

NUM
1020/1040/1050/1060 T
Additif au manuel 938820/5
Addition to manual 938820/5

0100938989/0

Despite the care taken in the preparation of this document, NUM cannot guarantee the accuracy of the information it contains and cannot be held responsible for any errors therein, nor for any damage which might result from the use or application of the document.

The physical, technical and functional characteristics of the hardware and software products and the services described in this document are subject to modification and cannot under any circumstances be regarded as contractual.

The programming examples described in this manual are intended for guidance only. They must be specially adapted before they can be used in programs with an industrial application, according to the automated system used and the safety levels required.

© Copyright NUM 1998.

All rights reserved. No part of this manual may be copied or reproduced in any form or by any means whatsoever, including photographic or magnetic processes. The transcription on an electronic machine of all or part of the contents is forbidden.

© Copyright NUM 1998 software CNC NUM 1000 family.

This software is the property of NUM. Each memorized copy of this software sold confers upon the purchaser a non-exclusive licence strictly limited to the use of the said copy. No copy or other form of duplication of this product is authorized.

Additif au manuel de Programmation T - 938820/5

1	Evolutions taraudage rigide		5
	1.1	Rappel : Cycle de taraudage rigide : G84	5
	1.2	Programmation du cycle	5
	1.3	Arrêt du cycle de taraudage rigide	5
	1.4	Autres évolutions et corrections	6
2	Détaraudage rigide		7
	2.1	Description fonctionnelle	7
	2.1.1	Utilisation	7
	2.1.2	Programmation du cycle	7
	2.1.3	Erreurs détectables	8
	2.1.4	Exécution du cycle de détaraudage rigide	8
	2.1.5	Conditions particulières pour sortir les outils "à vue"	8
3	Evolution synchronisation des broches		9
	3.1	Description fonctionnelle du logiciel	9
	3.1.1	Accélération fonction vitesse	9
	3.2	Synchronisation de broches avec maître piloté en vitesse	10
	3.2.1	Correcteur à action intégrale	10
	3.2.2	Correcteur à avance de phase variable	11
	3.3	Interface Homme - Machine	12
	3.4	Principe d'utilisation du produit logiciel	13
	3.4.1	Procédure de réglage	13
	3.4.2	Programmation de la synchronisation de broches	13
	3.5	Liste des paramètres E relatifs aux broches	16
4	Reprise de filetage		18
	4.1	Généralités	18
	4.2	Programmation	18
	4.3	Contraintes	19
	4.4	Intégration de la fonction G38+ dans le cycle G33	19
	4.4.1	Syntaxe de la reprise _filetage dans l'appel du cycle G33	19
5	Evolution et mises à jour diverses		20
	5.1	Création des fichiers CN	20
	5.2	Chapitre 6.5 "Affichage d'un message avec réponse de l'opérateur"	20
	5.3	Cycle de prise d'origine automatique	20
	5.3.1	Mode POM	20
	5.3.2	Appel par fonction G159 : Mode CONT (ou IMD)	22
	5.3.3	Axes synchronisés par paramètres machine	23
	5.3.4	Commutation broche/axe C en DISC NT	23

Addition to T Programming manual - 938820/5

1	Changes to Rigid Tapping		25
	1.1	Review: Rigid Tapping Cycle: G84	25
	1.2	Programming the Cycle	25
	1.3	Stopping the Rigid Tapping Cycle	25
	1.4	Other Changes and Corrections	26
2	Rigid Tap Removal		27
	2.1	Functional Description	27
	2.1.1	Use	27
	2.1.2	Programming the Cycle	27
	2.1.3	Detectable Errors	28
	2.1.4	Execution of the Rigid Tap Removal Cycle	28
	2.1.5	Particular Conditions for Tap Removal on Sight	28
3	Change in Spindle Synchronisation		29
	3.1	Functional Description of the Software	29
	3.1.1	Speed-Dependent Acceleration	29
	3.2	Spindle Synchronisation with Master Spindle Speed Control	30
	3.2.1	Corrector with Integral Action	30
	3.2.2	Corrector with Variable Phase Lead	31
	3.3	Man/Machine Interface	32
	3.4	Principle of Use of the Software Product	33
	3.4.1	Setting Procedure	33
	3.4.2	Programming Spindle Synchronisation	33
	3.5	List of Parameters E Relative to Spindles	36
4	Resumption of Thread Cutting		38
	4.1	General	38
	4.2	Programming	38
	4.3	Constraints	39
	4.4	Inclusion of function G38+ in Cycle G33	39
	4.4.1	Syntax of Resumed Thread Cutting Included in the Call to Cycle G33	39
5	Miscellaneous Changes and Updates		40
	5.1	Creation of CNC Files	40
	5.2	Section 6.5, Message display with wait operator response	40
	5.3	Automatic Homing Cycle	40
	5.3.1	Homing Mode	40
	5.3.2	Call by Function G159: AUTO (or MDI) Mode	42
	5.3.3	Axes Synchronised by Machine Parameters	43
	5.3.4	Spindle/C-axis switching in DISC NT	43

1 Evolutions taraudage rigide

1.1 Rappel : Cycle de taraudage rigide : G84

Le cycle permet d'asservir l'avance de l'outil à la rotation de la broche. La vitesse d'avance est calculée automatiquement selon la vitesse de la broche et le pas programmés.

Le cycle permet la programmation de taraudage suivant les axes X ou Z. La modulation des vitesses par potentiomètre n'est pas inhibée pendant l'exécution du cycle. Le potentiomètre "Broche" est toujours actif ; le potentiomètre "Avance" est sans effet pendant le taraudage proprement dit ; il est actif durant les divers autres positionnements.

1.2 Programmation du cycle

Le cycle G84 permet désormais de programmer ou non la fonction M05

Par exemple : G84 Z-200 K1.25 EK2.5 M5

Si la fonction M05 est programmée dans le cycle de taraudage rigide, la broche sera arrêtée en fin de taraudage.

Si la fonction M05 n'est pas programmée dans le cycle de taraudage rigide, la broche sera remise en rotation dans le sens initial.

Les fonctions G84 peuvent désormais être programmées dans l'un des 8 groupes et utiliser l'une des 4 broches si elles sont conformes.

Le reste du cycle de taraudage rigide est sans changement.

Exécution du cycle de taraudage rigide

Ce cycle est réalisé dans les mêmes conditions que précédemment.

La broche doit être pilotée par le groupe où est programmé le cycle.

En fin de G84, une fois la cote EH atteinte (retour à la cote du plan d'attaque sur l'axe d'usinage), si M5 est programmée dans le cycle, la broche sera mise dans l'état M5.

En fin de taraudage, Z est en haut du trou :

s'il y a inversion de broche

La broche ralentit suivant E9033b (initialisé par P32 N48) jusqu'à l'arrêt... puis s'inverse.

