

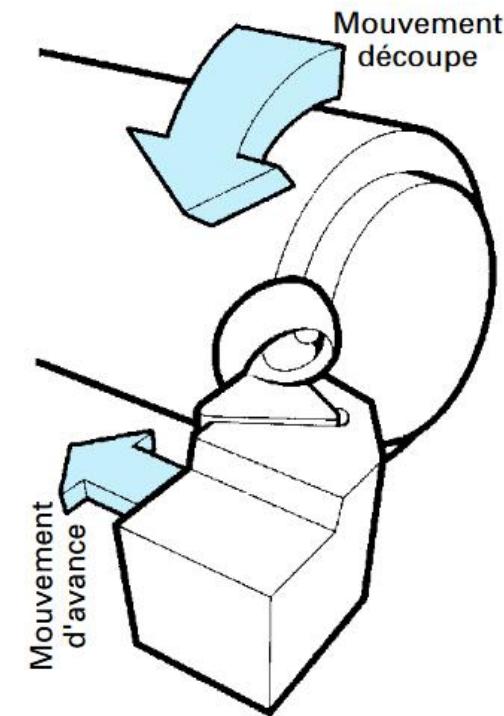
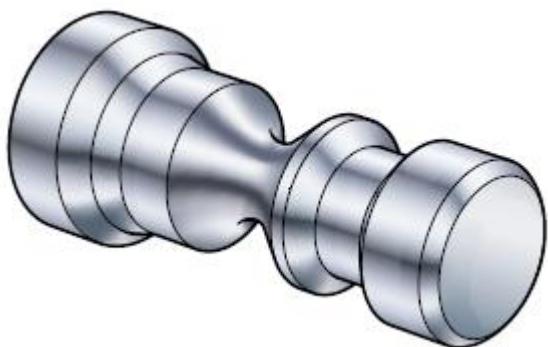


Activité pédagogique RESI

PROCEDES DE FABRICATION MECANIQUE SECONDAIRES (INTERMEDIAIRE)

Chapitre II : Le tournage

Le tournage est un procédé d'usinage par enlèvement de copeaux qui combine deux mouvements : la rotation de la pièce et l'avance de l'outil. L'avance de l'outil peut se faire le long de l'axe de la pièce, ce qui réduira le diamètre de celle-ci. L'avance peut aussi s'effectuer vers le centre de la pièce, au bout de celle-ci (dressage), et dans ce cas sa longueur réduira. D'autres combinaisons de ces deux directions sont possibles afin d'obtenir des surfaces coniques ou courbes.



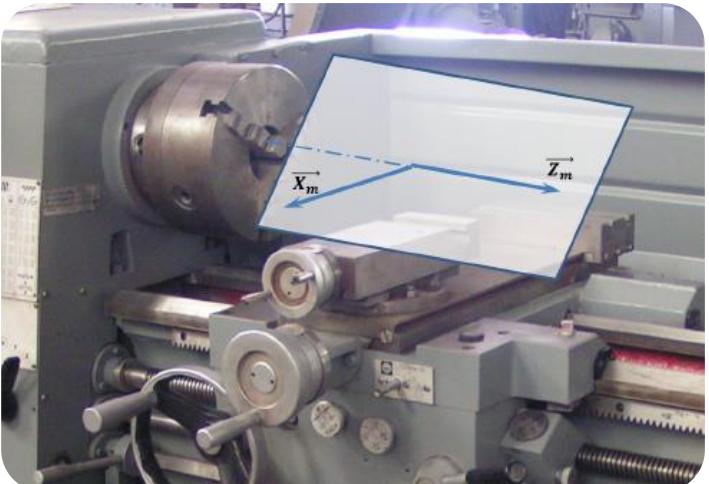
2.1 Axes normalisés

Sur les centres d'usinage, le choix des axes de déplacement est normalisé. Cela est notamment nécessaire dans le cas de la programmation des commandes numériques afin qu'un programme soit plus facilement transmissible d'une machine à une autre. Le nombre d'axes est donné par les mouvements d'avance. Le plus communément les tours sont des machines à 2 axes.

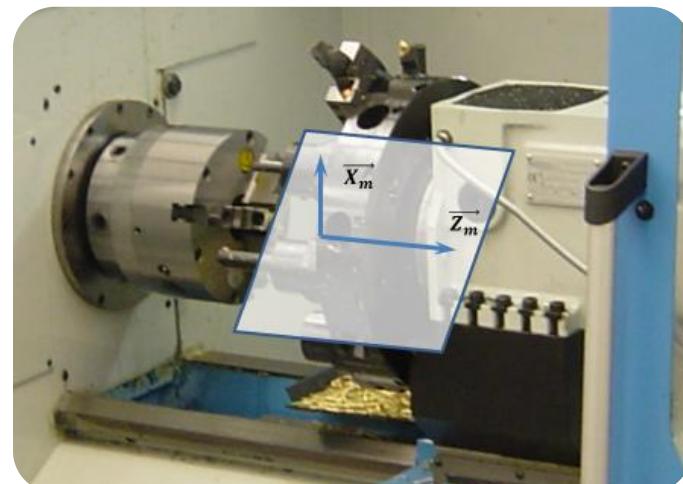
D'après la norme :

- L'axe Z_m est parallèle à l'axe de rotation de la broche. Le sens positif est donné par l'éloignement de l'outil par rapport à la pièce ;
- L'axe X_m est perpendiculaire à l'axe Z_m . Le sens positif est donné par l'éloignement de l'outil par rapport à la pièce ;
- L'axe Y_m est tel que le trièdre (X_m, Y_m, Z_m) soit orthonormé direct.

Axes normalisés sur un tour conventionnel



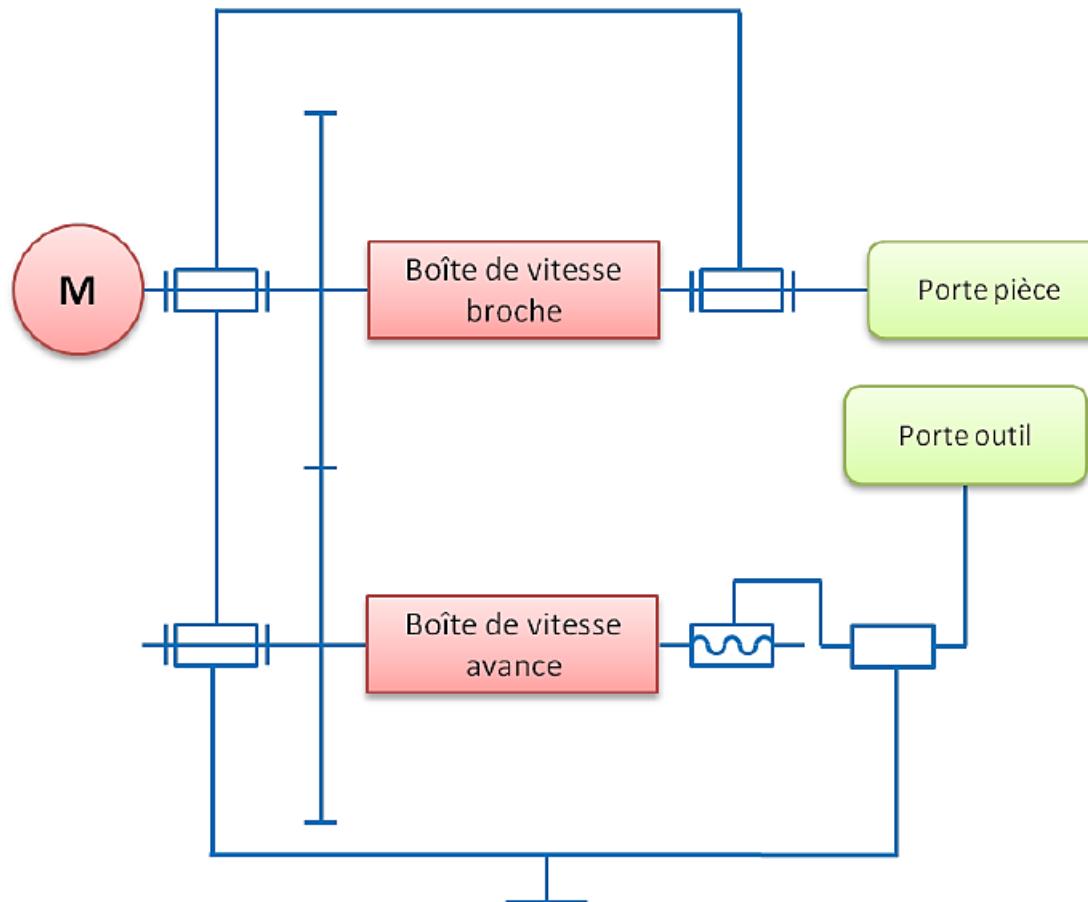
Axes normalisés sur un tour à commandes numériques



2.2 Les machines conventionnelles

Sur les machines conventionnelles, une fois la vitesse d'avance fixée, les distances de déplacement sont directement gérées par l'opérateur.

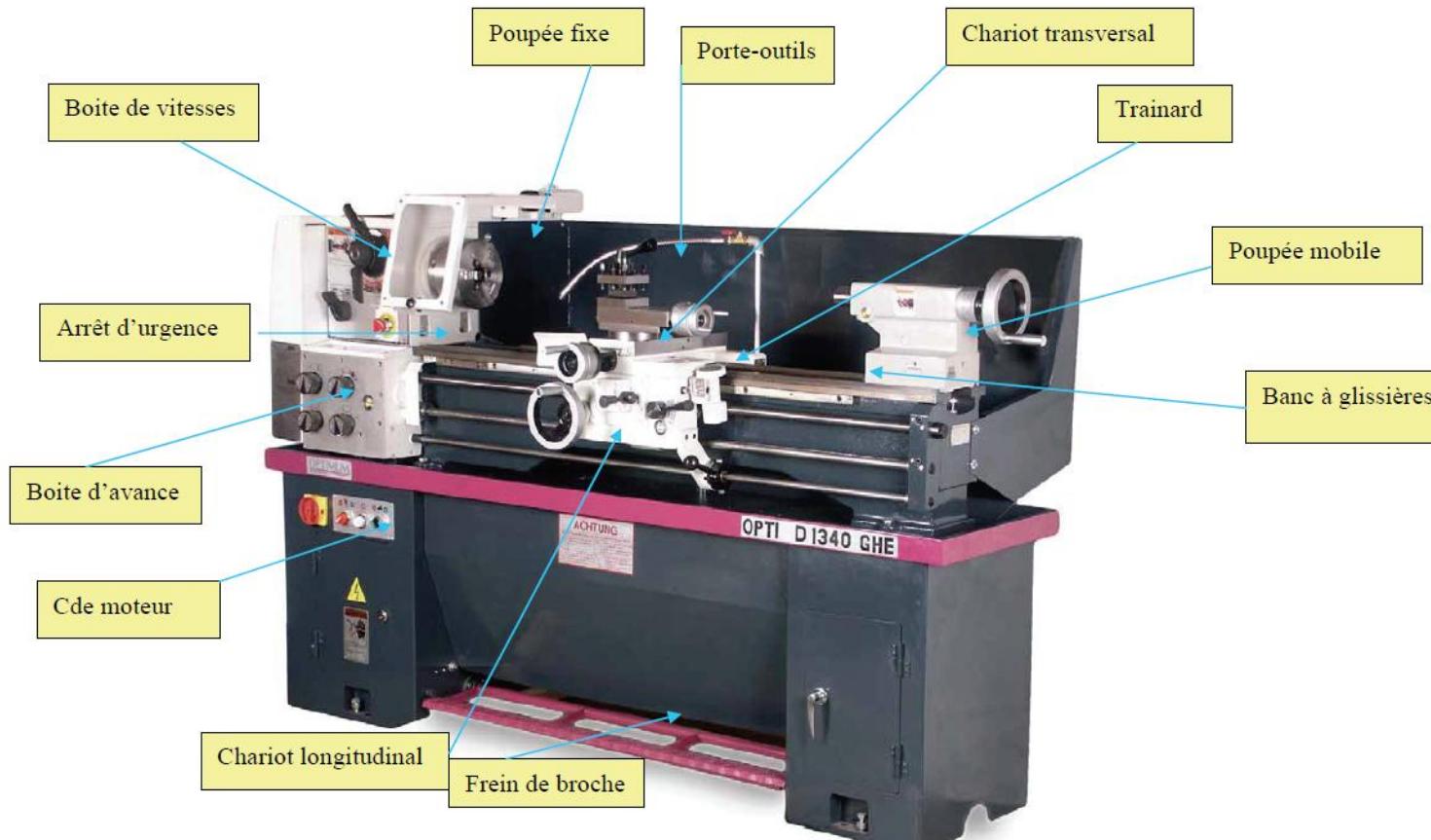
Les mouvements des machines conventionnelles sont assurés par un moteur asynchrone. Elles sont équipées de deux boîtes de vitesses mécaniques. La première permet de fixer la vitesse d'avance de l'outil. La seconde permet de choisir la fréquence de rotation de la broche.



2.2 Les machines conventionnelles

Les tours parallèles :

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



2.2 Les machines conventionnelles

Les tours à copier:

Ils permettent l'usinage de pièces par reproduction, grâce à un système de copiage hydraulique qui pilote le déplacement du chariot transversal. C'est une machine assez flexible qui peut convenir pour des travaux de petites à grandes séries. La génératrice des surfaces de révolution peut être quelconque.



2.2 Les machines conventionnelles

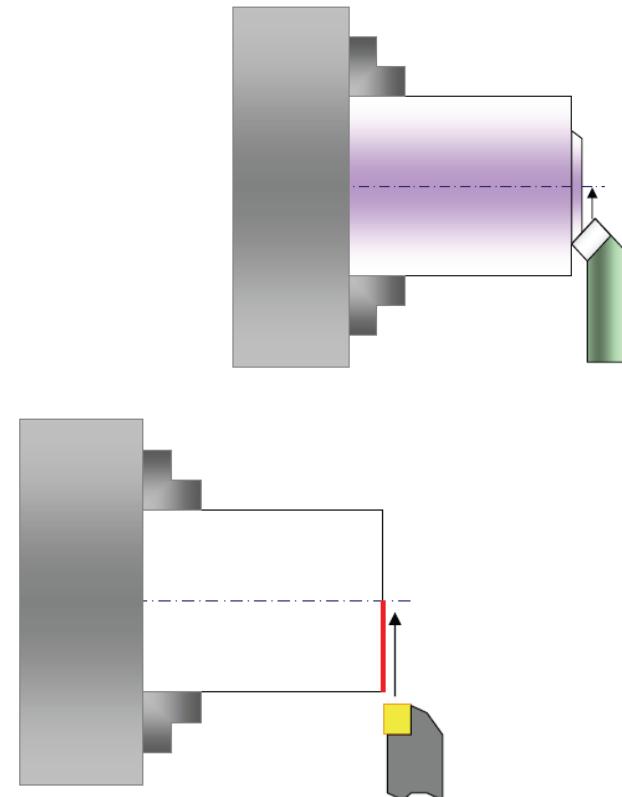
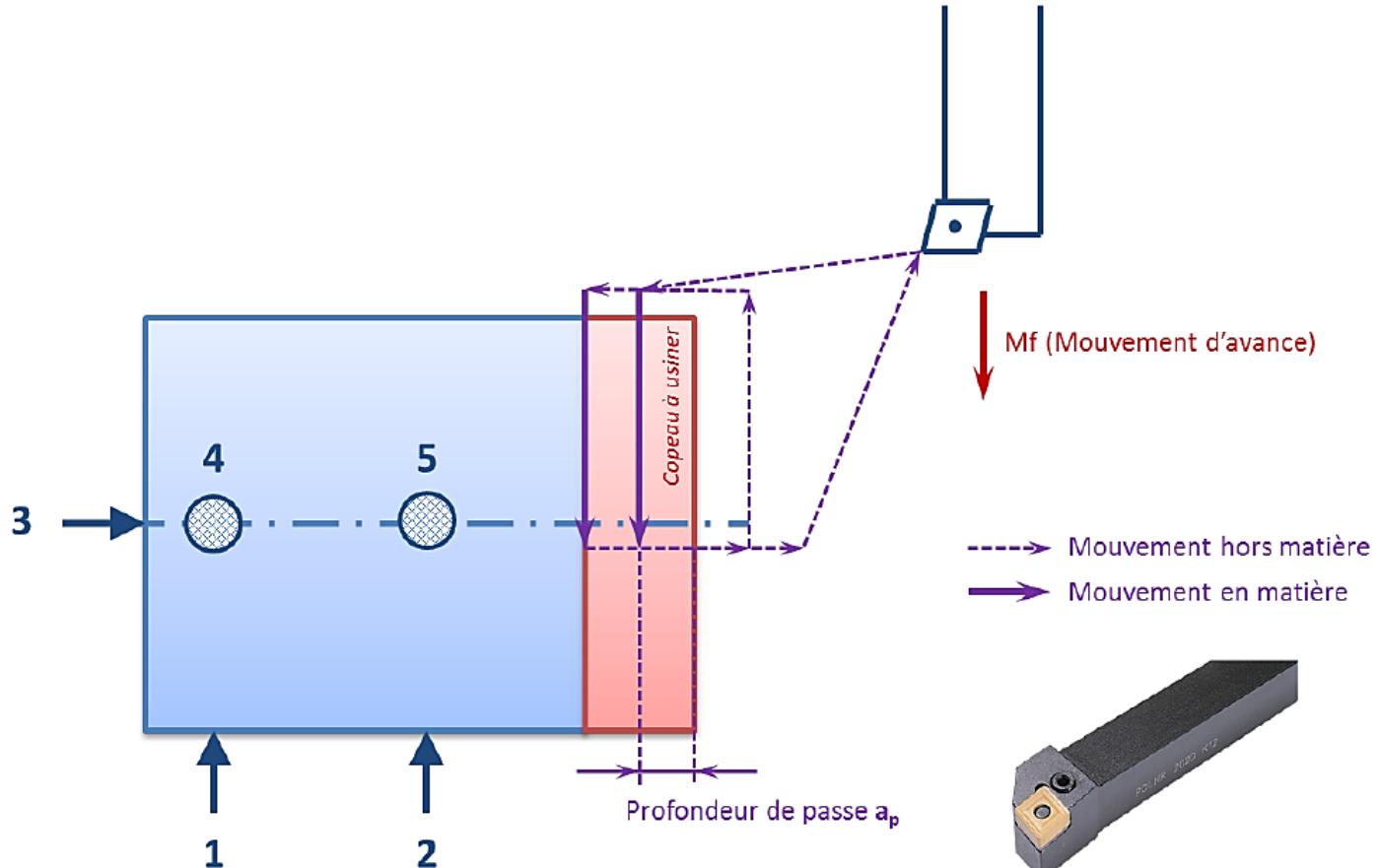
Les tours à commande numérique:

Comme en copiage, la génératrice de la pièce peut être quelconque mais ici la trajectoire de l'outil est obtenue par le déplacement simultané de deux axes dont les positions successives sont données par un calculateur travaillant à partir d'un programme propre à la pièce. Ces tours sont équipés d'un magasin d'outils et éventuellement d'un système de chargement des pièces.



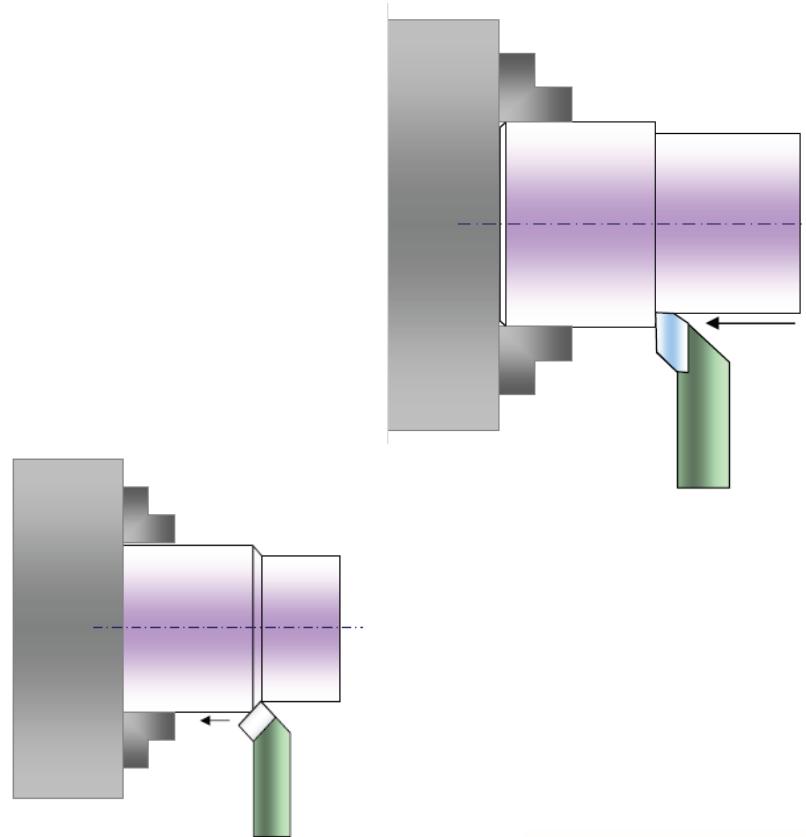
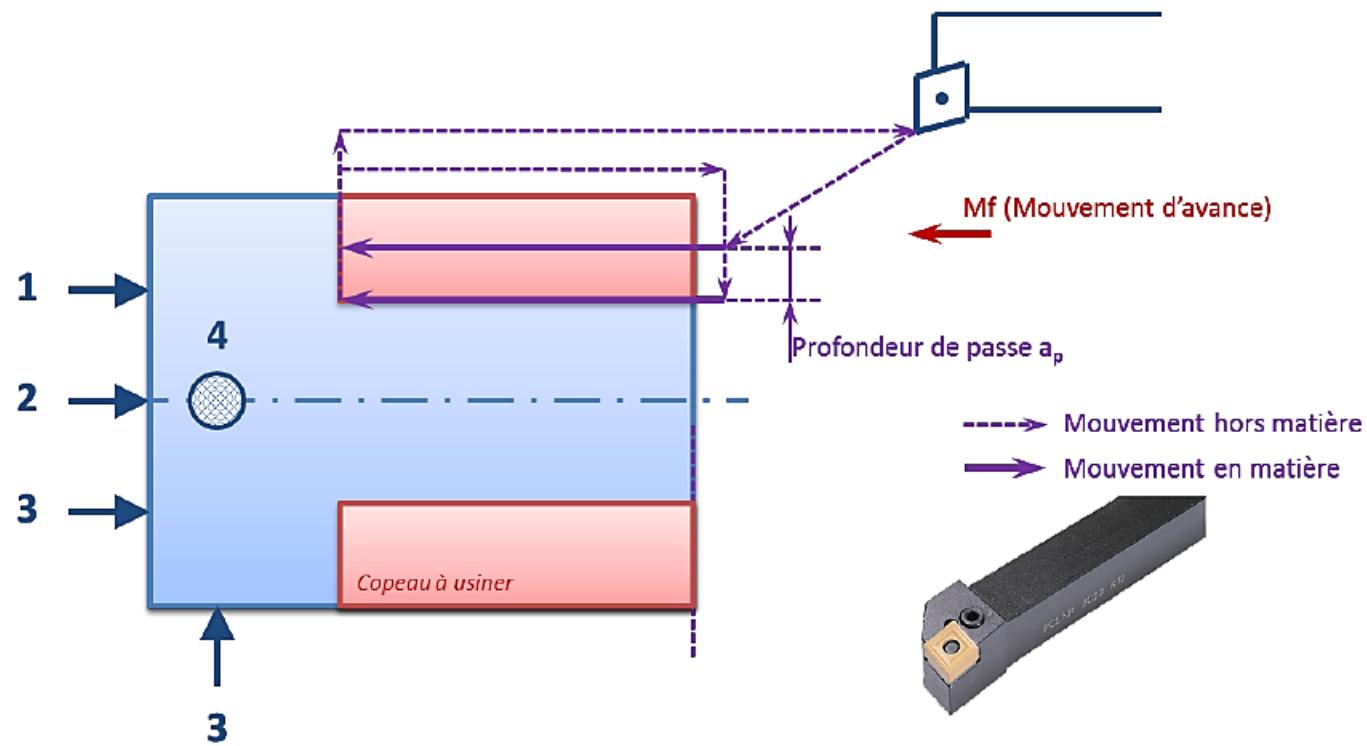
3.1 Dressage

Opération qui consiste à usiner une surface plane perpendiculaire à l'axe de la broche extérieure ou intérieure.

