



OFPPT

ROYAUME DU MAROC

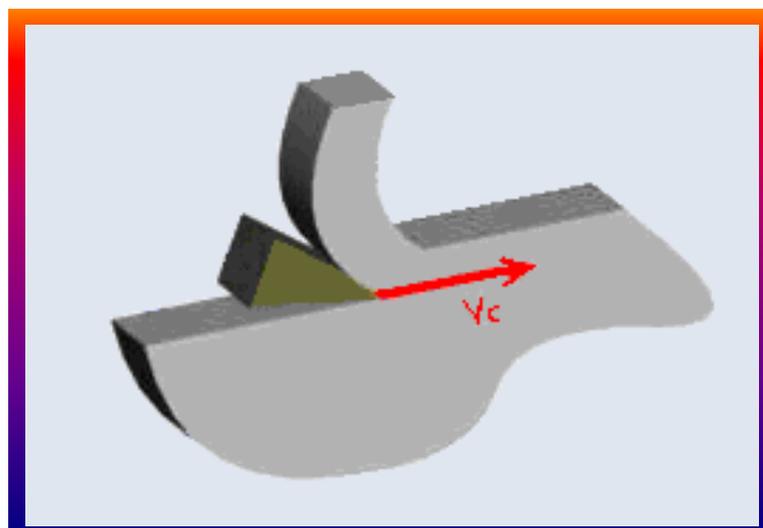
مكتب التكوين المهني وإنعاش الشغل

Office de la Formation Professionnelle et de la Promotion du Travail

DIRECTION RECHERCHE ET INGENIERIE DE FORMATION

**RÉSUMÉ DE THÉORIE
&
GUIDE DES TRAVAUX PRATIQUES**

MODULE N°: 12	DETERMINATION DES PARAMETRES DE COUPE
-------------------------	--



SECTEUR : FABRICATION MECANIQUE

SPECIALITE : TFM

NIVEAU : T

PORTAIL DE LA FORMATION PROFESSIONNELLE AU MAROC

Télécharger tous les modules de toutes les filières de l'OFPPT sur le site dédié à la formation professionnelle au Maroc : www.marocetude.com

Pour cela visiter notre site www.marocetude.com et choisissez la rubrique :

MODULES ISTA



The screenshot shows the website's navigation bar with the following items: HOME, LIVRES, **MODULES ISTA**, ANNUAIRE ECOLES, DOCTORAT, LETTRE DE MOTIVATION, NOUS CONTACTER, SE CONNECTER. The main header features the logo 'Maroc Etude.Com' and the tagline 'Connaissance - Métier - Technique'. Below the header are links for 'Annonces Google', 'Emploi Maroc', 'Messagerie', 'Telecharger Un Jeu', and 'Maroc Annonces'. A search bar is located on the right side of the header.

The main content area is divided into three columns:

- Left Column:** 'Nous avons 14 invités en ligne', 'Annonces Google', 'Annonces Emploi Maroc', 'Jeux Telecharger Gratuit', 'Jeux PC En Ligne', 'Connexion' (with a dropdown arrow), a login form with fields for 'Identifiant' (containing 'sniper') and 'Mot de passe', a 'Se souvenir de moi' checkbox, and a 'Connexion' button. Links for 'Mot de passe oublié ?' and 'Identifiant oublié ?' are at the bottom.
- Center Column:** 'Notre Bibliothèque que ...Livres à Télé charger Gratuitement', 'MacKeeper -20%' (with Mac and Universal logos), 'Complete your Purchase Now and save 20% Guaranteed with this Coupon Code', and an 'Apply Discount Automatically' button. A quote at the bottom reads: '"On ne jouit bien que de ce qu'on partage"' [Madame de Genlis].
- Right Column:** 'Annonces Google', 'Jeu De Jeux', 'Jeux Sur Internet', 'Ecole Ingénieur', 'Dépanner et configurer votre réseau à domicile' (with '(Outil de Diagnostic)', 'Wi-Fi / Ethernet', 'Console de jeu', 'Imprimante', and 'Messagerie' listed below).

Document élaboré par :

Nom et prénom

NICA DORINA

CDC GM

DRIF

Révision linguistique

-
-
-

Validation

- ETTAIB Chouaïb

-
-

OBJECTIF DU MODULE**MODULE 12 : DETERMINATION DES PARAMETRES DE COUPE**

Code :

Durée : 15 h

**OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU
DE COMPORTEMENT****COMPORTEMENT ATTENDU**

Pour démontrer sa compétence, le stagiaire doit *déterminer les paramètres de coupe*.

Selon les conditions, les critères et les précisions qui suivent.

CONDITIONS D'ÉVALUATION

- Travail individuel

- À partir de :
 - Plan de définition, de fabrication
 - Gamme d'usinage
 - Données techniques

- À l'aide :
 - D'outils coupants
 - ARS, outil carbure, outils à plaquettes amovibles
 - De matière
 - De formulaires, d'abaques
 - De documentation fournisseurs
 - De machine outils

CRITÈRES GÉNÉRAUX DE PERFORMANCE

- Respect des règles de sécurité.
- Maîtrise d'essais de coupe
- Pertinence des résultats et souci d'optimisation
- Autonomie de situation

(à suivre)

OBJECTIF OPÉRATIONNEL DE PREMIER NIVEAU DE COMPORTEMENT (suite)

PRÉCISIONS SUR LE COMPORTEMENT ATTENDU

CRITÈRES PARTICULIERS DE PERFORMANCE

<p>A. Situer le problème</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Identification de la matière - Recensement des outils disponibles - Recherche des informations sur documentations spécialisées (outils, matières, porte-outil, nouveaux procédés,...) - Détermination d'une ligne d'action pour les essais
<p>B. Réaliser des essais de coupe</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Connaissance des différents facteurs influençant la coupe - Choix des outils de coupe (ARS, Carbures, Plaquettes,...) - Usinage en faisant varier les paramètres (avance, vitesse, profondeur, lubrifiant...) - Connaissance des limites d'utilisation d'une machine outil (puissance,...) - Fiches techniques d'essais bien renseignées : <ul style="list-style-type: none"> • caractéristiques techniques • nature des copeaux (couleur, forme,...)
<p>C. Analyser les paramètres</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Exploitation des résultats des fiches techniques - Exploitation des diagrammes
<p>D. Faire un choix</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Conditions de coupe optimum bien arrêtées en fonction des critères : <ul style="list-style-type: none"> Économiques <ul style="list-style-type: none"> • usure • durée de vie • volume copeaux Technologiques <ul style="list-style-type: none"> • nature de l'opération • qualité (dimensionnelle, état de surface) - Transférer ses choix au cas de production
<p>E. Suivre et s'adapter l'évolution technologique</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Créer une banque de données (fiche technique) - S'informer sur l'évolution technique des concepteurs d'outils et des "carburiers"

OBJECTIFS OPÉRATIONNELS DE SECOND NIVEAU

LE STAGIAIRE DOIT MAÎTRISER LES SAVOIRS, SAVOIR-FAIRE, SAVOIR PERCEVOIR OU SAVOIR ÊTRE JUGÉS PRÉALABLES AUX APPRENTISSAGES DIRECTEMENT REQUIS POUR L'ATTEINTE DE L'OBJECTIF DE PREMIER NIVEAU, TELS QUE :

Avant d'apprendre à situer le problème (A) :

1. Connaître la technologie des outils
2. Connaître les caractéristiques et la normalisation des matériaux

Avant d'apprendre à réaliser des essais de coupe (B) :

3. Maîtriser les bases d'utilisation d'une machine outil
4. Connaître les risques d'une machine outil
5. Savoir affûter un outil de tournage

Avant d'apprendre à analyser les paramètres (C) :

6. Savoir rendre visuel des informations
7. Savoir créer des tableaux de synthèse de résultats

Avant d'apprendre à faire un choix (D) :

8. Savoir lire des diagrammes, des tableaux, des matrices d'informations
9. Savoir dégager des priorités en fonction de l'objectif à atteindre

Avant d'apprendre à suivre et s'adapter l'évolution technologique (E) :

10. Savoir collecter des informations
11. Savoir archiver des données
12. Savoir rechercher des informations
13. Avoir l'ambition de suivre les améliorations des techniques des "carburiers"

DÉTERMINATION DES PARAMÈTRES DE COUPE

SOMMAIRE

DETERMINATION DES PARAMETRES DE COUPE

CHAPITRE 1

LES PARAMETRES DE COUPE.....	7
1. Principe.....	7
2. Explications des critères de choix.....	8
3. La vitesse de coupe.....	9
4. La vitesse d'avance en tournage.....	15
5. Profondeur de passe en tournage.....	15
6. Vitesse de rotation.....	16
7. L'avance en fraisage.....	17
8. Profondeur de passe en fraisage.....	18
9. Temps de coupe.....	18
10. Réglage des conditions de coupe.....	19

