

TRAVAUX DIRIGES DE PROGRAMMATION DES MACHINES-OUTILS A COMMANDE NUMERIQUE

1	EXERCICE N°1 : « AXEFV »	2
1.1	Choix des outils et des conditions de coupe	2
1.2	Démarche de résolution	2
1.3	Programmation.....	2
2	EXERCICE N°2 : « ELEMENT MODULAIRE »	3
2.1	Programmation sur Centre d'usinage horizontal 4 axes	3
2.2	Structure du programme	4
3	EXERCICE N°3 : « RAINURE DEBOUCHANTE »	5
3.1	Dessin de l'opération	5
3.2	Processus d'usinage	5
3.3	Questions	5
4	EXERCICE N°4 : « FILIERE »	7
4.1	Processus d'usinage et contraintes de programmation.....	7
4.2	Questions	7
5	ANNEXES	9
5.1	Résumé des opérations sur les variables L (d'après NUM 760).....	9
5.2	Tableau récapitulatif des paramètres 5, 6 et 7 en tournage	9
5.3	Carte de visite de l'outil de finition (N°1)	10
5.4	Carte de visite de l'outil d'ébauche (N°3)	11
5.5	Carte de visite de l'outil à fileter (N°5).....	12
5.6	Dessin de phase et silhouette pour l'exercice N°1 : « AxeFV »	13
5.7	Dessin de phase et silhouette pour l'exercice N°2 : « Elément modulaire ».....	13
5.8	Dessin de phase et silhouette pour l'exercice N°4 : « Filière »	13

E. LEFUR

1 Exercice N°1 : « AxeFV »

1.1 Choix des outils et des conditions de coupe

N° Op.	Désignation de l'outil	N° outil	Vc ou N	f mm	a mm
1	Outil à dresser à plaquette carbure PCLNL 1616H12-M Plaquette CNMG 120412 –PF GC 4015	1	Vc=305 m/min	0,2	1,5
2	Foret à centrer en ARS ¹	2	N=1000 tr/min	0,08	
3	Outil à charioter dresser à plaquette carbure PCLNL 1616H 12-M Plaquette CNMG 120412 –PR GC 4025	3	Vc=245 m/min	0,5	4
4	Outil à gorge en ARS Largeur 4 mm	4	Vc=15 m/min	0,08	
5	Outil de finition à plaquette carbure PCLNL 1616H 12-M Plaquette CNMG 120412 –PF GC 4015	1	Vc=305 m/min	0,2	0,8 (X) 0,1 (Z)
6	Outil à fileter à plaquette carbure R166.4 FG 16 16-16 Plaquette R166.0G-16MM01-300 GC1020	5	Vc=130 m/min	3	1,89/12 passes

Les cartes de visites des outils 1, 3 et 5 sont données en annexe

1.2 Démarche de résolution

Pour chaque opération il faut :

1. **déclarer** un en-tête (commentaire),
2. **appeler** l'outil,
3. **aller** au point d'approche en vitesse rapide,
4. **mettre** en route la broche, et éventuellement **programmer** la vitesse de coupe constante et **limiter** la fréquence de rotation broche.
5. **lubrifier**,
6. **usiner** selon les trajectoires définies dans le contrat de phase,
7. **aller** au point de changement d'outil ou à un point de dégagement pour une nouvelle opération.

