

mémotech

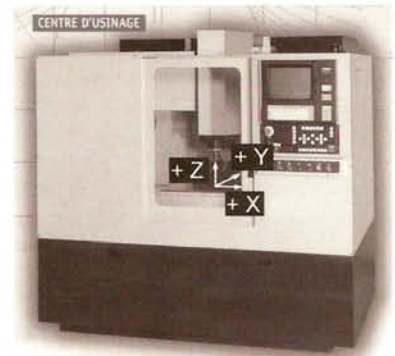
commande numérique
programmation

J.-P. Urso

Technical drawing showing a cross-section and a top view of a cylindrical part with various dimensions. Below the drawing is a table with specifications:

Contrôle de phase	Quantité	Unité	Matériau
Phase 1 - 45°	1000	pièces	ALU 6061
Phase 2 - 90°	1000	pièces	ALU 6061
Phase 3 - 135°	1000	pièces	ALU 6061
Phase 4 - 180°	1000	pièces	ALU 6061

Below the table is another technical drawing of a circular part with dimensions.



Collection
A.Capliez



TABLE DES MATIÈRES

1	PROGRAMMATION EN COMMANDE NUMÉRIQUE6	3.4	CYCLES D'USINAGE 116
1.1	PROGRAMMATION DES MACHINES À COMMANDE NUMÉRIQUE.....6	3.4.1	Cycles de perçage et d'alésage 116
1.1.1	Principes généraux.....6	3.4.2	Cycles de filetage et de taraudage 125
1.1.2	Référentiels de programmation - systèmes d'axes7	3.4.3	Cycles de poches..... 128
1.1.3	Origines8	3.4.4	Exemples d'utilisation de cycles : perçages - taraudages - usinages de poches simples et complexes 138
1.1.4	Décalages.....10	4	PROGRAMMATION STRUCTURÉE 146
1.2	ÉCRITURE DES PROGRAMMES15	4.1	ALGORITHME ET CODE ISO..... 146
1.2.1	Définition15	4.1.1	Appel et saut 146
1.2.2	Formats16	4.1.2	Interruption 146
1.2.3	Structure générale des programmes18	4.1.3	Création-suppression-insertion : programme et bloc..... 151
1.2.4	Classification des fonctions20	4.2	STRUCTURATION DES PROGRAMMES 151
2	FONCTIONS ISO TOURNAGE22	4.2.1	Méthodologie 151
2.1	CODAGE ET DÉSIGNATION22	4.2.2	Analyse structurée..... 151
2.1.1	Fonctions G.....22	4.2.3	Structuration sur deux niveaux en tournage 151
2.1.2	Fonctions M24	4.2.4	Structuration sur trois niveaux en fraisage 151
2.1.3	Autres fonctions24	4.3	PROGRAMMATION PARAMÉTRÉE 151
2.2	PROGRAMMATION DE L'OUTIL.....25	4.3.1	Les variables programme L..... 151
2.2.1	Orientation de l'outil.....25	4.3.2	Les paramètres externes E 151
2.2.2	Appel d'outil28	4.3.3	Applications : bride de serrage - encoche 151
2.2.3	Jauge et correcteur d'outil29	4.3.4	Bibliothèque de profils paramétrés 151
2.2.4	Positionnement outil/pièce.....33	4.4	PROGRAMMATION GÉOMÉTRIQUE DE PROFIL (PGP)..... 151
2.3	PROGRAMMATION DES MOUVEMENTS35	4.4.1	Principes généraux..... 151
2.3.1	Choix des origines de déplacements35	4.4.2	Éléments de programmation des blocs en PGP 151
2.3.2	Choix de programmation38	4.4.3	Applications : pièce de jeu d'échecs - biellette 151
2.3.3	Commandes de broches.....40	5	ÉTUDES DE CAS..... 198
2.3.4	Interpolations.....45	5.1	PALIER..... 198
2.3.5	Vitesses de déplacement53	5.1.1	Mise en situation 198
2.4	CYCLES D'USINAGE56	5.1.2	Étude : phases 300 et 400 (tournage CN) 198
2.4.1	Cycles d'ébauche.....56	5.1.3	Programmation : phases 300 et 400 (tournage CN)..... 198
2.4.2	Cycles de perçage et d'alésage64	5.1.4	Étude phase : 500 (fraisage CN) 198
2.4.3	Cycles de filetage et de taraudage70	5.1.5	Programmation : phase 500 (fraisage CN) 198
3	FONCTIONS ISO FRAISAGE81	5.2	BRIDE 198
3.1	CODAGE ET DÉSIGNATION81	5.2.1	Mise en situation 198
3.1.1	Fonctions G.....81	5.2.2	Étude : phases 100 et 200 (tournage CN) 198
3.1.2	Fonctions M83	5.2.3	Programmation : phases 100 et 200 (tournage CN)..... 198
3.1.3	Autres fonctions83	5.3	CABESTAN À SYSTÈME UNIVERSEL D'AUTO-ENROULEMENT 198
3.2	PROGRAMMATION DE L'OUTIL.....84	5.3.1	Mise en situation 198
3.2.1	Orientation de l'axe de l'outil84	5.3.2	Représentation graphique..... 198
3.2.2	Appel d'outil85	5.3.3	Flasque inférieur : processus de fabrication, contrats de phases et programmes 198
3.2.3	Jauge et correcteur d'outil86	5.3.4	Flasque supérieur : processus de fabrication, contrats de phases et programmes 198
3.2.4	Positionnement outil/pièce.....90		
3.3	PROGRAMMATION DES MOUVEMENTS93		
3.3.1	Choix des origines de déplacements93		
3.3.2	Choix de programmation96		
3.3.3	Commandes de broches.....97		
3.3.4	Interpolations.....100		
3.3.5	Vitesses de déplacement111		

ANNEXES**A.1 FONCTIONS ISO DIVERSES251**

A.1.1	ÉCART DE POURSUITE.....	251
A.1.2	FONCTION MIROIR.....	252
A.1.3	HOMOTHÉTIE.....	253
A.1.4	DÉGAGEMENT D'URGENCE.....	254

A.2 MATÉRIAUX ET ALLIAGES.....255

A.2.1	SYMBOLISATION ET DÉSIGNATION.....	255
A.2.1.1	Symboles chimiques et métallurgiques.....	255
A.2.1.2	Désignation des aciers et fontes.....	257
A.2.1.3	Désignation des métaux et alliages non ferreux.....	259
A.2.2	ESSAIS DES MATÉRIAUX.....	262
A.2.2.1	Caractéristiques mécaniques.....	262
A.2.2.2	Essai de traction.....	263
A.2.2.3	Essais de dureté Brinell.....	264
A.2.2.4	Essais de dureté Vickers.....	264
A.2.2.5	Essais de dureté Rockwell.....	265
A.2.2.6	Essai au choc.....	265
A.2.3	CHOIX DES MATÉRIAUX.....	266
A.2.3.1	Nuances et qualités recommandées.....	266
A.2.3.2	Nuances et caractéristiques.....	267
A.2.4	TRAITEMENTS THERMIQUES.....	270
A.2.4.1	Diagramme fer - carbone.....	270
A.2.4.2	Traitements thermiques dans la masse.....	271
A.2.4.3	Traitements de surface.....	272

A.3 COUPE DES MATÉRIAUX.....274

A.3.1	USINAGE PAR COUPE.....	274
A.3.1.1	Paramètres d'usinage par coupe.....	274
A.3.1.2	Durée de vie de l'outil - modèle de Taylor.....	276
A.3.1.3	Génération de surfaces.....	278
A.3.1.4	Conditions de coupe.....	279
A.3.2	OUTILS DE COUPE.....	280
A.3.2.1	Outils de fraisage.....	284
A.3.2.2	Code des plaquettes.....	292
A.3.2.3	Recommandations et correspondance internationale.....	294
A.3.2.4	Outils de tournage.....	296
A.3.2.5	Outils d'alésage et de perçage.....	299

A.4 SPÉCIFICATIONS DIMENSIONNELLES ET GÉOMÉTRIQUES304

A.4.1	TOLERANCES DIMENSIONNELLES - AJUSTEMENTS.....	304
A.4.1.1	Définitions.....	304
A.4.1.2	Représentation graphique.....	304
A.4.1.3	Qualités et valeurs des tolérances.....	305
A.4.1.4	Positionnement des intervalles de tolérance (IT).....	305
A.4.1.5	Positionnement et signe des écarts.....	305
A.4.1.6	Écarts fondamentaux des alésages.....	306
A.4.1.7	Écarts fondamentaux des arbres.....	307
A.4.1.8	Résolution d'un ajustement.....	308

A.4.1.9	Ajustements recommandés en fabrications mécaniques.....	309
A.4.2	TOLÉRANCES GÉOMÉTRIQUES.....	310
A.4.2.1	Références géométriques.....	310
A.4.2.2	Principes généraux.....	311
A.4.2.3	Tolérances de forme.....	312
A.4.2.4	Tolérances d'orientation.....	313
A.4.2.5	Tolérances de position.....	315
A.4.2.6	Tolérances de battement.....	316
A.4.3	COTATION FONCTIONNELLE.....	318
A.4.3.1	Définitions.....	318
A.4.3.2	Représentation vectorielle.....	318
A.4.3.3	Calcul d'une chaîne de cotes.....	319
A.4.3.4	Cotes unilimites.....	321
A.4.3.5	Transferts de cotes.....	323

A.5 MESSAGES D'ERREUR NUM324

A.5.1	ERREURS DIVERSES ET ERREURS MACHINE.....	324
A.5.2	ERREURS EN PROGRAMMATION PARAMÉTRÉE.....	325
A.5.3	ERREURS EN PGP.....	326
A.5.3.1	Le point d'arrivée est déterminé ou peut être calculé à l'aide des éléments du bloc.....	326
A.5.3.2	Le point de tangence ou d'intersection peut être calculé à l'aide des données de deux blocs.....	326
A.5.3.3	Les points de tangence ou d'intersection peuvent être calculés à l'aide des données de trois blocs.....	326
A.5.3.4	Erreurs dans la définition des congés ou des chanfreins.....	326
A.5.3.5	Erreurs diverses en PGP.....	326
A.5.4	ERREURS DIVERSES.....	327
A.5.5	DEMANDE DE DÉPLACEMENTS EN DEHORS DES COURSES MACHINES.....	327
A.5.6	ERREURS EN PROGRAMMATION STRUCTURÉE.....	327
A.5.7	DÉFAUTS AXES.....	328
A.5.8	ERREURS EN CYCLES DE POCHEs QUELCONQUES.....	328
A.5.9	AXES NON IDENTIFIÉS SUR LE BUS.....	329
A.5.10	OPÉRATEURS DYNAMIQUES EN C.....	329
A.5.11	ERREURS EN INTERPOLATIONS SPLINE.....	329
A.5.12	ERREURS EN NUMAFORM.....	329
A.5.13	ERREURS DE PROGRAMMATION DES CYCLES.....	330

BIBLIOGRAPHIE ET DOCUMENTATION TECHNIQUE331**INDEX332**

1 PROGRAMMATION EN COMMANDE NUMÉRIQUE

1.1 PROGRAMMATION DES MACHINES À COMMANDE NUMÉRIQUE

1.1.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX

FONCTIONNEMENT

Une Machine Outil à Commande Numérique par Calculateur (MOCNC ou plus simplement CNC) est capable de commander ses propres mouvements suivant deux ou trois axes (voire davantage) et de mesurer avec précision les déplacements de ses organes mobiles : porte-pièce et/ou porte-outils.

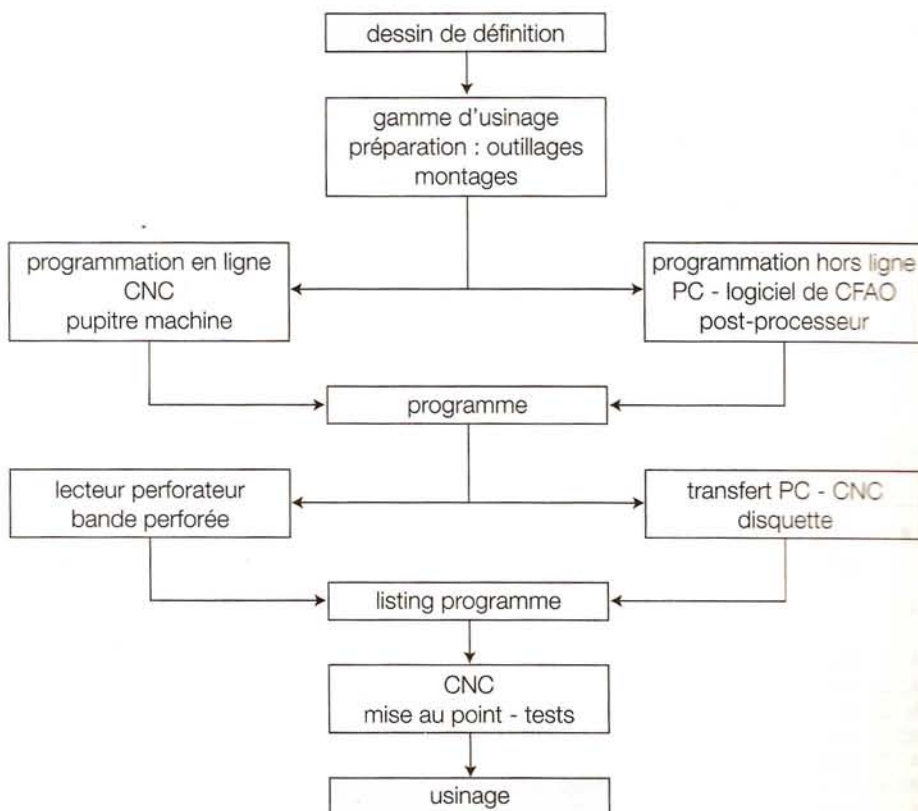
Ces automatismes sont gérés par un système électronique (directeur de commande numérique) qui garde en mémoire la description des opérations à effectuer : le programme.

PROGRAMMATION

Elle consiste en une suite d'instructions que le calculateur interprète pour commander un usinage sur la machine.

Des logiciels d'aide à la programmation (logiciels de Conception et de Fabrication Assistée par Ordinateur : CFAO) permettent d'éviter de fastidieux calculs de points. A partir de la pièce à usiner et compte tenu du directeur de commande, un post-processeur calcule puis traduit en ordres exécutables les déplacements à réaliser.

ÉLABORATION D'UN PROGRAMME



1.1.2 RÉFÉRENTIELS DE PROGRAMMATION – SYSTÈMES D'AXES

DÉFINITIONS

■ AXES PRIMAIRES (trièdre de référence)

Le système normal de coordonnées est un trièdre orthonormé direct (X, Y, Z).

Le sens positif est celui qui provoque un accroissement de dimension. Dans la plupart des cas :

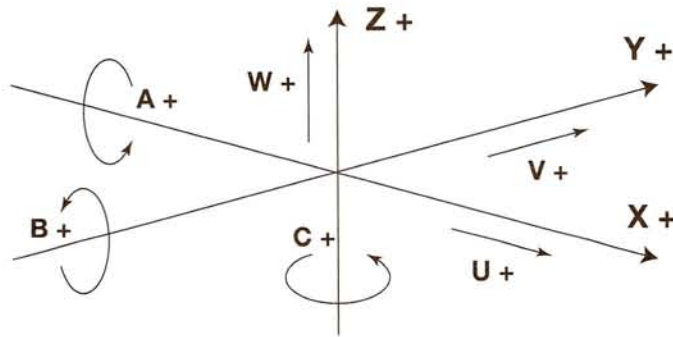
- * l'axe Z est celui de la broche ;
- * l'axe X est le déplacement ayant la plus grande amplitude ;
- * l'axe Y forme avec les deux autres axes le trièdre de sens direct.

■ AXES SECONDAIRES

Les axes U, V et W sont parallèles à X, Y et Z (mouvements de translation).

■ AXES ROTATIFS

Les axes A, B et C définissent les mouvements de rotation autour des axes X, Y et Z.



Ce système de coordonnées est conforme à la norme NF Z 68-020 (ISO 841).

RÉFÉRENTIEL DE PROGRAMMATION EN TOURNAGE

Axe Z : axe de la broche ; il correspond au déplacement longitudinal de la tourelle porte-outils.
 Axe X : perpendiculaire à l'axe Z ; il correspond au déplacement radial de la tourelle porte-outils.



Axe Z : axe de la broche ; il correspond au déplacement vertical de la table (si axe Z vertical).
 Axe X : perpendiculaire à l'axe Z ; il correspond au plus grand déplacement.
 Axe Y : il forme un trièdre de sens direct avec les deux autres axes.



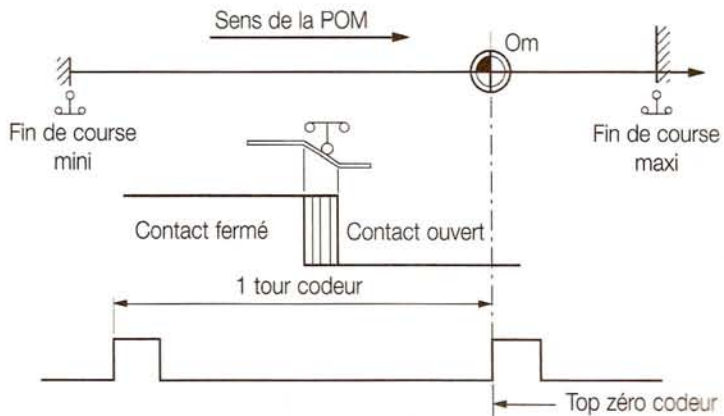
1.1.3 ORIGINES

origine mesure OM 	C'est l'origine physique des axes de la machine représentée par une butée détectée par un capteur électrique lors de l'initialisation ou prise d'origine machine (POM).
origine machine Om 	C'est la référence des déplacements de la machine. C'est un point défini (sur chaque axe) par le constructeur qui permet de définir l'origine absolue de la machine. OM et Om peuvent être confondus.

Sur chacun des axes, l'origine machine (Om) est acquise lorsque :

- la butée d'origine a été actionnée dans le sens de déplacement prévu (sens de la POM) ;
- le codeur qui mesure le déplacement de l'axe envoie son « top zéro ».

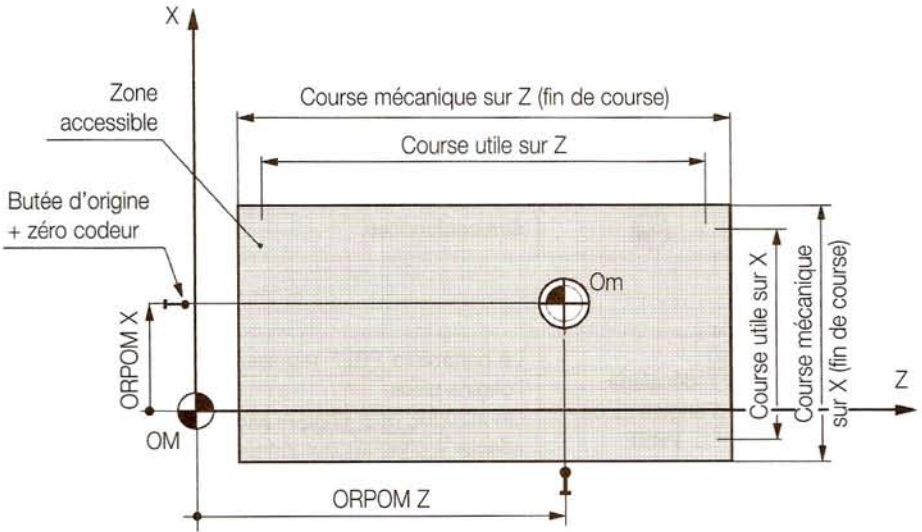
DÉFINITIONS



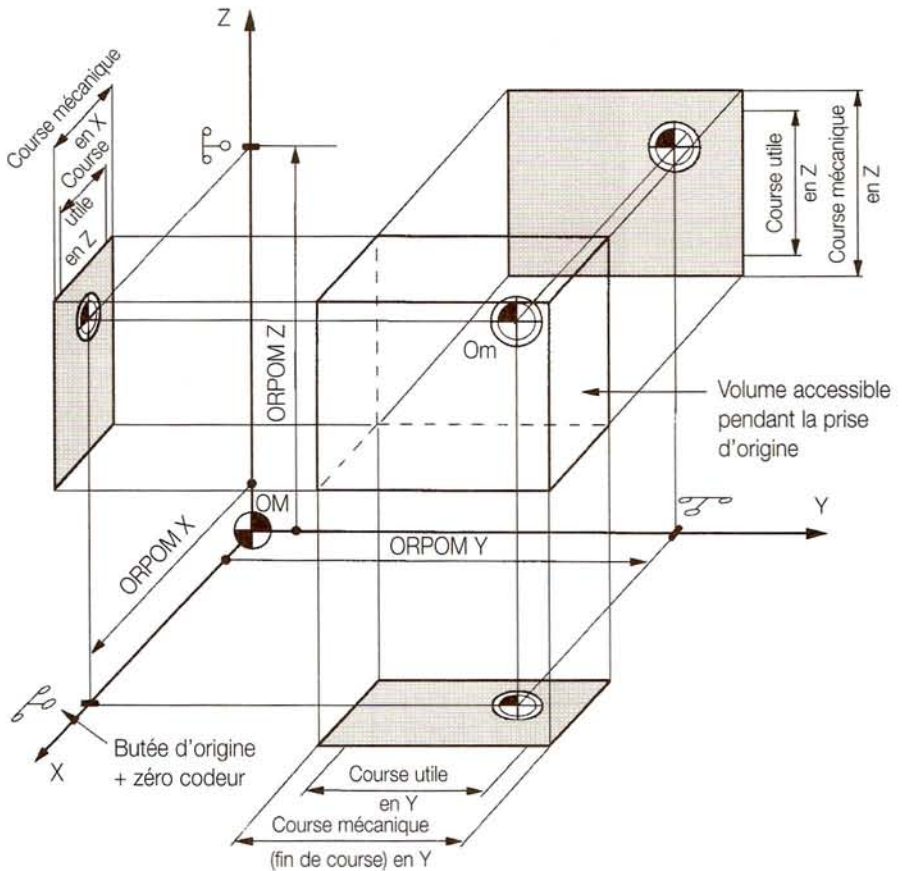
Quand la POM est réalisée, le système applique les décalages pour connaître l'origine mesure (OM), ceux-ci définissent le décalage d'origine mesure (ORPOM).

Les courses utiles sur chaque axe (X, Y et Z) sont limitées par des butées logicielles dont les positions sont définies par le constructeur en paramètres machines.



**TOURNAGE
(AXES XZ)**



**FRAISAGE
(AXES XYZ)**

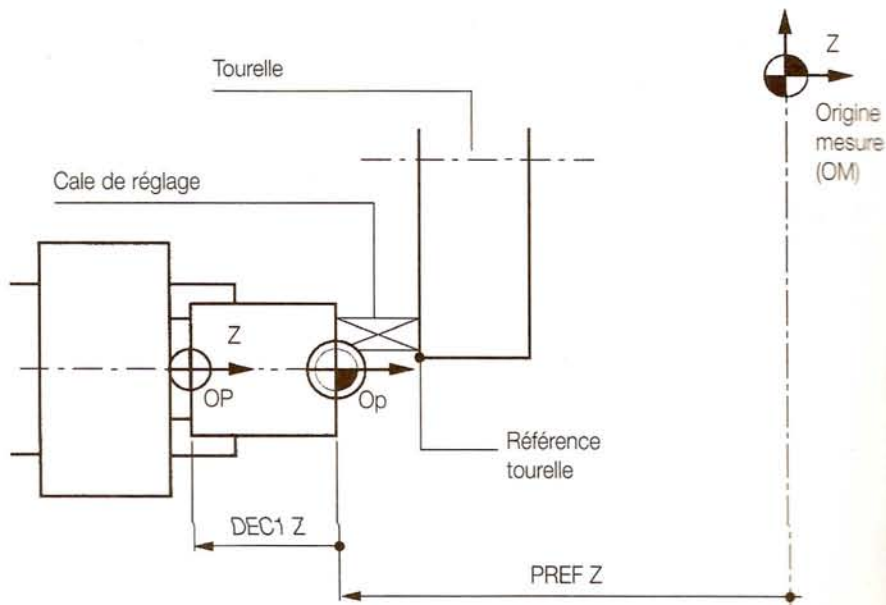


1.1.4 DÉCALAGES

DÉFINITIONS	origine programme OP 	Indépendante du système de mesure, l'OP est l'origine du trièdre de référence qui sert à établir le programme. C'est généralement un point de départ de cotation du dessin de la pièce.
	origine pièce Op 	Indépendante du système de mesure, l'Op est définie par un point de la pièce sur lequel il est possible de se positionner. OP et Op peuvent être confondues.
	décalage d'origine pièce PREF	Le paramètre PREF représente la distance entre l'origine mesure et l'origine pièce. On introduit pour chaque axe les valeurs en X, Y et Z que l'on désire affecter à chaque coordonnée.
	décalage d'origine programme DEC1	Le paramètre DEC1 représente la distance entre l'origine pièce et l'origine programme. On introduit pour chaque axe les valeurs en X, Y et Z que l'on désire affecter à chaque coordonnée.

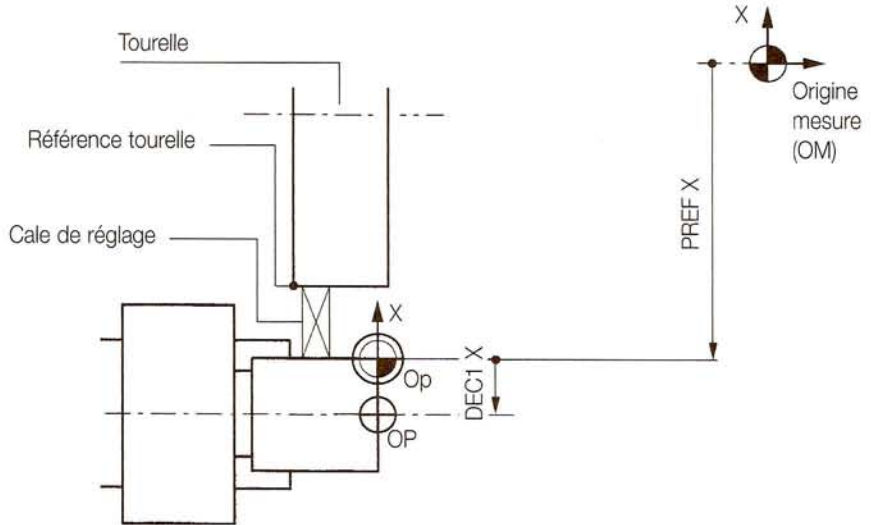
■ DÉCALAGE SUR L'AXE Z

**TOURNAGE
(AXES Z ET X)**



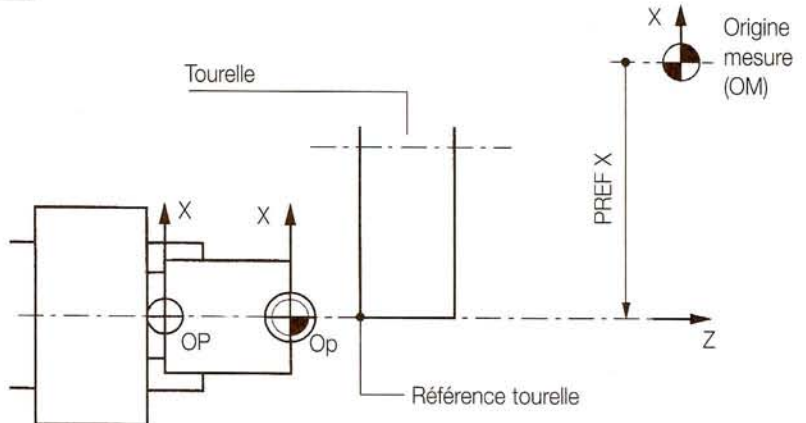
■ DÉCALAGE SUR L'AXE X

Avec DEC 1

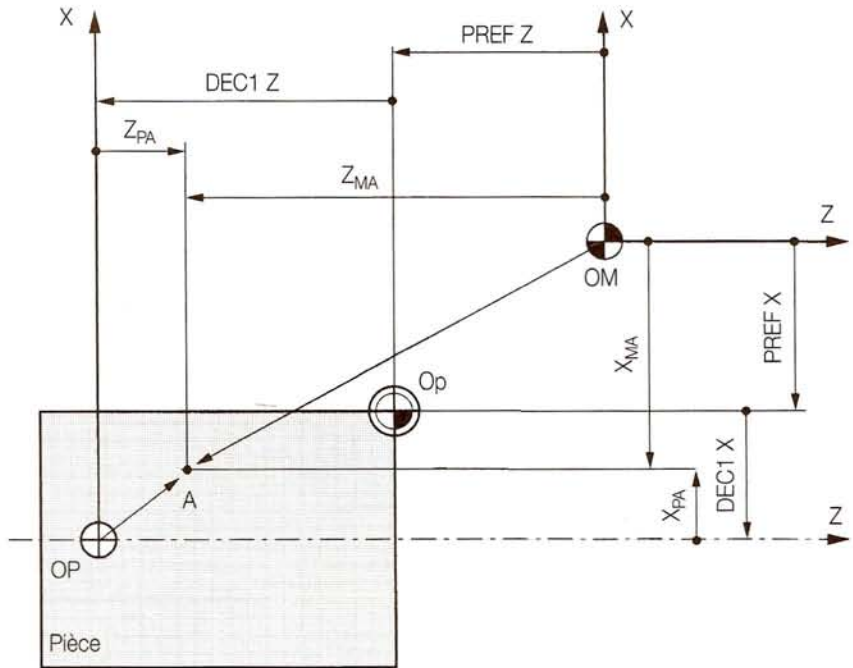


TOURNAGE
(AXES Z ET X)
(suite)

Sans DEC 1



La position du point A par rapport à l'origine programme (OP) est transformée par le Directeur de Commande Numérique de la machine en coordonnées par rapport à l'origine mesure (OM).



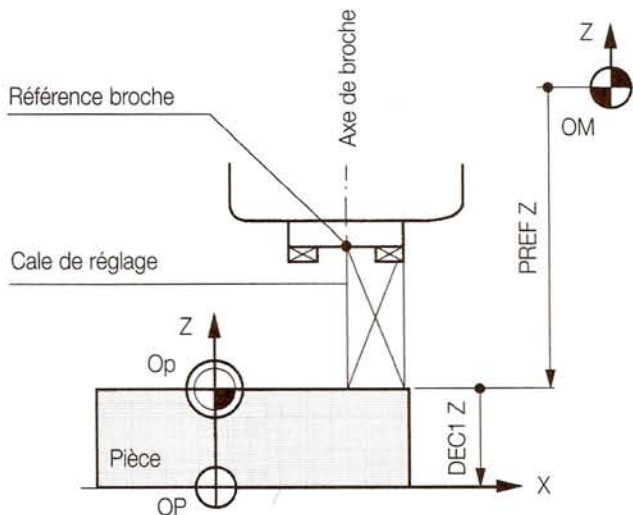
**TOURNAGE
(AXES Z ET X)
(suite)**

Cotes programme Par rapport à l'OP	Cotes mesure Par rapport à l'OM
X_{PA}	$X_{MA} = X_{PA} + PREF X + DEC1 X$
Z_{PA}	$Z_{MA} = Z_{PA} + PREF Z + DEC1 Z$

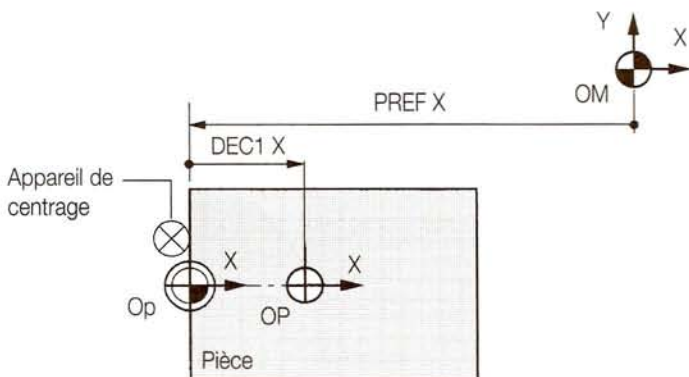
Remarques :

- Les cotes sont des valeurs algébriques.
- Aux cotes mesure peuvent s'ajouter des décalages programme.

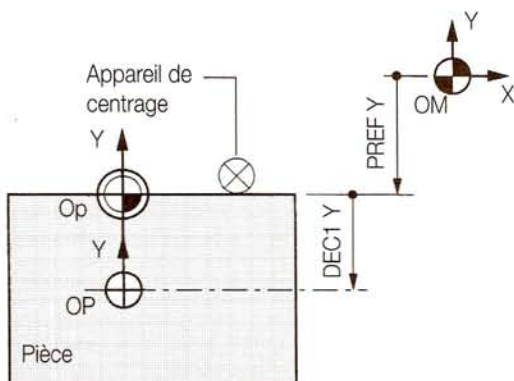
■ DÉCALAGE SUR L'AXE Z



■ DÉCALAGE SUR L'AXE X

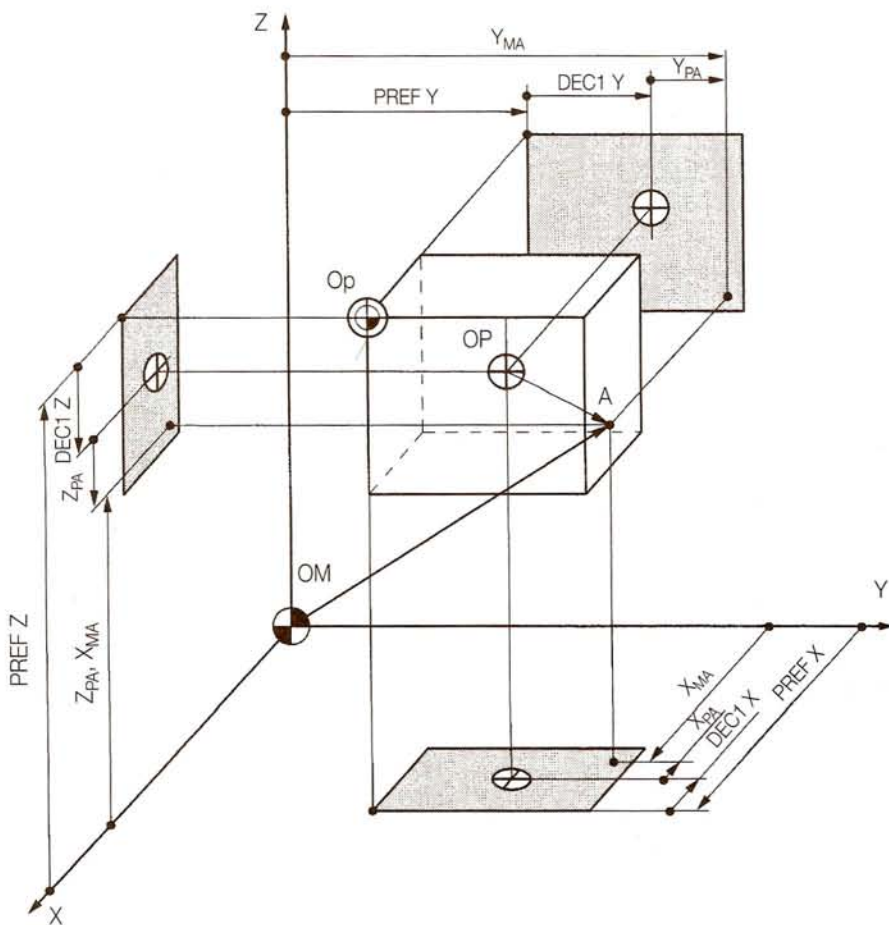


■ DÉCALAGE SUR L'AXE Y



FRAISAGE
(AXES Z, X ET Y)

La position du point A par rapport à l'origine programme (OP) est transformée, par le directeur de commande numérique de la machine, en coordonnées par rapport à l'origine mesure (OM).



**FRAISAGE
(AXES Z, X ET Y)
(suite)**

Cotes programme Par rapport à l'OP	Cotes mesure Par rapport à l'OM
X_{PA}	$X_{MA} = X_{PA} + \text{PREF X} + \text{DEC1 X}$
Y_{PA}	$Y_{MA} = Y_{PA} + \text{PREF Y} + \text{DEC1 Y}$
Z_{PA}	$Z_{MA} = Z_{PA} + \text{PREF Z} + \text{DEC1 Z}$

Remarques :

- Les cotes sont des valeurs algébriques.
- Aux cotes mesure peuvent s'ajouter des décalages programme.

1.2 ÉCRITURE DES PROGRAMMES

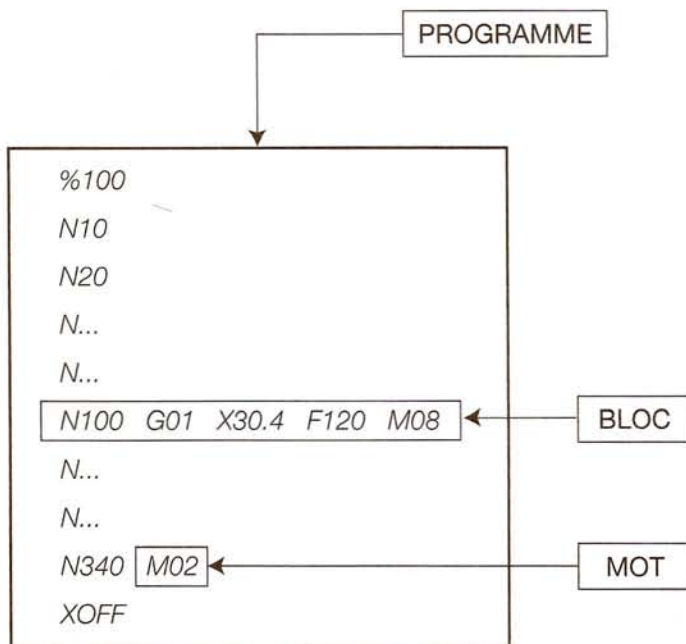
1.2.1 DÉFINITION

Un **programme pièce** de machine à commande numérique est une liste d'instructions et données transmises au directeur de commande numérique qui pilote le système.

Un programme est composé de blocs et de mots qui sont soumis à des règles de syntaxe ou format.

La programmation est dite « à format variable et adresses » suivant les codes normalisés ISO¹ et EIA².

NORMES



• Correspondance normes internationales (ISO) – normes françaises (NF)

Normes internationales	Normes françaises
ISO 6983-1	NF Z 68-036
ISO 6983-2	NF Z 68-036
ISO 6983-3	NF Z 68-037

Remarque

Les programmes développés dans cet ouvrage sont exclusivement en code ISO.

¹ ISO : *International Standard Organisation*.

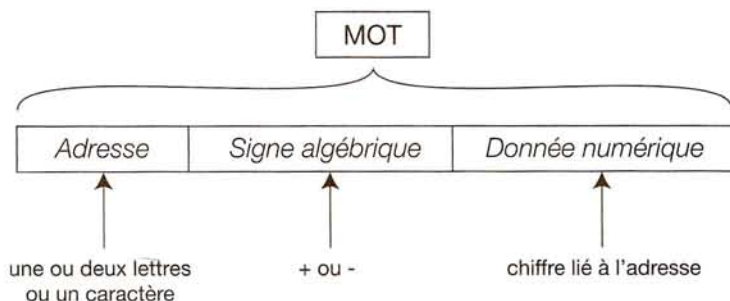
² EIA : *Electronic Industries Association*.

1.2.2 FORMATS

Un mot définit une instruction ou une donnée à transmettre au système de commande. Il existe deux types de mots :

- mots définissant des dimensions ;
- mots définissant des fonctions.

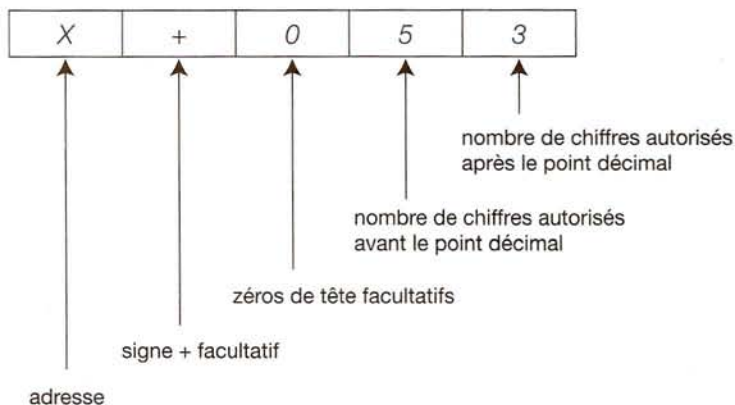
Le format d'un mot définit ses caractéristiques. Le nombre de caractères d'un mot doit être inférieur à 118.



■ EXEMPLES

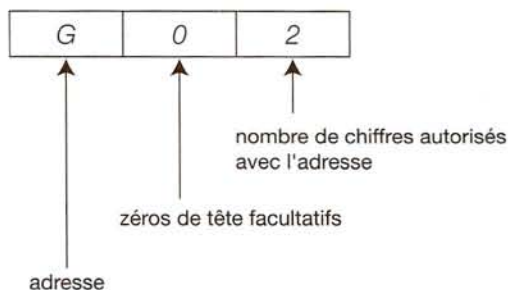
• Mot définissant une dimension : adresse X

Le mot de valeur $X = 0,75$ mm peut s'écrire $X + 0.750$ ou $X.75$



• Mot définissant une fonction : adresse G

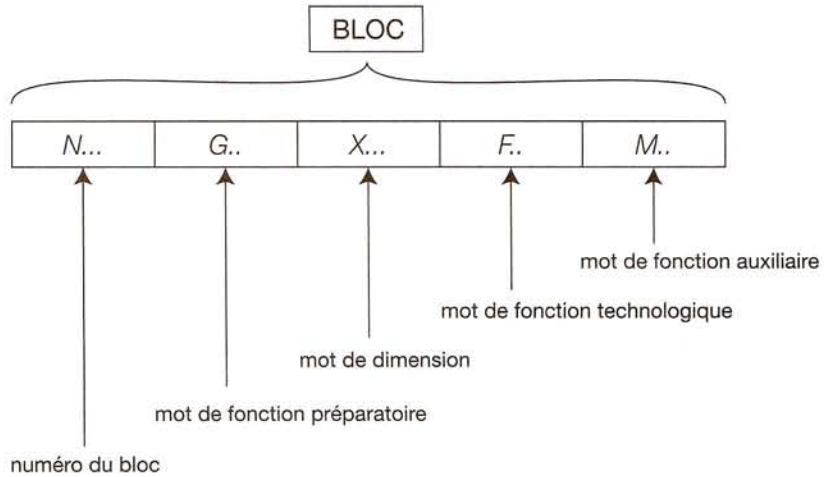
Le mot $G02$ peut s'écrire $G2$



FORMAT
DES MOTS

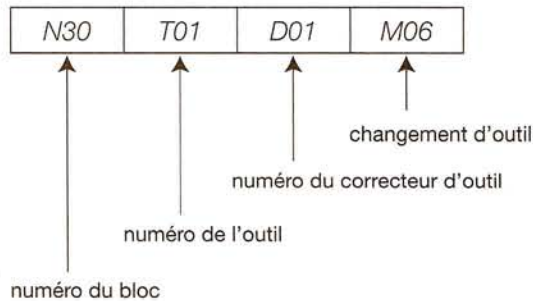
Un bloc ou séquence définit une ligne d'instructions composée de mots codés à transmettre au système de commande.

Le format d'un bloc définit la syntaxe des mots de dimension et/ou de fonction composant chaque bloc de programmation.

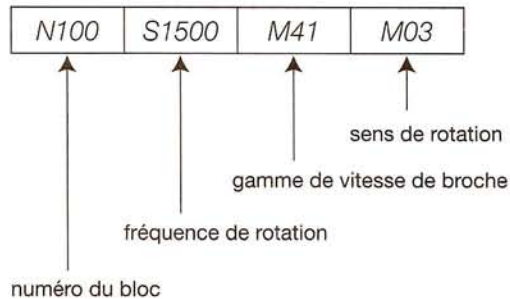


■ EXEMPLES

- Bloc définissant un changement d'outil avec appel de son correcteur



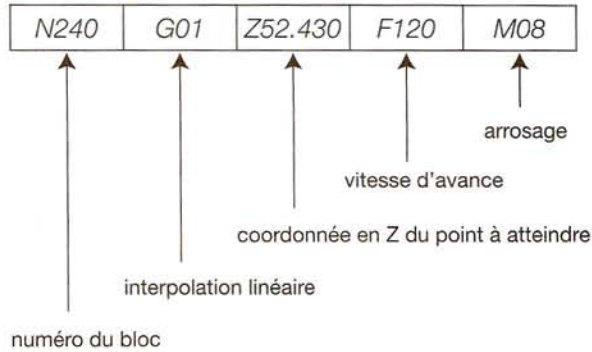
- Bloc définissant la mise en rotation de la broche



FORMAT
DES BLOCS

**FORMAT
DES BLOCS**
(suite)

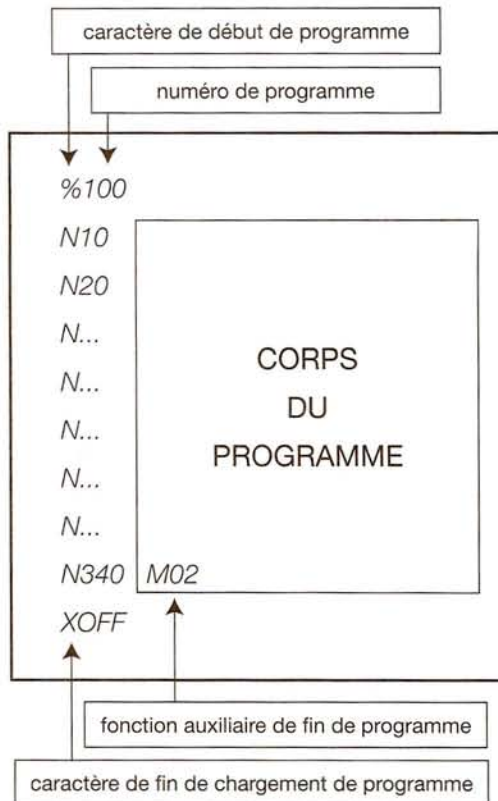
• Bloc définissant une trajectoire selon l'axe Z



1.2.3 STRUCTURE GÉNÉRALE DES PROGRAMMES

Le programme pièce doit obligatoirement commencer par le caractère % qui permet au système de reconnaître un programme en code ISO. Le programme doit se terminer par le caractère **XOFF**.

**CARACTÉRIS-
TIQUES
GÉNÉRALES**

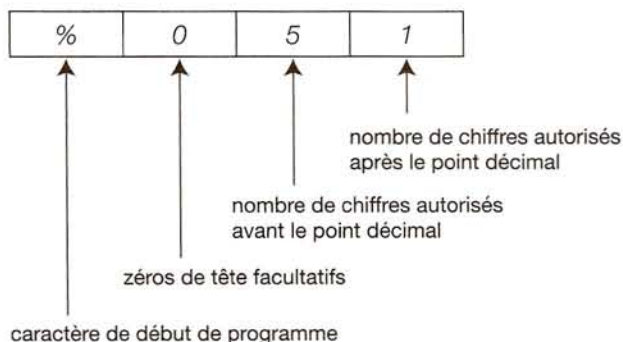


La numérotation des blocs n'intervient pas dans l'ordre du déroulement. Le directeur de commande exécute le programme ligne à ligne. Cependant, il convient de numéroter les blocs de 10 en 10 pour une meilleure lisibilité.

Programmation en commande numérique

NUMÉROTATION DES PROGRAMMES

- Le caractère % est suivi d'un numéro de programme et éventuellement d'un commentaire entre parenthèses : %452 (PIECE 5 PROG A)
- Le numéro de programme peut être indicé : %452.6 (PIECE 5 SERIE 6)



Remarque

Les numéros de programmes situés au-delà de %9000 ne sont pas utilisables sur NUM.

CODES UTILISABLES

■ CARACTÈRES RECONNUS

Signification	ISO	EIA
10 chiffres	de 0 à 9	de 0 à 9
Lettres de l'alphabet (sauf O en ISO)	A à Z	A à Z
Début de programme	%	EOR
Début de commentaires	(,
Fin de commentaires)	%
Signe +	+	+
Signe -	-	-
Séparateur décimal	.	.
Supérieur	>	
Inférieur	<	
Produit	*	
Égalité	=	
Division	/	
A commercial (arobas)	@	
Fin de bloc	LF	CR
Saut de bloc (en début de ligne)	/	/
Subdivision de programme	:	lettre O
Fin de programme	X OFF	BS
Retour chariot	CR	
Espace	SP	SP

Remarques

Seuls les caractères du tableau ci-dessus sont reconnus par le système. Tous les autres caractères du code ASCII¹ peuvent générer des erreurs à l'exécution d'un programme.

Les équivalents des caractères >, <, *, =, et à n'étant pas définis en code EIA, la programmation paramétrée et l'introduction des jauges d'outils se trouvent interdites dans ce code.

Les programmes développés dans cet ouvrage sont établis suivant le code ISO.

¹ ASCII : *American Standard Code for Information Interchange*. Code ASCII : code sur 8 bits permettant la représentation de 256 caractères de commandes graphique, numérique et alphabétique. Voir tableau des caractères ASCII en annexe.

1.2.4 CLASSIFICATION DES FONCTIONS

Type	Définition	Exemple	Commentaires
Modales	Une fonction G modale appartient à une famille de fonctions G qui se révoquent mutuellement.	N40 G00 X.. Z.. N50 G01 Z..	Interpolation linéaire à vitesse rapide. Interpolation linéaire à vitesse d'usinage qui révoque G00.
Non modales	Une fonction G non modale est uniquement valide dans le bloc où elle est programmée.	N70 G09 X..	Arrêt précis en fin de bloc à X=300 ; révocation en fin de bloc.
Incompatibles	Une fonction G est incompatible si sa programmation avec une autre n'est pas autorisée selon l'état du programme en cours.	N120 G18 G41 Y.. N120 G41 G18 Y..	Choix du plan ZX (G18) puis correction du rayon (G41). Correction du rayon (G41) interdite avant choix du
FONCTIONS PRÉPARATOIRES G	Une fonction G avec arguments associés est suivie d'un ou plusieurs mots spécifiques qui suivent la fonction.		
	<i>Arguments obligatoires :</i> – La fonction G annonce uniquement des arguments.	N140 G16 P+	Orientation de l'outil (G16) suivant l'axe X+ (P+).
	– La fonction G révoque un état modal et caractérise son argument différemment.	N160 G94 F100 N.. N190 G95 F0.5	Vitesse d'avance définie en $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$. Vitesse d'avance redéfinie en $\text{mm} \cdot \text{tr}^{-1}$.
	<i>Arguments facultatifs :</i> Les arguments sont facultatifs si la fonction G permet de les déterminer par défaut.	N210 G96 [X45] S140	Si la position de X = 45 est déterminée dans un bloc précédent, elle n'a pas besoin d'être répétée.
<i>Arguments programmés seuls :</i> L'argument peut être programmé seul dans un bloc si la fonction G associée est toujours active.	N240 G94 F160 N.. N270 F100	La fonction vitesse d'avance (G94) définie à $F = 160 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ en N240 n'a pas besoin d'être répétée pour être redéfinie à $F = 100 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ en N270.	

Rappel
Selon la norme en vigueur, mm/min s'écrit $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$. De même mm/tr s'écrit $\text{mm} \cdot \text{tr}^{-1}$.

**FONCTIONS
AUXILIAIRES M**

Type	Définition	Exemple	Commentaires
Modales	Une fonction M modale appartient à une famille de fonctions M qui se révoquent mutuellement.	<i>N40 S1000 M03 N. N80 M05</i>	Mise en rotation de la broche (M03) à 1000 tr · min ⁻¹ (S1000). Arrêt de la broche.
Non modales	Une fonction M non modale est uniquement valide dans le bloc où elle est programmée.	<i>N70 M00</i>	Arrêt programmé.
Avant	Une fonction M « avant » est exécutée avant les déplacements programmés dans le bloc.	<i>N120 X50 Y40 M08</i>	La mise en route de l'arrosage (M08) est exécutée avant les déplacements en X et en Y.
Après	Une fonction M « après » est exécutée après les déplacements programmés dans le bloc.	<i>N150 X70 Y20 M09</i>	L'arrêt de l'arrosage (M09) est exécuté après les déplacements en X et en Y.
Codées	Une fonction M codée est définie par le constructeur. De M100 à M199 : fonctions après non modales. De M200 à M899 : fonctions avant modales.		
Décodées	Une fonction M décodée est une fonction de base dont la signification est établie. Ces fonctions sont acquittées ; cet acquittement permet la poursuite du programme.	<i>N170 T01 M06</i>	Changement (M06) de l'outil1 (T01).

Rappel

Selon la norme en vigueur, tr/min s'écrit tr · min⁻¹.

2 FONCTIONS ISO TOURNAGE

2.1 CODAGE ET DÉSIGNATION

2.1.1 FONCTIONS G

CODE	DÉSIGNATION
G00	Interpolation linéaire à vitesse d'avance rapide
G01	Interpolation linéaire à vitesse d'avance programmée
G02	Interpolation circulaire à vitesse d'avance programmée (sens antitrigonométrique)
G03	Interpolation circulaire à vitesse d'avance programmée (sens trigonométrique)
G04	Temporisation programmable à l'adresse F
G05*	Exécution d'un déplacement suivant un axe incliné
G06*	Ordre d'exécution d'une courbe spline
G07*	Positionnement initial de l'outil avant usinage suivant un axe incliné
G09	Arrêt précis en fin de bloc avant enchaînement sur le bloc suivant
G10	Bloc interruptible
G12	Survitesse par manivelle
G16	Définition de l'orientation de l'axe de l'outil par les adresses P, R
G20	Programmation en coordonnées cartésiennes X, Z
G20*	Programmation en coordonnées polaires X, Z, C
G21	Programmation en coordonnées cartésiennes X, C
G21*	Programmation en coordonnées cartésiennes X, Y, Z
G22*	Programmation en coordonnées cylindriques X, Y, Z
G23*	Interpolation circulaire définie par trois points
G33	Cycle de filetage à pas constant
G38	Filetage enchaîné
G40	Annulation de correction de rayon d'outil
G41	Correction de rayon d'outil à gauche du profil à usiner
G42	Correction de rayon d'outil à droite du profil à usiner
G48*	Définition d'une courbe spline
G49*	Suppression d'une courbe spline
G51*	Miroir
G52	Programmation absolue des déplacements par rapport à l'origine mesure
G53	Invalidation des décalages PREF et DEC1
G54	Validation des décalages PREF et DEC1
G59	Décalage d'origine programmé
G63*	Cycle d'ébauche avec gorge
G64	Cycle d'ébauche paraxial
G65	Cycle d'ébauche de gorge
G66	Cycle de défonçage
G70	Programmation en pouce
G71	Programmation métrique
G73*	Invalidation du facteur d'échelle

CODE	DÉSIGNATION
G74*	Validation du facteur d'échelle
G75	Validation d'un sous-programme de dégagement d'urgence
G76	Transfert des valeurs courantes des paramètres L et E dans le programme pièce
G76+/-*	Création/suppression de programme ou bloc ISO
G77	Appel inconditionnel d'un sous-programme ou d'une suite de séquences avec retour
G77-i*	Appel de bloc de retour d'un sous-programme
G78*	Synchronisation des groupes d'axes
G79	Saut conditionnel ou inconditionnel à une séquence sans retour
G79+/-*	Suspension momentanée de la préparation du bloc suivant dans une séquence
G80	Annulation d'un cycle d'usinage
G81*	Cycle de perçage centrage
G82*	Cycle de perçage chambrage
G83	Cycle de perçage déburrage
G84*	Cycle de taraudage
G85*	Cycle d'alésage
G87	Cycle de perçage brise-copeaux
G89*	Cycle d'alésage avec temporisation fin de trou
G90	Programmation absolue par rapport à l'origine programme
G91	Programmation relative par rapport au point de départ du bloc
G92	Présélection de l'origine programme
G92 R*	Programmation de la vitesse d'avance tangentielle
G92 S	Limitation de la vitesse de broche
G94	Vitesse d'avance en millimètres, pouces ou degrés par minute
G95	Vitesse d'avance en millimètres ou en pouces par tour
G96	Vitesse de coupe constante en mètres par minute
G97	Fréquence de rotation de broche en tours par minute
G98	Définition de la valeur de X de départ pour interpolation sur l'axe C
G110	Optimisation des trajectoires de manutention

G997*	Validation et exécution de toutes les fonctions mémorisées dans G999
G998*	Validation de l'exécution des blocs et d'une partie des fonctions traitées dans G999
G999*	Suspension de l'exécution et forçage de la concaténation ¹ des blocs

NB : les fonctions marquées * sont disponibles uniquement sur NUM 1040/1060.

¹ Concaténation : enchaînement rendant solidaires des lignes de programmes.

2.1.2 FONCTIONS M

CODE	DÉSIGNATION
<i>M00</i>	Arrêt programmé
<i>M01</i>	Arrêt optionnel programmé
<i>M02</i>	Fin de programme
<i>M03</i>	Rotation de broche sens trigonométrique inverse
<i>M04</i>	Rotation de broche sens trigonométrique
<i>M05</i>	Arrêt de broche
<i>M06</i>	Appel d'outil
<i>M07</i>	Arrosage n° 2
<i>M08</i>	Arrosage n° 1
<i>M09</i>	Arrêt d'arrosage
<i>M10</i>	Blocage d'axe
<i>M11</i>	Déblochage d'axe
<i>M12*</i>	Arrêt d'usinage programmé
<i>M19</i>	Indexation de broche
<i>M40 à M45</i>	Gammes de broche
<i>M48</i>	Validation des potentiomètres de broche et d'avance
<i>M49</i>	Inhibition des potentiomètres de broche et d'avance
<i>M61*</i>	Libération de la broche courante dans le groupe d'axes
<i>M62 à M65</i>	Commande des broches 1 à 4
<i>M66 à M69</i>	Mesure des broches 1 à 4
<i>M997*</i>	Forçage de l'enchaînement des blocs
<i>M998*</i>	Réactivation des modes modification (MODIF), immédiat (IMD) et des appels de sous-programmes par l'automate
<i>M999*</i>	Neutralisation programmée des modes MODIF, IMD et des appels de sous-programmes par l'automate

NB : les fonctions marquées * sont disponibles uniquement sur NUM 1040/1060.

2.1.3 AUTRES FONCTIONS TOURNAGE

CODE	DÉSIGNATION
<i>\$0</i>	Émission de message vers la visualisation
<i>\$1 à \$6*</i>	Émission de message vers l'automate, vers un serveur distant ou un périphérique
<i>/</i>	Saut de bloc
<i>D</i>	Appel du correcteur d'outil
<i>ED</i>	Décalage angulaire programmé
<i>EG*</i>	Modulation programmée de l'accélération
<i>T</i>	Numéro de l'outil
<i>M*</i>	Conversion de l'unité interne des axes rotatifs
<i>U*</i>	Conversion de l'unité interne des axes linéaires

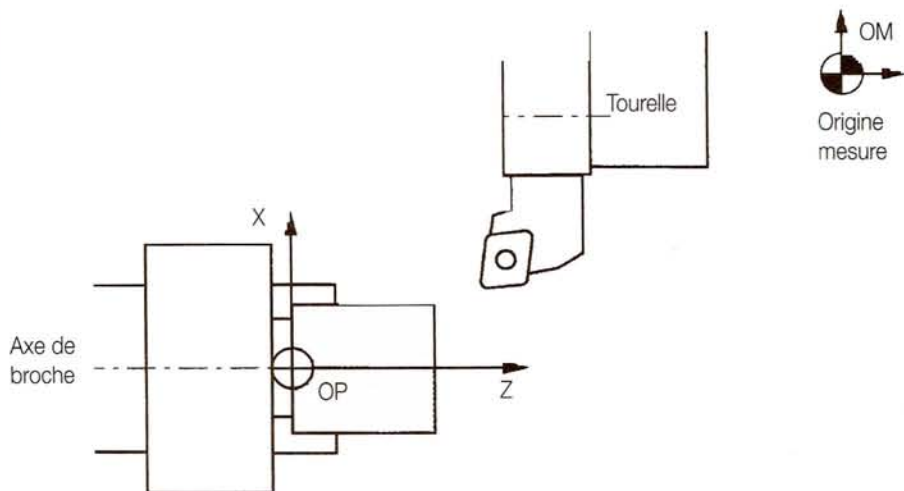
NB : les fonctions marquées * sont disponibles uniquement sur NUM 1040/1060.

2.2 PROGRAMMATION DE L'OUTIL

2.2.1 ORIENTATION DE L'OUTIL

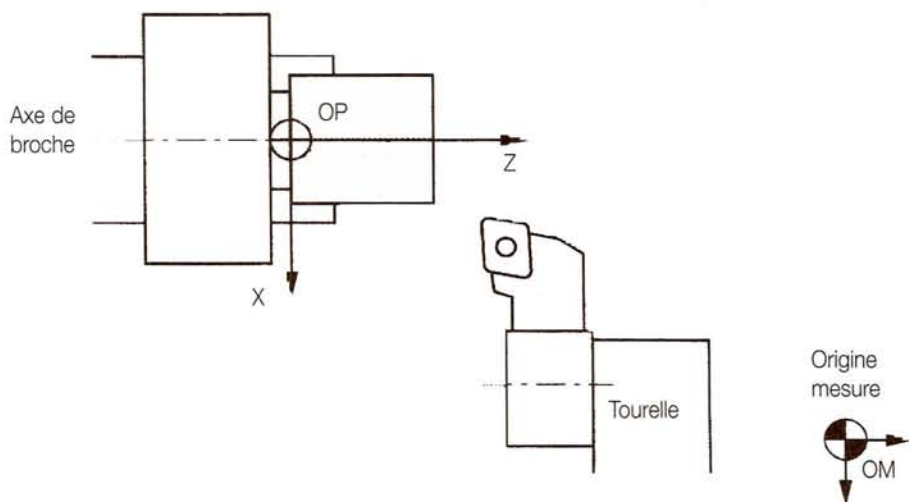
La position avant ou arrière de la tourelle principale définit l'orientation positive de l'axe X.

■ TOUR AVEC TOURELLE ARRIÈRE



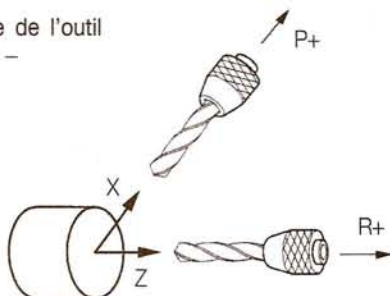
ORIENTATION
DES AXES ET
TOURELLES

■ TOUR AVEC TOURELLE AVANT



■ **DÉSIGNATION :**

La fonction G16 définit l'orientation de l'axe de l'outil avec les adresses P ou R suivi du signe + ou -



■ **SYNTAXE :**

`N110 G16 P± / R±`

G16	Définition de l'orientation de l'axe de l'outil
P+	Orientation suivant X+
P-	Orientation suivant X-
R+	Orientation suivant Z+
R-	Orientation suivant Z-

**G16
ORIENTATION
DE L'AXE DE
L'OUTIL**

■ **PROPRIÉTÉS :**

Fonction modale. G16 R+ est initialisée à la mise sous tension.

■ **RÉVOCAION :**

G16 suivie d'un argument P ou R différent de celui programmé précédemment révoque l'état G16 antérieur.

■ **PARTICULARITÉS :**

Par convention, le vecteur outil est orienté du bout de l'outil (partie coupante) vers la référence de l'outil (fixation sur la tourelle).

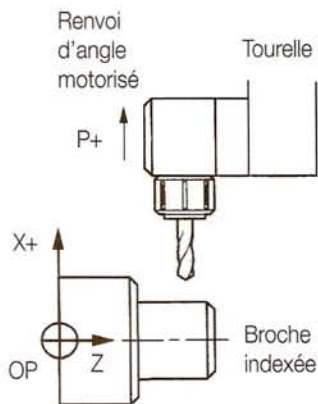
Lors de la définition de l'orientation de l'axe de l'outil, il est recommandé d'être en annulation de correction de rayon (G40) et annulation de cycle (G80).

Le bloc contenant G16 peut comporter des déplacements des fonctions M, S et T.

■ **EXEMPLE :**

```

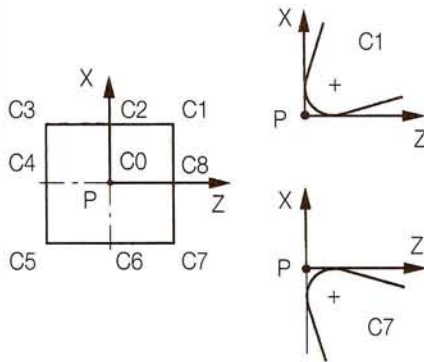
%55
N10 G00 G52 X.. Z.. (G16 R1)
N20 T02 M06
N30 G97 S800 M40 M04
N..
N120 G00 G52 X.. Z..
N130 T03 M06
N140 G97 S400 M03 M40
N150 C0 M19
N160 G16 P1
N..
    
```



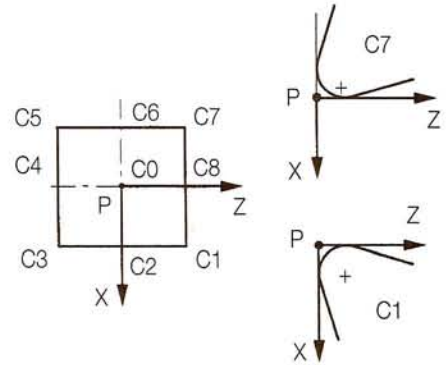
L'orientation est définie par les codes C0 à C8.

ORIENTATION
DU NEZ D'OUTIL
(C)
SUIVANT LA
POSITION DE LA
TOURELLE

■ TOURELLE ARRIÈRE

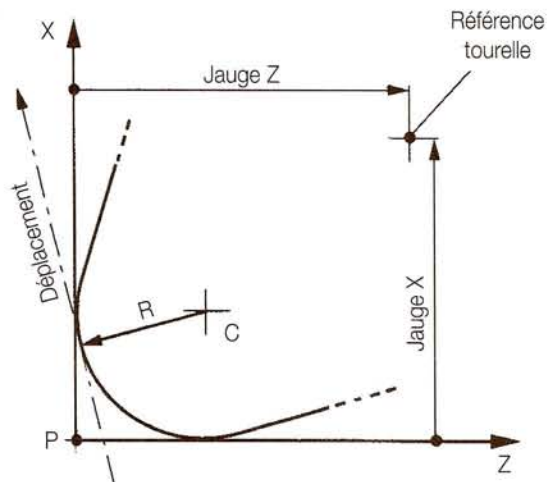


■ TOURELLE AVANT



Dans le cas d'une pente ou d'une trajectoire quelconque, la connaissance du rayon de l'outil est nécessaire pour apporter une correction **normale** au profil. Le point de coupe réel de l'outil est obtenu en appliquant à partir de C, un vecteur de module R, perpendiculaire à la direction du déplacement.

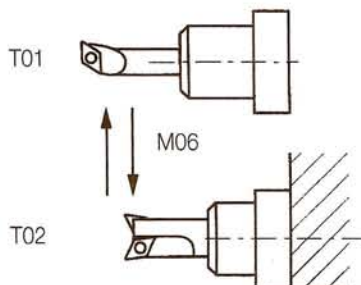
POSITION DU
NEZ D'OUTIL (C)
SUIVANT LA
TRAJECTOIRE



2.2.2 APPEL D'OUTIL

■ DÉSIGNATION :

La fonction M06 permet l'appel d'un outil et son positionnement à son poste d'usinage. Cette mise en place peut être automatique ou manuelle.



■ SYNTAXE :

`N100 T01 M06 [(OUTIL EBAUCHE)]`

T01	La fonction T sélectionne l'outil 1. Le numéro correspond au poste de l'outil sur la tourelle.
M06	Appel ou changement de l'outil.
(OUTIL ÉBAUCHE)	Commentaires.

PROPRIÉTÉS :

Fonction non modale, « après », décodée.

PARTICULARITÉS :

Avant un appel ou un changement d'outil, il est préconisé de programmer une position de dégagement de l'outil par rapport à l'origine programme (OP) ou par rapport à l'origine mesure (OM).

M06

RÉVOCATION :

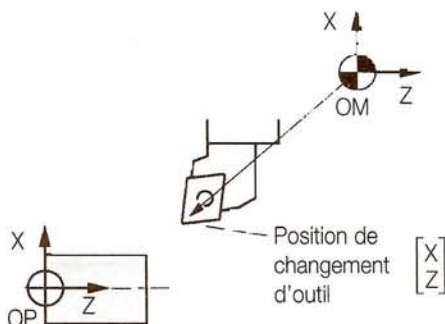
Remise à l'état 0 dès détection par la CN du compte rendu de fonction M.

EXEMPLE :

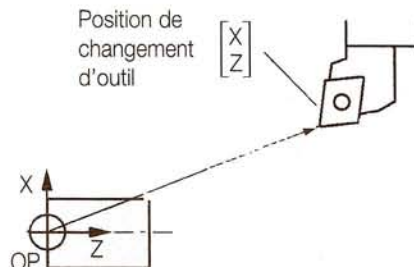
```
N100 ..
N110 G00 G52 X150 Z200
N120 T05 M06 (OUTIL R0.8)
N130 ..
```

```
N100 ..
N110 G00 X150 Z200
N120 T05 M06 (OUTIL R0.8)
N130 ..
```

Origine mesure (OM)

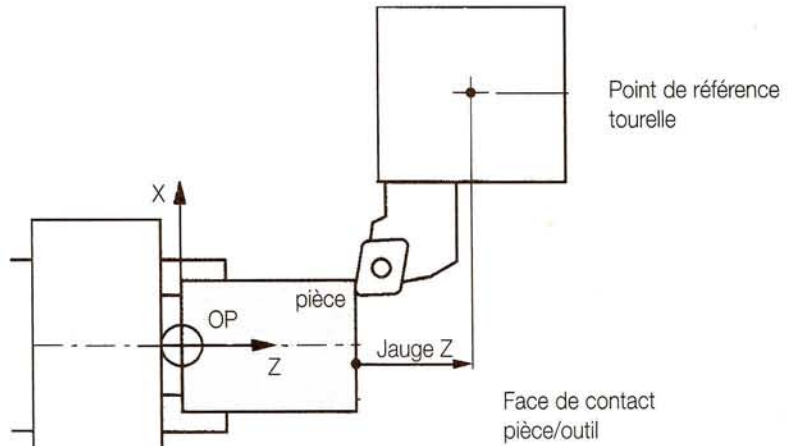


Origine programme (OP)

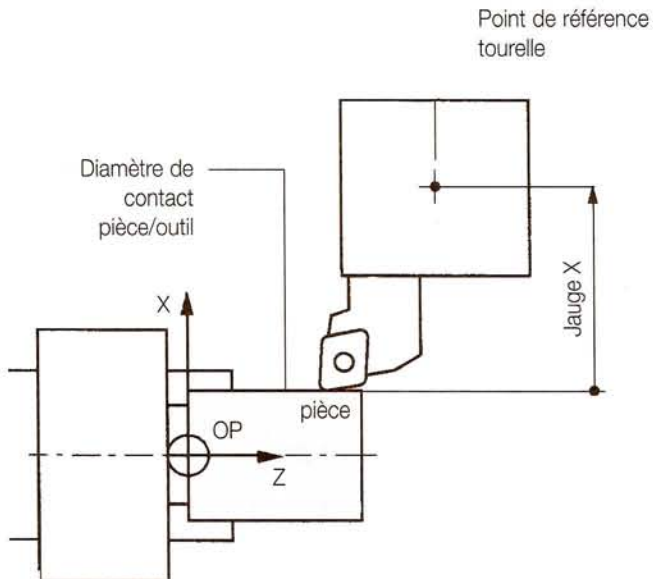


2.2.3 JAUGE ET CORRECTEUR D'OUTIL

La jauge d'un outil est la distance comprise entre l'arête coupante de l'outil et le point de référence de la tourelle porte-outil.



DÉFINITION



■ **DÉSIGNATION :**

L'adresse D affectée d'un numéro sélectionne le correcteur d'outil. Les dimensions d'outil en mémoire sont validées selon les axes programmés.

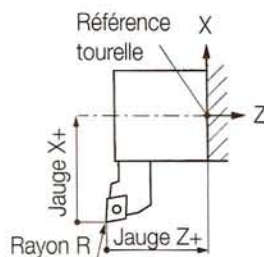
X = dimension d'outil suivant X

Z = dimension d'outil suivant Z

R = rayon d'outil

C = orientation du nez d'outil

L'introduction des dimensions d'outil peut être effectuée manuellement, par périphérique ou par programmation paramétrée.



■ **SYNTAXE :**

N120 [G16 R+] D01 [G40/G41/G42] X.. Z..

G16 R+	Orientation de l'axe de l'outil suivant Z+.
D01	Numéro du correcteur (de 1 à 255).
G40	Annulation de la correction de rayon.
G41/G42	Correction de rayon d'outil.
X.. Z..	Point à atteindre.

■ **PROPRIÉTÉS :**

Fonction modale. Le correcteur D0 est initialisé à la mise sous tension.

■ **PARTICULARITÉS :**

Le numéro du correcteur peut être différent du numéro de l'outil.

Plusieurs numéros de correcteurs peuvent être affectés au même outil.

Le contenu de D0 est toujours nul.

Le système dispose de 255 correcteurs d'outils (X, Z, R, C).

■ **RÉVOCATION :**

D.. est révoquée par la programmation d'un nouveau correcteur ou annulé par D0.

DIMENSIONS D'OUTIL

■ **EXEMPLE :**

Usinage avec l'outil T02 affecté des correcteurs D02 et D12. Les dimensions des jauges X et Z de T02 sont prises en compte lors du premier déplacement sur les axes Z et X programmés après D02 et D12.

```

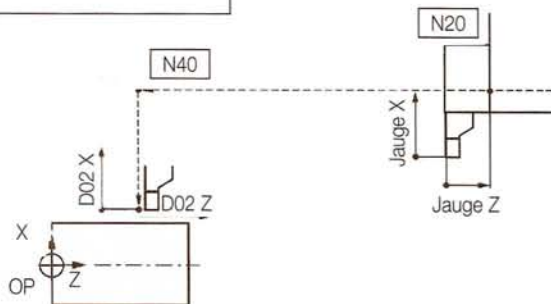
%65
N10 G00 G52 X150 Z200 G16 R+
N20 T02 D02 M06
N30 G97 S800 M40 M04
N40 G00 Z100
N50 X60
N..
N140 D12 G00 X80 Z100
N..
    
```

appel outil T02 et correcteur D02

prise en compte de la dimension Z de D02

prise en compte de la dimension X de D02

prise en compte des dimensions X et Z de D12



Il est possible d'introduire à tout moment, y compris en cours d'usinage, une correction dynamique d'outil lorsqu'il est constaté, sur une pièce, un écart entre la cote attendue et la cote obtenue.

Correction dynamique sur X : DX

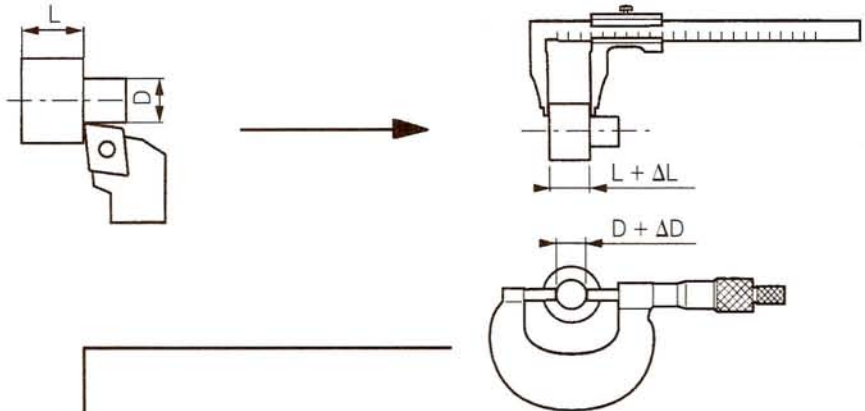
Correction dynamique sur Z : DZ

Cette correction positive ou négative a pour objet de compenser une faible variation de dimension d'outil ou de pièce (usure, dilatation).

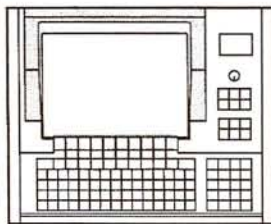
Le système prendra en compte les dimensions corrigées d'outils :

Longueur corrigée X = Jauge X + DX/2

Longueur corrigée Z = Jauge Z + DZ

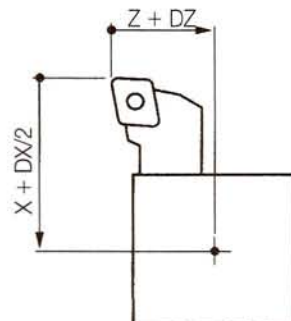


**CORRECTION
DYNAMIQUE
D'OUTIL**



$$DX = - \Delta D$$

$$DZ = - \Delta L$$



■ **DÉSIGNATION :**

Le correcteur de rayon d'outil D est affecté à la programmation suivant les deux axes du plan d'interpolation.

Le rayon d'outil déclaré est pris en compte à la programmation :

- du numéro de correcteur D,
- de la fonction G41 ou G42,
- d'un des axes du plan d'interpolation.

En cours d'usinage, la modification d'une valeur de rayon n'est prise en compte qu'après annulation de la correction de rayon par G40 puis reprogrammation de la correction de rayon par G41 ou G42 suite à un changement de numéro de correcteur et/ou l'emploi de la correction dynamique (valeur maxi du correcteur R : 999.999 mm).

■ **EXEMPLE :**

Usinage avec l'outil T01 affecté des correcteurs D01 et D10. Les correcteurs de rayon R de l'outil T01 sont pris en compte à la lecture des fonctions G41 ou G42 et d'un déplacement sur l'un des axes du plan programmé après D.

**CORRECTEUR
DE RAYON
D'OUTIL**

```

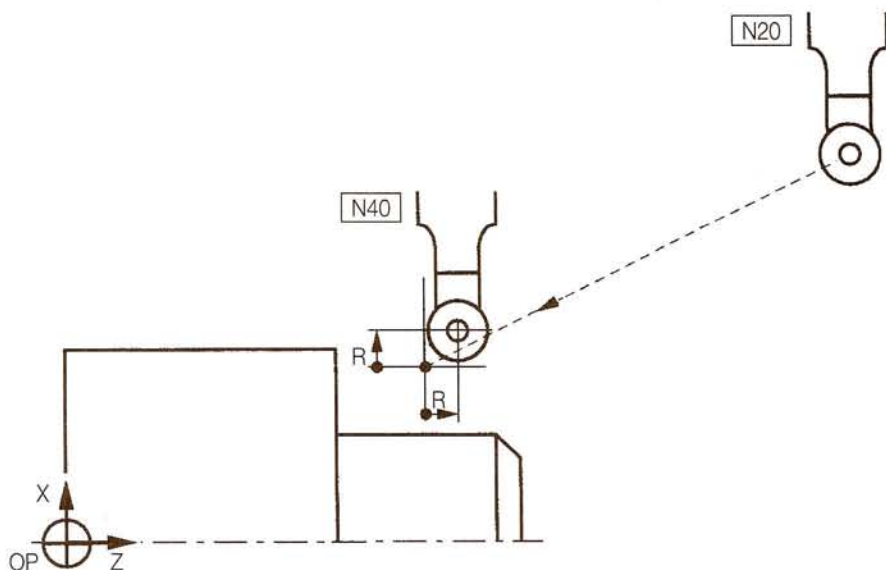
%75
N10 G00 G52 X150 Z200
N20 T01 D01 M06
N30 S800 M40 M04
N40 G00 G42 X50 Z100
N..
N100 G00 G40 Z100
N110 G42 X80 Z20 D10
N..
N200 G00 G40 X110 Z40
N..
    
```

position de changement d'outil
appel outil T01 et correcteur D01

prise en compte du rayon R de D01

annulation de la correction de rayon R de D01
prise en compte du rayon R de D10

annulation de la correction de rayon R de D10

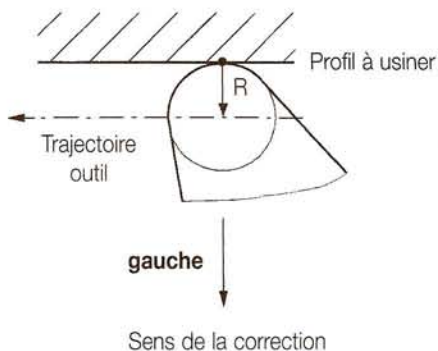


2.2.4 POSITIONNEMENT OUTIL/PIÈCE

■ DÉSIGNATION :

G41 : correction de rayon à gauche du profil à usiner.

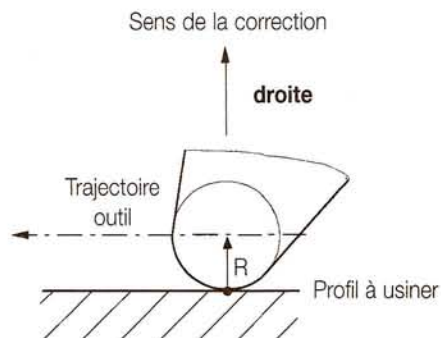
La trajectoire programmée de l'outil est décalée à gauche d'une valeur égale au rayon R déclaré par le correcteur D.



■ DÉSIGNATION :

G42 : correction de rayon à droite du profil à usiner.

La trajectoire programmée de l'outil est décalée à droite d'une valeur égale au rayon R déclaré par le correcteur D.



G41
G42
CORRECTION DE
RAYON PAR
RAPPORT AU
PROFIL À
USINER

■ SYNTAXE: [D01] [G00/G01/G02/G03] **G41/G42** X.. Z..

D01	Numéro du correcteur (de 1 à 255).
G00/G01/G02/G03	Interpolation linéaire ou circulaire.
G41	Correction de rayon d'outil à gauche du profil.
G42	Correction de rayon d'outil à droite du profil.
X.. Z..	Coordonnées du point à atteindre.

■ PROPRIÉTÉS :

Les fonctions G41 et G42 sont modales.

■ RÉVOCACTION :

Les fonctions G41 et G42 se révoquent mutuellement.

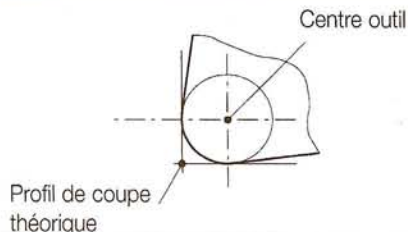
■ PARTICULARITÉS :

Les fonctions G41 et G42 permettent la programmation d'un profil pièce aux dimensions réelles du profil sans tenir compte du rayon de l'outil.

■ **DÉSIGNATION :**

G40 : annulation de la correction de rayon.

La correction de rayon n'est plus appliquée à l'outil.



G40
ANNULATION DE
LA CORRECTION
DE RAYON

■ **SYNTAXE :**

*N100 [G00/G01] **G40** X.. Z..*

GG00/G01	Interpolation linéaire.
G40	Annulation de la correction de rayon.
X.. Z..	Point à atteindre.

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction G40 est modale. Elle est initialisée à la mise sous tension.

■ **RÉVOCATION :**

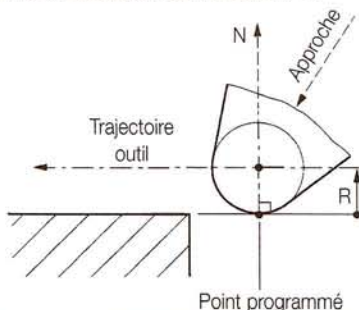
La fonction G40 révoque les fonctions G41 et G42.

■ **PARTICULARITÉS :**

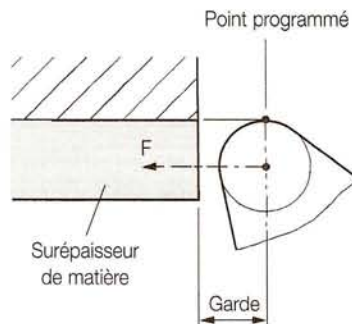
L'annulation par G40 n'est pas obligatoire pour passer de G41 à G42 (ou l'inverse).

**MISE EN
POSITION DE
L'OUTIL**

À la fin du premier bloc programmé en correction de rayon (obligatoirement une droite), le centre de l'outil se positionne sur la normale N à la trajectoire suivante, décalé du point programmé de la valeur du correcteur R.

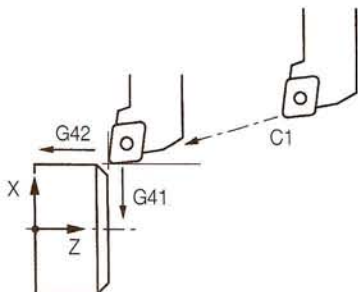


Il convient de prévoir une garde d'une valeur supérieure au rayon d'outil déclaré, lors d'un positionnement rapide.

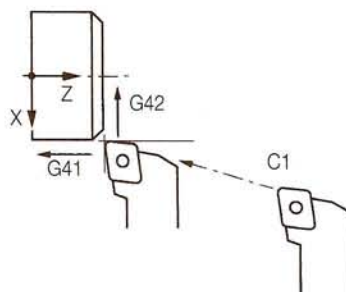


**CORRECTION DU
RAYON SUIVANT
POSITION
TOURELLE**

■ **TOURELLE ARRIÈRE**



■ **TOURELLE AVANT**



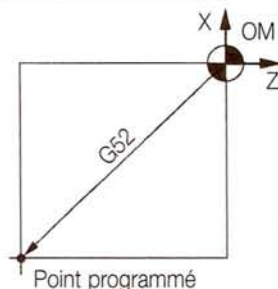
2.3 PROGRAMMATION DES MOUVEMENTS

2.3.1 CHOIX DES ORIGINES DE DÉPLACEMENTS

■ DÉSIGNATION :

G52 : programmation absolue des déplacements par rapport à l'origine mesure.

Les déplacements programmés avec la fonction sont référés par rapport à l'OM.



■ SYNTAXE :

```
N100 [G40] [G90] [G00/G01] G52 X.. Z.. C.. [F..]
```

G40	Annulation de la correction de rayon.
G90	Programmation absolue.
G00/G01	Interpolations linéaires (en rapide ou avance travail).
G52	Programmation absolue des déplacements par rapport à l'origine mesure.
X.. Z..	Coordonnées du point à atteindre.
F..	Vitesse d'avance.

G52
PROGRAMMATION
ABSOLUE PAR
RAPPORT À
L'ORIGINE
MESURE

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G52 est non modale.

■ RÉVOCACTION :

La fonction G52 est révoquée en fin de bloc.

■ PARTICULARITÉS :

La programmation de G52 dans un bloc suspend les données suivantes : jauges d'outils, PREF, DEC1, DEC3, G59, décalage angulaire ED et G74.

La fonction G52 doit précéder la programmation des axes dans le bloc et être programmée en G40 et G90.

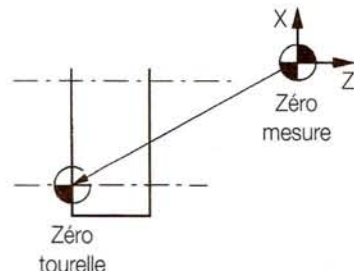
■ EXEMPLES :

– programmation de G52 au zéro mesure sur Z avant changement d'outil.

```
%33  
N10 G0 G52 X0 Z0  
N20 T02 D02 M06  
N..
```

– programmation de G52 sur Z, B, X et Y.
à - 50 mm du zéro mesure sur Z ;
à - 100 mm du zéro mesure sur l'axe X ;
à 180° du zéro mesure sur C.

```
N..  
N150 G0 G52 Z-50  
N160 G52 X-100 C180  
N..
```



G53
G54
INVALIDATION /
VALIDATION
DES
DÉCALAGES
PREF ET DEC1

■ **DÉSIGNATION :**

G53 : invalidation des décalages PREF et DEC1.

G54 : validation des décalages PREF et DEC1.

Les fonctions G53 et G54 autorisent la prise en compte ou la non-prise en compte des valeurs PREF et DEC1 introduites en page « PREF ».

■ **SYNTAXE :**

N100 G53/G54

G53	Invalidation des décalages PREF et DEC1.
G54	Validation des décalages PREF et DEC1.

■ **PROPRIÉTÉS :**

Les fonctions G53 et G54 sont modales. G54 est initialisée à la mise sous tension.

■ **RÉVOCATION :**

Les fonctions G53 et G54 se révoquent mutuellement.

■ **PARTICULARITÉS :**

Les jauges d'outils ne sont pas affectées par la fonction G53.

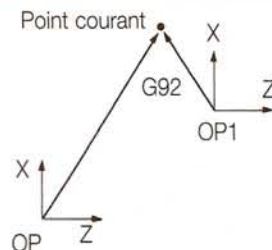
G92
PRÉSÉLECTION
DE L'ORIGINE
PROGRAMME

■ **DÉSIGNATION :**

G92 : présélection de l'origine programme.

La fonction affectée d'un ou plusieurs axes et leurs valeurs, définit la position courante du mobile par rapport à la nouvelle origine programme.

Les PREF sont recalculés sur les axes programmés.



■ **SYNTAXE :**

N140 G92 X.. Z..

G92	Présélection de l'origine programme.
X.. Z..	Position du mobile par rapport à l'origine programme.

■ **DÉTERMINATION DE LA PRÉSÉLECTION DE L'ORIGINE PROGRAMME SUR UN AXE :**

• nouveau PREF = PREF précédent + point courant précédent par rapport à l'OP – valeur programmée en G92

ou bien

• nouveau PREF = point courant par rapport à l'OM – valeur programmée en G92 – longueur d'outil – DEC1

L'opération est réalisée après exécution du bloc précédant le bloc contenant G92.

La nouvelle valeur des PREF est conservée en fin de programme.

■ **EXEMPLE :**

PREF Z = - 300 ; DEC1 = 20 ;

Longueur d'outil D1 = 80

Présélection de l'origine programme G92 Z60

```
N..
N120 G0 D1 G40 X0 Z40
N130 G92 Z60
N140 G0 Z..
N..
```

Après lecture du bloc N120, le point courant par rapport à l'OM en Z = - 160

Calcul du nouveau PREF Z

• par rapport à l'OP :

PREF Z = - 300 + 40 - 60 = - 320

• par rapport à l'OM :

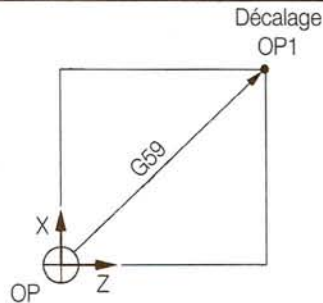
PREF Z = - 160 - 60 - 80 - 20 = - 320

■ DÉSIGNATION :

G59 : décalage d'origine programmé.

La fonction affectée d'un ou plusieurs arguments (axes et valeurs) entraîne la translation de l'origine programme (OP).

Chaque axe peut être affecté d'un décalage d'origine.



■ SYNTAXE :

N160 [G90/G91] G59 X.. Z.. U.. W.. C.. [I.. K.. ED..]

GG90/G91	Programmation absolue ou relative.
G59	Décalage d'origine programmé.
X.. Z.. U.. W.. C..	Les axes programmés sont liés à la fonction. Ils doivent suivre immédiatement G59 et au moins un d'entre eux doit être programmé.
I.. K.. ED..	I.. K.. : arguments définissant le centre de rotation d'un décalage angulaire programmé avec ED (décalage angulaire).

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G59 est non modale, les arguments liés aux axes sont modaux.

■ PARTICULARITÉS :

Il est préconisé d'être en G90 avant la programmation d'un décalage d'origine G59 (lisibilité du programme).

- G59 programmé en absolu (G90) : le décalage s'effectue par rapport au PREF + DEC1. Un nouveau décalage remplace le précédent.
- G59 programmé en relatif (G91) : le premier déplacement programmé après G59 est traduit de la valeur du décalage programmé. Un nouveau décalage affectera le déplacement suivant. La position absolue se trouve décalée de la somme de tous les G59 programmés antérieurement.

■ RÉVOCATION :

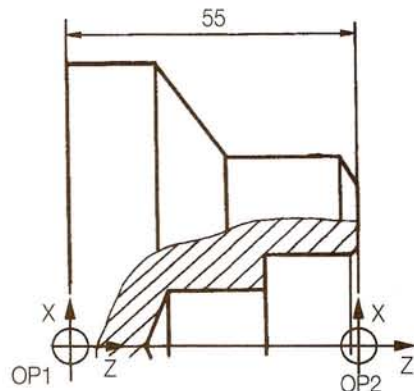
G59 est annulé par la programmation de G59 suivi des arguments d'axes affectés de valeurs nulles en absolu (G90), M02 (fin de programme) et par la remise à l'état initial (RAZ).

■ EXEMPLE :

- usinage extérieur avec, pour OP, la face arrière de la pièce (OP1) ;
- usinage intérieur avec, pour OP, la face avant de la pièce (OP2).

```

N..
N20 T01 D01 M06
  (USINAGE EXTERIEUR OP1)
N..
N..
N50 T04 D04 M06
  (USINAGE INTERIEUR OP2)
N60 G59 Z55
  
```



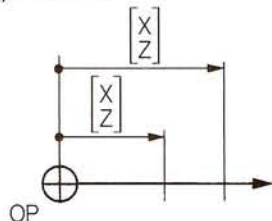
**G59
DÉCALAGE
D'ORIGINE
PROGRAMMÉ**

2.3.2 CHOIX DE PROGRAMMATION

■ DÉSIGNATION

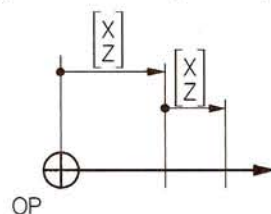
G90 : programmation absolue par rapport à l'origine programme.

La valeur programmée sur un axe est repérée par rapport à l'OP.



G91 : programmation relative par rapport au point de départ du bloc.

La valeur programmée sur un axe est repérée par rapport à la dernière position programmée.



■ SYNTAXE :

N150 G90/G91 X.. Z.. C..

G90	Programmation du déplacement en absolu.
G91	Programmation du déplacement en relatif.
X.. Z..	Coordonnées du point à atteindre.

G90
G91
PROGRAMMATION
ABSOLUE OU
RELATIVE

■ PROPRIÉTÉS :

Les fonctions G90 et G91 sont modales. La fonction G90 est initialisée à la mise sous tension.

■ RÉVOCATION :

Les fonctions G90 et G91 se révoquent mutuellement.

■ PARTICULARITÉS :

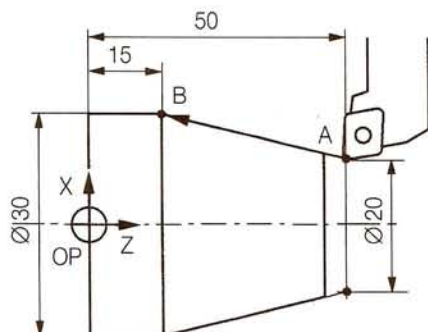
Le premier déplacement programmé doit être effectué en absolu et repéré par rapport à l'origine programme.

Les deux types de programmation (G90/G91) peuvent coexister dans un même programme.

■ EXEMPLE :

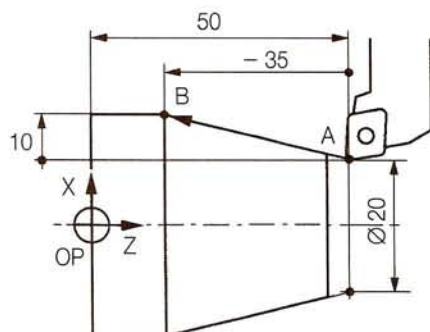
• programmation absolue G90

```
N90 ..
N100 [G90]
N110 X20 Z50 (POINT A)
N120 X30 Z15 (POINT B)
N130 ..
```



• programmation relative G91

```
N90 ..
N100 [G90]
N110 X20 Z50 (POINT A)
N120 G91 X10 Z-35 (DEPLACEMENT AB)
N130 ..
```



Le choix de la programmation du système au diamètre ou au rayon s'effectue en paramètre machine. Suivant le cas, certaines fonctionnalités s'exprimeront par rapport au diamètre et d'autres par rapport au rayon.

■ SYSTÈME PROGRAMMÉ AU DIAMÈTRE

• Valeurs programmées exprimées au diamètre :

- programmation en absolu (G90) : coordonnées d'un déplacement suivant X, position I du centre d'un cercle,
- valeur du diamètre de départ en VCC (G96),
- valeur programmée avec G98.

• Valeurs programmées exprimées au rayon :

- programmation en relatif (G91) : valeur d'un déplacement suivant X, position I du centre d'un cercle,
- rayon de cercle en interpolation circulaire (R),
- valeur de congé ou de chanfrein (EB+, EB-),
- profondeur de passe en cycle d'ébauche (P, R),
- surépaisseur de matière en cycle d'ébauche (I, K) (ER),

- garde de positionnement en cycle d'ébauche (Q),
- valeur du copeau mini en cycle d'ébauche (EQ),
- profondeur de filet (P), dernière passe en filetage (Q),
- profondeur de passe en cycle de perçage (P, Q),
- décalages programmés avec G52 et G59.

• Dimensions des outils :

- introduction des valeurs au rayon.

• Valeurs des corrections dynamiques d'outils :

- introduction des valeurs au diamètre.

• Valeur du décalage DEC1 :

- introduction de la valeur au rayon.

PROGRAMMATION
AU DIAMÈTRE OU
AU RAYON

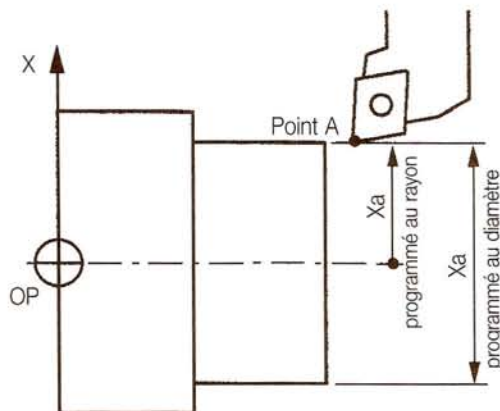
■ SYSTÈME PROGRAMMÉ AU RAYON

• Valeurs exprimées au rayon :

- tous les déplacements programmés et toutes les valeurs liées à l'usinage suivant X.

• Valeurs exprimées au diamètre :

- corrections dynamiques des outils sur X.



2.3.3 COMMANDE DE BROCHES

**M03
M04
M05
SENS DE
ROTATION**

■ **DÉSIGNATION :**

M03 : rotation de broche sens antitrigonométrique.
Mise en rotation de la broche à la fréquence programmée.

M04 : rotation de broche sens trigonométrique.
Mise en rotation de la broche à la fréquence programmée.

M05 : arrêt de broche.
Arrêt de la rotation de la broche.

■ **SYNTAXE :**

N100 M03/M04/M05

M03	Rotation de broche sens antitrigonométrique.
M04	Rotation de broche sens trigonométrique.
M05	Arrêt de broche.

■ **PROPRIÉTÉS :**

M03 et M04 sont des fonctions modales, « avant », décodées.
M05 est une fonction modale « après », décodée, initialisée à la mise sous tension.

■ **RÉVOCATION :**

Les fonctions M03, M04 et M05 se révoquent mutuellement.
Les fonctions M00, M19 et M01 révoquent les états M03 ou M04.

■ **EXEMPLE :**

```
N. .
N110 T05 M05
N120 M03
N. .
N200 M05
N. .
```

appel de l'outil T05
rotation sens antitrigonométrique
arrêt broche

**G97
FRÉQUENCE
DE ROTATION**

■ **DÉSIGNATION :**

G97 : fréquence de rotation de broche exprimée en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$.
La fonction définit une fréquence de rotation constante programmée avec l'argument S.

■ **SYNTAXE :**

N100 G97 S800 [M03/M04]

G97	Fonction forçant la fréquence de rotation de la broche en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$.
S800	Fréquence programmée = $800 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$.
M03/M04	Sens de rotation de la broche.

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction G97 est modale et initialisée à la mise sous tension.

■ **RÉVOCATION :**

La fonction G97 est révoquée par la fonction G96.
La fréquence programmée avec G97 est annulée par S0 ou modifiée par S affectée d'une nouvelle valeur.

■ **EXEMPLE :**

```
N. .
N110 G97 S500 M04
N. .
N200 S800
N. .
```

fréquence de rotation $500 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ sens trigonométrique
fréquence de rotation $800 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$

■ ÉQUATION DE LA VITESSE DE COUPE :

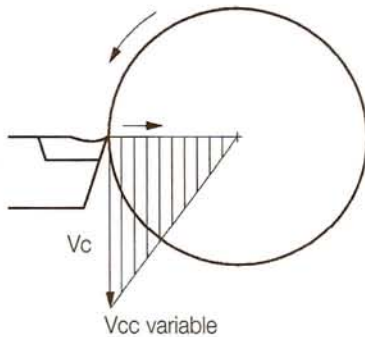
$$V_c = \pi \cdot d \cdot N$$

vitesse de coupe en $m \cdot \text{min}^{-1}$ \varnothing en m fréquence de rotation en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$

■ FRÉQUENCE DE ROTATION DE LA BROCHE N

N est exprimée en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$. La fréquence de rotation est constante, donc la vitesse de coupe V_c tend vers zéro lorsque le diamètre tend vers zéro (V_c nulle au centre de la pièce).

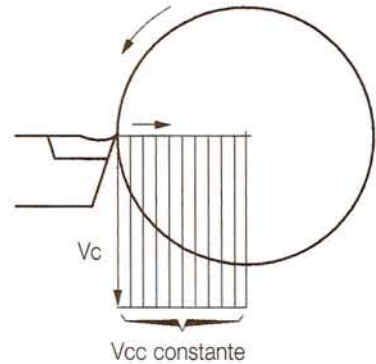
N constante



■ VITESSE DE COUPE CONSTANTE V_{cc}

La V_{cc} est exprimée en $m \cdot \text{min}^{-1}$. Elle est gardée constante lorsque l'outil se déplace vers le centre de la pièce. La fréquence de rotation varie de façon inversement proportionnelle au diamètre (limitation par la fréquence de rotation maxi de la broche).

