

Chapitre II : Géométrie des outils de coupe

- II.1 Éléments d'un outil de coupe
- II.2 Structure des outils à plaquettes rapportées (interchangeables)
- II.3 Variétés de formes réalisables
- II.4 Propriétés des matériaux de coupe

II.1 Éléments d'un outil de coupe

Un outil de coupe est un instrument utilisé dans le processus d'usinage pour enlever de la matière d'une pièce brute et donner forme à la pièce finie. Les composants essentiels d'un outil de coupe comprennent :



II.1.1 Manche ou queue :

Partie de l'outil qui sert à sa fixation et à sa mise en position sur la machine. Certains outils de coupe, tels que les fraises et les forêts, peuvent avoir un manche ou une queue qui sert à les fixer dans la broche de la machine-outil.

Le manche doit être adapté au type de fixation de la machine-outil pour garantir une connexion solide et sécurisée

II.1.2 Corps de l'outil :

Le corps de l'outil est la structure qui soutient la partie coupante. Il relie la partie coupante à la machine-outil (figure II.1).

II.1.3 Partie coupante ou tranchante (active) :

La partie coupante est la section de l'outil qui entre en contact direct avec la matière à usiner. Elle est responsable de l'enlèvement de la matière sous forme de copeaux. La forme et la géométrie de la partie coupante peuvent varier en fonction de l'application. Elle est composée de la face de coupe, des faces en dépouille et des arrêtes tranchantes (figure II.1).

II.1.3.1 Face de coupe :

"Rake face" en anglais, est la surface de l'outil de coupe qui est en contact direct avec la matière à usiner lors de l'opération d'usinage. Cette surface est généralement plane et est celle qui effectue le travail de découpe en enlevant la matière sous forme de copeaux (figure II.2).

II.1.3.2 Faces de dépouille principale et secondaire :

Les faces de dépouille principale (Primary Relief Face) et secondaire (Secondary Relief Face) désignent les surfaces devant lesquelles s'étend la surface nouvellement usinée (figure II.2).

II.1.3.3 Arrête de coupe principale :

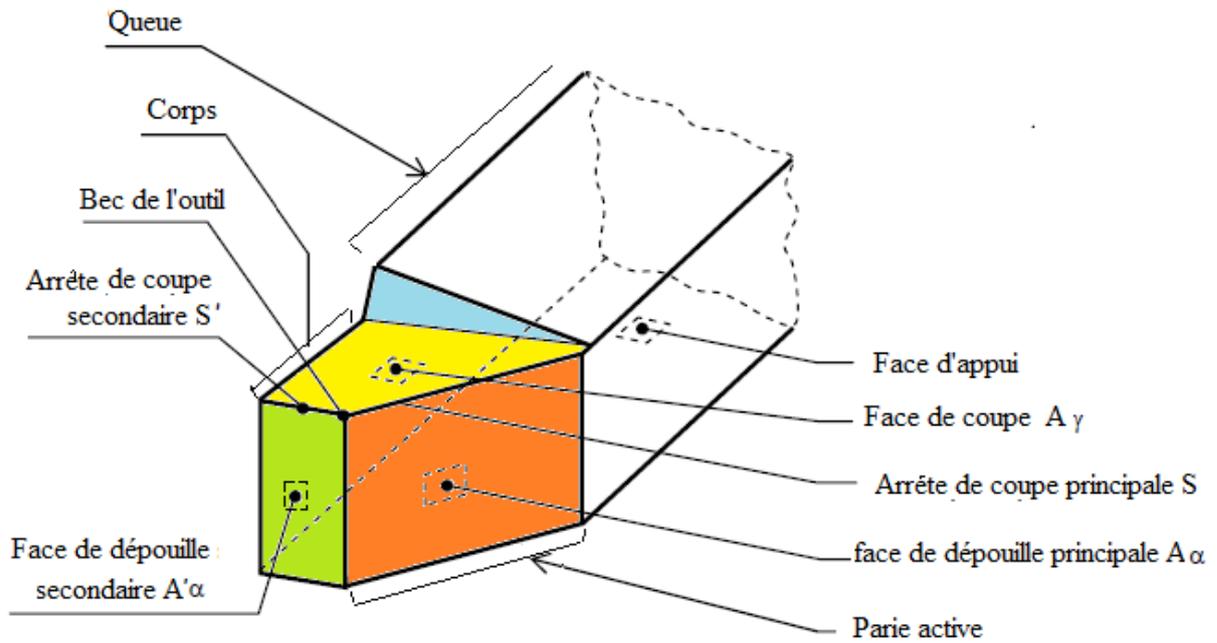
L'arête de coupe principale est formée par l'intersection de la face de coupe et de la face de dépouille principale. Elle est spécifiquement conçue pour retirer la matière lors de l'usinage.

II.1.3.4 Arrête de coupe secondaire :

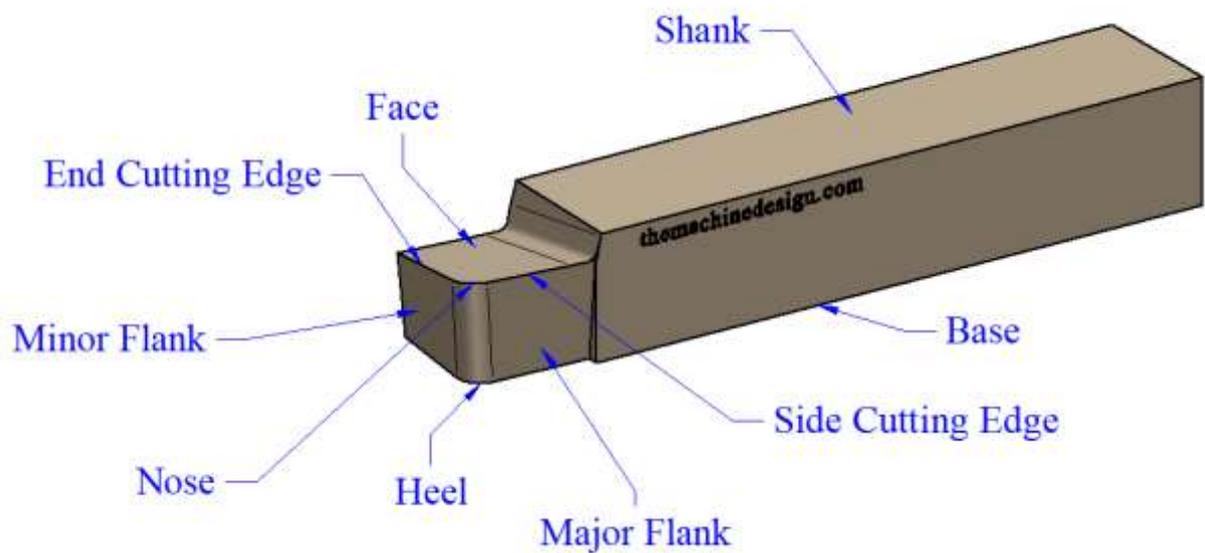
L'arête de coupe secondaire est l'intersection entre la face de coupe et la face de dépouille secondaire dans un outil de coupe.

II.1.3.5 Bec de l'outil (une pointe) :

Il est obtenu par l'intersection de la face de coupe et de l'arrondi de raccordement entre les deux faces de dépouilles



a)



b)

Figure II.1 : éléments d'un outil de coupe a) & b)

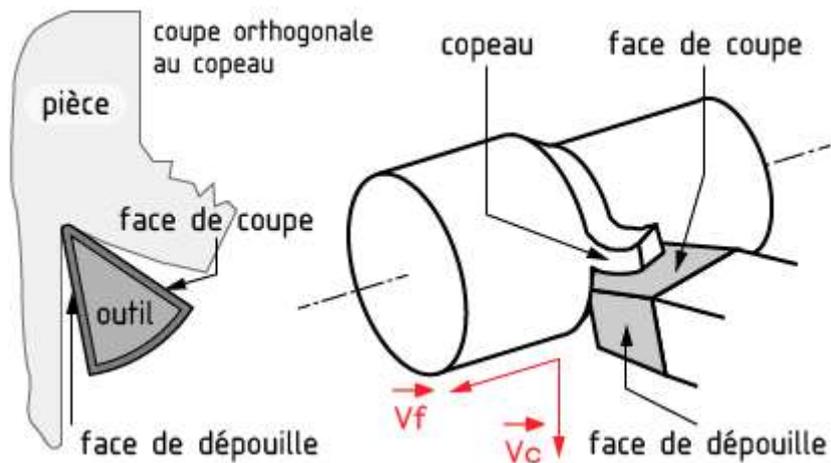


Figure II.2 : Face de coupe principale et faces de dépouille

II.1.4 Sens de l'outil :

Le sens de l'outil est défini par la position de l'arrête de coupe. En considérant l'outil tenu en main verticalement et le bec en bas (figure 2.3).

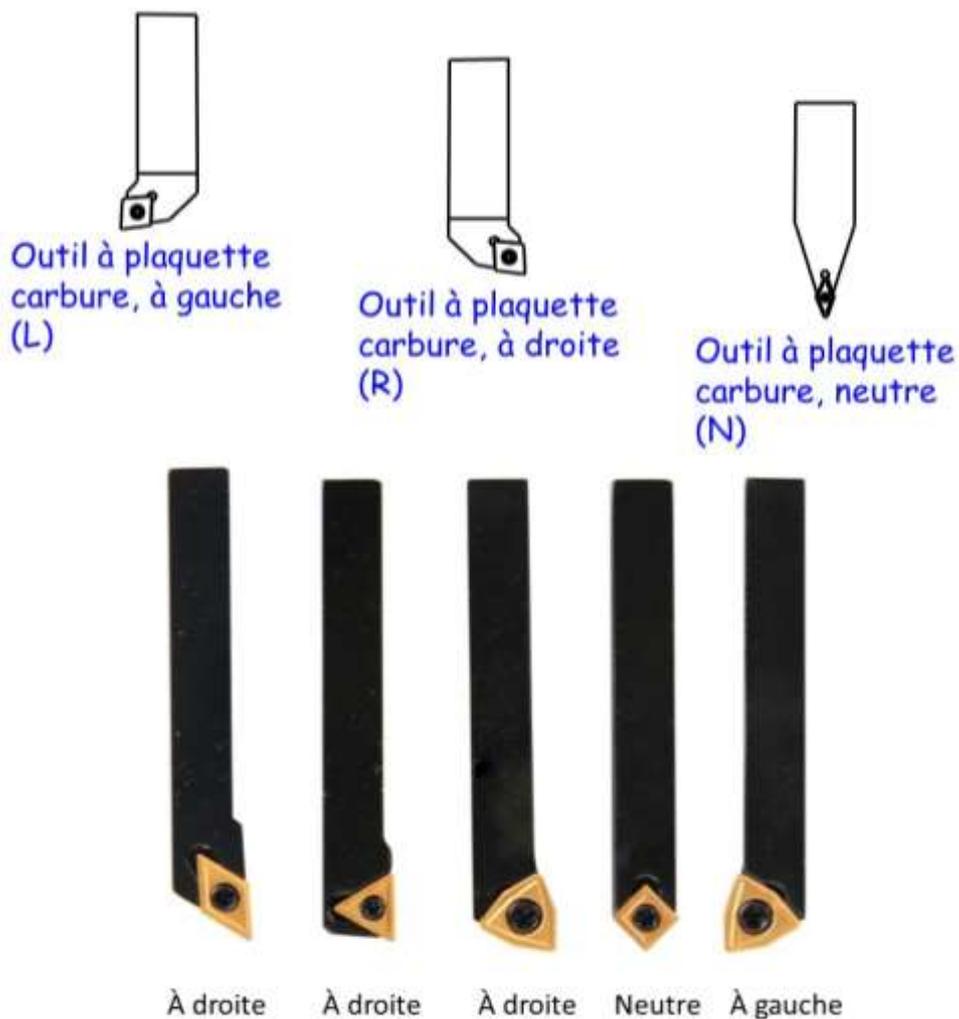


Figure II.3 : Représentation des trois orientations possibles des outils à plaquettes en carbure.

