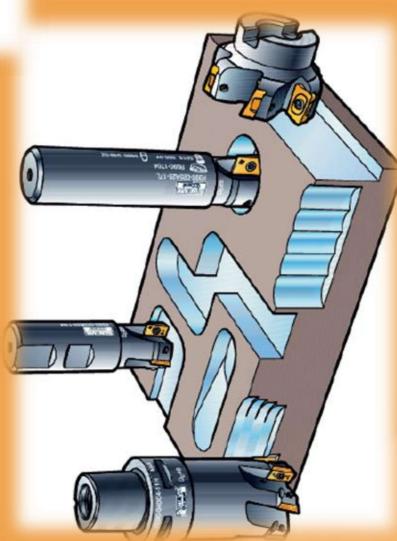




Activité pédagogique RESI

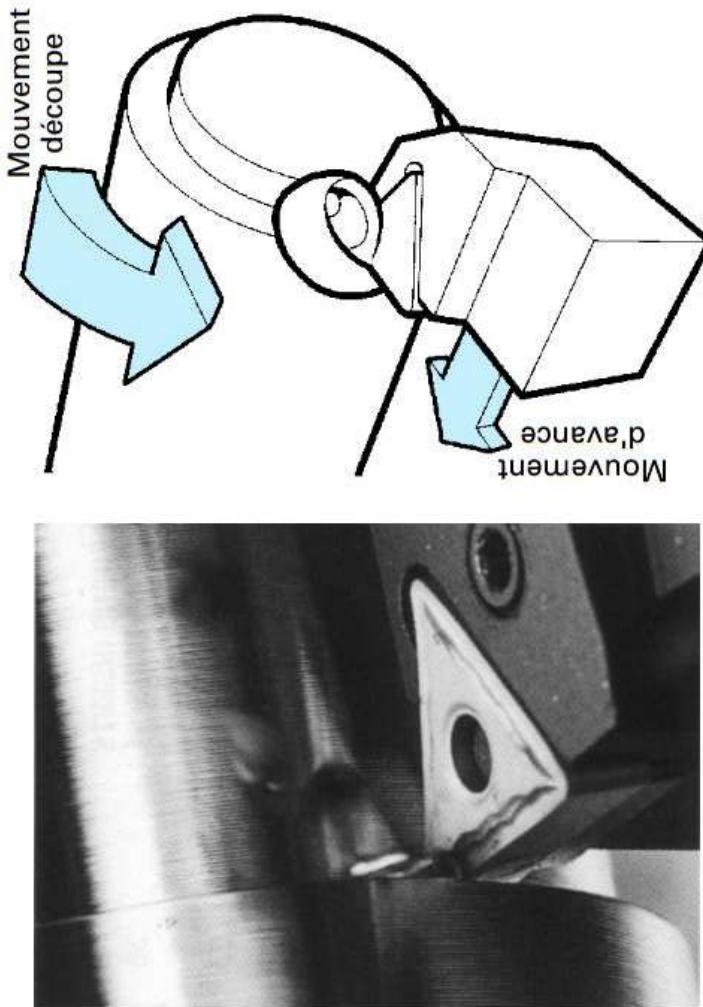


PROCÉDES DE FABRICATION
MÉCANIQUE SECONDAIRE
(INTERMÉDIAIRE)

Chapitre II : Le tournage

1. Définition

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



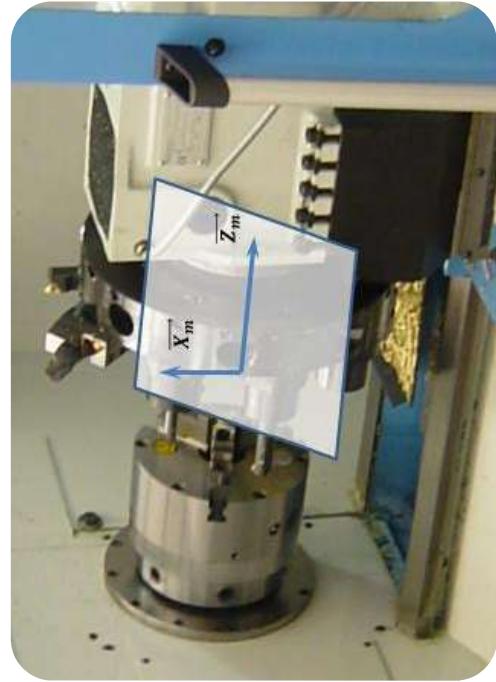
2. Machines de tournage

2.1 Axes normalisés

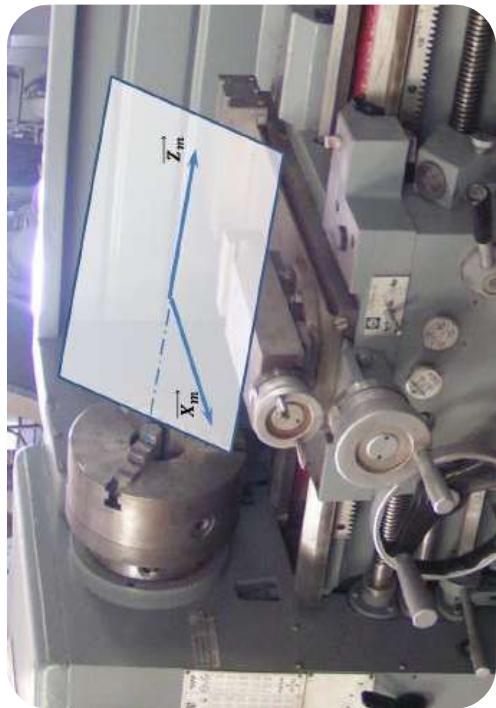
Sur les centres d'usinage, le choix des axes de déplacement est normalisé. Cela est notamment nécessaire pour la programmation des commandes numériques afin qu'un programme soit plus facilement transmissible d'autre. Le nombre d'axes est donné par les mouvements d'avance. Le plus communément les tours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

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'axe de rotation ;
- 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 l'axe Z_m ;
- L'axe Y_m est tel que le trièdre (X_m, Y_m, Z_m) soit orthonormé direct.



Axes normalisés sur un tour conventionnel



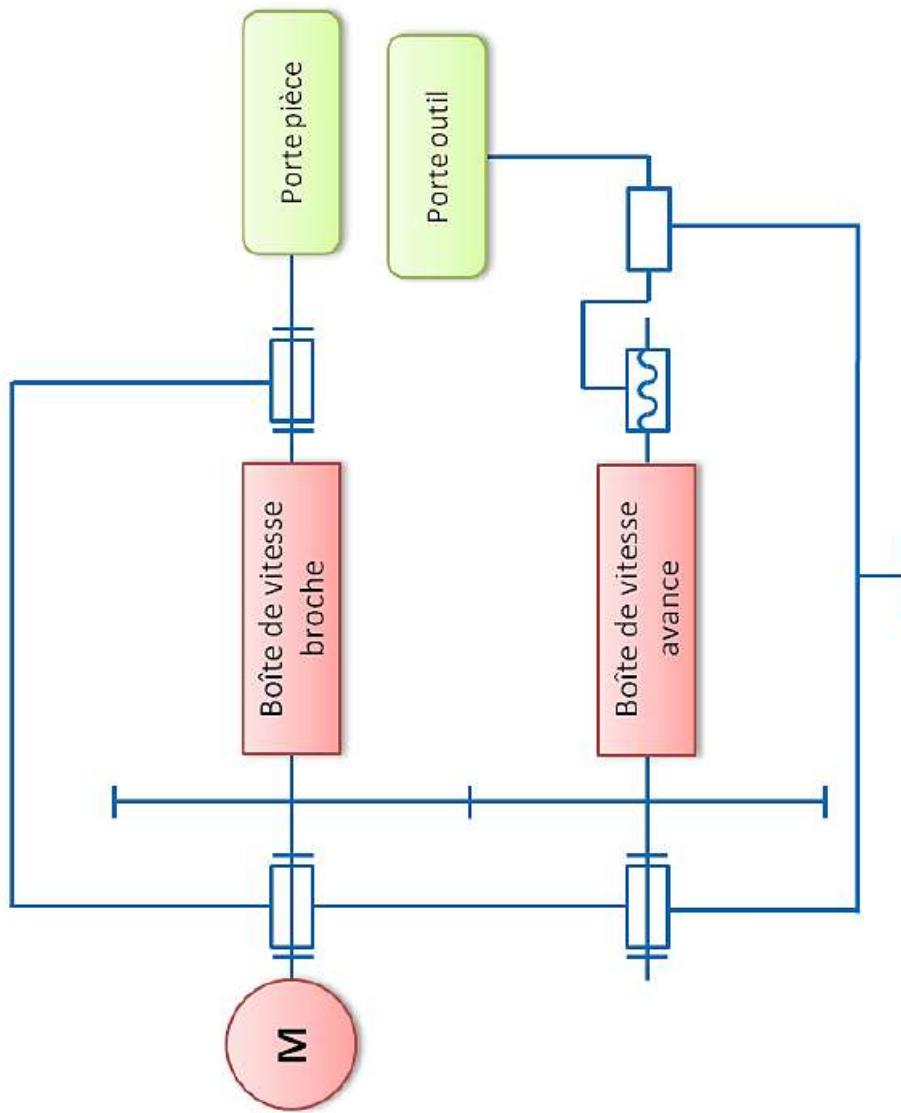
Axes normalisés sur un tour conventionnel

2. Machines de tournage

2.2 Les machines conventionnelles

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

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

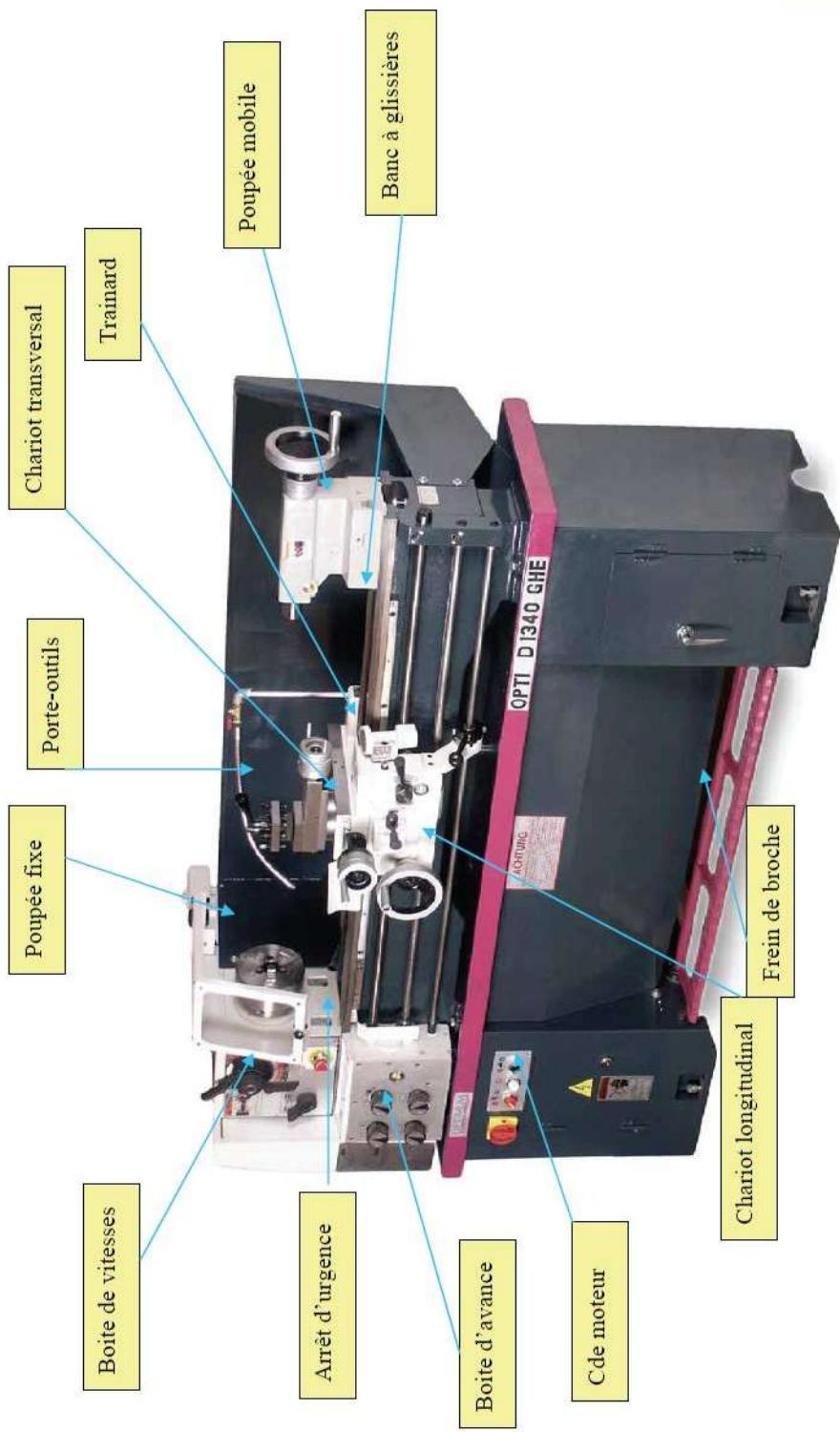


2. Machines de tournage

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 surfaces dont les génératrices sont parallèles ou perpendiculaires à l'axe de la broche sont réellement d'enveloppe.



2. Machines de tournage

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 du chariot transversal. C'est une machine assez flexible qui peut convenir pour des travaux de petites à génératrice des surfaces de révolution peut être quelconque.



2. Machines de tournage

2.2 Les machines conventionnelles

Les tours à commande numérique:

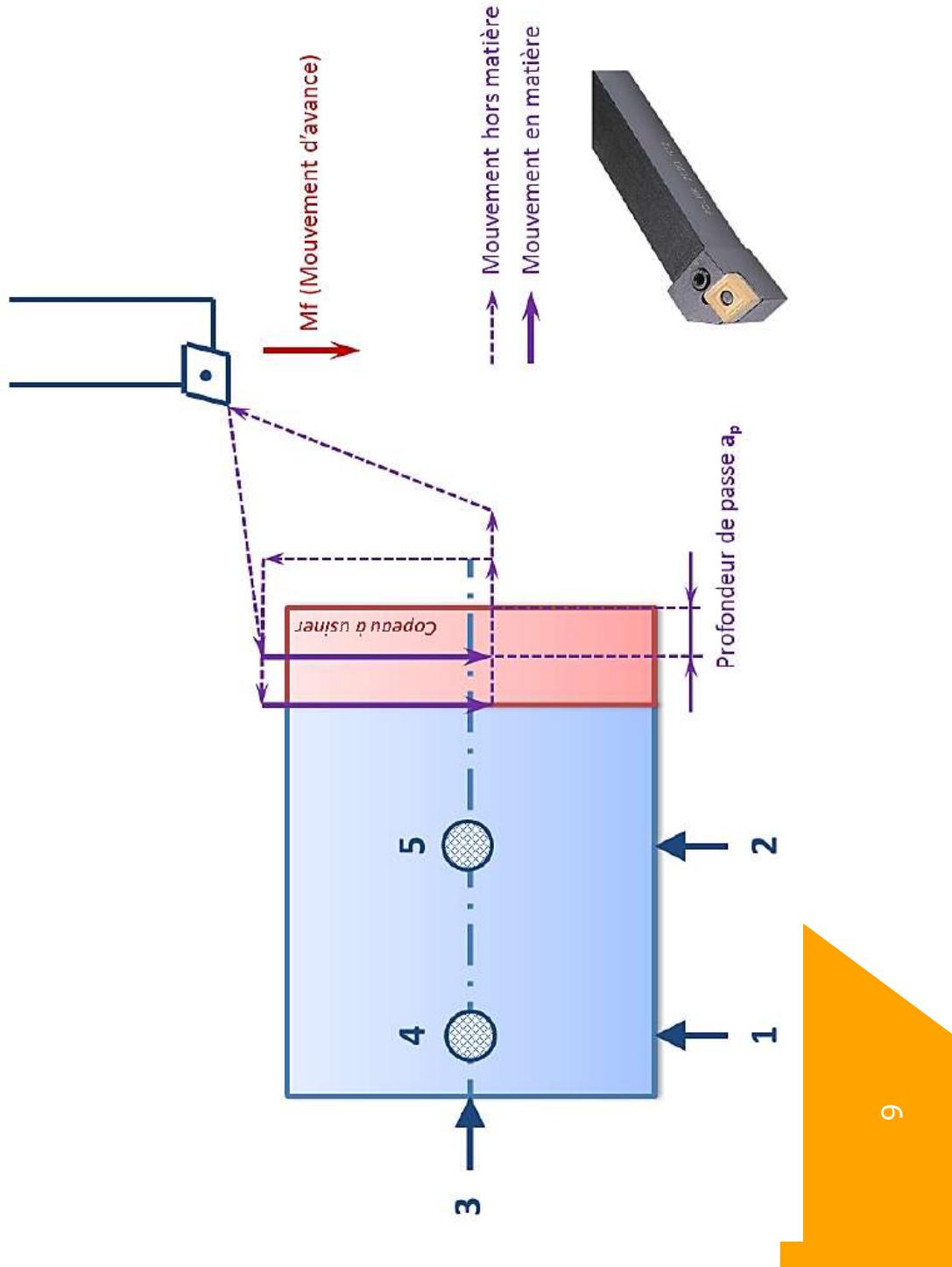
Comme en copiage, la génératrice de la pièce peut être quelconque mais ici la trajectoire de l'outil déplacement simultané de deux axes dont les positions successives sont données par un calculateur travaillant programme propre à la pièce. Ces tours sont équipés d'un magasin d'outils et éventuellement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



3. Opérations de tournage

3.1 Dressage

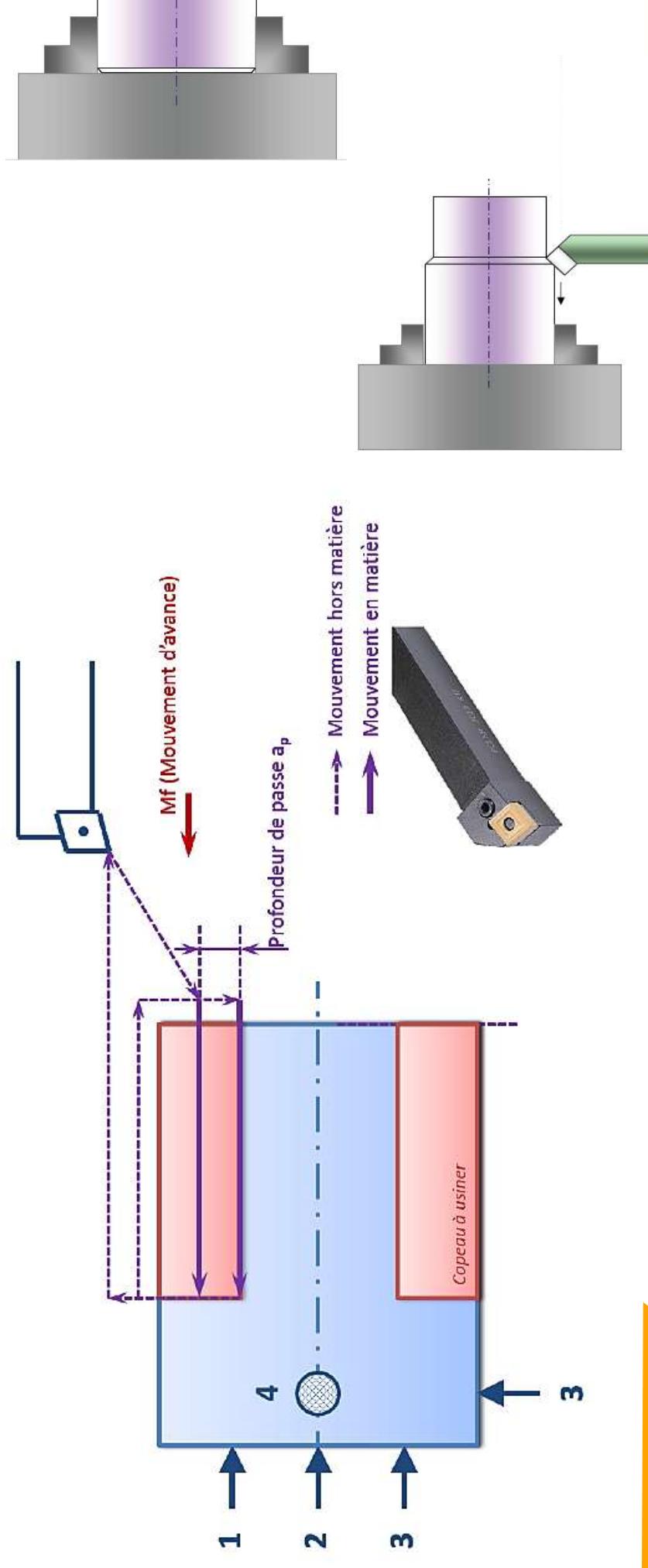
Opération qui consiste à usiner une surface plane perpendiculaire à l'axe de la broche extérieure ou intérieure