CHAPITRE 2

INFLUENCE DES PARAMETRES DE COUPE.....	23
1. Influence de l'usure sur le coût de l'usinage.....	23
2. Influence du métal à usiner sur la vitesse de coupe.....	24
3. Influence de l'angle de direction d'arête K_r sur l'usure de l'outil.....	25
4. Influence de la lubrification sur le couple (V_c , T).....	26
5. Influence de la nature du travail sur la vitesse de coupe.....	27
6. Limitations dues à la pièce, l'outil et à la machine.....	28

CHAPITRE 3

EMPLOI DES CARBURES.....	30
1. Types d'outil.....	30
2. Nuances.....	30
3. Désignation	30

BIBLIOGRAPHIE.....	32
---------------------------	-----------

Chapitre 1

Les paramètres de coupe

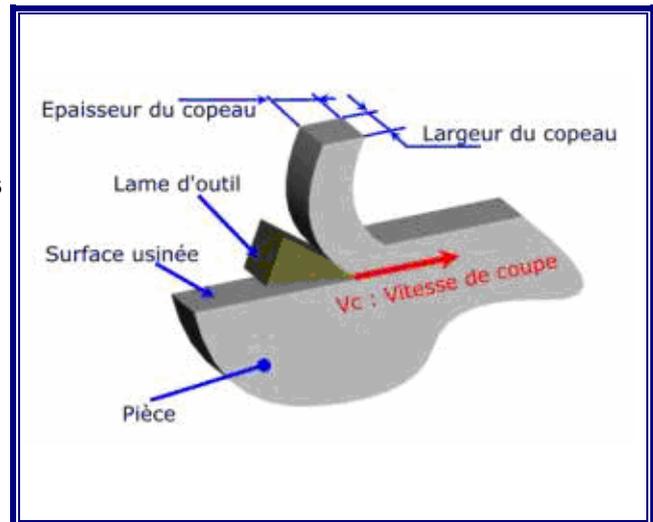
1. Principe

Lors d'un usinage par enlèvement de matière, on se retrouve, dans la majorité des cas, dans la configuration suivante :

Une lame d'outil pénètre dans la matière et enlève un copeau.

L'outil suit une trajectoire par rapport à la pièce à usiner. Ces mouvements sont assurés par les éléments constitutifs de la machine outil.

Pour obtenir un travail satisfaisant (bon état de la surface usinée, rapidité de l'usinage, usure modérée de l'outil, ...) on doit régler les paramètres de la coupe.

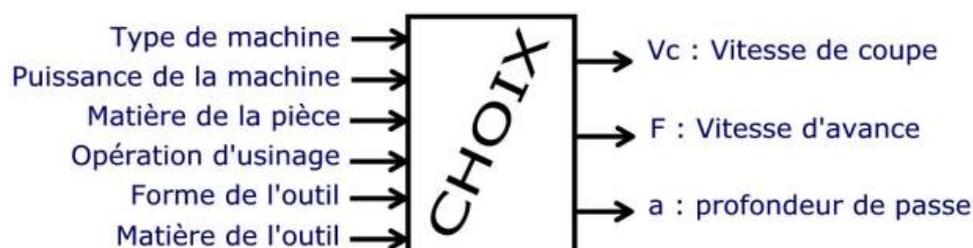


Il y a plusieurs critères qui permettent de définir les paramètres de la coupe, notamment :

- le type de machine (tournage, fraisage, perçage) ;
- la puissance de la machine ;
- la matière usinée (acier, aluminium) ;
- la matière de l'outil (ARS, carbure) ;
- le type de l'opération (perçage, chariotage, surfaçage).

L'objectif final est d'obtenir une pièce usinée dans de bonnes conditions. Pour cela il faut déterminer certains paramètres spécifiques :

- la vitesse de coupe : V_c ;
- la vitesse d'avance : F ;
- la profondeur de passe : a .



2. Explications des critères de choix

Tous ces critères sont intimement liés.

■ Type de machine

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

■ Puissance de la machine

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

- **Usinage en ébauche** : on cherche à enlever un maximum de matière en un minimum de temps, l'objectif est dans ce cas d'augmenter au maximum le débit de copeaux. Mais la machine doit être suffisamment puissante, ainsi que l'attachement pièce/porte-pièce, sinon la machine peut « caler » ou la pièce peut voler.
- **Usinage en finition** : cette fois, c'est la qualité de réalisation qui est importante. La surface doit être lisse, les cotes doivent être correctes. Comme les efforts en jeu sont plus faibles que pour une ébauche, la puissance de la machine n'est pas un critère primordial.

■ Matière de la pièce

Il est évident que les efforts de coupe ne sont pas les mêmes si vous usinez une pièce en polystyrène ou en acier. Donc la matière influe sur des choix relatifs à la puissance machine (entre autre).

■ Opération d'usinage

C'est la même idée que pour le type de machine.

■ Forme de l'outil

C'est la même idée que pour le type de machine.

■ Matière de l'outil

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

3. La vitesse de coupe : V_c [m/min]

Cela correspond au déplacement de l'arête de coupe par rapport à la pièce.

Il ne faut pas confondre V_c et F .

Unité : V_c en m/min.

Dans tout problème d'usinage, il est nécessaire pour des raisons technologiques et économiques de déterminer la valeur de V_c la mieux adaptée au travail à réaliser.

Ces valeurs ont été déterminées expérimentalement par des laboratoires spécialisés dans les essais de coupe.

Le choix de la vitesse de coupe dépend de nombreux paramètres dont les principaux sont :

- la durée de l'outil entre deux affûtages ;
- la nature et l'état du métal à usiner ;
- la nature de l'outil ;
- la lubrification ;
- le mode de travail de l'outil, pour un outil de rabotage travaillant dans les mêmes conditions, on choisira une valeur de V_c plus faible pour limiter les effets néfastes du choc à chaque passe.
- la section du copeau ($S \text{ mm}^2 = f \text{ mm} \times a \text{ mm}$).
 - a : profondeur de passe ;
 - f : avance.

CONCLUSION : Pour faire un choix judicieux de V_c il est nécessaire de tenir compte des paramètres précédents.

Les conditions de coupe imposées dans les tableaux sont données pour une durée de vie d'outil (entre deux affûtages ou rotation de plaquette) de 60 à 90 minutes.

Seuls des essais peuvent permettre de déterminer les conditions de coupe optimales.

La forme des outils influence le choix de la vitesse de coupe.

Les tableaux des vitesses en tournage sont donnés pour l'usinage à l'outil à chariot, pour les autres outils, il faut multiplier la vitesse trouvée par le coefficient k .

Outils	k
à charioter	1
couteau	0,8
à tronçonner	0,5
à aléser	0,7
à fileter	0,3

3.1 Étapes précédant le choix de V_c

- Choisir le matériau de coupe AR ou carbure en fonction essentiellement :
 - du genre de travail = ébauche (Eb), demi-finition (1/2 F), finition (F), retouche ;
 - de la quantité de pièces à usiner ;
 - du matériau à usiner ;
 - de la puissance disponible sur la broche de la machine.
- Choisir a .
- Choisir f en fonction de la rugosité demandée et du rayon de bec r_ϵ .

3.2 Choix de V_c

Les tableaux proposent pour chaque ligne une plage de vitesses utilisables (ex. . tableau 1).

a	f	V_c 60 à 90 min
1 à 4	0,2 à 0,4	60 à 45

Comme base de réglage pour un outil à charioter on peut prendre :

si	$a = 4$	$f = 0,4$	$V_c = 45$ m/min
si	$a = 1$	$f = 0,2$	$V_c = 60$ m/min

On remarque et c'est une règle que :

si $a \times f$ augmente, V_c doit diminuer

Les vitesses données (sauf pour les fontes) correspondent à un travail lubrifié.

TABLEAU 1 : Chariotage avec outil en acier rapide
des aciers non alliés et faiblement alliés, et des fontes grises