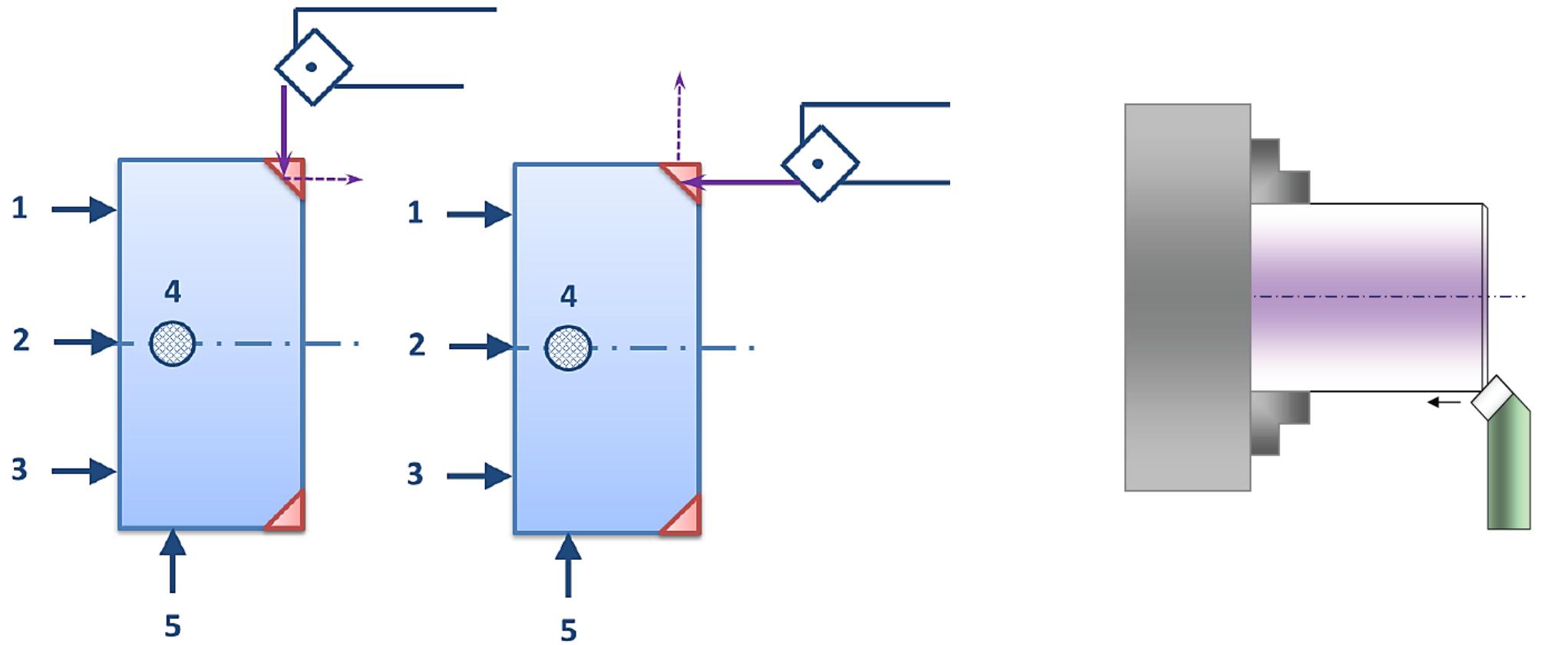


3.2 Chariotage

Opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique extérieure, ou générer un épaulement

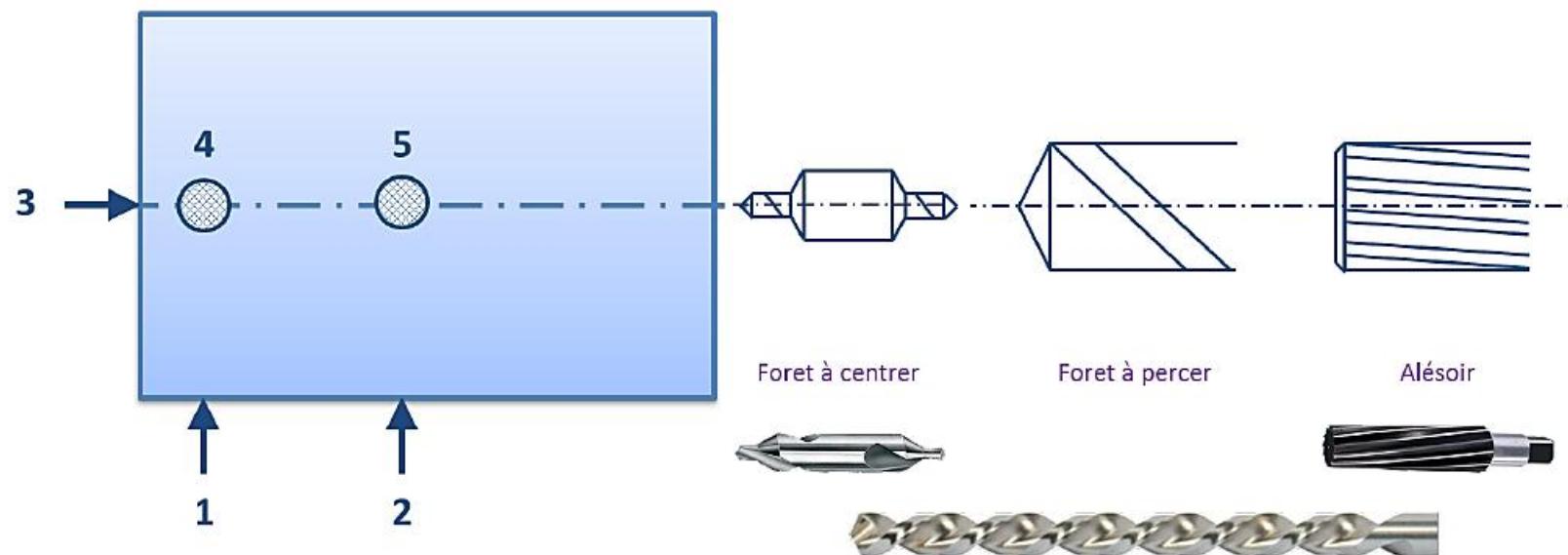


Opération qui consiste à réaliser un chanfrein :

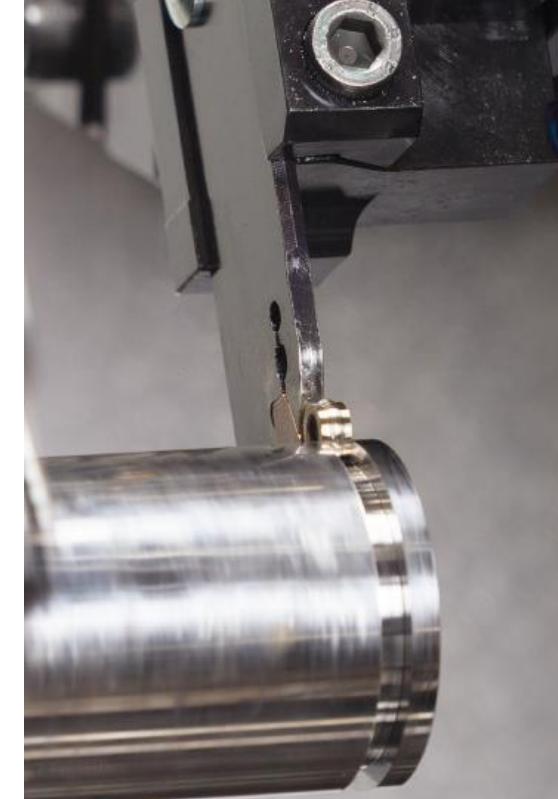
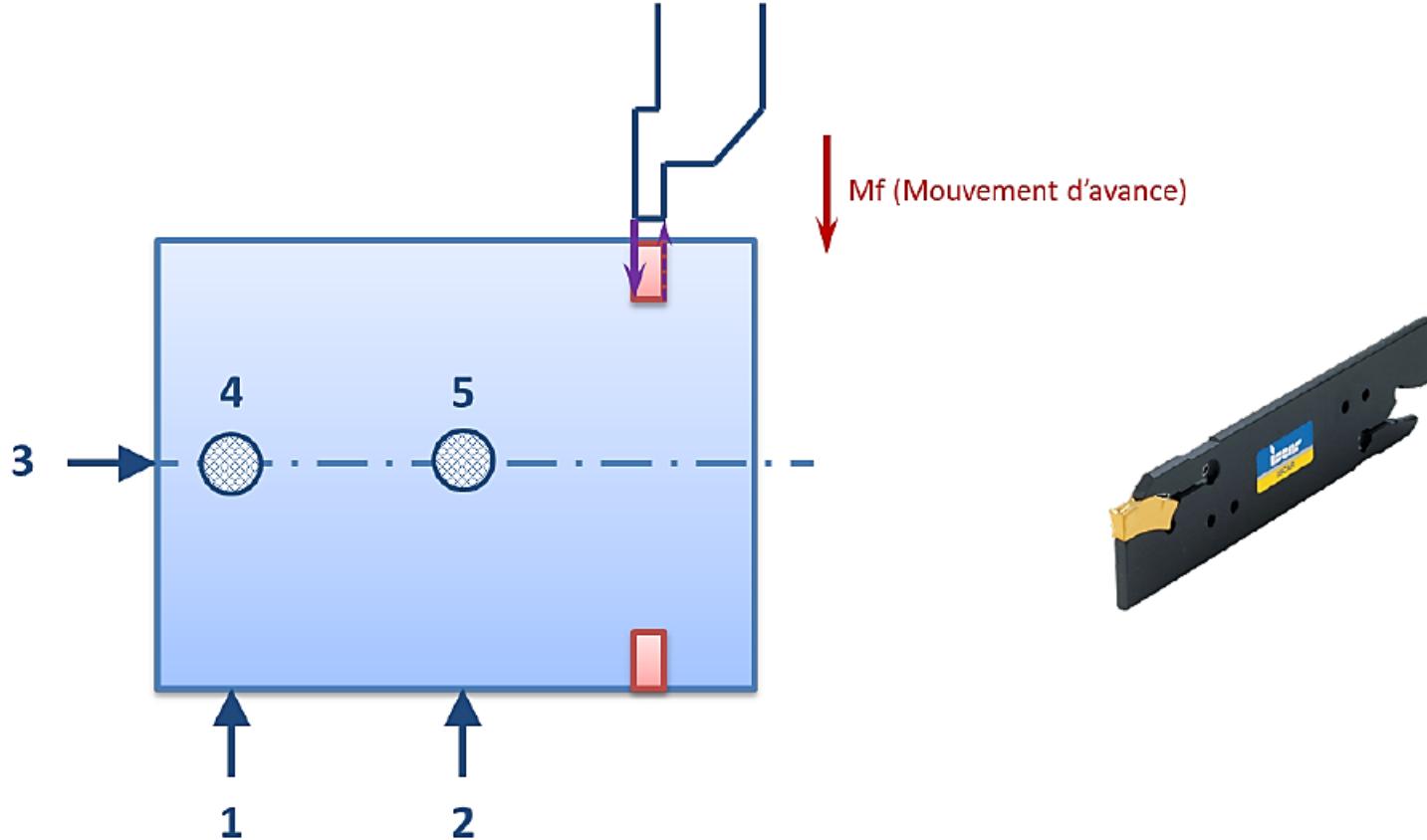


3.4 Perçage

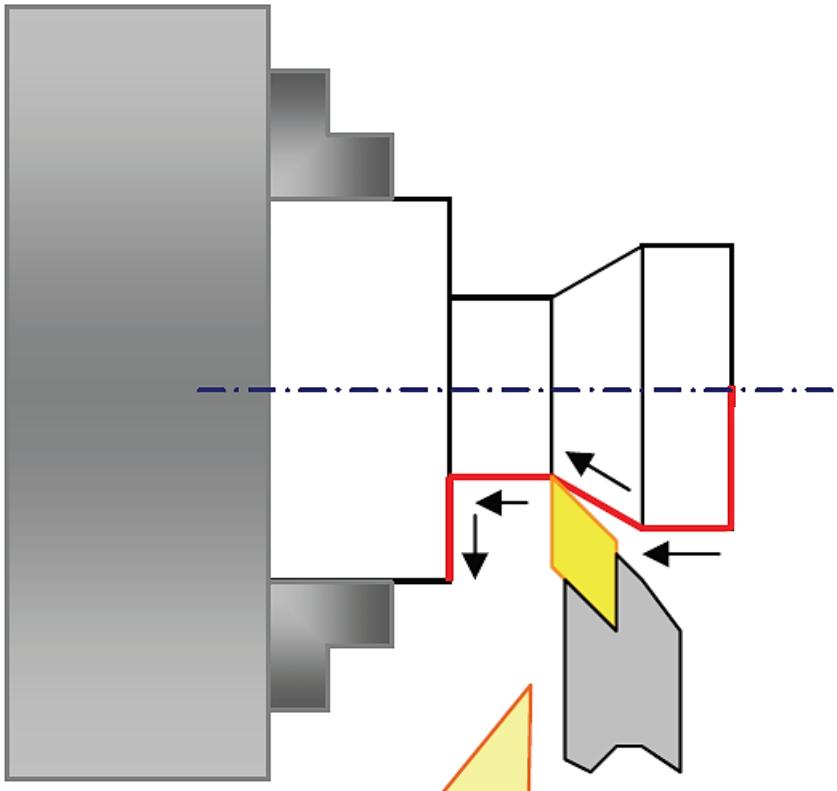
Opération qui consiste à réaliser des trous centrés avec l'axe de rotation de la pièce:



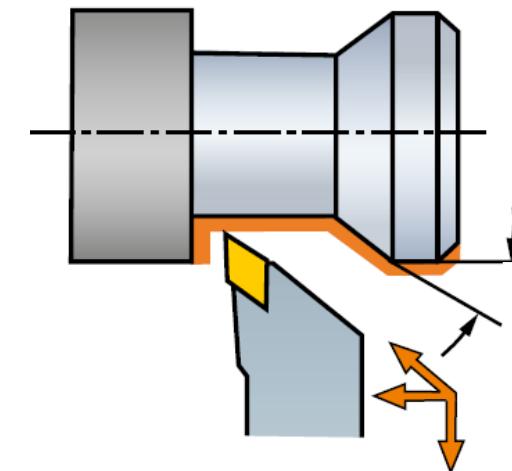
Cette opération permet soit de couper la pièce, ou bien réaliser des gorges ou des rainures:



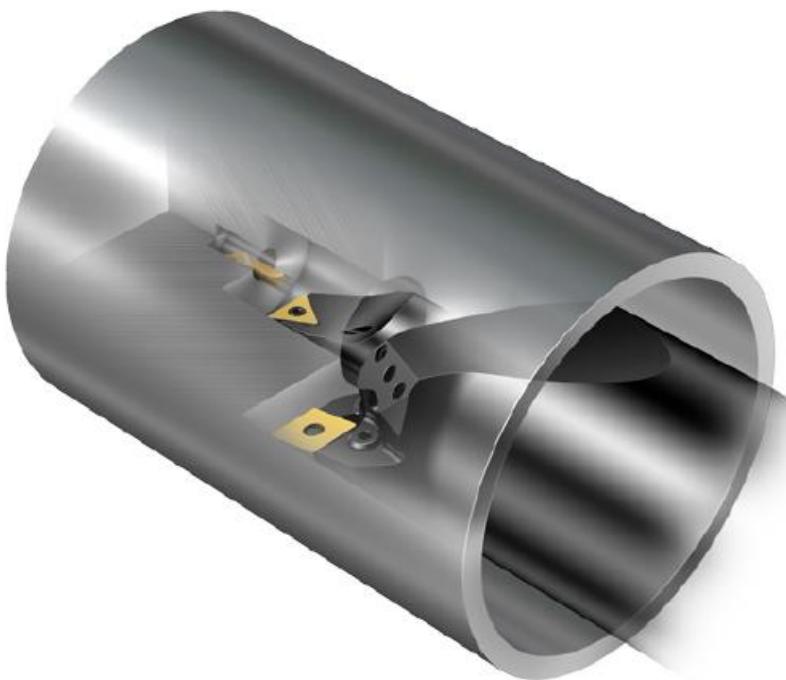
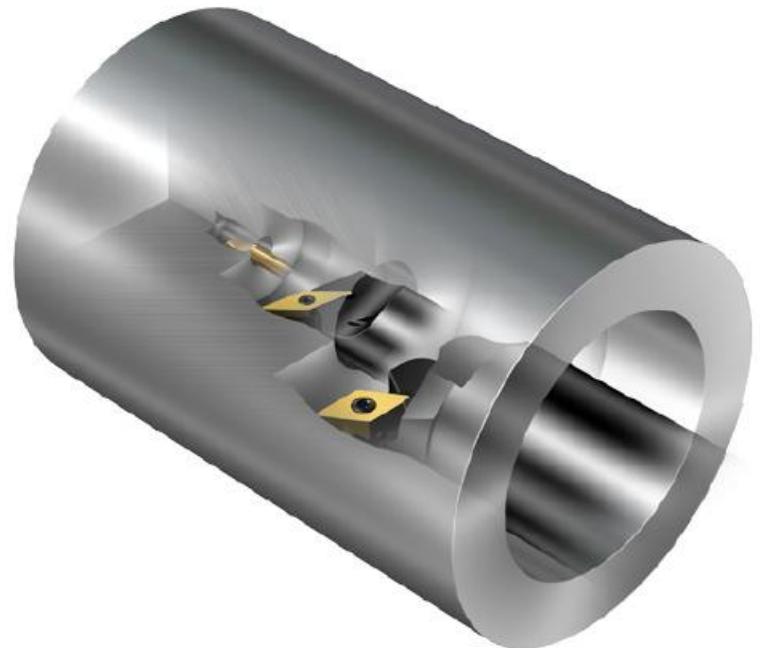
Cette opération permet de réaliser des formes quelconques:



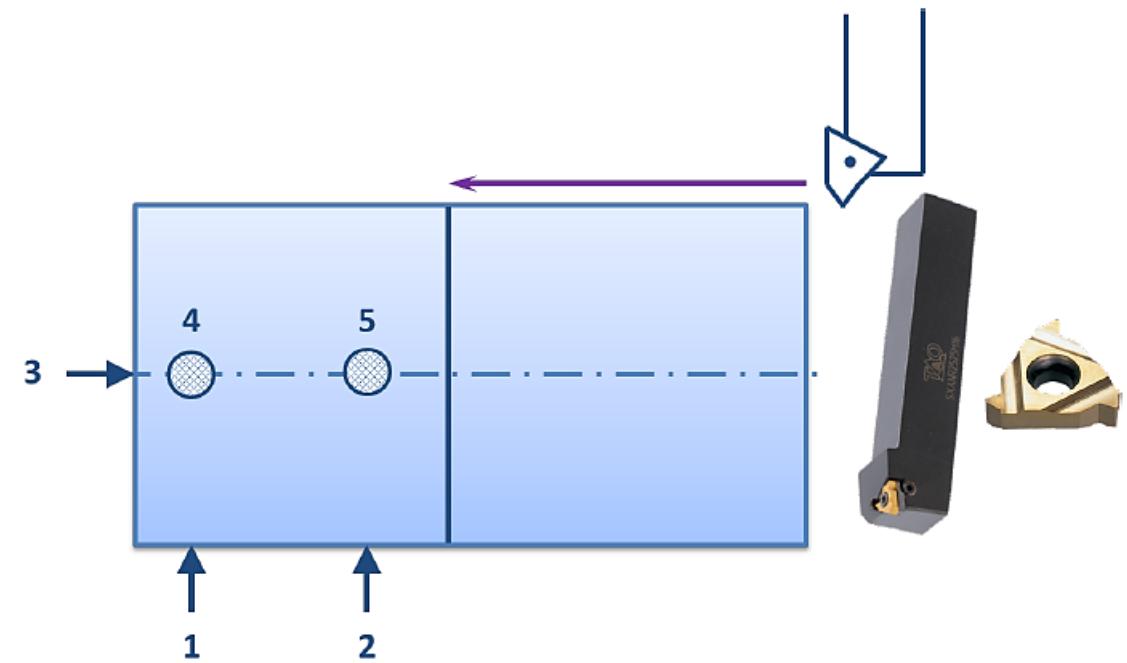
Dans certains types d'usinage, le changement de l'outil est nécessaire pour une question de forme de la pièce. Elle impose un choix différent.



L'alésage permet de réaliser des formes cylindriques ou coniques intérieures:



Permet de réaliser des filetages et des taraudages:



Ebauche (R):

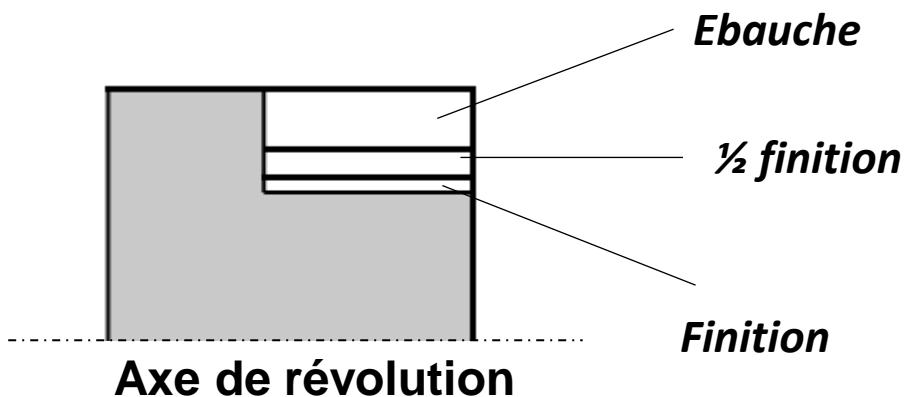
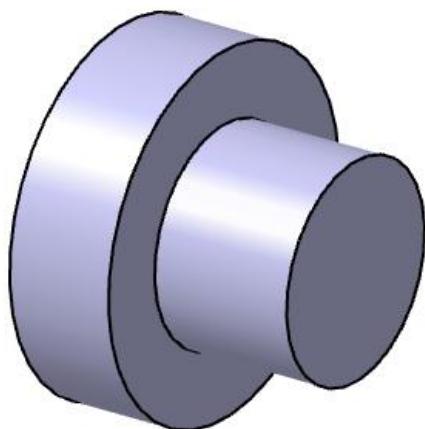
Opérations avec débit copeaux important et/ou conditions difficiles. Profondeurs de coupe et avances importantes

Semi-finition (M):

Opérations d'ébauche légère à moyenne. Plage étendue de profondeurs de coupe et avances.

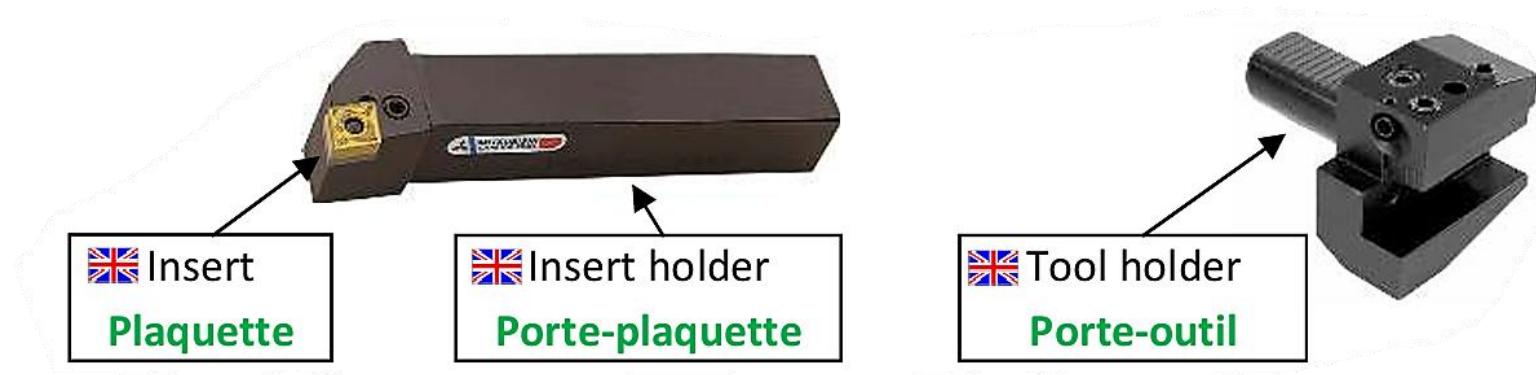
Finition (F):

Faibles profondeurs de coupe et avances réduites pour obtenir de bons états de surface et de bonnes tolérances.



Un outil d'usinage à plaquettes est le plus souvent composé des mêmes éléments, à savoir :

- Une plaquette
- Un porte-plalettes
- Un porte outil



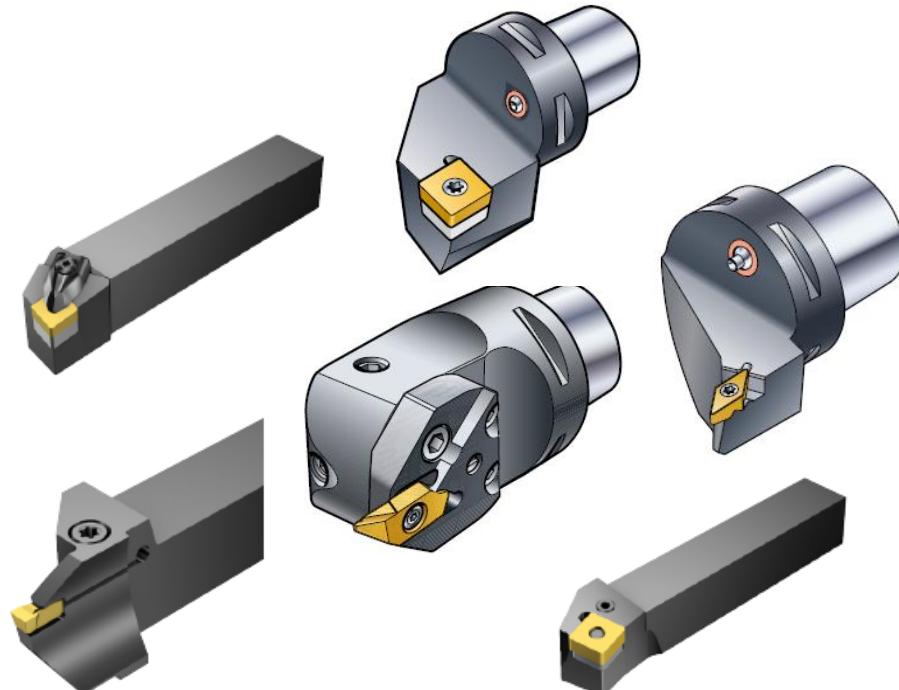
Cependant, les fabricants d'outils mettent à notre disposition une multitude de plalettes et de porte-plalettes différents. Nous serons amenés à reconnaître et aussi à choisir le type d'outil le plus adapté à une opération d'usinage donnée afin de commander chez le fabricant l'outil idéal.

Pour nous simplifier la tâche, les fabricants d'outils utilisent un système de codes pour reconnaître les plalettes et les portes-plalettes standards. Ce système est normalisé (ISO 1832:2012 pour les plalettes et ISO 5608:2012 pour les porte-plalettes de tournage)

Pour la réalisation des diverses opérations de tournage on dispose de différents outils de coupe. La sélection des outils de coupe consiste à choisir deux principales composantes, la plaquette, et le porte-plaquette.



Plaquettes (SANDVIK COROMANT)



Portes-plaquette (SANDVIK COROMANT)

La plaquette est tout simplement l'élément dont l'arête tranchante rentre en contact avec la pièce durant l'usinage. Les matériaux de coupe doivent donc posséder les propriétés suivantes :

- Dureté : résistance à l'usure en dépouille et à la déformation
- Ténacité : résistance à la rupture
- Neutralité chimique : absence de réaction chimique avec la matière usinée
- Stabilité chimique : résistance à l'oxydation et à la diffusion
- Résistance aux variations thermiques brusques



Généralement, il existe **six matériaux de coupe (de plaquettes)** :

**Carbure cémenté revêtu
– CVD/PVD**



Céramique



Carbure cémenté non revêtu



**nitrure de bore
cubique polycristallin**



Cermet



diamant polycristallin

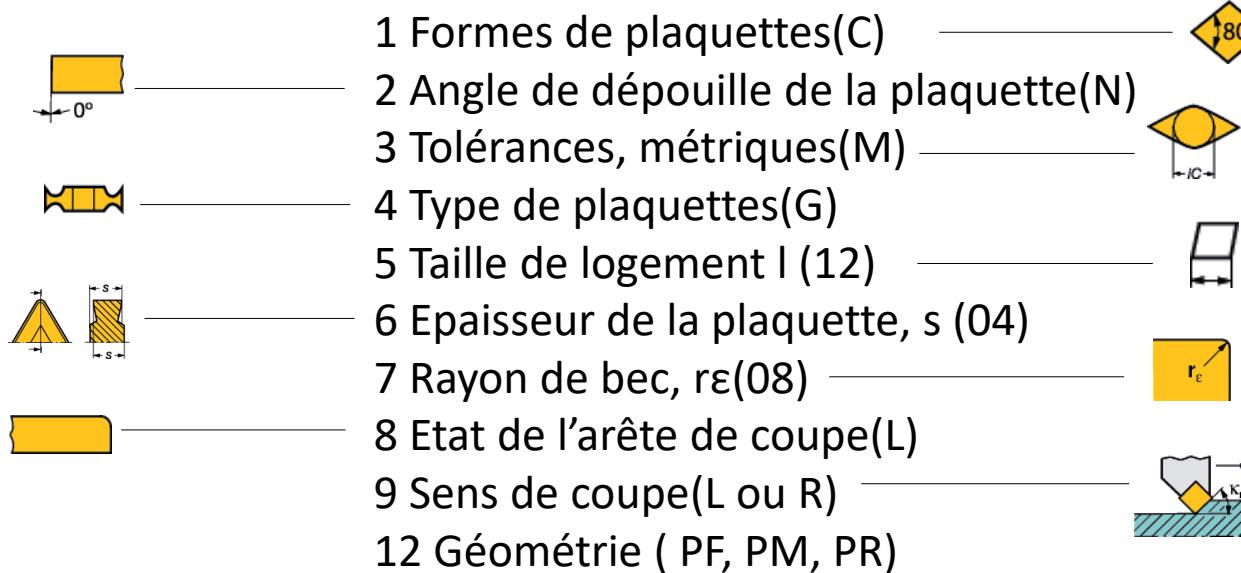


Pour effectuer un bon choix pour une application donnée, il convient d'avoir une connaissance de base des **propriétés des matériaux de coupe** et de leurs performances. Les critères de choix incluent la matière à usiner, le type et la taille de la pièce, les conditions d'usinage et l'état de surface requis pour chaque opération.

