction

Depuis de nombreuses années, l'importance fondamentale de la tribologie en usinage a incité la communauté scientifique à étudier les mécanismes de contact qui régissent l'interface outil/pièce/puce.

Pour améliorer la qualité de fabrication, les performances des outils et réduire les coûts, de nombreuses industries et centres universitaires recherchent une compréhension globale du processus de coupe des métaux. L'une des méthodes les plus générales est la méthode des éléments finis présentée au chapitre 3, qui est capable de résoudre des problèmes de couplage par discrétisation de domaines sans recourir à des expériences.

L'objectif de cette partie est de modéliser et de simuler la formation de copeaux dans une section orthogonale 2D d'acier XC48 en utilisant les lois de comportement et d'endommagement de Johnson-Cook pour déterminer la variation de contrainte et la distribution de température à l'interface outil/copeau.

Par conséquent, notre étude comprendra la description de toutes les étapes nécessaires à l'obtention d'un modèle réaliste. Les simulations seront ensuite réalisées à l'aide du logiciel de simulation par éléments finis ANSYS/Explicit.

IV.2/ DESCRIPTION D'ANSYS16.2 :

ANSYS est une société publique américaine dont le siège est à Canonsburg, en Pennsylvanie. Elle développe et commercialise des logiciels de simulation d'ingénierie. Le logiciel ANSYS est utilisé pour concevoir des produits et des semi-conducteurs, ainsi que pour créer des simulations qui testent la durabilité des produits, la répartition de la température, les mouvements des fluides, les propriétés électromagnétiques.

Le programme ansys s'intéresse à la résolution de problèmes linéaires et non linéaires

- en mécanique des structures,
- mécanique des fluides,
- acoustique,
- thermodynamique,
- électricité compressive et électromagnétisme traditionnel.

Chapitre VI Simulation numérique de la coupe orthogonale p a r la méthode des éléments finis

- Le programme contient un certain nombre d'éléments pour résoudre des problèmes unidimensionnels, bidimensionnels et tridimensionnels.

IV.3/ MODELISATION PAR ANSYS:

ANSYS, est l'un des plus grands développeurs et fournisseur de logiciels de simulation numérique au monde. Ses produits majeurs sont des logiciels qui mettent en œuvre la méthode des éléments finis, afin de résoudre des modèles discrétisés.

Ce produit permet d'effectuer des simulations mécaniques. Ses principales capacités sont :

- (1) l'analyse statique.
- (2) l'analyse modale
- (3) l'analyse harmonique (réponse forcée)
- (4) l'analyse temporelle ou transitoire
- (5) la gestion de différentes situations non linéaires (contacts, plasticité des matériaux, grands déplacements ou grandes déformations)
- (6) la simulation en matière de mécanique des fluides
- (7) permet de résoudre des modélisations mettant en jeu des phénomènes électromagnétiques.

Il existe deux solutions pour effectuer les modélisations:

- réaliser un fichier. qu'ANSYS est capable de lire, en faisant «file »,
- ou directement en utilisant les fonctions du préprocesseur afin de réaliser la structure, le maillage et les calculs.

Dans un souci de lisibilité et de traçabilité des codes utilisés on utilisera essentiellement la deuxième méthode.

IV.4/ Lois de comportement

La sélection d'une loi de comportement appropriée est cruciale pour la construction d'un modèle numérique. Pour simuler des coupes orthogonales 2D, des lois de type Johnson Cook ont été choisies pour décrire le comportement mécanique et thermomécanique des composants en acier XC48.

Chapitre VI Simulation numérique de la coupe orthogonale p a r la méthode des éléments finis

1/ Comportement mécanique de la pièce :

Le choix de la loi de comportement du matériau usiné est capital en simulation numérique de l'usinage. En effet, pour bien simuler le comportement du matériau usiné, il faut choisir un modèle qui colle au mieux à celui-ci sous les diverses sollicitations thermomécaniques auxquelles il fait face dans des conditions réelles d'usinage, Il existe divers modèles performants de comportement des matériaux utilisables en simulation numérique de l'usinage. Cependant, leurs utilisations exigent l'identification de paramètres quand ils ne sont pas disponibles, une identification qui a des coûts non négligeables. Nous pouvons choisir parmi les lois de comportement disponibles en simulation numérique de l'usinage, celle de Johnson-Cook l'une des plus utilisées et très répandu.

2/ Critère d'endommagement de Johnson Cook :

Le critère d'endommagement de Johnson-Cook est un critère spécial d'amorçage d'endommagement ductile dans lequel la déformation plastique équivalente à l'amorçage de l'endommagement est donnée comme une fonction analytique de la triaxialité des contraintes. Ce critère est couramment utilisé pour modéliser la séparation des copeaux lors de la coupe du métal 2. Elle dépend de plusieurs paramètres matériaux mesurés à des températures inférieures ou égales à la température de transition 1.

La norme propose les trois mêmes termes :

- Contrainte équivalente ;
- Taux de déformation ;
- Et la température (environnement, transformation et fusion des matériaux).

$$sf = (D1 + D2 \exp D3 \sigma^*)(1 + D4 \ln \dot{\sigma}^*)(1 + D5 T^*).$$

D1, D2, D3, D4 et D5 sont les constantes de rupture de Johnson-Cook.

IV.5/ Présentation générale du modèle de simulation de la coupe orthogonale :

