

## Activité pédagogique RESI



## PROCEDES DE FABRICATION MECANIQUE SECONDAIRES (INTERMEDIAIRE)

## **Chapitre IV : Choix des outils de coupe en Tournage (cas du tournage extérieur)**

Dans ce chapitre, pour le choix des porte-plaquettes, nous allons focaliser sur le **tournage extérieur**. De plus, vu la multitude des solutions disponibles, nous avons choisi les porte-outils optimisés pour le tournage extérieur, **T-MAX P**, étant donné qu'il couvre toutes les opérations d'usinage et tous les matériaux

### Application

- Chariotage
- Dressage
- Profilage
- Ebauche à finition
- Tournage intérieur dans des alésages de grand diamètre, à partir de 50 mm
- Usinage extérieur de pièces moyennes à grandes, à partir de 30 mm

### Matériaux usinables :



### Caractéristiques et avantages:

- Outils dotés d'une adduction de liquide de coupe de précision pour une excellente fragmentation des copeaux
- Usinage fiable et sûr, même dans les opérations d'ébauche
- Plaquettes réversibles avec arêtes résistantes
- Bridage par levier pour l'usinage sous arrosage, bridage rigide RC pour l'usinage à sec et les matières à copeaux courts,

### Plaquettes:

- Toutes formes et tailles de plaquettes
- Géométries et nuances pour tous les domaines d'application
- Nuances de plaquettes de haute technologie aussi disponibles : PCD, CBN et céramique
- Plaquettes spécifiques pour l'arrosage de précision

### Outils:

- Unités de coupe Coromant Capto®
- Outils à manche
- Barres d'alésage

### Méthode de choix:

Dans ce qui suit, nous allons focaliser sur le choix des paramètres majeurs des plaquettes et portes-plaquettes.  
L'organigramme qui suit présente les étapes de sélection des outils

**Entité d'usinage** : une entité d'usinage est une forme géométrique et un ensemble de spécifications pour lesquelles un processus d'usinage est connu ; ce processus est quasi indépendant des processus d'usinage des autres entités

Chaque entité d'usinage fait appel à des paramètres internes de description appelés caractéristiques intrinsèques. Ces caractéristiques peuvent être résumées comme suit : Le type de l'entité (cylindre, épaulement, évidement, rainure, ...), les paramètres dimensionnels et les paramètres technologiques.

- ☐ Le type : Il permet de distinguer chaque entité et de renseigner les processus d'usinage qui peuvent être attribués à l'entité. C'est un attribut qui permet de déduire la stratégie d'usinage envisagée.
- ☐ Les paramètres dimensionnels : L'entité est composée d'un ensemble de faces enrichies par des informations dimensionnelles (diamètre d'un trou, longueur d'un alésage...).
- ☐ Les paramètres technologiques : Ils regroupent toutes les propriétés technologiques intrinsèques à l'entité comme le matériau, l'état de surface, et les spécifications géométriques de forme (rectitude, planéité, cylindricité...).

Quelques types d'entités d'usinage usuelles:



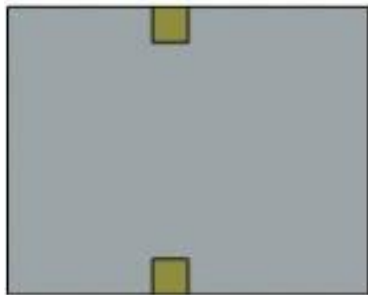
cylindre



Face



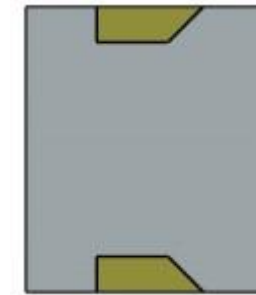
Epaulement



Rainure rectangulaire

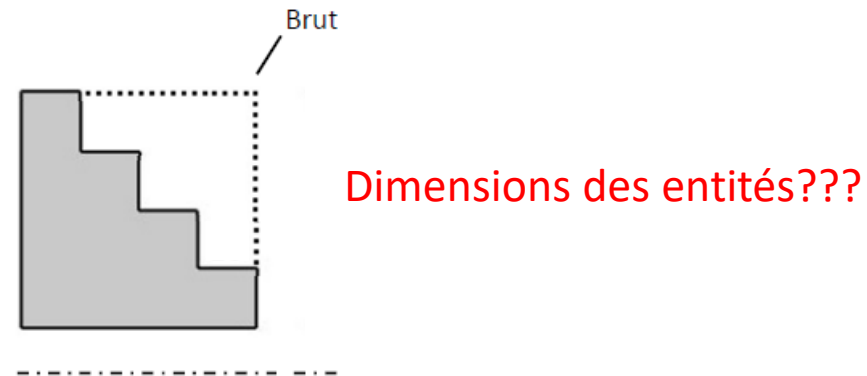


Rainure circulaire

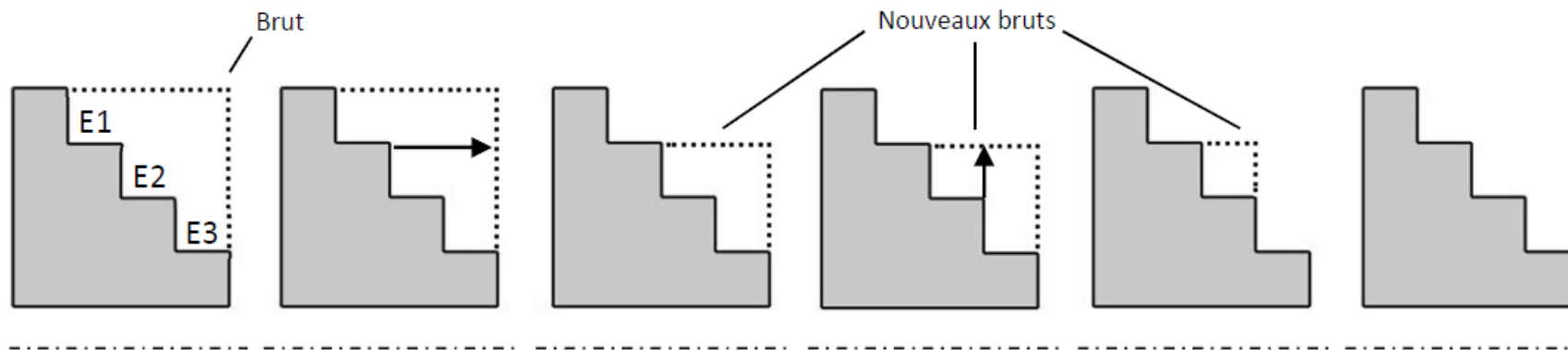


Evidement

Problème des entités interagissantes: Certaines surfaces d'entités sont perdues à cause des interactions, et par conséquent, il est difficile de trouver les dimensions de base des entités d'usinage



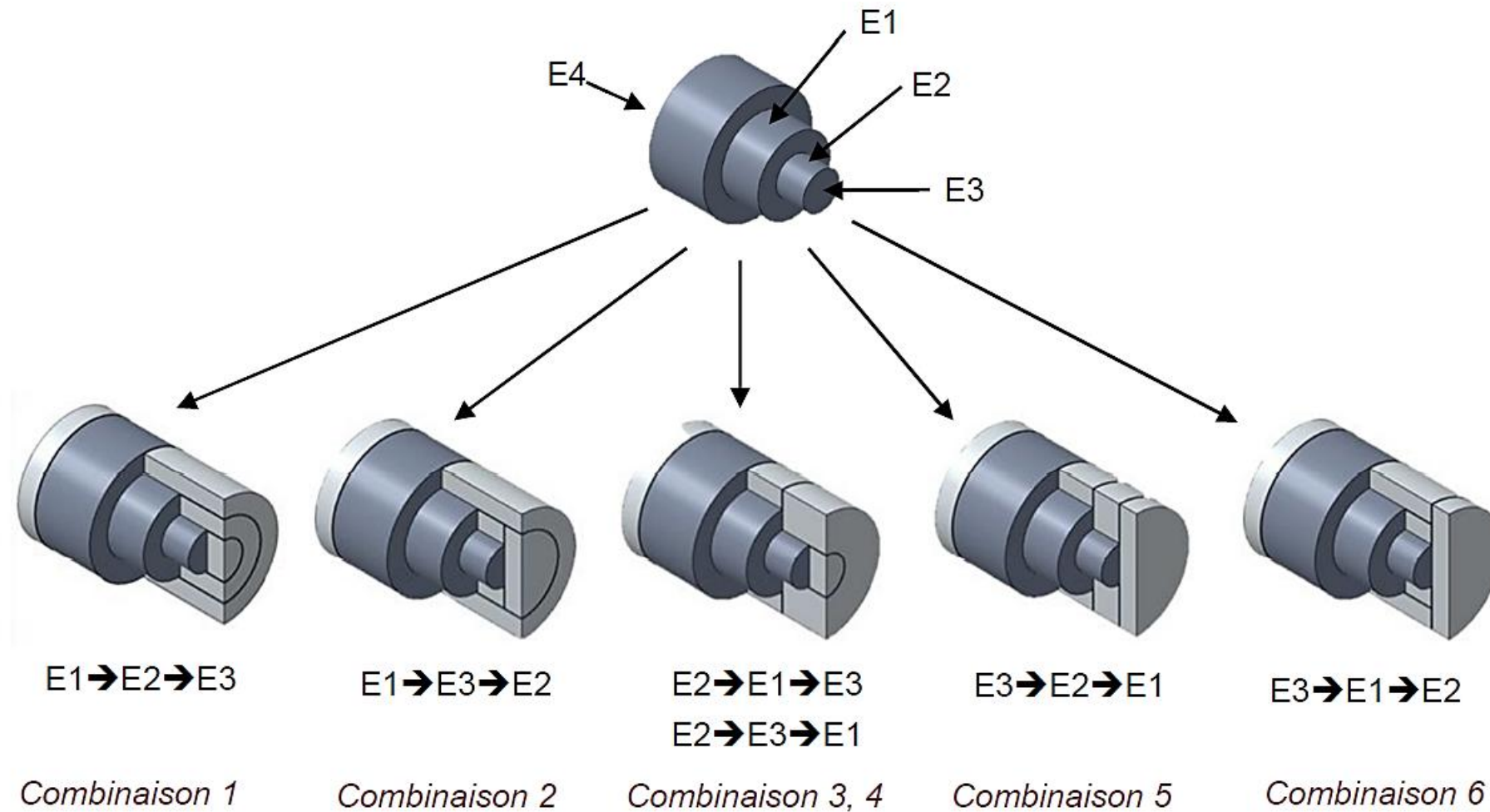
Méthode de génération des entités d'usinage par extrapolation des surfaces des entités ([lien](#))