5.1 La plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

Codification plaquette: ISO 1832:2012

C	N	M	G	12	04	08	-		-	PF
1	2	3	4	5	6	7	8	9		12



Codification d'une plaquette pour tournage général

5.1 La plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

1 Formes de plaquettes: Angle de pointe de la plaquette

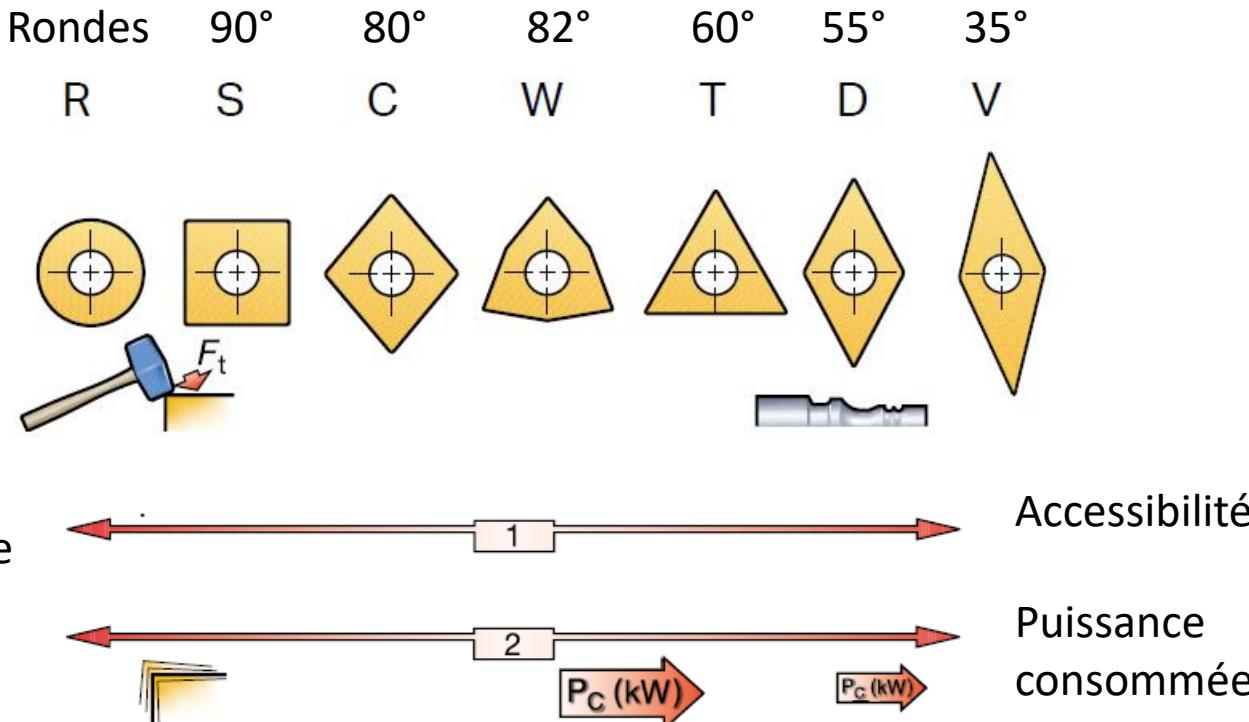
1 Formes de plaquettes	
C	D
K	R
S	T
V	W

- 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 à une arête moins résistante.

5.1 La plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

1 Formes de plaquettes: Angle de pointe de la plaquette

1 Formes de plaquettes	
C	D
K	R
S	T
V	W

**Grand angle de pointe :**

- Arête de coupe plus résistante
- Avances plus élevées
- Forces de coupe plus élevées
- Vibrations plus importantes

Petit angle de pointe :

- Accessibilité accrue
- Moins de vibrations
- Réduction des forces de coupe

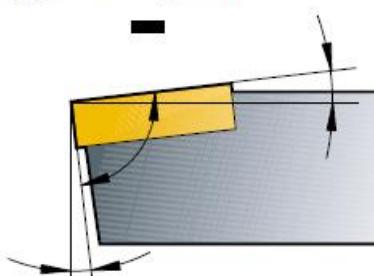
5.1 La plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

2 Angle de dépouille de la plaquette

2 Angle de dépouille de la plaquette	
B	5°
C	7°
E	20°
N	0°
P	11°
O	Description spécifique

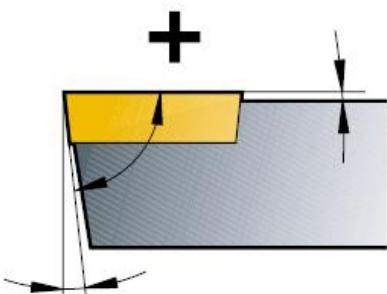
Les plaquettes négatives ont un angle de 90° (angle de dépouille de 0°) alors que les plaquettes positives ont un angle inférieur à 90° (angle de dépouille de 7°, par exemple). La figure montre l'angle d'inclinaison donné par l'angle de montage de la plaquette dans le porte-plaquette pour une plaquette négative et positive. Quelques caractéristiques des deux types de plaquettes sont indiquées ci-dessous.

Type négatif



- Réversible et non reversible
- Résistance de l'arête de coupe
- Angle de dépouille nul
- Usinage extérieur / intérieur
- Conditions de coupe lourdes.

Type positif



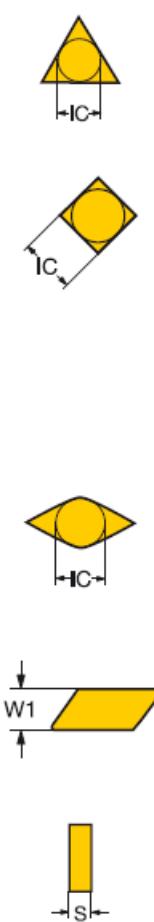
- Non reversible
- Forces de coupe faibles
- Dépouille latérale
- Usinage intérieur/extérieur
- Axes minces, petits alésages.

5.1 La plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

3 Tolérances

Avec les grandes plaquettes, la stabilité est meilleure. Pour l'usinage lourd, les plaquettes utilisées font normalement plus de iC 25 mm (1 pouce).

3 Tolérances		
Classe S	IC / W1	
G ± 0.13	± 0.025	
M ± 0.13	$\pm 0.05 - \pm 0.15^1)$	
U ± 0.13	$\pm 0.08 - \pm 0.25^1)$	
E ± 0.025	± 0.025	
^{1) Variable en fonction de la taille d'iC. Voir ci-dessous.}		
Cercle inscrit	Classe de tolérance	
IC mm	M	U
3.97		
5.0		
5.56		
6.0	± 0.05	± 0.08
6.35		
8.0		
9.525		
10.0		
12.0	± 0.08	± 0.13
12.7		
15.875		
16.0	± 0.10	± 0.18
19.05		
20.0		
25.0	± 0.13	± 0.25
25.4		
31.75	± 0.15	± 0.25
32.0		



4. Type de plaquette

4 Type de plalettes	
A	
Q	
G	
R	
M	
T	
N	
W	
P	
X	
Modèle spécial	

5.1 La plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

5 Longueur de plaquette : taille de logement

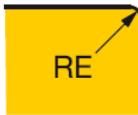
5 Taille de logement						
C	D	R	S	T	V	W
06	06	05	09	05	11	02
09	07	08	12	06	13	04
12	11	09	15	11	16	06
16	13	10	19	16	22	08
19	15	12	25	22		
25		15		27		
		16		33		
		19				
		20				
		25				
		31				
		32				

6. épaisseur de plaquette

6 Épaisseur de plaquette, S mm	
	S = 1.59
	S = 1.98
	S = 2.38
	S = 3.18
	S = 3.97
	S = 4.76
	S = 5.56
	S = 6.35
	S = 7.94
	S = 9.52
	S = 10.00
	S = 12.00

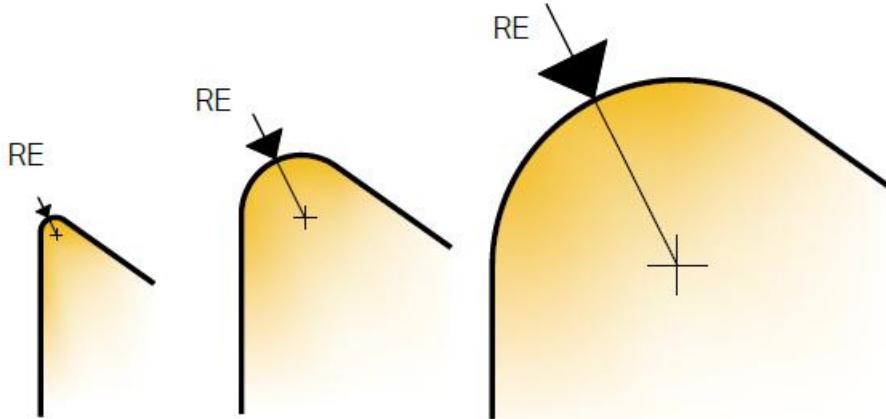
7 Rayon de bec

7 Rayon de bec, RE, mm



- 00* = 0
- 01 = 0.1
- 02 = 0.2
- 04 = 0.4
- 05 = 0.5
- 08 = 0.8
- 10 = 1.0
- 12 = 1.2
- 15 = 1.5
- 16 = 1.6
- 24 = 2.4
- 32 = 3.2

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

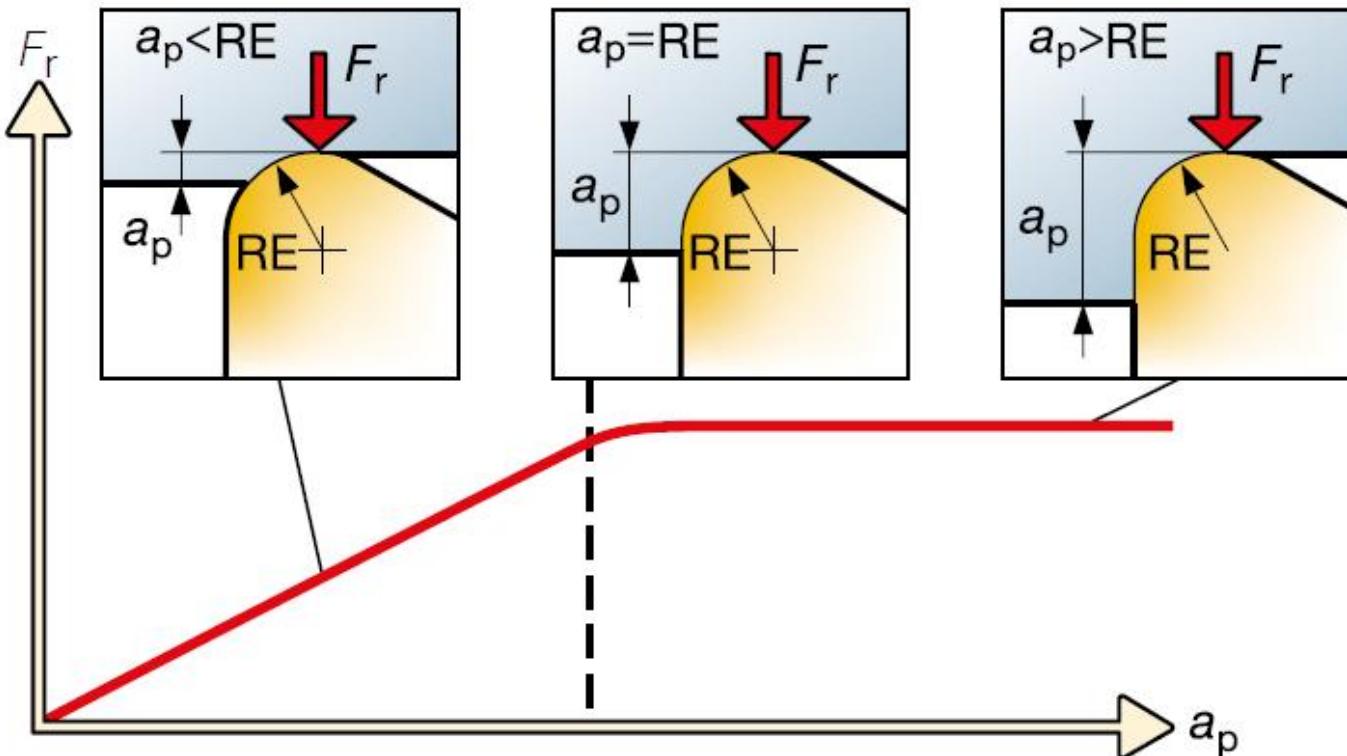
- Avances élevées
- Grandes profondeurs de coupe
- Grande sécurité d'arête
- Pression radiale plus élevée.

Règle générale : La profondeur de coupe doit être supérieure au rayon de bec (RE).

5.1 La plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

7 Rayon de bec

Effet du rayon de bec et de la profondeur de coupe:



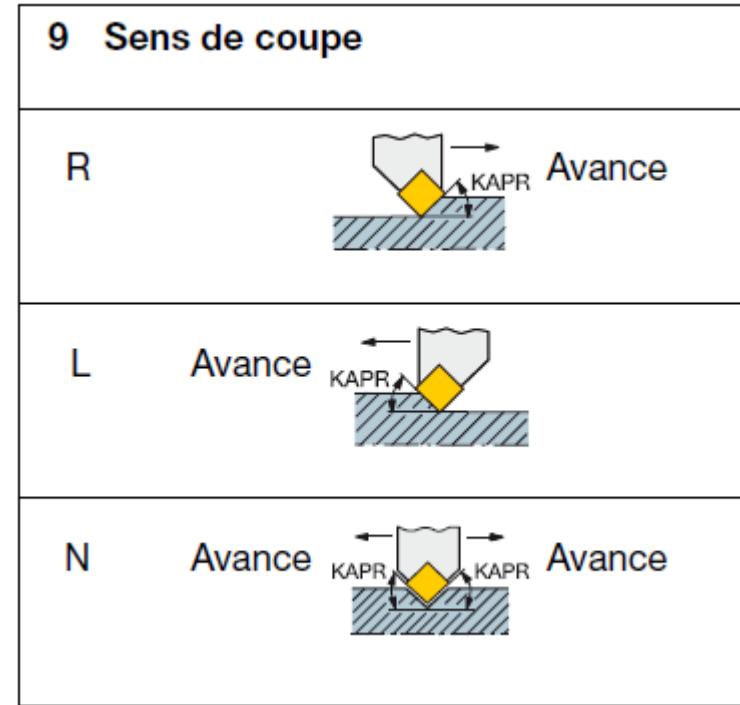
L'effort radial exercé sur la pièce croît de manière linéaire jusqu'à ce que le rayon de bec soit inférieur à la profondeur de coupe où l'effort se stabilise à sa valeur maximale.

5.1 La plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

8 Etat de l'arête de coupe

8 Etat de l'arête de coupe	
F	Arête de coupe vive
A	Arrondi d'arête ER (ANSI)
E	Arrondi d'arête (ER)
T	Chanfrein négatif
K	Double chanfrein négatif
S	Arête avec chanfrein négatif et arrondi (traitée ER)

9 Sens de coupe



5.1 La plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

12 Options propres au fabricant Sandvik Coromant (géométrie de la plaquette)

Le code ISO comporte neuf symboles. Les deux derniers ne s'utilisent que si nécessaire. En outre, le fabricant peut ajouter deux symboles, qui signifient le **a) matériau usiné et b) l'application d'usinage**

a) Les matières des pièces à usiner sont divisées en **6 grandes familles** conformes à la norme **ISO**. Chacune de ces familles a des propriétés d'usinage spécifiques.

P Aciers



K Fontes



S Alliages réfractaires



M Aciers inoxydables



N Aluminium



H Aciers trempés



5.1 La plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

12 Options propres au fabricant Sandvik Coromant (géométrie de la plaquette)

b) Comme nous avons vu précédemment, il existe 3 applications d'usinage:

Ebauche (R)

Débit copeaux maximum et/ou conditions difficiles, profondeur de coupe et avance importantes en même temps

Semi-finition (M)

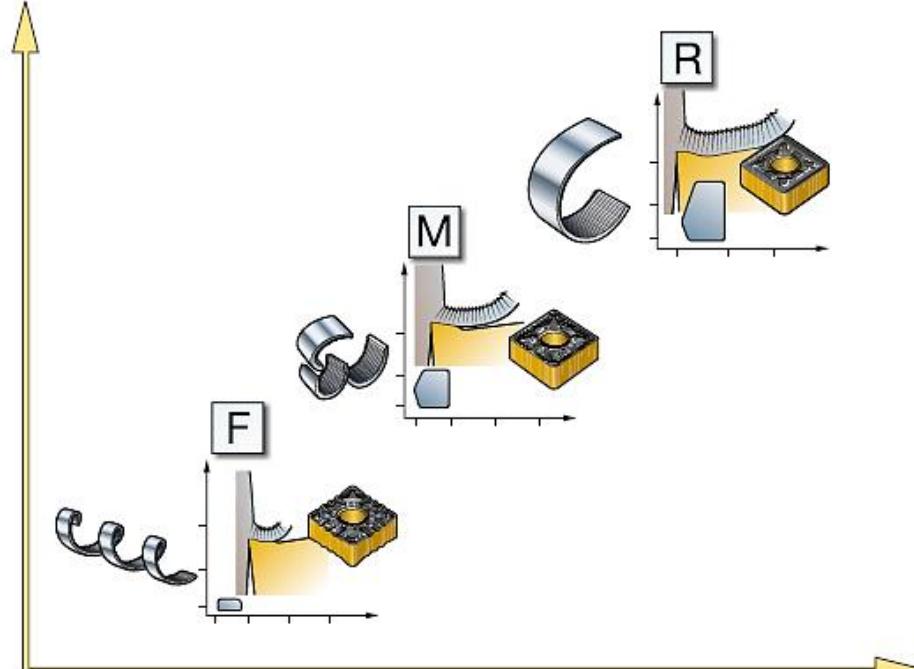
Opérations d'ébauche légère et Grande plage de combinaisons de profondeurs de coupe et avances.

Finition (F)

- Faibles profondeurs de coupe et avances réduites

Exemple: la géométrie PF: ISO P, Finition
KR: ISO K, Ebauche

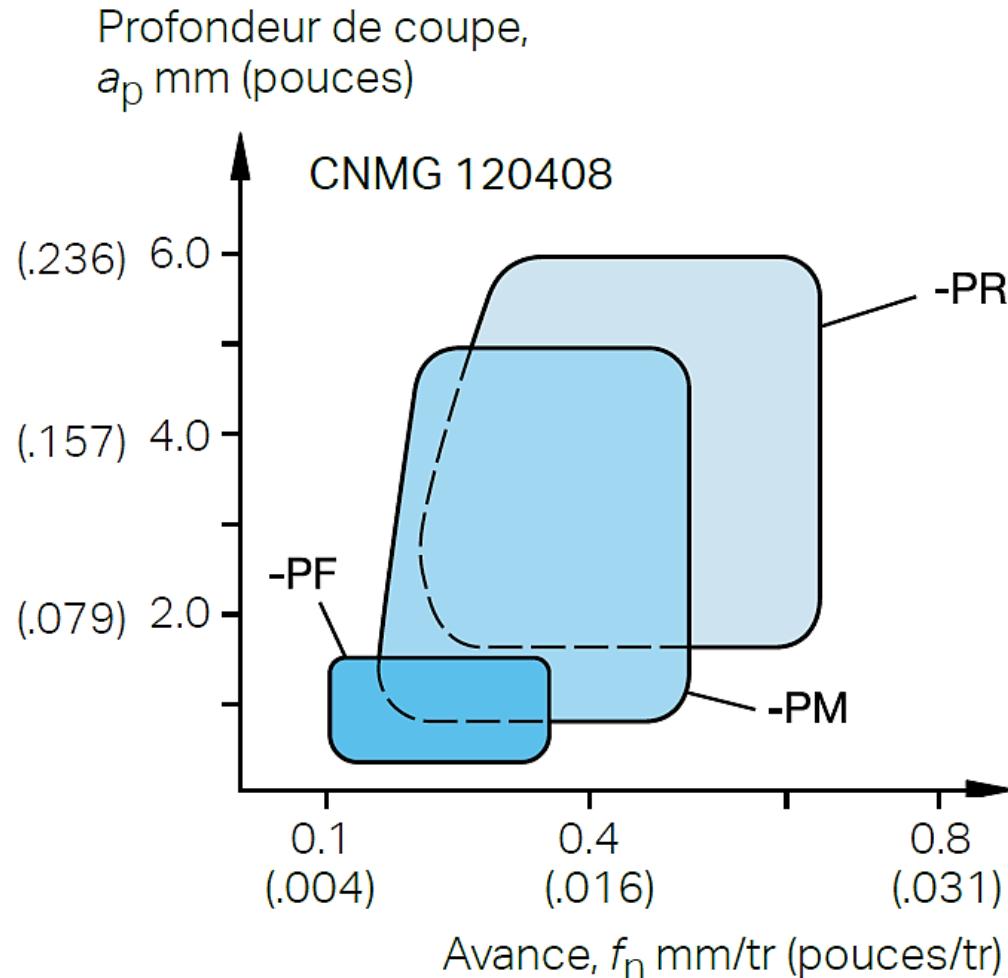
Profondeur de coupe,
 a_p mm (pouces)



Avance, f_n mm/tr (pouces/tr)

12 Options propres au fabricant Sandvik Coromant (géométrie de la plaquette)

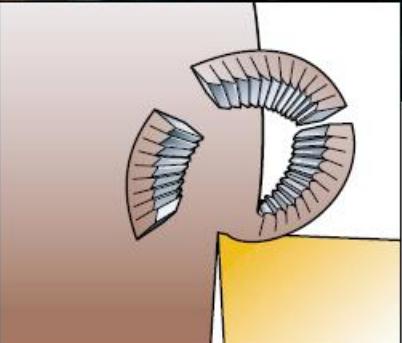
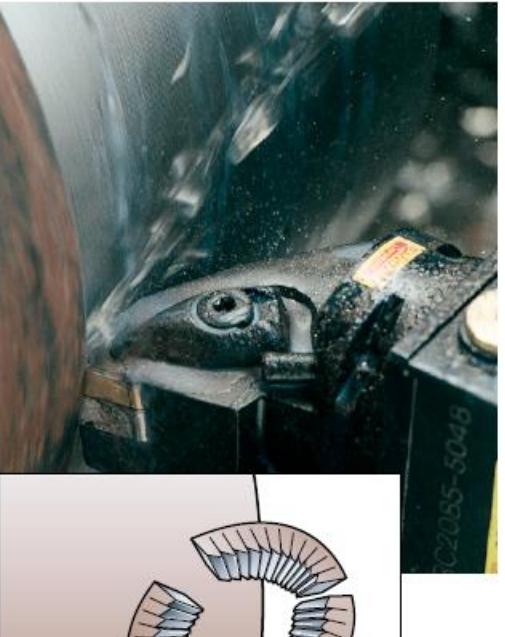
Aires de fragmentation des copeaux: Exemple de Tournage d'acières faiblement alliés:



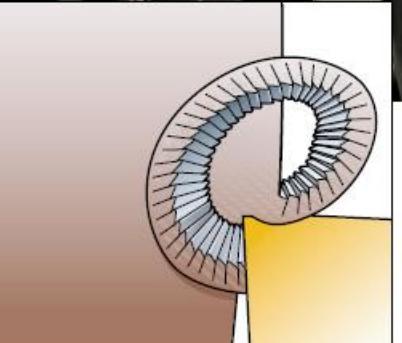
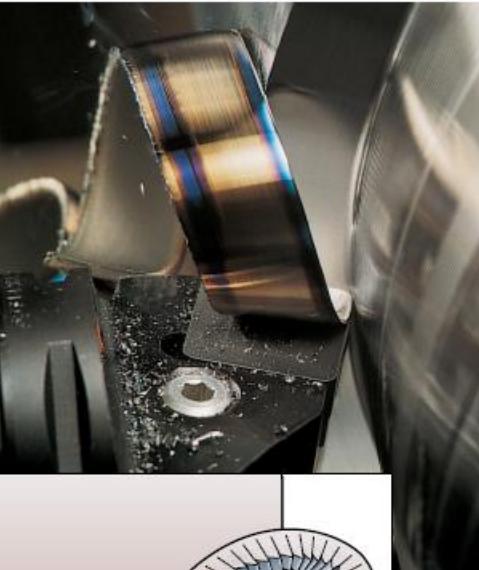
12 Options propres au fabricant Sandvik Coromant (géométrie de la plaquette)

Il existe trois schémas de fragmentation des copeaux:

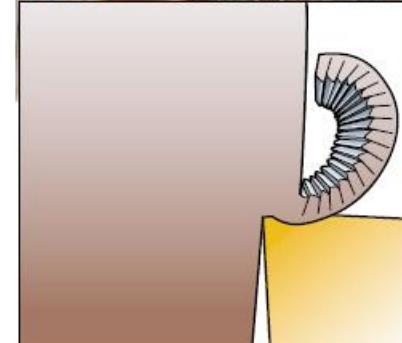
1) Fragmentation spontanée



2) Fragmentation contre l'outil



3) Fragmentation contre la pièce



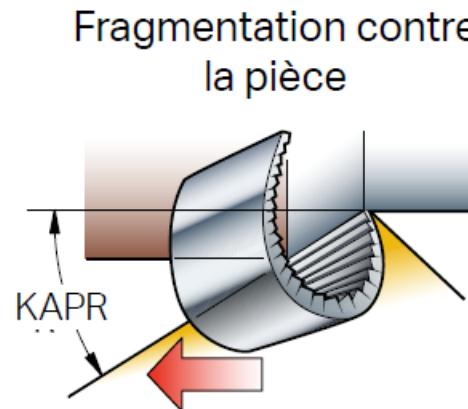
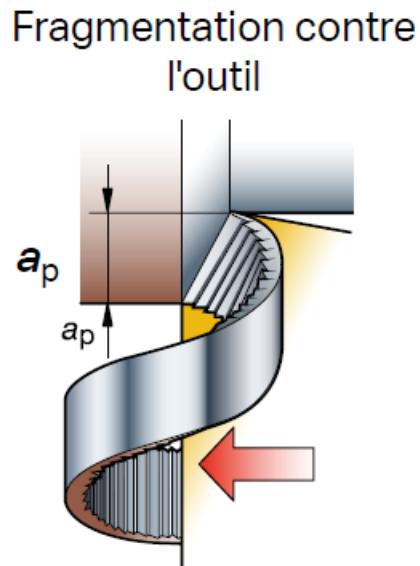
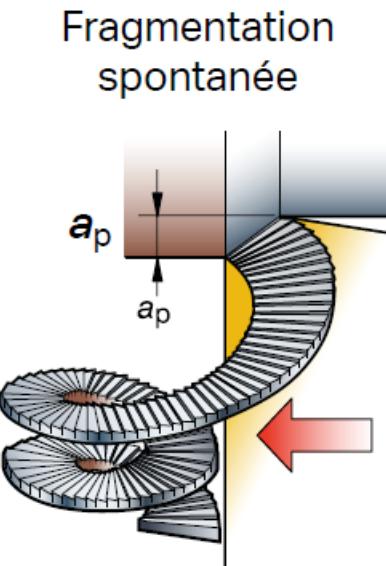
3) Fragmentation des copeaux contre la pièce : le copeau repoussé vers l'avant entre en contact avec la surface de la pièce avant de se fragmenter. Ce type de fragmentation n'est généralement pas acceptable dans les applications où de bons états de surface sont nécessaires car les copeaux peuvent endommager la surface de la pièce.