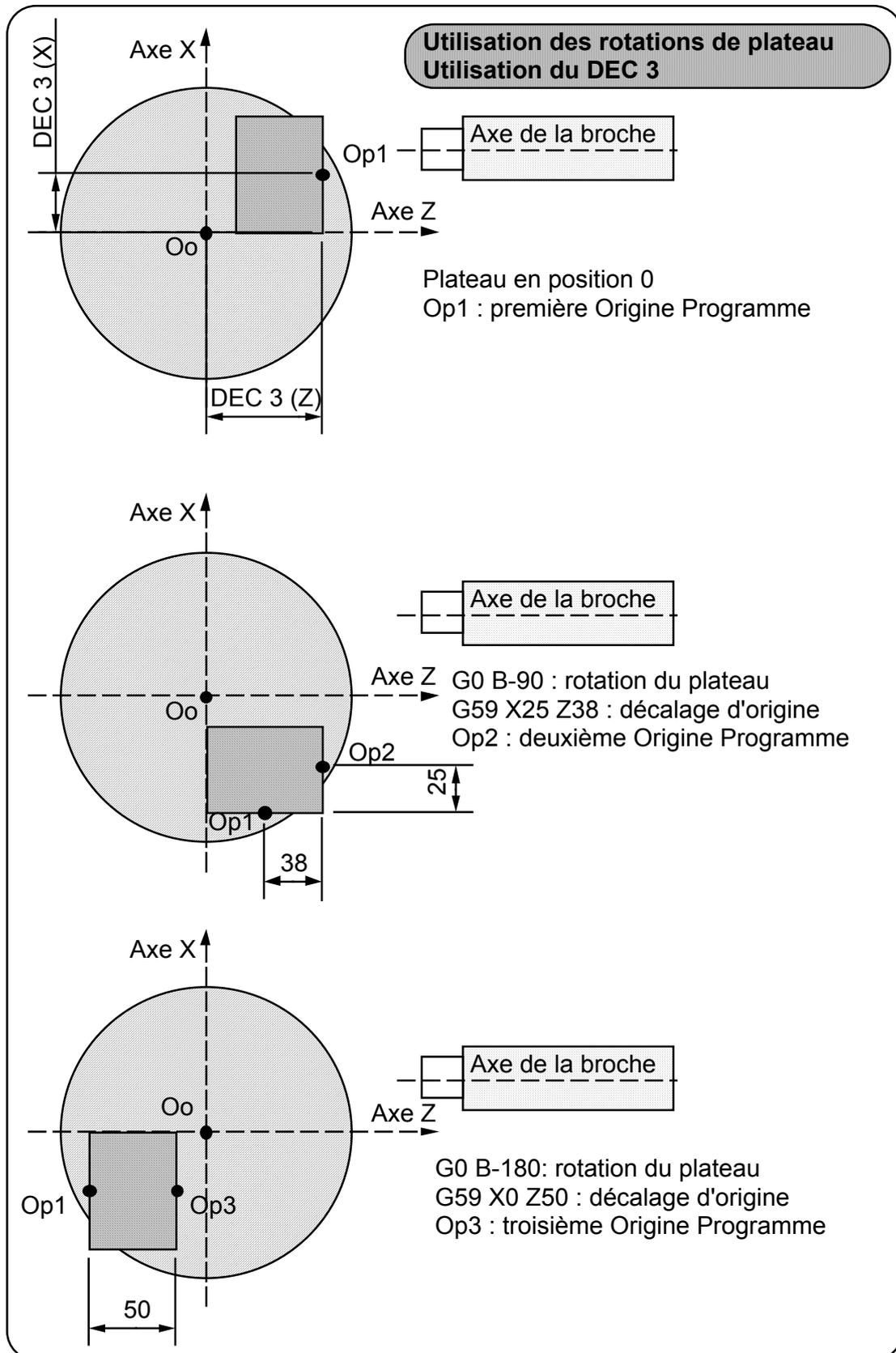
1.3 Programmation

A partir du dessin de fabrication, des données relatives aux outils et à l'aide du glossaire, écrire le programme CN correspondant à cette phase d'usinage.