Les mouvements d'axes commencent dès que la broche tourne dans le bon sens.

S'il y a arrêt de broche - M5 Programmé

La broche ralentit suivant E9033b jusqu'à l'arrêt de la broche.

Les mouvements des axes se font *pendant la décélération broche*.

1.3 Arrêt du cycle de taraudage rigide

Si "Stop_broche" d'une broche, en cours de taraudage rigide, passe à 1 (%W22.i=1 avec $i \in [0..3]$), celle-ci est arrêtée et par conséquent l'axe d'usinage est synchronisé.

Si "Stop_broche" d'une broche, en cours de taraudage rigide, repasse à 0 (%W22.i=0 avec $i \in [0..3]$), la broche est relancée et le taraudage rigide reprend. La manipulation du "Stop_broche" est réservée au cas d'urgence.

A l'arrêt de la broche, RAZ_CN peut alors être exécuté et le taraudage rigide sera abandonné.

Il est possible d'exécuter n'importe quelle fonction disponible dont un taraudage rigide en mode CONT ou IMD.

1.4 Autres évolutions et corrections

La nouvelle version du G84 permet d'effectuer un taraudage rigide sur les systèmes au 1/10ème de μm .

Les fonctions actionnant ou invalidant des transformations géométriques (inch/métrique, facteur d'échelle, PREF/DEC, etc ...) actives lors d'un cycle G84 (taraudage rigide) sont prises en compte dans les conditions suivantes :

- les cotes et le pas sont comptés dans l'unité active en pouce (inch) ou mm en G70 ou G71.
- le facteur d'échelle s'il est valide s'applique à toutes les cotes programmées dans le cycle G84 (X..Z, ER et EH), mais il ne s'applique pas au pas (K) et à (EK).
- la fonction miroir, sur l'axe outil, est incompatible avec G84 (taraudage rigide).

Ce comportement est aussi celui de la fonction G39+ (détaraudage rigide).

Jusqu'à la version L du logiciel, le taraudage rigide (G84) en pouce (inch) ou en 1/10ème de μm entraînait les problèmes suivants :

- lorsque l'unité était définie en pouce (inch), le pas K était divisé par 2,54,
- lors du détaraudage, la vitesse de broche était aussi divisée par 2,54,
- le rapport EK était affiché sur page INFO multiplié par 10,
- en 1/10 ème de μm : La vitesse de broche au détaraudage pouvait être limitée : par exemple : S60 G84 K1 EK2 ... provoquait un détaraudage à S100 (au lieu de S120).

2 Détaraudage rigide

2.1 Description fonctionnelle

2.1.1 Utilisation

Circonstance de mise en œuvre : un incident est survenu en cours de taraudage rigide. L'opérateur a dû, pour une raison impérieuse, interrompre le taraudage rigide en cours et éventuellement couper la tension sur la CN : l'outil reste prisonnier de la matière.

La fonctionnalité de détaraudage rigide permet désormais de commander plus aisément la sortie de l'outil hors de la matière ; y compris si la POM n'a pas pu être réalisée et si le plan incliné est valide.

2.1.2 Programmation du cycle

Syntaxe

[M64 à M66] **G39+** M3/M4 [M40 à M45] S.. K.. Z..

avec :

M64 M66	Si nécessaire fonctions permettant au groupe de commander la broche.
G39+	Cycle de détaraudage rigide qui appelle 4 paramètres obligatoires et un paramètre optionnel programmés immédiatement derrière la fonction.
M3 ou M4	Sens de rotation de la broche.
M40 à M45	Choix de la gamme (Paramètre optionnel).
S..	Vitesse de rotation de la broche.
K..	Valeur du pas en mm.
Z..	Axe et longueur signée du dégagement (en mm et en relatif). Les axes U à Z peuvent être programmés s'ils existent.

Particularités

Les arguments du cycles peuvent être remplacés par des paramètres E ou des variables L.

Exemple 1 :

G39+ M3 M41 S200 K1.2 W10

Exemple 2 : si E80000 = 3 et E80001 = 42

G39+ ME80000 ME80001 SL0 KL1 Z-10

Les fonctions actionnant ou invalidant des transformations géométriques (inch/métrique, facteur d'échelle, PREF/DEC, etc...) actives lors du G39+ sont prises en compte dans les conditions suivantes :

- les cotes et le pas sont comptés dans l'unité active pouce (inch) ou mm avec G70 ou G71,
- le facteur d'échelle, s'il est valide, s'applique à la cote concernée, mais il ne s'applique pas au pas (K),
- la fonction miroir est incompatible avec G39+.

Ce comportement est identique à celui de la fonction G84 (taraudage rigide).

On notera :

- que le cycle G39+ force l'utilisation de la broche en G97.
- que l'outil ne devant pas être programmé et le déplacement étant effectué en relatif, la cohérence de la direction d'outil n'est pas vérifiée.

2.1.3 Erreurs détectables

- Erreur 4 : si l'option 20 est absente
- Erreur 2 : si l'un des 4 arguments obligatoires (M3/M4 ou S ou K ou Z) n'a pas été programmé
si un autre argument a été programmé
si une fonction M différente de [M3/M4 - M40 à M45]
si S est trop grand (>65536)
si K est négatif ou nul
- Erreur 1 : si l'axe programmé n'existe pas
si plusieurs axes sont programmés ou un même axe plusieurs fois
si M3/M4 ou M40 à M45 sont programmés deux fois
si miroir est actif sur l'axe de taraudage
si la broche n'est pas en état M5
- Erreur 39 : si S n'est pas compatible avec la gamme programmée
si on doit faire une recherche de gamme automatique alors que cela n'est pas autorisé [gamma non programmée et bit 7 de P7 N0 à 1]

2.1.4 Exécution du cycle de détaraudage rigide

Ce cycle peut être réalisé même si la POM sur l'axe et/ou la broche n'a pas été faite.

Le plan incliné peut être actif.

La broche doit être pilotée par le groupe où est programmé le cycle.

Elle est en début de cycle dans l'état M5.

Pour mise à l'échelle de la consigne de broche, on doit retrouver la gamme qui était enclenchée lors du taraudage interrompu. Si nécessaire, la gamme sera reprogrammée dans le cycle G39+. Si la gamme n'est pas programmée, on fera l'équivalent d'une recherche de gamme automatique : la fonction ne sera pas transmise à l'automate.

On n'exécutera pas les sous-programmes normalement appelés par les fonctions M3/M4 et M40 M45.

En début de cycle, la broche est commandée dans le sens demandé avec la vitesse de broche minimum (P62 N1, N3, N5 ou N7). Puis la vitesse de broche est uniformément accélérée jusqu'à atteindre la vitesse S programmée.

Dès le début du cycle, le mouvement de l'axe Z est asservi à la broche [G38] en minimisant l'erreur de poursuite de façon que le pas soit respecté. On utilise les paramètres du taraudage rigide décrit dans P63.