II.1.5 Repérage des plans de l'outil

Le repérage des plans de l'outil (figure II.4), est une opération nécessaire pour étudier la géométrie de l'outil et déterminer les angles caractéristiques de l'arête de coupe.

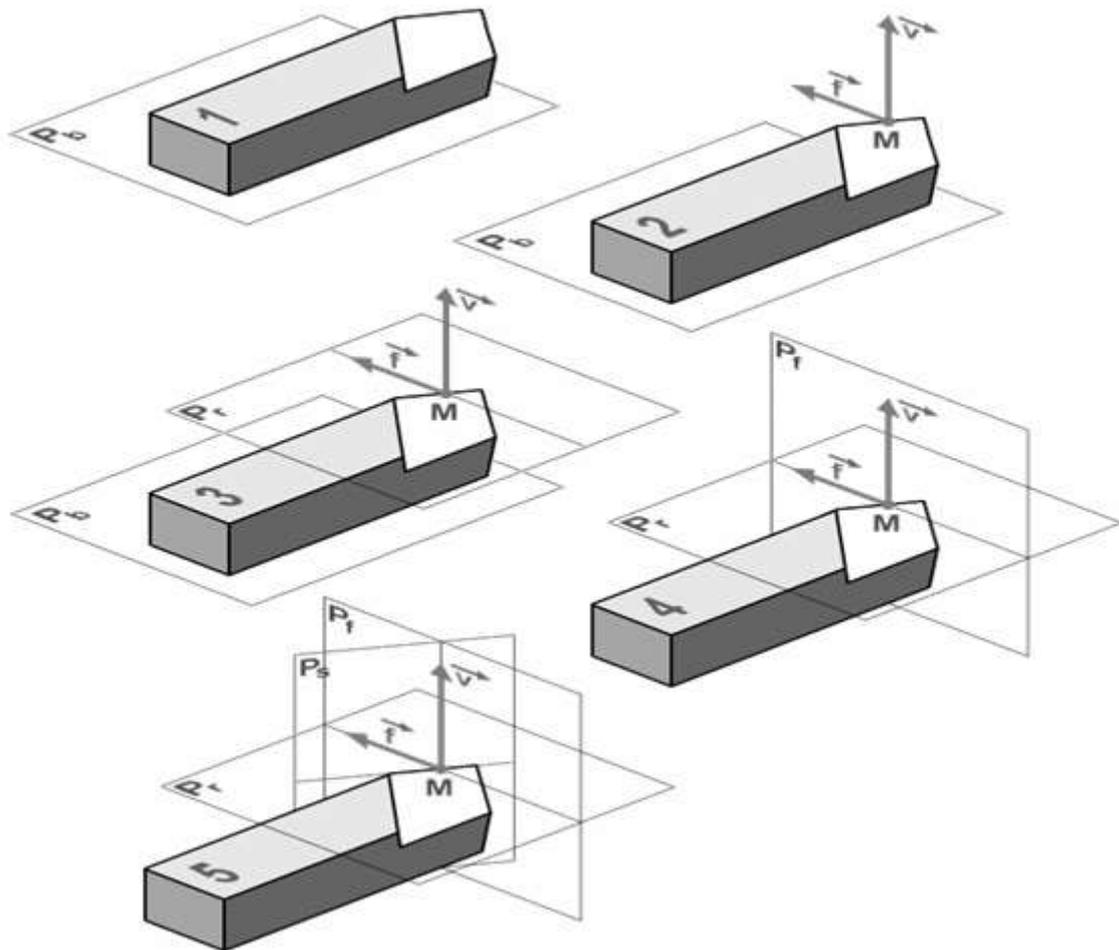


Figure II.4 : Plans de l'outil.

- 1) **Pb** : plan de base, surface d'appui de l'outil
- 2) **M** : point considéré de l'arête de coupe.
- V** : Vecteur supposé du sens de coupe.
- f** : Vecteur supposé du sens d'avance.
- 3) **Pr** : plan de référence, parallèle à **Pb** et contenant **M** et **f**.
- 4) **Pf** : plan de travail conventionnel, perpendiculaire à **Pr** et contenant **M**, **V** et **f**
- 5) **Ps** : plan d'arête de l'outil, perpendiculaire à **Pr** et tangent à l'arête de coupe en **M**.

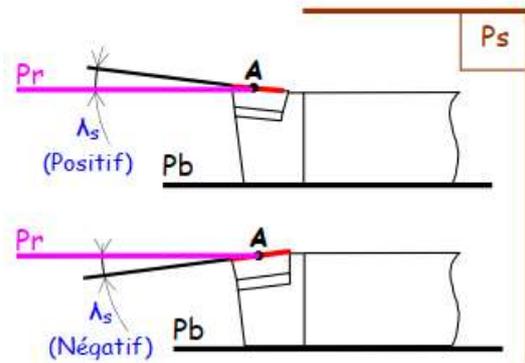
II.1.6 Définition des angles caractéristiques :

Les angles caractéristiques de l'outil de coupe sont des paramètres géométriques qui définissent la manière dont l'outil interagit avec la matière à usiner. Ils sont essentiels pour sélectionner l'outil approprié pour une application spécifique et influencent directement la qualité de la coupe, la durée de vie de l'outil et d'autres aspects de l'usinage. Voici quelques-uns des angles caractéristiques les plus couramment utilisés dans la géométrie des outils de coupe :

II.1.6.1 Les angles d'arêtes de l'outil :

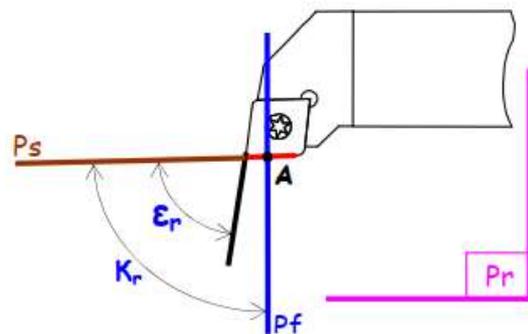
λ_s = Angle d'inclinaison d'arête "Lambda s" :
Angle aigu mesuré dans P_s , compris entre P_r
et la tangente à l'arête, au point A.

Il peut être positif ou négatif.



K_r = Angle de direction d'arête "Kappa r" :
angle aigu mesuré dans P_r , compris entre P_f
et P_s .

ϵ_r = Angle de pointe "epsilon r" :
Angle mesuré dans P_r entre l'arête de coupe
principale S et l'arête de coupe
secondaire S'.



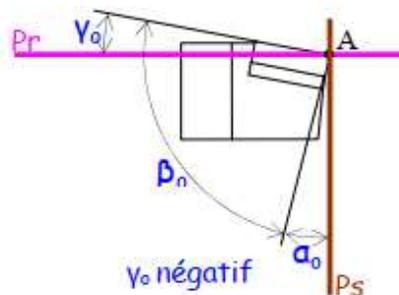
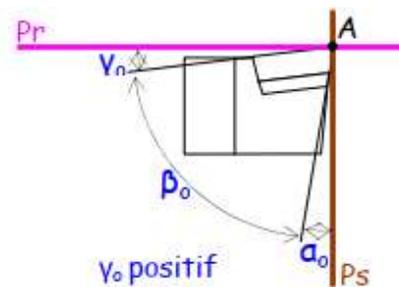
II.1.6.1 Les angles des faces de l'outil :

α_o = Angle de dépouille orthogonal (alpha O):
Angle aigu mesuré dans P_o , compris entre P_s
et $A\alpha$

β_o = Angle de taillant orthogonal (béta O) :
Angle mesuré dans P_o , compris entre $A\alpha$ et
 $A\gamma$

γ_o = Angle de coupe orthogonal (gamma O) :
Angle aigu mesuré dans P_o , compris entre P_r
et $A\gamma$.

$$\alpha_o + \beta_o + \gamma_o = 90^\circ$$



- Un angle γ trop grand fragilise l'arête et provoque un écoulement continu de copeau ;
- Un angle γ trop petit provoque le frottement du copeau sur la face de coupe ;
- Des valeurs $\gamma < 0$ sont réservées aux outils en carbure métallique et en céramique, en raison de la bonne tenue aux efforts et du fait que les copeaux se brisent facilement

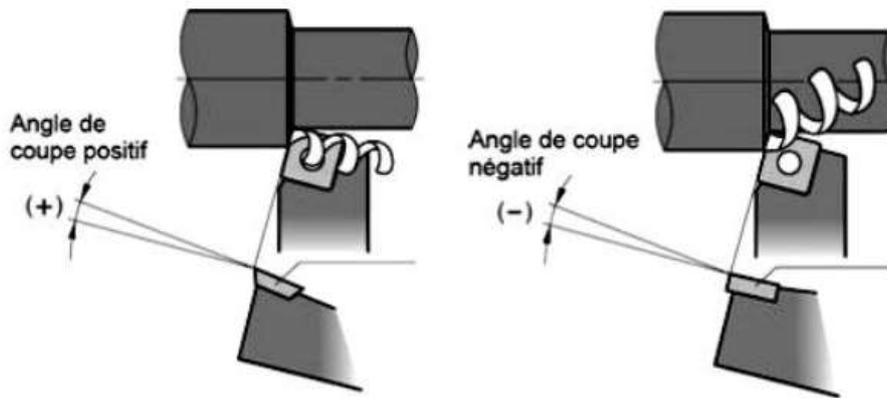


Figure II.5 : Influence de l'angle de coupe sur le sens de dégagement du copeau

II.2 Structure des outils à plaquettes rapportées (interchangeables)

La structure des outils à plaquettes rapportées, également appelées plaquettes interchangeables, est conçue pour permettre un usinage efficace tout en facilitant le remplacement des parties coupantes lorsqu'elles s'usent. Dans le domaine du tournage, un outil se compose d'une plaquette, qui représente la partie active de l'outil, solidement fixée sur un porte-outil (figure II.6).



Figure II.6 : Outil de tournage à plaquette.

Dans l'usinage par fraisage, il est courant que la fraise soit équipée de plusieurs plaquettes. (Figure II.7).