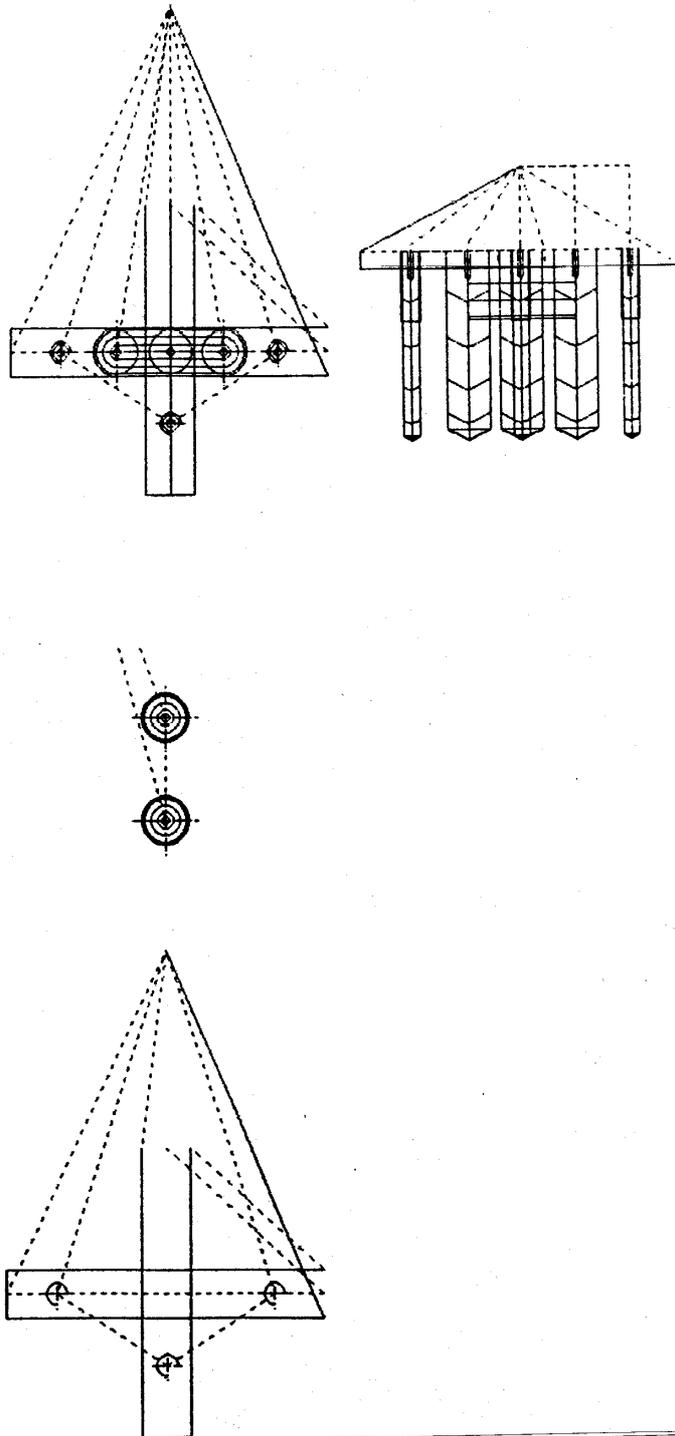
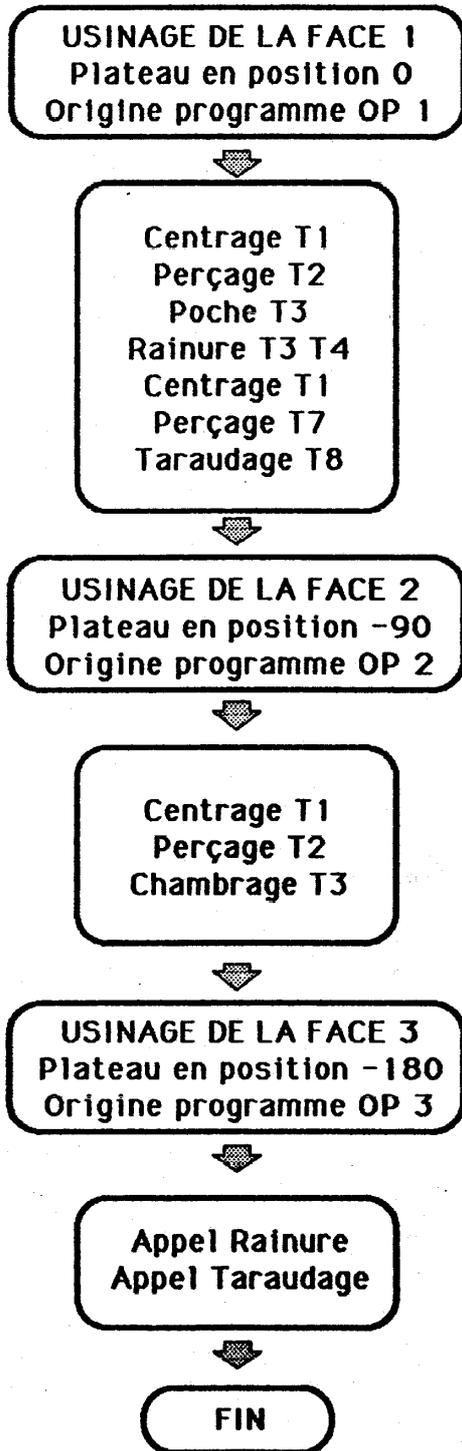
¹ ARS : Acier Rapide Supérieur (HSS en anglais pour High Speed Steel)