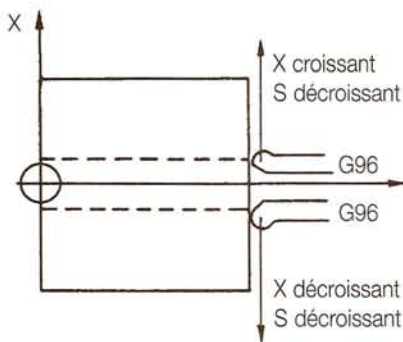
N variable



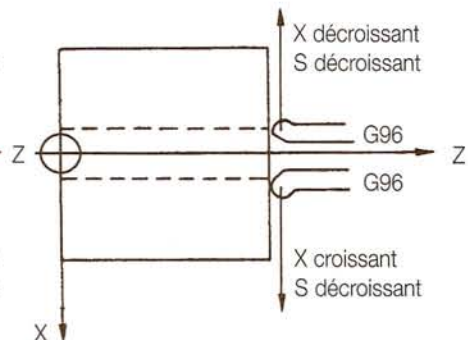
VITESSE DE
COUPE ET
FRÉQUENCE DE
ROTATION

La fréquence de rotation de la broche en V_{cc} est initialisée en fonction de la cote X et de la vitesse de coupe programmée. Elle évolue en proportion des déplacements en X et de leurs sens.

tourneuse arrière



tourneuse avant



**G96
VITESSE DE
COUPE
CONSTANTE**

■ **DÉSIGNATION :**

G96 : vitesse de coupe constante (V_{cc}) exprimée en $m \cdot \text{min}^{-1}$.

La fonction permet la variation de la fréquence de rotation de la broche. La fréquence de rotation évolue selon la position centre de l'outil/diamètre de la pièce.

■ **SYNTAXE :**

`N200 G96 [X..] S120`

G96	Fonction forçant la vitesse de coupe constante en $m \cdot \text{min}^{-1}$.
X..	Argument définissant le diamètre de positionnement de l'outil.
S120	Argument obligatoire définissant la vitesse de coupe programmée.

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction G96 est modale.

■ **RÉVOCATION :**

La fonction G96 est révoquée par la fonction G97.

■ **PARTICULARITÉS :**

La broche doit être en rotation avant l'appel de la fonction.

Après un dégagement par rapport à l'origine mesure (G52), il est impératif de reprogrammer une nouvelle position d'initialisation en X de la Vcc.

Lorsqu'une Vcc est programmée, il est possible de la modifier en cours de programme par une redéfinition G96 S.

■ **RECOMMANDATIONS :**

Pendant un usinage en Vcc, il est préconisé de programmer la vitesse d'avance en mm.tr^{-1} afin d'usiner avec une épaisseur de copeau constante.

Avant chaque changement d'outil, il convient d'annuler la Vcc en passant en G97 et de réinitialiser à nouveau la Vcc sur la position X du nouvel outil.

■ **EXEMPLE :**

```
N..
N110 G97 S500 M04
N120 G00 X40 Z100
N130 G96 S120
N..
N200 G97 S800
N..
```

fréquence de rotation $500 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ sens trigonométrique
positionnement nez outil sur $\varnothing 40$
initialisation Vcc à $120 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

fréquence de rotation $800 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$

**G92
LIMITATION DE
LA FRÉQUENCE
DE ROTATION
DE BROCHE**

■ **DÉSIGNATION :**

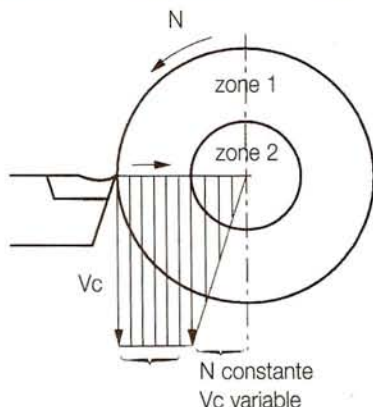
G92 S.. : limitation de la fréquence de rotation N de la broche.

Elle définit la fréquence de rotation de la broche à ne pas dépasser.

S définit la fréquence maxi en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$.

La limitation définit :

- zone 1, Vcc et N variables ;
- zone 2, Vc variable et N constante.



■ SYNTAXE :

N100 G92 S2000

G92	Limitation de la fréquence de rotation de la broche.
S2000	Argument obligatoire définissant la valeur de 2000 tr · min ⁻¹ maxi.

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G92 est modale.

■ RÉVOCATION :

La limitation est annulée par :

- G92 S0
- G92 S.. autre valeur de S
- M02 fin de programme

■ PARTICULARITÉS :

La limitation de fréquence de rotation de broche doit être programmée à une fréquence inférieure à la fréquence maxi de la broche et avant l'initialisation de la Vcc G96.

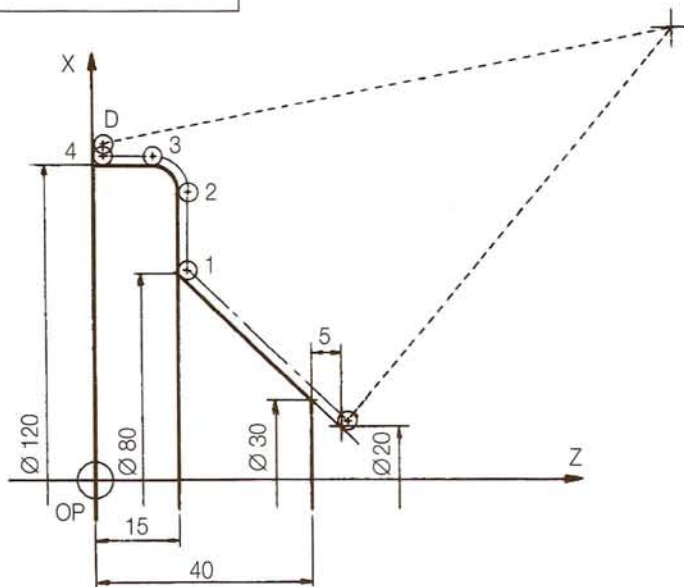
■ EXEMPLE :

```

N..
N100 T03 D03 M06
N110 G92 S1800
N120 G00 X150 Z200
N130 G96 S200 M03 M41
N140 G95 F0.15
N150 G42 X20 Z45
N160 G01 X80 Z15
N170 X110
N180 G03 X120 Z10 R5
N190 G01 Z
N200 G00 X125
N210 G97 S800
N220 G40 X150 Z200
N..
  
```

appel outil 3
 limitation à 1800 tr · min⁻¹ de la fréquence de rotation
 point de dégagement
 initialisation Vcc à 200 m · min⁻¹
 avance 0,15 mm · tr⁻¹
 décalage à droite du profil – départ usinage point E
 point 1
 point 2
 point 3
 point 4
 sortie usinage point D
 fréquence rotation 800 tr · min⁻¹
 annulation décalage – point de dégagement

G92
LIMITATION DE
LA FRÉQUENCE
DE ROTATION
DE BROCHE
 (suite)



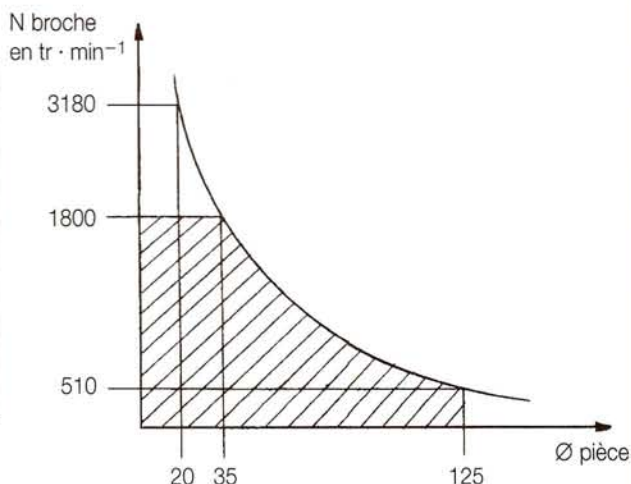
**G92
LIMITATION DE
LA FRÉQUENCE
DE ROTATION
DE BROCHE
(suite)**

Dans l'exemple de la page précédente, la fréquence de rotation de la broche est limitée à $1\,800 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ (N110 G92 S1800) et la V_{cc} est de $200 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ (N130 G96 S200).

Intervalle de variation de la fréquence de rotation de la broche

$N_{\text{mini}} = 510 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$
 $N_{\text{maxi}} = 1\,800 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$

Sans limitation, la fréquence de rotation de la broche serait de $3\,180 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ au $\varnothing 20$.



**M40
À
M45
GAMMES DE
BROCHE**

■ **DÉSIGNATION :**

M40/M41/M42/M43/M44/M45 : gammes de broche.

Le système permet de définir 6 gammes de broche associées à des fréquences de rotation S.

■ **SYNTAXE :**

N230 [G97 S..] [M03/M04] M40 à M45

G97 S..	Fréquence de rotation de la broche en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$.
M03/M04	Sens de rotation de la broche.
M40 à M45	Choix de la gamme de fréquences.

■ **PROPRIÉTÉS :**

Les fonctions M40 à M45 sont modales, « avant » et décodées.

■ **PARTICULARITÉS :**

Les intervalles de fréquences sont définis pour chaque gamme par le constructeur.

Exemple :

M40 = 50 à $500 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$;
 M41 = 400 à $900 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$;
 M42 = 800 à $4200 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$.

■ **RÉVOICATION :**

Les fonctions M40 à M45 se révoquent mutuellement.

Certains systèmes déterminent automatiquement la gamme en fonction de la fréquence de rotation programmée.

■ **EXEMPLE :**

N. .
 N50 G97 S700 M41
 N. .

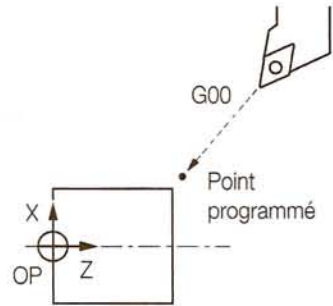
fréquence de rotation $700 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$; gamme M41

2.3.4 INTERPOLATIONS

■ DÉSIGNATION :

G00 : interpolation linéaire à vitesse d'avance rapide.

Le point programmé est atteint en effectuant une trajectoire linéaire à vitesse d'avance rapide, quels que soient les axes programmés (X et Z, U et V, C).



■ SYNTAXE :

N180 [G90/G91] G00 [R-/R+] X.. Z..

G90/G91	Programmation absolue ou programmation relative.
G00	Positionnement rapide.
R- / R+	Positionnement avant ou après le point programmé (à distance égale à la valeur du rayon de l'outil déclaré).
X.. Z..	Coordonnées du point à atteindre (G90) ; valeurs des déplacements (G91).

■ PROPRIÉTÉS :

Fonction modale.

■ RÉVOCATION :

G00 est révoquée par G01, G02 et G03.

■ PARTICULARITÉS :

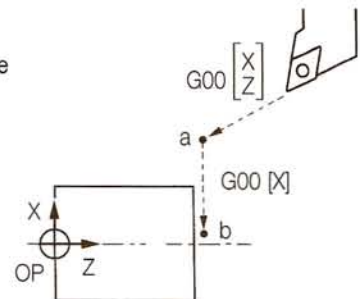
Les arguments facultatifs R+ et R- ne sont actifs que dans le bloc où ils sont programmés.

G00
POSITIONNEMENT
RAPIDE

■ EXEMPLES :

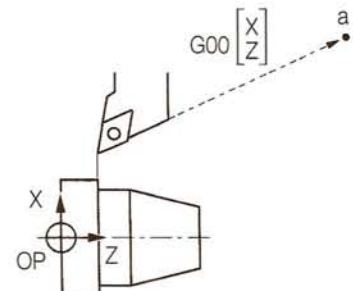
- Positionnement rapide avant exécution d'un usinage

```
N..
N40 G97 S1000 M41 M04
N50 G00 Xa Za
N60 Xb
N..
```



- Dégagement rapide après exécution d'un usinage

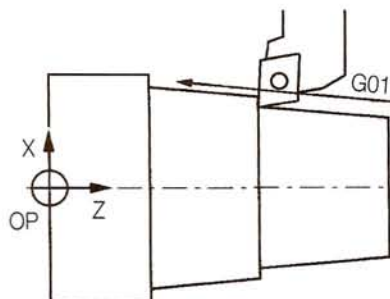
```
N..
N140 G00 Xa Za
N..
```



■ **DÉSIGNATION :**

G01 : interpolation linéaire à vitesse d'avance travail programmée.

Le point programmé est atteint en effectuant une trajectoire linéaire à vitesse d'avance travail programmée, quels que soient les axes programmés (X et Z, U et V, C).



■ **SYNTAXE :**

N200 [G90/G91] G01 [R-/R+] X.. Z..[F..]

G90/G91	Programmation absolue ou programmation relative.
G01	Positionnement rapide.
R- /R+	Positionnement avant ou après le point programmé (à distance égale à la valeur du rayon de l'outil déclaré).
X.. Z..	Coordonnées du point à atteindre (G90) ; valeurs des déplacements (G91).
F..	Vitesse d'avance.

**G01
INTERPOLATION
LINÉAIRE**

■ **PROPRIÉTÉS :**

Fonction modale, initialisée à la mise sous tension.

■ **RÉVOCATION :**

G01 est révoquée par G00, G02 et G03.

■ **PARTICULARITÉS :**

Les arguments facultatifs R+ et R- ne sont actifs que dans le bloc où ils sont programmés.

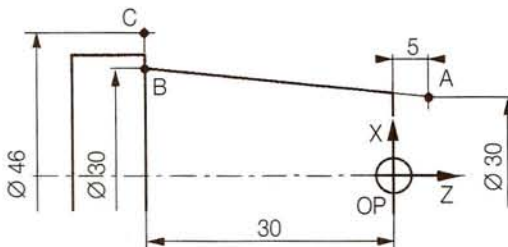
■ **EXEMPLE :**

Interpolations linéaires suivant X et Z. Programmation absolue en G90.

```
N..
N50 G00 X30 Z5
N60 G96 S120
N70 G95 F0.1
N80 G01 X36 Z-30
N90 X46
N..
```

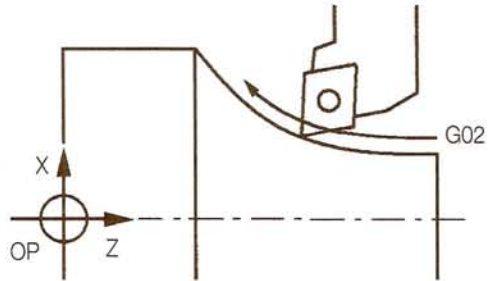
approche point A

vitesse d'avance en mm · tr⁻¹
chariotage trajectoire AB
dressage trajectoire BC

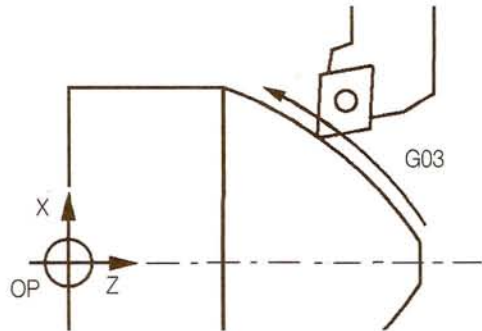


■ DÉSIGNATION :

G02 : interpolation circulaire sens antitrigonométrique à vitesse d'avance travail programmée.



G03 : interpolation circulaire sens trigonométrique à vitesse d'avance travail programmée.



Le point programmé est atteint en effectuant une trajectoire circulaire.

G02
G03
INTERPOLATIONS
CIRCULAIRES

■ SYNTAXE :

N100 [G90/G91] G02/G03 X.. Z.. I.. K../R.. [F..]

G90/G91	Programmation absolue ou programmation relative.
G02	Interpolation circulaire sens antitrigonométrique.
G03	Interpolation circulaire sens trigonométrique.
X.. Z..	Coordonnées du point à atteindre.
I.. K..	Position du centre de l'interpolation dans le plan XZ (I suivant X, K suivant Z).
R..	Rayon du cercle interpolé.
F..	Vitesse d'avance.

■ PROPRIÉTÉS :

G02 et G03 sont modales.

■ RÉVOCACTION :

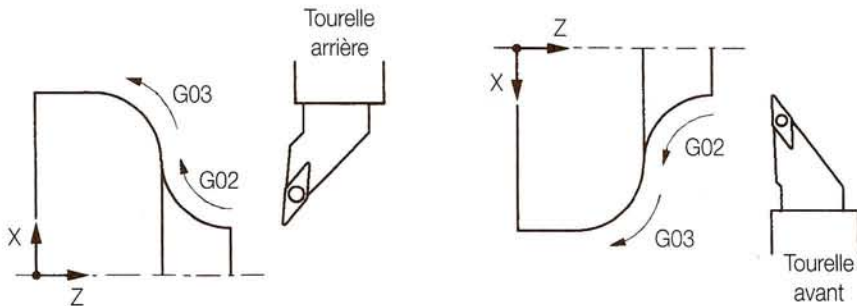
G02 est révoquée par G00, G01 et G03.
G03 est révoquée par G00, G01 et G02.

■ PARTICULARITÉS :

Le point programmé n'est pas atteint lorsque le bloc suivant est enchaîné avec un lissage de trajectoire.

Dans un bloc programmé en G02 ou G03, les adresses qui permettent d'exécuter l'interpolation sont obligatoires (XZ, IK ou R) même si elles ne varient pas par rapport au bloc précédent.

■ SENS DE DÉPLACEMENT SUIVANT LA POSITION DE LA TOURELLE :



■ EXEMPLE :

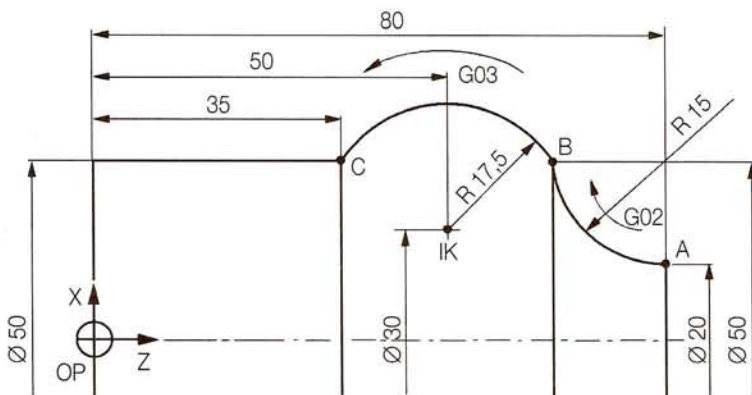
Interpolations circulaires en G90.

- G02 est exécutée par programmation du rayon R.
- G03 est exécutée par programmation du centre du rayon (I et K).

G02
G03
INTERPOLATIONS
CIRCULAIRES
(suite)

```

%300
N10 G00 G52 X150 Z200
N20 T01 M06
N30 S1000 M41 M04
N40 G95 F0.15
N50 X20 Z90 (APPROCHE A)
N60 G96 S120
N70 G01 Z80 (A)
N80 G02 X50 Z65 R15 (B)
N90 G03 X50 Z35 I30 K50 (C)
N100 G00 X150
N110 G52 Z200 G97 S1000 M05
N120 M02
    
```

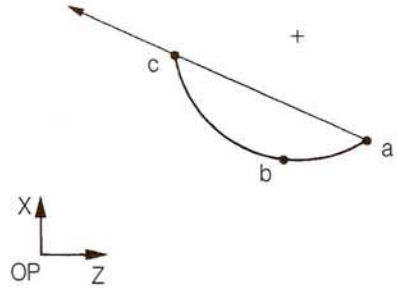


■ DÉSIGNATION :

G23 : interpolation circulaire définie par 3 points.

Elle peut être exécutée par programmation du point de départ défini dans le bloc précédant la fonction G23, du point d'arrivée et du point intermédiaire définis dans le bloc avec G23.

Le sens de l'interpolation est défini par la position du point intermédiaire b par rapport aux points de départ a et d'arrivée c.



■ SYNTAXE :

N240 [G90/G91] G23 X.. Z.. I.. K.. [F..]

G90/G91	Programmation absolue ou programmation relative.
G23	Interpolation circulaire.
X.. Z..	Coordonnées du point d'arrivée.
I.. K..	Coordonnées du point intermédiaire.
F..	Vitesse d'avance.

■ PROPRIÉTÉS :

Fonction non modale.

■ RÉVOCATION :

G23 est révoquée en fin de bloc.

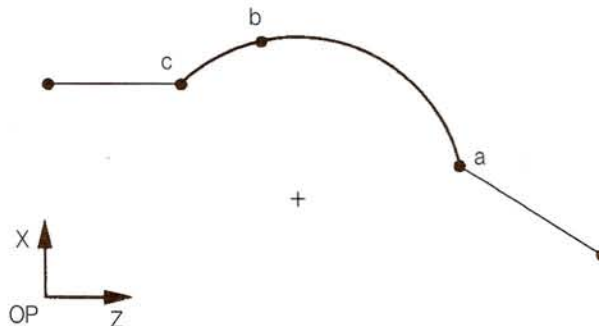
■ PARTICULARITÉS :

Les arguments de la fonction G23 ne doivent être séparés par aucune adresse. G23 peut être programmée en absolu (G90) ou en relatif (G91).

■ EXEMPLE :

Interpolation circulaire suivant la trajectoire abc.

```
N..
N50 G01 Xa Za G95 F0.15
N60 G23 Xc Zc Ib Kb F0.1
N70 G01 X.. Z.. F0.15
N..
```



G23
INTERPOLATION
CIRCULAIRE
DÉFINIE PAR
3 POINTS

■ **DÉSIGNATION :**

G48 : définition d'une courbe spline.

La définition d'une courbe spline comprend plusieurs instructions : fonction de définition, numéro de la courbe, blocs de définition des points de la courbe.

■ **SYNTAXE :**

N280 G48 NC.. H../N..

G48	Fonction de définition d'une courbe spline.
NC..	Argument définissant le numéro de la courbe.
H..	Numéro du sous-programme dans lequel sont définis les points de la courbe (optionnel).
N.. N..	Numéros du premier et dernier bloc de définition des points de la courbe.

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction G48 est non modale.

■ **RÉVOCATION :**

G48 est révoquée en fin de bloc.

■ **BLOCS DE DÉFINITION DES POINTS DE LA COURBE :**

Le premier et le dernier bloc doivent comporter les tangentes d'origine et d'arrivée ; si les tangentes ne sont pas connues, ces blocs doivent être vides. Tous les autres blocs doivent comporter des points de la courbe. Le premier bloc doit comporter les axes affectés par l'interpolation spline.

■ **PARTICULARITÉS :**

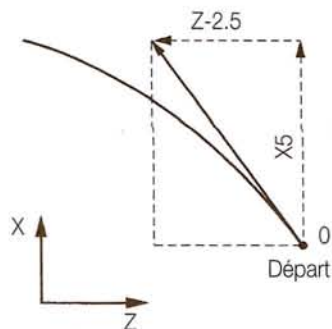
Si l'axe X de la machine est paramétré au diamètre, la programmation d'une courbe spline entraîne les conditions suivantes :

- le bloc contenant G48 devra être précédé du paramètre externe E11005 = 0 (forçage de la programmation au rayon) ;
- les points de définition de la courbe N.. N.. devront être programmés au rayon ;
- après exécution de la courbe G06 NC.., l'annulation éventuelle de la programmation au rayon est réalisée par E11005 = 1 (forçage de la programmation au diamètre).

■ **BLOCS DE DÉFINITION DES TANGENTES ET DES POINTS DE LA COURBE :**

```

N..
N150 X5 Z-2.5   Tangente d'origine
X.. Z..         } Points de la courbe
X.. Z..
X.. Z..
N160 X.. Z..   Tangente d'arrivée
    
```



Le nombre de points est limité à 255 maxi et 3 mini.

G48 doit être programmée en état G40.

Les fonctions M, F et S peuvent être programmées dans les blocs de définition de la courbe.

■ **DÉSIGNATION :**

G06 : ordre d'exécution d'une courbe spline.

■ **SYNTAXE :**

N230 G06 NC..

G06	Fonction forçant l'ordre d'exécution d'une courbe spline.
NC..	Numéro de la courbe.

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction G06 est non modale.

■ **PARTICULARITÉS :**

Les fonctions F, S et T ne peuvent être programmées dans le bloc contenant G06 NC.

■ **RÉVOICATION :**

G06 est révoquée en fin de bloc.

■ **EXEMPLE :**

```

%100
N..
(FINITION PROFIL SPLINE)
N180 G0 G52 X0 Z0 S900 M5
N190 G79 N220
N200 X0 Z-1
G1 X35 Z-10 F.15 (C)
X37 Z-13 (D)
X40 Z-25 (E)
X35 Z-50 (F)
X40 Z-80 (G)
N210
N220 T3 D3 M6 (OUTIL FINITION)
N230 S900 M40 M3
E11005=0
N240 G48 NC1 N200 N210
N250 G0 G42 X10 Z5 (A)
N260 G96 S300
N270 G95 F.3
N280 G2 X15 Z0 I15 K5 (B)
N290 G3 X35 Z-10 R30 (C)
N300 G6 NC1
N310 G1 G40 X45
E11005=1
N320 G77 N180 N180
N330 M2
    
```

tangente d'origine de la courbe

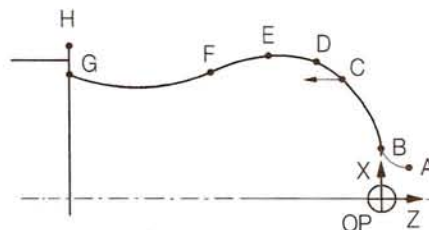
pas de tangente d'arrivée

programmation au rayon
définition de la courbe

ordre d'exécution de la courbe

programmation au diamètre

**G06
INTERPOLATION
SPLINE
EXÉCUTION**



■ **DÉSIGNATION :**

G49 : suppression d'une courbe spline.

La fonction permet la libération de l'espace mémoire occupé par la courbe déjà exécutée.

■ **SYNTAXE :**

N300 G49 NC..

G49	Suppression d'une courbe spline.
NC..	Numéro de la courbe à supprimer.

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction G49 est non modale.

■ **PARTICULARITÉS :**

La fonction G49 doit être programmée en G40.

■ **RÉVOCATION :**

G49 est révoquée en fin de bloc.

■ **EXEMPLE :**

définition – exécution – suppression d'une courbe spline

**G49
INTERPOLATION
SPLINE
SUPPRESSION**

<i>§500</i>	
<i>N..</i>	
<i>N100 G79 N200</i>	
<i>N110 X.. Z</i>	tangente d'origine
<i>N120 X.. Z..</i>	
<i>N130 X.. Z..</i>	points de la courbe
<i>N140 X.. Z..</i>	
<i>N150 X.. Z..</i>	tangente d'arrivée
<i>N..</i>	
<i>N200 G48 NC1 N110 N150</i>	définition
<i>N..</i>	
<i>N300 G6 NC1</i>	ordre d'exécution
<i>N..</i>	
<i>N..</i>	
<i>N400 G49 NC1</i>	suppression
<i>N..</i>	

2.3.5 VITESSES DE DÉPLACEMENTS

■ DÉTERMINATION DE LA VITESSE D'AVANCE V_f en $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$

$$V_f = N \cdot f_z \cdot Z$$

fréquence de rotation
(en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$)
avance par dent
(en mm)
nombre de dents
de l'outil

Exemple :

$N = 750 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$; $f_z = 0,1 \text{ mm}$; $Z = 2 \text{ dents}$

$\Rightarrow V_f = 750 \times 0,1 \times 2 = 150 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ (soit F150 en code ISO).

■ DÉSIGNATION :

G94 : vitesse d'avance exprimée en millimètres, pouces ou degrés par minute.

La vitesse d'avance s'exprime en mm ou pouce par minute sur les axes linéaires (XZ, UW) et en degré par minute sur les axes rotatifs (AC).

■ SYNTAXE :

N200 G94 F.. G01/G02/G03 X.. Z.. C..

G94	Fonction vitesse d'avance en $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$, $\text{in} \cdot \text{min}^{-1}$, $\text{degré} \cdot \text{min}^{-1}$.
F..	Argument obligatoire définissant la vitesse programmée.
G01/G02/G03	Interpolation linéaire ou circulaire.
X.. Z..	Coordonnées du point à atteindre sur les axes linéaires.
C..	Coordonnées angulaires à atteindre sur un axe rotatif.

G94
VITESSE
D'AVANCE PAR
MINUTE (EN
MILLIMÈTRES,
POUCES OU
DEGRÉS)

■ PROPRIÉTÉS :

Fonction modale, initialisée à la mise sous tension.

■ RÉVOCATION :

G94 est révoquée par G95.

■ PARTICULARITÉS :

Les limites de la vitesse d'avance sont définies par le constructeur de la machine.

Lors d'un changement d'unité de vitesse d'avance, la fonction G définissant la nouvelle unité doit être suivie obligatoirement de l'argument F.

■ EXEMPLE :

N..
 N200 G00 X.. Z..
 N210 G95 F0.25
 N220 G01 Z..
 N230 X.. Z.. F0.15
 N..
 N300 G00 X.. Z..
 N310 G94 F140 G01 X.. W..
 N320 W.. F100
 N..

vitesse d'avance en $\text{mm} \cdot \text{tr}^{-1}$

vitesse d'avance en $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ sur X et W

G95
VITESSE
D'AVANCE PAR
TOUR (EN
MILLIMÈTRES
OU POUÇES)

■ **DÉSIGNATION :**

G95 : vitesse d'avance exprimée en millimètres ou en pouces par tour.

La vitesse d'avance s'exprime par tour de broche.

■ **SYNTAXE :**

N210 G95 F.. G01/G02/G03 X.. Z..

G95	Fonction vitesse d'avance en $\text{mm} \cdot \text{tr}^{-1}$, $\text{in} \cdot \text{tr}^{-1}$.
F..	Argument obligatoire définissant la vitesse programmée.
G01/G02/G03	Interpolation linéaire ou circulaire.
X.. Z..	Coordonnées du point à atteindre sur les axes linéaires.

■ **PROPRIÉTÉS :**

Fonction modale.

■ **PARTICULARITÉS :**

Les limites de la vitesse d'avance sont définies par le constructeur de la machine.

Lors d'un changement d'unité de vitesse d'avance, la fonction G définissant la nouvelle unité doit être suivie obligatoirement de l'argument F..

La programmation de l'avance en pouce/min n'est possible que si le système est en G70 (programmation en pouce).

■ **RÉVOCACTION :**

G95 est révoquée par G94.

■ **EXEMPLE :**

N..
N200 G00 X.. Z..
N210 G94 F120
N220 G01 Z..
N230 X.. Z.. F100
N..
N300 G00 X.. Z..
N310 G95 F0.3 G01 X.. W..
N320 W.. F0.15
N..

vitesse d'avance en $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$

vitesse d'avance en $\text{mm} \cdot \text{tr}^{-1}$ sur X et W

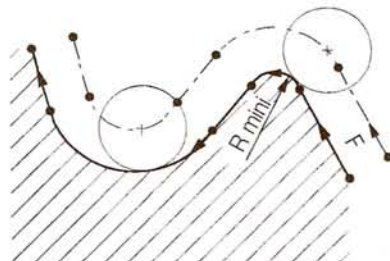
G92
VITESSE
D'AVANCE
TANGENTIELLE

■ **DÉSIGNATION :**

G92 R.. : vitesse d'avance tangentielle.

Cette fonction permet d'appliquer l'avance tangentielle lors de l'usinage de courbes en correction de rayon d'outil.

L'avance F. n'est plus appliquée au centre de l'outil mais au point de tangence outil/pièce.



■ SYNTAXE :

N200 G92 R..

G92	Avance tangentielle appliquée à la correction de rayon d'outil.
R..	Argument obligatoire programmé définissant la valeur mini du rayon de courbe en dessous de laquelle l'avance tangentielle n'est pas traitée.

■ PROPRIÉTÉS :

Fonction modale.

■ RÉVOCATION :

G92 R.. est révoquée par :

- la fonction d'annulation G92 R0 ;
- la fonction M02 de fin de programme ;
- la fonction G92 R.. affectée d'un rayon différent ;
- la remise à l'état initial (RAZ).

■ PARTICULARITÉS :

La fonction G92 programmée dans un bloc ne peut être accompagnée de trajectoires.

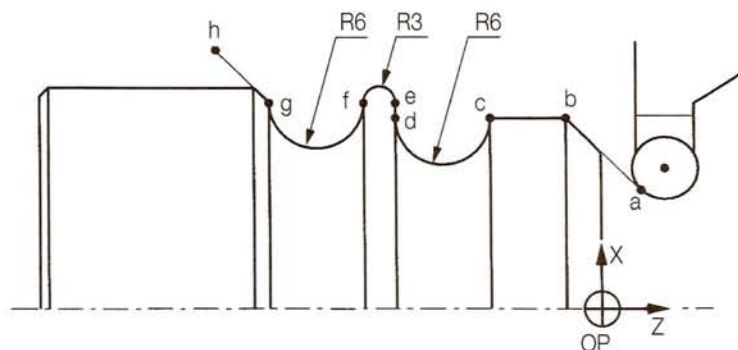
■ EXEMPLE :

```

%222
N10 G00 G52 X100 Z100
N20 T01 M06
N30 S1000 M41 M04
N40 G95 F0.2
N50 G00 G42 Xa Za
N60 G92 S2000
N70 G96 S100
N80 G92 R4 (LIMITE AV. TANGENT.)
N90 G01 Xb Zb F0.2
N100 Xc Zc
N110 G02 Xd Zd R6
N120 G01 Xe Ze
N130 G03 Xf Zf R3
N140 G02 Xg Zg R6
N150 G01 Xh Zh
N160 G92 R0 (ANNULATION AV. TANGENT.)
N170 G00 G40 G52 X100 Z100 G97 S1000 M05
N180 M02

```

G92
VITESSE
D'AVANCE
TANGENTIELLE
(suite)



2.4 CYCLES D'USINAGE

G80
ANNULATION
D'UN CYCLE
D'USINAGE

■ DÉSIGNATION :

G80 : annulation d'un cycle d'usinage.

Cette fonction révoque les cycles d'usinage.

■ SYNTAXE :

N100 G80

G80

Annulation de cycle d'usinage

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G80 est modale et initialisée à la mise sous tension.

■ RÉVOCATION :

La fonction G80 est révoquée par les fonctions G64, G81, G82, G83, G84, G85, G87 et G89.

■ EXEMPLE :

```
N90 ..
N100 G00 X150 Z200
N110 G94 F..
N120 G83 Z-10 P8
N130 G80 G00 X150 Z200
N140 ..
```

cycle de perçage
annulation du cycle

2.4.1 CYCLES D'ÉBAUCHE

G64
CYCLE
D'ÉBAUCHE
PARAXIAL

■ DÉSIGNATION :

G64 : cycle d'ébauche paraxial.

Cette fonction permet l'ébauche d'un volume de matière situé entre les définitions d'un profil brut et d'un profil fini. Le cycle peut être exécuté par dressage ou chariotage, pour des usinages extérieurs ou intérieurs.

■ SYNTAXE :

N.. G64 [N.. N..]/[EP..][I.. K..] P../ R..
N..
N.. } DÉFINITION DU BRUT
N..

G64	Cycle d'ébauche paraxial.
N.. N..	Numéros du premier et du dernier bloc définissant le profil fini (mini 2 blocs, maxi 50 blocs).
EP..	Numéro de contour créé par la fonction profil.
I..	Surépaisseur de finition suivant X (par défaut I = 0).
K..	Surépaisseur de finition suivant Z (par défaut K = 0).
P. / R..	P. : profondeur de passe suivant X (ébauche suivant Z). R. : profondeur de passe suivant Z (ébauche suivant X).
DÉFINITION DU BRUT	Suite de blocs définissant les dimensions du brut situés entre G64 et l'annulation du cycle.

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G64 est modale.

■ RÉVOCATION :

La fonction G64 est révoquée par la fonction G80.

■ PARTICULARITÉS :

Lorsque le cycle est programmé, le système doit être dans l'état G40.

La fonction de vitesse d'avance et son argument peuvent être programmés dans le bloc du cycle.

• Profil fini

La définition du profil peut être programmée avant l'appel du cycle. Il est alors nécessaire

d'utiliser la fonction G79 de saut de bloc.

Les blocs définissant les bornes du profil doivent comporter les coordonnées en X et Z.

Les adresses I et K peuvent être munies du signe - (sur-épaisseur pour un alésage).

Le cycle n'exécute pas l'ébauche des gorges comprises dans la définition du profil.

En fin de cycle, le système est initialisé en G00.

Les variables programmes L100 à L199 et L900 à L959 ne peuvent pas être employées dans la définition du profil fini.

• Profil brut

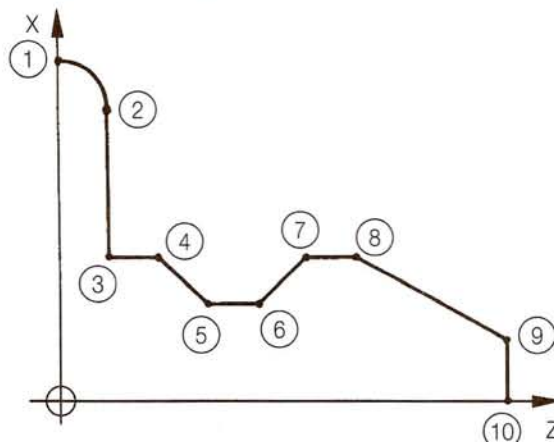
Le brut ne peut pas contenir de bloc en PGP et de bloc définissant une courbe.

■ EXEMPLE :

```

%555
(ESSAI CYCLES)
N10 T1 D1 M6
N20 G92 S2000
N30 G X 200 Z150
N40 G96 S100 M3 M40
N50 G79 N200
(PROFIL FINI)
N100 X140 Z (1)
N110 G2 X120 Z 10 R10 (2)
N120 G1 X60 (3)
N130 Z20 (4)
N140 X40 Z30 (5)
N150 Z40 (6)
N160 X60 Z50 (7)
N170 Z60 (8)
N180 X25 Z90 (9)
N190 X (10)

```



G64
CYCLE
D'ÉBAUCHE
PARAXIAL
(suite)

■ EXEMPLE (suite) :

(ÉBAUCHE EN X)

N200 G64 N100 N190 I.5 K.2 P2 F200

(PROFIL BRUT)

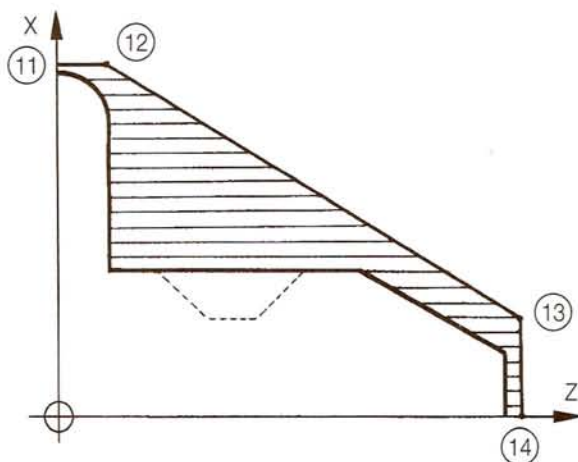
N210 X144 Z (11)

N220 Z10 (12)

N230 X40 Z 94 (13)

N240 X (14)

N250 G80 X200 Z150



G64
CYCLE
D'ÉBAUCHE
PARAXIAL
(suite)

OU BIEN :

(ÉBAUCHE EN Z)

N200 G64 N190 N100 I.5 K.2 R3 F200

(PROFIL BRUT)

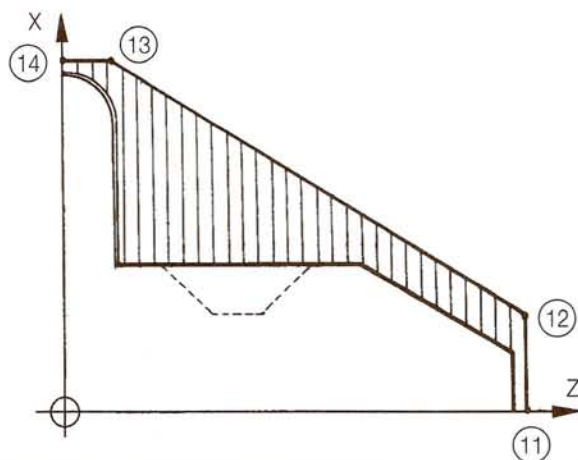
N210 X Z 94 (11)

N220 X40 (12)

N230 X144 Z10 (13)

N240 Z (14)

N250 G80 X200 Z150



■ DÉSIGNATION :

G65 : cycle d'ébauche de gorge.

Cette fonction permet l'ébauche d'une gorge dont le profil est programmé en cours de définition d'un profil fini. Le cycle peut être exécuté par dressage (gorges frontales) ou chariotage (gorges axiales).

■ SYNTAXE :

N.. G65 [N.. N..] / [EP..] X.. / Z.. [I.. K..] EA.. P.. / R.. [Q..] [EF..]

G65	Cycle d'ébauche de gorge.
N.. N..	Numéros du premier et du dernier bloc définissant le profil fini (mini 2 blocs maxi 50 blocs).
EP..	Numéro de contour créé par la fonction profil.
X.. / Z..	Position de fin de passe sur l'axe d'ébauche de la gorge (X pour ébauche frontale ; Z pour ébauche axiale).
I..	Surépaisseur de finition suivant X (par défaut I = 0).
K..	Surépaisseur de finition suivant Z (par défaut K = 0).
EA..	Angle de prise de passe dans la gorge.
P.. / R..	P.. : profondeur de passe suivant X (ébauche suivant Z) ; R.. : profondeur de passe suivant Z (ébauche suivant X).
Q..	Garde de positionnement (par défaut Q = 0).
EF..	Vitesse d'avance de pénétration dans la matière.

**G65
CYCLE
D'ÉBAUCHE
DE GORGE**

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G65 est non modale.

■ RÉVOCATION :

La fonction G65 est révoquée en fin de bloc.

■ PARTICULARITÉS :

Les blocs définissant les bornes du profil doivent comporter les coordonnées en X et Z.

Le bloc de positionnement outil au départ du cycle doit être programmé en G40.

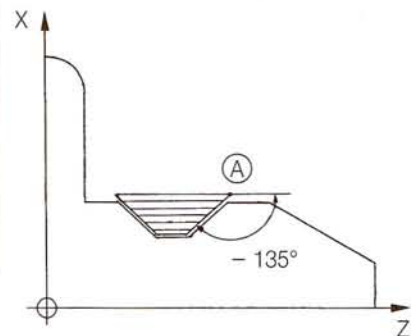
La fonction de vitesse d'avance et son argument peuvent être programmés dans le bloc du cycle.

■ EXEMPLE :

```
(USINAGE POCHE)
N300 G97 S800
N310 T3 D3 M6
N320 G X70 Z50
N330 G96 S80 F150
N340 X62 (A)
(ÉBAUCHE POCHE)
N350 G65 N120 N170 EA-135 P2 Z20 I.5 K.2
N360 G G80 X200 Z150
```

La zone usinée est la zone délimitée par le profil fini et par les 2 droites reliant les 3 points suivants :

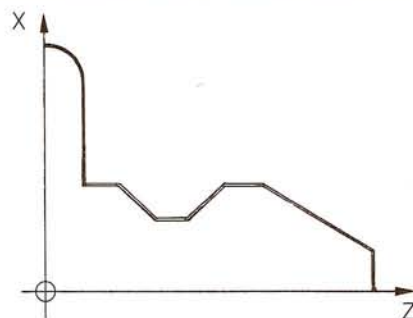
- la cote X ou Z programmée dans le cycle,
- le point de départ du cycle (dernier point programmé avant G65),



- le point d'intersection avec le profil fini de la droite d'angle de pénétration EA.. passant par le point de départ du cycle.

**G65
CYCLE
D'ÉBAUCHE
DE GORGE
(suite)**
■ EXEMPLE (suite) :
Finition du profil

```
N400 G97 S800
N410 T5 D5 M6
N420 G96 S120 F100
N430 G G41 X142 Z
(FINITION PROFIL)
N440 G77 N100 N190
N450 G40 G X200 Z150
N460 M2
```

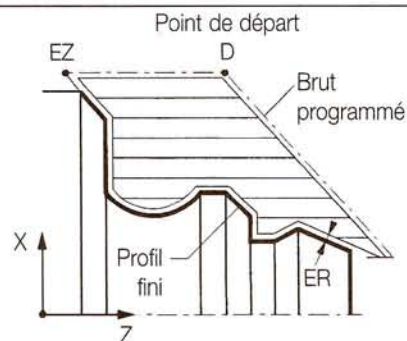


Cette fonction disponible sur NUM 1040/1060 permet de réaliser une ébauche de profil avec gorge (fonctions G64 et G65) par l'appel d'une seule fonction.

■ DÉSIGNATION :

G63 : cycle d'ébauche avec gorge.

Cette fonction permet l'ébauche d'un volume de matière situé entre la définition d'un profil brut et un profil fini. Le cycle peut être exécuté par dressage ou chariotage pour des usinages extérieurs ou intérieurs.


■ SYNTAXE :

```
N.. G63 [N.. N..]/[EP..] X.. Z.. EX../EZ.. P../R.. EA../EU../EW..
[EB..] [EC..] [ER..] [Q..] [EQ..] [EF..]
```

**G63
CYCLE
D'ÉBAUCHE DE
PROFIL AVEC
GORGE**

G63	Cycle d'ébauche avec gorge.
N.. N..	Numéros du premier et du dernier bloc définissant le profil fini (maxi 95 blocs).
EP..	Numéro de contour créé par la fonction profil.
X.. Z..	Position de départ du cycle.
EZ../ EX..	Position de fin de passe sur l'axe d'ébauche (EZ pour ébauche axiale suivant Z ; EX pour ébauche frontale suivant X).
P.. / R..	P.. : profondeur de passe suivant X (ébauche suivant Z) ; R.. : profondeur de passe suivant Z (ébauche suivant X).
EA../ EU../ EW..	Position de départ des passes d'ébauche. La programmation de ces arguments permet la définition d'un angle de départ pour la prise de passe.
EB..	Angle de limite de pénétration en gorge.
EC..	Angle limite en fin de passe sur l'axe d'ébauche.
ER..	Surépaisseur de finition.
Q..	Garde de positionnement (par défaut Q = 0).
EQ..	Valeur du copeau mini (en deçà de la valeur programmée, la passe n'est pas réalisée).
EF..	Vitesse d'avance de pénétration dans la matière.

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G63 est non modale.

■ RÉVOCATION :

La fonction G63 est révoquée en fin de bloc.

■ PARTICULARITÉS :

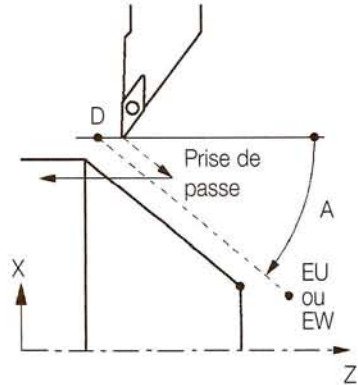
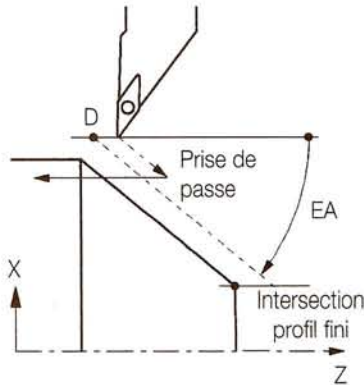
Le bloc de positionnement outil au départ du cycle doit être programmé en G40.

Les arguments définissant des angles sont repérés selon le sens trigonométrique.

■ PARTICULARITÉS LIÉES AUX ARGUMENTS EA, EU ET EW :

– EA : angle limitant le départ des prises de passes entre le point D (départ du cycle) et l'intersection avec le profil fini.

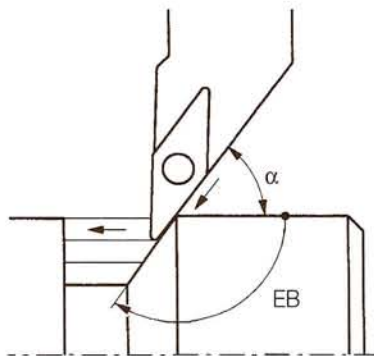
– EU ou EW : point limite de la dernière passe d'ébauche. Si l'argument EA n'est pas programmé, les valeurs déclarées avec EU et/ou EW et A permettent de définir l'angle A de départ.



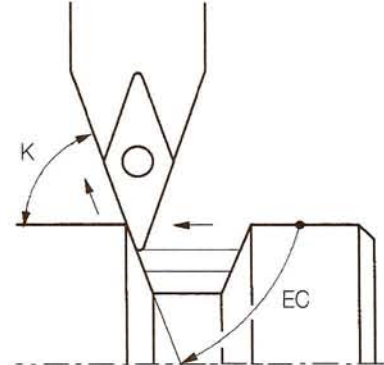
G63
CYCLE
D'ÉBAUCHE DE
PROFIL AVEC
GORGE
(suite)

■ PARTICULARITÉS LIÉES AUX ARGUMENTS EB ET EC :

Angle défini par EB



Angle défini par EC



■ EXEMPLE : exécution d'un profil intérieur avec poches (ébauche et finition)

(USINAGE PROFIL INTERIEUR)

#100

N10 G G52 X150 Z200

(ÉBAUCHE)

N20 T5 D5 M6 (OUTIL A ALESER R.8)

N30 S900 M40 M3

N40 X10 Z10 (POINT D'APPROCHE)

N50 G92 S3000

N60 G96 S70

N70 G95 F.1

N80 G63 N120 N220 X16 Z5 EU50 EZ-92 P2 EB110 EC70 ER.2 Q1 EQ.5 EF.1

N90 G Z5

N100 G G52 X150 Z200

(FINITION)

N110 T7 D7 M6 (OUTIL A ALESER R.4)

N120 G41 X50 Z5 (a)

N130 G96 S90

N140 G1 X30 Z-5 F.07 (b)

N150 Z-20 (c)

N160 X-40 Z-25 (d)

N170 Z-45 EB2 (e)

N180 G2 X40 Z-55 I40 K-50 EB2 (f)

N190 G1 Z-75 (g)

N200 X30 Z-80 (h)

N210 Z-85 (i)

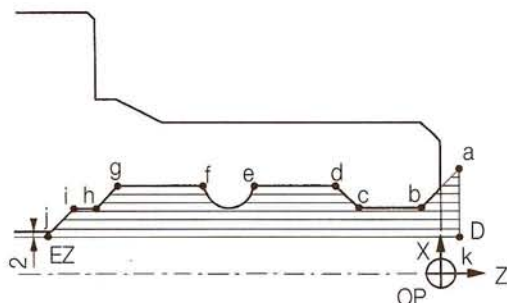
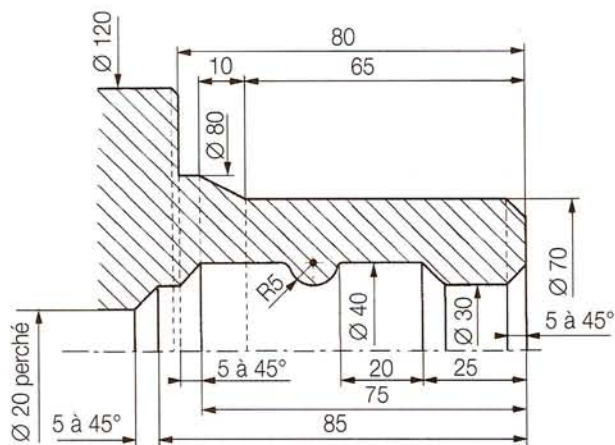
N220 X16 Z-92 (j)

N230 G Z5 (k)

N240 G40 G52 X150 Z200

N250 M2

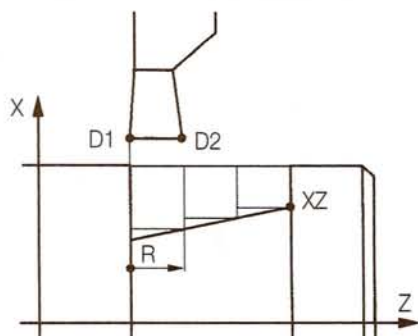
G65
CYCLE
D'ÉBAUCHE DE
PROFIL AVEC
GORGE
(suite)



■ DÉSIGNATION :

G66 : cycle de défonçage.

Cette fonction permet l'ébauche d'une gorge axiale ou frontale par plongées successives.



■ SYNTAXE :

N.. G66 D.. X.. Z.. [EA..] P.. / R.. [EP..] [EF..]

G66	Cycle de défonçage.
D..	Numéro du second correcteur d'outil. Le premier correcteur doit être programmé dans un bloc précédent.
X.. Z..	Position de fin d'usinage de la gorge.
EA..	Angle définissant la pente en fond de gorge.
P. / R..	Déplacement entre chaque plongée (P = valeur suivant X ; R = valeur suivant Z).
EP..	Valeur du déplacement à 45° en fin de passe.
EF..	Temporisation en fin de plongée exprimée en secondes (par défaut EF = 0).

**G66
CYCLE DE
DÉFONÇAGE**

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G66 est non modale.

■ RÉVOCATION :

La fonction G66 est révoquée en fin de bloc.

■ PARTICULARITÉS :

Lorsque le cycle est programmé, le système doit être en G40.

Les plongées de l'outil sont réparties uniformément sur la largeur de la gorge.

La fonction de vitesse d'avance et son argument peuvent être programmés dans le bloc du cycle.

Déclaration des deux correcteurs d'outil :

- correcteur D01 : flanc de départ de gorge suivant Z ; point A.
- correcteur D10 : flanc de fin de gorge suivant Z ; point B.

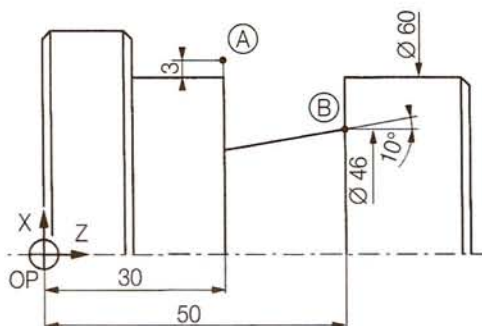
La différence de valeur entre les correcteurs doit être égale à la largeur de l'outil.

■ EXEMPLE :

```

...
(DEFONÇAGE GORGE)
N290 G0 G52 X200 Z150
N300 T1 D01 M6 (OUTIL L=6)
N310 G97 S900 M40 M3
N320 X66 Z30 (A)
N330 G96 S80
N340 G95 F.15
(CYCLE DEFONÇAGE)
N350 G66 D15 X46 Z50 EA10 R5 EF1 (B)
N360 G52 X200 Z150 G97 S900 M5
...

```



2.4.2 CYCLES DE PERÇAGE ET D'ALÉSAGE

■ DÉSIGNATION :

G81 : cycle de perçage-centrage

■ SYNTAXE :

N100 G81 X../Z.. [ER..][EH..]

G81	Cycle de perçage-centrage.
X../Z..	Point à atteindre sur l'axe d'usinage.
ER..	Cote du plan de dégagement sur l'axe d'usinage.
EH..	Cote du plan d'attaque sur l'axe d'usinage.

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G81 est modale.

■ DÉROULEMENT DU CYCLE :

- positionnement rapide dans l'axe d'usinage,
- pénétration à la vitesse d'avance F,
- dégagement en vitesse rapide suivant l'axe de l'outil.

■ RÉVOCACTION :

La fonction G81 est révoquée par les fonctions G80, G82, G83, G84, G85, G87, G89 ou G64, G65 et G66.

**G81
CYCLE DE
PERÇAGE-
CENTRAGE**

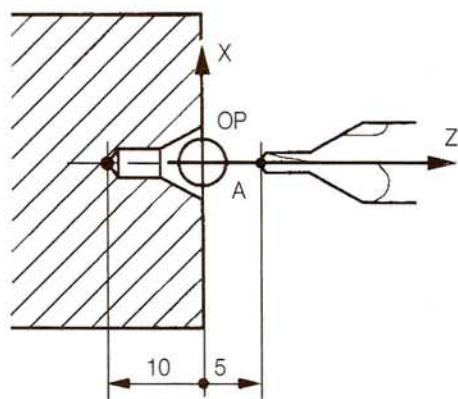
■ EXEMPLE :

Exécution d'un centrage

```
N..
N110 G X Z5 (A)
N120 G94 F.2
N130 G81 Z-10
N140 G80 G X150 Z200
N..
```

OU BIEN

```
N..
N110 G94 F.2
N120 G81 X Z-10 ER5
N130 G80 G X150 Z200
N..
```



■ DÉSIGNATION :

G82 : cycle de perçage-chambrage

■ SYNTAXE :

N150 G82 X../Z.. [ER..][EH..] EF..

G82	Cycle de perçage-chambrage.
X../Z..	Coordonnées du point à atteindre sur l'axe d'usinage.
ER..	Cote du plan de dégagement sur l'axe d'usinage.
EH..	Cote du plan d'attaque sur l'axe d'usinage.
EF..	Temporisation en secondes (maxi 99.99 s).

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G82 est modale.

■ RÉVOCATION :

La fonction G82 est révoquée par les fonctions G80, G81, G83, G84, G85, G87, G89 ou G64, G65 et G66.

■ DÉROULEMENT DU CYCLE :

- positionnement rapide dans l'axe d'usinage,
- pénétration à la vitesse d'avance F,
- temporisation en fin de perçage,
- dégagement en vitesse rapide suivant l'axe de l'outil.

**G82
CYCLE DE
PERÇAGE-
CHAMBRAGE**

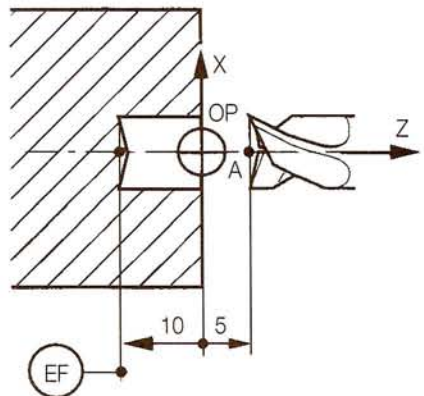
■ EXEMPLE :

Exécution d'un chambrage

```
N..
N110 G X Z5 (A)
N120 G94 F.2
N130 G82 Z-10 EF1.5
N140 G80 G X150 Z200
N..
```

OU BIEN

```
N..
N110 G94 F.2
N120 G82 X Z-10 ER5 EF1.5
N130 G80 G X150 Z200
N..
```



■ **DÉSIGNATION :**

G83 : cycle de perçage-débourrage

■ **SYNTAXE :**

N120 G83 X../Z.. [ER..][EH..][P..]/[ES..][Q..][EP..][EF..]

G83	Cycle de perçage-débourrage.
X. / Z..	Coordonnées du point à atteindre sur l'axe d'usinage.
ER..	Cote du plan de dégagement sur l'axe d'usinage.
EH..	Cote du plan d'attaque sur l'axe d'usinage.
P..	Valeur de la première pénétration.
ES..	Nombre de pénétrations.
Q..	Valeur de la dernière pénétration.
EP..	Garde de retour après chaque débouillage.
EF..	Temporisation à chaque fin de pénétration.

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction G83 est modale.

■ **PARTICULARITÉS :**

Si P et Q sont programmés, les pénétrations successives seront de valeurs dégradées.
La programmation de P ou de ES est obligatoire.

**G83
CYCLE DE
PERÇAGE-
DÉBOURRAGE**

■ **RÉVOCATION :**

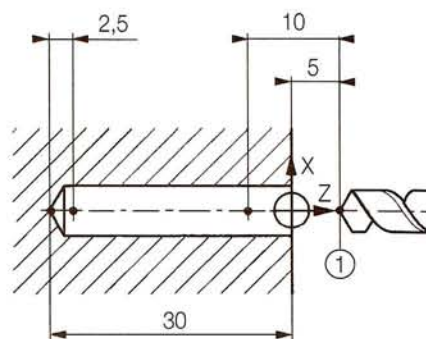
La fonction G83 est révoquée par les fonctions G80, G81, G82, G84, G85, G87, G89 ou G64, G65 et G66.

■ **EXEMPLE :**

Exécution d'un perçage-débourrage

```

N..
N110 T04 D04 M06 (FORET D5)
N120 G97 S1500 M42 M03
N130 G X Z5 (1)
N140 G95 F.2
N150 G83 Z-30 P10 Q2.5 EF0.5
N160 G97 S900
N170 G80 G X150 Z200
N..
  
```



■ DÉSIGNATION :

G87 : cycle de perçage avec brise-copeaux

■ SYNTAXE :

N130 G87 X../Z.. [ER..][EH..][P..]/[ES..][Q..][EP..][EF..]

G87	Cycle de perçage avec brise-copeaux.
X../Z..	Coordonnées du point à atteindre sur l'axe d'usinage.
ER..	Cote du plan de dégagement sur l'axe d'usinage.
EH..	Cote du plan d'attaque sur l'axe d'usinage.
P..	Valeur de la première pénétration.
ES..	Nombre de pénétrations.
Q..	Valeur de la dernière pénétration.
EP..	Garde de retour après chaque déburrage.
EF..	Temporisation à chaque fin de pénétration.

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G87 est modale.

■ PARTICULARITÉS :

Si P et Q sont programmés, les pénétrations successives seront de valeurs dégradées.
La programmation de P ou de ES est obligatoire.

■ RÉVOCATION :

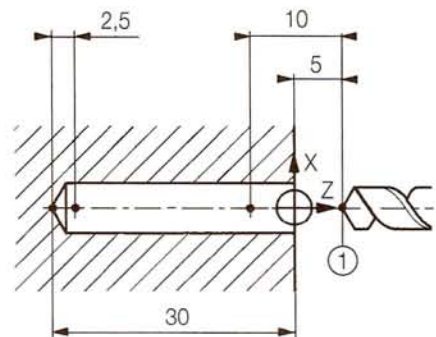
La fonction G87 est révoquée par les fonctions G80, G81, G82, G83, G84, G85, G89 ou G64, G65 et G66.

■ EXEMPLE :

Exécution d'un perçage avec brise-copeaux

```

N..
N110 T06 D06 M06 (FORET D6)
N120 G97 S1200 M42 M03
N130 G X Z5 (1)
N140 G95 F.2
N150 G87 Z-30 P10 Q2.5 EF1
N160 G97 S900
N170 G80 G X150 Z200
N..
  
```



**G87
CYCLE DE
PERÇAGE AVEC
BRISÉ-COPEAUX**

■ DÉSIGNATION :

G85 : cycle d'alésage

■ SYNTAXE :

```
N100 G85 X../Z.. [ER..][EH..][EF..]
```

G85	Cycle d'alésage.
X.. / Z..	Coordonnées du point à atteindre sur l'axe d'usinage.
ER..	Cote du plan de dégagement sur l'axe d'usinage.
EH..	Cote du plan d'attaque sur l'axe d'usinage.
EF..	Valeur de l'avance de dégagement (par défaut EF = F).

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G85 est modale.

■ RÉVOCATION :

La fonction G85 est révoquée par les fonctions G31, G80, G81, G82, G83, G84, G87, G89 ou G64, G65 et G66.

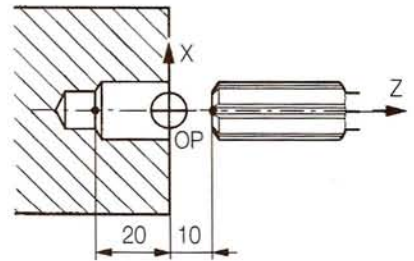
■ EXEMPLE :

Exécution d'un alésage

```
N..
N110 G0 X0 Z10
N120 G94 F150
N130 G85 Z-20
N140 G80 G0 G52 X150 Z100
N..
```

OU BIEN

```
N..
N120 G94 F150
N130 G85 X0 ER10 Z-20
N140 G80 G0 X150 Z100
N..
```



G85
CYCLE
D'ALÉSAGE

■ DÉSIGNATION :

G89 : cycle d'alésage avec temporisation

■ SYNTAXE :

N110 G89 X../Z.. [ER..][EH..] EF..

G89	Cycle d'alésage avec arrêt temporisé en fin de trou.
X../Z..	Coordonnées du point à atteindre sur l'axe d'usinage.
ER..	Cote du plan de dégagement sur l'axe d'usinage.
EH..	Cote du plan d'attaque sur l'axe d'usinage.
EF..	Temporisation exprimée en secondes (par défaut EF = 1 s).

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G89 est modale.

■ RÉVOCATION :

La fonction G89 est révoquée par les fonctions G31, G80, G81, G82, G83, G84, G85, G87, ou G64, G65 et G66.

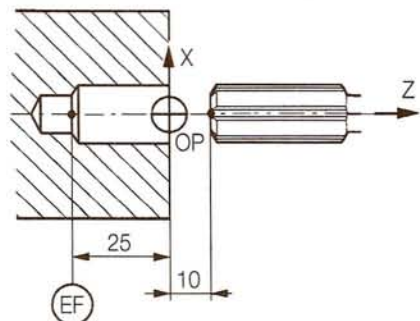
■ EXEMPLE :

Exécution d'un alésage (temporisation = 2 s)

```
N..
N110 G0 X0 Z10
N120 G94 F150
N130 G89 Z-25 EF2
N140 G80 G0 G52 X150 Z100
N..
```

OU BIEN

```
N..
N120 G94 F150
N130 G89 X0 ER10 Z-25 EF2
N140 G80 G0 X150 Z100
N..
```



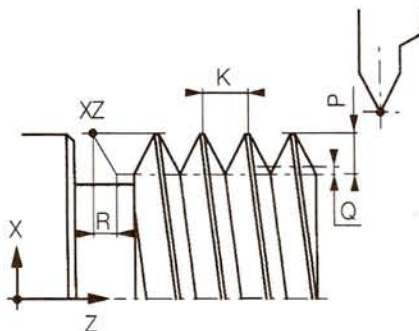
**G89
CYCLE
D'ALÉSAGE
AVEC
TEMPORISATION**

2.4.3 CYCLES DE FILETAGE ET DE TARAUDAGE

■ DÉSIGNATION :

G33 : cycle de filetage à pas constant.

Cette fonction permet l'exécution de filetages cylindrique, conique et frontal. Les filetages peuvent être exécutés par pénétration droite ou oblique.



■ SYNTAXE :

N.. G33 X.. Z.. K.. [EA..][EB..]P..[Q..][R..][F..][S..]/[ES..]

**G33
CYCLE DE
FILETAGE À PAS
CONSTANT**

G33	Cycle de filetage à pas constant.
X.. Z..	Position de l'outil en fin de filetage par rapport à l'origine programme.
K..	Pas suivant l'axe de filetage (X ou Z) en mm.
EA..	Demi-angle au sommet d'un filetage conique (par défaut EA = 0 ; si EA = 90, filetage frontal).
EB..	Valeur de l'angle de pénétration d'outil (par défaut EB = 0 pénétration droite).
P..	Profondeur totale du filet Q inclus.
Q..	Profondeur de la dernière passe inclus dans P (par défaut sans finition ; Q = 0 passe à vide).
R..	Longueur de la pente de dégagement (par défaut R = 0 : dégagement perpendiculaire à l'axe de filetage).
F..	Nombre de filets (par défaut 1 filet).
S.. / ES..	Nombre de passes ; S.. passes de valeurs dégradées ; ES.. passes de valeurs constantes.

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G33 est non modale.

■ RÉVOCATION :

La fonction G33 est révoquée en fin de bloc.

■ PARTICULARITÉS :

Les fonctions modales présentes avant l'appel de G33 sont restituées après exécution du cycle.

■ EXEMPLES :

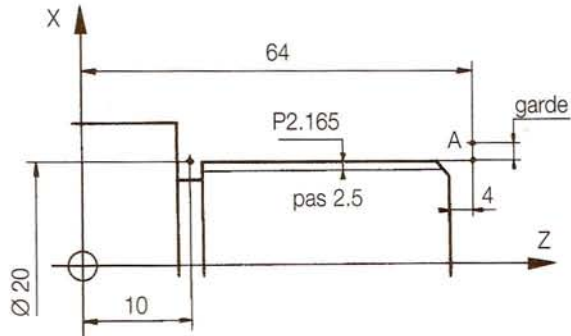
(1) Réalisation d'un filetage cylindrique

M20 x 2,5 longueur de filetage : 50 mm

```

..
N200 X24 Z64 (APPROCHE A)
(FILETAGE CYLINDRIQUE M20 2.5 L50)
N210 G33 X20 Z10 K2.5 P2.165 Q.05 S6
..

```



G33
CYCLE DE
FILETAGE À PAS
CONSTANT
(suite)

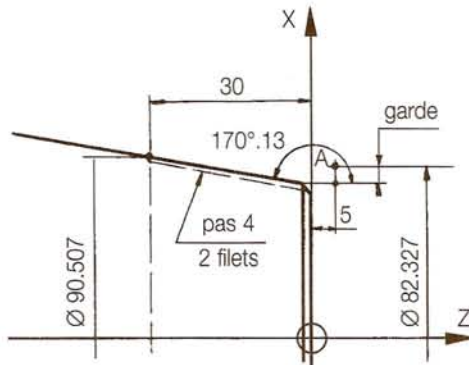
(2) Réalisation d'un filetage conique

Angle de cône = $170^{\circ}13'$; \varnothing début = 82,327; \varnothing fin = 90,507;
pas = 4; 2 filets; longueur de filetage 30 mm.

```

..
N100 X82.327 Z5 (APPROCHE A)
(FILETAGE CONIQUE)
(CONE 170.13 ØDEBUT 82.327
ØFIN 90.507 P4 2 FILETS L30)
N110 G33 X90.507 Z-30 K4 EA-9.87
EB30 R3 P1.2 Q.06 S4 F2
..

```



■ DÉSIGNATION :

G38 : cycle de filetages enchaînés.

Cette fonction permet l'exécution de plusieurs filetages successifs. Les filetages peuvent être cylindriques ou coniques.

■ SYNTAXE :

N.. G38 X.. Z.. K..

G38	Cycle de filetages enchaînés.
X.. Z..	Position de l'outil en fin de filetage par rapport à l'origine programme.
K..	Pas suivant l'axe de filetage (X ou Z) en mm.

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G38 est modale.

■ PARTICULARITÉS :

Des pas différents peuvent être programmés dans les blocs suivant la fonction G38.

Les passes successives sur les cycles peuvent être programmées par appels de sous-programmes.

■ RÉVOCATION :

La fonction G38 est révoquée par les fonctions G00, G01, G02 ou G03.

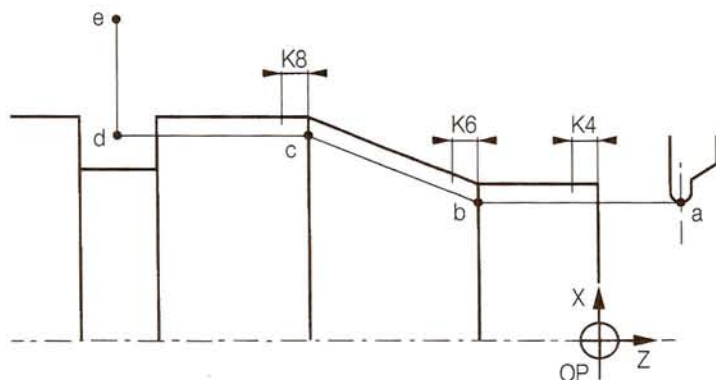
■ EXEMPLE :

Réalisation de filetages enchaînés

```

..
N100 T4 D4 M6 (OUTIL R2)
N110 G97 S800 M40 M3
N120 G Xa Za
N130 G38 Xb Zb K4 (PAS = 4)
N140 Xc Zc K6 (PAS = 6)
N150 Xd Zd K8 (PAS = 8)
N160 G Xe Ze
..

```



**G38
CYCLE DE
FILETAGES
ENCHAÎNÉS**

■ DÉSIGNATION :

G84 : cycle de taraudage

Ce cycle permet l'exécution d'un taraudage avec porte-taraud flottant.

■ SYNTAXE :

N150 G84 X../Z.. [ER..][EH..] EF..

G84	Cycle de taraudage.
X../Z..	Coordonnées du point à atteindre sur l'axe d'usinage.
ER..	Cote du plan de dégagement sur l'axe d'usinage.
EH..	Cote du plan d'attaque sur l'axe d'usinage.
EF..	Temporisation en secondes (maxi 99.99 s) Par défaut EF = 1 s.

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G84 est modale.

■ PARTICULARITÉS :

L'avance n'est pas asservie à la rotation de la broche. Le taraud doit être monté flottant pour compenser les écarts de position.

■ RÉVOCATION :

La fonction G84 est révoquée par les fonctions G80, G81, G82, G83, G85, G87, G89 ou G64, G65 et G66.

■ EXEMPLE :

Taraudage M8 pas 1,25.

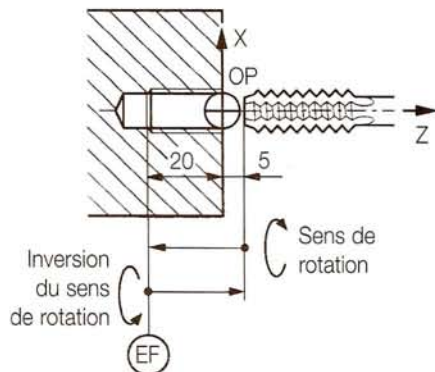
$F = \text{pas du taraud} \times \text{fréquence de rotation broche}$

$F = 1,25 \times 300 = 375 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$

```
N..
N100 S300 M42 M3
N110 G0 X0 Z5
N120 G94 F375
N130 G84 Z-20 EF1
N140 G80 G0 X150 Z100
N..
```

OU BIEN

```
N..
N120 G94 F375
N130 G84 X0 ER5 Z-20 EF1
N140 G80 G0 X150 Z100
N..
```



**G84
CYCLE DE
TARAUDAGE**

■ DÉSIGNATION :

G84 : cycle de taraudage rigide

Ce cycle permet d'asservir l'avance de l'outil à la rotation de la broche. La vitesse d'avance est calculée selon la fréquence de rotation de la broche et le pas programmé.

■ SYNTAXE :

N190 G84 X../Z.. K..[ER..][EH..][EK..]

G84	Cycle de taraudage rigide.
X../Z..	Coordonnées du point à atteindre sur l'axe d'usinage.
K..	Pas du taraudage en mm (différencie le taraudage simple du taraudage rigide).
ER..	Cote du plan de dégagement sur l'axe d'usinage.
EH..	Cote du plan d'attaque sur l'axe d'usinage.
EK..	Rapport de la fréquence de rotation de broche dégagement/pénétration (par défaut EK = 1).

**G84
CYCLE DE
TARAUDAGE
RIGIDE**

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G84 est modale.

■ PARTICULARITÉS :

L'avance n'est pas asservie à la rotation de la broche. Le taraud doit être monté flottant pour compenser les écarts de position.

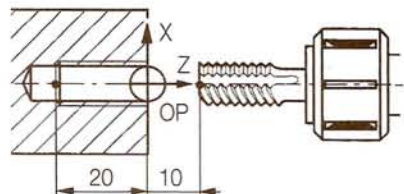
■ RÉVOCACTION :

La fonction G84 est révoquée par les fonctions G80, G81, G82, G83, G85, G87, G89 ou G64, G65 et G66.

■ EXEMPLE :

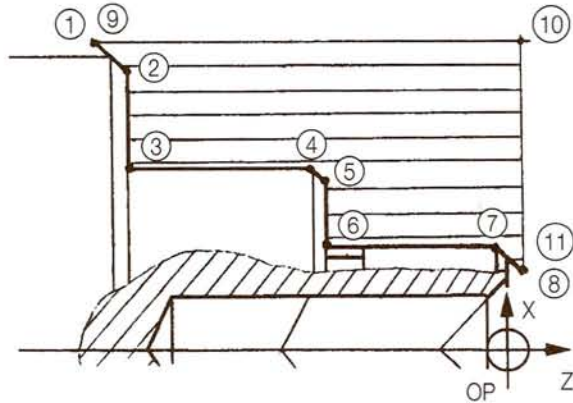
Taraudage M10 pas 1,5

```
N..
N100 G97 S200 M41 M3
N110 G0 X0 Z10
N120 G84 Z-20 K1.5 EK2
N130 G80 G0 G52 X150 Z100
N..
```



■ PHASE 100

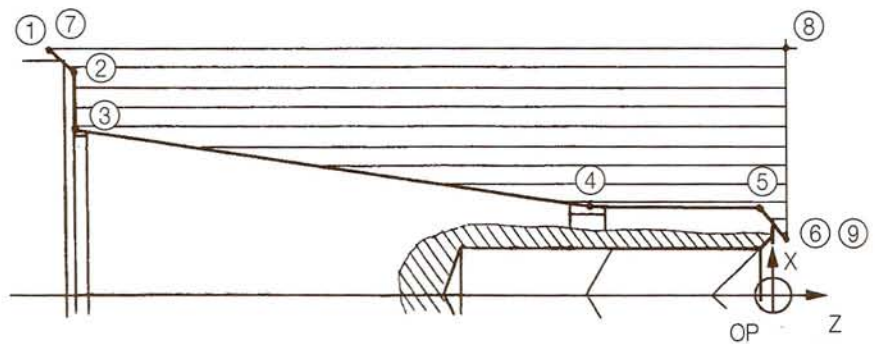
Ebauche profil
 Finition profil
 Usinage gorge L = 4
 Perçage $\varnothing 11$ profondeur 36
 Fraisurage 60° trou $\varnothing 11$



USINAGES
 RÉALISÉS

■ PHASE 200

Ebauche profil
 Finition profil
 Usinage gorge L = 5
 Perçage $\varnothing 14$ profondeur 42
 Fraisurage 60° trou $\varnothing 14$



Pièce de départ : cylindre $\varnothing 63 \pm 0,1$, longueur $147 \pm 0,5$

■ PROGRAMME N° 1

Programmes	Commentaires
§1 (MANDRIN PORTE-FRAISE COTE OUTIL) N10 T1 D1 M6 N20 G92 S2000 N30 G X200 Z100 N40 G96 S150 M3 M40 N50 G95 F.15 N60 G79 N200 (PROFIL FINI) N100 X65 Z-46.75 (1) N110 G1 X61 Z-44.75 (2) N120 X48.25 (3) N130 Z-21.75 (4) N140 X46.75 Z-20.75 (5) N150 X26.994 (6) N160 Z-1 (7) N170 X22.994 Z1 (8) (EBAUCHE) N200 G64 N100 N170 I.6 K.5 P2.5 (PROFIL BRUT) N310 X65 Z-46.75 (9=1) N320 Z1 (10) N330 X22.994 (11=8) N400 G80 G Z5 N410 G97 S500 (FINITION PROFIL) N500 T3 D3 M6 N510 G X200 Z100 N520 G96 S200 F.08 N530 G G41 X65 Z-46.75 N540 G77 N100 N100 N550 G40 G Z5 N560 G97 S500	numéro du programme titre appel outil T1 (outil d'ébauche) limitation vitesse de broche $2000 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ déplacement en rapide pour enclencher la Vcc Vcc = $150 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ – mise en route de la broche – gamme de vitesses avance = $0,15 \text{ mm} \cdot \text{tr}^{-1}$ saut au bloc N200 profil à réaliser 27h6 cycle d'ébauche – appel des blocs N100 à N170 – surépaisseur d'usinage 0,6 mm en X, 0,5 mm en Z – prof. de passe 2 mm profil enveloppe fin du cycle d'ébauche – dégagement vitesse de broche $800 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ appel outil T3 (outil de finition) Vcc = $200 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ – avance = $0,08 \text{ mm} \cdot \text{tr}^{-1}$ correction de rayon d'outil à gauche du profil – approche rapide de (1) rappel des lignes N100 à N170 pour finition annulation de la correction d'outil dégagement

PROGRAMMES
COMMENTÉS

■ PROGRAMME N° 1 (suite)

PROGRAMMES
COMMENTÉS
(suite)

Programmes	Commentaires
(GORGE LARGEUR=4) N600 T5 D5 M6 N610 G X200 Z100 N620 G96 S150 F.1 N630 G X50 Z20. 75 N640 G1 X24 G4 F1 N650 X28 N660 G X200 Z100 N670 G97 S500	appel outil T5 (outil à gorge L = 4) Vcc = 150 mm · min ⁻¹ – avance = 0,1 mm · tr ⁻¹ approche en rapide usinage de la gorge – temporisation 1s retrait dégagement
(PERCAGE Ø11) N700 T2 D2 M6 N710 G X200 Z100 N720 G97 S500 N730 X Z5 N740 G83 X Z-36 P15 F.1 N750 G80 G Z5 N760 G97 S500	appel outil T2 (foret Ø11) vitesse de broche = 500 tr · min ⁻¹ approche en rapide cycle de perçage-débourrage coordonnées de fond de trou (Z-36) pénétration 25 mm avance = 0,1 mm · tr ⁻¹ fin du cycle de perçage – retrait
(FRAISURAGE 911) N800 T4 D4 M6 N810 X200 Z100 N820 G97 S300 N830 X Z5 N840 Z-3 N850 G1 Z-8 F.08 N860 G Z5 N870 X200 Z100 N900 M2	appel outil T4 (fraise F60 Ø24) vitesse de broche = 300 tr · min ⁻¹ fraisage – pénétration 6 mm avance = 0,08 mm · tr ⁻¹ retrait dégagement fin de programme

■ PROGRAMME N° 2

PROGRAMMES
COMMENTÉS
(suite)

Programmes	Commentaires
§2 (MANDRIN PORTE-FRAISE COTE CONE) N10 T1 D1 M6 N20 G X200 Z100 N30 G96 S150 M3 M40 N40 G97 S2000 N50 G95 F.15 N60 G79 N200 (PROFIL FINI) N100 X65 Z-96.8 (1) N110 G1 X61 Z-94.8 (2) N120 X44.927 (3) N130 X25.258 Z-28.797 (4) N140 Z-1 (5) N150 X21.258 Z1 (6) (EBAUCHE) N200 G64 N100 N150 I.6 K.5 P2.5 (PROFIL BRUT) N310 X65 Z-96.8 (7=1) N320 Z1 (8) N330 X21.258 (9=6) N340 G80 G Z5 N350 G97 S500 (FINITION PROFIL) N400 T3 D3 M6 N410 G X200 Z100 N420 G96 S20 F.08 N430 G G41 X65 Z-96 N440 G77 N100 N150 N450 G40 G Z5 N460 G97 S500 (GORGE LARGEUR=5) N500 T5 D5 M6 N510 G X200 Z100	numéro du programme titre appel outil T1 (outil d'ébauche) déplacement rapide pour enclencher Vcc Vcc = 150 mm · min ⁻¹ – mise en route de la broche – gamme de vitesses limitation vitesse de broche 2000 tr · min ⁻¹ avance = 0,15 mm · tr ⁻¹ saut au bloc N200 profil à réaliser $\tan 2\alpha = 0,298 \Rightarrow \tan \alpha = 0,149$ $(1,6 \tan \alpha)^2 + 44,45 = X3 = 44,927$ $25,3 h_{10} = 25,258$ $X = (44,927 - 25,258)/2 = 9,8345$ $Z = X/\tan \alpha = 9,8345/0,149 = 66,003$ $- 94,8 + 66,003 = Z4 = 28,797$ cycle d'ébauche – appel des blocs N100 à N170 – surépaisseur d'usinage 0,6 mm en X, 0,5 mm en Z – prof.de passe 2 mm profil enveloppe fin du cycle d'ébauche – dégagement vitesse de broche 800 tr · min ⁻¹ appel outil T3 (outil de finition) Vcc = 200 mm · min ⁻¹ – avance = 0,08 mm · tr ⁻¹ correction rayon d'outil à gauche du profil - approche rapide de (1) rappel des lignes N100 à N150 pour finition annulation corr. outil – dégagement appel outil T5 (outil à gorge L = 5)

■ PROGRAMME N° 2 (suite)

PROGRAMMES
COMMENTÉS
(suite)

Programmes	Commentaires
N520 G96 S150 F.1	Vcc = 150 mm · min ⁻¹ – avance = 0,1 mm · tr ⁻¹
N530 G D10 X27 Z-32.3	approche en rapide
N540 G66 D11 X23 Z-27.8 R4 EF1	cycle de gorge – temporisation 1s
N550 G80 G Z5	dégagement
N560 G97 S800	
(GORGE LARGEUR=1.6)	
N600 T7 D7 M6	appel outil T7 (outil à gorge L = 1.6)
N610 G X200 Z100	
N620 G96 S130 F.08	Vcc = 130 mm · min ⁻¹ – avance = 0,08 mm · tr ⁻¹
N630 G X64 Z-93.2	approche rapide
N640 G1 X43 G4 F1	usinage de la gorge – temporisation 1s
N650 X50	retrait
N660 G X200 Z100	dégagement
N670 G97 S500	
(PERCAGE Ø14)	
N700 T6 D6 M6	appel outil T6 (foret Ø14)
N710 X200 Z100	
N720 G97 S500	vitesse de broche = 500 tr · min ⁻¹
N730 X Z5	approche en rapide
N740 G83 X Z-74 P25 F.1	cycle de perçage-déburrage coordonnées de fond de trou pénétration = 25 mm – avance = 0,1 mm · tr ⁻¹
N750 G80 G Z5	fin du cycle de perçage – retrait
N760 G97 S800	
(FRAISURAGE Ø14)	
N800 T4 D4 M6	appel outil T4 (fraise F60 Ø20)
N810 G97 S300	vitesse de broche = 300 tr · min ⁻¹
N820 X Z5	
N830 Z-4	
N840 G1 Z-10 F.08	fraisage – pénétration 6 mm avance = 0,08 mm · tr ⁻¹
N850 G Z5	retrait
N860 X200 Z100	dégagement
N900 M2	fin de programme

3 FONCTIONS ISO FRAISAGE

3.1 CODAGE ET DÉSIGNATION

3.1.1 FONCTIONS G

CODE	DÉSIGNATION
G00	Interpolation linéaire à vitesse d'avance rapide
G01	Interpolation linéaire à vitesse d'avance programmée
G02	Interpolation circulaire à vitesse d'avance programmée (sens antitrigonométrique)
G03	Interpolation circulaire à vitesse d'avance programmée (sens trigonométrique)
G04	Temporisation programmable à l'adresse F
G06*	Ordre d'exécution d'une courbe spline
G09	Arrêt précis en fin de bloc avant enchaînement sur le bloc suivant
G10	Bloc interruptible
G12	Survitesse par manivelle
G16	Définition de l'orientation de l'axe de l'outil par les adresses P, Q, R
G17	Choix du plan XY
G18	Choix du plan ZX
G19	Choix du plan YZ
G23*	Interpolation circulaire définie par trois points
G29	Correction d'outil dans l'espace
G31	Cycle de filetage au grain
G40	Annulation de correction de rayon d'outil
G41	Correction de rayon d'outil à gauche du profil à usiner
G42	Correction de rayon d'outil à droite du profil à usiner
G45	Cycle de poche simple
G46*	Cycle de poche ou surfaçage avec contour quelconque
G48*	Définition d'une courbe spline
G49*	Suppression d'une courbe spline
G51	Miroir
G52	Programmation absolue des déplacements par rapport à l'origine mesure
G53	Invalidation des décalages PREF et DEC1
G54	Validation des décalages PREF et DEC1
G59	Décalage d'origine programmé
G70	Programmation en pouce
G71	Programmation métrique
G73	Invalidation du facteur d'échelle
G74	Validation du facteur d'échelle
G75	Validation d'un sous-programme de dégagement d'urgence
G76	Transfert des valeurs courantes des paramètres L et E dans le programme pièce
G76+/-*	Création/suppression de programme ou bloc ISO
G77	Appel inconditionnel d'un sous-programme ou d'une suite de séquences avec retour
G77-i*	Appel de bloc de retour d'un sous-programme

Codage et désignation

CODE	DÉSIGNATION
G78*	Synchronisation des groupes d'axes
G79	Saut conditionnel ou inconditionnel à une séquence sans retour
G79+/-*	Suspension momentanée de la préparation du bloc suivant dans une séquence
G80	Annulation d'un cycle d'usinage
G81*	Cycle de perçage centrage
G82*	Cycle de perçage chambrage
G83	Cycle de perçage déburrage
G84*	Cycle de taraudage
G85*	Cycle d'alésage
G86	Cycle d'alésage avec arrêt de broche indexé en fond de trou
G87	Cycle de perçage brise-copeaux
G88	Cycle d'alésage et dressage de face
G89	Cycle d'alésage avec temporisation fin de trou
G90	Programmation absolue par rapport à l'origine programme
G91	Programmation relative par rapport au point de départ du bloc
G92	Présélection de l'origine programme
G92 R*	Programmation de la vitesse d'avance tangentielle
G93	Vitesse d'avance exprimée en inverse du temps (V/L)
G94	Vitesse d'avance en millimètres, pouces ou degrés par minute
G95*	Vitesse d'avance en millimètres ou en pouces par tour
G97*	Fréquence de rotation de broche en tours par minute
G104*	Lissage de courbe dans l'espace
G997*	Validation et exécution de toutes les fonctions mémorisées dans G999
G998*	Validation de l'exécution des blocs et d'une partie des fonctions traitées dans G999
G999*	Suspension de l'exécution et forçage de la concaténation ¹ des blocs

NB : les fonctions marquées * sont disponibles uniquement sur NUM 1040/1060.

¹ Concaténation : enchaînement rendant solidaires des lignes de programmes.

3.1.2 FONCTIONS M

CODE	DÉSIGNATION
M00	Arrêt programmé
M01	Arrêt optionnel programmé
M02	Fin de programme
M03	Rotation de broche sens antitrigonométrique
M04	Rotation de broche sens trigonométrique
M05	Arrêt de broche
M06	Appel d'outil
M07	Arrosage n° 2
M08	Arrosage n° 1
M09	Arrêt d'arrosage
M10	Blocage d'axe
M11	Déblocage d'axe
M12*	Arrêt d'usinage programmé
M19	Indexation de broche
M40 à M45	Gammes de broche
M48	Validation des potentiomètres de broche et d'avance
M49	Inhibition des potentiomètres de broche et d'avance
M61*	Libération de la broche courante dans le groupe d'axes
M62 à M65	Commande des broches 1 à 4
M66 à M69	Mesure des broches 1 à 4
M997*	Forçage de l'enchaînement des blocs
M998*	Réactivation des modes modification (MODIF), immédiat (IMD) et des appels de sous-programmes par l'automate
M999*	Neutralisation programmée des modes MODIF, IMD et des appels de sous-programmes par l'automate

NB : les fonctions marquées * sont disponibles uniquement sur NUM 1040/1060.

3.1.3 AUTRES FONCTIONS FRAISAGE

CODE	DÉSIGNATION
\$0	Émission de message vers la visualisation
\$1 à \$6*	Émission de message vers l'automate, vers un serveur distant ou un périphérique
/	Saut de bloc
D	Appel du correcteur d'outil
ED	Décalage angulaire programmé
EG	Modulation programmée de l'accélération
EM-/+*	Dimensions extrêmes de la pièce en visualisation graphique 3D
T	Numéro de l'outil
M*	Conversion de l'unité interne des axes rotatifs
U*	Conversion de l'unité interne des axes linéaires

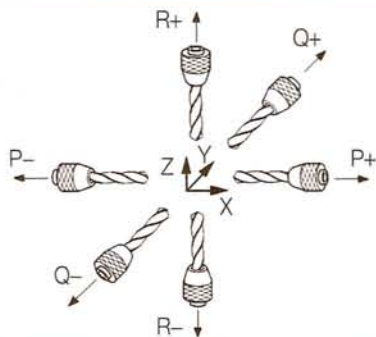
NB : les fonctions marquées * sont disponibles uniquement sur NUM 1040/1060.

3.2 PROGRAMMATION DE L'OUTIL

3.2.1 ORIENTATION DE L'AXE DE L'OUTIL

■ DÉSIGNATION :

La fonction **G16** définit l'orientation de l'axe de l'outil avec les adresses P, Q ou R suivies du signe + ou -



■ SYNTAXE :

N110 G16 P± / Q± / R±

G16	Orientation suivant X+
P+	Définition de l'orientation de l'axe de l'outil
P-	Orientation suivant X-
Q+	Orientation suivant Y+
Q-	Orientation suivant Y-
R+	Orientation suivant Z+
R-	Orientation suivant Z-

G16

■ PROPRIÉTÉS :

Fonction modale. G16 R+ est initialisée à la mise sous tension.

■ RÉVOCATION :

G16 suivie d'un argument P, Q ou R différent de celui programmé précédemment révoque l'état G16 antérieur.

■ EXEMPLE :

```

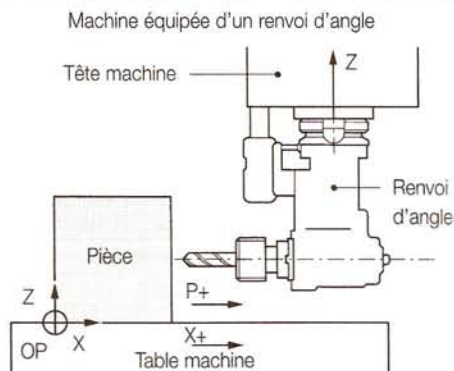
%55
N10 G00 G52 Z.. (G16 R+)
N20 T02 M06
N30 S800 M40 M03
N..
N120 G00 G52 X.. Y.. Z..
N130 G16 P+
N140 G00 Y.. Z..
N150 G01 X.. F..
N..
    
```

■ PARTICULARITÉS :

Par convention, le vecteur outil est orienté du bout de l'outil (partie coupante) vers la référence de l'outil (fixation en broche).

Lors de la définition de l'orientation de l'axe de l'outil, il est recommandé d'être en annulation de correction de rayon (G40) et annulation de cycle (G80).

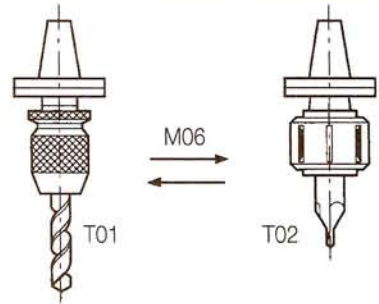
Le bloc contenant G16 peut comporter des déplacements et des fonctions M, S et T.



3.2.2 APPEL D'OUTIL

■ DÉSIGNATION :

La fonction **M06** permet l'appel d'un outil et son positionnement en broche. Cette mise en place peut être automatique ou manuelle.



■ SYNTAXE :

`N100 T01 M06 [(OUTIL EBAUCHE)]`

T01	La fonction T sélectionne l'outil 1. Le numéro correspond au poste de l'outil dans le magasin.
M06	Appel ou changement de l'outil.
(OUTIL EBAUCHE)	Commentaires entre parenthèses.

■ PROPRIÉTÉS :

Fonction non modale, « après », décodée.

■ PARTICULARITÉS :

Avant un appel ou un changement d'outil, il est préconisé de programmer une position de mise en broche de l'outil par rapport à l'origine programme (OP) ou par rapport à l'origine mesure (OM).

M06

■ RÉVOCATION :

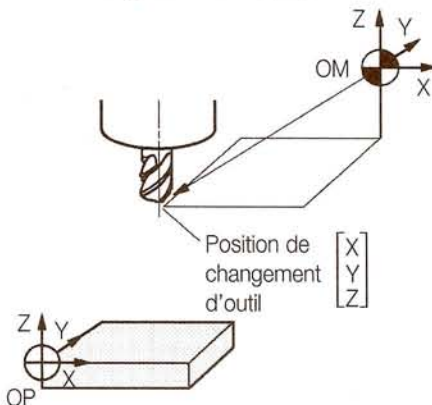
Remise à l'état 0 dès détection par la CN du compte rendu de fonction M.

■ EXEMPLE :

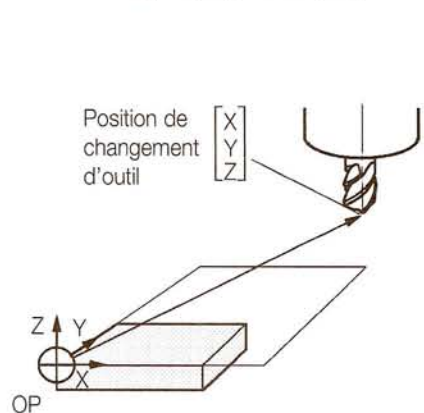
```
N100 ..
N110 G00 G52 Z200
N120 T05 M06 (FRAISE D20)
N130 ..
```

```
N100 ..
N110 G00 Z200
N120 T05 M06 (FRAISE D20)
N130 ..
```

Origine mesure (OM)



Origine programme (OP)

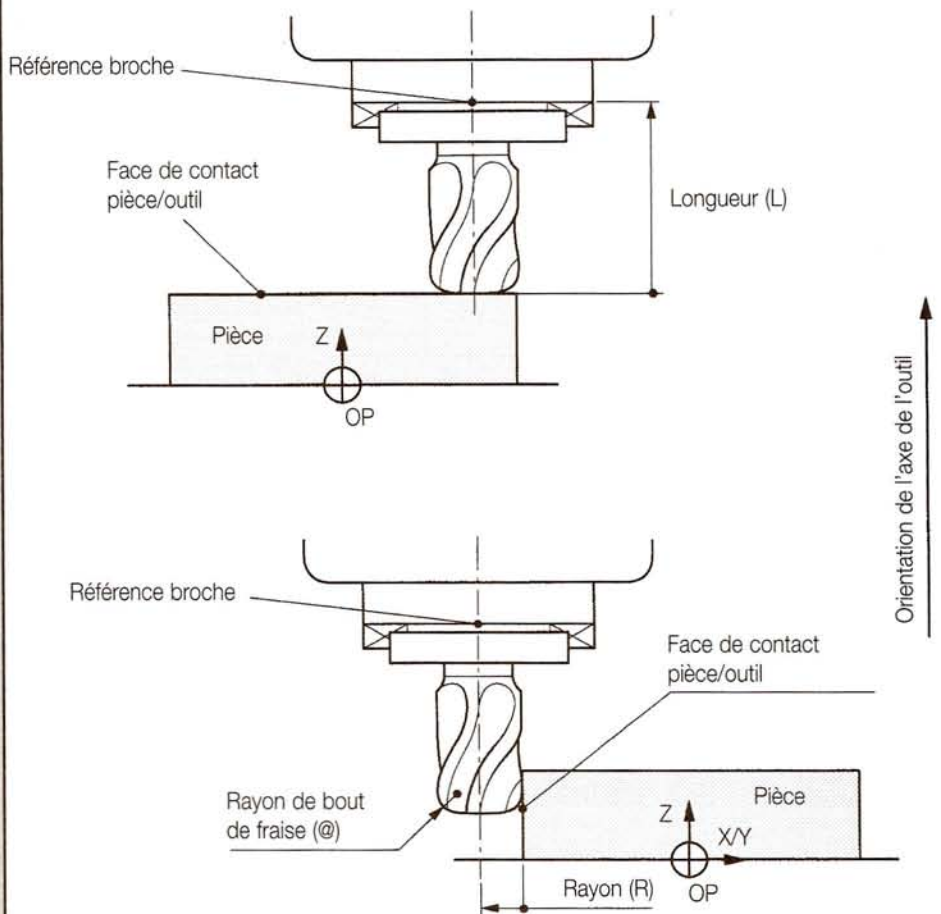


3.2.3 JAUGE ET CORRECTEUR D'OUTIL

La jauge d'un outil est la distance comprise entre l'arête coupante de l'outil au point de référence de la broche.

Rayon d'outil	R
Longueur d'outil	L
Rayon de bout de fraise	@

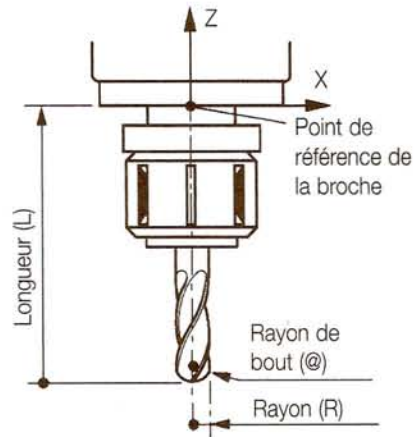
DÉFINITION



■ DÉSIGNATION :

L'adresse **D** affectée d'un numéro sélectionne le correcteur d'outil. Les dimensions d'outil en mémoire sont validées selon les axes programmés.

L = longueur d'outil
R = rayon outil
@ = rayon de bout d'outil



L'introduction des dimensions d'outil peut être effectuée manuellement, par périphérique ou par programmation paramétrée.

DIMENSION D'OUTIL

■ SYNTAXE :

`N120 [G16 R+] D01 [G40/G41/G42] X.. Y.. Z..`

G17	Choix du plan XY.
G16 R+	Orientation de l'axe de l'outil suivant Z+.
D01	Numéro du correcteur (de 1 à 255).
G40	Annulation de la correction de rayon.
G41/G42	Correction de rayon d'outil.
X.. Y.. Z..	Coordonnées du point à atteindre.

■ PROPRIÉTÉS :

Fonction modale. Le correcteur D0 est initialisée à la mise sous tension.

■ RÉVOCATION :

D.. est révoquée par la programmation d'un nouveau correcteur ou annulé par D0.

■ PARTICULARITÉS :

Le numéro du correcteur peut être différent du numéro de l'outil.
Plusieurs numéros de correcteurs peuvent être affectés au même outil.
Le contenu de D0 est toujours nul.
Le système dispose de 255 triplets de correction (L, R, @).

■ **EXEMPLE :**

Usinage avec outil T02 affecté des correcteurs D02 et D12. Les correcteurs de longueurs L de T02 sont prises en compte lors du premier déplacement sur l'axe Z programmé après D02 et D12.

```

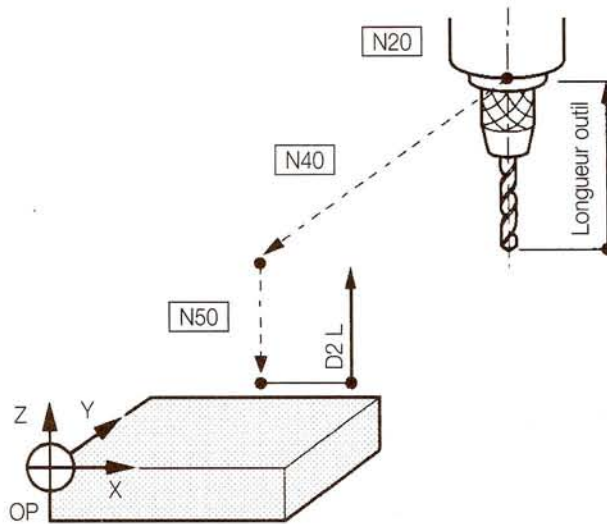
%65
N10 G16 R+ G17
N20 T02 D02 M06
N30 S120 M40 M03
N40 G00 X100 Y20
N50 Z50
N..
N140 D12 Z50
N..
    
```

appel outil T02 et correcteur D02

prise en compte de la longueur L de D02

prise en compte de la longueur L de D12

**DIMENSION
D'OUTIL**
(suite)



Il est possible d'introduire à tout moment, y compris en cours d'usinage, une correction dynamique d'outil, lorsqu'il est constaté, sur une pièce, un écart entre la cote attendue et la cote obtenue.