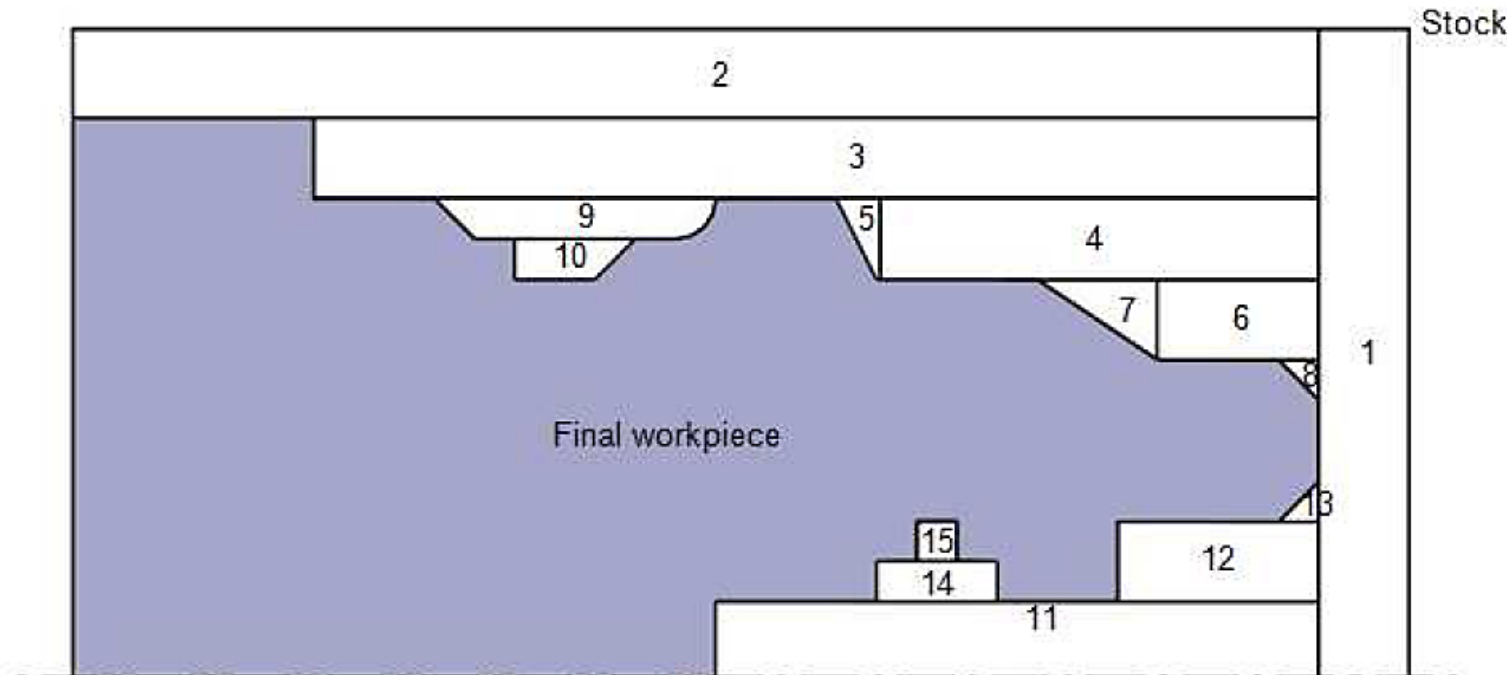
L'ordre de génération et celui d'usinage sont les mêmes

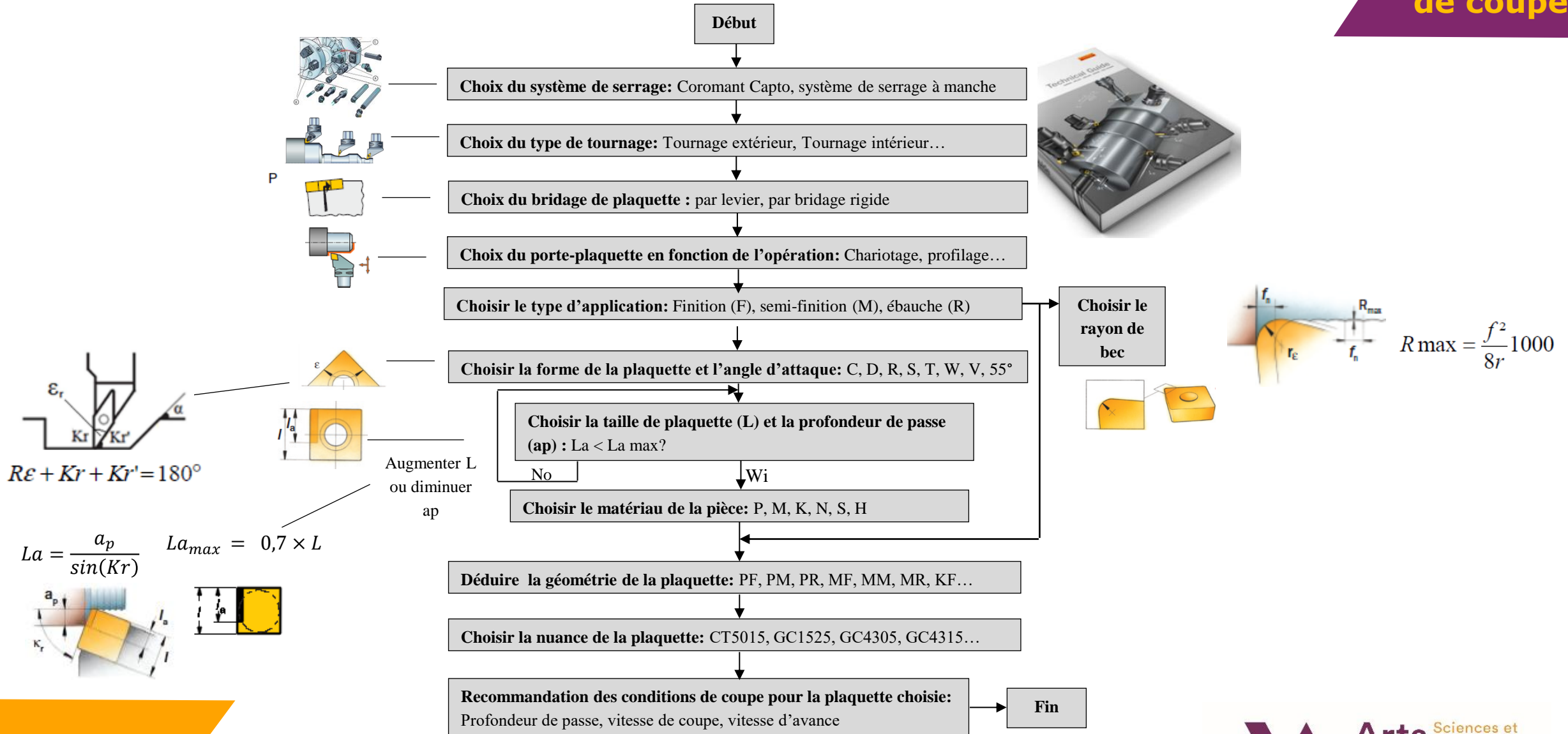


Exemple:

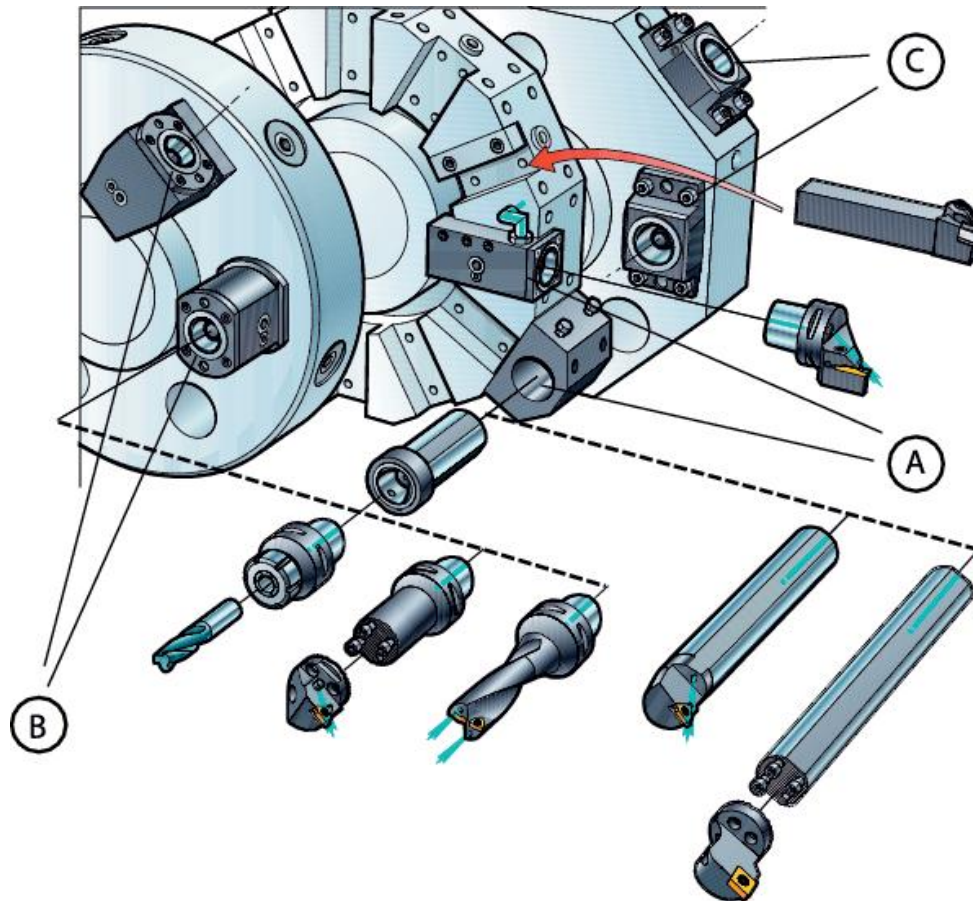


Approche adoptée:





Choisir un outil Coromant Capto® ou à manche, en fonction des possibilités de serrage disponibles sur la tourelle/la broche



### **A Unités de serrage à manche**

- Outils à manche carré ou cylindrique et unités Coromant Capto, pour usinage extérieur ou intérieur

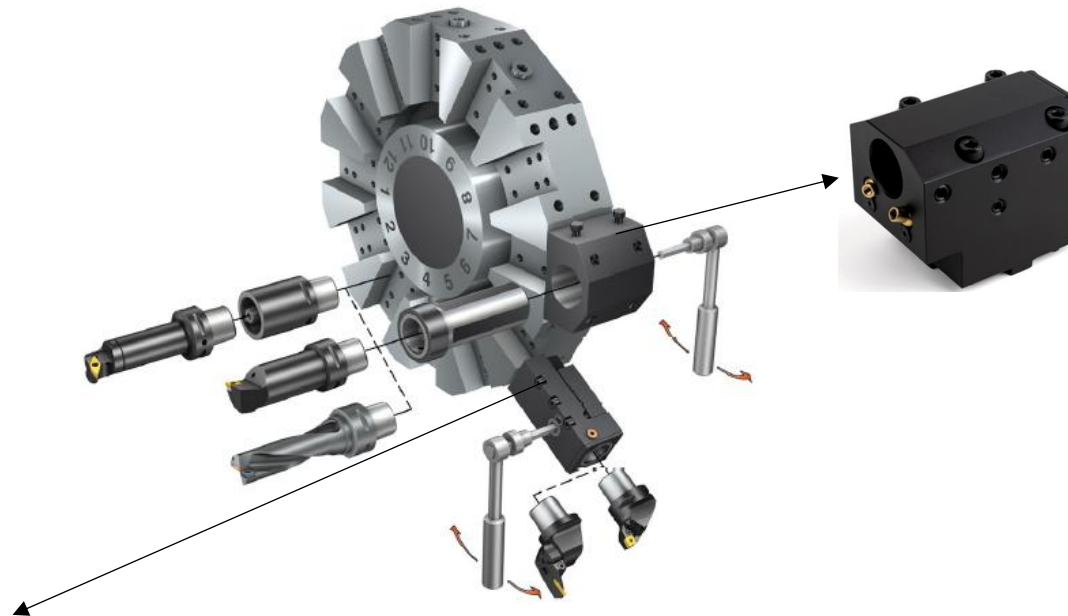
### **B Unités de serrage Coromant Capto® pour tourelles DIN 69880**

- Unités de serrage droites ou angulaires pour usinage extérieur ou intérieur

### **C Unités de serrage hydrauliques**

- Changement d'outil à commande manuelle (bouton-poussoir)
- Possibilité de changements d'outils entièrement automatisés

Exemple de support porte-outil à tige circulaire disponible dans la machine:



BMT65, support tournant statique, diamètre intérieur (DI) de **40 mm**

Exemple d'outil **Coromant Capto**, taille accouplement C4 (40mm)

C4	-								-		-	
1		2	3	4	5	6	9	10		11		12



Les opérations de tournage extérieur usinent le diamètre extérieur de la pièce. Comme le tournage extérieur est un des process les mieux connus et les plus courants, les exigences sur le contrôle des copeaux, la sécurité des process et la qualité des pièces sont élevées. Les opérations de base du tournage extérieur sont le chariotage (1), le profilage (2) et le dressage (3).