2 Exercice N°2 : « Élément Modulaire »

2.1 Programmation sur Centre d'usinage horizontal 4 axes



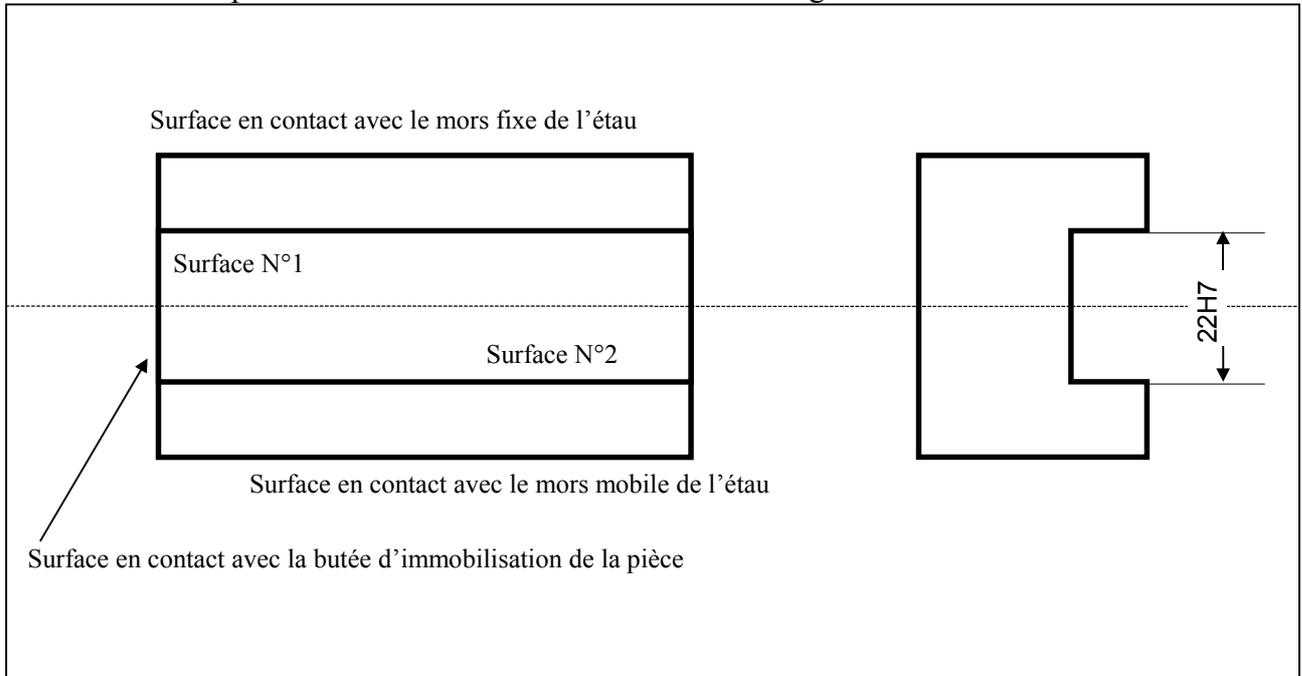
2.2 Structure du programme



3 Exercice N°3 : « Rainure débouchante »

3.1 Dessin de l'opération

Soit le dessin simplifié de la rainure étudiée dont la cote de largeur est 22H7 :



3.2 Processus d'usinage

Soit le processus d'usinage envisagé :

1. ébauche dans l'axe avec une fraise 2 tailles (N°1),
2. calibrage des flancs si nécessaire avec la fraise N°1 (opération facultative),
3. ½ finition des flancs avec une autre fraise 2 tailles (N°2)
4. mesure sans démontage de la pièce : mesure traditionnelle ou mesure à l'aide d'un palpeur sur MOCN,
5. finition des flancs avec la fraise N°2.

3.3 Questions

1. Définir la position de l'origine pièce et les axes du repère de programmation. Dans la suite, l'origine de programmation sera confondue avec l'origine pièce.
2. Ecrire le programme d'usinage complet de la rainure. (question facultative)
3. Après la ½ finition, quelles sont les mesures possibles ?
4. A quoi servent ces mesures ?
5. Quelles sont les contraintes que cela impose sur les paramètres du processus d'usinage ?
6. Le palpé des surfaces à l'aide d'un palpeur monté dans la broche permet de connaître la position de la surface dans le repère mesure. Si l'on appelle Q 'i le point mesuré, on récupère la composant du vecteur $\vec{OmQ}'i$ suivant la direction de

palpage. A quoi est du l'écart entre la position programmée (Q_i) et la position mesurée (Q'_i) ?

7. A quoi est due la différence entre l'écart sur une surface ($\overrightarrow{Q'_1Q_1} \cdot \vec{Y}$) et l'écart sur une autre ($\overrightarrow{Q'_2Q_2} \cdot \vec{Y}$) ?
8. Dans le cas où l'on désire corriger uniquement le rayon de l'outil après une mesure traditionnelle, écrire la relation donnant la valeur de la correction en fonction de la dimension mesurée et de la dimension visée.
9. Dans le cas où l'on désire corriger uniquement le rayon de l'outil après une mesure par palpement sur MOCN, écrire la relation donnant la valeur de la correction en fonction de la dimension visée et des informations données par la CN après palpement.
10. La mesure de la position de la surface 1 par rapport à l'origine mesure donne une valeur de 241,051 mm. La mesure de la position de la surface 2 par rapport à l'origine mesure donne une valeur de 220,015 mm. Faire l'application numérique sur une rainure dont la dimension visée après la $\frac{1}{2}$ finition est de 21 mm.
11. Quelles sont les autres corrections possibles ?

4 Exercice N°4 : « Filière »

Nous allons nous intéresser à la phase de tournage de la filière (voir documents correspondants) et au calcul des coordonnées du point courant.