3. Opérations de tournage

3.2 Chariotage

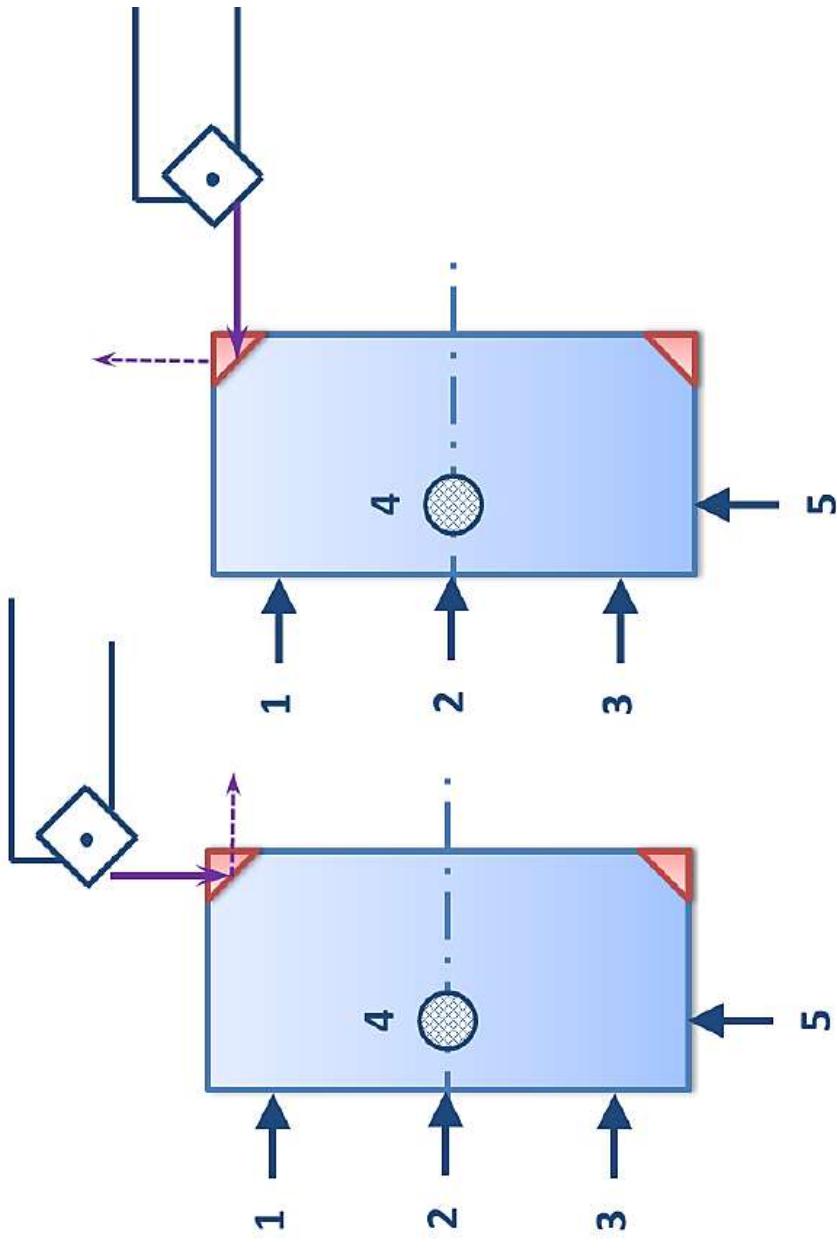
Opération qui consiste à usiner une surface cylindrique ou conique extérieure, ou générer un épaulemen



3. Opérations de tournage

3.3 Chanfreinage

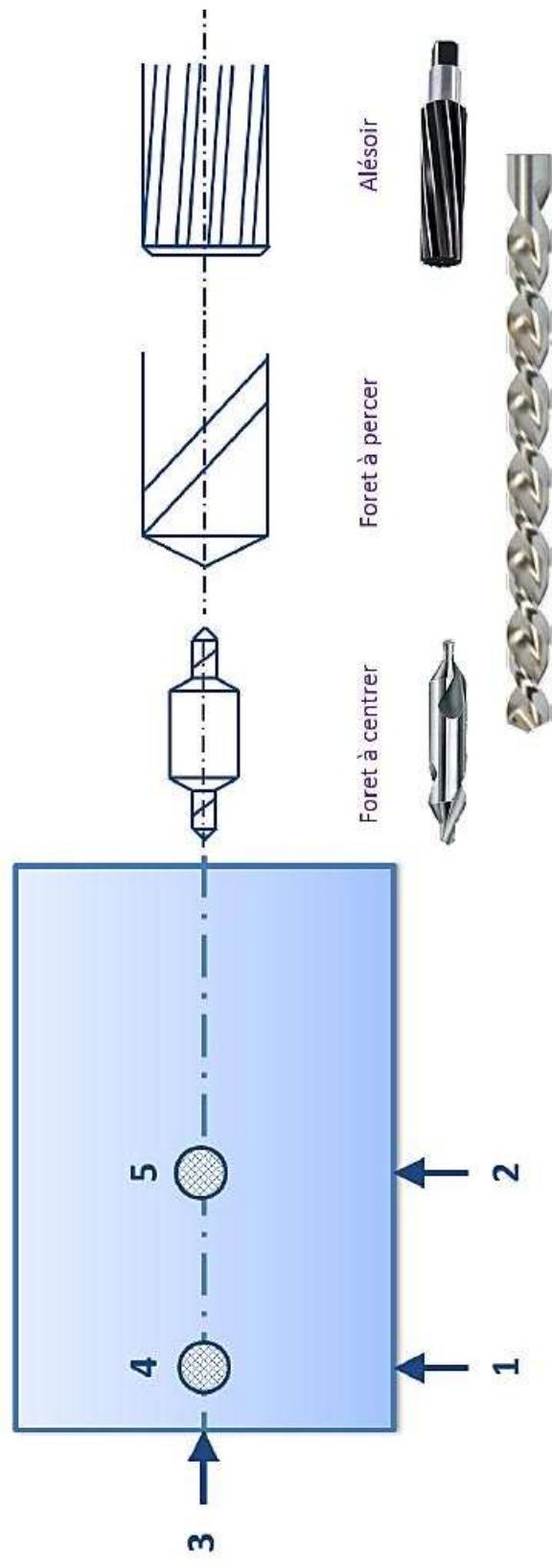
Opération qui consiste à réaliser un chanfrein :



3. Opérations de tournage

3.4 Percage

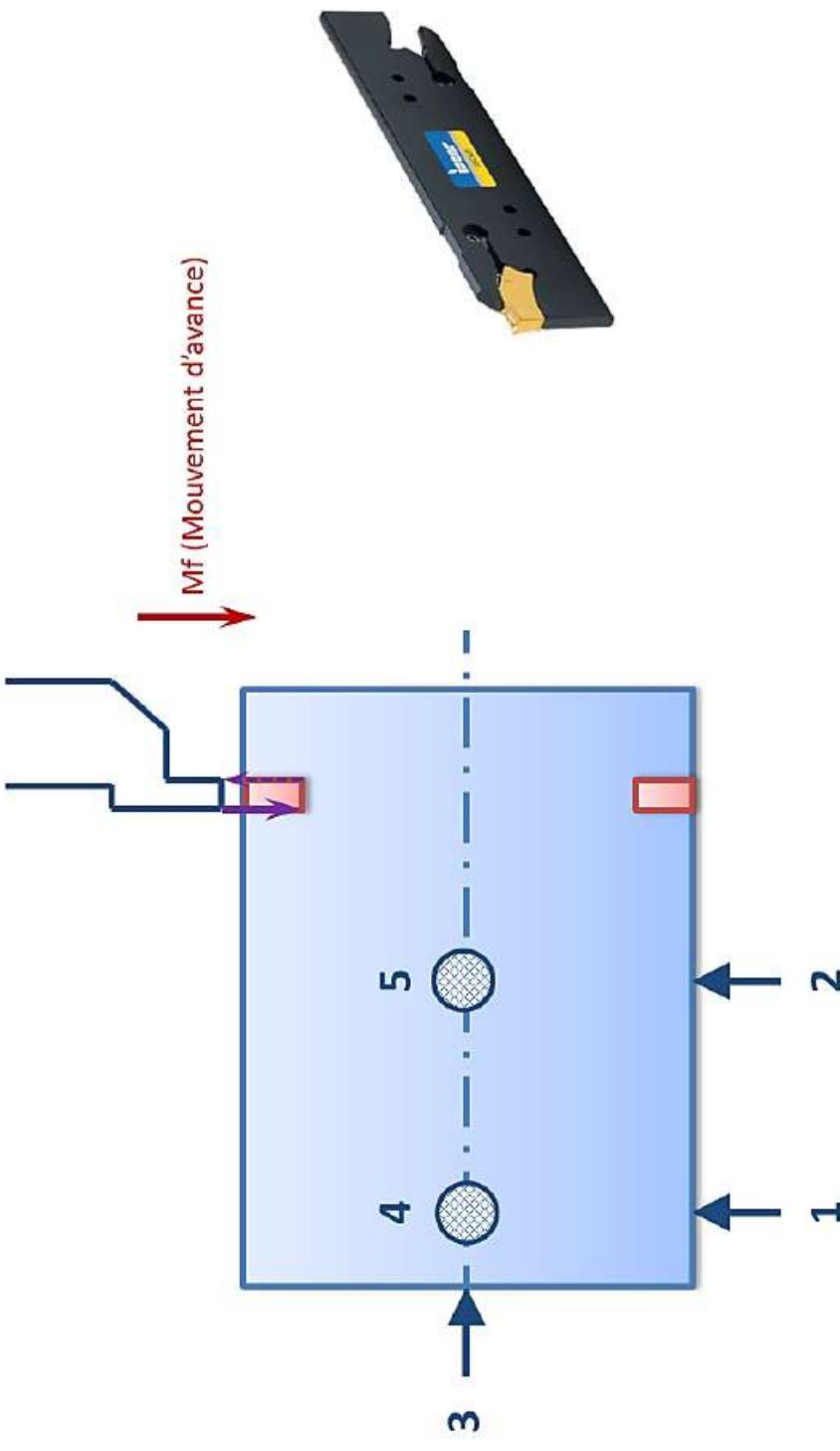
Opération qui consiste à réaliser des trous centrés avec l'axe de rotation de la pièce:



3. Opérations de tournage

3.5 Tronçonnage et gorges

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

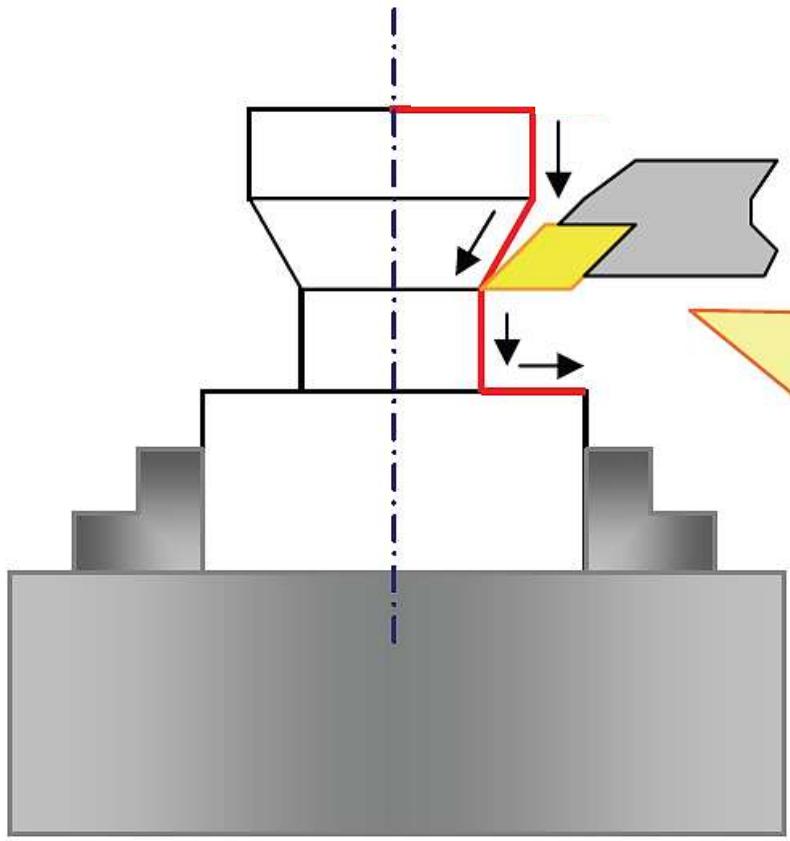
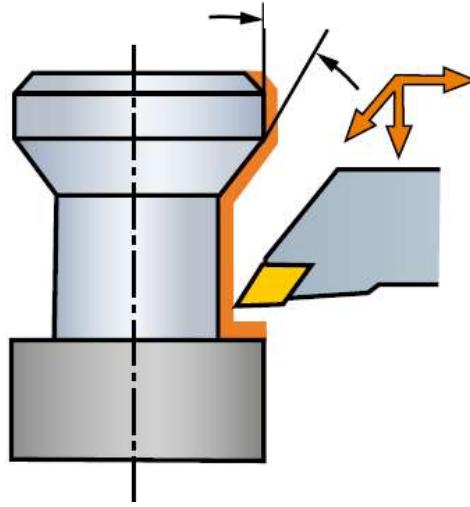


3. Opérations de tournage

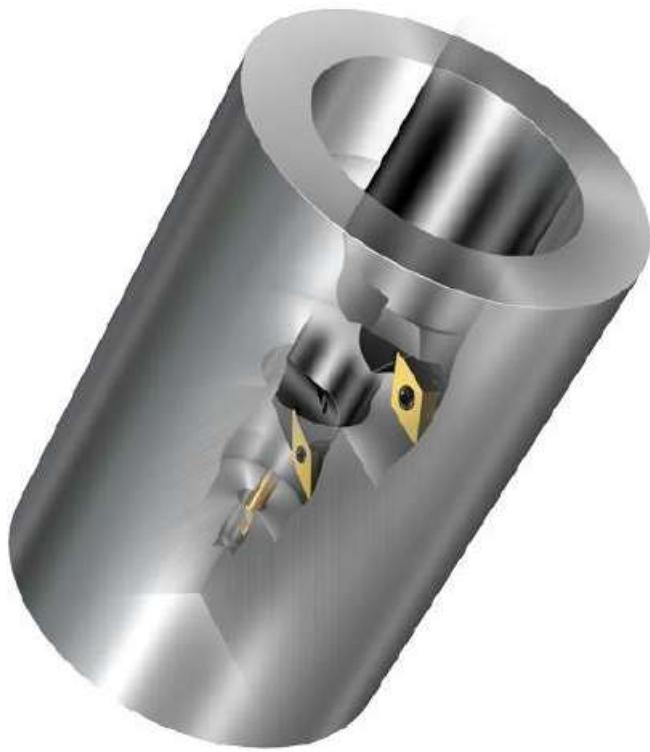
3.6 Profilage ou copiage

Cette opération permet de réaliser des formes quelconques:

Dans certains types d'usinage, le changement nécessaire pour une question de forme de la un choix différent.



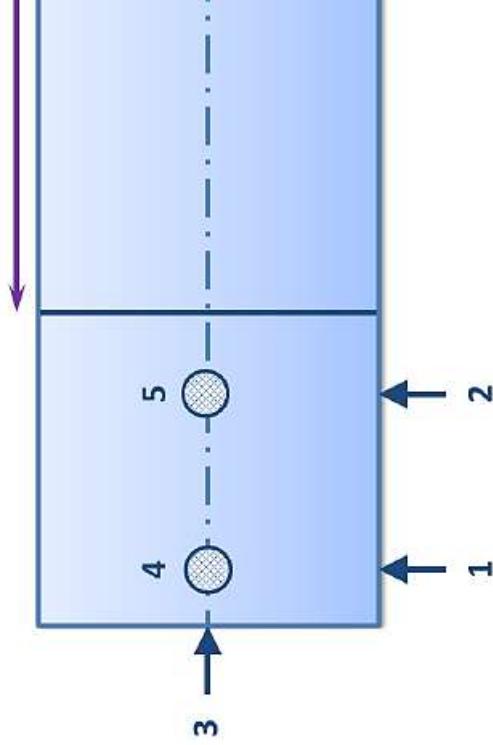
L'alésage permet de réaliser des formes cylindriques ou coniques intérieures:



3. Opérations de tournage

3.8 Filetage

Permet de réaliser des filetages et des taraudages:



4. Opérations élémentaires ou applications d'usinage

Ebauche (R):

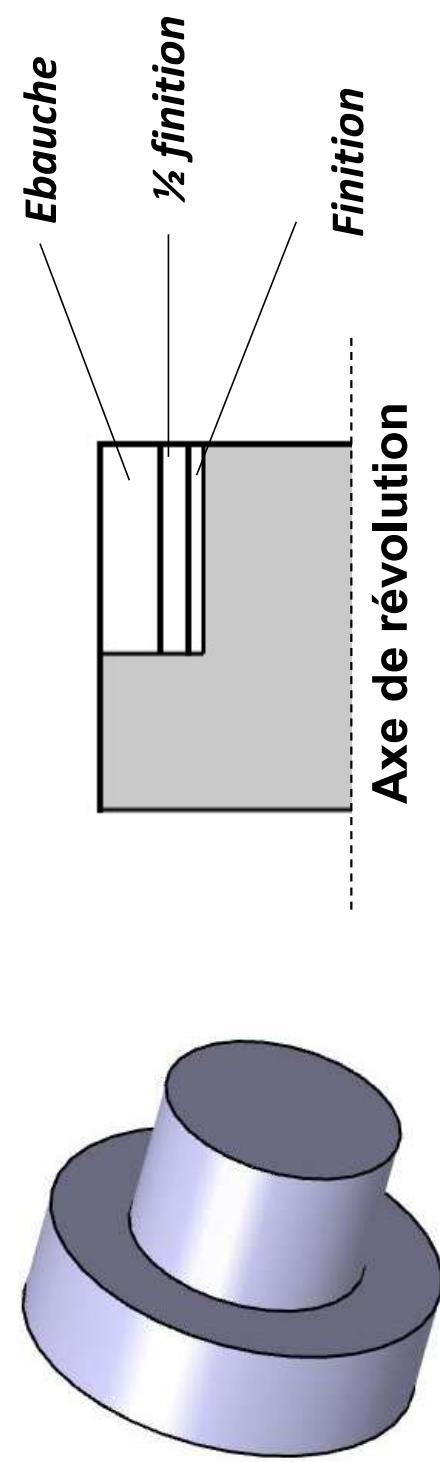
Opérations avec débit copeaux important et/ou conditions difficiles. Profondeurs de coupe et avances

Semi-finition (M):

Opérations d'ébauche légère à moyenne. Plage étendue pour obtenir de bons états de surface et de bonnes t

Finition (F):

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



5. Outils de coupe en tournage

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

- Une plaquette
- Un porte-plaquettes
- Un porte outil



Cependant, les fabricants d'outils mettent à notre disposition une multitude de plaquettes et de portes-plaquettes différents. Nous serons amenés à reconnaître et aussi à choisir le type d'outil le plus adapté à une opération 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 portes-plaquettes standards. Ce système est normalisé (ISO 1832:2012 pour les plaquettes et ISO 560 porte-plaquettes de tournage)

5. Outils de coupe en tournage

Pour la réalisation des diverses opérations de tournage on dispose de différents outils de coupe. La sélection 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 du matériau 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

5. Outils de coupe en tournage

5.1 La plaque - matériaux

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

**Carbure cémenté revêtu
– CVD/PVD**



Carbure cémenté non revêtu



Cermet



Céramique



**nitrule de bore
cubique polycristallin**



diamant polycristallin



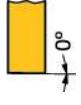
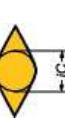
Pour effectuer un bon choix pour une application donnée, il convient d'avoir une connaissance de base des **matériaux de coupe** et de leurs performances. Les critères de choix incluent la matière à usiner, le type de pièce, les conditions d'usinage et l'état de surface requis pour chaque opération.