Figure II.7 : Fraises à plaquettes

II.2.1 Plaquettes rapportées :

Les plaquettes rapportées sont les éléments coupants qui sont fixés au corps de l'outil à l'aide de vis ou de pinces. Elles sont fabriquées à partir de matériaux durs tels que le carbure de tungstène et sont conçues pour être interchangeables. Les plaquettes sont disponibles dans une variété de formes, de géométries de coupe et de revêtements adaptés à différentes applications d'usinage

II.2.2 Siège de la plaquette :

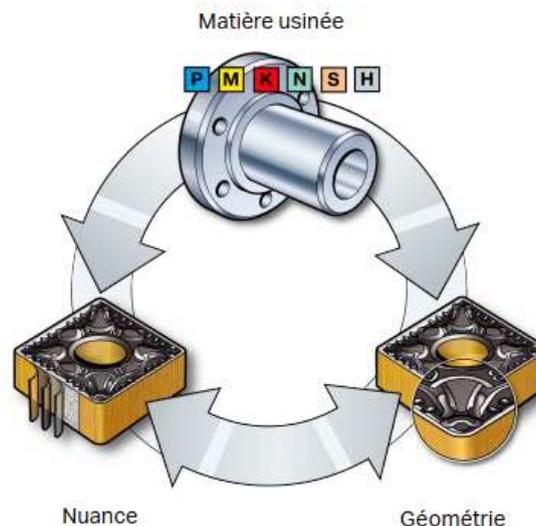
Le siège de la plaquette est la surface sur laquelle la plaquette rapportée est installée. Il est conçu pour correspondre à la forme de la plaquette de manière à garantir un positionnement précis et répétable (figure II.8).



Figure II.8 : Systèmes de fixation et siège de la plaquette.

II.2.3 Géométrie d'une plaquette :

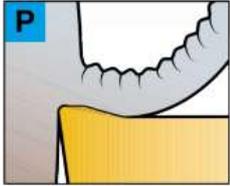
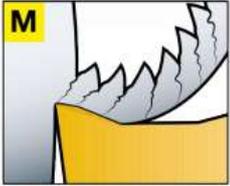
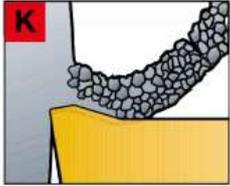
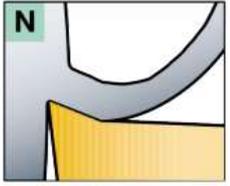
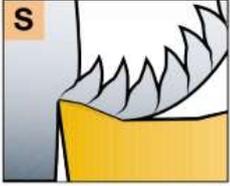
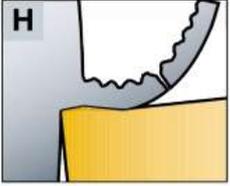
Pour obtenir de bons process d'usinage, il faut connaître la matière à usiner et utiliser la bonne géométrie et la bonne nuance de plaquette en fonction de l'application à mettre en œuvre.



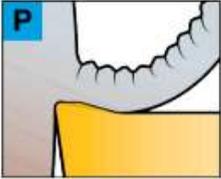
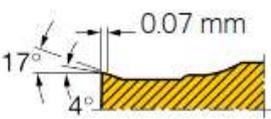
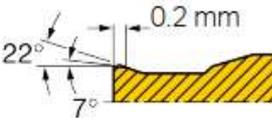
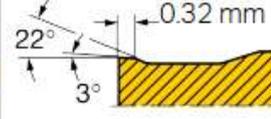
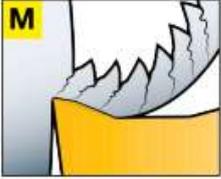
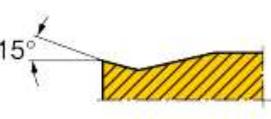
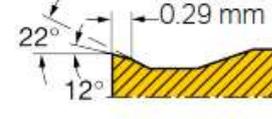
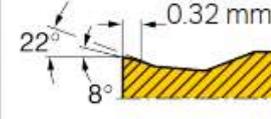
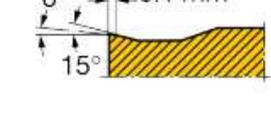
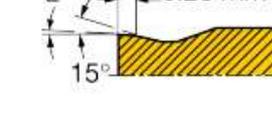
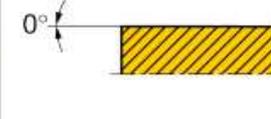
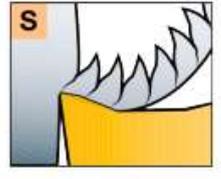
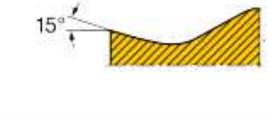
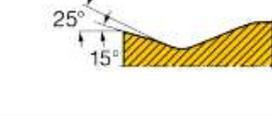
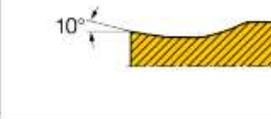
II.2.3.1 Choix des plaquettes – nuances / géométrie

La matière usinée influence l'usure de différentes façons. C'est pourquoi des nuances spécifiques ont été développées afin de contrer les principaux mécanismes d'usure, par ex. :

- Usure en dépouille ou en cratère et déformation plastique
- Arêtes rapportées et usure en entaille

ISO P Aciers	ISO M Aciers inoxydables	ISO K Fontes
		
ISO N Non ferreux	ISO S Superalliages réfractaires	ISO H Aciers trempés
		

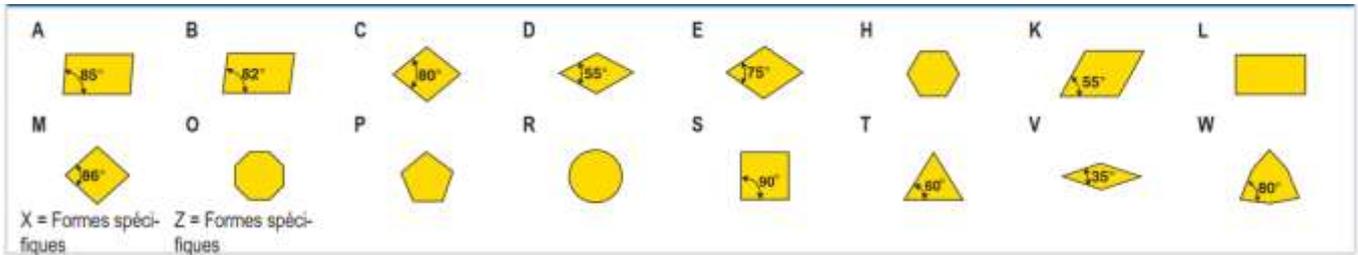
Les différentes micro-géométries et macro-géométries sont adaptées aux besoins variés des applications.

Matière usinée	Finition	Semi-finition	Ebauche
			
			
			
			

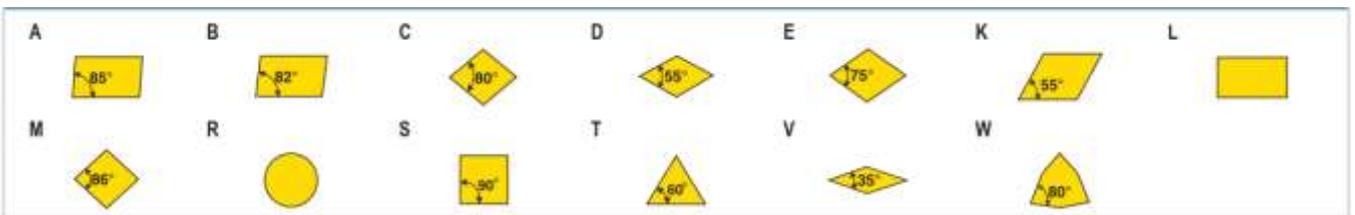
II.2.3.2 Forme de plaquette :

La géométrie d'une plaquette peut prendre l'une des formes définies ci-dessous d'après SECOTOOLS.

- ✓ Formes de plaquette en fraisage :



- ✓ Formes de plaquette en tournage :



II.2.3.3 Identification des plaquettes

Gammes de plaquettes, extrait de ISO 1832 – Métrique (ISO)

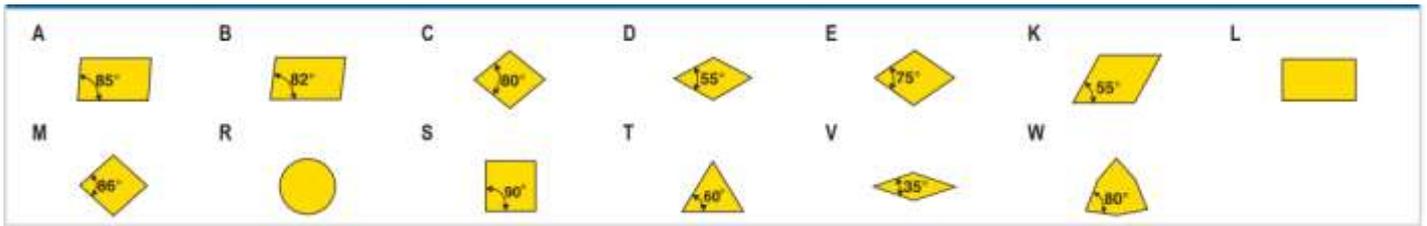
- Désignation DURATOMIC [en tournage]



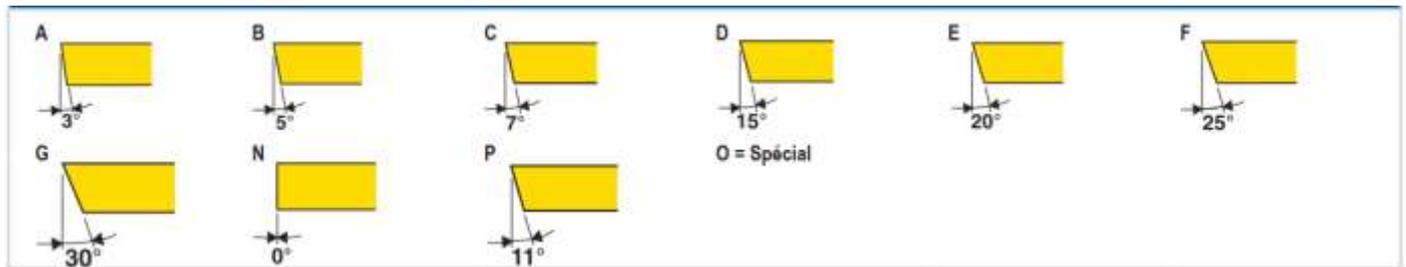
- Désignation SECOTOOLS [en tournage]