En fin de cycle, une fois la course atteinte, la broche est arrêtée et retrouve son état initial et on force, par ailleurs en interne, une fonction M2.

2.1.5 Conditions particulières pour sortir les outils "à vue"

Arrêt_Broche [%W22.0 à 3] est actif et génère une décélération de la broche et de l'axe.

REMARQUE La RAZ est possible si l'axe et la broche sont immobiles.

Comme en taraudage rigide (pendant la phase de détaraudage) :

- le potentiomètre d'avance est forcé 100%,
- l'ARUS est actif,
- le potentiomètre de broche reste actif.

3 Evolution synchronisation des broches

A partir de l'indice M, la synchronisation utilise un principe différent dans lequel la broche maître n'est pas asservie en position mais pilotée en boucle ouverte de vitesse.

3.1 Description fonctionnelle du logiciel

Conventions d'écriture

BM et BE signifient Broche Maître ou Broche Esclave ou Numéro de broche maître ou Numéro de broche esclave.

Le numéro d' une broche est compté de 0 à 3.

Lorsque les broches sont désignées par B, il s'agit indifféremment de la broche maître ou la broche esclave.

Lorsqu'un paramètre E est noté Exxxx+B, xxxxx+B est le numéro du paramètre.

Exemple : pour la broche esclave d'adresse 1 E94124+BE = E94125.

3.1.1 Accélération fonction vitesse

Afin de coller aux capacités d'accélération réelles de la broche (cf. 3.1), l'utilisateur a la possibilité de choisir une accélération variable en fonction de la vitesse.

Les nouveaux paramètres E90370+b et E90380+b permettent de définir la vitesse limite pour le couple maximum et la puissance max., l'unité est le tr/min.

$E90370+b = N_{base}$

$E90380+b = N_{max}$

Lorsque le paramètre E90360+b est supérieur à 0, la gestion de l'accélération en fonction de la vitesse est validée.

La loi est la suivante :

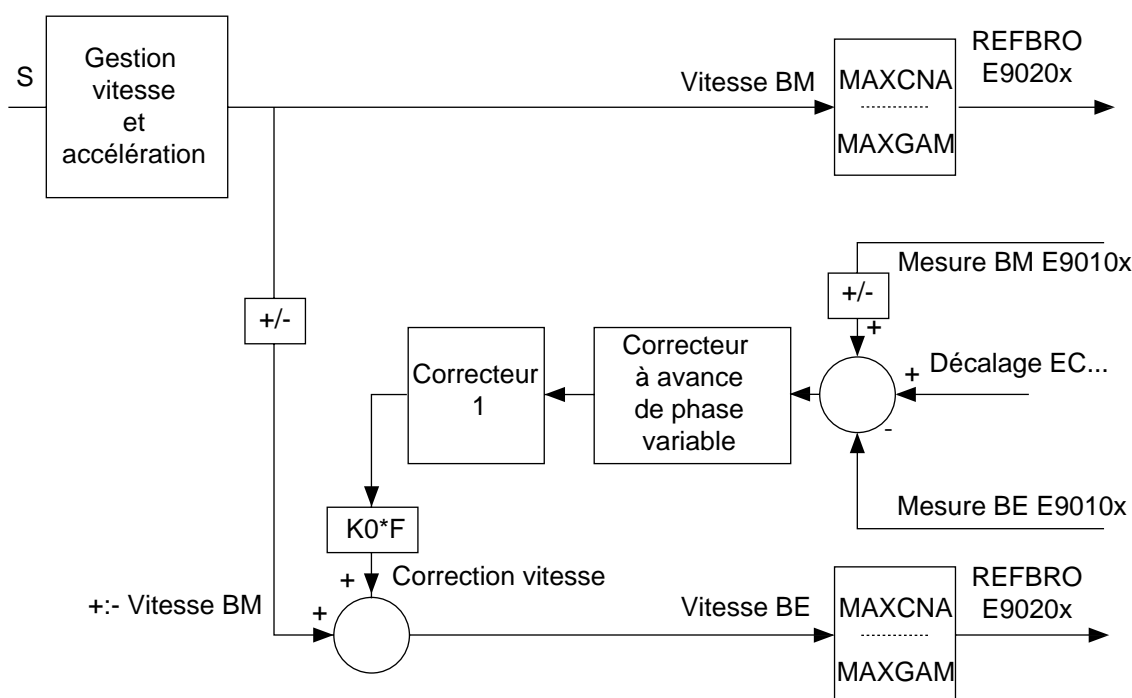
SI $N < E90370$	ALORS accélération = maximum donnée par E90330
SI $E90370 < N < E90380$	ALORS accélération = $E90330 * E90370 / N$
SI $N < E90380$	ALORS accélération = $E90330 * E90370 * E90380 / N^2$

REMARQUES :

- cette fonctionnalité peut être utilisée indépendamment de la synchronisation,
- lorsqu'une broche est esclave, il n'y a pas de gestion de l'accélération sur cette broche : La BE reçoit la consigne de la BM.
- lorsque une BM est plus dynamique qu'une BE, il faut régler les paramètres de la BM pour permettre à la BE de suivre.
- aucun contrôle n'est effectué sur la valeur des paramètres E90370 et E 90380.

3.2 Synchronisation de broches avec maître piloté en vitesse

Schéma général



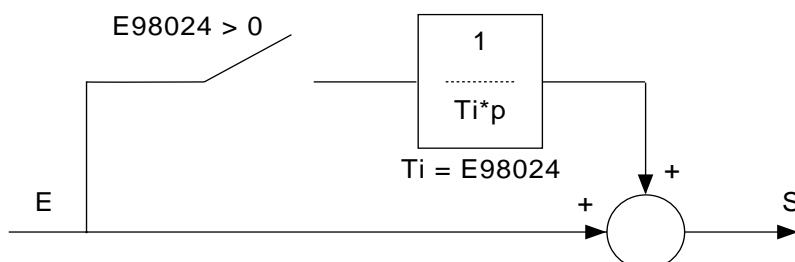
3.2.1 Correcteur à action intégrale

L'action intégrale est utilisée pour annuler l'erreur statique. L'erreur statique est l'erreur qui existerait en régime établi avec une consigne de vitesse constante pour BM. Cette erreur se produit car, comme les broches sont pilotées en boucle ouverte de vitesse, il existe toujours un écart entre la vitesse demandée et la vitesse réelle. C'est pourquoi, afin de minimiser l'action intégrale (ce qui est bénéfique pour la réponse en dynamique), il faut régler la boucle de vitesse de la BM et de la BE (c'est à dire vitesse réelle = vitesse demandée). Ce réglage se fait en général par le retour tachymétrique au niveau du variateur, après avoir vérifié les paramètres P46, P47, P48, et P49 (vitesse maximum de la gamme).