5. Outils de coupe en tournage

5.1 La plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

Codification plaquette: ISO 1832:2012

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

- 1 Formes de plaquettes(C) 
- 2 Angle de dépouille de la plaquette(N) 
- 3 Tolérances, métriques(M) 
- 4 Type de plaquettes(G) 
- 5 Taille de logement I (12) 
- 6 Epaisseur de la plaquette, s (04) 
- 7 Rayon de bec, rε(08) 
- 8 Etat de l'arête de coupe(L) 
- 9 Sens de coupe(L ou R) 
- 12 Géométrie (PF, PM, PR) 

Codification d'une plaquette pour tournage général



5. Outils de coupe en tournage

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
	W

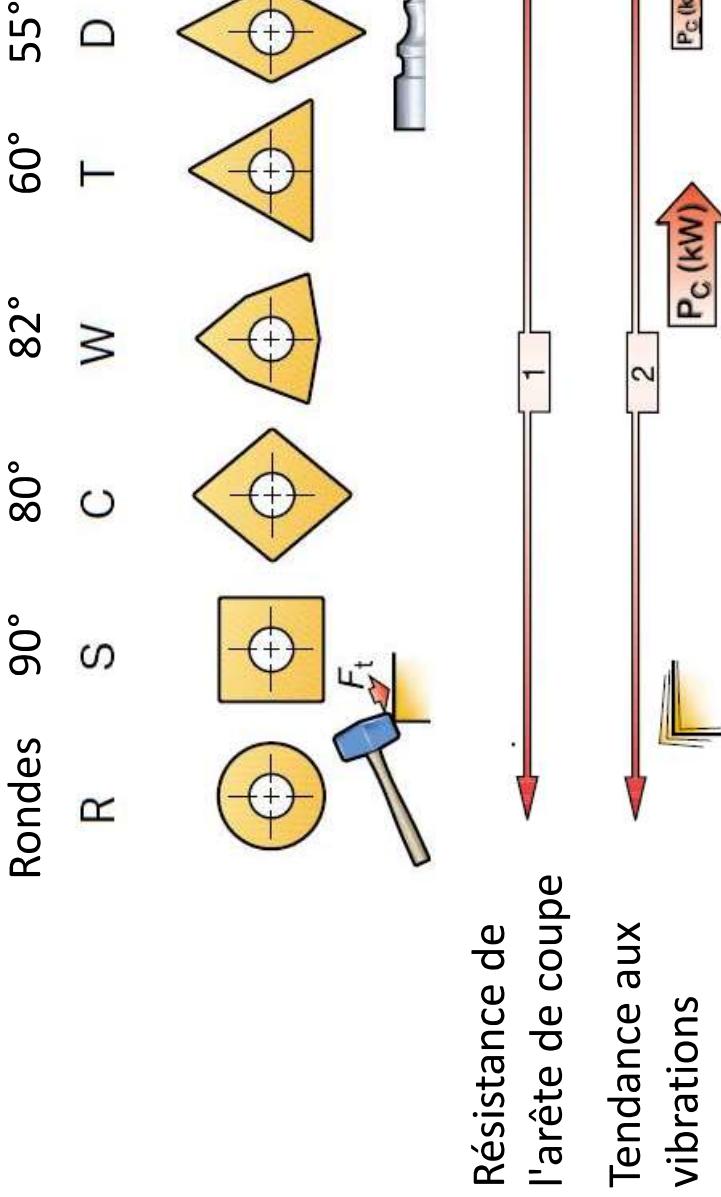
- Les formes de plaquettes et les angles de pointe considérablement, de la plus petite à 35° , à la plaque ro
- Chaque forme possède des propriétés spécifiques :
 - certaines offrent la meilleure résistance pour l'ébauch
 - certaines offrent la meilleure accessibilité pour le prof
- Chaque forme a aussi ses limitations. Exemple : une pla offre une grande accessibilité a une arête moins résistante.

5. Outils de coupe en tournage

5.1 La plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

1 Formes de plaquettes: Angle de pointe de la plaque

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. Outils de coupe en tournage

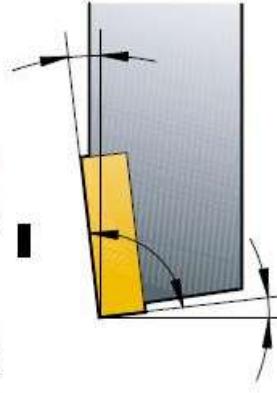
5.1 La plaque – Codification ISO (+Sandvik coromant)

2 Angle de dépouille de la plaque

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

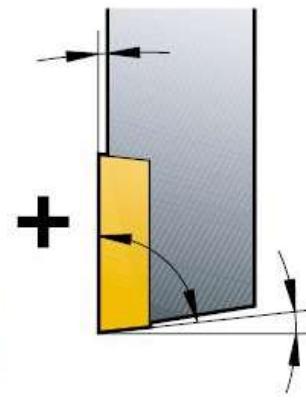
Les plaquettes négatives ont un angle de 90° (angle de dépouille de plaquettes positives ont un angle inférieur à 90° (angle de dépouille d'inclinaison donné par l'angle de montage de la porte-plaque pour une plaque négative et positive. Quelques deux types de plaquettes sont indiquées ci-dessous.

Type négatif



- Réversible et non réversible
- Résistance de coupe élevée
- Angle de dépouille élevé
- Usinage extérieur
- Conditions de coupe difficiles

Type positif



- Non réversible
- Forces de coupe élevées
- Dépouille latérale
- Usinage intérieur
- Axes minces, longs

5. Outils de coupe en tournage

5.1 La plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

3 Tolérances

3 Tolérances		4 Type de plaquettes	
G	± 0.13	A	
M	± 0.13	Q	
U	± 0.13	R	
E	± 0.025	G	
	^{1) Variable en fonction de la taille d'iC. Voir ci-dessous.}	M	
		N	
		P	

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

4. Type de plaquette

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

5. Outils de coupe en tournage

5.1 La plaquette – Codification ISO (+Sandvik coromant)

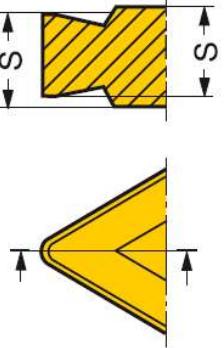
5 Longueur de plaquette : taille de logement

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	27	
25				16	33	
				19		
				20		
				25		
				31		
				32		

6. épaisseur de plaquette

6 Épaisseur de plaquette, S mm	
01	T1
02	T2
03	T3
04	T4
05	T5
06	T6
07	T7
09	T9
10	T10
12	T12

Diagramme de la plaquette montrant les dimensions S et W.



5. Outils de coupe en tournage

5.1 La plaque – Codification ISO (+Sandvik coromant)

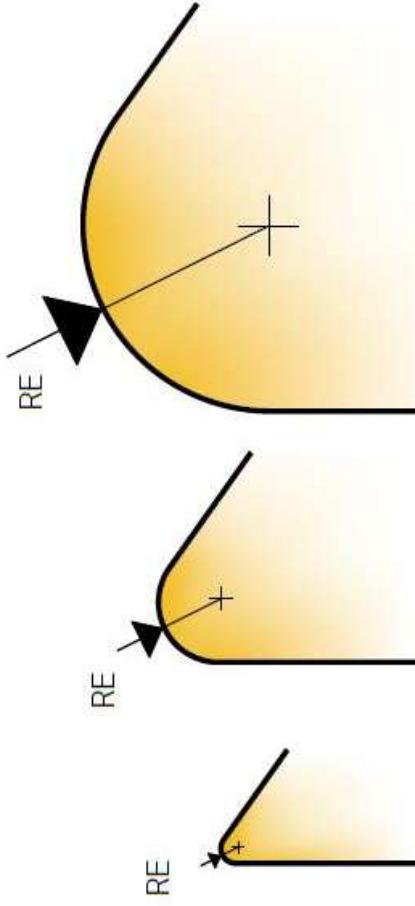
7 Rayon de bec

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

- Avances élé
- Grandes pr
- Grande séc
- Pression ra

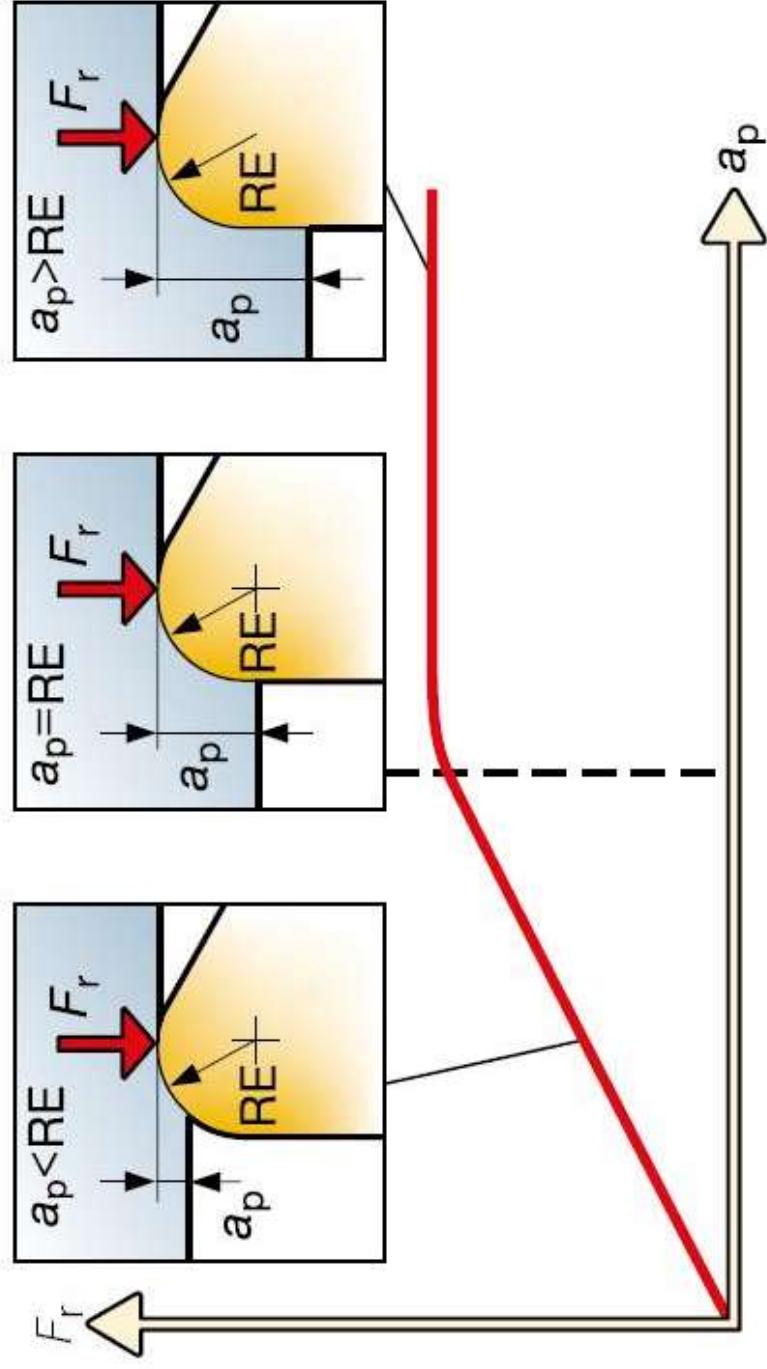
Règle générale : La profondeur de coupe doit être supérieure au rayon de bec (RE).

5. Outils de coupe en tournage

5.1 La plaque – 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 coupe où l'effort se stabilise à sa valeur maximale.

5. Outils de coupe en tournage

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	Chamfrein négatif
K	Double chamfrein négatif
S	Arête avec chamfrein négatif et arrondi (traitée ER)

9 Sens de coupe

9 Sens de coupe	
R	
L	
N	

5. Outils de coupe en tournage

5.1 La plaque – Codification ISO (+Sandvik coromant)

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

Le code ISO comporte neuf symboles. Les deux derniers ne s'utilisent que si nécessaire. En outre, le fabricant ajoute 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 possède des propriétés d'usinage spécifiques.

P Aciers



K Fontes



S Alliages réfractaires



M Aciers inoxydables



N Aluminium



H Aciers trempés



5. Outils de coupe en tournage

5.1 La plaque – 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)

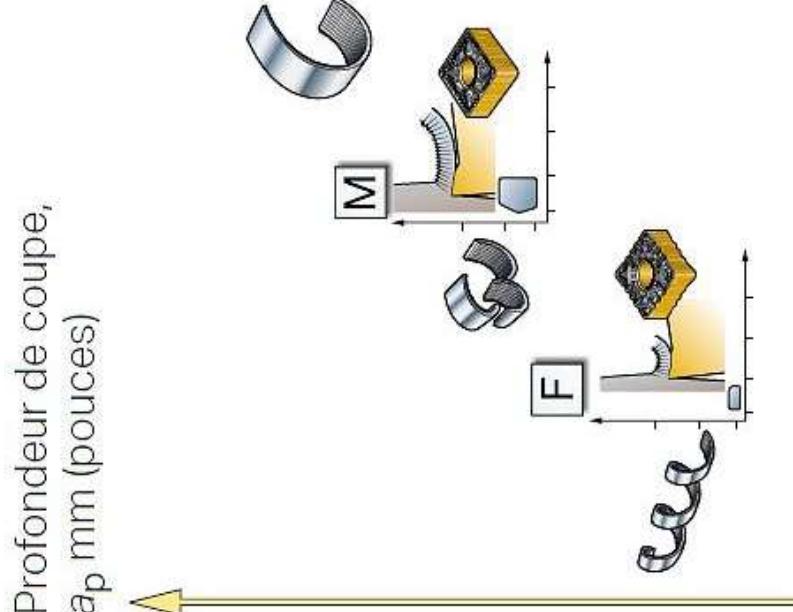
Opérations d'ébauche légère et grande plage de combinaisons de profondeurs de coupe et avances.

Finition (F)

- Faibles profondeurs de coupe et avances réduites

Exemple: la géométrie PF: ISO P, Finition

KR: ISO K, Ebauche



Avance, f_n mm



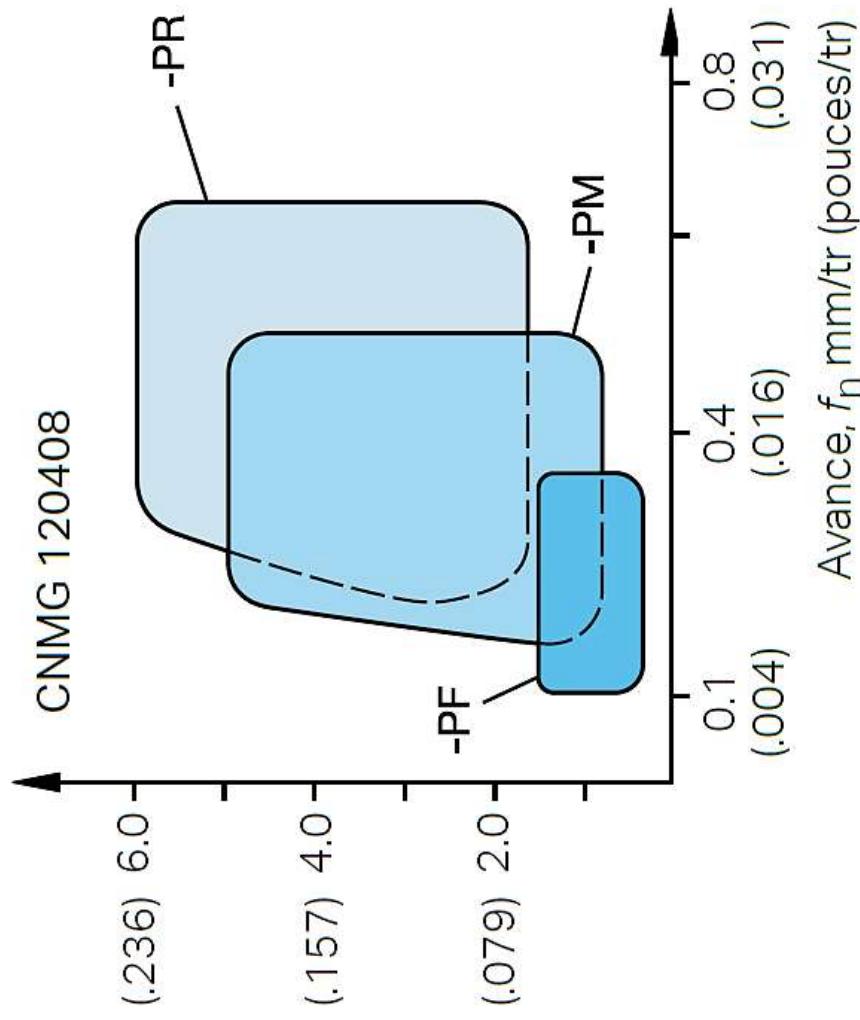
5. Outils de coupe en tournage

5.1 La plaque – Codification ISO (+Sandvik coromant)

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

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

Profondeur de coupe,
 a_p mm (pouces)



5. Outils de coupe en tournage

5.1 La plaque – Codification ISO (+Sandvik coromant)

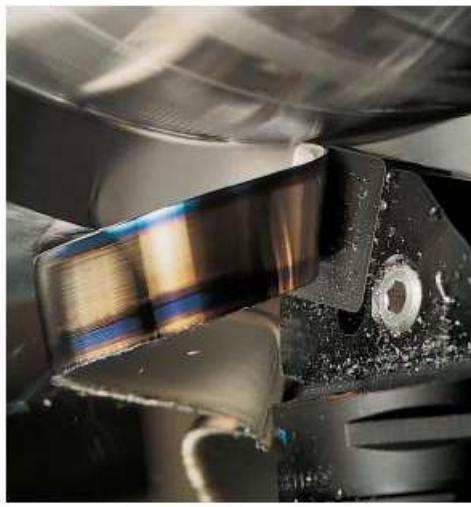
12 Options propres au fabricant Sandvik Coromant (géométrie de la plaquette)

Il existe trois schémas de fragmentation des copeaux:

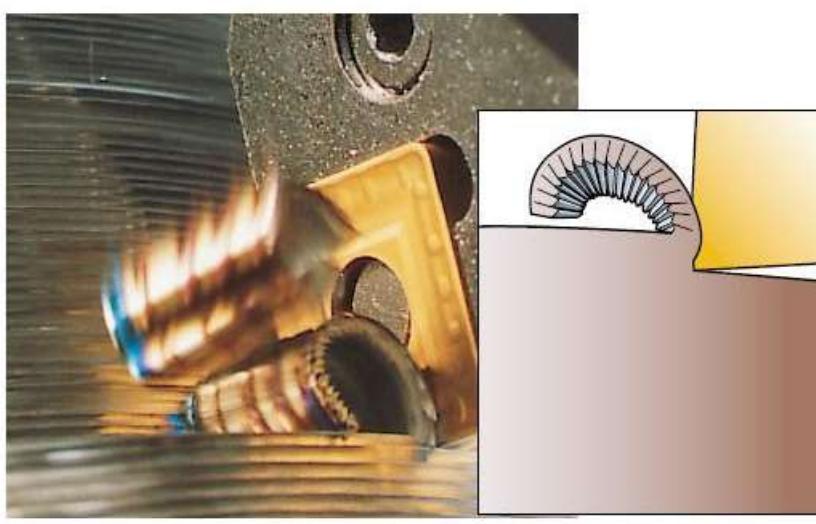
1) Fragmentation spontanée



2) Fragmentation contre l'outil



3) Fragmentation contre la pièce



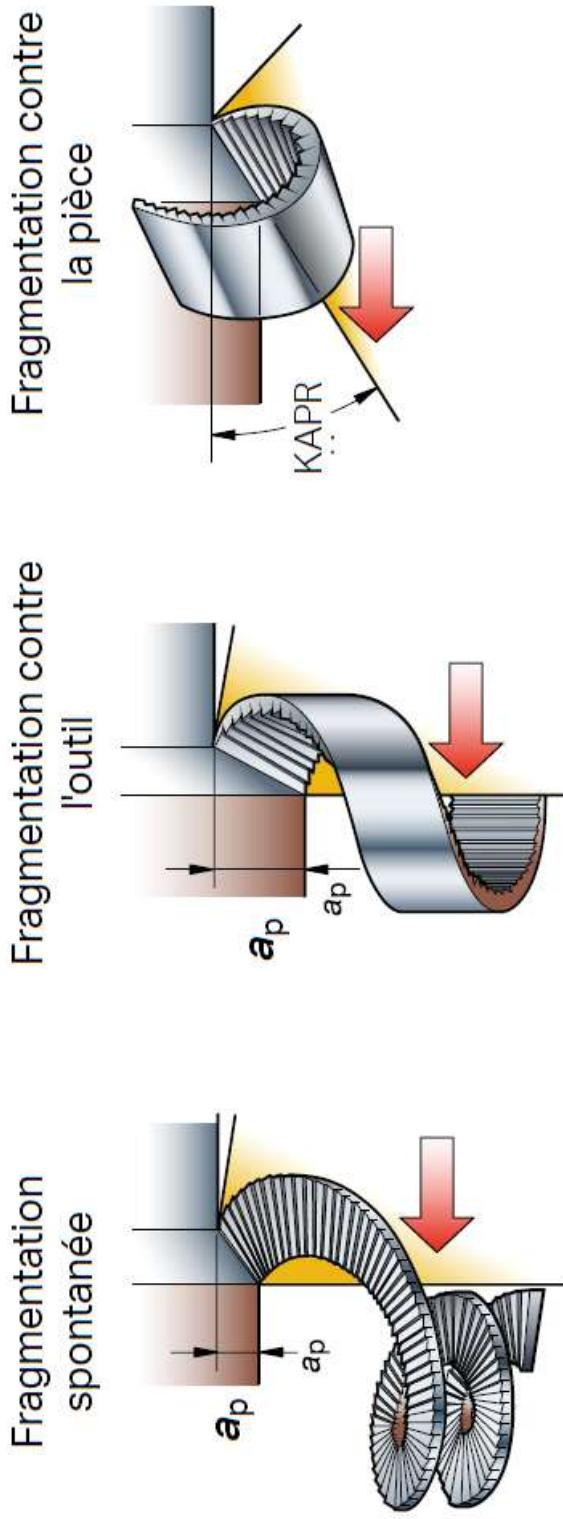
- 1) La fragmentation est spontanée lorsque la matière se fragmente sous l'effet de l'enroulement du copeau.
- 2) lorsque le copeau s'enroule jusqu'à entrer en contact avec la face de débouille de la plaque ou avec le porte-outil avant de se fragmenter. Cette forme de fragmentation est généralement acceptée, mais le copeau peut marteler la plaque et l'endommager