1. Forme de plaquette



2. Angle de dépouille de plaquette

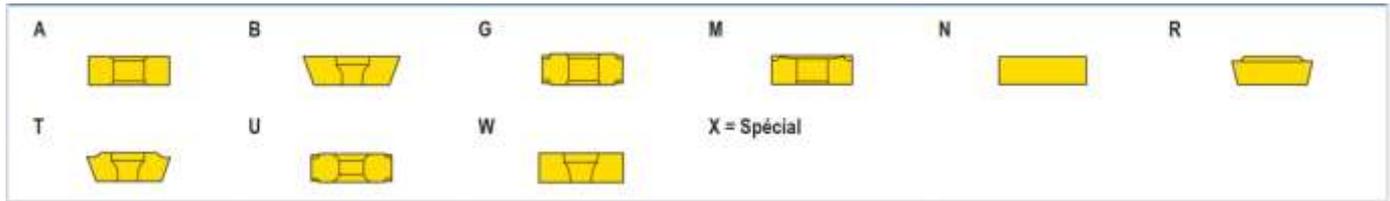


3. Tolérance

Classe de tolérance	Tolérances : mm/Pouces				Pour IC, dimension en mm/pouce												
					3,18*	3,97	4,06	4,76	6,35	9,53	12,70	15,88	19,05	20,00	25,40	31,750	38,10
	S mm	IC mm	S Pouces	IC Pouces	0,125			0,187	0,250	0,375	0,500	0,625	0,750		1,000	1,250	1,500
A	0,025	0,025	0,0010	0,0010	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
C	0,025	0,025	0,0010	0,0010	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
E	0,025	0,025	0,0010	0,0010	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
F	0,025	0,013	0,0010	0,0005	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
G	0,050*	0,025	0,0020	0,0010	*			*	*								
	0,130	0,025	0,0051	0,0010					*	*	*	*	*	*	*	*	*
H	0,025	0,013	0,0010	0,0005	*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
J	0,025	0,050	0,0010	0,0020	*			*	*	*							
	0,025	0,080	0,0010	0,0031							*						
	0,025	0,100	0,0010	0,0039								*	*	*			
	0,025	0,130	0,0010	0,0051											*		
	0,025	0,150	0,0010	0,0059												*	*
K	0,025	0,050	0,0010	0,0020	*			*	*	*							
	0,025	0,080	0,0010	0,0031							*						
	0,025	0,100	0,0010	0,0039								*	*	*			
	0,025	0,130	0,0010	0,0051											*		
	0,025	0,150	0,0010	0,0059												*	*
M	0,050*	0,050	0,0020	0,0020	*			*	*								
	0,130	0,050	0,0051	0,0020					*	*							
	0,130	0,080	0,0051	0,0031							*						
	0,130	0,100	0,0051	0,0039								*	*	*			
	0,130	0,130	0,0051	0,0051											*		
	0,130	0,150	0,0051	0,0059												*	*
U	0,050*	0,080	0,0020	0,0031	*			*	*								
	0,130	0,080	0,0051	0,0031					*	*							
	0,130	0,130	0,0051	0,0051						*	*						
	0,130	0,180	0,0051	0,0071							*	*	*	*			
	0,130	0,250	0,0051	0,0098											*	*	*

* Non ISO

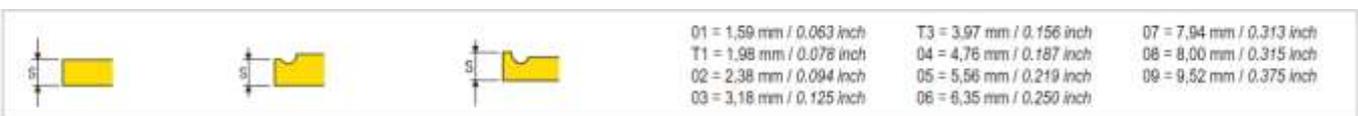
4. Type



5. Longueur de l'arête de coupe



6. Epaisseur



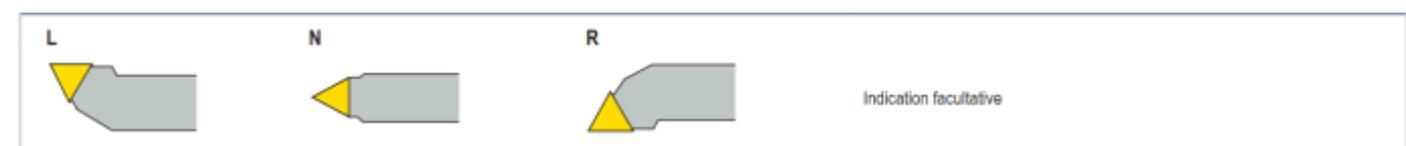
7. Configuration

Rayon		Codification ISO	Valeur décimale	Codification ANSI	Valeur décimale	Valeur fractionnelle
	M0		Ronde	00	Ronde	Ronde
	00		0,04 mm	X0	0,0015"	1/(64x10)
	01		0,1 mm	0 (0,25)	0,004"	1/(64x4)
	02		0,2 mm	0,5	0,008"	1/(64x2)
	04		0,4 mm	1	0,016"	1/64
	06		0,6 mm	1,5	0,020"	1/48
	08		0,8 mm	2	0,031"	1/32
	10		1,0 mm	2,5	0,040"	1/24
	12		1,2 mm	3	0,047"	3/64
	16		1,6 mm	4	0,062"	1/16
	20		0,8 mm	5	0,078"	5/64
	24		2,4 mm	6	0,094"	3/32
	28		2,8 mm	7	0,109"	7/64
	32		3,2 mm	8	0,125"	1/8
40		4,0 mm	10	0,156"	5/32	

8. Préparation de l'arête



9. Sens de coupe



10. Désignation interne

ex. désignation de brise-copeaux
 F = Finition
 M = Opération moyenne
 R = Ébauche
 ex. désignation d'arête
 ex. 01020 = 0,1 mm x 20°
 Indication facultative

11. Options fabricants

Tailles des pointes :
 L0
 L1
 L2
 LF = plaquettes full-face (couche frittée)
 Indication facultative

12. Désignation interne

13. Nombre de plaquettes

Tournage ex. désignation de brise-copeaux F = Finition M = Opération moyenne R = Ébauche WZ = Wiper (PCBN) etc. Indication facultative	B = 2 C = 3 D = 4 U = 4 (réversible) V = 6 (réversible) Indication facultative
--	---

II.2.4 Choix du rayon de bec

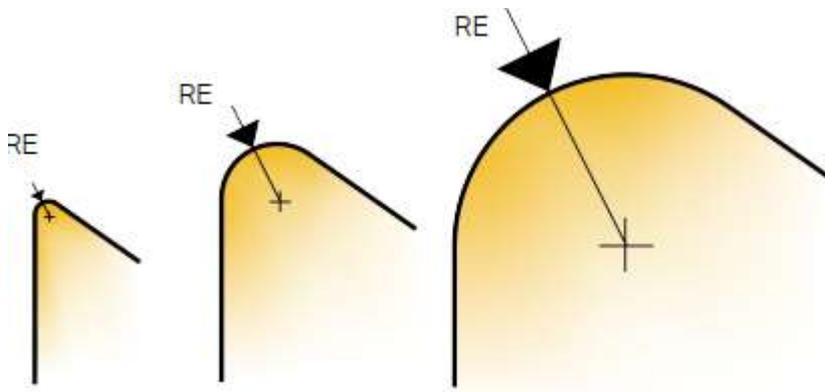
Effet de la taille du rayon de bec

Petit rayon de bec

- Idéal pour les petites profondeurs de coupe
- Réduit les vibrations
- Arête de coupe moins résistante

Grand rayon de bec

- Avances élevées
- Grandes profondeurs de coupe
- Grande sécurité d'arête
- Pression radiale plus élevée



Règle générale : La profondeur de Coupe ne doit pas être Inférieure au rayon de bec (RE).

II.2.5 Influence de la taille de l'angle de pointe

Les formes de plaquettes et les angles de pointes varient considérablement, de la plus petite à 35°, à la plaquette ronde. Chaque forme possède des propriétés spécifiques :

- certaines offrent la meilleure résistance pour l'ébauche.
- certaines offrent la meilleure accessibilité pour le profilage.

Chaque forme a aussi ses limitations. Exemple :

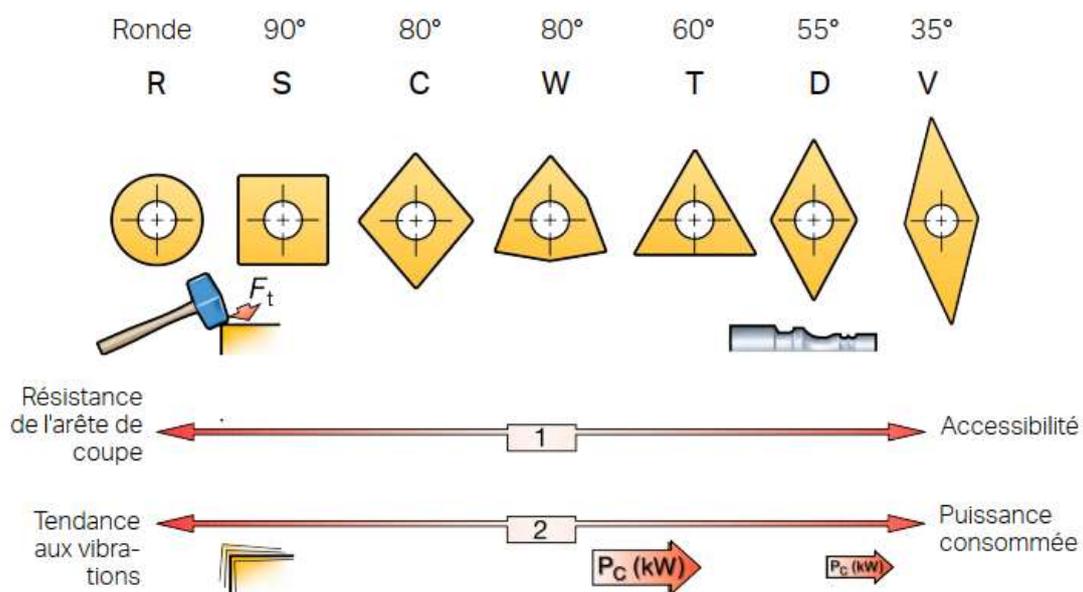
- une plaquette qui offre une grande accessibilité a une arête moins résistante.

Grand angle de pointe

- Arête de coupe plus résistante
- Avances plus élevées
- Forces de coupe plus importantes
- Plus de vibrations

Petit angle de pointe

- Arête de coupe moins résistante
- Accessibilité accrue
- Réduction des forces de coupe
- Moins de vibrations



II.2.6 Critères de choix d'une forme de plaquette

Type de plaquette							
Ebauche (résistance)	++	++	++	+	+		
Ebauche légère/semi-finition		+	++	+	++	++	
Finition			+	+	++	++	++
Chariotage			++	+	+	++	+
Profilage	+				+	++	++
Dressage	+	++	++	+	+	+	
Flexibilité d'utilisation	+		++	+	+	++	+
Puissance machine limitée			+	+	++	++	++
Tendance aux vibrations				+	++	++	++
Matières dures	++	++					
Coupes intermittentes	++	++	+	+	+		

II.2.7 Système de fixation :

Pour maintenir les plaquettes en place, le corps de l'outil est équipé de systèmes de fixation, tels que des vis de serrage ou des pinces. Ces systèmes permettent de fixer fermement les plaquettes tout en facilitant leur remplacement (figure II.8).

II.2.8 Identification des porte-outils

- **Porte-outils extérieurs – Métrique (ISO) [Tournage]** : Cette section se concentre exclusivement sur la classification et le choix de deux types de porte-outils utilisés en tournage, dans le but de comprendre leurs appellations et de faciliter la sélection. Les mêmes principes s'appliquent également au fraisage, garantissant ainsi une approche cohérente pour la désignation et le choix des outils de coupe dans ces deux domaines de l'usinage.