4.1 Processus d'usinage et contraintes de programmation

Les opérations retenues pour cette phase sont :

- Finition du profil
- Dressage de la face avant à la dimension de 50 mm
- Perçage au diamètre 32 mm
- Ebauche paraxiale

Les contraintes de programmation à respecter sont :

- utiliser en priorité les blocs définis dans le glossaire des instructions du NUM 760 T
- programmer le point de changement d'outil par le bloc : G0 G52 X0 Z0
- programmer la gamme de vitesse de broche M41
- respecter l'origine de programmation définie sur le document correspondant
- utiliser l'outil proposé
- programmer une vitesse de coupe : $V_c = 250$ m/mn
- programmer une avance par tour : $f = 0,16$ mm
- usiner de l'extérieur vers l'intérieur
- tenir compte de la surépaisseur radiale laissée par la demie finition : $a_r = 0,1$ mm

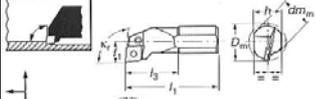
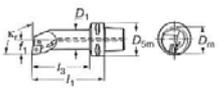
Les caractéristiques de la machine (appelées PREF par NUM) sont :

- $\overrightarrow{OmOo} \cdot \vec{X} = E60000 = -158488$ (valeur en micron)
- $\overrightarrow{OmOo} \cdot \vec{Z} = E61000 = -243748$ (valeur en micron)

4.2 Questions

1. Sans remettre en question les 4 opérations, donner l'ordre dans lequel les opérations seront exécutées et justifier votre réponse. On pourra dessiner ces opérations et les outils associés sur le document N°1.
2. Choix de l'outil de finition : justifier le choix de l'outil **C3-PCLNR-13075-09** donné dans le document correspondant.
3. En tenant compte des contraintes énoncées ci-dessus, il est demandé d'établir le programme de l'opération de finition du profil circulaire et de tracer avec soin et précision la trajectoire d'usinage sur le document correspondant.
4. Sur le document N°3, placer le point O_o et le point O_p .
5. Sur la partie droite du document, commenter en quelques lignes la prise de pièce.
6. Exprimer les composantes du vecteur \overrightarrow{OmR} (appelé par NUM : PT COUR/OM) en fonction des paramètres connus dans la position particulière où le point de contact est Q_1 de coordonnée 40 sur X et 40 sur Z. Il est demandé d'écrire l'équation vectorielle, les 2 équations scalaires, puis de faire l'application numérique.
7. En prenant directement les caractéristiques de l'outil **C3-PCLNR-13075-09** dans l'extrait de catalogue ci-dessous, dessiner l'outil dans cette position particulière sur le document N°2.

8. Ecrire la ligne de la table d'outil correspondant au correcteur D1.

Plaquettes 	 CNMM  CNMG  CNGA, CNMA Voir pages A 10, A 18-22, A 63	Référence de commande 	Dimensions, mm								
			$d_{m_{min}}$	D_m	f_1	h	l_1	l_2	λ_s	r_c	
PCLNR/L $\kappa_r 95^\circ$  A levier Barres d'alésage Angle de coupe (avec plaquette plane): -6° Angle d'inclinaison: λ_s Coromant Capto®  	09	S16R-PCLNR/L 09 S20S-PCLNR/L 09 S25T-PCLNR/L 09	16 20 25	20 25 32	11 13 17	15 18 23	200 250 300	26 29 33	-13° -11° -10°	0,8 0,8 0,8	
	12	S25T-PCLNR/L 12 S32U-PCLNR/L 12 S40V-PCLNR/L 12	25 32 40	32 40 50	17 22 27	23 30 37	300 350 400	37 40 56	-13° -11° -10°	0,8 0,8 0,8	
	16	S50W-PCLNR/L 16	50	63	35	47	450	56	-11°	1,2	
	19	S50W-PCLNR/L 19	50	63	35	47	450	63	-11°	1,2	
				$D_{m_{min}}$	D_1	D_{sm}	f_1	l_1	l_2	λ_s	r_c
	09	C3-PCLNR/L-13075-09 -17090-09	25 32	20 25	32 32	13 17	75 90	59 74	-11° -10°	0,8 0,8	
		C4-PCLNR/L-13080-09 -17090-09	25 32	20 25	40 40	13 17	80 90	59 68	-11° -10°	0,8 0,8	
		C5-PCLNR/L-13080-09 -17090-09	25 32	20 25	50 50	13 17	80 90	56 67	-11° -10°	0,8 0,8	
	12	C3-PCLNR/L-17090-12 -22064-12 -22090-12	32 40 40	25 32 32	32 22 22	17 22 22	90 64 96	74 49 81	-11° -11° -11°	0,8 0,8 0,8	
		C4-PCLNR/L-17090-12 -22110-12 -27080-12 -27120-12	32 40 50 50	25 32 40 40	50 22 27 27	17 22 80 120	90 110 80 100	68 69 69 100	-11° -11° -10° -11°	0,8 0,8 0,8 0,8	
		C5-PCLNR/L-17090-12 -22110-12 -27140-12 -35100-12	32 40 50 63	25 32 40 50	50 22 27 35	17 22 140 100	90 88 119 80	67 88 119 80	-11° -11° -10° -7°	0,8 0,8 0,8 0,8	
		C6-PCLNR/L-17100-12 -22110-12	32 40	32 32	63 22	17 110	100 84	73 84	-11° -11°	0,8 0,8	
	16	C5-PCLNR/L-35150-16	63	50	50	35	150	130	-11°	1,2	
		C6-PCLNR/L-27140-16 -35175-16	50 63	40 50	63 63	27 35	140 175	115 152	-11° -11°	1,2 1,2	