2) lorsque le copeau s'enroule jusqu'à entrer en contact avec la face de dépouille de la plaquette ou avec le porte-outil avant de se fragmenter. Cette forme de fragmentation est généralement acceptée, mais le copeau peut marteler la plaquette et l'endommager

5.1 La plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

12 Options propres au fabricant Sandvik Coromant (géométrie de la plaquette)

La formation des copeaux varie en fonction de la profondeur de coupe, de l'avance, de la matière et de la géométrie de la plaquette.

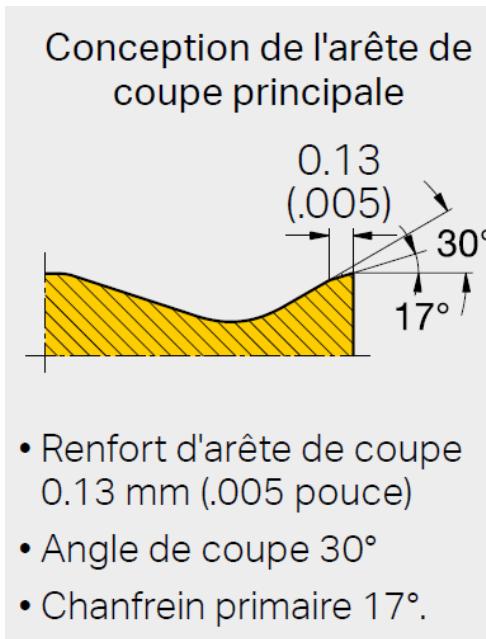


5.1 La plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

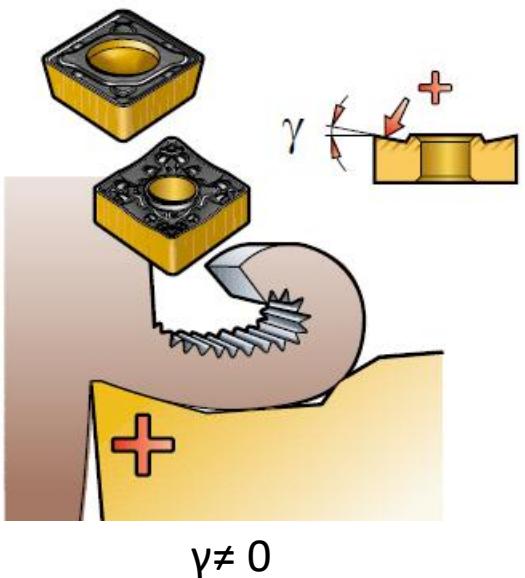
12 Options propres au fabricant Sandvik Coromant (géométrie de la plaquette)

Angle de coupe de la plaquette:

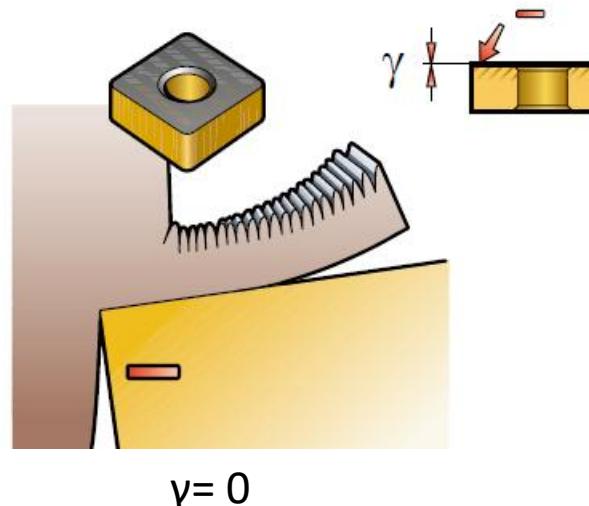
L'angle de coupe (γ) gamma (GAMO) est la mesure de l'arête par rapport à la coupe. Il peut être négatif ou positif. Il existe donc des plaquettes négatives et positives avec des angles de dépouille nuls ou de plusieurs degrés. Ceci détermine l'angle d'inclinaison possible de la plaquette dans le porte-outil et, par conséquent, l'action de coupe positive ou négative.



Action de coupe positive



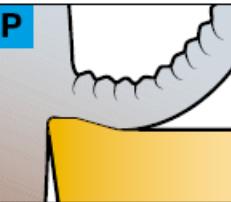
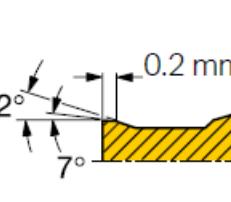
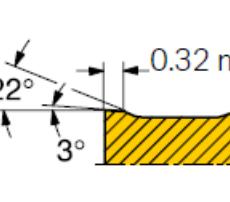
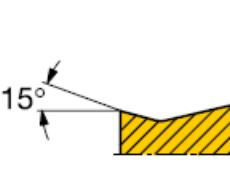
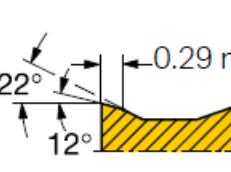
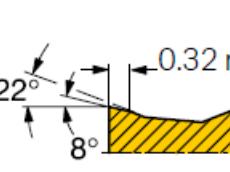
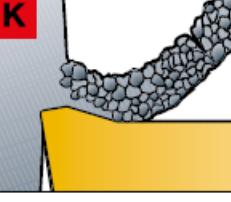
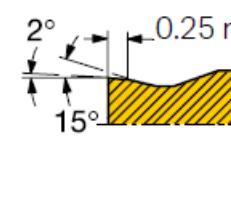
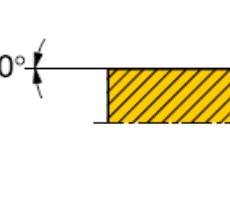
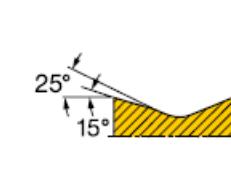
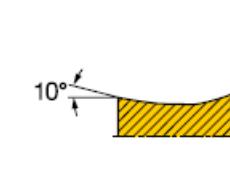
Action de coupe négative



12 Options propres au fabricant Sandvik Coromant (géométrie de la plaquette)

Angle de coupe de la plaquette:

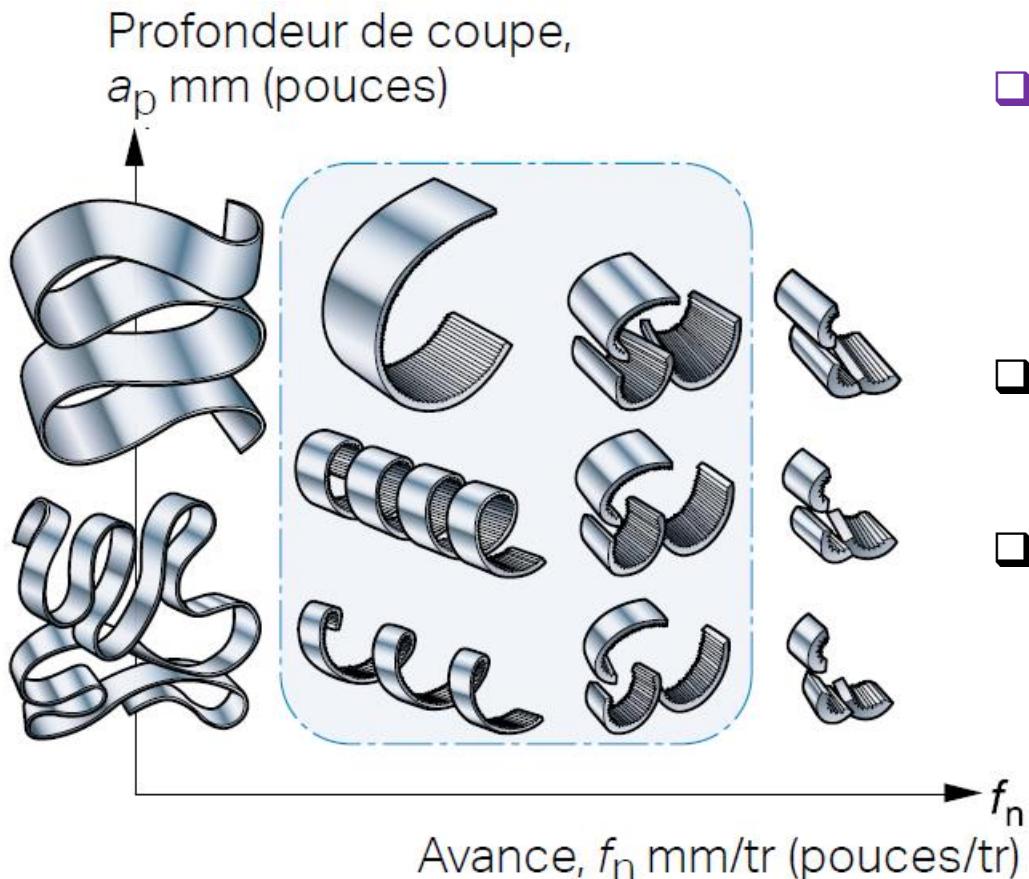
Les différentes micro-géométries et macro-géométries sont adaptées aux besoins variés des applications

Matière usinée	Finition	Semi-finition	Ebauche
P			
M			
K			
S			

12 Options propres au fabricant Sandvik Coromant (géométrie de la plaquette)

Champ d'applications d'une géométrie de plaquette:

Le diagramme de la fragmentation des copeaux d'une géométrie de plaquette se définit d'après la fragmentation des copeaux acceptable en fonction de l'avance et de la profondeur de coupe.



- La profondeur de coupe (a_p) et l'avance (f_n) doivent être adaptées à l'aire de fragmentation des copeaux acceptable de la géométrie afin que la fragmentation des copeaux soit acceptable.
- Une fragmentation des copeaux trop dure peut entraîner la rupture de la plaquette.
- Des copeaux trop longs peuvent poser des problèmes pour le processus d'usinage et pour l'état de surface de la pièce.

5.1 La plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

12 Options propres au fabricant Sandvik Coromant (géométrie de la plaquette)

Diagramme de fragmentation des copeaux:

Ébauche de l'acier
CMC 02.1

P | R

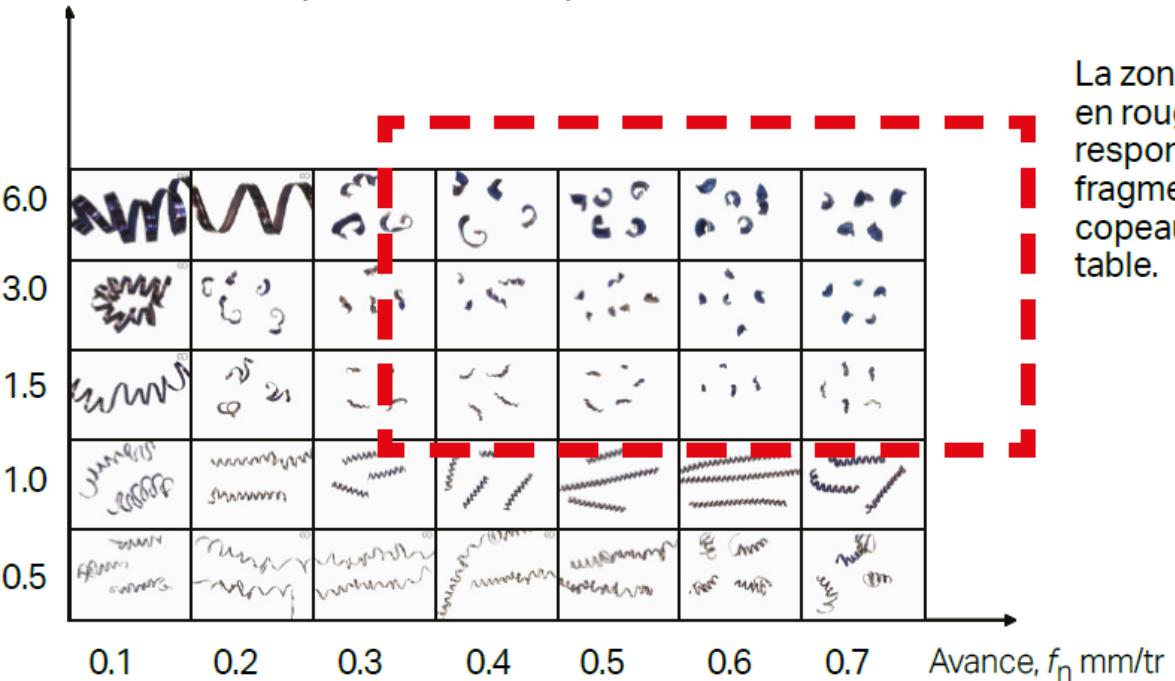


Aire de fragmentation des copeaux

$$\begin{aligned}a_p &= 5.0 \text{ (1.0 - 7.5)} & \text{mm} \\f_n &= 0.5 \text{ (0.25 - 0.7)} & \text{mm/tr}\end{aligned}$$

Profondeur de coupe,
 a_p mm

CNMM 120412-PR
(CNMM 432-PR)



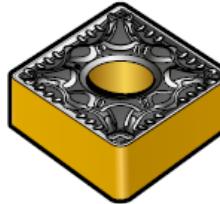
5.1 La plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

12 Options propres au fabricant Sandvik Coromant (géométrie de la plaquette)

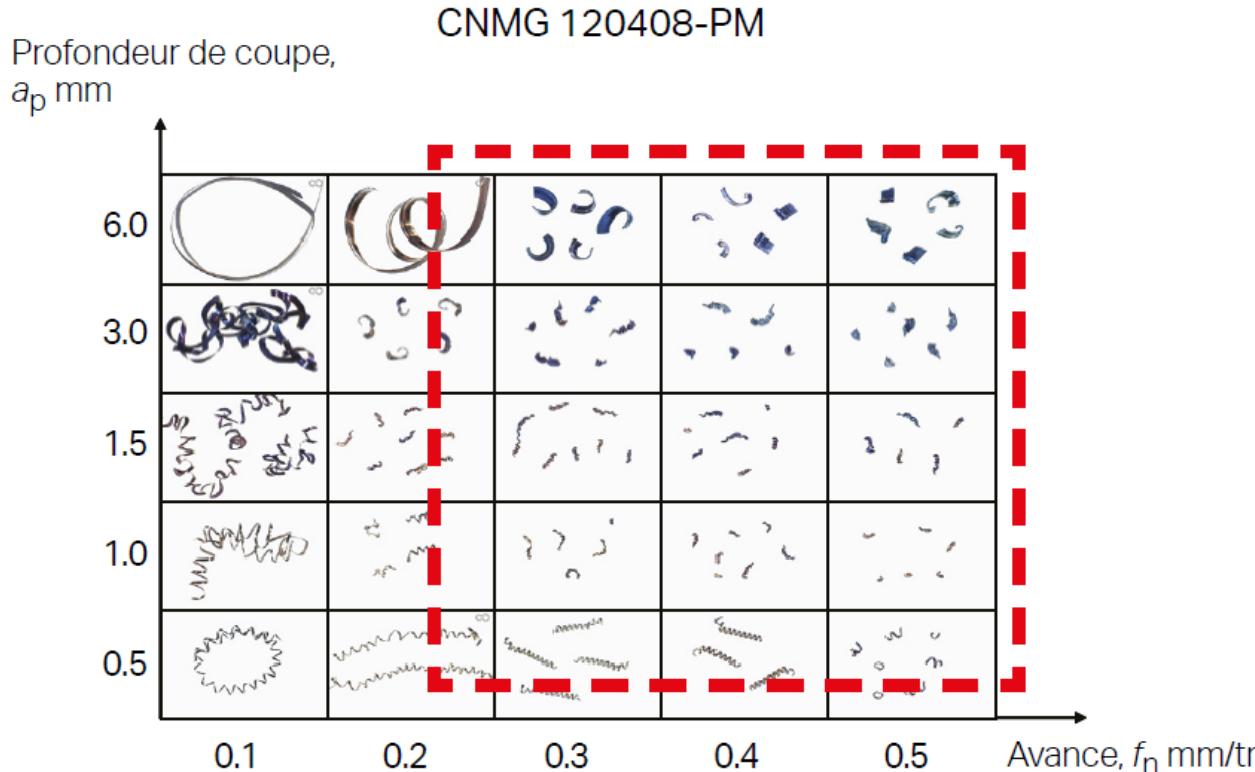
Diagramme de fragmentation des copeaux:

Usinage semi-finition
de l'acier CMC 02.1

P | M



Aire de fragmentation des
copeaux :
 $a_p = 3.0 \text{ (0.5 - 5.5)}$ mm
 $f_n = 0.3 \text{ (0.15 - 0.5)}$ mm/tr



5.1 La plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

12 Options propres au fabricant Sandvik Coromant (géométrie de la plaquette)

Diagramme de fragmentation des copeaux:

Finition des aciers
CMC 02.1

P | F



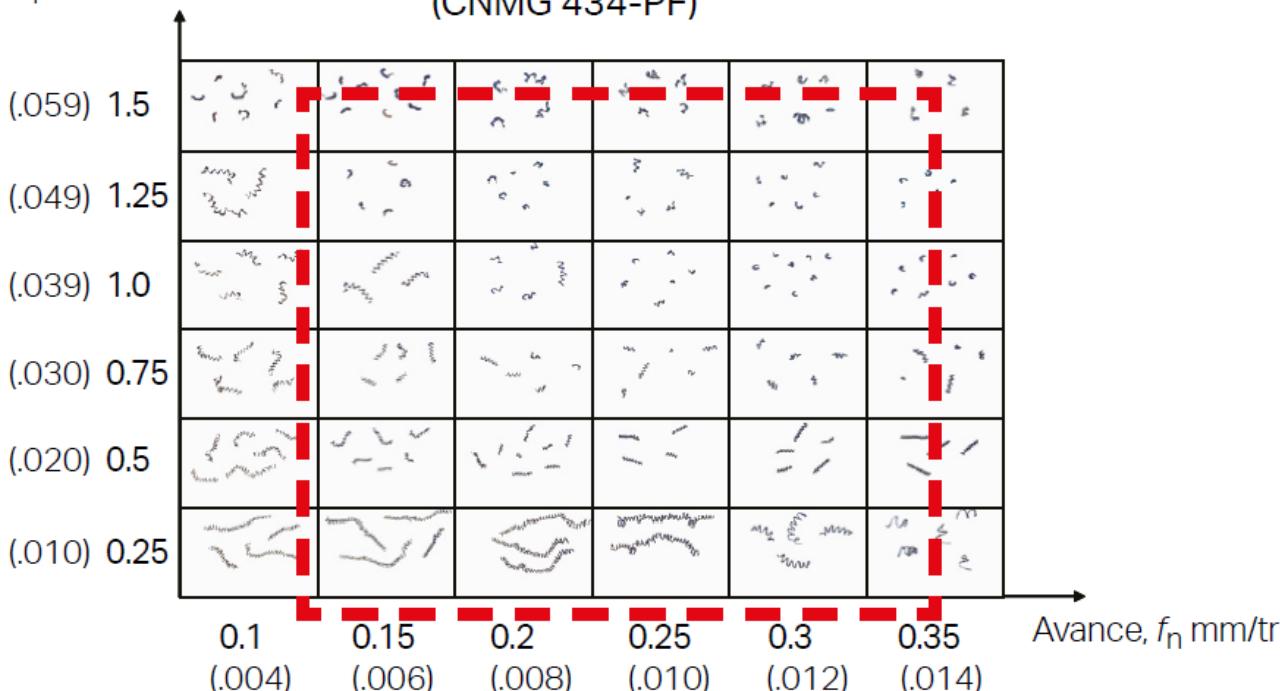
Aire de fragmentation des
copeaux :

$$a_p = 0.4 \text{ (0.25 - 1.5)} \quad \text{mm}$$

$$f_n = 0.15 \text{ (0.07 - 0.3)} \quad \text{mm/tr}$$

Profondeur de coupe,
 a_p mm

CNMG 120404-PF
(CNMG 434-PF)

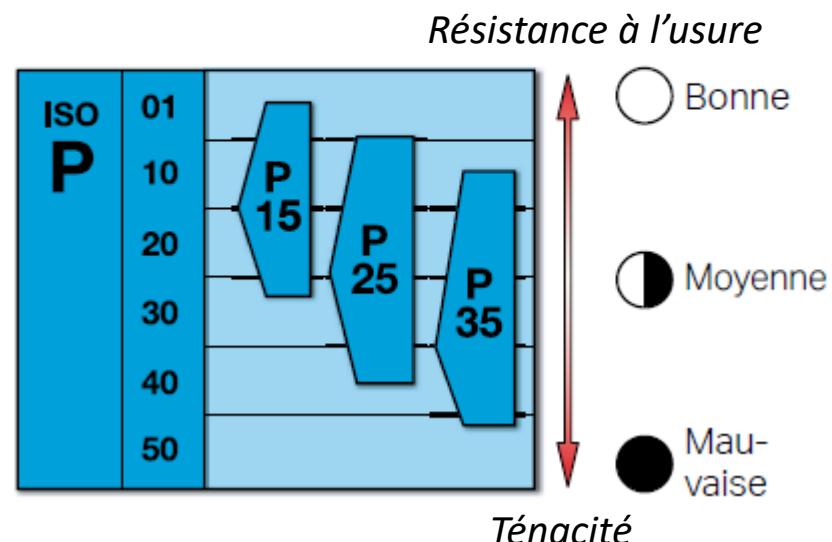


5.1 La plaquette – Nuance de plaquette (+Sandvik coromant)

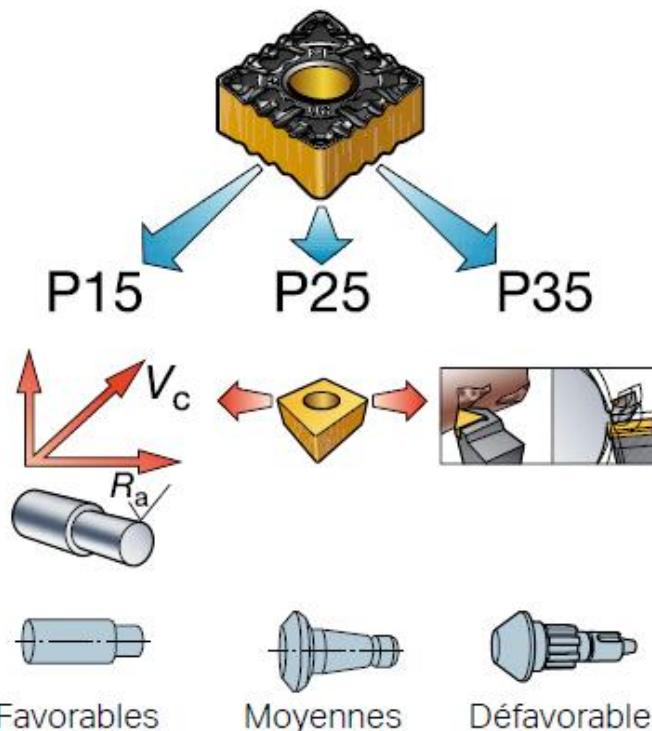
Quelles que soient la taille, la matière ou la forme de la pièce usinée, c'est la **nuance de la plaquette** qui fait toute la différence en matière de productivité de l'usinage. Choisir la bonne nuance de plaquette pour une opération d'usinage spécifique permet de garder une longueur d'avance sur la concurrence.

La géométrie et la nuance se complètent mutuellement. Par exemple, la ténacité d'une nuance peut compenser le manque de résistance d'usure d'une géométrie.

Positionnement des nuances



Conditions d'usinage



5.1 La plaquette – Nuance de plaquette (+Sandvik coromant)

La nuance de plaquette se sélectionne généralement en fonction des critères suivants :

- Matière à usiner (ISO P, M, K, N, S, H)
- Type d'usinage : ébauche (R), semi-finition (M), finition (F)...

