

---

*Optimisation des conditions de coupes des  
paramètres de coupe*

---

## OBJECTIF DU MODULE

### MODULE : DETERMINATION DES PARAMETRES DE COUPE

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

## 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

<b>LES PARAMETRES DE COUPE</b> .....	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

<b>INFLUENCE DES PARAMETRES DE COUPE</b> .....	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

<b>EMPLOI DES CARBURES</b> .....	30
1. Types d'outil.....	30
2. Nuances.....	30
3. Désignation .....	30

<b>BIBLIOGRAPHIE</b> .....	32
----------------------------	----

## Chapitre 1

### Les paramètres de coupe

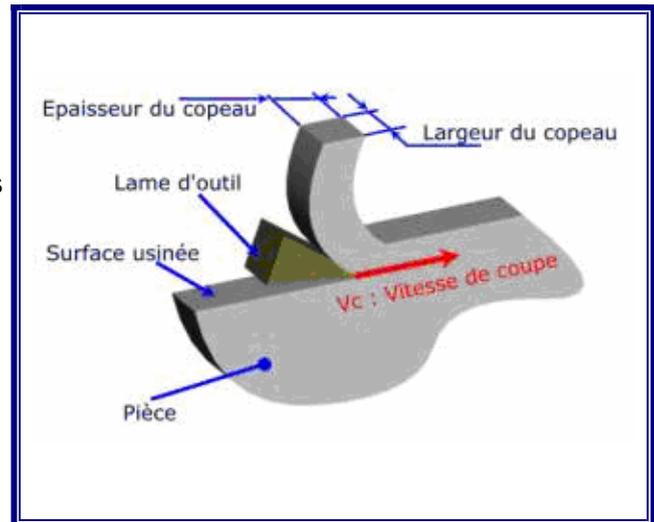
#### 1. Principe

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.

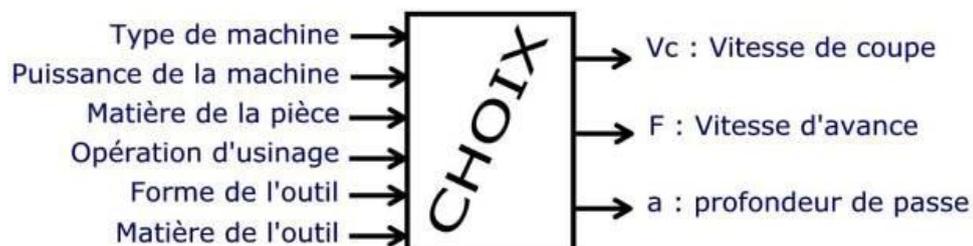


Il y a plusieurs critères qui permettent de définir les paramètres de la coupe, notamment :

- 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 chariotier, 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  $r_\epsilon$ .

### 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 m/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 <sup>2</sup>	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	
<b>Fontes</b>	<b>État</b>	<b>Dureté (HB)</b>								
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 × mm)	Puissance (kW)
Recuit	< 40	0,2 à 1	0,1 à 0,2	280 à 270	P 20		0,2	12 × 12	< 3
		1 à 4	0,2 à 0,4	270 à 180	P 30		0,8	16 × 16	3 à 20
		4 à 8	0,4 à 0,8	180 à 130	P 40		1,6	25 × 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 × 12	< 3
		1 à 4	0,2 à 0,4	250 à 160	P 20	14	0,8	16 × 16	3 à 20
		4 à 8	0,4 à 0,8	160 à 120	P 30	14	1,6	25 × 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 × 12	< 3
		1 à 4	0,2 à 0,4	190 à 130	P 20	6	0,8	16 × 16	3 à 15
		4 à 8	0,4 à 0,8	130 à 90	P 30	12	1,6	25 × 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 × 12	< 3
		1 à 4	0,2 à 0,4	170 à 120	P 20	6	0,8	16 × 16	3 à 10
		4 à 8	0,4 à 0,8	120 à 80	P 30	12	1,6	25 × 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 × 12	< 3
		1 à 4	0,2 à 0,4	160 à 115	P 10	6	0,8	16 × 16	3 à 10
		4 à 8	0,4 à 0,8	115 à 75	P 20	6	1,6	25 × 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 × 12	< 2
		1 à 4	0,2 à 0,4	150 à 100	P 10	6	0,8	16 × 16	2 à 10
		4 à 8	0,4 à 0,8	100 à 65	P 20	6	1,6	25 × 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 × 12	< 2
		1 à 4	0,2 à 0,4	105 à 75	P 10	0	0,8	16 × 16	2 à 8
		4 à 8	0,4 à 0,8	75 à 50	P 20	6	1,6	25 × 25	8 à 20
<b>Fontes</b>	<b>Dureté (HB)</b>								
Ft 10-15	< 150	0,2 à 1	0,1 à 0,2	260 à 240	K10-M10	-7	0,4	12 × 12	< 2
		1 à 4	0,2 à 0,4	240 à 190	K10-M10	-7	0,8	16 × 16	2 à 10
		4 à 8	0,4 à 0,8	190 à 130	K20-M20	-7	1,6	25 × 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 × 12	< 2
		1 à 4	0,2 à 0,4	180 à 140	K10-M10	-7	0,8	16 × 16	2 à 10
		4 à 8	0,4 à 0,8	140 à 100	K20-M20	-7	1,6	25 × 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 × 12	< 2
		1 à 4	0,2 à 0,4	130 à 110	K10-M10	-7	0,8	16 × 16	2 à 10
		4 à 8	0,4 à 0,8	110 à 80	K20-M20	-7	1,6	25 × 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 × 12	< 1
		1 à 4	0,2 à 0,4	100 à 85	K10-M10	-7	0,8	16 × 16	1 à 7
		4 à 8	0,4 à 0,8	85 à 60	K20-M20	-7	1,6	25 × 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 $\gamma_o$ (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	1 à 4	0,2 à 0,4	900 à 800			1,2	16 x 16			
	90	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	1 à 4	0,2 à 0,4	700 à 650				1,2	16 x 16		
	160	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	
<b>Alliages cuivreux</b>											
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	1 à 4	0,2 à 0,4	110 à 80						1,2	16 x 16
	100	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	1 à 4	0,2 à 0,4	100 à 75						1,2	16 x 16
	200	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	$\delta$ du trou	Avance en mm par tour					
			2 à 4	5 à 7	8 à 12	13 à 20	21 à 30	
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	15 à 35	$\delta = 70^\circ$	0,14	0,18	0,20	0,22	0,25
	• tendres	15 à 25	$\delta = 140^\circ$	0,08	0,10	0,12	0,12	0,16