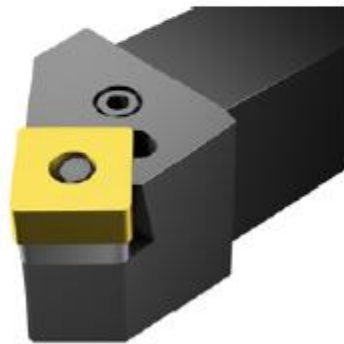
## Exemple de codification pour tournage extérieur

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

<b>D</b>	<b>C</b>	<b>L</b>	<b>N</b>	<b>R</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>M</b>	<b>12</b>	-	<b>2</b>
2	3	4	5	6	7	8	10	11		13

Choisir le bridage par levier pour l'usinage sous arrosage, et le bridage rigide RC pour l'usinage à sec et les matières à copeaux courts,

Fixation par levier



Bridage rigide

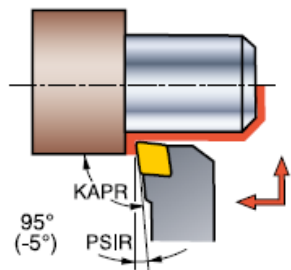


Exemple de choix pour application avec arrosage : Par levier (ou par trou central)

C4	-	P							-		-	
1		2	3	4	5	6	9	10		11		12

Pour le tournage extérieur, il existe 3 classes d'opérations d'usinage:

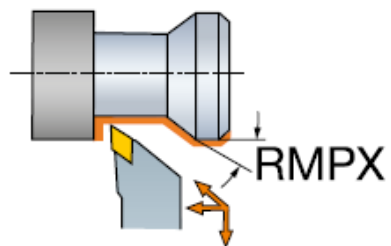
### Chariotage/dressage



Opérations de tournage les plus courantes

- On utilise souvent des plaquettes rhombiques de **type C (80°)**.
- On utilise souvent des porte-outils avec un angle d'attaque **de 95° ou 93°** (complémentaires des angles d'attaque -5° et -3°).
- Les plaquettes type D (55°), W (80°) et T (60°) sont aussi souvent utilisées à la place du type C.

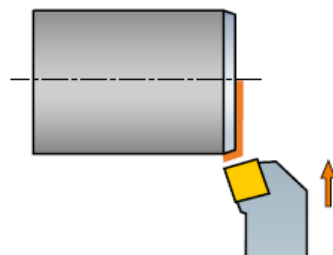
### Profilage



Flexibilité d'utilisation et accessibilité sont des facteurs déterminants

- L'angle d'attaque effectif KAPR (ou son complémentaire PSIR) doit être pris en compte pour obtenir un usinage satisfaisant.
- L'angle d'attaque le plus souvent utilisé est **de 93°** (angle complémentaire de -3°) car il autorise des angles de copiage de 22 à 27°
- Les types de plaquettes les plus souvent utilisés sont les types D (55°) et V (35°)

### Dressage

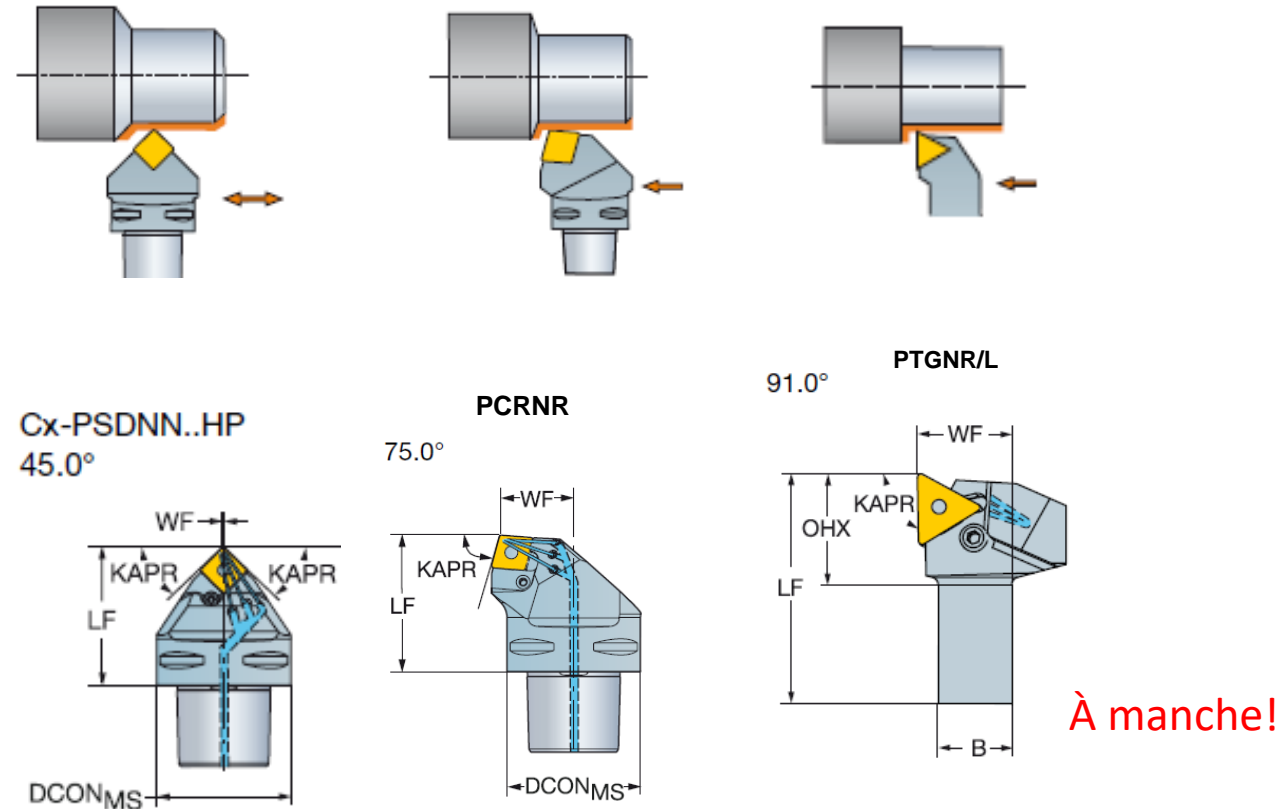


Avance de l'outil vers le centre

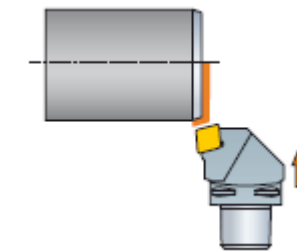
- Attention à la modification de la vitesse de coupe à l'approche du centre.
- Des angles d'attaque de **75° et 95°/91°** (angles complémentaires 15° et -5°/-1°) sont généralement utilisés.
- Les plaquettes les plus souvent utilisées sont **les types C (80°) et S (90°)**.



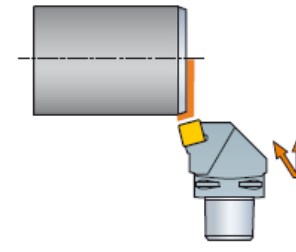
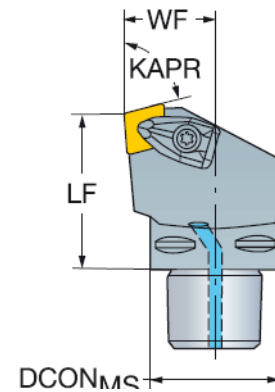
Porte-plaquette candidats pour l'opération de **chariotage** (bridage par levier):



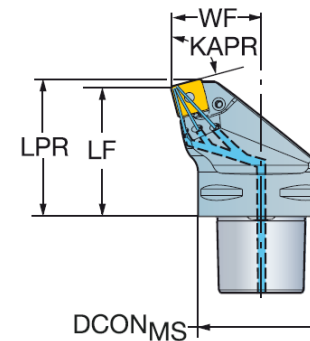
Porte-plaquette candidats pour l'opération de **dressage** (bridage par levier):



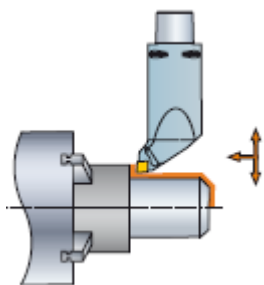
75.0°  
DCKNR/L



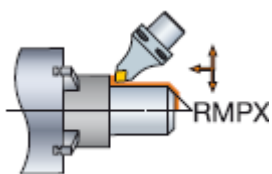
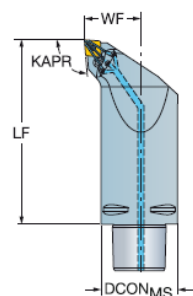
Cx-PSKNR/L..HP  
75.0°



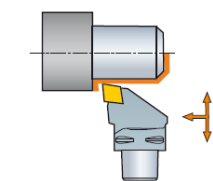
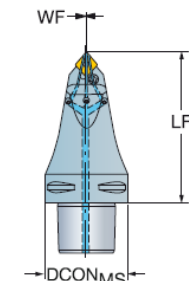
Porte-plaquette candidats polyvalents pour **chariotage/dressage** (bridage par levier):



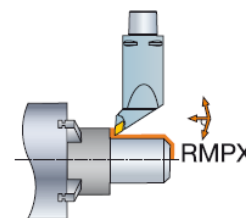
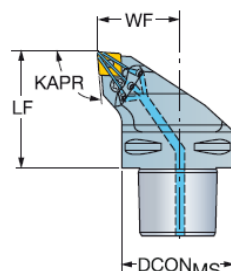
Cx-PCLNR/L..HP (M-T)  
95.0°



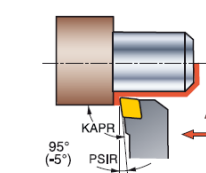
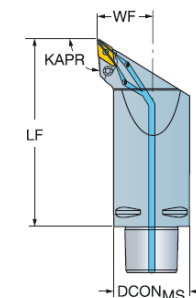
Cx-PCMNN..HP (M-T)  
50.0°



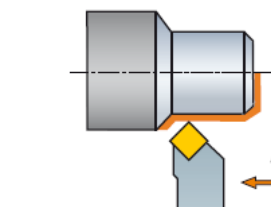
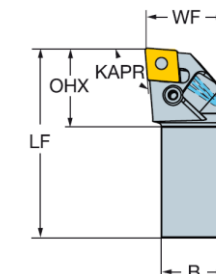
95.0° PCLNR/L



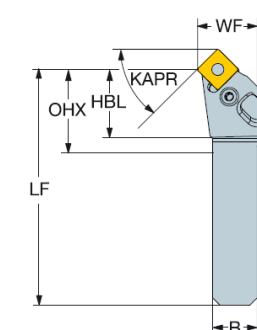
Cx-PDJNR/L..HP (M-T)  
93.0°



95.0° PCLNR/L

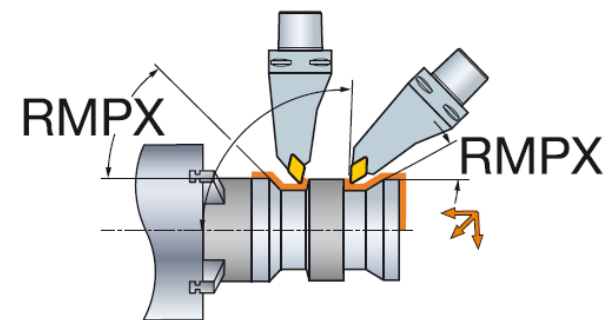


45.0° PSSNR/L

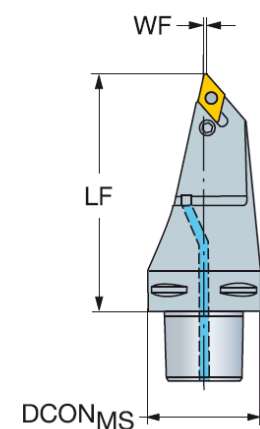


À manche!