Correction dynamique de rayon : DR

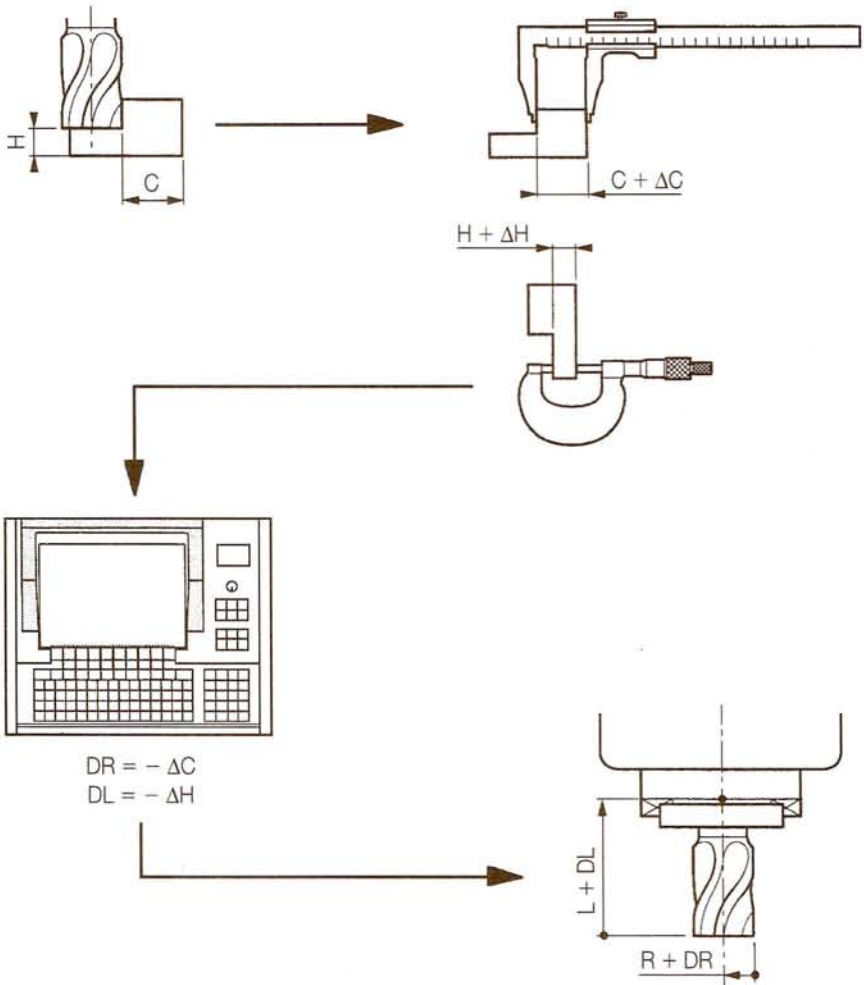
Correction dynamique de longueur : DL

Cette correction positive ou négative a pour objet de compenser une faible variation de dimension d'outil ou de pièce (usure, dilatation).

Le système prendra en compte les dimensions corrigées d'outils :

Rayon corrigé $R = R + DR$

Longueur corrigée $L = L + DL$



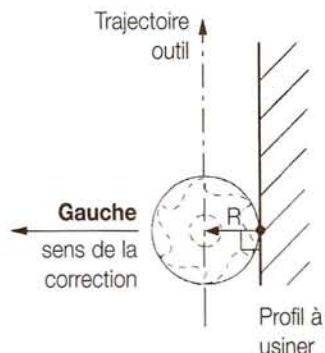
CORRECTION
DYNAMIQUE
D'OUTIL

3.2.4 POSITIONNEMENT OUTIL/PIÈCE

■ **DÉSIGNATION :**

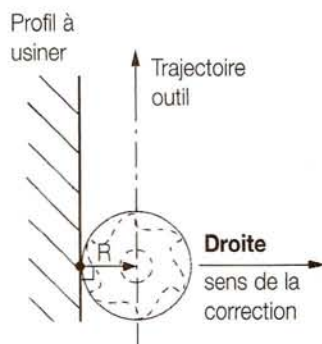
G41 : correction de rayon à **gauche** du profil à usiner.

La trajectoire programmée de l'outil est décalée à gauche d'une valeur égale au rayon R déclaré par le correcteur D.



G42 : correction de rayon à **droite** du profil à usiner.

La trajectoire programmée de l'outil est décalée à droite d'une valeur égale au rayon R déclaré par le correcteur D.



G41
G42
CORRECTION DE
RAYON PAR
RAPPORT AU
PROFIL À
USINER

■ **SYNTAXE :**

`N120 [G17][D01][G00/G01/G02/G03] G41/G42 X.. Y..`

G17	Plan dans lequel s'effectue la correction.
D01	Numéro du correcteur (de 1 à 255).
G00/G01/G02/G03	Interpolation linéaire ou circulaire.
G41	Correction de rayon d'outil à gauche du profil.
G42	Correction de rayon d'outil à droite du profil.
X.. Y..	Coordonnées du point à atteindre.

■ **PROPRIÉTÉS :**

Les fonctions G41 et G42 sont modales.

■ **RÉVOCACTION :**

Les fonctions G41 et G42 se révoquent mutuellement.

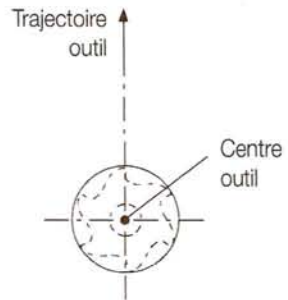
■ **PARTICULARITÉS :**

Les fonctions G41 et G42 permettent la programmation d'un profil pièce aux dimensions réelles du profil sans tenir compte du rayon de l'outil.

■ DÉSIGNATION :

G40 : annulation de la correction de rayon.

Les trajectoires programmées sont appliquées au centre de l'outil.



G40 ANNULATION DE LA CORRECTION DE RAYON

■ SYNTAXE :

`N100 [G00/G01] G40 X.. Y.. Z..`

G00/G01	Interpolation linéaire.
G40	Annulation de la correction de rayon.
X.. Y.. Z..	Coordonnées du point à atteindre.

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G40 est modale. Elle est initialisée à la mise sous tension.

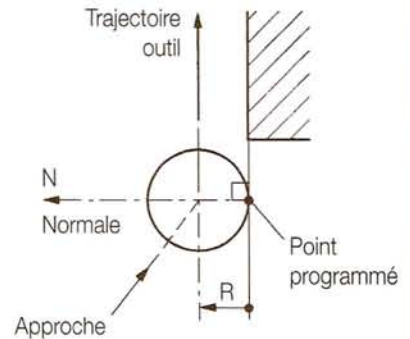
■ RÉVOCATION :

La fonction G40 révoque les fonctions G41, G42 et G29 (correction d'outil dans l'espace).

■ PARTICULARITÉS :

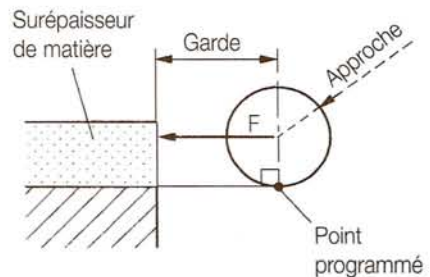
Le changement de plan (G17/G18/G19) doit être programmé en G40.

A la fin du premier bloc programmé en correction de rayon (obligatoirement une droite), le centre de l'outil se positionne sur la normale N à la trajectoire suivante, décalé du point programmé de la valeur du correcteur R.



MISE EN POSITION DE L'OUTIL

Il convient de prévoir une garde d'une valeur supérieure au rayon d'outil déclaré, lors d'un positionnement rapide.

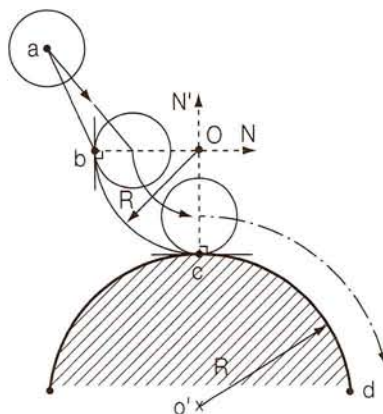


■ ENGAGEMENT SUR UN CERCLE

Exemple :

```

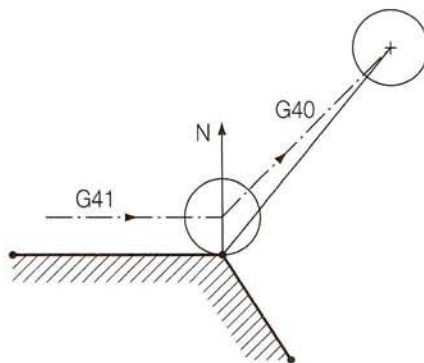
N100 ..
N110 D05
N120 Xa Ya Za
N130 G01 G41 Xb Yb F150
N140 G03 Xc Yc Io Jo F100
N150 G02 Xd Yd Io' Jo'
N160 ..
    
```



ENGAGEMENT
ET
DÉGAGEMENT
DE L'OUTIL

■ DÉGAGEMENT SUR UNE DROITE

Au début du premier bloc programmé « annulation de la correction de rayon » (obligatoirement une droite), le centre de l'outil part de la normale N à la trajectoire précédente, décalé du point programmé de la valeur du rayon du correcteur.



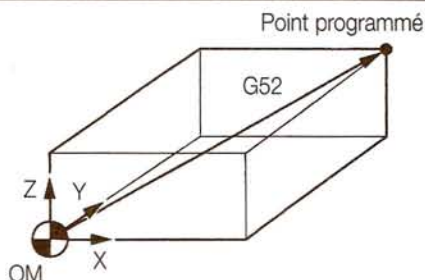
3.3 PROGRAMMATION DES MOUVEMENTS

3.3.1 CHOIX DES ORIGINES DE DÉPLACEMENTS

■ DÉSIGNATION :

G52 : programmation absolue des déplacements par rapport à l'origine mesure.

Les déplacements programmés avec la fonction sont repérés par rapport à l'OM.



■ SYNTAXE :

N100 [G40][G90][G00/G01] G52 X.. Y.. Z.. A.. B.. C.. [F..]

G40	Annulation de la correction de rayon.
G90	Programmation absolue.
G00/G01	Interpolations linéaires (en rapide ou avance travail).
G52	Programmation absolue des déplacements par rapport à l'origine mesure.
X.. Y.. Z.. A.. B.. C..	Coordonnées du point à atteindre.
F..	Vitesse d'avance.

G52
PROGRAMMATION
ABSOLUE PAR
RAPPORT À
L'ORIGINE
MESURE

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G52 est non modale.

■ RÉVOCACTION :

La fonction G52 est révoquée en fin de bloc.

■ PARTICULARITÉS :

La programmation de G52 dans un bloc suspend les données suivantes : jauges d'outils, PREF, DEC1, DEC3, G59, décalage angulaire ED et G74.

La fonction G52 doit précéder la programmation des axes dans le bloc, être programmée en G40 et G90.

■ EXEMPLES :

- programmation de G52 au zéro mesure sur Z avant changement d'outil.

```

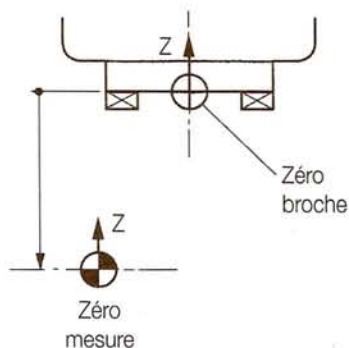
%33
N10 G0 G52 Z0
N20 T02 D02 M06
N..
    
```

- programmation de G52 sur Z, B, X et Y :

- à - 50 mm du zéro mesure sur Z ;
- à 180° du zéro mesure sur B ;
- à - 100 mm du zéro mesure sur les axes X et Y.

```

N..
N150 G0 G52 Z-50
N160 G52 X-100 Y-100 B180
N..
    
```



G53
G54
INVALIDATION/
VALIDATION
DES
DÉCALAGES
PREF ET DEC1

■ **DÉSIGNATION :**

G53 : invalidation des décalages PREF et DEC1.

G54 : validation des décalages PREF et DEC1.

Les fonctions G53 et G54 autorisent la prise en compte ou la non-prise en compte des valeurs PREF et DEC1 introduites en page « PREF ».

■ **SYNTAXE :**

N100 G53/G54

G53	Invalidation des décalages PREF et DEC1.
G54	Validation des décalages PREF et DEC1.

■ **PROPRIÉTÉS :**

Les fonctions G53 et G54 sont modales. G54 est initialisée à la mise sous tension.

■ **RÉVOCATION :**

Les fonctions G53 et G54 se révoquent mutuellement.

■ **PARTICULARITÉS :**

Les jauges d'outils ne sont pas affectées par la fonction G53.

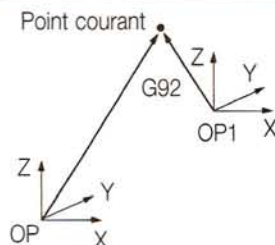
G92
PRÉSÉLECTION
DE L'ORIGINE
PROGRAMME

■ **DÉSIGNATION :**

G92 : présélection de l'origine programme.

La fonction affectée d'un ou plusieurs axes et leurs valeurs, définit la position courante du mobile par rapport à la nouvelle origine programme.

Les PREF sont recalculées sur les axes programmés.



■ **SYNTAXE :**

N140 G92 X.. Y.. Z..

G92	Présélection de l'origine programme.
X.. Y.. Z..	Position du mobile par rapport à l'origine programme.

■ **DÉTERMINATION DE LA PRÉSÉLECTION DE L'ORIGINE PROGRAMME SUR UN AXE :**

• nouveau PREF = PREF précédent + point courant précédent par rapport à l'OP – valeur programmée en G92

ou bien

• nouveau PREF = point courant par rapport à l'OM – valeur programmée en G92 – longueur de l'outil – DEC1

L'opération est réalisée après exécution du bloc précédant le bloc contenant G92. La nouvelle valeur des PREF est conservée en fin de programme.

■ **EXEMPLE :**

PREF Z = - 300 ; DEC1 = 20 ;

Longueur d'outil D1 = 80

Présélection de l'origine programme G92 Z60

```
N..
N120 G0 D1 G40 X0 Y0 Z40
N130 G92 Z60
N140 G0 Z..
N..
```

Après lecture du bloc N120, le point courant par rapport à l'OM en Z = - 160

Calcul du nouveau PREF Z

• par rapport à l'OP :
PREF Z = - 300 + 40 - 60 = - 320

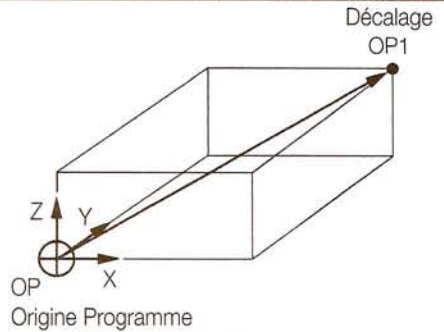
• par rapport à l'OM :
PREF Z = - 160 - 60 - 80 - 20 = - 320

■ **DÉSIGNATION :**

G59 : décalage d'origine programmé.

La fonction affectée d'un ou plusieurs arguments (axes et valeurs), entraîne la translation de l'origine programme (OP).

Chaque axe peut être affecté d'un décalage d'origine.



■ **SYNTAXE :**

N160[G90/G91]G59X..Y..Z.. U..V..W.. A..B..C.. [I.. J.. K.. ED..]

G90/G91	Programmation absolue ou relative.
G59	Décalage d'origine programmé.
X.. Y.. Z.. U..V.. W.. A.. B.. C..	Les axes programmés sont liés à la fonction. Ils doivent suivre immédiatement G59 et au moins un d'entre eux doit être programmé.
I.. J.. K.. ED..	I.. J.. K.. : arguments définissant le centre de rotation d'un décalage angulaire programmé avec ED (décalage angulaire).

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction G59 est non modale, les arguments liés aux axes sont modaux.

■ **RÉVOCATION :**

G59 est annulée par la programmation de G59 suivie des arguments d'axes affectés de valeurs nulles en absolu (G90), par M02 (fin de programme) et par la remise à l'état initial (RAZ).

■ **PARTICULARITÉS :**

Il est préconisé d'être en G90 avant la programmation d'un décalage d'origine G59 (lisibilité du programme).

Programmation :

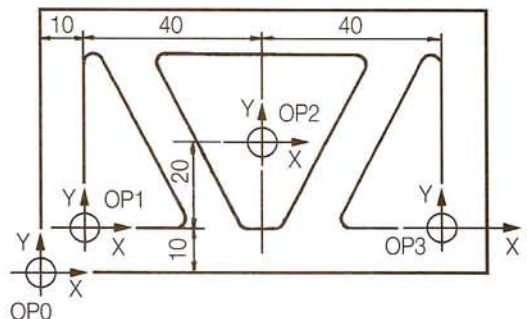
- G59 programmée en absolu (G90) : le décalage s'effectue par rapport au PREF + DEC1. Un nouveau décalage remplace le précédent ;

- G59 programmée en relatif (G91) : le premier déplacement programmé après G59 est traduit de la valeur du décalage programmé. Un nouveau décalage affectera le déplacement suivant. La position absolue se trouve décalée de la somme de tous les G59 programmés antérieurement.

■ **EXEMPLE :** usage des 3 empreintes
Origine Programme = Origine pièce = OP0

- 1re empreinte OP = OP1
- 2e empreinte OP = OP2
- 3e empreinte OP = OP3

```
N..
N20 G59 X10 Y10
  (USINAGE EMPREINTE 1 OP1)
N..
N..
N50 G59 X50 Y30
  (USINAGE EMPREINTE 2 OP2)
N..
N..
N80 G59 X90 Y10
  (USINAGE EMPREINTE 3 OP3)
N..
```



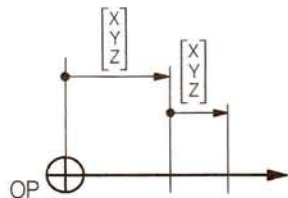
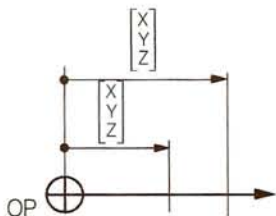
G59
DÉCALAGE
D'ORIGINE
PROGRAMMÉ

3.3.2 CHOIX DE PROGRAMMATION

■ **DÉSIGNATION :**

G90 : programmation absolue par rapport à l'origine programme (OP).
La valeur programmée sur un axe est repérée par rapport à l'OP.

G91 : programmation relative par rapport au point de départ du bloc.
La valeur programmée sur un axe est repérée par rapport à la dernière position programmée.



■ **SYNTAXE :**

N150 G90/G91 X.. Y.. Z.. A.. B.. C..

G90	Programmation du déplacement en absolu.
G91	Programmation du déplacement en relatif.
X.. Y.. Z.. A.. B.. C..	Coordonnées du point à atteindre.

■ **PROPRIÉTÉS :**

Les fonctions G90 et G91 sont modales. La fonction G90 est initialisée à la mise sous tension.

■ **PARTICULARITÉS :**

Le premier déplacement programmé doit être effectué en G90 et repéré par rapport à l'origine programme.

■ **RÉVOCACTION :**

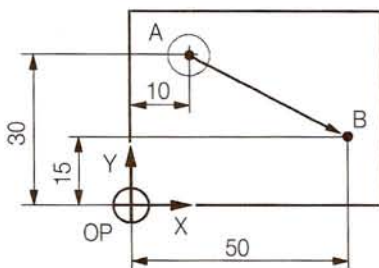
Les fonctions G90 et G91 se révoquent mutuellement.

Les deux types de programmation (G90/G91) peuvent coexister dans un même programme.

■ **EXEMPLE :**

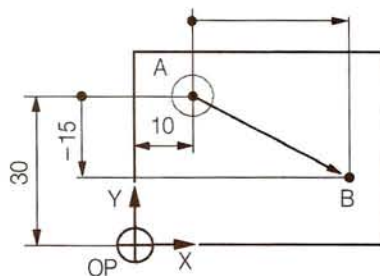
• **programmation absolue G90**

```
N90..
N100 [G90]
N110 X10 Y30 (POINT A)
N120 X50 Y15 (POINT B)
N130..
```



• **programmation relative G91**

```
N90..
N100 [G90]
N110 X10 Y30 (POINT A)
N120 G91 X40 Y-15 (DEPLACEMENT AB)
N130..
```

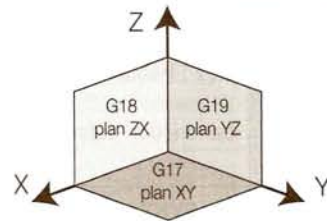


G90
G91
PROGRAMMATION
ABSOLUE OU
RELATIVE

■ DÉSIGNATION :

G17/G18/G19 : choix du plan en interpolation circulaire et correction de rayon.

La programmation d'une des 3 fonctions permet de définir le plan d'interpolation en XY, ZX ou YZ.



■ SYNTAXE :

N160 G17/G18/G19

G17	Plan XY.
G18	Plan ZX.
G19	Plan YZ.

■ PROPRIÉTÉS :

Les fonctions G17, G18 et G19 sont modales. La fonction G17 est initialisée à la mise sous tension.

■ RÉVOCATION :

Les fonctions G17, G18 et G19 se révoquent mutuellement.

■ PARTICULARITÉS :

Les changements de plan doivent être programmés en G40 et hors Programmation Géométrique de Profil (P.G.P.).

G17
G18
G19
CHOIX DU PLAN
D'INTERPOLATION

3.3.3 COMMANDE DE BROCHES

■ DÉSIGNATION :

M03 : rotation de broche sens antitrigonométrique.
Mise en rotation de la broche à la fréquence programmée.

M04 : rotation de broche sens trigonométrique.
Mise en rotation de la broche à la fréquence programmée.

M05 : arrêt de broche.
Arrêt de la rotation de la broche.

■ SYNTAXE :

N100 M03/M04/M05

M03	Rotation de broche sens antitrigonométrique.
M04	Rotation de broche sens trigonométrique.
M05	Arrêt de broche.

SENS DE
ROTATION

■ PROPRIÉTÉS :

M03 et M04 sont des fonctions modales, « avant », décodées.
M05 est une fonction modale « après », décodée, initialisée à la mise sous tension.

■ RÉVOCATION :

Les fonctions M03, M04 et M05 se révoquent mutuellement.
Les fonctions M00, M19 et M01 révoquent les états M03 ou M04.

■ EXEMPLE :

```
N..
N110 T05 M05
N120 M03
N..
N200 M05
N..
```

appel de l'outil T05
rotation sens antitrigonométrique

arrêt broche

**G97
FRÉQUENCE DE
ROTATION**

■ **DÉSIGNATION :**

G97 : fréquence de rotation de broche exprimée en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$.

La fonction définit une fréquence de rotation constante programmée avec l'argument S.

■ **SYNTAXE :**

N100 G97 S800 [M03/M04]

G97	Fonction forçant la fréquence de rotation de broche en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$.
S800	Fréquence programmée = $800 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$.
M03/M04	Sens de rotation de la broche.

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction G97 est modale et initialisée à la mise sous tension.

■ **RÉVOCATION :**

La fonction G97 est révoquée par la fonction G96.

La fréquence programmée avec G97 est annulée par S0 ou modifiée par S affectée d'une nouvelle valeur.

■ **EXEMPLE :**

N..
N110 G97 S500 M04
N..
N200 S800
N..

fréquence de rotation $500 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ sens trigonométrique

fréquence de rotation $800 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$

**VITESSE DE
COUPE ET
FRÉQUENCE DE
ROTATION**

■ **ÉQUATION DE LA VITESSE DE COUPE :**

$$V_c = \pi \cdot d \cdot N$$

vitesse de coupe
en $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$

Ø en m

fréquence de rotation
en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$

■ **EXEMPLE DE CALCUL DE LA FRÉQUENCE DE ROTATION :**

Vitesse de coupe : $120 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$

Diamètre de la fraise : 20 mm

$$\text{Fréquence de rotation } N = \frac{1\,000 \times V}{\pi \times d} = \frac{1\,000 \times 120}{3,14 \times 20} = 1\,910,8$$

$$N \approx 1\,900 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$$

■ **DÉSIGNATION :**

M40/M41/M42/M43/M44/M45 : gammes de broche.

Le système permet de définir 6 gammes de broche associées à des fréquences de rotation S.

■ **SYNTAXE :**

N230 [G97 S..] [M03/M04] M40 à M45

G97 S..	Fréquence de rotation de broche en $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$.
M03/M04	Sens de rotation de la broche.
M40 à M45	Choix de la gamme de fréquences.

■ **PROPRIÉTÉS :**

Les fonctions M40 à M45 sont modales, « avant » et décodées.

■ **RÉVOCATION :**

Les fonctions M40 à M45 se révoquent mutuellement.

■ **PARTICULARITÉS :**

Les intervalles de fréquences sont définis pour chaque gamme par le constructeur.

Exemple : M40 = 50 à 500 $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$; M41 = 400 à 900 $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$; M42 = 800 à 4200 $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$.

Certains systèmes déterminent automatiquement la gamme en fonction de la fréquence de rotation programmée.

■ **EXEMPLE :**

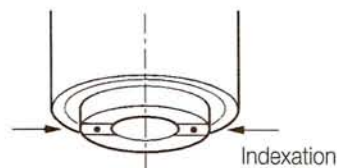
N. .
N50 G97 S700 M41
N. .

fréquence de rotation 700 $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$; gamme M41

■ **DÉSIGNATION :**

M19 : indexation de broche.

Cette fonction permet l'indexation de la broche dans une position définie par rapport à un point fixe.



■ **SYNTAXE :**

N170 [G97 S500] [M03/M04] [M40 à M45] EC±.. M19

G97 S500	Fréquence de rotation de la broche 500 $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$.
M03/M04	Sens de rotation de la broche.
M40 à M45	Gamme de broche.
EC ±	Argument facultatif définissant la valeur de l'angle d'indexation (en degrés).
M19	Indexation de la broche.

M40
À
M45
GAMMES DE
BROCHE

M19
INDEXATION
DE BROCHE

**M19
INDEXATION
DE BROCHE
(suite)**

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction M19 est modale « avant » décodée.

■ **RÉVOCATION :**

Les fonctions M19 est révoquée par les fonctions M03, M04 ou M05.

■ **PARTICULARITÉS :**

La broche peut être ou non en rotation lors de l'indexation.

Si le système est équipé d'un capteur de position de broche, la programmation de M19 permet d'indexer la broche dans une position quelconque par rapport à un point fixe défini par le constructeur.

■ **EXEMPLE :** indexation de la broche à 45° par rapport au point origine défini.

```
N90..
N100 G97 S500 M03 M42
N110 EC45 M19
N120..
```

broche en rotation
indexation

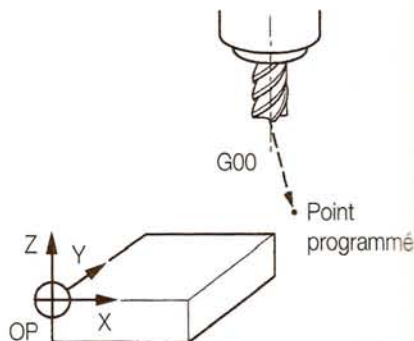
3.3.4 INTERPOLATIONS

**G00
POSITIONNEMENT
RAPIDE**

■ **DÉSIGNATION :**

G00 : interpolation linéaire à vitesse d'avance rapide.

Le point programmé est atteint en effectuant une trajectoire linéaire à vitesse d'avance rapide, quels que soient les axes programmés (X, Y et Z, U, V et W, A, B et C).



■ **SYNTAXE :**

N180 [G90/G91] G00 [R-/R+] X.. Y.. Z..

G90/G91	Programmation absolue ou programmation relative.
G00	Positionnement rapide.
R- / R+	Positionnement avant ou après le point programmé (à distance égale à la valeur du rayon de l'outil déclaré).
X.. Y.. Z..	Coordonnées du point à atteindre (G90) ; valeurs des déplacements (G91).

■ **PROPRIÉTÉS :**

Fonction modale.

■ **PARTICULARITÉS :**

Les arguments facultatifs R+ et R- ne sont actifs que dans le bloc où ils sont programmés.

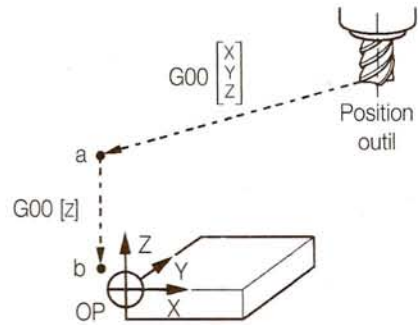
■ **RÉVOCATION :**

G00 est révoquée par G01, G02, G03 et G33.

■ EXEMPLES :

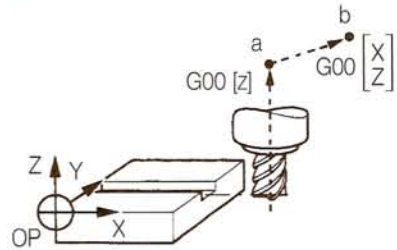
• Positionnement rapide avant exécution d'un usinage

```
N..
N40 G97 S1000 M41 M04
N50 G00 Xa Za
N60 Zb
N..
```



• Dégagement rapide après exécution d'un usinage

```
N..
N140 G00 Za
N150 Xb Yb
N..
```

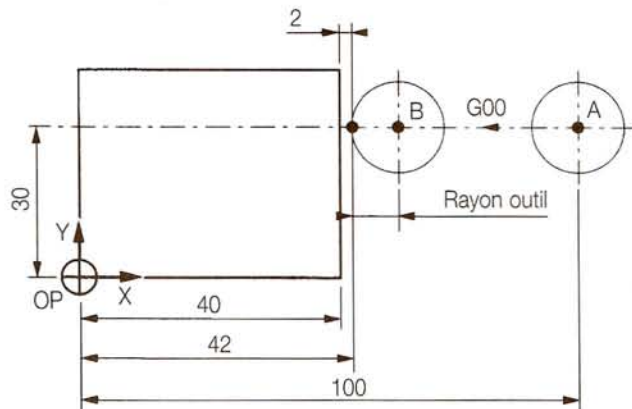


• Positionnement rapide avec arrêt à distance programmée (R- / R+)

plan G17

distance d'approche : 2 mm

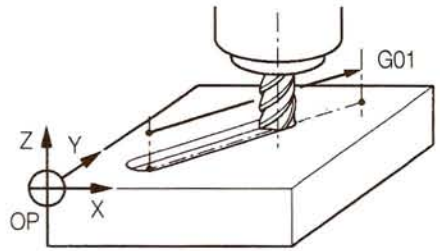
```
N..
N140 G00 X100 Y30 Z-10 (PT A)
N150 R- X42 (PT B)
N..
```



■ **DÉSIGNATION :**

G01 : interpolation linéaire à vitesse d'avance travail programmée.

Le point programmé est atteint en effectuant une trajectoire linéaire à vitesse d'avance travail programmée, quels que soient les axes programmés (X, Y et Z, U, V et W, A, B et C).



■ **SYNTAXE :**

N200 [G90/G91] G01 [R-/R+] X.. Y.. Z..[F..]

G90/G91	Programmation absolue ou programmation relative.
G01	Interpolation linéaire à vitesse d'avance travail programmée.
R- / R+	Positionnement avant ou après le point programmé (à distance égale à la valeur du rayon de l'outil déclaré).
X.. Y.. Z..	Coordonnées du point à atteindre (G90) ; valeurs des déplacements (G91).
F..	Vitesse d'avance.

■ **PROPRIÉTÉS :**

Fonction modale, initialisée à la mise sous tension.

■ **RÉVOCACTION :**

G01 est révoquée par G00, G02 ou G03.

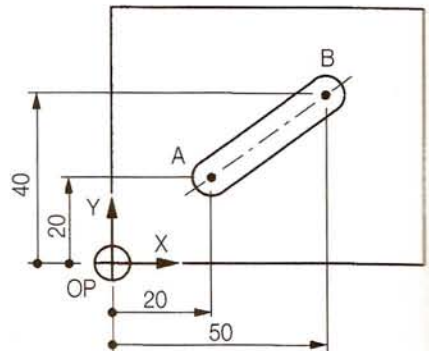
■ **PARTICULARITÉS :**

Les arguments facultatifs R+ et R- ne sont actifs que dans le bloc où ils sont programmés.

■ **EXEMPLE :**

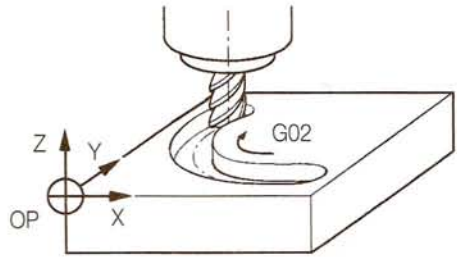
Interpolations linéaires suivant XYZ (approche) puis XY (trajectoire AB) ; rainure profondeur 1,5 ; programmation absolue en G90.

```
N..
N50 S600 M40 M03
N60 X20 Y20 Z2 (APPROCHE PT A)
N70 G01 Z-1.5 F60 (PLONGEE EN Z)
N80 X50 Y40 F120 (POINT B)
N..
```

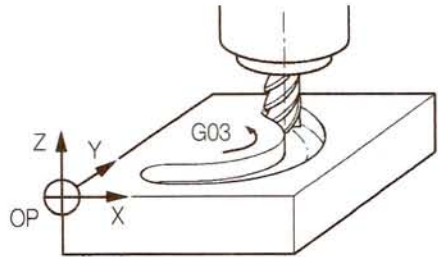


■ DÉSIGNATION :

G02 : interpolation circulaire sens antitrigonométrique à vitesse d'avance travail programmée.



G03 : interpolation circulaire sens trigonométrique à vitesse d'avance travail programmée.



Le point programmé est atteint en effectuant une trajectoire circulaire. Deux axes sont pilotés suivant le choix du plan d'interpolation : X et Y (ou U et V) en G17 ; Z et X (ou W et U) en G18 ; Y et Z (ou V et W) en G19.

■ SYNTAXE :

`N100 [G17][G90/G91] G02/G03 X.. Y.. I.. J../R..[F..]`

G17	Choix du plan XY.
G90/G91	Programmation absolue ou programmation relative.
G02	Interpolation circulaire sens antitrigonométrique.
G03	Interpolation circulaire sens trigonométrique.
X.. Y..	Coordonnées du point à atteindre.
I.. J..	Position du centre de l'interpolation dans le plan XY (I suivant X, J suivant Y).
R..	Rayon du cercle interpolé.
F..	Vitesse d'avance.

Interpolation	plan	fonction	syntaxe
G02/G03	XY	G17	XY IJ R
	ZX	G18	XZ IK R
	YZ	G19	YZ JK R

■ PROPRIÉTÉS :

G02 et G03 sont modales.

■ RÉVOCATION :

G02 est révoquée par G00, G01 et G03. G03 est révoquée par G00, G01 et G02.

■ PARTICULARITÉS :

Le point programmé n'est pas atteint lorsque le bloc suivant est enchaîné avec un lissage de trajectoire.

Dans un bloc programmé en G02 ou G03, les adresses qui permettent d'exécuter l'interpolation sont obligatoires (I et J en G17) même si elles ne varient pas par rapport au bloc précédent (X et Y en G17).

■ EXEMPLE :

Interpolations circulaires en G90 dans le plan YZ (G19).

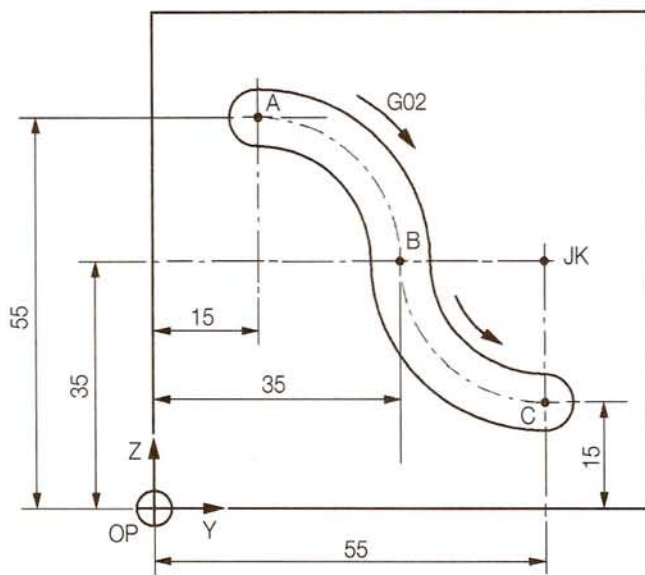
G02 est exécutée par programmation du rayon R.

G03 est exécutée par programmation du centre du cercle (J et K).

```

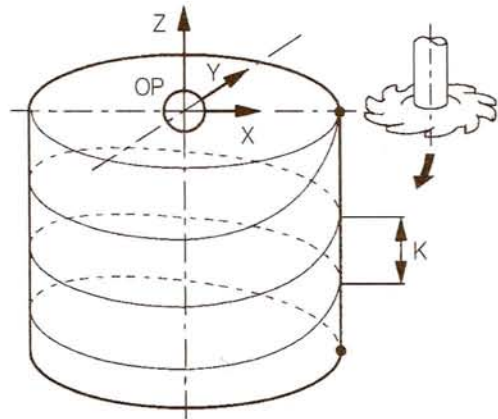
%300
N10 G00 G52 Z100
N20 T01 M06
N30 S1000 M41 M03
N40 G19
N50 G16 P+
N60 X2 Y15 Z55 (A)
N70 G01 X-1.5 F60
N80 G02 Y35 Z35 R20 (B)
N90 G03 Y55 Z15 J55 K35 (C)
N100 G00 G52 X100 M05
N110 M02
    
```

G02
G03
INTERPOLATIONS
CIRCULAIRES
(suite)



L'interpolation hélicoïdale permet, en usinage circulaire et linéaire combiné, le déplacement de l'axe de l'outil suivant une hélice à pas constant.

L'interpolation hélicoïdale est exécutable dans les 3 plans G17, G18 et G19.



■ SYNTAXE :

`N100 [G17][G90/G91] G02/G03 X.. Y.. Z.. I.. J../R.. K..[F..]`

G17	Choix du plan XY.
G90/G91	Programmation absolue ou programmation relative.
G02	Interpolation circulaire sens antitrigonométrique.
G03	Interpolation circulaire sens trigonométrique.
X.. Y..	Coordonnées du point à atteindre dans le plan XY en G90 ou valeur du déplacement en G91.
Z..	Point à atteindre sur l'axe de l'hélice dans le plan XY
I.. J..	Position du centre de l'interpolation dans le plan XY (I suivant X, J suivant Y).
R..	Rayon du cercle interpolé.
K..	Pas de l'hélice suivant Z.
F..	Vitesse d'avance.

Interpolation	plan	fonction	syntaxe	pas
G02/G03	XY	G17	XY IJ R	K
	ZX	G18	XZ IK R	J
	YZ	G19	YZ JK R	I

■ PARTICULARITÉS :

En interpolation hélicoïdale, le pas de l'hélice ne peut s'appliquer qu'à l'axe normal au plan d'interpolation du trièdre de référence. La programmation du pas permet au système de déterminer le nombre de tours à effectuer de façon à ce que le pas réel soit le plus proche du pas programmé, compte tenu des coordonnées du point de départ et d'arrivée.

■ EXEMPLE :

Interpolation hélicoïdale en G90 dans le plan XY (G17).

Usinage d'une hélice sur une pièce de $\varnothing 200$:

- profondeur de l'hélice = 2 mm
- pas réel de l'hélice = 120 mm
- garde de positionnement au point **p** sur $Z = 5$ mm
- point de départ **a** en $Z = 0$ position angulaire -30°
- point d'arrivée **b** en $Z = -155$ mm

$$\text{Valeur angulaire } \mathbf{ab} = \frac{360^\circ \times 155}{120} = 465^\circ = 1 \text{ tr} + 105^\circ$$

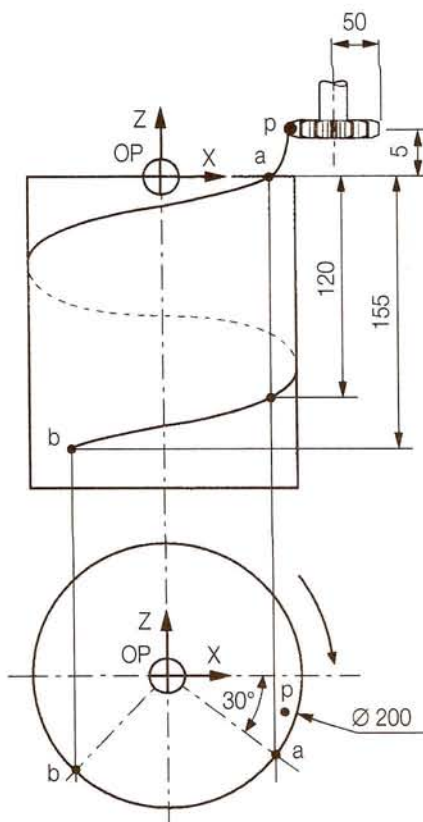
$$\text{Position de } \mathbf{b} \text{ par rapport à } \mathbf{a} = -105^\circ + (-30^\circ) = -135^\circ$$

$$\text{Position de } \mathbf{p} = \frac{360^\circ \times 5}{12} = 15^\circ \text{ soit } \mathbf{p} = -30^\circ + 15^\circ = -15^\circ$$

```

N30..
N40 G00 X110 Y110 Z5
N50 G01 G41 X94.661 Y25.364
N60 G02 X-69.296 Y-69.296 Z-155 I0 J0
K120 F250
N70 G01 G40 X-110 Y-110
N80..
    
```

INTERPOLATION
HÉLICOÏDALE
(suite)

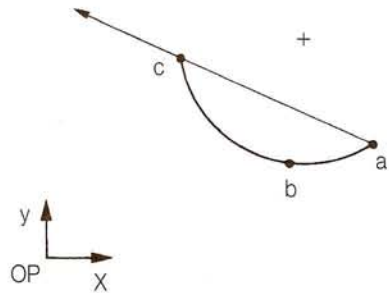


■ DÉSIGNATION :

G23 : interpolation circulaire définie par 3 points.

Elle peut être exécutée par programmation du point de départ défini dans le bloc précédent la fonction G23, du point d'arrivée et du point intermédiaire définis dans le bloc avec G23.

Le sens de l'interpolation est défini par la position du point intermédiaire b par rapport aux points de départ a et d'arrivée c.



■ SYNTAXE :

N240 [G17][G90/G91] G23 X.. Y.. I.. J.. [F..]

G17	Choix du plan d'interpolation.
G90/G91	Programmation absolue ou programmation relative.
G23	Interpolation circulaire.
X.. Y..	Coordonnées du point d'arrivée.
I.. J..	Coordonnées du point intermédiaire.
F..	Vitesse d'avance.

G23
INTERPOLATION
CIRCULAIRE
DÉFINIE
PAR 3 POINTS

■ PROPRIÉTÉS :

Fonction non modale.

■ RÉVOCATION :

G23 est révoquée en fin de bloc.

■ PARTICULARITÉS :

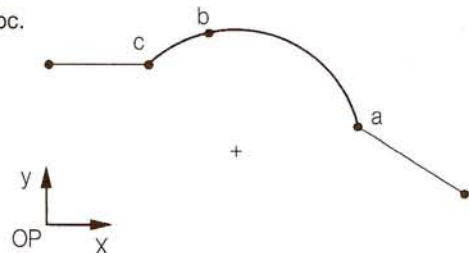
Les arguments de la fonction G23 ne doivent être séparés par aucune adresse. G23 peut être programmée en absolu (G90) ou en relatif (G91).

plan	fonction	point intermédiaire	syntaxe
XY	G17	IJ	XY IJ R
ZX	G18	KI	XZ IK R
YZ	G19	JK	YZ JK R

■ EXEMPLE :

Interpolation circulaire suivant la trajectoire abc.
Plan XY en G17.

```
N..
N50 G01 Xa Ya F150
N60 G23 Xc Zc Ib Jb F120
N70 G01 X.. Z.. F150
N..
```



G48
INTERPOLATION
SPLINE
DÉFINITION

■ **DÉSIGNATION :**

G48 : définition d'une courbe spline.

La définition d'une courbe spline comprend plusieurs instructions : fonction de définition, numéro de la courbe, blocs de définition des points de la courbe.

■ **SYNTAXE :**

N280 G48 NC.. H../N..

G48	Fonction de définition d'une courbe spline.
NC..	Argument définissant le numéro de la courbe.
H..	Numéro du sous-programme dans lequel sont définis les points de la courbe (optionnel).
N.. N..	Numéros du premier et dernier bloc de définition des points de la courbe.

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction G48 est non modale.

■ **RÉVOCATION :**

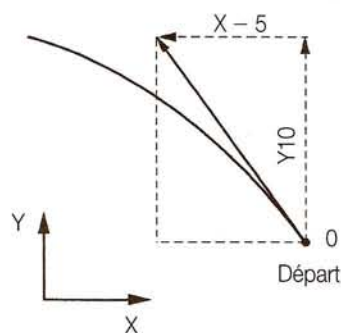
G48 est révoquée en fin de bloc.

■ **BLOCS DE DÉFINITION DES POINTS DE LA COURBE :**

Le premier et le dernier bloc doivent comporter les tangentes d'origine et d'arrivée ; si les tangentes ne sont pas connues, ces blocs doivent être vides. Tous les autres blocs doivent comporter des points de la courbe. Le premier bloc doit comporter les axes affectés par l'interpolation spline.

■ **BLOCS DE DÉFINITION DES TANGENTES ET DES POINTS DE LA COURBE :**

N..		
N150	X-5 Y10	Tangente d'origine
X..	Y..	} Points de la courbe
X..	Y..	
X..	Y..	
X..	Y..	
N160	X.. Y..	Tangente d'arrivée
N..		



Le nombre de points est limité à 255 maxi et 3 mini.

G48 doit être programmée en état G40.

Les fonctions M, F et S peuvent être programmées dans les blocs de définition de la courbe.

■ **DÉSIGNATION :**

G06 : ordre d'exécution d'une courbe spline.

■ **SYNTAXE :**

N230 G06 NC..

G06	Fonction forçant l'ordre d'exécution d'une courbe spline.
NC..	Numéro de la courbe.

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction G06 est non modale.

■ **PARTICULARITÉS :**

Les fonctions F, S et T ne peuvent être programmées dans le bloc contenant G06 NC.

■ **RÉVOCATION :**

G06 est révoquée en fin de bloc.

■ **EXEMPLE :**

```

%200
N10 G0 G52 Z0
N20 T1 D1 M6 (FRAISE D10)
N30 S1500 M42 M3
N40 G92 R1
N50 G48 NC1 H21 N10 N70
N60 G42 X20 Y-10 (A)
N70 Z-3
N80 G1 X0 F180 (B)
N90 EA90 EB5 ES- (C)
N100 EA180 X-13 Y10 (D)
N110 G06 NC1
N120 G0 G40 X20
N130 G52 Z0 M5
N140 M2

```

définition courbe 1

ordre d'exécution courbe 1

```

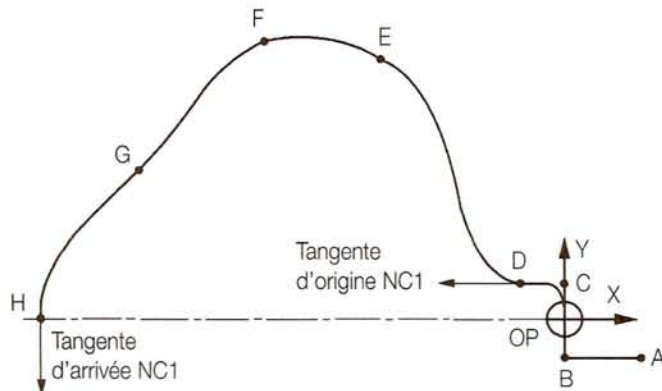
%21
N10 X-1 Y0
N20 X-13 Y10 (D)
N30 X-50 Y70 (E)
N40 X-78 Y75 (F)
N50 X-104 Y55 (G)
N60 X-140 Y0 (H)
N70 X0 Y-1

```

tangente d'origine

tangente d'arrivée

G06
INTERPOLATION
SPLINE
EXÉCUTION



■ **DÉSIGNATION :**

G49 : suppression d'une courbe spline.

La fonction permet la libération de l'espace mémoire occupé par la courbe déjà exécutée.

■ **SYNTAXE :**

N300 G49 NC..

G49	Suppression d'une courbe spline.
NC..	Numéro de la courbe à supprimer.

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction G49 est non modale.

■ **PARTICULARITÉS :**

La fonction G49 doit être programmée en G40.

■ **RÉVOCATION :**

G49 est révoquée en fin de bloc.

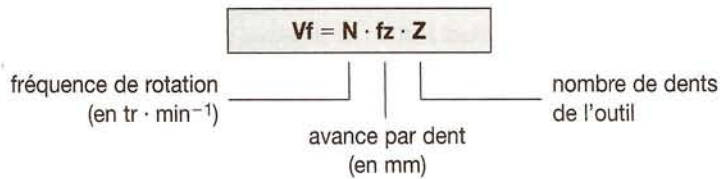
■ **EXEMPLE :**

définition - exécution - suppression d'une courbe spline

**G49
INTERPOLATION
SPLINE
SUPPRESSION**

<i>Ø500</i>	
<i>N..</i>	
<i>N100 G79 N200</i>	
<i>N110 X.. Y..</i>	tangente d'origine
<i>N120 X.. Y..</i>	points de la courbe
<i>N130 X.. Y..</i>	
<i>N140 X.. Y..</i>	
<i>N150 X.. Y..</i>	tangente d'arrivée
<i>N..</i>	
<i>N200 G48 NC1 N110 N150</i>	définition
<i>N..</i>	
<i>N300 G6 NC1</i>	ordre d'exécution
<i>N..</i>	
<i>N..</i>	
<i>N400 G49 NC1</i>	suppression
<i>N..</i>	

3.3.5 VITESSES DE DÉPLACEMENTS

■ DÉTERMINATION DE LA VITESSE D'AVANCE V_f (en $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$)

Exemple :

$N = 1\,500 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$; $f_z = 0,05 \text{ mm}$; $Z = 4 \text{ dents}$

$\Rightarrow V_f = 1\,500 \times 0,05 \times 4 = 300 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ (soit F300 en code ISO).

■ DÉSIGNATION :

G94 : vitesse d'avance exprimée en millimètres, pouces ou degrés par minute.

La vitesse d'avance s'exprime en millimètres ou pouces par minute sur les axes linéaires (XYZ, UVW) et en degrés par minute sur les axes rotatifs (ABC).

■ SYNTAXE :

N200 G94 F.. G01/G02/G03 X.. Y.. Z.. A.. B.. C..

G94	Fonction vitesse d'avance en $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$, $\text{in} \cdot \text{min}^{-1}$, $\text{degré} \cdot \text{min}^{-1}$.
F..	Argument obligatoire définissant la vitesse programmée.
G01/G02/G03	Interpolation linéaire ou circulaire.
X.. Y.. Z..	Coordonnées du point à atteindre sur les axes linéaires.
A.. B.. C..	Coordonnées angulaires à atteindre sur un axe rotatif.

■ PROPRIÉTÉS :

Fonction modale, initialisée à la mise sous tension.

■ RÉVOCATION :

G94 est révoquée par G93 ou G95.

■ PARTICULARITÉS :

Les limites de la vitesse d'avance sont définies par le constructeur de la machine.
Lors d'un changement d'unité de vitesse d'avance, la fonction G définissant la nouvelle unité doit être suivie obligatoirement de l'argument F.

■ EXEMPLE :

```

N..
N200 G00 X150 Y200
N210 G95 F0.25
N220 G01 Z..
N230 X.. Z.. F0.15
N..
N300 G00 X150 Y200 Z200
N310 G94 F1300 G01 Y.. W..
N320 W.. F100
N..

```

vitesse d'avance en $\text{mm} \cdot \text{tr}^{-1}$

vitesse d'avance en $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$ sur Y et W

G94
VITESSE
D'AVANCE PAR
MINUTE (EN
MILLIMÈTRES,
POUCES OU
DEGRÉS)

Détermination de l'avance en $V/L = \text{temps}^{-1}$

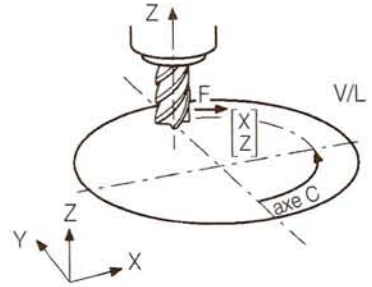
$$F = \frac{V}{L}$$

F : vitesse d'avance en min^{-1}
 V : vitesse d'avance en $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$
 L : longueur de trajectoire en mm

■ **DÉSIGNATION :**

G93 : vitesse d'avance exprimée en inverse du temps.

La vitesse d'avance est programmée en inverse du temps lorsque la commande numérique ne peut calculer la longueur d'une trajectoire.



■ **SYNTAXE :**

N200 G93 F.. G01 X.. Y.. Z.. A.. B.. C..

G93	Fonction vitesse d'avance en inverse du temps (min^{-1}).
F..	Argument obligatoire définissant la vitesse programmée.
G01	Interpolation linéaire ou circulaire.
X.. Y.. Z..	Coordonnées du point à atteindre sur les axes linéaires.
A.. B.. C..	Coordonnées angulaires à atteindre sur un axe rotatif.

**G93
 VITESSE
 D'AVANCE EN
 INVERSE DU
 TEMPS (V/L)**

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction est modale.

■ **RÉVOCATION :**

G93 est révoquée par G94 ou G95.

■ **PARTICULARITÉS :**

Les limites de la vitesse d'avance sont définies par le constructeur de la machine.
 Lors d'un changement d'unité de vitesse d'avance, la fonction G définissant la nouvelle unité doit être suivie obligatoirement de l'argument F..

■ **EXEMPLE :**

```
N..
N200 G00 X150 Y200 Z200
N210 G94 F250 G01 X100 Y150
N220 Y100 F180
N..
N300 G00 X150 Z200
N310 G93 F50 G01 U.. C..
N..
N400 C.. F40
N..
```

vitesse d'avance en $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$

vitesse d'avance en min^{-1}

■ **DÉSIGNATION :**

G95 : vitesse d'avance exprimée en millimètres ou en pouces par tour.

La vitesse d'avance s'exprime en millimètres ou pouces par tour de broche.

■ **SYNTAXE :**

N210 G95 F.. G01/G02/G03 X.. Y.. Z..

G95	Fonction vitesse d'avance en $\text{mm} \cdot \text{tr}^{-1}$, $\text{in} \cdot \text{tr}^{-1}$.
F..	Argument obligatoire définissant la vitesse programmée.
G01/G02/G03	Interpolation linéaire ou circulaire.
X.. Y.. Z..	Coordonnées du point à atteindre sur les axes linéaires.

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction est modale. Elle est initialisée à la mise sous tension.

■ **PARTICULARITÉS :**

Les limites de la vitesse d'avance sont définies par le constructeur de la machine.

Lors d'un changement d'unité de vitesse d'avance, la fonction G définissant la nouvelle unité doit être suivie obligatoirement de l'argument F.

La programmation de l'avance en $\text{in} \cdot \text{min}^{-1}$ n'est possible que si le système est en G70 (programmation en pouce).

■ **RÉVOCATION :**

G95 est révoquée par G93 ou G94.

**G95
VITESSE
D'AVANCE PAR
TOUR (EN
MILLIMÈTRES
OU POUÇES)**

■ **EXEMPLE :**

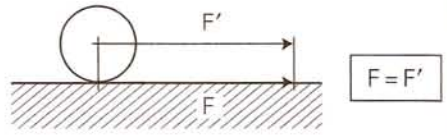
```
N..
N200 G00 X150 Y200
N210 G94 F120
N220 G01 Z..
N230 X.. Y.. F100
N..
N300 G00 X150 Y200
N310 G95 F0.3 G01 X.. W..
N320 W.. F0.15
N..
```

vitesse d'avance en $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$

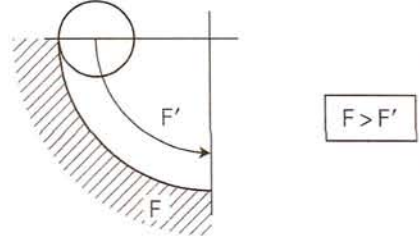
vitesse d'avance en $\text{mm} \cdot \text{tr}^{-1}$ sur X et W

■ PROBLÈME :

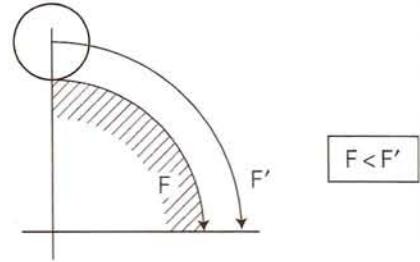
En correction de rayon (G41 ou G42), la vitesse d'avance F programmée est appliquée à la trajectoire du centre de l'outil F' .



En interpolation circulaire, si la trajectoire est concave, la vitesse d'avance F au point de tangence est supérieure à celle du centre de l'outil.



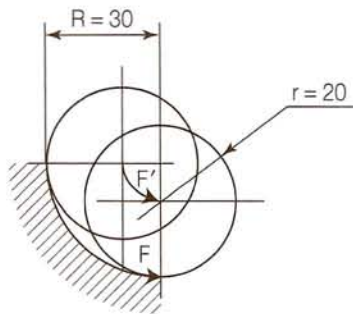
En interpolation circulaire, si la trajectoire est convexe, la vitesse d'avance F au point de tangence est inférieure à celle du centre de l'outil.



VITESSE
D'AVANCE
TANGENTIELLE

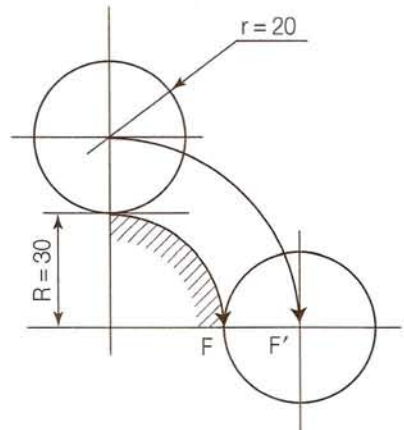
■ EXEMPLE :

F programmée = $150 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$



$$F' = \frac{F(R - r)}{R} = \frac{150(30 - 20)}{30}$$

$$F' = 50 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$



$$F' = \frac{F(R + r)}{R} = \frac{150(30 + 20)}{30}$$

$$F' = 250 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$$

REMARQUE :

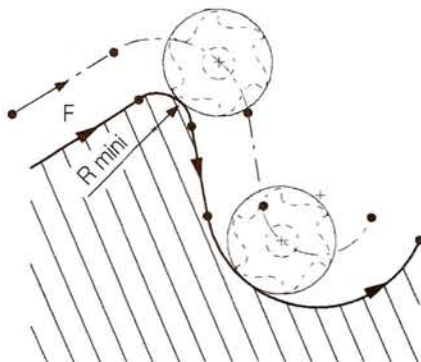
La vitesse d'avance tangentielle peut être appliquée en correction de rayon (G41 G42) en programmant la fonction G92 R. Celle-ci n'est disponible que sur NUM 1040/1060.

DÉSIGNATION :

G92 R.. : vitesse d'avance tangentielle.

Cette fonction permet d'appliquer l'avance tangentielle lors de l'usinage de courbes en correction de rayon d'outil.

L'avance F n'est plus appliquée au centre de l'outil mais au point de tangence outil/pièce.



SYNTAXE :

N200 G92 R..

G92	Avance tangentielle appliquée à la correction de rayon d'outil.
R..	Argument obligatoire programmé définissant la valeur mini du rayon de courbe en dessous de laquelle l'avance tangentielle n'est pas traitée.

G92
VITESSE
D'AVANCE
TANGENTIELLE
(suite)

PROPRIÉTÉS :

Fonction modale.

PARTICULARITÉS :

La fonction G92 programmée dans un bloc ne peut être accompagnée de trajectoires.

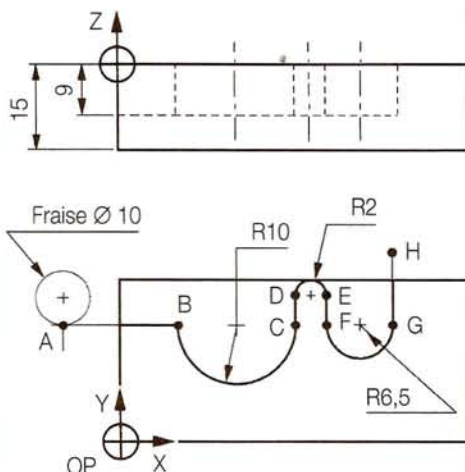
RÉVOCATION :

- G92 R.. est révoquée par :
- la fonction d'annulation G92 R0 ;
 - la fonction G92 R.. affectée d'un rayon différent ;
 - la fonction M02 de fin de programme ;
 - la remise à l'état initial (RAZ).

EXEMPLE :

```

%222
N10 G00 G52 Z200
N20 T01 M06
N30 S1000 M41 M04
N40 G00 G41 XA YA
N50 Z-9
N60 G92 R3 (LIMITE AV. TANGENT.)
N70 G01 XB F180
N80 G03 5XC YC R10
N90 G01 YD
N100 G02 XE YE R2
N110 G01 YF
N120 G03 XG YG
N130 G01 YH
N140 G92 R0 (ANNULATION AV. TANGENT.)
N150 G00 G40 G52 Z200
N180 M02
  
```



3.4 CYCLES D'USINAGE

**G80
ANNULATION
D'UN CYCLE
D'USINAGE**

■ **DÉSIGNATION :**

G80 : annulation d'un cycle d'usinage.

Cette fonction révoque les cycles d'usinage.

■ **SYNTAXE :**

N100 G80

G80	Annulation de cycle d'usinage
-----	-------------------------------

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction G80 est modale et initialisée à la mise sous tension.

■ **RÉVOCATION :**

La fonction G80 est révoquée par les fonctions G64, G81, G82, G83, G84, G85, G87 et G89.

■ **EXEMPLE :**

```
N90 ..
N100 G00 X150 Y150 Z200
N110 G81 Z-10 F80
N120 G80 G00 Z200
N130 ..
```

cycle de perçage
annulation du cycle

■ **REMARQUE IMPORTANTE**

L'utilisation des variables programme L900 à L959 est déconseillée dans un programme qui contient des cycles d'usinage (ces variables peuvent être écrasées à l'appel du cycle).

3.4.1 CYCLES DE PERÇAGE ET D'ALÉSAGE

**G81
CYCLE DE
PERÇAGE-
CENTRAGE**

■ **DÉSIGNATION :**

G81 : cycle de perçage-centrage

■ **SYNTAXE :**

N100 G81 [X.. Y..] Z.. [ER..][EH..][F..]

G17	Choix du plan XY.
G81	Cycle de perçage-centrage.
X..Y..	Position de l'outil dans le plan.
Z..	Point à atteindre sur l'axe d'usinage.
ER..	Cote du plan de dégagement sur l'axe d'usinage.
EH..	Cote du plan d'attaque sur l'axe d'usinage.
F..	Valeur de l'avance dans le cycle.

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G81 est modale.

■ RÉVOCATION :

La fonction G81 est révoquée par les fonctions G80, G31, G82, G83, G84, G85, G87, G89.

■ DÉROULEMENT DU CYCLE :

- positionnement rapide dans l'axe d'usinage,
- pénétration à la vitesse d'avance F,
- dégagement en vitesse rapide suivant l'axe de l'outil.

■ EXEMPLE :

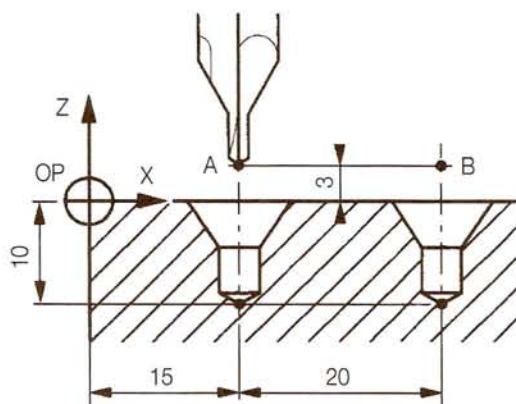
Exécution de 2 centrages dans le plan XY (G17).

```
N..
N110 G0 X15 Y50 Z3 (A)
N120 G81 Z-10 F100
N130 X35 Y50 (B)
N150 G80 G0 Z200
N..
```

OU BIEN

```
N..
N110 G81 X15 Y50 ER3 Z-10 F100 (A)
N120 X35 Y50 (B)
N130 G80 G0 Z200
N..
```

G81
CYCLE DE
PERÇAGE-
CENTRAGE
(suite)



■ DÉSIGNATION :

G82 : cycle de perçage-chambrage

■ SYNTAXE :

*N150 [G17] **G82** [X.. Y..] Z.. [ER..][EH..] EF.. F..*

G17	Choix du plan XY.
G82	Cycle de perçage-chambrage.
X.. Y..	Position de l'outil dans le plan.
Z..	Point à atteindre sur l'axe d'usinage.
ER..	Cote du plan de dégagement sur l'axe d'usinage.
EH..	Cote du plan d'attaque sur l'axe d'usinage.
EF..	Temporisation en secondes (maxi 99.99 s).
F..	Valeur de l'avance pour le cycle.

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G82 est modale.

■ RÉVOCATION :

La fonction G82 est révoquée par les fonctions G31, G80, G81, G83, G84, G85, G87, G89.

■ DÉROULEMENT DU CYCLE :

- positionnement rapide dans l'axe d'usinage ;
- pénétration à la vitesse d'avance F ;
- temporisation en fin de perçage ;
- dégagement en vitesse rapide suivant l'axe de l'outil.

G82
CYCLE DE
PERÇAGE-
CHAMBRAGE

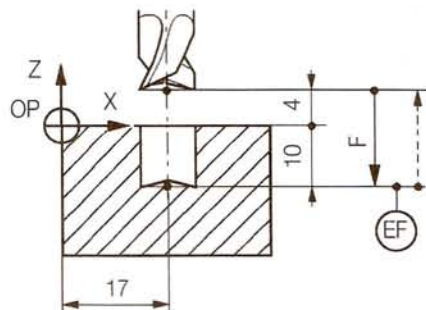
■ EXEMPLE :

Exécution d'un chambrage sur le plan XY (G17).

```
N..
N110 G0 X17 Y30 Z4
N120 G82 Z-10 EF1
N140 G80 G0 Z100
N..
```

OU BIEN

```
N..
N110 G82 X17 Y30 ER4 Z-10 F50
N120 G80 G X150 Z200
N..
```



■ DÉSIGNATION :

G83 : cycle de perçage-débourrage

■ SYNTAXE :

```
N120 [G17] G83 [X.. Y..] Z.. [ER..][EH..][P..]
      /[ES..][Q..][EP..][F..][EF..]
```

G17	Choix du plan XY.
G83	Cycle de perçage-débourrage.
X.. Y..	Position de l'outil dans le plan.
Z..	Point à atteindre sur l'axe d'usinage.
ER..	Cote du plan de dégagement sur l'axe d'usinage.
EH..	Cote du plan d'attaque sur l'axe d'usinage.
P..	Valeur de la première pénétration.
ES..	Nombre de pénétrations.
Q..	Valeur de la dernière pénétration.
EP..	Garde de retour après chaque déboufrage (par défaut EP = 1).
F..	Valeur de l'avance dans le cycle.
EF..	Temporisation à chaque fin de pénétration.

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G83 est modale.

■ RÉVOCATION :

La fonction G83 est révoquée par les fonctions G31, G80, G81, G82, G84, G85, G87, G89.

■ PARTICULARITÉS :

Si P et Q sont programmés, les pénétrations successives seront de valeurs décroissives.
La programmation de P ou de ES est obligatoire.

■ DÉROULEMENT DU CYCLE :

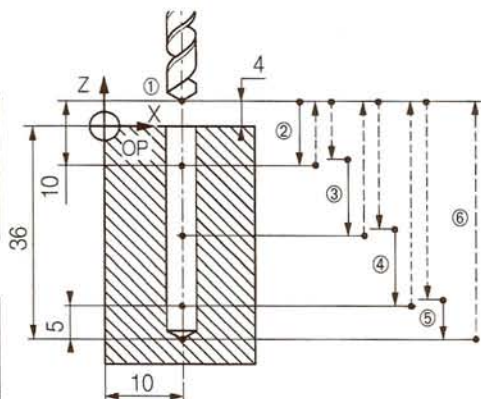
- ① positionnement rapide dans le plan
- ② première pénétration sur profondeur P à l'avance F ; dégagement rapide au point de départ ; repositionnement rapide à EP de P
- ③ deuxième pénétration ; dégagement rapide au point de départ ; repositionnement rapide à EP
- ④ pénétrations identiques à ③
- ⑤ pénétration sur profondeur Q
- ⑥ dégagement rapide au point de départ ; temporisation éventuelle au point de départ

■ EXEMPLE :

```
N..
N100 G0 X10 Y10 Z4
N110 G83 Z-36 P10 Q5 F50
N120 G80 Z100
N..
```

OU BIEN

```
N..
N100 G83 X10 Y10 ER4 Z-36 P10 Q5 F50
N110 G80 G0 Z100
N..
```



■ DÉSIGNATION :

G87 : cycle de perçage avec brise-copeaux

■ SYNTAXE :

```
N130 [G17] G87 [X.. Y..] Z.. [ER..] [EH..] [P..]
      / [ES..] [Q..] [EP..] [EF..] [F..]
```

G17	Choix du plan XY.
G87	Cycle de perçage avec brise-copeaux.
X..Y..	Position de l'outil dans le plan.
Z..	Point à atteindre sur l'axe d'usinage.
ER..	Coordonnée du plan de dégagement sur l'axe d'usinage.
EH..	Coordonnée du plan d'attaque sur l'axe d'usinage.
P..	Valeur de la première pénétration.
ES..	Nombre de pénétrations.
Q..	Valeur de la dernière pénétration.
EP..	Garde de retour après chaque débouillage.
EF..	Temporisation à chaque fin de pénétration.
F..	Valeur de l'avance dans le cycle.

G87 CYCLE DE PERÇAGE AVEC BRISE- COPEAUX

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G87 est modale.

■ RÉVOCATION :

La fonction G87 est révoquée par les fonctions G31, G80, G81, G82, G83, G84, G85, G86, G88 et G89.

■ PARTICULARITÉS :

Si P et Q sont programmés, les pénétrations successives seront de valeurs dégressives. Si ES est programmé seul, le perçage est exécuté en un nombre de pénétrations égal à ES. La programmation de P et/ou de ES est obligatoire.

■ DÉROULEMENT DU CYCLE :

- ① positionnement rapide sur l'axe d'usinage
- ② pénétration sur profondeur P ; temporisation
- ③ pénétrations et temporisations successives
- ④ idem ②

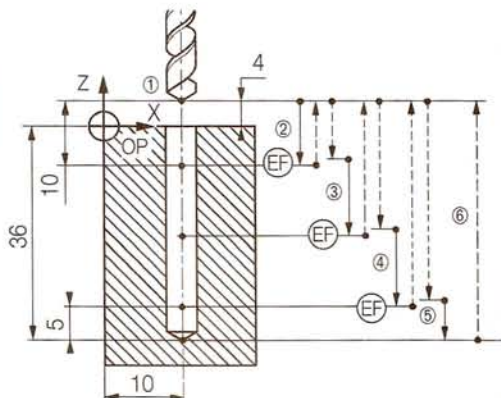
- ⑤ pénétration sur profondeur Q ; temporisation
- ⑥ dégagement rapide au point de départ ; temporisation éventuelle au point de départ

■ EXEMPLE :

```
N..
N100 G0 X10 Y10 Z4
N110 G87 Z-36 P10 Q5 EF1 F40
N120 G80 Z100
N..
```

OU BIEN

```
N..
N100 G87 X10 Y10 ER4 Z-36 P10
Q5 EF1 F50
N110 G80 G0 Z100
N..
```



■ **DÉSIGNATION :**

G85 : cycle d'alésage

■ **SYNTAXE :**

N100 [G17] G85 [X.. Y..] Z.. [ER..][EH..][F..][EF..]

G17	Choix du plan XY.
G85	Cycle d'alésage.
X.. Y..	Position de l'outil dans le plan.
Z..	Point à atteindre sur l'axe d'usinage.
ER..	Coordonnée du plan de dégagement sur l'axe d'usinage.
EH..	Coordonnée du plan d'attaque sur l'axe d'usinage.
F..	Valeur de l'avance dans le cycle.
EF..	Valeur de l'avance de dégagement (par défaut EF = F).

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction G85 est modale.

■ **RÉVOCATION :**

La fonction G85 est révoquée par les fonctions G31, G80, G81, G82, G83, G84, G86, G87, G88 et G89.

G85
CYCLE
D'ALÉSAGE

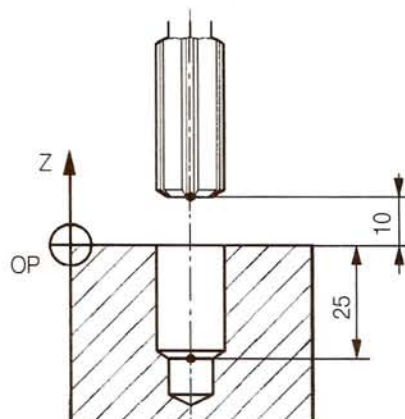
■ **EXEMPLE :**

Exécution d'un alésage (plan G17).

```
N..
N110 G0 X20 Y20 Z10
N120 G85 Z-25 F100
N130 G80 G0 Z100
N..
```

OU BIEN

```
N..
N130 G85 X20 Y20 ER10 Z-25 F100
N140 G80 G0 Z100
N..
```



■ DÉSIGNATION :

G86 : cycle d'alésage avec arrêt de broche indexé en fin de trou.

■ SYNTAXE :

`N100 [G17] G86 [X.. Y..] Z.. [ER..][EH..][EC..][EA..][EP..][F..]`

G17	Choix du plan XY.
G86	Cycle d'alésage avec arrêt de broche indexé en fin de trou.
X.. Y..	Position de l'outil dans le plan.
Z..	Point à atteindre sur l'axe d'usinage.
ER..	Coordonnée du plan de dégagement sur l'axe d'usinage.
EH..	Coordonnée du plan d'attaque sur l'axe d'usinage.
EC..	Valeur de la position d'indexation.
EA..	Angle entre EC programmé et position angulaire de l'arête de l'outil.
EP..	Valeur du retrait en fin de trou (par défaut EP = 2 mm).
F..	Valeur de l'avance dans le cycle.

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G86 est modale.

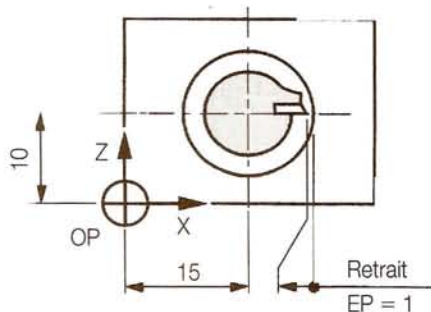
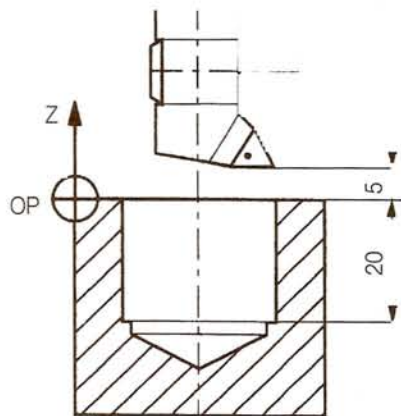
■ RÉVOICATION :

La fonction G86 est révoquée par les fonctions G31, G80, G81, G82, G83, G84, G85, G87, G88 et G89.

■ EXEMPLE :

Exécution d'un alésage (plan G17).

```
N..
N110 G0 X15 Y10 Z5
N120 G86 Z-20 EP1 F100
N130 G80 G0 Z100
N..
```



**G86
CYCLE
D'ALÉSAGE
AVEC ARRÊT DE
BROCHE INDEXÉ**

■ **DÉSIGNATION :**

G88 : cycle d'alésage et de dressage de face.

■ **SYNTAXE :**

N150 [G17] G88 [X.. Y..] Z.. [ER..][EH..][F..]

G17	Choix du plan XY.
G88	Cycle d'alésage et de dressage de face.
X.. Y..	Position de l'outil dans le plan.
Z..	Point à atteindre sur l'axe d'usinage.
ER..	Coordonnée du plan de dégagement sur l'axe d'usinage.
EH..	Coordonnée du plan d'attaque sur l'axe d'usinage.
F..	Valeur de l'avance dans le cycle.

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction G88 est modale.

■ **RÉVOCATION :**

La fonction G86 est révoquée par les fonctions G31, G80, G81, G82, G83, G84, G85, G86, G87 et G89.

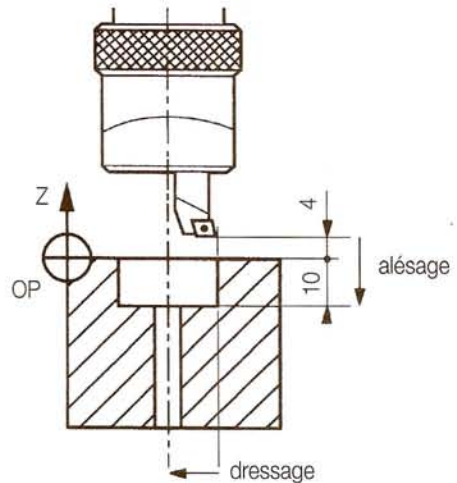
■ **EXEMPLE :**

Exécution d'un alésage et d'un dressage (plan G17).

```
N..
N110 G0 X20 Y20 Z4
N120 G88 Z-10 F40
N130 G80 G0 Z100
N..
```

OU BIEN

```
N..
N110 G88 X20 Y20 ER4 Z-10 F40
N120 G80 G0 Z100
N..
```



G88
CYCLE
D'ALÉSAGE ET
DE DRESSAGE
DE FACE

3.4.2 CYCLES DE FILETAGE ET DE TARAUDAGE

■ DÉSIGNATION :

G31 : cycle de filetage au grain.

Le cycle permet d'asservir l'avance de l'outil à la rotation de la broche.

■ SYNTAXE :

```
N300 [G17][M3/M4][S..] G31 [X.. Y..] Z.. [ER..][EH..]
      K.. P.. [EF..][EC..]
```

G17	Choix du plan XY.
M3/M4	Sens de rotation de la broche.
S..	Fréquence de rotation de la broche.
G31	Cycle de filetage au grain.
X.. Y..	Position de l'outil dans le plan.
Z..	Point à atteindre sur l'axe d'usinage.
ER..	Cote d'approche ou de dégagement sur l'axe d'usinage.
EH..	Cote du plan d'attaque sur l'axe d'usinage.
K..	Pas du filetage en mm : K sur XY en G17 ; J sur ZX en G18 ; I sur YZ en G19.
P..	Cote absolue de retrait de l'outil en fin de filetage.
F..	Nombre de filets, $1 \geq F \leq 9$ (1 filet par défaut).
EF..	Temporisation en secondes (maxi 99,9 s).
EC..	Valeur de la position d'indexation.

G31
CYCLE DE
FILETAGE AU
GRAIN

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G31 est non modale.

■ RÉVOCACTION :

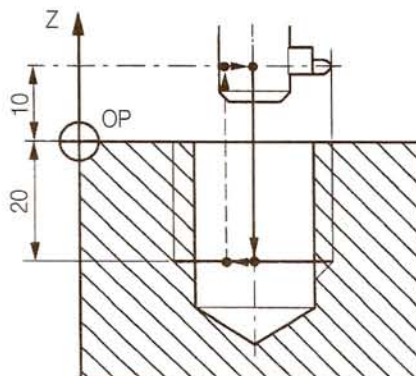
La fonction G31 est révoquée par les fonctions G80, G81, G82, G83, G84, G85, G86, G87 G88 et G89.

■ EXEMPLES :

Réalisation d'un filetage au grain (plan G17)

M24 × 3 (1 filet) longueur de filetage : 20 mm

```
..
N200 T7 D7 M6 (GRAIN R2)
(FILETAGE M24 X 3 L20)
N210 G0 X30 Y30 Z10
N220 G31 Z-20 K3 P4 EF1
N230 G0 Z100
..
```



■ **DÉSIGNATION :**

G84 : cycle de taraudage.

Ce cycle permet l'exécution d'un taraudage avec porte-taraud flottant.

■ **SYNTAXE :**

*N150 [G17] **G84** [X.. Y..] Z.. [ER..][EH..] EF.. F..*

G17	Choix du plan XY.
G84	Cycle de taraudage.
X.. Y..	Position de l'outil dans le plan.
Z..	Point à atteindre sur l'axe d'usinage.
ER..	Coordonnée du plan de dégagement sur l'axe d'usinage.
EH..	Coordonnée du plan d'attaque sur l'axe d'usinage.
EF..	Temporisation en secondes (maxi 99.99 s) Par défaut EF = 1 s.
F..	Valeur de l'avance dans le cycle.

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction G84 est modale.

■ **PARTICULARITÉS :**

L'avance n'est pas asservie à la rotation de la broche. Le taraud doit être monté flottant pour compenser les écarts de position.

**G84
CYCLE DE
TARAUDAGE**

■ **RÉVOCACTION :**

La fonction G84 est révoquée par les fonctions G31, G80, G81, G82, G83, G85, G87, G88 et G89.

■ **EXEMPLE :**

Taraudage M8 pas 1,25.

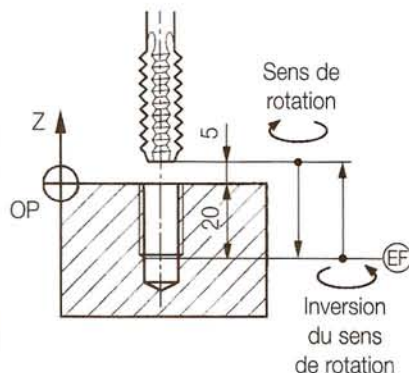
$F = \text{pas du taraud} \times \text{fréquence de rotation broche}$

$F = 1,25 \times 300 = 375 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$

```
N..
N100 S300 M41 M3
N110 G0 X30 Y30 Z5
N120 G84 Z-20 EF1 F375
N130 G80 G0 Z100
N..
```

OU BIEN

```
N..
N130 G84 X30 Y30 ER5 Z-20 EF1 F375
N140 G80 G0 Z100
N..
```



■ DÉSIGNATION :

G84 : cycle de taraudage rigide.

Ce cycle permet d'asservir l'avance de l'outil à la rotation de la broche. La vitesse d'avance est calculée selon la fréquence de rotation de la broche et le pas programmé.

■ SYNTAXE :

*N190 [G17][M3/M4][S...][M40 à M45] **G84** [X.. Y..] Z..
[ER...][EH...][K..][EK..]*

G17	Choix du plan XY.
M3/M4	Sens de rotation de la broche.
G84	Cycle de taraudage rigide.
X.. Y..	Position de l'outil dans le plan.
Z..	Coordonnée du point à atteindre sur l'axe d'usinage.
ER..	Cote du plan de dégagement sur l'axe d'usinage.
EH..	Cote du plan d'attaque sur l'axe d'usinage.
K..	Pas du taraudage en mm (différencie le taraudage simple du taraudage rigide).
EK..	Rapport de la fréquence de rotation de broche dégagement/pénétration (par défaut EK = 1).

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G84 est modale.

■ PARTICULARITÉS :

L'axe de l'outil est couplé à la rotation de la broche.

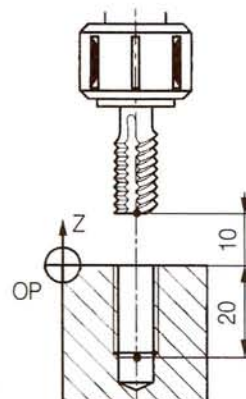
■ RÉVOCATION :

La fonction G84 est révoquée par les fonctions G31, G80, G81, G82, G83, G85, G86, G87, G88 et G89.

■ EXEMPLE :

Taraudage M10 pas 1,5 (plan XY).

N..
N110 S200 M41 M3
N120 G84 X20 Y20 ER10 Z-20 K1.5 EK2
N130 G80 G0 Z100
N..



G84
CYCLE DE
TARAUDAGE
RIGIDE

3.4.3 CYCLES DE POCHEs

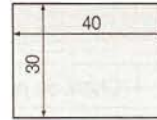
■ DÉSIGNATION :

G45 : cycle de poches simples.

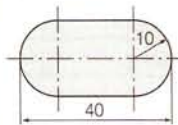
Le cycle permet l'exécution de poches circulaires, oblongues, rectangulaires et carrées. Les axes sont programmables et définissent le centre de la poche dans le plan et la profondeur de la poche suivant l'axe de l'outil.



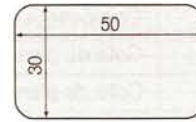
EB programmée seule correspond à une poche circulaire (EB = 10)



EX et EY programmées correspondent à une poche rectangulaire ou carrée. (EX = 40, EY = 30)



EB et EX programmées correspondent à une poche oblongue (EB = 10, EX = 40)



EX, EY et EB programmées correspondent à une poche rectangulaire ou carrée avec congés (EX = 50, EY = 30, EB = 5)

■ SYNTAXE :

N300 [G17] **G45** X.. Y.. Z.. [ER..] EX.. EY.. [EB..] P..
Q.. [I..] [J..] [EG2/EG3] EP.. EQ.. EI.. EJ..

G45
CYCLE DE
POCHES
SIMPLES

G17	Choix du plan XY.
G45	Cycle de poches.
X.. Y..	Position du centre de la poche.
Z..	Point à atteindre en fond de poche.
ER..	Cote de dégagement sur l'axe d'usinage.
EX..	Dimension de la poche suivant X (ou U).
EY..	Dimension de la poche suivant Y (ou V).
EB..	Rayon d'une poche circulaire si EB est programmé seul.
P..	Valeur de la prise de passe axiale d'ébauche.
Q..	Valeur de la prise de passe latérale d'ébauche.
I..	Valeur de la prise de passe axiale de finition.
J..	Valeur de la prise de passe latérale de finition.
EG2/EG3	Sens d'exécution de la poche. EG2 : sens antitrigonométrique ; EG3 : sens trigonométrique (par défaut EG3).
EP..	Valeur de l'avance axiale d'ébauche.
EQ..	Valeur de l'avance latérale d'ébauche.
EI..	Valeur de l'avance axiale de finition.
EJ..	Valeur de l'avance latérale de finition.

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G45 est non modale.

■ RÉVOCATION :

La fonction G45 est révoquée en fin de bloc.

■ RELATION OUTIL - PRISE DE PASSE

(avec R = rayon de l'outil ; L = dimension du petit coté) :

- Si $Q > 2R$, le système émet un message d'erreur.
- Si $Q \leq R$ et que le résultat de la division de la demi-distance à ébaucher n'est pas un nombre entier, le système calcule une nouvelle prise de passe Q' .

Nombre de passes : $(L/2 - R)/Q = n$ (arrondi au nombre entier supérieur).

Nouvelle valeur de passe : $Q' = (L/2 - R)/n$

La valeur de Q' est arrondie au μ supérieur près.

La dernière passe aura pour valeur : $(L/2) - R - (n - 1) Q'$.

- Si $R < Q < 2R$, la première passe aura pour valeur $R/2$ (excepté en poche circulaire) et les autres passes auront pour valeur : $Q' = (L/2 - R)/n$.

Pour la prise de passe suivant l'axe de l'outil P , le système calcule une nouvelle prise de passe P' de façon identique au calcul de Q' si le résultat de la division de la profondeur totale par la prise de passe n'est pas un nombre entier.

■ PRISE DE PASSE PROGRAMMÉES :

Ébauche
latérale
axiale



Finition
latérale



Finition
axiale

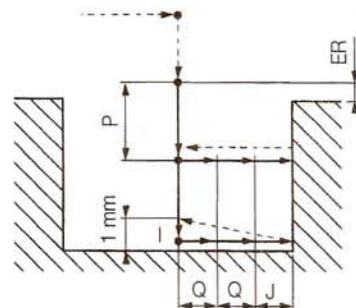
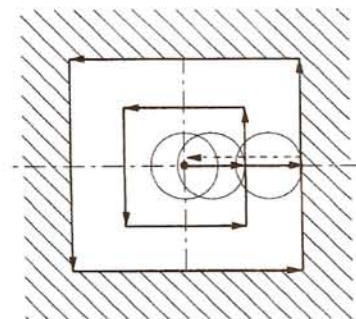
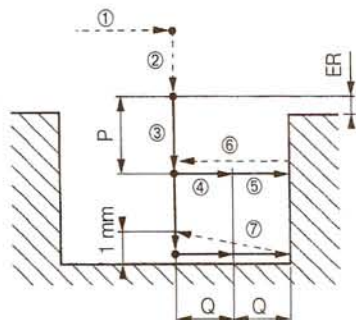


Désignation	Vues de côté	Vues de dessus
P.. Q.. Ébauches axiale et latérale		
P.. Q.. I.. Ébauches axiale, latérale et finition axiale du fond		
P.. Q.. J.. Ébauches axiale, latérale et finition latérale des flancs		
P.. Q.. I.. J.. Ébauches axiale, latérale + finition latérale enchaînées (à chaque prise de passe axiale)		
Q.. I.. Finition axiale du fond de la valeur I		
P.. J.. Finition latérale des flancs de la valeur J		
Q.. I.. J.. Finitions axiale et latérale du fond jusqu'à la valeur J latérale		
P.. I.. J.. Finition latérale des flancs jusqu'à la valeur I axiale		

■ DESCRIPTION DE L'USINAGE :

• Ébauche seule

- ① Positionnement rapide de l'outil au centre de la poche dans le plan horizontal.
- ② Positionnement axial rapide au plan de remontée ER si celui-ci a été programmé.
- ③ Plongée axiale d'une profondeur P.
- ④ Positionnement latéral suivant le petit côté de la valeur Q ; exécution du premier contourage de la poche (et des éventuels contourages successifs).
- ⑤ Positionnement latéral sur le contour final et exécution du dernier contourage aux dimensions extérieures de la poche.
- ⑥ Repositionnement rapide au centre de la poche pour exécution d'une plongée et d'un nouveau contourage sur profondeur P (idem ③-④-⑤).
- ⑦ Après exécution du dernier contourage, l'outil est repositionné au centre de la poche avec relèvement de 1 mm puis dégagé à la position ER programmée.

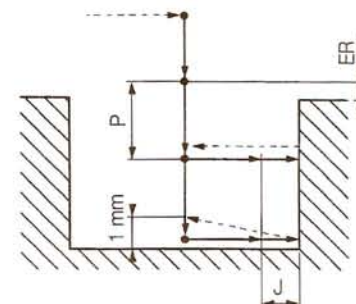


• Ébauche et finition

La définition du cycle comprendra les paramètres d'ébauches axiale (P) et latérale (Q), de finition axiale (I) et latérale.

• Finition seule

La définition du cycle comprendra les paramètres de profondeur (P) et de finition latérale (J).



G45
CYCLE DE
POCHES
SIMPLES
(suite)

G46
CYCLES DE
POCHES
COMPLEXES

■ DÉSIGNATION :

G46 : cycle de poches ou de surfacages avec contours quelconques.

Ce cycle permet l'usinage d'une ou plusieurs poches, de surfacages, d'évidements ou de parois avec îlots.

CYCLES DE
POCHES
COMPLEXES
DÉFINITION
GÉOMETRIQUE

■ BLOC D'EN-TÊTE

• Syntaxe :

N150 G46 NU0 NP..ED..Q.. [J..] [NR±] [R03/R04] [LX..LY..] [EX..EY..]

G46 NU0	En-tête de définition géométrique.
NP..	Numéro de la poche ou du surfacage.
ED..	Diamètre de la fraise d'ébauche.
Q..	Prise de passe latérale.
J..	Surépaisseur latérale de finition.
NR±	Type de travail : NR+ en concordance (par défaut) ; NR- en opposition.
R03/R04	Sens de rotation de l'outil. Par défaut R03, sens antitrigonométrique.
LX.. LY..	Coordonnées du point de départ et/ou de perçage pour l'ébauche.
EX.. EY..	Coordonnées du point d'arrivée.

■ BLOC DE FIN

• Syntaxe :

N150 G46 NU9

G46 NU9	Fin de définition géométrique.
---------	--------------------------------

• Particularités :

Le bloc G46 NU9 est positionné après les blocs de définition géométriques et avant les ordres d'usinage G46 NU10 G46 NU15 ou G46 NU20.

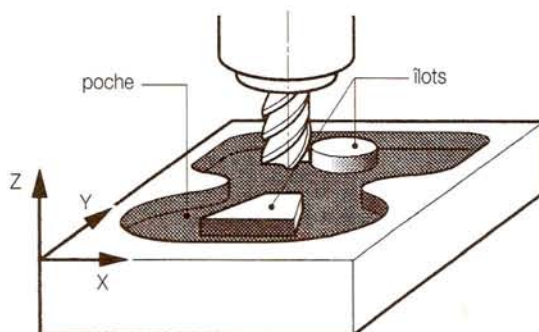
CYCLES DE
POCHES
COMPLEXES
POCHES ET
ILOTS

■ DÉSIGNATION :

G46 NU1 / NU2 : blocs d'introduction de poches et d'îlots.

La fonction G46 NU1 permet l'introduction de poches de formes diverses avec ou sans îlot.

La fonction G46 NU2 permet l'introduction d'îlot de formes diverses dans les poches.



CYCLES DE
POCHES
COMPLEXESPOCHES ET
ILOTS
(suite)

■ BLOC D'INTRODUCTION DE POUCHES

• Syntaxe :

*N160 G46 NU1 [LX..LY..]
N170 (DEFINITION DU CONTOUR)*

G46 NU1	Introduction de poche avec îlots.
LX.. LY..	Coordonnées du point de départ pour finition du contour.
N170 (DEFINITION DU CONTOUR)	Suite de blocs programmés après G46 NU1. Si LX et LY ne sont pas programmés, le premier bloc définit le point de départ du contour.

■ BLOC D'INTRODUCTION D'ÎLOTS

• Syntaxe :

*N100 G46 NU2 [LX..LY..]
N110 (DEFINITION DU CONTOUR)*

G46 NU2	Introduction d'îlot.
LX.. LY..	Coordonnées du point de départ pour finition du contour.
N110 (DEFINITION DU CONTOUR)	Suite de blocs programmés après G46 NU1. Si LX et LY ne sont pas programmés, le premier bloc définit le point de départ du contour.

• Particularités de NU1 et NU2 :

Les dimensions maximum d'une poche suivant les deux axes du plan ne doivent pas dépasser 40 fois la valeur de la passe programmée Q.

Le nombre maximum d'îlots est limité à 127.

Le bloc G46 NU2 doit être obligatoirement associé à la définition d'un contour G46 NU1/NU3/NU5 ou NU6.

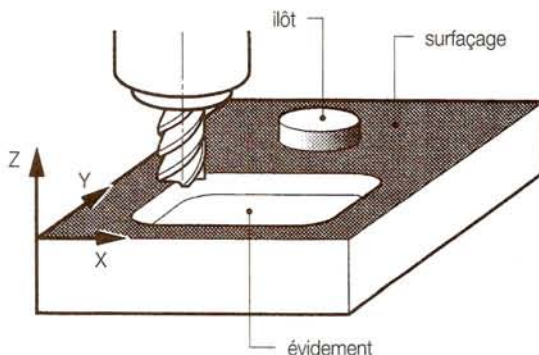
La définition d'une poche et d'un îlot donne lieu à la création par le système d'un programme dont le numéro sera identique au programme pièce assorti de l'indice ".9". Si le programme pièce se nomme %333, le fichier de définition de la poche ou de l'îlot sera nommé %333.9.

■ DÉSIGNATION :

G46 NU3 / NU4 : blocs d'introduction de surfacages et d'évidements.

La fonction G46 NU3 permet l'introduction des limites de contour à surfer avec ou sans îlot ou évidement.

La fonction G46 NU4 permet l'introduction des limites d'évidement situé sur les trajectoires de surfacage.

CYCLES DE
POCHES
COMPLEXESSURFACAGES ET
EVIDEMENTS

■ BLOC D'INTRODUCTION DE SURFAÇAGE

• Syntaxe :

*N160 G46 NU3
N170 (DEFINITION DU CONTOUR)*

G46 NU3	Introduction de surfacage avec évidements.
N170 (DEFINITION DU CONTOUR)	Suite de blocs programmés après G46 NU3.

CYCLES DE
POCHES
COMPLEXES

SURFAÇAGES ET
ÉVIDEMENTS
(suite)

■ BLOC D'INTRODUCTION D'ÉVIDEMENT

• Syntaxe :

*N100 G46 NU4
N110 (DEFINITION DU CONTOUR)*

G46 NU4	Introduction d'évidement.
N110 (DEFINITION DU CONTOUR)	Suite de blocs programmés après G46 NU4.

• Particularités de NU3 et NU4 :

Le bloc G46 NU4 doit être obligatoirement associé à la définition d'un contour G46 NU1/NU3/NU5 ou NU6.

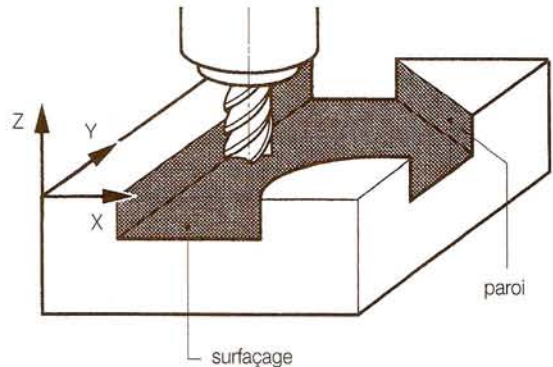
Les blocs G46 NU3 et G46 NU4 ne comprennent pas de point de départ pour finition.

■ DÉSIGNATION :

G46 NU5 / NU6 : blocs d'introduction de surfacages et de parois.

La fonction G46 NU5 permet l'introduction des limites de surfacage comprenant des parois.

La fonction G46 NU6 permet l'introduction de parois liées à un surfacage.



CYCLES DE
POCHES
COMPLEXES

SURFAÇAGES
ET PAROIS

■ BLOC D'INTRODUCTION DE SURFAÇAGE

• Syntaxe :

*N160 G46 NU5
N170 (DEFINITION DU CONTOUR)*

G46 NU5	Introduction de surfacage avec paroi.
N170 (DEFINITION DU CONTOUR)	Suite de blocs programmés après G46 NU5.

CYCLES DE
POCHES
COMPLEXESSURFAÇAGES
ET PAROIS
(suite)

■ BLOC D'INTRODUCTION DE PAROI

• Syntaxe :

N100 G46 NU6
N110 (DEFINITION DU CONTOUR)

G46 NU6	Introduction d'évidement.
N110 (DEFINITION DU CONTOUR)	Suite de blocs programmés après G46 NU6.

• Particularités de NU5 et NU6 :

Les blocs G46 NU5 et G46 NU6 définissant un contour sont obligatoirement liés ; Ils ne comprennent pas de point de départ. Le profil est ouvert et la finition commence à l'une des extrémités de la pièce.

CYCLES DE
POCHES
COMPLEXESORDRES DE
PERÇAGE

■ ORDRE DE PERÇAGE-CENTRAGE

• Syntaxe :

N150 G46 NU10 NP.. G81 Z.. [ER..][F..]

G46 NU10	Ordre de perçage.
NP..	Numéro de poche ou de surfaçage.
G81	Cycle de perçage-centrage.
Z..	Point à atteindre en fond de trou.
ER..	Cote du plan de dégagement.
F..	Valeur de l'avance en perçage en $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$

■ ORDRE DE PERÇAGE-DÉBOURRAGE

• Syntaxe :

N160 G46 NU10 NP.. G83 Z.. P.. [Q..][ER..][EF..][F..]

G46 NU10	Ordre de perçage.
NP..	Numéro de poche ou de surfaçage.
G83	Cycle de perçage-débourrage.
Z..	Point à atteindre en fond de trou.
P..	Valeur de la première pénétration.
Q..	Valeur de la dernière pénétration.
ER..	Cote du plan de dégagement.
EF..	Temporisation en fin de pénétration.
F..	Valeur de l'avance en perçage en $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$

CYCLES DE
POCHES
COMPLEXESORDRES DE
PERÇAGE
(suite)

■ ORDRE DE PERÇAGE AVEC BRISE-COPEAUX

• Syntaxe :

N170 G46 NU10 NP.. G87 Z.. P.. [Q..][ER..][EF..][F..]

G46 NU10	Ordre de perçage.
NP..	Numéro de poche ou de surfacage.
G87	Cycle de perçage avec brise-copeaux.
Z..	Point à atteindre en fond de trou.
P..	Valeur de la première pénétration.
Q..	Valeur de la dernière pénétration.
ER..	Cote du plan de dégagement.
EF..	Temporisation en fin de pénétration.
F..	Valeur de l'avance en perçage en mm · min ⁻¹

■ ORDRE D'ÉBAUCHE

• Syntaxe :

N150 G46 NU15 NP.. Z.. P.. [ER..][EH..][EP..][EQ..]

G46 NU15	Ordre d'ébauche.
NP..	Numéro de poche ou de surfacage.
Z..	Point à atteindre en fond d'usinage.
ER..	Cote du plan de dégagement.
EH..	Cote du plan d'attaque.
EP..	Valeur de la vitesse d'avance axiale.
EQ..	Valeur de la vitesse d'avance latérale.

• Particularités :

La position de départ de l'ébauche est déterminée dans le bloc d'en tête G46 N0 par les valeurs éventuellement programmées LX et LY.

CYCLES DE
POCHES
COMPLEXESORDRES
D'USINAGE

■ ORDRE DE FINITION

• Syntaxe :

N160 G46 NU20 NP.. Z.. P.. [ER..][EH..][EI..][EJ..][J..]

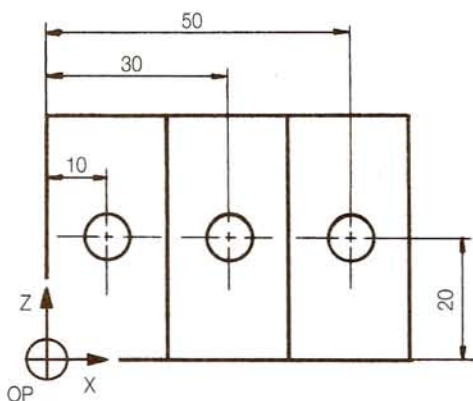
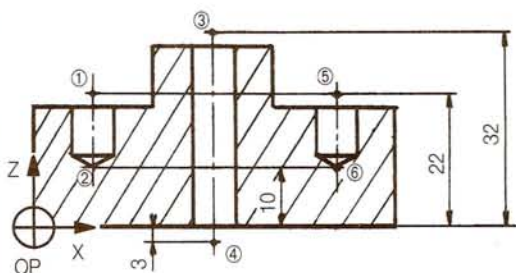
G46 NU20	Ordre de finition.
NP..	Numéro de poche ou de surfacage.
Z..	Point à atteindre en fond d'usinage.
P..	Valeur de la prise de passe axiale.
ER..	Cote du plan de dégagement.
EH..	Cote du plan d'attaque.
EI..	Valeur de la vitesse d'avance axiale.
EJ..	Valeur de la vitesse d'avance latérale.
J..	Surépaisseur latérale de finition.

• Particularités :

Pour des contours de type G46 NU3 / NU4, l'emploi de G46 NU20 est inutile et ignoré par le système.