Aciers		Résistance à la rupture N/mm ²	Conditions de coupe			Outils acier rapide				Tour
			Prof. de passe <i>a</i> (mm)	(Avance) <i>f</i> (min/tr)	<i>V</i> de coupe m/min durée d'outil 60 à 90 mn	Nuance abrégée W-D-V-C	Angle de coupe (degré)	Rayon de bec (mm)	Section du corps de l'outil (mm × mm)	Puissance (kW)
Recuit	< 400°	0,2 à 1	0,1 à 0,2	65 à 60	6-5-2	20°	0,4	12 × 12	< 1	
		1 à 4	0,2 à 0,4	60 à 45			0,8	16 × 16	1 à 4	
		4 à 8	0,4 à 0,8	45 à 30			1,2	25 × 25	4 à 10	
Recuit	400 à 600°	0,2 à 1	0,1 à 0,2	55 à 52	6-5-2	18°	0,4	12 × 12	< 1	
		1 à 4	0,2 à 0,4	52 à 36			0,8	16 × 16	1 à 3	
		4 à 8	0,4 à 0,8	36 à 26			1,2	25 × 25	3 à 5	
Recuit	600 à 750°	0,2 à 1	0,1 à 0,2	50 à 45	6-5-2	14°	0,4	12 × 12	< 1	
		1 à 4	0,2 à 0,4	46 à 30			0,8	16 × 16	1 à 3	
		4 à 8	0,4 à 0,8	30 à 25			1,2	25 × 25	3 à 5	
Trempe revenu	750 à 900°	0,2 à 1	0,1 à 0,2	40 à 35	2-9-1-8	14°	0,4	12 × 12	< 1	
		1 à 4	0,2 à 0,4	35 à 25			0,8	16 × 16	1 à 3	
		4 à 8	0,4 à 0,8	25 à 20			1,2	25 × 25	3 à 5	
Trempe revenu	900 à 1 100°	0,2 à 1	0,1 à 0,2	28 à 22	2-9-1-8	14°	0,4	12 × 12	< 1	
		1 à 4	0,2 à 0,4	22 à 17			0,8	16 × 16	1 à 3	
		4 à 8	0,4 à 0,8	17 à 14			1,2	25 × 25	3 à 5	
Fontes	État	Dureté (HB)								
Ft 10-15	Ferritique recuite	< 150°	0,2 à 1	0,1 à 0,2	70 à 65	6-5-2	0°	0,4	12 × 12	< 1
			1 à 4	0,2 à 0,4	65 à 50			0,8	16 × 16	< 2
			4 à 8	0,4 à 0,8	50 à 35			1,2	25 × 25	2 à 6
Ft 20	Perlite ferrite moulée	160 à 200°	0,2 à 1	52 à 45	12-0-5-5	0°	0,4	12 × 12	< 1	
			1 à 4	0,2 à 0,4			45 à 35	0,8	16 × 16	< 2
			4 à 8	0,4 à 0,8			35 à 20	1,2	25 × 25	2 à 3
Ft 30	Perlite moulée	180 à 220°	0,2 à 1	0,1 à 0,2	45 à 40	12-0-5-5	0°	0,4	12 × 12	< 1
			1 à 4	0,2 à 0,4	40 à 30			0,8	16 × 16	< 2
			4 à 8	0,4 à 0,8	30 à 15			1,2	25 × 25	2 à 3
Ft 35	Perlite fine moulée	220 à 260°	0,2 à 1	0,1 à 0,2	30 à 28	12-0-5-5	0°	0,4	12 × 12	< 1
			1 à 4	0,2 à 0,4	28 à 22			0,8	16 × 16	< 2
			4 à 8	0,4 à 0,8	27 à 15			1,2	25 × 25	2 à 3

TABLEAU 2 : Chariotage avec outil en carbure
des aciers non alliés faiblement alliés et des fontes grises

Aciers	Résistance à la rupture (hbar)	Conditions de coupe			Outil carbure (plaquette à jeter)				Tour
		Prof. de passe <i>a</i> (mm)	Avance <i>f</i> (min/tr)	V. de coupe m/min durée d'outil 30 à 45 mn	Nuance ISO	Angle de coupe (degré)	Rayon de bec (mm)	Section du corps de l'outil (mm x mm)	Puissance (kW)
Recuit	< 40	0,2 à 1	0,1 à 0,2	280 à 270	P 20		0,2	12 x 12	< 3
		1 à 4	0,2 à 0,4	270 à 180	P 30		0,8	16 x 16	3 à 20
		4 à 8	0,4 à 0,8	180 à 130	P 40		1,6	25 x 25	20 à 35
Recuit	40 à 60	0,2 à 1	0,1 à 0,2	260 à 250	P 10	14	0,2	12 x 12	< 3
		1 à 4	0,2 à 0,4	250 à 160	P 20	14	0,8	16 x 16	3 à 20
		4 à 8	0,4 à 0,8	160 à 120	P 30	14	1,6	25 x 25	20 à 30
Recuit	60 à 75	0,2 à 1	0,1 à 0,2	200 à 190	P 10	6	0,2	12 x 12	< 3
		1 à 4	0,2 à 0,4	190 à 130	P 20	6	0,8	16 x 16	3 à 15
		4 à 8	0,4 à 0,8	130 à 90	P 30	12	1,6	25 x 25	15 à 30
Trempe revenu	75 à 90	0,2 à 1	0,1 à 0,2	180 à 170	P 10	6	0,2	12 x 12	< 3
		1 à 4	0,2 à 0,4	170 à 120	P 20	6	0,8	16 x 16	3 à 10
		4 à 8	0,4 à 0,8	120 à 80	P 30	12	1,6	25 x 25	10 à 30
Trempe revenu	90 à 110	0,2 à 1	0,1 à 0,2	170 à 160	P 10	0	0,2	12 x 12	< 3
		1 à 4	0,2 à 0,4	160 à 115	P 10	6	0,8	16 x 16	3 à 10
		4 à 8	0,4 à 0,8	115 à 75	P 20	6	1,6	25 x 25	10 à 30
Trempe recuit	110 à 130	0,2 à 1	0,1 à 0,2	160 à 150	P 01	0	0,2	12 x 12	< 2
		1 à 4	0,2 à 0,4	150 à 100	P 10	6	0,8	16 x 16	2 à 10
		4 à 8	0,4 à 0,8	100 à 65	P 20	6	1,6	25 x 25	10 à 20
Trempe revenu	130 à 145	0,2 à 1	0,1 à 0,2	110 à 105	P 01	0	0,2	12 x 12	< 2
		1 à 4	0,2 à 0,4	105 à 75	P 10	0	0,8	16 x 16	2 à 8
		4 à 8	0,4 à 0,8	75 à 50	P 20	6	1,6	25 x 25	8 à 20
Fontes	Dureté (HB)								
Ft 10-15	< 150	0,2 à 1	0,1 à 0,2	260 à 240	K10-M10	-7	0,4	12 x 12	< 2
		1 à 4	0,2 à 0,4	240 à 190	K10-M10	-7	0,8	16 x 16	2 à 10
		4 à 8	0,4 à 0,8	190 à 130	K20-M20	-7	1,6	25 x 25	10 à 30
Ft 20	160 à 200	0,2 à 1	0,1 à 0,2	190 à 180	K10-M10	-7	0,4	12 x 12	< 2
		1 à 4	0,2 à 0,4	180 à 140	K10-M10	-7	0,8	16 x 16	2 à 10
		4 à 8	0,4 à 0,8	140 à 100	K20-M20	-7	1,6	25 x 25	10 à 20
Ft 30	180 à 220	0,2 à 1	0,1 à 0,2	140 à 130	K10-M10	-7	0,4	12 x 12	< 2
		1 à 4	0,2 à 0,4	130 à 110	K10-M10	-7	0,8	16 x 16	2 à 10
		4 à 8	0,4 à 0,8	110 à 80	K20-M20	-7	1,6	25 x 25	10 à 20
Ft 35	220 à 260	0,2 à 1	0,1 à 0,2	110 à 100	K10-M10	-7	0,4	12 x 12	< 1
		1 à 4	0,2 à 0,4	100 à 85	K10-M10	-7	0,8	16 x 16	1 à 7
		4 à 8	0,4 à 0,8	85 à 60	K20-M20	-7	1,6	25 x 25	7 à 15

TABLEAU 3 : Chariotage avec outil
en acier rapide des alliages légers et cuivreux. Durée d'outil 60 à 90 min.

Alliages légers	Dureté (HB)	Conditions de coupe			Acier rapide nuance 6-5-2 (W.D.V)	Outil					
		Prof. de passe (mm)	Avance (mm/tr)	Vitesse de coupe m/min		Angle de coupe γ_o (degré)	Rayon de bec r_e (mm)	Section du corps de l'outil (mm x mm)			
Légers sans silicium	15	0,2 à 1	0,1 à 0,2	1 000 à 900	Acier rapide nuance 6-5-2 (W.D.V)	20 à 30°	0,5	12 x 12			
	à 90	1 à 4	0,2 à 0,4	900 à 800			1,2	16 x 16			
		4 à 8	0,4 à 0,8	800 à 700			2,0	25 x 25			
Légers avec silicium ($\leq 5\%$)	90	0,2 à 1	0,1 à 0,2	800 à 700		Acier rapide nuance 6-5-2 (W.D.V)	20 à 30°	0,5	12 x 12		
	à 160	1 à 4	0,2 à 0,4	700 à 650				1,2	16 x 16		
		4 à 8	0,4 à 0,8	650 à 600				2,0	25 x 25		
Légers avec silicium ($\leq 13\%$)		0,2 à 1	0,1 à 0,2	600 à 500			Acier rapide nuance 6-5-2 (W.D.V)	20 à 30°	0,5	12 x 12	
		1 à 4	0,2 à 0,4	500 à 450					1,2	16 x 16	
		4 à 8	0,4 à 0,8	450 à 400					2,0	25 x 25	
Alliages cuivreux											
Bronzes Laitons Maillechorts	60	0,2 à 1	0,1 à 0,2	130 à 110				Acier rapide nuance 6-5-2 (W.D.V)	6 à 15°	0,5	12 x 12
	à 100	1 à 4	0,2 à 0,4	110 à 80						1,2	16 x 16
		4 à 8	0,4 à 0,6	80 à 70	2					25 x 25	
Cupro-aluminium Cupro-nickels	130	0,2 à 1	0,1 à 0,2	120 à 100	Acier rapide nuance 6-5-2 (W.D.V)				6 à 15°	0,5	12 x 12
	à 200	1 à 4	0,2 à 0,4	100 à 75						1,2	16 x 16
		4 à 8	0,4 à 0,8	75 à 70		2				25 x 25	