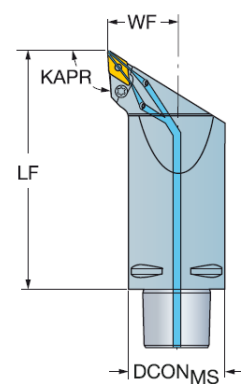
Porte-plaquette candidats pour le **profilage** (bridage par levier):



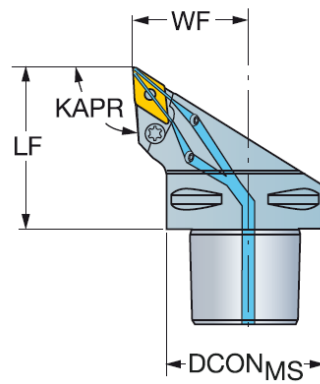
Cx-PDMNR/L..HP  
48.0°



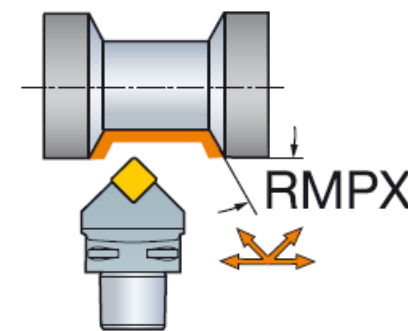
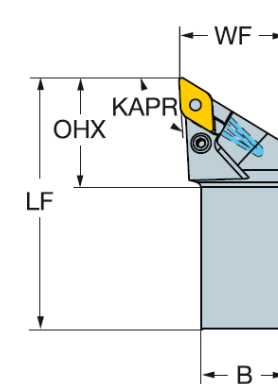
Cx-PDJNR/L..HP (M-T)  
93.0°



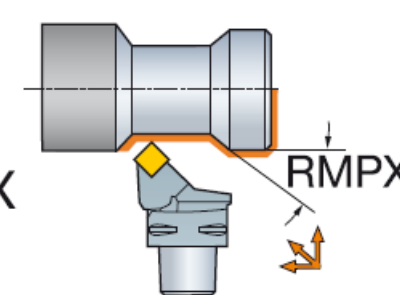
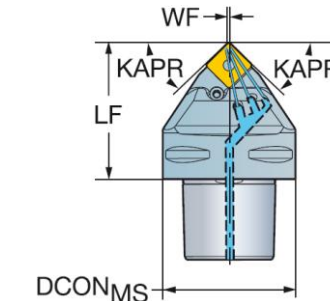
Cx-PDJNR/L..HP  
93.0°



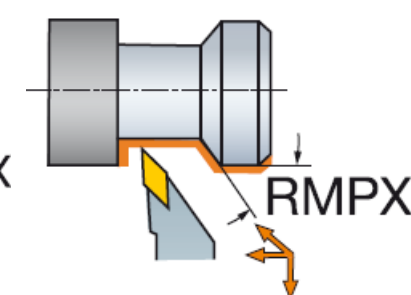
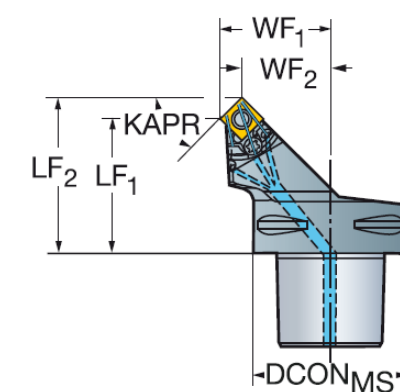
PDJNR/L  
93.0°



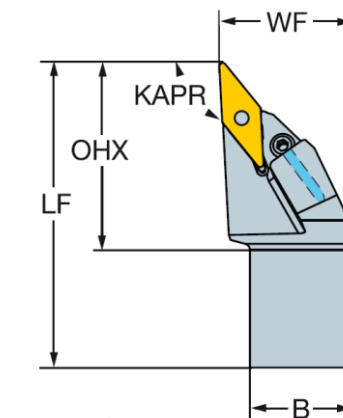
Cx-PSDNN..HP  
45.0°



45.0° PSSNR/L



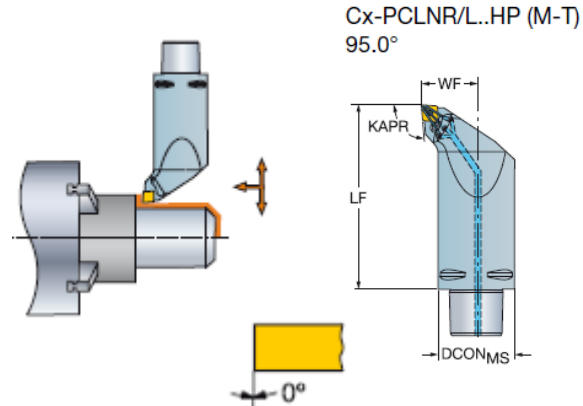
93.0° PVJNR/L



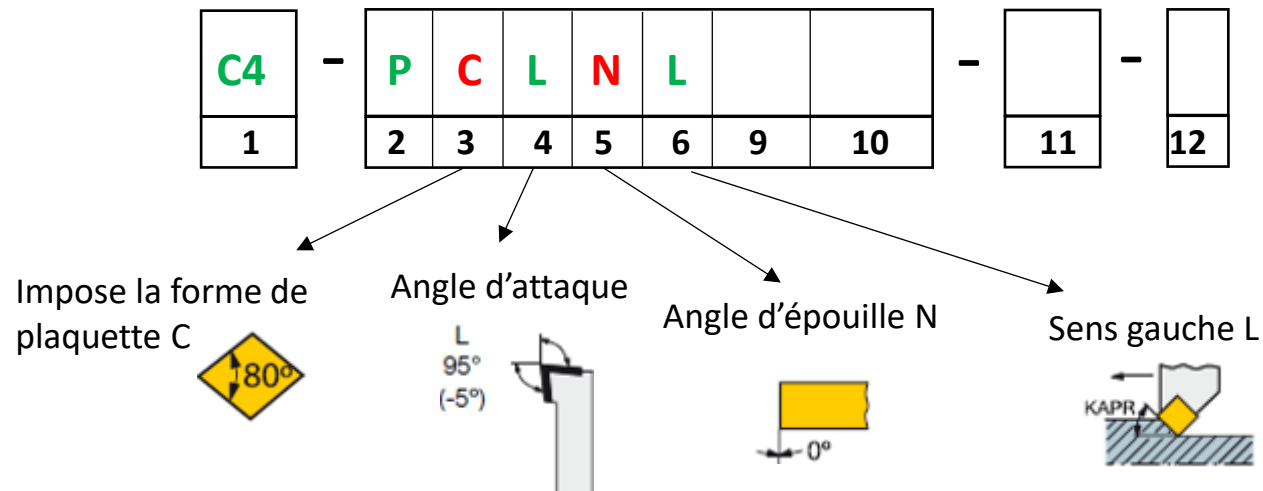
À manche!

À manche!

1-Exemple d'un porte-plaquette candidat pour l'opération de **chariotage** et **dressage** (bridage par levier):



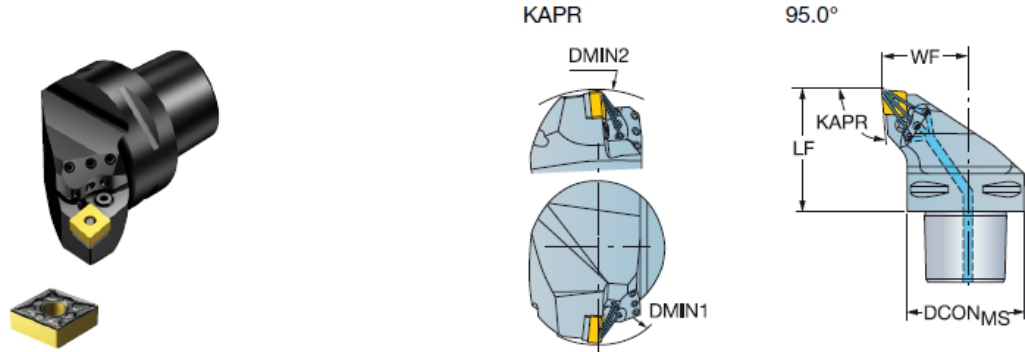
Si on continue le choix précédent, on a:



Exemple de portes-plaquette candidat:

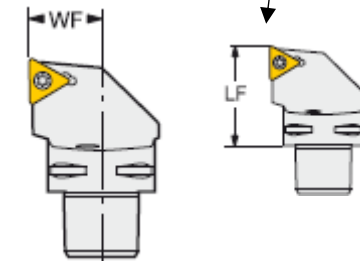
Fixation par levier

Coromant Capto® - Arrosage de précision



CNMM  
 CNMG  
 CNMA, CNGA

<b>C4</b>	-	<b>P</b>	<b>C</b>	<b>L</b>	<b>N</b>	<b>L</b>	<b>27</b>	<b>050</b>	-	<b>12</b>	-	<b>HP</b>
<b>1</b>		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>10</b>		<b>11</b>		<b>12</b>

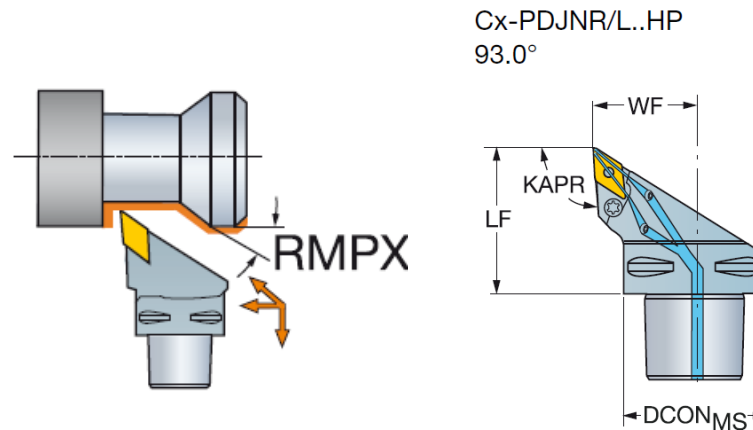


C4 impose les tailles WF et LF  
et la taille de la plaquette

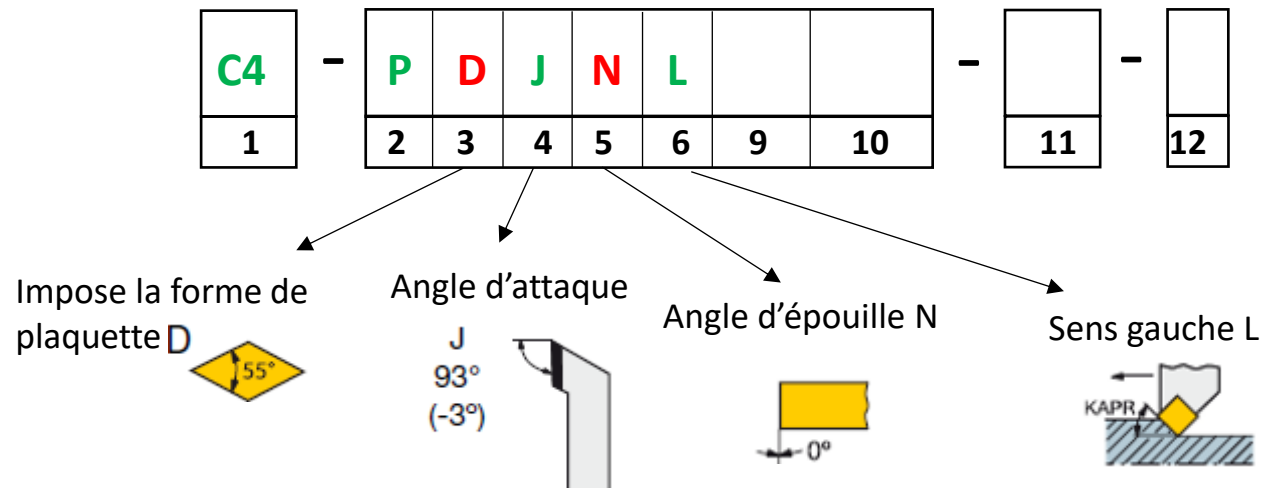
Option lubrifiant haute pression disponible