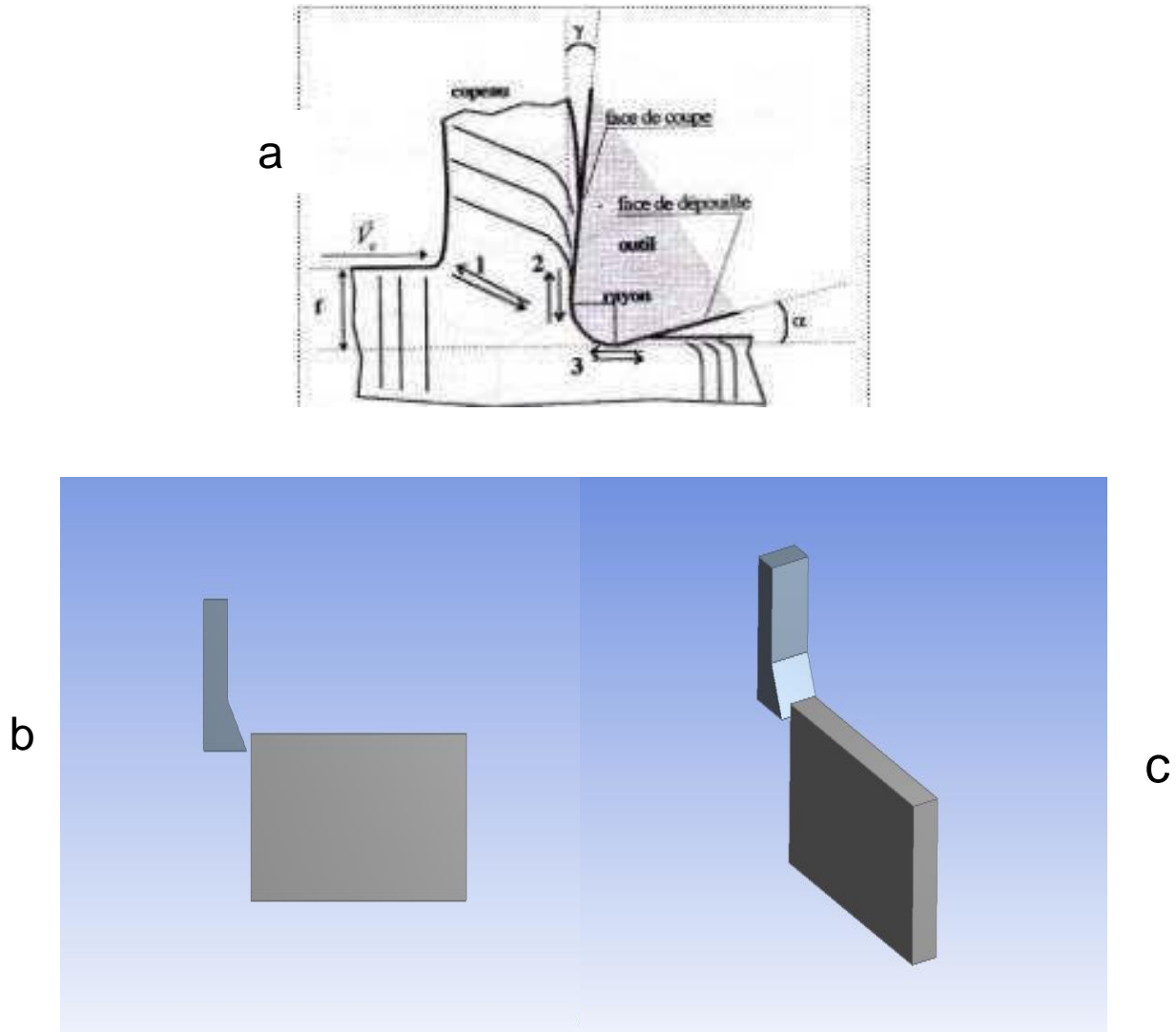


Figure (IV-1) : a) Modèle numérique dans le cas du procédé de tournage, b-c) modélisation de la coupe orthogonale 2D par Ansys

IV.6/ Modélisation de l'outil de coupe

L'étude s'est focalisée sur un acier XC48, fourni en barre (diamètre 50 mm x 150 mm). Durant l'analyse, l'outil de coupe est assimilé à un corps indéformable (rigide), pas de champ de déformation sur celui-ci mais conducteur de la chaleur ; les variables géométriques de l'outil sont données : angle de coupe $\gamma = -12^\circ$ et l'angle de d'épouille $\alpha = 5^\circ$.

Chapitre VI Simulation numérique de la coupe orthogonale par la méthode des éléments finis

IV.7/ Modélisation de la pièce a usiner :

La description du comportement des matériaux transformés reste l'une des difficultés majeures de la simulation de découpe. Compte tenu de la dépendance du comportement de la pièce, le taux de déformation et la température sont cruciaux pour simuler le processus de formation des copeaux. Dans nos simulations, la loi de Johnson-Cook a été choisie pour représenter la contrainte d'écoulement du matériau.

Le tableau 1 et le tableau 2 donnent respectivement les critères et les paramètres de la loi de Cook de Johnson & Johnson pour le matériau XC48.

$A[MPa]$	$B[MPa]$	$C(-)$	$n(-)$	$m(-)$	$T_0(k)$
553.1	600.8	0.0134	0.234	1	1733

Tableau (IV-1) : Paramètres de comportement de l'acier XC48

D1	D2	D3	D4	D5	\dot{s}_0 (s^{-1})
0.25	4.38	2.68	0.002	0.61	1

Tableau (IV-2) : Critère d'endommagement Johnson-Cook de l'acier XC48

Les propriétés physiques et mécaniques de la pièce et de l'outil :

Chapitre VI Simulation numérique de la coupe orthogonale p a r la méthode des éléments finis

	1	Propriété	Valeur	entité
	2	Masse volumique	7830	(kg/m ³)
	3	Chaleur spécifique	477	(J/kg k)
Module De Johnson Cook	4	Contrainte élastique initial	7.92 ^E +08	Pa
	5	Constante d écrouissage	5.1 ^E +08	Pa
	6	Coefficient d écrouissage	0.26	
	7	Constante de vitesse de déformation	0.014	
	8	Coefficient d adoucissement thermique	1.03	
	9	Température de fusion	1519.9	C
	10	Vitesse de de déformation de référence	1	
	11	Module de compressibilité	1.59E+11	Pa
	12	Module de cisaillement	8.18 ^E +10	Pa

Tableau V1.3: Propriétés physiques et mécaniques acier x48.

IV.8/ CONDITIONS AUX LIMITES ET CHARGEMENT

La pièce est modélisée en déformations plane : elle est fixée par un encastrement à sa base. Sa longueur est de 150 mm et sa hauteur est de 50mm, (figureIV.2). L’outil est modélisé par un corps rigide, il est animé d’un mouvement de translation à une vitesse de coupe

$$V_c = 60000 \text{ mm/s}$$

La température initiale de la pièce et de l’outil est de 23°C (296K).

La profondeur de passe $a_p = 0,2 \text{ mm}$. Le contact entre l’outil et la pièce usinée est considéré avec frottement et le coefficient de frottement outil- pièce est estimé à $\mu = 0.4$

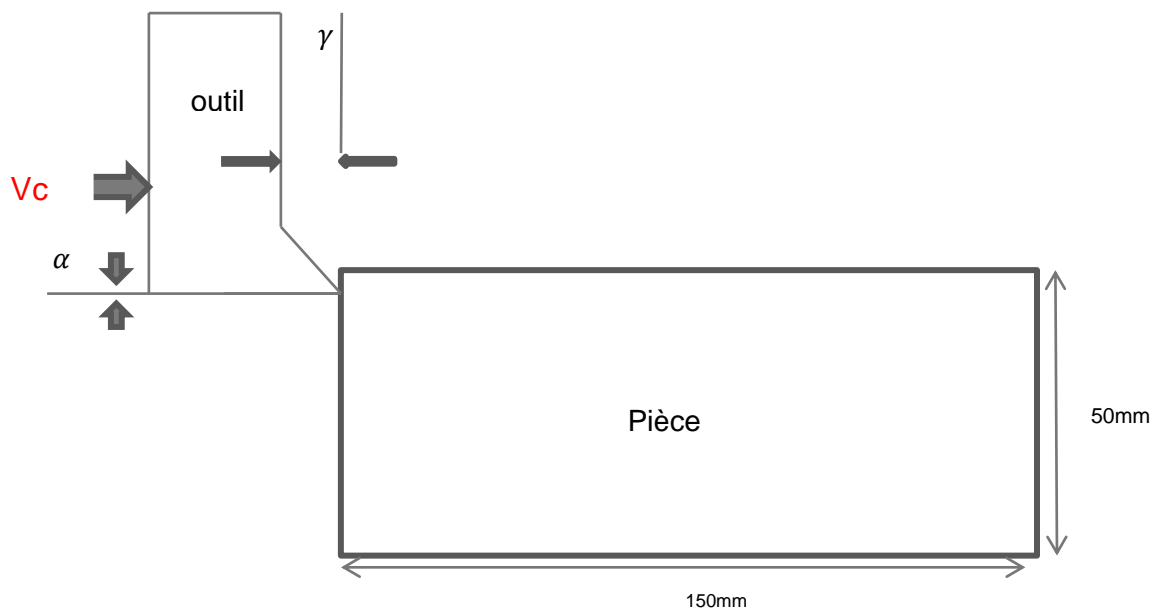
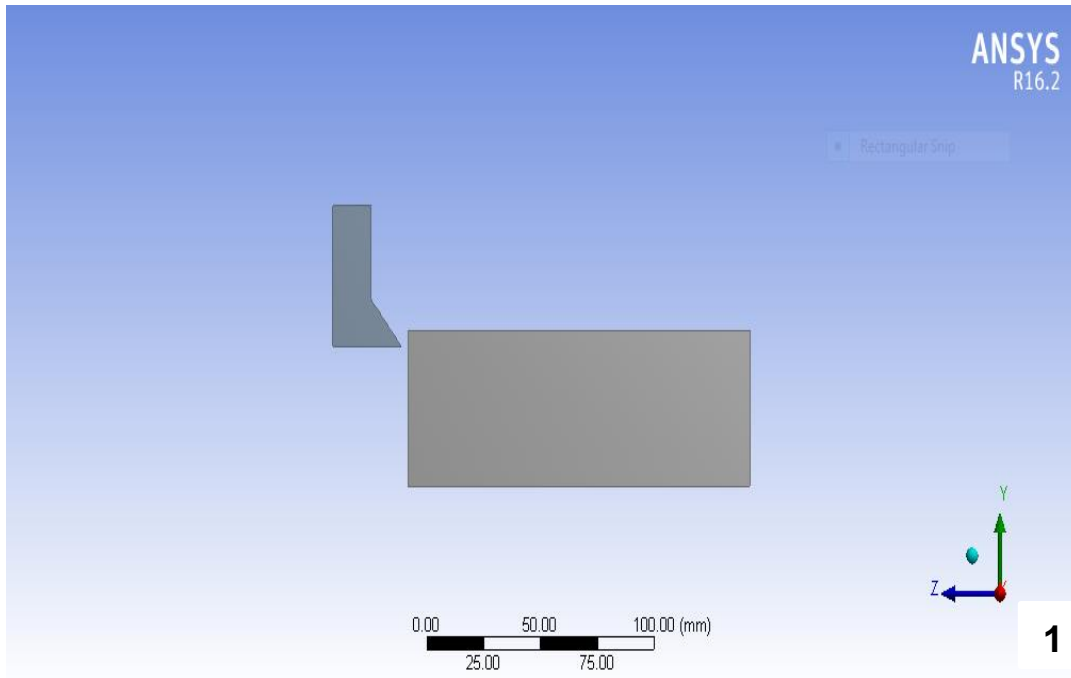