TABLEAU 4 : Vitesse de coupe et d'avance en perçage
avec un foret en acier rapide nuance 6-5-2

Matériaux		Vitesse de coupe en m/mm	∅ du trou	2 à 4	5 à 7	8 à 12	13 à 20	21 à 30
			Angle au sommet du foret et hélice	Avance en mm par tour				
Aciers non alliés et faiblement alliés	$R_m < 450 \text{ N/mm}^2$	28 à 30	$\delta = 118^\circ$ hélice standard	0,08 à 0,12	0,12 à 0,16	0,17 à 0,25	0,26 à 0,3	0,32 à 0,40
	$450 \leq R_m \leq 650$	24 à 26	$\delta = 118^\circ$ hélice standard	0,08 à 0,16	0,12 à 0,16	0,17 à 0,25	0,26 à 0,3	0,32 à 0,40
	$650 \leq R_m < 900$	20 à 20	$\delta = 120^\circ$ hélice standard	0,05 à 0,08	0,10 à 0,12	0,12 à 0,15	0,15 à 0,20	0,25 à 0,30
Fonte grise Ft 10 à Ft 20		40	$\delta = 118^\circ$ hélice standard	0,08 à 0,12	0,12 à 0,16	0,17 à 0,25	0,26 à 0,35	0,35 à 0,40
Laitons Bronzes Maillechorts		40 à 100	$\delta = 120^\circ$ hélice longue	0,12	0,16	0,25	0,3	0,40
Alliage d'aluminium laminés (1 050-2 017...) moulés (AS 13-AS 7 G...)		60 à 200	$\delta = 140^\circ$ hélice courte	0,12	0,16	0,25	0,3	0,40
Matières plastiques		• dures	$\delta = 70^\circ$	0,14	0,18	0,20	0,22	0,25
		• tendres	$\delta = 140^\circ$	0,08	0,10	0,12	0,12	0,16

TABLEAU 5 : Fraisage

Surfaçage en bout, en roulant et en fraisage combiné (fig. 1).

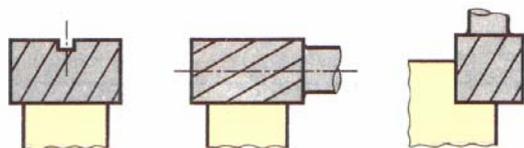


Figure 1

NOTA : A l'exception de la fonte ces valeurs sont données pour un usinage avec lubrification, si l'outil est en acier rapide ou sans lubrification, si l'outil est à plaquette carbure.

Matière	R_m ou HB	Vitesses de coupe moyennes en m/mm	
		Outil en acier rapide*	Outil à plaquette carbure** Nuances
Aciers non alliés ou faiblement alliés	$R_m < 600$	32 à 45	P 10 200 à 235
	$600 < R_m < 800$	25 à 32	P 35 150 à 235
	$800 < R_m < 1\ 100$	15 à 25	125 à 150
	$1\ 100 < R_m < 1\ 400$	8 à 15	100 à 125
Fontes grises Ft 10-15 et 20	$110 < HB < 140$	30 à 50	k 20 80 à 100
			M10-20 150 à 160
Fontes grises Ft 25 - Ft 30	$150 < HB < 200$	20 à 30	80 à 100 150 à 160
Fonte malléable	$R_m < 420$	32 à 45	60 à 75 110 à 140
Laitons Bronzes Maillechorts	$60 < HB < 100$	70 à 30	150 à 300
Cupro-aluminiums et cupro-nickels	$130 < HB < 200$	30 à 15	80 à 130
Alliages légers au silicium		300 à 60	k 10 130 à 300
Alliages légers sans silicium	$15 < HB < 90$	600 à 300	300 à 600

* Acier rapide Z 85 WCDV 6-5-4-2 pour les autres nuances les vitesses restent approximativement les mêmes.

** La nuance de la plaquette carbure à utiliser est fonction : du matériau à usiner, du genre de travail (E, 1/2 F, F) et du mode de travail (production du copeau par choc ou continu). La vitesse de coupe utilisée doit rigoureusement tenir compte de la nuance de la plaquette choisie.

Exercices

Déterminer la vitesse de coupe V_c dans les cas suivants :

1. Chariotage au tour

1.1 Pièce en Ft 20, $a = 3$, $f = 0,2$

Outil :

- a) en acier rapide ;
- b) à plaquette carbure M 20.

1.2 Pièce en XC 65 $R_m = 800 \text{ N/mm}^2$, $a = 6$, $f = 0,4$

Outil :

- a) en acier rapide ;
- b) à plaquette carbure P 20.

2. Surfaçage mixte à la fraise

2.1 Pièce en AS 13, $a = 5$, $f = 0,3$

Outil :

- a) en acier rapide ;
- b) à plaquette carbure K 10.

2.2 Pièce en 35 CD 4, $R_m = 130 \text{ N/mm}^2$, $a = 1$, $f = 0,1$

Outil à plaquette :
carbure P 10.

3. Perçage avec un foret hélicoïdal en acier rapide :

- a) pièce Cu Zn 8 P ;
- b) pièce 2 017 ;
- c) pièce 42 CD 4, $R_m = 900 \text{ N/mm}^2$.

4. La vitesse d'avance en tournage : V_f [mm/min]

Cela correspond à la vitesse de déplacement de l'outil sur la trajectoire d'usinage. C'est cette trajectoire qu'il faut suivre afin que l'outil usine la forme souhaitée.

Unité : V_f en mm/min.

Le choix se fait en fonction des éléments suivants :

Type de travail à réaliser	Etat de surface	Type d'outil	Pièce
Chariotage Alésage, etc	Rugosité Précision	Matériau : carbure acier à coupe rapide céramique	Rigidité (pièces dites déformables) Nature du matériau

5. La profondeur de passe en tournage : a [mm]

La combinaison de V_f et a permet de déterminer le volume du copeau. La profondeur de passe est nécessaire afin de déterminer la quantité de matière qui va être séparée de la pièce sous forme de copeau.

Unité : a en mm.

Le choix se fait en fonction de la surépaisseur de métal à enlever et les limites sont déterminées par :

Limite maximum	Copeau taillé maximum
Puissance de la machine Rigidité pièce et outil Nature du matériau à usiner	Finesse de l'arrête tranchante Forme du bec de l'outil Nature du matériau Etat de la machine

6. Vitesse de rotation . Calcul n (tr/min)

$$V_c \text{ (m/min)} = \pi \cdot D \text{ (m)} \cdot n \text{ (tr/min)}$$

d'où :

$$n \text{ (tr/min)} = \frac{V_c \text{ (m/min)}}{\pi D \text{ (m)}}$$

$$V_c \text{ (m/min)} = \pi \cdot D \text{ (mm)} \cdot n \text{ (tr/min)}$$

d'où :

$$n \text{ (tr/min)} = \frac{V_c \text{ (mm/min)}}{\pi D \text{ (mm)}}$$

Exercices

Matières usinées	Vc	4/3 Vc	Chariotage finition
A 60	50	Vc	Chariotage ébauche
Fonte grise	40	3/4 Vc	Perçage – Alésage
Bronze	100	1/2 Vc	Tronçonnage
Laiton	250	1/3 Vc	Filetage
Alliages légers	300	1/4 Vc	Alésoir machine

- Outil en carbure métallique. Pièce Ft 20 de $\varnothing = 50$ mm.

$V_c = 150$ m/min, déterminée sur le tableau ci-dessus.

$$n \text{ (tr/min)} = \frac{V_c \text{ (mm/min)}}{\pi D \text{ (mm)}} = \frac{150000 \text{ mm/min}}{3 \times 50 \text{ mm}} = 1000 \text{ tr/min} .$$

- Outil en carbure métallique. Pièce A60.

$V_c = 200$ m/min, donnée par tableau page 16.

$$n \text{ (tr/min)} = \frac{V_c \text{ (mm/min)}}{\pi D \text{ (mm)}} = \frac{200000}{3 \times 75} \cong 890 \text{ tr/min.}$$

7. L'avance en fraisage

L'avance s'exprime par le **déplacement de la pièce en millimètres** pour :

- une dent, c'est l'avance par dent, ***fz*** ;
- un tour, c'est l'avance par tour, ***f*** ;
- une minute, c'est l'avance par minute, ***Vf*** ;

$$Vf = fz \times Z \times n$$

Z : nombre de dents de la fraise ;

n : fréquence de rotation en tr/min.

Les valeurs de ***fz*** sont indiquées dans le tableau ci-dessous ; elles dépendent principalement de la matière à usiner, du matériau de l'outil et du type de fraise utilisé.