		CZC <sub>MS</sub>	DMIN <sub>1</sub>	DMIN <sub>2</sub>	CNSC	Référence de commande	Dimensions, mm						MIID
							DCON <sub>MS</sub>	LF	WF	BAR	NM	KG	
	12	C4	110.0	140.0	3	<b>C4-PCLNR/L-27050-12HP</b>	40.0	50.0	27.0	150	5.0	0.47	CNMG 12 04 08
		C5	110.0	165.0	3	C5-PCLNR/L-35060-12HP	50.0	60.0	35.0	150	5.0	0.79	CNMG 12 04 08
		C6	110.0	195.0	3	C6-PCLNR/L-45065-12HP	63.0	65.0	45.0	150	5.0	1.36	CNMG 12 04 08
		C8	110.0	250.0	3	C8-PCLNR/L-55080-12HP	80.0	80.0	55.0	150	5.0	2.67	CNMG 12 04 08
	16	C5	125.0	165.0	3	C5-PCLNR/L-35060-16HP	50.0	60.0	35.0	150	5.0	0.85	CNMG 16 06 12
		C6	110.0	195.0	3	C6-PCLNR/L-45065-16HP	63.0	65.0	45.0	150	5.0	1.36	CNMG 16 06 12
		C8	125.0	250.0	3	C8-PCLNR/L-55080-16HP	80.0	80.0	55.0	150	5.0	2.72	CNMG 16 06 12
	19	C6	110.0	195.0	3	C6-PCLNR/L-45065-19HP	63.0	65.0	45.0	150	10.0	1.38	CNMG 19 06 12
		C8	150.0	250.0	3	C8-PCLNR/L-55080-19HP	80.0	80.0	55.0	150	10.0	2.69	CNMG 19 06 12
		C10	220.0	315.0	3	C10-PCLNR/L-68110-19HP	100.0	110.0	68.0	150	10.0	6.60	CNMG 19 06 12

2-Exemple d'un porte-plaquette candidat pour l'opération de **profilage** (bridage par levier):



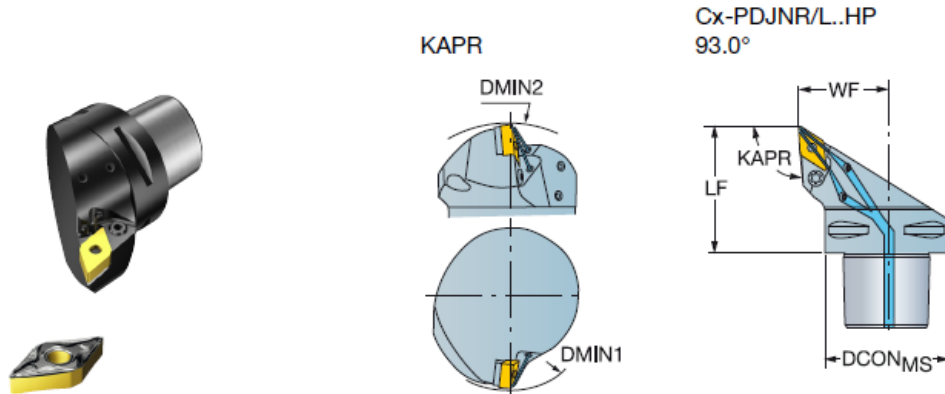
Si on continue le choix précédent, on a:



Exemple de portes-plaquette candidat:

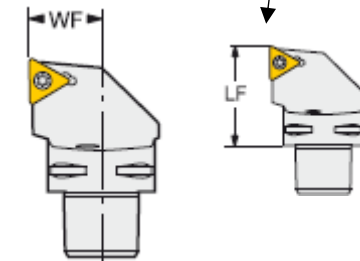
Fixation par levier

Coromant Capto® - Arrosage de précision



- DNMM, DNMX
- DNMG
- DNMA, DNMA

<b>C4</b>	-	<b>P</b>	<b>D</b>	<b>J</b>	<b>N</b>	<b>L</b>	<b>27</b>	<b>050</b>	-	<b>11</b>	-	<b>HP</b>
<b>1</b>		<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>9</b>	<b>10</b>		<b>11</b>		<b>12</b>



							Référence de commande	Dimensions, mm						MIID
								DCON <sub>MS</sub>	LF	WF	BAR	NM	KG	
	11	C4	90.0	145.0	27°	3	C4-PDJNR/L-27050-11HP	40.0	50.0	27.0	150	2.0	0.44	DNMG 11 04 08
		C5	110.0	165.0	27°	3	C5-PDJNR/L-35060-11HP	50.0	60.0	35.0	150	2.0	0.79	DNMG 11 04 08
	15	C4	65.0	145.0	27°	3	C4-PDJNR/L-27055-15HP	40.0	55.0	27.0	150	5.0	0.48	DNMG 15 06 08
		C5	65.0	165.0	27°	3	C5-PDJNR/L-35060-15HP	50.0	60.0	35.0	150	5.0	0.79	DNMG 15 06 08
		C6	95.0	195.0	27°	3	C6-PDJNR/L-45065-15HP	63.0	65.0	45.0	150	5.0	1.31	DNMG 15 06 08
		C8	130.0	250.0	27°	3	C8-PDJNR/L-55080-15HP	80.0	80.0	55.0	150	5.0	2.74	DNMG 15 06 08
	C10		180.0	280.0	27°	3	C10-PDJNR/L-68110-15HP	100.0	110.0	68.0	150	5.0	6.05	DNMG 15 06 08

C4 impose les tailles WF et LF et la taille de la plaquette



## Condition clef en profilage:

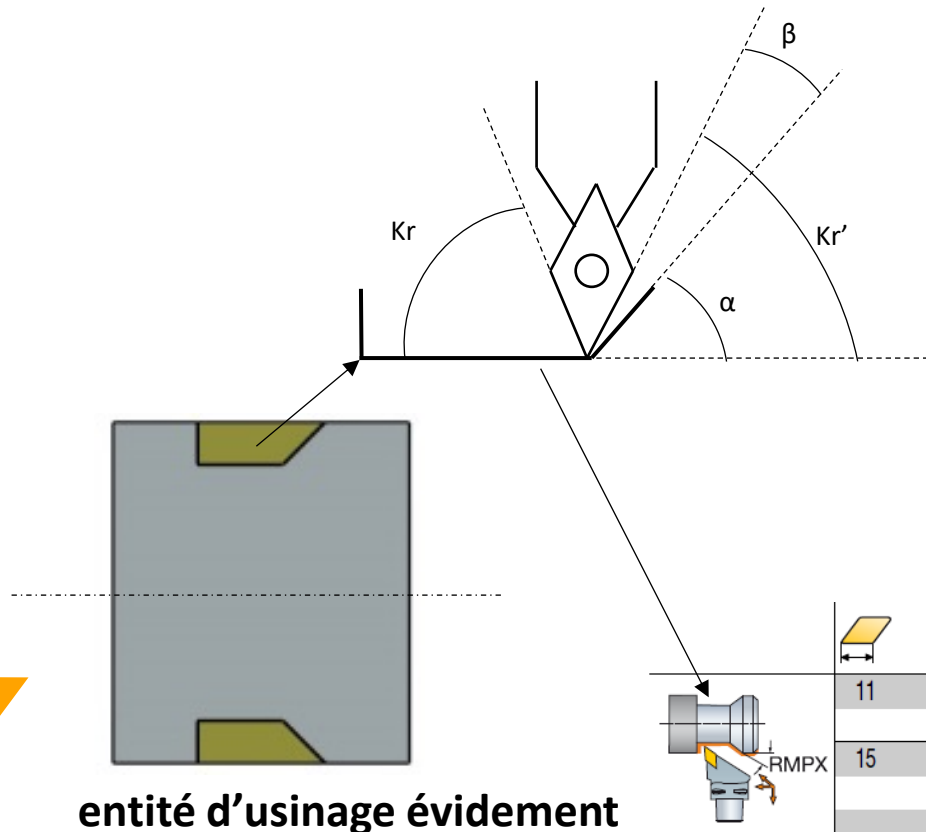
La géométrie d'une **entité d'usinage** telle qu'un **évidement** est caractérisée par l'angle de plongée  $\alpha$  représenté sur la Figure. Cet angle doit être inférieur à l'angle de direction d'arrête secondaire de la plaquette  $Kr'$  par un angle de **dégagement  $\beta$  de 5 à 11°** pour garantir un bon état de surface et augmenter la durée de vie de la plaquette. L'angle de direction d'arrête secondaire peut être déterminé en variant deux paramètres, l'angle de pointe de la plaquette  $\epsilon_r$ , et l'angle de direction d'arrête (**angle d'attaque**) du porte-plaquette  $Kr$ , qui est donnée par l'équation :

$$Kr' = 180^\circ - \epsilon_r - Kr$$

Exemple: plaquette D et angle attaque 93°:  $93^\circ$   
(-3°)

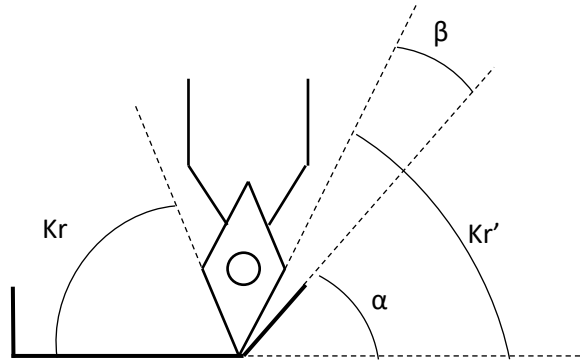
$$Kr' = 180^\circ - 55^\circ - 93^\circ = 32^\circ \text{ (incluant } \beta)$$

L'angle maximal usiné étant  $32 - 5^\circ = 27^\circ$



Condition clef en profilage:

Si la pièce présente un angle supérieur à 27°, par exemple 30°, il faut choisir un autre porte-plaquette de **Kr'** plus grand ou une plaquette d'angle de pointe **Er** plus petit, ou les deux :



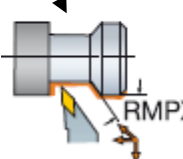
$$Kr' = 180^\circ - Er - Kr$$


Exemple: plaquette V et angle **attaque 93°**:



$$Kr' = 180^\circ - 35^\circ - 93^\circ = 52^\circ \text{ (incluant } \beta \text{)}$$

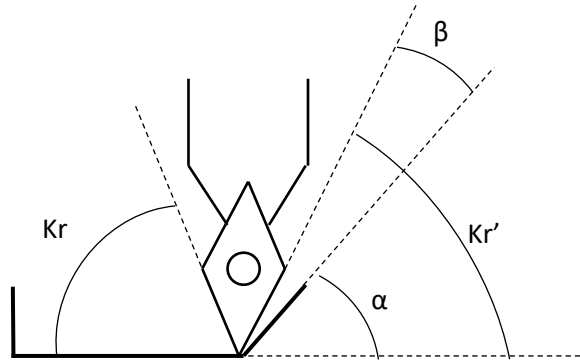
L'angle maximal usiné étant  $52 - 11^\circ = 41^\circ$