Lorsque les deux broches sont liées mécaniquement, il faut figer l'action intégrale pour ne pas cumuler l'éventuelle erreur résiduelle.

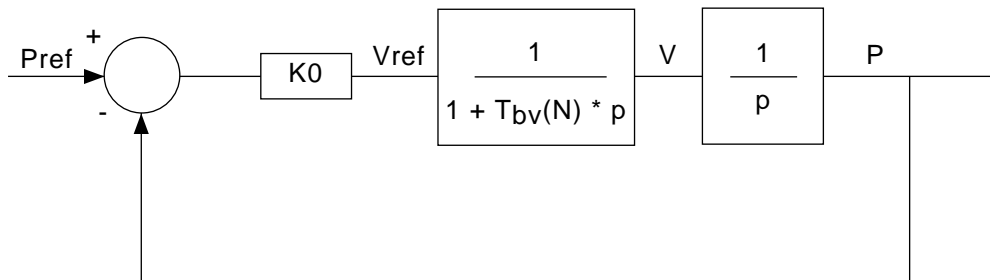
Ceci est piloté par le paramètre E98024+BE :

SI E98024 = 0 ALORS pas d'action intégrale
 SI E98024 > 0 ALORS action intégrale avec $T_i = E98024$ (en ms)
 SI E98024 < 0 ALORS action intégrale figée



3.2.2 Correcteur à avance de phase variable

Les essais ont montré que lorsque l'on asservit une broche en position, avec le principe utilisé pour un axe (correcteur P avec gain K0 constant), il apparaît une tendance à l'instabilité (pompage) à haute vitesse.



Ceci est dû au fait que la constante de temps de la boucle de vitesse $T_{bv}(N)$ croît à haute vitesse.

Pour une bonne stabilité, il faut maintenir le produit $K0 * T_{bv}(N) < 0.5$.

Comme $T_{bv}(N)$ croît avec N, il faudrait donc diminuer K0 quand la vitesse augmente.

Mais alors le temps de réponse à un échelon (de vitesse ou d'erreur de synchronisation) devient prohibitif.

Un correcteur à avance de phase variable $K0 \frac{1 + T_{bv}(N) \times p}{1 + T_{bv0} \times p}$ a été implanté dans la CN. Son rôle est de substituer une constante de temps fixe T_{bv0} à la constante de temps variable $T_{bv}(N)$. Les essais ont montré son utilité à vitesse élevée.

La CN calcule la valeur $T_{bv}(N) = f(N)$ à partir de :

- T_{bv0} ,
- des paramètres E90370 et E90380

Il n'y a pas de paramètre spécifique pour T_{bv0} . T_{bv0} est déduite du gain K0 (E90320+b)

En effet, dans un système du premier ordre bouclé, la stabilité impose la relation suivante entre le gain et la constante de temps :

$$1/3 < K0 \times T_{bv0} < 1/2 \text{ d'ou on déduit } T_{bv0} \approx \frac{1}{2 \times K0}$$

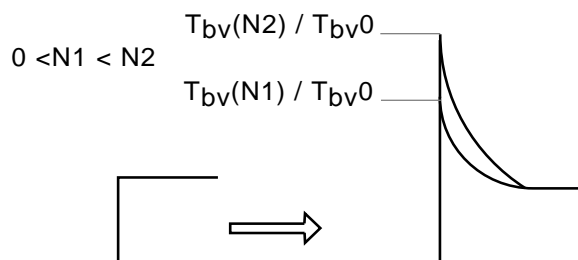
La loi suivie est :

SI $N < E90370$	ALORS $T_{bv}(N) = T_{bv0}$
SI $E90370 < N < E90380$	ALORS $T_{bv}(N) = T_{bv0} \times N / E90370$
SI $N > E90380$	ALORS $T_{bv}(N) = T_{bv0} \times N^2 / E90370 / E90380$

On peut même essayer de réduire cette valeur T_{bv0} . Pour cela un facteur d'amélioration F est introduit. Le paramètre E90360+BE lorsqu'il est supérieur à UN valide le correcteur à l'avance de phase et sa valeur représente alors le facteur F (l'unité est le millième ex : Lorsque E90360 = 1000, F=1 et la constante de temps visée est T_{bv0} , lorsque E90360 = 1200, F=1,2 et la constante visée est $T_{bv0}/1,2$).

Réponse du correcteur à un échelon

La réponse du correcteur à un échelon dépend de la vitesse et a la forme suivante :



Remarque concernant les paramètres E90370 et E90380

Les paramètres E90370 et E90380 sont utilisés pour régler l'accélération et la constante de temps. Ceci n'est pas un problème car :

- les deux utilisations sont exclusives : quand ils servent pour calculer la constante de temps , c'est que la broche est esclave et dans ce cas l'accélération n'est pas calculée et vice & versa,
- pour chaque type d'utilisation les valeurs sont liées à la caractéristique couple / vitesse du moteur et sont voisines de N_{base} pour E90370 et de N_{max} pour E90380.

3.3 Interface Homme - Machine

L'erreur de synchronisation est visualisable par le paramètre externe E95224+BE

3.4 Principe d'utilisation du produit logiciel

3.4.1 Procédure de réglage

Ajuster la boucle de vitesse de chaque broche pour que la vitesse mesurée soit identique à la vitesse programmée.
 Agir sur le retour tachymétrique au niveau du variateur en contrôlant la vitesse mesurée affichée dans la page INFOS.
 Supprimer les rampes d'accélération sur les variateurs.

Si possible mettre la broche la plus dynamique en esclave.

Régler les plages de vitesse N_{base} et N_{max} .

Relever les vitesses de rotation de couple max (N_{base}) et de puissance max (N_{max}) sur la courbe S1 du catalogue du moteur.

Ramener ces vitesses à la broche si le rapport de transmission moteur / broche n'est pas de 1.

Renseigner les paramètres $E90370+B = N_{base}$ et $E90380+B = N_{max}$.

Régler l'accélération maximum du maître et de l'esclave $E90330+B$

Si le maître est plus dynamique que l'esclave, l'aligner sur l'esclave.

Réglage du PI.

Faire $K0 = E90320+BE = 500$ $Ti = E98024+BE$ $Fboost = E90360+BE = 1000$

Faire des échelons de vitesse de 1000 tr/mn. Régler K0 pour avoir une bonne réponse de l'erreur de synchronisation.

Régler $Ti = E98024+BE = 500$ ms. Puis ajuster pour avoir un dépassement sans oscillation.

Faire des échelons plus importants. Puis des inversions de sens. Vérifier le comportement. Ajuster N_{base} et N_{max} de l'esclave si nécessaire.

Si à vitesse élevée, il y a une oscillation importante de l'erreur de synchro, augmenter Fboost et diminuer N_{max} de l'esclave.