Fraisage de face	Outil A.R.S.			Outil carbure	
	Vc		fz	Vc	fz
	Ebauche	Finition			
Aciers Rm ≤ 70 hbar	22	26	0,15	90	0,2
Aciers Rm de 70 à 100 hbar	18	22	0,12	70	0,2
Aciers Rm de 100 à 120 hbar	16	20	0,1	60	0,15
Fonte Ft 20	22	26	0,15	7	0,25
Fonte GS	16	20	0,12	60	0,2
Laiton	60	80	0,1	220	0,3
Bronze	40	55	0,1	180	0,2
Alliages d'aluminium	100	140	0,1	250	0,2

COEFFICIENTS DE CORRECTION À APPORTER A L'AVANCE PAR DENT fz EN EBAUCHE	
Fraise 1 taille à surfer : K = 1	Fraise 2 dents à rainurer : K = 0,4
Fraise 2 taille à queue : K = 0,4	Fraise 3 taille : K = 0,4
Fraise 2 taille à trou : K = 0,7	Fraise à profil constant : K = 0,4
Finition : $fz = \frac{fz}{2}$ (ébauche)	

Application

Calculez V_f pour une opération d'ébauche sur pièce en bronze avec une fraise 2 tailles à queue $\varnothing = 32$, en A.R.S. de $Z = 5$ dents, $n = 400$ tr/min.

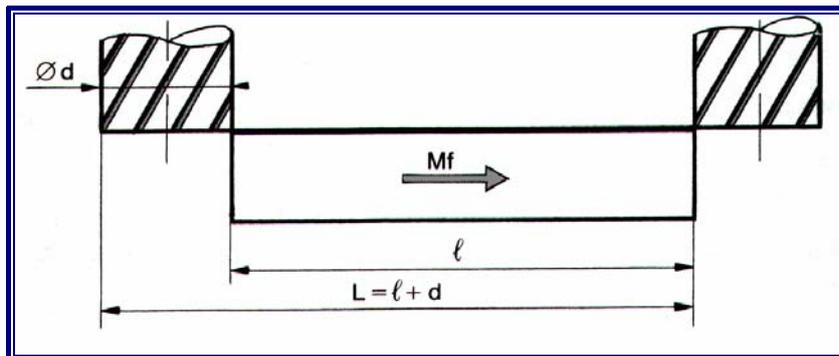
D'après le tableau on trouve $f_z = 0,1$ mm et $V_c = 40$ m/min, $K = 0,4$.

$$f_z = 0,1 \times 0,4 = 0,04 \text{ mm}$$

$$\text{D'où : } V_f = f_z \times Z \times n = 0,04 \times 5 \times 400 = 80 \text{ mm/min}$$

8. Profondeur de passe en fraisage

La profondeur de passe **ap** dépend de la surépaisseur à usiner, ainsi que de la nature de l'opération (ébauche ou finition). Elle tend à diminuer, lorsque les exigences dimensionnelles, géométriques et d'état de surface deviennent plus rigoureuses. Elle ne doit pas être cependant inférieure au copeau minimum. La valeur maximale de **ap** est limitée par la rigidité de l'outil et la puissance de la machine.



9. Temps de coupe

Si L représente le longueur de la passe en millimètres, le temps de coupe t_c correspondant pour l'effectuer est déterminé par la relation :

$$t_c = \frac{L}{V_f}$$

t_c : temps de coupe en minutes ;

V_f : avance en mm/min de la pièce.

Exemple

Calculer le temps de coupe pour une opération de surfacage avec une fraise 2 tailles à trous $\varnothing 63$ de $Z = 8$ dents ; vitesse de coupe utilisée $V_c = 16$ m/min ; avance par dent $f_z = 0,1$ mm ; longueur de la pièce $l = 96$ mm.

Solution :

$$n = \frac{1000 V_c}{\pi d} = \frac{1000 \times 16}{3,14 \times 63} = 80 \text{ tr/min}$$

$$V_f = f_z \times Z \times n = 0,1 \times 8 \times 80 = 64 \text{ mm/min}$$

$$L = l + d = 96 + 63 = 159 \text{ mm}$$

Temps de coupe :

$$t_c = \frac{L}{V_f} = \frac{159}{64} = \mathbf{2 \text{ min } 30 \text{ s}}$$

Maintenant on va mettre en place ces paramètres de coupe dans le cas du tournage et du fraisage.

10. Réglage des conditions de coupe

Maintenant il faut **régler les conditions de coupe sur la machine**. En fait on n'agit que sur 3 paramètres :

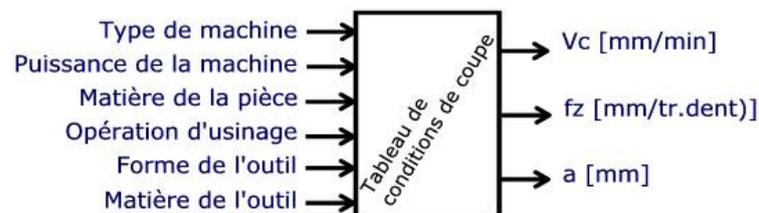
N : le taux de rotation de la pièce en tournage, ou de l'outil en fraisage ;

V_f : la vitesse d'avance suivant la trajectoire d'usinage, en fait on détermine d'abord f_z ;

a : la profondeur de passe.

Il est donc nécessaire de déterminer les relations entre V_c , V_f et N . On fixera la profondeur de passe, a , suivant une valeur maximum donnée par le tableau.

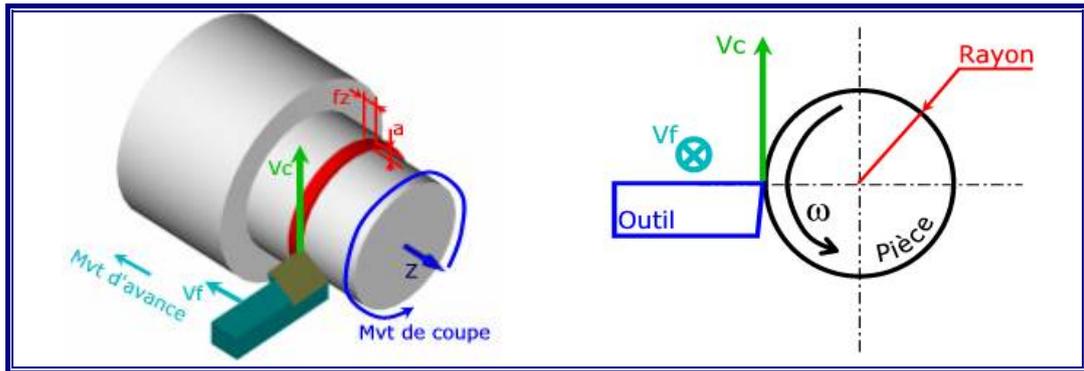
Vous disposerez d'un tableau de caractéristiques de coupe. Il permet de définir V_c , f_z et a en fonction du type de machine, de l'outil, de la matière.



11. Le cas du tournage

Le mouvement de coupe anime la pièce (pièce tournante). On en déduit la vitesse de coupe V_c .

Le mouvement d'avance est un mouvement de translation de l'outil par rapport à la pièce. On en déduit V_f .



5.1 La vitesse de coupe

On cherche à déterminer la relation entre la vitesse de coupe, V_c , et le taux de rotation, ω de la pièce. C'est une formule que vous connaissez bien.

Relation entre ω et V_c en utilisant les unités internationales : $V_c = R\omega \Rightarrow \omega = \frac{V_c}{R}$ avec V_c en m/s, R en m et ω en rd/s.

Cependant, en usinage, on utilise les unités suivantes :

- V_c en m/min, D en m et N en tr/min ;
- on utilise le diamètre au lieu du rayon ;
- on utilise un taux de rotation, N , exprimé en tour par minute au lieu de, ω , en rd/s.

La formule devient : $N = \frac{1000 V_c}{\pi D}$.

Le diamètre correspond à la position de la pointe de l'outil. Il y a 2 cas de figure :

- On usine parallèlement à l'axe de broche. La surface générée est un cylindre $\Rightarrow D = \text{diamètre du cylindre}$;
- On usine perpendiculairement à l'axe de broche. La surface générée est un plan $\Rightarrow D = 2/3 \text{ diamètre maxi du plan}$.