		LE	S	RE	CODE ISO	P						
		12	11.9	4.76	0.79	SNMG 12 04 08-PF	1525	4305	4315	4325	4335	5015
PF		11.5	4.76	1.19	SNMG 12 04 12-PF	☆	☆	★	☆	☆	☆	



Conditions favorables

- Finition (Matière préusinée)
- Coupes continues
- Vitesses élevées

		LE	S	RE	CODE ISO	P						
		09	9.1	3.18	0.40	SNMG 09 03 04-PM	1525	4305	4315	4325	4335	5015
PM		8.7	3.18	0.79	SNMG 09 03 08-PM	☆	☆	★	☆	☆	☆	
		12	12.3	4.76	0.40	SNMG 12 04 04-PM	☆	☆	★	☆	☆	☆
		11.9	4.76	0.79	SNMG 12 04 08-PM	☆	☆	★	☆	☆	☆	
		11.5	4.76	1.19	SNMG 12 04 12-PM	☆	☆	★	☆	☆	☆	



Conditions moyennes

- Semi-finition (ex: Pièces forgées ou coulées)
- Coupes de profilage
- Vitesses modérées

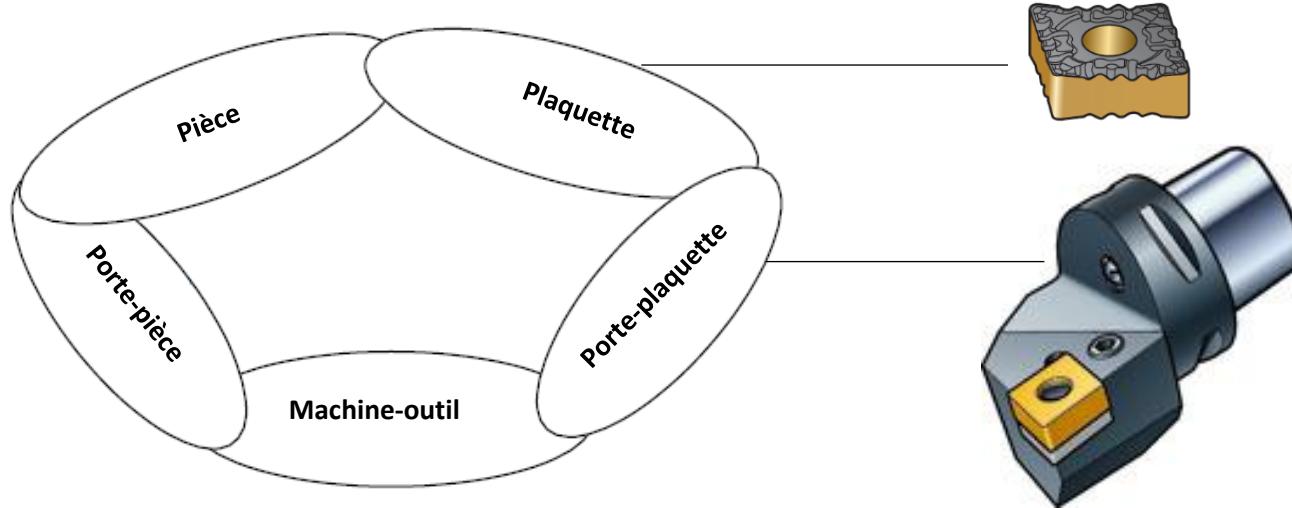
		LE	S	RE	CODE ISO	P						
		19	18.3	6.35	0.79	SNMG 19 06 08-PR	1525	4305	4315	4325	4335	5015
PR		17.9	6.35	1.19	SNMG 19 06 12-PR	☆	☆	☆	★	☆	☆	
		17.5	6.35	1.59	SNMG 19 06 16-PR	☆	☆	☆	★	☆	☆	
		16.7	6.35	2.38	SNMG 19 06 24-PR	☆	☆	☆	★	☆	☆	

Conditions défavorables

- Ebauche (Ex: Pièces avec croûte de fonderie)
- Coupes interrompues
- Petites vitesses importantes



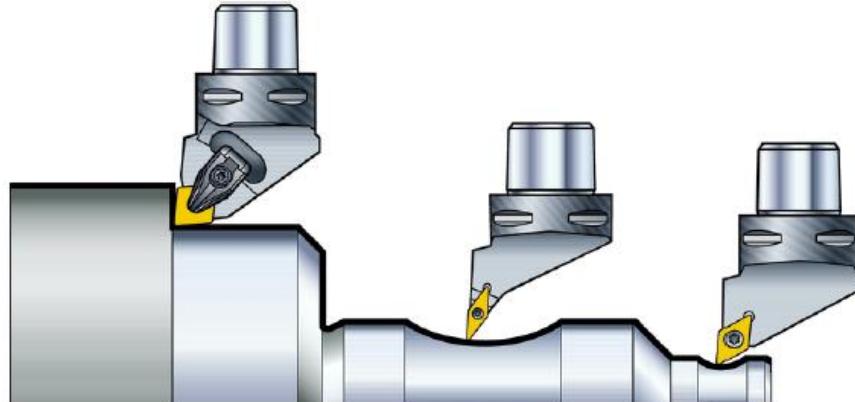
Le porte-plaquette est l'élément sur lequel la plaquette se monte.



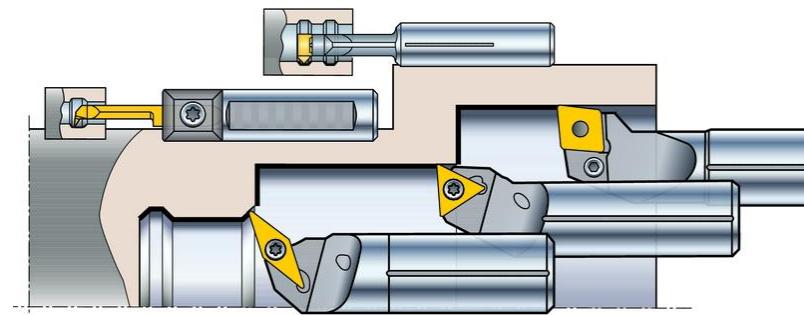
5.2 Le Porte-plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

Selon le catalogue d'outillage de tournage de SANDVIK COROMANT (version 2020), les portes-plaquette sont devisés en 4 catégories :

Portes-plaquette pour tournage extérieur

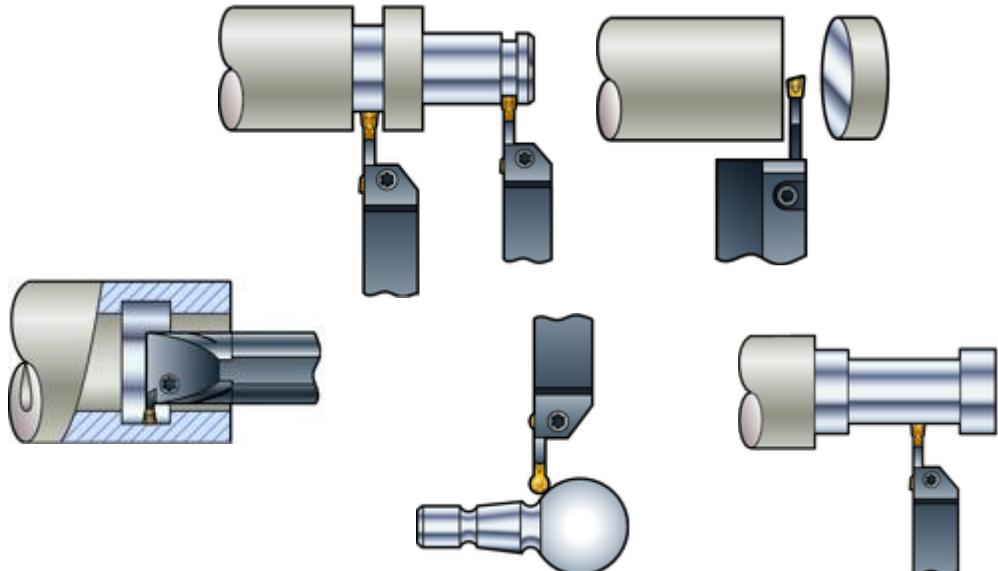


Portes- plaquette pour tournage intérieur

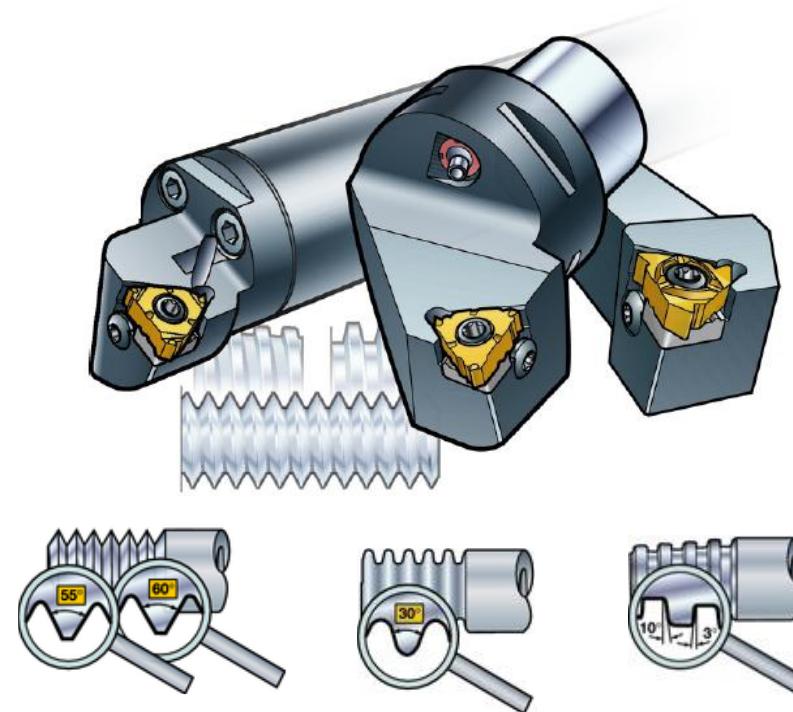


Selon le catalogue d'outillage de tournage de SANDVIK COROMANT (version 2020), les portes-plaquette sont devisés en 4 catégories :

Portes- plaquette pour tronçonnage et gorges



Portes- plaquette pour filetage-taraudage

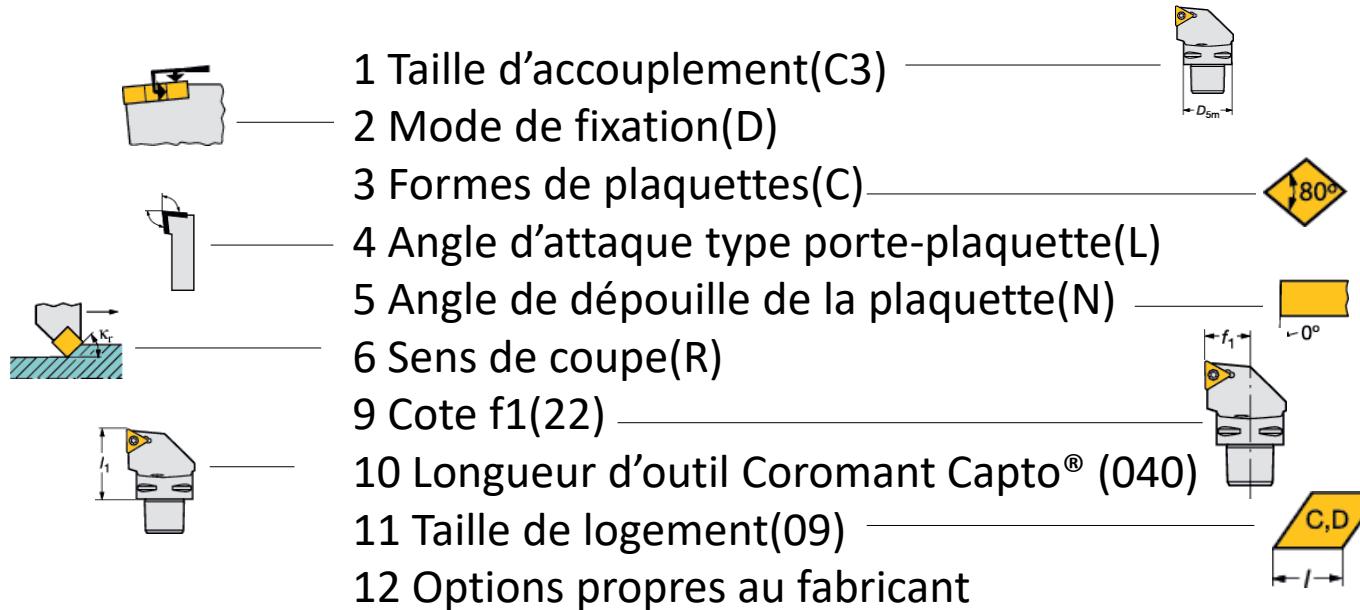


5.2 Le Porte-plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

Codification porte-plaquette : ISO 5608:2012

Codification d'un porte-plaquette Coromant Capto®, pour tournage extérieur:

C3	-	D	C	L	N	R	22	040	-	09	-	
1		2	3	4	5	6	9	10		11		12



5.2 Le Porte-plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

Codification porte-plaquette : ISO 5608:2012

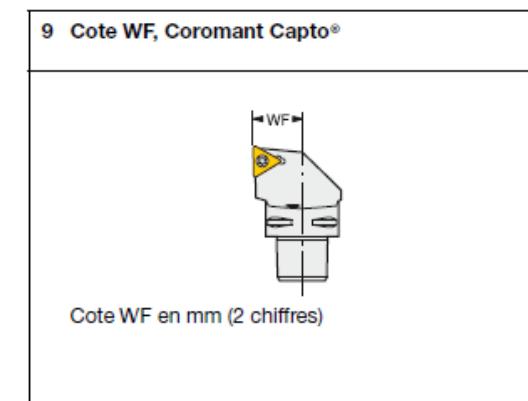
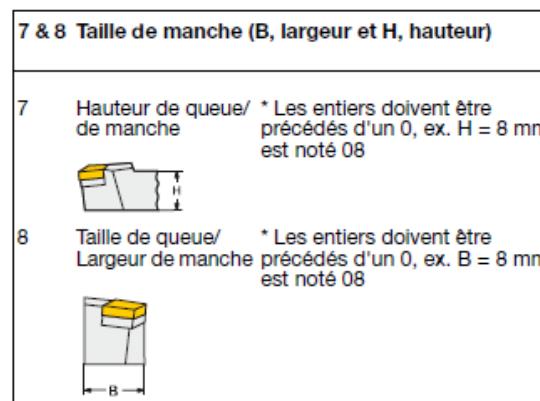
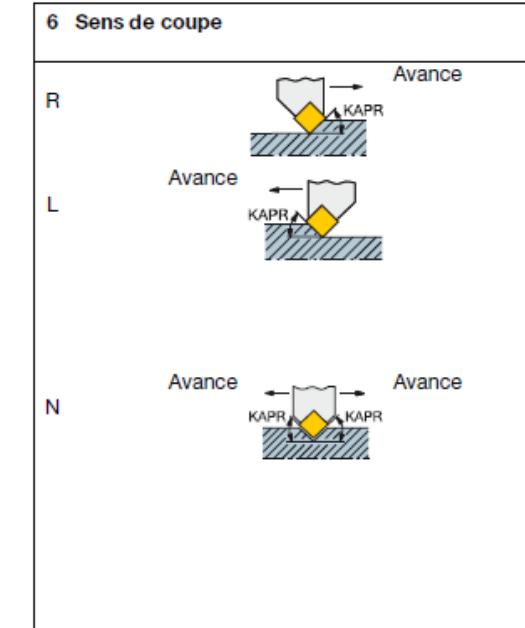
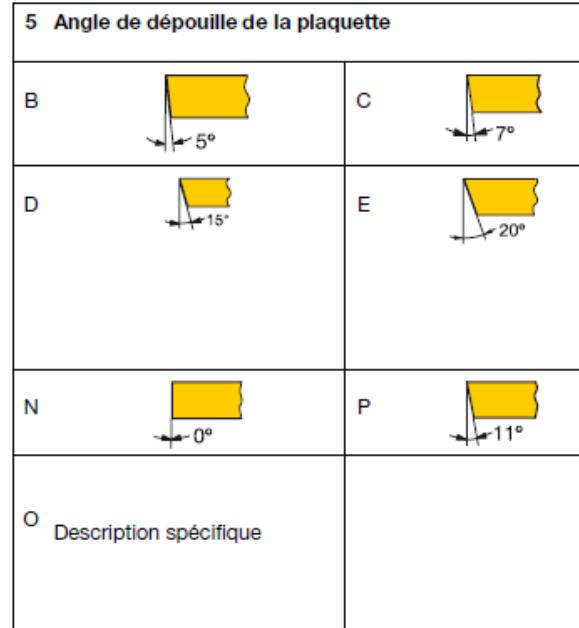
Codification d'un porte-plaquette Coromant Capto®, pour tournage extérieur:

1 Taille d'accouplement, mm		2 Mode de fixation				
C = Coromant Capto® DCON = Taille attachment						
CZC _{MS}	DCON	C	D	M, W	P	S
C3	32	Fixation par bride	Fixation par trou central et bride (RC)	Fixation par trou central et bride	Fixation par trou central	Fixation par vis
C4	40					
C5	50					
C6	63					
C8	80					
Coromant Capto®						
3 Formes de plaquettes		4 Angle d'attaque type porte-plaquette				
C	D	A 90° (0°)	B 75° (15°)	D 45° (45°)	E 60° (30°)	F 91° (-1°)
K	R	J 93° (-3°)	K 75° (15°)	L 95° (-5°)	M 50° (40°)	N 62.5° (27.5°)
S	T					R 75° (15°)
V	W	S 45° (45°)	T 60° (30°)	U 93° (-3°)	V 72.5° (17.5°)	Y(X) 85° (5°)
						Y(Z) 85° (5°)

5.2 Le Porte-plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

Codification porte-plaquette : ISO 5608:2012

Codification d'un porte-plaquette Coromant Capto®, pour tournage extérieur:

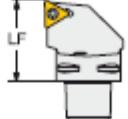


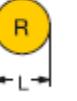
5.2 Le Porte-plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

Codification porte-plaquette : ISO 5608:2012

Codification d'un porte-plaquette Coromant Capto®, pour tournage extérieur:

10 Longueur outil à manche	
A = 32 mm	N = 150 mm
B = 40 mm	P = 170 mm
C = 50 mm	Q = 180 mm
D = 60 mm	R = 200 mm
E = 70 mm	S = 250 mm
G = 80 mm	T = 300 mm
H = 100 mm	U = 350 mm
J = 110 mm	V = 400 mm
K = 125 mm	W = 400 mm
L = 140 mm	
M = 150 mm	X = Spécial

10 Longueur outil Coromant Capto®	
	Cote LF en mm (3 chiffres)

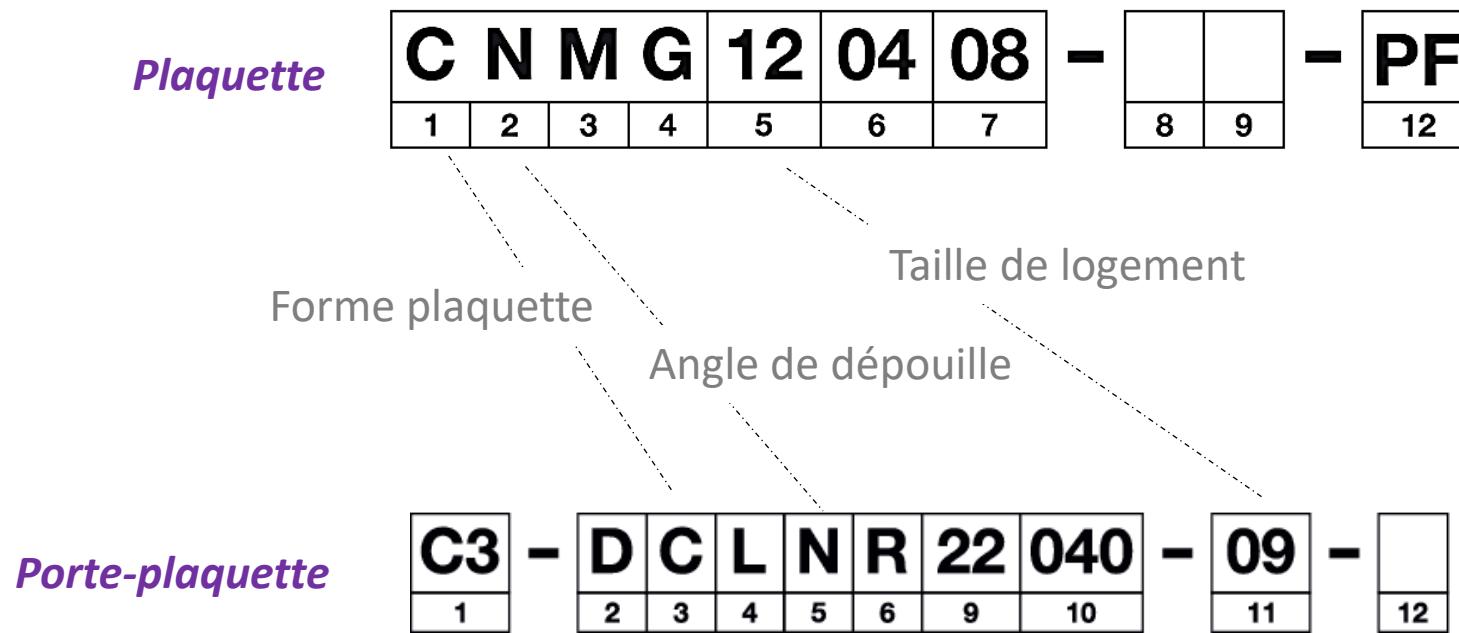
11 Taille de logement	
Longueur d'arête de coupe	La longueur de l'arête de coupe est indiquée en mm.
  	

12 Options propres au fabricant	
Si nécessaire, un symbole supplémentaire de 3 lettres max. peut être ajouté au code ISO, séparé de ce dernier par un tiret (ex.: W pour le type à coin)	

13 Système de serrage plaquettes céramiques	
-2 = Porte-plaquettes CoroTurn® RC pour plaquettes à trou	
-4 = Porte-plaquettes CoroTurn® RC pour plaquettes sans trou	

5.3 Lien entre les désignations des plaquettes et porte-plaquettes

Comme on peut l'apercevoir sur les désignations de l'exercice précédent, il existe un lien entre certains codes du porte-plaquette et les codes de la plaquette.



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

- Le type de la machine (Tournage, fraisage...)
- La puissance de la machine et sa vitesse de rotation de broche maximale
- La matière usinée (acier, aluminium...)
- La matière de l'outil (carbure, Diamant...)
- Le type de l'opération (chariotage, dressage ...)

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

- La vitesse de coupe
- La profondeur de coupe
- L'avance



Explication des critères de choix :

- **Type de machine**

Suivant le type de l'opération à réaliser, il faut choisir la méthode d'usinage, et donc choisir la machine à utiliser. Donc il faut choisir entre tournage, fraisage, et 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 donc sur les performances. Pour l'usinage, il y a deux grands cas de figure :

- **Usinage en ébauche** : on cherche à enlever le maximum de matière en un minimum de temps, l'objectif dans ce cas est donc d'augmenter au maximum de débit de copeau. Mais la machine doit être suffisamment puissante, ainsi que l'attachement pièce/porte-pièce, si non la machine peut caler ou la pièce peut voler dans l'air.
- **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 qu'en ébauche, la puissance de la machine n'est pas un critère primordial.

Explication des critères de choix :

- **Matière de la pièce**

Il est clair que les efforts de coupe ne sont pas les mêmes si vous usinez une pièce en aluminium ou en acier. Donc la matière influe sur des choix relatifs à la puissance de la machine.

- **Matière de l'outil**

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

6.1 Définitions des termes

1-Vitesse de broche:

Dans un tour, la pièce est en rotation à une certaine vitesse (n) exprimée en nombre de tours par minute (tr/min).

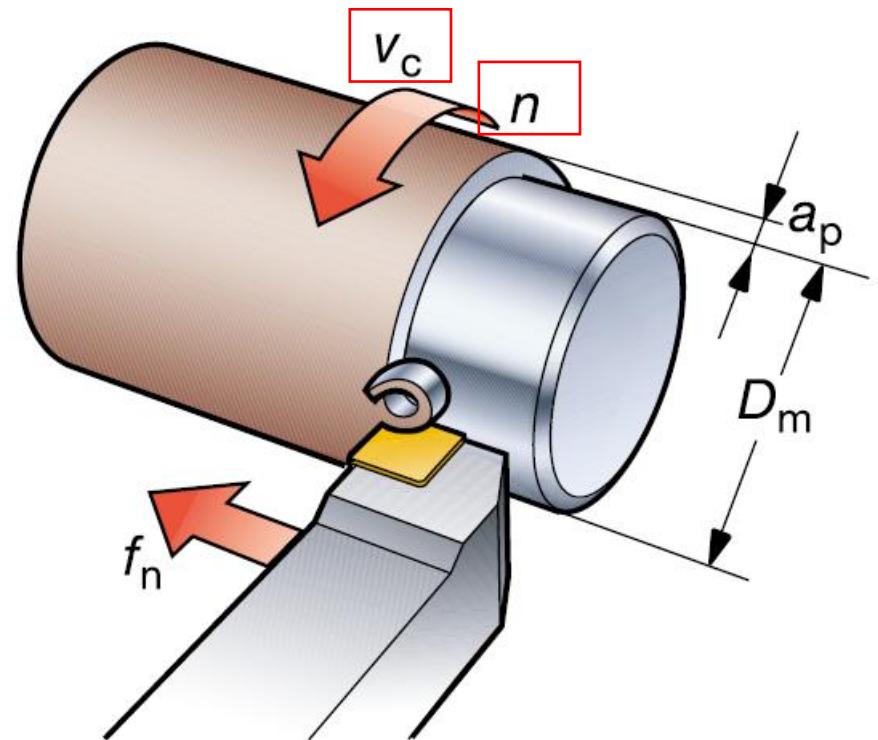
En tournage les **conditions de coupe** sont les suivants :

- V_c : vitesse de coupe en m/min.
- f_n : avance en mm/tr.
- a_p : profondeur de passe en mm.

2-Vitesse de coupe:

La pièce tourne à une vitesse N définie en tr/min (nombre de tours par minute). Ceci définit une certaine vitesse de coupe v_c (aussi appelée vitesse de surface) mesurée en m/min à l'arête de coupe.

$$V_c = \frac{\pi \cdot D_m \cdot n}{1000} \text{ (m/min)}$$

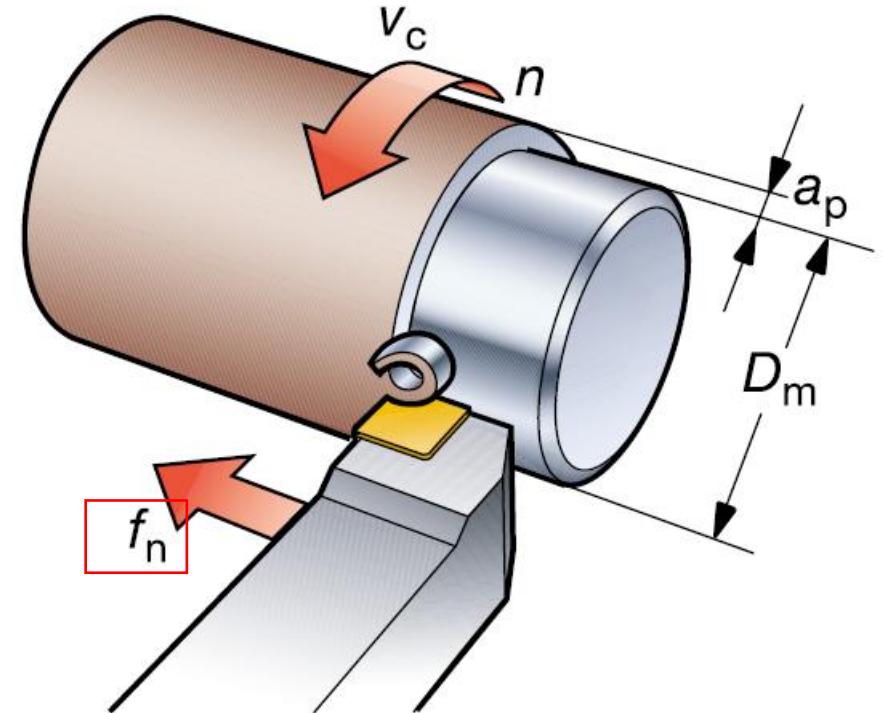


6.1 Définitions des termes

3-Avance:

Le déplacement de l'outil dans le sens axial (ou dans le sens radial en dressage) s'appelle l'avance (f_n) et se mesure en mm/tr. Lorsque l'avance est radiale (en direction du centre de la pièce), et que V_c est constante, la vitesse de rotation augmente jusqu'à la limite de la vitesse de rotation de la broche machine. Au delà de cette limite, la vitesse de coupe V_c décroît pour atteindre 0 m/min au centre de la pièce.