3.4.2 Programmation de la synchronisation de broches

Choix du maître

La demande de synchronisation d'une broche esclave sur une broche maître se fait dans le programme pièce en chargeant le paramètre $E94124+BE$ avec l'adresse physique de la broche maître ($24+BM$).

Ex : broches 0 et 1 esclaves , broche 3 maître $E94124 = 27$, $E94125 = 27$

La synchronisation est refusée avec l'erreur 94, si le POM n'est pas faite sur la BM et la BE.

Choix de l'état direct ou inverse

Préalablement à la demande de synchronisation, le sens de rotation (M3 ou M4) doit avoir été programmé pour la BM et la BE. Ceci permet de choisir l'état de la synchronisation : si les deux sens sont identiques, la synchronisation est directe ; sinon elle est inverse.

Programmation de l'écart angulaire

Lors de la synchronisation la valeur de la fonction EC donne l'écart demandé entre la position de la broche maître et celle de l'esclave. Position BE = +/- (position BM + EC). EC se programme en degré.

Choix du type de synchronisation

Lors de la demande de synchronisation, si les broches ne sont pas asservies en position, la synchronisation se fait suivant le principe présenté dans cette note, sinon c'est la synchronisation broches asservies et autorégulation du gain qui est choisie.

Paramètres d'accélération de la broche maître

Préalablement à la demande de synchronisation, les paramètres concernant l'accélération du maître doivent être renseignés :

E90330+BM	Accélération max en $^{\circ}/s^2$. Par défaut, la valeur spécifiée dans le paramètre P32 est prise en compte
E90370+BM	N_{base} Vitesse limite de couple max en tr/min
E90380+BM	N_{max} Vitesse limite de puissance max en tr/min
E90360+BM	Validation de l'accélération = $f(N)$ si > 0

On notera que si le BE est moins dynamique que la BM, ce sont les caractéristiques de la BE qu'il faut choisir (sinon la BE ne pourra pas suivre la BM pendant les phases d'accélération).

Paramètres d'asservissement de la broche esclave

Préalablement à la demande de synchronisation, les paramètres de la BE ci-dessous doivent être renseignés :

E90320+BE	Gain K0 de la boucle de la position en tr/min/tr
E90370+BE	Vitesse limite pour $T_{bv}(N) = T_{bv}0$ (E90370 = N_{base})
E90380+BE	Vitesse limite N°2 pour calcul de $T_{bv}(N)$ (E90380 = N_{max})
E90360+BE	Facteur F d'amélioration
E98024+BE	Constante de temps de l'action intégrale en ms

Mise en service et hors service de l'action intégrale

L'action intégrale permet d'annuler l'erreur statique. Elle doit être mise en service pendant la phase de synchronisation. Lorsque les deux broches sont liées mécaniquement par la pièce (par exemple : pendant un tronçonnage), il est impératif de figer la correction intégrale à la valeur courante au moment du couplage mécanique.

E98024+BE = 0	Pas d'action intégrale
E98024+BE > 0	Action intégrale avec $T_i = E98024+BE$ (en ms)
E98024+BE < 0	Action intégrale figée

Tolérance et erreur de synchronisation

L'erreur de synchronisation (différence des positions mesurées) est lue dans E95224+BE (en UI) ; lorsqu'elle est inférieure à la tolérance chargée dans le paramètre P44 ou programmée dans E90310+BE (en tr/65536), l'information broche en position est transmise à l'automate (%R13.B) et le booléen E93524+BE passe en 1.

Exemple de programmation

```
(SYNCHRO BROCHE PILOTEE EN VITESSE)
(MASTER = B1 SLAVE = B2)
WHILE E91124=1 DO $FAIRE POM broche 1
M64M40M3S50%
ENDW
WHILE E91125=1 DO $FAIRE POM broche 2
M65M40M3S50
ENDW
E94124=-1
E94125=-1
E91024=0
E91025=0
E90330=20000
E90331=20000
E90370=1500
E90371=1500
E90380=4000
E90381=4000
E90321=500
E98025=500
E90360=1
E90361=1000
M64 M40 M4 S100 ECO
M65 M40 M4 S100
E94125=24
WHILE E93525=0 DO G4 F.5 $
ENDW
$SYNCHRO OK
M64 M40 M3 S2000
WHILE E93525=0 DO G4 F.5 $ Attente synchro 2000 tr/mn
ENDW
E98025=-E98025
G4 F5
E98025=-E98025
G4 F5
M2
```

Annuler synchro B1
Annuler synchro B2
B1 pilotée en vitesse
B2 pilotée en vitesse
Accélération max B1 en °/s²
Accélération max B2
N_{base} Vitesse de couple max B1 en tr/min
N_{base} Vitesse de couple max B2
N_{max} Vitesse de puissance max B1 en tr/min
N_{max} Vitesse de puissance max B2
Gain B2 en tr/min/tr
Ti B2 en ms
Valide accélération = f[N] sur maître
Valide correcteur avance de phase sur esclave
Lancer B1
Lancer B2
Synchro B2/B1 broche maître
Attente synchro 100 tr/mn

Action intégrale figée

Action intégrale rétablie

3.5 Liste des paramètres E relatifs aux broches

Dans le tableau qui suit, on présente les paramètres externes et les mnémoniques associés.

La programmation peut se faire en désignant le paramètre par son numéro ou par son mnémonique.

Exemple : E90113 équivaut à E[MODULOB4]

Paramètres	Désignation	Valeur ou unité	Mnémonique associé
E79000	Mesure position E90100 B. groupe		MESPOSBG
E79001	Référence vitesse E90200 B. groupe		REFVITBG
E90100 à E90103	Mesure position broches	1/100000	MESPOSB1 à MESPOSB4
E90110 à E90113	Modulo broches		MODULOB1 à MODULOB4
E90200 à E90203	Référence vitesse broches		REFVITB1 à REFVITB4
E90300 à E90303	Vitesse palier broches en indexation		VITPALB1 à VITPALB4
E90310 à E90313	Fenêtre d'arrêt ou de synchro (P44)		FENETRE1 à FENETRE4
E90320 à E90323	Gain boucle position broches (P45)	tr/min/tr	GAINB1 à GAINB4
E90330 à E90333	Accélération broches	°/s ²	ACCB1 à ACCB4
E90360 à E90363	Sur broche maître validation et gestion Sur broche esclave facteur d'amélioration de l'avance de phase	1/1000	ACCKFNB1 à ACCKFNB4
E90370 à E90373	N _{base} Vitesse de rotation au couple maximum broches	tr/min	N_CMAXB1 à N_CMAXB4
E90380 à E90383	N _{Max} Vitesse de rotation au couple maximum broches	tr/min	N_PMAXB1 à N_PMAXB4
E90390 à E90393	Max gamme calcule lorsque l'action intégrale est figée		MAXGANB1 à MAXGAMB4
E90124 à E90127	Axes 24 à 27 ou broches asservies		ASS_B1 à ASS_B4
E91124 à 91127	POM non faite axes 24 à 27 ou broches		POM_B1 à POM_B4
E93525 à 93527	Axes 24 à 27 ou broches synchronisées		POS_B1 à POS_B4