5.2 La vitesse d'avance

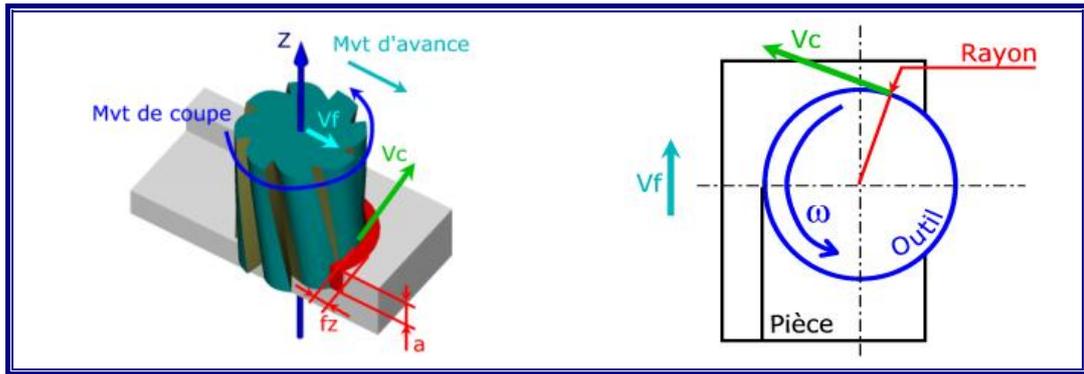
Voici maintenant la relation entre la vitesse d'avance et le taux de rotation : $V_f = fz \cdot N$

V_f en mm/min, fz en mm/(tr. dent) et N en tr/min.

fz correspond à la capacité de coupe de l'arête de coupe (la dent) pour une rotation de 1 tour de la pièce. En d'autre terme, fz correspond à la distance que l'arête de coupe va parcourir à chaque tour de la pièce.

12. Cas du fraisage

Le mouvement de coupe anime l'outil (fraise tournante). Le mouvement d'avance est un mouvement de translation de l'outil.



6.1 La vitesse de coupe

On cherche à déterminer la relation entre la vitesse de coupe, V_c , et le taux de rotation, ω , de la fraise. C'est une formule que vous connaissez bien.

Relation entre ω et V_c en utilisant les unités internationales : $V_c = R\omega \Rightarrow \omega = \frac{V_c}{R}$, V_c en m/s, R en m et ω en rd/s.

Cependant, en usinage, on utilise les unités suivantes :

- V_c en m/min, D en m et N en tr/min ;
- on utilise le diamètre au lieu du rayon ;
- on utilise un taux de rotation, N , exprimé en tour par minute au lieu de, ω , en rd/s.

La formule devient : $N = \frac{1000 V_c}{\pi D}$, D correspond au diamètre de la fraise.

6.2 La vitesse d'avance

Voici maintenant la relation entre la vitesse d'avance et le taux de rotation : $V_f = z \cdot f_z \cdot N$

z est le nombre de dents de la fraise, V_f en mm/min, f_z en mm/(tr.dent) et N en tr/min.

f_z correspond à la capacité de coupe de l'arête de coupe (la dent) pour une rotation de 1 tour de l'outil. En d'autre terme, f_z correspond à la distance que la dent va parcourir à chaque tour de la fraise. Sur une fraise il peut y avoir plusieurs dents, donc plusieurs arêtes de coupe. On prend donc en compte ce nombre : z .

13. Formulaire

V_c en m/min, D en m et N en tr/min.

$N = \frac{1000 V_c}{\pi D}$, D correspond au diamètre de la surface usinée ou de la fraise ; z est le nombre

de dents de l'outil, V_f en mm/min, f_z en mm/(tr.dent) et N en tr/min.

$$V_f = z \cdot f_z \cdot N,$$

avec $z = 1$ en tournage puisqu'il n'y a qu'une seule arête de coupe (1 seule dent).

14. Tableau des conditions de coupe

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

V_c en m/min, D en m et N en tr/min.
 z est le nombre de dents de l'outil.

$$V_f = z \cdot f_z \cdot N$$

V_f en mm/min, f_z en mm/(tr.dent).

TOURNAGE (Attention : pour les gorges et le tronçonnage : prendre 50% des valeurs de tournage ci dessous)													
Matières	Rr MPa	Outil ARS						Outil Carbure					
		γ	Ebauche			Finition		γ	Ebauche			Finition	
			V60 m/min	a max mm	f mm/tr	V60 m/min	f mm/tr		V60 m/min	a max mm	f mm/tr	V60 m/min	f mm/tr
Acier S235	500	18°	30	2	0.1	45	>0.04	14°	150	2	0.2	250	>0.10
Acier INOX	500	14°	27	2	0.1	32	>0.04	8°	105	2	0.2	115	>0.10
Acier 35CD4	1100	10°	20	2	0.1	28	>0.04	0°	100	2	0.2	160	>0.10
PVC	60	15°	90	4	0.3	150	>0.10	8°	100	4	0.3	150	>0.20
Nylon PA6	80	15°	90	2	0.2	120	>0.05	5°	100	2	0.35	180	>0.12
Plexi PMMA	78	15°	75	2	0.2	90	>0.10	10°	100	2	0.25	150	>0.12
Laiton UZ30	400	10°	70	1	0.3	110	>0.02	20°	200	2	0.3	230	>0.10
BronzeUE12P	200	10°	32	2	0.2	43	>0.02	20°	90	2	0.3	120	>0.10
Dural AU4G	280	22°	200	2	0.3	250	>0.02	25°	400	3	0.4	500	>0.10

FRAISAGE EN BOUT (surfaçage)													
Matières	Rr MPa	Fraises ARS						Plaquettes Carbure					
		γ	Ebauche			Finition		γ	Ebauche			Finition	
			V60 m/min	a max mm	fz mm/(tr.d)	V60 m/min	fz mm/(tr.d)		V60 m/min	a mm	fz mm/(tr.d)	V60 m/min	fz mm/(tr.d)
Acier S235	500	20°	29	2	0.11	40	>0.06	20°	100	2	0.2	120	>0.07
Acier INOX	500	20°	18	2	0.08	22	>0.05	15°	72	2	0.15	92	>0.07
Acier 35CD4	1100	12°	20	2	0.06	25	>0.04	12°	80	2	0.12	90	>0.07
PVC	60	20°	200	4	0.2	300	>0.50	20°	800	4	0.3	1000	>0.07
Nylon PA6	80	20°	100	2	0.15	200	>0.20	20°	400	2	0.35	500	>0.07
Plexi PMMA	78	0°	60	2	0.15	80	>0.20						
Laiton UZ30	400		72	1	0.09	95	>0.07		130	2	0.5	180	>0.16
BronzeUE12P	200		23	1	0.07	31	>0.06		60	2	0.2	82	>0.16
Dural AU4G	280	20°	150	1	0.07	190	>0.06	20°	500	3	0.1	800	>0.08

FRAISAGE EN ROULANT (rainurage, combiné...)													
Matières	Rr MPa	Fraises A.R.S. ($\varnothing > 20$)						Fraises A.R.S. ($\varnothing < 20$)					
		γ	Ebauche			Finition		γ	Ebauche			Finition	
			V60 m/min	a maxi mm	fz mm/(tr.d)	V60 m/min	fz mm/(tr.d)		V60 m/min	a maxi mm	fz mm/(tr.d)	V60 m/min	fz mm/(tr.d)
Acier S235	500	20°	25	2	0.08	32	>0.05	20°	19	2	0.03	22	>0.03
Acier INOX	500	20°	24	2	0.06	28	>0.04	20°	16	2	0.03	18	>0.03
Acier 35CD4	1100	20°	18	2	0.04	24	>0.03	12°	16	2	0.03	20	>0.03
Laiton UZ30	400	10	72	2	0.16	90	>0.03		41	3	0.01	46	>0.01
BronzeUE12P	200	10	30	2	0.18	35	>0.03		18	3	0.01	22	>0.01
Dural AU4G	280	20°	240	2	0.07	270	>0.06	20°	95	5	0.05	105	>0.03

PERÇAGE, ALÉSAGE												
Matières	Rr MPa	Forets et alésoirs ARS						Tarauds A.R.S.				
		γ	Perçage			Alésage		Alésage		Tarauds A.R.S.		
			V60 m/min	angle pointe	angle hélice	$\varnothing < 10$ f mm/tr	$\varnothing > 10$ f mm/tr	V60 m/min	a mm	$\varnothing < 20$ f mm/tr	V60 m/min	Lubrifiant
Acier S235	500	25°	25	135°	30°	0.025 ϕ	>0.05	12.5	>0.20	0.3	12	Huile de coupe
Acier INOX	500	25°	20	120°	30°	0.02 ϕ	>0.04	8	>0.20	0.15	6	Huile soluble
Acier 35CD4	1100	25°	22	120°	30°	0.012 ϕ	>0.03	9	>0.20	0.17	10	Huile de coupe
PVC	60		60	135°	30°	0.02 ϕ		non	non	non	15	Air comprimé
Nylon PA6	80	0°	30	100°	30°	0.02 ϕ		non	non	non	15	Air comprimé
Plexi PMMA	78	0°	40	140°	30°	0.02 ϕ		non	non	non	10	Air comprimé
Laiton UZ30	400	18°	45	120°	15°	0.03 ϕ	>0.03	30	>0.20	0.4	13	a sec
BronzeUE12P	200	10°	20	120°	30°	0.037 ϕ	>0.03	12	>0.20	0.9	7	Huile de coupe
Dural AU4G	280	35°	65	140°	30°	0.032 ϕ	>0.06	30	>0.20	0.4	18	Pétrole

Chapitre 2

Influence des paramètres de coupe

1. Influence de l'usure sur le coût de l'usinage

Le coût de l'usinage comprend :

- le coût d'utilisation de la machine (salaire, amortissement, etc.),
- le coût de l'outillage (réaffûtage, amortissement...),
- les frais fixes.