Figure (IV-2) : Usinage en coupe orthogonale

IV.9/ Maillage et la gestion de contact :

La pièce et l'outil sont divisés en un certain nombre d'éléments finis rectangulaires, le nombre de nœuds est de 5544 et le nombre d'éléments est de 4242.

Chapitre VI Simulation numérique de la coupe orthogonale par la méthode des éléments finis

La gestion des contacts est la partie la plus importante du code éléments finis, le contact est généralement de type "maître-esclave" général, la surface esclave doit être associée au corps déformable, et la surface rigide est associée à la surface maîtresse, comme indiqué dans les numéros suivants :

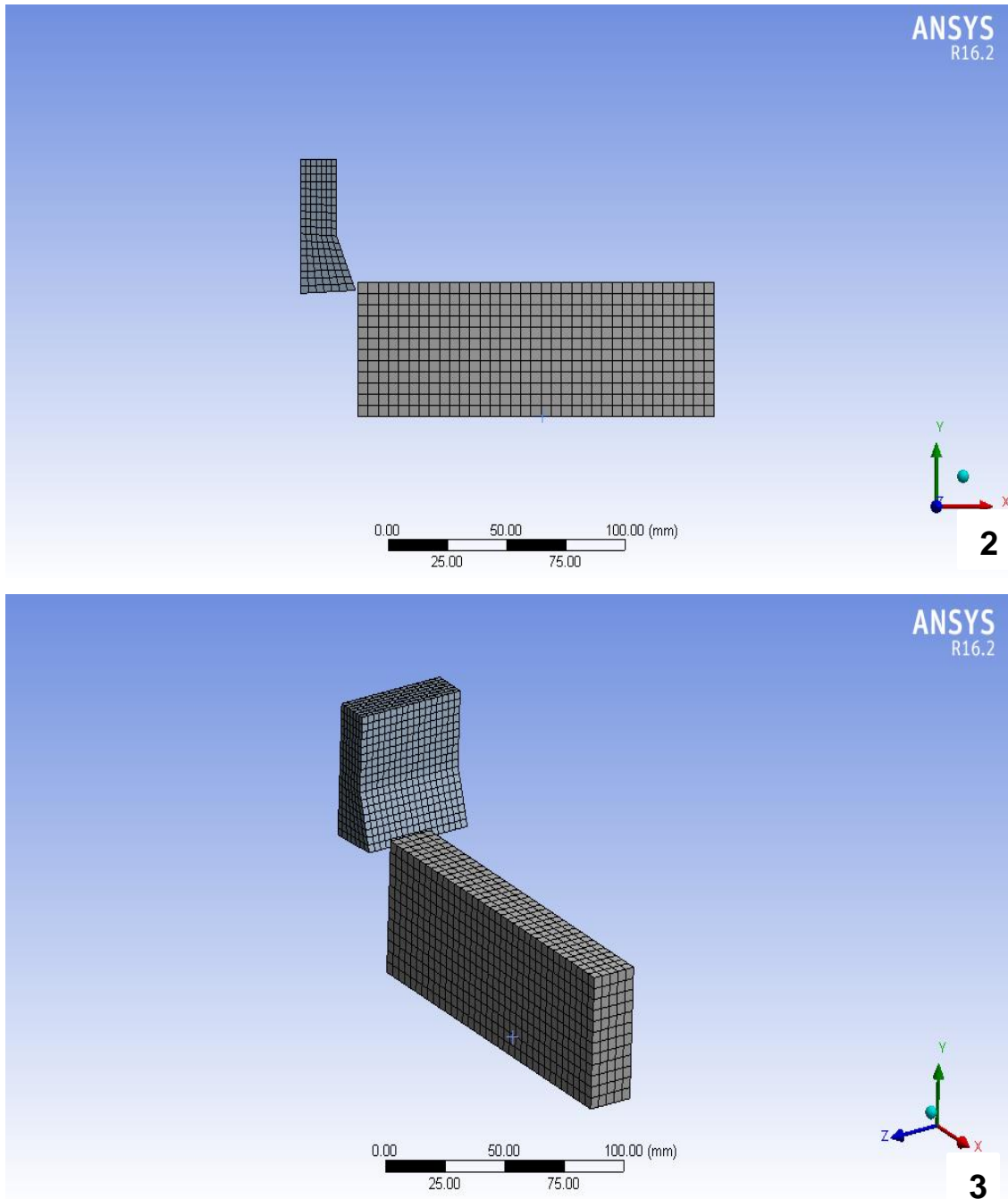


Figure (IV-3) : Méthode appliquée pour le contact outil / pièce

Chapitre VI Simulation numérique de la coupe orthogonale par la méthode des éléments finis