**TABLEAU 5 : Fraisage**

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

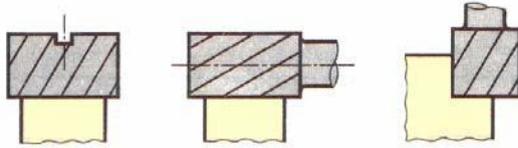


Figure 1

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	P 35 150 à 190
	$600 < R_m < 800$	25 à 32	150 à 235	125 à 150
	$800 < R_m < 1\ 100$	15 à 25	125 à 150	100 à 125
	$1\ 100 < R_m < 1\ 400$	8 à 15	70 à 125	60 à 100
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 :

- en acier rapide ;
- 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.

## 3. 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

## 4. 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

### 5. Vitesse de rotation . Calcul n (tr/min)

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

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

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

d'où :

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  $\varnothing = 50 \text{ mm}$ .

$V_c = 150 \text{ m/min}$ , 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.

$V_c = 200 \text{ m/min}$ , donnée par tableau page 16.

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

## 6. 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	70	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

COEFICIENTS DE CORRECTION À APPORTER A L'AVANCE PAR DENT fz EN EBAUCHE	
Fraise 1 taille à surfacier : 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.

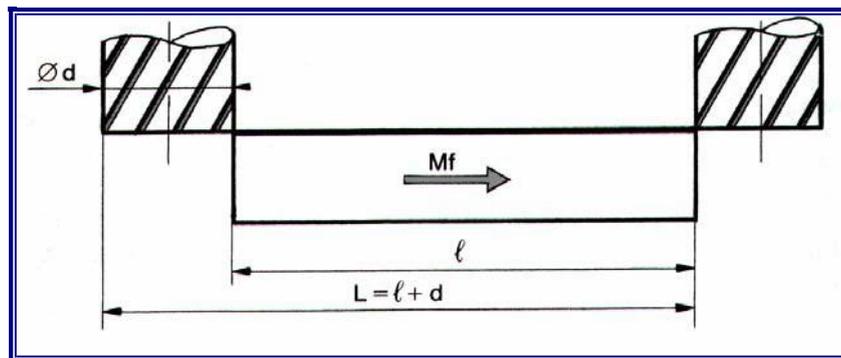
D'après le tableau on trouve  $f_z = 0,1$  mm et  $V_c = 40$  m/min,  $K = 0,4$ .

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

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

### 7. 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.



### 8. 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 :**

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

$$\pi d \quad 3,14 \times 63$$

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

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

Temps de coupe :

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

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

### 9. Réglage des conditions de coupe

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

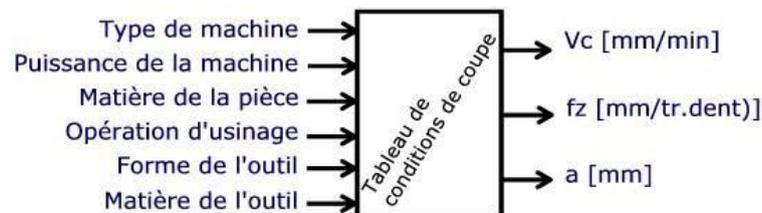
$N$  : le taux de rotation de la pièce en tournage, ou de l'outil en fraisage ;

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

$a$  : la profondeur de passe.