Quand la vitesse de coupe augmente, la durée de l'usinage diminue mais la durée de coupe de l'outil diminue (usure plus rapide). En conclusion le coût d'utilisation de la machine diminue tandis que le coût de l'outillage par pièce augmente.

En fonction de la vitesse de coupe (V_c) le coût de l'usinage suit une courbe dont l'allure générale prend la forme de la figure 1.

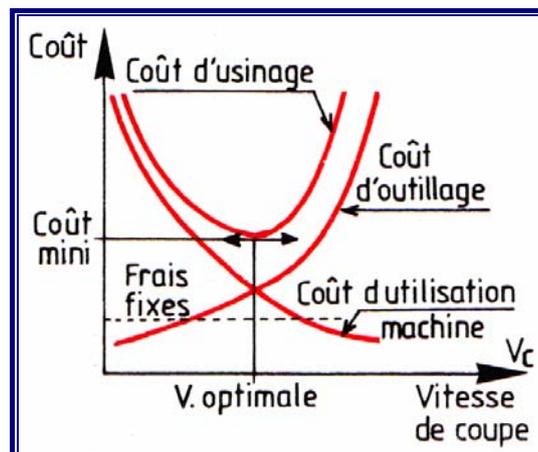


Figure 1

Cette courbe montre qu'il existe une vitesse de coupe correspondant au coût minimal de l'usinage.

CONCLUSION

La recherche de la vitesse de coupe optimale doit tenir compte simultanément de deux impératifs.

1. Diminuer la durée de l'usinage.
2. Réduire les frais d'outillage.

2. Influence du métal à usiner sur la vitesse de coupe

2.1 Nature du matériau à usiner

L'abaque, figure 2, est établie avec les mêmes conditions de coupe (a , f , lubrification, etc.) pour cinq matériaux à usiner. Si on choisit une durée de coupe $T = 60$ min, la vitesse (V_c en m/min) à adopter sera selon les matériaux :

1. Laiton de décolletage	57
2. Acier $R_m = 400$ N/mm ²	45
3. Acier $R_m = 600$ N/mm ²	40
4. Fonte non alliée HB 200	32
5. Acier $R_m = 800$ N/mm ²	27

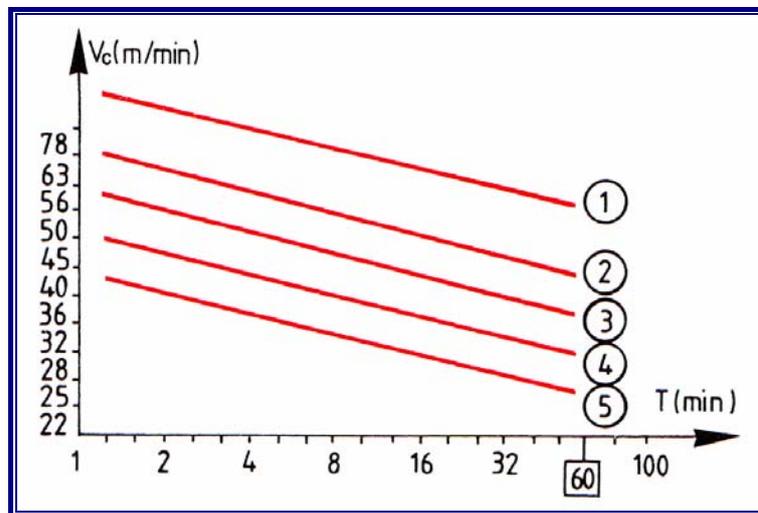


Figure 2. Relation entre T et V_c pour 5 matériaux.

CONCLUSION

Dans des conditions de coupe stabilisées, pour une durée de coupe identique, la vitesse de coupe est fonction du matériau à usiner. Pour l'acier si R_m (résistance à la rupture) augmente, V_c diminue.

$V_c \searrow$ quand $R_m \nearrow$

2.2 Amélioration de l'usinabilité

L'acier étant de loin le métal le plus usiné en mécanique, les aciéristes ont cherché à améliorer son usinabilité en agissant sur :

■ La composition

La composition par l'introduction de :

- soufre (entre 0,2 et 0,4 %). Les aciers obtenus s'usinent bien mais sont impropres à la soudure et aux traitements thermiques ;
- plomb (0,15 %). Les aciers obtenus s'usinent bien et peuvent subir des traitements thermiques et soudure.

■ **La structure métallographique**

Par exemple, pour les aciers dont le pourcentage de carbone est inférieur à 0,15, on recherche une structure ferrite perlite à grains fins.

CONCLUSION

Le tableau ci-dessous montre dans le cas d'un travail de chariotage avec un outil en acier rapide, que pour une même durée de coupe, la présence d'éléments d'addition permet une augmentation de la vitesse de coupe.

Matériaux	% d'augmentation de Vc
XC 38	Référence
XC 38 avec 0,05% de S	+ 10 à + 15 %
XC 38 avec Pb	+ 20 %
XC 38 avec Se*	+ 15 à + 20 %

* Se : Sélénium

3. Influence de l'angle de direction d'arête K_r sur l'usure de l'outil

Expériences (fig. 3)

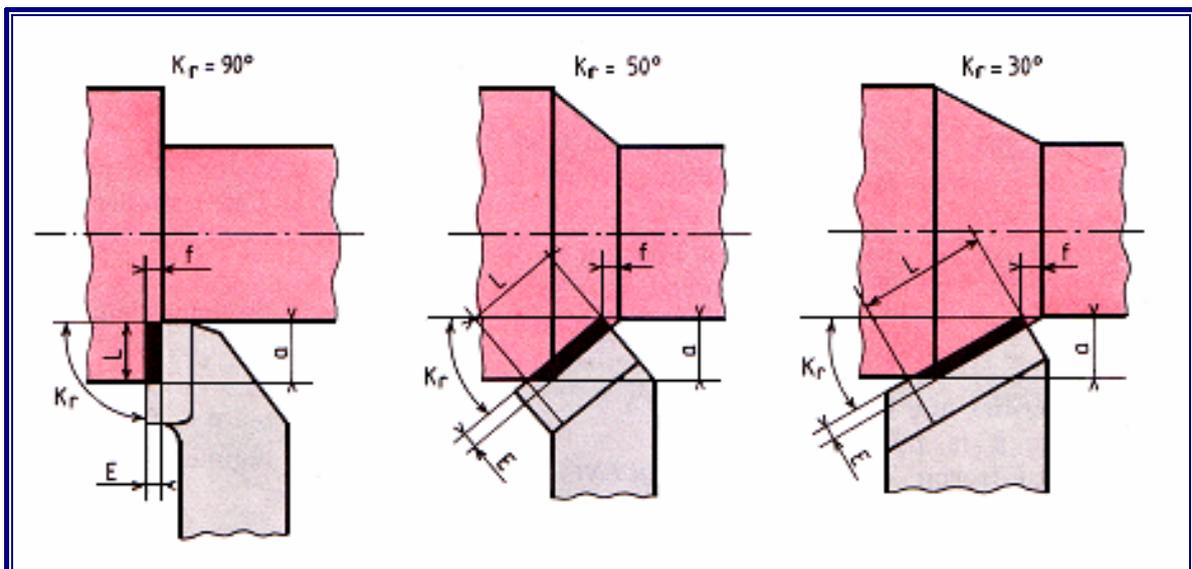


Figure 3. Résultats relevés pour 3 outils en acier rapide avec $a = 8 \text{ mm}$ et $f = 2 \text{ mm}$.

On effectue une suite d'essais avec trois outils d'angles K_r différents, toutes les autres conditions de coupe sont identiques :

Puissance absorbée	$K_r = 90^\circ$	$K_r = 50^\circ$	$K_r = 30^\circ$
	3 200 W	3 400 W	3 800 W
Durée T pour $V_c = 12,5$ m/min	2 h	8 h 5	12 h
V_c possible pour une durée $T = 2$ h	12,5 m/min	14,5 m/min	18 m/min
l en mm	8	10,4	16
E en mm	2 ($E = f$)	1,53 $E < f$	1 $E < f$
S en mm ²	16		

CONCLUSIONS

- La durée de vie de l'outil dépend de l'angle de direction d'arête K_r , l'usure est plus rapide quand l'épaisseur E du copeau augmente (outil couteau).
- Pour une même section S de copeau, la puissance absorbée est plus faible quand l'angle K_r augmente.

4. Influence de la lubrification sur le couple (V_c , T)

La tenue de coupe d'un outil (surtout pour les outils en acier à coupe rapide) est nettement améliorée par un refroidissement abondant de l'arête tranchante et du copeau (V_c lubrifié = $3/2V_c$).

Dans la plupart des cas d'usinage des aciers, la lubrification permet une augmentation de la vitesse de coupe pour une durée de vie de l'outil équivalente (fig. 4).