3.4.4 EXEMPLES D'UTILISATION DE CYCLES : PERÇAGES, TARAUDAGES, USINAGE DE POCHES SIMPLÉS ET COMPLEXES

■ PERÇAGES SUIVANT L'AXE Z



PERÇAGES

§222

(PERÇAGES)

N10 G X Y Z50

N20 T1 D1 M6

N30 M3 M40 S800

N40 X10 Y20 Z22 (1)

N50 G81 Z10 F200 (2)

N60 ER32 (3)

N70 X30 Y20 Z-3 (4)

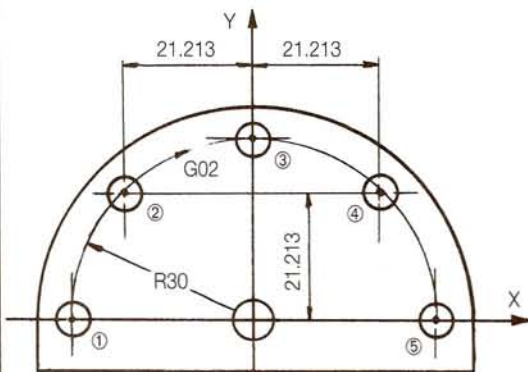
N80 X50 Y20 ER22 Z10 (5/6)

N90 G80 Z150

N100 X Y

N110 M2

■ PERÇAGES SUIVANT UNE CIRCONFÉRENCE



§333

(PERÇAGES/CIRCONFÉRENCE)

N10 G X Y Z50

N20 T3 D3 M6

N30 M3 M40 S1000

N40 G81 X-30 Y ER22 Z-5

F300 (1)

N50 G2 X-21.213 Y21.213

R30 (2)

N60 X Y30 R30 (3)

N70 X21.213 Y21.213

R30 (4)

N80 X30 Y R30 (5)

N90 G80 G Z50

N100 X Y

N110 M2

■ PERÇAGES - TARAUDAGES

§111

(PERÇAGES/TARAUDAGES)

N10 G X Y Z50

(PERÇAGES)

N20 T1 D1 M6

N30 M3 M40 S500

N40 G81 X Y30 ER22 Z-3 F300 (1)

N50 X30 Y30 (2)

N60 X Y30 R30 (3)

N70 G80 X Y Z50

(TARAUDAGES)

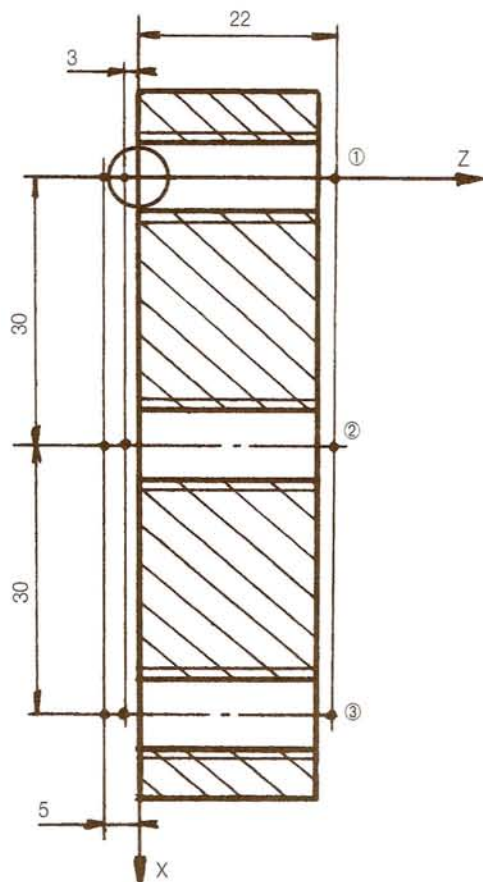
N80 T3 D3 M6

N90 M3 M40 S250

N100 G84 X Y30 ER22 Z-5 F200 (1)

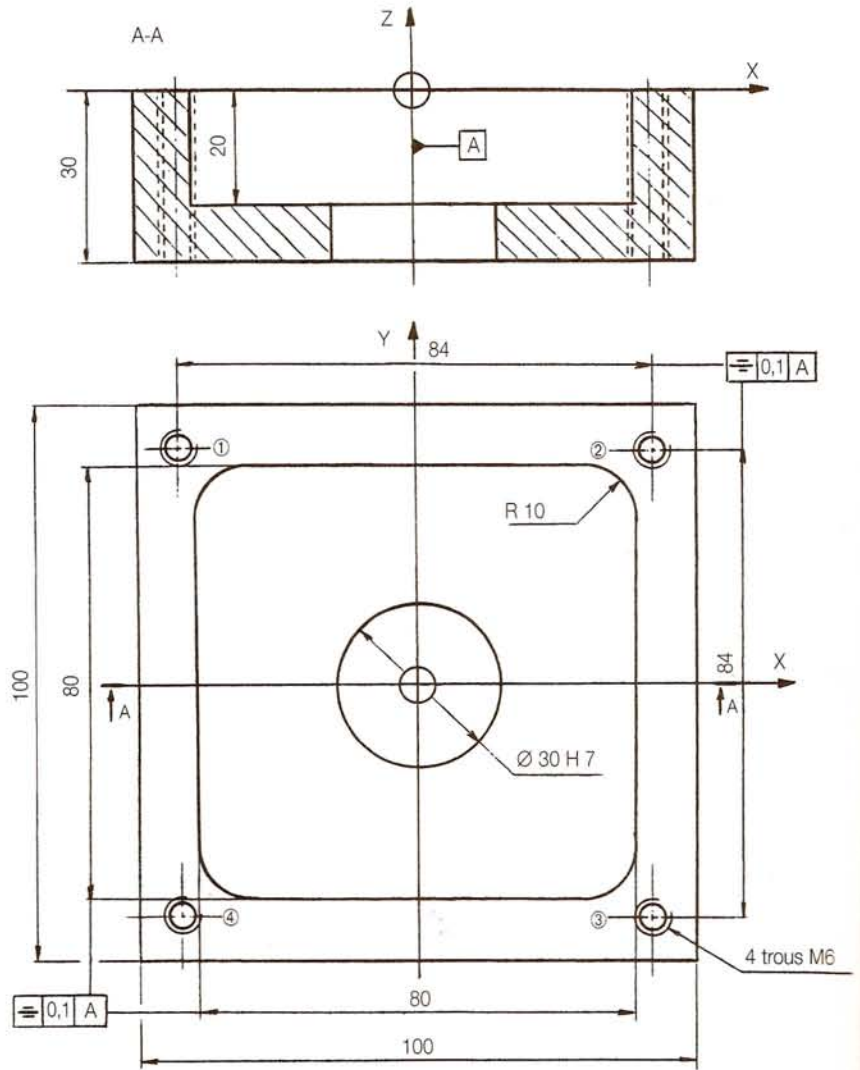
N110 G77 N50 N70 (2/3)

N120 M2

PERÇAGES
TARAUDAGES

■ DESSIN DE DÉFINITION

BOÎTIER



Tolérances dimensionnelles : JS js 11

■ PIÈCE DE DÉPART

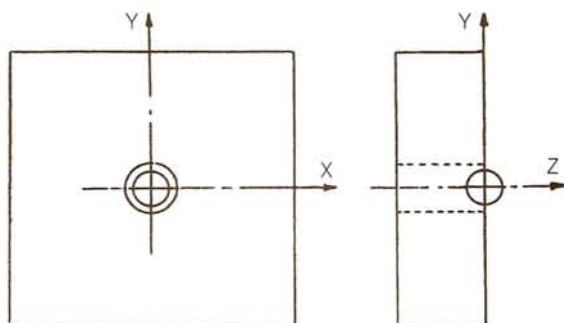
Longueur = largeur = $100 \pm 0,1$
épaisseur = $30 \pm 0,1$

Phase 100

perçage 4 trous $\varnothing 5$
taraudage 4 trous M6

Phase 200

poche 80×80 (congés R10)
poche circulaire (alésage) $\varnothing 30$ H7



■ PROGRAMME COMMENTÉ

BOÎTIER
(suite)

Programme	Commentaires
<pre> %200 (BOITIER) (PERCAGE Ø5) N10 T1 D1 M6 N20 M3 M40 S1000 N30 G83 X-42 Y42 ER3 Z-35 P15 F350 (1) N140 X42 (Y42) (2) N50 (X42) Y-42 (3) N60 X-42 (Y-42) (4) N70 G80 G Z100 (TARAUDAGE M6) N100 T2 D2 M6 N110 M3 M40 S250 N120 G84 X-42 Y42 ER3 Z-35 F200 (1) N130 G77 N40 N70 (2/3/4) </pre>	<p>numéro du programme titre</p> <p>identification de l'usinage appel outil T1 mise en route broche (M3) gamme de vitesses (M40) vitesse de broche $S = 1000 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ cycle de perçage-déburrage (G83) coordonnées point 1 $X = -42 \text{ Y} = 42$ cote du plan de remontée $ER = 3$ profondeur de perçage $Z = -35$ profondeur de passe $P = 15$ vitesse d'avance $F = 350 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ coordonnées point 2 coordonnées point 3 coordonnées point 4 fin de cycle (G80) dégagement en rapide $Z = 100$ identification de l'usinage appel outil T2 mise en route broche (M3) gamme de vitesses (M40) vitesse de broche = $250 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$ cycle de taraudage (G84) coordonnées point 1 $X = -42 \text{ Y} = 42$ cote du plan de remontée $ER = 3$ profondeur de perçage $Z = -35$ vitesse d'avance $200 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$ rappel des lignes N40 à N70</p>

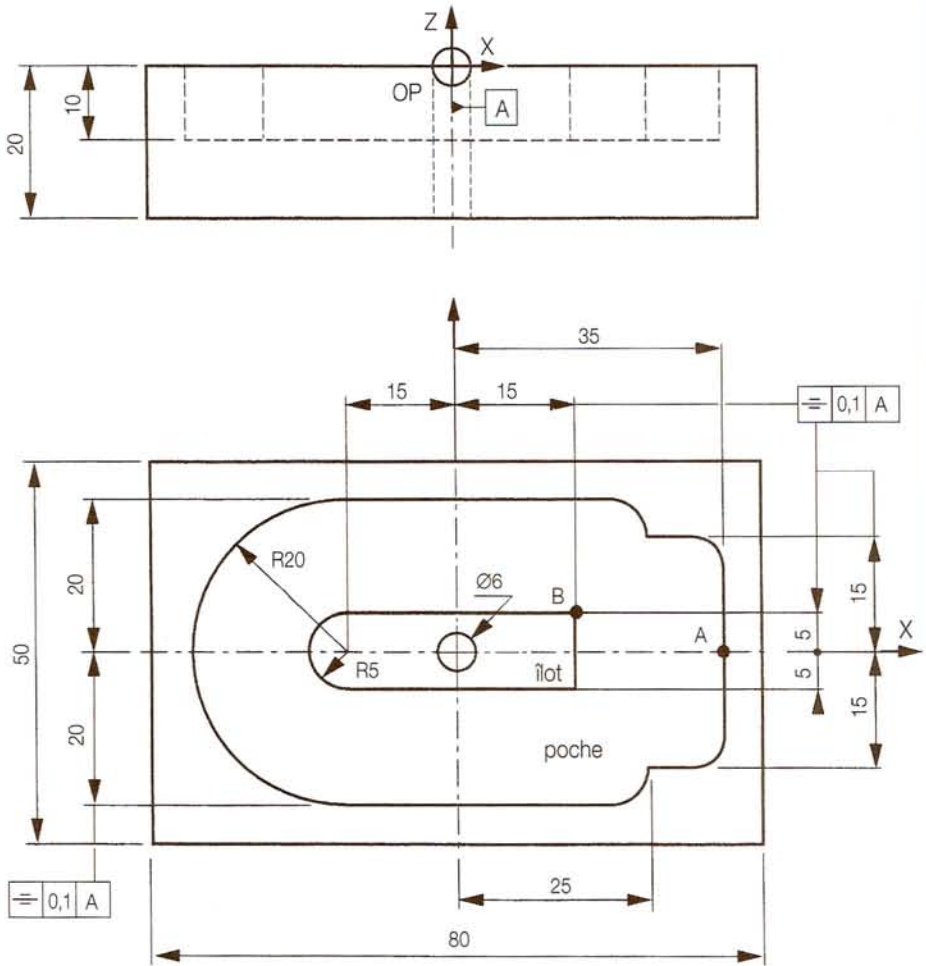
■ PROGRAMME COMMENTÉ (suite)

Programme	Commentaires
<p>(POCHE 80X80 FRAISE Ø16)</p> <p>N200 T3 D3 M6</p> <p>N210 M3 M40 S1000</p> <p>N220 G X Y</p> <p>N230 Z10</p> <p>N240 G45 X Y Z-20 ER3 EX80</p> <p>EY80 EB10</p> <p>P10 Q8 I.5 J.5 EP150 EQ350 EJ150</p> <p>N250 Z100</p> <p>(POCHE CIRCULAIRE Ø30H7 FRAISE Ø16)</p> <p>N300 S1200</p> <p>N310 G X Y</p> <p>N320 Z-15</p> <p>N330 G45 X Y Z-34 ER-17 EB15</p> <p>P10 Q8 I.5</p> <p>N340 Z100</p> <p>N400 M2</p>	<p>identification de l'usinage</p> <p>appel outil T3</p> <p>mise en route broche (M3)</p> <p>gamme de vitesses (M40)</p> <p>vitesse de broche = $1000 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$</p> <p>approche en rapide au point $X = 0 \ Y = 0$</p> <p>descente en rapide à Z10</p> <p>cycle de poche (G45)</p> <p>coordonnées du centre $X = 0 \ Y = 0$</p> <p>profondeur poche $Z = -20$</p> <p>cote du plan de remontée $ER = 3$</p> <p>cotes en X ($EX = 80$) Y ($EY = 80$) de la poche</p> <p>rayon du congé $EB = 10$</p> <p>profondeur de passe en X/Y $P = 10$</p> <p>profondeur de passe en Z $Q = 8$</p> <p>surépaisseur de finition en X/Y</p> <p>($I = 0.5$) et Z ($J = 0.5$)</p> <p>vitesse d'avance ébauche</p> <p>en Z $EP = 150 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$</p> <p>vitesse d'avance ébauche</p> <p>en X/Y $EQ = 350 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$</p> <p>vitesse d'avance finition</p> <p>en X/Y $EJ = 150 \text{ mm} \cdot \text{min}^{-1}$</p> <p>dégagement en rapide $Z = 100$</p> <p>identification de l'usinage</p> <p>vitesse de broche $S = 1200 \text{ tr} \cdot \text{min}^{-1}$</p> <p>approche en rapide du point $X = 0 \ Y = 0$</p> <p>descente en rapide à $Z = -15$</p> <p>cycle de poche (G45)</p> <p>coordonnées du centre $X = 0 \ Y = 0$</p> <p>profondeur de la poche $Z = -34$</p> <p>cote du plan de remontée $ER = -17$</p> <p>rayon de la poche $EB = 15$</p> <p>profondeur de passe en X/Y $P = 10$</p> <p>profondeur de passe en Z $Q = 8$</p> <p>surépaisseur de finition en X/Y ($I = 0.5$)</p> <p>les vitesses d'avance (ébauche et finition)</p> <p>du cycle précédent sont conservées</p> <p>dégagement en rapide $Z = 100$</p> <p>fin de programme</p>

BOÏTIER
(suite)

■ DESSIN DE DÉFINITION

POCHE
AVEC ÎLOT



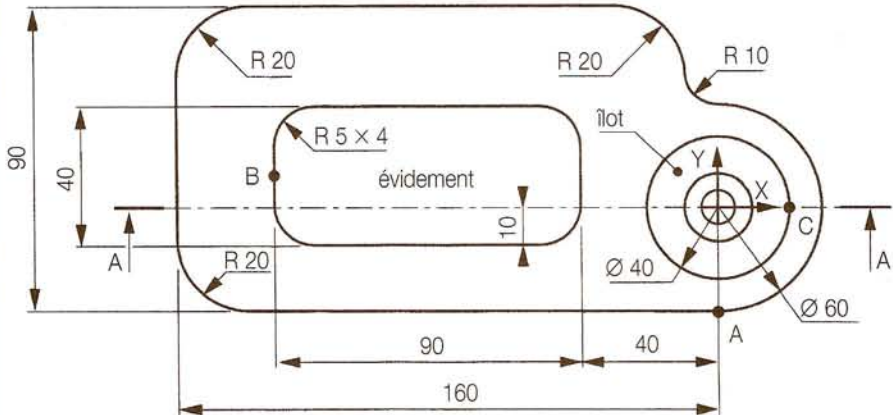
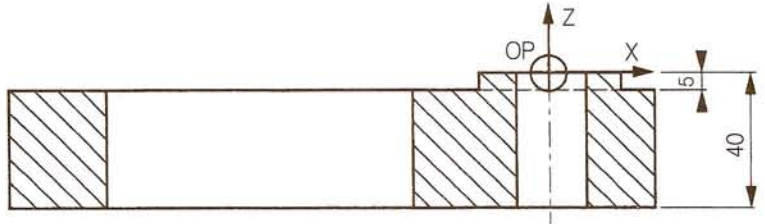
Rayons non cotés R = 5
 Tolérances générales : JS js 11
 Brut de départ : 80 × 50 × 20
 trou Ø 6 H 9 au centre

■ PROGRAMME COMMENTÉ

**POCHE
AVEC ÎLOT**
(suite)

Programme	Commentaires
§100 (POCHE AVEC ILOT)	numéro de programme titre
(DEFINITIONS GEOMETRIQUES) N10 G46 NU0 NP1 ED8 Q5 J.5 NR+ LX25 LY0	en-tête de définition géométrique
N100 G46 NU1 N110 G1 X35 Y (A) N120 Y-15 EB5 N130 X25 N140 Y-20 EB5 N150 X-15 N160 G2 X-15 Y20 I-15 J N170 G1 X25 EB5 N180 Y15 N190 X35 EB5 N200 Y (A)	définition contour poche A = point de départ poche A = point d'arrivée poche
N300 G46 NU2 LX15 LY N310 G1 X15 Y5 (B) N320 Y-5 N330 X-15 N340 G2 X-15 Y5 I-15 J N350 G1 X15 (B)	définition contour îlot B = point de départ îlot . . . B = point d'arrivée îlot
N400 G46 NU9	fin des définitions géométriques
(USINAGES) N510 T1 D1 M6 (FORET Ø10) N520 M3 M40 S1200 N530 G46 NU 10 P1 G83 Z-9.5 P4 Q1 ER2 F300	appel outil T1 ordre de perçage-débourrage
N600 T2 D2 M6 (FRAISE Ø8) N610 M3 M41 S1800 N620 G46 NU15 NP1 Z-10 P3 ER1 EP250 EQ350	appel outil T2 ordre d'ébauche profil
N700 T3 D3 M6 (FRAISE Ø8) N710 M3 M41 S2000 N720 G46 NU20 NP1 Z-10 P10 EH0 EI200 EJ300	appel outil T3 ordre de finition profil
N800 G Z150 N810 M2	dégagement rapide en Z fin de programme

■ DESSIN DE DÉFINITION



SURFAÇAGE
AVEC
ÉVIDEMENT
ET ÎLOT

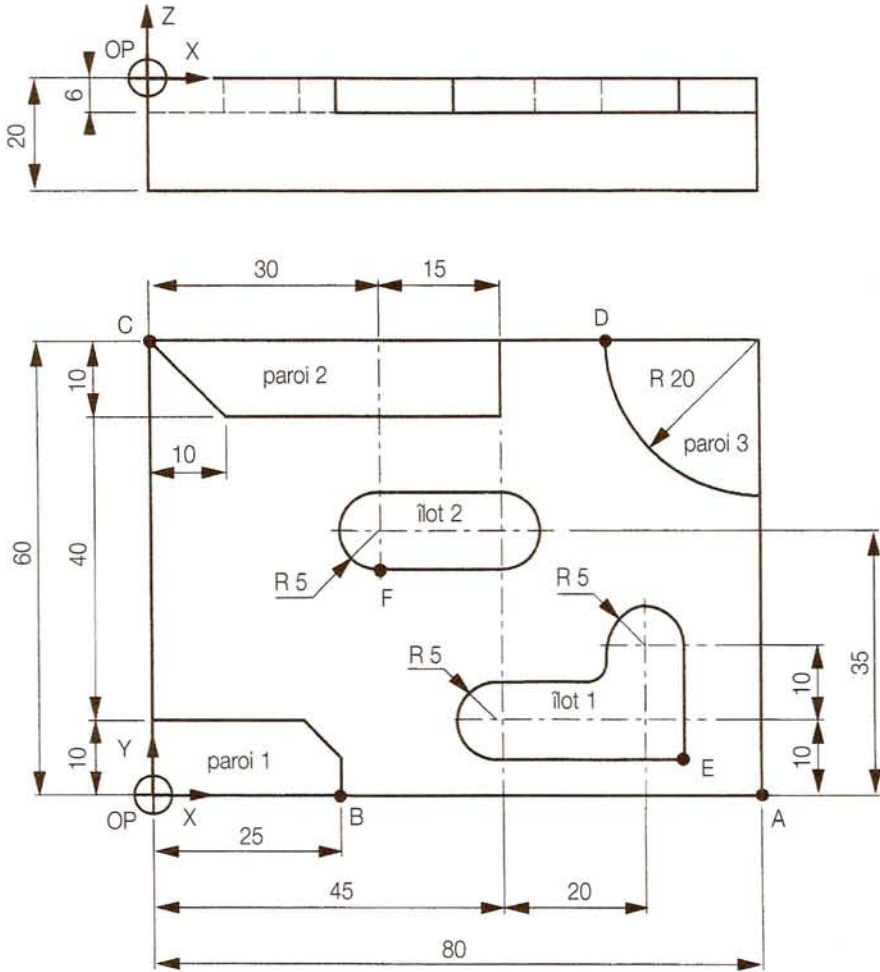
Tolérances générales : JS js 9
Pièce préformée d'origine

■ PROGRAMME COMMENTÉ

**SURFAÇAGE
AVEC
ÉVIDEMENT
ET ÎLOT**
(suite)

Programme	Commentaires
%200 (SURFAÇAGE AVEC EVIDEMENT ET ILOT)	numéro de programme titre
(DEFINITION GEOMETRIQUE)	
N10 G46 NU0 NP1 ED16 Q10 J.5 NR+ R3	en-tête de définition géométrique
N100 G46 NU3	définition limites surfaçage
N110 G1 X Y-30 (A)	A = point de départ surfaçage
N120 X-160 EB20	•
N130 Y60 EB20	•
N140 X-10 EB20	•
N150 Y30 EB10	•
N160 X	•
N170 G2 X Y-30 I J (A)	A = point d'arrivée poche
N200 G46 NU4	définition limites évidement
N210 G1 X-130 Y10 (B)	B = point de départ évidement
N220 Y30 EB5	•
N230 X-40 EB5	•
N240 Y-10 EB5	•
N250 X-130 EB5	•
N260 Y10 (B)	B = point d'arrivée surfaçage
N300 G46 NU2	définition contour îlot
N310 G1 X20 Y (C)	C = point de départ îlot
N320 G2 X20 Y I J (C)	C = point d'arrivée îlot
N400 G46 NU9	fin des définitions géométriques
(USINAGES)	
N510 T7 D7 M6 (FRAISE Ø16)	appel outil T1
N520 M3 M40 S1200	
N530 G46 NU15 NP1 Z-4.5 P4.5 ER2 EH0 EP300 EQ400	ordre d'ébauche surfaçage
N600 T8 D8 M6 (FRAISE Ø16)	appel outil T2
N610 M3 M41 S1500	
N620 G46 NU15 NP1 Z-5 P5 ER2 EP300 EQ400	ordre de finition surfaçage
N700 G46 NU20 NP1 Z-5 P5 EH0 EI200 EJ300	ordre de finition contour îlot
N800 G Z150	dégagement rapide en Z
N810 M2	fin de programme

■ DESSIN DE DÉFINITION



Tolérances générales : JS js 9
 Brut de départ 80 × 60 × 20

SURFAÇAGE
 AVEC PÂROIS
 ET ÎLOTS

■ PROGRAMME COMMENTÉ

Programme	Commentaires
§300 (SURFAÇAGE AVEC PAROIS ET ÎLOT) (DEFINITION GEOMETRIQUE) N10 G46 NU0 NP1 ED8 Q5 J.2 NR+ R3	numéro de programme titre en-tête de définition géométrique
N100 G46 NU5 N110 G1 X80 Y (A) N120 X25 (B)	définition limites surfaçage 1 A = point de départ surfaçage
N200 G46 NU6 N210 X25 Y (B) N220 Y10 EB-5 N230 X	définition paroi 1 B = point de départ paroi 1
N300 G46 NU5 N310 X Y10 N320 Y60 (C)	définition limites surfaçage 2
N400 G46 NU6 N410 X Y60 (C) N420 X10 Y50 N430 X45 N440 Y60	définition paroi 2 C = point de départ paroi 2
N500 G46 NU5 N510 X45 Y60 N520 X60	définition limites surfaçage 3
N600 G46 NU6 N610 X60 Y60 (D) N620 G3 X80 Y40 I80 J60	définition paroi 3 D = point de départ paroi 3
N700 G46 NU5 N710 G1 X80 Y40 N720 Y (A)	définition limites surfaçage 4
N800 G46 NU2 N810 G1 X70 Y5 (E) N820 X45 N830 G2 X45 Y15 R5 N840 G1 X60 EB5 N850 G2 X70 Y20 R5 N860 G1 Y5	définition îlot 1 E = point de départ îlot 1

**SURFAÇAGE
AVEC PAROIS
ET ÎLOTS**
(suite)

■ PROGRAMME COMMENTÉ (suite)

Programme	Commentaires
N900 G46 NU2	définition îlot 2
N910 G1 X30 Y30	F = point de départ îlot 2
N920 G2 X30 Y40 R5 (F)	
N930 G1 X45	
N940 G2 X45 Y30 R5	
N950 G1 X30 (F)	
N990 G46 NU9	fin des définitions géométriques
(USINAGES)	
N1000 T10 D10 M6 (FRAISE Ø8)	appel outil T10
N1010 M3 M40 S2000	
N1020 G46 NU15 NP1 Z-6 P4 ERI EHO EP250 EQ350	ordre d'ébauche
N1100 T11 D8 M6 (FRAISE Ø8)	appel outil T11
N1110 M3 M41 S3000	
N1120 G46 NU20 NP1 Z-6 P6 ERI EI350 EJ400	ordre de finition
N1200 G Z150	dégagement rapide en Z
N1210 M2	fin de programme

4 PROGRAMMATION STRUCTURÉE

4.1 ALGORITHME ET CODE ISO

Le langage ISO de programmation des machines à commande numérique permet, à l'instar d'autres codages informatiques, de réaliser des programmes respectant les principes algorithmiques.

En effet, les règles fondamentales des algorithmes peuvent être appliquées à la programmation ISO : sous-programmes, les appels conditionnels et inconditionnels peuvent être programmés par des fonctions spécifiques.

Le programmeur en commande numérique veillera tout particulièrement à la structuration des programmes qui faciliteront les modifications et les mises à jour rendues nécessaires par les changements éventuels de l'environnement de production (outillages, machines...).

4.1.1 APPEL ET SAUT

■ DÉSIGNATION

G77 : appel inconditionnel de sous-programme ou de séquence avec retour.

■ SYNTAXE :

N100 G77 [H..] [N.. N../N..] [P..] [S..]

G77	Appel inconditionnel de sous-programmes ou d'une séquence avec retour (8 imbrications de sous-programmes maxi).
H..	Numéro du sous-programme externe au programme appelant.
N.. N../N..	Numéros du premier et du dernier bloc appelé.
P..	Numéro de contour créé par la fonction PROFIL.
S..	Nombre de répétitions du sous-programme ou de la séquence.

**G77
APPEL**

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G77 est non modale.

■ RÉVOCATION :

La fonction G77 est révoquée en fin de bloc.

■ EXEMPLES :

• Appel de sous-programmes

```
%30
..
N200 ..
N210 G77 H100
N220 ..
```

saut inconditionnel au programme %100,
puis retour à la ligne N220 de %30

Un sous-programme ne doit pas être terminé par la fonction M2 qui arrêterait le cycle en cours.

G77
APPEL
(suite)

■ **EXEMPLES (suite) :**

• **Appel de séquence interne**

```
%40
..
N70 ..
N80 G77 N30 N50
N90 ..
```

appel et exécution des lignes N30 à N50, puis suite du programme à la ligne N90

Le sens d'exécution des lignes peut être inversé : G77 N50 N30 au lieu de G77 N30 N50.

• **Appel de séquence externe**

```
%50
..
N50 ..
N60 G77 H110 N100 N150
N70 ..
```

saut inconditionnel à %110 puis exécution des lignes N100 à N150 puis retour à N70 de %50

Les fonctions G40, G41 et G42 programmées avant l'appel sont restituées ainsi que les fonctions modales (M et S).

G79
SAUT

■ **DÉSIGNATION :**

G79 : saut conditionnel ou inconditionnel à une séquence sans retour.

■ **SYNTAXE :**

N100 G79 [L../E.. > = < nombre] N..

G79	Saut conditionnel ou inconditionnel à une séquence (celle-ci peut être située avant ou après la ligne d'appel).
L../E..	Variable L ou paramètre E testé dans la condition.
> = < nombre	Symbole de comparaison de la condition.
N..	Numéro du bloc auquel doit être effectué le saut.

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction G79 est non modale.

■ **RÉVOCATION :**

La fonction G79 est révoquée en fin de bloc.

■ **EXEMPLES :**

• **Saut inconditionnel**

```
N100 G79 N210
```

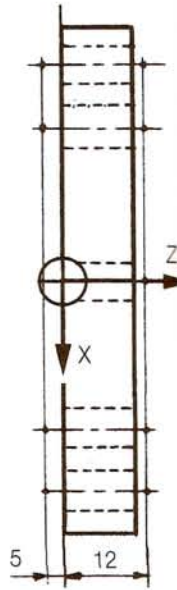
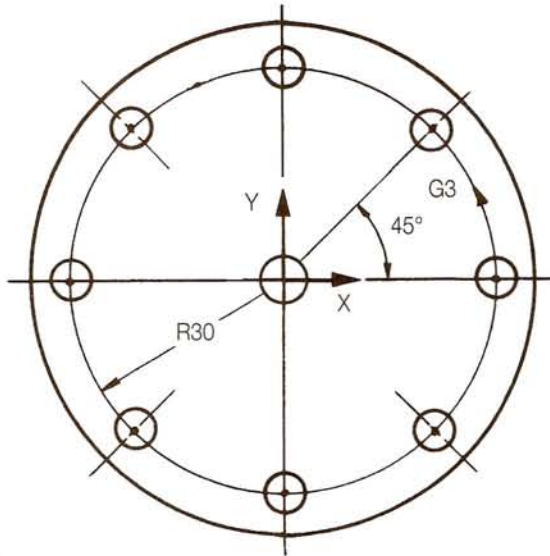
saut à la ligne N210 sans retour. Le programme se poursuit après la ligne appelée : N210, N220, ...

• **Appel de séquence interne**

```
N40 G79 L1<=10 N300
N50 ..
```

si L1 est inférieur ou égal à 10, alors aller à la ligne N300, sinon continuation du programme en N50

■ PERÇAGE DE 8 TROUS A 45°
(interpolation circulaire)



APPLICATIONS

```

%102
(DECALAGE ANGULAIRE EN G3)

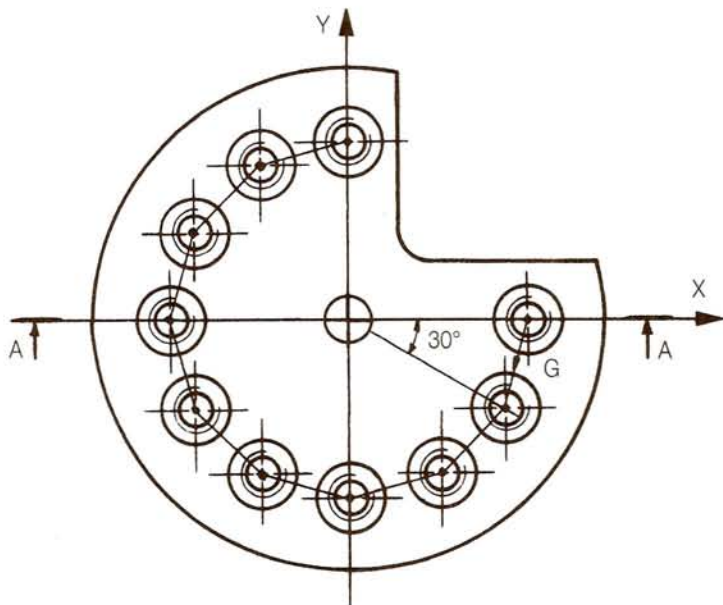
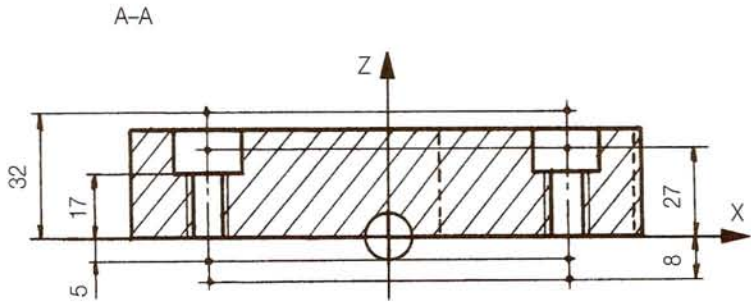
(PERCAGE)
N10 T1 D1 M6
N20 M3 M40 S1200
N30 G X Y30
N40 Z12
N50 G79 N90
N60 G1 G81 Z-5 F300
N70 G80 G91 ED45
N80 G90 G3 X Y30 I J F5000
N90 G77 N60 N80 S8
N100 G Z100
N110 M2
    
```

identification de l'usinage

saut à la ligne N90

cycle de perçage
fin du cycle de perçage – décalage angulaire ED = 45° en relatif
déplacement en absolu en G3 au point suivant (F5000)
exécution de la séquence N60 N80 8 fois

■ PERÇAGE, LAMAGE ET TARAUDAGE DE 10 TROUS A 30°
(interpolation linéaire)



APPLICATIONS
(suite)

■ PERÇAGE, LAMAGE ET TARAUDAGE DE 10 TROUS A 30° (suite)

APPLICATIONS
(suite)

```

%103
(DECALAGE ANGULAIRE EN G1)

(PERCAGE)
N10 T1 D1 M6
N20 M3 M40 S1000
N30 G X Y
N40 Z32
N50 G79 N90 —————

→ N60 G1 G81 X50 Y Z-8 F300
N70 G80

N80 G91 ED-30 —————

→ N90 G77 N60 N80 S10 —————

→ N100 G90 EDO
N110 Z100

(LAMAGE)
N120 T2 D2 M6
N130 M3 M40 S500
N140 Z32
N150 G79 N190 —————

→ N160 G90 G82 X50 Y Z17 F150
N170 G80
N180 G91 ED-30 —————

→ N190 G77 N160 N180 S10 —————

→ N200 G90 EDO
N210 Z100

(TARAUDAGE)
N220 T3 D3 M6
N230 M3 M40 S200
N240 Z27
N250 G79 N290 —————

→ N260 G90 G84 X50 Y Z-5 F100
N270 G80
N280 G91 ED-30 —————

→ N290 G77 N260 N280 S10 —————

→ N300 G90 Z100
N310 M2
    
```

identification de l'usinage

saut à la ligne N90

coordonnées en absolu - cycle
perçage
fin du cycle de perçage
décalage angulaire de - 30° en relatif

exécution de la séquence N60 N80
10 fois
coordonnées en absolu - annulation
décalage

identification de l'usinage

saut à la ligne N90

coordonnées en absolu - cycle
lamage
fin du cycle de lamage
décalage angulaire de - 30° en relatif

exécution de la séquence N160 N180
10 fois

identification de l'usinage

saut à la ligne N290

coordonnées en absolu - cycle de taraudage
fin du cycle de taraudage
décalage angulaire de - 30° en relatif

exécution de la séquence N260 N280
10 fois

■ **DÉSIGNATION :**

G77 -i : appel du bloc de retour d'un sous programme.

La fonction permet à un sous-programme d'appeler et d'exécuter les instructions d'un bloc et de retourner au sous-programme appelant.

■ **SYNTAXE :**

N100 G77-i

G77	Appel du bloc de retour d'un sous-programme.
-i	Variable numérique donnant le niveau d'imbrication dans lequel se trouve le sous-programme.

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction G77 -i est non modale.

■ **PARTICULARITÉS :**

Si le niveau d'imbrication demandé n'est pas accessible, le système émet un message d'erreur.

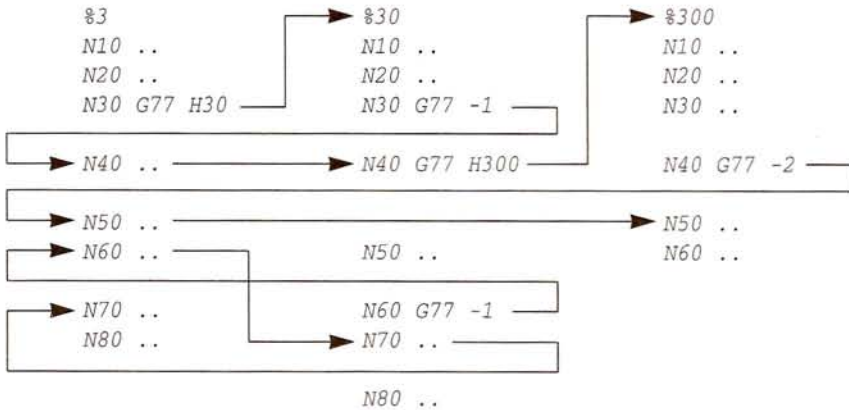
■ **RÉVOCACTION :**

La fonction G77 -i est révoquée en fin de bloc.

Les blocs appelés par G77 -i ne doivent pas comporter de sauts ou d'autres appels.

G77
APPEL DU BLOC
DE RETOUR
D'UN SOUS-
PROGRAMME

■ **EXEMPLE :**



4.1.2 INTERRUPTION

■ DÉSIGNATION :

G10 : bloc interruptible.

Le positionnement au point d'arrivée programmé dans le bloc comportant la fonction peut être modifié par interruption programmée. Après interruption du bloc en cours, le système permet l'enchaînement au bloc suivant ou à un autre bloc.

■ SYNTAXE :

```
N100 [G40][G04 F..][G00/G01/G02/G03] X.. Y.. Z.. G10
[:n] [+X../F..][@n<>valeur] N.. [+nombre][EF..]
```

G40	Annulation de la correction d'outil.
G04 F..	Temporisation interruptible.
G00/G01/G02/G03	Interpolations interruptibles.
X.. Y.. Z..	Axes interruptibles.
G10	Fonction d'interruption du bloc.
:n	Argument numérique (nombre d'interruptions de 1 à 99) n'ayant de signification que si l'interruption est hardware. Le bloc est acquitté à la <i>n</i> ème interruption.
+X../F..	Argument définissant la distance ou le temps d'exécution du bloc après demande d'interruption. X.. : distance en mm sur laquelle le bloc est exécuté avant d'être dérivé. F.. : temporisation en s pendant ou après laquelle le bloc exécuté peut être dérivé.
@n<>valeur	Argument définissant une condition pour comparaison d'une mesure à un seuil. @n : adresse physique de l'axe sur lequel porte le test. <> : symbole de comparaison. Valeur : seuil de la comparaison exprimé en mm.
N.. +nombre	Numéro de séquence de branchement après interruption, éventuellement suivi du nombre de séquences après lesquelles peut être effectué le branchement.
EF..	Vitesse limite d'avance après interruption.

G10

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G10 est non modale.

■ RÉVOCATION :

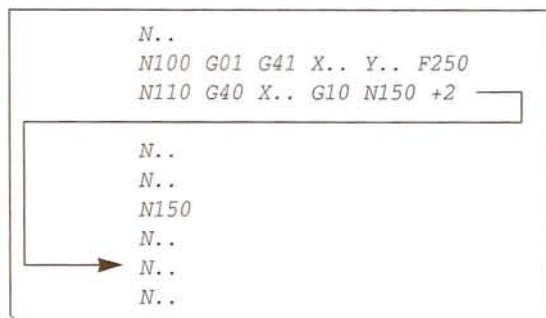
La fonction G10 est révoquée en fin de bloc.

■ PARTICULARITÉS :

Tous les arguments employés avec G10 sont facultatifs.

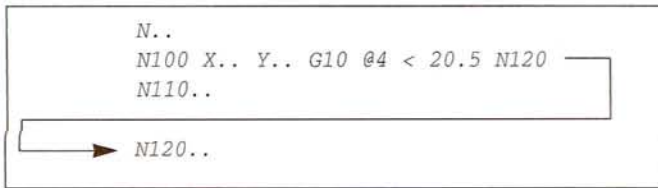
■ EXEMPLES :

- Bloc interruptible comprenant un saut sans comparaison à un seuil.



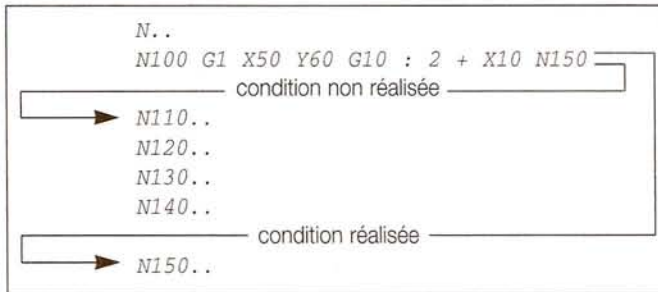
■ **EXEMPLES (suite)**

- Bloc interruptible comprenant une comparaison à un seuil puis saut à un bloc après réalisation de la condition.



G10
(suite)

- Bloc interruptible comprenant une comparaison à un seuil puis saut à un bloc SI la condition est réalisée.



4.1.3 CRÉATION-SUPPRESSION-INSERTION : PROGRAMME ET BLOC

■ **DÉSIGNATION :**

G76+ : création de programme.

■ **SYNTAXE :**

N100 G76+ H..

G76+	Création d'un programme.
H..	Numéro du programme à créer.

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction G76 est non modale.

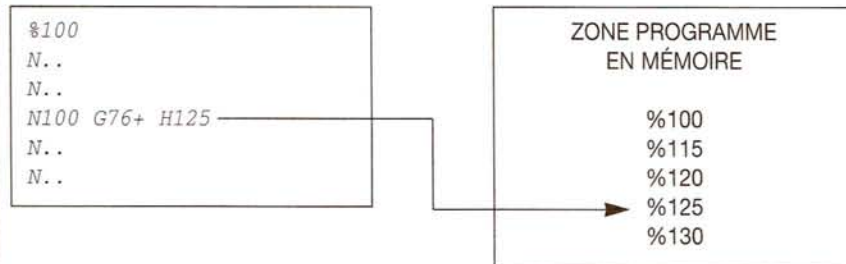
■ **PARTICULARITÉS :**

Le numéro du programme créé doit être le dernier mot du bloc.

■ **RÉVOCATION :**

La fonction G76 est révoquée en fin de bloc.

■ **EXEMPLE :** création d'un programme en zone programme en mémoire.



G76+
CRÉATION DE
PROGRAMME

■ **DÉSIGNATION :**

G76- : suppression de programme.

■ **SYNTAXE :**

N100 G76- H..

G76-	Suppression d'un programme.
H..	Numéro du programme à supprimer.

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction G76 est non modale.

■ **PARTICULARITÉS :**

Le numéro du programme supprimé doit être le dernier mot du bloc.

Si un programme portant le même numéro est situé dans une autre zone, la suppression est refusée et le système émet un message d'erreur.

■ **RÉVOCATION :**

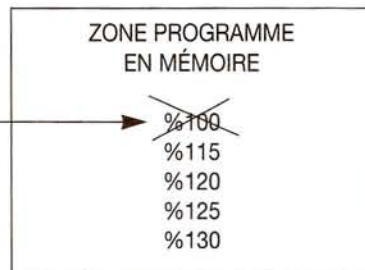
La fonction G76 est révoquée en fin de bloc.

■ **EXEMPLE :** suppression d'un programme en zone programme en mémoire.

**G76-
SUPPRESSION
DE
PROGRAMME**

```

%150
N..
N..
N100 G76- H100
N..
N..
    
```



■ **DÉSIGNATION :**

G76+ : insertion de bloc.

■ **SYNTAXE :**

N100 G76+ [H] N.. [+nombre] Bloc ISO

G76+	Insertion d'un bloc.
H..	Numéro du programme dans lequel le bloc est à insérer. Par défaut, le bloc sera inséré dans le programme comportant la fonction G76.
N.. +nombre	N.. : numéro de bloc pointé. L'insertion est effectuée après ce bloc sauf si +nombre est programmé. +nombre : définit la position de la ligne à partir du bloc pointé après laquelle s'effectue l'insertion (le premier bloc d'un programme est le bloc 0, puis 1,2...).
Bloc ISO	Bloc à insérer.

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction G76 est non modale.

■ **PARTICULARITÉS :**

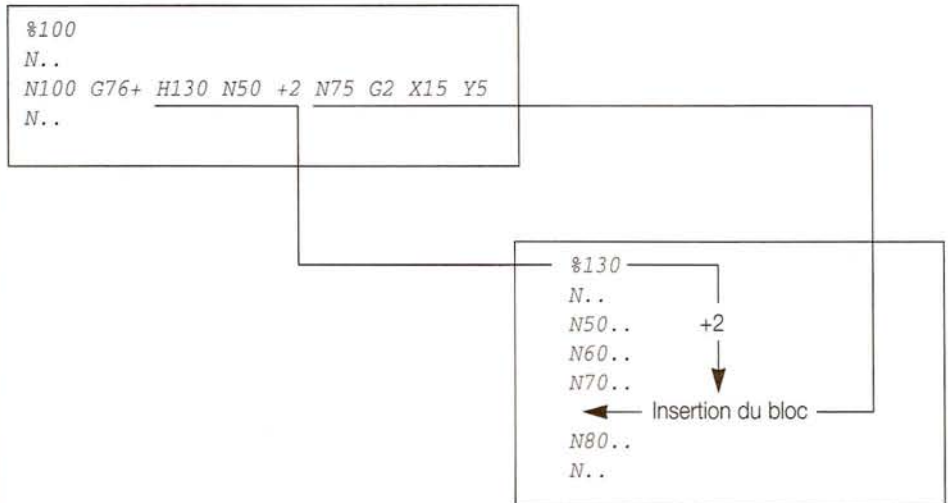
Les fonctions ISO suivantes sont reconnues : N (numéro de bloc), G (fonctions préparatoires ; plusieurs fonctions G sont acceptées dans le bloc) ; X, Y, Z, U, V, W, A, B, C (axes et cotes) ; I, J, K (coordonnées du centre d'un cercle) ; P, Q, R (vecteur matière en correction de rayon dans l'espace) ; L0 à L19 (variables programme).

■ **RÉVOCACTION :**

La fonction G76 est révoquée en fin de bloc.

G76+
INSERTION DE
BLOC

■ **EXEMPLE :** insertion d'un bloc dans le programme %130, situé en zone programme en mémoire.



■ **DÉSIGNATION :**

G76- : suppression de bloc.

■ **SYNTAXE :**

N100 G76- [H] N.. [+nombre]

G76-	Suppression d'un bloc.
H..	Numéro du programme dans lequel le bloc est à supprimer. Par défaut, le bloc sera supprimé dans le programme comportant la fonction G76.
N.. +nombre	N.. : numéro de bloc pointé. La suppression concerne ce bloc sauf si +nombre est programmé. +nombre : définit la position de la ligne à partir du bloc pointé après laquelle s'effectue la suppression (le premier bloc d'un programme est le bloc 0, puis 1,2...).

■ **PROPRIÉTÉS :**

La fonction G76 est non modale.

■ **RÉVOCATION :**

La fonction G76 est révoquée en fin de bloc.

■ **EXEMPLE :** suppression d'un bloc dans le programme %120, situé en zone programme en mémoire.

**G76-
SUPPRESSION
DE BLOC**

```
%100
N..
N100 G76+ H120 N100 +2
N..
```

```
%120
N..
N100..
N110..
N120.. ← Suppression du bloc
N..
```

+2

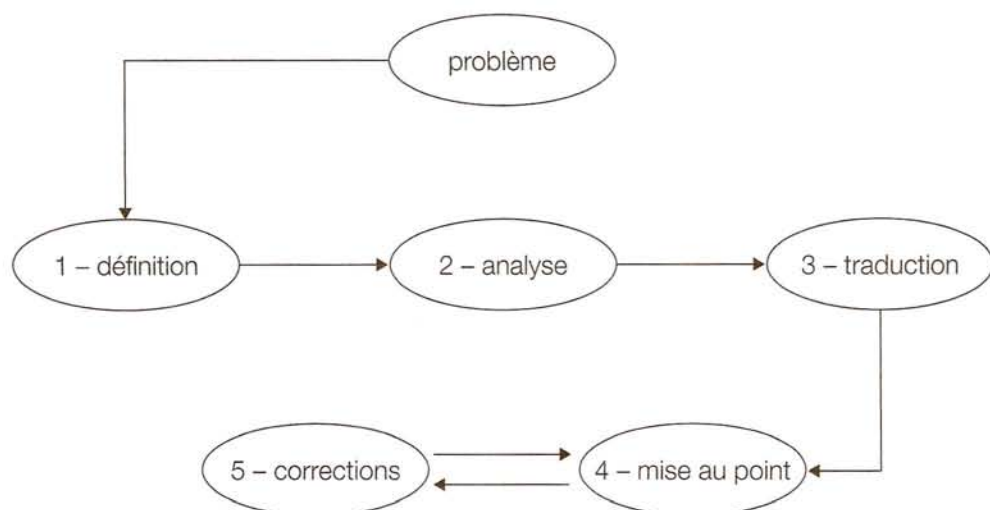
4.2 STRUCTURATION DES PROGRAMMES

4.2.1 MÉTHODOLOGIE

L'intérêt d'une programmation structurée est de rendre manifestement apparents les mécanismes d'un programme dans sa présentation.

La programmation en code ISO doit être structurée afin de permettre une meilleure lisibilité du programme. En effet, dès qu'un programme devient long et complexe, il est difficile à comprendre pour l'opérateur, et sa maintenance est délicate.

La structuration d'un programme procède de l'analyse descendante. La démarche générale peut être schématisée comme suit.



■ ÉTAPE 1 (définition : Quoi ? Quand ? Comment ?)

Quoi ?

Avant même de chercher à écrire le programme, il convient de définir précisément ce que l'on attend du processus opératoire :

- contournage, perçage, taraudage,...
- ébauche, finition,...

Quand ?

La chronologie des opérations répond à cette question :

- perçage avant taraudage ;
- ébauche avant finition.

Comment ?

Quelles sont les conditions opératoires ? Quels outillages utiliser ?

- vitesses de broche et d'avances ;
- choix des outils.

C'est la connaissance de toutes ces informations qui permettra de conduire une analyse structurée

DÉFINITION DU PROBLÈME

4.2.2 ANALYSE STRUCTURÉE

DÉMARCHE

■ ÉTAPE 2 (analyse)

On peut la décomposer en trois phases.

Phase (A) : recensement des instructions à exécuter et des conditions à respecter.

Phase (B) : identification des programmes et des niveaux.

Phase (C) : mise en forme du programme (utilisation des structures conditionnelles et des séquences).

La phase (A) se déduit de l'étape 1. Si le problème a été correctement défini en ce qui concerne le processus et sa chronologie, il est aisé de recenser les instructions à exécuter et les conditions à respecter.

La phase (B) consiste à donner un nom à chaque programme puis à les organiser par niveaux.

La phase (C) est celle de l'écriture du programme en code ISO.

STRUCTURATION PAR NIVEAUX

La structure peut s'établir sur deux ou trois niveaux.

■ STRUCTURE SUR DEUX NIVEAUX

Niveau 0	programme principal (de %1 à %999) - paramètres généraux - appel sous-programmes niveau 1
Niveau 1	sous-programmes (de %999 à %9999) - paramètres locaux - appel d'outils - conditions technologiques - cycles d'usinages

■ STRUCTURE SUR TROIS NIVEAUX

Niveau 0	programme principal (de %1 à %99) - paramètres généraux - appel sous-programmes niveau 1
Niveau 1	sous-programmes (de %99 à %999) - paramètres locaux - appel d'outils - conditions technologiques
Niveau 2	sous-programmes (de %999 à %9999) - paramètres locaux - usinages (contournages, cycles)

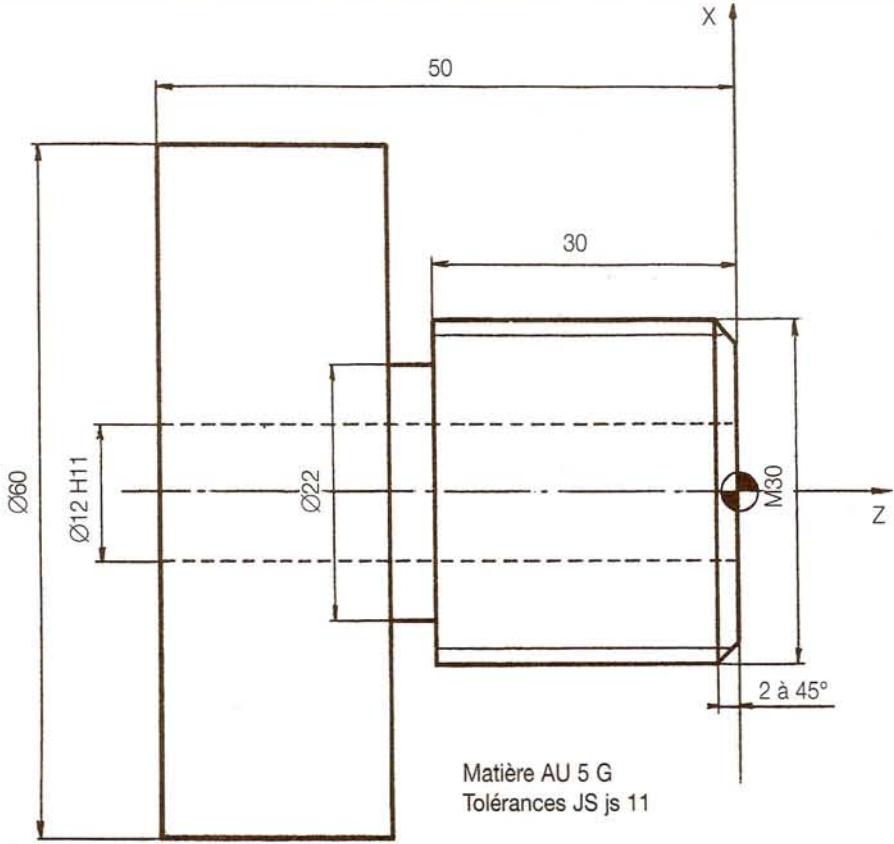
Remarque :

Une structure s'établira sur deux ou sur trois niveaux en fonction :

- des usinages à réaliser et de leurs complexités ;
- des contraintes de programmation.

4.2.3 STRUCTURATION SUR DEUX NIVEAUX EN TOURNAGE

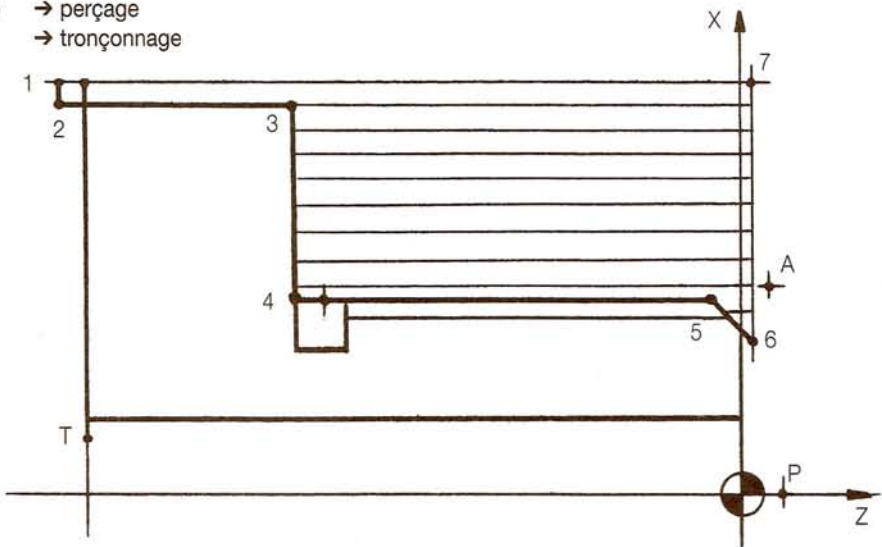
DESSIN DE DÉFINITION



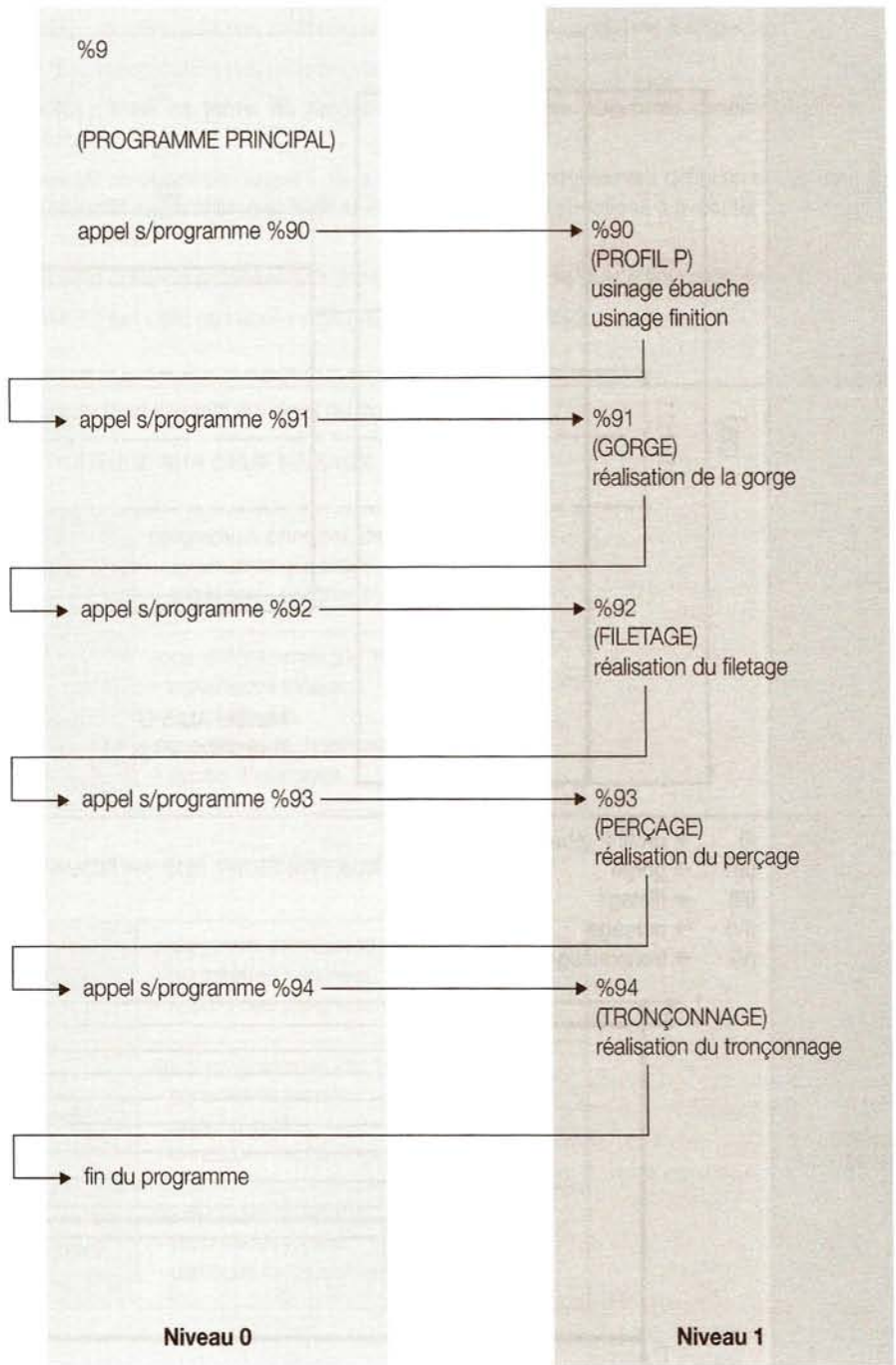
Matière AU 5 G
Tolérances JS js 11

PROCESSUS ET CHRONOLOGIE

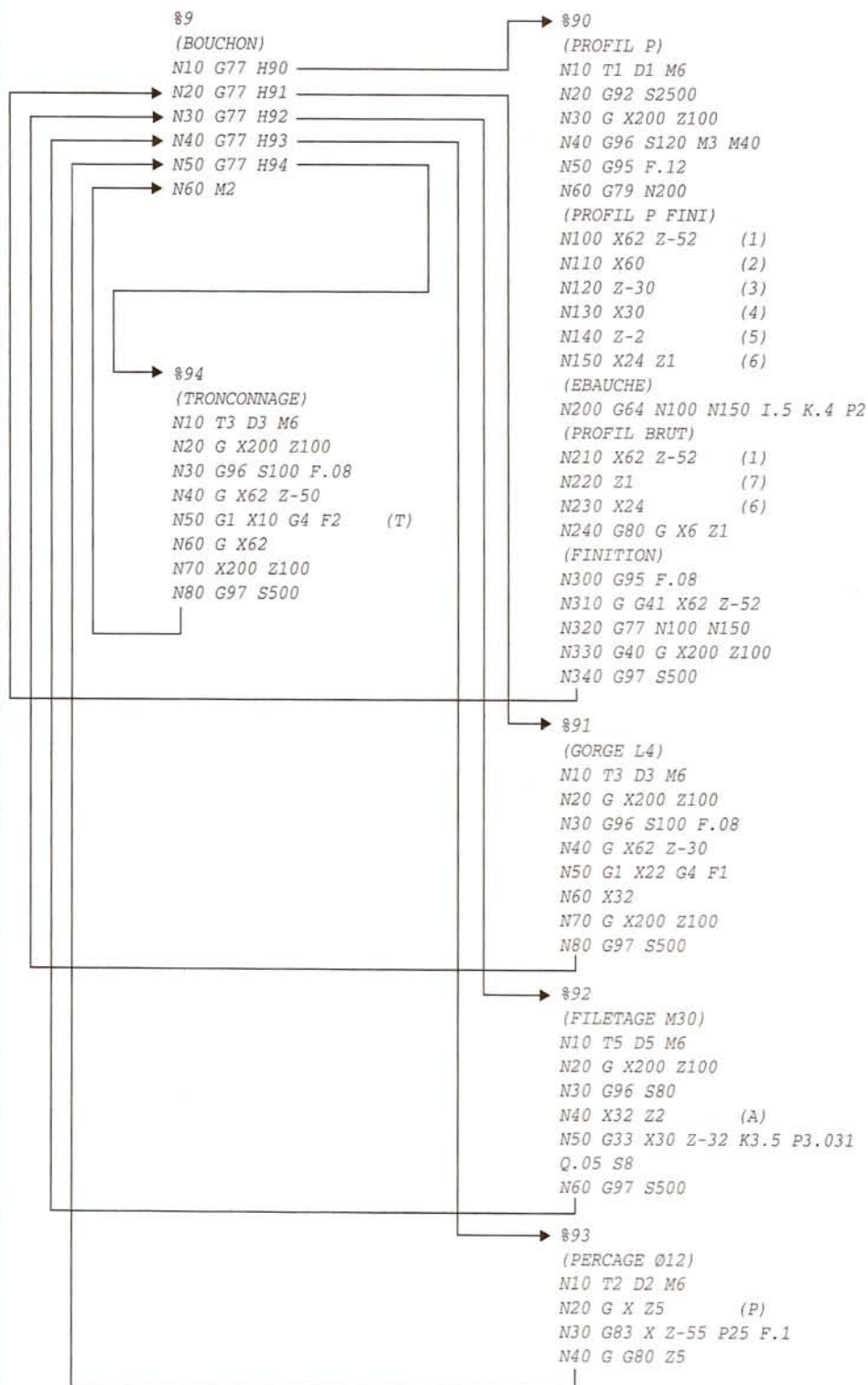
- (I) → profil P (ébauche et finition)
- (II) → gorge
- (III) → filetage
- (IV) → perçage
- (V) → tronçonnage



**STRUCTURATION
DES
PROGRAMMES**



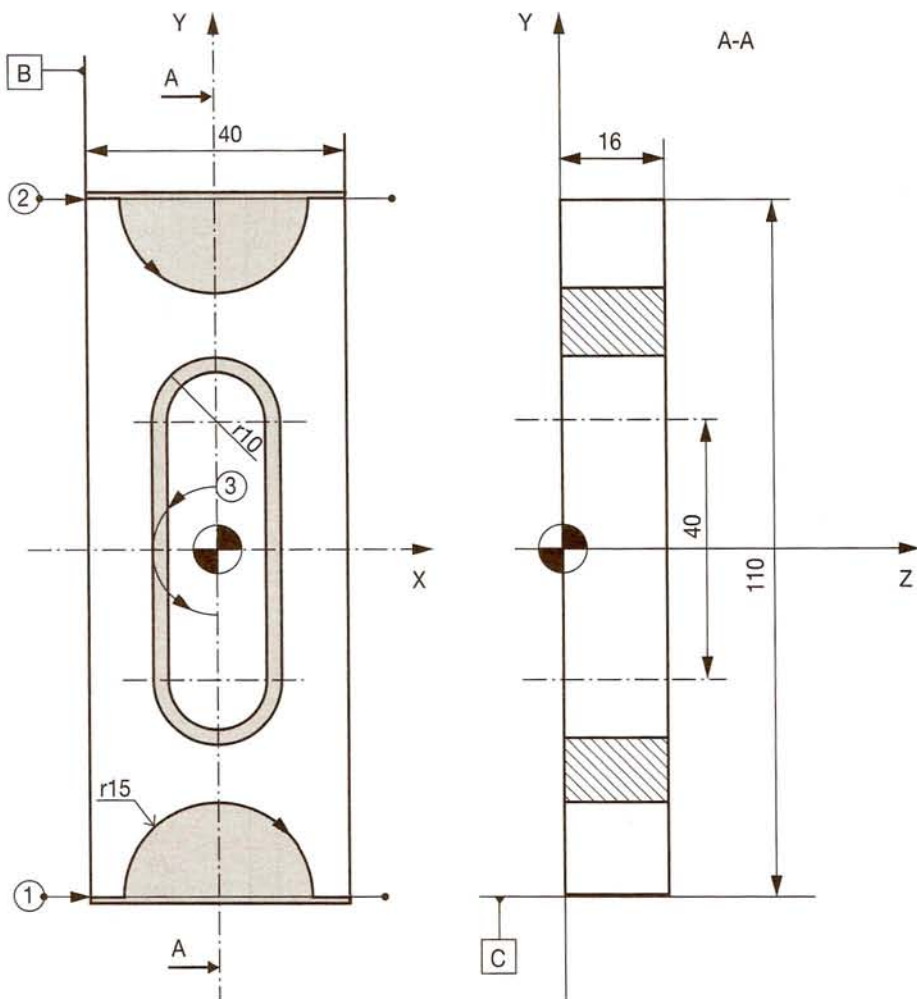
PROGRAMMES



4.2.4 STRUCTURATION SUR TROIS NIVEAUX EN FRAISAGE

Il s'agit de réaliser les usinages ①, ② et ③ sur la pièce ci-dessous.

DESSIN DE DÉFINITION (ENTRETOISE)



Matières : E24

Tolérances

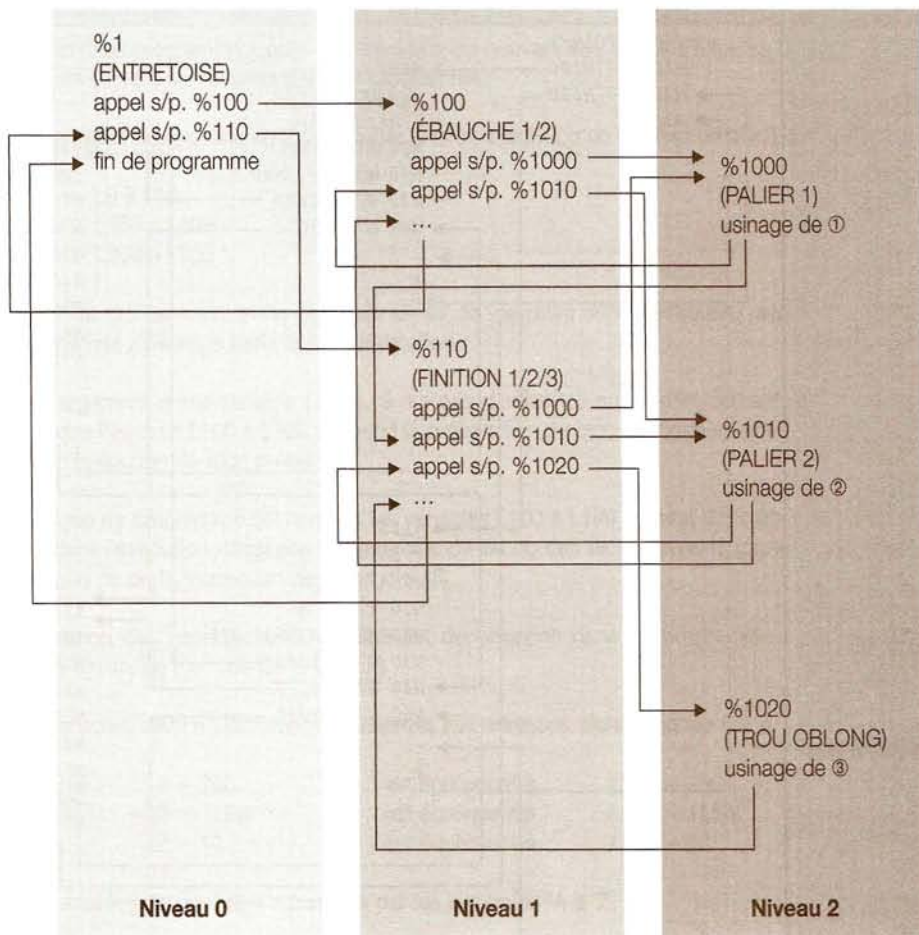
géométriques : symétrie /B et /C 0.5

dimensionnelles : JS js 11

PROCESSUS ET CHRONOLOGIE

- (I) → ébauche ① et ② (outil 1)
- (II) → finition ①, ② et ③ (outil 2)

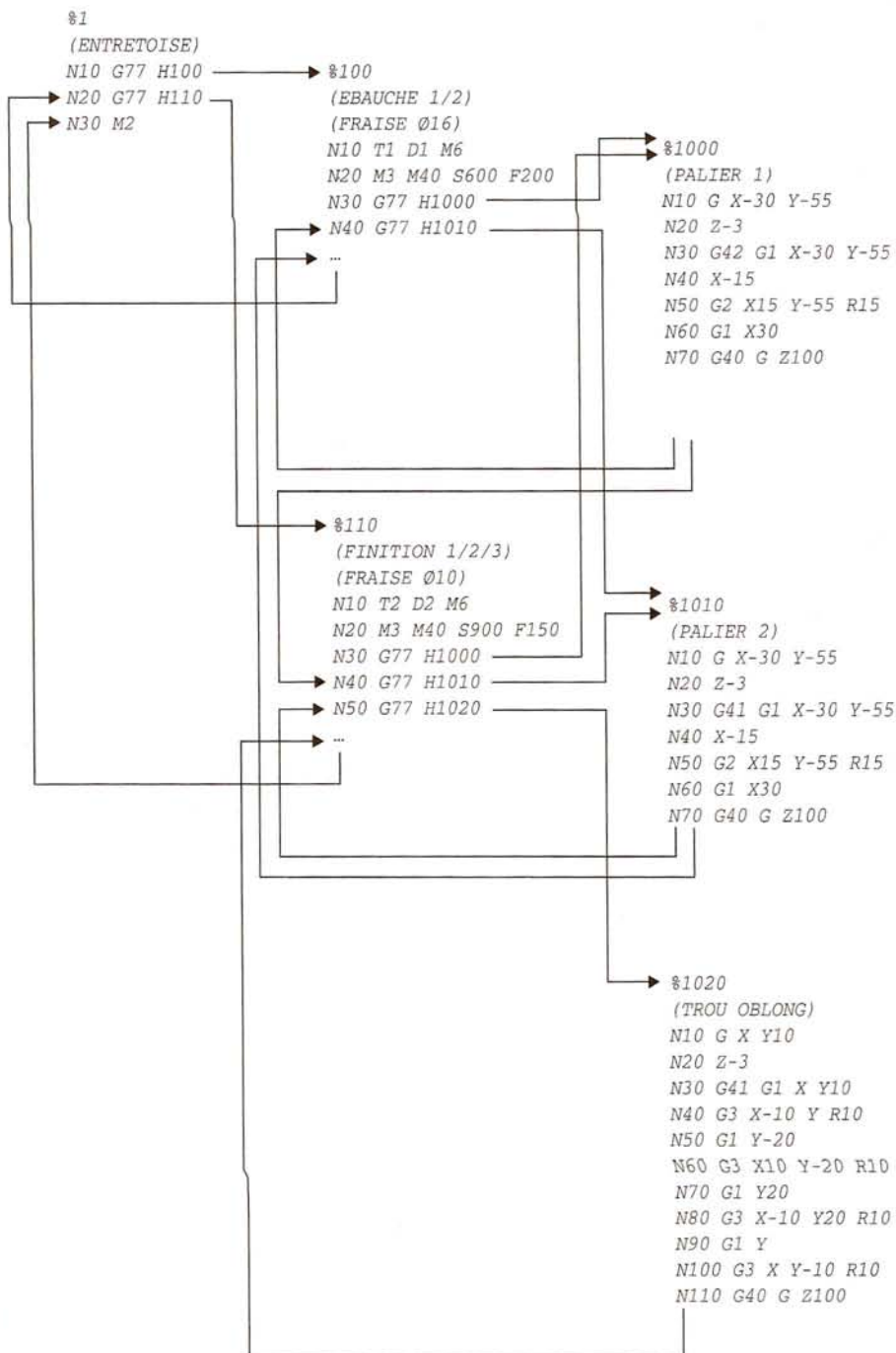
STRUCTURATION
DES
PROGRAMMES



■ COMMENTAIRES

- Niveau 0 : le programme principal %1 est une succession d'appels aux sous-programmes de niveau 1.
- Niveau 2 : les sous-programmes %100 et %110 sont constitués par les appels d'outils, les définitions des conditions technologiques et les appels de sous-programmes de niveau 2.
- Niveau 3 : les sous-programmes %1000, %1010 et %1020 réalisent les usinages ①, ② et ③.

PROGRAMMES



4.3 PROGRAMMATION PARAMÉTRÉE

4.3.1 VARIABLES PROGRAMME L

DÉFINITION

Les variables programme L sont des éléments qui peuvent être affectés à toutes les adresses à la place de valeurs numériques dans un programme.

Les variables programme sont définie par la lettre **L** suivie d'un numéro de 1 à 3 chiffres :

- L0 à L19.
- L100 à L199.
- L900 à L959 *.

Le format et l'exploitation de ces trois séries de variables sont identiques, mais leur utilisation entraîne une différence dans la programmation.

Le chargement d'une variable L0 à L19 n'a pas d'influence sur le déroulement du programme, alors que l'écriture L100 à L199 suspend la préparation du bloc qui contient la variable jusqu'à la fin de l'exécution du bloc précédent.

Une ligne de programme qui contient les variables L100 à L199 ne peut donc être précédée d'un bloc dont l'exécution nécessite la connaissance du ou des blocs suivants (programmation géométrique de profil, correction de rayon d'outil).

L'utilisation des variables L900 à L959 est déconseillée dans un programme comportant des cycles d'usinage (de type G81, G82,...).

Les variables L900 à L925 sont équivalentes aux adresses alphabétiques A à Z

Exemple :

A = 250	est équivalent à	L900 = 250
B = 1250	est équivalent à	L901 = 1250
Z = 10	est équivalent à	L925 = 10

Ces variables peuvent être adressées par les symboles 'A' à 'Z'.

Exemple : 'C' = 'A' + 'B' est équivalent à L902 = L900 + L901

Les variables L926 à L951 peuvent être adressées par les symboles 'EA' à 'EZ'.

Exemple : 'A' = 'B' - 'EA'/'EZ' est équivalent à L900 = L901 - L926/L951

* disponibles sur NUM 1040/1060.

UTILISATION DES VARIABLES PROGRAMME L

■ DÉFINITION D'UNE FAMILLE DE PIÈCES PAR LE PARAMÉTRAGE

En programmation, plutôt que de coter numériquement des pièces qui auraient toutes la même forme mais des dimensions différentes, il est souvent judicieux d'écrire un seul programme dans lequel les valeurs numériques sont remplacées par des paramètres.

Un seul programme paramètre remplace alors la totalité des programmes qu'il serait nécessaire d'écrire pour chaque pièce.

Exemple

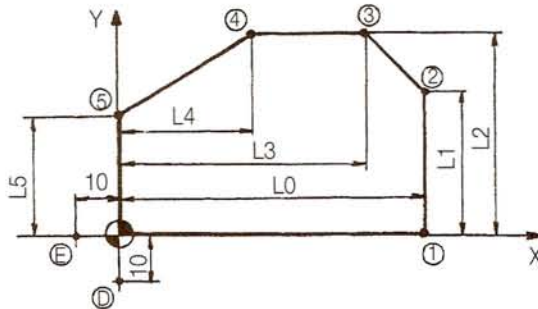
Soit la famille de trois pièces P1, P2 et P3.

La forme des pièces est identique mais les dimensions sont différentes.

Au lieu de donner une valeur numérique à X, Y et Z, il convient de déclarer une valeur paramétrée.

Les cotes $\left\{ \begin{array}{l} X60 \text{ (pièce P1)} \\ X70 \text{ (pièce P2)} \\ X80 \text{ (pièce P3)} \end{array} \right\}$ deviennent XL0

Un dessin unique représentera la famille de pièces PROFIL P.



		L0	L1	L2	L3	L4	L5
Pièces	P1	60	30	40	50	28	25
	P2	70	40	50	60	28	35
	P3	80	50	60	70	28	45

UTILISATION
DES VARIABLES
PROGRAMME L
(suite)

Déclaration des paramètres

Point		E	1	2	3	4	5	D
Coordonnées	X	-10	L0	L0	L3	L4	0	0
	Y	0	0	L1	L2	L2	L5	-10

■ ÉCRITURE DU PROGRAMME %1000 (PROFIL P)

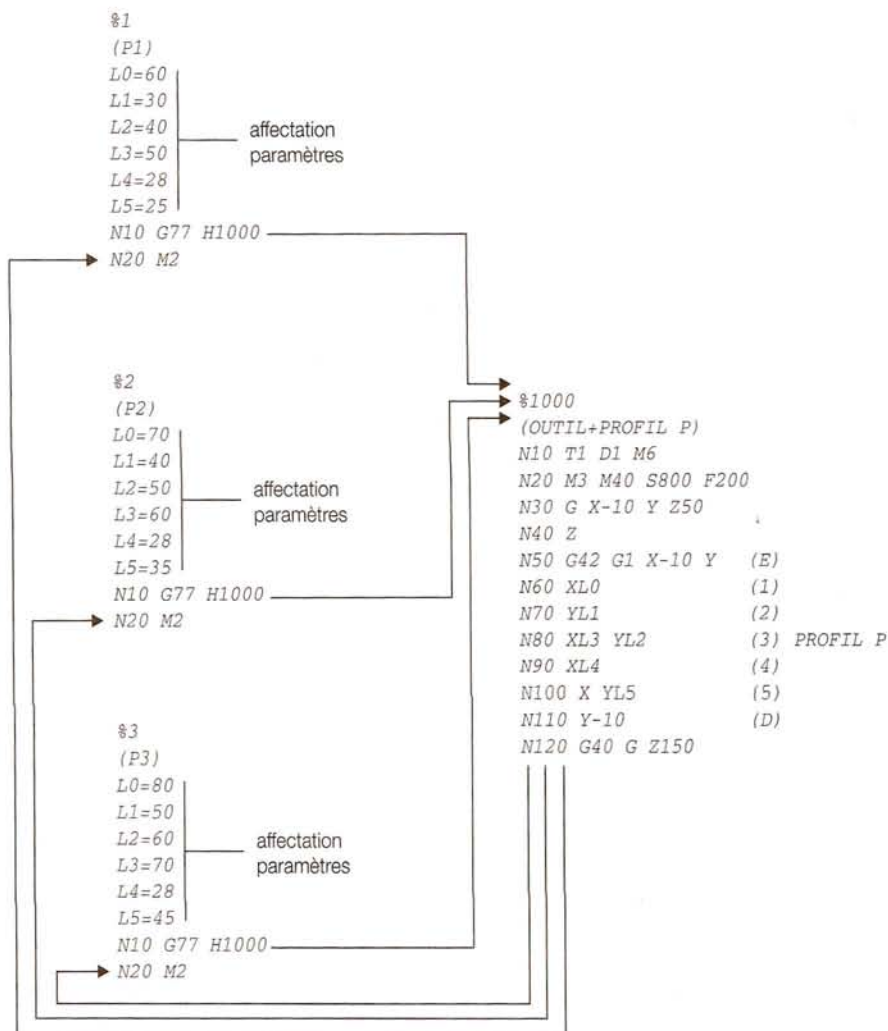
```
%1000
(PROFIL P)
N10 G1 X-10 Y (E)
N20 XL0 (1)
N30 YL1 (2)
N40 XL3 YL2 (3)
N50 XL4 (4)
N60 X YL5 (5)
N70 Y-10 (D)
```

■ AFFECTATION DES PARAMÈTRES

Les valeurs affectées aux paramètres sont transférables d'un programme à un autre. Pour usiner le profil P1, il convient de définir les valeurs numériques des paramètres dans un programme appelant. De même pour P2 et P3.

■ PROGRAMMES PARAMÉTRÉS STRUCTURÉS

UTILISATION
DES VARIABLES
PROGRAMME L
(suite)



■ LISTE DES OPÉRATEURS

CALCULS SUR
LES VARIABLES
PROGRAMME L

Symbole	Opération
+	addition
-	soustraction
*	multiplication
/	division
R	racine carrée
S	sinus
C	cosinus
T	troncature (1)
A	arc tangente

(1) troncature : partie entière d'un nombre réel.

■ ORDRE DES OPÉRATIONS SUR LE CALCULATEUR

Le calculateur effectue les opérations dans l'ordre où elles sont écrites.

$L0+L1/2 \Rightarrow 1^\circ L0 + L1 = a$
 $2^\circ a/2 = \text{résultat}$

$L5/3+L1*5 \Rightarrow 1^\circ L5/3 = a$
 $2^\circ a + L1 = b$
 $3^\circ b*5 = \text{résultat}$

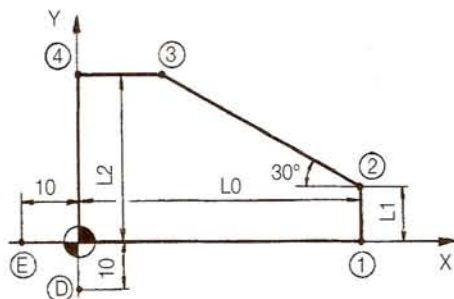
Il n'y a donc pas respect des règles mathématiques de priorité des opérations (pas d'opérateur prioritaire).

Le calculateur n'accepte pas les parenthèses dans les calculs effectués (les parenthèses sont réservées aux commentaires).

Exemple

Usinage de la famille de pièces R.

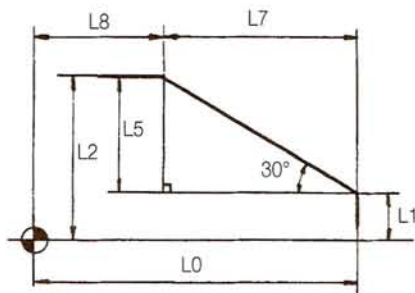
		L0	L1	L2
Profil	R1	50	10	30
	R2	70	12,5	40
	R3	90	15	50



■ DÉCLARATION DES PARAMÈTRES

Point		E	1	2	3	4	D
Coordonnées	X	-10	L0	L0	?	L4	0
	Y	0	0	L1	L2	L2	-10

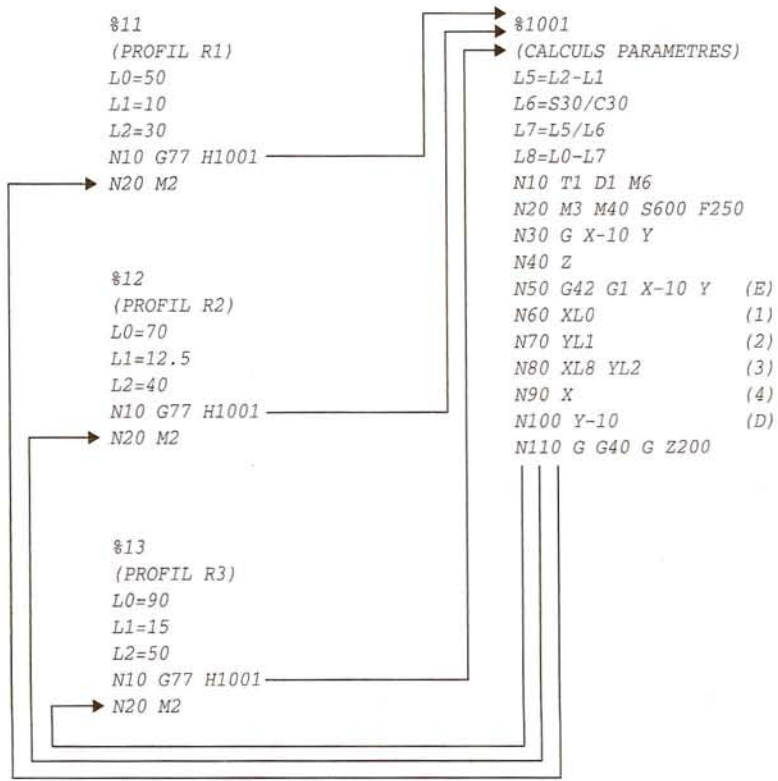
Calcul de la coordonnée paramétrée, en X du point 3 (X3).



Côté opposé $\Rightarrow L5=L2-L1$
 Tangente = sinus/cosinus $\Rightarrow L6=S30/C30$
 Côté adjacent = côté opposé/tangente $\Rightarrow L7=L5/L6$
 Valeur de X3 $\Rightarrow L8=L0-L7$

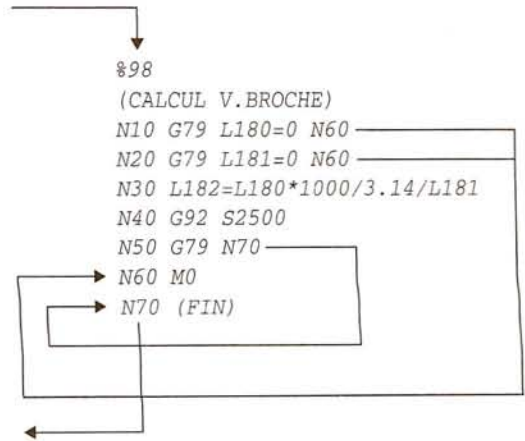
CALCULS SUR
 LES VARIABLES
 PROGRAMME L
 (suite)

■ PROGRAMMES



CALCULS SUR
LES VARIABLES
PROGRAMME L
(suite)

■ CALCUL DE LA VITESSE DE BROCHE

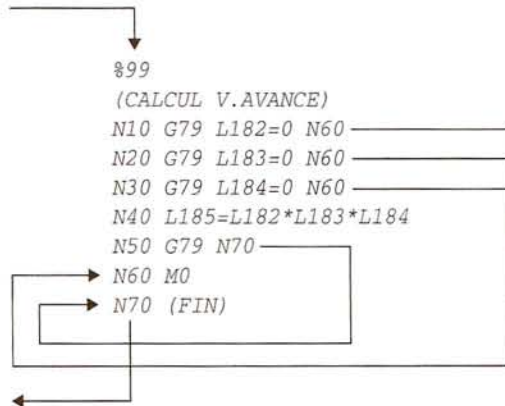


L180 = vitesse de coupe
L181 = diamètre de l'outil
Calcul de la vitesse de broche
Limitation de la vitesse de broche

Arrêt programme
Retour au programme d'appel

%98 est interrompu si les paramètres L180 et L181 ne sont pas définis dans le programme d'appel.
La vitesse de broche (S en tr · min⁻¹) est égale à L182.

■ CALCUL DE LA VITESSE D'AVANCE



L182 = vitesse de broche
 L183 = avance/dent
 L184 = nombre de dents
 Calcul de la vitesse d'avance

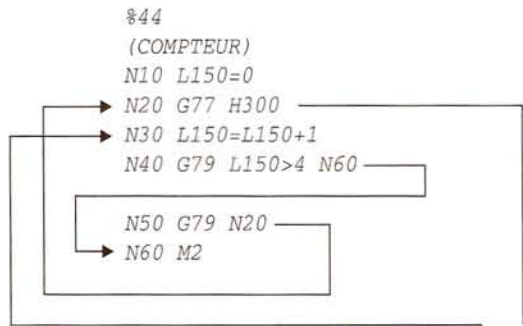
Arrêt programme
 Retour au programme d'appel

Le programme %98 doit d'abord être appelé.

Si les paramètres L182, L183 et L184 ne sont pas définis dans le programme principal ou dans le programme d'appel, %99 est interrompu.

La vitesse d'avance (F en $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$) est égale à L185.

■ COMPTEUR



Mise a zéro du compteur
 Appel %300 (PROFIL)
 L150 est incrémenté de 1
 Si le comptage est supérieur à 1,
 saut à N60
 Saut à N20
 Fin du programme

CALCULS SUR
 LES VARIABLES
 PROGRAMME L
 (suite)

• Commentaires sur le programme %44

À l'envoi du programme, L150 est initialisé à N10. Le programme %300 est appelé, N20 puis L150 est incrémentée de 1 en N30.

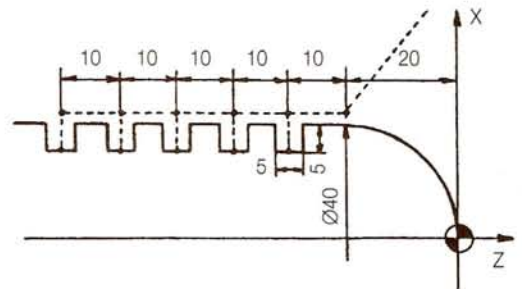
Tant que la variable L150 reste inférieure ou égale à 4 (N40), %300 est appelé. Lorsque L150 = 5, le programme se termine, les cinq gorges auront été exécutées.

• Commentaires sur le programme %300

Au premier passage en N10. L150 = 0, la ligne N20 est exécutée. Pour les passages suivants, saut à N30.

```

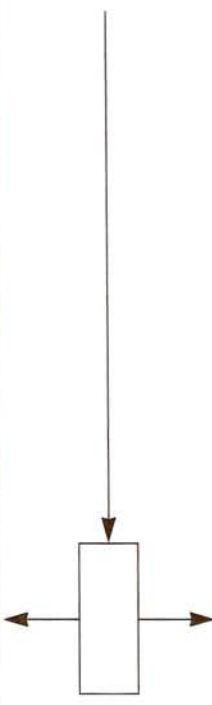
%300
(GORGES)
(OUTIL L=5 GORGE PROF=5)
N10 G79 L150>0 N30
N20 G X42 Z-20
N30 G90 Z-10
N40 G91 G1 X32 F200
N50 G X42
    
```



4.3.2 PARAMÈTRES EXTERNES E

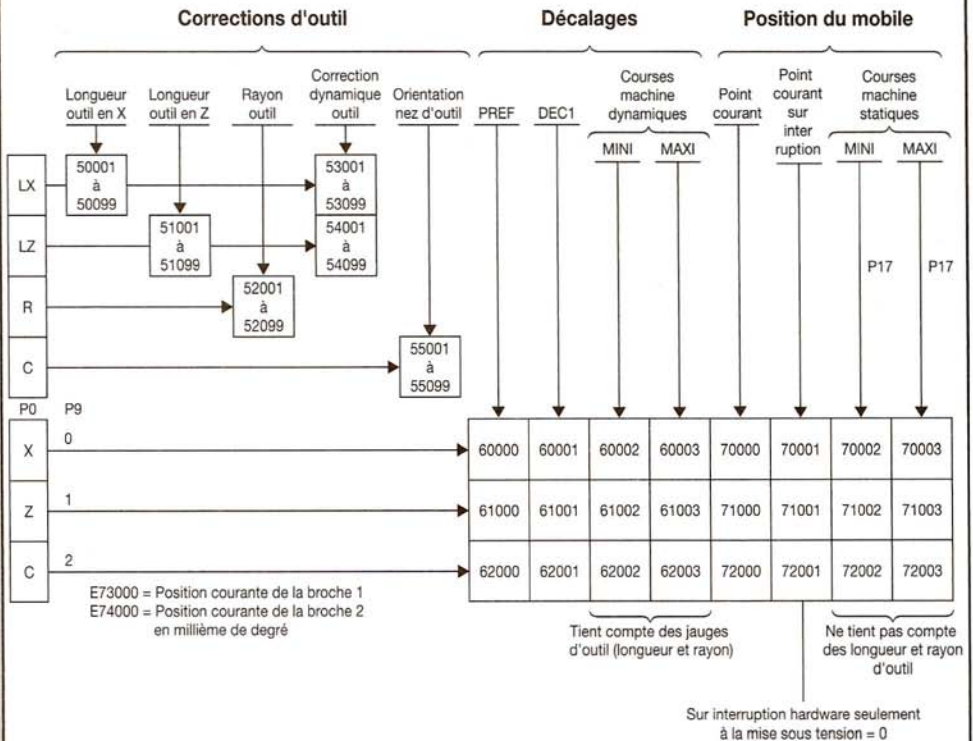
Les paramètres externes E sont utilisés par le programme pour accéder aux informations contenues dans la mémoire de la CN.

Ils sont définis par la lettre adresse E suivie de 5 chiffres. La décade des dizaines de milliers précise le type de paramètres.

	Registres CN	Programme pièce	Registres automate
<p style="text-align: center;">TYPES DE PARAMÈTRES EXTERNES</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Corrections d'outils E50001 à E50099 E51001 à E51099 E52001 à E52099 E53001 à E53099 E54001 à E54099 • PREF E60000 à E62000 • DEC1 E60001 à E62001 • Courses machine dynamiques minimales E60002 à E62002 • Courses machine dynamiques maximales E60003 à E62003 • Point courant E70000 à E72000 • Point courant sur interruption E70001 à E72001 • Courses machine statiques minimales E70002 à E72002 • Courses machine statiques maximales E70003 à E72003 • Position courante broche 1 E73000 • Position courante broche 2 E74000 • Données locales 50 × 32 bits E80000 à E80049 • Axes et butées E90000 à E90007 E91000 à E91007 E92000 à E92007 E93000 à E93007 		<ul style="list-style-type: none"> • E10000 à E10031 informations sur bit transmises à l'interface → 32 bits • E20000 à E20031 informations sur bit lues par la CN ← 32 bits • E30000 à E30031* informations sur mot transmises à l'interface → 32 mots de 32 bits • E40000 à E40031* informations sur mot lues par la CN ← 32 mots de 32 bits <p style="text-align: right; font-size: small;">* Pouvant être étendus jusqu'à 30127 et 40127 (mémoire M.8 de l'automate)</p>

■ PARAMÈTRES TYPES 5, 6 ET 7

TYPES DE PARAMÈTRES EXTERNES (suite)



■ PRÉCAUTIONS D'UTILISATION

L'automate assure l'initialisation des paramètres des types 1, 2, 3 et 4. Les autres paramètres externes ne sont **jamais remis à zéro** par le système.

L'utilisation des paramètres externes est soumise à certaines restrictions :

- Les paramètres de types 2, 4 et 7 ne peuvent être écrits par le programmeur (utilisables uniquement en lecture).
- La valeur d'un paramètre E est toujours une valeur entière.
- Une opération sur un paramètre externe entraîne l'arrêt de mouvements à la fin du bloc précédent.
- Un bloc comportant un paramètre E ne peut être précédé d'un bloc dont l'exécution nécessite la connaissance du ou des blocs suivants.
- Son affectation à une adresse réalise la concordance entre l'unité du paramètre E et l'unité décimale de la fonction correspondante.

Exemple :

si E80000 = 18000
 XE80000 => X18000 => X = 18 mm
 FE80000 => F18000 => F = 180 mm · min⁻¹

Un paramètre E peut être paramétré.

Exemple :

si L0 = 40003 alors EL0 correspond à E40003

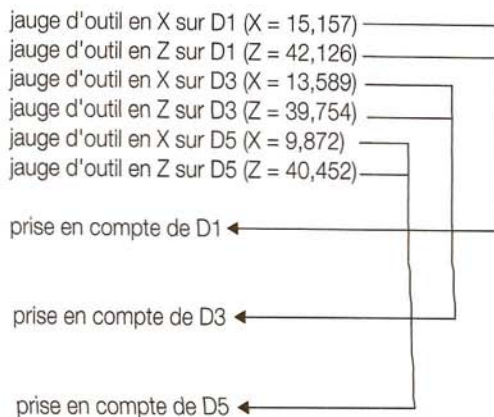
UTILISATION DES PARAMÈTRES EXTERNES

■ UTILISATION DES PARAMÈTRES E DANS UN PROGRAMME

Programme %555

Les jauges outils peuvent être introduites au clavier en CORR OUT, mais également déclarées par le programme.

```
%555
(JAUGES OUTILS)
E50001=15157 (D1/X)
E51001=42126 (D1/Z)
E50003=13589 (D3/X)
E51003=39754 (D3/Z)
E50005=9872 (D5/X)
E51005=40452 (D5/Z)
(ESSAIS CYCLES)
N10 T1 D1 M6
....
....
N310 T3 D3 M6
....
....
N410 T5 D5 M6
....
....
N450 G40 G X200 Z150
N460 M2
```



Remarques :

Les paramètres E50000 ne sont pas remis à zéro par le système.

Si des correcteurs ont été introduits en CORR OUT au clavier, ils sont remplacés dès l'envoi du programme par les valeurs des jauges outils, déclarées en paramètres externes.

■ DIVISION

Le résultat de la division d'un paramètre *E* par un autre paramètre *E* ne peut être mémorisé que dans une variable *L*.

En effet, les paramètres *E* n'ayant pas de point décimal, le résultat sera un nombre entier.

Exemple :

E80002 = 3000

E80016 = 2000

L1 = E80002/E80016 (résultat = 1,333)

Si au lieu de L1, il avait écrit E80005, le résultat aurait été de 1.

Si l'on désire transférer le résultat dans un paramètre *E* sous la forme 1333, il est nécessaire de multiplier le résultat par 1000.

E80005 = L1*1000 (résultat = 1333)

UTILISATION
DES
PARAMÈTRES
EXTERNÉS
(suite)

■ **DÉSIGNATION :**

G76 : transfert des valeurs courantes des variables L et des paramètres E dans le programme ou la partie de programme désigné.

La fonction permet de réactualiser le contenu d'un fichier appelé par les adresses H et/ou N N.

■ **SYNTAXE :**

N100 G76 [H..] [N.. N..]

G76	Transfert des valeurs courantes dans le programme désigné.
H..	Numéro du programme dans lequel sont transférées les valeurs.
N.. N..	Désignation de la zone de programme dans laquelle sont transférées les valeurs.

■ **PARTICULARITÉS :**

Les paramètres dans lesquels le transfert est effectué doivent se trouver en début de bloc : les variables L et les paramètres E situés après une autre fonction dans le bloc ne sont pas pris en compte.

La désignation d'une variable L ou d'un paramètre E doit obligatoirement être suivie du signe = et d'au moins 10 caractères (espace, signe algébrique, chiffre, point décimal) destinés à être remplacés par une nouvelle valeur.