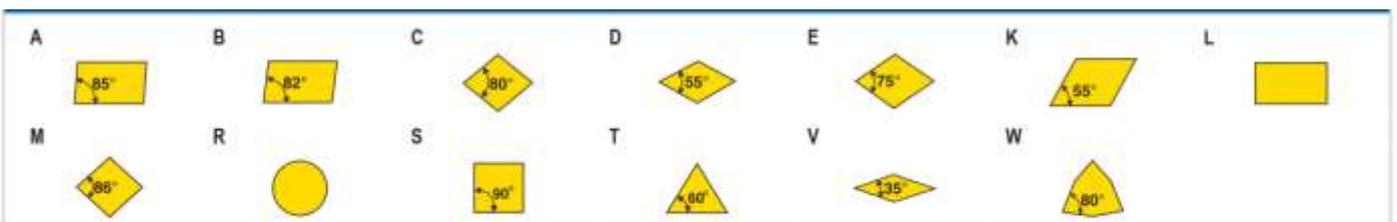


D	W	L	N	R	25	25	X	06	JETI
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10

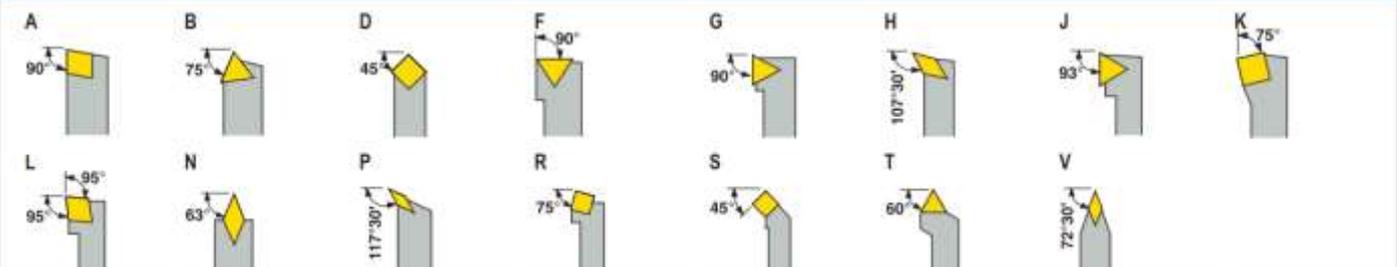
1. Bridage de plaquette



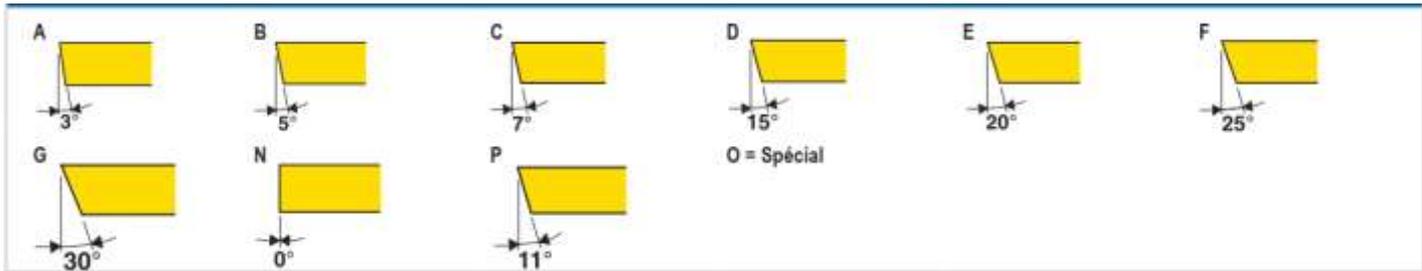
2. Forme de plaquette



3. Type d'outil



4. Angle de dépouille de plaquette

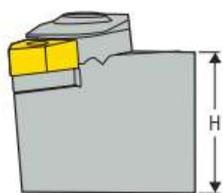


5. Sens de coupe



6. Hauteur de l'attachement

7. Largeur de l'attachement

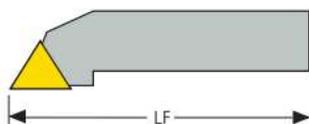


12 = 12 mm / 0.470 inch
 25 = 25 mm / 0.984 inch
 32 = 32 mm / 1.260 inch
 etc.



12 = 12 mm / 0.470 inch
 25 = 25 mm / 0.984 inch
 32 = 32 mm / 1.260 inch
 etc.

8. Longueur d'outil



A = 32 mm / 1.260 inch
 C = 50 mm / 1.969 inch
 D = 60 mm / 2.362 inch
 E = 70 mm / 2.756 inch
 F = 80 mm / 3.150 inch

H = 100 mm / 3.937 inch
 K = 125 mm / 4.921 inch
 M = 150 mm / 5.906 inch
 P = 170 mm / 6.693 inch
 R = 200 mm / 7.874 inch

S = 250 mm / 9.843 inch
 T = 300 mm / 11.811 inch
 V = 400 mm / 15.748 inch
 X = Spécial

Longueurs standards comme indiquées

9. Longueur de l'arête de coupe



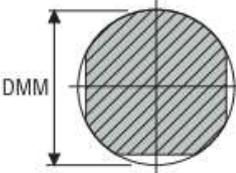
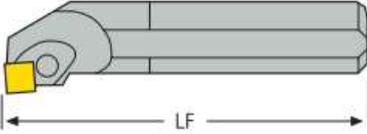
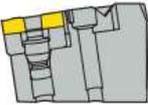
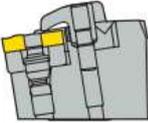
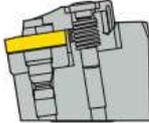
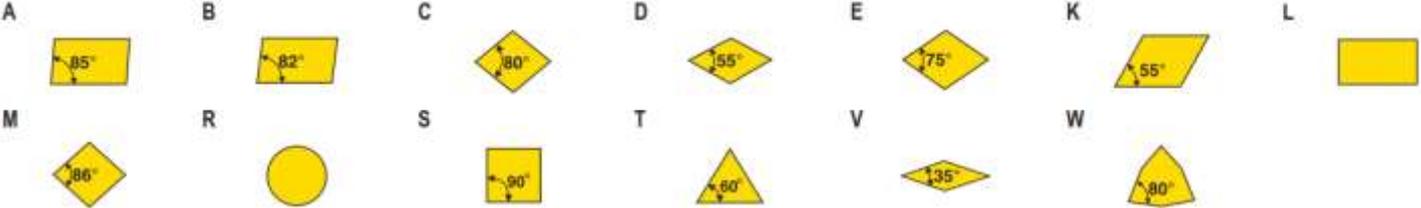
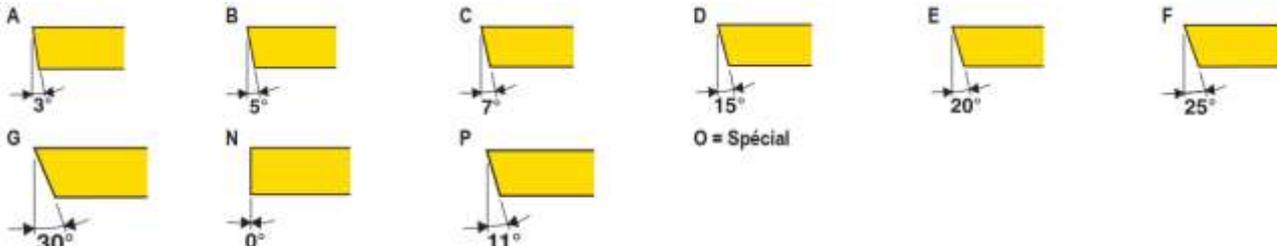
10. Désignation interne

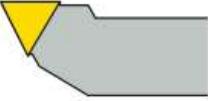
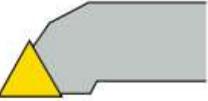
JET = Jetstream Tooling®
 JETI/JETI2 = avec arrosage intégré Jetstream Tooling®
 JETL = Jetstream Tooling® avec serrage par levier

-PL = Tréflage

• Porte-outils intérieurs – Métrique (ISO) [Tournage]

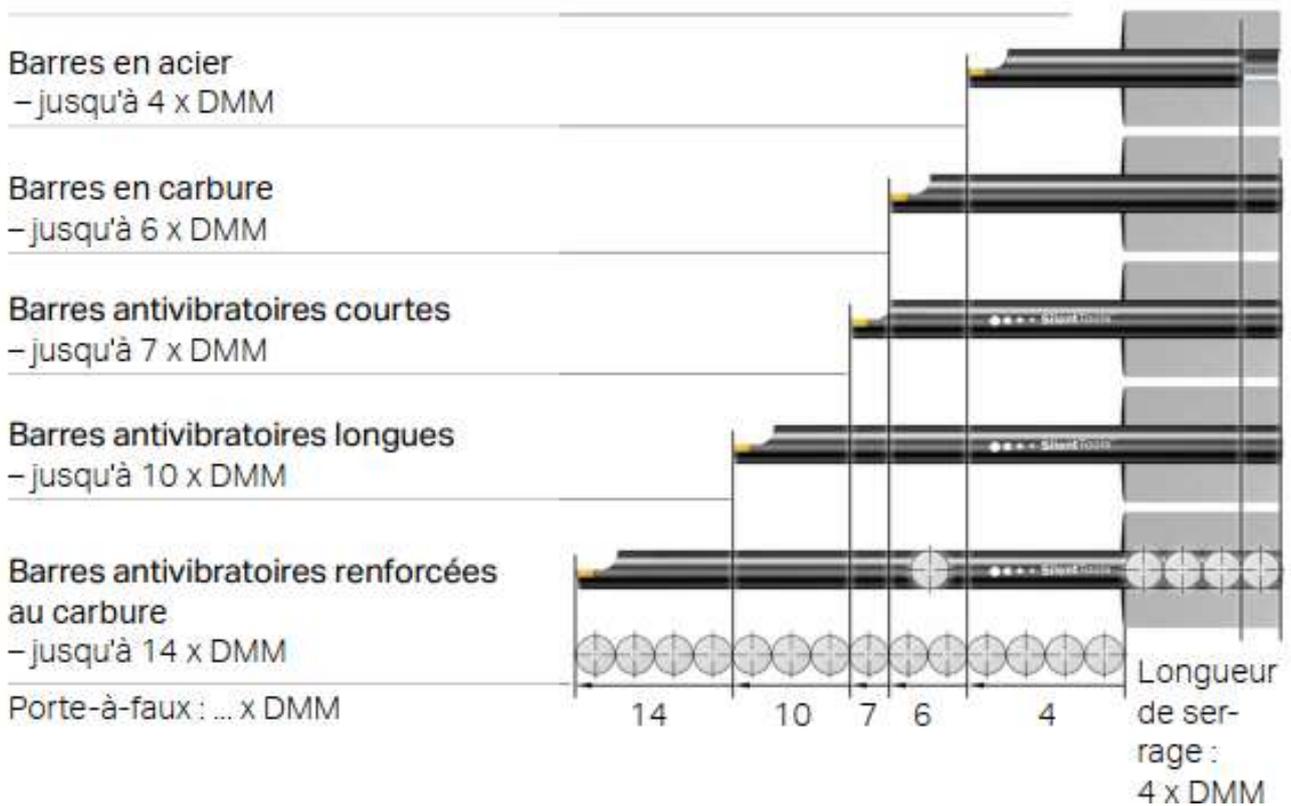


1. Type de porte-outil	2. Diamètre d'attache
<p>A = Acier avec arrosage central S = Acier sans arrosage E = Carbure monobloc avec tête de coupe brasée* et arrosage central</p> <p>* Brasée ou équivalent</p>	 <p>12 = 12 mm / 0.470 inch 20 = 20 mm / 0.787 inch 25 = 25 mm / 0.984 inch etc.</p>
3. Longueur d'outil	
	<p>K = 125 mm / 4.921 inch L = 140 mm / 5.512 inch M = 150 mm / 5.906 inch N = 160 mm / 6.299 inch P = 170 mm / 6.693 inch Q = 180 mm / 7.087 inch</p> <p>R = 200 mm / 7.874 inch S = 250 mm / 9.843 inch T = 300 mm / 11.811 inch U = 350 mm / 13.780 inch V = 400 mm / 15.748 inch X = 230 mm / 9.055 inch</p> <p>Longueurs standards comme indiquées</p>
4. Bridage de plaquette	
<p>P  Coin/axe/levier</p> <p>M  Axe/Bride</p>	<p>S  Vis</p> <p>C  Bride</p>
5. Forme de plaquette	
	