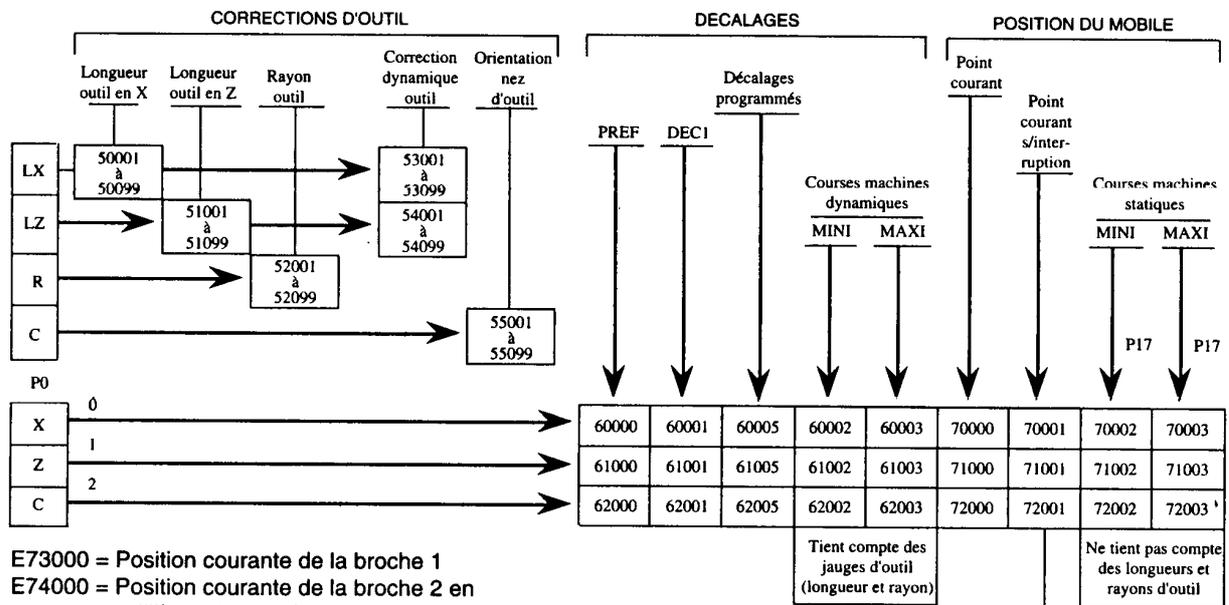
5 ANNEXES

5.1 Résumé des opérations sur les variables L (d'après NUM 760)

Symbole	Opération	Permet le chaînage des différents termes d'une expression (1)	Qualifie le terme suivant
+	Addition	oui	oui
-	Soustraction	oui	oui
*	Multiplication	oui	non
/	Division	oui	non
R	Racine carrée	non	oui
S	Sinus (2)	non	oui
C	Cosinus (2)	non	oui
T	Troncature (3)	non	oui
A	Arctangente (4)	non	oui

1. L'opération réunit le terme suivant le symbole au résultat des opérations précédentes. Il n'y a pas d'opérateur prioritaire.
2. Le terme suivant les opérateurs S et C est exprimé en degrés (valeur ou paramètre L) ou en 1/1000e de degré (paramètre E).
3. Extraction de la valeur entière du terme suivant le symbole.
4. Le résultat est en degré.

5.2 Tableau récapitulatif des paramètres 5, 6 et 7 en tournage



- E73000 = Position courante de la broche 1
- E74000 = Position courante de la broche 2 en millième de degré
- E7x004 = Direction du déplacement
- E7x005 = Affectation d'axes
- E50000 = Numéro de correcteur d'outil courant
- E51000 = Direction d'outil
- E56xxx = Gestion d'usure d'outil
- E63000 = Valeur de l'angle pour axes inclinés