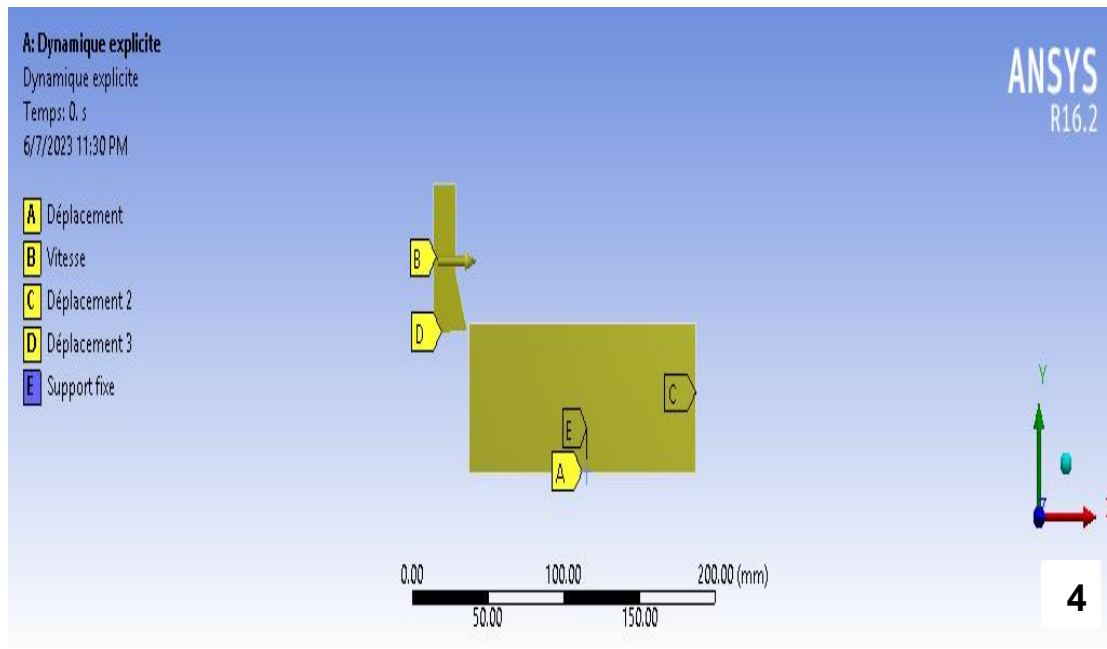


Figure (IV-4) : Répartition des forces dans Ansys.

IV.10/ Résultats de la simulation :

Dans notre modèle d'usinage numérique en coupe orthogonale 2D, nous avons réussi à obtenir la formation de copeaux dans l'acier XC48.

Nous avons clairement observé le déchirement du matériau formant la puce et les dommages qu'elle a subis.

La figure ci-dessous montre la variation de contrainte et déformation élastique équivalente et la distribution de température à l'interface outil/puce. Les contraintes générées lors de la coupe semblent être compatibles avec une contrainte maximale d'environ 1228.2Mpa.

vitesse de coupe v_c	60000 mm/s
La température	23 °C
La profondeur de passe a_p	$a_p=0,2\text{mm}$
et le coefficient de frottement outil- pièce	$\mu=0.4$

Tableau V1.4 : conditions aux limites et chargements

Chapitre VI Simulation numérique de la coupe orthogonale par la méthode des éléments finis

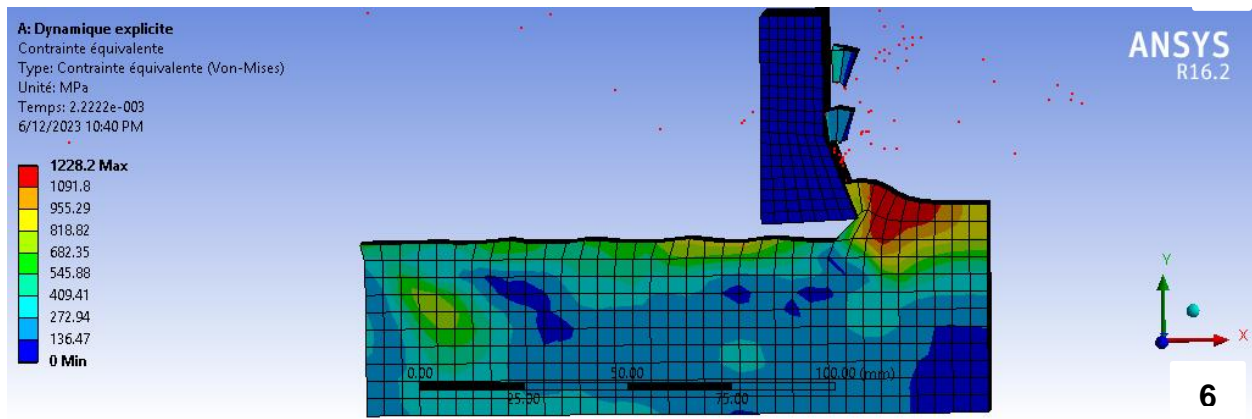
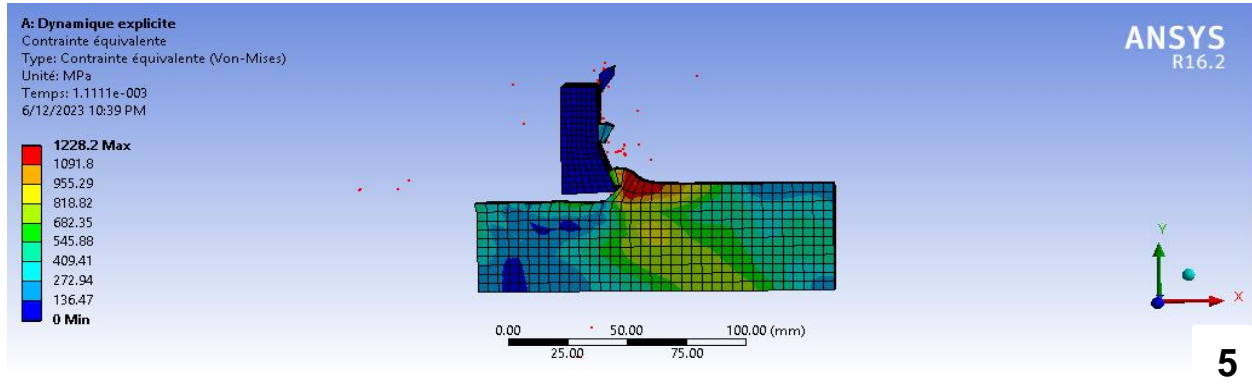


Figure (IV-5-6) : Résultat de contraintes équivalentes de (von-mises).

Répartition des contraintes :

Dans cette partie à la définition des trois zones cisaillement :

- (a) La zone de cisaillement primaire
- (b) La zone de cisaillement secondaire
- (c) La zone de cisaillement tertiaire

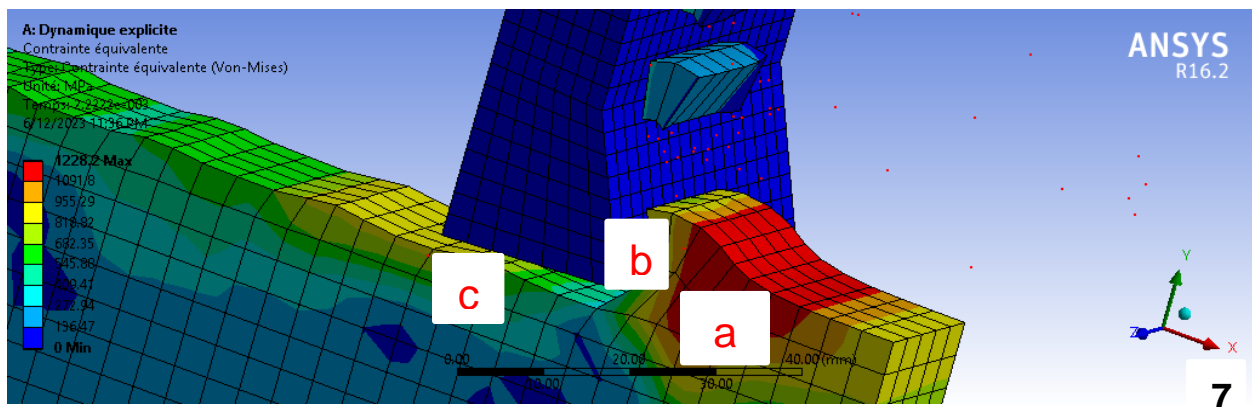


Figure (IV-7) : Répartition des contraintes dans la zone de déformation

Chapitre VI Simulation numérique de la coupe orthogonale par la méthode des éléments finis

On distingue clairement les trois zones de cisaillement du matériau constituant le copeau, comme le montre la figure ci-dessous :

- ✓ La zone de cisaillement primaire où le matériau subit une déformation plastique et à haute température.
- ✓ Zone de cisaillement secondaire entre l'outil et le copeau. La surface interne de la puce subit un écrouissage important.
- ✓ Zone de cisaillement tertiaire entre la surface en relief et la surface usinée. Cela provoque une usure car le matériau revient élastiquement après le passage de la pointe de l'outil.