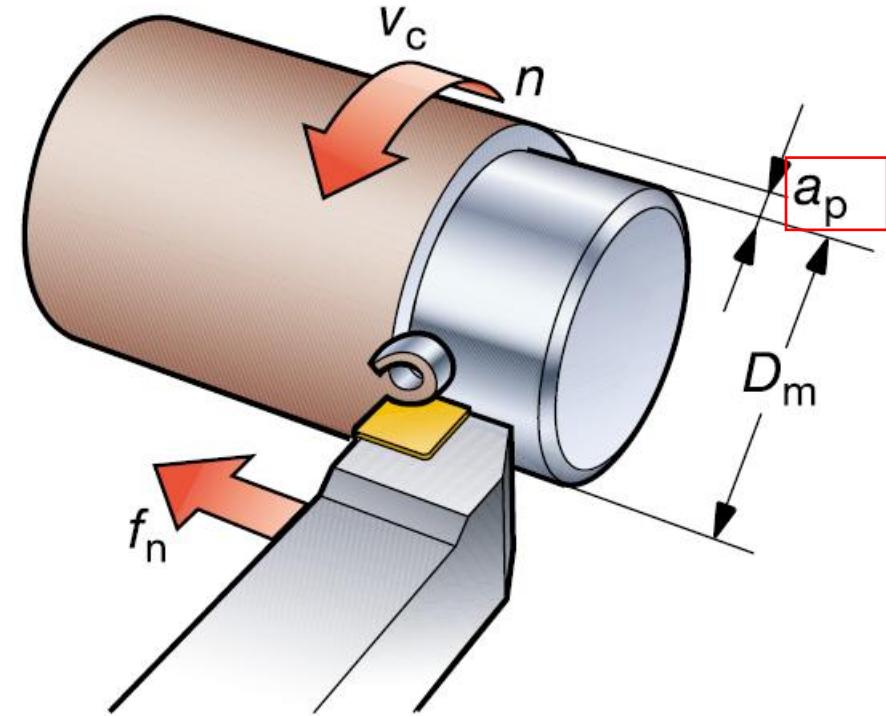
Démarrer avec une faible avance pour assurer la sécurité d'arête et la qualité de surface, augmenter l'avance pour améliorer la fragmentation des copeaux.



6.1 Définitions des termes

4-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.



6.1 Définitions des termes

5-Angle d'attaque K_r (KAPR) et son complémentaire PSIR:

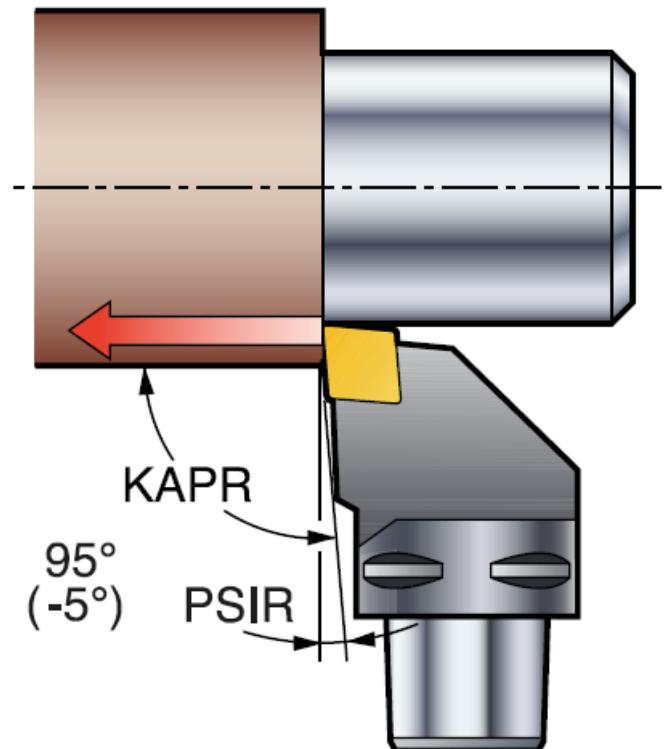
L'angle avec lequel l'arête de coupe pénètre dans la matière s'exprime sous la forme de l'angle d'attaque (KAPR). Il s'agit de l'angle entre l'arête de coupe et la direction de l'avance.

Il est déterminé par le logement de plaquette du porte-outil et par le type de la plaquette.

On peut aussi utiliser le complémentaire de l'angle d'attaque (PSIR), c'est-à-dire l'angle entre l'arête de coupe et le plan de la pièce. L'angle d'attaque est important pour le choix d'un outil de tournage pour une opération donnée.

Angle d'attaque = 95°

Complémentaire de l'angle d'attaque = -5°

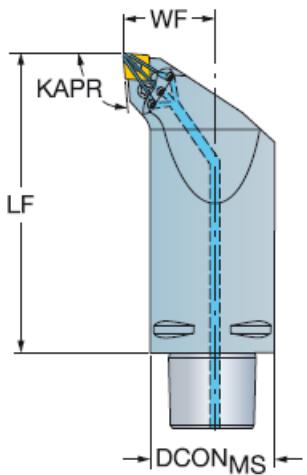


6.1 Définitions des termes

5-Angle d'attaque K_r (KAPR) et son complémentaire PSIR:

Angles d'attaque (et complémentaires) pour différents types de plaquettes:

Cx-PCLNR/L..HP (M-T)
95.0°



CNMG

Angle d'attaque KAPR :
95°

Complémentaire de l'angle
d'attaque PSIR : -5°



DNMG

Angle d'attaque KAPR :
107.5°, 93°, 62.5°

Complémentaire de l'angle
d'attaque PSIR :
-17.5°, -3°, 27.5°



WNMG

Angle d'attaque KAPR :
95°

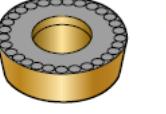
Complémentaire de l'angle
d'attaque PSIR :
-5°



SNMG

Angle d'attaque KAPR :
45°, 75°

Complémentaire de l'angle
d'attaque PSIR :
45°, 15°



RCMT

Angle d'attaque KAPR :
Variable

Complémentaire de l'angle
d'attaque PSIR :
Variable



TNMG

Angle d'attaque KAPR :
93°, 91°, 60°

Complémentaire de l'angle
d'attaque PSIR :
-3°, -1°, 30°

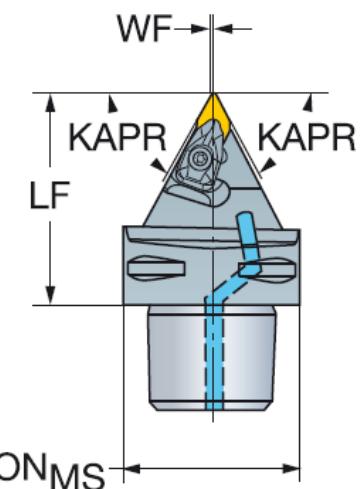


VNMG

Angle d'attaque KAPR :
117.5°, 107.5°, 72.5°

Complémentaire de l'angle
d'attaque PSIR :
-27.5°, -17.5°, 17.5°

Cx-DDNNN
62.5°



A 10

6.1 Définitions des termes

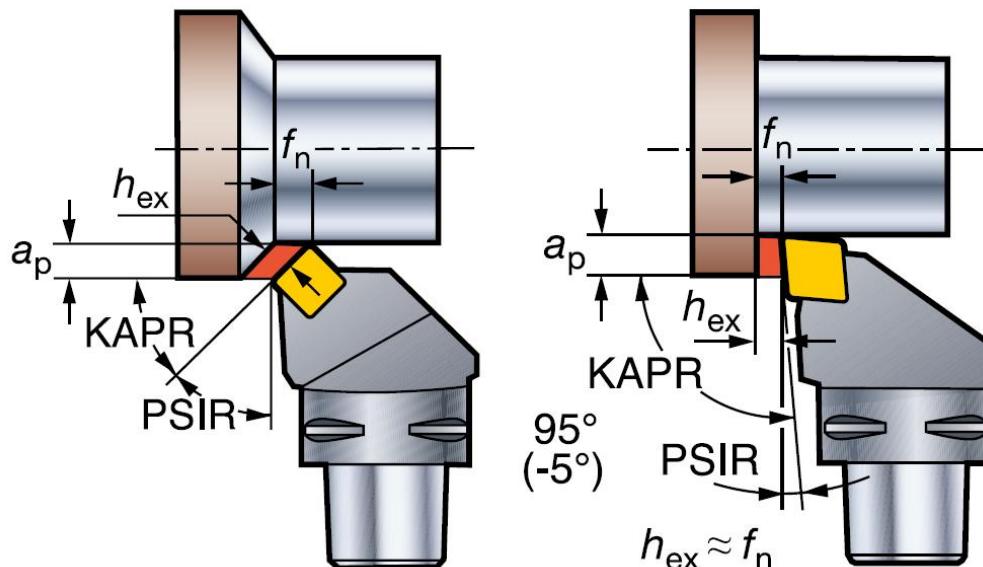
6-Épaisseur maximum des copeaux h_{ex}

Elle réduit proportionnellement à l'avance et à la réduction de l'angle d'attaque (ou l'augmentation du complémentaire de l'angle d'attaque).

$$h_{ex} = f_n \cdot \sin(K_r)$$

L'épaisseur des copeaux h_{ex} est égale à f_n en cas d'utilisation d'un porte-plaquette avec un angle d'attaque K_r 90°.

$$\begin{aligned} KAPR &= 45^\circ \\ PSIR &= 45^\circ \\ h_{ex} &\approx f_n \times 0.71 \end{aligned}$$

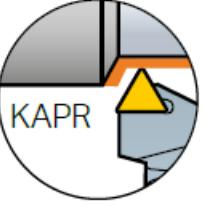


6.1 Définitions des termes

6-Épaisseur maximum des copeaux h_{ex}

Plus l'angle d'attaque est petit, plus l'épaisseur des copeaux est réduite et plus leur largeur est grande.

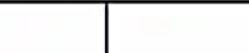
$$L_a = \frac{a_p}{\sin(K_r)}$$

Angle d'attaque KAPR Complémentaire de l'angle d'attaque PSIR					
Epaisseur de copeau en fonction de l'avance, mm (pouces)	1	0.96	0.87	0.71	Longueur
Longueur du contact l_a , mm (pouces) avec a_p 2 mm (.079 pouces)	2 (.079)	2.08 (.082)	2.3 (.091)	2.82 (.111)	Longueur

6.1 Définitions des termes

7- Longueur effective de l'arête de coupe L_a :

La longueur effective de l'arête de coupe (LE ou L_a) en tournage fait référence à la portion de l'arête de l'outil qui est réellement engagée dans le matériau pendant le processus de coupe. Chaque type de plaquette possède une longueur d'arête effective ' $L_{a\ max}$ ' proportionnelle à sa longueur nominale 'L'. Si cette longueur effective est dépassée l'arête se casse.

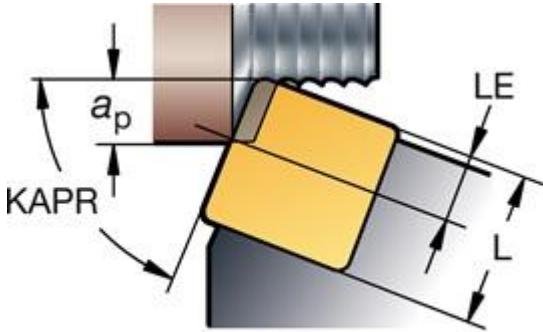
					
$L_{a\ max}$	C	D	R	S	V
$L_a = 0.7 L$ (éb-1/2 F)	$L_a = 0.5 L$ (éb-1/2 F)	$L_a = 0.4 L$ (éb-1/2 F)	$L_a = 0.7 L$ (éb-1/2 F)	$L_a = 0.5 L$ (éb-1/2 F)	$L_a = ***$ (éb-1/2 F)
$L_a = 0.3 L$ (F)	$L_a = 0.25L$ (F)	$L_a = *** L$ (F)	$L_a = 0.3 L$ (F)	$L_a = 0.25 L$ (F)	$L_a = 0.25 L$ (F)

6.1 Définitions des termes

7- Longueur effective de l'arête de coupe L_a ou longueur de contact:

L_a est donnée en fonction de l'angle d'attaque et la profondeur de coupe:

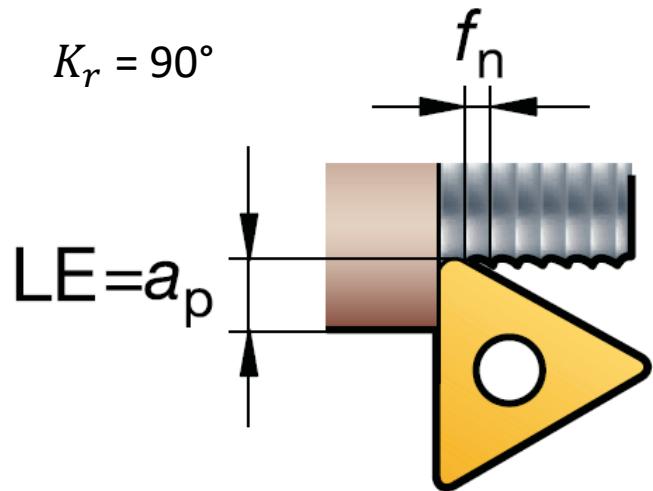
$$L_a = \frac{a_p}{\sin(K_r)}$$



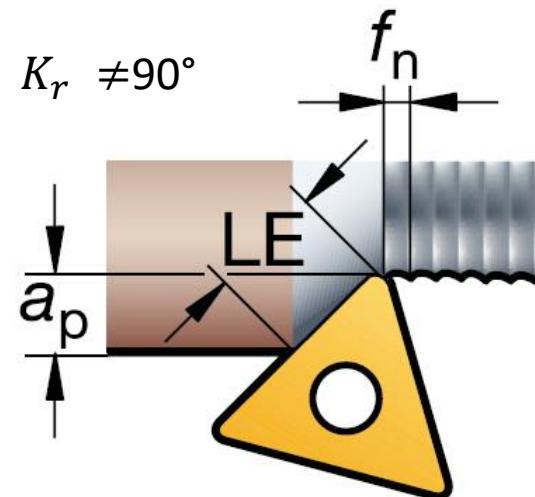
Pour éviter la casse de l'arête, il faut que:

$$L_a \leq L_{a \max}$$

$$K_r = 90^\circ$$



$$K_r \neq 90^\circ$$



6.1 Définitions des termes

7- Longueur effective de l'arête de coupe L_a :

Exemple: Plaquette **SNMG 12**, profondeur de coupe de 3mm

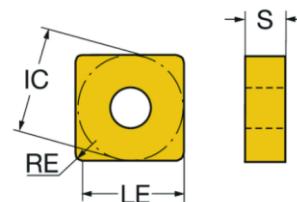
Plaquette S en finition : $L_{a\ max} = 0,3 \cdot L = 3,6\text{mm}$

$$L_a = \frac{a_p}{\sin(K_r)} = \frac{3}{\sin(K_r)} = 3,1\text{mm} \quad L_a \leq L_{a\ max}$$

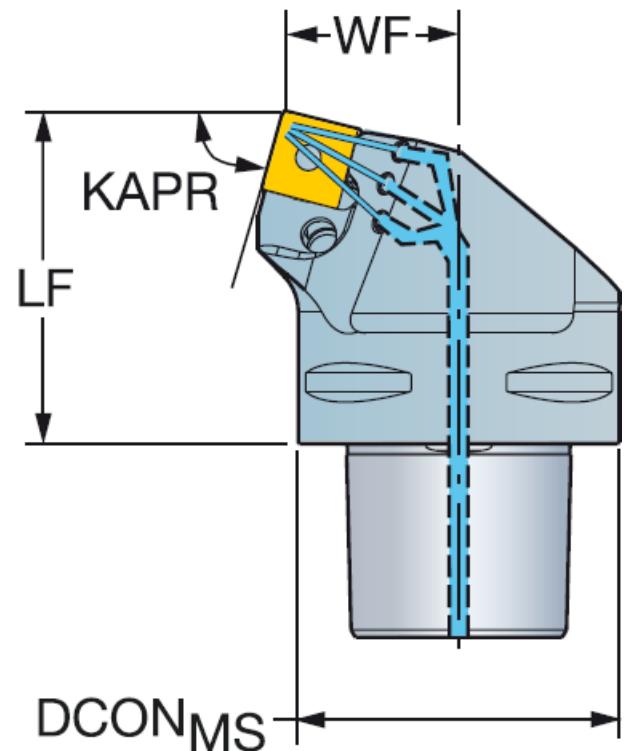
Exemple: Plaquette **SNMG 12**, profondeur de coupe de 4mm

$$L_a = \frac{a_p}{\sin(K_r)} = \frac{4}{\sin(K_r)} = 4,14\text{mm} \quad L_a \geq L_{a\ max}$$

Il faut soit diminuer a_p ou augmenter L, par exemple L=16



Cx-PSRNR/L..HP KAPR=75°

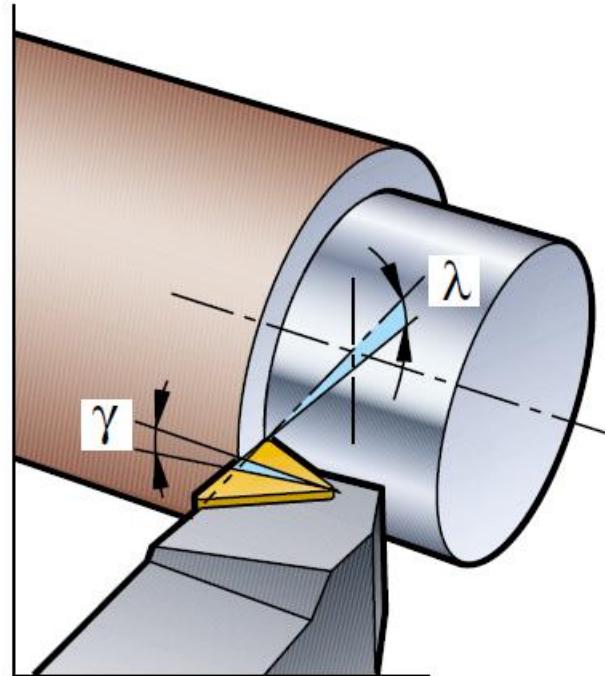


6.1 Définitions des termes

8-Angle d'inclinaison et angle de coupe

Angle de coupe

L'angle de coupe gamma (GAMO) est la mesure de l'arête par rapport à la coupe. L'angle de coupe de la plaquette elle-même est généralement positif et la face de dépouille forme un rayon, un chanfrein ou un biseau qui influence la résistance de l'outil, la puissance consommée, les capacités de l'outil pour la finition, la tendance aux vibrations et la formation des copeaux.

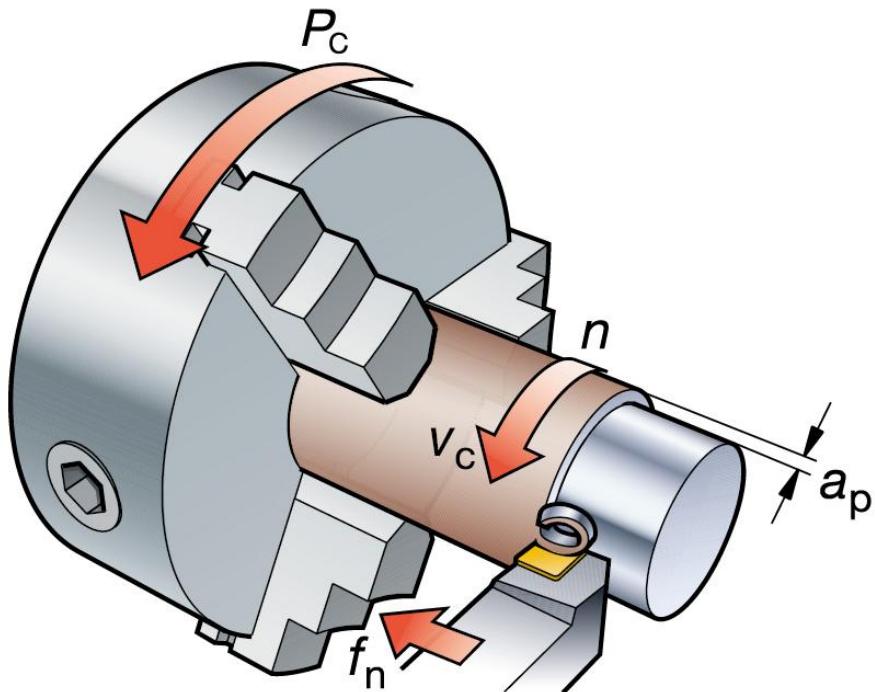
**Angle d'inclinaison**

L'angle d'inclinaison lambda (LAMS) est l'angle avec lequel la plaquette est montée dans le porte-outil. La géométrie de la plaquette et l'inclinaison du porte-outil déterminent l'angle de coupe, c'est-à-dire l'angle selon lequel l'arête de coupe effectue la coupe.

6.1 Définitions des termes

9-La puissance consommée

La puissance nette en kW et en HP (P_c) requise pour la coupe intervient principalement pour l'ébauche car il convient de s'assurer que la machine est assez puissante pour l'opération. Le rendement de la machine est aussi très important.



$$P_c = \frac{V_c \cdot a_p \cdot f_n \cdot K_c}{60000}$$

Surtout en ébauche, il faut vérifier si on ne dépasse pas la puissance nette de la machine

n = vitesse de broche (tr/min)

v_c = vitesse de coupe (m/min) (pieds/min)

f_n = avance mm/tr (pouces/tr)

a_p = profondeur de coupe mm (pouces)

K_c = force de coupe spécifique N/mm² (lbs/in²)

P_c = puissance nette kW (HP)

kW = kilowatts

HP = puissance

6.1 Définitions des termes

9-La puissance consommée

$$P_c = \frac{V_c \cdot a_p \cdot f_n \cdot K_c}{60000} ; \quad k_c = k_{c1} \times \left(\frac{1}{h_m} \right)^{m_c} \times \left(1 - \frac{Y_0}{100} \right) ; \quad h_m = f_n \cdot \sin(K_r)$$

m_c est coefficient de compensation de l'épaisseur de copeau qui dépend du matériau:

ISO P MC No.	CMC No.	Matière	Force de coupe spécifique kc 1 N/mm ²	Dureté Brinell HB	mc	CT530	GC1010
						Épaisseur max. de copeau h_{ex} , mm	
						0.1 – 0.15 – 0.2	0.05 – 0.1 – 0.2
						Vitesse de coupe v_c , m/min	
P1.1.Z.AN 01.1	01.1	Aciers Non allié C = 0.1–0.25%	1500	125	0.25	430–390–350	-
P1.2.Z.AN 01.2	01.2	C = 0.25–0.55%	1600	150	0.25	385–350–315	-
P1.3.Z.AN 01.3	01.3	C = 0.55–0.80%	1700	170	0.25	365–330–300	-
P1.3.Z.AN 01.4	01.4		1800	210	0.25	315–290–260	-
P1.3.Z.HT 01.5	01.5		2000	300	0.25	235–210–195	-

6.1 Définitions des termes

9-La puissance consommée

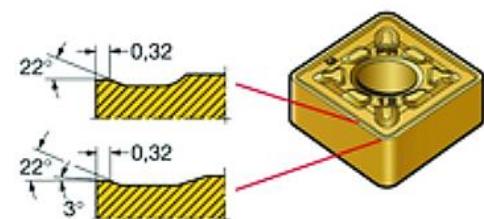
Exemple de calcul: matériau P.1.1 : plaquette CNMG 120408-PR GC4335, porte plaquette C4-PCLNR/L-27050-12HP

CMC No.	Matière	Force de coupe spécifique k_{c1} N/mm ²	Dureté Brinell HB	<<< RÉSISTANCE À L'USURE			
				CT5015	GC1525	GC4335	
Aciers		h_{ex} , mm ~ avance f_n , mm/tr		0.05-0.1-0.2		0.1-0.4-0.8	
01.1 Acier non allié C = 0.1-0.25%		1500	125	650-540-440		560-465-380	
				425	275	-200	

Plaquette	Profondeur de coupe a_p = mm	Avance f_n = mm/tr		
		Recom.	Min.	max.
CNMG120408-PR	4	0.7	1	0.35

Plaquette	Profondeur de coupe a_p = mm	Avance f_n = mm/tr	P			
			LE	S	RE	BS
CNMG 12 04 08-PR	12	12.1	4.76	0.79	CODE ISO	1525 4305 4315 4325 4335 5015

$$h_m = f_n \cdot \sin(K_r) \Rightarrow h_m = 0,35 \cdot \sin(95) \Rightarrow h_m = 0,348 \text{mm}$$



$$k_c = k_{c1} \times \left(\frac{1}{h_m}\right)^{m_c} \times \left(1 - \frac{Y_0}{100}\right) = 1500 \cdot \left(\frac{1}{0,348}\right)^{0,25} \cdot \left(1 - \frac{22}{100}\right)$$

6.1 Définitions des termes

9-La puissance consommée

Exemple de calcul: matériau P.1.1 : plaquette CNMG 120408-PR GC4335, porte plaque C4-PCLNR/L-27050-12HP

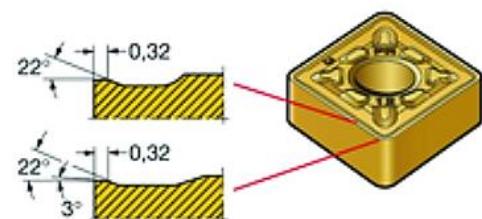
CMC No.	Matière	Force de coupe spécifique k_{c1} N/mm ²	Dureté Brinell HB	<<< RÉSISTANCE À L'USURE				
				CT5015	GC1525	GC4335		
01.1		Acier non allié $C = 0.1\text{--}0.25\%$		h_{ex} , mm \approx avance f_n , mm/tr				
		0.05-0.1-0.2		0.05-0.1-0.2		0.1-0.4-0.8		
		Vitesse de coupe (V_c), m/min						
		1500		125	650-540-440	560-465-380		
		125		425-275-200				

Plaquette	Profondeur de coupe a_p = mm	Avance f_n = mm/tr		
		Recom.	Min.	max.
CNMG120408-PR	4	0.7	7	0.35

LE	S	RE	BS	CODE ISO		P
				12	12.1	
				☆	☆	★

$$P_c = \frac{V_c \cdot a_p \cdot f_n \cdot K_c}{60000} \implies P_c = \frac{275 \cdot 4 \cdot 0.35 \cdot 1523}{60000}$$

$$P_c = 9,77 \text{ Kw}$$



Rappelant de calculer n avec: $V_c = \frac{\pi \cdot D_m \cdot n}{1000}$ (m/min)