		CZC <sub>MS</sub>	RMPX	OHX	CNSC	Référence de commande
16	16 x 16	41°	41.6	1	PVJNR/L 1616H 16HP	
	20 x 20	41°	42.6	1	PVJNR/L 2020K 16HP	
	25 x 25	41°	45.7	1	PVJNR/L 2525M 16HP	
	32 x 25	41°	45.7	1	PVJNR/L 3225P 16HP	

Condition clef en profilage:

Si la pièce présente un angle supérieur à 41°, par exemple 45°, il faut choisir un autre porte-plaquette de  $Kr'$  plus grand ou une plaquette d'angle de pointe  $\epsilon_r$  plus petit, ou les deux :

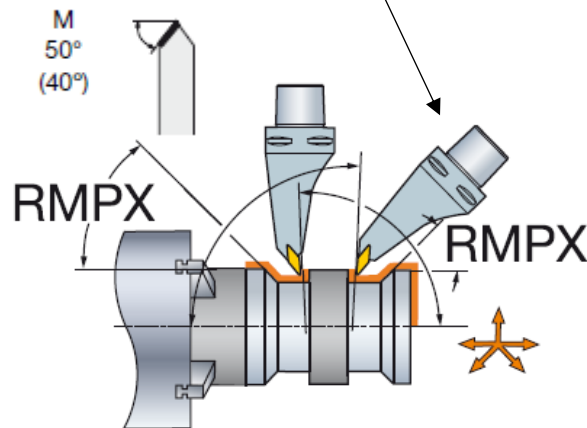
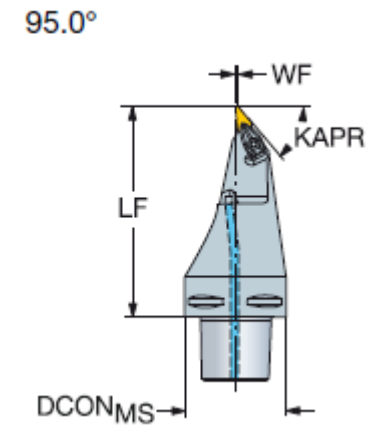


$$Kr' = 180^\circ - \epsilon_r - Kr$$

Exemple: plaquette V et angle **attaque 95°**:

$$Kr' = 180^\circ - 35^\circ - 95^\circ = 50^\circ \text{ (incluant } \beta \text{)}$$

L'angle maximal usiné étant  $50 - 5^\circ = 45^\circ$



	CZC <sub>MS</sub>	RMPX	CNSC	Référence de commande
16	C8	45°	3	C8-DVMNL-00160-16

En fonctions des exigences dimensionnelles, géométriques et d'état de surface, le nombre d'applications d'usinage pour usiner une entité peut être déterminé.

	Intervalle de tolérance			Qualité			Rugosité		
caractéristiques	IT $\geq 0.3$	IT > 0.05 et IT < 0.3	IT $\leq 0.05$	Sup 12	8, 9, 10, 11	6.7	Ra $\geq$ 6.3	Ra > 0.8 et Ra < 6.3	Ra $\leq$ 0.8
Applications D'usinage	E	E 1/2F	E 1/2F F	E	E 1/2F	E 1/2F F	E	E 1/2F	E 1/2F F

### Relation entre les tolérances et le nombre d'ébauche et finition

Il est clair à partir du Tableau qu'il existe toujours une application d'usinage de d'ébauche. Pour la finition, selon les experts de Sandvik Coromant, en règle générale, la surépaisseur d'usinage laissée pour la finition doit être au moins égale à **2/3** du **rayon de bec** de la plaquette utilisée, afin de préserver la bonne durée de vie de la plaquette, et de garantir l'exigence d'état de surface en finition.

$$a_p \geq \frac{2}{3} r$$

### Cas de chariotage/dressage en ébauche (usinage de l'acier non allié P1.2.Z.AN)

Comme vu précédemment, le porte-outil impose la majorité des paramètres de la plaquette tel que la taille, la forme, l'angle de dépouille de la plaquette...:

Le rayon de bec peut être modifié

	CZC <sub>M5</sub>	DMIN <sub>1</sub>	DMIN <sub>2</sub>	CNSC	Référence de commande	DCON <sub>M5</sub>	LF	WF	BAR	NM	KG	MIID
12	C4	110.0	140.0	3	C4-PCLNR/L-27050-12HP	40.0	50.0	27.0	150	5.0	0.47	CNMG 12 04 08
	C5	110.0	165.0	3	C5-PCLNR/L-35060-12HP	50.0	60.0	35.0	150	5.0	0.79	CNMG 12 04 08
	C6	110.0	195.0	3	C6-PCLNR/L-45065-12HP	63.0	65.0	45.0	150	5.0	1.36	CNMG 12 04 08
	C8	110.0	250.0	3	C8-PCLNR/L-55080-12HP	80.0	80.0	55.0	150	5.0	2.67	CNMG 12 04 08
16	C5	125.0	165.0	3	C5-PCLNR/L-35060-16HP	50.0	60.0	35.0	150	5.0	0.85	CNMG 16 06 12
	C6	110.0	195.0	3	C6-PCLNR/L-45065-16HP	63.0	65.0	45.0	150	5.0	1.36	CNMG 16 06 12

<b>C</b>	<b>N</b>	<b>M</b>	<b>G</b>	<b>12</b>	<b>04</b>	<b>16</b>	-	*	*	-	<b>PR</b>	<b>GC4335</b>
1	2	2	4	5	6	7		8	9		12	

En cas d'ébauche et semi-finition, il faut privilégier le plus grand rayon de bec, soit un rayon de **1,6mm**

	LE	S	RE	BS	CODE ISO	1525	4305	4315	4325	4335	5015
12	12.1	4.76	0.79		CNMG 12 04 08-PR	☆	☆	☆	☆	★	
	11.7	4.76	1.19		CNMG 12 04 12-PR	☆	☆	☆	☆	★	
	11.3	4.76	1.59		<b>CNMG 12 04 16-PR</b>	☆	☆	☆	☆	★	

On peut déduire la géométrie de la plaquette qui est donc PR

La nuance recommandée de la plaquette est la **GC4335**

Cas de chariotage/dressage en ébauche (usinage de l'acier non allié P1.2.Z.AN)

Maintenant que la taille de plaquette CNMG 12 04 16- PR est **imposée** (12mm), Il faut calculer la **profondeur de coupe** maximale:

Plaquette C en ébauche :  $L_{a \max} = 0,7 \cdot L = 8,4 \text{ mm}$

$$L_a = \frac{a_p}{\sin(K_r)} \Rightarrow a_p = L_a \cdot \sin(K_r) \Rightarrow a_{p \max} = 8,31 \text{ mm}$$

Cette valeur maximale est à éviter et ne doit pas être dépassée en aucun cas, si non c'est la casse de la plaquette, ainsi, il faut toujours en ébauche vérifier si cette profondeur de passe n'induit pas une puissance consommée qui dépasse la capacité de la machine

$$P_c = \frac{V_c \cdot a_p \cdot f_n \cdot K_c}{60000}; \quad M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n}$$

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

## Conditions de coupe recommandées (page 288, 159,282) :

Plaquette	Profondeur de coupe			Avance		
	$a_p = \text{mm}$			$f_n = \text{mm/tr}$		
	Recom.	Min.	max.	Recom.	Min.	max.
CNMG120416-PR	4	1.5	7	0.5	0.32	0.75

	LE	S	RE	BS	CODE ISO	P					
						1525	4305	4315	4325	4335	5015
12	12.1	4.76	0.79		CNMG 12 04 08-PR	☆	☆	☆	☆	☆	
	11.7	4.76	1.19		CNMG 12 04 12-PR		☆	☆	☆	☆	
	11.3	4.76	1.59		CNMG 12 04 16-PR		☆	☆	☆	☆	

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

### Cas de chariotage/dressage en finition (usinage de l'acier non allié P1.2.Z.AN)

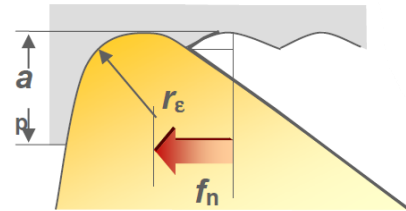
Maintenant que la taille de plaquette CNMG 12 04 X? PF est **imposée** (12mm), Il faut calculer la **profondeur de coupe** maximale:

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

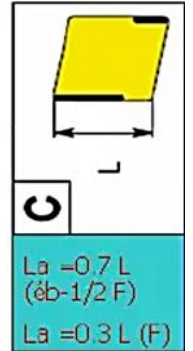
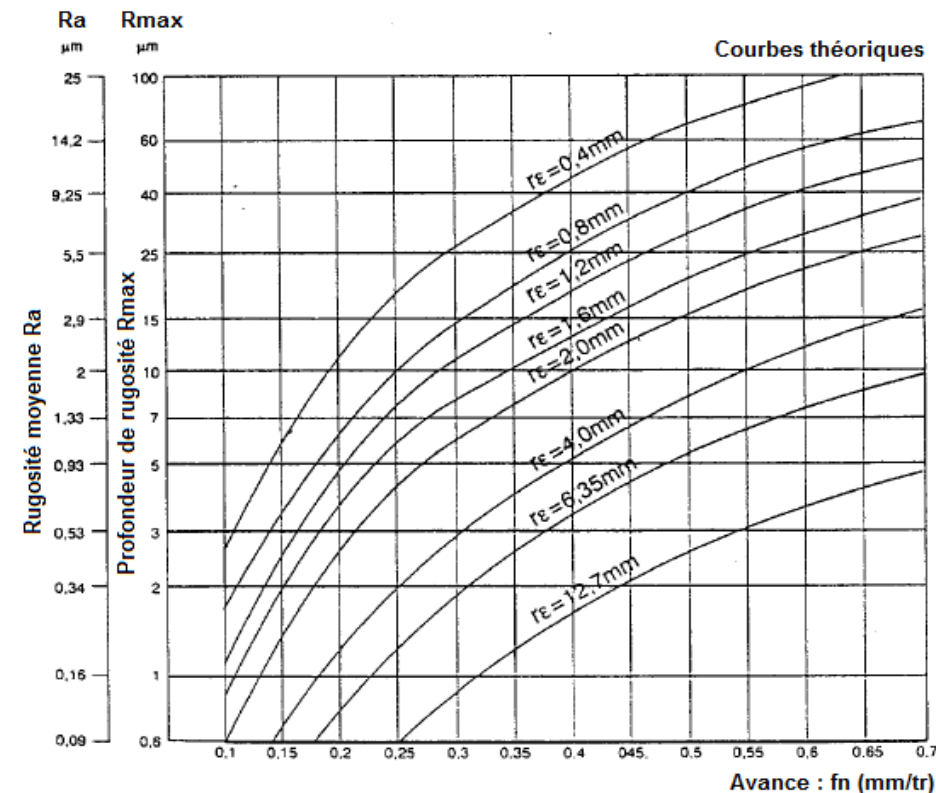
$$L_a = \frac{a_p}{\sin(K_r)} \Rightarrow a_p = L_a \cdot \sin(K_r) \Rightarrow a_{p \max} = 3,56 \text{ mm}$$

En finition, il faut choisir le **rayon de bec** et l'**avance** pour satisfaire l'exigence de rugosité:

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



$$\text{Rappel, en finition : } a_p \geq \frac{2}{3} r$$





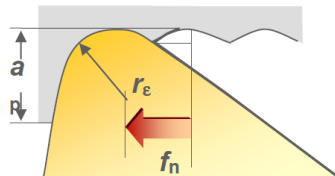
# 1. Procédure générale de choix des outils de coupe

## 1.6 Choix de la plaquette: forme, géométrie et nuance de plaquette

## Choix outils de coupe

Cas de chariotage/dressage en finition (usinage de l'acier non allié P1.2.Z.AN)