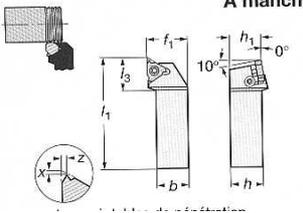
A partir de documents NUM

5.3 Carte de visite de l'outil de finition (N°1)

Désignation du porte plaquette PCLNL 1616H12-M		Désignation de la plaquette CNMG 120412-PF GC4015																																														
Plaquettes CNMM CNMG CNGA, CNMA Voir pages A 10, A 18-22, A 63	Référence de commande 	Plaquettes rhombiques 80° Voir la codification, page A 6. ISO	NUANCES Plages d'appl. Description de <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="background-color: #cccccc; text-align: center;">P</td> <td style="background-color: #cccccc;">Aciers</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">HT</td> <td style="text-align: center;">HC</td> <td style="text-align: center;">HC</td> <td style="text-align: center;">HC</td> <td style="text-align: center;">h</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">5015</td> <td style="text-align: center;">1525</td> <td style="text-align: center;">4015</td> <td style="text-align: center;">4025</td> <td style="text-align: center;">4035</td> </tr> </table>	P	Aciers	HT	HC	HC	HC	h	5015	1525	4015	4025	4035																																	
P	Aciers																																															
HT	HC	HC	HC	h																																												
5015	1525	4015	4025	4035																																												
PCLNR/L $\kappa_r 95^\circ$ Angle de coupe (avec plaquette plane): -6° Angle d'inclinaison: -6°	A levier Outil à manche 	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">09</td> <td>PCLNR/L 1616H09 2020K09 2525M09</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">12</td> <td>PCLNR/L 1616H12-M 2020K12 2525M12 3225P12</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">16</td> <td>PCLNR/L 2525M16 3225P16 3232P16</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">19</td> <td>PCLNR/L 2525M19 3225P19 3232P19 4040S19</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">25</td> <td>PCLNR/L 4040S25 5050T25</td> </tr> </table>	09	PCLNR/L 1616H09 2020K09 2525M09	12	PCLNR/L 1616H12-M 2020K12 2525M12 3225P12	16	PCLNR/L 2525M16 3225P16 3232P16	19	PCLNR/L 2525M19 3225P19 3232P19 4040S19	25	PCLNR/L 4040S25 5050T25	Plaquettes de base <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="text-align: center;">CNMG 12 04 04-WF</td> <td style="text-align: center;">☆</td> <td style="text-align: center;">☆</td> <td style="text-align: center;">★</td> <td style="text-align: center;">☆</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">12 04 08-WF</td> <td style="text-align: center;">☆</td> <td style="text-align: center;">☆</td> <td style="text-align: center;">★</td> <td style="text-align: center;">☆</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">WF Plaquette Wiper Usinage sous hautes avances pour un état de surface optimal Voir page A 8.</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 5px;"> <tr> <td style="text-align: center;">CNMG 09 03 04-PF</td> <td style="text-align: center;">☆</td> <td style="text-align: center;">☆</td> <td style="text-align: center;">★</td> <td style="text-align: center;">☆</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">09 03 08-PF</td> <td style="text-align: center;">☆</td> <td style="text-align: center;">☆</td> <td style="text-align: center;">★</td> <td style="text-align: center;">☆</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">12 04 04-PF</td> <td style="text-align: center;">☆</td> <td style="text-align: center;">☆</td> <td style="text-align: center;">★</td> <td style="text-align: center;">☆</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">12 04 08-PF</td> <td style="text-align: center;">☆</td> <td style="text-align: center;">☆</td> <td style="text-align: center;">★</td> <td style="text-align: center;">☆</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">12 04 12-PF</td> <td style="text-align: center;">☆</td> <td style="text-align: center;">☆</td> <td style="text-align: center;">★</td> <td style="text-align: center;">☆</td> </tr> </table> <p style="text-align: center;">PF P-Line Choix prioritaire pour finition des aciers</p>	CNMG 12 04 04-WF	☆	☆	★	☆	12 04 08-WF	☆	☆	★	☆	CNMG 09 03 04-PF	☆	☆	★	☆	09 03 08-PF	☆	☆	★	☆	12 04 04-PF	☆	☆	★	☆	12 04 08-PF	☆	☆	★	☆	12 04 12-PF	☆	☆	★	☆
09	PCLNR/L 1616H09 2020K09 2525M09																																															
12	PCLNR/L 1616H12-M 2020K12 2525M12 3225P12																																															
16	PCLNR/L 2525M16 3225P16 3232P16																																															
19	PCLNR/L 2525M19 3225P19 3232P19 4040S19																																															
25	PCLNR/L 4040S25 5050T25																																															
CNMG 12 04 04-WF	☆	☆	★	☆																																												
12 04 08-WF	☆	☆	★	☆																																												
CNMG 09 03 04-PF	☆	☆	★	☆																																												
09 03 08-PF	☆	☆	★	☆																																												
12 04 04-PF	☆	☆	★	☆																																												
12 04 08-PF	☆	☆	★	☆																																												
12 04 12-PF	☆	☆	★	☆																																												
GC4015 (P15) Nuance à épais revêtement CVD de TiCN, Al ₂ O ₃ et TiN, extrêmement résistant à l'usure, de couleur dorée pour faciliter la détection de l'usure. Sous le revêtement, un substrat dur, avec une zone enrichie en cobalt près de la surface, grâce à laquelle la nuance peut supporter des températures de coupe élevées et conserver une bonne sécurité d'arête. Nuance ultra-performante, idéale pour des vitesses de coupe élevées et l'usinage à sec dans le champ P15.		TiN Al ₂ O ₃ Ti (C,N)																																														
Matériaux de la plaquette : GC4015 ▲		Diagramme brise copeau (-PF) ▼																																														
GÉOMÉTRIES DE BASE																																																
Plage d'application: CNMG 12 04 08-PF $a_p = 0,3 - 1,5 \text{ mm}$ $f_n = 0,10 - 0,40 \text{ mm/tr}$		Finition des aciers Coupe douce en tournage axial et radial, copiage, chanfreinage et remontée de face. Faibles forces de coupe. Excellents états de surface et tolérances serrées.																																														
	<div style="background-color: #cccccc; padding: 2px; display: inline-block;">P</div>																																															