5. Outils de coupe en tournage

5.1 La plaque – 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 géométrie de la plaquette.



5. Outils de coupe en tournage

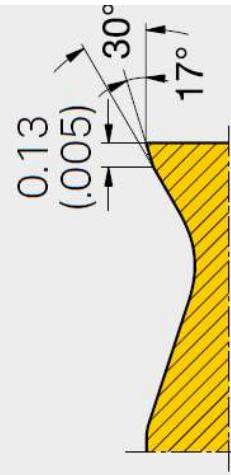
5.1 La plaque – Codification ISO (+Sandvik coromant)

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

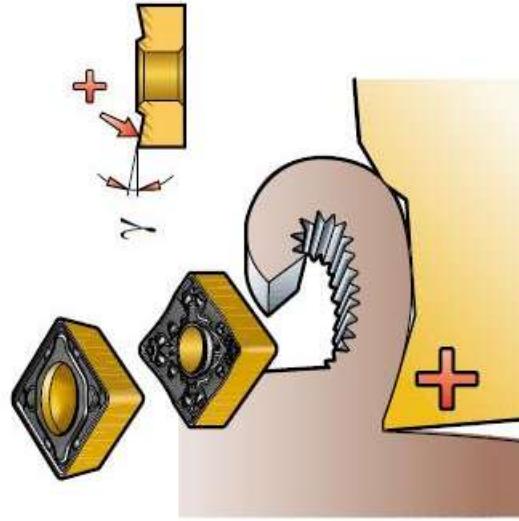
Angle de coupe de la plaquette:

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

Conception de l'arête de coupe principale

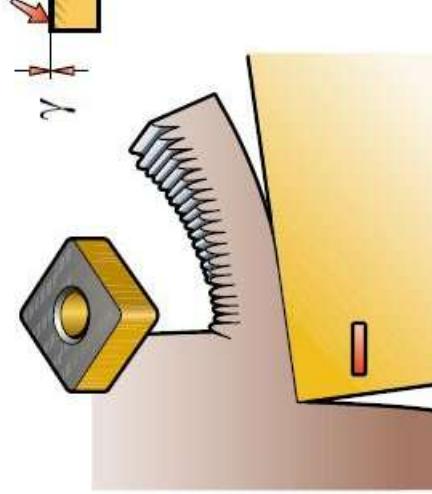


Action de coupe positive



$$\gamma \neq 0$$

Action de coupe négative



$$\gamma = 0$$

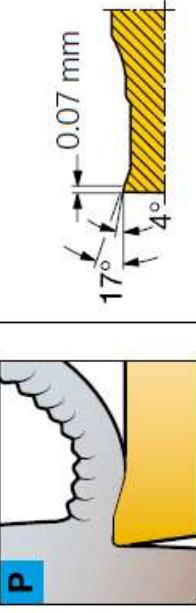
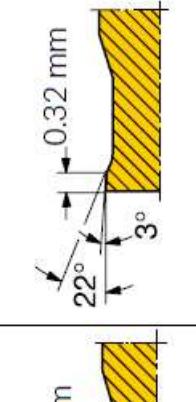
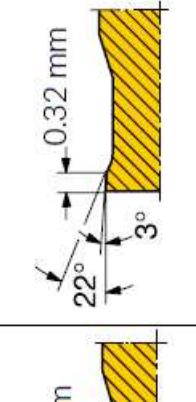
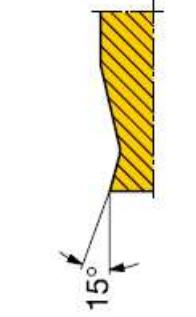
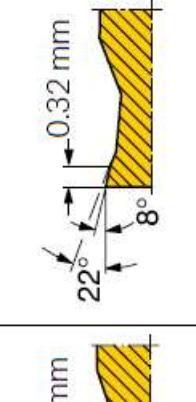
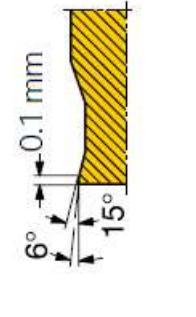
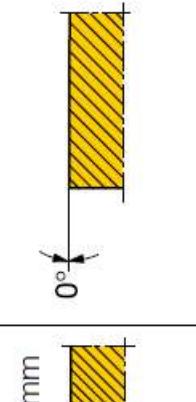
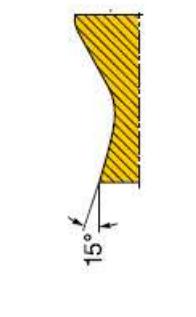
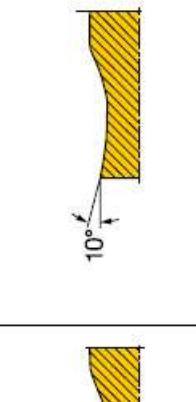
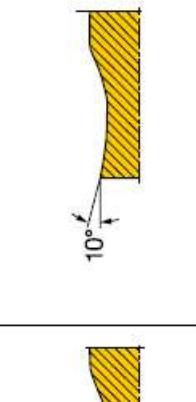
5. Outils de coupe en tournage

5.1 La plaque – Codification ISO (+Sandvik coromant)

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

Angle de coupe de la plaque:

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

Matière usinée	Finition	Semi-finition	Ebauche
P			
M			
K			
S			

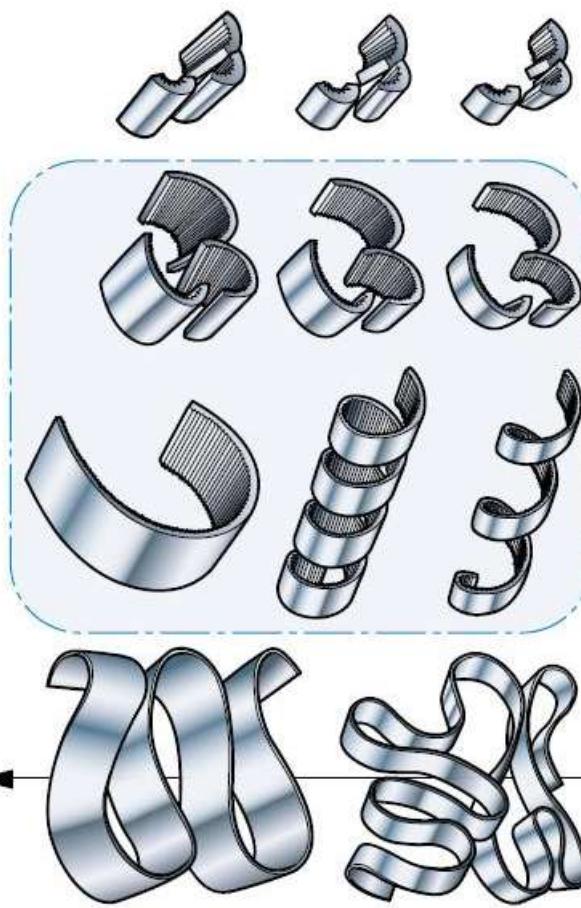
12 Options propres au fabricant Sandvik Coromant (géométrie de la plaquette)

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 taille des copeaux acceptable en fonction de l'avance et de la profondeur de coupe.

Profondeur de coupe,
 a_p mm (pouces)

- La profondeur de coupe (ap) et l'avance doivent être adaptées à l'aire d'application acceptable de la géométrie de la plaquette.
- Une fragmentation des copeaux peut entraîner la rupture de la plaque.
- Des copeaux trop longs peuvent entraîner des problèmes pour le processus d'usinage de surface de la pièce.

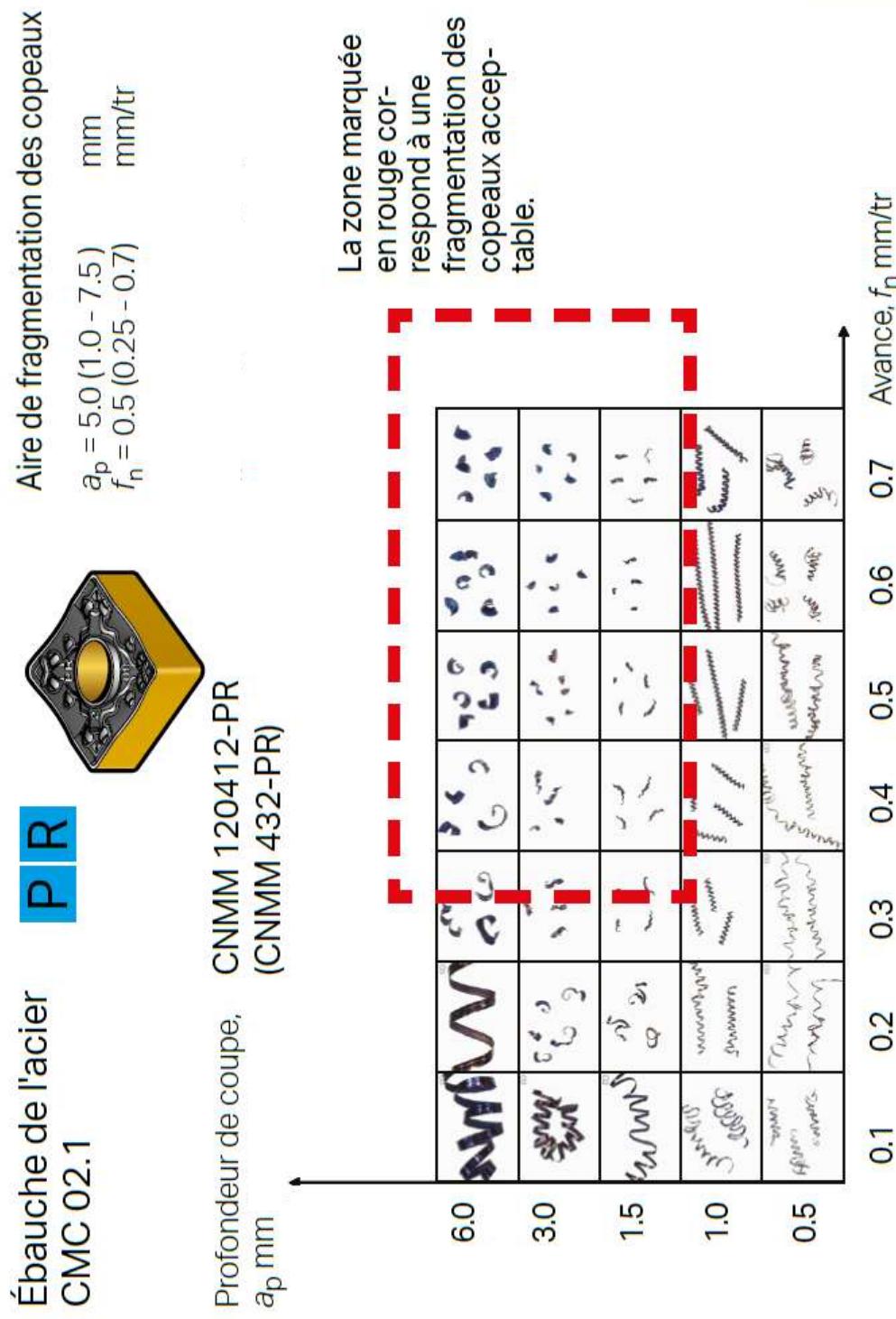


5. Outils de coupe en tournage

5.1 La plaque – Codification ISO (+Sandvik coromant)

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

Diagramme de fragmentation des copeaux:



5. Outils de coupe en tournage

5.1 La plaque – Codification ISO (+Sandvik coromant)

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

Diagramme de fragmentation des copeaux:

Usinage semi-finition
de l'acier CMC 02.1

P | M

Aire de fragmentation des

copeaux :

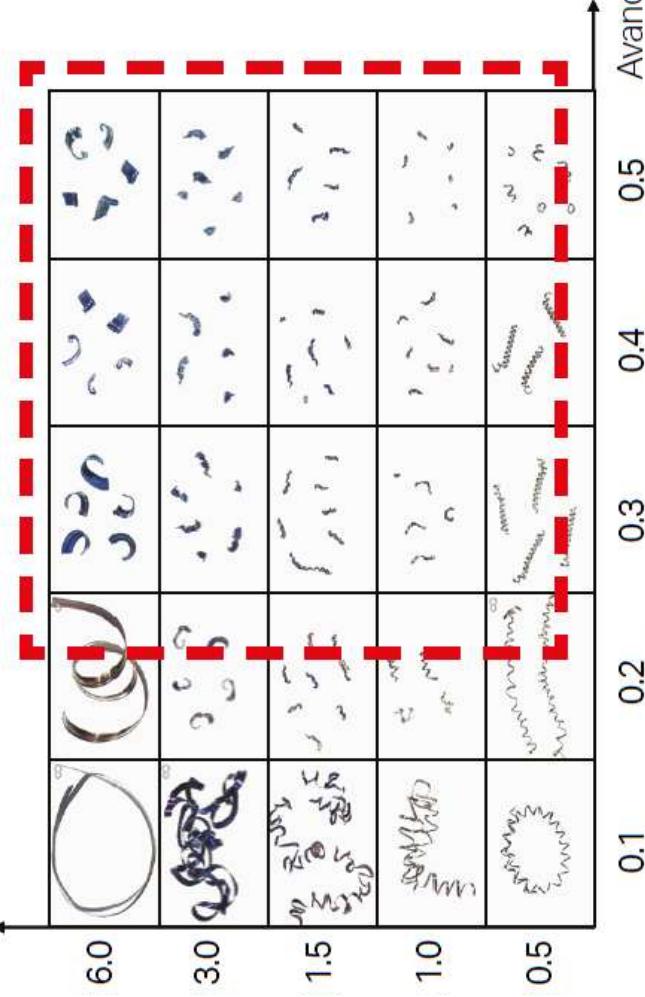
$a_p = 3.0 \text{ (0.5 - 5.5)}$

$f_n = 0.3 \text{ (0.15 - 0.5)}$



CNMG 120408-PM

Profondeur de coupe,
 a_p mm

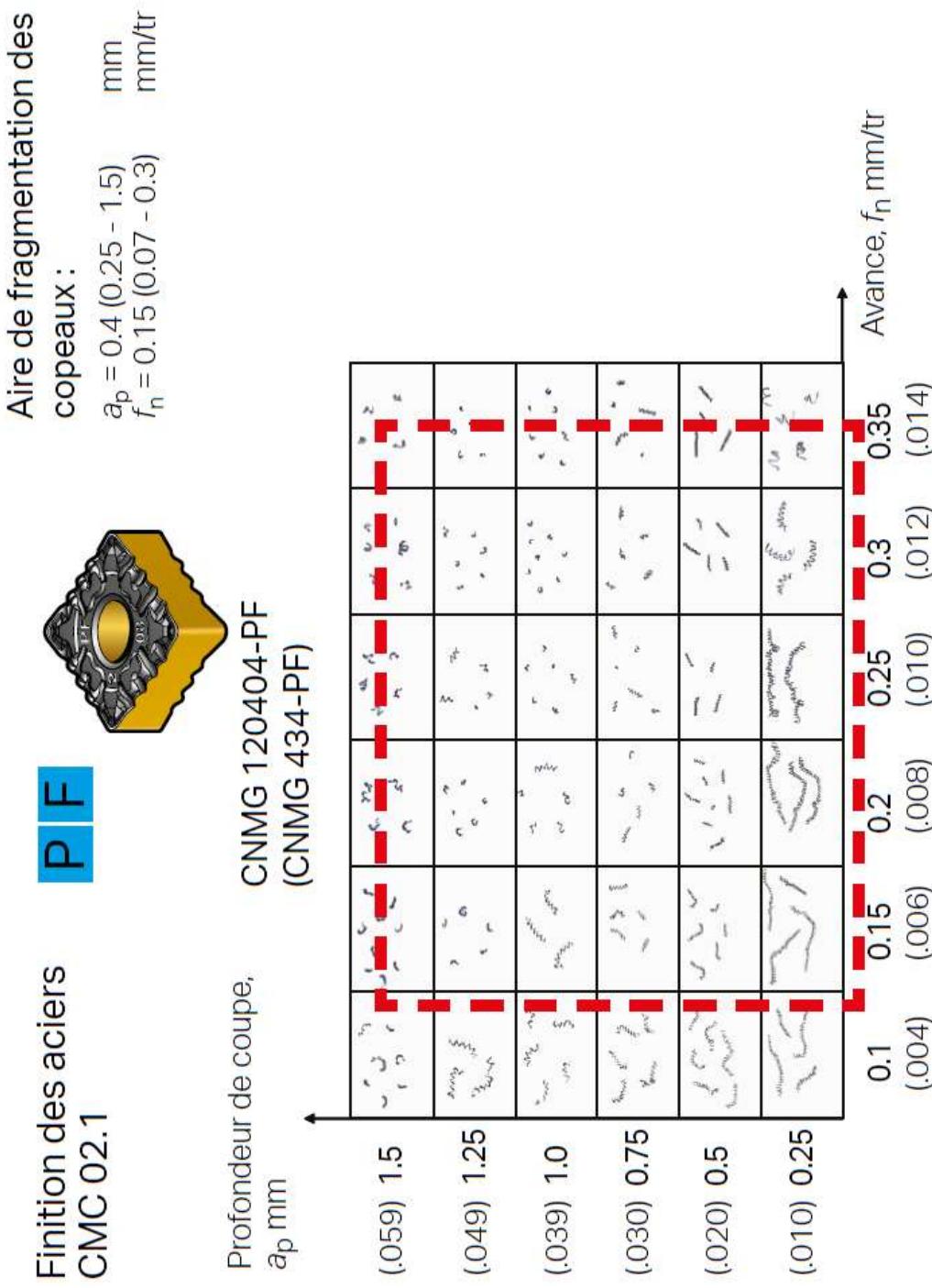


5. Outils de coupe en tournage

5.1 La plaque – Codification ISO (+Sandvik coromant)

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

Diagramme de fragmentation des copeaux:



5. Outils de coupe en tournage

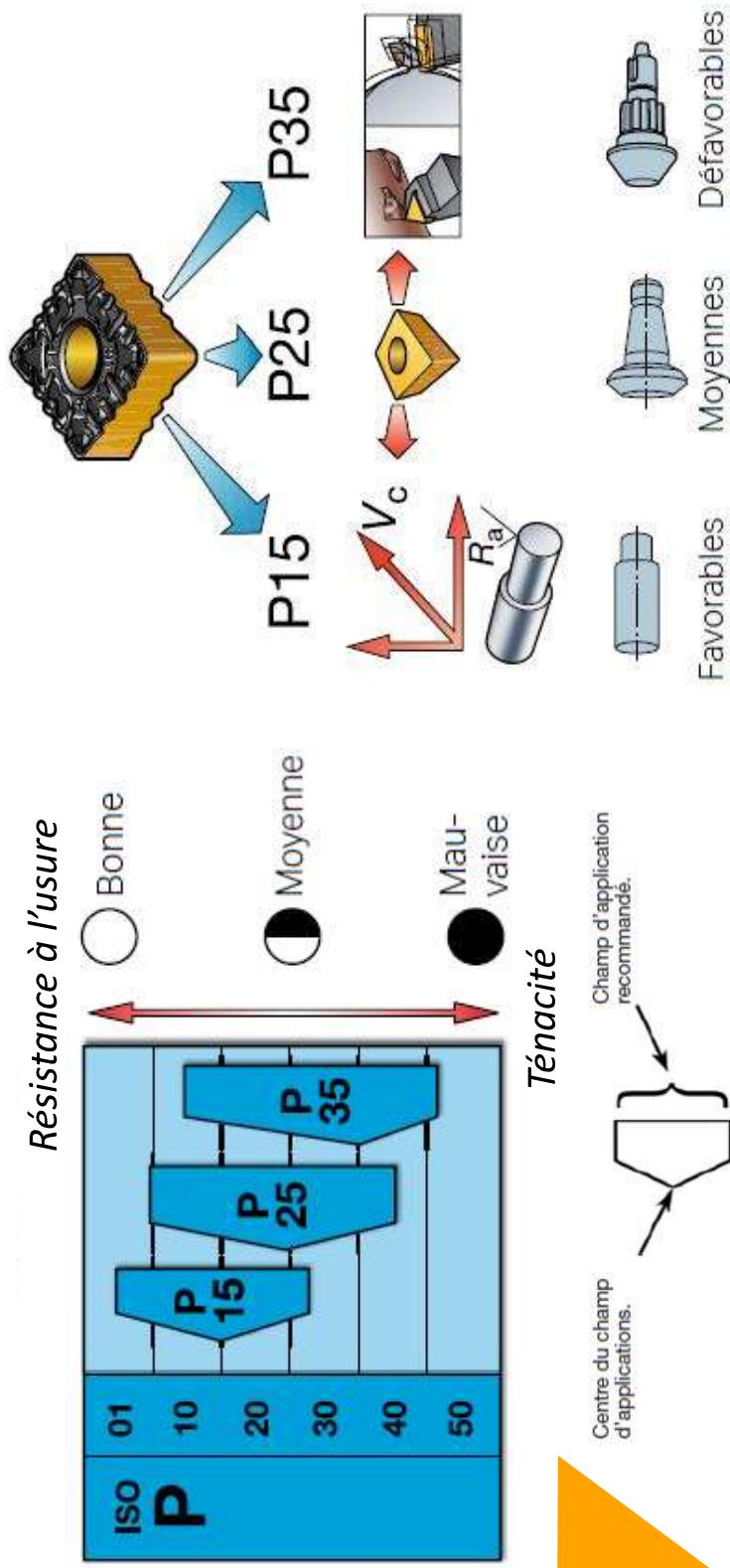
5.1 La plaque – Nuance de plaquette (+Sandvik coromant)

Quelles que soient la taille, la matière ou la forme de la pièce usinée, c'est la **nuance de la plaquette** qui différencie en matière de productivité de l'usinage. Choisir la bonne nuance de plaquette pour une application 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 une faible résistance d'usure d'une géométrie.

Positionnement des nuances

Conditions d'usinage



5. Outils de coupe en tournage

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
12	11.9	4.76	0.79	SNMG 12 04 08-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
09	9.1	3.18	0.40	SNMG 09 03 04-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



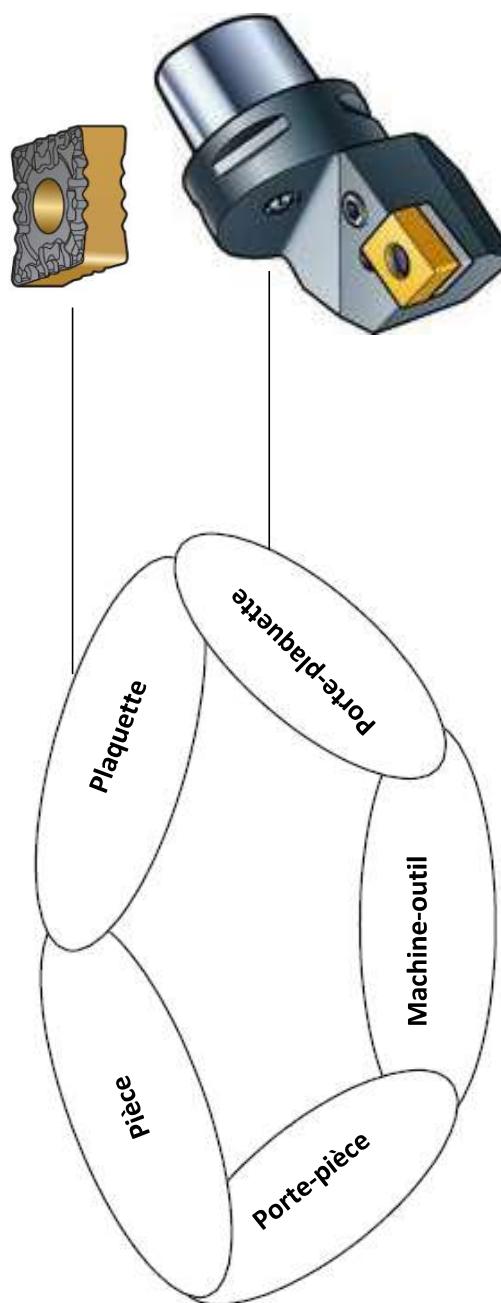
Conditions moyennes

- Ebauche (Ex: Pièces avec croûte de coupe)
- Semi-finition (ex: Coupes interrompues)
- Coupes de profil
- Vitesses modérées

	LE	S	RE	CODE ISO
19	18.3	6.35	0.79	SNMG 19 06 08-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 coupe)
- Coupes interrompues
- Petites vitesses importantes



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

5. Outils de coupe en tournage

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

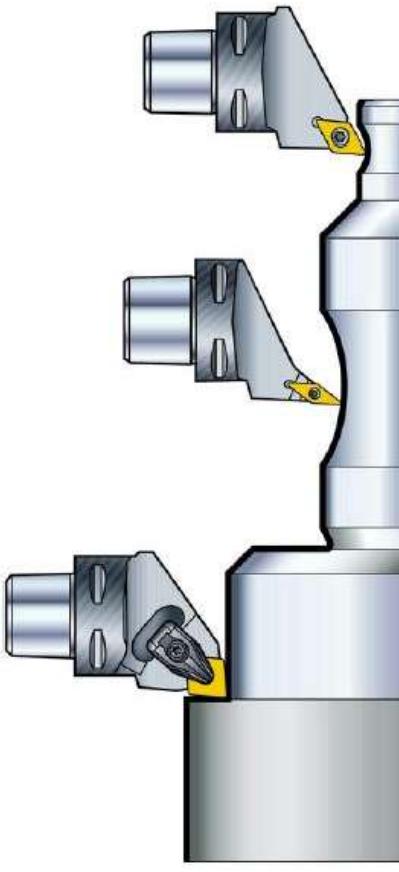
5. Outils de coupe en tournage

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

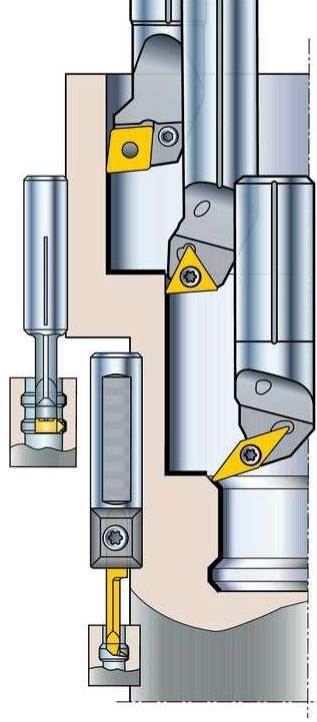
Selon le catalogue d'outillage de tournage de SANDVIK COROMANT (version 2020), les portes-plaquette

4 catégories :

Portes-plaquette pour tournage extérieur



Portes-plaquette pour tournage intérieur



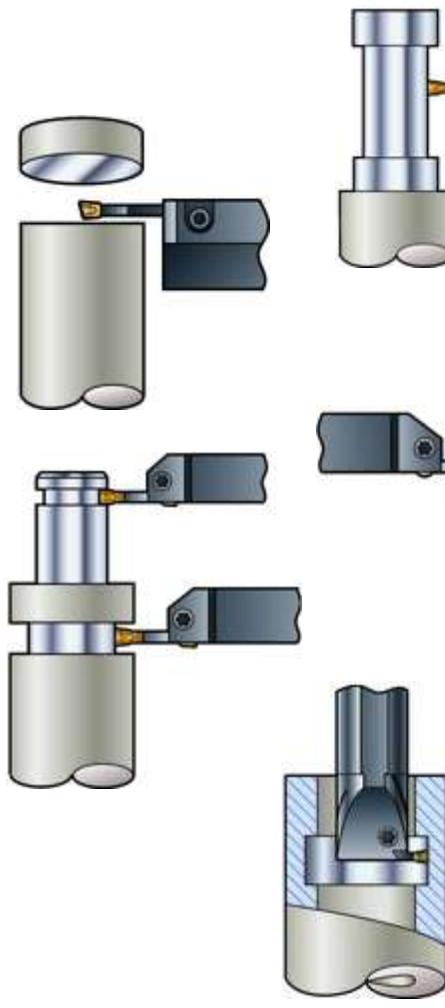
5. Outils de coupe en tournage

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

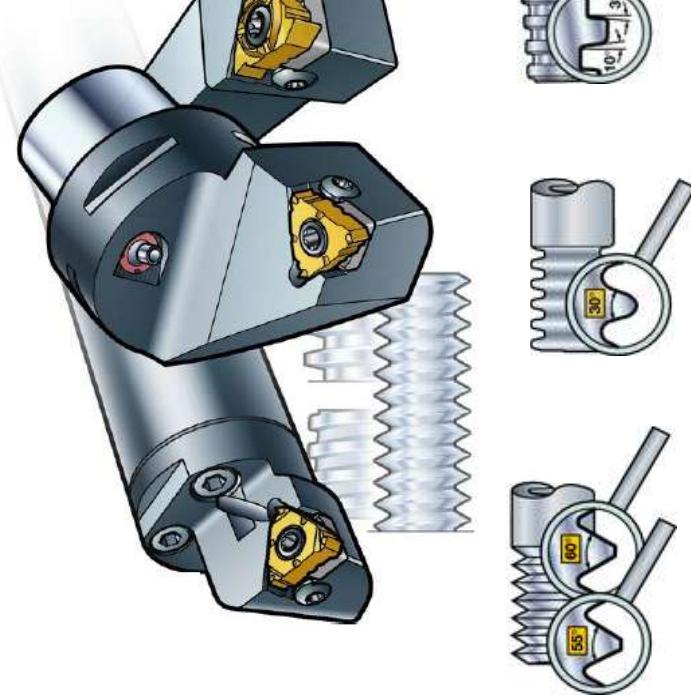
Selon le catalogue d'outillage de tournage de SANDVIK COROMANT (version 2020), les portes-plaquette

4 catégories :

Portes- plaquette pour tronçonnage et gorges



Portes- plaquette pour filetage-taraudage



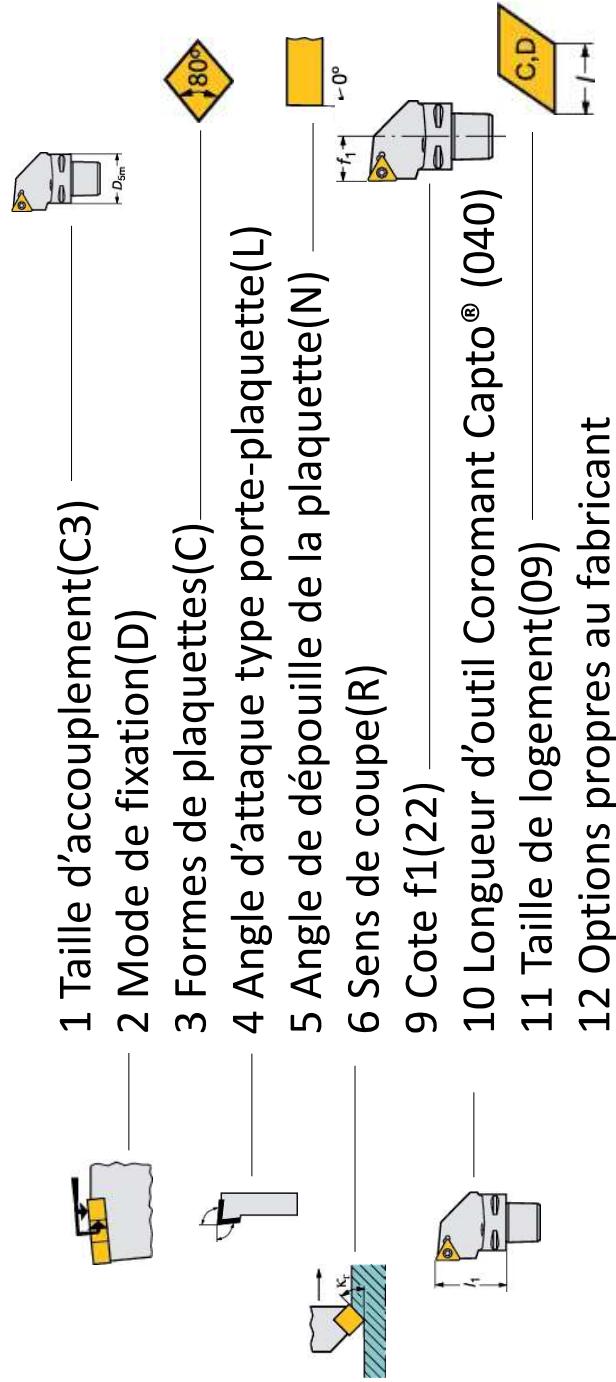
5. Outils de coupe en tournage

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. Outils de coupe en tournage

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

Codification porte-plaque : ISO 5608:2012

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

1 Taille d'accouplement, mm	2 Mode de fixation	3 Formes de plaquettes	4 Angle d'attaque type porte-plaquette																																																																																																						
C = Coronant Captio® DCON = Taille attachment	<table border="1"> <thead> <tr> <th>C</th><th>D</th><th>M. W</th><th>P</th><th>S</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Fixation par bride</td><td>Fixation par trou central et bride (RC)</td><td>Fixation par trou central</td><td>Fixation par vis</td><td>Fixation par vis</td></tr> </tbody> </table>	C	D	M. W	P	S						Fixation par bride	Fixation par trou central et bride (RC)	Fixation par trou central	Fixation par vis	Fixation par vis	<table border="1"> <thead> <tr> <th>C</th><th>D</th><th>M. W</th><th>P</th><th>S</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Fixation par bride</td><td>Fixation par trou central et bride (RC)</td><td>Fixation par trou central</td><td>Fixation par vis</td><td>Fixation par vis</td></tr> </tbody> </table>	C	D	M. W	P	S						Fixation par bride	Fixation par trou central et bride (RC)	Fixation par trou central	Fixation par vis	Fixation par vis	<table border="1"> <thead> <tr> <th>A</th><th>B</th><th>C</th><th>D</th><th>E</th><th>F</th><th>G</th><th>H</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td>90° (0°)</td><td>75° (15°)</td><td>75° (15°)</td><td>45° (45°)</td><td>60° (30°)</td><td>91° (-1°)</td><td>91° (-1°)</td><td>107.5° (-17.5°)</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>J</td><td>K</td><td>L</td><td>M</td><td>N</td><td>O</td><td>P</td><td>Q</td></tr> <tr> <td>93° (-3°)</td><td>75° (15°)</td><td>95° (-5°)</td><td>50° (40°)</td><td>62.5° (27.5°)</td><td>72.5° (17.5°)</td><td>75° (15°)</td><td>85° (5°)</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>R</td><td>S</td><td>T</td><td>U</td><td>V</td><td>W</td><td>X</td><td>Y</td></tr> <tr> <td>55°</td><td>45°</td><td>60° (30°)</td><td>93° (-3°)</td><td>72.5° (17.5°)</td><td>85° (5°)</td><td>85° (5°)</td><td>85° (5°)</td></tr> <tr> <td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>	A	B	C	D	E	F	G	H	90° (0°)	75° (15°)	75° (15°)	45° (45°)	60° (30°)	91° (-1°)	91° (-1°)	107.5° (-17.5°)									J	K	L	M	N	O	P	Q	93° (-3°)	75° (15°)	95° (-5°)	50° (40°)	62.5° (27.5°)	72.5° (17.5°)	75° (15°)	85° (5°)									R	S	T	U	V	W	X	Y	55°	45°	60° (30°)	93° (-3°)	72.5° (17.5°)	85° (5°)	85° (5°)	85° (5°)								
C	D	M. W	P	S																																																																																																					
Fixation par bride	Fixation par trou central et bride (RC)	Fixation par trou central	Fixation par vis	Fixation par vis																																																																																																					
C	D	M. W	P	S																																																																																																					
Fixation par bride	Fixation par trou central et bride (RC)	Fixation par trou central	Fixation par vis	Fixation par vis																																																																																																					
A	B	C	D	E	F	G	H																																																																																																		
90° (0°)	75° (15°)	75° (15°)	45° (45°)	60° (30°)	91° (-1°)	91° (-1°)	107.5° (-17.5°)																																																																																																		
J	K	L	M	N	O	P	Q																																																																																																		
93° (-3°)	75° (15°)	95° (-5°)	50° (40°)	62.5° (27.5°)	72.5° (17.5°)	75° (15°)	85° (5°)																																																																																																		
R	S	T	U	V	W	X	Y																																																																																																		
55°	45°	60° (30°)	93° (-3°)	72.5° (17.5°)	85° (5°)	85° (5°)	85° (5°)																																																																																																		

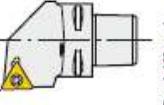
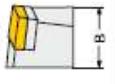


5. Outils de coupe en tournage

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:

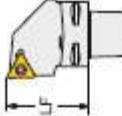
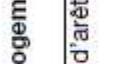
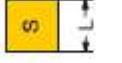
5 Angle de dépouille de la plaquette	6 Sens de coupe
B	R Avance
D	L Avance
N	N Avance
O Description spécifique	
7 & 8 Taille de manche (B, largeur et H, hauteur)	9 Cote WF, Coromant Capto®
7 Hauteur de queue/ de manche * Les entiers doivent être précédés d'un 0, ex. H = 8 mm est note 08	
8 Taille de queue/ Largeur de manche * Les entiers doivent être précédés d'un 0, ex. B = 8 mm est note 08	
	Cote WF en mm (2 chiffres)

5. Outils de coupe en tournage

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

Codification porte-plaquette : ISO 5608:2012

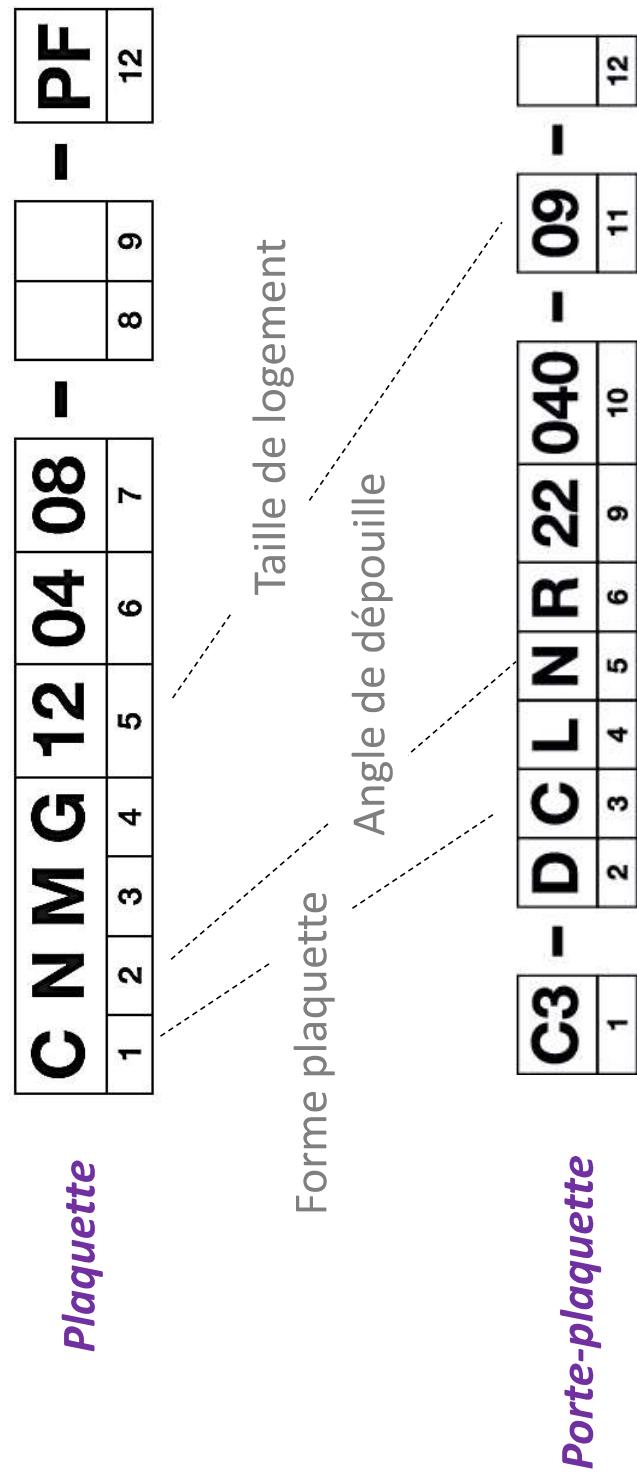
Codification d'un porte-plaquette Coromant Capto®, pour tournage extérieur:

10 Longueur outil à manche	10 Longueur outil Coromant Capto®
 A = 32 mm B = 40 mm C = 50 mm D = 60 mm E = 70 mm G = 80 mm H = 100 mm J = 110 mm K = 125 mm L = 140 mm M = 150 mm N = 150 mm P = 170 mm Q = 180 mm R = 200 mm S = 250 mm T = 300 mm U = 350 mm V = 400 mm W = 400 mm X = Spécial	 Cote LF en mm (3 chiffres)
11 Taille de logement	12 Options propres au fabricant
Longueur d'arête de coupe   La longueur de l'arête de coupe est indiquée en mm.	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)   Entier (non arrondi).   -2 = Porte-plaquettes CoroTurn® RC pour plaquettes à trou -4 = Porte-plaquettes CoroTurn® RC pour plaquettes sans trou

5. Outils de coupe en tournage

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 de la plaquette et les codes de la plaquette.