6. Type d'outil	
 <p>O = Spécial</p>	
7. Angle de dépouille de plaquette	
 <p>O = Spécial</p>	
8. Sens de coupe	

L		R				
9. Longueur de l'arête de coupe						
A, B, K	C, D, E, M, V	L	R	S	T	W
						
10. Désignation interne						
R = Ronde W = Bridage par coin PL = Tréflage X = Alésage en tirant						

II.2.9 Porte-à-faux d'outil recommandé

Porte-à-faux maximum pour différents types de barres



II.2.10 Elimination des vibrations

Usinage intérieur avec barres d'alésage antivibratoires

- Augmentation de la productivité dans les alésages profonds.
- Réduction des vibrations.
- Les performances de l'usinage peuvent être maintenues ou améliorées.
- Les barres d'alésage antivibratoires sont disponibles en diamètres à partir de 10 mm.
- Porte-à-faux maxi. 14 x DMM (barres renforcées au carbure)



II.3 Variétés de formes réalisables

Le fraisage et le tournage sont des procédés d'usinage qui permettent la création d'une vaste variété de formes complexes et précises.

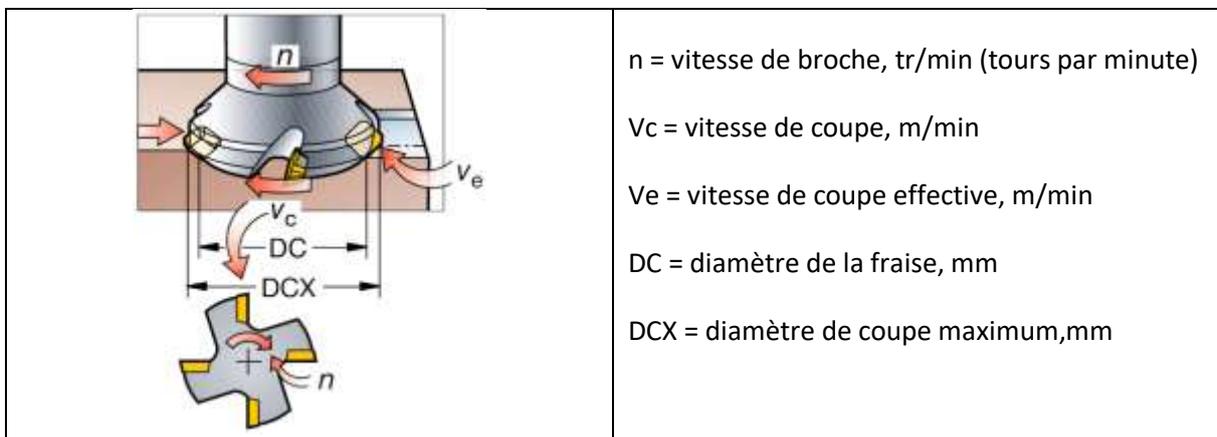
II.3.1 En fraisage (Théorie et définitions des termes) :

Vitesse de rotation, vitesse de coupe et diamètre de fraise

La vitesse de broche (n) est le nombre de tours par minute effectués par l'outil monté sur la broche.

La vitesse de coupe (V_c) est la vitesse de surface, exprimée en **m/min**, à laquelle l'arête de coupe usine la pièce.

Le diamètre spécifié de la fraise (**DCX**), qui a une profondeur de coupe effective au diamètre (**DC**), est la base de la vitesse de coupe V_c ou V_e .



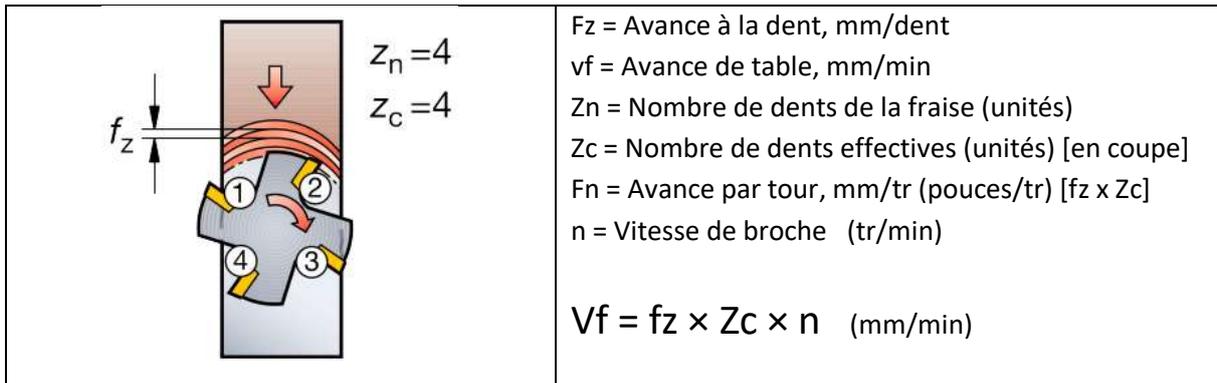
Avance, nombre de dents et vitesse de broche

L'avance à la dent, f_z mm/dent (pouces/dent), sert à calculer l'avance de la table pour le fraisage. La valeur de l'avance à la dent se calcule à partir de l'épaisseur des copeaux maximum recommandée.

L'avance à la minute, V_f mm/min (pouces/min), aussi appelée avance de table, avance machine ou vitesse d'avance, est la vitesse de déplacement de l'outil par rapport à la pièce en un temps donné en relation avec l'avance à la dent et avec le nombre de dents de la fraise.

Le nombre de dents des fraises (Z_n) est très variable. Il est utilisé pour déterminer l'avance de la table. Le nombre de dents effectives (Z_c) est le nombre de dents qui sont simultanément en coupe.

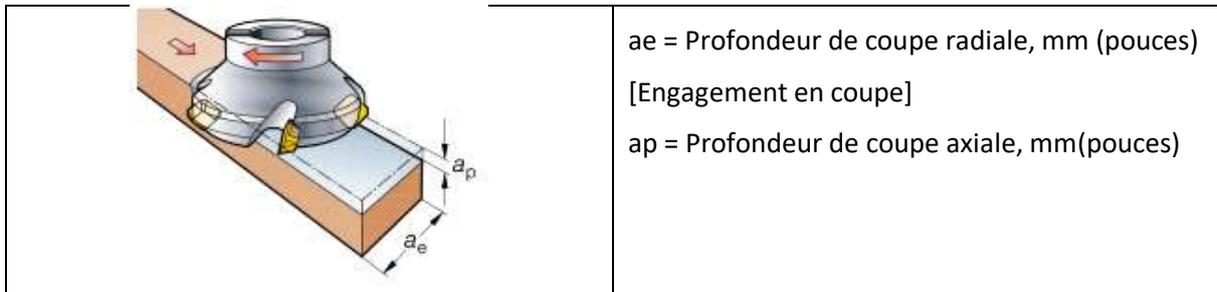
L'avance par tour (f_n), en mm/tr (pouces/tr), est utilisée pour les calculs d'avance et sert souvent à déterminer la capacité des fraises en finition.



Profondeur de coupe

La profondeur de coupe axiale, a_p mm (pouces), est la quantité de métal enlevée par l'outil de la surface de la pièce. Il s'agit de la distance à laquelle l'outil est positionné sous la surface non usinée.

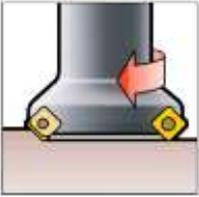
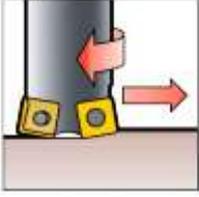
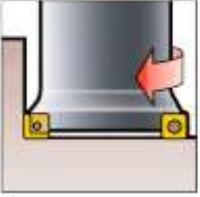
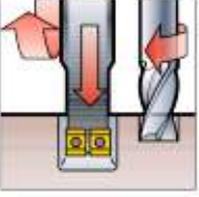
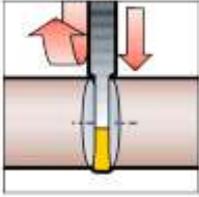
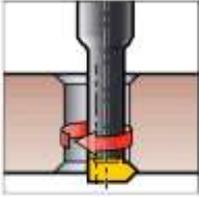
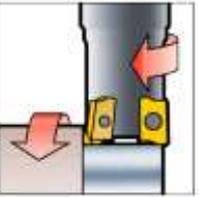
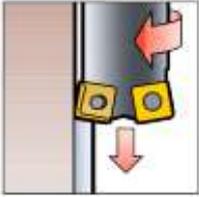
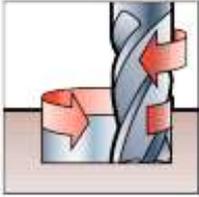
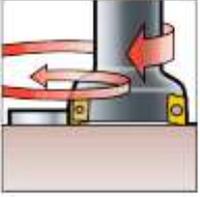
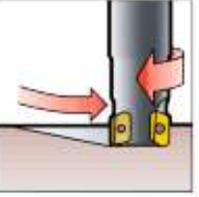
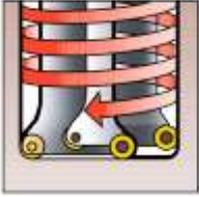
La largeur de coupe radiale, a_e mm (pouces), est la largeur couverte par le diamètre de la fraise sur la pièce. Il s'agit de la largeur de la surface usinée, ou, si le diamètre de l'outil est plus petit, de la surface couverte par l'outil.



Les formes pouvant être obtenues vont de simples rainures et contours à des formes tridimensionnelles sophistiquées, telles que des poches, des surfaces coniques, des hélices, des cavités et des profils complexes. Les différentes opérations de fraisage, telles que le fraisage en bout, le fraisage de rainures, le fraisage de contour et le fraisage de face, offrent des possibilités diverses pour façonner des pièces selon des spécifications précises.

Généralement, dans les machines 3 axes conventionnelles, le fraisage permet de réaliser des surfaces planes, des épaulements et des rainures. Les surfaces et formes autres que celles qui sont décrites ci-dessous augmentent régulièrement avec la vulgarisation des centres d'usinage cinq axes et des machines multifonctions.