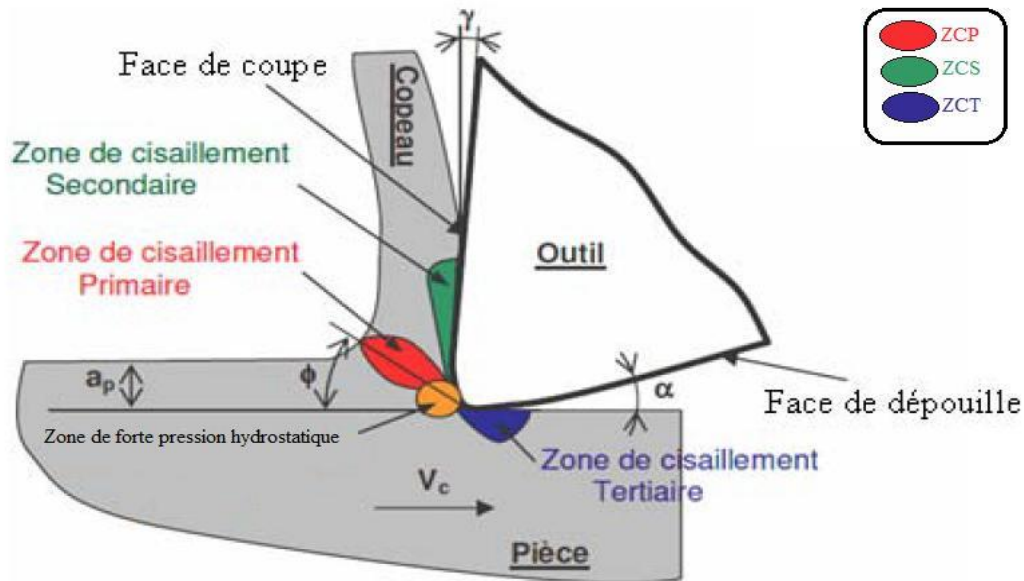


Figure (IV-8) : Schéma de formation du copeau

IV.11/ Distribution de la déformation élastique équivalente

Interface outil/copeau :

La déformation élastique est une déformation réversible : lorsque la contrainte est supprimée, le milieu revient à son état d'origine.

La déformation élastique est un domaine important de la mécanique des milieux continus (CMM) et de la thermodynamique (compression des gaz).

Chapitre VI Simulation numérique de la coupe orthogonale par la méthode des éléments finis

L'élasticité linéaire implique de petites déformations proportionnelles à la contrainte. Dans cette plage, l'allongement est proportionnel à la force lorsqu'il est étiré et l'angle est proportionnel au couple lorsqu'il est tordu.

À des déformations plus importantes, l'élasticité de certains matériaux devient non linéaire. Pour d'autres, il s'agit de rupture ou de fluage [31].

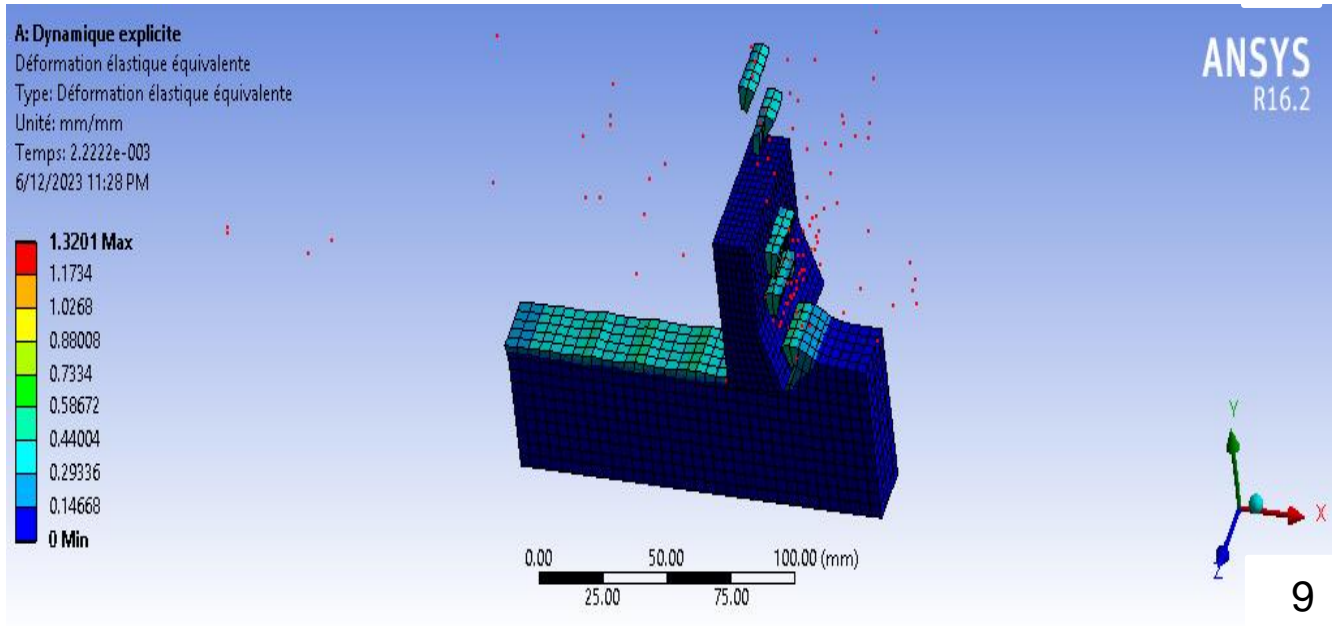
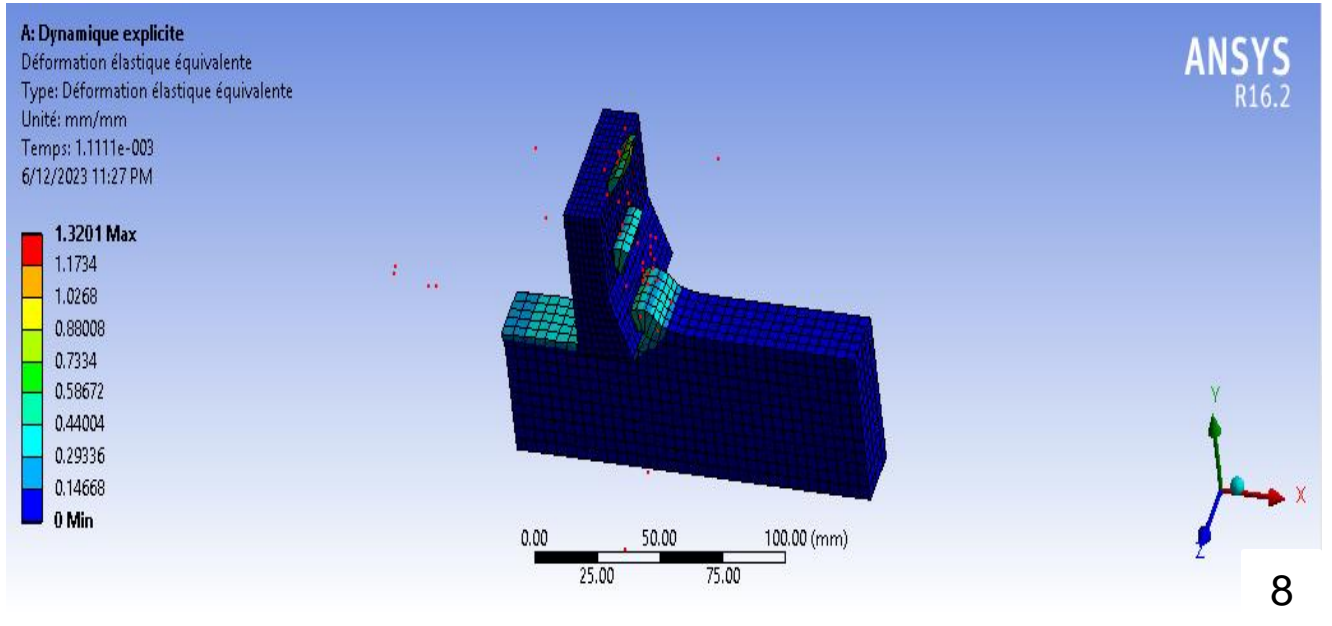