6. Les paramètres de coupe

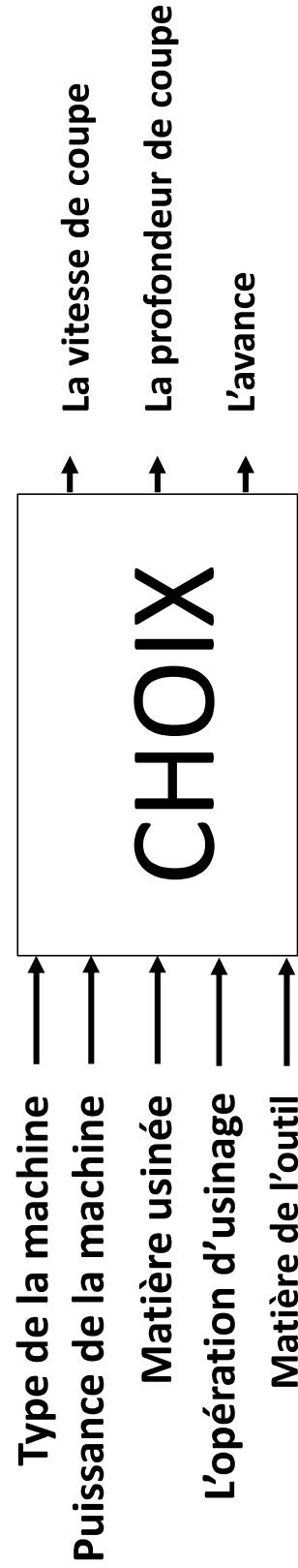
Il y a plusieurs critères qui permettent de définir les paramètres de coupe, notamment:

- 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 ...)

6. Les paramètres de coupe

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 entre tournage, fraisage, et perçage. Naturellement, il y a souvent plusieurs possibilités pour le 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'est donc d'augmenter au maximum de débit de copeau. Mais la machine doit être suffisamment solide pour résister à ces efforts. 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 correcte. Comme les efforts en jeu sont plus faibles qu'en ébauche, la puissance de la machine n'est pas aussi importante.

6. Les paramètres de coupe

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 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.



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).

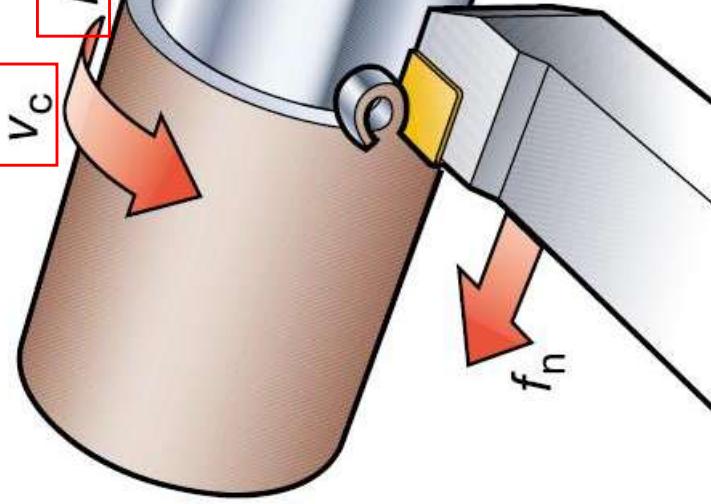
En tournage les **conditions de coupe** sont les suivants :

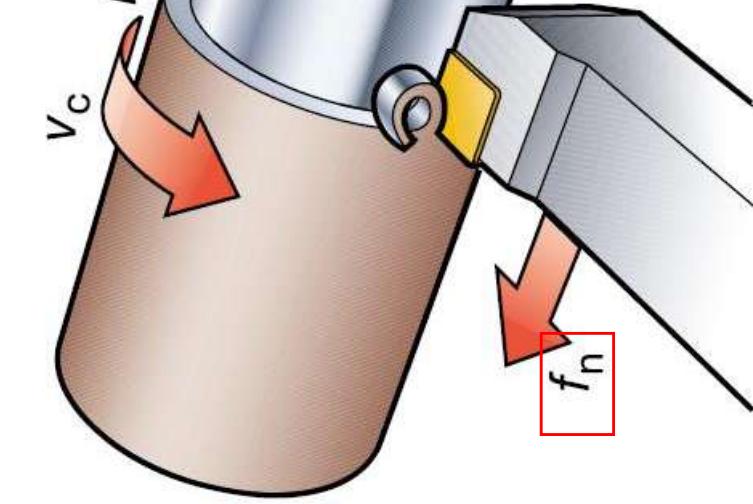
- V_c : vitesse de coupe en m/min.
- f_n : avance en mm/tr.
- a_p : profondeur de passe en mm.

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.

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

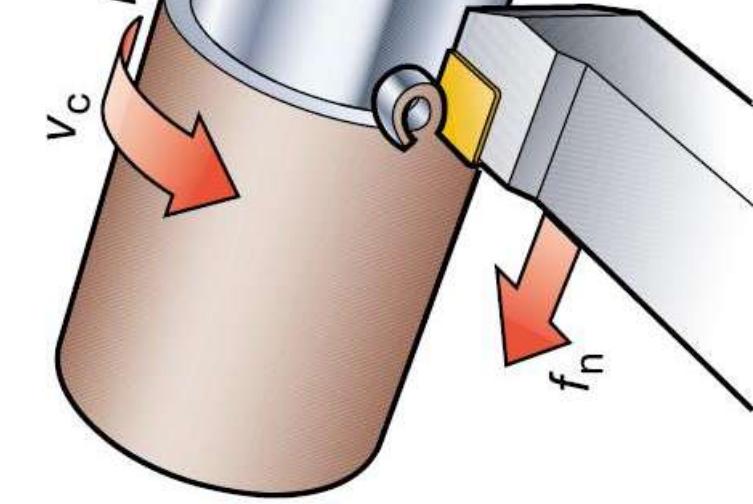




3-Avance:

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'arrêt et la qualité de surface, augmenter l'avance pour améliorer la fragmentation des copeaux.



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. Les paramètres de coupe

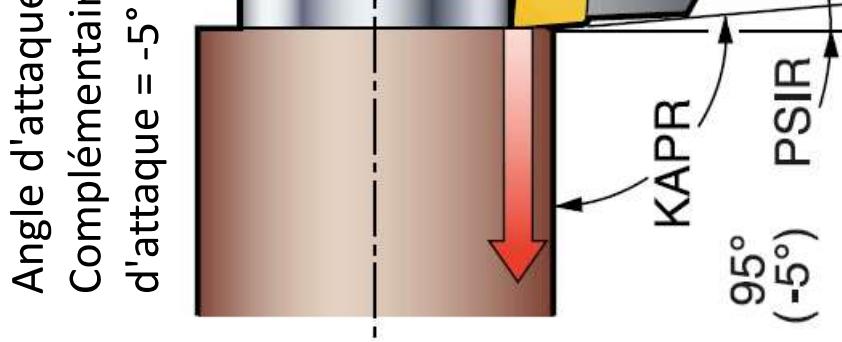
6.1 Définitions des termes

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.

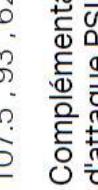


6. Les paramètres de coupe

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	DNMG	WNMG
 Angle d'attaque KAPR : 95° Complémentaire de l'angle d'attaque PSIR : -5°	 Angle d'attaque KAPR : 107.5°, 93°, 62.5° Complémentaire de l'angle d'attaque PSIR : -17.5°, -3°, 27.5°	 Angle d'attaque KAPR : 95° Complémentaire de l'angle d'attaque PSIR : -5°	
 Angle d'attaque KAPR : 45°, 75° Complémentaire de l'angle d'attaque PSIR : 45°, 15°	 Angle d'attaque KAPR : Variable Complémentaire de l'angle d'attaque PSIR : Variable	 Angle d'attaque KAPR : 93°, 91°, 60° Complémentaire de l'angle d'attaque PSIR : -3°, -1°, 30°	
 Angle d'attaque KAPR : 117.5°, 107.5°, 72.5°			Complémentaire de l'angle d'attaque PSIR : -27.5°, -17.5°, 17.5°
			A 10

6. Les paramètres de coupe

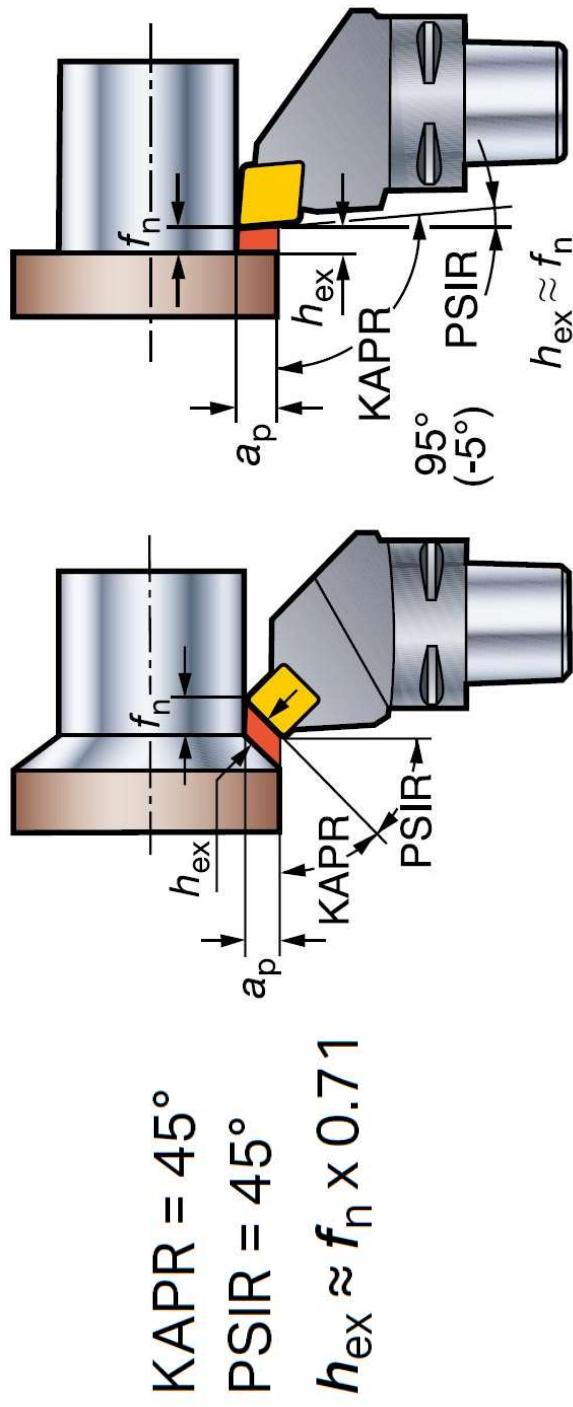
6.1 Définitions des termes

6-Epaisseur maximum des copeaux h_{ex}

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



6. Les paramètres de coupe

6.1 Définitions des termes

6-Epaisseur 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.

		90° min 0° max		
		45° 45°		
		60° 30°		
		75° 15°		
		95° -5°		
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 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

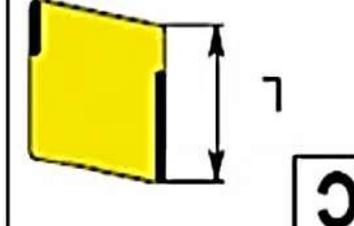
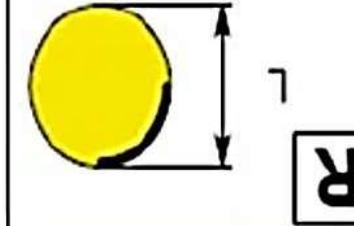
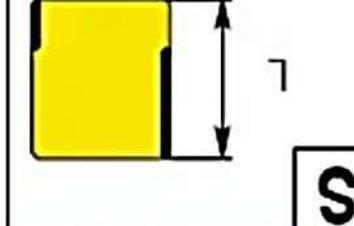
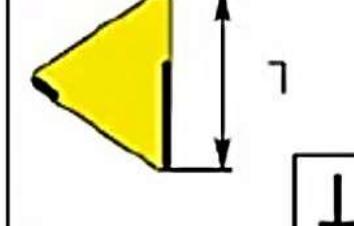
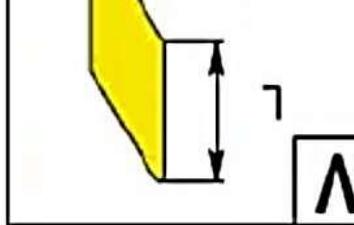
$$L_a = \frac{a_p}{\sin(K_r)}$$

6. Les paramètres de coupe

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 réellement engagée dans le matériau pendant le processus de coupe. Chaque type de plaque possède d'arête effective ' $L_{a\ max}$ ' proportionnelle à sa longueur nominale 'L'. Si cette longueur effective est dépassée, l'arête casse.

 C	$L_a = 0.3 L$ (F)	$L_a = 0.7 L$ (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)	$L_a = ***$ (1/2 F)
 D	$L_a = 0.25 L$ (F)	$L_a = ***$ L (F)	$L_a = 0.4 L$ (éb-1/2 F)	$L_a = 0.3 L$ (F)	$L_a = 0.25 L$ (F)	$L_a = 0.25 L$ (F)
 R	$L_a = 0.3 L$ (F)	$L_a = ***$ L (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)	$L_a = ***$ (1/2 F)
 S	$L_a = 0.25 L$ (F)	$L_a = ***$ L (F)	$L_a = 0.3 L$ (F)	$L_a = 0.25 L$ (F)	$L_a = 0.25 L$ (F)	$L_a = 0.25 L$ (F)
 A	$L_a = 0.3 L$ (F)	$L_a = ***$ L (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)	$L_a = ***$ (1/2 F)

$L_{a\ max}$

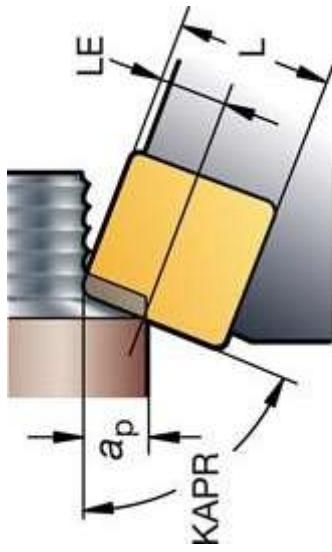
6. Les paramètres de coupe

6.1 Définitions des termes

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

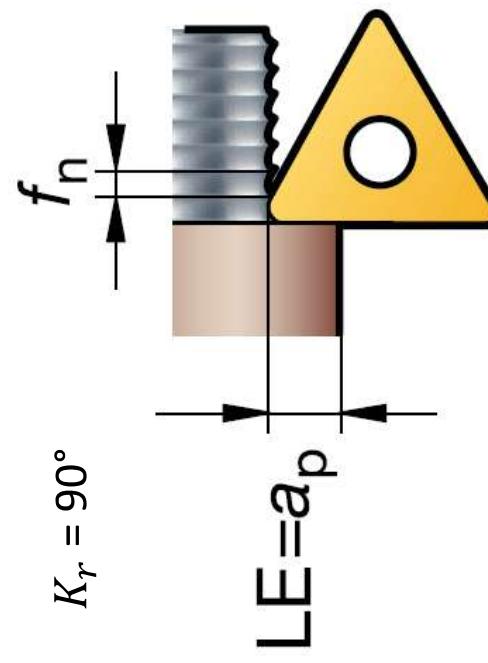
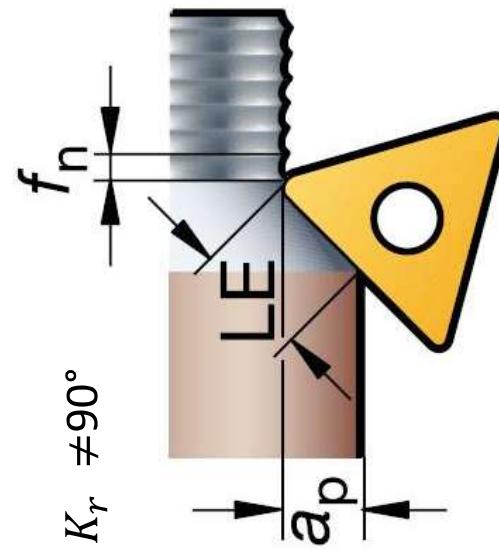
L_a est donnée en fonction de l'angle d'attaque et la profondeur de coupe:

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



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

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



6. Les paramètres de coupe

6.1 Définitions des termes

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

Exemple: Plaque SNMG 12, profondeur de coupe de 3mm

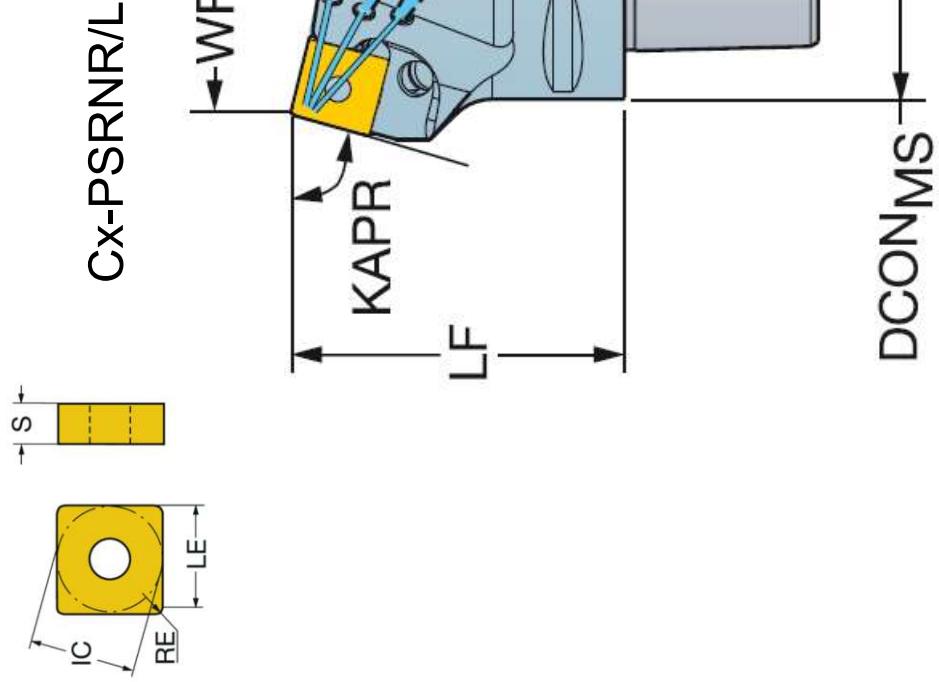
Plaque S en finition : $L_{a\ max} = 0,3 \cdot L = 3,6\text{mm}$