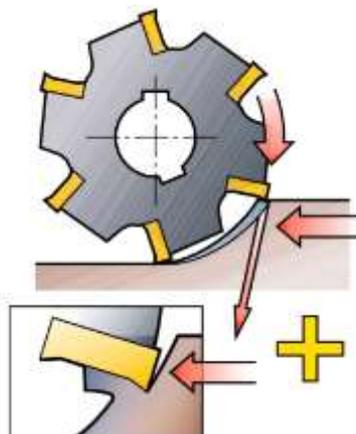


Surfaçage	Fraisage haute avance	Fraisage d'épaulements	Fraisage de gorges
			
Tronçonnage	Chanfreinage	Fraisage de profils	Tournage-fraisage
			
Tréflage	Fraisage trochoïdal	Fraisage circulaire	Ramping rectiligne
			
Interpolation hélicoïdale	Filetage à la fraise		
			

Fraisage en avalant ou fraisage en opposition

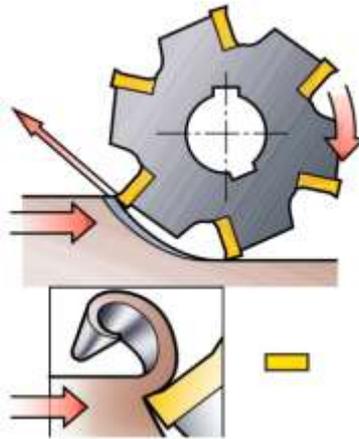
Fraisage en avalant – méthode préférentielle : Avec le fraisage en avalant, l'effet de brunissement peut être évité, la chaleur est moins élevée et la tendance à l'écroissage en coupe est minimale.

Dans le fraisage en avalant, les plaquettes commencent la coupe avec une grande épaisseur de copeaux



Fraisage en opposition (fraisage conventionnel)

La direction de l'avance est opposée au sens de rotation de la fraise dans la zone de coupe. Dans le fraisage en opposition, l'épaisseur des copeaux commence à zéro et augmente à la fin de la coupe.

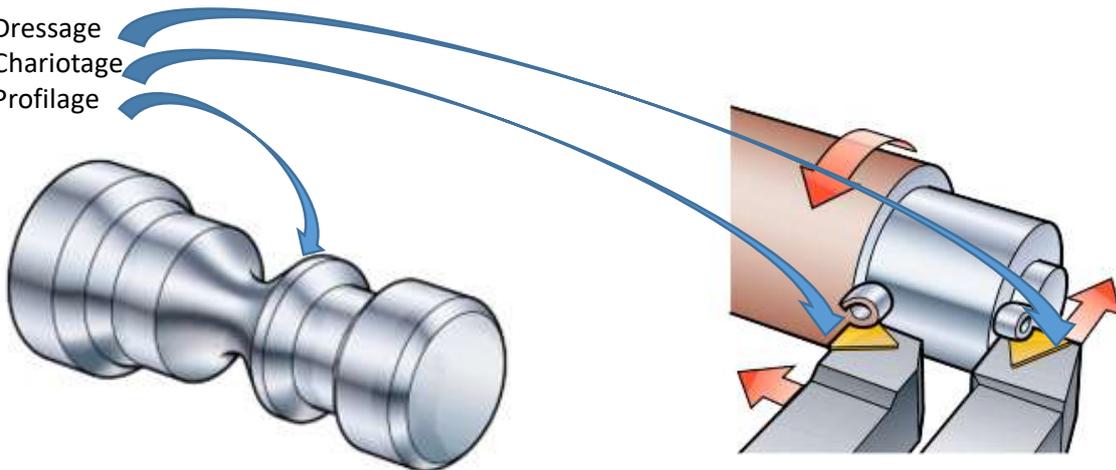


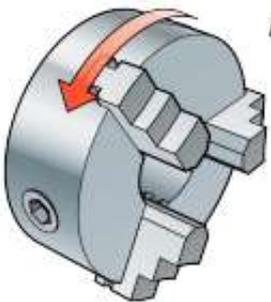
N.B : Toujours utiliser le fraisage en avalant pour profiter des meilleures conditions d'usinage.

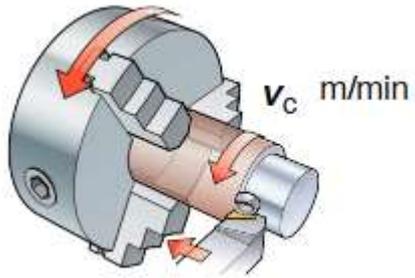
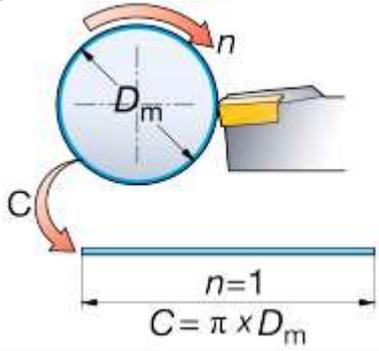
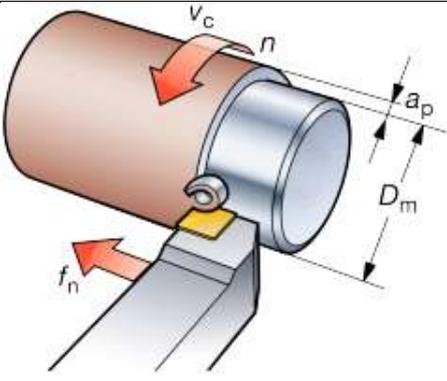
II.3.2 En tournage (Théorie et définitions des termes) :

Tournage et dressage avec mouvement axial ou radial de l'outil. Trois opérations de tournage courantes :

- Dressage
- Chariotage
- Profilage



 <p>n (tr/min)</p>	<p>Vitesse de broche</p> <p>La vitesse de la broche en tr/min correspond à la rotation du mandrin et de la pièce.</p>
--	--

	<p>Vitesse de coupe</p> <p>La vitesse de coupe est la vitesse en périphérie de la pièce, exprimée en mètres par minute, m/min, à laquelle l'outil se déplace le long de la pièce</p> <p>Définition de la vitesse de coupe</p> <p>La vitesse de coupe (V_c) est déterminée par le diamètre, Pi (π) et la vitesse de rotation de la broche (n) en tours par minute (tr/min). La circonférence (C) est la distance parcourue par l'arête de coupe en un tour.</p>
	<p>V_c = vitesse de coupe (m/min) D_m = Diamètre usiné, (mm) n = Vitesse de broche, (tr/min) C = Circonférence, π x D_m (mm) π (pi) = 3.14</p>
<p>Métrique</p> $V_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{1000} \text{ m/min}$	<p>Pouces</p> $V_c = \frac{\pi \times D_m \times n}{12} \text{ pieds/min}$
 <p>f_n = avance mm/tr (pouces/tr) a_p = profondeur de coupe mm (pouces)</p>	<p>Avance</p> <p>L'avance (f_n), exprimée en mm/tr, est le déplacement de l'outil par rapport à la pièce en rotation. L'avance est une valeur clé pour déterminer la qualité de l'état de surface de la pièce usinée et pour garantir que la formation des copeaux soit bien dans les limites de la géométrie de la plaquette. Cette valeur détermine non seulement l'épaisseur des copeaux mais aussi la manière dont ils se forment contre la géométrie de la plaquette</p>

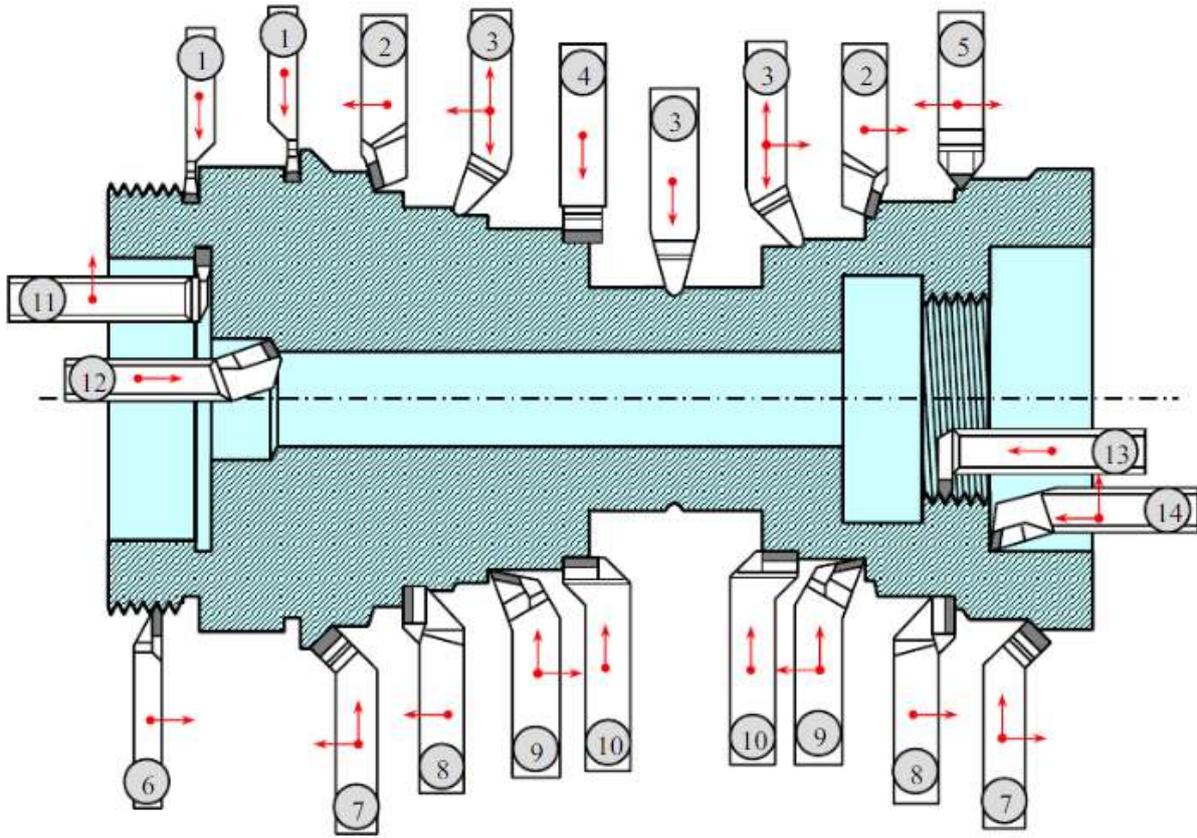
Profondeur de coupe

La profondeur de coupe (**a_p**), exprimée en mm, est la moitié de la différence entre le diamètre de la pièce avant et après la coupe. La profondeur de passe se mesure toujours à angle droit par rapport à la direction de l'avance de l'outil.

Formes réalisables :

D'autre part, en tournage, une large gamme de formes cylindriques, coniques et de profils peut être réalisée. Les opérations de tournage peuvent produire des cylindres, des cônes, des sphères, des surfaces planes, des filetages, des rainures et des formes spéciales telles que des arêtes vives et des chanfreins. L'utilisation de différents outils de coupe, des techniques d'avance variées et des

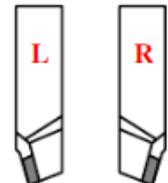
mouvements de la pièce permet de créer des pièces avec des contours complexes et des détails précis dans le processus de tournage.