Paramètres	Désignation	Valeur ou unité	Mnémonique associé
E94124 à E94127	Numéro axe maître pour synchro broches		MASTERB1 à MASTERB4
E95024 à E95027	Référence position broches	UI	REFPOSB1 à REFPOSB4
E95224 à E95227	Erreur synchro broches	UI	ERRSYNB1 à ERRSYNB4
E98024 à E 98027	Constante temps intégrateur broche >0 intégration des erreurs <0 intégration figée =0 pas d'intégration		TIB1 à TIB4

4 Reprise de filetage

4.1 Généralités

Une opération de filetage peut être interrompue et la pièce extraite du mandrin afin, par exemple, d'être trempée : elle est ensuite replacée dans le mandrin dans le but de poursuivre le même filetage (avec éventuellement une vitesse de broche différente de celle de la phase d'ébauche).

Après sa réinsertion dans la machine, la pièce se trouve dans une position angulaire et éventuellement axiale différente de sa position d'origine : il nous faut donc *apprendre* la nouvelle position du filet et l'introduire en tant qu'argument dans un cycle de "reprise_filetage".

L'apprentissage de la position du filet se fait en positionnant manuellement l'outil dans le filet ébauché et en relevant sa position axiale (ou radiale si filetage en X) "posX_appris" ainsi que la position angulaire de la broche "posB_appris" (E90100 pour broche 1)

4.2 Programmation

Syntaxe

G38+ J<delta_posX> EC<posB_appris> K.. Z..

avec :

J<delta_posX> = <posX_appris> - <Xdépart>

Ecart entre la position apprise de l'axe et sa position au départ de la reprise filetage exprimé en mm ou en pouce (inch) selon l'état de G70/G71 ; lorsqu'il s'agit d'un filetage conique, cet écart est celui de l'axe majoritaire, c'est à dire, celui sur lequel est appliqué le pas.

EC<posB_appris> Position angulaire de broche apprise exprimée en degré.

K.. Pas du filetage.

Z.. Position de fin du filetage.

Particularités

Les arguments J et EC doivent être programmés immédiatement derrière la fonction G38+

Lorsque le cycle reprise de filetage est constitué de plusieurs passes avec plongée droite ou plongée oblique, les valeurs des arguments J et EC restent inchangées.

En filetage enchaîné, les blocs suivant le bloc de départ ne doivent pas comporter d'arguments autres que les cotes de fin et éventuellement le pas si filetage enchaîné.

Exemple

Exemple d'un filetage longitudinal avec dégagement conique.

...	
G0X..Z..	Positionnement au point de départ
G38+ J.. EC.. K.. Z..	Filetage longitudinal
X.. Z..	Enchaînement conique du filet
G0 X..	Dégagement rapide hors du filet

4.3 Contraintes

Afin de permettre une sortie de filet à la volée la fonction UGV est interdite en reprise de filetage ; si elle est présente lors de l'analyse du G38+ elle sera automatiquement révoquée (E11012 = 0)

Les gains des axes doivent être correctement réglés conformément à la constante de temps de la boucle de position paramètre machine P56.

La broche doit être en régime établi de vitesse avant l'exécution du bloc G38+.

4.4 Intégration de la fonction G38+ dans le cycle G33

4.4.1 Syntaxe de la reprise _filetage dans l'appel du cycle G33

Les positions apprises sont déclarées dans EC.. pour la position broche et dans EZ.. ou EX.. pour l'axe, selon qu'il s'agit d'un filetage axial ou radial ; c'est la déclaration de ces deux arguments qui distingue le filetage standard de la reprise de filetage.

G33 X.. Z.. P.. EZ.. EC.. K.. [S..] [R..] [EA..] [EB..] [F..]

Le calcul de l'écart de l'axe entre la position apprise de l'axe et sa position de départ est fait dans la macro %10033 ainsi que son affectation à la fonction J derrière un G38+.

La macro %10033 s'assure de la cohérence de la syntaxe :

Elle vérifie que la position apprise de la broche et la position apprise sur l'axe du filet (axe majoritaire) sont programmées ; dans le cas d'un filetage conique à 45° l'un ou l'autre axe est indifféremment accepté.

En cas d'erreur, elle affiche le message numéro 838 : "reprise_filetage : données incohérentes".

5 Evolution et mises à jour diverses

5.1 Création des fichiers CN

Afin d'éviter des problèmes de transferts et d'archivage de fichiers, il est nécessaire d'utiliser les numéros suivants :

- de 1 à 9999.9 pour les programmes principaux,
- de 10100 à 10255 pour les cycles,
- de 20100, 20200, 20300 et 20400 pour les messages,
- 11000 pour RAZ.

5.2 Chapitre 6.5 "Affichage d'un message avec réponse de l'opérateur"

Ne pas tenir compte de la deuxième remarque du chapitre 6.5.

5.3 Cycle de prise d'origine automatique

Trois programmes-pièce transférables par UT3 permettent d'exécuter une POM automatique sur les machines équipées de codeurs incrémentaux (y compris les machines équipées d'un ou plusieurs couples d'axes synchronisés).

Les macros reconnaissent le type d'axe (linéaire, modulo ou à débattement limité) et génèrent le cycle nécessaire.

Si l'axe est la butée, un dégagement est programmé.

Liste des macros

% 9990 Exemple de POM automatique pour centre d'usinage mono-groupe

%10159 Macro de POM appelée par fonction G159 - mode CONT ou IMD

%9990.9 Macro de POM appelée par les précédents - Argument : L0 = nom symbolique de l'axe

REMARQUE *Le programme % 9990 doit être personnalisé*

5.3.1 Mode POM

Sur les machines mono-groupe, la POM est faite axe par axe, dans un ordre et avec une vitesse qu'il appartient de préciser dans le programme %9990.

Sur les machines multi-groupes, il faut renommer le programme %9990 livré en %9990.i de façon à avoir un programme par groupe CN ; pour chaque groupe la POM est faite axe par axe, dans un ordre et avec une vitesse qu'il appartient de préciser dans la macro %9990.i ; de plus, il faut programmer les synchros nécessaires.