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

Exemple: Plaque SNMG 12, profondeur de coupe de 4mm

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

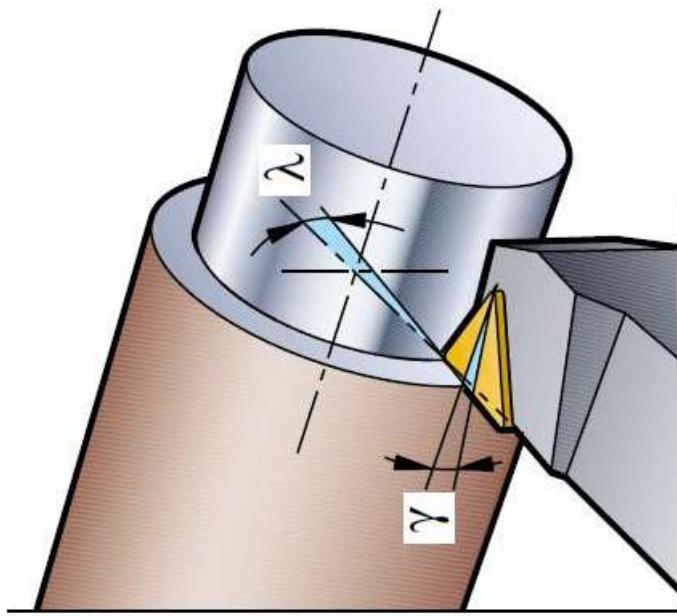
Il faut soit diminuer a_p ou augmenter L , par exemple $L=16$



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 (AMS) est l'angle à plaquette est monté porte-outil. La géométrie plaquette et l'inclinaison outil déterminent l'outil c'est-à-dire l'angle l'arête de coupe effec-



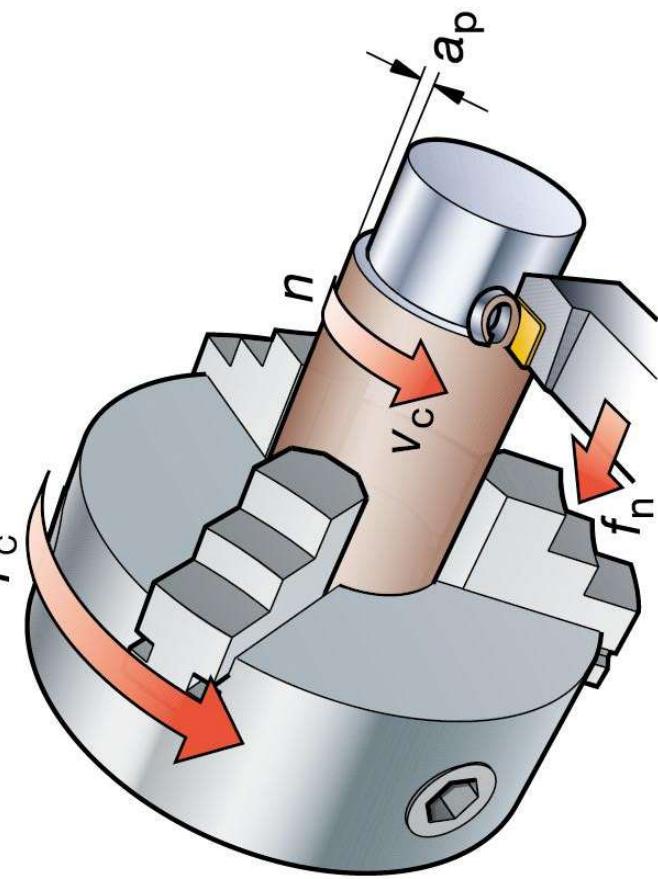
6. Les paramètres de coupe

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 de s'assurer que la machine est assez puissante pour l'opération. Le rendement de la machine est aussi t

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



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)
 f_n = avance mm/tr (pouce par rev)

a_p = profondeur de coupe (in/mm)

K_c = force de coupe spé (lbs/in²)

P_c = puissance nette kW

kW = kilowatts

HP = puissance

6. Les paramètres de coupe

6.1 Définitions des termes

9-La puissance consommée

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

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	CT530	GC101
					mc	Épaisseur max. de copeau h_{ex} , mm 0.1 – 0.15 – 0.2 0.05 – 0.1
P1.1.Z.AN	01.1	Aciérs Non allié C = 0.1–0.25%	1500	125	0.25	430–390–350
P1.2.Z.AN	01.2	C = 0.25–0.55%	1600	150	0.25	385–350–315
P1.3.Z.AN	01.3	C = 0.55–0.80%	1700	170	0.25	365–330–300
P1.3.Z.AN	01.4		1800	210	0.25	315–290–260
P1.3.Z.HT	01.5		2000	300	0.25	235–210–195

6. Les paramètres de coupe

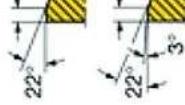
6.1 Définitions des termes

9-La puissance consommée

Exemple de calcul: matériau P.1.1 : plaque CNMG 120408-PR GC4335, porte plaquette C4-PCLNR/L-2

CMC No.	Matière	Aciers		Force de coupe spécifique k_{c1} N/mm ²	Dureté Brinell HB	<<< RÉSISTANCE À L'USURE	
		h _{ex} , mm	approx. avance f _n , mm/tr			CT5015	GC1525
01.1	Acier non allié C = 0.1-0.25%	1500	125	1500	650-540-440	560-465-380	

Plaquette	Profondeur de coupe		Avance		$f_n = \text{mm/tr}$	Min.	Max.	LE	S	RE	BS	CODE ISO
	Recom.	max.	Recom.	max.								
CNMG120408-PR	4	0.7	7	0.35	0.2	0.5		12	12.1	4.76	0.79	CNMG 1204 08-PR



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

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

6. Les paramètres de coupe

6.1 Définitions des termes

9-La puissance consommée

Exemple de calcul: matériau P.1.1 : plaque CNMG 120408-PR GC4335, porte plaque C4-PCLNR/L-2

CMC No.	Matière	Aciers		Force de coupe spécifique k_{c1} N/mm ²	Dureté Brinell HB	<<< RÉSISTANCE À L'USURE	
		h _{hex} , mm	f _n , mm/tr			CT5015	GC1525
01.1	Acier non allié C = 0.1-0.25%	1500	125	1500	650-540-440	560-465-380	

Plaque	Profondeur de coupe			Avance			f _n = mm/tr max.	CODE ISO
	Recom.	a _p = mm Min.	max.	Recom.	Min.	max.		
CNMG120408-PR	4	0.7	7	0.35	0.2	0.5	12	12.1 4.76 0.79 CNMG 1204 08-PR



$$P_c = \frac{V_c \cdot a_p \cdot f_n \cdot K_c}{60000} \Rightarrow P_c = \frac{275 * 4 * 0,35 * 1523}{60000} \quad P_c = 9,77 \text{ kW}$$

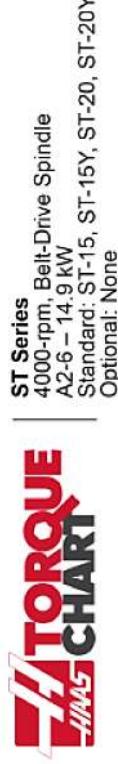
Rappelant de calculer n avec: $V_c = \frac{\pi \cdot D_m \cdot n}{1000} \text{ (m/min)}$

6. Les paramètres de coupe

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:



La puissance calculée de 9,77Kw avec les conditions de coupe sélectionnées (exemple n=800tr/min) est 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. Les paramètres de coupe

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:

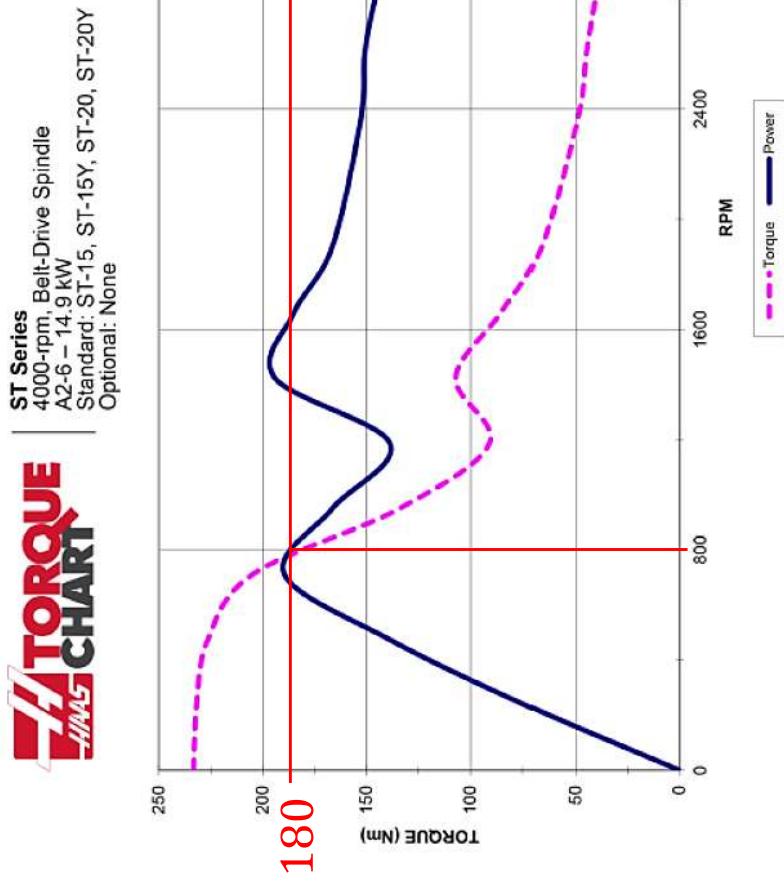
le couple nécessaire $M_c = 116,7 \text{ Nm} < 180 \text{ Nm}$

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

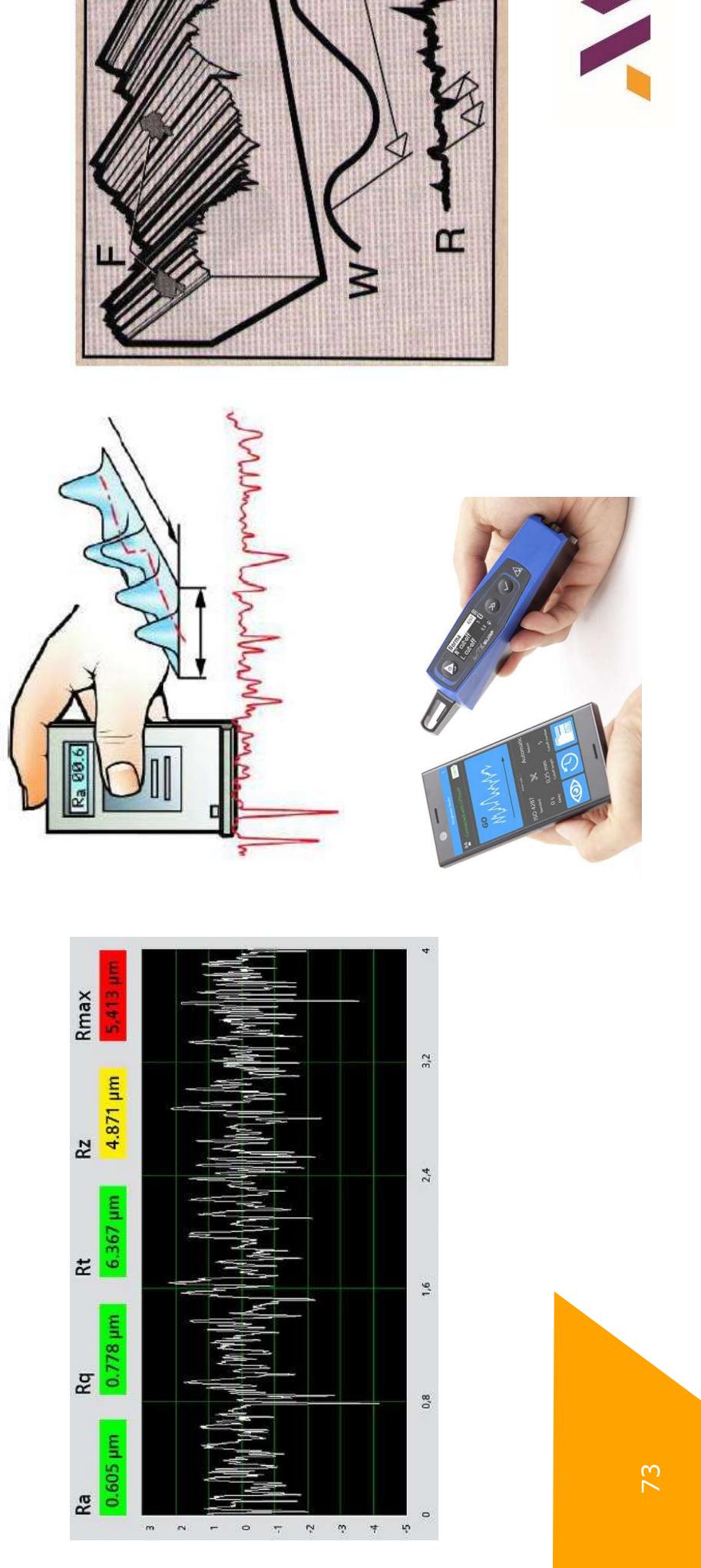


6. Les paramètres de coupe

6.1 Définitions des termes

11- Etat de surface : La rugosité

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



6. Les paramètres de coupe

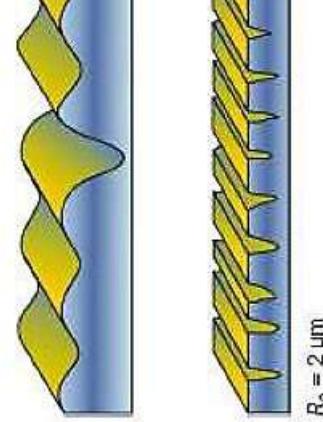
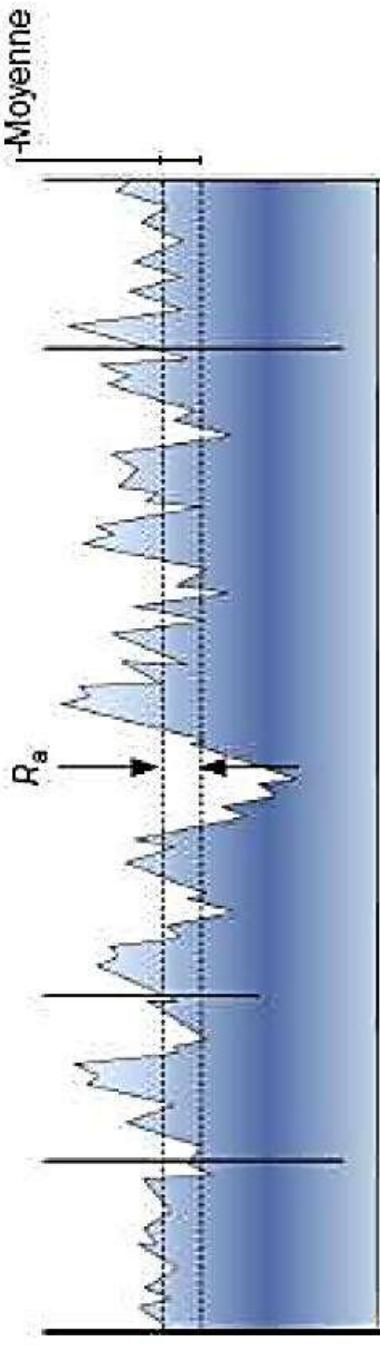
6.1 Définitions des termes

11- Etat de surface : La rugosité

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

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

Exemple d'indication donnée sur les dessins :



Les états de surface peuvent présenter différents tout en ayant une valeur de

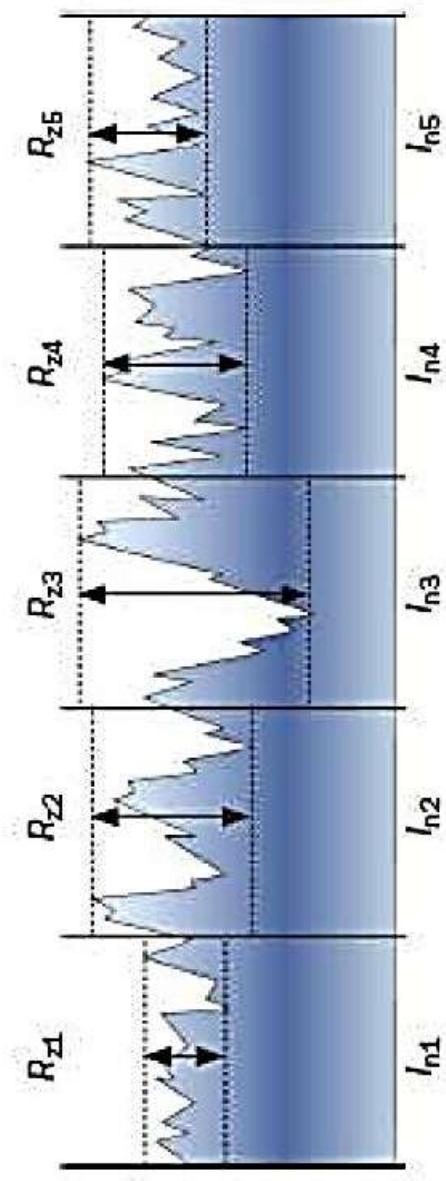
6. Les paramètres de coupe

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 élevée et la profondeur de creux la plus importante sur des longueurs de référence comprises 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 :

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

11- Etat de surface : La rugosité

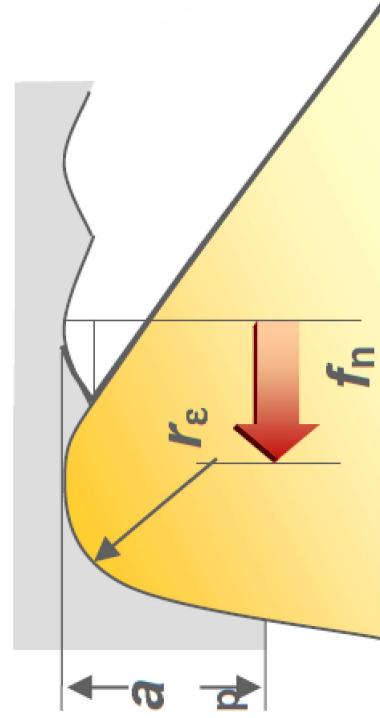
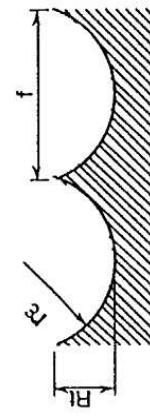
Dans une opération de tournage, l'état de surface dépend de:

- 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 d'

On peut calculer la rugosité en tournage avec les formules :

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



Avec R_{\max} et R_a , e
 r : rayon de bec (m)
 f : avance (mm/tr)

6. Les paramètres de coupe

6.1 Définitions des termes

11- Etat de surface : La rugosité

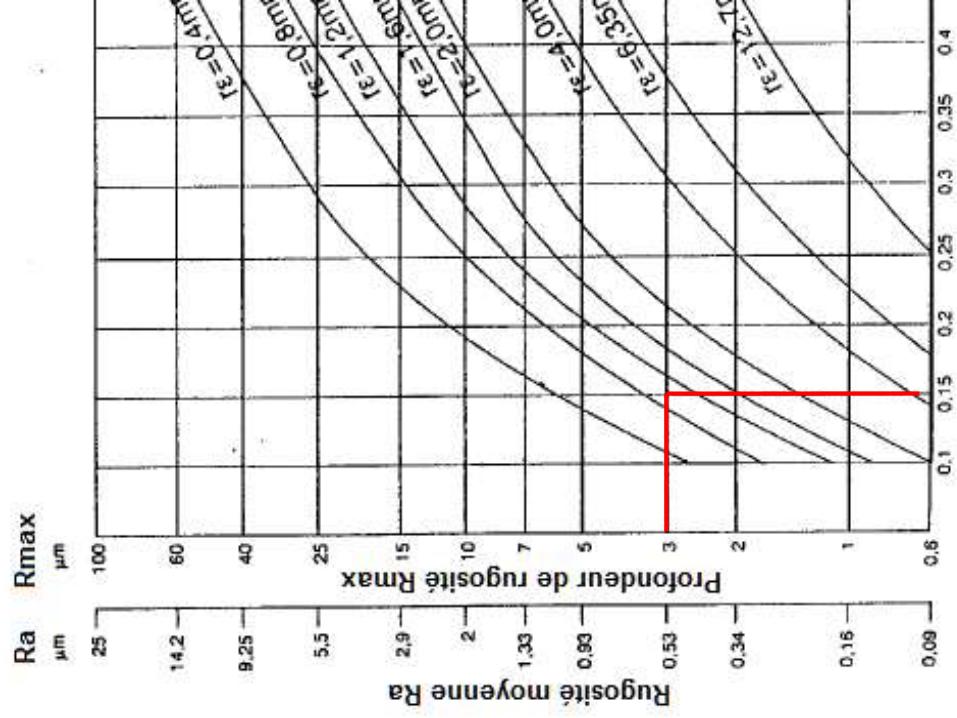
Utilisation du diagramme

1 - Situer horizontalement la valeur de la rugosité maximale R_{max} 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:

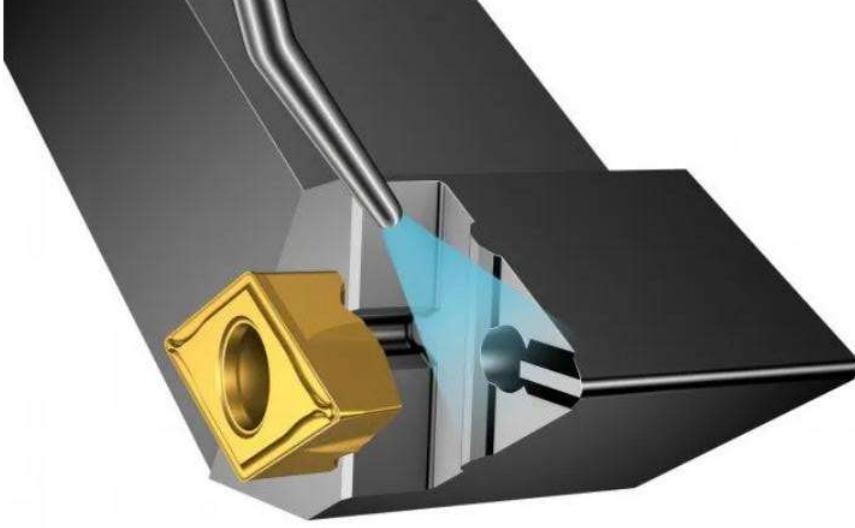
$$R_{\text{max}} = \frac{f^2}{8r} 1000$$



7. Augmentation de la durée de vie d'une plaquette

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)





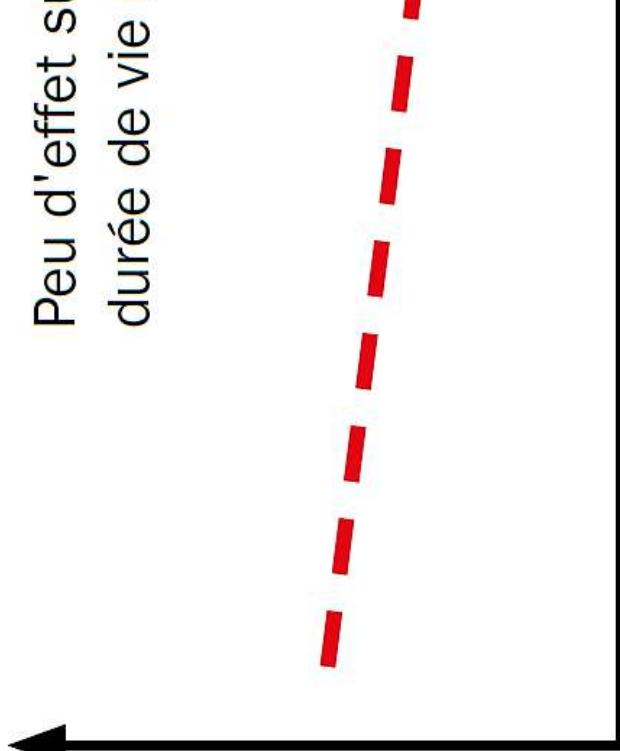
7. Augmentation de la durée de vie d'une plaquette

7.1. Profondeur de coupe a_p

Profondeur de coupe a_p

Durée de vie

- Trop petite :**
 - Mauvais contrôle des copeaux
 - Vibrations
 - Chaleur excessive
 - Cout élevé.



- Trop grande :**
 - Trop de puissance consommée
 - Rupture de plaquette
 - Forces de coupe excessives.

Avance f_n

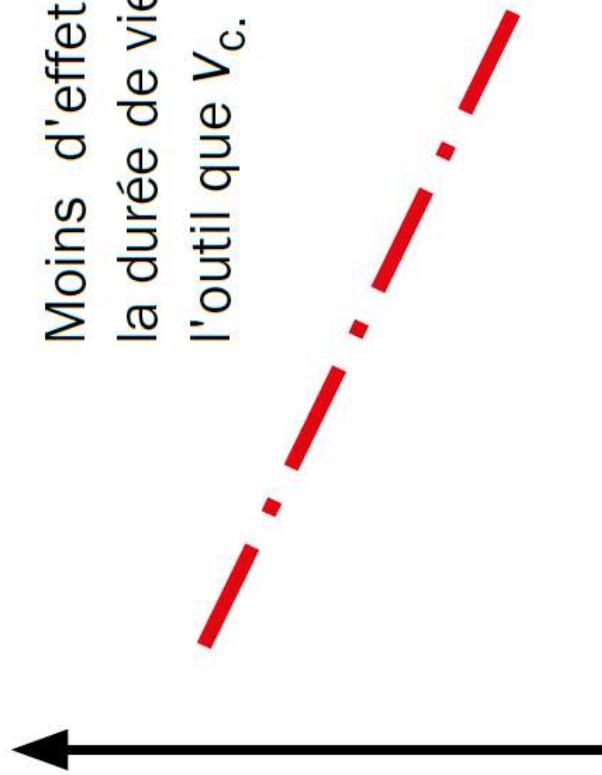
Durée de vie

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



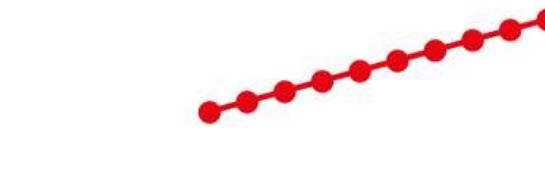


7. Augmentation de la durée de vie d'une plaquette

7.3. Vitesse de coupe V_c

Vitesse de coupe V_c

Durée de vie



Trop faible :

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

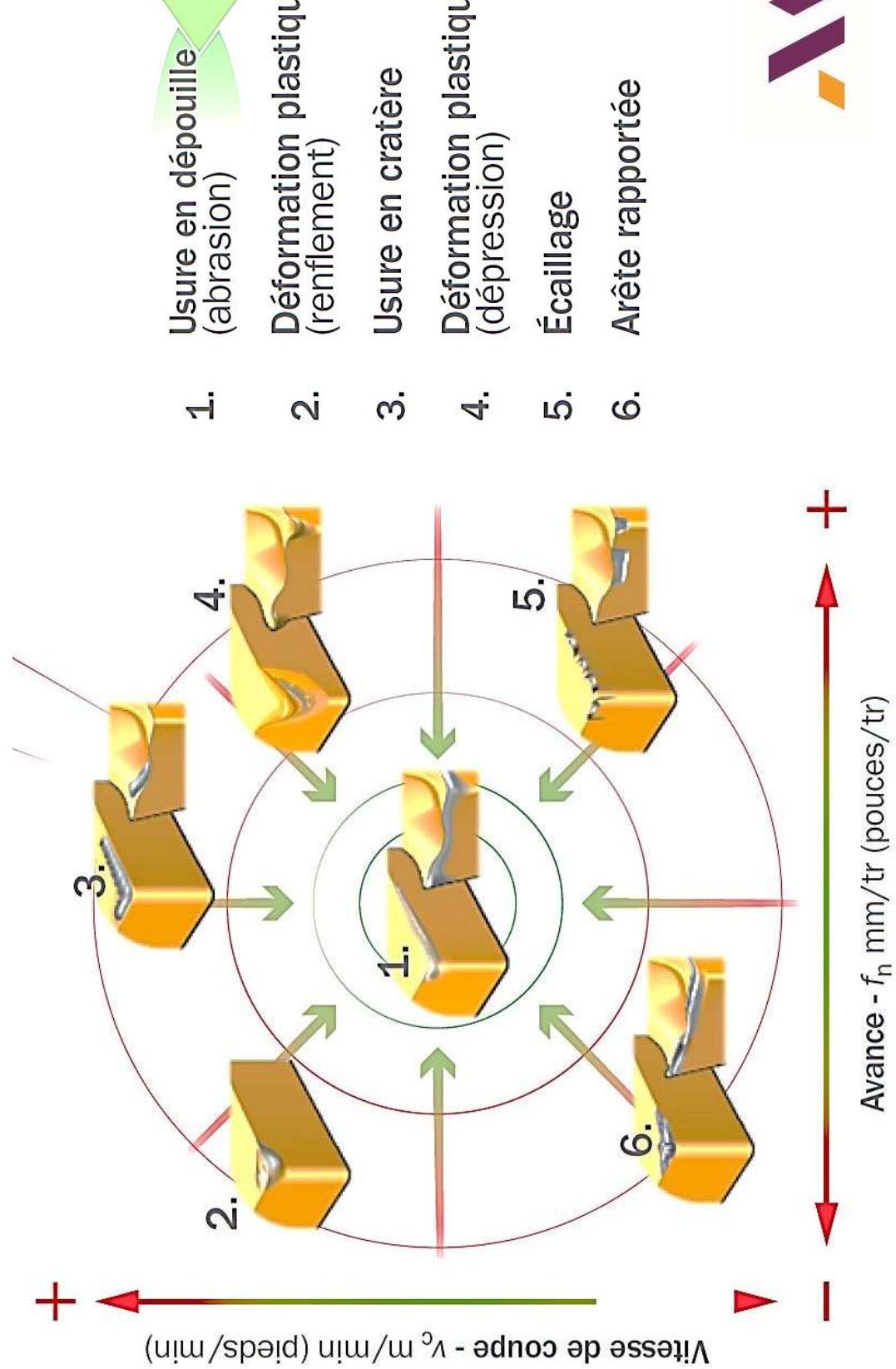
Trop élevée :

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

Effet important sur la durée de vie de l'outil.
Ajustez V_c pour d'efficacité.

8. Usure des plaquettes

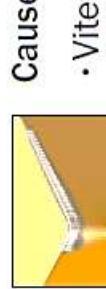
Pour comprendre les avantages et les limites de chaque matériau de coupe (**nuance**), il est important de connaître les différents mécanismes d'usure qui agissent sur les plaquettes.



8. Usure des 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

Cause

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

Solution

- Réduire la vitesse de coupe et/ou avance trop élevée
- Sélectionner une nuance plus résistante à l'usure
- Augmenter le débit d'arrosage

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

Cause

- Température de coupe trop élevée
- Arrosage insuffisant

Solution

- Réduire la vitesse de coupe et/ou avance trop élevée
- Sélectionner une nuance plus résistante à l'usure
- Augmenter le débit d'arrosage



8. Usure des plaquettes

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

9. Calcul des temps de fabrication

Pour un travail de réalisation en série, il est très important de connaître le temps de fabrication d'permets 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 pour 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 compte aussi les temps d'approche et de dégagement)
- **Temps manuel ou humain** : noté **T_m** , c'est un temps correspondant à un travail intellectuel répété pour chaque pièce (montage, démontage, nettoyage,...)
- **Temps technico-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 (contrôle d'une pièce par exemple)

9. Calcul des temps de fabrication

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 (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 : tournage cylindrique et alésage, et dressage/tronçonnage.

9. Calcul des temps de fabrication

9.1 Calcul du temps de coupe pour tournage cylindrique/alésage

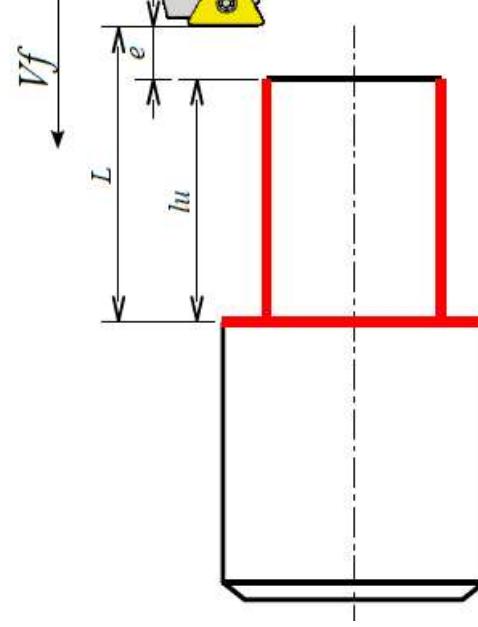
Si on prend : $T_t = \frac{L}{V_f}$, et i le nombre de passe, donc pour parcourir i passes:

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

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:



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

9. Calcul des temps de fabrication

9.1 Calcul du temps de coupe pour tournage cylindrique/alésage

Exemple:

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

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

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

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

9. Calcul des temps de fabrication

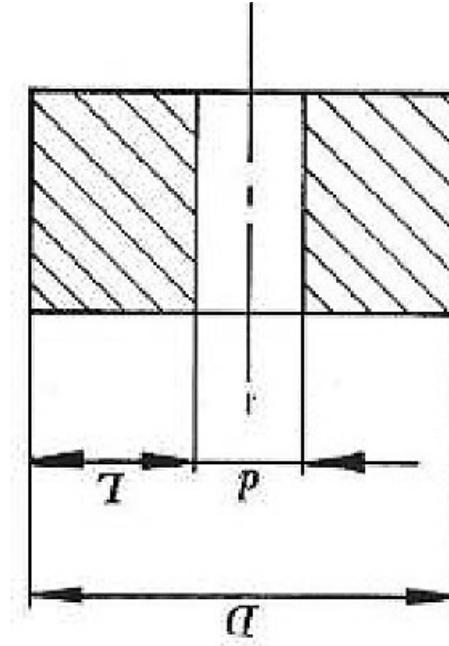
9.2 Calcul du temps de coupe pour dressage/tronçonnage

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

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

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

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



9. Calcul des temps de fabrication

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 18mm et retrait de 4mm/pas, chaque face en dresse en 2 passes d'ébauche et 1 passe de finition. Approche et retrait est de 0,1mm/tr

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

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

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

$$n = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D_m} \implies n = \frac{1000 * 150}{\pi \cdot 246} \implies n = 194\text{tr/min} \implies T_{ébauche} = 2 * \frac{70 \times 2}{0,3 \times 194} \implies T_{ébauche} = 2 * \frac{70 \times 1}{0,1 \times 258} \implies$$

$$\text{finition} \implies n = \frac{1000 * 200}{\pi \cdot 246} \implies n = 258\text{tr/min} \implies T_{finition} = 2 * \frac{70 \times 1}{0,1 \times 258} \implies T_{total} = 10,2\text{m}$$

10. Usinabilité des matériaux

1.1. Groupe des matières usinées

La norme ISO définit six grands groupes de matières. Chaque groupe possède des propriétés spécifiques 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
					

10. Usinabilité des matériaux

1.1. Groupe des matières usinées

ISO P – Les aciers constituent le plus grand groupe de matières dans l'industrie transformatrice des métaux. Ces 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 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 pauvre en Si de 13 %. En général, les plaquettes avec des arêtes vives ont une longue durée de vie dans ces matériaux d'applicatif une vitesse de coupe élevée.

ISO S – Les superalliages réfractaires regroupent un grand nombre de matières fortement alliées à base de fer, de nichrome et de titane. Ce sont des matières collantes qui génèrent des arêtes rapportées et des températures élevées ; elles sont aussi difficiles à usiner que 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 qui se situent 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.

10. Usinabilité des matériaux

1.2. Classification des matières selon les codes MC

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

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

10. Usinabilité des matériaux

1.2. Classification des matières selon les codes MC

Pour pouvoir donner des indications plus précises sur la productivité, Sandvik Coromant a mis en place la **classification des matières (MC)** du point de vue de l'usinage. Cette classification est plus détaillée que la classification CMC. Elle prend en compte 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.

MC No.	CMC No.	Matière	Force de coupe spécifique k_{ct} N/mm ²	<<< RÉSISTANCE À L'USURE		
				HB	CT5015 h_{ax} , mm ≈ avance f_n , mm/tr	GC1525
					0.05-0.1-0.2	0.05-0.1-0.2
P1.1.Z.AN	01.1	Aacier non allié C = 0.1-0.25%	1500	125	650-540-440	560-465-380
P1.2.Z.AN	01.2	C = 0.25-0.55%	1600	150	380-245-180	495-415-335
P1.3.Z.AN	01.3	C = 0.55-0.80%	1700	170	510-425-340	430-365-295
Aacier faiblement allié (éléments d'alliage ≤5%)						
P2.1.Z.AN	02.1	Non trempé	1700	180	480-400-320	375-320-255
P2.1.Z.AN	02.12	Aacier à roulements	1800	210	285-235-190	200-165-135
P2.5.Z.HT	02.2	Trempé et revenu	1850	275	230-190-150	160-135-110
P2.5.Z.HT	02.2	Trempé et revenu	2050	350	265-185-140	240-170-120
Aacier fortement allié (éléments d'alliage >5%)						
P3.0.Z.AN	03.11	Recuit	1950	200	395-330-250	260-215-175
P3.0.Z.HT	03.21	Aacier à outils trempé	3000	325	195-165-130	140-115-90
Aacier coulé						
P1.5.C.UT	06.1	Non allié	1550	180	260-215-175	225-185-145
P2.6.C.UT	06.2	Faiblement allié (éléments d'alliage ≤5%)	1600	200	270-225-170	175-145-105
P3.0.C.UT	06.3	Fortelement allié (éléments d'alliage >5%)	2050	225	200-165-125	140-115-85

* MC = Nouvelle classification qui remplace les codes CMC (Classification Coromant de

10. Usinabilité des matériaux

1.2. Classification des matières selon les codes MC

L'organisation de la classification est faite de manière à ce que les codes des matières représentent des 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

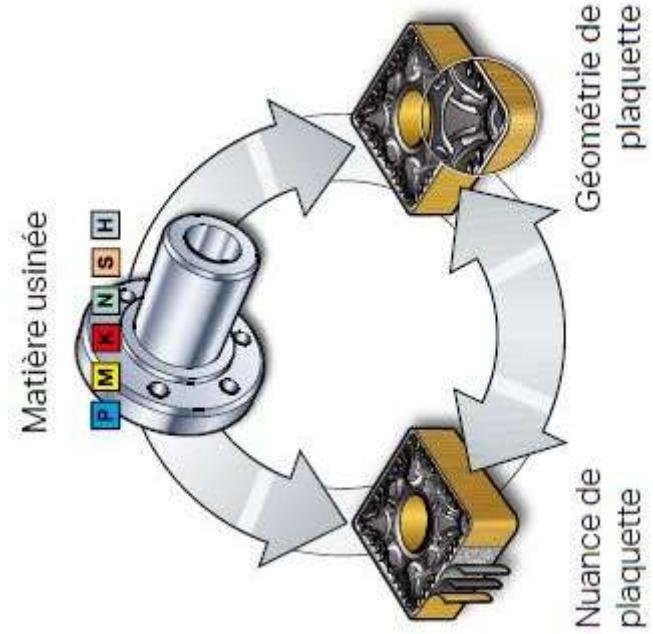
2 = Sous-groupes de matières : teneur en carbone : $0.25\% \leq 0.55\%C$

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

AN = Traitement thermique : Recuit, avec valeurs de dureté

La spécification du processus de fabrication et du traitement thermique en plus de la composition permet de donner des **recommandations de conditions de coupe plus précises** étant donné que ces 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 qui la caractérise. Dans ce sens, un acier bas carbone est plus facile à usiner qu'un austénitique. Le concept de « **bonne usinabilité** » renvoie généralement à une action de coupe sans perdre de vie d'outil correcte. Le plus souvent, l'évaluation de l'usinabilité d'une matière donnée est faite par rapport à d'autres tests effectués sur d'autres matières dans des conditions identiques.



- La clé de la réussite de l'usinage est de trouver la bonne géométrie et une nuance optimale pour la chaque opération d'usinage.
 - Ces trois facteurs de base doivent être étudiés au

- Les autres facteurs importants sont : les conditions de coupe, et les traitements thermiques que la matière