■ **EXEMPLES :**

• **Transfert dans le programme courant**

```
N..
N80 G76 N100 N120
N90
N100
L101=_____ E80001=_____
L4=_____ G4 E52002=_____ E52002 n'est pas modifié
N120
N..
```

• **Transfert dans un sous-programme**

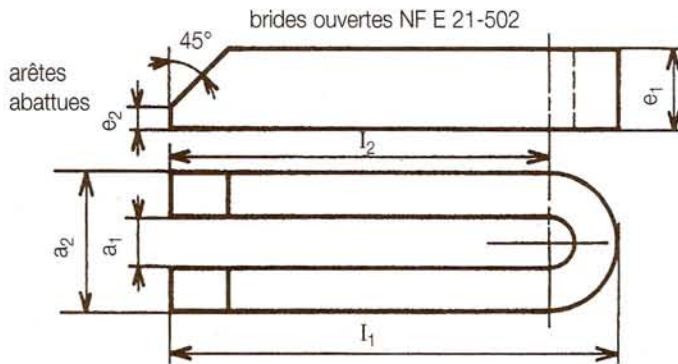
```
%100
N10 G77 H200 N50 N80
N..
N..
N300 G76 H200 N50 N80           mise à jour du fichier
N310 M2

%200
N10..
N..
N50
L1=_____ E52002=_____
N80
N..
```

**G76
TRANSFERT
DES VALEURS
DES VARIABLES
L ET DES
PARAMÈTRES E
DANS UN
PROGRAMME**

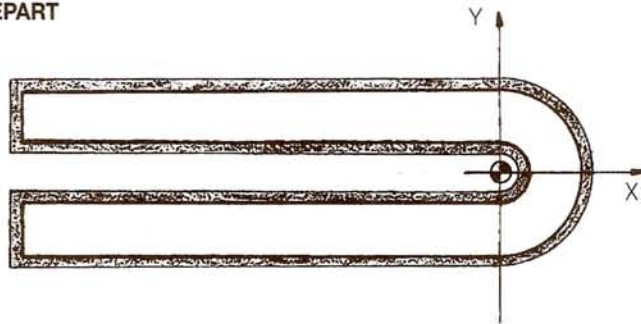
4.3.3 APPLICATIONS : BRIDE DE SERRAGE – ENCOCHE

■ DESSIN DE DÉFINITION



ØVIS	$a_1 = L0$	$I_1 = L1$	$a_2 = L2$	$e_1 = L3$	$e_2 = L4$	$I_2 = L5$
M10	11	100	31	20	5	84,5
M12	14	125	38	25	6	106
M16	18	160	48	30	8	136

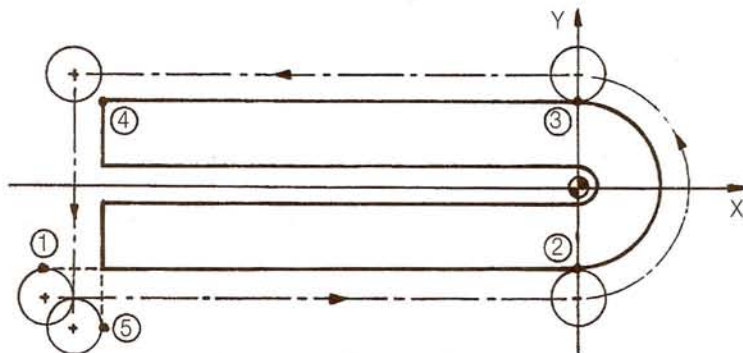
■ BRUT DE DÉPART



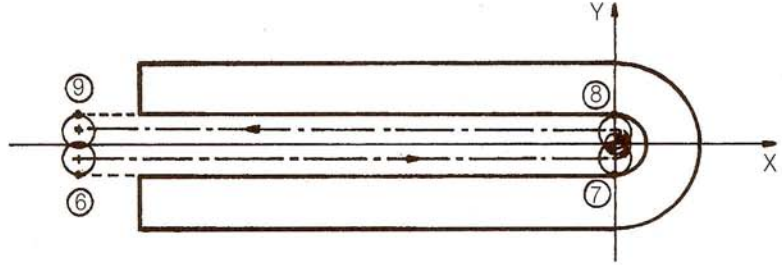
BRIDE DE
SERRAGE

■ CIRCUITS D'USINAGE

- Contournage extérieur



• Contournage intérieur



■ COORDONNÉES PARAMÉTRÉES DES POINTS 1 À 9

- point 1 : $X1 = -(I_2 + 10)$ $\Rightarrow L10 = -L5 - 10$ (< 0)
 $Y1 = -(a_2/2)$ $\Rightarrow L11 = -L2/2$ (< 0)
- point 2 : $X2 = 0$
 $Y2 = Y1$ $\Rightarrow L11$ (< 0)
- point 3 : $X3 = 0$
 $Y3 = a_2/2$ $\Rightarrow L12 = L2/2$ (> 0)
- point 4 : $X4 = -(I_2)$ $\Rightarrow L13 = -L5$ (< 0)
 $Y4 = Y3$ $\Rightarrow L12$ (> 0)
- point 5 : $X5 = -(I_2)$ $\Rightarrow L13$ (< 0)
 $Y5 = -(a_2/2 + 10)$ $\Rightarrow L14 = L11 - 10$ (< 0)
- point 6 : $X6 = -(I_2 + 10)$ $\Rightarrow L10$ (< 0)
 $Y6 = -(a_1/2)$ $\Rightarrow L15 = -L0/2$ (< 0)
- point 7 : $X7 = 0$
 $Y7 = Y6$ $\Rightarrow L15$ (< 0)
- point 8 : $X8 = 0$
 $Y8 = a_1/2$ $\Rightarrow L16 = L0/2$ (> 0)
- point 9 : $X9 = -(I_2 + 10)$ $\Rightarrow L10$ (< 0)
 $Y9 = Y8$ $\Rightarrow L16$ (> 0)

BRIDE DE
SERRAGE
(suite)

Point		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Coordonnées	X	L10	0	0	L13	L13	L10	0	0	L10
	Y	L11	L11	L12	L12	L14	L15	L15	L16	L16

■ PROGRAMMES

BRIDE DE SERRAGE (suite)

```

%210
(BRIDE OUVERTE M10)
L0=11 L1=100 L2=31
L3=20 L4=5 L5=84.5
N10 G77 H222
N20 M2
    
```

```

%212
(BRIDE OUVERTE M12)
L0=14 L1=125 L2=38
L3=25 L4=6 L5=106
N10 G77 H222
N20 M2
    
```

```

%216
(BRIDE OUVERTE M16)
L0=18 L1=160 L2=48
L3=30 L4=8 L5=136
N10 G77 H222
N20 M2
    
```

```

%222
(CALCULS PARAMETRES)
L10=-5-10
L11=-L2/2
L12=L2/2
L13=-L5
L14=L11-10
L15=-L0/2
L16=L0/2
N10 G77 H2100
N20 G77 H2110
...
    
```

```

%2100
(CONTOUR EXTERIEUR)
N10 T1 D1 M6
N20 M3 M40 S600 F250
N30 G XL10 YL11
N40 Z-2
N50 G1 G42 XL10 YL11 (1)
N60 X (2)
N70 G3 X YL12 RL12 (3)
N80 G1 XL13 (4)
N90 YL14 (5)
N100 G40 G Z150
    
```

```

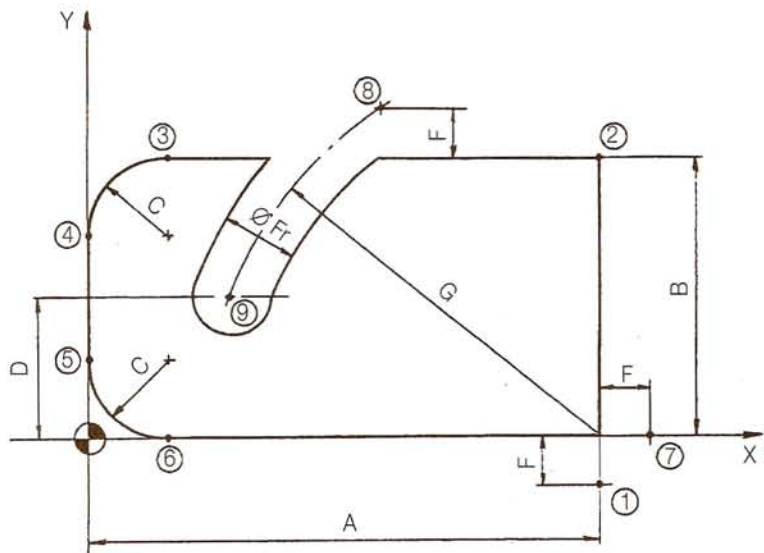
%2110
(CONTOUR INTERIEUR)
N10 T2 D2 M6
N20 M3 M40 S800 F250
N30 G XL10 YL15
N40 Z-2
N50 G1 G41 XL10 YL15 (6)
N60 X (7)
N70 G3 X YL16 RL16 (8)
N80 G1 XL10 (9)
N90 G40 G Z150
    
```

Niveau 0

Niveau 1

Niveau 2

ENCOCHE



		A = L0	B = L1	C = L2	D = L3	G = L4	F = L5
Pièces	E1	70	40	10	20	50	7
	E2	80	45	12	22,5	60	8
	E3	90	50	14	25	70	9

Contournage : fraise 2T Ø20 (T1)

Encoche : E1 fraise 2T Ø10 (T2)
E2 fraise 2T Ø12 (T3)
E3 fraise 2T Ø14 (T4)
F = rayon fraise + 2

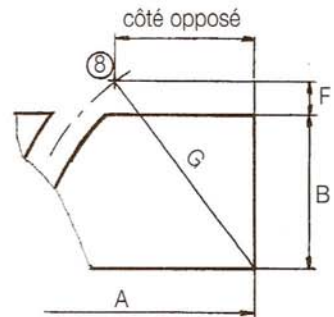
■ CALCUL DES POINTS PARAMÉTRÉS (1 À 9)

- point 1 : $X1 = A \Rightarrow L0$
 $Y1 = -F \Rightarrow -L5$
- point 2 : $X2 = A \Rightarrow L0$
 $Y2 = B \Rightarrow L1$
- point 3 : $X3 = C \Rightarrow L2$
 $Y3 = B \Rightarrow L1$
- point 4 : $X4 = 0$
 $Y4 = B - C \Rightarrow L10 = L1 - L2$
- point 5 : $X5 = 0$
 $Y5 = C \Rightarrow L2$
- point 6 : $X6 = C \Rightarrow L2$
 $Y6 = 0$
- point 7 : $X7 = A + F \Rightarrow L11 = L0 + L5$
 $Y7 = 0$

• point 8 :
côté opposé = $\sqrt{G^2 - (B + F)^2}$

=> $L12 = L4 * L4$ (G^2)
 $L13 = L1 + L5$ $(B + F)$
 $L14 = L13 * L13$ $((B + F)^2)$
 $L15 = L12 - L14$ $(G^2 - (B + F)^2)$
 $L16 = RL15$ $(\sqrt{G^2 - (B + F)^2})$

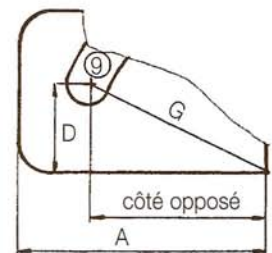
$X8 = A - \text{côté opposé} \Rightarrow L17 = L0 - L16$
 $Y8 = B + F \Rightarrow L13$



• point 9 :
côté opposé = $\sqrt{G^2 - D^2}$

=> $L12 = L4 * L4$ (G^2)
 $L19 = L3 * L3$ (D^2)
 $L100 = L12 - L19$ $(G^2 - D^2)$
 $L101 = RL100$ $(\sqrt{G^2 - D^2})$

$X9 = A - \text{côté opposé} \Rightarrow L102 = L0 - L101$
 $Y9 = D \Rightarrow L3$



ENCOCHE
(suite)

■ DÉCLARATION DES PARAMÈTRES

Point		1	2	3	4	5	6	7	8	9
Coordonnées	X	L0	L0	L2	0	0	L2	L11	L17	L102
	Y	0	L1	L1	L10	L2	0	0	L13	L3

■ PROGRAMMES

§41
(PROFIL E1)

L0=70
L1=40
L2=10
L3=20
L4=50
L5=7

N10 G77 H4000

→ N20 M2

§42
(PROFIL E2)

L0=80
L1=45
L2=12
L3=22.5
L4=60
L5=8

N10 G77 H4000

→ N20 M2

§43
(PROFIL E3)

L0=90
L1=50
L2=12
L3=25
L4=70
L5=9

N10 G77 H4000

→ N20 M2

→ §4000

(PROFIL E)
(CALCULS PARAMETRES)
L10=L1-L2 L11=L10+L5
L12=L4*L4 L13=L1+L5
L14=L13*L13 L15=L12-L14
L19=L3*L3 L100=L12-L19
L101=RL100 L102=L0-L101

(CONTOUR)

N10 T1 D1 M6
N20 M3 M40 S400
N30 G XL0 Y-L5 Z50
N40 Z-2
N50 G42 G1 XL0 Y-L5 F300 (1)
N60 YL1 (2)
N70 XL2 (3)
N80 G3 X YL10 RL2 (4)
N90 G1 YL2 (5)
N100 G3 XL2 Y RL2 (6)
N110 G1 XL11 (7)
N120 G40 G Z50

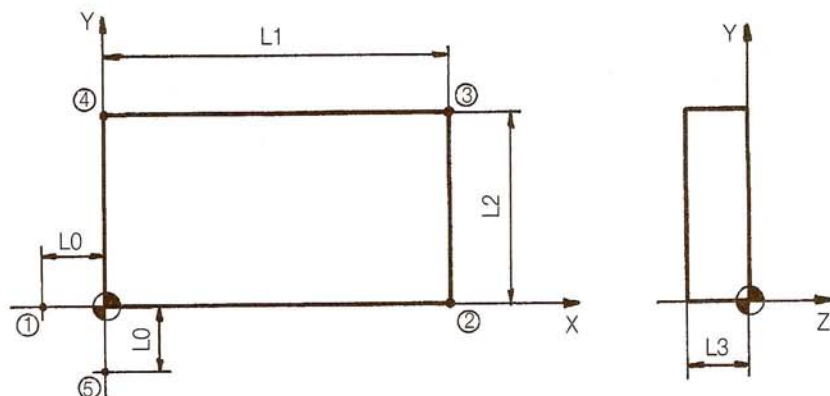
(ENCOCHE E)

N130 G79 L5=7 N160
N140 G79 L5=8 N190
N150 G79 L5=9 N220
N160 T2 D2 M6 (FR D10)
N170 M3 M40 S800 F200
N180 G79 N250
N190 T3 D3 M6
N200 M3 M40 S600 F180
N210 G79 N250
N220 T4 D4 M6
N230 M3 M40 S500 F160
N240 G79 N250
N250 G XL17 YL13 Z50 (8)
N260 Z-2
N270 G3 XL102 YL3 RL4 (9)
N280 G Z50
N290 M2

ENCOCHE
(suite)

4.3.4 BIBLIOTHÈQUE DE PROFILS PARAMÉTRÉS

Il peut être intéressant de disposer de programmes de profils simples déjà écrits, pour lesquels il suffit d'entrer les valeurs numériques des paramètres nécessaires.



PROFILS
EXTÉRIEURS
RECTANGULAIRES

§777

(PROFIL EXTERIEUR RECTANGULAIRE)

(COTATION)

L0= _____ (RAYON FRAISE+2)

L1= _____ (1ER COTE)

L2= _____ (2EME COTE)

L3= _____ (PROFONDEUR EN Z)

(OUTIL ET CONDITIONS TECHNOLOGIQUES)

L4= _____ (NO OUTIL)

L5= _____ (NO CORRECTEUR)

L6= _____ (V BROCHE)

L7= _____ (V AVANCE)

(USINAGE PROFIL)

N10 TL4 DL5 M6

N20 M3 M40 SL6 FL7

N30 G X-L0 Y

N40 Z-L3

N50 G42 G1 X-L0 Y (1)

N60 XL1 (2)

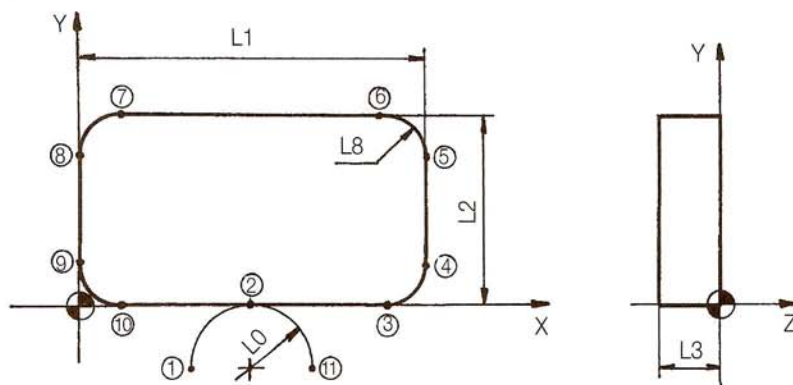
N70 YL2 (3)

N80 X (4)

N90 Y-L0 (5)

N100 G40 G Z100

N110 M2



§778

(PROFIL EXTERIEUR RECTANGULAIRE)
(AVEC CONGES)

(COTATION)

L0=_____ (RAYON FRAISE+2)

L1=_____ (1ER COTE)

L2=_____ (2EME COTE)

L3=_____ (PROFONDEUR EN Z)

L8=_____ (RAYON CONGE)

(OUTIL ET CONDITIONS TECHNOLOGIQUES)

L4=_____ (NO OUTIL)

L5=_____ (NO CORRECTEUR)

L6=_____ (V BROCHE)

L7=_____ (V AVANCE)

(CALCULS PARAMETRES)

L100=L1/2-L0 (X1) L101=L1/2 (X2)

L102=L1-L8 (X3 X6) L103=L2-L8 (Y5 Y8)

L104=L1/2+L0 (X11)

(USINAGE PROFIL)

N10 TL4 DL5 M6

N20 M3 M40 SL6 FL7

N30 G XL100 Y-L0

N40 Z-L3

N50 G42 G1 XL100 Y-L0 (1)

N60 G2 XL101 Y RL0 (2)

N70 G1 YL102 (3)

N80 G3 XL1 YL0 RL8 (4)

N90 G1 YL103 (5)

N100 G3 XL2 YL102 RL8 (6)

N110 G1 XL0 (7)

N120 G3 X YL103 RL8 (8)

N130 G1 YL0 (9)

N140 G3 XL0 Y RL8 (10)

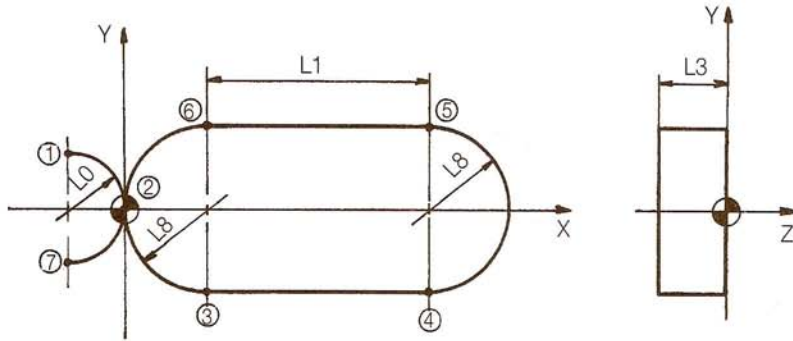
N150 G1 XL101 (2)

N160 G2 XL104 Y-L0 RL8(11)

N170 G40 G Z100

N180 M2

**PROFILS
EXTERIEURS
RECTANGULAIRES
AVEC CONGES**



§779

(PROFIL OBLONG REGULIER)

(COTATION)

L0= _____ (RAYON FRAISE+2)
 L1= _____ (ENTRAXE)
 L3= _____ (PROFONDEUR EN Z)
 L8= _____ (RAYON CONGES)

(OUTIL ET CONDITIONS TECHNOLOGIQUES)

L4= _____ (NO OUTIL)
 L5= _____ (NO CORRECTEUR)
 L6= _____ (V BROCHE)
 L7= _____ (V AVANCE)

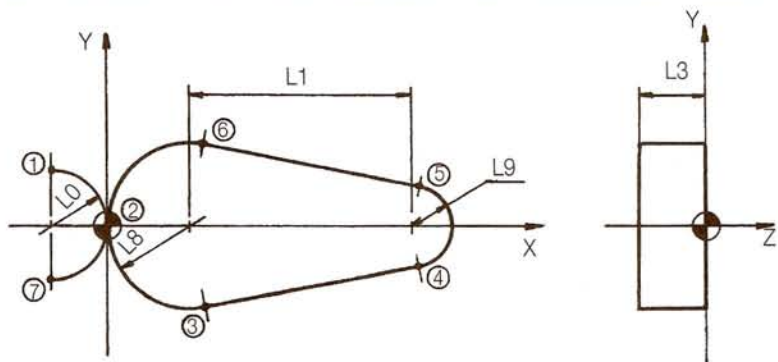
(CALCULS PARAMETRES)

L100=L8+L1 (X4 X5)

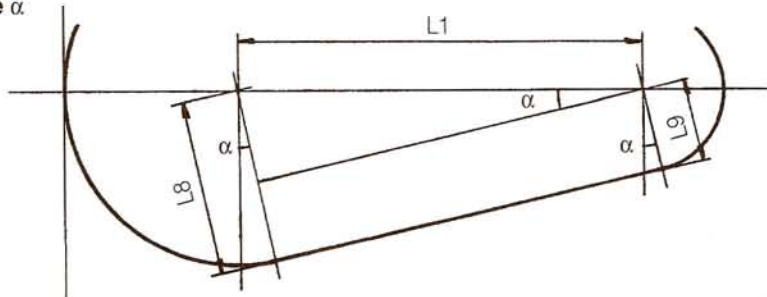
(USINAGE PROFIL)

N10 TL4 DL5 M6
 N20 M3 M40 SL6 FL7
 N30 G X-L0 Y-L0
 N40 Z-L3
 N50 G42 G1 X-L0 YL0 (1)
 N60 G2 X Y RL0 (2)
 N70 G3 XL8 Y-L8 RL8 (3)
 N80 G1 XL100 (4)
 N90 G3 XL100 YL8 RL8 (5)
 N100 G1 XL8 (6)
 N110 G3 X Y RL8 (2)
 N120 G2 X-L0 Y-L0 RL0 (7)
 N170 G40 G Z100
 N180 M2

PROFILS
 OBLONGS
 RÉGULIERS



Calcul de l'angle α



$\sin \alpha = \text{côté opposé/hypoténuse}$

$$\sin \alpha \Rightarrow L100 = L8 - L9 / L1$$

$$\text{côté adjacent} = \sqrt{(\text{hypoténuse})^2 - (\text{côté opposé})^2}$$

$$L101 = L1 * L1 \quad (\text{hypoténuse})^2$$

$$L102 = L8 - L9 \quad (\text{côté opposé})$$

$$L103 = L102 * L102 \quad (\text{côté opposé})^2$$

$$L104 = L101 - L103 \quad (\text{hypoténuse})^2 - (\text{côté opposé})^2$$

$$\text{côté adjacent} \Rightarrow L105 = \sqrt{L104}$$

$\cos \alpha = \text{côté adjacent/hypoténuse}$

$$\cos \alpha \Rightarrow L106 = L105 / L1$$

■ CALCUL DES POINTS PARAMÉTRÉS (1 À 7)

• point 1 :

$$X1 = -(r \text{ outil} + 2) \Rightarrow -L0$$

$$Y1 = r \text{ outil} + 2 \Rightarrow L0$$

• point 2 :

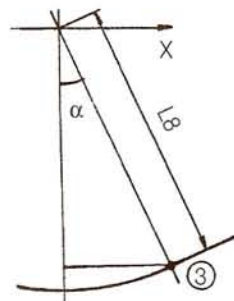
$$X2 = 0 \Rightarrow 0$$

$$Y2 = 0 \Rightarrow 0$$

• point 3 :

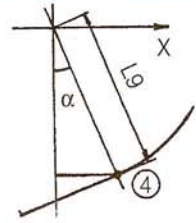
$$X3 = \sin \alpha * r \text{ congé 1} + r \text{ congé 1} \Rightarrow L107 = L100 * L8 + L8$$

$$Y3 = -(\cos \alpha * r \text{ congé 1}) \Rightarrow -L108 = -L106 * L8$$



PROFILS
OBLONGS
IRRÉGULIERS

- point 4 :
 $X4 = \sin \alpha * r \text{ congé } 2 + \text{entraxe} \Rightarrow L109=L100*L9+L1$
 $Y4 = -(\cos \alpha * r \text{ congé } 2) \Rightarrow -L110=L106*L9$
- point 5 : $X5 = X4 \Rightarrow L109$
 $Y5 = Y4 \Rightarrow L110$
- point 6 : $X6 = X3 \Rightarrow L107$
 $Y6 = Y3 \Rightarrow L108$
- point 7 : $X7 = X1 \Rightarrow L0$
 $Y7 = -Y1 \Rightarrow -L0$



Point	1	2	3	4	5	6	7
Coordonnées X	- L0	0	L107	L109	L109	L107	L0
Coordonnées Y	L0	0	- L108	- L110	L110	L108	- L0

■ PROGRAMME

```

%780
(PROFIL OBLONG IRREGULIER)

(COTATION)
L0=_____ (RAYON FRAISE+2)
L1=_____ (ENTRAXE)
L3=_____ (PROFONDEUR EN Z)
L8=_____ (RAYON CONGE 1)
L9=_____ (RAYON CONGE 2)

(OUTIL ET CONDITIONS TECHNOLOGIQUES)
L4=_____ (NO OUTIL)
L5=_____ (NO CORRECTEUR)
L6=_____ (V BROCHE)
L7=_____ (V AVANCE)

(CALCULS PARAMETRES)
L100=L8-L9/L1 (SIN)
L101=L1*L1
L102=L8-L9
L103=L102*L102
L104=L101-L103
L105=RL104 (COTE ADJ)
L106 L105/L1 (COS)
L107=L100*L8+L8
L108=L106*L8
L109=L100*L9+L1
L110=L106*L9

(USINAGE PROFIL)
N10 TL4 DL5 M6
N20 M3 M40 SL6 FL7
N30 G X-L0 Y-L0
N40 Z-L3
N50 G42 G1 X-L0 Y-L0 (1)
N60 G2 X Y RL0 (2)
N70 G3 XL107 Y-L108 RL8 (3)
N80 G1 XL109 Y-L110 (4)
N90 G3 XL102 YL101 RL8 (5)
N100 G1 XL107 YL108 (6)
N110 G3 X Y RL8 (2)
N120 G2 X-L0 Y-L0 RL0 (7)
N170 G40 G Z100
N180 M2
    
```

PROFILS
OBLONGS
IRRÉGULIERS
(suite)

4.4 PROGRAMMATION GÉOMÉTRIQUE DE PROFIL (PGP)

4.4.1 PRINCIPES GÉNÉRAUX

Sur les directeurs de commande NUM, il est possible de programmer tout ou partie d'un profil de pièce constitué d'éléments géométriques.

Le système permet donc l'écriture de programmes pièces en utilisant directement les cotes du dessin de définition ; Il effectue les calculs de points de raccordement, de contact ou d'intersection non définis par le dessin entre deux éléments du profil de la pièce :

- droite - droite,
- cercle - cercle,
- droite - cercle.

La PGP peut être utilisée conjointement avec la méthode classique de programmation ISO. Elle est effectuée obligatoirement en absolu (G90).

La programmation s'effectue par blocs, chaque bloc comportant nécessairement un élément géométrique (segment de droite, arc de cercle).

Un élément géométrique peut être entièrement défini dans le bloc (cotes extrêmes d'une droite, points d'un arc de cercle et coordonnées du centre).

Un élément géométrique peut être incomplètement défini. Dans ce cas, le complément d'information doit se trouver dans le ou les deux blocs suivants.

FONCTIONS CARACTÉRISANT UN ÉLÉMENT GÉOMÉTRIQUE

X Y Z	Coordonnées du point d'arrivée d'une droite ou d'un cercle.
EA	Angle d'une droite.
IJK	Coordonnées du centre d'un cercle.
R	Rayon d'un cercle.
EB+	Congé. Le bloc dans lequel est programmée cette fonction et le bloc suivant sont raccordés par un congé.
EB-	Chanfrein. Le bloc dans lequel est programmée cette fonction et le bloc suivant sont raccordés par un chanfrein.
ET	Élément tangent. Le bloc dans lequel est programmée cette fonction et le bloc suivant sont tangents. La programmation de ET est obligatoire lorsque c'est la seule fonction du bloc qui caractérise l'élément géométrique. Dans les autres cas, la programmation de ET est facultative.
ES	Élément sécant. Le bloc dans lequel est programmée cette fonction et le bloc suivant sont sécants. Lorsque deux éléments sécants ont un point d'intersection non programmé, la fonction ES est obligatoirement programmée dans le premier bloc.
E±	Discriminant. Lorsque la programmation d'un bloc laisse le choix entre deux solutions possibles, le discriminant E+ ou E- permet de lever l'indétermination. La programmation du discriminant peut être incluse dans les fonctions ET et ES : ES- équivaut à ES E- ET+ équivaut à ET E+ Lorsqu'il s'agit d'une intersection droite-cercle, deux solutions sont possibles et la programmation du discriminant est obligatoire. Lorsqu'il s'agit d'éléments tangents, plusieurs solutions sont possibles. Le système ne réalise que des tangences de même direction (sans rebroussement), ce qui ramène à deux le nombre possible de solutions. Lorsque deux solutions sont possibles (création d'un arc de cercle > 180° ou < 180°), la programmation du discriminant est facultative, car par défaut le système choisit le plus petit arc de cercle.

4.4.2 ÉLÉMENTS DE PROGRAMMATION DES BLOCS EN PGP

**PROGRAM-
MATION DES
BLOCS, CHOIX
DU
DISCRIMINANT**

L'ensemble des blocs nécessaire et suffisant qui permet au système de calculer toutes les coordonnées d'un élément géométrique (point d'arrivée et/ou centre de cercle) constitue une entité géométrique.

Elle a pour origine le point de départ de son premier élément qui est :

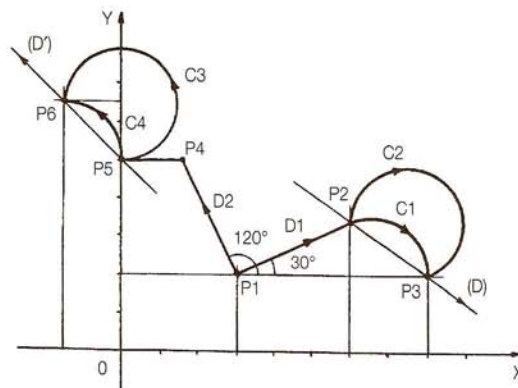
- soit programmé dans le bloc précédent ;
- soit déjà calculé par le système, le premier bloc d'une entité géométrique pouvant être le dernier de l'entité précédente.

Lorsqu'un discriminant détermine un élément d'une entité géométrique, il doit être programmé dans le premier bloc de l'entité. Les signes + et - précisent les positions d'un point caractéristique (intersection, tangence, centre de cercle) de l'une et l'autre solution par rapport à une droite orientée (D).

Toutes les constructions qui suivent sont réalisées en système de coordonnées XY. Les constructions en ZX seront identiques au changement de repère près.

**ÉLÉMENT
GÉOMÉTRIQUE
COMPLÈTEMENT
DÉTERMINÉ
DANS UN BLOC**

P.G.P.	Exemples	Repères	
EA.. X.. E-	X30 Y20 Z G1 EA30 X60 G2 X80 Y20 R15 E-	P1 D1 P2 C1 P3	arc < 180°
EA.. X.. E+	X30 Y20 Z G1 EA30 X60 G2 X80 Y20 R15 E+	P1 D1 P2 C2 P3	arc > 180°
EA.. Y.. E-	X30 Y20 Z G1 EA120 Y50 X G3 X-15 Y65 R15 E-	P1 D2 P4 P5 C3 P5	arc > 180°
EA.. Y.. E+	X30 Y20 Z G1 EA120 Y50 X G3 X-15 Y65 R15 E+	P1 D2 P4 P5 C4 P5	arc < 180°



Le premier bloc est une droite.
Le point de départ est défini.

ÉLÉMENT
GÉOMÉTRIQUE
DÉTERMINÉ
PAR LA
CONNAISSANCE
DU OU DES
BLOCS
SUIVANTS

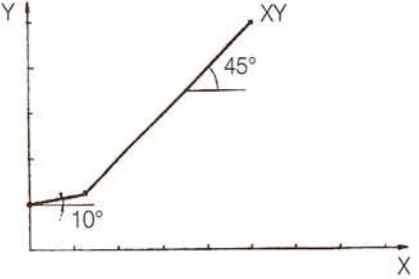
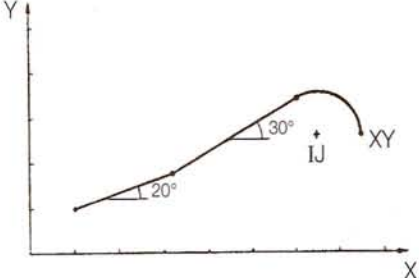
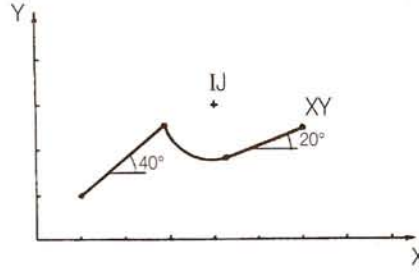
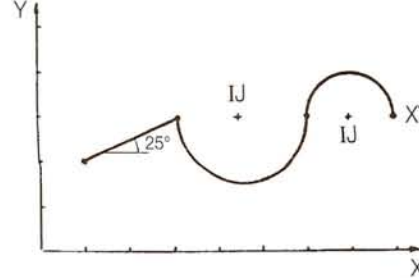
1 ^{er} bloc	2 ^e bloc	3 ^e bloc	Type de courbes
$G1\ EA.. ES$	$EA.. X.. Y..$ $EA..$	$G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} I.. J.. \begin{Bmatrix} R.. \\ X.. Y.. \end{Bmatrix}$	$dr \neq dr$ $dr \neq dr/cer$
$G1\ EA.. ES \begin{Bmatrix} + \\ - \end{Bmatrix}$	$G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} I.. J.. \begin{Bmatrix} R.. \\ X.. Y.. \end{Bmatrix}$ $G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} I.. J..$ $G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} I.. J.. ET \begin{Bmatrix} + \\ - \end{Bmatrix}$	$G1\ EA.. X.. Y..$ $G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} I.. J.. \begin{Bmatrix} R.. \\ X.. Y.. \end{Bmatrix}$	$dr \neq cer$ $dr \neq cer/dr$ $dr \neq cer/cer$
$G1\ EA.. [ET]$	$G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} I.. J..$ $G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} R..$	$G1\ EA.. X.. Y..$	dr/cer $dr/cer/dr$
$G1\ EA.. [ET \begin{Bmatrix} + \\ - \end{Bmatrix}]$	$G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} R.. X.. Y..$ $G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} R..$	$G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} I.. J.. \begin{Bmatrix} R.. \\ X.. Y.. \end{Bmatrix}$	dr/cer $dr/cer/cer$
$G1\ ET$	$G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} I.. J.. \begin{Bmatrix} R.. \\ X.. Y.. \end{Bmatrix}$ $G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} I.. J..$ $G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} I.. J.. ET \begin{Bmatrix} + \\ - \end{Bmatrix}$	$G1\ EA.. X.. Y..$ $G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} I.. J.. \begin{Bmatrix} R.. \\ X.. Y.. \end{Bmatrix}$	dr/cer $dr/cer/dr$ $dr/cer/cer$

Le premier bloc est un cercle.
Le point de départ est défini.

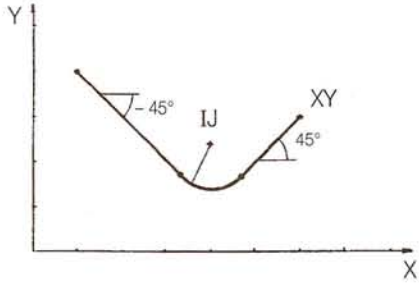
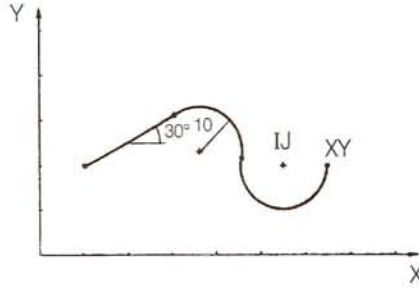
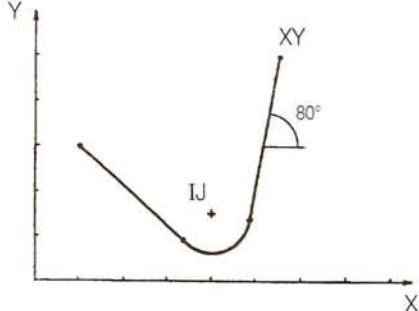
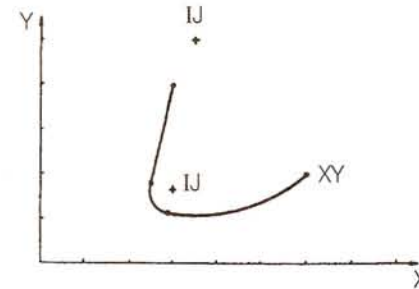
ÉLÉMENT
GÉOMÉTRIQUE
DÉTERMINÉ
PAR LA
CONNAISSANCE
DU OU DES
BLOCS
SUIVANTS
(suite)

1 ^{er} bloc	2 ^e bloc	3 ^e bloc	Type de courbes
$G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} \rightarrow I.. J.. \left[ET \right]$	$G1 \begin{Bmatrix} EA.. \\ X.. \\ Y.. \\ EA.. X.. \\ EA.. Y.. \\ X.. Y.. \end{Bmatrix}$ $G1 ET$	$G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} \rightarrow I.. J.. \left[\begin{matrix} R.. \\ X.. Y.. \end{matrix} \right]$	cer/dr cer/dr/cer
$G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} \rightarrow I.. J.. \left[ET \begin{matrix} + \\ - \end{matrix} \right]$	$G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} \rightarrow I.. J..$ $G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} \rightarrow R.. X.. Y..$ $G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} \rightarrow R..$	$G1 EA.. X.. Y..$ $G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} \rightarrow I.. J.. \left[\begin{matrix} R.. \\ X.. Y.. \end{matrix} \right]$	cer/cer cer/cer cer/cer/dr cer/cer/cer
$G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} \rightarrow I.. J.. ES \begin{matrix} + \\ - \end{matrix}$	$G EA.. X.. Y..$ $G1 EA..$ $G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} \rightarrow I.. J.. \left[\begin{matrix} R.. \\ X.. Y.. \end{matrix} \right]$ $G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} \rightarrow I.. J..$ $G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} \rightarrow I.. J.. \left[ET \begin{matrix} + \\ - \end{matrix} \right]$	$G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} \rightarrow I.. J.. \left[\begin{matrix} R.. \\ X.. Y.. \end{matrix} \right]$ $G1 EA.. X.. Y..$ $G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} \rightarrow I.. J.. \left[\begin{matrix} R.. \\ X.. Y.. \end{matrix} \right]$	cer ≠ dr cer ≠ dr/cer cer ≠ cer cer ≠ cer/dr cer ≠ cer/cer
$G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} \rightarrow R.. \left[ET \begin{matrix} + \\ - \end{matrix} \right]$	$G1 EA.. X.. Y..$ $G1 EA..$ $G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} \rightarrow I.. J.. \left[\begin{matrix} R.. \\ X.. Y.. \end{matrix} \right]$ $G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} \rightarrow I.. J..$ $G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} \rightarrow I.. J.. \left[ET \begin{matrix} + \\ - \end{matrix} \right]$	$G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} \rightarrow I.. J.. \left[\begin{matrix} R.. \\ X.. Y.. \end{matrix} \right]$ $G1 EA.. X.. Y..$ $G \begin{Bmatrix} 2 \\ 3 \end{Bmatrix} \rightarrow I.. J.. \left[\begin{matrix} R.. \\ X.. Y.. \end{matrix} \right]$	cer/dr cer/dr/cer cer/cer cer/cer/dr cer/cer/cer

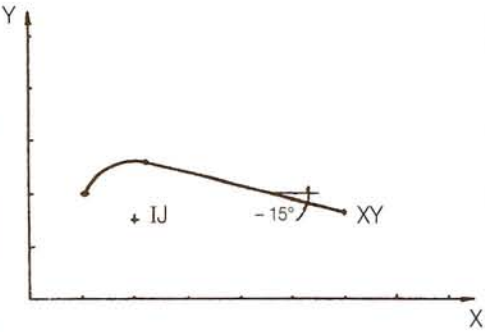
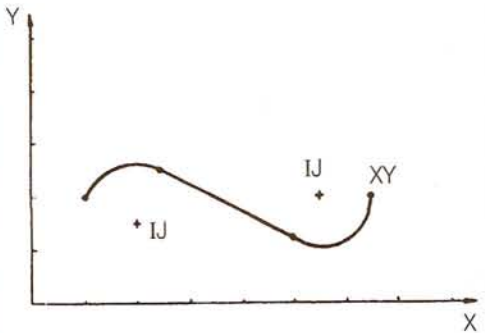
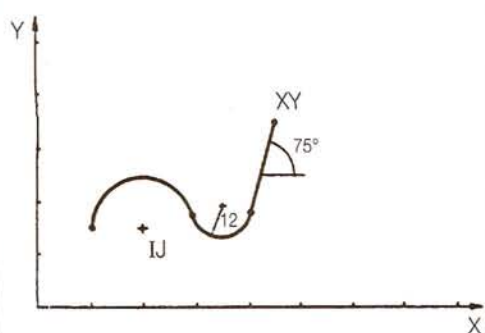
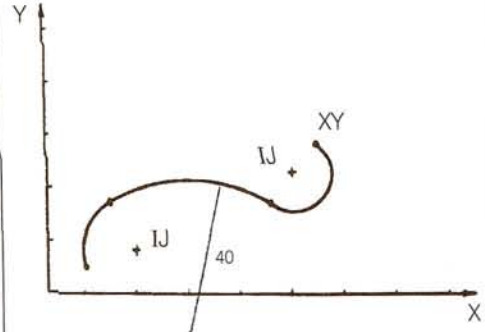
CONSTRUCTION
DE PROFILS :
EXEMPLES
NUMÉRIQUES

Exemples de P.G.P.	Représentation
<p style="text-align: center;">droite - droite</p> <pre> X Y10 Z G1 EA10 ES (D) EA45 X50 Y50 (D) </pre>	
<p style="text-align: center;">droite - droite - cercle</p> <pre> X10 Y10 Z G1 EA20 ES (D) EA30 (D) G2 I65 J26 X75 Y26 (C) </pre>	
<p style="text-align: center;">droite - cercle - droite</p> <pre> X10 Y10 Z G1 EA40 ES- (D) G3 I40 J30 (C) G1 EA20 X60 Y25 (D) </pre>	
<p style="text-align: center;">droite - cercle - cercle</p> <pre> X10 Y20 Z G1 EA25 ES- (D) G3 I45 J30 ET+ (C) G2 I70 J30 X80 Y30 (C) </pre>	

CONSTRUCTION
DE PROFILS :
EXEMPLES
NUMÉRIQUES
(suite)

Exemples de P.G.P.	Représentation
<p style="text-align: center;">droite - cercle - droite</p> <pre> X10 Y40 Z G1 EA-45 ET (D) G3 R10 (C) G1 EA45 X60 Y30 (D) </pre>	 <p>The graph shows a coordinate system with X and Y axes. A profile is drawn starting with a straight line segment at a -45 degree angle. This is followed by a circular arc with its center marked as 'IJ'. The profile then continues with a straight line segment at a 45 degree angle. The end of the profile is labeled 'XY'.</p>
<p style="text-align: center;">droite - cercle - cercle</p> <pre> X10 Y20 Z G1 EA30 ET- (D) G2 R10 (C) G3 I55 J20 X65 Y20 (C) </pre>	 <p>The graph shows a coordinate system with X and Y axes. A profile is drawn starting with a straight line segment at a 30 degree angle. This is followed by a circular arc with its center marked as 'IJ'. The profile then continues with another circular arc. The end of the profile is labeled 'XY'.</p>
<p style="text-align: center;">droite - cercle - droite</p> <pre> X10 Y30 Z G1 ET (D) G3 I40 J15 (C) G1 EA80 X55 Y50 (D) </pre>	 <p>The graph shows a coordinate system with X and Y axes. A profile is drawn starting with a straight line segment. This is followed by a circular arc with its center marked as 'IJ'. The profile then continues with a straight line segment at an 80 degree angle. The end of the profile is labeled 'XY'.</p>
<p style="text-align: center;">droite - cercle - cercle</p> <pre> X30 Y40 Z G1 ET (D) G3 I30 J17 ET- (C) G3 I35 J50 X60 Y20 (C) </pre>	 <p>The graph shows a coordinate system with X and Y axes. A profile is drawn starting with a straight line segment. This is followed by a circular arc with its center marked as 'IJ'. The profile then continues with another circular arc. The end of the profile is labeled 'XY'.</p>

CONSTRUCTION
DE PROFILS :
EXEMPLES
NUMÉRIQUES
(suite)

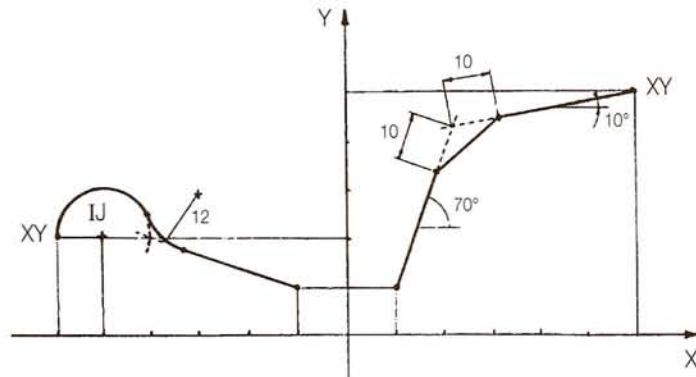
Exemples de P.G.P.	Représentation
<p>cercle - droite</p> <pre>X10 Y20 Z G2 I20 J15 ET (C) G1 EA-15 X60 (D)</pre>	
<p>cercle - droite - cercle</p> <pre>X10 Y20 Z G2 I20 J15 ET (C) G1 ET (D) G3 I55 J20 X65 Y20 (C)</pre>	
<p>cercle - cercle - droite</p> <pre>X10 Y15 Z G2 I20 J15 ET (C) G3 R6 (C) G1 EA75 X45 Y35 (D)</pre>	
<p>cercle - cercle - cercle</p> <pre>X10 Y5 Z G2 I20 J8 ET- (C) G2 R40 (C) G3 I50 J23 X55 Y28 (C)</pre>	

Exemples de P.G.P.	Représentation
<p>cercle - cercle - cercle</p> <pre>X10 Y10 Z G2 I25 J5 ES+ (C) G3 I40 J20 ET (C) G2 I62 J17 X70 Y15 (C)</pre>	
<p>cercle - cercle - droite</p> <pre>X20 Y10 Z G2 R15 ET+ (C) G3 I43 J20 ET+ (C) G1 EA45 X65 Y35 (D)</pre>	

Il est possible d'insérer un chanfrein entre deux droites successives et un congé entre deux éléments quelconques.

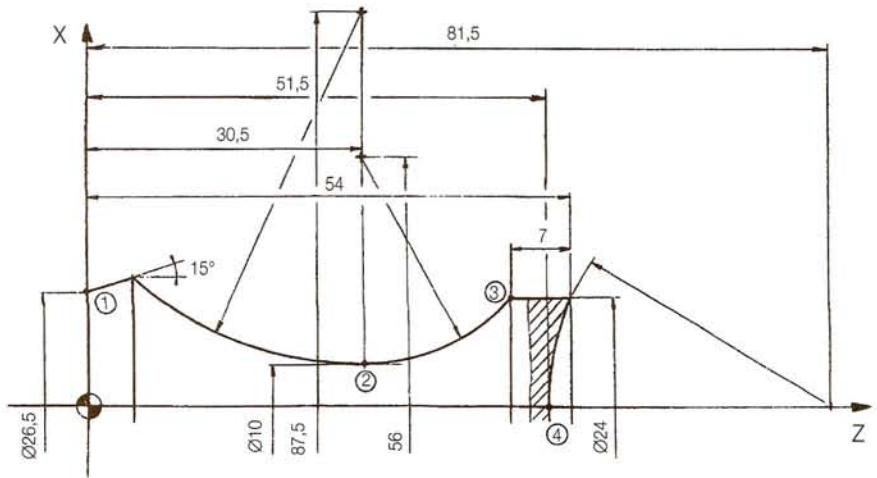
CONSTRUCTION DE PROFILS : EXEMPLES NUMÉRIQUES (suite)

P.G.P.	Exemples
<pre>G1 EA.. ES EB-.. G1 EA.. X.. Y..</pre>	<pre>X10 Y10 Z G1 EA70 ES EB-10 (D+chanfrein) G1 EA10 X60 Y50 (D)</pre>
<pre>G1 EA.. ES- EB+.. G3 I.. J.. X.. Y..</pre>	<pre>X-10 Y10 Z G1 EA160 ES- EB+12 (D+congé) G3 I-50 J20 X-60 Y20 (C)</pre>



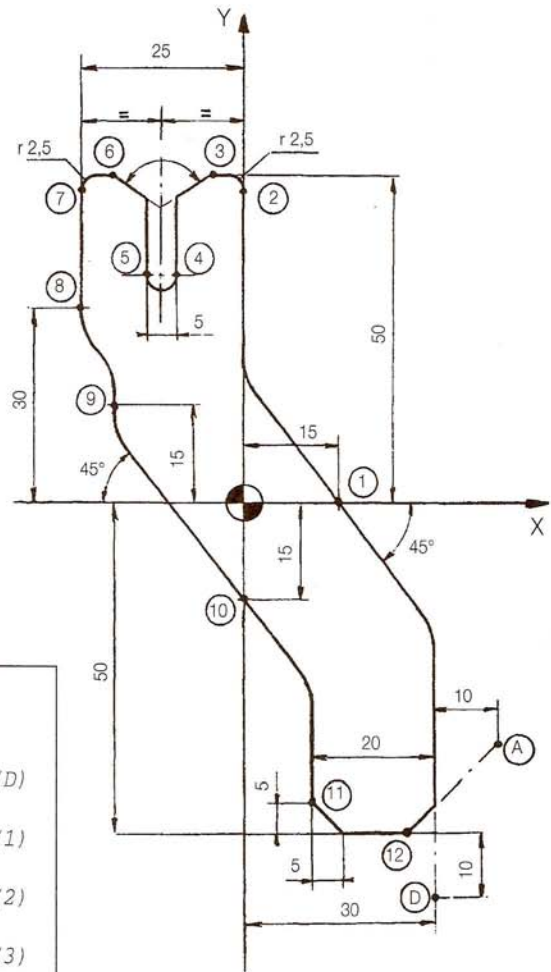
Remarque : tous ces exemples numériques peuvent être entrés sur une NUM 760F munie de la P.G.P. (rajouter M2 en fin de programme).

4.4.3 APPLICATIONS : PIÈCE DE JEU D'ÉCHECS – BIELLETTE



PIÈCE DE JEU
D'ÉCHECS

§666	
(ECHEC-TOUR)	
(PROFIL)	
N10 X26.5 Z	(1)
N20 G1 EA15 ES-	
N30 G3 I87.5 K30.5 X10 Z30.5	(2)
N40 G3 I56 K30.5 X24 Z47	(3)
N50 G1 EA ES-	
N60 G3 X I K81.5 X Z54	(4)
N70 M2	



BIELLETE

§888	
(BIELLETE)	
(PROFIL)	
N10 X30 Y-60 Z	(D)
N20 G1 EA90 ES EB+10	
N30 EA135 X15 Y	(1)
N40 EA135 ES EB+10	
N50 EA90 X Y47.5	(2)
N60 G3 X-2.5 Y50 R2.5	
N70 G1 X-5	(3)
N80 EA-150 ES	
N90 EA-90 X-10 Y35	(4)
N100 G2 X-15 Y35 R2.5	(5)
N110 G1 EA90 ES	
N120 EA150 X-20 Y50	(6)
N130 X-22.5	
N140 G3 X-25 Y 47.5 R2.5	(7)
N150 G1 Y30	(8)
N160 G3 I-15 J30 ET+	
N170 G2 R10	
N180 G1 EA-90 X-20 Y15	(9)
N190 EA-90 ES EB+10	
N200 EA-45 X Y-15	(10)
N210 EA-45 ES EB+10	
N220 EA-90 X10 Y-45	(11)
N230 X15 Y-50	
N240 X25	(12)
N250 EA45 X40	(A)
N260 M2	

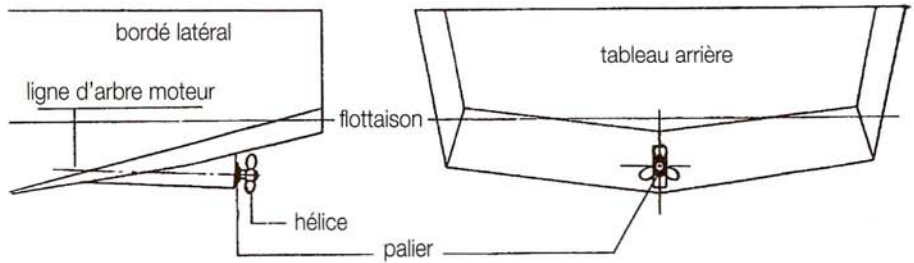
5 ÉTUDES DE CAS

5.1 PALIER

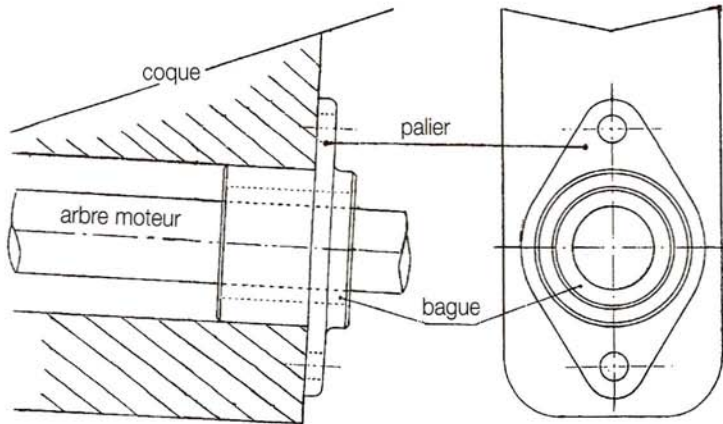
5.1.1 MISE EN SITUATION

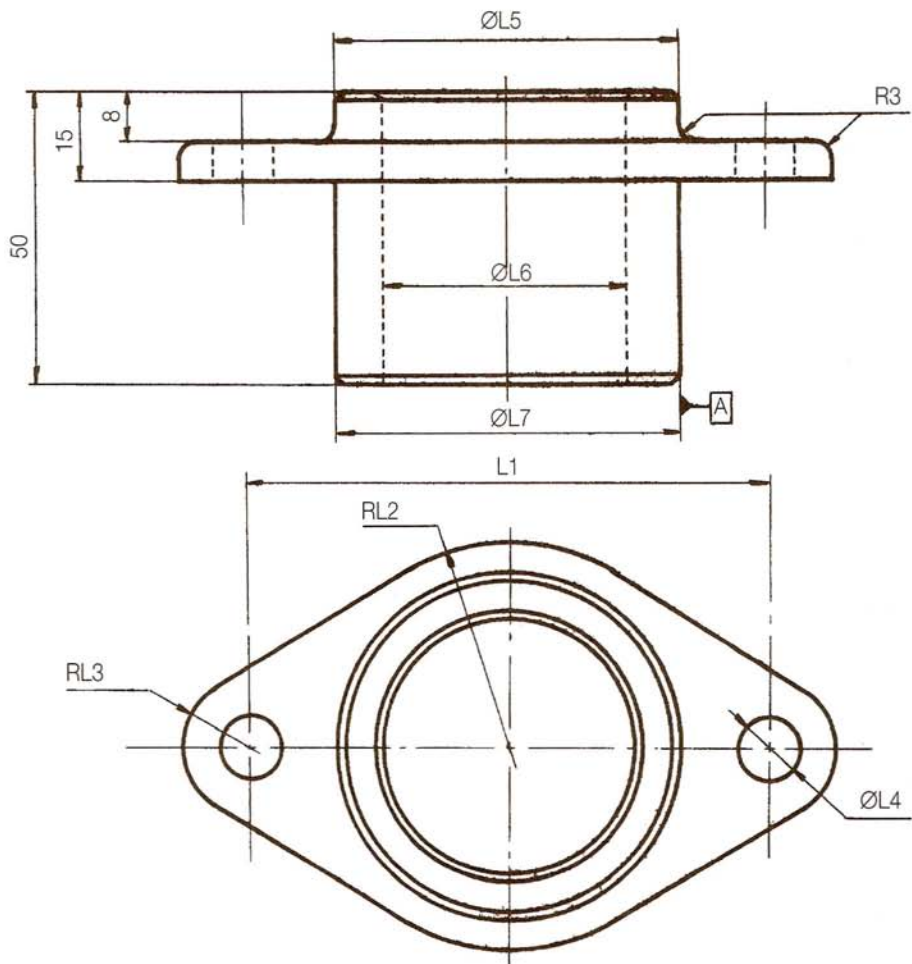
La sortie de coque d'une ligne d'arbre d'un moteur de bateau (vedette, voilier) s'effectue par l'intermédiaire d'un palier (la portée de l'arbre est réalisée par une bague hydrolubrifiée emmanchée dans le palier).

Le palier en acier inox 34 Cr Ni Mo 6 constitue une famille de trois pièces, acceptant trois diamètres d'arbre moteur ($\varnothing 20$, $\varnothing 30$ et $\varnothing 40$).



PRÉSENTATION





DESSIN DE DÉFINITION

tolérances JS js 15 symétrie/A : 0,5
 chanfreins : 1,5 à 45°
 matière : 34 Cr Ni Mo 6

		Paramètres						
		L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7
Palier	P1	80	30	10	7	50	30 M7	49,8
	P2	90	35	12	11	60	40 M7	59,8
	P3	100	40	14	15	70	50 M7	69,8

DESCRIPTION
DU PROCESSUS
D'USINAGE

■ PROCESSUS

Phases	Usinage
Phase 100 Sciage	- Longueur $51 \begin{smallmatrix} +1 \\ 0 \end{smallmatrix}$
Phase 200 Tournage	- $\varnothing(2 * L3 + L1 + 2)$ - Dressage longueur 50
Phase 300 Tournage CNC	- Centrage $\varnothing L6$ - Perçage $\varnothing L6-5$ - Profil A ($\varnothing L7$ et cote 50-15) Retournement
Phase 400 Tournage CNC	- Profil B ($\varnothing L5$ et cote 8) - Alésage $\varnothing L6$
Phase 500 Fraisage CNC	- Détourage du profil P - Arrondi rayon R3 - Pointage 2 trous $\varnothing L4$ - Perçage 2 trous $\varnothing L4$

■ LIMITES DE L'ÉTUDE

Les phases - 100 Sciage et 200 Tournage - sont exécutées sur machines-outils conventionnelles.

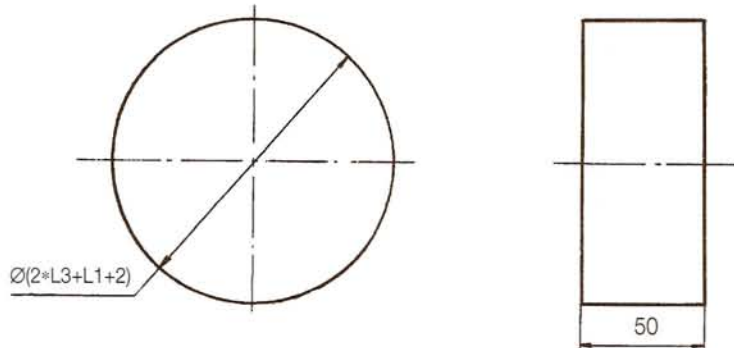
L'étude est limitée à :

- la phase 300 Tournage et 400 Tournage. Elles sont réalisées sous une MOCNC 2 axes (tour à commande numérique) équipée d'une NUM 760.
- la phase 500 Fraisage. Elle est réalisée sur une MOCNC 3 axes (centre d'usinage vertical) équipée d'une NUM 760.

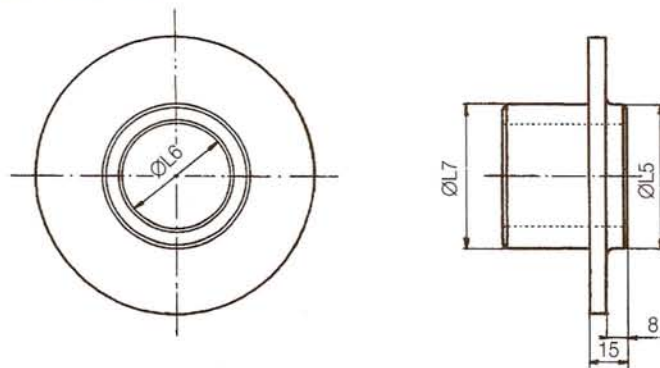
5.1.2 ÉTUDE PHASES 300 ET 400 (TOURNAGE CN)

ÉTAT DE
TRANSFORMATION
DU PRODUIT

■ PIÈCE ENTRÉE MACHINE

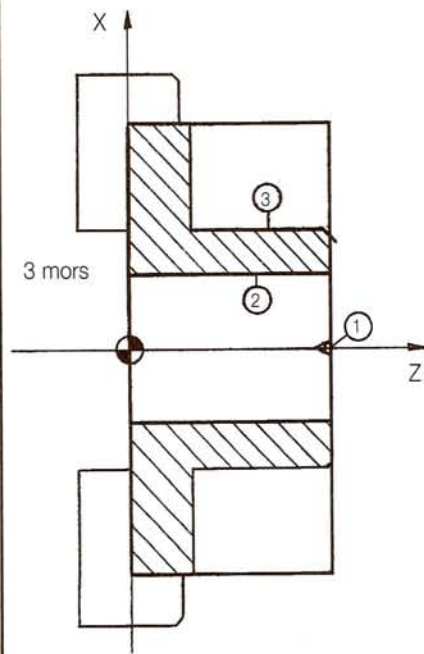


■ PIÈCE SORTIE MACHINE



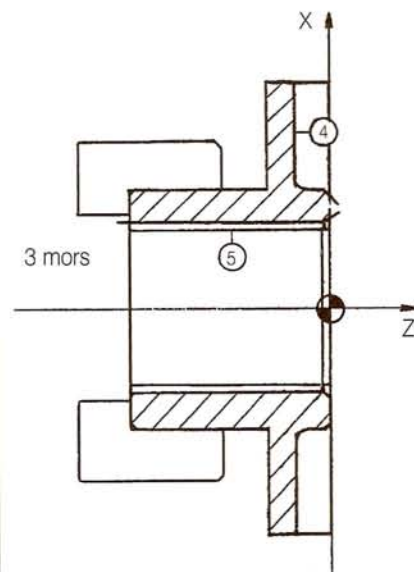
■ PHASE 300

- ① centrage
- ② perçage
- ③ profil A



■ PHASE 400

- ④ profil B
- ⑤ alésage



MONTAGE DE
LA PIÈCE ET
REPERAGE DES
USINAGES

Pièce : palier
Machine : HES 600

OUTILLAGE ET
OPÉRATIONS
ASSOCIÉES

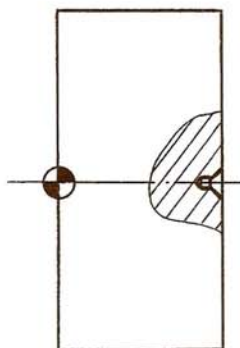
Opérations réalisées	Outils utilisés	Phases	Repères, formes usinées
Centrage	foret à centrer 8 × 3 (ARS) 2 dents	300	①
Perçage	foret Ø25, 35 ou 45 (ARS) 2 dents	300	②
Profil A	outil à dresser (r 0,8) pour ébauche outil à dresser (r 0,4) pour finition	300	③
Profil B	outil à dresser (r 0,8) pour ébauche outil à dresser (r 0,4) pour finition	400	④
Alésage	outil à aléser (r 0,4) pour ébauche/finition	400	⑤

**CHRONOLOGIE
DES
OPÉRATIONS ET
CONDITIONS
OPÉRATOIRES
ASSOCIÉES**

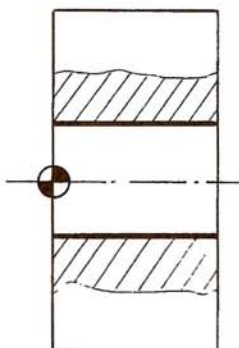
Chronologie des opérations	N en tr · min ⁻¹	Vc en m · min ⁻¹	Avance en mm · tr ⁻¹
1 - Centrage	1 000	10	0,1
2 - Perçage	P1	155	0,1
	P2	110	0,1
	P3	85	0,1
3 - Profil A	ébauche	Vcc = 80	0,2
	finition	Vcc = 100	0,1
Retournement			
4 - Profil B	ébauche	Vcc = 80	0,2
	finition	Vcc = 100	0,1
5 - Alésage	ébauche	Vcc = 80	0,2
	finition	Vcc = 100	0,1

**DÉTAILS
D'USINAGE**
■ PHASE 300 (Pièce : palier ; machine : HES 600)

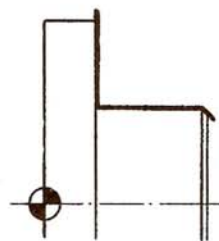
Centrage : ①



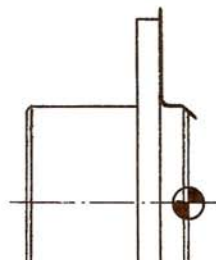
Perçage : ②



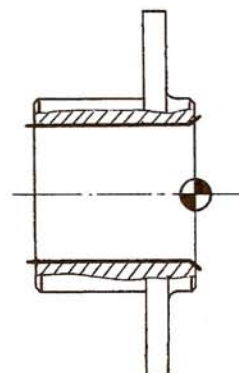
Profil A : ③


■ PHASE 400 (Pièce : palier ; machine : HES 600)

Profil B : ④



Alésage : ⑤

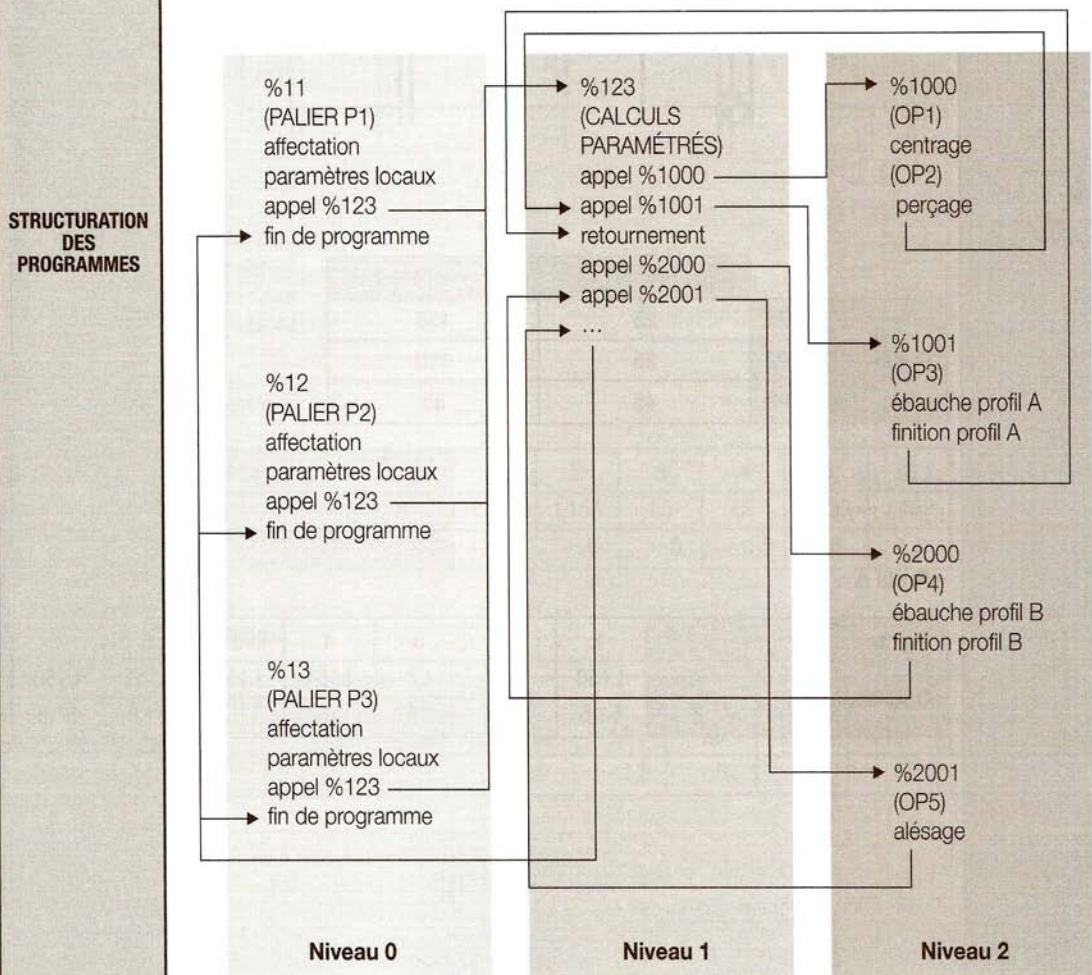


5.1.3 PROGRAMMATION PHASES 300 ET 400 (TOURNAGE CN)

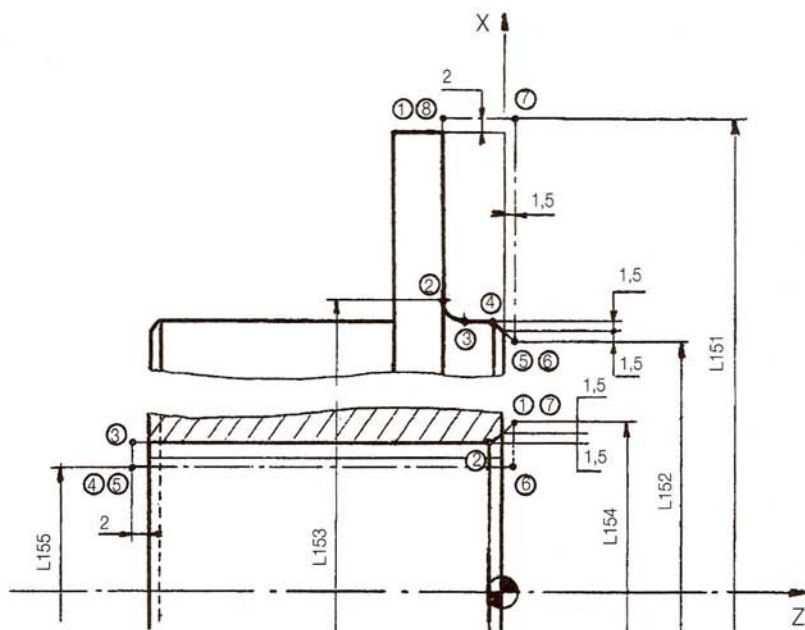
■ IDENTIFICATION DES PROGRAMMES ET NIVEAUX

Niveau 0	%11 Affectation paramètres Palier P1 %12 Affectation paramètres Palier P2 %13 Affectation paramètres Palier P3
Niveau 1	%123 Calculs sur les paramètres
Niveau 2	%1000 Centrage et perçage %1001 Ébauche et finition profil A %2000 Ébauche et finition profil B %2001 Alésage

■ PROGRAMMES STRUCTURÉS



■ PHASE 400



**CALCUL DES
POINTS
PARAMÉTRÉS**
(suite)

$$L152=L5-6$$

$$L153=L5+6$$

$$L154=L6+6$$

$$L155=L6-4$$

• Profil B

Points		1	2	3	4	5	6	7	8
Coordonnées	X	L151	L153	L5	L5	L152	L152	L151	L151
	Z	-8	-8	-5	-1,5	1,5	1,5	1,5	-8

• Alésage

Points		1	2	3	4	5	6	7
Coordonnées	X	L154	L6	L6	L155	L155	L155	L154
	Z	1,5	-1,5	-52	-52	-52	1,5	1,5

■ PROGRAMMES DE NIVEAU 0

```

%11
(PALIER P1)
L1=80
L3=10
L5=50
L6=29.987 (30 M7)
L7=49.8
L18=6 (T6 FORET Ø25)
L19=155 (S TR/MIN)
N10 G77 H123
N20 M2

```

```

%12
(PALIER P2)
L1=90
L3=12
L5=60
L6=39.987 (40 M7)
L7=59.8
L18=8 (T8 FORET Ø35)
L19=110 (S TR/MIN)
N10 G77 H123
N20 M2

```

```

%13
(PALIER P3)
L1=100
L3=14
L5=70
L6=49.987 (50 M7)
L7=69.8
L18=10 (T10 FORET Ø45)
L19=85 (S TR/MIN)
N10 G77 H123
N20 M2

```

LISTING
COMPLET DES
PROGRAMMES

■ PROGRAMMES DE NIVEAU 1

```

%123
(CALCULS PARAMETRES)
L150=L7-6
L151=2*L3+L1+4
L152=L5-6
L153=L5+6
L154=L6+6
L155=L6-4
N10 G77 H2000
N20 M0 (RETOURNEMENT)
N30 G77 H2001

```

■ PROGRAMMES DE NIVEAU 2

§1000
 (OP1 CENTRAGE)
 N10 T2 D2 M6
 N20 G X Z52
 N30 G97 S1000 M3 M40
 N40 G95 F.1
 N50 G1 X Z45
 N60 G Z52
 (OP2 PERCAGE)
 N70 G52 X Z
 N80 TL18 DL18 M6
 N90 G X Z52
 N100 G97 SL19 M3 M40
 N110 G83 X Z-14 P20
 N120 G80 G X Z55
 N130 G52 X Z

§2000
 (OP4 PROFIL B)
 N10 T1 D1 M6
 N20 G59 X Z50
 N30 G XL151 Z1.5
 N40 G96 S80 M3 M40
 N50 G79 N110
 (PROFIL FINI)
 N60 XL151 Z-8 (1)
 N70 XL153 (2)
 N80 G3 XL5 Z-5 R3 (3)
 N90 G1 Z-1.5 (4)
 N100 XL152 Z1.5 (5)
 (EBAUCHE)
 N110 G64 N100 N60 I.5 K.4 R2 F.2
 (PROFIL BRUT)
 N120 XL152 Z1.5 (6)
 N130 XL151 (7)
 N140 Z-8 (8)
 N150 G80 G97 S500
 N160 G G52 X Z
 (FINITION)
 N170 T3 D3 M6
 N180 G42 XL151 Z-8
 N190 G96 S100 F.1
 N200 G1 G77 N60 N100
 N190 G97 S500
 N200 G40 G G52 X Z

§1001
 (OP3 PROFIL A)
 N10 T1 D1 M6
 N20 G XL151 Z1.5
 N30 G96 S80 M3 M40
 N40 G79 N90
 (PROFIL FINI)
 N50 XL150 Z51.5 (1)
 N60 XL7 Z48.5 (2)
 N70 Z15 (3)
 N80 XL151 (4)
 (EBAUCHE)
 N90 G64 N80 N50 I.5 K.4 P2 F.2
 (PROFIL BRUT)
 N100 L151 Z15 (5)
 N110 Z51.5 (6)
 N120 XL150 (7)
 N130 G80 G97 S500
 N140 G G52 X Z
 (FINITION)
 N150 T3 D3 M6
 N160 G42 XL150 Z51.5
 N170 G96 S100 F.1
 N180 G1 G77 N50 N80
 N190 G97 S500
 N200 G40 G G52 X Z

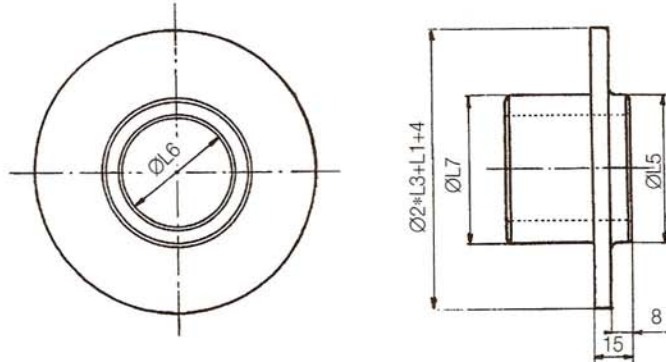
§2001
 (OP5 ALESAGE)
 N10 T4 D4 M6
 N20 G59 X Z50
 N30 G XL154 Z1.5
 N40 G96 S80 M3 M40
 N50 G79 N100
 (PROFIL FINI)
 N60 XL154 Z1.5 (1)
 N70 XL6 Z-1.5 (2)
 N80 Z-52 (3)
 N90 XL155 (4)
 (EBAUCHE)
 N100 G64 N90 N60 I.5 K.4 P1 F.2
 (PROFIL BRUT)
 N110 XL155 Z-52 (5)
 N120 Z1.5 (6)
 N130 XL154 (7)
 N140 G80 G X Z5
 (FINITION)
 N150 G96 S100 F.1
 N160 G1 G77 N60 N90
 N170 G Z5
 N180 G52 X Z

LISTING
 COMPLET DES
 PROGRAMMES
 (suite)

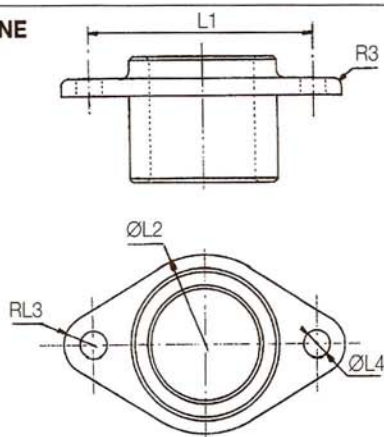
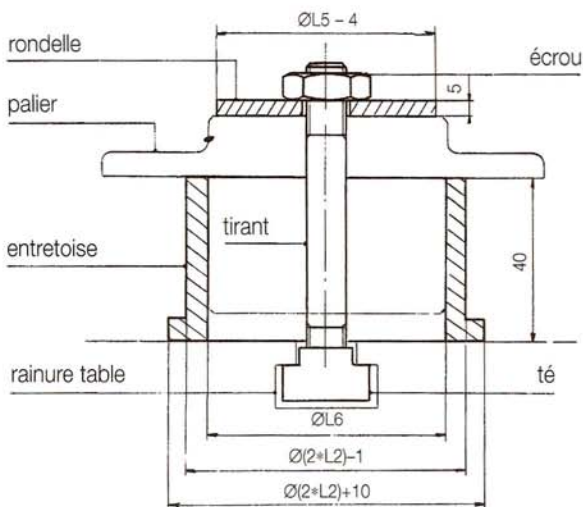
5.1.4 ÉTUDE PHASE 500 (FRAISAGE CN)

ÉTAT DE
TRANSFORMATION
DU PRODUIT

■ PIÈCE ENTRÉE MACHINE



■ PIÈCE SORTIE MACHINE

MONTAGE
DE LA PIÈCE

Même tirant et écrou pour P1, P2 et P3.
Entretoises et rondelles différentes pour P1, P2 et P3 selon cotation paramétrée.

Pièce : palier
Machine : CV600 Vernier
Phase : 500

OUTILLAGE ET
OPÉRATIONS
ASSOCIÉES

Opérations réalisées	Outils utilisés	Repères, formes usinées
Détourage du profil P	fraise 2T Ø14 (ARS) 4 dents	①
Rayon R3	fraise concave Ø12 r3 (ARS) 3 dents	②
Centrage	foret à centrer 8 × 3 (ARS) 2 dents	③
Perçage	foret Ø7, 11 ou 15 (ARS) 2 dents	④

CHRONOLOGIE
DES
OPÉRATIONS ET
CONDITIONS
OPÉRATOIRES
ASSOCIÉES

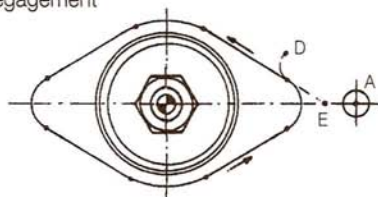
Chronologie des opérations	N en tr · min ⁻¹	Vc en m · min ⁻¹	Avance en mm · min ⁻¹
1 - Détourage profil P	500	22	100
2 - Rayon R3	500	18	100
3 - Centrage	1 000	10	100
4 - Perçage P1	500	11	55
P2	320	11	50
P3	235	11	40

Pièce : palier
Machine : CV600 Vernier
Phase : 500

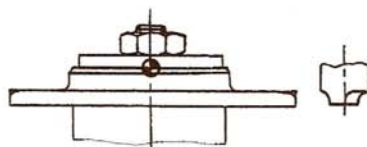
DÉTAILS
D'USINAGE

Détourage du profil P : ①

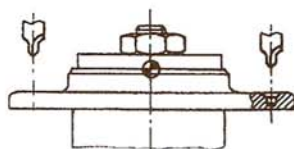
A : approche
E : engagement
D : dégagement



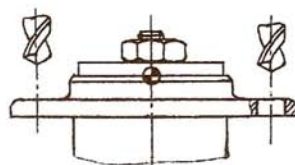
Rayon R3 : ②



Centrage : ③



Perçage : ④

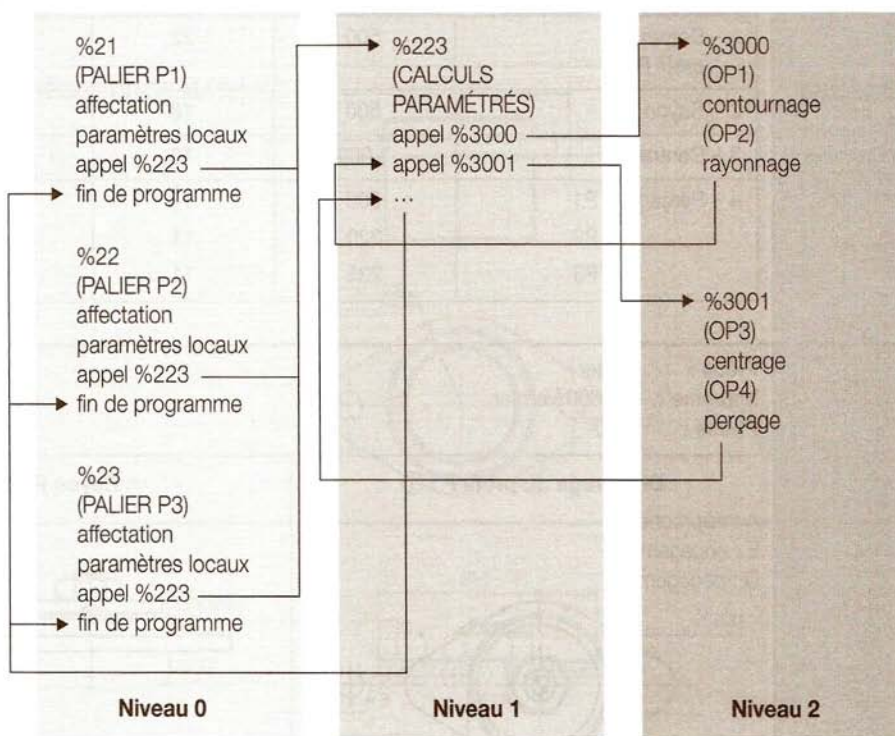
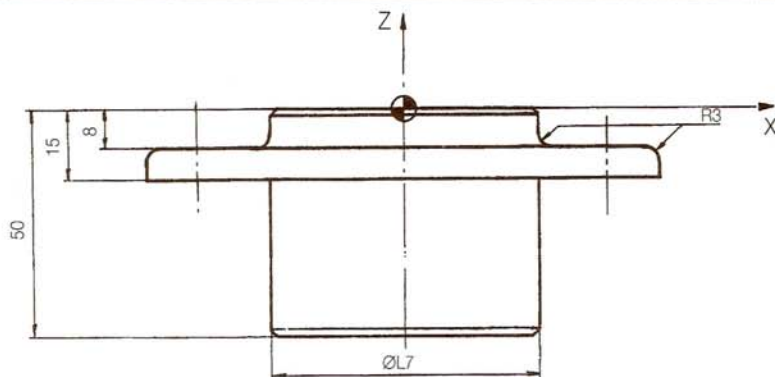


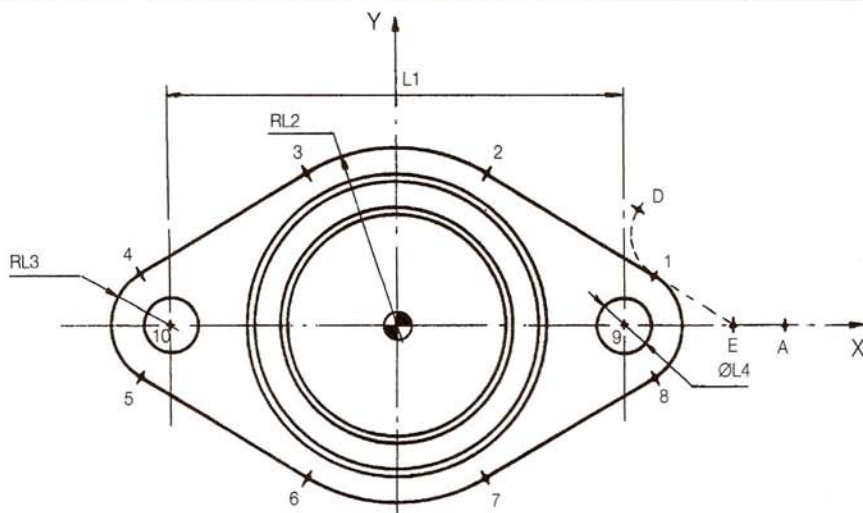
5.1.5 PROGRAMMATION PHASE 500 (FRAISAGE CN)

■ IDENTIFICATION DES PROGRAMMES ET NIVEAUX

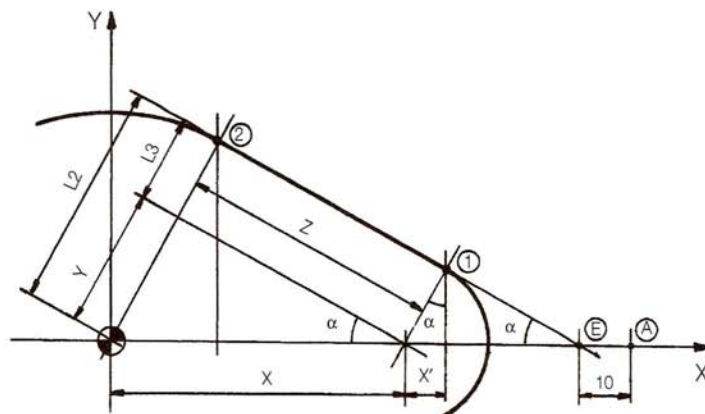
Niveau 0	%21 Affectation paramètres Palier P1 %22 Affectation paramètres Palier P2 %23 Affectation paramètres Palier P3
Niveau 1	%223 Calculs sur les paramètres
Niveau 2	%3000 Contournage et rayonnage profil P %3001 Centrage et perçage

■ PROGRAMMES STRUCTURÉS

STRUCTURATION
DES
PROGRAMMESCALCULS DES
POINTS
PARAMÉTRÉS



■ CALCULS DES POINTS DU PROFIL P



• Calcul : $\sin \alpha$, $\cos \alpha$, Z

$$\sin \alpha = Y/X$$

$$L100 = L1/2 \quad (X)$$

$$L101 = L2 - L3 \quad (Y)$$

$$\sin \alpha \Rightarrow L102 = L101/L100$$

$$Z = \sqrt{X^2 - Y^2}$$

$$L103 = L100 * L100 \quad (X^2)$$

$$L104 = L101 * L101 \quad (Y^2)$$

$$L105 = L103 - L104 \quad (Z^2)$$

$$Z \Rightarrow L106 = RL105$$

$$\cos \alpha = Z/X$$

$$\cos \alpha \Rightarrow L107 = L106/L100$$

CALCULS DES
POINTS
PARAMÉTRÉS
(suite)

- Coordonnées du point E (engagement)

$$XE = L2 / \sin \alpha \quad \Rightarrow L108 = L2 / L102$$

$$YE = 0 \quad \Rightarrow 0$$

- Coordonnées du point A

$$XA = XE + 10 \quad \Rightarrow L109 = L108 + 10$$

$$YA = 0 \quad \Rightarrow 0$$

- Coordonnées du point 1

$$X' = \sin \alpha * L3 \quad \Rightarrow L110 = L102 * L3$$

$$X1 = L100 + X' \quad \Rightarrow L111 = L100 + L110$$

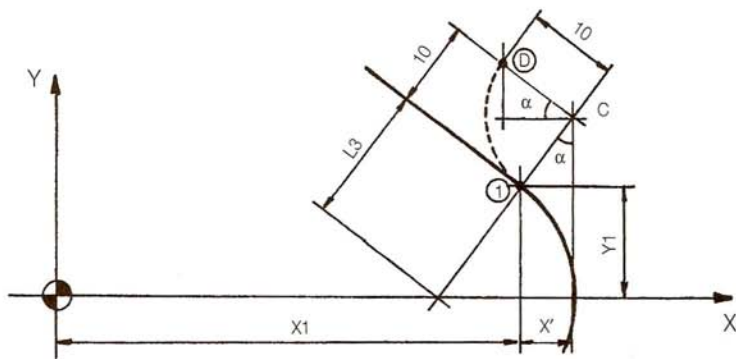
$$Y1 = \cos \alpha * L3 \quad \Rightarrow L112 = L107 * L3$$

- Coordonnées du point 2

$$X2 = \sin \alpha * L2 \quad \Rightarrow L113 = L102 * L2$$

$$Y2 = \cos \alpha * L2 \quad \Rightarrow L114 = L107 * L2$$

- Coordonnées du point D (dégagement)



Coordonnées du centre C du cercle (R10) de dégagement :

$$XC = X' + X1 = 10 * \sin \alpha + X1 \quad \Rightarrow L115 = 10 * L102 + L111$$

$$YC = Y' + Y1 = 10 * \cos \alpha + Y1 \quad \Rightarrow L116 = 10 * L107 + L112$$

$$XD = XC - (10 * \cos \alpha) \quad \Rightarrow L118 = 10 * L107$$

$$L119 = L115 - L118$$

$$YD = 10 * \sin \alpha + YC \quad \Rightarrow L117 = 10 * L102 + L116$$

■ CALCULS DES POINTS DU PERÇAGE

- Coordonnées du point 9

$$X9 = L100 \quad \Rightarrow L100$$

$$Y9 = 0 \quad \Rightarrow 0$$

- Coordonnées du point 10

$$X10 = -L100 \quad \Rightarrow -L100$$

$$Y10 = 0 \quad \Rightarrow 0$$

CALCULS DES
POINTS
PARAMÉTRÉS
(suite)

■ RÉCAPITULATIF DES PARAMÈTRES

• Paramètres locaux

	Paramètres							
	L1	L2	L3	L4	L15	L16	L17	L18
Profil 1	80	30	10	7	- 18	4	500	55
Profil 2	90	35	12	11	- 23	5	320	50
Profil 3	100	40	14	15	- 28	6	235	40

L15 : profondeur de perçage

L16 : n° d'outil

L17 : vitesse de broche $\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$

L18 : avance $\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$

• Paramètres globaux calculés

```

L100=L1/2
L101=L2-L3
L102=L101/L100
L103=L100*L100
L104=L101*L101
L105=L103-L104
L106=RL105
L107=L106/L100
L108=L2/L102
L109=L108+10
L110=L102*L3
L111=L100+L110
L112=L107*L3
L113=L102*L2
L114=L107*L2
L115=10*L102+L111
L116=10*L107+L112
L117=10*L102+L116
L118=10*L107
L119=L115-L118
  
```

CALCULS DES
POINTS
PARAMÈTRES
(suite)

■ CORRESPONDANCE PARAMÈTRES/COORDONNÉES XY

• Profil P

Points	A	E	1	2	3	4	5	6	7	8	D
Coordonnées X	L109	L108	L111	L113	-L113	-L111	-L111	-L113	L113	L111	L119
Coordonnées Y	0	0	L112	L114	L114	L112	-L112	-L114	-L114	-L112	L117

• Centrage et perçage

Points	9	10
Coordonnées X	L100	-L100
Coordonnées Y	0	0

■ PROGRAMMES DE NIVEAU 0

```

%21
(PALIER P1)
L1=80
L2=30
L3=10
L4=7
L15=-18 (PROF.PERCAGE)
L16=4 (T4 FORET Ø7)
L17=500 (S=500 TR/MIN)
L18=55 (F=55 MM/MIN)
N10 G77 H223
N20 M2

```

```

%22
(PALIER P2)
L1=90
L2=35
L3=12
L4=11
L15=-23 (PROF.PERCAGE)
L16=5 (T5 FORET Ø11)
L17=320 (S=320 TR/MIN)
L18=50 (F=50 MM/MIN)
N10 G77 H223
N20 M2

```

```

%23
(PALIER P3)
L1=100
L2=40
L3=14
L4=15
L15=-28 (PROF.PERCAGE)
L16=6 (T6 FORET Ø15)
L17=235 (S=235 TR/MIN)
L18=40 (F=40 MM/MIN)
N10 G77 H223
N20 M2

```

LISTING
COMPLET DES
PROGRAMMES

■ PROGRAMMES DE NIVEAU 1

```

%223
(CALCULS PARAMETRES)
L100=L1/2
L101=L2-L3
L102=L101/L100
L103=L100*L100
L104=L101*L101
L105=L103-L104
L106=RL105
L107=L106/L100
L108=L2/L102
L109=L108+10
L110=L102*L3
L111=L100+L110
L112=L107*L3
L113=L102*L2
L114=L107*L2
L115=10*L102+L111
L116=10*L107+L112
L117=10*L102+L116
L118=10*L107
L119=L115-L118
N10 G77 H3000
N20 G77 H3001

```

■ PROGRAMMES DE NIVEAU 2

§3000
 (DETOURAGE PROFIL P)
 N10 T1 D1 M6
 N20 M3 M40 S500 F100
 N30 G XL109 Y (A)
 N40 Z-17
 (PROFIL P)
 N50 G42 G1 XL108 Y (E)
 N60 XL111 YL112 (1)
 N70 XL113 YL114 (2)
 N80 G3 X-L113 YL114 RL2 (3)
 N90 G1 X-L111 YL112 (4)
 N100 G3 X-L111 Y-L112 RL3 (5)
 N110 G1 X-L113 Y-L114 (6)
 N120 G3 XL113 Y-L114 RL2 (7)
 N130 G1 XL111 Y-L112 (8)
 N140 G3 XL111 YL112 RL3 (1)
 N150 G2 XL119 YL117 R10 (D)
 N160 G Z150 G40
 (RAYONNAGE PROFIL P)
 N170 T2 D2 M6
 N180 M3 M40 S500 F100
 N190 G XL109 Y (A)
 N200 Z-11
 N210 G77 N50 N160

§3001
 (CENTRAGE)
 N10 T3 D3 M6
 N20 M3 M40 S1000 F100
 N30 G XL100 Y (9)
 N40 Z-6
 N50 G1 Z-10
 N60 G Z30
 N70 X-L100 (10)
 N80 Z-6
 N90 G1 Z-10
 N100 G Z150
 (PERCAGE)
 N110 TL16 DL16 M6
 N120 M3 M40 SL17 FL18
 N130 G XL100 Y (9)
 N140 Z-6
 N150 G1 ZL15
 N160 G Z30
 N170 X-L100 (10)
 N180 Z-6
 N190 G1 ZL15
 N200 G Z150

LISTING
 COMPLET DES
 PROGRAMMES
 (suite)

5.2 BRIDE

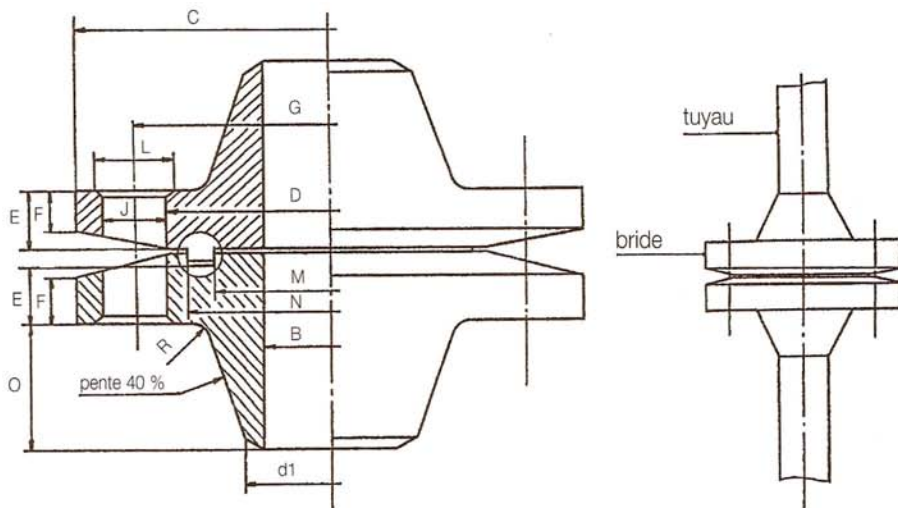
5.2.1 MISE EN SITUATION

PRÉSENTATION

L'étude de cas, tirée d'un dossier de fabrication industrielle, porte sur la programmation paramétrée et la programmation géométrique de profils appliquées à une famille de pièces « brides ». Une bride se compose de deux parties, mâle et femelle. Chacune de ces parties comprend deux faces (avant et arrière). La face avant (pente de 40 %) est identique pour les deux pièces.

Avertissement :

La programmation ne procède pas d'une démarche structurée mais linéaire, moins lisible pour la maintenance des programmes.



DESSIN DE DÉFINITION

d1 : diamètre externe du tuyau et du sommet du collet de bride
e : épaisseur du tuyau
B : diamètre interne de la bride
C : diamètre externe de la bride
D : diamètre externe du chanfrein de la bride
E : épaisseur de la bride à l'emboîtement
F : épaisseur de la bride à la périphérie

G : boulonnage, diamètre du cercle axial
J : boulonnage, diamètre du trou
L : boulonnage, diamètre de la fraisure
M : diamètre interne à l'emboîtement
N : diamètre externe à l'emboîtement
O : hauteur du collet
R : congé à la base du collet

PARAMÈTRES
LOCAUX

d1	e	B	C	D	E	F	G	Ø des boulons	nombre de boulons	J	L	M	N	O	R
25	Voir norme MN 7060 A-1F 1/2 et 2/2 à aligner sur le diamètre intérieur du tuyautage	114	66	15	11	84	16	4	18	26	36	50	33	4	
30		122	73	16	12	91	16	4	18	26	42	56	33	4	
36		126	78	18	14	96	16	4	18	26	49	63	33	4	
41,5		130	83	19	15	101	16	4	18	26	55	69	33	5	
48		140	92	20	16	110	16	6	18	26	62	76	35	5	
57		148	101	22	18	119	16	6	18	26	72	86	35	5	
66		162	114	24	20	132	16	8	18	26	82	96	37	5	
76		172	124	26	22	142	16	8	18	26	93	107	36	5	
87		188	139	28	24	157	16	10	18	26	106	120	39	6	
98		204	154	31	26	172	16	12	18	26	118	132	43	6	

DESCRIPTION
DU PROCESSUS
D'USINAGE

■ PARTIE MÂLE

Phases	Usinage
Phase 100 Tournage face arrière	Op 1 : perçage avant trou Op 2 : perçage ØB Op 3 : ébauche extérieure Op 4 : finition extérieure Op 5 : gorge frontale
Phase 200 Tournage face avant	Op 1 : ébauche extérieure Op 2 : finition extérieure
Phase 300 Perçage trous ØJ	Op 1 : centrage Op 2 : perçage ØJ Op 3 : fraisurage ØL

■ PARTIE FEMELLE

Phases	Usinage
Phase 100 Tournage face arrière	Op 1 : perçage avant trou Op 2 : perçage ØB Op 3 : ébauche extérieure Op 4 : finition extérieure Op 5 : gorge frontale
Phase 200 Tournage face avant	Op 1 : ébauche extérieure Op 2 : finition extérieure
Phase 300 Perçage trous ØJ	Op 1 : centrage Op 2 : perçage ØJ Op 3 : fraisurage ØL

Nota : les phases 300 (perçage des trous ØJ) ne sont pas étudiées.