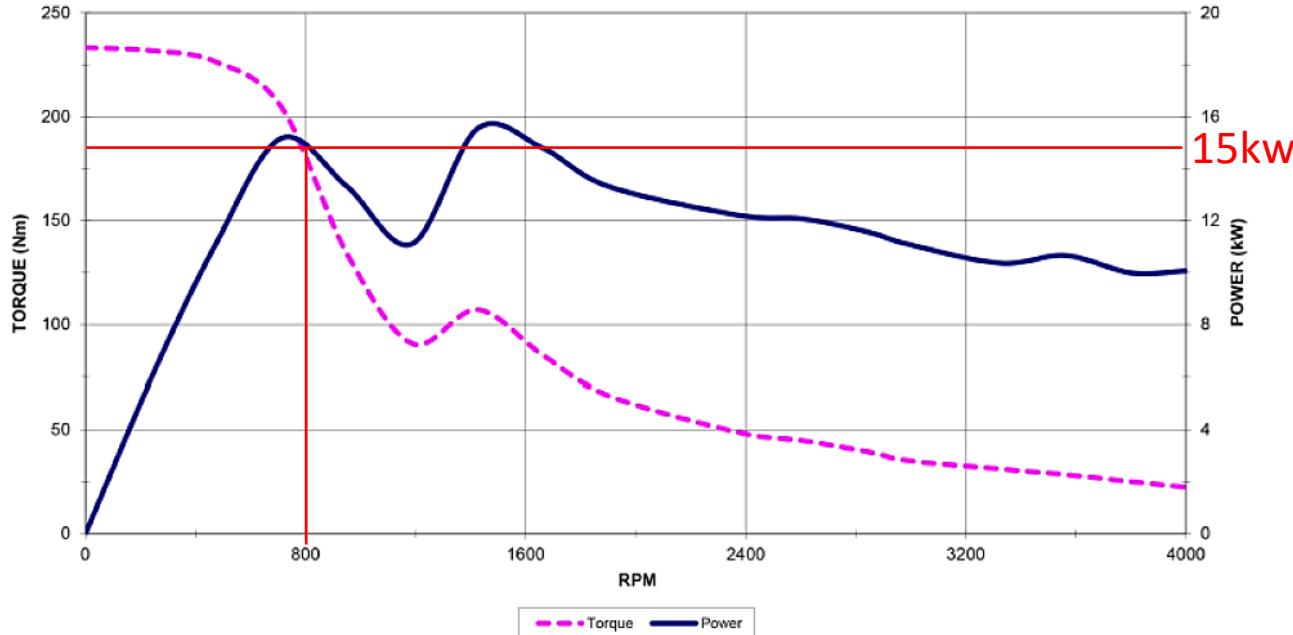
6.1 Définitions des termes

9-La puissance consommée

Exemple de machine HAAS disponible dans la plateforme technologique de l'école Arts et Métiers Campus de Rabat:



ST Series
4000-rpm, Belt-Drive Spindle
A2-6 – 14.9 kW
Standard: ST-15, ST-15Y, ST-20, ST-20Y
Optional: None



La puissance calculée de 9,77Kw avec les conditions de coupe sélectionnées (exemple n=800tr/min) est bien au-dessous de la capacité de la machine (15kw à 800tr/min)

Avec une profondeur de passe de 7mm, la puissance devient 17,1Kw, dépassant ainsi la puissance de la machine

6.1 Définitions des termes

10-Le couple

Le couple est donné par la formule:

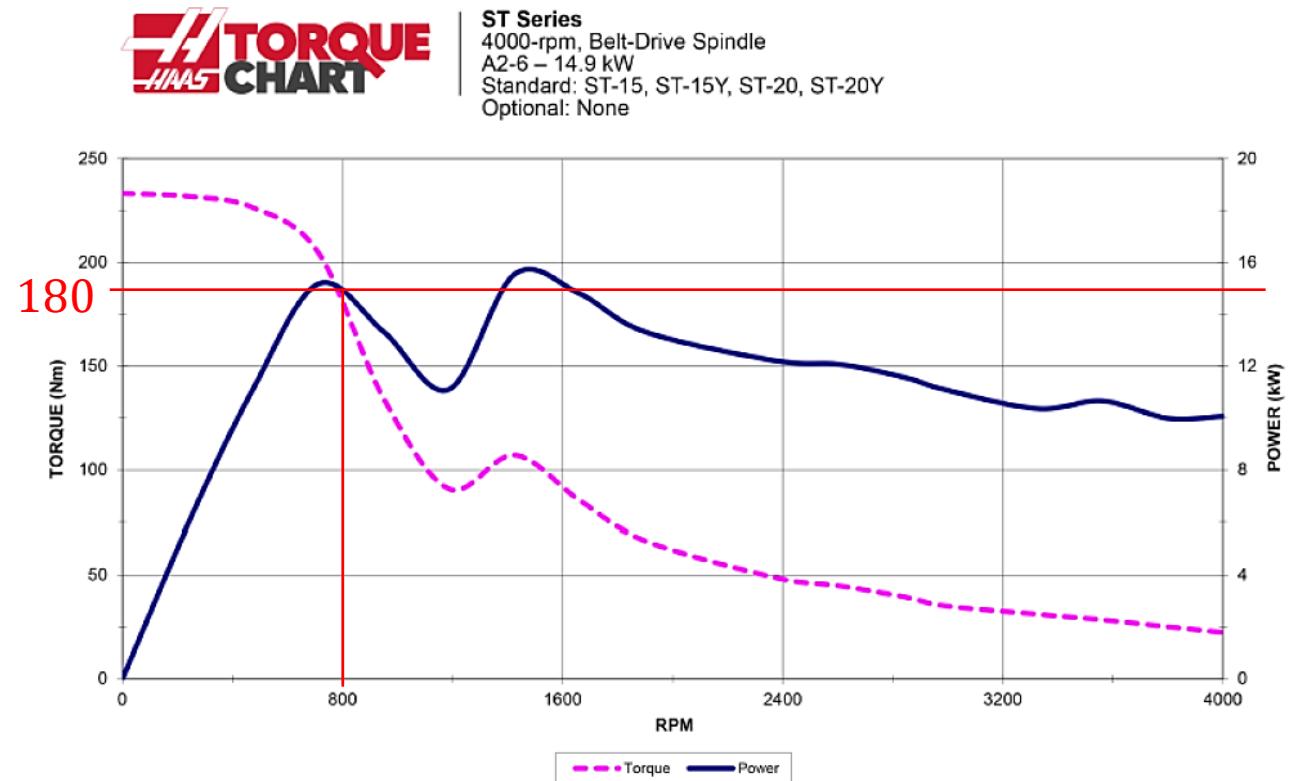
$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n}$$

Pour l'exemple, si on prend $n=800$ tr/min:

le couple nécessaire $M_c = 116,7 \text{ Nm} < 180 \text{ Nm}$

si on prend $n=300$ tr/min:

le couple nécessaire $M_c = 311 \text{ Nm} > 230 \text{ Nm}$



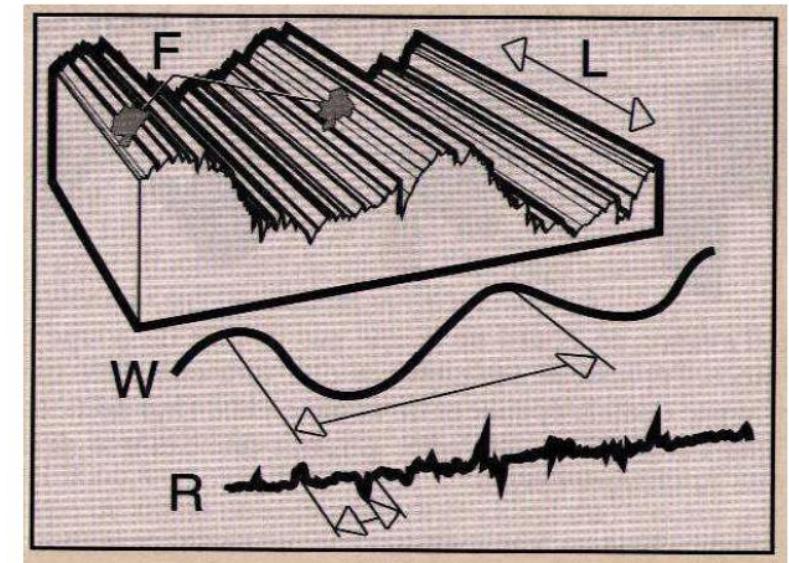
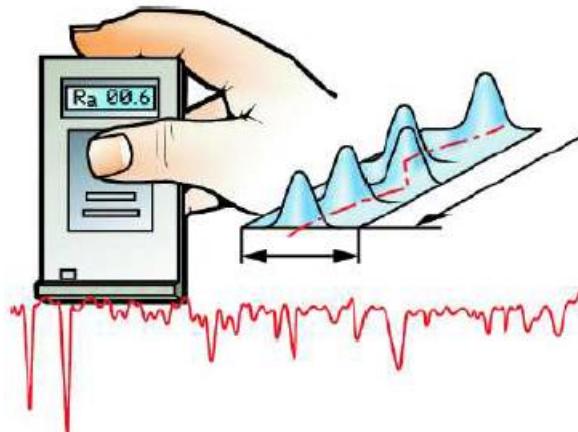
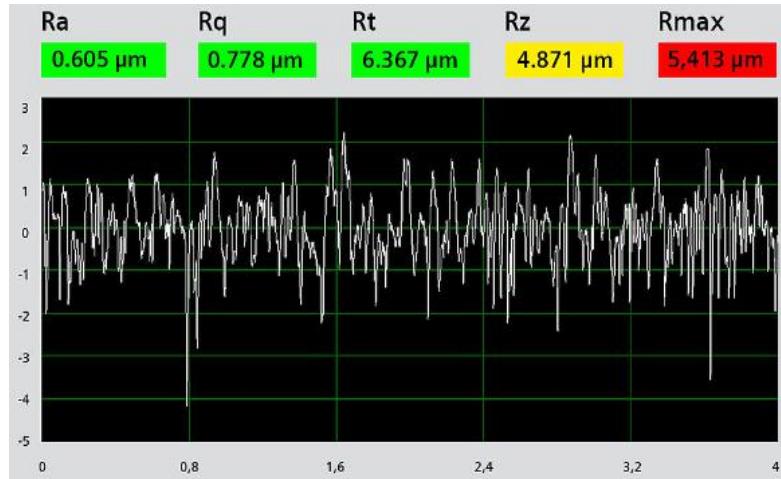
Le couple calculé avec la puissance de l'exemple est bien au-dessous de la capacité de la machine

Avec une vitesse de broche de 300tr/min, le couple devient 311Nm, dépassant ainsi le couple max de la machine

6.1 Définitions des termes

11- Etat de surface : La rugosité

La structure superficielle lors de l'usinage de métaux par enlèvement de copeaux est déterminée par les irrégularités résultant de la déformation de la face usinée. Elle varie essentiellement selon la méthode d'usinage, les conditions de coupe, la matière à usiner et la stabilité d'ensemble de l'opération.

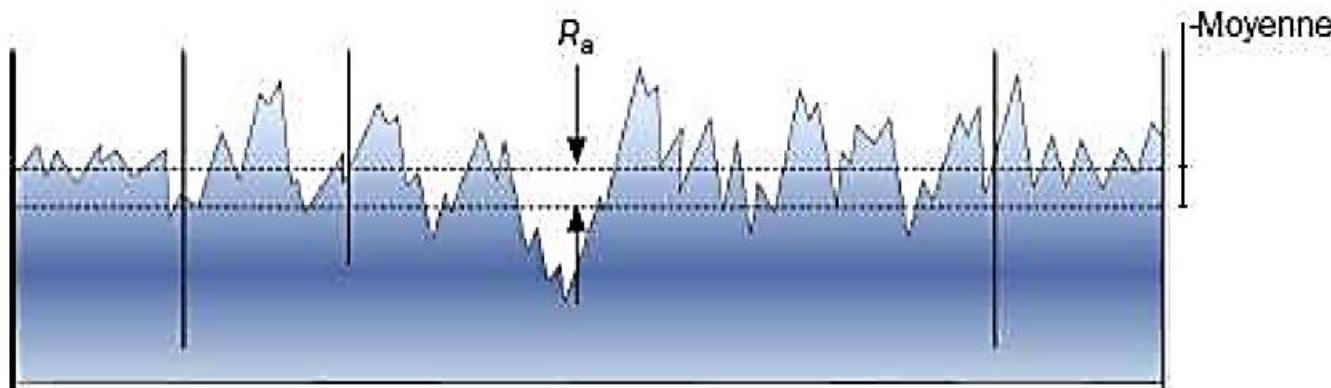


6.1 Définitions des termes

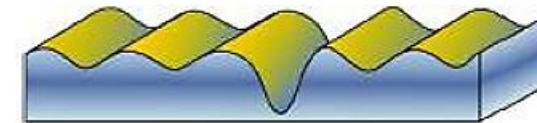
11- Etat de surface : La rugosité

Il existe un grand nombre de paramètres pour la définition de la rugosité, certains sont pourtant bcp plus employés que d'autres:

R_a: rugosité moyenne du profil: Valeur moyenne de tous les écarts par rapport à une ligne droite, dans la longueur d'évaluation, indifféremment de la direction verticale



Exemple d'indication donnée sur les dessins : 3.2



R_a = 2 µm

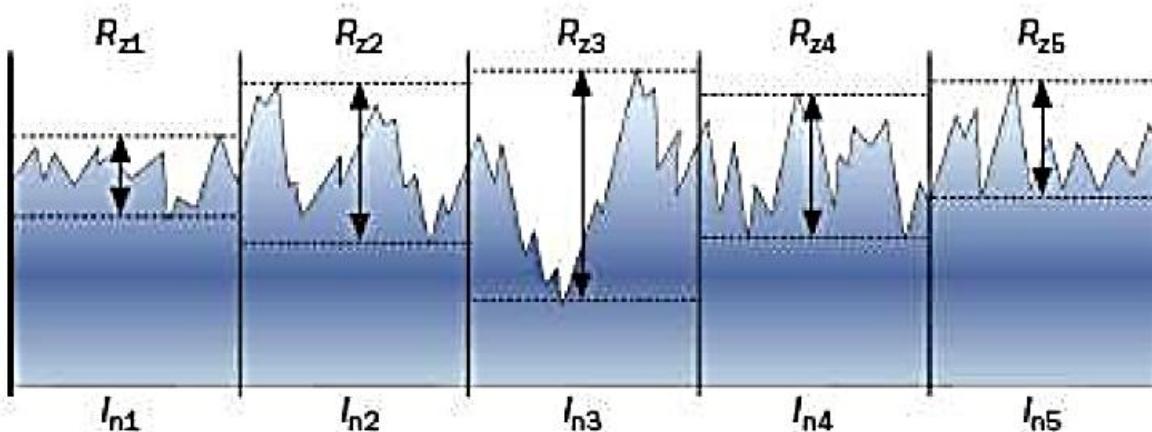
Les états de surface peuvent présenter des aspects différents tout en ayant une valeur de R_a identique.-

6.1 Définitions des termes

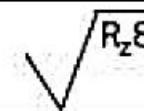
11- Etat de surface : La rugosité

Rz: hauteur de profil maximum : C'est la moyenne des différentes hauteurs de profil entre la hauteur de crête la plus élevée et la profondeur de creux la plus importante sur des longueurs de référence comprises dans la longueur d'évaluation.

- Il y a couramment 5 longueurs de référence
- La valeur affichant la plus grande déviation dans la longueur de référence = Rmax ou Rzmax



Exemple d'indication donnée
sur les dessins :



$$R_z = \frac{R_{z1} + R_{z2} + R_{z3} + R_{z4} + R_{z5}}{5}$$

6.1 Définitions des termes

11- Etat de surface : La rugosité

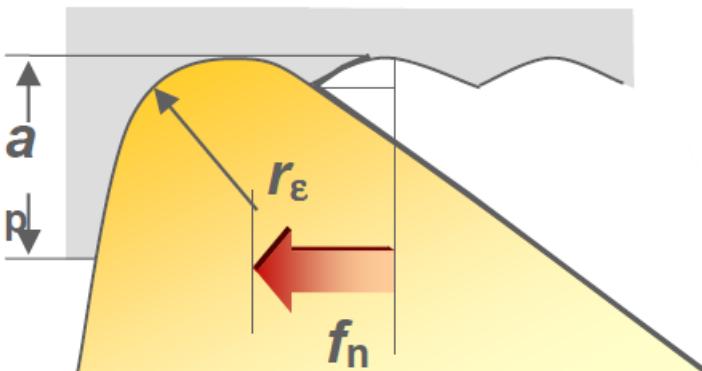
Dans une opération de tournage, l'état de surface dépend de:

- la combinaison : avance-rayon de bec.
- la stabilité de la machine, vibration, variation thermique
- la qualité de la coupe : présence de lubrifiant, d'une arête rapportée...

On peut améliorer l'état de surface par des choix de vitesses de coupe plus élevées et par des angles de coupe positifs.

On peut calculer la rugosité en tournage avec les formules :

$$R_{\max} = \frac{f^2}{8r} 1000$$



Avec R_{\max} et R_a , en μm

r : rayon de bec (mm)

f : avance (mm/tr)

6.1 Définitions des termes

11- Etat de surface : La rugosité

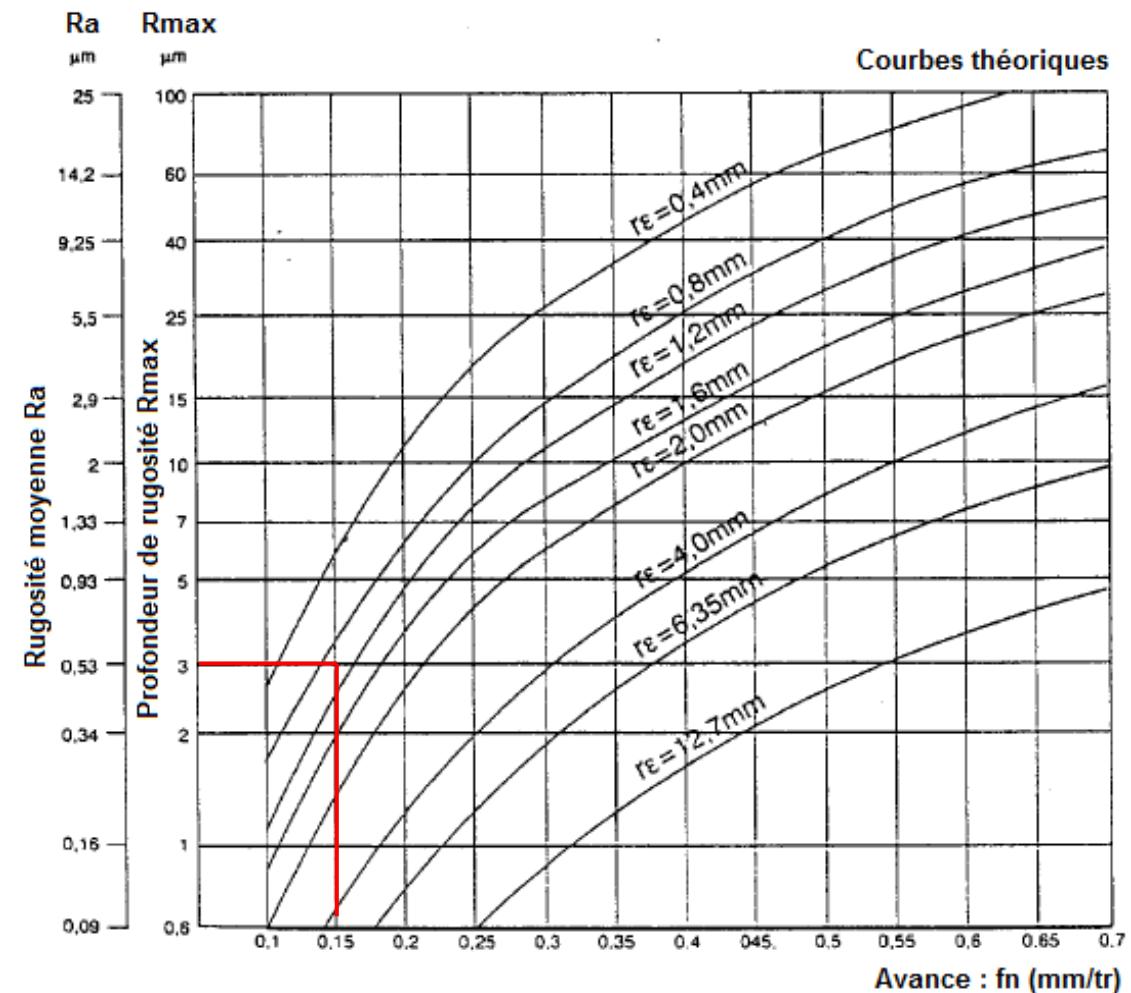
Utilisation du diagramme

1 - Situer horizontalement la valeur de la rugosité maximale Rmax exigée

2 - Situer verticalement l'avance choisie

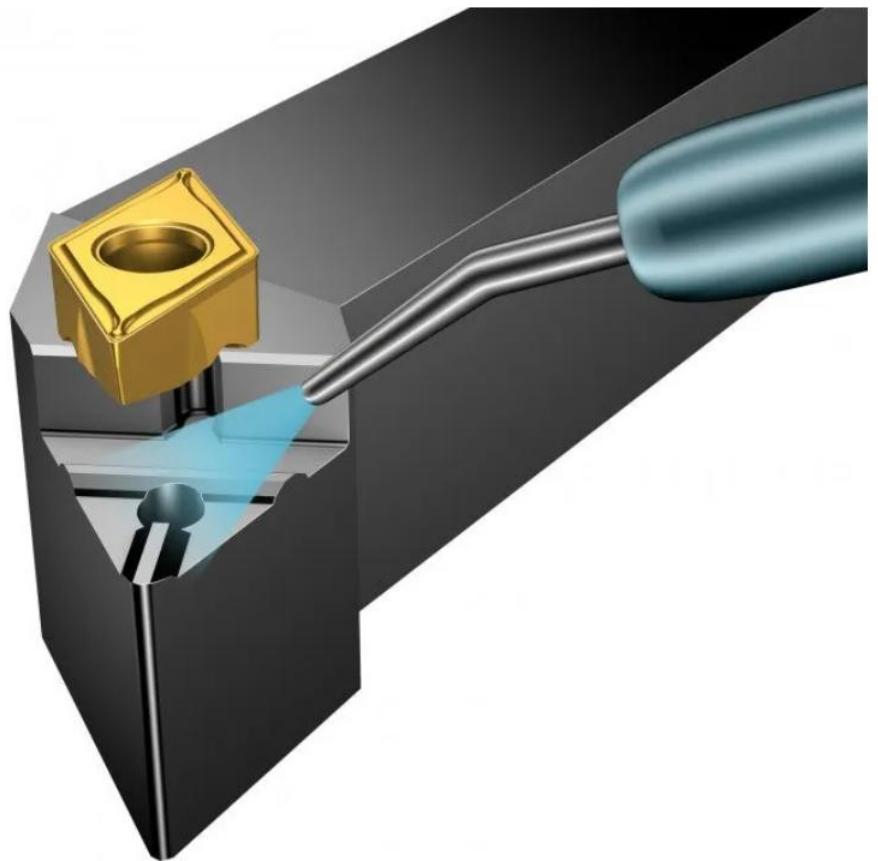
3 - L'intersection de ces deux droites se situe entre deux courbes. Prendre la valeur du rayon de bec sur la courbe supérieur. Si cette valeur n'est pas disponible ou si le rayon de bec est imposé, prendre le rayon de bec le plus grand possible et rechercher la valeur de l'avance maximal admissible à l'aide de la formule:

$$R_{\text{max}} = \frac{f^2}{8r} 1000$$



Les trois principaux paramètres du tournage sont la vitesse, l'avance et la profondeur de coupe. Ces paramètres ont un effet sur la durée de vie d'outil ; pour prolonger la durée de vie:

1. Augmentez a_p (afin de réduire le nombre de passes)
2. Augmentez f_n (afin de réduire le temps de coupe)
3. Reduisez v_c (afin de réduire la chaleur)



Profondeur de coupe a_p

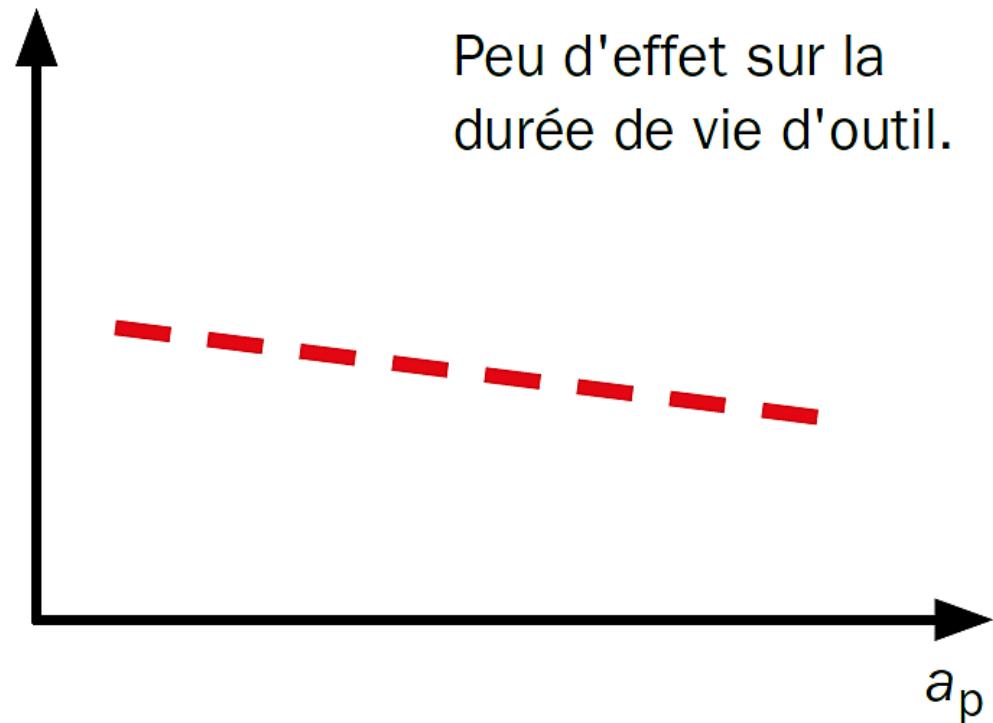
Trop petite :

- Mauvais contrôle des copeaux
- Vibrations
- Chaleur excessive
- Cout élevé.

Trop grande :

- Trop de puissance consommée
- Rupture de plaquette
- Forces de coupe excessives.