Figure (IV-9-10) : Distribution déformation élastique équivalent

IV.12/ Distribution de la déformation élastique principale maximale :

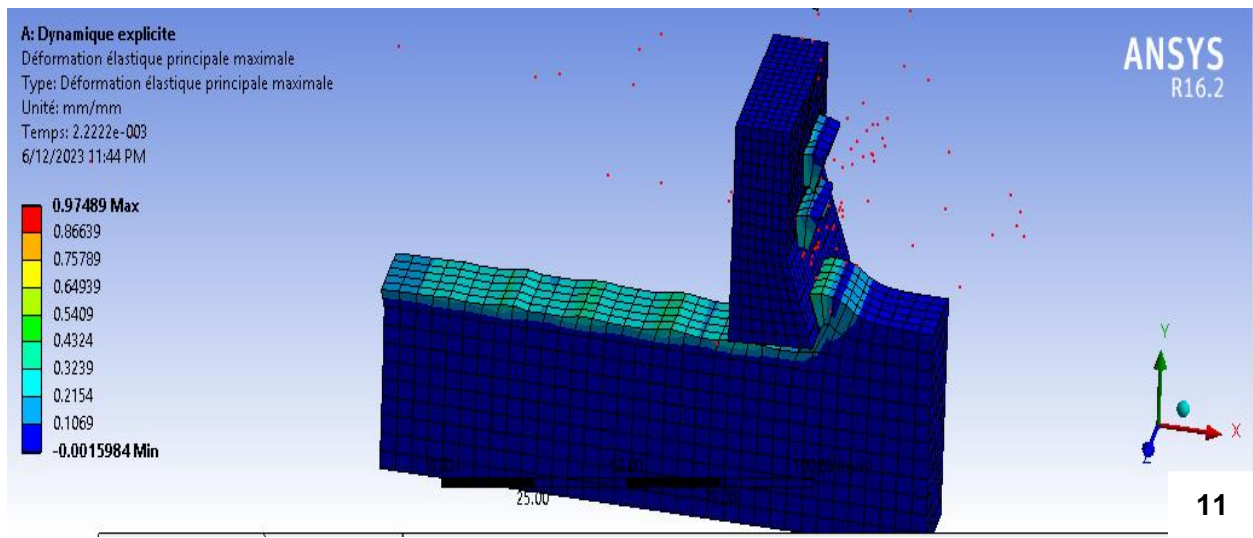
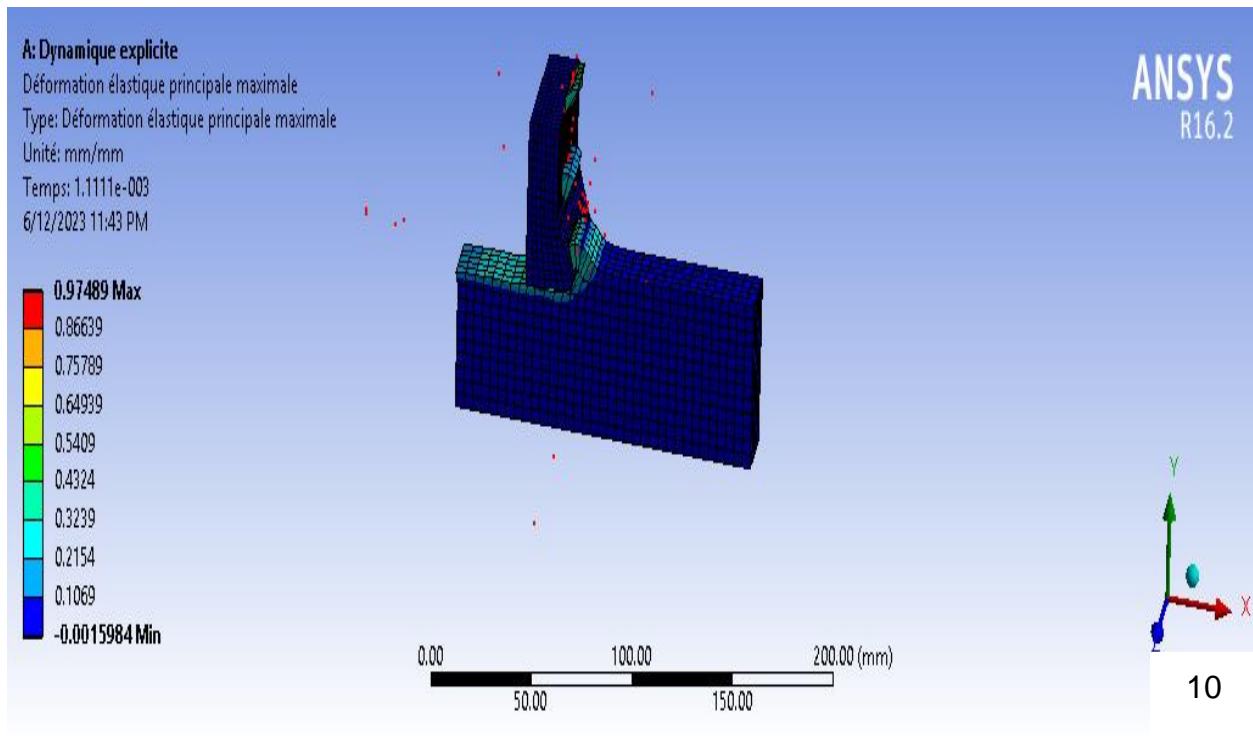
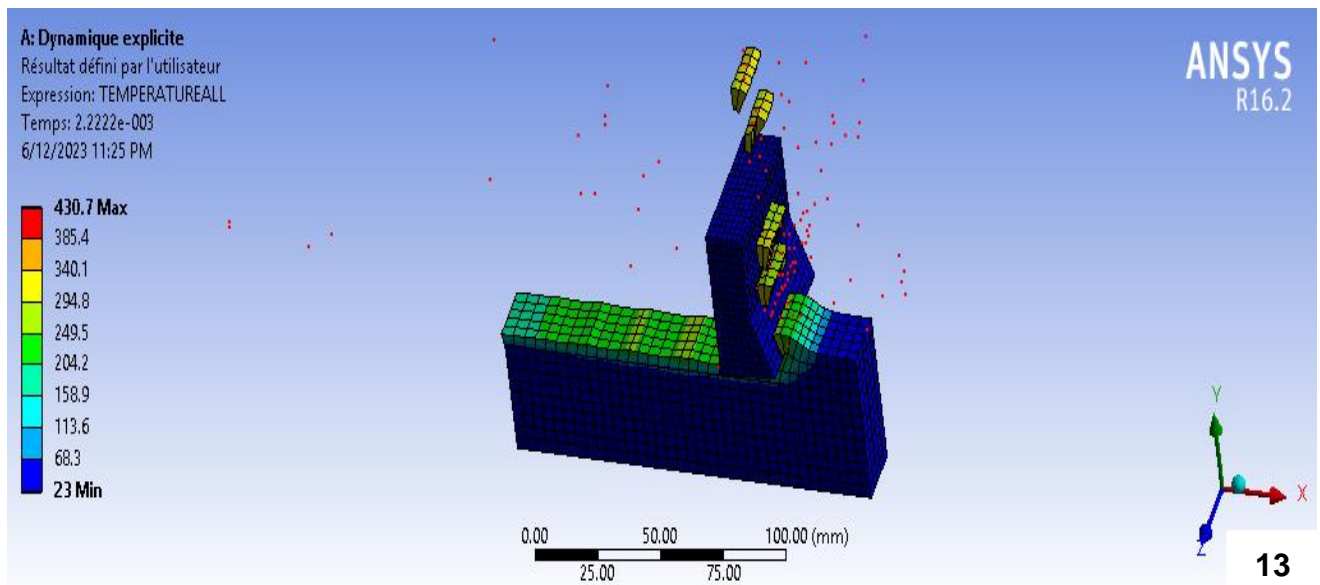
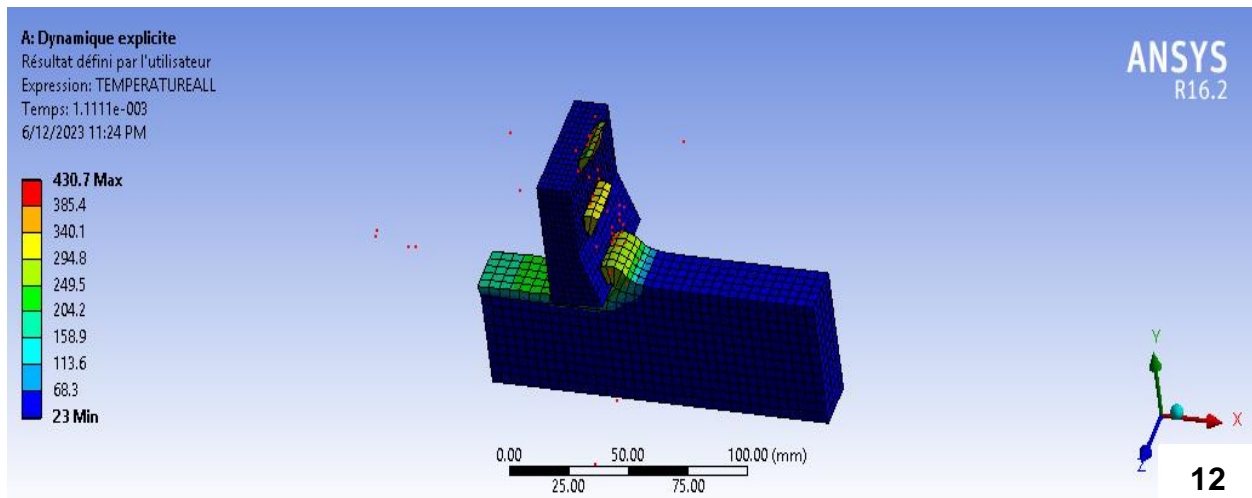