5.2.2 ÉTUDE : PHASES 100 ET 200 (TOURNAGE CN)

■ AFFECTATION

d1	25	30	36	48
L1 = - E - O - 14	- 62	- 63	- 65	- 70
L2 = C	114	122	126	140
L3 = - E - 8	- 23	- 24	- 26	- 28
L4 = Øbrut	124	132	138	155
L5 = B	18	23	29	40
L6 = 40 %	108,28	108,28	108,28	108,28
L7 = M	36	42	49	62
L8 = N	50	56	63	76
L19 = D	66	73	78	92
L104 = angle	99,5	99,5	99,5	99,5

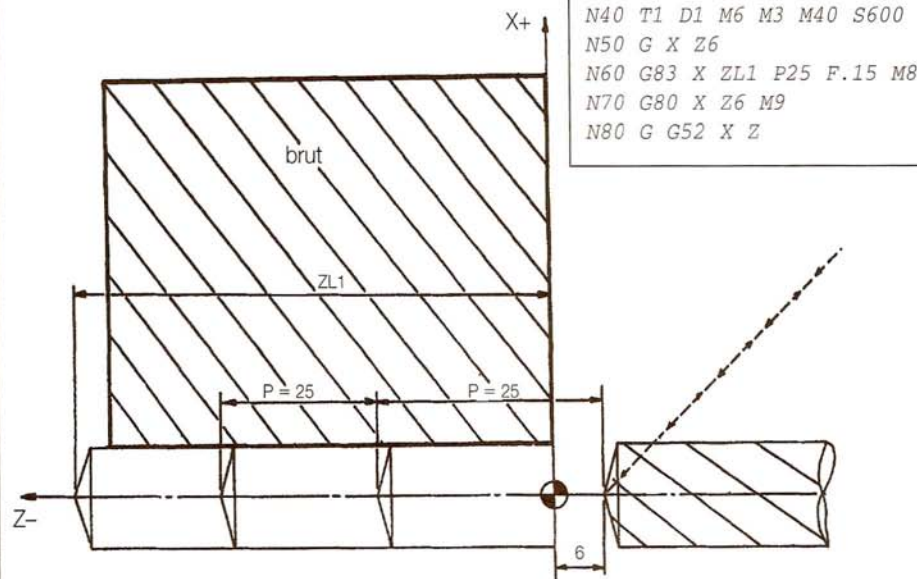
AFFECTATION
ET CALCULS
DES
PARAMÈTRES
PHASE 100

■ CALCULS

L9 = Øbrut + 4	L4+4	L17 = N + 2	L8+2
L10 = B - 8	L5-8	L18 = N - 2	L8-2
L11 = B + 4	L5+4	L100 = D + 6	L19+6
L12 = - E - O - 14 + 5	L1+5	L101 = B - 2	L5-2
L13 = B - 4	L5-4	L102 = B - 6	L5-6
L14 = M + 3	L7+3	L103 = - E - 8 - 1	L3-1
L15 = M - 2	L7-2	L105 = M - 1	L7-1
L16 = M + 2	L7+2	L106 = M + 2	L7+2

■ PERÇAGE AVANT TROU (parties mâles et femelles)

Op1 outil T1 D1

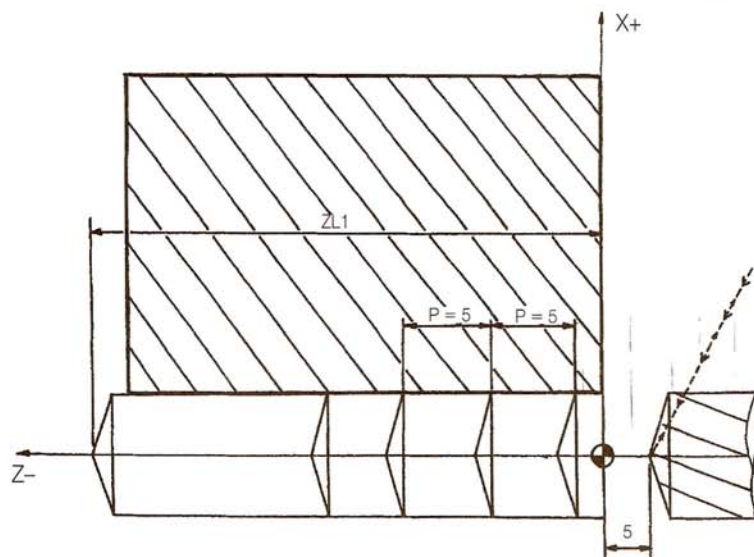


N20 G G52 X Z
 N30 G95 G92 S1500
 N40 T1 D1 M6 M3 M40 S600
 N50 G X Z6
 N60 G83 X ZL1 P25 F.15 M8
 N70 G80 X Z6 M9
 N80 G G52 X Z

USINAGES
 PHASE 100

■ PERÇAGE ØB (parties mâles et femelles)

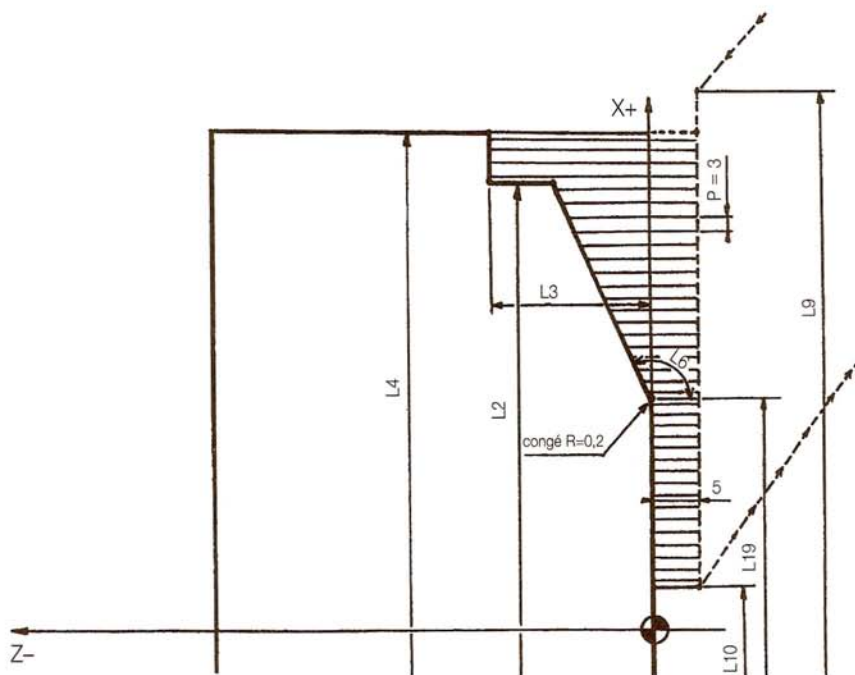
Op2 outil T1 D1



N90 T3 D3 M6 S500
 N100 G X Z5
 N110 G83 X ZL1 P5 F.38 M8
 N120 G80 X Z5 M9
 N130 G G52 X Z

■ ÉBAUCHE EXTÉRIEURE (partie femelle)

Op3 outil T6 D6



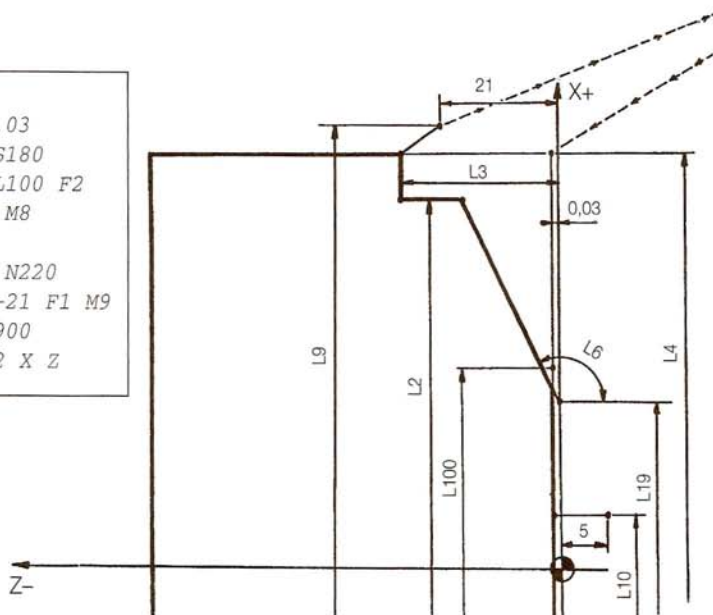
USINAGES
PHASE 100
(suite)

N140 T6 D6 M6 M4
 N150 G XL9 Z5
 N160 G96 XL4 S150
 N170 G79 N230
 N180 G1 G42 XL10 Z F.5
 N190 EA90 XL19 ES EB+.2 F.2
 N200 EAL6 XL2 ES EB+.2
 N210 EA180 ZL3
 N220 XL4 ZL3 F1
 N230 G64 N220 N180 I.5 K.3 P3 F.4 M8
 N240 XL4 ZL3
 N250 Z5
 N260 XL10 Z5
 N270 G80 XL9 Z5 M9
 N280 G97 S700
 N290 G G52 X Z

■ FINITION EXTÉRIEURE (partie femelle)

Op4 outil T7 D8

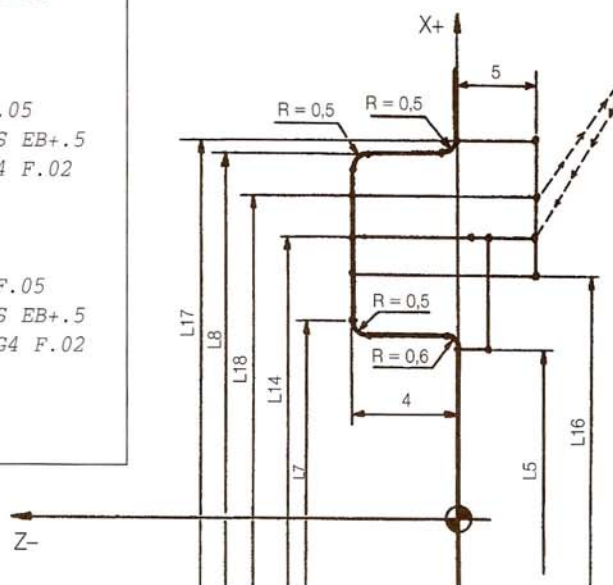
N300 T7 D8 M6
 N310 G XL4 Z-.03
 N312 G96 XL4 S180
 N315 G1 G41 XL100 F2
 N317 XL10 F.2 M8
 N320 Z5 F1
 N330 G77 N180 N220
 N340 G1 XL9 Z-21 F1 M9
 N350 M3 G97 S900
 N360 G G40 G52 X Z



■ GORGE D'EMBOÏTAGE (partie femelle)

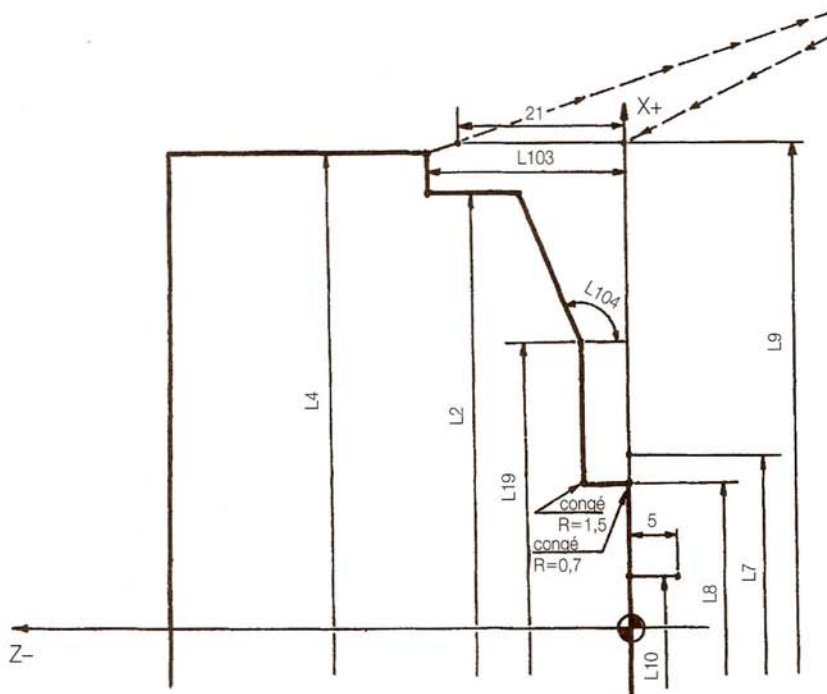
Op5 outil T11 D7-D17

N440 T11 D7 M6 M4 S700
 N450 G XL1 Z5
 N460 G1 Z.5 F1
 N470 Z-4 F.06 G4 F.02 M8
 N480 Z1 F5
 N490 XL15
 N500 Z F.3
 N510 EA90 ES EB+.6 F.05
 N520 EA180 XL7 Z-4 ES EB+.5
 N530 EA90 XL16 Z-4 G4 F.02
 N540 Z5 F1
 N550 D17 XL17
 N560 Z F.2
 N570 EA-90 ES EB+.5 F.05
 N580 EA180 XL8 Z-4 ES EB+.5
 N590 EA-90 XL18 Z-4 G4 F.02
 N600 Z5 F1 M9
 N610 G G52 X Z
 N620 M2



■ FINITION EXTÉRIEURE (partie mâle)

Op4 outil T7 D8

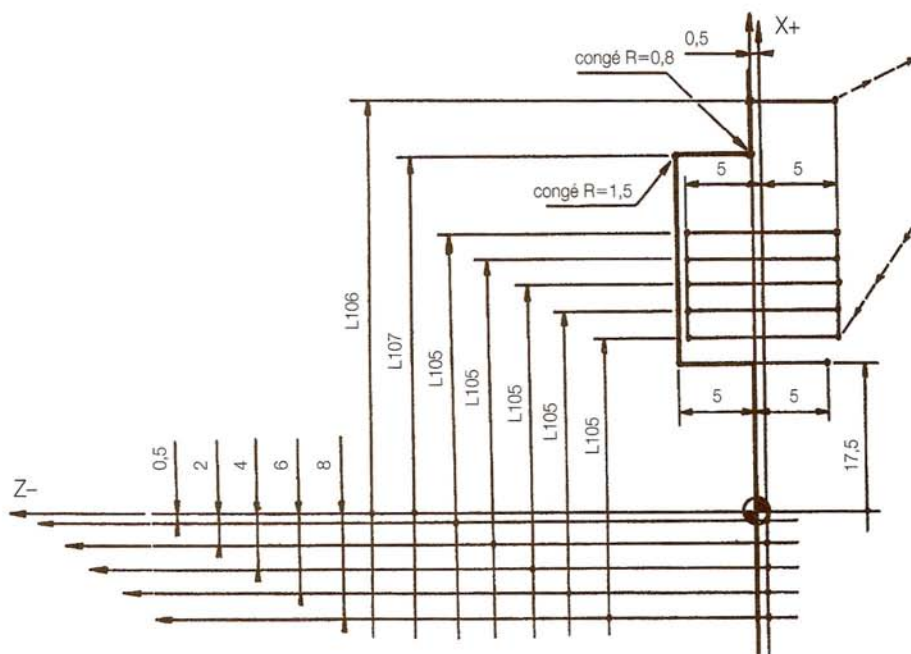


USINAGES
PHASE 100
(suite)

N700 T7 D8 M6
 N705 G XL9 Z
 N707 G96 XL9 S180
 N710 G1 G41 XL17 F5
 N715 XL10 F.2 M8
 N720 Z5 XL10 F1
 N730 G1 G42 XL10 Z F1
 N740 EA90 XL8 ES EB+.7 F.2
 N750 EA180 Z-5.1 ES EB+1.5
 N760 EA90 XL19 Z-5.1
 N770 EAL104 XL2 ES EB+.2
 N780 EA180 ZL103
 N790 XL4 ZL103 F1
 N800 G1 XL9 Z-21 F1 M9
 N810 M4 G97 S700
 N820 G77 N360 N427
 N830 G G52 X Z

■ GORGE D'EMBOÛTAGE (partie mâle)

Op5 outil T11 D11



USINAGES
PHASE 100
(suite)

N840 T11 D11 M6
 N850 G59 X-8 Z.5
 N851 G XL105 Z5
 N855 G1 Z-5 F.1 M8
 N870 G1 F1 Z5
 N880 G59 X-6 Z.5
 N881 G77 N851 N870
 N882 G59 X-4 Z.5
 N890 G77 N851 N870
 N895 G59 X-2 Z.5
 N896 G77 N851 N870
 N900 G59 X-.5 Z.5
 N910 G77 N851 N870
 N1000 G59 X0 Z0
 N1005 G1 F.15 X17.5
 N1010 G1 F.15 Z-5
 N1020 Z-5 F.1
 N1030 EA90 XL7 ES EB+1.5
 N1040 Z ES EB+.8
 N1060 EA90 XL106 Z
 N1070 Z5 F1 M9
 N1080 G G52 X Z G40
 N1110 M2

■ AFFECTATION

d1	25	30	36	48
L1 = B	18	23	29	40
L2 = d1	25	30	36	48
L3 = C	114	122	126	140
L4 = - O	- 33	- 33	- 33	- 35
L5 = R	4	4	4	5

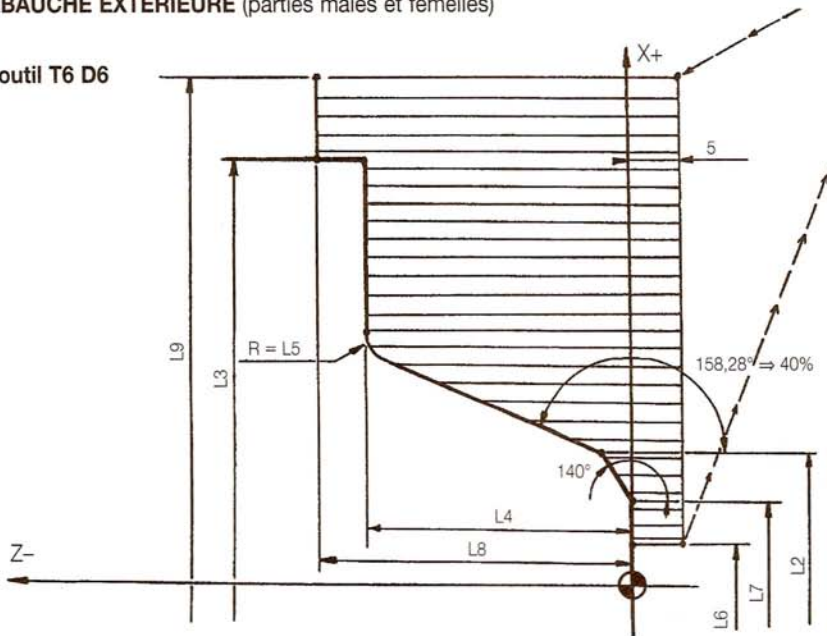
■ CALCULS

L6 = B - 4	L1-4
L7 = B + 3	L1+3
L8 = - O - 2	L4-3
L9 = C + 15	L3+15

AFFECTATION
ET CALCULS
DES
PARAMÈTRES
PHASE 200

■ ÉBAUCHE EXTÉRIEURE (parties mâles et femelles)

Op1 outil T6 D6

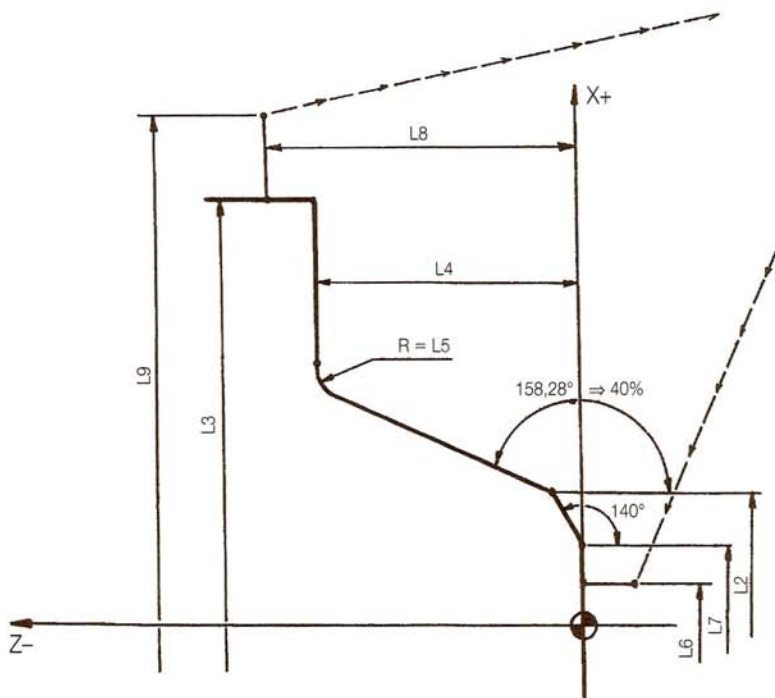


USINAGES
PHASE 200

N20 G G52 X Z
 N30 G95 G92 S1100
 N40 T6 D6 M6 M40 S600
 N50 G XL9 Z5
 N60 G96 XL9 S160
 N70 G79 N150
 N80 G1 G42 XL6 Z F.5
 N90 XL7 F.2 M8
 N100 EA140 XL2 ES
 N110 EA158.18 ZL4 ES EB+L5
 N120 EA90 XL3 ES EB+.5
 N130 EA180 ZL8 L3
 N140 XL9 ZL8 F1 M9
 N150 G64 N140 N80 I.5 K.2 P2.7 F.42 M8
 N160 XL9 ZL8
 N170 Z5
 N180 XL6 Z5
 N190 G80 XL9 Z5 M9
 N200 G97 S600
 N210 G G52 X Z

■ FINITION EXTÉRIEURE (parties mâles et femelles)

Op2 outil T7 D8



USINAGES
PHASE 200
(suite)

N220 T7 D8 M6
 N230 G XL6 Z5
 N240 G96 XL6 S170
 N250 G77 N80 N140
 N260 G97 S600
 N270 G G40 G52 X Z
 N275 T12 M6
 N280 M2

5.2.3 PROGRAMMATION : PHASES 100 ET 200 (TOURNAGE CN)

LISTING
COMPLET DES
PROGRAMMES
PHASES 100 ET
200

```

%38
(DEC1 Z+168.2)
(RAJOUTER N165 G79 N630 POUR B MALE ET LE SUPPRIMER POUR B FEMELLE)
N1 (BRIDES SOUDEES REP MN 7062 DL-1 PHASE 1 FACE AR)
N5 L1=-62 L2=114 L3=-23 L4=124 L5=18 L6=108.28 L7=36 L8=50 L19=66
L104=99.5 (A MODIFIER SUIVANT D1)
N10 L9=L4+4 L10=L5-8 L11=L5+4 L12=L1+5 L13=L5-4 L14=L7+3
N15 L15=L7-2 L16=L7+2 L17=L8+2 L18=L8-2
N16 L100=L19+6 L101=L5-2 L102=L5-6 L103=L3-1 L105=L7-1 L106=L7+2
N20 G G52 X Z
N30 G95 G92 S1500
N40 T1 D1 M6 M3 M40 S600
N50 G X Z6
N60 G83 X ZL1 P25 F.15 M8
N70 G80 X Z6 M9
N80 G G52 X Z
N90 T3 D3 M6 S500
N100 G X Z5
N110 G83 X ZL1 P5 F.38 M8
N120 G80 X Z5 M9
N130 G G52 X Z
N140 T6 D6 M6 M4
N150 G XL9 Z5
N160 G96 XL4 S150
(N165 G79 N630)
N170 G79 N230
N180 G1 G42 XL10 Z F.5
N190 EA90 XL19 ES EB+.2 F.2
N200 EAL6 XL2 ES EB+.2
N210 EA180 ZL3
N220 XL4 ZL3 F1
N230 G64 N220 N180 I.5 K.3 P3 F.4 M8
N240 XL4 ZL3
N250 Z5
N260 XL10 Z5
N270 G80 XL9 Z5 M9
N280 G97 S700
N290 G G52 X Z
N300 T7 D8 M6
N310 G XL4 Z-.03
N312 G96 XL4 S180
N315 G1 G41 XL100 F2
N317 XL10 F.2 M8
N320 Z5 F1
N330 G77 N180 N220
N340 G1 XL9 Z-21 F1 M9
N350 M3 G97 S900
N360 G G40 G52 X Z
N440 T11 D7 M6 M4 S700
N450 G XL1 Z5

```

N460 G1 Z.5 F1
 N470 Z-4 F.06 G4 F.02 M8
 N480 Z1 F5
 N490 XL15
 N500 Z F.3
 N510 EA90 ES EB+.6 F.05
 N520 EA180 XL7 Z-4 ES EB+.5
 N530 EA90 XL16 Z-4 G4 F.02
 N540 Z5 F1
 N550 D17 XL17
 N560 Z F.2
 N570 EA-90 ES EB+.5 F.05
 N580 EA180 XL8 Z-4 ES EB+.5
 N590 EA-90 XL18 Z-4 G4 F.02
 N600 Z5 F1 M9
 N610 G G52 X Z
 N620 M2

 N630 G64 N790 N730 I.5 K.2 F.4 M8
 N640 XL4 ZL103
 N650 Z5
 N660 XL8 Z5
 N670 G80 XL9 Z5
 N672 G1 Z.5 F5
 N674 XL17
 N676 XL10 F.3
 N678 Z5 F1 M9
 N680 G97 S700
 N690 G G52 X Z
 N700 T7 D8 M6
 N705 G XL9 Z
 N707 G96 XL9 S180
 N710 G1 G41 XL17 F5
 N715 XL10 F.2 M8
 N720 Z5 XL10 F1
 N730 G1 G42 XL10 Z F1
 N740 EA90 XL8 ES EB+.7 F.2
 N750 EA180 Z-5.1 ES EB+1.5
 N760 EA90 XL19 Z-5.1
 N770 EAL104 XL2 ES EB+.2
 N780 EA180 ZL103
 N790 XL4 ZL103 F1
 N800 G1 XL9 Z-21 F1 M9
 N810 M4 G97 S700
 N820 G77 N360 N427
 N830 G G52 X Z
 N840 T11 D11 M6
 N850 G59 X-8 Z.5
 N851 G XL105 Z5
 N855 G1 Z-5 F.1 M8
 N870 G1 F1 Z5
 N880 G59 X-6 Z.5

**LISTING
 COMPLET DES
 PROGRAMMES
 PHASES 100 ET
 200
 (suite)**

N881 G77 N851 N870
 N882 G59 X-4 Z.5
 N890 G77 N851 N870
 N895 G59 X-2 Z.5
 N896 G77 N851 N870
 N900 G59 X-.5 Z.5
 N910 G77 N851 N870
 N1000 G59 X0 Z0
 N1005 G1 F.15 X17.5
 N1010 G1 F.15 Z-5
 N1020 Z-5 F.1
 N1030 EA90 XL7 ES EB+1.5
 N1040 Z ES EB+.8
 N1060 EA90 XL106 Z
 N1070 Z5 F1 M9
 N1080 G G52 X Z G40
 N1110 M2

§39

(MALE DEC1 Z+178.5 FEMELLE DEC1 Z+177.5)

N1 (BRIDES SOUDEES REP MN 7062 DL-1 PHASE 2 FACE AV)
 N5 L1=18 L2=25 L3=114 L4=-33 L5=4 (L A MODIFIER SUIVANT D1)
 N10 L6=L1-4 L7=L1+3 L8=L4-2 L9=L3+15
 N20 G G52 X Z
 N30 G95 G92 S1100
 N40 T6 D6 M6 M40 S600
 N50 G XL9 Z5
 N60 G96 XL9 S160
 N70 G79 N150
 N80 G1 G42 XL6 Z F.5
 N90 XL7 F.2 M8
 N100 EA140 XL2 ES
 N110 EA158.18 ZL4 ES EB+L5
 N120 EA90 XL3 ES EB+.5
 N130 EA180 ZL8 L3
 N140 XL9 ZL8 F1 M9
 N150 G64 N140 N80 I.5 K.2 P2.7 F.42 M8
 N160 XL9 ZL8
 N170 Z5
 N180 XL6 Z5
 N190 G80 XL9 Z5 M9
 N200 G97 S600
 N210 G G52 X Z
 N220 T7 D8 M6
 N230 G XL6 Z5
 N240 G96 XL6 S170
 N250 G77 N80 N140
 N260 G97 S600
 N270 G G40 G52 X Z
 N275 T12 M6
 N280 M2

LISTING
COMPLET DES
PROGRAMMES
PHASES 100 ET
200
 (suite)

5.3 CABESTAN À SYSTÈME UNIVERSEL D'AUTO-ENROULEMENT*

5.3.1 MISE EN SITUATION

CABESTAN

Sur un voilier, la manœuvre des voiles dépasse le plus souvent la simple force physique des bras d'une seule personne. Des systèmes de palans ont tout d'abord permis de démultiplier les efforts nécessaires à la manœuvre. Le cabestan (*winch*, en anglais) permet aujourd'hui d'établir et de régler les voiles sans efforts trop importants.

Qu'est-ce qu'un cabestan ?

C'est un multiplicateur de couple réalisé par un train d'engrenages, actionné par une manivelle qui permet le réglage de la voilure du navire.

Lors de manœuvre par vent soutenu, la manipulation et/ou le réglage d'une voile sous tension nécessite souvent l'intervention de deux personnes : l'une actionnant la manivelle du cabestan, l'autre tenant le câble de réglage sous tension afin de conserver l'adhérence nécessaire à l'entraînement.



DOC LEWMAR

SYSTÈME D'AUTO-ENROULEMENT

Un système d'autotension et d'auto-enroulement appelé, en anglais *self tailing*, permet à une seule personne d'effectuer la manœuvre quelles que soient les conditions de temps. Ce mécanisme est composé d'un doigt de guidage qui guide le câble jusqu'à un dispositif de serrage composé de deux flasques. Un éjecteur assure le dégagement du câble en sortie.



DOC ANTAL

* ou *winch self tailing*, expression anglaise très couramment utilisée dans la marine de plaisance.

Un système « self tailing » n'est pas adaptable sur un modèle classique. Le remplacement de cabestans classiques par des cabestans à auto-enroulement est une opération onéreuse.

La conception et la réalisation d'un ensemble d'auto-enroulement adaptable sur des cabestans de diamètres et de marques différentes est le thème de cette étude.

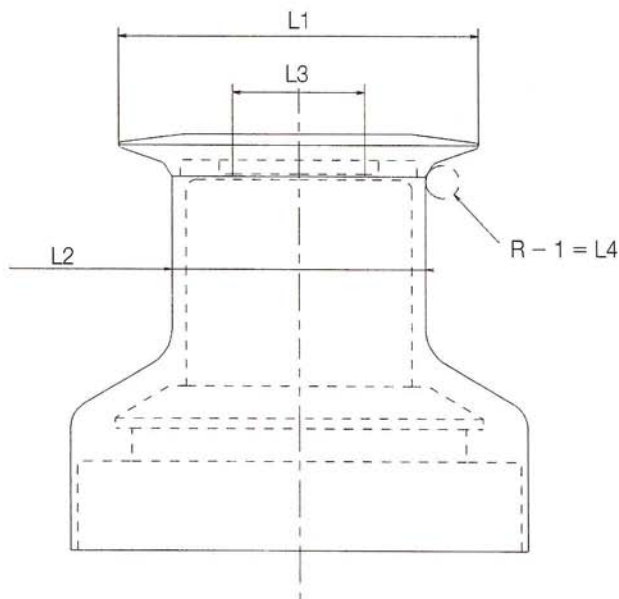
• Solutions techniques retenues

Contraintes	Solutions
Adaptabilité tous diamètres.	Pièces paramétrées.
Adaptation sans modification de l'original.	Étude spécifique de l'ensemble guidage-arrêt en rotation. Collage.
Possibilité de démontage non destructif.	Choix d'une colle à point de fusion $< 200^{\circ}$.
Esthétique originale non alourdie.	Ensemble de hauteur réduite.

• Paramètres de la pièce d'origine pris en compte pour la fabrication

Ø de la tête de poupée	L1
Ø du tambour	L2
Ø d'alésage de la tête de poupée	L3
Ø du câble utilisé	L4

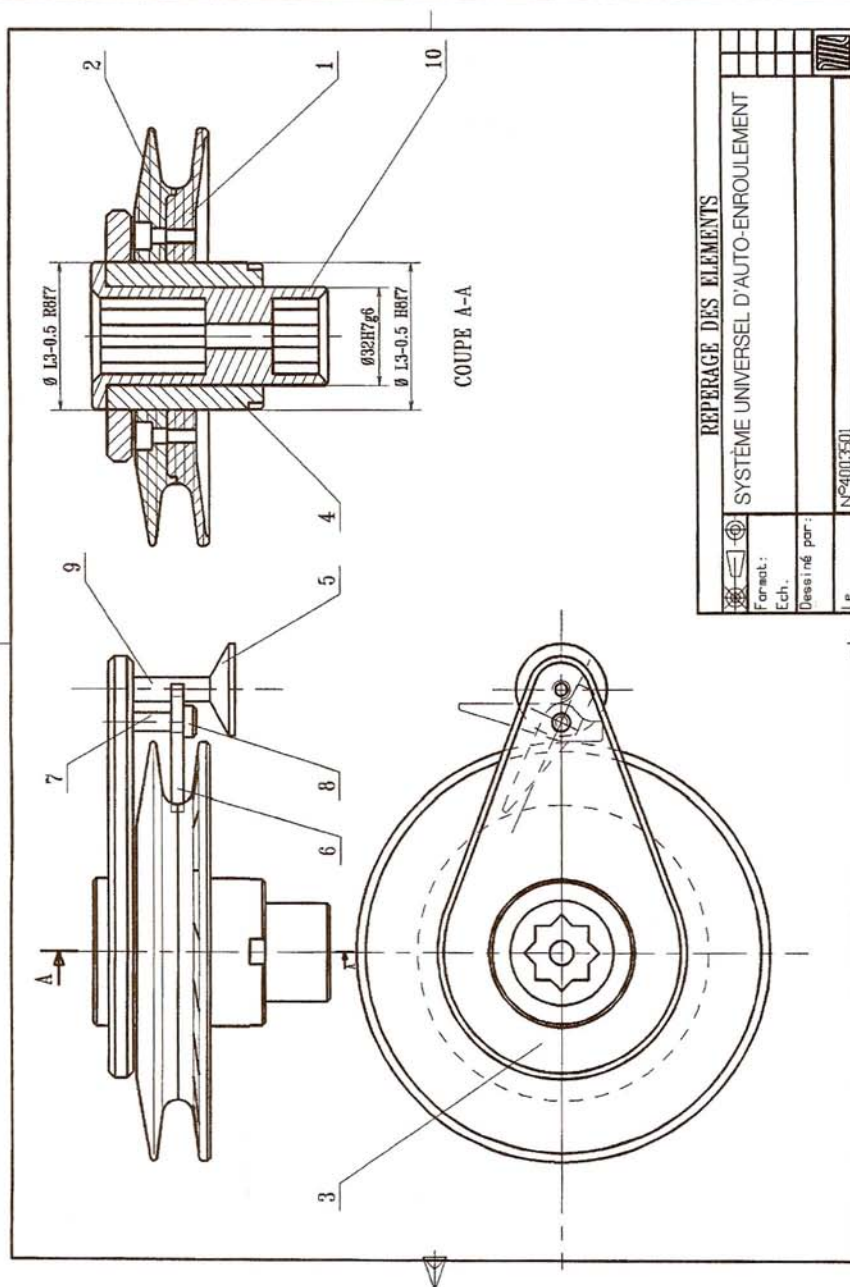
CONCEPTION ET
RÉALISATION



Avertissement : l'étude de cas portera uniquement sur la famille de pièces FLASQUES (supérieur et inférieur).

5.3.2 REPRÉSENTATION GRAPHIQUE

REPÉRAGE DES ÉLÉMENTS



NOMENCLATURE DES ÉLÉMENTS

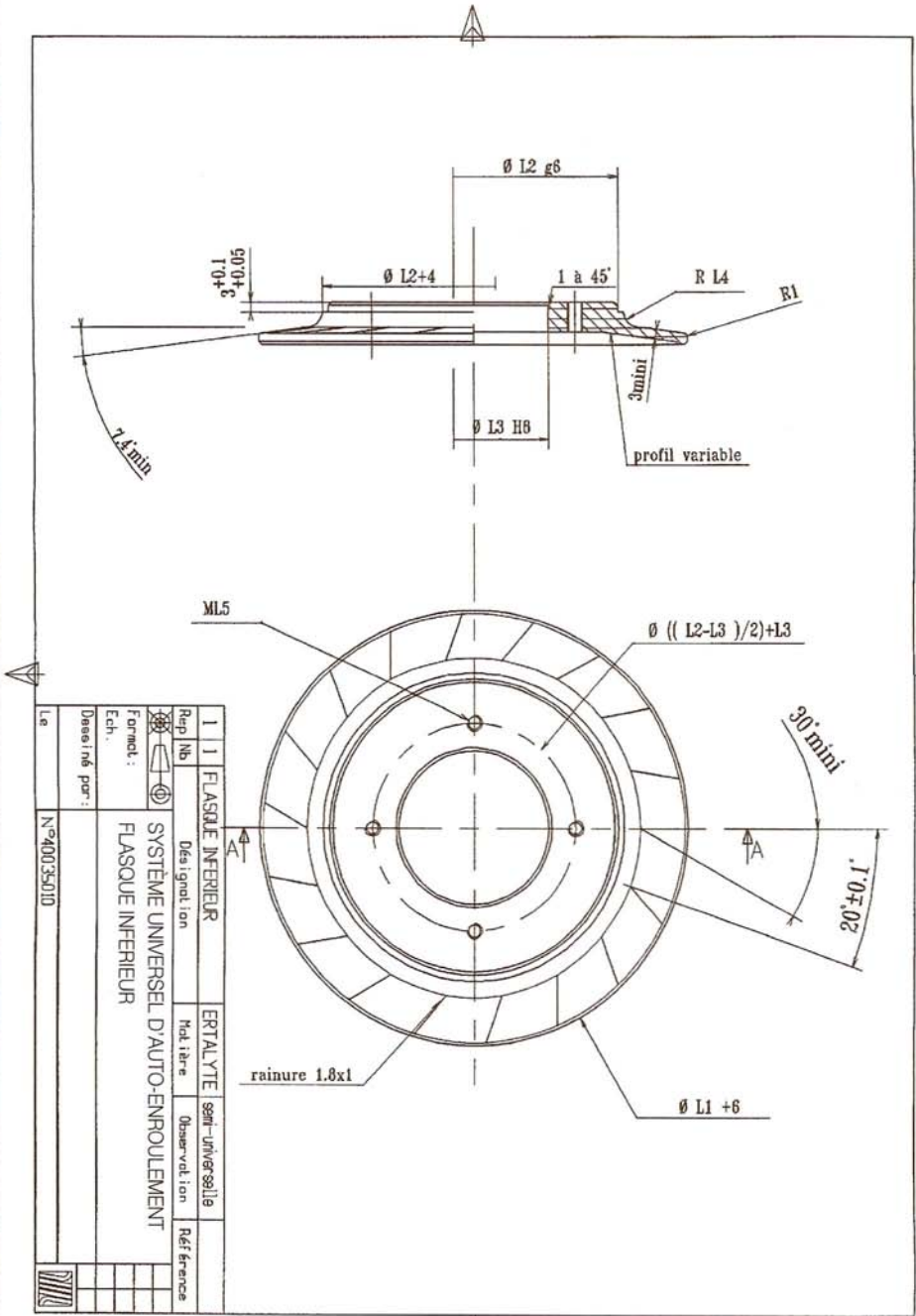
10	1	carré de manœuvre	X30 Cr13		5	1	galet de guidage	Ertalyte-TX	autolubrifiant
9	1	doigt de guidage	X30 Cr13		4	1	arbre de guidage	X30 Cr13	
8	1	butée	Ertalyte-TX	autolubrifiant	3	1	platine de support	X30 Cr13	
7	1	axe	X30 Cr13		2	1	flasque supérieur	Ertalyte	
6	1	doigt d'éjection	X30 Cr 13	Maintenu par 1 pt loctite	1	1	flasque inférieur	Ertalyte	collé sur cabestan
Rep	Nb	Désignation	Matière	Observations	Rep	Nb	Désignation	Matière	Observations

NOMENCLATURE

Date :

Ensemble : **SYSTEME UNIVERSEL D'AUTO-ENROULEMENT**

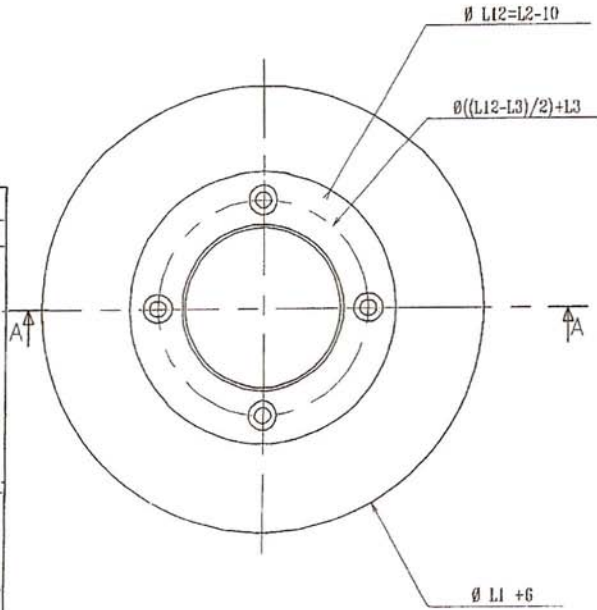
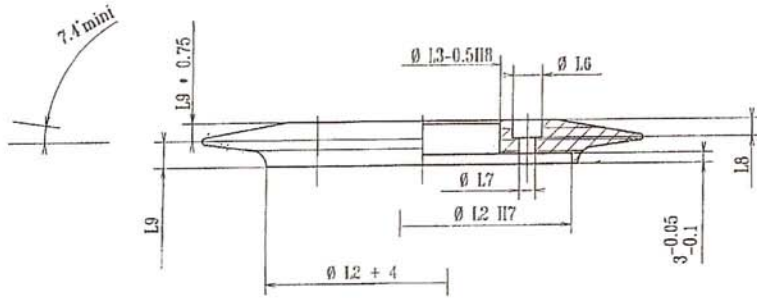
Page :



DESSIN DE DÉFINITION :
FLASQUE INFÉRIEUR

Le	N°40035010		
Designé par :			
Ech.			
Formet :	SYSTEME UNIVERSEL D'AUTO-ENROULEMENT		
Formet :	FLASQUE INFÉRIEUR		
Rep. Nb	1	1	FLASQUE INFÉRIEUR
Des: ign: ion	ERTALYTE semi-universelle		
Mat: ière	Observation		
Obs: erv: ion	Réf: rence		

COUPE A-A

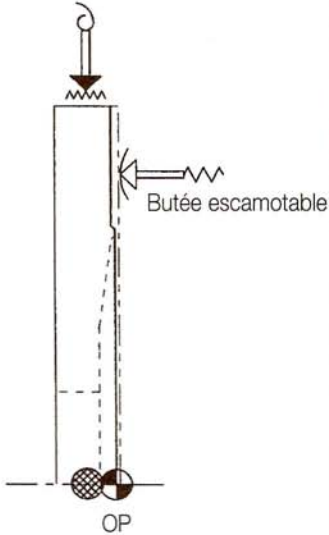
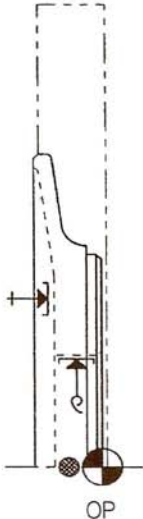


DESSIN DE
DÉFINITION :
FLASQUE
SUPÉRIEUR

Le	N°400 35020
Dessiné par:	
Ech.	
Format:	
Designation	FLASQUE SUPÉRIEUR
Designation	SISTÈME UNIVERSEL D'AUTO-ENROULEMENT
Designation	ERTALYTE Universelle
Version	
Observation	
Référence	

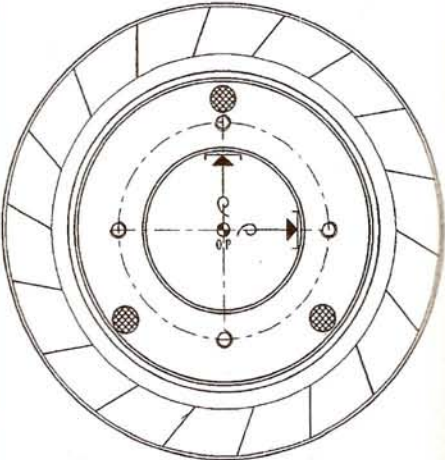
5.3.3 FLASQUE INFÉRIEUR : PROCESSUS DE FABRICATION, CONTRATS DE PHASES ET PROGRAMMES

PROCESSUS DE FABRICATION

PROCESSUS DE FABRICATION				
Nom :		Section :		Page
Ensemble : SYSTÈME D'AUTO-ENROULEMENT		Matière : ERTALYTE		/
Élément : Flasque inférieur		Programme : LOTS DE 2 PIÈCES		
Phase	Désignation	M.O	Croquis	
100	Sciage du brut ($\varnothing 200$ L = épaisseur flasque + 2 mm)			
200	Alésage $\varnothing L3-0,5$ H8 et profil tête de winch	Tr C.N EUROTURN		
300	Contournage extérieur	Tr C.N EUROTURN		

PROCESSUS DE
FABRICATION

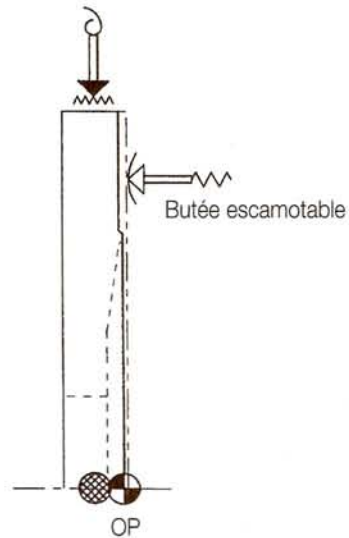
PROCESSUS DE
FABRICATION
(suite)

PROCESSUS DE FABRICATION				
Nom :		Section :		Page
Ensemble : SYSTÈME D'AUTO-ENROULEMENT		Matière : ERTALYTE		/
Élément : Flasque inférieur		Programme : LOTS DE 2 PIÈCES		
Phase	Désignation	M.O	Croquis	
400	<ul style="list-style-type: none"> - Rainurage 18 rainures $1,8 \times 1$ - Perçage-taraudage $4 \times ML5$ 	Fr C.N PRODUCMILL		
500	Contrôle final			

CONTRAT DE PHASE PHASE N° : 200	Ensemble : Système d'auto-enroulement	BUREAU DES MÉTHODES
	Élément : Flasque inférieur	
	Matière : ERTALYTE	
Nom :	Programme : Lots de 2 pièces	

Désignation : Tournage C.N

Machine outil : Tr C.N EUROTURN NUM 1040



CONTRATS DE
PHASES

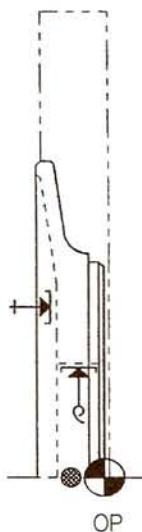
Mise en position et désignation des opérations	Outil de coupe	Vc m · min ⁻¹	n tr · min ⁻¹	f/fz mm · tr ⁻¹	Vf mm · min ⁻¹	tc min	ti min
- Perçage							
- Alésage Ébauche ØL3-0,5							
- Alésage Finition ØL3-0,5 H8	ECOCUT EC16R	210	Vcc	0,1			
- Ébauche profil tête de poupée							
- Finition profil tête de poupée							
- Dressage de la face arrière du flasque	PCLN	280	Vcc	0,15			

CONTRATS DE PHASES (suite)

CONTRAT DE PHASE PHASE N° : 300	Ensemble : Système d'auto-enroulement	BUREAU DES MÉTHODES
	Élément : Flasque inférieur	
	Matière : ERTALYTE	
Nom :	Programme : Lots de 2 pièces	

Désignation : Tournage C.N

Machine outil : Tr C.N EUROTURNU NUM 1040

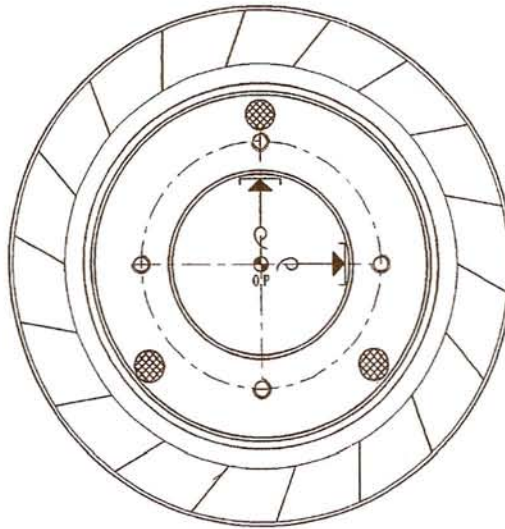


Mise en position et désignation des opérations	Outil de coupe	Vc m · min ⁻¹	n tr · min ⁻¹	f/fz mm · tr ⁻¹	Vf mm · min ⁻¹	tc min	ti min
Reprise dans l'alésage en mandrin mors doux usinés - Ébauche profil intérieur - Contournage-finition du profil	PCLN	280	Vcc	0,15			

CONTRAT DE PHASE	Ensemble : Système d'auto-enroulement	BUREAU DES MÉTHODES
	Élément : Flasque inférieur	
	Matière : ERTALYTE	
PHASE N° : 400	Programme : Lots de 2 pièces	
Nom :		

Désignation : Fraisage C.N

Machine outil : Fr C.N PRODUCMILL NUM 720



CONTRATS DE
PHASES
(suite)

Mise en position et désignation des opérations	Outil de coupe	Vc m · min ⁻¹	n tr · min ⁻¹	f/fz mm · tr ⁻¹	Vf mm · min ⁻¹	tc min	ti min
<i>Reprise dans l'alésage en mandrin mors doux</i>							
- Centrage des 4 trous ML5	Foret à centrer		3000		100		
- Perçage des 4 trous	Foret coupe alu	40		0,11			
- Taraudage des 4 trous à ML5	Taraud machine		200		nxfas		
- Rainurage des 18 rainures 1,8 × 1 mm	Fraise à graver diam 1		2800		80		

PROGRAMMES

§4200
 N10
 N20 (SELF TAILING UNIVERSEL)
 N30 (FLASQUE INFERIEUR PHASE 200)
 N40
 N50 G40 G80 G95
 N60 (DECLARATION DES VARIABLES)
 N70 L1=130
 N80 L11=L1+6
 N90 L13=L3-2
 N100 G G52 X Z
 N110 M6 T5 D5 (BUTEE)
 N120 G G54 G90 X Z1
 N130 M0 (METTRE LA PIECE SUR LA BUTEE)
 N140 G G52 X Z
 N150 M6 T1 D1
 N160 M3 S500
 N170 G G54 G90 X210 Z-1
 N180 G92 S3000
 N190 G96 S280 X210
 N200 G1 XL11 F.15
 N210 Z0 EB-1
 N220 X0
 N230 Z10
 N240 G G52 X Z
 N250 G77 H7300
 N260 M6 T6 D16 (ECOCUT UTILISATION ALESOIR)
 N270 M3 S300
 N280 G G54 G90 X20 Z10
 N290 G92 S3000
 N300 G96 S210
 N310 G79 N370
 N320 (PROFIL FINI)
 N330 G1 XL13 Z-4 F.1
 N340 X82
 N350 X130.15 Z-.878 EB-1
 N360 X130.15 Z2
 N370 G64 N330 N360 I-.5 K.5 R1
 N380 (PROFIL BRUT)
 N390 X130.15 Z2
 N400 XL13
 N410 Z-4
 N420 G80 Z10
 N430 G1 G41 Z2
 N440 G77 N330 N360
 N450 G40 Z10
 N460 G G52 X Z
 N470 M5
 N480 M2

§7300
 N10
 N20 (SELF TAILING UNIVERSEL)
 N30 (SOUS PROGRAMME D'ALESAGE)
 N40
 N50 G80 G40 G95
 N60 (DECLARATION DES VARIABLES)
 N70 L3=48
 N80 L3=L3-.5+.0195 (L3 H8)
 N90 L9=7.81
 N100 L9=L9*1.75+1
 N110 G G52 X Z
 N120 M6 T6 D6 (ECOCUT FCT FORET)
 N130 M3 S3000
 N140 G G54 G90 X0 Z5
 N150 G1 Z-L9 F.1
 N160 Z5
 N170 M6 T6 D16 (ECOCUT FCT ALE-SOIR)
 N180 G92 S3000
 N190 G96 S210 X20
 N200 G79 N250
 N210 (PROFIL FINI)
 N220 G1 XL3 Z2
 N230 G1 XL3 Z-L9
 N240 (PROFIL BRUT)
 N250 G64 N220 N230 I-.5 R2
 N260 XL3 Z2
 N270 X20
 N280 Z-L9
 N290 XL3
 N300 G80 Z5
 N310 G1 G42 XL3 Z2
 N320 G77 N220 N230
 N330 X20
 N340 G G40 Z10
 N350 M5
 N360 G G52 X Z

PROGRAMMES
(suite)

%3400
 N10
 N20 (SELF TAILING)
 N30 (PERCAGE-TARAUDAGE)
 N40 (FLASQUE INFERIEUR PHASE 400)
 N50
 N60 G40 G80
 N70 G G52 X Y Z
 N80 L2=92
 N90 L3=48
 N100 L4=L2-L3/2+L3/2
 N110 M0 (MONTER LE FORET A CEN-
 TRER)
 N120 M6 T1 D10 (FORET A CENTRER)
 N115 L1=5
 N130 M3 S3000 F150
 N140 G G54 G90 X Y Z5
 N160 XL4
 N170 G1 Z-L1
 N180 Z5
 N190 G X0 YL4
 N200 G1 Z-L1
 N210 Z5
 N220 G X-L4 Y0
 N230 G1 Z-L1
 N240 Z5
 N250 G X0 Y-L4
 N260 G1 Z-L1
 N270 Z5
 N280 G G52 X Y Z
 N290 M0 (MONTER LE FORET DIAM 4.2)
 N300 M6 T1 D14 (FORET DIAM 4.2)
 N310 L1=15
 N320 M3 S2700 F120
 N330 G77 N140 N280
 N340 M0 (MONTER LE TARAUD MACHINE)
 N350 M6 T1 D20 (TARAUD M5)
 N360 M3 S100
 N370 G G54 G90 X Y Z5
 N380 L1=15
 N390 G84 XL4 Y0 ER5 Z-L1 F80 M3
 S100
 N400 G84 X0 YL4 ER5 Z-L1 F80 M3
 S100
 N410 G84 X-L4 Y0 ER5 Z-L1 F80 M3
 S100
 N420 G84 X0 Y-L4 Y0 ER5 Z-L1 F80
 M3 S100
 N430 G G52 G80 X Y Z
 N440 G77 H6400 (SOUS PROGRAMME DE
 RAINURAGE)
 N450 M5
 N460 M2

%4300
 N10
 N20 (USINAGE SELF TAILING)
 N30 (FLASQUE INFERIEUR)
 N40 (PHASE 300)
 N50
 N60 G80 G40 G95
 N70 (DECLARATION DES VARIABLES)
 N80 L1=130
 N90 L2=92-.022 (L2 g6)
 N100 L3=46
 N110 L4=5
 N120 L5=L1+6
 N130 L6=L2+4
 N140 L7=L4*2+L6
 N150 L8=3.075+L4
 N160 L10=16
 N170 G G52 X Z
 N180 M6 T1 D1
 N190 M3 S500
 N200 G G54 G90 X210 Z5
 N210 G92 S3000
 N220 G96 S280 X210
 N230 G79 N340
 N240 (PROFIL FINI)
 N250 G1 XL3 Z2
 N260 Z0
 N270 XL2 EB-1
 N280 Z-3.075
 N290 XL6
 N300 G2 XL7 Z-L8 RL4
 N310 G1 EA95 XL5 EB1
 N320 Z-L10
 N330 X200 Z-L10
 N340 G64 N250 N330 I.5 K.5 P2 F.15
 N350 X200 Z-L10
 N360 Z2
 N370 XL3
 N380 G80 Z10
 N390 G1 G41 Z2 F.1
 N400 G77 N250 N320
 N410 G40 G G52 X Z
 N420 M5
 N430 M2

PROGRAMMES
(suite)

%6400
 N10
 N20 (SOUS PROGRAMME DE RAINURAGE))
 N30 (FLASQUE INFERIEUR PHASE 400)
 N40
 N50 G G52 X Y Z
 N60 M0 (MONTER FRAISE A GRAVER)
 N70 M6 T1 D8 (FRAISE A GRAVER)
 N80 M3 S2800
 N90 G G54 G90 X52.9 Y0 Z5
 N100 G1 Z-3.075 F80
 N110 X66.5 Y-7.82 Z-9.905
 N120 Z1
 N130 G17 ED20
 N140 G77 N90 N120
 N150 G17 ED40
 N160 G77 N90 N120
 N170 G17 ED60
 N180 G77 N90 N120
 N190 G17 ED80
 N200 G77 N90 N120
 N210 G17 ED100
 N220 G77 N90 N120
 N230 G17 ED120
 N240 G77 N90 N120
 N250 G17 ED140
 N260 G77 N90 N120
 N270 G17 ED160
 N280 G77 N90 N120
 N290 G17 ED180
 N300 G77 N90 N120
 N310 G17 ED200
 N320 G77 N90 N120
 N330 G17 ED220
 N340 G77 N90 N120
 N350 G17 ED240
 N360 G77 N90 N120
 N370 G17 ED260
 N380 G77 N90 N120
 N390 G17 ED280
 N400 G77 N90 N120
 N410 G17 ED300
 N420 G77 N90 N120
 N430 G17 ED320
 N440 G77 N90 N120
 N450 G17 ED340
 N460 G77 N90 N120
 N470 G G52 X Y Z
 N480 M5
 N490 M2

%6500
 N10
 N20 (SELF TAILING FL. INFERIEUR)
 N30 (RAINURAGE)
 N40
 N50 G G52 X Y Z
 N60 M6 T1 D8
 N70 M3 M42 S1600
 N80 L1=8.17
 N90 L2=9.95
 N100 L3=20
 N110 L4=20
 N120 G G54 G90 X56.02 Y-32.34 Z10
 N130 G1 Z-L1 F90
 N140 G1 X73.61 Y-42.5 Z-L2
 N150 G Z10
 N160 EDL3
 N170 G77 N120 N150
 N180 L3=L3+L4
 N190 G79 L3<=340 N120
 N200 G G52 X Y Z
 N210 M5
 N220 M2

Nota : on utilisera le programme %6400 ou %6500.

5.3.4 FLASQUE SUPÉRIEUR : PROCESSUS DE FABRICATION, CONTRATS DE PHASES ET PROGRAMMES

PROCESSUS DE
FABRICATION

PROCESSUS DE FABRICATION			
Nom :		Section :	
Ensemble : SYSTÈME D'AUTO-ENROULEMENT		Matière : ERTALYTE	
Élément : Flasque supérieur		Programme : LOTS DE 2 PIÈCES	
Phase	Désignation	M.O	Croquis
100	Sciage du brut ($\varnothing 200$ L = épaisseur flasque + 2 mm)		
200	<ul style="list-style-type: none"> - Alésage à $\varnothing L3-0,5 H8$ - Contournage profil supérieur - Chanfrein 	Tr C.N EUROTURN	
300	<ul style="list-style-type: none"> - Contournage profil intérieur - Alésage à $\varnothing L2 H7$ 	Tr C.N EUROTURN	

PROCESSUS DE FABRICATION

Nom :		Section :		Page
Ensemble : SYSTÈME D'AUTO-ENROULEMENT		Matière : ERTALYTE		/
Élément : Flasque supérieur		Programme : LOTS DE 2 PIÈCES		
Phase	Désignation	M.O	Croquis	
400	<ul style="list-style-type: none"> - Perçage des 4 trous à \varnothing L7 - Lamage à \varnothing L6, profondeur L8 	Fr C.N PRODUCMILL		
500	Contrôle final			

PROCESSUS DE FABRICATION (suite)

CONTRAT DE PHASE

PHASE N° : 200

Ensemble : Système d'auto-enroulement

Élément : Flasque supérieur

Matière : ERTALYTE

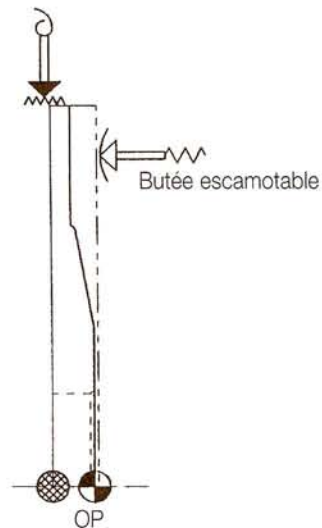
BUREAU
DES
MÉTHODES

Nom :

Programme : Lots de 2 pièces

Désignation : Tournage C.N

Machine outil : Tr C.N EUROTURNU NUM 1040

CONTRATS DE
PHASES

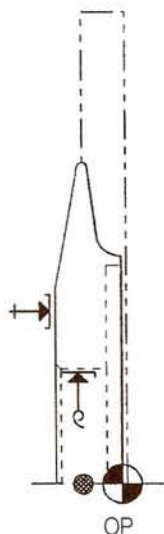
Mise en position et désignation des opérations	Outil de coupe	Vc m · min ⁻¹	n tr · min ⁻¹	f/fz mm · tr ⁻¹	Vf mm · min ⁻¹	tc min	ti min
- Perçage							
- Alésage Ébauche ØL3-0,5	ECOCUT EC16R	210	Vcc	0,1			
- Alésage Finition ØL3-0,5 H8							
- Ébauche profil supérieur							
- Finition profil supérieur	PCLN	280	Vcc	0,15			
- Usinage du chanfrein 1 mm à 45° sur l'alésage	ECOCUT EC16R	210	Vcc	0,1			

CONTRATS DE PHASES (suite)

CONTRAT DE PHASE PHASE N° : 300	Ensemble : Système d'auto-enroulement	BUREAU DES METHODES
	Élément : Flasque supérieur	
	Matière : ERTALYTE	
Nom :	Programme : Lots de 2 pièces	

Désignation : Tournage C.N

Machine outil : Tr C.N EUROTURNS NUM 1040

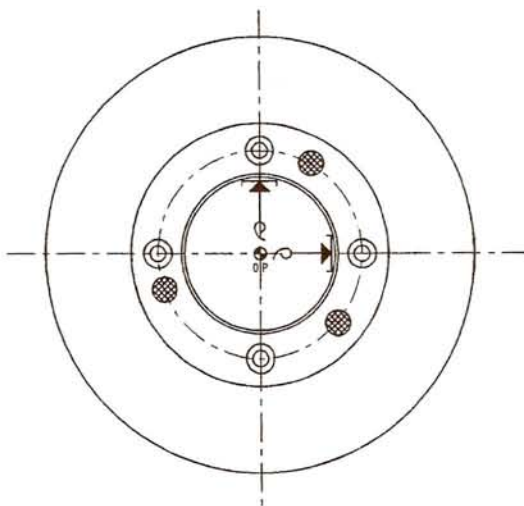


Mise en position et désignation des opérations	Outil de coupe	Vc m · min ⁻¹	n tr · min ⁻¹	f/fz mm · tr ⁻¹	Vf mm · min ⁻¹	tc min	ti min
<i>Reprise dans l'alésage en mandrin mors doux usinés</i>							
- Ébauche profil intérieur	PCLN	280	Vcc	0,15			
- Contournage-finition du profil							
- Ébauche de l'alésage Ø L2 H7	ECOCUT EC 16R	210	Vcc	0,1			
- Finition de l'alésage Ø L2 H7							

CONTRAT DE PHASE PHASE N° : 400	Ensemble : Système d'auto-enroulement	BUREAU DES MÉTHODES
	Élément : Flasque supérieur	
	Matière : ERTALYTE	
Nom :	Programme : Lots de 2 pièces	

Désignation : Fraisage C.N

Machine outil : Fr C.N PRODUCEMILL NUM 720



CONTRATS DE
PHASES
(suite)

Mise en position et désignation des opérations	Outil de coupe	Vc m · min ⁻¹	n tr · min ⁻¹	f/fz mm · tr ⁻¹	Vf mm · min ⁻¹	tc min	ti min
<i>Reprise dans l'alésage en mandrin mors doux</i>							
- Centrage des 4 trous ØL7	Foret à centrer		3000		100		
- Perçage des 4 trous	Foret coupe alu	40		0,11			
- Lamage des 4 trous à ØL6, prof. L8	Fraise à lamer	150		0,3			

PROGRAMMES

§5200
 N10
 N20 (SELF TAILING UNIVERSEL)
 N30 (FLASQUE SUPERIEUR)
 N40 (PHASE 200)
 N50
 N60 G80 G40 G95
 N70 (DECLARATION DES VARIABLES)
 N80 L1=130
 N90 L2=92
 N100 L2=L2+0.0175 (L2 H7)
 N110 L3=48
 N120 L3=48-.5+.0195 (L3 H8)
 N130 L5=L1+6
 N140 L8=2.975
 N150 L9=7.81
 N160 L10=L9*.75
 N170 L12=L2-10
 N180 L16=L3+2
 N190 G G52 X Z
 N200 M6 T1 D1
 N210 M3 S500
 N220 G G54 G90 X210 Z5
 N230 G92 S3000
 N240 G96 S280 X210
 N250 G79 N320
 N260 (PROFIL FINI)
 N270 G1 X0 Z0 F.15
 N280 XL12
 N290 XL5 Z-L10 EB-1
 N300 G91 Z-.1
 N310 G90 X200 Z-L10
 N320 G64 N270 N310 I.5 K.5 P2
 N330 (PROFIL BRUT)
 N340 X200 Z-L10
 N350 Z2
 N360 X0
 N370 Z0
 N380 G80 Z10
 N390 G1 G41 Z2 F.05
 N400 G77 N270 N310
 N410 G40 G G52 X Z
 N420 G77 H7300
 N430 M6 T6 D16 (ECOCUT)
 N440 G G54 G90 XL16 Z2
 N450 Z0
 N460 XL3 EB-1
 N470 Z-1
 N480 Z10
 N490 G G52 X Z
 N500 M5
 N510 M2

§5300
 N10
 N20 (USINAGE SELF TAILING)
 N30 (FLASQUE SUPERIEUR)
 N40 (PHASE 300)
 N50
 N60 G80 G40 G95
 N70 (DECLARATION DES VARIABLES)
 N80 L1=130
 N90 L2=92+.0175(L2 H7)
 N100 L3=46
 N110 L4=5
 N120 L5=L1+6
 N130 L6=L2+4
 N140 L7=L4*2+L6
 N150 L10=16
 N160 G G52 X Z
 N170 M6 T1 D1
 N180 M3 S500
 N190 G G54 G90 X210 Z5
 N200 G92 S3000
 N210 G96 S280 X210
 N220 G79 N310
 N230 (PROFIL FINI)
 N240 G1 X0 Z2 F.5
 N250 Z0
 N260 XL6
 N270 G2 XL7 Z-L4 RL4
 N280 G1 EA97.5 XL5 EB1
 N290 Z-L10
 N300 X200 Z-L10
 N310 G64 N240 N300 I.5 K.5 P2
 N320 X200 Z-L10
 N330 Z2
 N340 X0
 N350 G80 Z10
 N360 G1 G41 Z2
 N370 G77 N240 N290
 N380 G40 G G52 X Z
 N390 M6 T6 D16
 N400 G G54 G90 XL3 Z5
 N410 M3 S500
 N420 G92 S3000
 N430 G96 XL3 S210 Z5
 N440 G79 N490
 N450 (PROFIL FINI)
 N460 G1 XL3 Z-2.925 F.05
 N470 XL2
 N480 XL2 Z2
 N490 G64 N460 N480 I.5 K.5 R1
 N500 XL2 Z2
 N510 XL3
 N520 Z-2.925
 N530 G80 Z5
 N540 G1 G41 Z2
 N550 G77 N460 N480
 N560 G40 G G52 X Z
 N570 M5
 N580 M2

PROGRAMMES
(suite)

84400
N10
N20 (SELF TAILING)
N30 (PERCAGE-LAMAGE)
N40 (FLASQUE SUPERIEUR PHASE 400)
N50
N60 G40 G80
N70 G G52 X Y Z
N80 L2=92
N90 L3=48
N100 $L4=L2-L3/2+L3/2$
N110 M0 (MONTER LE FORET A CENTRER)
N120 M6 T1 D10 (FORET A CENTRER)
N130 L1=5
N140 M3 S3000 F150
N150 G G54 G90 X Y Z5
N160 XL4
N170 G1 Z-L1
N180 Z5
N190 G X0 YL4
N200 G1 Z-L1
N210 Z5
N220 G X-L4 Y0
N230 G1 Z-L1
N240 Z5
N250 G X0 Y-L4
N260 G1 Z-L1
N270 Z5
N280 G G52 X Y Z
N290 M0 (MONTER LE FORET DIAM 5.2)
N300 M6 T1 D15 (FORET DIAM 5.2)
N310 L1=15
N320 M3 S2700 F120
N330 G77 N150 N280
N340 M0 (MONTER LA FRAISE A LAMER)
N350 M6 T1 D29 (FRAISE A LAMER DIAM 9.2)
N360 L1=6
N370 M3 S2700 F80
N380 G77 N150 N280
N390 M5
N400 M2

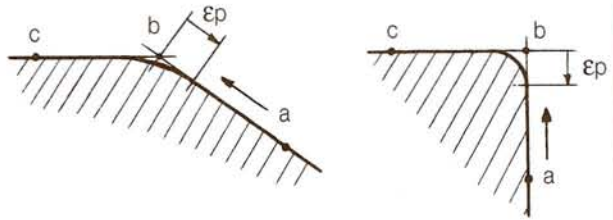
A.1 FONCTIONS ISO DIVERSES

A.1.1 ÉCART DE POURSUITE

■ DÉSIGNATION :

G09 : arrêt précis en fin de bloc.

Le point programmé est atteint lorsque la fonction est programmée dans le bloc.



■ SYNTAXE :

N100 G09 [G0/G1/G2/G3] X.. Y.. Z.. [F..]

G09	Arrêt précis en fin de bloc avant enchaînement sur le bloc suivant.
G0/G1/G2/G3	Interpolation linéaire ou circulaire.
X.. Y.. Z..	Coordonnées du point à atteindre.
F..	Vitesse d'avance.

FONCTION G09

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G09 est non modale.

■ RÉVOCATION :

La fonction G09 est révoquée en fin de bloc.

■ PARTICULARITÉS :

L'écart de poursuite ϵ_p est proportionnel à la vitesse d'avance. Si la fonction G09 n'est pas employée, il se produit un effet de lissage de trajectoire d'autant plus accentué que l'angle entre les deux trajectoires est aigu et que la vitesse d'avance est grande.

La fonction G09 permet de résorber l'écart de poursuite ϵ_p en fin de mouvement (passage à une vitesse nulle) avant d'enchaîner sur la séquence suivante, ce qui permet de respecter précisément la trajectoire programmée.

■ EXEMPLES :

• sans G09

```
N..
N50 G1 Xa Za
N60 Xb Zb
N70 Xc Zc
N..
```

• avec G09

```
N..
N50 G1 Xa Za
N60 G9 Xb Zb
N70 Xc Zc
N..
```

Le mobile ne décélère pas, la trajectoire ne passe pas exactement par le point b. Elle sera lissée entre a et c.

Le mobile décélère sur ab et passe par le point b.

A.1.2 FONCTION MIROIR

■ DÉSIGNATION :

G51 : fonction miroir. Elle peut être appliquée aux axes X, Y et Z (A, B, et C). Elle permet de réaliser des usinages symétriques à partir d'un programme définissant la moitié ou le quart de la pièce.

■ SYNTAXE :

N100 G51 X- Y- Z- A- B- C-

G51	Miroir.
X- Y- Z- A- B- C-	Le signe - valide le miroir sur les axes X, Y, Z, A, B et C.

■ PROPRIÉTÉS :

La fonction G51 est non modale. Les arguments axes (X, Y, Z, A, B et C) liés à la fonction sont modaux.

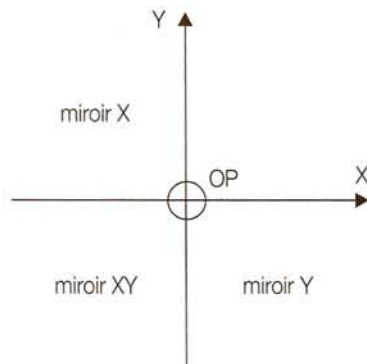
■ RÉVOCATION :

La fonction G51 est révoquée par :

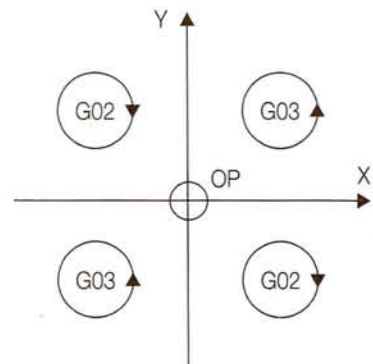
- G51 suivi d'un ou plusieurs arguments X+, Y+, Z+, A+, B+ et C+.
- M02 (fin de programme).
- RAZ : remise à l'état initial.

FONCTION G51

■ FORMAT



■ INTERPOLATION CIRCULAIRE ET FONCTION MIROIR



A.1.3 HOMOTHÉTIE

■ DÉSIGNATION :

G74 : validation du facteur d'échelle.

Cette fonction permet l'exécution d'une forme homothétique de la forme programmée.

G73 : invalidation du facteur d'échelle.

■ SYNTAXE :

N100 [G40] G74/G73

G74	Validation du facteur d'échelle. L'homothétie a pour centre l'origine programmée et son rapport est compris entre 0,001 et 9999.
G73	Invalidation du facteur d'échelle.

■ PROPRIÉTÉS :

Les fonctions G73 et G74 sont modales. G73 est initialisée à la mise sous tension.

■ PARTICULARITÉS :

L'homothétie affecte : les cotes programmées des axes principaux (X, Y et Z) et secondaires (U, V et W) ; les décalages programmés en G59.

L'homothétie n'affecte pas : l'origine pièce, le décalage entre origine pièce et origine programme ; les dimensions d'outils ; la programmation en origine mesure G52.

La prise en compte de G74 et sa révocation G73 peut être exécutée à tout instant dans le programme, excepté si le système est en correction de rayon ; en cours d'interpolation circulaire ; en PGP. G73 et G74 peuvent être suivies de cotes dans le même bloc.

■ RÉVOCATION :

Les fonctions G73 et G74 se révoque mutuellement. G74 est révoquée en fin de programme.

■ EXEMPLES :

```
N..
N100 E69000=200
N110 G74 G0 X.. Z..
N..
N150 G73
N..
```

rapport 200/1000 soit réduction à 0,20

annulation du facteur d'échelle

```
N..
N100 G79 E69000=300 N200
N..
N200
N..
```

si le rapport est égal à 300, saut au bloc N200

Homothétie : transformation géométrique qui, par rapport à un point O (centre d'homothétie) et un nombre K (rapport d'homothétie) fait correspondre à tout point M de l'espace un point M' tel que $OM' = KOM$.

FONCTIONS
G73 ET G74

A.1.4 DÉGAGEMENT D'URGENCE

■ DÉSIGNATION :

G75 : dégagement d'urgence.

Si un dégagement d'urgence est programmé, il y saut à la ligne N.. Le programme de dégagement doit se terminer par un arrêt programme M0 ou une fin de programme M2.

■ SYNTAXE :

N100 G75 N..

G75	Déclaration d'un programme de dégagement d'urgence.
N..	Argument obligatoire lié à la fonction G75 et désignant le numéro de ligne de début de programme.

■ PROPRIÉTÉS :

Les fonctions G75 est non modale. L'argument N.. est modal.

■ RÉVOCATION :

La déclaration d'un programme G75 N.. est annulé par :

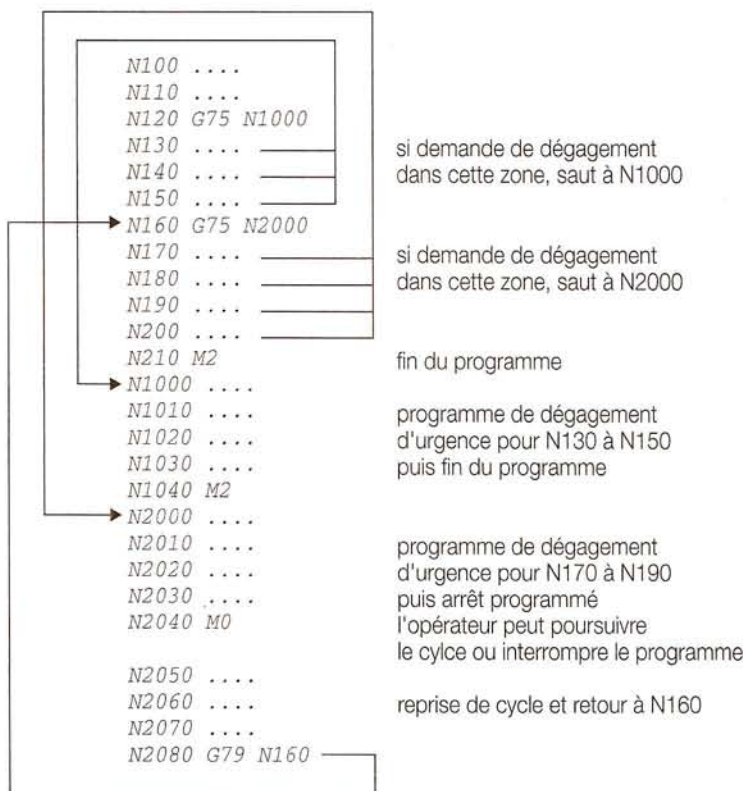
- la fonction d'annulation G75 N0 ;
- la fonction G75 N.. affecté d'un numéro de programme différent.
- la fonction fin de programme M2 ;
- une remise à l'état initial.

■ PARTICULARITÉS :

Si un dégagement d'urgence est demandé alors qu'aucun programme de dégagement n'est défini, il y a arrêt d'usinage.

■ EXEMPLE :

FONCTION G75



A.2 MATÉRIAUX ET ALLIAGES

A.2.1 SYMBOLISATION ET DESIGNATION

A.2.1.1 SYMBOLES CHIMIQUES ET MÉTALLURGIQUES

DÉSIGNATION ET
CARACTÉRIS-
TIQUES
PHYSIQUES DE
MÉTAUX ET
ALLIAGES

Élément	Symbole chimique	Symbole métallurgique	Masse volumique à 20 °C (en kg · dm ⁻³)	Température de fusion (°C)
aluminium	Al	A	2,7	660
antimoine	Sb	R	6,7	630
argent	Ag	-	10,5	960
béryllium	Be	Be	1,85	1287
bismuth	Bi	Bi	9,78	271
bore	B	B	2,35	2200
cadmium	Cd	Cd	8,65	321
carbone	C	-	2,22	3700
chrome	Cr	C	7,19	1857
cobalt	Co	K	8,9	1495
cuivre	Cu	U	8,96	1080
étain	Sn	E	7,28	232
fer	Fe	Fe	7,87	1535
magnésium	Mg	G	1,74	649
manganèse	Mn	M	7,43	1245
molybdène	Mo	D	10,22	2617
nickel	Ni	N	8,9	1453
niobium	Nb	Nb	8,5	1900
or	Au	-	19,3	1063
phosphore	P	P	1,88	44
platine	Pt	-	21,46	1769
plomb	Pb	Pb	11,35	327
rhodium	Rh	-	12,2	2000
silicium	Si	S	2,4	1430
soufre	S	F	2,1	113
tantale	Ta	Ta	16,69	3000
titane	Ti	T	4,54	1660
tungstène	W	W	19,3	3410
uranium	U	-	18,68	
vanadium	V	V	6,11	1890
zinc	Z	Z	7,14	420
zirconium	Zr	Zr	6,5	1750

■ THERMOPLASTIQUES

Ils sont constitués de molécules simples en chaînes linéaires.
Il est possible d'en modifier l'état par chauffage et refroidissement.
L'opération est réversible.

Symbole	Désignation	Dénomination commerciale ou usuelle	Masse volumique (en $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$)	Température maxi d'utilisation ($^{\circ}\text{C}$)
ABS	polyacrylonitrile butadiène styrène	ABS	1	70
CA	acétate de cellulose	Rhodoïd	1,3	60
PA 1.1	polyamide	Rilsan	1,04	100
PA 6.6	polyamide	Nylon	1,1	120
PC	polycarbonate	Makrolon	1,2	120
PE	polyéthylène	polyéthylène	0,95	80
POM	polyoxyméthylène	Delrin	1,4	110
PMMA	polyméthacrylate de méthyle	Plexiglass	1,2	85
PP	polypropylène	polypropylène	0,92	130
PS	polystyrène	polystyrène	1,05	70
PTFE	polytétrafluoréthylène	Téflon	2,2	260
PVC	polychlorure de vynile	PVC	1,45	60

■ THERMODURCISSABLES

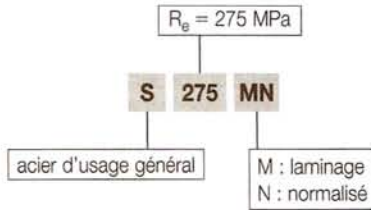
Ils sont constitués de macromolécules tridimensionnelles.
Il est possible d'en modifier l'état par chauffage, radiation ou catalyse.
L'opération est irréversible.

Symbole	Désignation	Dénomination commerciale ou usuelle	Masse volumique (en $\text{kg} \cdot \text{dm}^{-3}$)	Température maxi d'utilisation ($^{\circ}\text{C}$)
EP	polyépoxyde	Araldite	1,3	120
PF	phénol formol	Céloron	1,35	100
PF 21	phénoplaste	Bakélite	1,4	120
UP	polyester	polyester	1,4	150

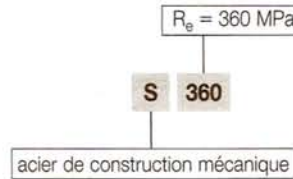
A.2.1.2 DÉSIGNATION DES ACIERS ET FONTES

■ ACIERS AU CARBONE

• Aciers d'usage général



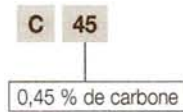
• Aciers de construction mécanique



- Lettre **G** si acier moulé.
- Lettre **S** ou **E**.
- Nombre indiquant la limite élastique (R_e) en MPa ($\text{N} \cdot \text{mm}^{-2}$).
- Indications complémentaires (si nécessaire) :

F : forgeage	N : normalisé
L : basse température	Q : trempé et revenu
M : laminage	

■ ACIERS SPÉCIAUX NON ALLIÉS POUR TRAITEMENTS THERMIQUES

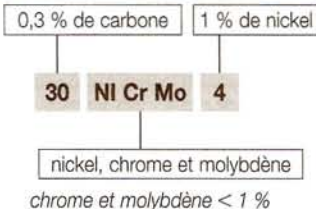


- Lettre **G** si acier moulé.
- Lettre **C**.
- Nombre égal à 100 fois la teneur centésimale en carbone.
- Indications complémentaires :

C : formage
E : teneur en soufre
S : ressort

ACIERS

■ ACIERS FAIBLEMENT ALLIÉS



Aucun élément d'addition ne dépasse 5 %.

- Lettre **G** si acier moulé.
- Nombre égal à 100 fois la teneur centésimale en carbone.
- Éléments d'addition en ordre de teneur décroissant (symbole chimique).
- Un ou plusieurs nombres indiquant la teneur des éléments d'addition en ordre de teneur décroissant.

La teneur centésimale des éléments d'addition est multipliée :

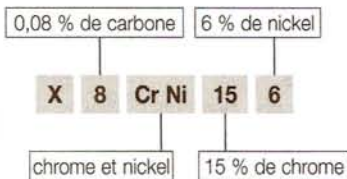
par 4 pour Co, Cr, Mn, Ni, Si, W ;

par 10 pour Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr ;

par 100 pour Ce, N, P, S ;

par 1 000 pour B.

■ ACIERS FORTEMENT ALLIÉS

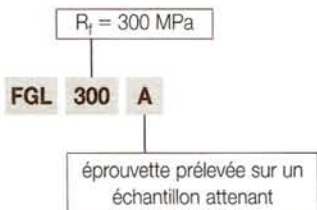


Au moins un élément d'addition dépasse 5 %.

- Lettre **G** si acier moulé.
- Lettre **X**.
- Nombre égal à 100 fois la teneur centésimale en carbone.
- Éléments d'addition en ordre de teneur décroissant (symbole chimiques).
- Un ou plusieurs nombres indiquant la teneur des éléments d'addition en ordre de teneur décroissant.

FONTES NON ALLIÉES

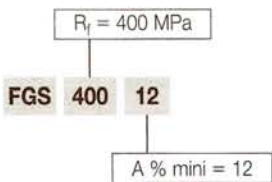
■ FONTES À GRAPHITE LAMELLAIRE



Fontes dans lesquelles le graphite libre est présent sous forme de lamelles avec une matrice de type perlitique.

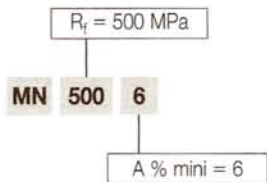
- Lettres **FGL**.
- Résistance à la rupture (R_f) en MPa ($N \cdot mm^{-2}$).
- Éventuellement une lettre **A** indiquant que l'essai a été effectué sur une éprouvette usinée sur un échantillon attenant.

■ FONTES À GRAPHITE SPHÉROÏDAL



- Lettres **FGS**.
- Résistance à la rupture (R_f) en MPa.
- Allongement **A** % mini.
- Éventuellement une lettre **A** indique que l'essai a été effectué sur une éprouvette usinée sur un échantillon attenant.

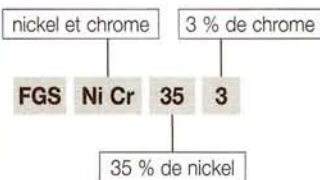
■ FONTES MALLÉABLES



- Lettres **MB** ou **MN**.
- MB** : malléable à cœur blanc (matrice ferritique).
- MN** : malléable à cœur noir (matrice ferritique ou perlitique).
- Résistance à la rupture (R_f) en MPa.
- Allongement **A** % mini.

FONTES ALLIÉES

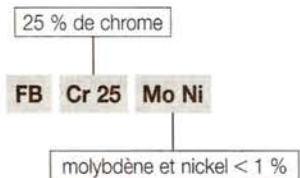
■ FONTES AUSTÉNITIQUES



Fontes fortement alliées à graphite lamellaire ou sphéroïdal avec une matrice de type austénitique.

- Lettres **FGS** (sphéroïdal) ou **FGL** (lamellaire).
- Symboles des principaux éléments d'alliage.
- Teneur de ces éléments d'alliage dans l'ordre énoncé.

■ FONTES BLANCHES



Fontes à matrice martensitique composée de carbures.

- Lettres **FB**.
- Symboles des éléments d'alliage.
- Teneur de ces éléments d'alliage dans l'ordre énoncé.

A.2.1.3 DÉSIGNATION DES MÉTAUX ET ALLIAGES NON FERREUX

ÉTATS
MÉTALLUR-
GIQUES

■ ÉTATS MÉTALLURGIQUES DE BASE

F	brut de fabrication
O	recuit
H	écroui
T	durci par traitement thermique

• Subdivision de l'état H

niveau de dureté	écroui seul H1	écroui recuit H2	écroui stabilisé H3
1/4 dur	H12	H22	H32
1/2 dur	H14	H24	H34
3/4 dur	H16	H26	H36
4/4 dur	H18	H28	H38

• Subdivision de l'état T

aluminium et alliages	
T3	mise en solution + écroui + mûri
T4	mise en solution + mûri
T5	refroidi + revenu
T6	mise en solution + revenu
T8	mise en solution + écroui + revenu
T10	refroidi + revenu + écroui

cuivres et alliages	
TA	refroidissement contrôlé
TB	mise en solution + trempé
TC	TA + déformation à froid
TD	TB + déformation à froid

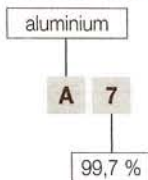
■ ÉTATS DE LIVRAISON DES PRODUITS MOULÉS

symbole	procédé d'obtention
Y0	non défini
Y2	moulage au sable
Y3	moulage en coquille
Y4	moulage sous pression
Y5	par frittage
Y7	en coulée continue
Y8	par centrifugation
Y9	suivant prescription

symbole	traitement
0	pas de traitement
1	recuit
2	trempe
3	trempe + revenu
4	trempe + mûrissement
5	stabilisation
6	trempe + stabilisation
9	suivant prescription

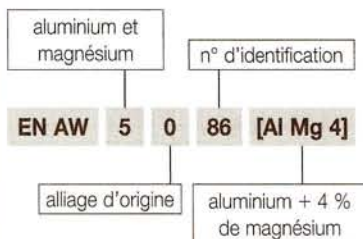
ALUMINIUM ET ALLIAGES

■ ALUMINIUMS AFFINÉS



- Symbole métallurgique de l'aluminium (**A**).
- Nombre (0 à 99) indiquant l'indice de pureté chimique. 0 = 99,0 % à 9 = 99,9 %

■ ALLIAGES D'ALUMINIUM (PRODUITS LAMINÉS)

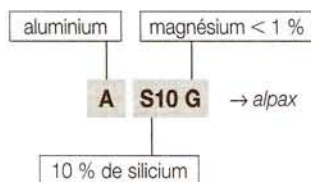


- Préfixe : norme internationale (**EN**), aluminium (**A**), corroyé (**W**).
- Identificateur de la famille de l'alliage :

1 - aluminium pur	5 - Al + Mg
2 - Al + Cu	6 - Al + Mg + Si
3 - Al + Mg	7 - Al + Zn
4 - Al + Si	8 - Al + autre élément

- Nombre de modifications apportées à l'alliage d'origine (de 0 à 9). 0 = alliage d'origine.
- Numéro d'identification de l'alliage.
- Composition de l'alliage (symboles chimiques) et teneur des éléments d'addition.

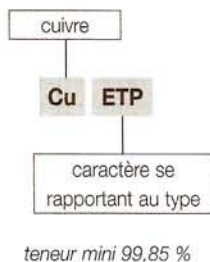
■ ALLIAGES D'ALUMINIUM (PRODUITS DE FONDERIE)



- Lettre **A**.
- Éléments d'addition et teneur (symboles métallurgiques).

CUIVRE ET ALLIAGES

■ CUIVRES AFFINÉS - CUIVRES DÉSOXYDÉS

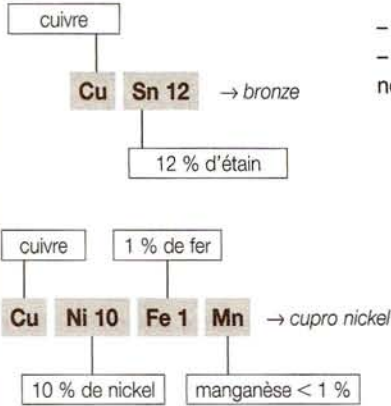


- Symbole chimique **Cu**.
- Groupe de caractères alphabétiques majuscules se rapportant au type de cuivre.

ETP	affiné électrolytiquement, non désoxydé, à conductivité garantie.
FRHC	affiné thermiquement, non désoxydé, à conductivité garantie.
FRTP	affiné thermiquement, à conductibilité non garantie.
DHP	affiné électrolytiquement ou thermiquement, phosphore résiduel fort.
DLP	affiné électrolytiquement ou thermiquement, phosphore résiduel faible.
OF	désoxydé.
OFE	désoxydé, à haute pureté.

CUIVRE ET
ALLIAGES
(suite)

■ CUIVRES ALLIÉS - ALLIAGES DE CUIVRE

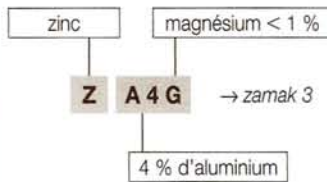


- Symbole **Cu**.
- Symboles chimiques des éléments d'alliage et d'un nombre indiquant leur teneur, rangés en ordre décroissant.

Alliages courants :

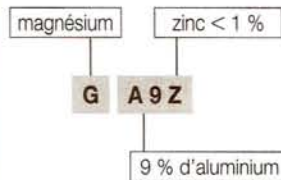
- bronze : cuivre + étain
- laiton : cuivre + zinc
- cupro-aluminium : cuivre + aluminium
- cupro-nickel : cuivre + nickel
- maillechort : cuivre + nickel + zinc

■ ALLIAGES DE ZINC



- Lettre **Z**.
- Éléments d'addition (symboles métallurgiques) et teneur.

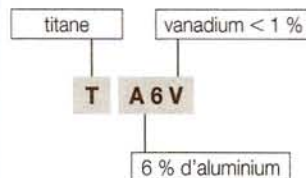
■ ALLIAGES DE MAGNÉSIUM



- Lettre **G**.
- Éléments d'addition (symboles métallurgiques) et teneur.

AUTRES
ALLIAGES

■ ALLIAGES DE TITANE



- Lettre **T**.
- Éléments d'addition (symboles métallurgiques) et teneur.

A.2.2 ESSAIS DES MATÉRIAUX

A.2.2.1 CARACTÉRISTIQUES MÉCANIQUES

DÉFINITIONS	<p>■ ÉLASTICITÉ</p> <p>Aptitude d'un matériau à reprendre sa forme et ses dimensions initiales après avoir été déformé. Elle est caractérisée par un module d'élasticité E.</p>	<p>■ DUCTILITÉ</p> <p>Aptitude d'un matériau à se déformer avant rupture. Elle est caractérisée par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Allongement A %. - Coefficient de striction Z %. - Résilience K (essai au choc).
	<p>■ TÉNACITÉ</p> <p>Résistance à la déformation et à la rupture. Elle est caractérisée par :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Résistance à la rupture R_r. - Limite élastique R_e. - Dureté H (résistance à la déformation par enfoncement). 	<p>■ ENDURANCE</p> <p>Résistance aux contraintes répétées. Elle est caractérisée par une limite à la fatigue σ ou par le nombre de cycles N avant rupture du matériau.</p>

SYMBOLES ET UNITÉS	Désignation	Symbole	Unité
	Résistance à la rupture	R_r	MPa ($N \cdot mm^{-2}$)
	Limite apparente d'élasticité	R_e	MPa
	Module d'élasticité longitudinal	E	MPa
	Allongement % après rupture	A	%
	Coefficient de striction	Z	%
	Dureté Brinell	HB	échelle Brinell
	Dureté Rockwell	HR	échelle Rockwell
	Dureté Vickers	HV	échelle Vickers
	Énergie absorbée par rupture sur éprouvette U	KU	J (joules) ou daJ
	Résilience sur éprouvette U	KCU	$J \cdot cm^{-2}$ ou daJ $\cdot cm^{-2}$
	Énergie absorbée par rupture sur éprouvette V	KV	J ou daJ
	Résilience sur éprouvette V	KCV	$J \cdot cm^{-2}$ ou daJ $\cdot cm^{-2}$
	Contrainte maxi de fatigue	σ_{max}	MPa
	Nombre de cycles (ou durée de vie) avant rupture	N	-
Limite de fatigue ou d'endurance	σ_p	MPa	

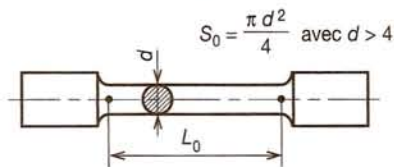
A.2.2.2 ESSAI DE TRACTION

PRINCIPE DE L'ESSAI

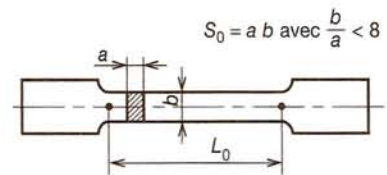
Une éprouvette normalisée (voir ci-dessous) est soumise à un effort d'extension progressif jusqu'à la rupture. Les mesures relevées permettent de déterminer certaines caractéristiques de ténacité et de ductilité du matériau.

CARACTÉRISTIQUES DES ÉPROUVETTES

Éprouvette à section cylindrique $\varnothing d$



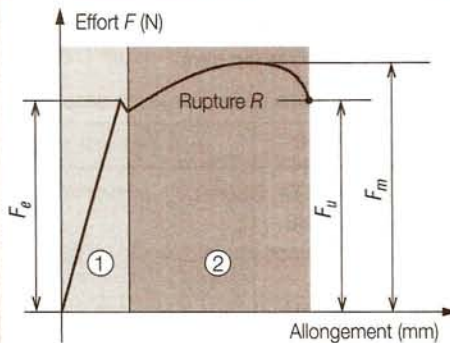
Éprouvette à section rectangulaire ab



Une partie calibrée de longueur L_0 (mm) et de section S_0 (mm²) est définie entre deux têtes d'amarrage.

$$L_0 = 5,65 \sqrt{S_0}$$

EFFORTS MESURÉS



lieu	événement	effort
zone ①	déformation élastique	F_e
zone ②	déformation permanente	F_m
point R	rupture éprouvette (striction)	F_u

Après rupture, la longueur initiale de l'éprouvette L_0 devient L_u .

CARACTÉRISTIQUES DU MATÉRIAU DÉTERMINÉES PAR L'ESSAI DE TRACTION

Limite apparente d'élasticité	R_e en MPa	$R_e = \frac{F_e}{S_0}$	Allongement	$\frac{\Delta L}{L_0}$ en mm	$\Delta L = L_u - L_0$
Résistance à la rupture	R_r en MPa	$R_r = \frac{F_m}{S_0}$	Allongement unitaire	ε en mm	$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L_0}$
Module d'élasticité longitudinale	E en MPa	$E = \frac{F_e \cdot L_0}{S_0 \cdot \Delta L}$	Allongement	A en %	$A = \frac{L_u - L_0}{L_0} \times 100$
Résistance pratique à l'extension	R_{pe} en MPa	$R_{pe} = \frac{R_e}{K}$	Coefficient de striction	Z en %	$Z = \frac{S_u - S_0}{S_0} \times 100$

R_{pe} : valeur empirique utilisée pour calculs de RDM.

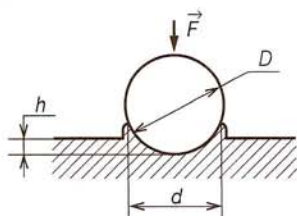
K : coefficient de sécurité, fonction du matériau et des conditions de sollicitations de la pièce ; $1,5 < K < 15$.

A.2.2.3 ESSAI DE DURETÉ BRINELL

PRINCIPE

On enfonce dans le métal une bille de diamètre D sous une charge déterminée F et sans choc. Le diamètre de l'empreinte laissée sur la surface est ensuite mesurée. La formule ci-dessous permet de déterminer la dureté HB.

CARACTÉRISTIQUES DE L'ESSAI



D = diamètre de la bille (mm)

\vec{F} = charge de l'essai (daN)

d = diamètre de l'empreinte (mm)

h = profondeur de l'empreinte (mm)

La dureté Brinell HB est donnée par le rapport :
avec F en (daN)
 S aire de la calotte sphérique en (mm²)

$$HB = \frac{F}{S} = \frac{F}{1,57D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$$

Désignation : **HB 5 / 750 / 20** → diamètre de la bille (en mm)
→ durée de maintien de la charge (en seconde)
→ charge (en daN)

CONDITIONS DE MESURES ET RELATIONS

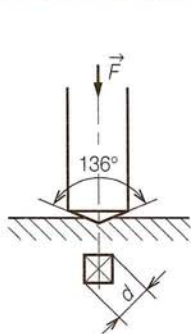
- Pénétrateur : bille de $\varnothing 10,5/2,5/1$. Charge : $30 D^2$. Durée de maintien de la charge : 15 s.
- Pour les aciers non alliés, on admet $R_r \approx 0,35 HB$.
- Pour une mesure pertinente, l'épaisseur de la pièce doit être égale ou supérieur à 8 fois la profondeur de l'empreinte.
- L'essai Brinell n'est pas conseillé pour un matériau dont la dureté HB > 450.

A.2.2.4 ESSAI DE DURETÉ VICKERS

PRINCIPE

On enfonce dans le métal un pénétrateur de forme pyramidale droite à base carrée sous une charge déterminée F et sans choc. La diagonale de l'empreinte laissée sur la surface est ensuite mesurée. La formule ci-dessous permet de déterminer la dureté HV.

CARACTÉRISTIQUES DE L'ESSAI



\vec{F} = charge de l'essai (daN)

d = diagonale de l'empreinte (mm)

La dureté Vickers HV est donnée par le rapport :
avec F en (daN)
 S aire de l'empreinte en (mm²)

$$HV = \frac{F}{S} = \frac{1,854F}{d^2}$$

Désignation : **HV 30 / 15** → durée de maintien de la charge (en seconde)
→ charge (en daN)

CONDITIONS DE MESURES

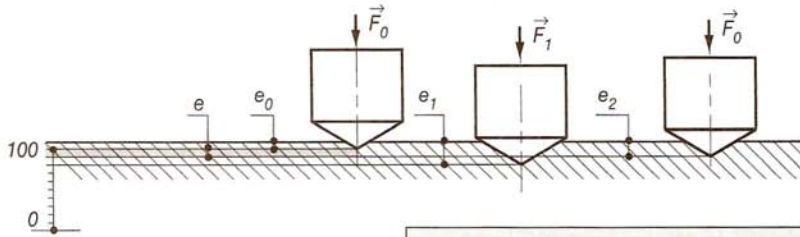
- Pénétrateur : pyramide droite à base carrée – angle au sommet 136°.
- Charge : 5 - 10 - 20 - 50 - 80 - 100 daN.
- Durée de maintien de la charge : 15 s.

A.2.2.5 ESSAI DE DURETÉ ROCKWELL

PRINCIPE

On enfonce dans le métal en trois temps sous deux charges différentes F_0 , F_1 , puis F_0 à nouveau, un pénétrateur (cône ou bille) sans choc. On mesure ensuite la différence des profondeurs de pénétration. Chaque degré de dureté équivaut à un enfoncement de 2μ .

CARACTÉRISTIQUES DE L'ESSAI



e_0 = enfoncement sous charge initiale F_0
 e_1 = enfoncement sous surcharge F_1
 e_2 = enfoncement sous charge F_0
 e = enfoncement rémanent
 $e = e_2 - e_0$

$$\text{HRC} = (100 - e) = 100 - \frac{e_2 - e_0}{0,002}$$

$$\begin{array}{l} \text{HRB} \\ \text{HRF} \\ \text{HRE} \end{array} = (100 - e) = 100 - \frac{e_2 - e_0}{0,002}$$

CONDITIONS DE MESURES ET RELATIONS

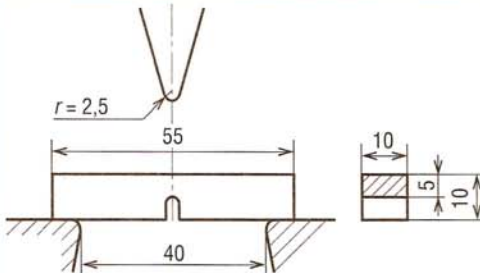
Désignation	HRC	HRB	HRF	HRE
Pénétrateur	cône diamant 120°	bille acier trempé HV \geq 850		
		D = 1,587 mm 1/16 pouce		D = 3,175 mm 1/8 pouce
Charge initiale F_0 en daN	10	10		
Surcharge F_1 en daN	140	90	50	90
Dureté HR	100 - e	130 - e		

A.2.2.6 ESSAI AU CHOC

PRINCIPE

On effectue la rupture d'une éprouvette par choc. Une masse pendulaire M est montée à une hauteur de chute H . Libérée, elle tombe et brise l'éprouvette et remonte à une hauteur h . Il est possible d'en déduire l'énergie absorbée KU . On détermine ainsi la résilience KCU du matériau.