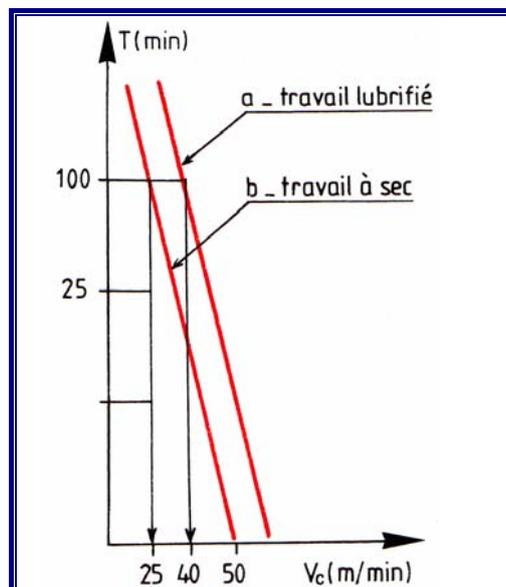


Figure 4. Droites de Taylor dans le cas d'un travail à sec et lubrifié.

CONCLUSION

Pour augmenter les performances de coupe, il est nécessaire d'utiliser un lubrifiant adapté au matériau à usiner et à la nature du travail.

5. Influence de la nature du travail sur la vitesse de coupe

Suivant le travail à réaliser, la dispersion de la chaleur produite par la coupe est plus ou moins aisée.

Exemples :

- perçage de trous profonds (fig. 5 a) ;
- alésage d'un petit diamètre à l'outil à aléser (fig. 5 b).

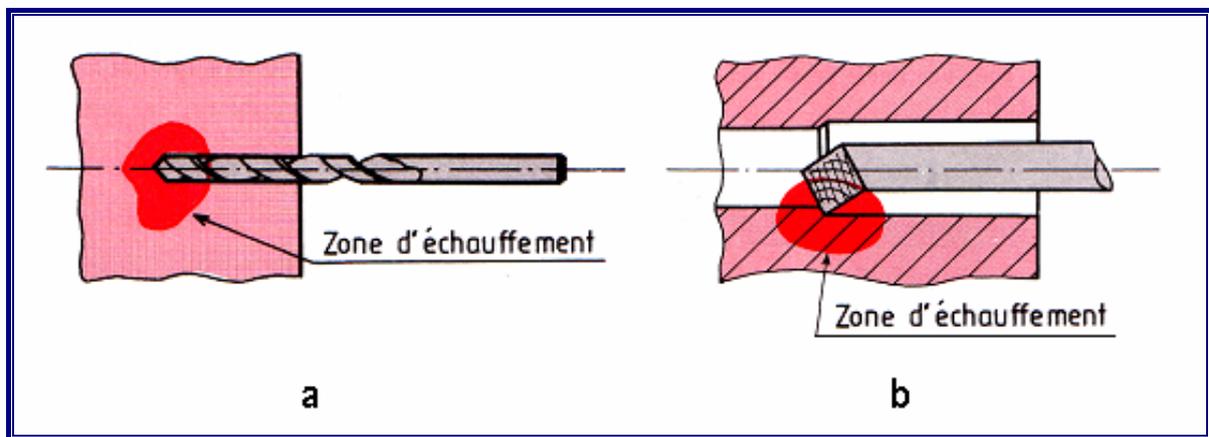


Figure 5

La dispersion de la chaleur par conductibilité et rayonnement est lente quand la section de la partie de l'outil est faible, quand il travaille dans une enceinte assez fermée et quand le coefficient de conductibilité thermique du matériau usiné est faible.

Exemple : le titane, les matières plastiques....

CONCLUSION

Il est parfois nécessaire de limiter la vitesse de coupe pour éviter un échauffement trop important de l'outil. La lubrification sous pression élevée est une solution pour amener en abondance le fluide réfrigérant sur la partie active et par suite provoquer un refroidissement efficace.

6. Limitations dues à la pièce, l'outil et à la machine

6.1 Influence de la puissance de la machine sur le choix de la section du copeau (S) et de la vitesse de coupe

Règle : Dans tous les cas la puissance (P) absorbée par la coupe doit être inférieure à la puissance utile (P_u) sur la broche.

6.2 Que se passe-t-il si P est voisin de P_u ?

La puissance absorbée par la coupe n'est pas rigoureusement constante et si l'on travaille à la limite de la puissance utile, on observe :

- à l'instant t_1 si $P > P_u$, le moteur ralentit, la vitesse de coupe diminue ;
- à l'instant $t_1 + \Delta t_1$ si $P < P_u$, le moteur reprend progressivement son régime normal, la vitesse de coupe augmente, etc.

CONSÉQUENCE ET CONCLUSION

- Les variations de la vitesse de coupe ne sont pas favorables à une bonne tenue de l'outil.
- On doit éviter de faire travailler la machine au voisinage de la puissance utile.

Il est parfois souhaitable de vérifier que la puissance absorbée est inférieure à la puissance utile. La solution par le calcul est remplacée avantageusement par des abaques.

Exemple (fig. 6) :

L'abaque est donné pour :

- $P_u \approx 4\,000\text{ W}$;
- Matière : XC 38 état recuit ;
- Outil à charioter $K_r = 45^\circ$, $\gamma_0 = 20^\circ$,
- Travail à sec.

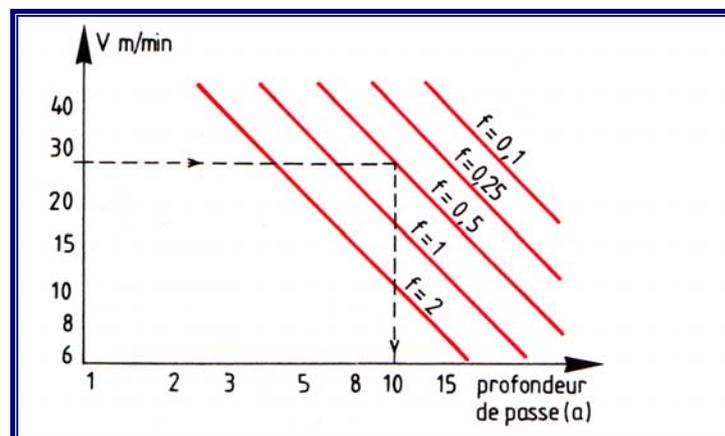


Figure 6

6.2 Limitations dues à la pièce

Si la pièce n'est pas assez rigide, il faut réduire la section du copeau pour éviter la flexion qui engendre souvent le broutement.

6.3 Limitations dues à l'outil

Si l'outil n'est pas assez rigide, il faut réduire la section du copeau pour éviter la flexion qui engendre souvent le broutement.

Chapitre 3

Emploi des carbures

1. Types d'outils

- Plaquettes brasées sur le corps d'outil.
- Plaquettes fixées mécaniquement.

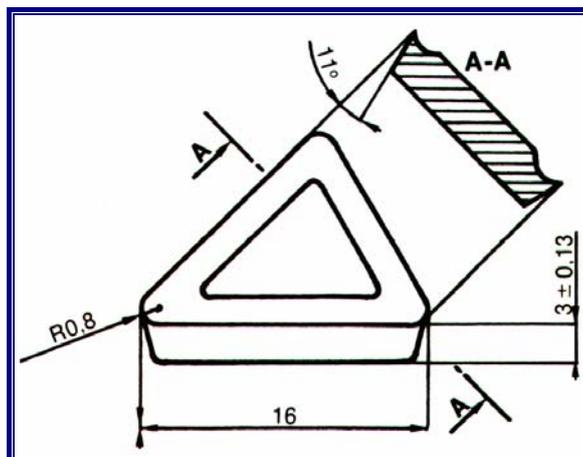
2. Nuances

USINAGE				
Code ISO	Nuances de base		Nuances complémentaires	
P – Bleu Acier Fonte malléable	P10	Léger dégrossissage	P40	Grosses ébauches
	P20	Dégrossissage		P20
	P20	Forts dégrossissage		
M – Jaune Acier moulé Acier de décolletage Acier austénitique	M10	Finition	M40	Grosses ébauches
	M20	Léger dégrossissage		Aciers inoxydables austénitiques
	M30	Forts dégrossissage		
K – Rouge Fonte coulée Acier trempé Matières plastiques - Bois	K10	Finition	K30	Grosses ébauches
	K20	Nuance universelle Ft		

3. Désignation

La désignation normalisée des plaquettes comporte neuf symboles :

1	Forme	T	Triangulaire
2	Angle de dépouille	P	11°
3	Tolérance	M	± 0,13
4	Type de plaquette	R	Non réversible et coupe positive
5	Dimension de l'arrête	16	16 mm
6	Epaisseur	03	3 mm
7	Rayon	08	0,8 mm
8	Symboles complémentaires selon le fabricant	S	Coupe négative + rayon
		N	Neutre (pouvant être montée sur outil à droite R ou à gauche L)
9			

Exemple de désignation : TPMR 16 03 08 SN

BIBLIOGRAPHIE

- Guide pratique de l'usinage – Tournage, Jacob, J., Malesson, Y., Ricque, D., Hachette Technique, Paris, 1992
- Fabrications Mécaniques – Technologie, Butin, R., Pinot, M., Les Editions Foucher, Paris