Figure (IV-11-12) : Distribution de la déformation élastique principal maximale.

Chapitre VI Simulation numérique de la coupe orthogonale par la méthode des éléments finis

IV.13/ Distribution de la température a l'interface outil/copeau :



Chapitre VI Simulation numérique de la coupe orthogonale par la méthode des éléments finis

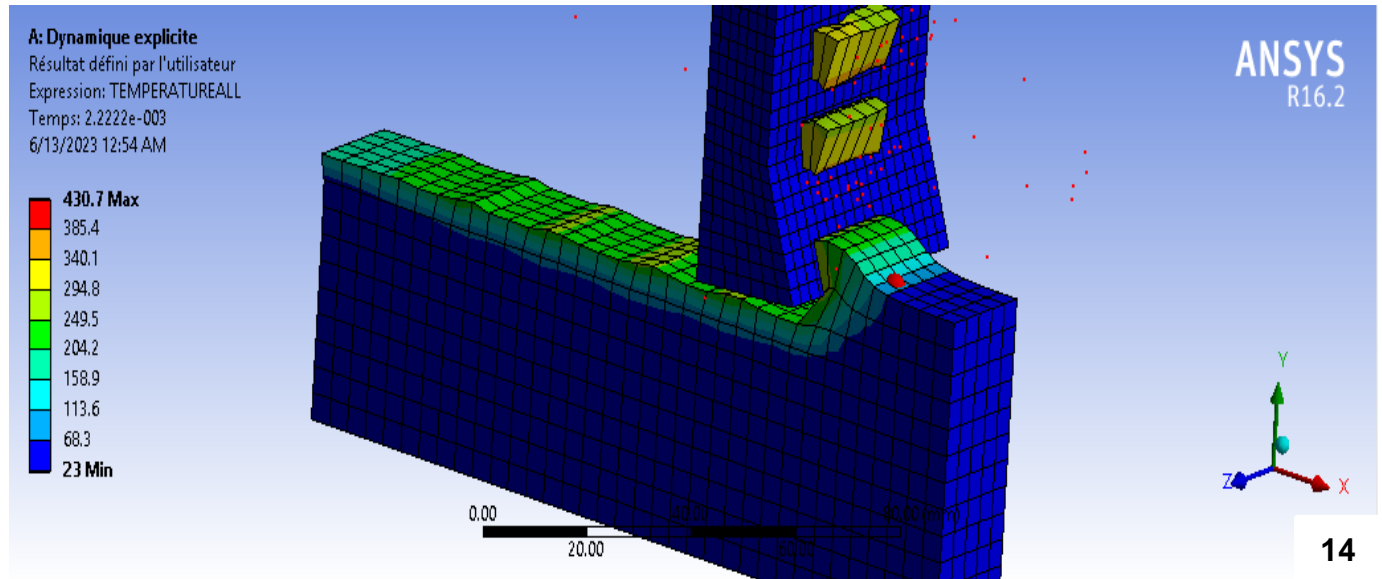


Figure (IV-13-14-15) : Distribution des températures

On voit sur la figure que la température de la pièce en contact avec l'outil est différente, cette différence est essentiellement due à la surface de contact entre la pièce et l'outil : plus elle est grande, plus la température est élevée, la chaleur dégagée à l'interface est due au plastique travaille et se diffuse dans l'outil.

La température maximale 430.7 °C

La température minimale 23°C

Résultats finale :

Distribution :	La valeur minimale	La valeur maximale
Les contraintes équivalentes	0 MPA	1228.2 MPA
déformation élastique équivalent	0	1.3201
la déformation élastique principale maximale.	0.0015984	0.97489
Les températures	23°C	470.7°C

Tableau V1.5: Valeurs finales dans la simulation

Chapitre VI Simulation numérique de la coupe orthogonale par la méthode des éléments finis

IV.14/ Conclusion :

Dans ce travail, la simulation numérique de la coupe orthogonale de l'acier XC48 par la méthode des éléments finis est étudiée à l'aide du codes ANSYS dynamiques explicites.