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



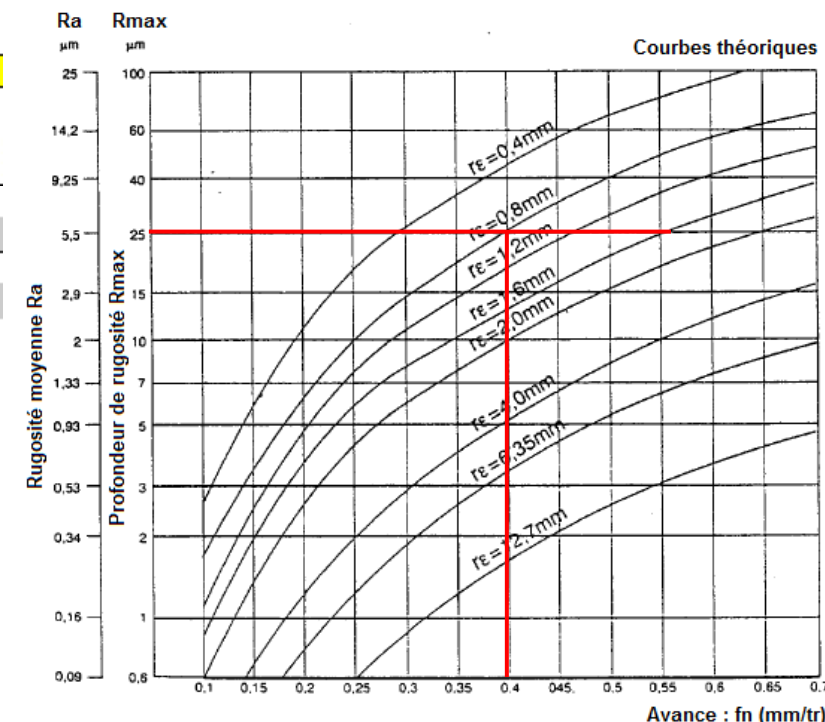
					CODE ISO	P					
						1525	4305	4315	4325	4335	5015
PF	09	9.3	3.18	0.40	CNMG 09 03 04-PF	☆		★	☆		☆
		8.9	3.18	0.79	CNMG 09 03 08-PF	☆		★	☆		☆
	12	12.5	4.76	0.40	CNMG 12 04 04-PF	☆		★	☆		☆
		12.1	4.76	0.79	CNMG 12 04 08-PF	☆	☆	★	☆		☆
		11.7	4.76	1.19	CNMG 12 04 12-PF	☆	☆	★	☆		☆

Exemple :  $R_a = 5,5\mu\text{m}$ ,  $L=12\text{mm}$

$\Rightarrow r=0,8$  et  $F= 0,4 \text{ mm/tr}$

Conditions de coupe recommandées (page 288, 159,282) :

Plaquette	Profondeur de coupe			Avance		
	$a_p = \text{mm}$			$f_n = \text{mm/tr}$		
	Recom.	Min.	max.	Recom.	Min.	max.
CNMG120404-PF	0.4	0.25	1.5	0.15	0.07	0.3
CNMG120408-PF	0.4	0.3	1.5	0.2	0.1	0.4
CNMG120412-PF	0.8	0.35	1.5	0.25	0.15	0.5



ISO P		Aciers	Force de coupe de coupe spécifique $k_{c1}$	Dureté Brinell	<<<< RÉSISTANCE À L'USURE			
					CT5015	GC1525	GC4305	GC4315
					$h_{ax}$ , 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
MC No.	CMC No.	Matière	N/mm <sup>2</sup>	HB	Vitesse de coupe ( $V_c$ ), m/min			
P1.1.Z.AN	01.1	Acier non allié C = 0.1-0.25%	1500	125	650-540-440	560-465-380	620-450-330	570-405-300



Exemple: On souhaite usiner la pièce ci-dessous avec les plaquettes vues précédemment:

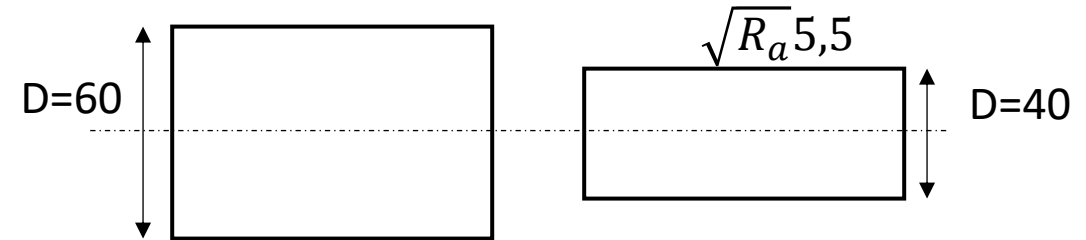
1)  $R_a = 5,5 \mu\text{m}$ , donc ébauche et semi-finition (ou finition)

2) Calcul des conditions de coupe en Finition

$R_a = 5,5 \mu\text{m}$  donc  $r = 0,8$  et  $F = 0,4 \text{ mm/tr}$

$$a_p \geq \frac{2}{3} r \Rightarrow a_p = 0,53 \text{ mm}$$

D usiné en finition est de : 40mm



Plaquette	Profondeur de coupe			Avance		
	Recom.	$a_p = \text{mm}$ Min.	max.	Recom.	$f_n = \text{mm/tr}$ Min.	max.
CNMG120404-PF	0.4	0.25	1.5	0.15	0.07	0.3
CNMG120408-PF	0.4	0.3	1.5	0.2	0.1	0.4
CNMG120412-PF	0.8	0.35	1.5	0.25	0.15	0.5

ISO P		Aciers	Force de coupe spécifique $k_{c1}$	Dureté Brinell	<<<< RÉSISTANCE À L'USURE			
MC No.	CMC No.	Matière			CT5015	GC1525	GC4305	GC4315
			N/mm <sup>2</sup>	HB	$h_{ax}, \text{mm} = \text{avance } f_n, \text{mm/tr}$			
					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	Acier non allié C = 0.1-0.25%	1500	125	650-540-440	560-465-380	620-450-330	570-405-300

$$n = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D} \text{ (tr/min)} = \frac{1000 * 405}{3,14 \cdot 40} = 3324 \text{ tr/min} < 4000 \text{ tr/min (HAAS ST15)}$$

Vérification par intuition:  $P_c = 2,8 \text{ Kw} < 10 \text{ Kw}$      $M_c = 8,3 \text{ Nm} < 40 \text{ Nm}$

Conditions de coupe:  $f = 0,4 \text{ mm/tr}$  ;  $a_p = 0,53 \text{ mm}$  ;  $n = 3324 \text{ tr/min}$

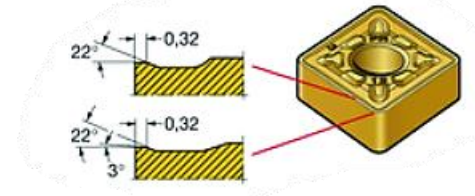
## 3) Calcul des conditions de coupe en ébauche

$a_{p\text{ totale}} = ((60-40)/2)-0,53 = 9,47\text{mm}$  (à enlever par ébauche), soit une passe maximale de 7mm + une passe de 2,47mm

Plaquette	Profondeur de coupe			Avance			CMC No.	Aciers	Force de coupe spécifique $k_{c1}$	Dureté Brinell	<<<< RÉSISTANCE À L'USURE			
	Recom.	$a_p$ = mm		Recom.	$f_n$ = mm/tr						CT5015	GC1525	GC4335	
		Min.	max.		Min.	max.					$h_{ex}$ , 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	
CNMG120416-PR	4	1.5	7	0.5	0.32	0.75								
								Matière	N/mm <sup>2</sup>	HB	Vitesse de coupe ( $V_c$ ), m/min			
							01.1	Acier non allié C = 0.1–0.25%	1500	125	650-540-440	560-465-380	425-275-200	

Vérification de la puissance consommée avec une grande passe de 7mm:

$$h_m = f_n \cdot \sin(K_r) \Rightarrow h_m = 0,5 \cdot \sin(95) \Rightarrow h_m = 0,498\text{mm}$$



$$k_c = k_{c1} \times \left(\frac{1}{h_m}\right)^{m_c} \times \left(1 - \frac{Y_0}{100}\right) = 1500 \cdot \left(\frac{1}{0,498}\right)^{0,25} \cdot \left(1 - \frac{22}{100}\right) = 1392$$

$$P_c = \frac{V_c \cdot a_p \cdot f_n \cdot K_c}{60000} \Rightarrow P_c = \frac{275 \cdot 7 \cdot 0,5 \cdot 1392}{60000} \quad P_c = 22,34 \text{ Kw}$$

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n} = 112,11 \text{ Nm}$$

Sur la première ébauche, le diamètre usiné est de :  $60 - 7 \times 2 = 46\text{mm}$

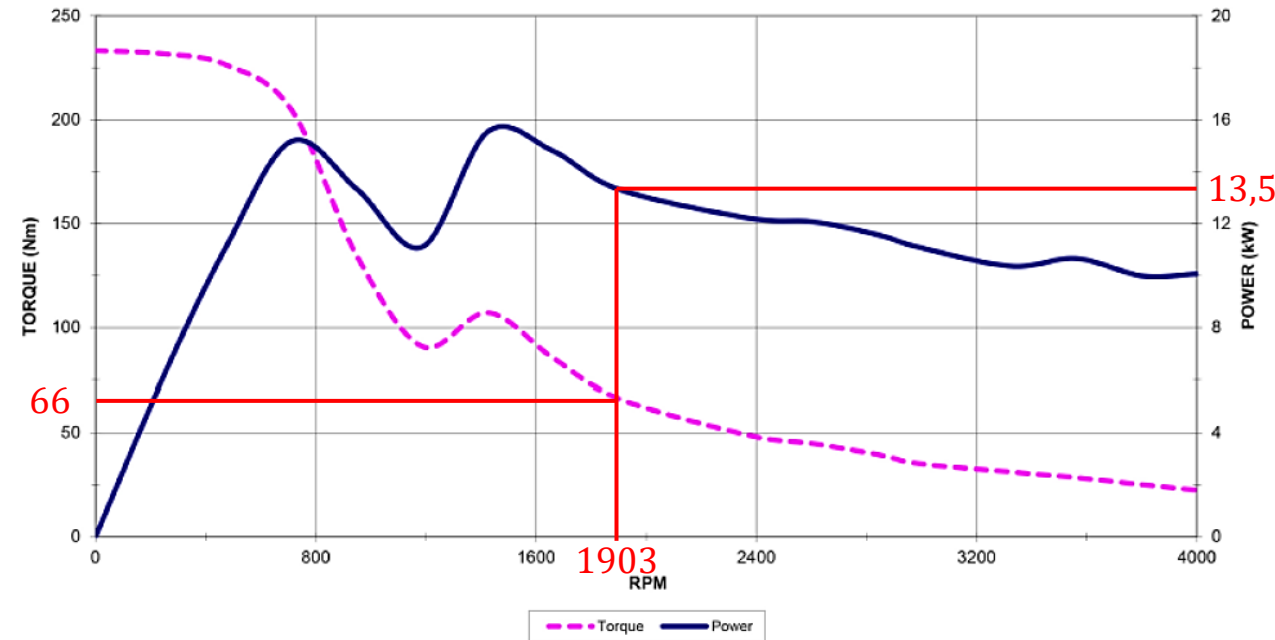
$$n = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D} \text{ (tr/min)} = \frac{1000 \cdot 275}{3,14 \cdot 46} = 1903 \text{ tr/min}$$

$$P_c = 22,34 \text{ Kw} > 13,5 \text{ Kw}$$

$$M_c = 112,11 \text{ Nm} > 66 \text{ Nm}$$



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



$$a_{p\text{ totale}} = (60-40)/2-0,53 = 9,47\text{mm (à enlever par ébauche), soit 3 passe de 3,156mm}$$