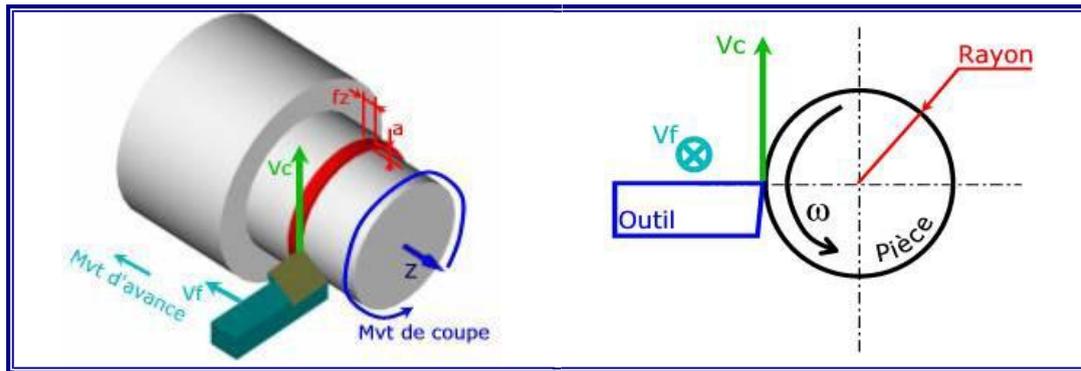
Il est donc nécessaire de déterminer les relations entre  $V_c$ ,  $V_f$  et  $N$ . On fixera la profondeur de passe,  $a$ , suivant une valeur maximum donnée par le tableau.

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.



### 10. 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,  $\omega$  de la pièce. C'est une formule que vous connaissez bien.

Relation entre  $\omega$  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  $\omega$  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,  $\omega$ , 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

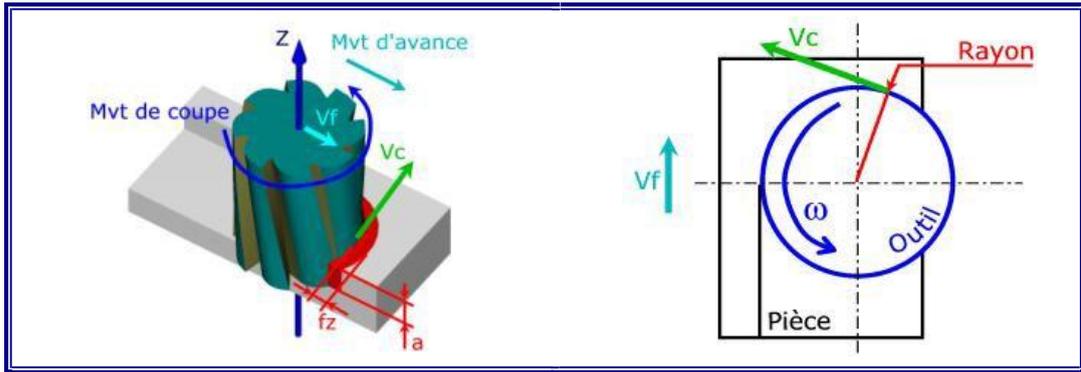
Voici maintenant la relation entre la vitesse d'avance et le taux de rotation :  $V_f = f_z \cdot N$

$V_f$  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 la pièce. En d'autre terme,  $f_z$  correspond à la distance que l'arête de coupe va parcourir à chaque tour de la pièce.

### 11. 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,  $\omega$ , de la fraise. C'est une formule que vous connaissez bien.

Relation entre  $\omega$  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  $\omega$  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,  $\omega$ , 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 :  $z$ .

#### 12. 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).

**13. 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).

<b>TOURNAGE</b> (Attention : pour les gorges et le tronçonnage : prendre 50% des valeurs de tournage ci dessous)													
Matières	Rr MPa	Outil ARS						Outil Carbure					
		$\gamma$	Ebauche			Finition		$\gamma$	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	6°	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

<b>FRAISAGE EN BOUT</b> (surfaçage)													
Matières	Rr MPa	Fraises ARS						Plaquettes Carbure					
		$\gamma$	Ebauche			Finition		$\gamma$	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

<b>FRAISAGE EN ROULANT</b> (rainurage, combiné...)													
Matières	Rr MPa	Fraises A.R.S. ( $\varnothing > 20$ )						Fraises A.R.S. ( $\varnothing < 20$ )					
		$\gamma$	Ebauche			Finition		$\gamma$	Ebauche			Finition	
			V60 m/min	a max mm	fz mm/(tr.d)	V60 m/min	fz mm/(tr.d)		V60 m/min	a max 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

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