Durée de vie



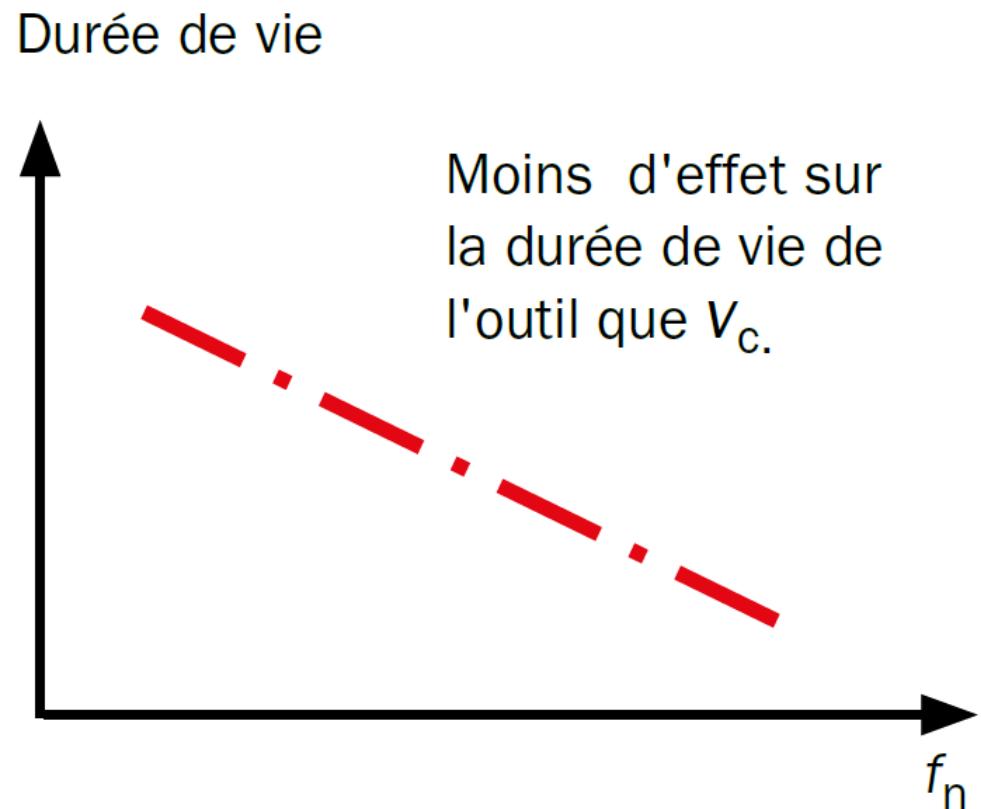
Avance f_n

Trop faible :

- Copeaux enchevêtrés
- Usure en dépouille rapide
- Cout élevé.

Trop forte :

- Mauvais contrôle des copeaux
- Mauvais état de surface
- Usure en cratère, déformation plastique
- Trop de puissance consommée
- Soudage des copeaux



Vitesse de coupe V_c

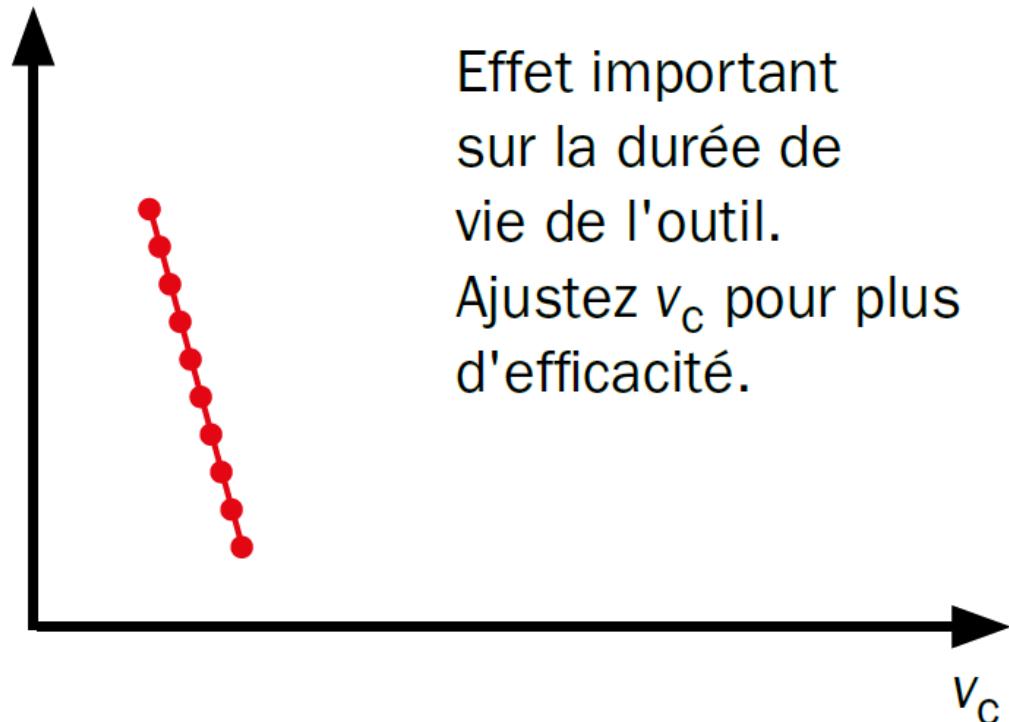
Trop faible :

- Arête rapportée
- Cout élevé
- Etat de surface de mauvaise qualité.

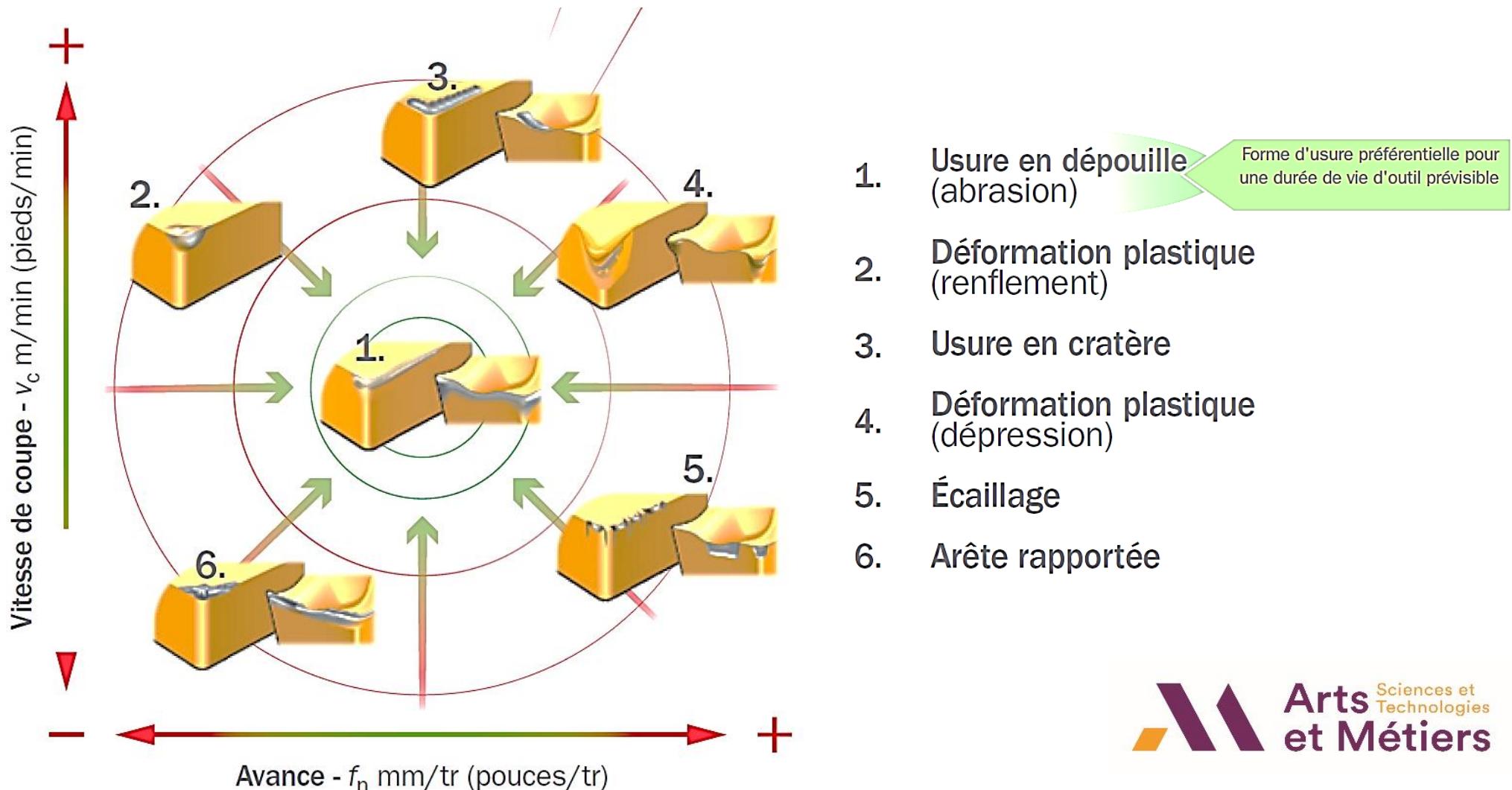
Trop élevée :

- Usure en dépouille rapide
- Mauvais état de surface
- Usure en cratère rapide
- Déformation plastique.

Durée de vie



Pour comprendre les avantages et les limites de chaque matériau de coupe (**nuance**), il est important de connaître les différents mécanismes d'usure qui agissent sur les plaquettes.

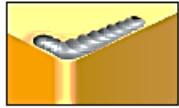


Types d'usure:**1. Usure en dépouille excessive****Cause**

- Vitesse de coupe trop élevée
- Résistance à l'usure insuffisante
- Nuance trop tenace
- Arrosage insuffisant

Solution

- Réduire la vitesse de coupe
- Sélectionner une nuance plus résistante à l'usure
- Augmenter le débit d'arrosage

3. Usure en cratère**Cause**

- Vitesse de coupe et/ou avance trop élevée
- Nuance trop tenace

Solution

- Réduire la vitesse de coupe et/ou l'avance
- Sélectionner une géométrie de plaquette positive
- Sélectionner une nuance plus résistante à l'usure

2. Déformation plastique (renflement)**Cause**

- Température de coupe trop élevée
- Arrosage insuffisant

Solution

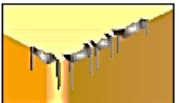
- Réduire la vitesse de coupe (ou l'avance)
- Sélectionner une nuance plus résistante à l'usure
- Augmenter le débit d'arrosage

4. Déformation plastique (dépression)**Cause**

- Température de coupe trop élevée
- Arrosage insuffisant

Solution

- Réduire l'avance (ou la vitesse de coupe)
- Sélectionner une nuance plus résistante à l'usure
- Augmenter le débit d'arrosage

Types d'usure:**5. Écaillage****Cause**

- Conditions instables
- Nuance trop dure
- Géométrie trop faible

Solution

- Choisir une nuance plus tenace
- Sélectionner une géométrie conçue pour des avances plus élevées
- Réduire le porte-à-faux
- Vérifier la hauteur de centre

6. Arête rapportée**Cause**

- Température de coupe trop basse
- Matière usinée sujette à l'adhérence

Solution

- Augmenter la vitesse de coupe ou l'avance
- Sélectionner une géométrie d'arête plus vive

Pour un travail de réalisation en série, il est très important de connaître le temps de fabrication d'une pièce. Cela permet de :

- Déterminer la durée d'une production .
- Déterminer le coût d'une production .

Le temps de fabrication comprend cinq catégories de temps:

- **Temps de préparation : noté T_s** , c'est le temps nécessaire à la préparation d'un poste d'usinage en vue de la réalisation des pièces en série (installation, réglages,...)
- **Temps technologique ou temps de coupe : noté T_t ou T_c** , c'est un temps pendant lequel l'outil coupe la matière (on comptabilise aussi les temps d'approche et de dégagement)
- **Temps manuel ou humain : noté T_m** , c'est un temps correspondant à un travail intellectuel ou physique de l'opérateur répété pour chaque pièce (montage, démontage, nettoyage,...)
- **Temps techno-manuel** : noté T_{tm} , c'est un temps correspondant à des actions combinées de l'opérateur et de la machine (perçage sur une perceuse sensitive par exemple)
- **Temps masqué** : noté T_z , c'est un temps correspondant à des opérations réalisées pendant que la machine travaille seule (contrôle d'une pièce par exemple)

Ces catégories de temps sont classées en deux types:

Temps manuels

Ils sont déterminés par expérience, par chronométrage. On réalise plusieurs essais de manière à éliminer les aléas (opérateurs différents, problèmes pendant les opérations, ...).

Temps technologiques

Ce sont des temps qui peuvent être calculés à l'aide de la formule : $T_t = L / V_f$

- L (mm) = longueur de déplacement de l'outil (on comptabilise aussi les temps d'approche et de dégagement)
- V_f = vitesse d'avance (en mm/min)

Le temps total de production total est égal à la somme des temps manuels et technologiques:

$$T = T_s + T_m + T_{tm} + T_t$$

Dans ce qui suit, nous allons étudier seulement le calcul du temps de coupe en tournage pour 2 opérations principales, tournage cylindrique et alésage, et dressage/tronçonnage.

Si on prend : $T_t = \frac{L}{V_f}$, et i le nombre de passe, donc pour parcourir i passes:

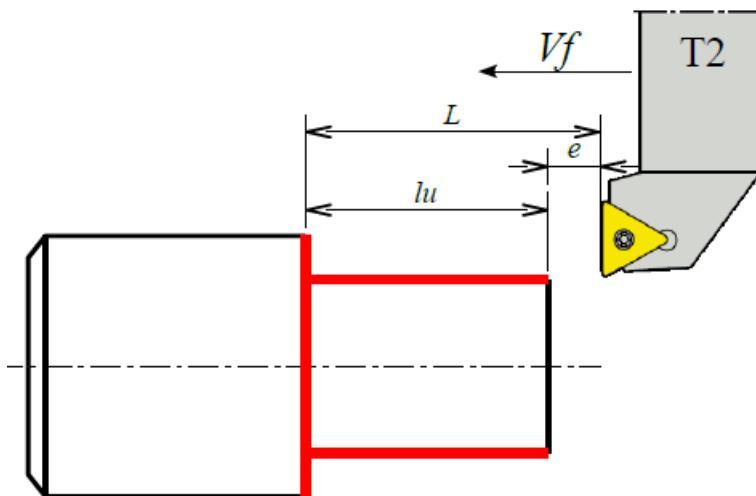
$$T_t = \frac{L \times i}{V_f}$$

V_f étant une vitesse en mm/min, f en mm/tr, et n en tr/min, donc: $V_f = f \times n$, ce qui donne

$$T_t(\text{min}) = \frac{L \times i}{f \times n}$$

Si on prend l'usinage en 1 passe de l'exemple ci-contre:

$$T_t = \frac{Lu + e}{f \times n}$$



Exemple:

Calculer le temps de coupe pour ébaucher une pièce en 1 passe. Diamètre de tournage, 140mm. Longueur totale de déplacement y compris l'approche et le retrait de l'outil, 330mm. Vitesse de coupe 70m/min. Avance 0,3mm/tr.

$$T_t = \frac{L \times i}{f \times n} \Rightarrow n?$$

$$V_c = \frac{\pi \cdot D_m \cdot n}{1000} \text{ (m/min)} \Rightarrow n = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D_m} \text{ (tr/min)} \Rightarrow n = \frac{1000 \cdot 70}{3,14 \cdot 140} \text{ (tr/min)} \Rightarrow n = 159 \text{ tr/min}$$

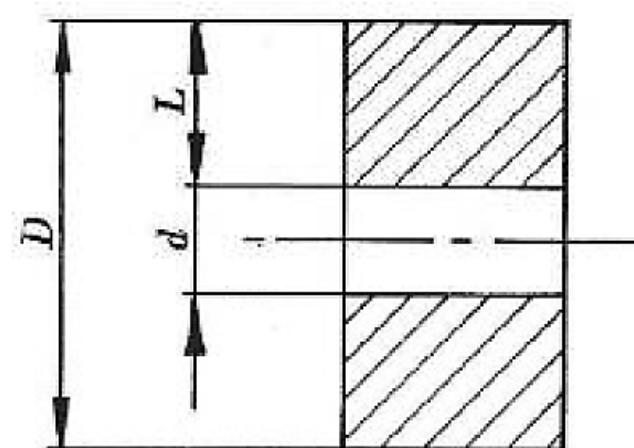
$$T_t = \frac{330 \times 1}{0,3 \times 159} \Rightarrow T_t = 6 \text{ min } 54s$$

Les formules générales sont applicables, mais il faut déterminer différemment la longueur de tournage L:

$$L = \frac{D-d}{2} + \text{approche et retrait de l'outil}$$

D'autre part, la vitesse de coupe doit être choisie en fonction du diamètre moyen d_m :

$$d_m = \frac{D+d}{2}$$



9.2 Calcul du temps de coupe pour dressage/tronçonnage

Exemple:

Calculer le temps nécessaire à l'outil pour dresser une couronne de 312mm de diamètre, alésage de 180mm, et pour chaque face en dresse en 2 passes d'ébauche et 1 passe de finition. Approche et retrait est de 4mm/passe.

Ébauche : v=150m/min, f=0,3mm/tr ; finition: v=200m/min, f=0,1mm/tr

$$L = \frac{D-d}{2} + \text{approche et retrait de l'outil} \implies L = \frac{312-180}{2} + 4 \implies L = 70\text{mm}$$

$$d_m = \frac{D+d}{2} \implies d_m = \frac{312+180}{2} \implies d_m = 246\text{mm} ; T_{t\acute{e}bauche} = \frac{L \times i}{f \times n} \implies n?$$

$$n = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D_m} \implies n = \frac{1000 * 150}{\pi * 246} \implies n = 194\text{tr/min} \implies T_{t\acute{e}bauche} = 2 * \frac{70 \times 2}{0,3 \times 194} \implies T_{t\acute{e}bauche} = 4,8\text{m}$$

$$\text{finition} \implies n = \frac{1000 * 200}{\pi * 246} \implies n = 258\text{tr/min} \implies T_{tfinition} = 2 * \frac{70 \times 1}{0,1 \times 258} \implies T_{tfinition} = 5,4\text{m}$$

$$\implies T_{ttotal} = 10,2\text{m}$$

La norme ISO définit six grands groupes de matières. Chaque groupe possède des propriétés spécifiques en termes d'usinage. Les exigences pour les outils de coupe sont différentes pour chaque groupe.

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

ISO P – Les aciers constituent le plus grand groupe de matières dans l'industrie transformatrice des métaux. Ces matières incluent les aciers non alliés, les aciers alliés, les aciers coulés et les aciers inoxydables ferritiques et martensitiques.

ISO M – Les aciers inoxydables sont des matières alliées avec une teneur en chrome de 12 % minimum. Ils peuvent aussi contenir du nickel et du molybdène.

ISO K – Les fontes sont des matières à copeaux courts. Les fontes grises (GCI) et les fontes malléables (MCI) sont relativement faciles à usiner. Les fontes nodulaires (NCI), les fontes vermiculaires (CGI) et les fontes bainitiques (ADI) se travaillent moins bien.

ISO N – Les matières non ferreuses sont plus douces. Ce sont l'aluminium, le cuivre, le bronze, etc. L'aluminium est très abrasif lorsqu'il a une teneur en Si de 13 %. En général, les plaquettes avec des arêtes vives ont une longue durée de vie dans ces matières et il est possible d'appliquer une vitesse de coupe élevée.

ISO S – Les superalliages réfractaires regroupent un grand nombre de matières fortement alliées à base de fer, de nickel, de cobalt et de titane. Ce sont des matières collantes qui génèrent des arêtes rapportées et des températures élevées ; elles sont aussi sujettes à l'écrouissage en coupe.

ISO H – Les matières trempées incluent les aciers d'une dureté comprise entre 45 et 65 HRc et les fontes en coquille dont la dureté se situe dans la plage 400 à 600 HB. Leur dureté rend ces matières difficiles à usiner. Elles génèrent une chaleur élevée à la coupe et sont très abrasives pour les arêtes de coupe.

La division des matières en **6 groupes** ne donne pas assez d'informations pour sélectionner ni la **géométrie** et la **nuance** des outils de coupe ni les **conditions de coupe**. Les groupes de matières doivent donc être subdivisés. Sandvik Coromant utilise le système CMC (Classification des Matières Coromant) depuis de nombreuses années pour identifier et décrire les matières d'un grand nombre de fournisseurs, quel que soit leur marché et la norme qui s'y applique. Avec le système CMC, les matières sont classées en fonction de leur usinabilité. Sandvik Coromant propose l'outillage et indique les conditions de coupe pour chacune de ces classes.

CMC No.	Aciers Matière	Force de coupe spécifique k_{c1} N/mm ²	Dureté Brinell HB	<<< RÉSISTANCE À L'USURE			
				CT5015	GC1525	GC4305	GC4315
				h_{ex} , mm ~ avance f_n , mm/tr			
				0.05-0.1-0.2	0.05-0.1-0.2	0.1-0.4-0.8	0.1-0.4-0.8
		Vitesse de coupe (V_c), m/min					
01.1	Acier non allié $C = 0.1\text{--}0.25\%$	1500	125	650-540-440	560-465-380	620-450-330	570-405-300
01.2	Acier non allié $C = 0.25\text{--}0.55\%$	1600	150	380-245-180	495-415-335	560-405-295	510-365-265
01.3	Acier non allié $C = 0.55\text{--}0.80\%$	1700	170	510-425-340	430-365-295	530-385-275	460-330-240
02.1		Acier faiblement allié (éléments d'alliage $\leq 5\%$)					
02.1	Non trempé	1700	180	480-400-320	375-320-255	610-410-285	560-370-260
02.12	Acier à roulements	1800	210	-	-	530-350-250	460-305-215
02.2	Trempé et revenu	1850	275	285-235-190	200-165-135	330-230-175	300-210-155
02.2	Trempé et revenu	2050	350	230-190-150	160-135-110	265-185-140	240-170-125

Pour pouvoir donner des indications plus précises sur la productivité, Sandvik Coromant a mis en place une **nouvelle classification des matières (MC)** du point de vue de l'usinage. Cette classification est plus détaillée et comporte de nombreux sous-groupes en fonction du type de matière, de la teneur en carbone, des procédés de fabrication, des traitements thermiques, de la dureté, etc.

ISO P MC No.	CMC No.	Aciers Matière	Force de coupe spécifique k_{ct} N/mm ²	Dureté Brinell HB	<<< RÉSISTANCE À L'USURE			
					CT5015	GC1525	GC4305	GC4315
					h_{ex} , mm = avance f_n , mm/tr			
					0.05-0.1-0.2	0.05-0.1-0.2	0.1-0.4-0.8	0.1-0.4-0.8
					Vitesse de coupe (V_c), m/min			
P1.1.Z.AN 01.1	01.1	Acier non allié C = 0.1–0.25%	1500	125	650-540-440	560-465-380	620-450-330	570-405-300
P1.2.Z.AN 01.2	01.2	C = 0.25–0.55%	1600	150	380-245-180	495-415-335	560-405-295	510-365-265
P1.3.Z.AN 01.3	01.3	C = 0.55–0.80%	1700	170	510-425-340	430-365-295	530-385-275	460-330-240
P2.1.Z.AN 02.1	02.1	Acier faiblement allié (éléments d'alliage ≤5%) Non trempé	1700	180	480-400-320	375-320-255	610-410-285	560-370-260
P2.1.Z.AN 02.12	02.12	Acier à roulements	1800	210	-	-	530-350-250	460-305-215
P2.5.Z.HT 02.2	02.2	Trempé et revenu	1850	275	285-235-190	200-165-135	330-230-175	300-210-155
P2.5.Z.HT 02.2	02.2	Trempé et revenu	2050	350	230-190-150	160-135-110	265-185-140	240-170-125
P3.0.Z.AN 03.11	03.11	Acier fortement allié (éléments d'alliage >5%) Recuit	1950	200	395-330-250	260-215-175	445-295-215	405-270-200
P3.0.Z.HT 03.21	03.21	Acier à outils trempé	3000	325	195-165-130	140-115-90	220-140-105	200-130-95
P1.5.C.UT 06.1	06.1	Acier coulé Non allié	1550	180	260-215-175	225-185-145	335-235-185	300-215-170
P2.6.C.UT 06.2	06.2	Faiblement allié (éléments d'alliage ≤5%)	1600	200	270-225-170	175-145-105	290-205-155	260-185-140
P3.0.C.UT 06.3	06.3	Fortement allié (éléments d'alliage >5%)	2050	225	200-165-125	140-115-85	225-150-115	205-135-105

* MC = Nouvelle classification qui remplace les codes CMC (Classification Coromant des matières).

L'organisation de la classification est faite de manière à ce que les codes des matières représentent des ensembles de propriétés et de caractéristiques reflétées par des lettres et des chiffres.

Exemple 1 :

Le code **P1.2.Z.AN** signifie :

P = Code ISO des aciers

1 = Groupe de matières : acier non allié

2 = Sous-groupes de matières : teneur en carbone : $0.25\% \leq 0.55\%C$

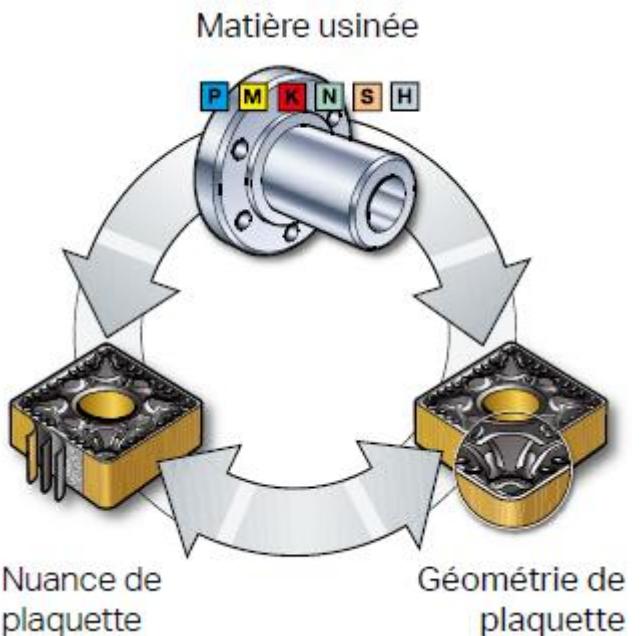
Z = Procédé de fabrication : Forgé/laminé/étiré à froid

AN = Traitement thermique : Recuit, avec valeurs de dureté

La spécification du process de fabrication et du traitement thermique en plus de la composition de la matière permet de donner des **recommandations de conditions de coupe plus précises** étant donné que ces informations influencent les propriétés mécaniques de la matière

L'usinabilité désigne la **possibilité** d'usiner une matière, l'**usure** qu'elle occasionne sur les arêtes de coupe et la **formation des copeaux** qui la caractérise. Dans ce sens, un acier bas carbone est plus facile à usiner qu'un acier inoxydable austénitique. Le concept de « **bonne usinabilité** » renvoie généralement à une action de coupe sans problèmes avec une durée de vie d'outil correcte. Le plus souvent, l'évaluation de l'usinabilité d'une matière donnée est faite à partir d'essais et les résultats sont exprimés par rapport à d'autres tests effectués sur d'autres matières dans des conditions comparables.

Pour déterminer l'usinabilité d'une matière, il faut généralement identifier trois paramètres principaux.



- La clé de la réussite de l'usinage est de trouver la bonne combinaison entre une géométrie et une nuance optimale pour la matière à usiner.
- Ces trois facteurs de base doivent être étudiés avec soin et adaptés à chaque opération d'usinage.
- Les autres facteurs importants sont : les conditions de coupe, les forces de coupe, et les traitements thermiques que la matière à subi