Le choix de la géométrie de l'outil et des conditions de coupe (vitesse de coupe) est un outil indispensable pour améliorer la qualité et réduire le temps de production.

La méthode de dynamique explicite est utilisée principalement en raison de ses avantages d'efficacité de calcul pour les grandes déformations et les problèmes non linéaires dans les processus de coupe des métaux.

L'usinage est un processus couplé d'analyse thermique et d'analyse mécanique qui génère de la chaleur, ce qui affecte les propriétés mécaniques du matériau, telles que la déformation, et les résultats obtenus sont bons.

L'application de la méthode des éléments finis à un effet significatif sur la précision des résultats, la réduction des coûts et le besoin d'expériences.

CONCLUSION

GENERALE

CONCLUSION GENERALE :

Selon les résultats de la recherche, la conception et la simulation du mécanisme d'interface pièce-outil-copeau en acier XC48 visent à étudier le processus d'usinage et de tournage de l'acier, ainsi qu'à modéliser et simuler la formation des copeaux. Utilisez les lois de comportement et d'endommagement de Johnson-Cook dans les sections orthogonales 2D.

Nous déterminons donc la variation de contrainte et la distribution de température à l'interface outil/puce et décrivons les étapes nécessaires pour obtenir un modèle réaliste. Utilisez ensuite le logiciel de simulation par éléments finis ANSYS/Explicit pour la simulation.

Après application d'un modèle d'usinage numérique dans une section orthogonale 2D, nous avons obtenu la formation de copeaux dans l'acier XC48. Ce travail montre clairement une déchirure du matériau, un endommagement et une séparation de la puce.

En conclusion, nous pensons avoir bien étudié notre sujet. Il a mis en évidence toutes les connaissances acquises lors de notre formation.

Référence

- [1] Les Industries Braidwood Ltée - Tous droits réservés - Référencement naturel et Création de Site Web 2022 - My Little Big Web.3082 rue joseph monier terrebonne QC J6X 4V1.charles toupin.
- [2] Géry CASIEZ | Professeur | PhD | Université de Lille, Lille | Institut Universitaire de Technologie (IUT) 23 2015
- [3] Passeron, Tournage, Techniques de L'Ingénieur, BM7086, 1997
- [4] par Albert Camus. Shandong Tsinfra CNC Equipment Co., Ltd est une entreprise spécialisée dans la fabrication et la vente de machines-outils CNC
- [5] par Victor Hugo NO 6 Parc de la zone industrielle, route de Dadi, Tengzhou, Shandong, en Chine C'est là que se trouve la société Shandong Tsinfra CNC Equipment
- [6] Rocardier, « Cours sur le Tournage - Usinage Cours Technologie », 2011
- [7] Professeur Géry CASIEZ : **production** en productique mécanique - étude de fabrication et analyse d'usinage (3PMEFAU), SEMM (Service Enseignement et Multimédia) / Université Lille1 – France, 23 février 2015
- [8] R. Berghida, Impact de la signature des outils de coupe sur la variation de la géométrie des pièces mécaniques », Mémoire de magister, Département de génie mécanique, Juin 2006
- [9] D. Gelin, M. Vincent, Eléments de fabrication, Les Editions Foucher, 1995
- [10] Géry CASIEZ | Professeur | PhD | SEMM (Service Enseignement et Multimédia) Université Lille1 23 février 2015
- [11] Université de Mohamed Boudiaf Faculté de Technologie Département de Mécanique Année Universitaire 2022/2023
- [12] Nicolas Lebon Paru dans Biomatériaux Cliniques n°2 - 30 octobre 2019
- [13] Nicolas Lebon, qui a écrit un article intitulé “Le mouvement d’avance en fraisage” Publié le 31.03.2020. Paru dans Biomatériaux Cliniques n°1 - 15 mars 2020
- [14] L. Pimbaud, G. Layes et J. Moulin, Guide pratique de l'usinage, tome 1, Edition Hachette, France. 2003
- [15] E. J.Armarego, S.Verezub et P.Samaranayake, The effects of coatings on the cutting process, friction, forces and predictive cutting models in machining operations, Journal of Engineering Manufacture, n° 216, pp. 347-356, 2002

- [16] A. BIERLA, Usinage des aciers prétraités à l'huile entière - effets physico-chimiques des additifs soufrés. Thèse de doctorat de l'école des Arts et Métiers ParisTech – France – 2009.
- [17] Géry CASIEZ | Professeur | PhD | Université de Lille, Lille | Institut Universitaire de Technologie (IUT) Université Lille 1 23 février 2015
- [18] Université Batna 2 – MB Faculté de Technologie Départ. G. Mécanique par François BAGUR Directeur technique et cogérant de la société TOOL 2020/2021
- [19] par lossendiere | Fév 24, 2018 | The tools by Phil Stutz and Barry Michels
- [20] Roc Dacier, Cours sur le Tournage - Usinage Cours Technologie, 2011
- [21] J. L. Fanchon, Guide des sciences et technologies industrielles, Edition Nathan Paris France, 1994
- [22] Betsey Johnson. Université de Syracuse Novembre 2004 New York USA
- [23] February 2015 Machining Science and Technology 19 DOI: 10. 1080 / 10910344. 2014. 991026. Keguo Zhang, Zhanqiang Liu, Yi Wan, Bing Wang, and Xing Ai from Shandong University and Key Laboratory of High Efficiency and Clean Mechanical Manufacture, Ministry of Education, China1
- [24] "A constitutive model and data for metal subjected to large strains, high strain rates and high temperatures ", Proc. of 7th Symp. on ballistics, The Hague, The Netherlands, pp. 541-547, April 1983
- [25] Olivier Pantalé, A numerical simulation of steady state metal cutting. Journal d'ingénierie de mécanique. Institut National Polytechnique de Toulouse.
- [26] J.M. Linares, J.M. Sprauel et C. Marty, Analyse du processus élémentaire de mesure, Revue Contrôle industriel, n°205, p27-31, 1997
- [27] Boothroyd, G. 1981. Fundamentals of Machining and Machine Tools. Washington: Scripta Book Company.
- [28] B. BENMOHAMED, 22eme congrés français de mécanique, LYON, Aout 2015
- [29] J.M. Linares, J.M. Sprauel et C. Marty, Analyse du processus élémentaire de mesure, Revue Contrôle industriel, n°205, p27-31, 1997.
- [30] Pierre-Antoine Dubos, Clément Keller, Mayerling Martinez Celis, Eric Hug.

- [31] Marcel Proust 25 mai 2018, Ce site fait l'objet d'une déclaration à la CNIL sous le numéro de dossier 1037632. La CNIL est la Commission nationale de l'informatique et des libertés.
- [32] R. Berghida, Impact de la signature des outils de coupe sur la variation de la géométrie des pièces mécaniques », Mémoire de magister, Département de génie mécanique, Juin 2006.
- [33] J. Boulanger, Tolérances et écarts dimensionnels, géométriques et d'états de surface, Article B7010, Technique de l'Ingénieur, 1991.
- [34] J.M. Linares, J.M. Sprauel et C. Marty, Analyse du processus élémentaire de mesure, Revue Contrôle industriel, n°205, p27-31, 1997.
- [35] Y. Schoefs, S. Fournier et J. C. Leon, Productique mécanique, Edition Delagrave, 1994, France.
- [36] Olivier Pantalé, A numerical simulation of steady state metal cutting. Journal d'ingénierie de mécanique. Institut National Polytechnique de Toulouse. Laboratoire Génie de Production.ENIT, 1998.