CARACTÉRISTIQUES DE L'ÉPROUVETTE



éprouvette : 10 × 10 mm, longueur 55 mm
 entaille : profondeur 5 mm, rayon 1 mm

$$\text{KCU} = \frac{KU}{S} = \frac{M \cdot g \cdot (H - h)}{S}$$

- énergie initiale (valeur normalisée)
 $W_i = M \cdot g \cdot H = 294 \text{ J}$
- énergie résiduelle
 $W_r = M \cdot g \cdot h$
- énergie absorbée
 $W = W_i - W_r = KU$
 $= (M \cdot g \cdot H) - (M \cdot g \cdot h)$
 $= M \cdot g \cdot (H - h)$

CONDITIONS DE MESURES

- Couteau : angle d'attaque 30°.
- W en J (Joules) ; M en kg ; $g = 9,81 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$; h en m ; S en cm^2
- KCU en $\text{J} \cdot \text{cm}^{-2}$

A.2.3 CHOIX DES MATÉRIAUX

A.2.3.1 NUANCES ET QUALITÉS RECOMMANDÉES

	Aciers spéciaux pour traitements thermiques				
	Aciers au carbone	non alliés			
		pour cémentation	pour trempé à cœur	fortement alliés	
ACIERS	pour usage général	C 22 (XC 18)	• au chrome	inoxydables	
	S 185 (A 33)		38 Cr 2 (38 C2)	• ferritiques	
	S 235 (E 24)	pour trempé à cœur	46 Cr 2 (42 C 2)	X 6 Cr 17 (Z 8 C 17)	
	S 275 (E 28)	C 25 (XC 25)	41 Cr 4 (42 C 4)	X 3 Cr Ti 17 (Z 4 CT 17)	
	S 355 (E 36)	C 35 (XC 38)	100 Cr 6 (100 C 6)	• martensitiques	
	pour construction mécanique	C 40 (XC 42)	• au nickel chrome	X 30 Cr 13 (Z 30 C 13)	
		C 45 (XC 48)	10 Ni Cr 6 (10 NC 6)	X 46 Cr 13 (Z 46 C 13)	
		C 50 (XC 50)	20 Ni Cr 6 (20 NC 6)	• austénitiques	
		E 295 (A 50)	13 Ni Cr 14 (14 NC 11)		X 2 Cr Ni 19.11 (Z 3 CN 19-11)
		E 335 (A 60)	pour trempé superficielle	30 Ni Cr 11 (30 NC 11)	X 4 Cr Ni 18.10 (Z 7 CN 18-09)
		E 360 (A 70)	C 40 (XC 42 TS)	• au nickel chrome molybdène	X 4 Cr Ni Mo 17.12 (Z 7 CND 17-11)
				20 Ni Cr Mo 7 (18 NCD 6)	X 6 Cr Ni Ti 18.10 (Z 6 CNT 18-10)
				16 Ni Cr Mo 13 (16 NCD 13)	X 6 Cr Ni Mo Ti 17.12 (Z 6 CNDT 17-12)
				36 Ni Cr Mo 16 (35 NCD 16)	
				30 Cr Ni Mo 8 (30 CND 8)	
			• au chrome molybdène		
			25 Cr Mo 4 (25 CD 4)		
			34 Cr Mo 4 (35 CD 4)		
			42 Cr Mo 4 (42 CD 4)		
			50 Cr Mo 4 (50 CD 4)		
		• divers			
		51 Cr V 4 (50 CV 4)			
		41 Cr Al Mo 7 (40 CAD 6-12)			
		20 Mn Cr 5 (20 MC 5)			
		55 Si 7 (55 S 7)			
		45 Si Cr Mo 6 (45 SCD 6)			
FONTES	Fontes non alliées			Fontes alliées	
	à graphite lamellaire	à graphite sphéroïdal	malléable	austénitique	blanches
	FGL 150	FGS 350-22	MB 350-7	FGS-Ni Mo 13 7	FB Ni 4 Cr 2
	FGL 200	FGS 370-17	MB 380-12		FB Cr 25 Mo Ni
	FGL 250	FGS 400-15	MB 400-10		
	FGL 300	FGS	MB 450-7		
	FGL 350	FGS 600-3	MN 350-10		FGL-Ni Cr 35 3
	FGL 400	FGS 700-2	MN 380-18	FGL-Ni Mo 13 7	
		FGS 800-2	MN 450-6		
		FGS 900-2	MN 550-4	FGL-Ni 35	
		MN 650-3			
ALLIAGES DE CUIVRE	laiton	cupro aluminium	cupro nickel	bronze	
	Cu Zn 20	Cu Al 9		Cu Sn 8	
	Cu Zn 40	Cu Al 10 Fe 3		Cu Sn 12	
	Cu Zn 19 Al 6	Cu Al 9 Ni 3 Fe 2	Cu Ni Fe 1 Mn	Cu Pb 5 Sn 5 Zn 5	
	Cu Zn 23 Al 4	Cu Al 11 Ni 5 Fe 5	Cu Sn 8 Ni	Cu Sn 7 Pb 6 Zn 4	
	Cu Zn 35 Al Fe Mn	Cu Al 10 Fe 5 Ni 5		Cu Pb 10 Sn 10	
	Cu Zn 39 Pb 2	Cu Al 12 Fe 5 Ni 5		Cu Pb 20 Sn 5	

ALLIAGES
D'ALUMINIUM
ET DE ZINC

désignation des alliages d'aluminium		désignation des alliages de zinc	
normalisée	commerciale	normalisée	commerciale
A - S 10 G	Alpax	Z - A 4 G	Zamak 3
A - U 4 G 1	Duralumin	Z - A 4 U 1 G	Zamak 5
A - G 5	Duralinox	Z - A 4 U 3	Kayem 1
A - Z 8 G U	Zicral	Z - A 13 U 1 G	Ilzro 12

A.2.3.2 NUANCES ET CARACTÉRISTIQUES

■ ACIERS NON ALLIÉS D'USAGE GÉNÉRAL

Nuance		R _e en Mpa		R _r en Mpa		A en %		Résilience KCV en daJ · cm ⁻²
		mini	maxi	mini	maxi	mini	maxi	
S 185	A 33	145	165	330	410	20	26	3,5
S 235	E 24	185	235	360	460	20	26	3,5
S 275	E 28	225	255	420	560	16	22	3,5
S 355	E 36	305	325	490	630	15	20	3,5
E 295	A 50	255	295	490	630	13	19	-
E 335	A 60	295	335	590	710	9	15	-
E 360	A 70	325	365	690	830	5	10	-

■ ACIERS NON ALLIÉS POUR TRAITEMENTS THERMIQUES

Nuance		R _e en Mpa		R _r en Mpa		A en %		Résilience KCV en daJ · cm ⁻²
		mini	maxi	mini	maxi	mini	maxi	
C 22	XC 18	270	330	440	600	19	21	80
C 25	XC 25	305	365	490	640	18	20	70
C 35	XC 38	400	490	630	830	16	17	50
C 40	XC 42	430	520	670	880	14	16	40
C 45	XC 48	460	550	710	930	13	15	30

■ ACIERS ALLIÉS POUR TRAITEMENTS THERMIQUES

• aciers faiblement alliés

Nuance		R _e en Mpa		R _r en Mpa		A en %		Résilience KCV en daJ · cm ⁻²
		mini	maxi	mini	maxi	mini	maxi	
20 Mn 5	20 M 5	400	440	540	720	18	20	80
35 Mn 5	35 M 5	500	550	670	870	15	17	50
40 Mn 6	40 M 6	550	590	720	930	14	16	50
20 Mn Cr 5	20 MC 5	600	650	750	1000	16	18	70
32 Cr 4	32 C 4	590	660	780	1080	12	15	60
38 Cr 2	38 C 2	620	700	830	1130	12	14	50
41 Cr 4	42 C 4	660	740	880	1180	12	13	40
45 Si 7	45 S 7	620	780	780	1180	11	15	50
55 Si 7	55 S 7	740	880	930	1300	9	11	40
60 Si Cr 7	60 SC 7	850	950	1050	1370	8	10	35
45 Si Cr Mo 6	45 SCD 6	870	870	1050	1270	9	10	50
41 Cr Al Mo 7	40 CAD 6-12	750	800	1150	1200	11	13	50
25 Cr Mo 4	25 CD 4	600	700	780	1080	12	15	70
34 Cr Mo 4	34 CD 4	700	770	880	1180	11	14	60
42 Cr Mo 4	42 CD 4	770	850	980	1280	10	12	50
30 Cr Mo 12	30 CD 12	810	880	1030	1280	10	11	55
51 Cr V 4	50 CV 4	780	930	980	1320	8	12	40
20 Ni Cr 6	20 NC 6	600	650	750	1100	16	18	80
30 Ni Cr 11	30 NC 11	670	750	850	1130	13	14	70
30 Cr Ni Mo 8	30 CND 8	850	850	1030	1230	12	12	70
36 Ni Cr Mo 16	35 NCD 16	880	-	1080	1280	9	10	50

ACIERS

ACIERS
(suite)

• aciers fortement alliés

Nuance		R _e en Mpa	R _r en Mpa	A en %		Résilience KCV en daJ · cm ⁻²
				mini	maxi	
X 20 Cr 13	Z 20 C 13	550	830	11	13	-
X 30 Cr 13	Z 30 C 13	640	930	10	11	-
X 15 Cr Ni 16.12	Z 15 CN 16-02	685	980	10	12	-
X 2 Cr Ni 18.10	Z 2 CN 18-10	180	550	42	45	-
X 10 Cr Ni 18.09	Z 10 CN 18-09	210	650	42	45	-
X 12 Cr Ni 17.07	Z 12 CN 17-07	240	690	37	40	-
X 6 Cr Ni Ti 18.10	Z 6 CNT 18-10	200	610	37	40	-
X 6 Cr Ni Nb 18.10	Z 6 CNNb 18-10	190	610	37	40	-
X 6 Cr Ni Mo 17.11	Z 6 CND 17-11	190	580	42	45	-

FONTES

■ FONTES NON ALLIÉS

Nuance	R _e en Mpa	R _r en Mpa	A en %	Dureté HB		Résistance à la compression en MPa	Limite de fatigue* en MPa	Module d'élasticité × 10 ⁴ en MPa
				mini	maxi			
FGL 150	98	150	> 0,8	125	205	600	68	10,5
FGL 200	130	200	> 0,8	150	230	720	90	11,5
FGL 250	165	250	> 0,8	180	250	840	115	12,5
FGL 300	195	300	> 0,8	200	275	960	135	13,5
FGL 350	230	350	> 0,8	220	290	1080	150	14,5
FGL 400	260	400	> 0,8	245	320	1200	152	15
MB 380-12	200	380	12	≤ 200		760	160	17
MB 400-7	260	450	7	≤ 220		900	200	18
MN 350-10	230	350	10	≤ 150		700	195	17
MN 450-6	290	450	6	150	210	900	235	17,5
MN 550-4	350	550	4	180	240	1100	255	17,5
MN 630-3	430	630	3	210	270	1300	275	17,5
MN 700-2	530	700	2	240	290	1400	300	17,5
FGS 350-22	220	350	22	≤ 150		-	190	17
FGS 450-10	310	400	10	160	210	-	190	17
FGS 500-7	320	500	7	170	230	-	240	17,5
FGS 600-3	370	600	3	190	270	-	240	17,5
FGS 700-2	420	700	2	225	305	-	290	17,5
FGS 900-2	600	900	2	280	360	-	290	17,5

* : 108 cycles en flexion rotative

■ FONTES ALLIÉS

Nuance	R _e en Mpa	R _r en Mpa	A en %	Dureté HB	Résistance à la compression en MPa	Limite de fatigue* en MPa	Module d'élasticité × 10 ⁴ en MPa
S-NM 13 7	170	370	-	130	800	-	11
S-NC 35 3	250	470	-	270	1500	-	13
L-NM 13 7	-	170	1	120	700	-	8,5
L-N 35	-	280	3	250	1100	-	11
FB Ni 4 Cr 2	-	280	-	500	1600	-	17
FB Cr 26 Mo Ni	-	700	-	800	2000	-	18,5

■ LAITON

Nuance	R _e en Mpa		R _r en Mpa		A en %	Dureté HB	Limite de fatigue* en MPa	Module d'élasticité × 10 ⁴ en MPa
	mini	maxi	mini	maxi				
Cu Zn 20	80	200	200	260	15-25	-	-	100 000
Cu Zn 40	300		340		8	-	-	120 000
Cu Zn 19 Al 6	500		750		8	220	-	-
Cu Zn 33 Al 4	250		500		8	160	-	105 000
Cu Zn 35 Al Fe Mn	200		475		18	-	-	-
Cu Zn 39 Pb 2	180	350	350	480	5-25	-	120-190	100 000

■ CUPRO ALUMINIUM

Nuance	R _e en Mpa		R _r en Mpa		A en %	Dureté HB	Limite de fatigue* en MPa	Module d'élasticité × 10 ⁴ en MPa
	mini	maxi	mini	maxi				
Cu Al 9	200		500		20	130	-	120 000
Cu Al 10 Fe 3	250		650		20	160	-	120 000
Cu Al 9 Ni 3 Fe 2	250		650		20	160	-	120 000
Cu Al 11 Ni 5 Fe 5	390	450	740	800	8-10	-	-	125 000
Cu Al 10 Fe 5 Ni 5	250		630		12	-	-	-
Cu Al 12 Fe 5 Ni 5	400		750		7	230	-	-

■ CUPRO NICKEL

Nuance	R _e en Mpa		R _r en Mpa		A en %	Dureté HB	Limite de fatigue* en MPa	Module d'élasticité × 10 ⁴ en MPa
	mini	maxi	mini	maxi				
Cu Ni Fe 1 Mn	100	250	300	350	15-35	-	-	126 000
Cu Sn 8 Ni	180		400		60	-	-	112 000

■ BRONZE

Nuance	R _e en Mpa	R _r en Mpa	A en %	Dureté HB	Limite de fatigue* en MPa	Module d'élasticité × 10 ⁴ en MPa
Cu Sn 8	130	220	16	-	-	105 000
Cu Sn 12	150	270	3	-	-	105 000
Cu Pb 5 Sn 5 Zn 5	90	200	12	-	-	100 000
Cu Sn 7 Pb 6 Zn 4	100	220	12	-	-	100 000
Cu Pb 10 Sn 10	80	180	7	-	-	-
Cu Pb 20 Sn 5	60	150	5	-	-	75 000

ALLIAGES D'ALUMINIUM

Nuance	R _e en Mpa	R _r en Mpa	A en %	Dureté HB	Limite de fatigue* en MPa	Module d'élasticité × 10 ⁴ en MPa
A - S 10 G	95	170	4	60	-	76 000
A - G 5	100	200	7	65	-	69 000
A - U 4 G 1	360	400	4	100	-	74 000

ALLIAGES DE ZINC

Nuance	R _e en Mpa		R _r en Mpa		A en %	Dureté HB	Limite de fatigue* en MPa	Module d'élasticité × 10 ⁴ en MPa
	mini	maxi	mini	maxi				
Z - A 4 G	250	290	260	300	5-8	80-90	48	85 000
Z - A 4 U 1 G	290	330	300	340	3-6	85-95	57	96 000

A.2.4 TRAITEMENTS THERMIQUES

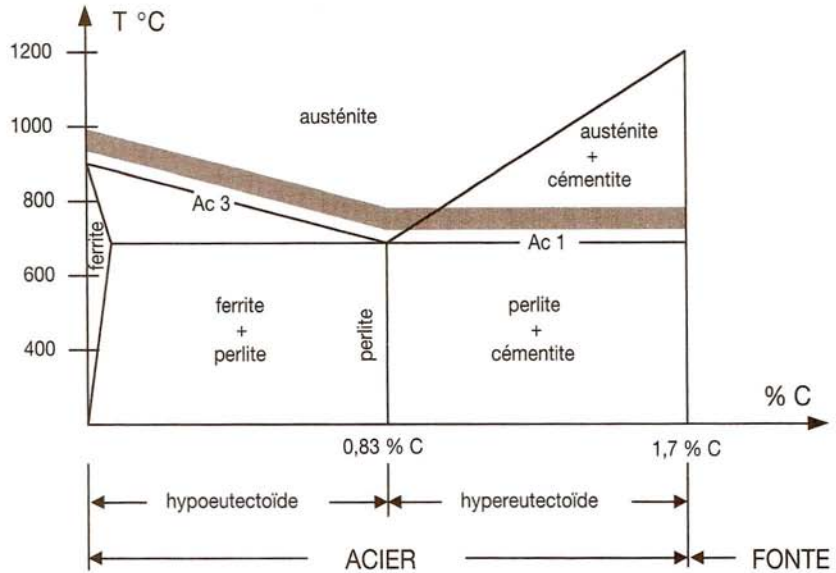
A.2.4.1 DIAGRAMME FER - CARBONE

Le diagramme fer-carbone permet de déterminer la température de trempe en fonction du pourcentage de carbone pour les aciers non alliés : zone

$T^{\circ} \text{ trempe} = Ac3 + 50^{\circ}$
(aciers hypoeutectoïdes)

$T^{\circ} \text{ trempe} = Ac1 + 50^{\circ}$
(aciers hypereutectoïdes)

DIAGRAMME
SIMPLIFIÉ
D'ÉQUILIBRE
FER - CARBONE



CONSTITUANTS
D'ÉQUILIBRE DU
DIAGRAMME
FER - CARBONE

■ FERRITE

Fer pratiquement pur ne contenant que des traces de carbone.
dureté HB = 80 ; R = 300 MPa ; A % = 10.

■ PERLITE

Mélange de ferrite et cémentite.
dureté HB = 200 ; R = 850 MPa ; A % = 10.

■ CÉMENTITE

Carbure de fer Fe₃C.
dureté HB = 750.

■ AUSTÉNITE

Constituant intermédiaire de durcissement par trempe, après chauffage (austénisation) et avant trempe (refroidissement).

A.2.4.2 TRAITEMENTS THERMIQUES DANS LA MASSE

TREMPE

La trempe a pour but d'augmenter la ténacité des produits ferreux. Après montée en température, lorsque la vitesse de refroidissement est suffisamment rapide, les atomes de carbone n'ont pas le temps de diffuser. L'austénite ne peut se transformer ni en ferrite ni en perlite. La solution de fer sursaturée en carbone est appelée martensite, très dure (HB 750). C'est le constituant de base des aciers trempés.

Conduite de la trempe :

- chauffage à la T° d'austénisation : $Ac3 + 50\text{ °C}$.
- maintien en T°.
- refroidissement rapide supérieure à la vitesse de trempe.

La pénétration de la trempe dans la pièce dépendra de la vitesse de refroidissement. Pour pouvoir être trempé, l'acier devra comporter au moins 0,2 % de carbone. La trempe devra être suivie d'un revenu.

REVENU

Après trempe, la martensite dure et fragile nécessite d'effectuer un traitement. Le revenu est effectué après un durcissement par trempe pour obtenir le meilleur compromis résistance/résilience (cf. diagramme ci-dessous).

Conduite du revenu :

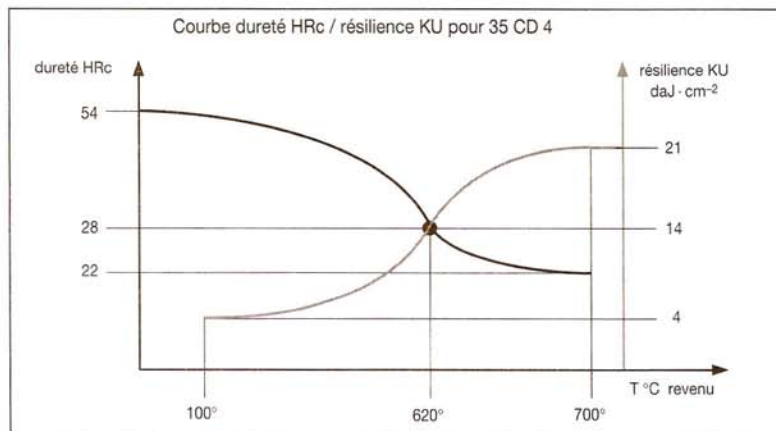
- chauffage à T° inférieure à T° d'austénisation : entre 220 °C et 675 °C (toujours < 700°) selon le compromis souhaité.
- maintien en T° pour homogénéiser la structure.
- refroidissement.

Il existe plusieurs types de revenus :

- revenu classique : $500\text{ °C} < \text{revenu} < Ac1$.
- revenu de détente : $T° < 200\text{ °C}$.
- revenu de durcissement : $200\text{ °C} < \text{revenu} < 650\text{ °C}$.

Évolution des caractéristiques après trempe et revenu

	Rr	Re	H	K	A%
Trempe	↑	↑	↑	↓	↓
Revenu	↓	↓	↓	↑	↑



Traitements thermiques

INFLUENCE DES ÉLÉMENTS D'ADDITION SUR LES TRAITEMENTS THERMIQUES	Aluminium	Augmente la trempabilité. Élément d'addition des aciers de nitruration
	Bore	Améliore la trempabilité des aciers à faible/moyen % de carbone
	Chrome	Augmente la résistance à la corrosion et à l'oxydation
	Cobalt	Augmente la dureté à chaud
	Manganèse	Augmente la trempabilité
	Molybdène	Augmente la trempabilité, la dureté à chaud, la résistance à la corrosion
	Nickel	Augmente la résistance des aciers non trempés
	Phosphore	Augmente la résistance des aciers à faible % de carbone
	Plomb	Améliore l'usinabilité
	Silicium	Augmente la résistance des aciers faiblement alliés et la trempabilité
	Tungstène	Augmente la dureté et la résistance à chaud
	Vanadium	Augmente la trempabilité, s'oppose à la détente pendant le revenu

Son effet est inverse à celui de la trempe. L'acier est amené à ses meilleures caractéristiques de ductilité : A% et K maxi, R_r et H mini. Le recuit a pour but de faire disparaître certains états provenant de traitements thermiques antérieurs.

Conduite du recuit :

- chauffage au-dessus de la T° d'austénisation (environ 850 °C selon % de carbone).
- maintien en T°.
- refroidissement lent à vitesse très inférieure à vitesse de trempe.

RECUIT

Les différents types de recuits :

- recuit d'adoucissement : chauffage à T° < Ac1 pendant 6 à 8 heures puis refroidissement à l'air libre.
- recuit de coalescence : chauffage à T° < Ac1 pendant 30 heures puis refroidissement à l'air libre.
- recuit de régénération : chauffage à Ac3 + 50 °C puis refroidissement à l'air libre.
- recuit d'homogénéisation : chauffage à Ac3 + 200 °C pendant 4 à 6 heures puis refroidissement à l'air libre.
- recuit de recristallisation : chauffage à 600 °C environ puis refroidissement à l'air (réalisé sur acier écroui).

A.2.4.3 TRAITEMENTS DE SURFACE

Ces traitements permettent d'obtenir des caractéristiques particulières de surface sans modifier les caractéristiques à cœur d'une pièce.

TRAITEMENT THERMIQUE

■ TREMPÉ SUPERFICIELLE

La trempe superficielle est effectuée sur une pièce préalablement traitée dans la masse (trempe et revenu) pour générer une trempe de surface encore plus dure.

Conduite de la trempe superficielle :

- chauffage à la T° d'austénisation : Ac3 + 50 °C.
- refroidissement rapide par jet d'eau sous pression.

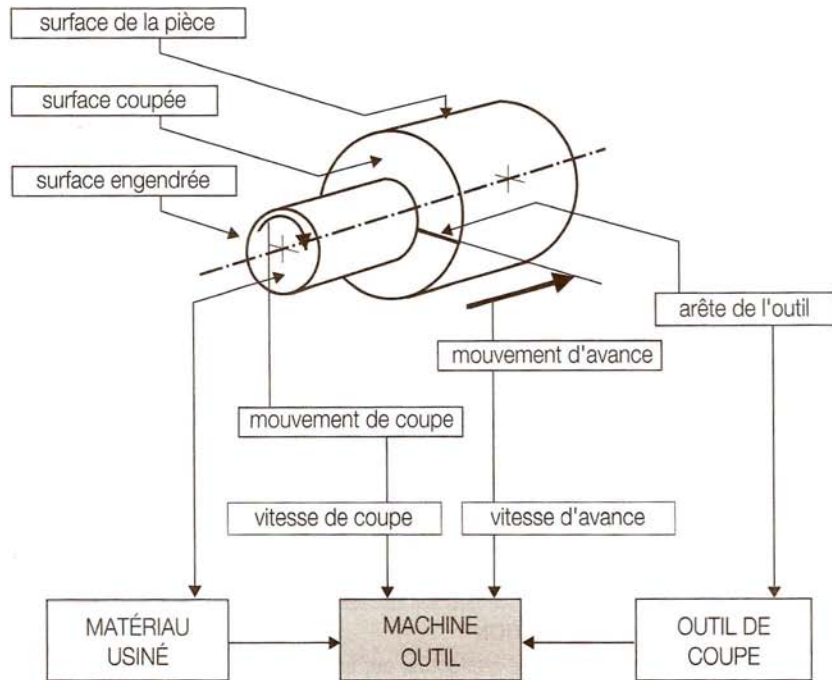
TRAITEMENTS THERMO- CHIMIQUES	<p>■ CEMENTATION</p> <p>La cémentation consiste à apporter du carbone en surface et à effectuer ensuite une trempe suivie d'un revenu.</p> <p>Conduite de la cémentation :</p> <ul style="list-style-type: none"> - chauffage à T° d'austénisation : Ac3 + 50 °C. - apport de ciment solide, liquide ou gazeux. <p>→ trempe et revenu.</p> <p>effets : dureté 700 HV jusqu'à 3 mm de profondeur.</p>
	<p>■ NITRURATION</p> <p>La nitruration s'effectue sur une pièce ayant déjà subi une trempe et un revenu.</p> <p>Nitruration gazeuse :</p> <ul style="list-style-type: none"> - chauffage à 500 °C en présence de gaz d'ammoniac ce qui enrichit la pièce en azote. <p>Effets : dureté 1200 HV jusqu'à 0,6 mm de profondeur.</p> <p>Nitruration ionique :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Chauffage à 500 °C en présence d'hydrogène et d'azote à l'état de plasma sous 1500 V. <p>Effets : dureté 1500 HV jusqu'à 0,5 mm de profondeur.</p>
	<p>■ CARBONITRURATION</p> <p>La carbonitruration s'effectue comme la cémentation. Ce traitement est suivi d'une trempe.</p> <p>Carbonitruration gazeuse:</p> <ul style="list-style-type: none"> - apport de carbone et introduction d'azote entre 600 °C et 850 °C. <p>Effets : dureté 900 HV jusqu'à 0,9 mm de profondeur.</p>
	<p>■ SULFONITRURATION</p> <p>La sulfonitruration peut s'effectuer sur une pièce déjà trempée.</p> <p>Sulfonitruration :</p> <ul style="list-style-type: none"> - chauffage vers 570 °C avec apport de soufre (bain de sels). <p>Effets : dureté 1000 HV jusqu'à 0,5 mm de profondeur.</p>
	<p>■ CHROMISATION</p> <p>La chromisation enrichit la surface de la pièce en chrome et accroît fortement la dureté en surface.</p> <p>Effets : dureté 1800 HV jusqu'à 0,02 mm de profondeur.</p>
	<p>■ BORURATION</p> <p>La couche superficielle est enrichie en bore. La dureté en surface est très fortement accrue.</p> <p>Effets : dureté 2000 HV jusqu'à 0,4 mm de profondeur.</p>
TRAITEMENT CHIMIQUE (ALUMINIUM ET ALLIAGES)	<p>■ ANODISATION</p> <p>Cette oxydation anodique (électrolyse) permet un durcissement superficiel et améliore la résistance à la corrosion.</p> <p>Effets : dureté 70 HR jusqu'à 0,12 mm de profondeur.</p>

A3 COUPE DES MATÉRIAUX

A.3.1 USINAGE PAR COUPE

A.3.1.1 PARAMÈTRES D'USINAGE PAR COUPE

DESCRIPTION



VARIABLES DE COUPE

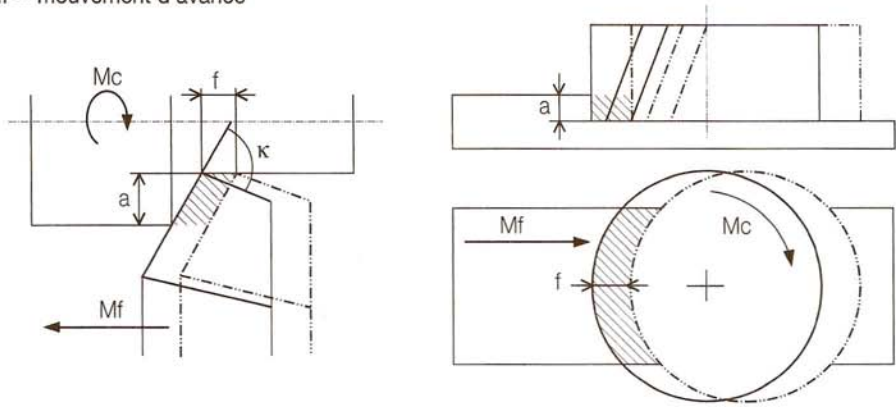
f	$\text{mm} \cdot \text{tr}^{-1}$	avance par tour
Z		nombre de dents
f_z	$\text{mm} \cdot \text{dent}^{-1}$	avance par dent
V_f	$\text{mm} \cdot \text{min}^{-1}$	vitesse d'avance
n	$\text{tr} \cdot \text{min}^{-1}$	fréquence rotation broche
V_c	$\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$	vitesse de coupe
a	mm	profondeur de passe

$$A \text{ (mm}^2\text{)} = f \text{ (mm)} \cdot a \text{ (mm)}$$

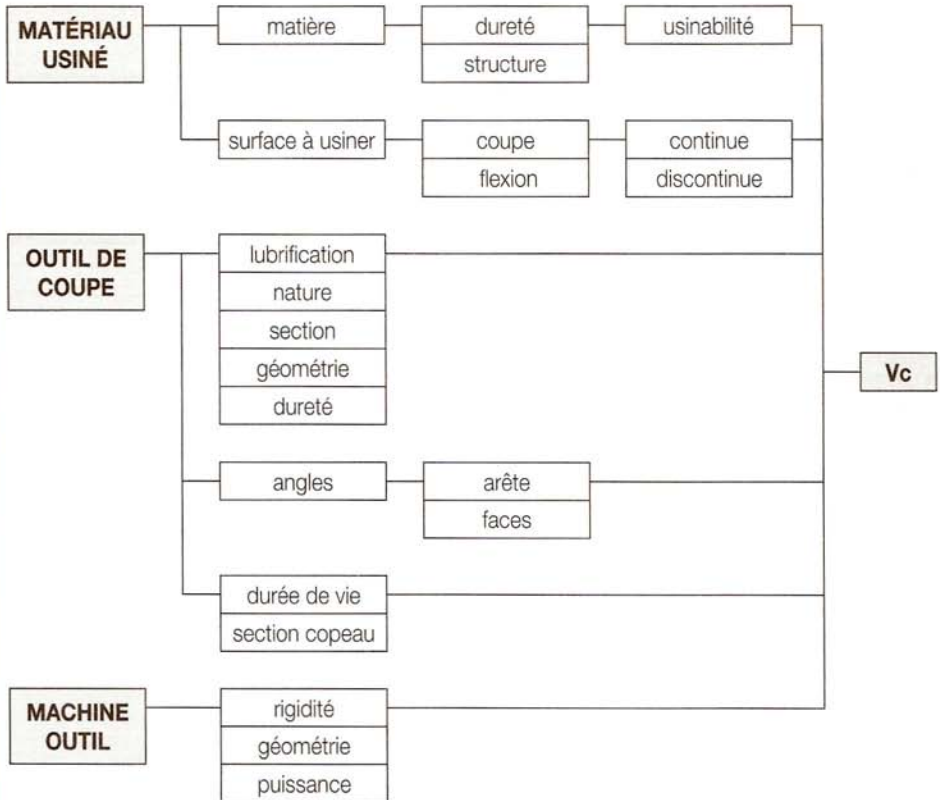
Mc = mouvement de coupe

Mf = mouvement d'avance

SECTION DU
COPEAU



FACTEURS
INTERVENANTS
SUR LA VITESSE
DE COUPE



A.3.1.2 DURÉE DE VIE DE L'OUTIL - MODÈLE DE TAYLOR**THÉORIE**

L'étude expérimentale de l'usure d'un outil pour des vitesses de coupe V_{c1} , V_{c2} , V_{c3} donne des temps correspondants T_1 , T_2 , T_3 (pour un critère d'usure acceptable avant remplacement ; par exemple une hauteur d'usure en dépouille VB définie). Les couples (V_{c1}, T_1) , (V_{c2}, T_2) , (V_{c3}, T_3) reportés sur un graphe à coordonnées logarithmiques donne sensiblement une droite dite *droite de Taylor* dont l'équation est :

$$T = C_V \cdot V_c^n$$

T : durée de vie de l'outil (en min) ;
 C_V : coefficient représentant la durée de vie théorique de l'outil pour une V_c de $1 \text{ m} \cdot \text{min}^{-1}$ ($C_V = C_T^{-n}$) ;
 V_c : vitesse de coupe (en $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$) ;
 n : coefficient de pente de la droite.

■ ESSAIS DE COUPE

usinage : chariotage au tour ;
matériau : acier 36 Ni Cr Mo 16 ;
outil carbure : P30
hauteur de l'usure acceptable en dépouille : 0,25 mm.

Vitesse de coupe en $\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$		
V_{c1}	V_{c2}	V_{c3}
45	60	90

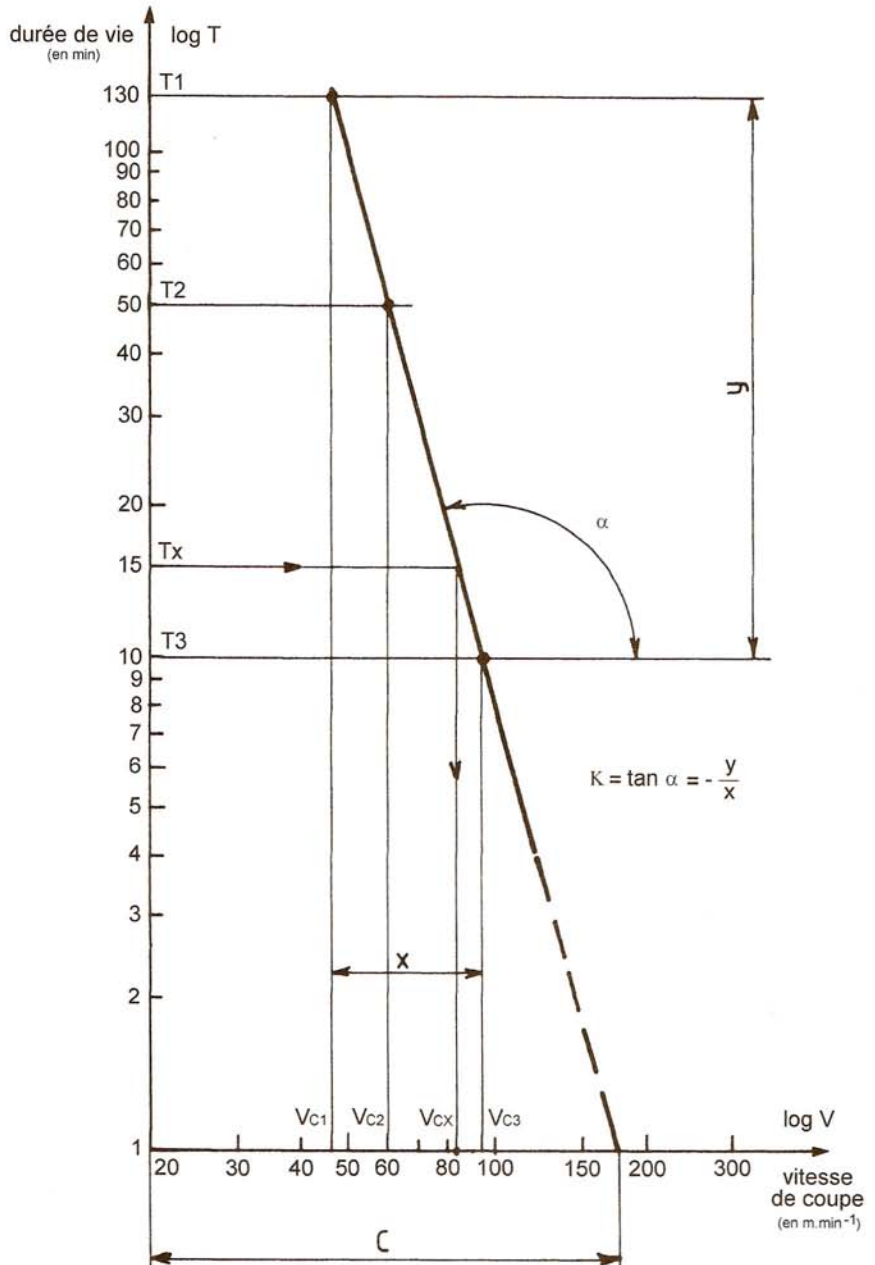
Durée de vie en min		
T_1	T_2	T_3
130	50	10

EXEMPLE DE DÉTERMINATION GRAPHIQUE

La construction de la droite permet de déterminer graphiquement le couple durée de vie d'un outil - vitesse de coupe en jouant sur l'un ou l'autre paramètre.

$$K = \frac{\lg T_1 - \lg T_3}{\lg V_3 - \lg V_1}$$

■ GRAPHIQUE

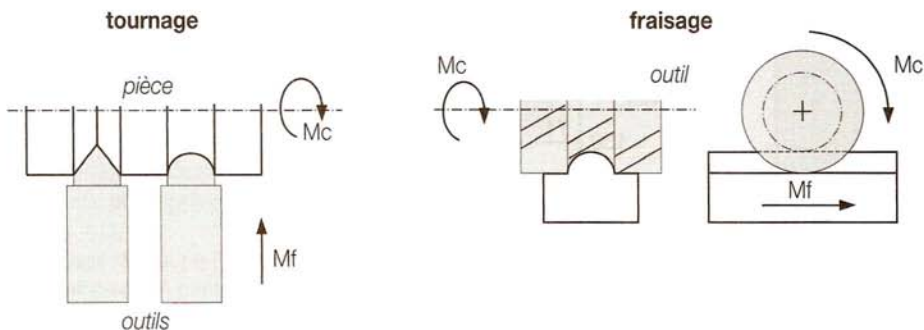


EXEMPLE DE
DÉTERMINATION
GRAPHIQUE
(suite)

A.3.1.3 GÉNÉRATION DE SURFACES

TRAVAIL DE FORME

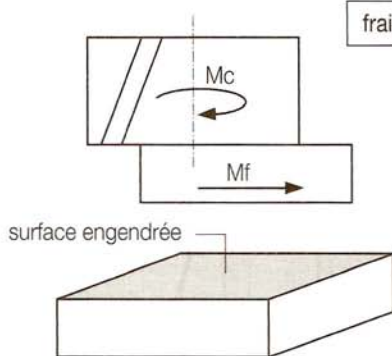
Il est obtenu par le déplacement d'un outil ayant un profil spécifique. Ce type d'outil permet de réaliser une surface de forme directement liée à celle de l'outil.



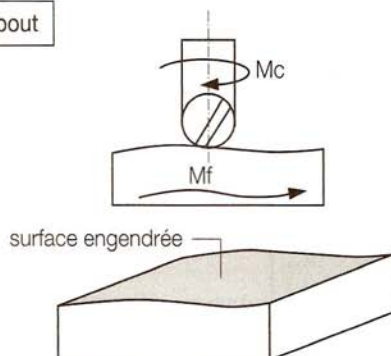
TRAVAIL D'ENVELOPPE

La surface réalisée est définie par le déplacement d'un point générateur (extrémité de l'outil). La génération d'une surface demande donc la combinaison de deux mouvements qui permettent de créer un plan, une surface de révolution ou une surface quelconque.

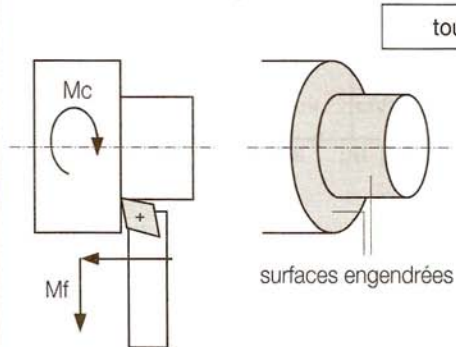
• Génération d'un plan



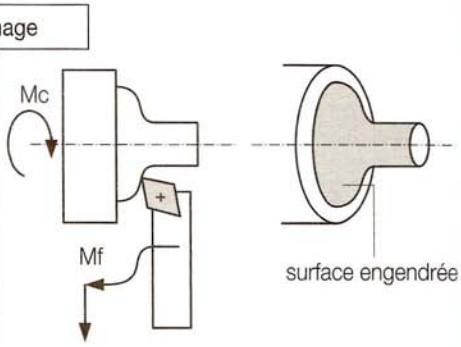
• Génération d'une surface gauche



• Génération de deux surfaces associées



• Génération d'une surface à profil quelconque

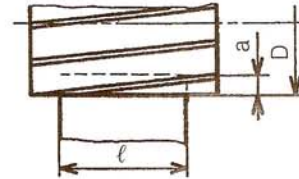
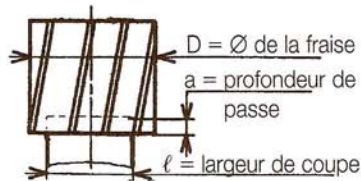


A.3.1.4 CONDITIONS DE COUPE

■ ÉTABLISSEMENT DES VALEURS DES CONDITIONS DE COUPE

Les conditions de coupe sont établies à partir des hypothèses suivantes :

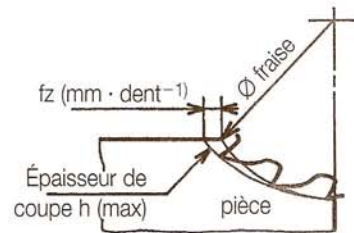
- durée de vie de l'arête de coupe
 - 90 minutes pour les fraises en A.R.S. (V90)
 - 45 minutes pour les fraises à plaquettes amovibles en carbure (V45) ;



- épaisseur minimale de 0,05 mm pour le copeau maxi, calculée à partir de la relation.

$$h \text{ maxi} = 2 f_z \sqrt{a(D - a/d)}$$

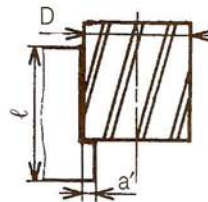
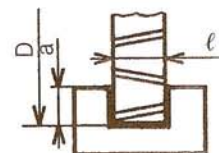
(f_z = avance en mm par dent)



FRAISAGE

■ FACTEURS DE CORRECTION

Lorsque les impératifs d'établissement des conditions de coupe ne sont pas respectés, on utilise des facteurs de correction des valeurs des avances et vitesses de coupe, en fonction de l'usinage réalisé.

Fraisage à prédominance en bout ou en roulant*Rainurage en bout**Rainurage en roulant*

FRAISAGE
(suite)

Désignation Matières		Résistance (daN · mm ⁻²) ou dureté HB	Surfaçage en bout								Surfaçage en roulant				Exemples de nuances
			Fraise monobloc A. R. S.				Fraise à plaquettes amovibles (carbure)				Fraise monobloc A. R. S.				
			V90 de coupe		Avance par dent		V45 de coupe		Avance par dent		V90 de coupe		Ép. de coupe h		
Ébauche a = 3 à 5	Finition a = 0,5 à 1	Ébauche	Finition	Ébauche a = 3 à 5	Finition a = 0,5 à 1	Ébauche	Finition	Ébauche a = 3 à 5	Finition a = 0,5 à 1	Ébauche	Finition				
Aciers à usinabilité améliorée	au Mn + S	35-50	50-60	65-75	0,2-0,3	0,1-0,2	140-160	180-210	0,2-0,3	0,1-0,2	48-53	55-63	0,15-0,2	0,1-0,15	13 Mn S 4
	au Mn + S	60-80	38-48	42-52	0,2-0,3	0,1-0,2	115-125	125-135	0,2-0,3	0,1-0,2	42-46	46-53	0,15-0,2	0,1-0,15	35 Mn S 6
Aciers au carbone	C ≤ 0,25 %	45-60	32-37	40-50	0,2-0,3	0,1-0,2	120-130	160-170	0,2-0,3	0,1-0,2	40-45	45-50	0,15-0,2	0,1-0,15	C 25
	C ≤ 0,45 %	60-76	25-30	33-38	0,2-0,3	0,1-0,2	100-110	120-130	0,2-0,3	0,1-0,2	24-28	32-38	0,15-0,2	0,1-0,15	C 40
	C ≤ 0,65 %	76-95	18-21	24-28	0,15-0,25	0,1-0,15	80-90	100-110	0,15-0,25	0,08-0,18	16-18	21-25	0,10-0,15	0,1-0,12	C 65
	C ≤ 0,90 %	95-115	15-18	20-24	0,1-0,2	0,08-0,12	68-75	90-100	0,15-0,25	0,07-0,15	12-14	20-24	0,10-0,15	0,1-0,12	C 80
Aciers alliés ≤ 5 %	au Cr + Mo	60-76	28-32	36-42	0,2-0,3	0,1-0,3	95-105	120-130	0,2-0,3	0,1-0,2	22-25	31-35	0,15-0,2	0,1-0,15	20 Cr Mo 4
	au Cr + Mo	76-95	18-27	24-28	0,15-0,2	0,1-0,15	75-85	100-110	0,15-0,25	0,1-0,2	16-18	20-22	0,1-0,15	0,1-0,12	34 Cr Mo 4
	au Ni + Cr	95-115	15-18	19-23	0,15-0,2	0,1-0,15	68-73	90-95	0,15-0,25	0,08-0,15	12-14	18-21	0,1-0,15	0,1-0,12	42 Ni Cr Mo 4
	au Cr	95-115	10-13	14-18	0,13-0,2	0,08-0,12	45-50	65-80	0,10-0,18	0,10-0,18	12-14	17-20	0,1-0,15	0,1-0,12	100 Cr 6
Fontes	Ferritique	120-150 HB	32-42	45-55	0,3-0,4	0,15-0,25	110-120	150-160	0,4-0,5	0,15-0,25	35-40	45-55	0,2-0,3	0,2-0,25	FGL 200
	Ferrit.-Perlit.	190-220 HB	18-21	20-28	0,2-0,3	0,15-0,25	80-90	110-120	0,3-0,4	0,15-0,25	18-20	20-28	0,15-0,2	0,2-0,25	FGL 300
	Perlitique	220-260 HB	11-14	16-20	0,15-0,25	0,1-0,2	70-77	92-110	0,15-0,25	0,1-0,2	12-14	16-18	0,15-0,2	0,1-0,15	FGL 400
Fontes G. S.	Ferritique	220-285 HB	12-15	17-20	0,2-0,3	0,15-0,25	58-62	75-80	0,3-0,4	0,1-0,2	12-14	16-18	0,15-0,2	0,1-0,15	FGS 600-3
	Ferritique	140-180 HB	20-35	40-45	0,3-0,4	0,15-0,25	115-125	160-170	0,4-0,5	0,1-0,2	30-34	39-44	0,2-0,25	0,1-0,15	FGS 370-17
Fontes malléables	à cœur blanc	≤ 180 HB	50-58	70-77	0,3-0,4	0,1-0,2	145-155	190-200	0,4-0,5	0,15-0,25	42-46	54-60	0,1-0,2	0,1-0,15	MN 40-10
	à cœur noir	160-200 HB	27-31	34-40	0,2-0,3	0,1-0,2	85-95	115-125	0,3-0,4	0,15-0,25	24-28	35-38	0,1-0,2	0,1-0,15	MN 35-10
	Perlitique	200-260 HB	15-18	20-25	0,2-0,3	0,8-0,18	82-88	92-100	0,3-0,35	0,1-0,2	15-17	20-24	0,1-0,15	0,1-0,12	MP 60-3
Aciers inox	Martensique	45-65	18-27	22-26	0,1-0,15	0,09-0,13	72-77	92-100	0,15-0,25	0,1-0,2	24-28	32-38	0,1-0,15	0,1-0,12	X 4 Cr Ni 18-10
	Austénitique	45-65	22-26	28-33	0,1-0,15	0,09-0,13	81-87	110-120	0,15-0,25	0,1-0,2	18-21	24-28	0,1-0,15	0,1-0,12	X 8 Cr 13
Aciers à outils	au Cr	70-90	9-12	13-16	0,1-0,2	0,1-0,15	41-45	55-60	0,2-0,3	0,1-0,2	9-11	12-14	0,08-0,1	0,08-0,1	X 20 Cr 12
	au Cr + Mo + V	70-90	17-20	21-25	0,1-0,2	0,1-0,15	64-70	85-90	0,15-0,25	0,1-0,2	15-18	19-22	0,08-0,1	0,08-0,1	X 40 Cr Mo V 5
	au W + Cr + V	70-90	14-17	18-21	0,1-0,2	0,1-0,15	59-63	78-94	0,15-0,25	0,1-0,2	14-16	17-20	0,08-0,1	0,08-0,1	X 30 W Cr V 15
Laitons	au Zn + Al	40-80	72-80	95-105	0,2-0,3	0,15-0,2	135-150	180-200	0,2-0,3	0,15-0,2	72-80	90-100	0,15-0,2	0,12-0,18	Cu Zn 19 Al 6
	à l'étain	16-24	23-26	31-35	0,2-0,25	0,15-0,2	70-78	80-88	0,2-0,25	0,15-0,2	28-32	41-46	0,1-0,15	0,08-0,12	Cu Sn 12 Pb
Bronzes	Cupro-alu	40-70	20-23	27-31	0,2-0,25	0,15-0,2	56-63	70-78	0,2-0,25	0,15-0,2	25-28	33-37	0,1-0,15	0,08-0,12	Cu Al 9 Ni S Fe
	Cupro-nickel	≤ 260 HB	12-14	18-20	0,15-0,2	0,10-0,15	27-30	36-41	0,15-0,2	0,15-0,2	12-14	16-18	0,1-0,15	0,08-0,12	Cu Ni 40 Sn 7
Alliages légers	au cuivre	≤ 30	130-150	190-210	0,4-0,5	0,15-0,25	440-460	520-540	0,4-0,5	0,1-0,2	200-210	290-300	0,15-0,2	0,1-0,15	A - U 4 N T
	au magnésium	≤ 26	160-180	260-280	0,4-0,5	0,15-0,25	700-800	> 1 000	0,4-0,5	0,1-0,2	140-150	200-210	0,15-0,2	0,1-0,15	A - G 3
	au silicium	≤ 26	60-70	70-80	0,25-0,35	0,15-0,25	440-460	450-500	0,3-0,4	0,1-0,2	75-80	100-105	0,15-0,2	0,1-0,15	A - S 10 G

FRAISAGE
(suite)

D'APRÈS DOC AFNOR

Désignation		Résistance (daN · mm ⁻²) ou dureté HB	Fraisage combiné prédominance en roulant						Rainurage en bout					Rainurage en roulant				Exemples de nuances	
			Fraise monobloc A. R. S.			Fraise à plaquettes carbure brasées			Fraise monobloc A. R. S.			Fraise A. R. S.		Fraise A. R. S.					
			V90 pour a = 2 à 4 mm	Avance par dent pour D fraise			V45 pour a = 2 à 4 mm	Avance par dent pour D fraise			V90 pour a ≤ 4 à 8	Avance par dent pour D fraise			V90 pour a ≤ 6	f pour ép. de coupe 4 mm	V90 pour a ≤ 6		f pour ép. de coupe 4 mm
12	18	32		12	18	32		6	12	18									
Aciers à usinabilité améliorée	au Mn + S	35-50	45-50	0,08	0,12	0,18	135-145	0,12	0,18	0,24	25-28	0,025	0,04	0,06	23-37	0,13	112-125	0,15	13 Mn S 4
	au Mn + S	60-80	40-45	0,08	0,12	0,18	100-110	0,10	0,15	0,20	32-36	0,025	0,04	0,06	21-24	0,13	90-100	0,15	35 Mn S 6
Aciers au carbone	C ≤ 0,25 %	45-60	33-37	0,08	0,12	0,18	95-105	0,10	0,15	0,20	23-26	0,025	0,04	0,06	19-22	0,13	90-100	0,15	C 25
	C ≤ 0,45 %	60-76	25-28	0,08	0,10	0,12	90-100	0,10	0,15	0,18	19-22	0,012	0,025	0,05	14-16	0,13	81-90	0,15	C 40
	C ≤ 0,65 %	76-95	20-23	0,08	0,10	0,12	76-85	0,08	0,13	0,16	16-18	0,012	0,025	0,05	10-12	0,12	67-75	0,15	C 65
	C ≤ 0,90 %	95-115	18-21	0,05	0,08	0,10	64-72	0,08	0,13	0,16	13-15	0,012	0,025	0,05	9-10	0,12	58-65	0,15	C 80
Aciers alliés ≤ 5 %	au Cr + Mo	60-76	27-30	0,08	0,10	0,12	86-95	0,10	0,15	0,18	18-21	0,012	0,025	0,05	11-13	0,13	74-83	0,15	20 Cr Mo 4
	au Cr + Mo	76-95	18-21	0,05	0,08	0,10	58-65	0,08	0,13	0,15	11-13	0,012	0,025	0,05	9-11	0,13	61-68	0,15	34 Cr Mo 4
	au Ni + Cr	95-115	16-18	0,04	0,07	0,09	47-53	0,03	0,13	0,15	9-11	0,012	0,025	0,05	8-9	0,10	52-58	0,15	42 Ni Cr Mo 4
	au Cr	95-115	15-17	0,04	0,07	0,09	47-53	0,03	0,13	0,15	8-9	0,012	0,025	0,05	8-9	0,10	52-58	0,15	100 Cr 6
Fontes	Ferritique	120-150 HB	30-34	0,10	0,15	0,20	126-140	0,12	0,20	0,25	19-22	0,025	0,040	0,08	36-40	0,15	90-100	0,15	FGL 200
	Ferrit.-Perlit.	190-220 HB	20-23	0,08	0,10	0,12	78-87	0,10	0,15	0,20	13-15	0,020	0,025	0,05	18-21	0,12	72-80	0,15	FGL 300
	Perlitique	220-260 HB	18-20	0,05	0,08	0,10	61-68	0,08	0,12	0,16	9-11	0,015	0,020	0,04	17-20	0,10	59-66	0,15	FGL 400
Fontes G. S.	Ferritique	220-285 HB	12-14	0,05	0,08	0,10	47-53	0,06	0,15	0,15	8-9	0,012	0,025	0,08	11-13	0,10	47-53	0,15	FGS 600-3
	Ferritique	140-180 HB	18-20	0,08	0,12	0,18	74-82	0,10	0,15	0,20	11-13	0,012	0,025	0,05	18-32	0,15	82-92	0,15	FGS 370-17
Fontes malléables	à cœur blanc	≤ 180 HB	30-34	0,10	0,15	0,20	121-135	0,12	0,18	0,24	21-24	0,018	0,025	0,08	36-40	0,15	90-100	0,15	MN 40-10
	à cœur noir	160-200 HB	20-25	0,08	0,12	0,18	83-92	0,10	0,16	0,20	14-16	0,018	0,025	0,08	26-29	0,13	82-92	0,15	MN 35-10
	Perlitique	200-260 HB	16-20	0,08	0,10	0,12	59-66	0,08	0,10	0,15	11-13	0,018	0,025	0,08	18-20	0,10	59-66	0,15	MP 60-3
Aciers inox	Martensitique	45-65	20-23	0,05	0,08	0,10	73-80	0,05	0,10	0,15	13-15	0,012	0,018	0,04	16-18	0,12	77-86	0,15	X 4 Cr Ni 18-10
	Austénitique	45-65	18-20	0,05	0,08	0,10	65-73	0,05	0,08	0,12	13-15	0,012	0,018	0,04	18-21	0,12	74-83	0,15	X 8 Cr 13
Aciers à outils	au Cr	70-90	11-13	0,05	0,08	0,10	47-53	0,06	0,10	0,13	9-10	0,012	0,013	0,04	6-7	0,10	49-55	0,10	X 20 Cr 12
	au Cr + Mo + V	70-90	16-18	0,05	0,08	0,10	64-72	0,06	0,06	0,13	10-12	0,012	0,013	0,04	8-9	0,12	63-70	0,10	X 40 Cr Mo V 5
	au W + Cr + V	70-90	13-15	0,04	0,05	0,08	54-60	0,04	0,06	0,09	9-10	0,012	0,013	0,04	7-8	0,10	45-50	0,10	X 30 W Cr V 15
Laitons	au Zn + Al	40-80	56-63	0,05	0,10	0,15	108-120	0,08	0,12	0,18	35-39	0,02	0,05	0,08	41-46	0,20	95-105	0,25	Cu Zn 19 Al 6
	à l'étain	16-24	31-35	0,04	0,08	0,12	72-80	0,05	0,10	0,15	16-18	0,02	0,05	0,08	20-23	0,15	48-53	0,12	Cu Sn 12 Pb
Bronzes	Cupro-alu	40-70	25-28	0,04	0,08	0,12	63-70	0,05	0,10	0,15	16-18	0,02	0,05	0,08	18-20	0,15	42-46	0,12	Cu Al 9 Ni S Fe
	Cupro-nickel	≤ 260 HB	13-15	0,05	0,08	0,10	42-47	0,05	0,08	0,10	6-7	0,02	0,05	0,08	11-13	0,15	31-35	0,12	Cu Ni 40 Sn 7
Alliages légers	au cuivre	≤ 30	13-15	0,15	0,20	0,25	225-250	0,15	0,20	0,25	46-52	0,05	0,08	0,10	95-105	0,25	360-400	0,25	A - U 4 N T
	au magnésium	≤ 26	13-15	0,12	0,15	0,20	225-250	0,15	0,20	0,25	57-64	0,05	0,09	0,10	95-105	0,25	360-400	0,25	A - G 3
	au silicium	≤ 26	37-42	0,12	0,15	0,20	117-130	0,12	0,16	0,20	35-40	0,05	0,08	0,10	95-105	0,25	300-330	0,25	A - S 10 G

CONDITIONS DE COUPE POUR LE FRAISAGE DE FORME

Coupe des matériaux

TOURNAGE

Usinage par coupe

CONDITIONS DE COUPE POUR LE TOURNAGE

D'APRÈS DOC AF 2008

Désignation Matières		Résistance (daN · mm ⁻²) ou dureté HB	Chariotage				Tronçonnage								Filetage		Exemples de nuances
			Outil A. R. S.		Outil A. R. S.		Outil A. R. S.			Outil carbure			A. R. S.	Carbure			
			V90 de coupe avance f = a/10		V90 de coupe avance f = a/10		V90 m · min ⁻¹	Avance par tour pour larg. de coupe		V45 m · min ⁻¹	Avance par tour pour larg. de coupe		V m · min ⁻¹	V m · min ⁻¹			
			a = 3 à 5	a = 0,5 à 1	a = 3 à 5	a = 0,5 à 1		3	6		12	3			6	12	
Aciers à usinabilité améliorée	au Mn + S	35-50	55-60	66-75	205-225	270-300	45-50	0,05	0,08	0,1	135-150	0,15	0,20	0,15	16-20	65-130	13 Mn S 4
	au Mn + S	60-80	40-45	55-65	155-175	180-200	34-38	0,05	0,08	0,08	105-120	0,15	0,20	0,15	16-20	65-130	35 Mn S 6
Aciers au carbone	C ≤ 0,25 %	45-60	35-40	45-50	144-160	180-200	32-36	0,05	0,06	0,06	105-120	0,15	0,20	0,12	16-20	65-130	C 25
	C ≤ 0,45 %	60-76	28-31	37-41	127-130	155-175	25-28	0,05	0,05	0,05	80-90	0,15	0,20	0,12	16-20	50-100	C 40
	C ≤ 0,65 %	76-95	20-23	29-33	105-115	135-150	18-20	0,04	0,05	0,04	63-70	0,10	0,15	0,08	13-16	65-95	C 65
	C ≤ 0,90 %	95-115	18-21	25-28	105-115	130-145	16-18	0,04	0,05	0,04	54-60	0,10	0,15	0,08	13-16	65-90	C 80
Aciers alliés ≤ 5 %	au Cr + Mo	60-76	32-36	41-46	130-145	162-180	23-25	0,05	0,06	0,06	72-80	0,10	0,15	0,10	16-20	50-90	20 Cr Mo 4
	au Cr + Mo	76-95	22-25	29-33	105-115	135-150	16-18	0,04	0,05	0,04	58-65	0,10	0,15	0,08	13-16	65-95	34 Cr Mo 4
	au Ni + Cr	95-115	18-20	23-26	100-110	120-130	14-16	0,04	0,05	0,04	54-60	0,10	0,15	0,08	13-16	65-95	42 Ni Cr Mo 4
	au Cr	95-115	14-16	20-23	105-115	125-140	14-16	0,04	0,05	0,04	54-60	0,10	0,15	0,08	13-16	65-95	100 Cr 6
Fontes	Ferritique	120-150 HB	43-48	54-60	160-180	215-240	36-40	0,15	0,20	0,20	105-115	0,30	0,35	0,40	10-20	50-80	FGL 200
	Ferrit.-Perlit.	190-220 HB	23-26	35-40	100-110	120-135	18-20	0,10	0,15	0,10	63-70	0,20	0,25	0,20	10-20	50-80	FGL 300
	Perlitique	220-260 HB	16-18	25-28	80-90	100-110	14-16	0,10	0,08	0,08	50-55	0,15	0,20	0,12	10-20	50-80	FGL 400
Fontes G. S.	Ferritique	220-285 HB	16-18	22-25	60-68	90-100	16-18	0,06	0,06	0,06	45-50	0,10	0,12	0,10	10-20	50-80	FGS 600-3
	Ferritique	140-180 HB	45-50	54-60	180-200	225-250	36-40	0,15	0,20	0,15	105-115	0,15	0,20	0,15	10-20	50-80	FGS 370-17
Fontes malléables	à cœur blanc	≤ 180 HB	45-50	54-60	195-215	240-265	50-56	0,10	0,15	0,10	155-175	0,10	0,12	0,10	10-20	50-80	MN 40-10
	à cœur noir	160-200 HB	29-33	38-43	115-130	180-200	22-25	0,10	0,10	0,10	65-75	0,10	0,12	0,10	10-20	50-80	MN 35-10
	Perlitique	200-260 HB	18-21	26-30	65-75	115-130	16-18	0,08	0,08	0,06	45-50	0,10	0,12	0,10	10-20	50-80	MP 60-3
Aciers inox	Martensique	45-65	27-30	32-36	105-115	115-130	25-28	0,04	0,04	0,04	90-100	0,12	0,15	0,10	5-8	25-40	X 4 Cr Ni 18-10
	Austénitique	45-65	34-38	41-46	155-175	175-195	27-30	0,05	0,05	0,05	95-105	0,12	0,15	0,10	5-8	25-40	X 8 Cr 13
Aciers à outils	au Cr	70-90	13-15	63-70	75-85	75-85	13-15	0,02	0,04	0,04	45-50	0,05	0,08	0,06	8-12	35-75	X 20 Cr 12
	au Cr + Mo + V	70-90	22-25	110-125	135-150	135-150	17-20	0,04	0,05	0,04	58-65	0,10	0,15	0,08	8-12	35-75	X 40 Cr Mo V 5
	au W + Cr + V	70-90	18-20	22-25	90-100	110-125	16-18	0,04	0,05	0,04	54-60	0,10	0,15	0,08	8-12	35-75	X 30 W Cr V 15
Laitons	au Zn + Al	40-80	90-100	105-125	220-225	250-280	73-82	0,12	0,15	0,05	135-150	0,15	0,18	0,18	16-50	80-150	Cu Zn 19 Al 6
	à l'étain	16-24	35-40	44-50	80-90	100-110	27-30	0,05	0,10	0,05	50-56	0,05	0,08	0,12	16-50	80-150	Cu Sn 12 Pb
Bronzes	Cupro-alu	40-70	32-36	39-43	90-100	120-130	25-28	0,05	0,10	0,05	45-50	0,05	0,10	0,12	16-50	80-150	Cu Al 9 Ni S Fe
	Cupro-nickel	≤ 260 HB	22-26	29-32	80-90	100-110	18-20	0,05	0,08	0,10	45-50	0,08	0,10	0,12	8-15	15-45	Cu Ni 40 Sn 7
Alliages légers	au cuivre	≤ 30	220-250	290-330	> 1 000	> 1 000	180-200	0,05	0,08	0,10	360-400	0,05	0,05	0,10	100-130	100-200	A - U 4 N T
	au magnésium	≤ 26	180-200	220-250	> 1 000	> 1 000	140-160	0,05	0,08	0,10	245-275	0,08	0,10	0,10	100-130	100-200	A - G 3
	au silicium	≤ 26	40-45	45-50	180-200	200-220	22-25	0,05	0,08	0,10	60-65	0,08	0,05	0,10	30-40	80-120	A - S 10 G

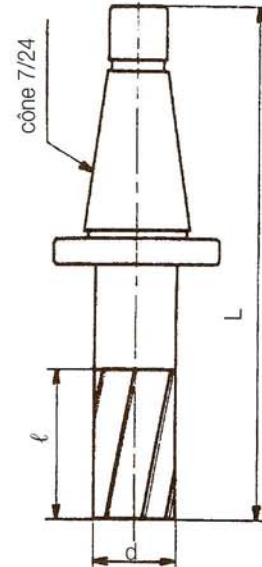
Désignation			Perçage						Alésage à l'alésoir										Exemples de nuances
Matières		Résistance (daN · mm ⁻²) ou dureté HB	Forets hélicoïdaux A. R. S. (trou : qualité ≥ 11) série courte				Alésoir finition A.R.S. (trou : qualité ≥ 8)				Alésoir finition « carbure » (trou : qualité ≥ 9)								
			v m · min ⁻¹	Avance (mm · tr ⁻¹)		Angles (degrés)		v m · min ⁻¹	Avance (mm · tr ⁻¹) Diamètre alésoir (mm)				v m · min ⁻¹	Avance (mm · tr ⁻¹) Diamètre alésoir (mm)					
				D ≥ 6 K	D < 6 K	δ	γ		4	10	25	50		4	10	25	50		
Aciers à usinabilité améliorée	au Mn + S	35-50	34-38	0,028	0,020	118	24-32	16-20	0,12	0,25	0,40	0,60	54-60	0,12	0,25	0,40	0,60	13 Mn S 4	
	au Mn + S	60-80	40-45	0,028	0,020	118	24-32	12-15	0,10	0,25	0,45	0,60	42-46	0,10	0,25	0,45	0,60	35 Mn S 6	
Aciers au carbone	C ≤ 0,25 %	45-60	27-30	0,028	0,020	118	24-32	12-15	0,12	0,25	0,45	0,60	54-60	0,12	0,25	0,45	0,60	C 25	
	C ≤ 0,45 %	60-76	22-25	0,028	0,020	118	24-32	9-12	0,10	0,20	0,40	0,60	36-40	0,12	0,25	0,45	0,60	C 40	
	C ≤ 0,65 %	76-95	16-18	0,025	0,015	118	24-32	8-10	0,08	0,16	0,30	0,40	31-35	0,10	0,20	0,30	0,50	C 65	
	C ≤ 0,90 %	95-115	13-15	0,025	0,015	130	20-30	7-9	0,08	0,16	0,30	0,40	26-29	0,08	0,18	0,30	0,45	C 80	
Aciers alliés ≤ 5 %	au Cr + Mo	60-76	18-21	0,028	0,020	118	24-32	8-11	0,08	0,20	0,35	0,50	32-36	0,10	0,25	0,45	0,60	20 Cr Mo 4	
	au Cr + Mo	76-95	16-18	0,025	0,015	118	24-32	6-8	0,08	0,16	0,30	0,45	23-26	0,10	0,22	0,40	0,50	34 Cr Mo 4	
	au Ni + Cr	95-115	13-15	0,017	0,010	130	20-30	5-7	0,08	0,16	0,30	0,45	17-20	0,08	0,18	0,30	0,45	42 Ni Cr Mo 4	
	au Cr	95-115	9-11	0,017	0,010	130	20-30	4-6	0,08	0,16	0,30	0,50	13-16	0,08	0,16	0,30	0,40	100 Cr 6	
Fontes	Ferritique	120-150 HB	31-35	0,033	0,020	118	18-25	14-18	0,15	0,30	0,50	0,75	58-65	0,12	0,28	0,45	0,60	FGL 200	
	Ferrit.-Perlit.	190-220 HB	27-31	0,033	0,015	118	18-25	11-14	0,12	0,25	0,45	0,60	39-44	0,12	0,25	0,45	0,60	FGL 300	
	Perlitique	220-260 HB	22-26	0,025	0,010	118	18-25	9-12	0,08	0,20	0,40	0,50	32-36	0,08	0,20	0,40	0,50	FGL 400	
Fontes G. S.	Ferritique	220-285 HB	13-15	0,033	0,010	118	18-25	4-6	0,08	0,16	0,30	0,45	18-21	0,08	0,18	0,36	0,50	FGS 600-3	
	Ferritique	140-180 HB	34-38	0,033	0,015	118	18-25	13-16	0,12	0,25	0,45	0,60	48-53	0,12	0,25	0,45	0,60	FGS 370-17	
Fontes malléables	à cœur blanc	≤ 180 HB	38-45	0,033	0,020	118	18-25	13-17	0,08	0,20	0,40	0,50	54-60	0,12	0,28	0,45	0,60	MN 40-10	
	à cœur noir	160-200 HB	29-33	0,033	0,015	118	18-25	10-13	0,08	0,20	0,40	0,50	40-45	0,12	0,25	0,40	0,60	MN 35-10	
	Perlitique	200-260 HB	26-30	0,017	0,010	118	18-25	8-11	0,05	0,20	0,40	0,50	26-30	0,08	0,25	0,40	0,50	MP 60-3	
Aciers inox	Martensitique	45-65	22-25	0,028	0,015	135	20-30	9-12	0,08	0,16	0,30	0,45	32-36	0,10	0,25	0,40	0,60	X 4 Cr Ni 18-10	
	Austénitique	45-65	16-18	0,033	0,017	135	20-30	6-8	0,08	0,16	0,30	0,45	22-26	0,10	0,25	0,40	0,60	X 8 Cr 13	
Aciers à outils	au Cr	70-90	9-10	0,017	0,010	120	24-32	2-4	0,05	0,10	0,18	0,30	8-10	0,08	0,18	0,30	0,45	X 20 Cr 12	
	au Cr + Mo + V	70-90	14-16	0,017	0,010	120	24-32	3-5	0,05	0,16	0,30	0,45	13-16	0,05	0,16	0,30	0,45	X 40 Cr Mo V 5	
	au W + Cr + V	70-90	9-11	0,017	0,010	120	24-32	3-5	0,08	0,16	0,30	0,45	13-16	0,10	0,20	0,35	0,50	X 30 W Cr V 15	
Laitons	au Zn + Al	40-80	45-50	0,028	0,015	118	10-16	30-40	0,08	0,20	0,40	0,50	60-90	0,12	0,28	0,45	0,60	Cu Zn 19 Al 6	
	à l'étain	16-24	24-27	0,028	0,015	118	20-38	14-18	0,08	0,20	0,40	0,50	50-80	0,12	0,28	0,45	0,50	Cu Sn 12 Pb	
Bronzes	Cupro-alu	40-70	20-23	0,028	0,015	118	20-38	14-18	0,08	0,20	0,40	0,50	45-70	0,12	0,18	0,45	0,60	Cu Al 9 Ni S Fe	
	Cupro-nickel	≤ 260 HB	16-20	0,025	0,010	118	24-32	8-11	0,08	0,16	0,30	0,45	28-35	0,08	0,18	0,36	0,50	Cu Ni 40 Sn 7	
Alliages légers	au cuivre	≤ 30	71-80	0,042	0,025	140	30-40	45-65	0,15	0,30	0,50	0,75	100-130	0,12	0,28	0,45	0,60	A - U 4 N T	
	au magnésium	≤ 26	56-63	0,042	0,025	140	30-40	30-50	0,15	0,30	0,50	0,75	80-110	0,12	0,28	0,45	0,60	A - G 3	
	au silicium	≤ 26	46-52	0,042	0,025	140	30-40	10-13	0,08	0,20	0,40	0,50	55-65	0,08	0,18	0,36	0,50	A - S 10 G	

A.3.2 OUTILS DE COUPE

A.3.2.1 OUTILS DE FRAISAGE

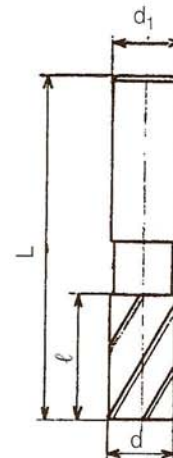
■ FRAISES CYLINDRIQUES 2 TAILLES, À QUEUE CÔNE 7/24

Diamètres recom- mandées d js 14		Séries									
		normale					longue (A)				
		Cône 7/24 n°					Cône 7/24 n°				
		ℓ	30	40	45	50	ℓ	30	40	45	50
25	(28)	45	150			90	195				
32	(36)	53	158	188	208	106	211	241	261		
40	(45)	63		198	218	240	125	260	280	302	
50	(56)	75		210	230	252	150	285	305	327	
63		90		245	267	180		335	357		
80		106		283	212				389		



■ FRAISES CYLINDRIQUES 2 TAILLES, À QUEUE CYLINDRIQUE

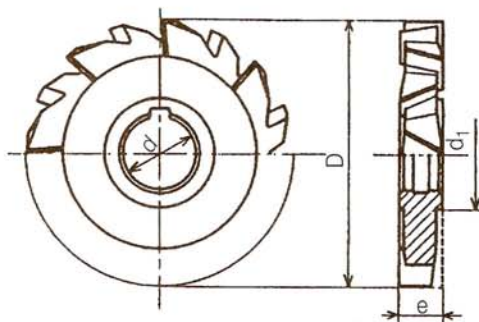
Diamètres recom- mandées d js 14		d_1		Séries					
				normale			longue (A)		
		Variante I	Variante II	ℓ	L		ℓ	L	
					I	II		I	II
2		4	6	7	39	51	10	42	54
2,5		4	6	8	40	52	12	44	56
3		4	6	8	40	52	12	44	56
	(3,5)	4	6	10	42	54	15	47	59
4		4	6	11	43	55	19	51	63
		5	6	11	45	55	19	53	63
5		5	6	13	47	57	24	58	68
6		6	6	13	57	57	24	68	68
	(7)	8	10	16	60	60	30	74	74
8		8	10	19	63	63	38	82	82
	(9)	10	10	19	69	69	38	88	88
10		10	10	22	72	72	45	95	95
	(11)	12	12	22	79	79	45	102	102
12		12	12	26	83	83	53	110	110
16		16	16	32	92	92	63	123	123
20		20	20	38	104	104	75	141	141
25		25	25	45	121	121	90	166	166
32		32	32	53	133	133	106	186	186
40		40	40	63	155	155	125	217	217
50		50	63	75	177	177	150	252	252
	(56)	50	63	90	192	192	180	282	282
63		50	63	90	192	192	180	282	282
		63	63	90	202	202	180	292	292



FRAISES
2 TAILLES (ARS)

■ FRAISES 3 TAILLES, À DENTURE ALTERNÉE, À ENTRAÎNEMENT PAR CLAVETTE

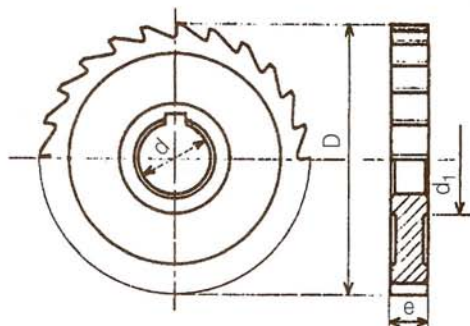
D Js 16	d H7	d ₁	e											
			2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
63	22	32	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	16		
80	27	41	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	16		
100	32	47	2,5	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
125	32	47		3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
160	40	55			4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
200	40	55				5	6	8	10	12	14	16	18	20



FRAISES À
RAINURER
(ARS)
(suite)

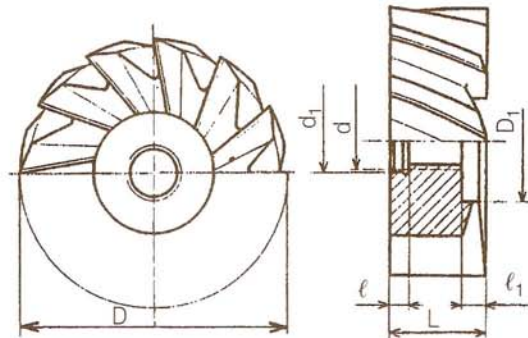
■ FRAISES 1 TAILLE À RAINURER, À ENTRAÎNEMENT PAR CLAVETTE

D Js 16	d H7	d ₁	e					
			5	6	8	10	12	14
63	22	34	5	6	8	10		
80	27	41		6	8	10	12	
100	32	47		6	8	10	12	14



■ FRAISES CYLINDRIQUES 2 TAILLES À TROU TARAUDÉ ET CENTRAGE ARRIÈRE

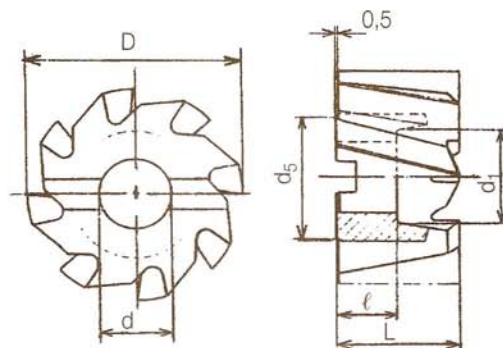
D Js 16	d	d_1 H7	ℓ $+0,5$ 0	L Js 16	D_1 min.	ℓ_1 min.
25	M 12	14	6	25	14	5
32	M 12	14	6	28	16	6
40	M 16	18	7	32	22	8
50	M 20	22	7	36	30	9
63	M 24	26	7	40	38	11
80	M 30	32	9	45	38	13
100	M 30	32	9	50	45	16
125	M 36	38	10	56	56	20



FRAISES À
SURFACER ET
DRESSER
(ARS)

■ FRAISES CYLINDRIQUES 2 TAILLES À ENTRAÎNEMENT PAR TENONS

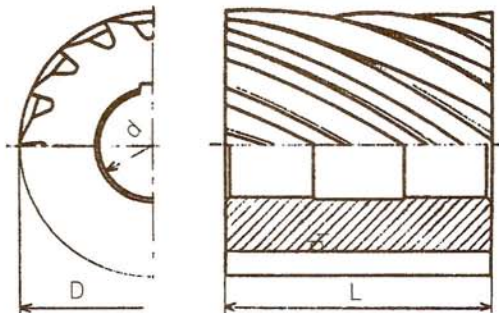
D Js 16	d H7	L min	ℓ min.	d_1 min	d_5 min.
40	16	32	18	22	33
50	22	36	20	30	41
63	27	40	22	38	49
80	27	45	22	38	49
100	32	50	25	45	59
125	40	56	28	56	71
160	50	63	31	67	91



■ FRAISES 1 TAILLE À SURFACER À ENTRAÎNEMENT PAR CLAVETTE

D Js 16	d H7	L Js 16					
		25	40	63	80	100	125
63	27						
80	32			63	80	100	
100	40				80	100	125

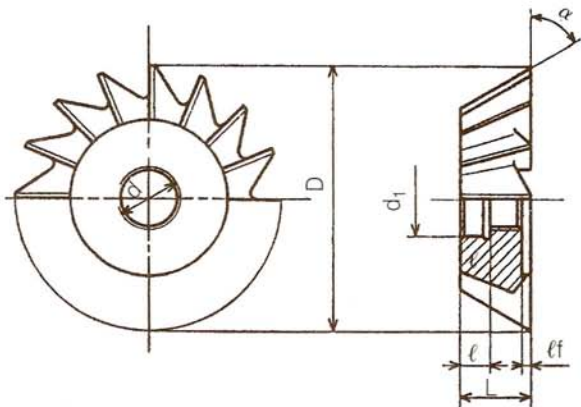
FRAISES À
SURFACER ET
DRESSER
(ARS)
(suite)



■ FRAISES CONIQUES 2 TAILLES, À 45° ET 60°,
À TROU TARAUDÉ ET CENTRAGE ARRIÈRE

D Js 16	L Js 16	d	d ₁ H7	ℓ +0,5 0	ℓf	α ± 30'
40	10	M 12	14	2	1	45°
50	13	M 12	14	3	1,5	
63	16	M 16	18	4	2	
80	20	M 20	22	5	3	
100	25	M 24	26	6	4	
40	13	M 12	14	3	1,5	60°
50	16	M 16	18	4	2	
63	20	M 20	22	5	3	
80	25	M 24	26	6	4	
100	32	M 24	26	8	5	

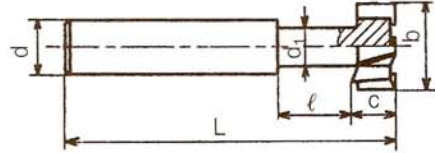
FRAISES DE
FORME (ARS)



■ FRAISES POUR RAINURES À T À QUEUE CYLINDRIQUE

FRAISES DE
FORME (ARS)
(suite)

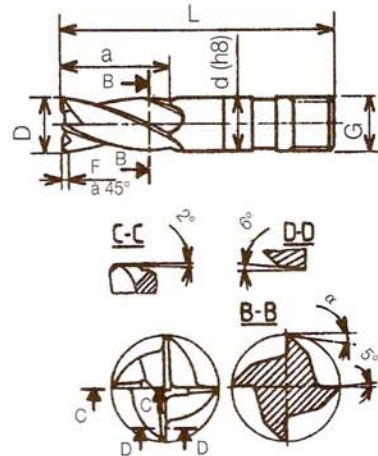
b h12	c h12	d ₁ max.	ℓ +1 0	d (1)	L	Pour rainure de
11	3,5	4	10	10	53,5	5
12,5	6	5	11	10	57	6
16	8	7	14	10	62	8
18	8	8	17	12	74	10
21	9	10	20	12	74	12
25	11	12	23	16	82	14
32	14	15	28	16	90	18
40	18	19	34	25	108	22
50	22	25	42	32	124	28
60	28	30	51	32	139	36
72	35	36	58	40	163	42
85	40	42	64	50	184	48
95	40	44	71	50	195	54



■ FRAISES À RAINURER, EN CARBURE, MONOBLOC (COUPE POSITIVE)

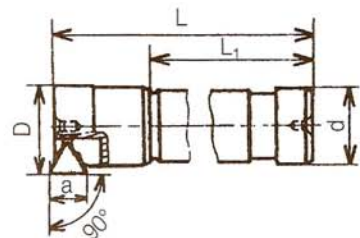
FRAISES
CARBURE

D	L	d	G	α°	a
10	69	10	M 10	13	22
12	72	12	M 12	13	26
16	80	16	M 16	10	32
20	105	20	M 20	10	38
25	107	25	M 24	10	40
32	110	32	M 30	10	40



■ FRAISES À RAINURER À PLAQUETTES TRIANGULAIRES (COUPE POSITIVE)

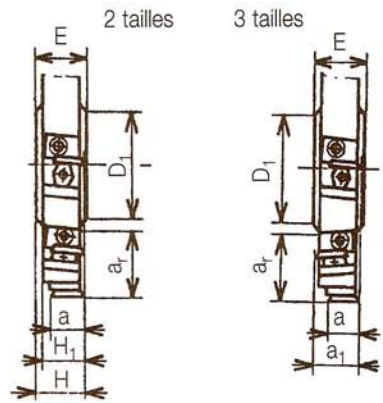
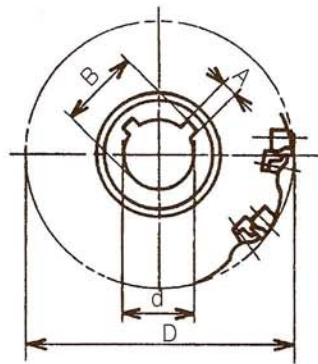
D	Z	L	L ₁	d	a
16	1	90	65	16	9
20	2	105	75	20	9
25	2	115	80	25	9
32	2	125	90	30	13,3
40	3	150	120	30	13,3



■ FRAISES-DISQUES À PLAQUETTES TRIANGULAIRES (COUPE POSITIVE)

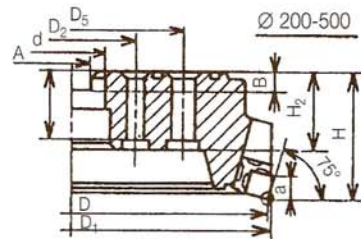
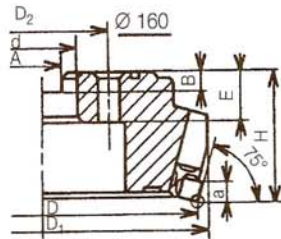
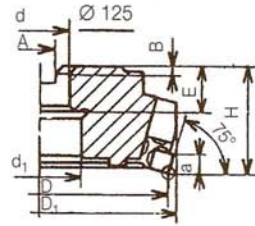
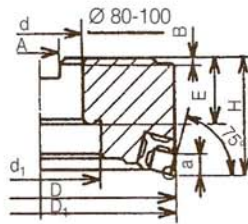
D	Z	Δ	D_1	E	A	B	d	F	λ°	H	H_1	a_r	a_1	a
80	6	11	41	12	7	29,8	27	0,35	3			15	10	9,2
100	8	11	48	14	8	34,8	32	0,35	3			24	12	9,2
125	10	11	58	14	10	43,5	40	0,35	3			30	12	9,2
160	12	11	58	14	10	43,5	40	0,35	3			45	12	9,2
160	12	11	58	18	10	43,5	40	0,35	5			45	16	9,2
125	8	16	58	22	10	43,5	40	0,6	5			30	20	13,3
160	10	16	58	20	10	43,5	40	0,6	5			45	18	13,3
160	10	16	58	22	10	43,5	40	0,6	5			45	20	13,3
200	12	16	72	24	12	53,6	50	0,6	5			60	22	13,3
250	16	16	84	26	12	53,6	50	0,6	5			60	24	13,3
315	20	16	84	26	12	53,6	50	0,6	5			60	24	13,3
R/L 100	6	16	48	27	8	34,8	32	0,6	5	26	24	24		13,3
R/L 125	8	16	58	27	10	43,5	40	0,6	5	26	24	30		13,3
R/L 160	10	16	58	27	10	43,5	40	0,6	5	26	24	45		13,3
R/L 200	12	16	72	27	12	53,6	50	0,6	5	26	24	60		13,3
R/L 250	16	16	84	27	12	53,6	50	0,6	5	26	24	82		13,3
R/L 315	20	16	84	27	12	53,6	50	0,6	5	26	24	114		13,3

FRAISES
CARBURE
(suite)



■ FRAISES À SURFACER (COUPE POSITIVE)

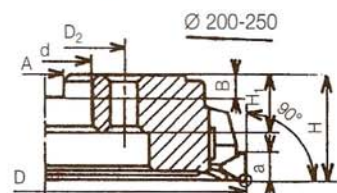
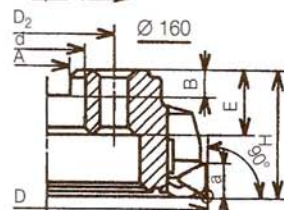
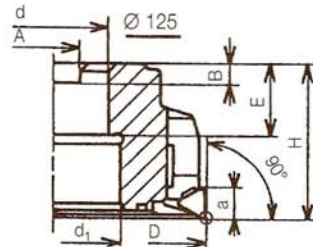
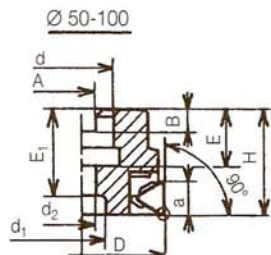
D	Z	D_1	H	A	B	D_2	D_5	E	H_1	H_2	d	d_1	a : avec plaquette	
													12 mm	12 mm
80	6	86	50	12,4	7			30			27	36	9	
100	8	106	50	16,4	9,5			28			40	53	9	
125	8	136	63	16,4	9,5			29			40	55	9	12
160	10	171	63	16,4	9,5	66,7		29			40		9	12
200	12	210	63	25,7	14	101,6			32	32	60		9	12
250	16	260	63	25,7	14	101,6			32	32	60		9	12
315	20	325	80	25,7	14	101,6	177,8		32	32	60		9	12
400	26	410	80	25,7	14	101,6	177,8		32	42	60		9	12
500	34	510	80	25,7	14	101,6	177,8		32	47	60		9	12



■ FRAISES À SURFACER ET DRESSER (COUPE POSITIVE)

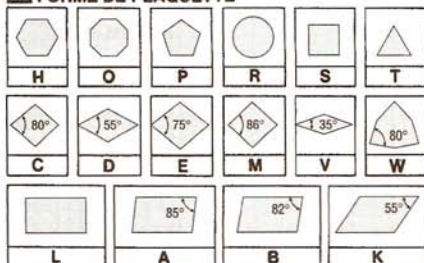
D	H	A	B	D ₂	E	E ₁	H ₁	d	d ₁	d ₂	α	λ	a : avec plaquette	
													16 mm	22 mm
50	40	10,4	6,5		20,5	32,8	32	22	17	11	6°	5°	13,3	
63	40	10,4	6,5		20,5	29,1	32	22	17	11	6°	5°	13,3	
80	50	12,4	7		22	35,6		27	21	13,5	7°	7°		18
100	50	14,4	8		22,5	33		32	27	18	7°	7°		18
125	63	16,4	9,5		29			40	55		7°	7°		18
160	63	16,4	9,5	66,7	29			40			7°	7°		18
200	63	25,7	14	101,6				60			7°	7°		18
250	63	25,7	14	101,6				60			7°	7°		18

FRAISES
CARBURE
(suite)

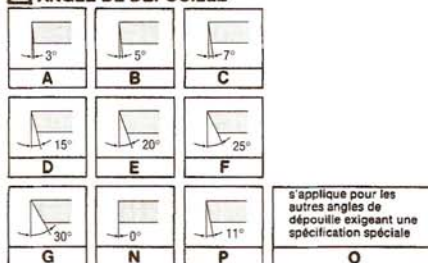


A.3.2.2 CODE DES PLAQUETTES

1 FORME DE PLAQUETTE



2 ARETE PRINCIPALE ANGLE DE DEPOUILLE



d : diamètre théorique du cercle inscrit à la plaquette
 s : épaisseur de la plaquette
 m : voir fig.



3 TOLERANCES

Lettre caract.	Tolérances en mm			Tolérances en pouces		
	m	s	d	m	s	d
A	$\pm 0,005$ ¹⁾	$\pm 0,025$	$\pm 0,025$	$\pm 0,0002$ ¹⁾	$\pm 0,001$	$\pm 0,0010$
F	$\pm 0,005$ ¹⁾	$\pm 0,025$	$\pm 0,013$	$\pm 0,0002$ ¹⁾	$\pm 0,001$	$\pm 0,0005$
C	$\pm 0,013$	$\pm 0,025$	$\pm 0,025$	$\pm 0,0005$	$\pm 0,001$	$\pm 0,0010$
H	$\pm 0,013$	$\pm 0,025$	$\pm 0,013$	$\pm 0,0005$	$\pm 0,001$	$\pm 0,0005$
E	$\pm 0,025$	$\pm 0,025$	$\pm 0,025$	$\pm 0,0010$	$\pm 0,001$	$\pm 0,0010$
G	$\pm 0,025$	$\pm 0,13$	$\pm 0,025$	$\pm 0,0010$	$\pm 0,005$	$\pm 0,0010$
J	$\pm 0,005$ ¹⁾	$\pm 0,025$	$\pm 0,05$ ²⁾ $\pm 0,13$ ²⁾	$\pm 0,0002$ ¹⁾	$\pm 0,001$	$\pm 0,002$ ²⁾ $\pm 0,005$ ²⁾
K	$\pm 0,013$ ¹⁾	$\pm 0,025$	$\pm 0,05$ ²⁾ $\pm 0,13$ ²⁾	$\pm 0,0005$ ¹⁾	$\pm 0,001$	$\pm 0,002$ ²⁾ $\pm 0,005$ ²⁾
L	$\pm 0,025$	$\pm 0,025$	$\pm 0,05$ ²⁾ $\pm 0,13$ ²⁾	$\pm 0,0010$	$\pm 0,001$	$\pm 0,002$ ²⁾ $\pm 0,005$ ²⁾
M	$\pm 0,08$ ²⁾ $\pm 0,18$ ²⁾	$\pm 0,13$	$\pm 0,05$ ²⁾ $\pm 0,13$ ²⁾	$\pm 0,003$ ²⁾ $\pm 0,007$ ²⁾	$\pm 0,005$	$\pm 0,002$ ²⁾ $\pm 0,005$ ²⁾
U	$\pm 0,13$ ²⁾ $\pm 0,38$ ²⁾	$\pm 0,13$	$\pm 0,08$ ²⁾ $\pm 0,25$ ²⁾	$\pm 0,005$ ²⁾ $\pm 0,015$ ²⁾	$\pm 0,005$	$\pm 0,003$ ²⁾ $\pm 0,010$ ²⁾

¹⁾ Ces tolérances s'appliquent normalement aux plaquettes amovibles ayant des arêtes secondaires rectifiées (biseau plan).
²⁾ La tolérance dépend des dimensions de la plaquette et doit être indiquée pour chaque plaquette, d'après les normes pour les dimensions correspondantes.

Pour les plaquettes de formes C, E, H, M, O, P, S, T, W qui ont un angle de pointe de 60° ou plus, ce sont les tolérances de classes M et U pour m et M, J, K, L et U pour d qui s'appliquent selon le tableau suivant :

Diamètre du cercle inscrit d	Tolérances sur m				Tolérances sur d				
	Classe M		Classe U		Classe M, J, K, L		Classe U		
mm	pouces	mm	pouces	mm	pouces	mm	pouces		
6,35	0,250	$\pm 0,08$	$\pm 0,003$	$\pm 0,13$	$\pm 0,005$	$\pm 0,05$	$\pm 0,002$	$\pm 0,08$	$\pm 0,003$
9,525	0,375	$\pm 0,08$	$\pm 0,003$	$\pm 0,13$	$\pm 0,005$	$\pm 0,05$	$\pm 0,002$	$\pm 0,08$	$\pm 0,003$
12,7	0,500	$\pm 0,13$	$\pm 0,005$	$\pm 0,20$	$\pm 0,008$	$\pm 0,08$	$\pm 0,003$	$\pm 0,13$	$\pm 0,005$
15,875	0,625	$\pm 0,15$	$\pm 0,006$	$\pm 0,27$	$\pm 0,011$	$\pm 0,10$	$\pm 0,004$	$\pm 0,18$	$\pm 0,007$
19,05	0,750	$\pm 0,15$	$\pm 0,006$	$\pm 0,27$	$\pm 0,011$	$\pm 0,10$	$\pm 0,004$	$\pm 0,18$	$\pm 0,007$
25,4	1,000	$\pm 0,18$	$\pm 0,007$	$\pm 0,38$	$\pm 0,015$	$\pm 0,13$	$\pm 0,005$	$\pm 0,25$	$\pm 0,010$

Pour les plaquettes rhombiques avec l'angle de pointe de 55° (forme D) ce sont les tolérances de classe M pour m et d qui s'appliquent selon le tableau suivant :

Diamètre du cercle inscrit d	Tolérances sur m		Tolérances sur d		Forme de plaquette
	mm	pouces	mm	pouces	
6,35	0,250	$\pm 0,11$	$\pm 0,004$	$\pm 0,05$	$\pm 0,002$
9,525	0,375	$\pm 0,11$	$\pm 0,004$	$\pm 0,05$	$\pm 0,002$
12,70	0,500	$\pm 0,15$	$\pm 0,006$	$\pm 0,08$	$\pm 0,003$
15,875	0,625	$\pm 0,18$	$\pm 0,007$	$\pm 0,10$	$\pm 0,004$
19,05	0,750	$\pm 0,18$	$\pm 0,007$	$\pm 0,10$	$\pm 0,004$

4 TYPE DE BRISE-COPEAU ET FIXATION

4 mm			
A	F	G	M
N	R	X	
Exécution spéciale et plaquettes non-équilatérales			
4 POUCES			
IC $\geq 1/4''$		IC $< 1/4''$	
A	F	D	L
G	M	K	P
N	R	E	S
X			
Exécution spéciale et plaquettes non-équilatérales			

CODE ISO - PLAQUETTES AMOVIBLES

5 GRANDEUR DE LA PLAQUETTE

mm

Si le symbole n'a qu'un seul chiffre, un 0 doit le précéder.
Ex. : 9,52 mm indiqué par 09.

6 EPAISSEUR

mm

Si le symbole n'a qu'un seul chiffre, un 0 doit le précéder.
Ex. : 4,76 mm indiqué par 04.

7 BISEAU PLAN, ANGLE DE DEPOUILLE

χ_r	α_n
A - 45°	A - 3°
D - 60°	B - 5°
E - 75°	C - 7°
F - 85°	D - 15°
P - 90°	E - 20°
	F - 25°
	G - 30°
	N - 0°
	P - 11°

Exécution spéciale

Z	mm	Z	mm
Z			

Le code ISO comprend 9 symboles dont 8 et/ou 9 sont utilisés quand c'est nécessaire. Le fabricant peut en plus ajouter encore des symboles séparés du code ISO par un tiret. (Ex. : -71 pour identifier la forme du brise-copeau.

12	03	ED	R
5	6	7	9

3	2	2
5	6	7

CODE ISO -
PLAQUETTES
AMOVIBLES
(suite)

5 CERCLE INSCRIT
POUCES

En 1/32" pour CI < 1/4"
En 1/8" pour CI ≥ 1/4"

Longueur de l'arête principale

Longueur de l'arête principale

Pour les plaquettes rectangulaires et rhomboidales, la largeur est indiquée à la place de CI en référence.