Personnalisation du programme %9990 pour une machine mono-groupe

Exemple de programme : on veut faire la POM dans l'ordre suivant Z puis X, Y et enfin C

```
%9990
IF [.RG80] = 159 THEN (appel par G159)
  G77 H9990.9
ELSE (appel en mode POM : mettre dans L0 n° prog. de l'axe)
  (Eventuellement programmer la vitesse adéquate Fxxx)
  L0=2 F2000 G77 H9990.9 (axe Z)
  L0=0 F3000 G77 H9990.9 (axe X)
  L0=1 G77 H9990.9 (axe Y)
  L0=8 F10000 G77 H9990.9 (axe C)
M2
```

L'intégrateur programme les appels à la macros 9990.9 dans l'ordre où il souhaite que les axes prennent leur POM : à chaque appel, il met dans L0 le N° logique de l'axe selon la règle suivante :

L0	Axe	L0	Axe	L0	Axe
0 --->	X	3 --->	U	6 --->	A
1 --->	Y	4 --->	V	7 --->	B
2 --->	Z	5 --->	W	8 --->	C

Il précise éventuellement la vitesse de l'axe (F...)

Personnalisation des programmes %9990 pour une machine multi-groupes

Exemple : une machine comprend deux groupes CN :

- Groupe 1 : Z, X, Y et C
- Groupe 2 : Z, X et Y

Une synchro après POM sur axes Z est nécessaire

```
%9990.1 (POM groupe 1)
IF [.RG80] = 159 THEN (appel par G159)
  G77 H9990.9
ELSE (Appel en mode POM : mettre dans L0 n° prog d'axe)
  (eventuellement programmer la vitesse adéquate Fxxx)
  L0=2 F2000 G77 H9990.9(axe Z)
  G78 Q1 P1.2(Attente pom Z sur autre groupe)
  L0=0 F3000 G77 H9990.9(axe X)
  L0=1 G77 H9990.9(axe Y)
  L0=8 F10000 G77 H9990.9(axe C)
M2
```

```
%9990.2(POM groupe 2)
IF [.RG80] = 159 THEN (appel par G159)
  G77 H9990.9
ELSE (Appel en mode POM : mettre dans L0 n° prog d'axe)
  (eventuellement programmer la vitesse adéquate Fxxx)
  L0=2 F2000 G77 H9990.9 (axe Z)
  G78 Q1 P1.1 (Attente pom Z sur autre groupe)
  L0=0 F3000 G77 H9990.9(axe X)
  L0=1 G77 H9990.9(axe Y)
M2
```

Il doit y avoir autant de programme %9990.i que de groupes CN déclarés dans P97 N0.

Pour chaque programme %9990.i, l'intégrateur doit ordonner les appels à la macro 9990.9 dans l'ordre où il souhaite que les axes prennent leurs POM dans le groupe.

Enfin, les synchronisations nécessaires seront ajoutées.

Déroulement de la POM automatique en mode POM

Si la CN est multi-groupes, elle est dans l'état "groupe commun".

L'utilisateur met la CN en mode POM et fait "départ cycle".

Les programmes %9990.i (ou le programme %9990) sont lancés.

La POM sera effectuée successivement sur tous les axes demandés s'ils sont déclarés dans le groupe et mesurés.

La description du cycle est faite ci-après dans un chapitre spécifique.

En page INFO et AXES, des messages informatifs en Anglais indiquent à l'opérateur, le déroulement du cycle :

```
x : Moving off Axis reference switch
    (dégagement butée AXE x)
x Axis reference cycle in progress
    (POM en cours... AXE x)
x Axis referencing complete
    (POM faite AXE x)
```

Si la POM n'a pu être prise, le cycle est arrêté ; l'opérateur acquitte le message suivant par ↵ (return)

```
x Axis referencing failed. QUIT :
(POM non faite! << AXE x >> Acquit :)
```

Puis le message suivant est affiché :

```
STOP AUTOMATIC REFERENCING CYCLE
(!! ARRET POM AUTOMATIQUE !!)
```

Vérifier les paramètres-machine de l'axe en défaut (P2/P9 : déclaration de l'axe, P17 : Course, P16 : hors POM, P15 : présence butée, P1 : type d'axe - modulo - à débattement limité linéaire)

5.3.2 Appel par fonction G159 : Mode CONT (ou IMD)

Il est possible d'exécuter en mode CONT ou IMD, éventuellement SEQ et RAP, le bloc suivant :

[Fxxx] **G159 <axes>** "enter" puis "départ cycle"

avec **<axes>** = {X, Y, Z, U, V, W, A, B et C}

La POM des axes programmés sera faite axe par axe, dans l'ordre XYZ UVW ABC.

La vitesse peut être programmée.

On effectue la POM pour les axes mesurés , déclarés dans le groupe.

La macro %10159 est activée : elle appellera les programmes %9990 (ou 9990.i) puis %9990.9.

Excepté le cas d'erreur machine et contrairement au mode POM, on revient toujours au programme appelant à qui il appartient de vérifier , en dernier ressort, si la POM a été prise :

Exemple : POM de l'axe C à 2000 °/mm en IMD

F2000 G159 **C** "enter" et "départ cycle"

Attention : Quelque soit l'ordre programmé derrière la fonction G159, les mouvements nécessaires à la POM se feront, avec la macro %10159 livrée, dans l'ordre

X Y Z puis U V W et enfin A B C.

5.3.3 Axes synchronisés par paramètres machine

Quelque soit le type d'appel, par fonction G159 ou en mode POM, la macro 9990.9 détecte la présence d'axes synchronisés par paramètres-machine.

Si un seul "axe mené" à l'axe programmé est trouvé, la POM est conduite conjointement sur les axes "menant" et "mené".

La macro 9990.9 suppose identique les caractéristiques des axes "menant" et "mené" : type d'axe, sens de POM, course, présence butée, zone couverte par la butée, etc... .

Les P16 "orpom" peuvent être légèrement différents et donc les "0" codeurs atteints "presque ensemble" dans le même mouvement. Après la POM de l'axe "menant", la macro prolonge le mouvement d'une longueur égale à la différence des P16 entre "menant" et "mené" ; cf. variable symbolique [marge].

En fin de cycle, la macro contrôle que les deux axes sont dans le même état. Sinon elle affiche le message :

```
MASTER/SLAVE AXIS REFERENCE INCOMPLETE
(!!POM Axe menant ou mené non faite!!)
```

- Si l'état est "POM faite", le cycle est terminé.
- Si les deux axes sont encore dans l'état "POM non faite".

Dans le cas des axes "modulo", la macro relance un nouveau mouvement.

S'il a plusieurs axes "menés" à l'axe programmé, en début de cycle, la macro affiche le message suivant :

```
MACRO 9990.9; ONLY CONTROLS ONE AXIS
(la macro 9990.9 gère un seul axe mené)
```

Il faut alors envisager des adaptations du programme 9990.9. Cela consiste essentiellement à dupliquer les parties où interviennent la chaîne de caractères 'mne1' en les renommant 'mne2', 'mne3' etc... autant de fois qu'il y a d'axe "mené". Ces adaptations, très lourdes si elles sont générales, restent assez simples pour des cas particuliers. Elles seront faites au cas par cas pour ces configurations exceptionnelles.