Notes personnelles :

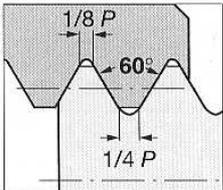
5.5 Carte de visite de l'outil à fileter (N°5)

Désignation du porte plaquette R166.4FG-1616-16		Désignation de la plaquette R166.0G-16MM01-300 GC1020						
Filetage et gorges extérieurs  166.0G, 154.0G ¹⁾ R166.0FG / R/L166.4FG A manche 	Plage de pas mm (filets/pouce)	Référence de commande	Pas mm	Extérieur Référence de commande	Dimensions, mm H_A H_B	Nuances Coromant		
						16 0,5-3,0 (32-8) 22 3,5-6,0 (7-4) 27 8,0 (3)	R/L 166.4FG -1616-16 -2020-16 -2525-16 -3225-16 R/L 166.4FG -2525-22 -3232-22 -4040-22 R 166.0FG-4040-27	GC1020 GC4125 S10 H13A1
TiN  GC1020 Nuance à revêtement PVD de TiN sur un substrat à grain très fin mis au point pour un filetage de haute qualité. Excellents résultats dans les trois groupes de matières, P, M et K.			1,75 2,00 2,50 3,00	R166.0G-16MM01-175 L -16MM01-175 R -16MM01C175 R -16MM01F175 R166.0G-16MM01-200 L -16MM01-200 R -16MM02-200*) R -16MM01C200 R -16MM01F200 R166.0G-16MM01-250 L -16MM01-250 R166.0G-22MM02-250*) R -16MM01C250 R -16MM01F250 R166.0G-16MM01-300 ¹⁾ L -16MM01-300 ¹⁾ -22MM02-300*) R -16MM01C300 R -16MM01F300	1,31 0,25 1,50 0,29 1,87 0,36 2,25 0,42	★ ☆ ☆ ☆ ★ ☆ ☆ ☆ ★ ☆ ☆ ☆ ★ ☆ ☆ ☆ ★ ☆ ☆ ☆		

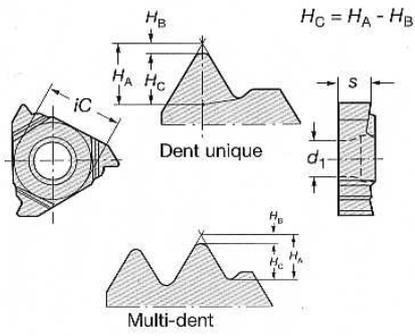
Matériaux de la plaquette : GC1020 ▲ Plaquette pour filetage métrique 60° ▼

FILETAGE Plaquettes T-MAX U-Lock

Métrique 60° Profil complet
 Filetage à usage général pour tous les secteurs de la construction mécanique.



ISO 965-1980
Classe de tolérance 6



Dent unique
Multi-dent

$H_C = H_A - H_B$

GC1020
P $v_c = 125$ m/min
M $v_c = 130$ m/min
K $v_c = 105$ m/min

Valeurs de départ recommandées pour la nuance de base GC1020 dans les aciers, les aciers inoxydables et les fontes.
 Recommandations plus complètes page C 48.

Recommandations de pénétration et cotes x et z des plaquettes pages C 51-54.

mm	iC	d_1	s	
11	0,5-2,0	6,35	2,8	3,17
16	0,5-3,0	9,525	4,4	3,97
22	3,5-6,0	12,7	5,5	5,56

Illustration: version à droite pour filetage extérieur ou à gauche pour filetage intérieur