6 EPAISSEUR
POUCES

Pour les plaquettes rectangulaires et rhomboidales, la longueur de l'arête est indiquée en 1/4"

En 1/32" pour CI < 1/4"
En 1/16" pour CI ≥ 1/4"

7

9 DIRECTION DE L'AVANCE

Comparaison ARETES DE COUPE en mm (Rep. 5) CERCLE INSCRIT en pouces

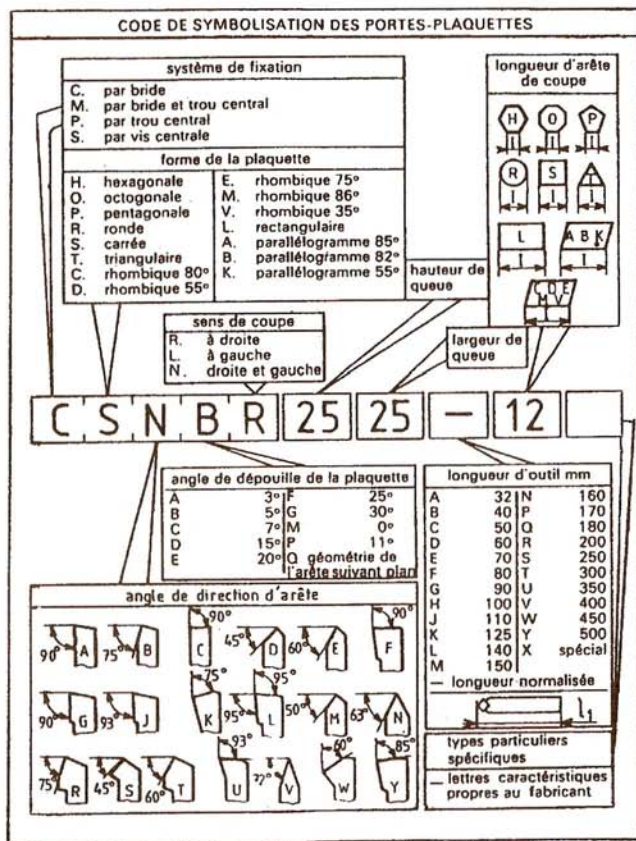
	06	09	11	16	22	27	33	44
				09	12	15	19	25
			07	11	15	19	23	31
			06	09	12	16	19	25
IC = d	5/32"	7/32"	1,4"	3/8"	1/2"	5/8"	3/4"	1"

RECOMMAN-
DATIONS DE
BASE

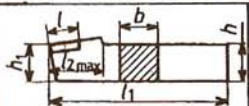
ISO/ANSI			TOURNAGE	FRAISAGE	PERÇAGE
P Acier, acier coulé, fonte malléable à copeaux longs	01	C8			
	10	C7	GC 4015	CT 530	GC 4025
	20	C6	GC 4025	GC 4030	GC 4025
	30		GC 4035		GC 1020 1120
	40			GC 235	
	50	C5			
M Acier inoxydable, acier coulé, acier au manganèse, fonte alliée, fonte malléable, acier de décolletage, alliages réfractaires	10	-	GC 2015	GC 1025	
	20	-	GC 2025	CT 530	
	30	-	GC 2035	GC 235	GC 1020 1120
	40	-			
K Acier, acier coulé, fonte malléable à copeaux longs	01	C4			
	10	C3	GC 3005	GC 3015	GC 4025
	20	C2	GC 3025	GC 3020	GC 1020 1120
	30	C1		GC 3040	H13A

Classification des matières Coromant (GMC)	GRANDE-BRETAGNE	SUÈDE	ALLEMAGNE		FRANCE	ITALIE	ESPAGNE	JAPON	
	Normes								
	BS	SS	W.-nr.	DIN	AFNOR	UNI	UNIF	JIS	
ISO P	02.1/02.2	250A53	2085	1.0904	55Si7	55S7	55Si8	56Si7	-
	02.1/02.2	-	-	1.0961	60SiCr7	60SC7	60SiCr8	60SiCr8	-
	02.1/02.2	534A99	2258	1.3505	100Cr6	100C6	100Cr6	F.131	SUJ2
	02.1/02.2	1501-240	2912	1.5415	15Mo3	15D3	16Mo3KW	16Mo3	-
	02.1/02.2	1503-245-420	-	1.5423	16Mo5	-	16Mo5	16Mo5	-
	02.1/02.2	655M13;A12	-	1.5752	14NiCr14	12NC15	-	-	SNC815(H)
	02.1/02.2	816M40	-	1.6511	36CrNiMo4	40NCD3	38NiCrMo4(KB)	35NiCrMo4	-
	02.1/02.2	805M20	2506	1.6523	21NiCrMo2	20NCD2	20NiCrMo2	20NiCrMo2	SNCM220(H)
	02.1/02.2	311-Type 7	-	1.6546	40NiCrMo22	-	40NiCrMo2(KB)	40NiCrMo2	-
	02.1/02.2	817M40	2541	1.6582	35CrNiMo6	35NCD6	35NiCrMo6(KB)	-	-
	02.1/02.2	503A32	-	1.7033	34Cr4	32C4	34Cr4(KB)	35Cr4	SCR430(H)
	02.1/02.2	530M40	-	1.7035	41Cr4	42C4	41Cr4	42Cr4	SCR440(H)
	02.1/02.2	(527M20)	2511	1.7131	16MnCr5	16M5	16MnCr5	16MnCr5	-
	02.1/02.2	1717CDS110	2225	1.7218	25CrMo4	25CD4	25CrMo4(KB)	55Cr3	-
	02.1/02.2	708A37	2234	1.7220	34CrMo4	35CD4	35CrMo4	34CrMo4	-
	02.1/02.2	708M40	2244	1.7223	41CrMo4	42CD4TS	41CrMo4	42CrMo4	SCM 440
	02.1/02.2	1501-620Gr27	-	1.7335	13CrMo4 4	15CD3.5	14CrMo4 5	14CrMo45	-
	02.1/02.2	722M24	2240	1.7361	32CrMo12	30CD12	32CrMo12	F.124.A	-
	02.1/02.2	1501-622	2218	1.7380	10CrMo9 10	12CD9, 10	12CrMo9, 10	TU.H	-
	02.1/02.2	735A50	2230	1.8159	50CrV4	50CV4	50CrV4	51CrV4	SUP10
02.1/02.2	905M39	2940	1.8509	41CrAlMo7	40CAD6, 12	41CrAlMo7	41CrAlMo7	-	
02.1/02.2	BL3	-	1.2067	100Cr6	Y100C6	-	100Cr6	-	
02.1/02.2	-	2140	1.2419	105WCr6	105WC13	10WCr6	105WCr5	SK31	
ISO M	05.21/15.21	304S31	2332/2333	1.4350	X5CrNi18 9	Z6CN18.09	X5CrNi18 10	F.3551	SUS304
	05.21/15.21	303S21	2346	1.4305	X12CrNiS18 8	Z10CNF 18.09	X10CrNiS18.09	F.3508	SUS303
	05.21/15.21	304S15	2332	1.4301	X5CrNi189	Z6CN18.09	X5CrNi18 10	F.3551	SUS304
	05.21/15.21	304S12	2352	1.4306	X2CrNi18 9	Z2CrNi18 10	X2CrNi18 11	F.3503	SCS19
	05.21/15.21	-	2331	1.4310	X12CrNi17 7	Z12CN17.07	X12CrNi17 07	F.3517	SUS301
	05.21/15.21	304S62	2371	1.4311	X2CrNiN 18 10	Z2CN18.10	-	-	SUS304LN
	05.21/15.21	316S16	2347	1.4401	X5CrNiMo18 10	Z6CND17.11	X5CrNiMo17 12	F.3543	SUS316
	05.21/15.21	-	2375	1.4429	X2CrNiMoN18 13	Z2CND17.13	-	-	SUS316LN
	05.21/15.21	316S13	2348	1.4404	-	Z2CND17.12	X2CrNiMo 17 12	-	-
	05.21/15.21	316S13	2353	1.4435	X2CrNiMo 18 12	Z2CND17.12	X2CrNiMo 17 12	-	SCS16
	05.21/15.21	316S33	2343/2347	1.4436	-	Z6CND18-12-03	X8CrNiMo17 13	-	-
	05.21/15.21	317S12	2367	1.4438	X2CrNiMo18 16	Z2CND19.15	X2CrNiMo18 16	-	SUS317L
	05.21/15.21	321S12	2337	1.4541	X10CrNiTi18 9	Z6CNT18.10	X6CrNiTi18 11	F.3553/F.3523	SUS321
	05.21/15.21	347S17	2338	1.4550	X10CrNiNb18 9	Z6CNb18.10	X6CrNiNb18 11	F.3552/F.3524	SUS347
	05.21/15.21	320S17	2350	1.4571	X10CrNiMoT18 10	Z6NDT17.12	X6CrNiMoT17 12	F.3535	-
	05.21/15.21	-	-	1.4583	X10CrNiMoNb18 12	Z6CNDNb17 13B	X6CrNiMoNb17 13	-	-
	05.21/15.21	309S24	-	1.4828	X15CrNiSi20 12	Z15CNS20.12	-	-	SUH309
	05.21/15.21	310S24	2361	1.4845	X12CrNi25 21	Z12CN25 20	X6CrNi25 20	F.331	SUH310
ISO K	08.2	Grade 260	01.25		GG 25	Ft 30 D			
	08.2	Grade 300	01.30		GG 30	Ft 30 D			
	08.2	Grade 350	01.35		GG 35	Ft 35 D			
	08.2	Grade 400	01.40		GG 40	Ft 40 D			

TABLE DE CORRESPONDANCE DES MATIÈRES

















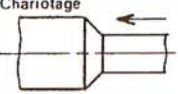

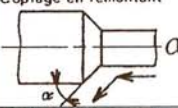
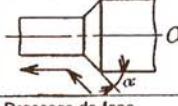
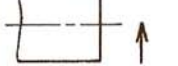
DIMENSIONS DES PORTE-PLAQUETTE



h-b	12-12	16-16	20-20	25-25	32-25	32-32	40-40
l ₁	80	100	125	150	170	170	200
h ₁	12	16	20	25	32	32	40
l ₁	12,5	16,5	20,5	25,5	25,5	33	41
l ₂	11	11	16	16	16	22	22
l ₂	25	25	32	32	32	36	36
l ₁		13	17	22	22	27	35
l ₂		9	12	12	12	19	19
l ₂		32	36	36	36	45	45
l ₁	13	17	22	27	27	35	43
l ₂	9	9	12	12	12	19	19
l ₂	32	32	36	36	36	45	45
l ₁	16	20	25	32	32	40	50
l ₂	9	9	12	12	12	19	19
l ₂	32	32	36	36	36	45	45
l ₁	11	13	17	22	22	27	35
l ₂	11	11	16	16	16	22	27
l ₂	25	25	32	32	32	36	40
l ₁	16	20	25	32	32	40	50
l ₂	11	11	16	16	16	20	22
l ₂	25	25	32	32	32	36	36
l ₁	16	20	25	32	32	40	50
l ₂	9	9	12	12	12	19	19
l ₂	32	32	36	36	36	45	45
l ₁			25	32	32	40	50
l ₂			12	12	12	19	19
l ₂			36	36	36	45	45














Direction de l'avance →

PORTE-
 PLAQUETTE
 POUR USINAGE
 EXTÉRIEUR EN
 ÉBAUCHE ET
 FINITION

Types d'outil porte-plaquette														
Désignation Angle de direction d'arête. λ_r	PRGN	PCLN 95°	PDJN 93°	PTJN 93°	PTGN 90°	PSBN 75°	PCBN 75°	PTTN 60°	PNTE 60°	PTDN 45°	PSDN 45°	PSSN 45°	PSKN 75°	PTFN 90°
Chariotage 	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x		
Remontée de face 	x	x	x	x										
Copiage en remontant 	75 60 45 30 x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x		
Copiage en descendant 	75 60 45 30 x x x x							x x x x	x x x x	x x x x	x x x x	x x x x		
Dressage de face 	x	x						x				x	x	x












Direction de l'avance →

PORTE-
 PLAQUETTE
 POUR USINAGE
 INTERIEUR EN
 EBAUCHE ET
 FINITION

Types d'outil porte-plaquette	Conventionnel T : MAX S		Tête interchangeable	T . MAX S		T,MAX P		T . MAX
								
Diamètre du trou min (mm) Angle de direction d'arête Xr	90° Ø12	75° Ø12	90° Ø32	75° Ø32	93° Ø32	75° Ø80	95° Ø80	93° Ø40
Chariotage intérieur 	X 90°	X 75°	X 90°	X 75°		X 75°	X 95°	X 93°
Dressage en remontant 							X	X
Copiage en plongée 	X 75° X 60° X 45° X 30°	X 75° X 60° X 45° X 30°	X 75° X 60° X 45° X 30°	X 75° X 60° X 45° X 30°		X 75° X 60° X 45° X 30°	X 75° X 60° X 45° X 30°	X 75° X 60° X 45° X 30°
Copiage en sortant 								X 30° X 25°
Dressage en descendant 					X		X	

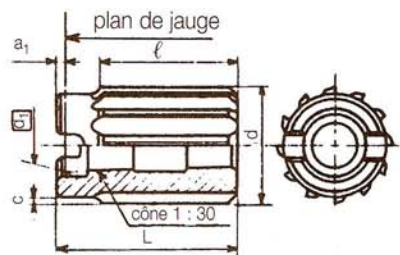
Direction de l'avance →

BARRE
D'ALÉSAGE À
PLAQUETTE
CARBURE
INTER-
CHANGEABLE

Barres antivibratoires à têtes interchangeables	Tête $\varnothing d$ (h8)	Alésage $\varnothing D$	T. MAX P				T. MAX S			T. MAX
			471_31	471_38	474_3	479_38	477_9	474_9	479_9	471_5
										
Type 1.470_1M 	25 32(30) 40 50 63(60) 80	32 40 50 63 80 100					x x x x	x x x x	x x x x	
Type 2.470_2 	25 32(30) 40 50 63(60) 80	32 40 50 63 80 100					x x x x	x x x x	x x x x	
Type 3.470_3 	25 32 40 50 63 80	32 40 50 63 80 100					x x x x	x x x x	x x x x	

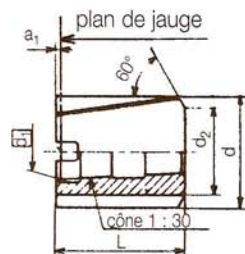
■ ALÉSOIRS CREUX DE FINITION

Palier de diamètres d (m6)		d_1	ℓ	L	a_1 (max)	c (max)
au-delà de	jusqu'à inclus					
19,9	23,6	10	28	40	0,5	1
23,6	30	13	32	45	0,6	1
30	35,5	16	36	50	0,6	1,5
35,5	42,5	19	40	56	0,7	1,5
42,5	50,8	22	45	63	0,7	1,5
50,8	60	27	50	71	0,7	2
60	71	32	56	80	0,9	2



■ ALÉSOIRS CREUX D'ÉBAUCHE

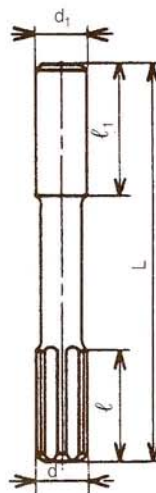
Palier de diamètres d (h8)		d_1	d_2	L	a_1 (mm)	a_1 (max)
au-delà de	jusqu'à inclus					
19,9	35,5	13	d-5	45	0	0,6
35,5	45	16	d-6	50	0	0,6
45	53	19	d-8	56	0	0,7
53	63	22	d-9	63	0	0,7
63	75	27	d-11	71	0	0,7
75	90	32	d-13	80	0	0,9
90	101,6	40	d-15	90	0	0,9



ALÉSOIR (ARS)

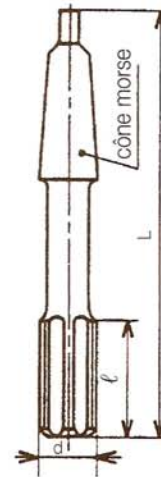
■ ALÉSOIRS À MACHINE À QUEUE CYLINDRIQUE

Palier de diamètres	d	d_1	L	ℓ	ℓ_1
1,32 à 1,50	1,4	1,4	40	8	
1,50 à 1,70	1,6	1,6	43	9	
1,70 à 1,90	1,8	1,8	46	10	
1,90 à 2,12	2	2	49	11	
2,12 à 2,36	2,2	2,2	53	12	
2,36 à 2,65	2,5	2,5	57	14	
2,65 à 3,00	3	3	61	15	
3,00 à 3,35	3,2	3,2	65	16	
3,35 à 3,75	3,5	3,5	70	18	
3,75 à 4,25	4	4	75	19	32
4,25 à 4,75	4,5	4,5	80	21	33
4,75 à 5,30	5	5	86	23	34
5,30 à 6,00	6	5,6	93	26	36
6,00 à 6,70	6,7	5,6	93	26	36



■ ALÉSOIRS À MACHINE À QUEUE CÔNE MORSE

Palier de diamètres	d	L	ℓ	cône morse n°
5,30 à 6	5,5 ; 6	138	26	1
6 à 6,70	6	144	28	
6,70 à 7,50	7	150	31	
7,50 à 8,50	8	156	33	
8,50 à 9,50	9	162	36	
9,50 à 10,60	10	168	38	
10,60 à 11,80	11	175	41	
11,80 à 13,20	12	182	44	
13,20 à 14	14	189	47	
14 à 15	15	204	50	
15 à 16	16	210	52	
16 à 17	17	214	54	
17 à 18	18	219	56	
18 à 19	19	223	58	
19 à 20	20	228	60	

ALÉSOIR (ARS)
(suite)

■ FORETS À QUEUE CYLINDRIQUE

• Série extra-courte

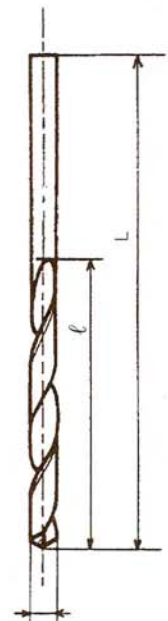
d	ℓ	L	d	ℓ	L	d	ℓ	L	d	ℓ	L
1	6	26	3,2	18	49	6	28	66	10,5	43	89
1,2	8	30	3,5	20	52	6,5	31	70	11	47	95
1,5	9	32	3,8	22	55	7	34	74	12	51	102
1,8	11	36	4	22	55	7,5	34	74	13	51	102
2	12	38	4,2	22	55	8	37	79	14	54	107
2,2	13	40	4,5	24	58	8,5	37	79	15	56	111
2,5	14	43	4,8	26	62	9	40	84	16	58	115
2,8	16	46	5	26	62	9,5	40	84	17	60	119
3	16	46	5,5	28	66	10	43	89	18	62	123

• Série courte

d	ℓ	L	d	ℓ	L	d	ℓ	L	d	ℓ	L
1	12	34	5,5	57	93	10,5	87	133	15	114	169
1,5	18	40	6	57	93	11	94	142	15,5	120	178
2	24	49	6,5	63	101	11,5	94	142	16	120	178
2,5	30	57	7	69	109	12	101	151	16,5	125	184
3	33	61	7,5	69	109	12,5	101	151	17	125	184
3,5	39	70	8	75	117	13	101	151	17,5	130	191
4	43	75	8,5	75	117	13,5	108	160	18	130	191
4,5	47	80	9	81	125	14	108	160	18,5	135	198
5	52	86	10	87	133	14,5	114	169	20	140	205

• Série longue

d	ℓ	L	d	ℓ	L	d	ℓ	L	d	ℓ	L
2	56	85	6,5	97	148	9,5	115	175	20	166	254
3	66	100	7	102	156	10	121	184	22	176	268
3,5	73	112	7,5	102	156	12	134	205	24	185	282
4	78	119	8	109	165	14	140	214	26	190	290
4,5	82	126	8,5	109	165	16	149	227	28	195	298
5	87	132	9	115	175	18	158	241	30	201	307

FORET
HÉLICOÏDAL
(ARS)

■ FORETS À QUEUE CÔNE MORSE

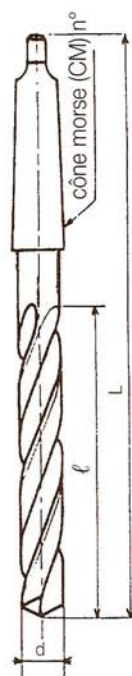
• Série courte à queue normale

d	ℓ	L	CM	d	ℓ	L	CM
3	33	114	1	19	135	233	2
3,5	39	120	1	20	140	238	2
4	43	124	1	22	150	248	2
4,5	47	128	1	24	160	281	3
5	52	133	1	26	165	286	3
5,5	57	138	1	28	170	291	3
6	57	138	1	30	175	296	3
6,5	63	144	1	32	185	334	4
7	69	150	1	34	190	339	4
7,5	69	150	1	36	195	344	4
8	75	156	1	38	200	349	4
8,5	75	156	1	40	200	349	4
9	81	162	1	45	210	359	4
9,5	81	162	1	50	220	369	4
10	87	168	1	55	230	417	5
10,5	87	168	1	60	235	422	5
11	94	175	1	65	245	432	5
12	101	182	1	70	250	437	5
13	101	182	1	75	255	442	5
14	108	189	1	80	260	514	6
15	114	212	2	85	269	519	6
16	120	218	2	90	270	524	6
17	125	223	2	95	275	529	6
18	130	228	2	100	280	534	6

FORET
HÉLICOÏDAL
(ARS)
(suite)

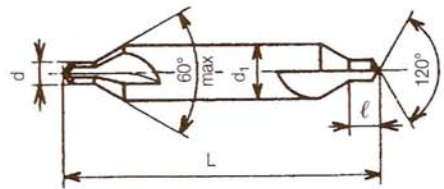
• Série longue

d	ℓ	L	CM	d	ℓ	L	CM
5	74	155	1	17	159	257	2
5,5	80	161	1	18	165	263	2
6	80	161	1	19	171	269	2
6,5	86	167	1	20	177	275	2
7	93	174	1	22	191	289	2
7,5	93	174	1	24	206	327	3
8	100	181	1	25	206	327	3
8,5	100	181	1	28	222	343	3
9	107	188	1	30	230	351	3
9,5	107	188	1	32	248	397	4
10	116	197	1	34	257	406	4
10,5	116	197	1	36	267	416	4
11	125	206	1	38	277	426	4
12	134	215	1	40	277	426	4
13	134	215	1	42	287	436	4
14	142	223	1	45	298	447	4
15	147	245	2	48	321	470	4
16	153	251	2	50	321	470	4



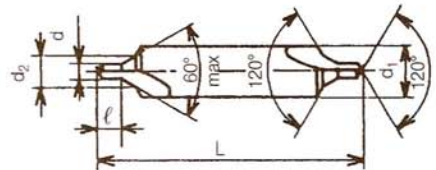
■ TYPE A (sans chanfrein de protection)

d (k12)	d ₁ (h9)	L		ℓ	
		max	min	max	min
1	3,15	33,5	29,5	1,9	1,3
1,6	4	37,5	33,5	2,8	2
2	5	42	38	3,3	2,5
2,5	6,3	47	43	4,1	3,1
3,15	8	52	48	4,9	3,9
4	10	59	53	6,2	5
6,3	16	74	68	9,2	8
10	25	83	77	11,5	10,1



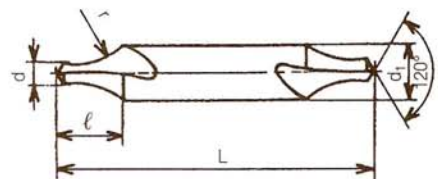
■ TYPE B (avec chanfrein de protection)

d (k12)	d ₁ (h9)	d ₂ (k12)	L		ℓ	
			max	min	max	min
1	4	2,12	1,9	1,3	37,5	33,5
1,6	6,3	3,35	2,8	2	47	43
2	8	4,25	3,3	2,5	52	48
2,5	10	5,3	4,1	3,1	59	53
3,15	11,2	6,7	4,9	3,9	63	57
4	14	8,5	6,2	5	70	64
6,3	20	13,2	9,2	8	83	77
10	31,5	21,2	14,2	12,8	128	122

FORET À
CENTRER (ARS)

■ TYPE R (à profil curviligne)

d (k12)	d ₁ (h9)	L		ℓ	r min
		max	min		
1	3,15	33,5	29,5	3	2,5
1,6	4	37,5	33,5	4,25	4
2	5	42	38	5,3	5
2,5	6,3	47	43	6,7	6,3
3,15	8	52	48	8,5	8
4	10	59	53	10,6	10
6,3	16	74	68	17	16
10	25	103	97	26,5	25



A.4 SPÉCIFICATIONS DIMENSIONNELLES ET GÉOMÉTRIQUES

A.4.1 TOLÉRANCES DIMENSIONNELLES – AJUSTEMENTS

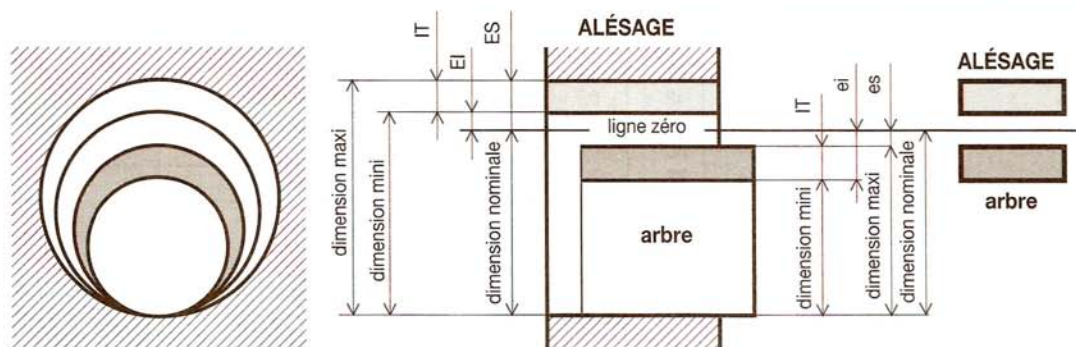
Une cote ISO est définie par sa *dimension nominale*, sa *qualité* et sa *position*. Elle se traduit sur un dessin par une *cote nominale* avec des limites supérieures et inférieures appelées *écarts* qui sont positionnés par rapport à la cote nominale.

A.4.1.1 DÉFINITIONS

Dimension nominale	Cote du dessin. Elle est commune à l'arbre et à l'alésage
Dimension effective	Valeur mesurée d'une pièce (dimension réelle)
Ligne zéro	Matérialisation de la cote nominale
Écarts	Différence algébrique entre une dimension (maxi, mini) et la dimension nominale correspondante <i>Écart supérieur</i> Alésage : $ES = D.\text{maxi} - D.\text{nominale}$ arbre : $es = d.\text{maxi} - d.\text{nominale}$ <i>Écart inférieur</i> Alésage : $EI = D.\text{mini} - D.\text{nominale}$ arbre : $ei = d.\text{mini} - D.\text{nominale}$
Dimension limite	Dimension maxi et Dimension mini entre lesquelles doit se trouver la dimension effective $D.\text{maxi} = D.\text{nominale} + ES$ ou $d.\text{maxi} = d.\text{nominale} + es$ $D.\text{mini} = D.\text{nominale} + EI$ ou $d.\text{mini} = d.\text{nominale} + ei$
Dimension moyenne	$D.\text{moy} = \frac{D.\text{maxi} + D.\text{mini}}{2}$
Intervalle de tolérance	$IT = D.\text{maxi} - D.\text{mini}$
Valeurs des écarts	Alésages : $ES = EI + IT$ ou $EI = ES - IT$ arbres : $es = ei + IT$ ou $ei = es - IT$

Remarque : pour JS et js (écarts symétriques), $ES = es = EI = ei$.

A.4.1.2 REPRÉSENTATION GRAPHIQUE



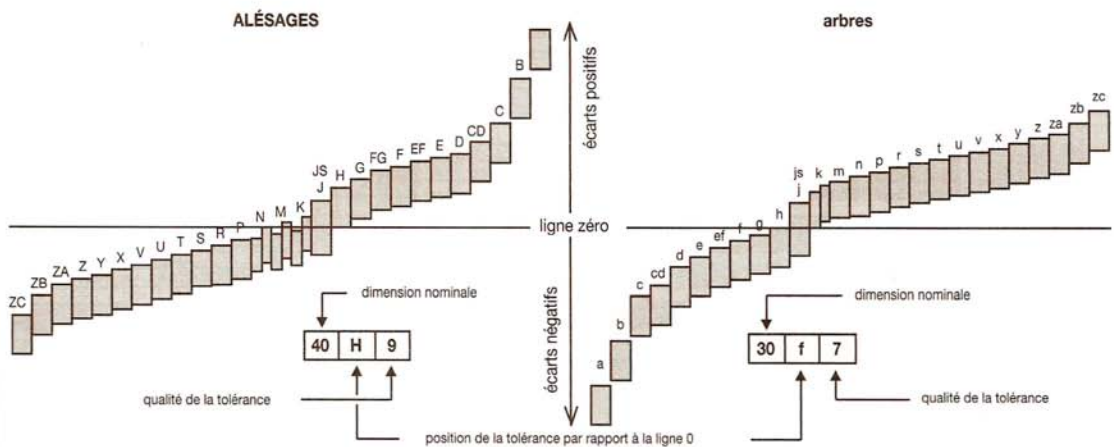
A.4.1.3 QUALITÉS ET VALEURS DES TOLÉRANCES

dimension en mm	Qualité																	
	01	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Intervalle de tolérance en micromètres ($1\mu = 0,001\text{ mm}$)																	
≤ 3	0,3	0,5	0,8	1,2	2	3	4	6	10	14	25	40	60	100	140	250	400	600
> 3 à 6	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	5	8	12	18	30	48	75	120	180	300	480	750
> 6 à 10	0,4	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	15	22	36	58	90	150	220	360	580	900
> 10 à 18	0,5	0,8	1,2	2	3	5	8	11	18	27	43	70	110	180	270	430	700	1100
> 18 à 30	0,6	1	1,5	2,5	4	6	9	13	21	33	52	84	130	210	330	520	840	1300
> 30 à 50	0,6	1	1,5	2,5	4	7	11	16	25	39	62	100	160	250	390	620	1000	1600
> 50 à 80	0,8	1,2	2	3	5	8	13	19	30	46	74	120	190	300	460	740	1200	1900
> 80 à 120	1	1,5	2,5	4	6	10	15	22	35	54	87	140	220	350	540	870	1400	2200
> 120 à 180	1,2	2	3,5	5	8	12	18	25	40	63	100	160	250	400	630	1000	1600	2500
> 180 à 250	2	3	4,5	7	10	14	20	29	46	72	115	185	290	460	720	1150	1850	2900
> 250 à 315	2,5	4	6	8	12	16	23	32	52	81	130	190	320	520	810	1300	2100	3200
> 315 à 400	3	5	7	9	13	18	25	36	57	89	140	230	360	570	890	1400	2300	3600
> 400 à 500	4	6	8	10	15	20	27	40	63	97	155	250	400	630	970	1550	2500	4000

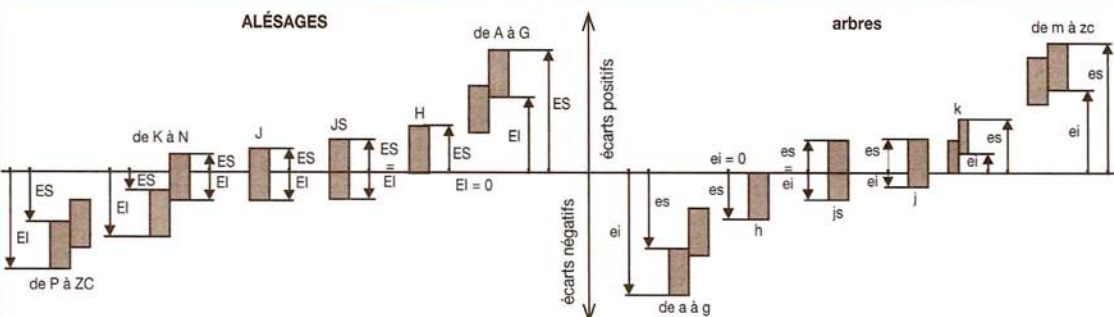
Exemple : dimension nominale 30 mm, qualité 7 ⇒ IT = 21 microns = 0,021 mm

A.4.1.4 POSITIONNEMENT DES INTERVALLES DE TOLÉRANCE (IT)

Les IT sont désignés par des lettres majuscules pour les alésages et minuscules pour les arbres. Leur positions par rapport à la dimension nominale s'établissent comme suit.



A.4.1.5 POSITIONNEMENT ET SIGNE DES ÉCARTS



Remarque : pour l'alésage H comme pour l'arbre h, l'écart inférieur est nul.

A.4.1.6 ÉCARTS FONDAMENTAUX DES ALÉSAGES

Écart	écart inférieur EI en μ												
	Positions												
	A	B	C	CD	D	E	EF	F	FG	G	H	JS	
Qualités	toutes qualités (de 01 à 16)												
	dimensions nominales en millimètres	≤ 3	+270	+140	+60	+34	+20	+14	+10	+6	+4	+2	0
		> 3 à 6	+270	+140	+70	+46	+30	+20	+14	+10	+6	+4	0
		> 6 à 10	+280	+150	+80	+56	+40	+25	+18	+13	+8	+5	0
		> 10 à 14											
		> 14 à 18	+290	+150	+95		+50	+32		+16		+6	0
		> 18 à 24											
		> 24 à 30	+300	+160	+110		+65	+40		+20		+7	0
		> 30 à 40											
		> 40 à 50	+310	+170	+120		+80	+50		+25		+9	0
		> 50 à 65	+320	+180	+130								
		> 65 à 80	+340	+190	+140		+100	+60		+30		+10	0
		> 80 à 100	+360	+200	+150								
		> 100 à 120	+380	+220	+170		+120	+72		+36		+12	0
		> 120 à 140	+410	+240	+180								
		> 140 à 160	+460	+260	+200								
		> 160 à 180	+520	+280	+210		+145	+85		+43		+14	0
		> 180 à 200	+580	+310	+230								
		> 200 à 225	+660	+340	+240								
		> 225 à 250	+740	+380	+260		+170	+100		+50		+15	0
> 250 à 280		+820	+420	+280									
> 280 à 315	+920	+480	+300		+190	+110		+56		+17	0		
> 315 à 355	+1050	+540	+330										
> 355 à 400	+1200	+600	+360		+210	+125		+62		+18	0		
> 400 à 450	+1350	+680	+400										
> 450 à 500	+1500	+760	+440		+230	+135		+68		+20	0		
	+1650	+840	+480										

30 G 7
 dimension nominale : 30 mm
 position : G qualité : 7
 $EI = +0,007$ $IT = 0,021^*$
 $ES = EI + IT$
 $ES = +0,007 + 0,021 = +0,028$

30 G 7 = 30
 $+0,028$
 $+0,007$

100 P 9
 dimension nominale : 100 mm
 position : P qualité : 9
 $ES = -0,037$ $IT = 0,087^*$
 $EI = ES - IT$
 $EI = -0,037 - 0,087 = -0,124$

100 P 9 = 100
 $-0,037$
 $-0,124$

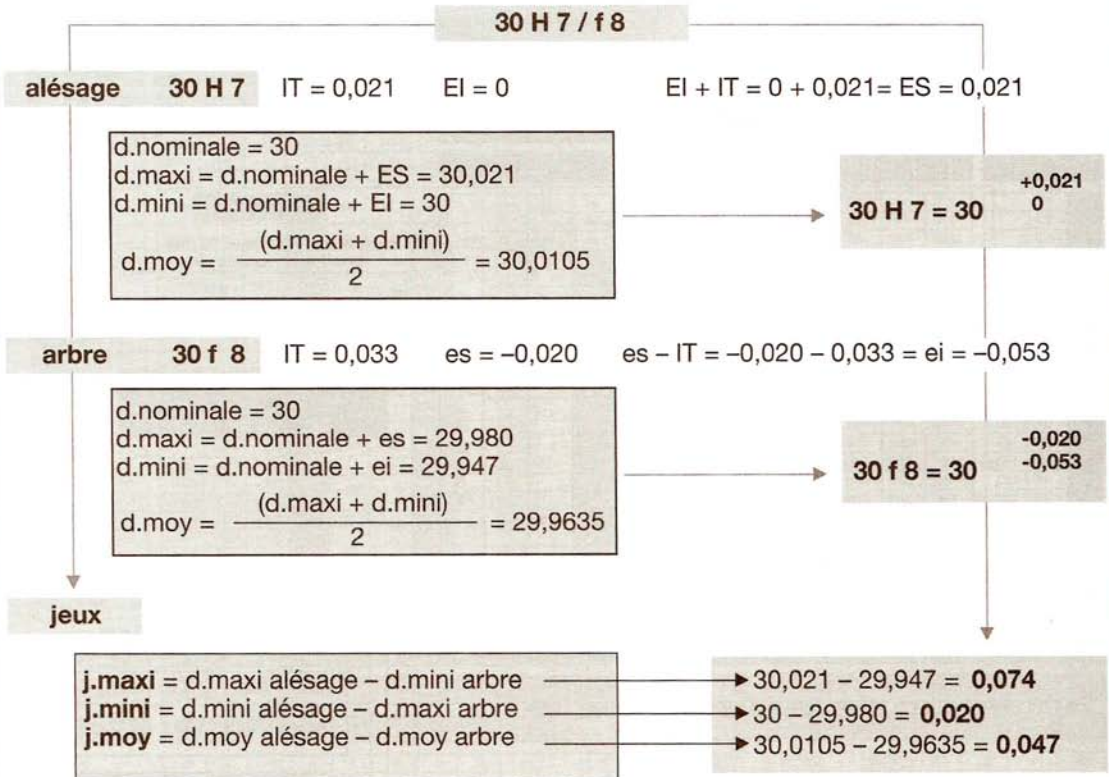
* Pour les valeurs des IT, voir tableau "Qualité et valeurs des tolérances", page XXX.

Écart	écart supérieur ES en μ																								
	Positions																								
	J	K	M	N	P	R	S	T	U	V	X	Y	Z	ZA	ZB	ZC									
Qualités	toutes qualités																								
	dimensions nominales en millimètres	≤ 3	+2	+4	+6	0	0	-2	-2	-4	-4	-6	-10	-14	-18	-20	-26	-32	-40	-60					
		> 3 à 6	+5	+6	+10	-1+ Δ	0	-4+ Δ	-4	-8+ Δ	0	-12	-15	-19	-23	-28	-35	-42	-50	-80					
		> 6 à 10	+5	+8	+12	-1+ Δ	0	-6+ Δ	-6	-10+ Δ	0	-15	-19	-23	-28	-34	-42	-52	-67	-97					
		> 10 à 14																							
		> 14 à 18	+6	+10	+15	-1+ Δ	0	-7+ Δ	-7	-12+ Δ	0	-18	-23	-28	-33	-40	-50	-64	-80	-130					
		> 18 à 24																							
		> 24 à 30	+8	+12	+20	-2+ Δ	0	-8+ Δ	-8	-15+ Δ	0	-22	-28	-35	-41	-47	-54	-68	-73	-108	-150				
		> 30 à 40																							
		> 40 à 50	+10	+14	+24	-2+ Δ	0	-9+ Δ	-9	-17+ Δ	0	-26	-34	-43	-48	-55	-64	-75	-88	-118	-160	-218			
		> 50 à 65																							
		> 65 à 80	+13	+18	+28	-2+ Δ	0	-11+ Δ	-11	-20+ Δ	0	-32	-41	-53	-66	-87	-102	-122	-144	-172	-226	-300	-405		
		> 80 à 100																							
		> 100 à 120	+16	+22	+34	-3+ Δ	0	-13+ Δ	-13	-23+ Δ	0	-37	-47	-61	-71	-91	-124	-146	-178	-214	-258	-335	-445	-585	
		> 120 à 140																							
		> 140 à 160	+18	+26	+41	-3+ Δ	0	-15+ Δ	-15	-27+ Δ	0	-43	-54	-70	-81	-104	-144	-172	-210	-254	-310	-400	-525	-690	
		> 160 à 180																							
		> 180 à 200																							
		> 200 à 225	+22	+30	+47	-4+ Δ	0	-17+ Δ	-17	-31+ Δ	0	-49	-61	-79	-94	-122	-166	-206	-252	-310	-380	-465	-600	-780	-1000
		> 225 à 250																							
> 250 à 280		+25	+36	+55	-4+ Δ	0	-20+ Δ	-20	-34+ Δ	0	-56	-69	-90	-108	-140	-196	-244	-300	-365	-445	-535	-670	-880	-1150	
> 280 à 315																									
> 315 à 355	+29	+39	+60	-4+ Δ	0	-21+ Δ	-21	-37+ Δ	0	-62	-77	-100	-120	-154	-208	-268	-330	-400	-480	-580	-700	-900	-1150		
> 355 à 400																									
> 400 à 450	+33	+43	+66	-5+ Δ	0	-23+ Δ	-23	-40+ Δ	0	-68	-84	-110	-134	-174	-232	-294	-360	-430	-510	-610	-730	-900	-1150		
> 450 à 500																									

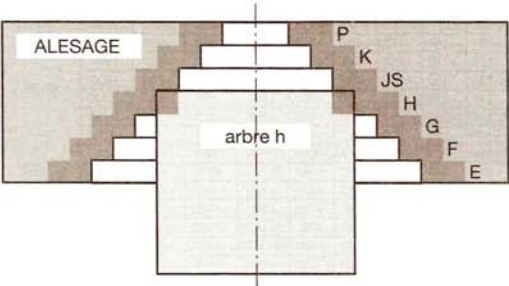
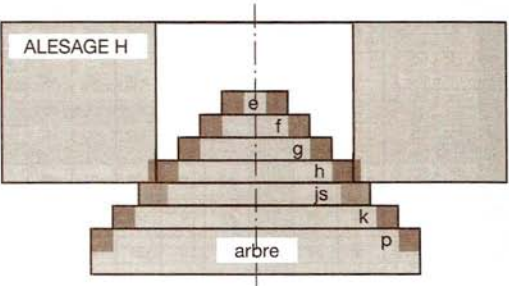
Pour les écarts comportant le terme additif Δ , prendre les valeurs dans le tableau ci-dessous.

Qualités	dimensions nominales en mm											
	> 3 à 6	> 6 à 10	> 10 à 18	> 18 à 30	> 30 à 50	> 50 à 80	> 80 à 120	> 120 à 180	> 180 à 250	> 250 à 315	> 315 à 400	> 400 à 500
	valeur de Δ en μ											
3	1	1	1	1,5	1,5	2	2	3	3	4	4	5
4	1,5	1,5	2	2	3	3	4	4	4	5	5	5
5	1	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7	7
6	3	3	3	4	5	6	7	7	9	9	11	13
7	4	6	7	8	9	11	13	15	17	20	21	23
8	6	7	9	12	14	16	19	23	26	29	32	34

A.4.1.8 RÉOLUTION D'UN AJUSTEMENT



Remarque : lorsque le jeu est négatif, il s'agit d'un serrage

SYSTÈME DE L'ARBRE NORMAL	SYSTÈME DE L'ALÉSAGE NORMAL
<p>La position pour les tolérances de tous les arbres est donné par la lettre h.</p> <p style="text-align: center;">es = 0 position h</p> <p>Ce système est réservé à des applications bien définies (arbres calibrés, roulements...).</p> <div style="text-align: center;">  </div>	<p>La position pour les tolérances de tous les alésages est donné par la lettre H.</p> <p style="text-align: center;">EI = 0 position H</p> <p>Ce système est à employer de préférence.</p> <div style="text-align: center;">  </div>

NB : arbre et alésage sont représentés au maximum de matière.

A.4.2 TOLÉRANCES GÉOMÉTRIQUES

C'est l'intervalle maximal admissible à l'intérieur duquel peuvent varier les caractéristiques géométriques d'une pièce. Les tolérances géométriques peuvent être de forme, de position, d'orientation ou de battement.

A.4.2.1 RÉFÉRENCES GÉOMÉTRIQUES

L'élément peut être un point, une ligne, une surface.

On désigne 2 types d'éléments :



un élément de référence

un élément tolérancé

Référence et système de référence sont construits à partir d'un ou de plusieurs éléments de référence.

une référence simple

		A
--	--	---

une référence commune

		A - B
--	--	-------

un système de référence ordonné

		A B
--	--	-----

Une tolérance géométrique est constituée d'un élément tolérancé, d'une zone de tolérance et si nécessaire d'un paramétrage géométrique situant la zone de tolérance par rapport à une référence ou un système de référence. L'élément tolérancé doit être compris dans la zone de tolérance.

TYPES DE TOLÉRANCES

■ TOLÉRANCES DE FORME

rectitude		ligne
planéité		plan
circularité		ligne
cylindricité		cylindre
ligne quelconque		ligne
surface quelconque		surface

■ TOLÉRANCES D'ORIENTATION

perpendicularité		ligne, surface
parallélisme		ligne, surface
Inclinaison		ligne, surface


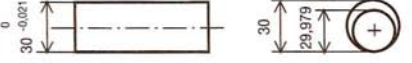
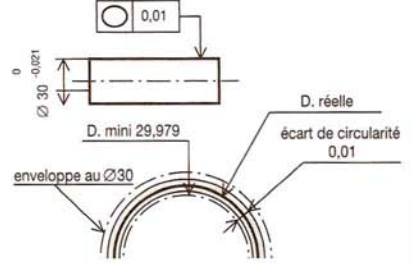

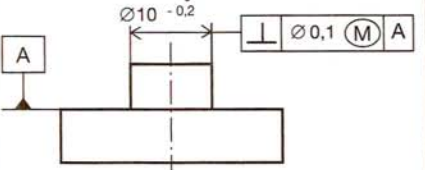
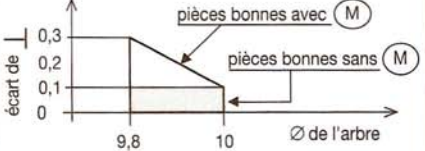
■ TOLÉRANCES DE POSITION

localisation		point, ligne, surface
symétrie		ligne, surface
concentricité		point
coaxialité		ligne


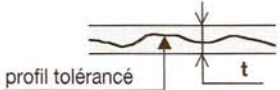
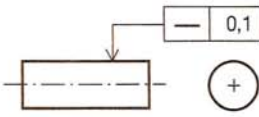
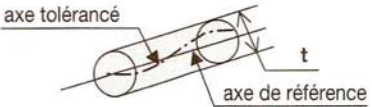
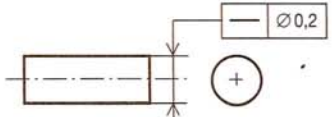
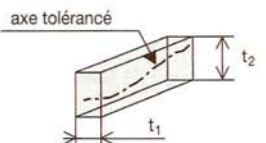
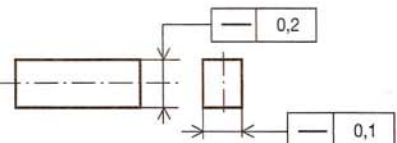


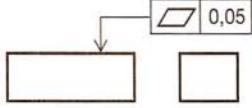

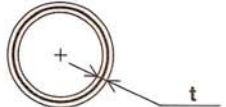
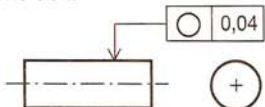

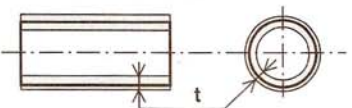
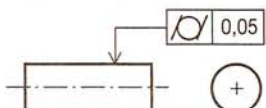
■ TOLÉRANCES DE BATTEMENT

simple		ligne
total		surface



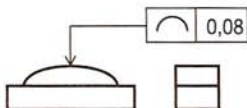


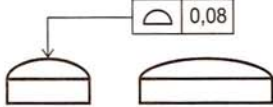
A.4.2.2 PRINCIPES GÉNÉRAUX

PRINCIPE DE L'ENVELOPPE	Zone de tolérance	Symbole	Exemple et interprétation
	<p>Elle est située entre l'enveloppe de forme parfaite des dimensions au maximum et au minimum de matière.</p> <p>Domaine d'application</p> <p>Permet la cotation au maximum de matière. Peut englober les tolérances de forme. Si elles sont spécifiées, elles sont restrictives par rapport à la tolérance dimensionnelle. N'affecte pas les tolérances d'orientation, de position et de battement.</p>	<p>symbole</p> <p></p> <p>près du cartouche du dessin.</p> <p><i>Par défaut, les dessins sont interprétés suivant le principe de l'enveloppe.</i></p>	<p></p> <p>La surface cylindrique ne doit pas dépasser l'enveloppe de dimension maxi 30. Aucune dimension ne doit être inférieure à 29,979.</p> <p></p> <p>À l'exigence de l'exemple ci-dessus s'applique une exigence complémentaire de forme (circularité) restrictive par rapport à la tolérance dimensionnelle.</p>
PRINCIPE DU MAXIMUM DE MATIÈRE	Principe	Symbole	Exemple et interprétation
	<p>Ce principe permet une dépendance des tolérances géométriques et dimensionnelles. Il autorise des écarts de dispersion supplémentaires pour ces dernières.</p>	<p>symbole</p> <p></p> <p><i>en association avec une tolérance dimensionnelle et une tolérance géométrique.</i></p>	<p></p> <p>La tolérance de perpendicularité est de 0,1 quand le $\varnothing 10$ est au maximum de matière soit $d_{\text{maxi}} = 10$. Elle est de 0,3 quand le $\varnothing 10$ est au minimum de matière soit $d_{\text{min}} = 9,8$.</p>
	Application		
	<p>Chaque fois que les tolérances géométriques ont été calculées en prenant les éléments dans leur état maximal de matière (cas des ajustements avec jeux).</p> <p>Remarque</p> <p>Le principe du maximum de matière ne s'applique pas :</p> <ul style="list-style-type: none"> - aux tolérances de battement ; - aux ajustements avec serrages. <p>NB : la tolérance évolue avec l'état de la pièce. Au minimum de matière, la tolérance géométrique est égale à la tolérance géométrique spécifiée au maximum de matière + IT.</p>		<p></p> <p>pièces bonnes avec (M)</p> <p>pièces bonnes sans (M)</p>


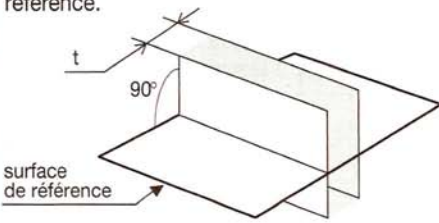
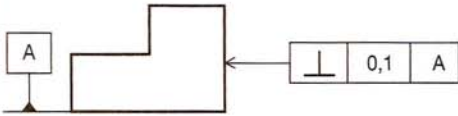
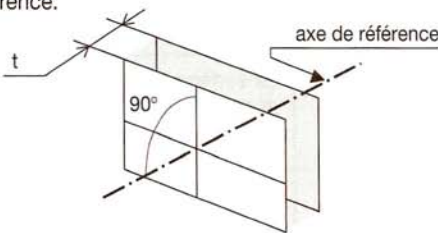
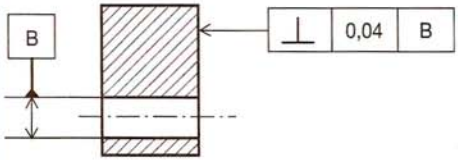
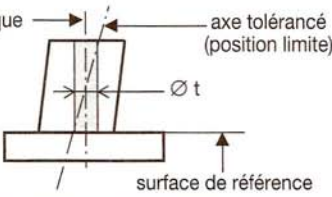
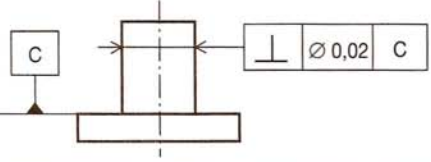
A.4.2.3 TOLÉRANCES DE FORME

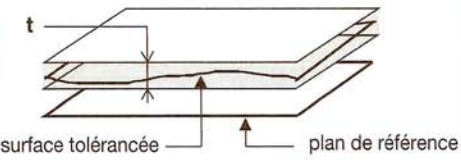
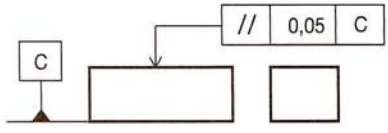
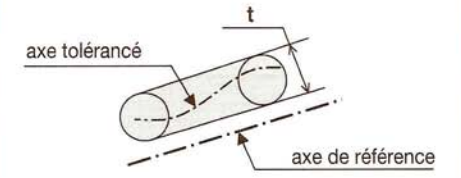
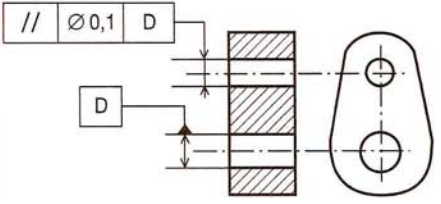
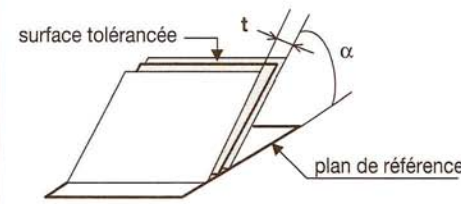
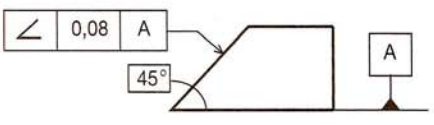
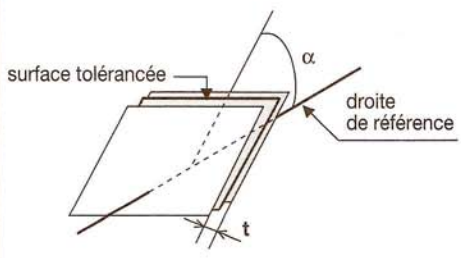
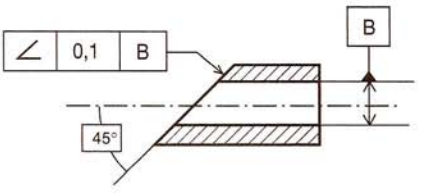
Symbole	Zone de tolérance	Exemple et interprétation
<p>RECTITUDE</p> 	<p>Elle est limitée dans le plan considéré par :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 droites // distantes de t. 	<p>La génératrice du cylindre doit être comprise entre 2 droites // distantes de 0,1 et contenu dans un plan passant par l'axe.</p> 
	<ul style="list-style-type: none"> • un cylindre de $\varnothing t$. 	<p>L'axe du cylindre doit être compris dans un cylindre de $\varnothing 0,2$.</p> 
	<ul style="list-style-type: none"> • un parallélépipède de section $t_1 \times t_2$ 	<p>L'axe de la barre doit être compris dans un parallélépipède de 0,1 sur 0,2.</p> 
<p>PLANÉITÉ</p> 	<p>Elle est limitée par 2 plans // distants de t.</p>  <p><i>Remarque</i> : elle englobe la tolérance de rectitude.</p>	<p>La surface doit être comprise entre 2 plans // distants de 0,05.</p> 
<p>CIRCULARITÉ</p> 	<p>Elle est limitée par 2 cercles concentriques et distants de t.</p> 	<p>Le profil de chaque section droite doit être compris entre les 2 cercles concentriques et distants de t.</p> 
<p>CYLINDRICITÉ</p> 	<p>Elle est limitée dans le plan considéré par 2 cylindres coaxiaux distants de t.</p>  <p><i>Remarque</i> : elle englobe les tolérances de rectitude et de circularité.</p>	<p>La surface doit être comprise entre 2 cylindres coaxiaux distants de 0,05.</p> 

Spécifications dimensionnelles et géométriques

Symbole	Zone de tolérance	Exemple et interprétation
<p>LIGNE QUELCONQUE</p> 	<p>Elle est limitée par 2 lignes enveloppes des cercles de $\varnothing t$ dont les centres sont situés sur une ligne ayant la forme spécifiée.</p> 	<p>Le profil doit être compris entre les 2 lignes enveloppes des cercles de $\varnothing 0,08$ dont les centres sont situés sur une ligne ayant la forme spécifiée.</p> 
<p>SURFACE QUELCONQUE</p> 	<p>Elle est limitée par 2 surfaces enveloppes des sphères de $\varnothing t$ dont les centres sont situés sur une surface ayant la forme spécifiée.</p> 	<p>La surface doit être comprise entre les 2 surfaces qui enveloppent l'ensemble des sphères de $\varnothing 0,06$ centrées sur la surface spécifiée.</p> 


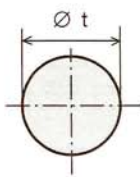
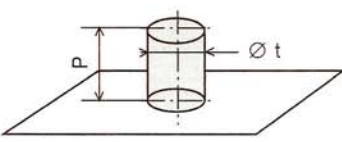
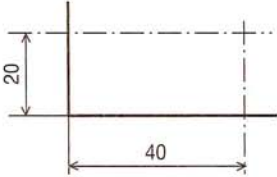
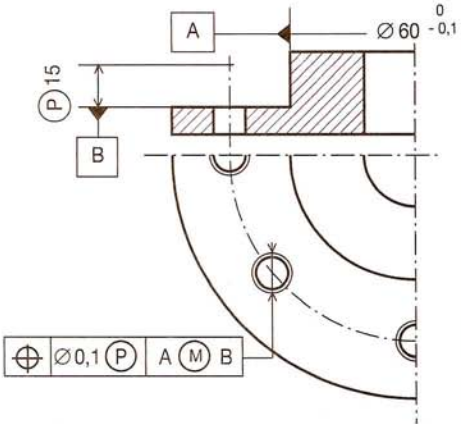


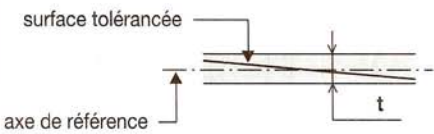
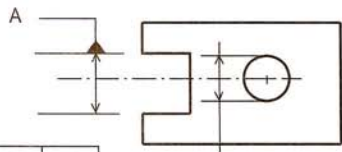
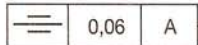
A.4.2.4 TOLÉRANCES D'ORIENTATION

Symbole	Zone de tolérance	Exemple et interprétation
<p>PERPEN- DICULARITÉ</p> 	<p>Elle est limitée dans le plan considéré par :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 plans // distants de t et \perp à la surface de référence. 	<p>La surface doit être comprise entre 2 plans // distants de 0,1 et \perp à la surface de référence A.</p> 
	<ul style="list-style-type: none"> • 2 plans // distants de t et \perp à l'axe de référence. 	<p>La surface doit être comprise entre 2 plans // distants de 0,04 et \perp à l'axe de référence B.</p> 
	<ul style="list-style-type: none"> • un cylindre de $\varnothing t$ et \perp à la surface de référence. <p>position théorique ——— axe tolérancé (position limite)</p> 	<p>L'axe du cylindre doit être compris dans un cylindre de $\varnothing 0,02$ et \perp à la surface de référence C.</p> 


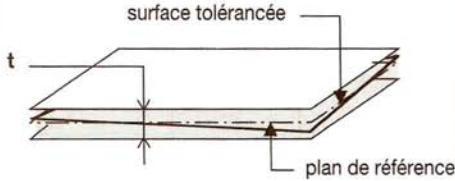
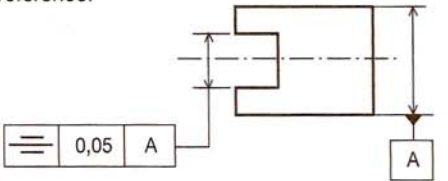

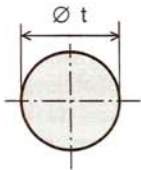
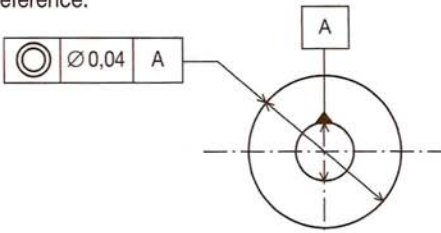

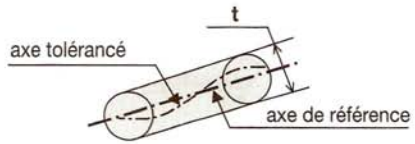
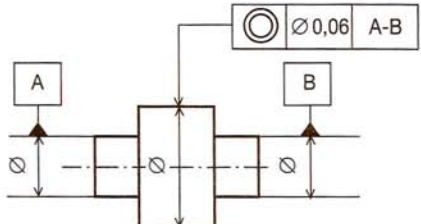
Symbole	Zone de tolérance	Exemple et interprétation
<p>PARALLÉLISME</p> <p>//</p>	<p>Elle est limitée par :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 plans // distants de t et // à un plan de référence.  <p>surface tolérancée ——— plan de référence</p>	<p>La surface doit être comprise entre 2 plans // distants de 0,05 et // à la surface de référence C.</p> 
<p>//</p>	<ul style="list-style-type: none"> • un cylindre de $\varnothing t$ et // à un axe de référence.  <p>axe tolérancé ——— axe de référence</p>	<p>L'axe du cylindre doit être compris dans un cylindre de $\varnothing 0,1$ et // à l'axe de référence D.</p> 
<p>INCLINAISON</p> <p>∠</p>	<p>Elle est limitée par :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 2 plans // distants de t et incliné de l'angle α spécifié par rapport à un plan de référence.  <p>surface tolérancée ——— plan de référence</p>	<p>La surface doit être comprise entre 2 plans // distants de 0,08 et inclinée de 45° par rapport à la surface de référence A.</p> 
<p>∠</p>	<ul style="list-style-type: none"> • 2 plans // distants de t et incliné de l'angle α spécifié par rapport à une droite de référence.  <p>surface tolérancée ——— droite de référence</p>	<p>La surface doit être comprise entre 2 plans // distants de 0,1 et inclinée de 45° par rapport à l'axe de référence A.</p> 

NB : les tolérances de perpendicularité, de parallélisme et d'inclinaison peuvent englober les tolérances de rectitude et de planéité

A.4.2.5 TOLÉRANCES DE POSITION


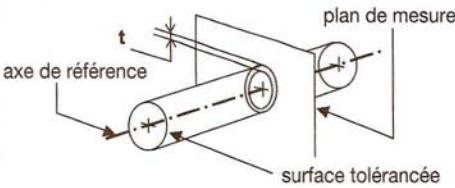
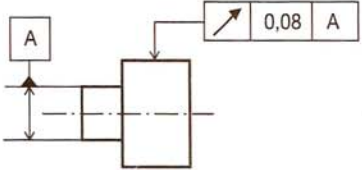
Symbole	Zone de tolérance	Exemple et interprétation
<p data-bbox="118 696 243 732">LOCALISATION</p> 	<p data-bbox="276 167 467 202">Elle est limitée par :</p> <ul data-bbox="276 211 736 273" style="list-style-type: none"> • un cercle de $\varnothing t$ dont le centre est dans la position théorique exacte du point considéré.  <ul data-bbox="276 502 736 617" style="list-style-type: none"> • un cylindre de $\varnothing t$ dont le centre est dans la position théorique exacte de la ligne considérée. Sa hauteur est celle prescrite après la lettre P. 	<p data-bbox="763 167 1223 255">Le point d'intersection doit être situé dans un cercle de $\varnothing 0,1$ dont le centre coïncide avec la position.</p>  <p data-bbox="763 502 1223 732">Les axes des trous taraudés doivent être compris dans des cylindres de $\varnothing 0,1$ lorsque A est au maximum de matière (60) et de $\varnothing 0,2$ lorsque A est au minimum de matière (59,9). Les axes des cylindres sont dans des positions théoriques exactes spécifiées par rapport à l'axe de référence A, de hauteur 15 à partir de la surface B.</p>  <p data-bbox="769 1102 1006 1137">  </p> <p data-bbox="276 1225 1223 1287">NB : une tolérance de localisation est positionnée ou orientée par une cote linéaire ou angulaire encadrée.</p>
<p data-bbox="118 1455 243 1490">SYMÉTRIE</p> 	<p data-bbox="276 1314 467 1349">Elle est limitée par :</p> <ul data-bbox="276 1358 736 1420" style="list-style-type: none"> • 2 droites // distantes de t et disposées symétriquement par rapport à l'axe de référence. 	<p data-bbox="763 1314 1223 1402">L'axe du trou doit être compris entre 2 plans // distants de 0,06 et disposés symétriquement par rapport à l'axe de référence.</p>  <p data-bbox="776 1596 973 1640">  </p>

Tolérances géométriques


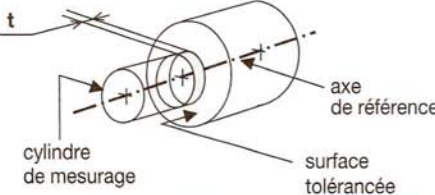
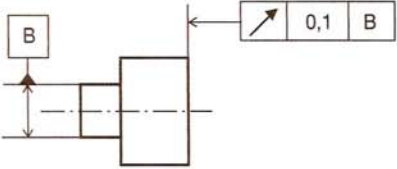

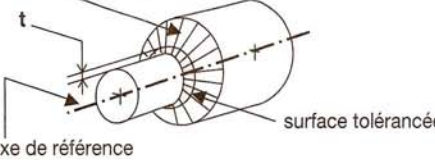
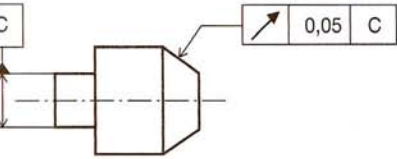

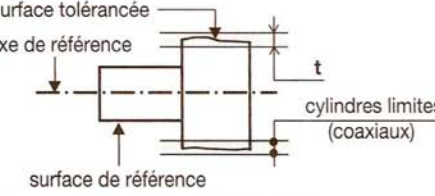
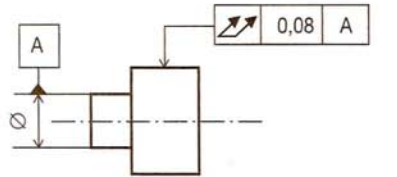

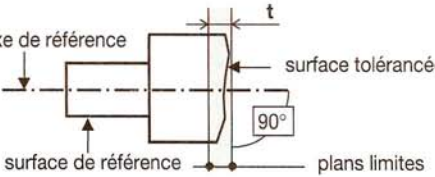
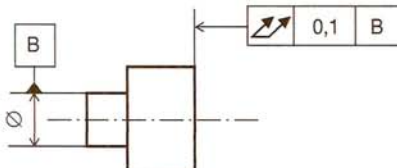

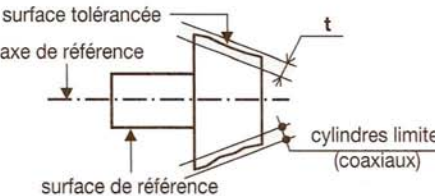
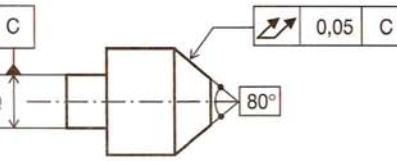
Symbole	Zone de tolérance	Exemple et interprétation
<p>SYMÉTRIE (suite)</p> 	<p>• 2 plans // distants de t et disposés symétriquement par rapport au plan médian de référence.</p> 	<p>Le plan médian de la rainure doit être compris entre 2 plans // distants de 0,05 et disposés symétriquement par rapport au plan médian de référence.</p> 
<p>CONCENTRICITÉ</p> 	<p>Elle est limitée par un cylindre de $\varnothing t$ dont l'axe coïncide avec le point de référence.</p> 	<p>Le centre du cercle dont la cote est reliée au cadre de tolérance doit être comprise dans un cercle de $\varnothing 0,04$ concentrique au centre de référence.</p> 
<p>COAXIALITÉ</p> 	<p>Elle est limitée par un cylindre de $\varnothing t$ dont l'axe coïncide avec l'axe de référence.</p> 	<p>L'axe du cylindre dont la cote est reliée au cadre de tolérance doit être compris dans un cylindre de $\varnothing 0,06$ coaxial à l'axe de référence.</p> 

A.4.2.6 TOLÉRANCES DE BATTEMENT

Les tolérances de battement s'appliquent aux surfaces de révolution. Elles permettent d'exprimer des exigences fonctionnelles de surface.

Symbole	Zone de tolérance	Exemple et interprétation
<p>BATTEMENT SIMPLE</p> <p>RADIAL</p> 	<p>Elle est limitée dans chaque plan de mesure \perp à l'axe par 2 cercles concentriques distants de t dont le centre coïncide avec l'axe de référence.</p> 	<p>Le battement simple radial ne doit pas dépasser 0,08 dans le plan de mesure pendant une révolution complète autour de l'axe de référence A.</p> 

Spécifications dimensionnelles et géométriques

Symbole	Zone de tolérance	Exemple et interprétation
BATTEMENT SIMPLE  AXIAL	<p>Elle est limitée sur le cylindre de mesurage par 2 circonférences distantes de t dont l'axe coïncide avec l'axe de référence.</p> 	<p>Le battement simple axial ne doit pas dépasser 0,1 sur le cylindre de mesurage pendant une révolution complète autour de l'axe de référence B.</p> 
BATTEMENT SIMPLE  OBLIQUE	<p>Elle est limitée sur le cône de mesurage par 2 circonférences distantes de t dont l'axe coïncide avec l'axe de référence.</p> 	<p>Le battement simple oblique ne doit pas dépasser 0,05 sur le cône de mesurage pendant une révolution complète autour de l'axe de référence C.</p> 
BATTEMENT TOTAL  RADIAL	<p>Elle est limitée par 2 surfaces cylindriques distantes de t ayant pour axe commun l'axe de référence.</p> 	<p>La surface tolérancée doit être comprise entre 2 cylindres coaxiaux distants de 0,08 dont les axes coïncident avec l'axe de référence A.</p> 
BATTEMENT TOTAL  AXIAL	<p>Elle est limitée par 2 plans // distants de t et \perp à l'axe de référence.</p> 	<p>La surface tolérancée doit être comprise entre 2 plans distants de 0,1 \perp à l'axe de référence B.</p> 
BATTEMENT TOTAL  OBLIQUE	<p>Elle est limitée par 2 surfaces de révolution distantes de t ayant pour axe commun l'axe de référence.</p> 	<p>La surface tolérancée doit être comprise entre 2 cônes distants de 0,05, d'angle de 80°, coaxiaux à l'axe de référence C.</p> 

A.4.3 COTATION FONCTIONNELLE

A.4.3.1 DÉFINITIONS

COTE CONDITION (JEU)	Dans un dessin d'ensemble, c'est la cote qui exprime l'exigence liée au fonctionnement de l'ensemble des pièces. Exemple : jeu nécessaire au fonctionnement d'un montage.
COTE FONCTIONNELLE	C'est une cote tolérancée qui définit une dimension d'une pièce et qui influence la cote condition dans la mesure de sa variation à l'intérieur de son intervalle de tolérance. La cote est limitée par ses extrémités : surface(s) d'appui et /ou surface(s) terminales.
SURFACE D'APPUI	Surface de contact entre deux pièces successives qui sert de limites aux cotes fonctionnelles.
SURFACE TERMINALE	Surface qui précise les deux extrémités d'une cote condition.
CHAÎNE DE COTES	C'est la somme des cotes fonctionnelles qui influencent la cote condition. Cet ensemble est chaîné en forme de circuit fermé.

A.4.3.2 REPRÉSENTATION VECTORIELLE

La chaîne de cotes est la suite des vecteurs cotes, parallèles et consécutifs dont la somme géométrique est le vecteur condition.

Chaque vecteur est une cote fonctionnelle pour la pièce à laquelle il se rattache.

Le passage d'un vecteur au suivant se réalise par une surface d'appui ou une surface terminale.

Chaque pièce de la chaîne n'intervient que par une seule cote pour former une chaîne minimale.

Le sens positif est donné par le sens du vecteur \vec{J} .

Le vecteur jeu \vec{J} est supposé égal à la somme de tous les vecteurs cotes fonctionnelles de la chaîne.

■ JEU MAXI

Dimensions maximales des vecteurs positifs moins dimensions minimales des vecteurs négatifs.

$$J_{\max i} = A_{2 \max i} - A_{1 \min i}$$

■ JEU MINI

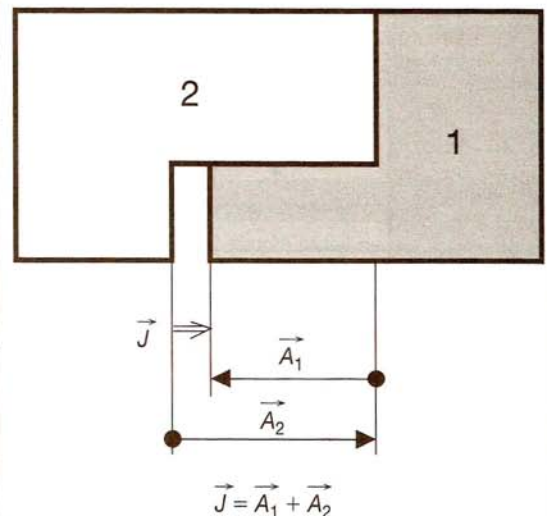
Dimensions minimales des vecteurs positifs moins dimensions maximales des vecteurs négatifs.

$$J_{\min i} = A_{2 \min i} - A_{1 \max i}$$

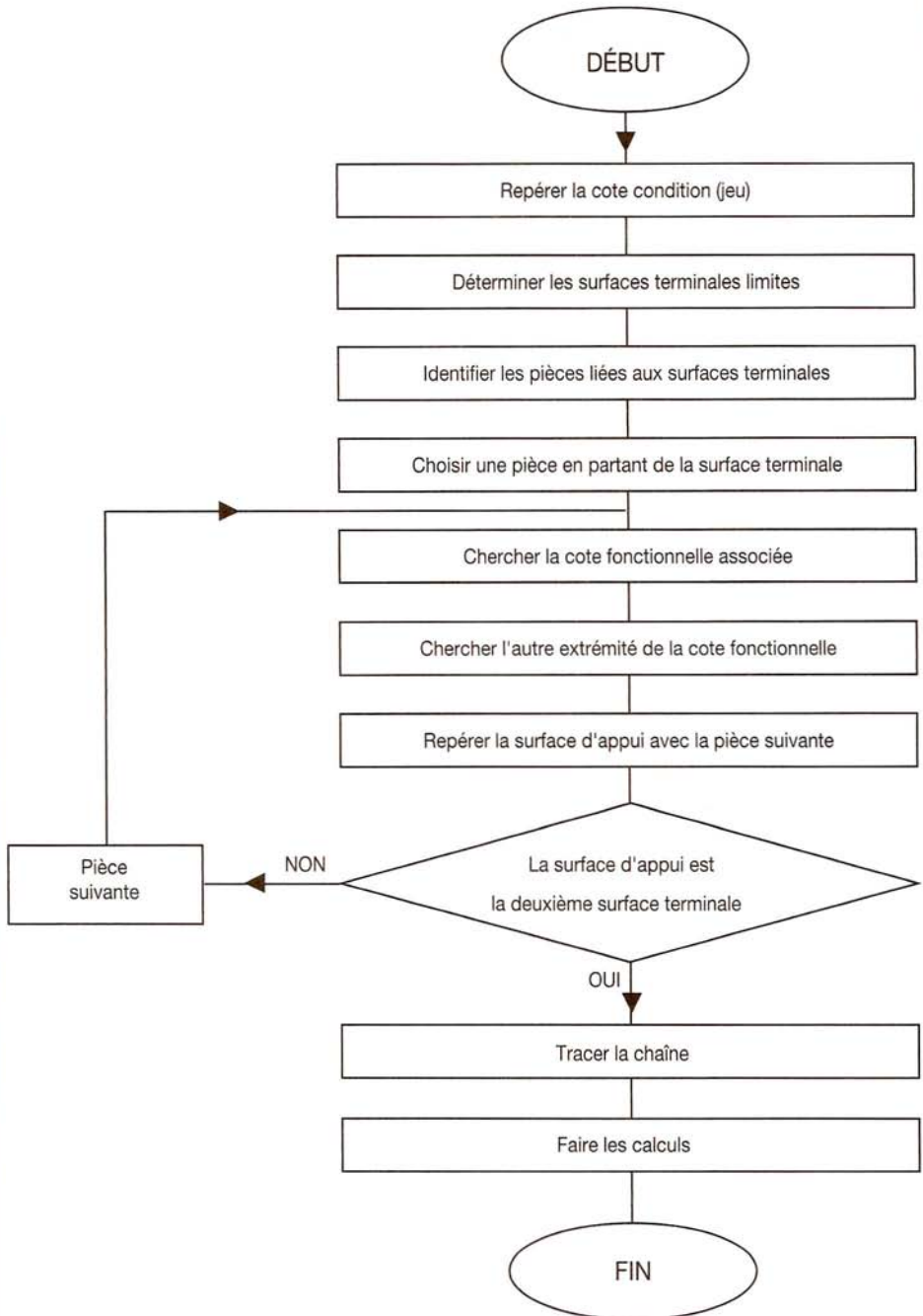
■ INTERVALLE DE TOLÉRANCE

Il est égal à la différence entre jeu maxi et jeu mini. C'est la somme des IT de toutes les cotes fonctionnelles de la chaîne.

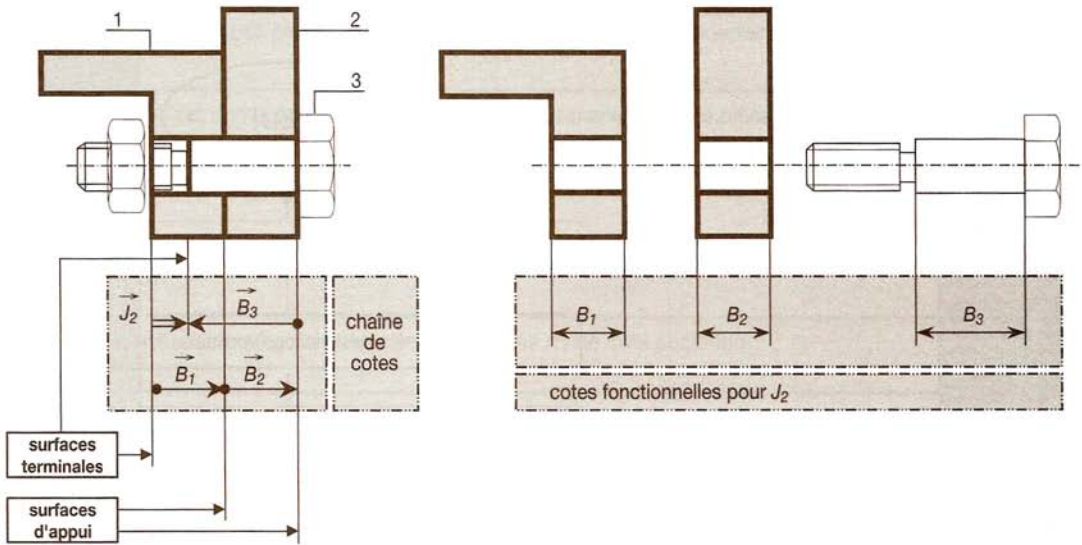
$$ITJ = J_{\max i} - J_{\min i} = ITA_1 + ITA_2$$



A.4.3.3 CALCUL D'UNE CHAÎNE DE COTES

ALGORIGRAMME
MÉTHODOLO-
GIQUE

■ EXEMPLE DE CALCUL D'UNE CHAÎNE DE COTES



• Jeu maxi et mini

$$\vec{J}_2 = \vec{B}_1 + \vec{B}_2 + \vec{B}_3 \rightarrow J_2 = B_1 + B_2 - B_3$$

$$J_{2 \text{ maxi}} = B_{1 \text{ maxi}} + B_{2 \text{ maxi}} - B_{3 \text{ mini}}$$

$$J_{2 \text{ mini}} = B_{1 \text{ mini}} + B_{2 \text{ mini}} - B_{3 \text{ maxi}}$$

• Application numérique

$$B_1 = 20_{+1}^{+2} ; B_2 = 20_{-0,5}^0 ; B_3 = 40_{-1}^0$$

$$J_{2 \text{ maxi}} = 22 + 20 - 39 = 3$$

$$J_{2 \text{ mini}} = 21 + 19,5 - 40 = 0,5$$

$$IT_{J_2} = 1 + 0,5 + 1 = 2,5$$

$$IT_{J_2} = 3 - 0,5 = 2,5$$

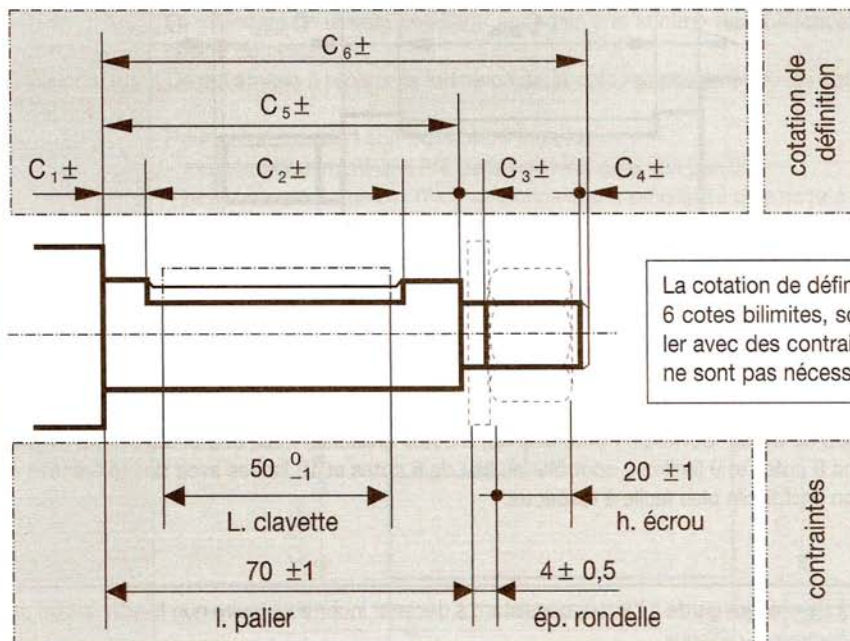
Remarque : dans tous les cas il existera un jeu J_2 positif qui permettra le serrage des pièces 1 et 2 par l'intermédiaire du système vis-écrou 3.

• Intervalle de tolérance

$$IT_{J_2} = IT_{B_1} + IT_{B_2} + IT_{B_3} = J_{2 \text{ maxi}} - J_{2 \text{ mini}}$$

A.4.3.4 COTES UNILIMITES

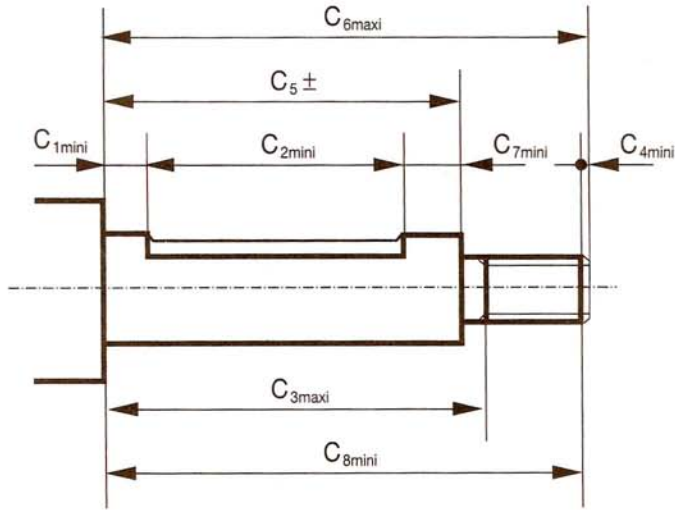
Soit le moyeu à clavette ci-dessous :



En tenant compte des pièces normalisées dont les dimensions et tolérances sont connues et des contraintes imposées, il vient :

Cote	Justification	Ancienne appellation	Nouvelle appellation
C_1	Il y a seulement nécessité d'une cote de 0 mini	$C_1 \pm$	C_1 mini
C_2	La rainure doit contenir la clavette de longueur 50 maxi. La cote 50,5 mini suffit	$C_2 \pm$	C_2 mini
C_{3-1}	Dégagement du filetage	$C_3 \pm$	-
C_{3-2}	Cette longueur maxi doit être plus petite que l'empilage mini soit 71,5 maxi	-	C_3 maxi
C_4	La longueur du chanfrein n'a pas besoin de cote maxi ; 1 mini suffit	$C_4 \pm$	C_4 mini
C_5	La portée du moyeu est définie bilimite : 65 mini – 68 maxi	$C_5 \pm$	$C_5 \pm$
C_6	La longueur est définie inférieure à 100 (de 0,5 par exemple). La cote 99,5 maxi suffit	$C_6 \pm$	C_6 maxi
C_7	La cote 1 mini suffit	-	C_7 mini
C_8	La cote de longueur de fin de filetage doit contenir le moyeu maxi, la rondelle maxi, l'écrou mini, soit 94,5 mini	-	C_8 mini

COTATION UNILIMITE (suite)



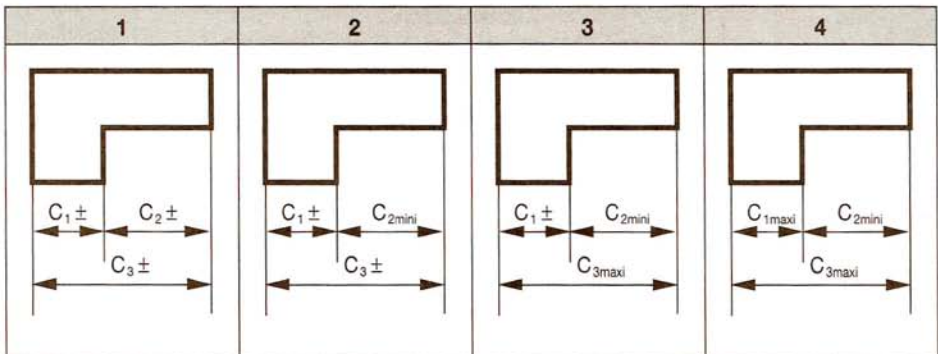
La cotation du dessin devient : 1 cote bilimite, 2 cotes unilimites maxi et 5 cotes unilimites mini. Il y a donc 8 cotes et 9 limites à contrôler au lieu de 6 cotes et 12 limites avec des tolérances de fabrication plus facile plus facile à respecter.

Il convient de prendre garde à l'erreur consistant à déclarer incorrecte (voire non fonctionnelle) une cotation comme ci-dessous.

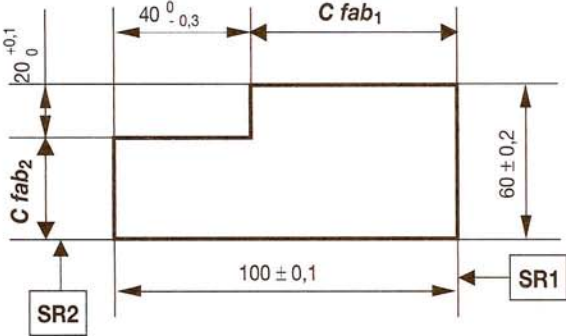
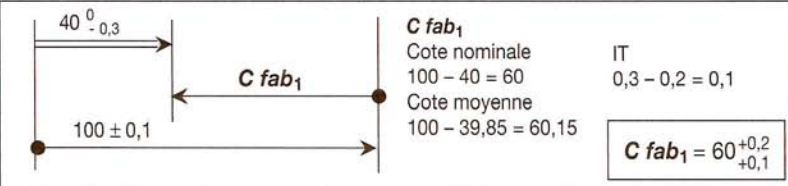
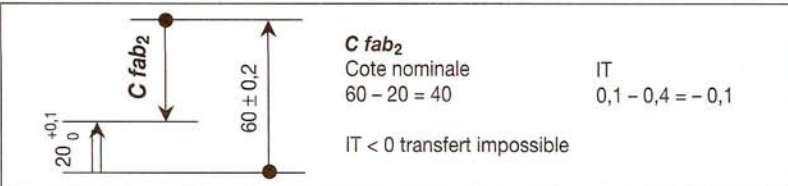
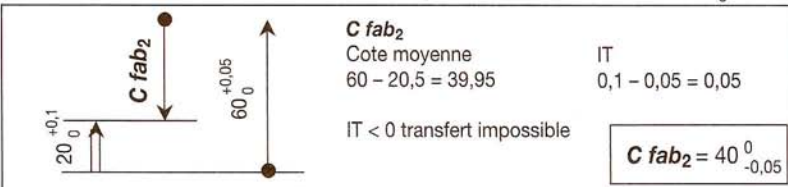
En effet, cette cotation n'est pas fonctionnelle si et seulement si les trois cotes sont **bilimites** (cas de la figure 1).

Cette cotation est fonctionnelle si une, deux ou les trois cotes sont **unilimites** maxi ou mini (figures 2, 3 et 4).

**COTATION FONCTIONNELLE
RÈGLES À RESPECTER**



A.4.3.5 TRANSFERTS DE COTES

<p>DÉFINITION</p>	<p>Le passage des cotes du dessin de définition aux cotes de fabrication peut amener à réaliser des transferts de cotes.</p>																														
<p>RÈGLE</p>	<p>La tolérance de la cote condition est égale à la somme des tolérances des cotes composant la chaîne de cotes. Ce qui amène à répartir la tolérance de la cote remplacée entre les cotes restantes.</p> <p>Pour qu'un transfert soit possible, il importe : - mathématiquement que l'IT de la nouvelle cote soit positif. - techniquement que cet IT corresponde à une possibilité d'usinage à un coût acceptable.</p>																														
<p>EXEMPLE</p>	<p>Pour répondre aux spécifications du dessin de définition compte tenu des contraintes de fabrication, les cotes de fabrication C_{fab_1} et C_{fab_2} sont définies après transfert de cotes.</p>  <p>Pour C_{fab_1}, le transfert est possible.</p>  <table border="1" data-bbox="763 970 1144 1137"> <tr> <td>C_{fab_1}</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cote nominale</td> <td>IT</td> </tr> <tr> <td>$100 - 40 = 60$</td> <td>$0,3 - 0,2 = 0,1$</td> </tr> <tr> <td>Cote moyenne</td> <td></td> </tr> <tr> <td>$100 - 39,85 = 60,15$</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: right;">$C_{fab_1} = 60^{+0,2}_{+0,1}$</td> </tr> </table> <p>Pour C_{fab_2}, le transfert est a priori impossible.</p>  <table border="1" data-bbox="704 1234 1144 1384"> <tr> <td>C_{fab_2}</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cote nominale</td> <td>IT</td> </tr> <tr> <td>$60 - 20 = 40$</td> <td>$0,1 - 0,4 = -0,1$</td> </tr> <tr> <td colspan="2">IT < 0 transfert impossible</td> </tr> </table> <p>Il peut être convenu de réaliser la cote 60 avec un IT de 0,05. $60 \pm 0,2$ devient $60^{+0,05}_0$</p>  <table border="1" data-bbox="704 1464 1144 1631"> <tr> <td>C_{fab_2}</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Cote moyenne</td> <td>IT</td> </tr> <tr> <td>$60 - 20,5 = 39,5$</td> <td>$0,1 - 0,05 = 0,05$</td> </tr> <tr> <td colspan="2">IT < 0 transfert impossible</td> </tr> <tr> <td colspan="2" style="text-align: right;">$C_{fab_2} = 40^{0}_{-0,05}$</td> </tr> </table>	C_{fab_1}		Cote nominale	IT	$100 - 40 = 60$	$0,3 - 0,2 = 0,1$	Cote moyenne		$100 - 39,85 = 60,15$		$C_{fab_1} = 60^{+0,2}_{+0,1}$		C_{fab_2}		Cote nominale	IT	$60 - 20 = 40$	$0,1 - 0,4 = -0,1$	IT < 0 transfert impossible		C_{fab_2}		Cote moyenne	IT	$60 - 20,5 = 39,5$	$0,1 - 0,05 = 0,05$	IT < 0 transfert impossible		$C_{fab_2} = 40^{0}_{-0,05}$	
C_{fab_1}																															
Cote nominale	IT																														
$100 - 40 = 60$	$0,3 - 0,2 = 0,1$																														
Cote moyenne																															
$100 - 39,85 = 60,15$																															
$C_{fab_1} = 60^{+0,2}_{+0,1}$																															
C_{fab_2}																															
Cote nominale	IT																														
$60 - 20 = 40$	$0,1 - 0,4 = -0,1$																														
IT < 0 transfert impossible																															
C_{fab_2}																															
Cote moyenne	IT																														
$60 - 20,5 = 39,5$	$0,1 - 0,05 = 0,05$																														
IT < 0 transfert impossible																															
$C_{fab_2} = 40^{0}_{-0,05}$																															

A.5 MESSAGES D'ERREUR NUM

A.5.1 ERREURS DIVERSES ET ERREURS MACHINE

N° d'erreur	Signification de l'erreur
1	Caractère inconnu/axe non reconnu par le système Trop de chiffres derrière une fonction Présence d'un signe derrière une fonction qui n'en tolère pas Signalisation par ? bloc tronqué par CLOSE mode passant
2	Fonction G non reconnue par le système ou absence argument obligatoire derrière G
3	Argument d'une fonction G mal positionné dans le bloc
4	Option non valide ou paramètre Incohérent avec option: programmation structurée, UGV, axes synchronisés
5	Option programmation géométrique non validée
6	Option interpolation polynomiale absente, saturation du tableau des coefficients
7	Erreur de programmation dans les déplacements parallèles aux axes inclinés (rectifieuse) - la programmation n'est pas dans le plan G20 - l'interpolation n'est pas en G00 ou G01 - X n'est pas programmé derrière G05 - X et Z ne sont pas programmés derrière G07
8	Numéro de correcteur d'outil trop grand
9	Trop de blocs non exécutables à la suite les uns des autres
10	Dans accès bornier AP: échange sur bus incorrect
11	Dans accès bornier AP: initialisation bus incorrecte, ou échange inhibé
12	Dans accès bornier AP: paramètre rack incorrect
13	Dans accès bornier AP: carte inexistante
14	Dans plan incliné: option invalide Dans accès bornier AP : voie inexistante
15	Configuration ligne Invalide
16	Erreur dans l'activation du RTCP
17	Fin de bloc dans un commentaire
18 *	Erreur d'asservissement : P50 trop faible
20	Pas de M02 en fin de programme Blocs non rendus exécutables dans un cycle appelé par fonction G
21	Incohérence de la définition du brut en 3D
24	Erreur dans la déclaration d'un plan incliné - nouvelle activation de la fonction alors qu'elle est déjà présente - déclaration incomplète des arguments de la fonction - axe du point de pivot inexistante ou non asservi - valeur incohérente d'un des termes de la matrice
25	Numéro de sous-programme ou de séquence inexistante
26	Trop d'imbrications de sous-programmes
27	Correction de rayon : en programmation en origine machine G52/en filetage conique
28	Erreur de syntaxe en VCC dans définition du rayon plateau : G96 doit être suivi de S/G97 doit être suivi de S/rayon de départ impossible à déterminer X ou U ne sont programmés ni dans ce bloc ni dans un bloc précédent
29	Pas de gamme programmée en VCC/pas de gamme compatible avec S en 097 : Sans option recherche de gamme : S non compris entre mini et maxi de la gamme programmée Avec option recherche de gamme : S n'appartient à aucune gamme

* Erreur machine : attention, pour ce type d'erreur, la RAZ CN entraîne une RAZ générale (RAZ CN + RAZ automate).

N° d'erreur	Signification de l'erreur
30	Erreur de ligne détectée
31 *	Mode PPR ou PPL impossible avec le protocole de ligne sélectionné
32 *	Défaut POM/mobile déjà sur butée
33 *	Tous les chariots en attente de synchronisation
34	Atteinte du rayon minimum en interpolation – G21
35 *	Numéro de séquence non trouvé en RNS
36 *	Mémoire programme pièce saturée
37	Vitesse maximum dépassée en filetage (COMAND)
38	Commande d'une broche déjà pilotée par un autre groupe d'axes
39 *	Défaut de synchronisation d'axes (avec option synchronisation axes)
40 à 49 *	Poursuite trop grande sur axe 0 à 9
50 à 59 *	Poursuite trop grande sur axe 10 à 19
60 à 69 *	Poursuite trop grande sur axe 20 à 29
70 et 71 *	Poursuite trop grande sur axe 30 et 31
72	Programmation relative derrière un bloc incomplet
75	Passage G20->G21 G22 : Dernier bloc en G20 incomplet car programmé en PGP ou en correction de rayon, ou avec $X \leq 0$ Premier bloc en G21 sans X et Y ou G22 sans Y et Z Passage G21 G22 ->G20 : dernier bloc en G21 incomplet ou 1 ^{er} bloc en G20 en G41/G42 G21 ou G22 : rayon de départ négatif ou nul
76	En G21 : programmation d'un cycle fixe de tournage ou de fraisage
77	Type d'outil incompatible avec la phase d'usinage (fraisage ou tournage)
78	Erreur de syntaxe dans la programmation d'une synchronisation des chariots G78 P : 4 chiffres maximum et doit être inférieur au nombre de chariots G78 Q : 4 chiffres maximum Pas de M00, M01 ou M02 avec G78 P.

* Erreur machine : attention, pour ce type d'erreur, la RAZ CN entraîne une RAZ générale (RAZ CN + RAZ automate).

A.5.2 ERREURS EN PROGRAMMATION PARAMÉTRÉE

N° d'erreur	Signification de l'erreur
91	Numéro d'un paramètre non reconnu
92	Fonction non signée affectée d'un paramètre négatif Valeur d'un paramètre supérieure à la valeur maximum de la fonction à laquelle ce paramètre est associé
93	Erreur dans la déclaration d'un paramètre ou dans l'expression d'un test : Fonction L non suivie d'un des symboles = , < , > , & , ! Association par un caractère de chaînage + , - , * , / , d'une fonction interdite
94	Opération interdite dans une expression paramétrée : Racine carrée d'un nombre négatif/division par 0
95	Tentative d'écriture dans un paramètre externe d'entrée ou d'un paramètre à lecture seule
96	Bloc précédent la déclaration d'un paramètre externe incomplet Programmation de L100 ... dans la définition de profil d'un G64
97	Édition d'un paramètre impossible en G76 : Pas de symbole = derrière le numéro du paramètre Moins de 10 caractères réservés pour écrire une valeur
98	Écriture par un groupe d'axe d'une opération dynamique déjà utilisée par un autre groupe
99	Erreur liée à la fonction N/M AUTO – Plus de 5 axes définis N/M AUTO – Axe non asservi défini N/M AUTO – Définition d'un axe N/M AUTO d'un autre groupe

A.5.3 ERREURS EN PGP

A.5.3.1 LE POINT D'ARRIVÉE EST DÉTERMINÉ OU PEUT ÊTRE CALCULÉ À L'AIDE DES ÉLÉMENTS DU BLOC

N° d'erreur	Signification de l'erreur
101	PGP : données insuffisantes dans la programmation d'un cercle Programmation d'un cercle sur 2 axes parallèles (avec R/voir erreur 107)
102	PGP : Programmation d'une droite par son angle et une coordonnée ne permettant pas de connaître l'autre coordonnée
106	En G2 G3 programmation d'un 3 ^e axe sans option hélicoïdale
107	PGP : Programmation d'un cercle par son rayon et son point d'arrivée, dans laquelle le point d'arrivée est distant du point de départ d'une valeur supérieure à $2 \cdot \text{rayon}$ Programmation d'un cercle par X, Z, I, K dans laquelle le rayon de départ est différent du point d'arrivée (20 Microns/hélicoïdale : manque cote 3 ^e axe Programmation d'un cercle sur 2 axes parallèles (avec I, J, K/voir erreur 101)

A.5.3.2 LE POINT DE TANGENCE OU D'INTERSECTION PEUT ÊTRE CALCULÉ À L'AIDE DES DONNÉES DE DEUX BLOCS

N° d'erreur	Signification de l'erreur
110	PGP : erreur de syntaxe dans le 1 ^{er} des 2 blocs
111	PGP : erreur de syntaxe dans le 2 ^e bloc
112	PGP : intersection droite-droite dans laquelle : le point de départ du 1 ^{er} bloc = point d'arrivée du 2 ^e bloc ou l'angle de la 1 ^{re} droite = angle de la 2 ^e droite
113	PGP : les valeurs programmées dans les 2 blocs ne permettent pas de déterminer une intersection ou une tangence
114	PGP : point d'intersection ou de tangence non déterminée par ET+, ET-, ES+ ou ES-

A.5.3.3 LES POINTS DE TANGENCE OU D'INTERSECTION PEUVENT ÊTRE CALCULÉS À L'AIDE DES DONNÉES DE TROIS BLOCS

N° d'erreur	Signification de l'erreur
121	PGP : erreur de syntaxe dans le dernier des 3 blocs
122	PGP : les 2 premiers blocs sont des droites non sécantes
123	PGP : les données programmées dans les 3 blocs ne permettent pas de déterminer les points de tangence
124	PGP : point de tangence 2 ^e -3 ^e bloc non précisé par ET+ ou ET-

A.5.3.4 ERREURS DANS LA DÉFINITION DES CONGÉS OU DES CHANFREINS

N° d'erreur	Signification de l'erreur
130	Déplacement nul dans un des 2 blocs raccordés par congé ou chanfrein
131	Programmation d'un congé ou chanfrein sur un bloc comportant M0, M1 ou M2 Programmation insuffisante dans une suite de blocs, ne permettant pas de déterminer le point d'arrivée
135	Un chanfrein ne peut raccorder que 2 droites

A.5.3.5 ERREURS DIVERSES EN PGP

N° d'erreur	Signification de l'erreur
136	Plus de 2 blocs sans mouvement entre 2 éléments géométriques dont le point d'intersection ou de tangence est à calculer
137	Changement de plan d'interpolation alors que le bloc n'est pas valide

A.5.4 ERREURS DIVERSES

N° d'erreur	Signification de l'erreur
138	Changement de plan d'interpolation hors G40 (FCU)
139	Programmation dans un même bloc de deux axes parallèles portés hors G52 et hors G0
140	Erreur de programmation en correction de rayon : Trop de blocs parasites entre 2 trajectoires consécutives La programmation des fonctions suivantes est interdite en correction de rayon : M00, M01, M02, accès aux paramètres externes, écriture des paramètres E8xxx ou L > 100
141	Axes parallèles portés : programmation d'un cercle dont le point de départ a été programmé avec un axe et le point d'arrivée avec l'axe parallèle qui lui est associé
143	Annulation ou validation du facteur d'échelle en correction de rayon
144	Déplacement d'un axe quantifié différent de l'incrément
145	G29 : VAL ABS (P * P + Q * Q + R * R - 1000 mm) > 1 mm (vecteur normal non unitaire)
146	Déport dans l'espace/G29 : - Au moins une cote P, Q, ou R absente - Au moins une cote X/U, Y/V ou Z/W absente
148	Nombre d'axes programmés supérieur au maximum autorisé
149	Rayon d'outil trop grand par rapport à la trajectoire programmée

A.5.5 DEMANDE DE DÉPLACEMENTS EN DEHORS DES COURSES MACHINES

N° d'erreur	Signification de l'erreur
160	Dépassement de course axe X
151	Dépassement de course axe Y
152	Dépassement de course axe Z
153	Dépassement de course axe U
154	Dépassement de course axe V
155	Dépassement de course axe W
156	Dépassement de course axe A
157	Dépassement de course axe B
158	Dépassement de course axe C
159	Demande de déplacement programmé sur axe dont la POM n'est pas faite

A.5.6 ERREURS EN PROGRAMMATION STRUCTURÉE

N° d'erreur	Signification de l'erreur
190	Trop d'imbrications de sauts ou de boucles (15 maximum)
191	Non respect de la syntaxe en programmation structurée Programmation structurée interdite en IMD L'index d'une boucle FOR doit être : variables L ou symbolique ou paramètre E80000, E81000, E82000 Non respect de la syntaxe dans les PUSH et les PULL Omission d'un DO derrière un WHILE Programmation IF, THEN, ELSE en IMD
192	Mot clé non reconnu ou interdit dans le contexte du programme
193	Erreur de structuration
195	Saturation de la pile programme/nombre de constantes définies supérieures à la réservation
196	Erreur dans la déclaration des index de tables
197	Utilisation d'un symbole non déclaré en VAR
198	Erreur de syntaxe dans la déclaration du symbole d'une variable
199	Syntaxe de la déclaration des variables incorrecte

A.5.7 DÉFAUTS AXES

N° d'erreur	Signification de l'erreur
210 à 219 *	Défaut de salissure ou de complémentarité du générateur d'impulsions axe 0 à 9
220 à 229 *	Défaut de salissure ou de complémentarité du générateur d'impulsions axe 10 à 19
230 à 239 *	Défaut de salissure ou de complémentarité du générateur d'impulsions axe 20 à 29
240 et 241 *	Défaut de salissure ou de complémentarité du générateur d'impulsions axe 30 et 31
245 *	Défaut sur asservissement numérique

* Erreur machine : attention, pour ce type d'erreur, la RAZ CN entraîne une RAZ générale (RAZ CN + RAZ automate).

A.5.8 ERREURS EN CYCLES DE POCHE QUELCONQUES

N° d'erreur	Signification de l'erreur
260	Mémoire de travail occupée
261	Numéro de programme trop grand
262	Numéro de NU non compris dans ceux autorisés
263	Exécution impossible mode Test ou Graphique obligatoire après le premier chargement ou après modification
264	Pas de cote programmée dans le plan de contournage ou cote en dehors du plan
265	Manque un premier bloc de positionnement, la définition de contour doit commencer par G0 ou G1
266	Taille mémoire insuffisante
267	Caractère non autorisé dans la syntaxe de poche
268	Bloc de programmation de poche incomplet ou contenant des informations non autorisées
269	Bloc de contour incomplet/manque un bloc de positionnement avant la définition de poche
270	Définition de poche absente partiellement ou totalement
271	Direction de l'outil non perpendiculaire au plan de contournage
272	Outil réel non compatible avec les données technologiques de la poche
273	Changement de plan de contournage entre la définition de poche et l'usinage
274	Deux définitions de poche imbriquées
275	NU0 programmé avec G59
276	Profondeur de poche nulle
277	En définition de poche les coordonnées du point de début ou du point de fin sont incomplètes
278	Le sens de rotation de la broche est incompatible avec celui demandé en définition de poche
279	Fonction G non autorisée dans un bloc de programmation de poche
280	Premier bloc de contour incomplet
281	Discontinuité dans un des profils décrits
282	Paramètre(s) de définition de poche incorrecte(s)
283	Le profil extérieur doit être unique et doit exister
284	Défaut dans la définition d'un profil
285	Trop de contours
286	Prise de passe trop grande par rapport au diamètre d'outil
287	Prise de passe trop faible par rapport aux dimensions
288	Engagement de finition dans un angle rentrant ou dans une zone non ébauchée : changer le point d'engagement
289	Diamètre d'outil trop grand
290	Erreur interne
291	Engagement de finition hors du profil
292	Double positionnement en début de profil
293	Présence d'un point de fin d'ébauche en surfacage

A.5.9 AXES NON IDENTIFIÉS SUR LE BUS

N° d'erreur	Signification de l'erreur
300 à 309 *	Axe 0 à 9 déclaré dans P2 et absent sur le bus
310 à 319 *	Axe 10 à 19 déclaré dans P2 et absent sur le bus
320 à 329 *	Axe 20 à 29 déclaré dans P2 et absent sur le bus
330 et 331 *	Axe 30 et 31 déclaré dans P2 et absent sur le bus

* Erreur machine : attention, pour ce type d'erreur, la RAZ CN entraîne une RAZ générale (RAZ CN + RAZ automate).

A.5.10 OPÉRATEURS DYNAMIQUES EN C

N° d'erreur	Signification de l'erreur
400	Chargement des Op. Dyn en C : la taille du code user est trop importante
401	Chargement des Op. Dyn en C : erreur de format
402	Chargement des Op. Dyn en C : erreur de checksum
403	Le système a une mémoire insuffisante pour accueillir des Op. Dyn en C
404	Chargement des Op. Dyn en C : open error
405	Chargement des Op. Dyn en C : read error
406	Chargement des Op. Dyn en C : close error
407	Chargement des Op. Dyn en C : le répertoire est vide
410	Op. Dyn en C : nombre de paramètres passés non conforme
411	Op. Dyn en C : ERREUR USER lors de la fonction INIT: retour négatif
412	Op. Dyn en C non connu
414	Op. Dyn en C sans MAIN
420	Op. Dyn en C : ERREUR USER lors de la fonction QUIT
421	Op. Dyn en C : ERREUR USER lors de la fonction QUIT return négatif
423	Op. Dyn en C: Rang de la fonction en C nc ds [0..100]

A.5.11 ERREURS EN INTERPOLATIONS SPLINE

N° d'erreur	Signification de l'erreur
600	Numéro de courbe nul
601	N... N...non programmés
602	Pas d'axes dans le premier bloc du profil
603	Pente de la courbe indéterminée
604	Moins de trois blocs dans le profil
605	Numéro de courbe inconnu

A.5.12 ERREURS EN NUMAFORM

N° d'erreur	Signification de l'erreur
700	Options absentes
701	S.. non programmé en début de courbe
702	Nombre d'occurrences de S différent en T1 & T2
703	Minimum 2 occurrences de S en T1
704	Section non définie (sous T3)
705	Changement de plan hors repère S..
706	Broche à l'arrêt
707	Fonction E = invalide
708	E = 1 ou E = 2 : section mal positionnée
709	T1 & T2 confondues en un point
710	P, Q doivent être positifs

Erreurs en NUMAFORM

N° d'erreur	Signification de l'erreur
711	S.. différent sur T1 & T2
712	Position outil indéterminée
713	Erreur: S = 0 ou T > 3
730	F = négatif ou nul
731	Intersection de cercles concentriques
732	Intersection de droites parallèles
733	Appui sur plan horizontal
740	F = incorrect

A.5.13 ERREURS DE PROGRAMMATION DES CYCLES

N° d'erreur	Signification de l'erreur
830	Positionnement non effectué
831	Broche à l'arrêt..
832	Point d'arrivée..P et K , à programmer
833	Valeur de retrait trop faible
834	Valeur EB : $90 < Eb < +90$
835	Les valeurs de P, Q, R et K sont absolues
836	Le plan d'interpolation doit être G18 ou G20
837	Valeur de F ou S incohérente
862	P ou R et point arrivée à programmer
863	Point d'arrivée incohérent en fonction de EA
864	Outil de fraisage interdit en G66
871	Bornes du profil fini non définies
872	Absence de cotes dans la définition du brut
873	P ou R non programmés
874	Profil fini incohérent/brut
875	Pas d'intersection de EA avec le profil
876	Angle de dépouille EB mal défini
880	Axe du cycle inconnu
881	Valeur paramètre incompatible
882	Cote de fond de trou non programmée
883	Pas (I J K) ou retrait (P) non programmé
884	Nombre de filets supérieur à 9
885	Poche incompatible avec le plan sélectionné
886	Outil incompatible avec le rayon programmé
887	Passe > diamètre outil
888	Temporisation interdite dans ce cycle
889	Erreur de syntaxe
890	Orientations d'outil incompatible
891	Plan de remontée = fond de trou
892	Manque avance axiale
893	Manque avance latérale
894	ER interdit en G20
895	G21, G22 interdit en cycle
896	Cote incompatible avec rayon outil
897	Longueur de poche oblongue < diamètre
898	Manque correcteur outil
899	Broche non affectée à ce groupe ou broche ou groupe incompatibles

memotech

commande numérique programmation

Cette 2^e édition, considérablement enrichie, renouvelle l'ensemble des données relatives à l'usinage sur machines-outils à commande numérique : principes de programmation et d'écriture des programmes, fonctions ISO en tournage et fraisage (y compris NUM 1060), programmation structurée.

Elle comporte également 3 études de cas et des annexes regroupant tous les renseignements nécessaires sur les matériaux, le tolérancement, la cotation...

La présentation claire, les nombreux tableaux et schémas, l'index, facilitent la consultation et permettent à l'utilisateur de trouver immédiatement le renseignement recherché.

Cet ouvrage de référence facilitera la tâche des élèves, des étudiants et des professeurs des sections de production mécanique des lycées professionnels et technologiques, des STS et des IUT. Il intéressera également les auditeurs de la formation continue et les techniciens de l'industrie.



9 782713 518805

MECNUMN

ISBN : 2-7135-1880-6

ISSN : 0986-4024