N°	DESIGNATION	N°	DESIGNATION
1	<i>Outil à saigner</i>	8	<i>Outil couteau</i>
2	<i>Outil à charioter droit</i>	9	<i>Outil à dresser d'angle</i>
3	<i>Outil à retoucher</i>	10	<i>Outil à dresser les faces</i>
4	<i>Outil pelle</i>	11	<i>Outil à chambrer</i>
5	<i>Outil à retoucher</i>	12	<i>Outil à aléser</i>
6	<i>Outil à fileter</i>	13	<i>Outil à fileter intérieur</i>
7	<i>Outil coudé à charioter</i>	14	<i>Outil à aléser dresser</i>

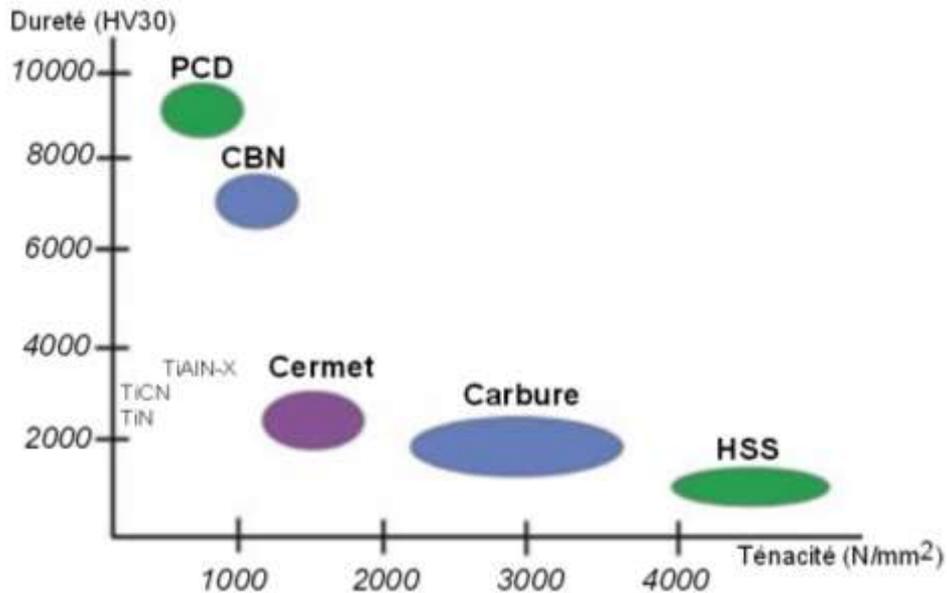
.Le sens de l'outil est défini par la position de l'arête principale de coupe (S) dans les conditions suivantes : outil tenu verticalement, bec en bas, avec sa face de coupe (A γ) en face de l'observateur.

- . l'outil est à *droite R(right) si l'arête (S) est à droite.*
- . l'outil est à *gauche G(left) si l'arête (S) est à gauche.*



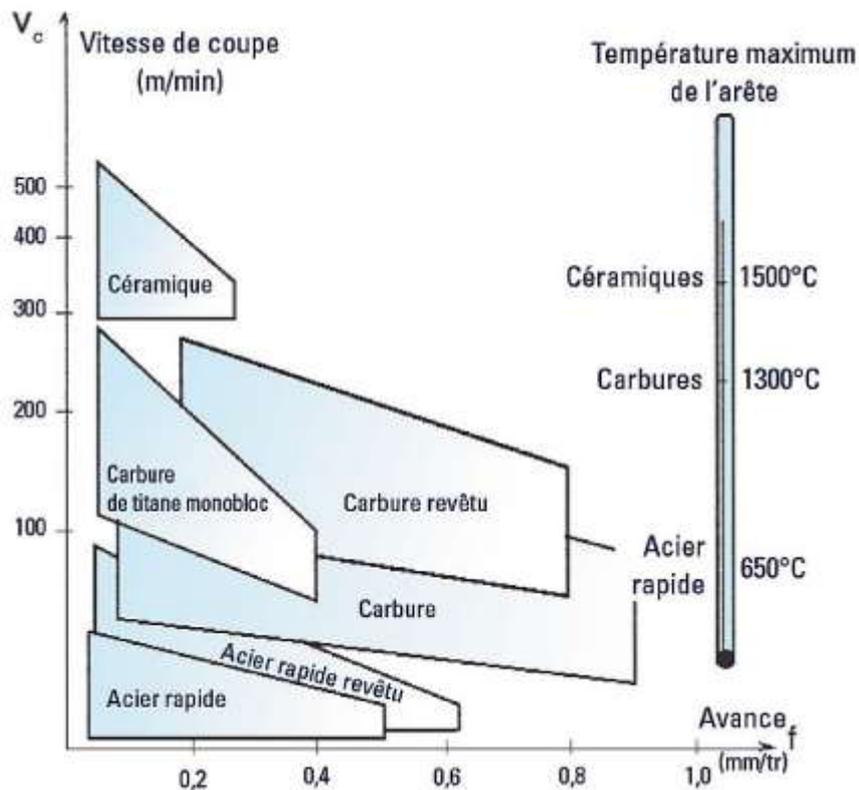
II.4 Propriétés des matériaux de coupe

Les matériaux de coupe sont des composants élaborés et utilisés pour des outils de coupe destinés à l'usage mécanique. La figure suivante représente la disposition des principales matières utilisées pour les outils de coupe modernes, selon leurs ténacité et dureté.



Disposition les matériaux d'outil selon la ténacité et la dureté.

Des conditions optimales d'usinage sont à rechercher pour un outil et une pièce donnés. Cette recherche ne peut être établie que par un protocole expérimental très rigoureux. La figure suivante présente les nuances d'outils coupants et leurs paramètres de coupe.



Matériaux à outil de coupe en fonction de paramètres de coupe

II.4.1 Gamme principale de matériaux de coupe

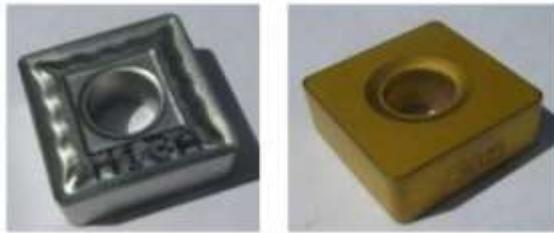
Les matériaux de coupe les plus courants sont divisés en plusieurs grands groupes :

- Carbure cémenté non revêtu (HW)
- Carbure cémenté revêtu (HC)

Les principaux composants des outils en carbures métalliques sont le carbure de tungstène (phase α), et le carbure de titane, de tantale ou le niobium (phase γ) et d'un élément de liaison entre les grains de carbure (taille de 0.2 à 1 μm) généralement du cobalt (phase β) de l'ordre de 8 à 20%.

Les outils à plaquettes en carbures revêtus ont été mis en œuvre où ils ont appliqué un matériau de revêtement, dont les plus utilisés sont :

- Nitrure de titane TiN
- Oxyde d'aluminium Al_2O_3
- Carbure de titane TiC
- Carbonitrure de titane TiCN
- Alumino-nitrate de titane TiAlN.

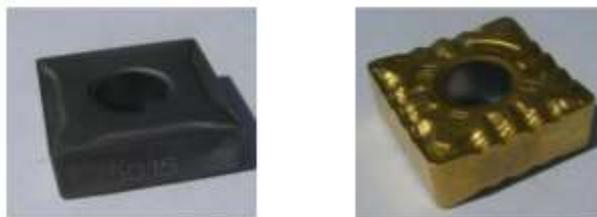


Plaquette en carbure

➤ **Cermet (HT, HC)**

- **HT** : Cermet non revêtu, contenant principalement des carbures de titane (**TiC**), des nitrures de titane (**TiN**), ou les deux.
- **HC** : Cermet comme ci-dessus, mais revêtu.

Le cermet est un terme formé de : « Cer » vient de céramique et « met » de métal. Les cermets sont des matériaux élaborés par la métallurgie des poudres, constitués par des particules de composés métalliques durs (carbures, nitrures, carbonitrures) liées par un métal (généralement du nickel). Leurs duretés sont de l'ordre de 1500 à 2000 HV. Ils ne perdent pas leur capacité à chaud en usinage à grande vitesse ou aux températures extrêmes allant jusqu'à 1000°C. Les cermets ne nécessitent pas obligatoirement de lubrification, ils sont destinés pour les opérations de finition et l'usinage de précision qui sollicitent un travail à grandes vitesses de coupe et à faibles avances.

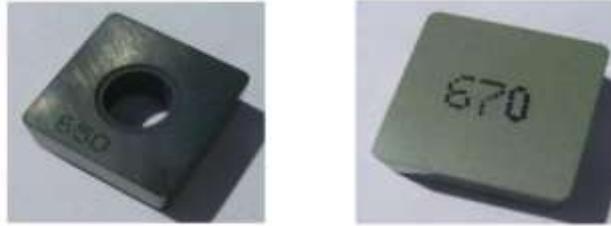


Plaquette en cermet

➤ **Céramiques (CA, CM, CN, CC)**

- **CA** : Céramiques à base d'oxydes, principalement oxydes d'aluminium (Al_2O_3).
- **CM** : Céramiques mélangées à base principalement d'oxyde d'aluminium (Al_2O_3) mais comprenant également d'autres éléments que les oxydes.
- **CN** Céramiques à base de nitrures, principalement du nitrure de silicium (Si_3N_4).
- **CC** Céramiques comme ci-dessus, mais revêtues.

Les plaquettes sont forgées et frittées par un processus de **HIP** utilisant des matières premières de qualité avec une microstructure adaptée pour atteindre d'excellentes propriétés matérielles. Toutes les surfaces sont ensuite rectifiées en garantissant un produit avec des dimensions et des tolérances supérieures.



Plaquettes en céramique

- **Nitride de bore cubique poly cristallin (PCBN)** : est un matériau qui acquiert par frittage sous une pression et une température extrêmement élevées une résistance à l'usure proche de celle du diamant. Sa dureté à chaud, sa résistance à l'oxydation et sa ténacité donnent aux plaquettes PCBN une excellente tenue d'arête et une longue durée de vie lors de l'usinage des aciers durs et de la fonte grise perlitique.

Les plaquettes **PCBN** sont adaptées pour l'usinage des matières suivantes :

- Aciers trempés (y compris les alliages à revêtement dur)
- Fonte grise perlitique
- Fontes blanches et trempées
- Acier au manganèse
- Carbure cémenté
- Alliages de métallurgie des poudres (PM)
- **(PCD) Diamant Poly Cristallin (DP, HC)**
 - **DP** Diamant poly cristallin.
 - **HC** Diamant poly cristallin avec revêtement

Le diamant poly cristallin (PCD) est produit par frittage de grains de diamant soigneusement sélectionnés sous une pression et une température élevées. Les outils coupants PCD combinent la dureté, la résistance à l'abrasion et la conductivité thermique du diamant avec la dureté du carbure de tungstène.

Les plaquettes PCD sont adaptées à l'usinage des métaux non-ferreux et des alliages, comme :

- L'aluminium
- Le cuivre
- Le laiton
- Le bronze
- Le carbure cémenté



Elles peuvent également être utilisées pour d'autres matériaux, par ex. :

- Les composites (MMC, ...)
- Les plastiques renforcés
- Le graphite
- Le carbure de tungstène
- Les céramiques
- Les alliages de titane