Plaquette	Profondeur de coupe			Avance			CMC No.	Aciers Matière	Force de coupe spécifique $k_{c1}$ N/mm <sup>2</sup>	Dureté Brinell HB	<<<< RÉSISTANCE À L'USURE		
	Recom.	Min.	max.	Recom.	Min.	max.					CT5015	GC1525	GC4335
	$a_p = \text{mm}$			$f_n = \text{mm/tr}$							$h_{ex}, \text{mm} \approx \text{avance } f_n, \text{mm/tr}$		
											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		
CNMG120416-PR	4	1.5	7	0.5	0.32	0.75	01.1	Acier non allié C = 0.1-0.25%	1500	125	650-540-440	560-465-380	425-275-200

Vérification de la puissance avec une passe de 3,156mm:

$$h_m = f_n \cdot \sin(K_r) \Rightarrow h_m = 0,5 \cdot \sin(95) \Rightarrow h_m = 0,498\text{mm}$$

$$k_c = k_{c1} \times \left(\frac{1}{h_m}\right)^{m_c} \times \left(1 - \frac{Y_0}{100}\right) = 1500 \cdot \left(\frac{1}{0,498}\right)^{0,25} \cdot \left(1 - \frac{22}{100}\right) = 1392$$

$$P_c = \frac{V_c \cdot a_p \cdot f_n \cdot K_c}{60000} \Rightarrow P_c = \frac{275 \cdot 3,156 \cdot 0,5 \cdot 1392}{60000} \quad P_c = 10 \text{ Kw}$$

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n} = 58,98 \text{ Nm}$$

Sur la **première** ébauche, le diamètre usiné est de :  $60 - 3,156 * 2 = 53,68\text{mm}$

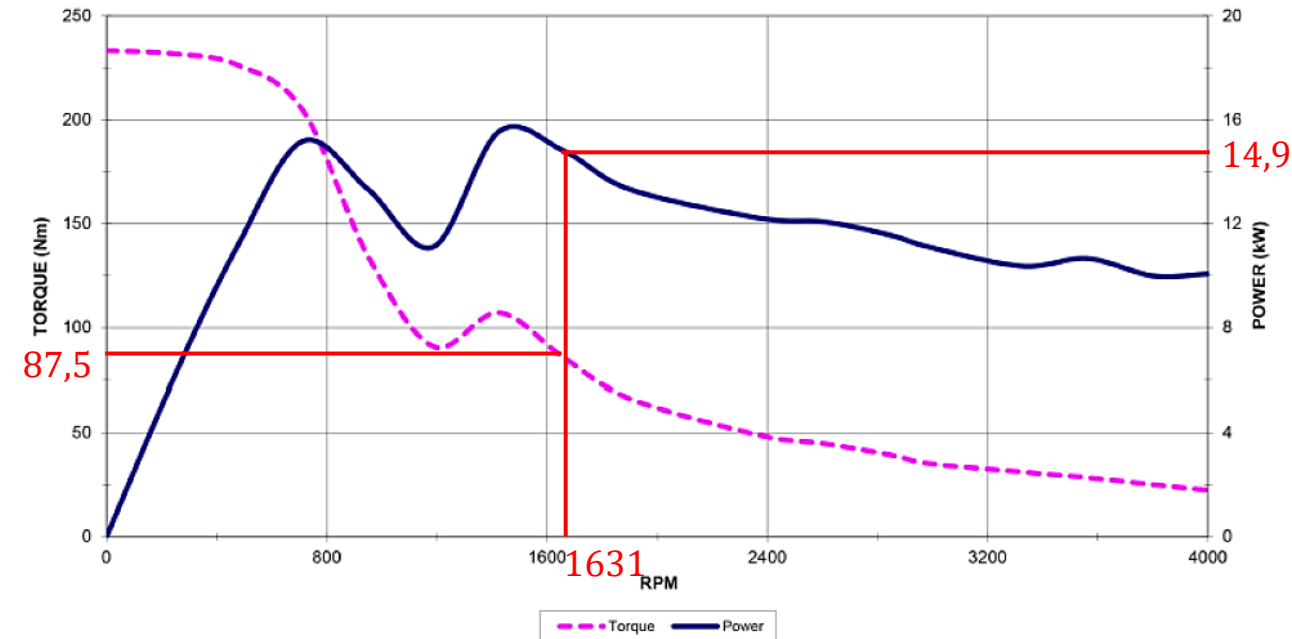
$$n = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D} \text{ (tr/min)} = \frac{1000 * 275}{3,14 * 53,68} = 1631 \text{ tr/min}$$

$$P_c = 10 \text{ Kw} < 13,5$$

$$M_c = 58,98 \text{ Nm} < 66$$



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



Conditions de coupe:  $f = 0,5\text{mm/tr}$  ;  $a_p = 3,156\text{mm}$  ;  $n = 1631 \text{ tr/min}$  ( $V_c$  CSS de  $275\text{m/min}$ )

Sur la **deuxième** ébauche, le diamètre usiné est de :  $60 - 3,156 \cdot 4 = 47,376$

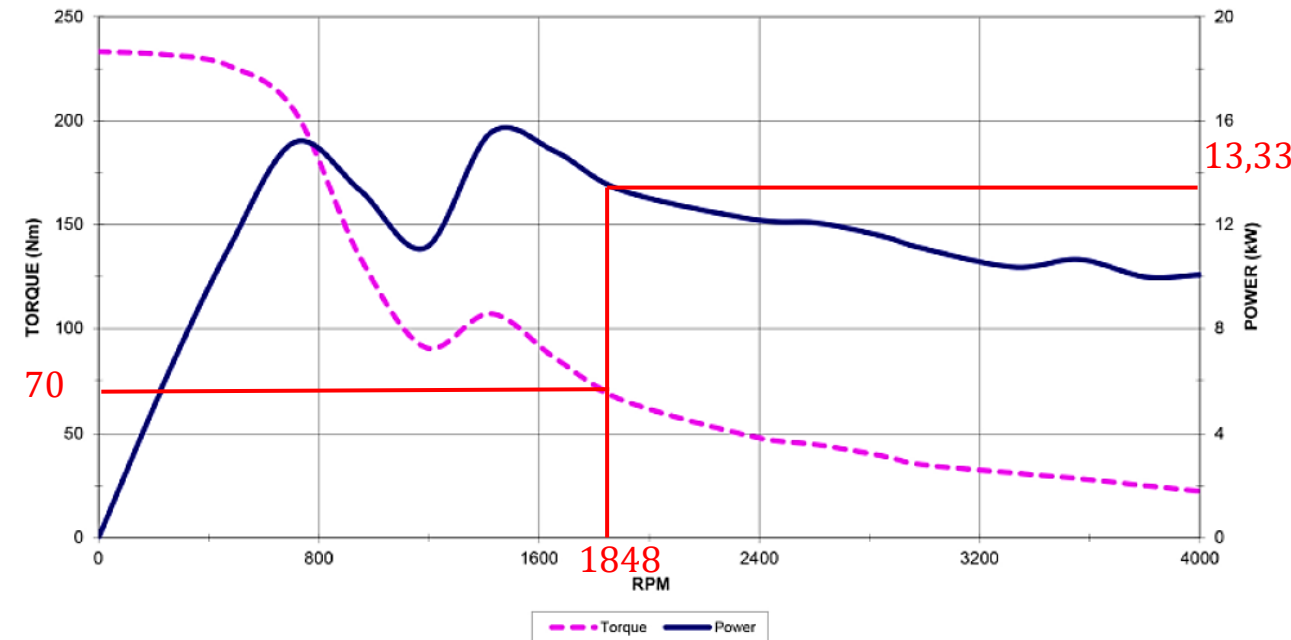
$$n = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D} \text{ (tr/min)} = \frac{1000 \cdot 275}{3,14 \cdot 47,376} = 1848 \text{ tr/min}$$

$$P_c = 10 \text{ Kw} < 13,33$$

$$M_c = 52,05 \text{ Nm} < 70$$



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



Conditions de coupe:  $f = 0,5 \text{ mm/tr}$  ;  $a_p = 3,156 \text{ mm}$  ;  $n = 1848 \text{ tr/min}$  ( $V_c$  CSS de  $275 \text{ m/min}$ )

Sur la **troisième** ébauche, le diamètre usiné est de :  $60 - 3,156 \cdot 6 = 41,06$

$$n = \frac{1000 \cdot V_c}{\pi \cdot D} \text{ (tr/min)} = \frac{1000 \cdot 275}{3,14 \cdot 41,06} = 2132 \text{ tr/min}$$

$$P_c = 10 \text{ Kw} < 13,33$$

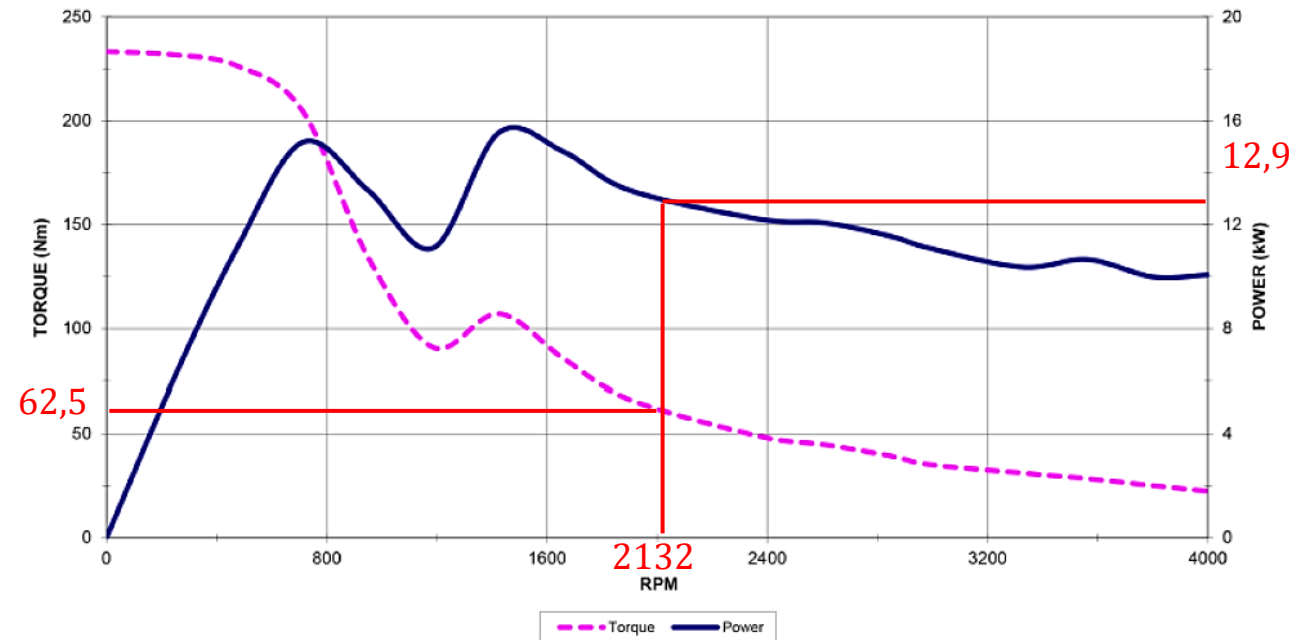
$$M_c = 45,12 \text{ Nm} < 62,5$$

Nota: pour les mêmes conditions de coupe, la puissance Consommée reste constante, plus que le diamètre diminue, plus que n augmente, et donc le couple nécessaire diminue

$$M_c = \frac{P_c \times 30 \times 10^3}{\pi \times n} \quad P_c = \frac{V_c \cdot a_p \cdot f_n \cdot K_c}{60000}$$



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



Donc en ébauche, si la première passe respecte les capacités de la machine, les passes qui suivent le respecterons aussi

Conditions de coupe:  $f = 0,5 \text{ mm/tr}$  ;  $a_p = 3,156 \text{ mm}$  ;  $n = 2132 \text{ tr/min}$  ( $V_c$  CSS de  $275 \text{ m/min}$ )