5.3.4 Commutation broche/axe C en DISC NT

Utilisation des paramètres suivants :

E353aa = yz

aa compris entre 0 et 31

z est associé au paramètre V260 du variateur (relatif au régulateur de vitesse)

y est associé au paramètre V261 du variateur (relatif au régulateur de position)

y, z prennent les valeurs 0 ou 1 selon que l'on veut appliquer le jeu de paramètres 1 (broche) ou 2 (axe C).

E942xx = yy signifie que la référence variateur xx est désormais associée au retour mesure (axe ou broche) d'adresse yy,

xx = adresse physique de la sortie référence moteur de la broche ou de l'axe,

yy = adresse physique du système de mesure

P70 N08 devra être à la valeur suivante FF FF FF 08 (capteur fictif @ 08 sur broche 1)

L'erreur 92 sera générée si : **aa** inexistant et/ou **xx** et/ou **yy** ne sont pas reconnues

Exemple : Broche 1 (@ 24)

E35324 = 0 sélection des paramètres de broche

E94224 = 24 G4F1 association référence / mesure de broche

E91008 = 0 G4F1 axe C non asservi

Axe C (@ 8)

E35324 = 11 sélection des paramètres de l'axe C

E94224 = 8 G4F1 association référence / mesure axe C

E91008 = 1 G4F1 axe C asservi

1 Changes to Rigid Tapping

1.1 Review: Rigid Tapping Cycle: G84

The rigid tapping cycle serves the tool feed rate to the spindle rotation speed. The feed rate is calculated automatically from the spindle speed and programmed step.

The cycle allows tapping to be programmed on the X or Z axes. The feed rate and spindle speed override potentiometers are not inhibited during the cycle. The feed rate override potentiometer is inoperative during tapping as such, but is active during other operations.

1.2 Programming the Cycle

It is now unnecessary to programme function M05 with G84

Example: G84 Z-200 K1.25 EK2.5 M5

If function M05 is programmed in the rigid tapping cycle, the spindle is stopped at the end of tapping.

If function M05 is not programmed during the rigid tapping cycle, spindle rotation is restarted in the initial direction.

Function G84 can now be programmed in any of the 8 axis groups and use any one of the four spindles if they are suitable.

The remainder of the rigid tapping cycle is unchanged.

Execution of the Rigid Tapping Cycle

This cycle is performed under the same conditions as before.

The spindle must be controlled by the group in which the cycle is programmed.

At the end of G84, when dimension EH is reached (return to the dimension of the work plane on the machining axis), the spindle is placed in state M5 if M5 is programmed in the cycle.

At the end of tapping, Z is at the top of the hole:

If spindle rotation is reversed

The spindle slows down as per E9033b (initialised by P32 N48) until it stops, then starts rotating in the opposite direction.

Axis movements are restarted as soon as the spindle is rotating in the correct direction.

If the spindle is stopped by programming M5

The spindle slows down as per E9033b until it stops.

Axis movements are carried out *during spindle deceleration*.

1.3 Stopping the Rigid Tapping Cycle

If Stop_broche goes high for a spindle during rigid tapping (%W22.i = 1 where $i \in [0,3]$), the spindle stops as does the synchronised machining axis.

If Stop_broche goes low for a spindle after stopping rigid tapping (%W22.i = 0 where $i \in [0,3]$), the spindle is restarted and rigid tapping is resumed. The use of Stop_broche is reserved for emergencies.

When the spindle stops, a CNC reset (RAZ_CN) can be carried out and rigid tapping is cancelled.

Any available function including rigid tapping can be carried out in AUTO or MDI mode.

1.4 Other Changes and Corrections

The new version of G84 allows rigid tapping to be carried out on systems to 0.1 μm .

The functions enabling or inhibiting geometric transformations (inch/metric, scaling factor, DAT, etc.) which are active during a G84 cycle (rigid tapping) are processed as follows:

- The dimensions and pitch are counted in the active unit set by G70 (inch) or G71 (mm)
- The scaling factor if enabled is applied to all the dimensions programmed in cycle G84 (X..Z, ER and EH) but not to the pitch (K) and (EK)
- The mirroring function on the tool axis is incompatible with G84 (rigid tapping).

Function G39+ (rigid tap removal) also operates in this way.

For the software up to and including version L, rigid tapping (G84) in inches or 0.1 μm caused the following problems:

- When unit used was the inch, pitch K was divided by 2.54
- During tap removal, the spindle speed was also divided by 2.54
- Ratio EK displayed on the Info page was multiplied by 10
- In 0.1 μm : the spindle speed was sometimes limited during tap removal, e.g. S60 G84 K1 EK2 ... resulted in tap removal at S100 (instead of S120).

2 Rigid Tap Removal

2.1 Functional Description

2.1.1 Use

This function is used under the following circumstances: if an incident occurs during rigid tapping, for instance if the operator was absolutely obliged to interrupt rigid tapping while it was in progress and possibly turn off the CNC, the tool remains caught in the material.

This new function allows rigid tap removal to be able to remove the tool more easily from the material, even if homing is not completed and the inclined plane is enabled.

2.1.2 Programming the Cycle

Syntax:

[M64 to M66] **G39+** M3/M4 [M40 to M45] S.. K.. Z..

where:

M64 M66	Functions used if necessary to allow the group to control the spindle.
G39+	Rigid tap removal cycle which calls 4 mandatory parameters and one optional parameter programmed immediately after the function.
M3 or M4	Direction of spindle rotation.
M40 to M45	Speed range (optional).
S..	Spindle speed.
K..	Pitch in mm.
Z..	Axis and signed retraction distance (mm and incremental). Axes U to Z can be programmed if they exist.

Notes

The arguments of the cycle can be replaced by parameters E or variables L.

Example 1:

G39+ M3 M41 S200 K1.2 W10

Exemple 2 : if E80000 = 3 and E80001 = 42

G39+ ME80000 ME80001 SL0 KL1 Z-10

The functions enabling or inhibiting geometric transformations (inch/metric, scaling factor, DAT, etc.) which are active during a G39+ cycle are processed as follows:

- The dimensions and pitch are counted in the active unit set by G70 (inch) or G71 (mm)
- The scaling factor if enabled is applied to the dimension programmed but not to the pitch (K)
- The mirroring function is incompatible with G39+ (rigid tapping).

Function G84 (rigid tapping) also operates in this way.

It should be noted that:

- Cycle G39+ forces use of the spindle in G97
- Since the tool must not be programmed and movement is incremental, the consistency of the tool direction is not checked.

2.1.3 Detectable Errors

- Error 4: If option 20 is missing
- Error 2: If one of the four mandatory arguments (M3/M4, S, K or Z) is missing
 If another argument was programmed
 If an M function other than M3/M4 or M40-M45 is programmed
 If S is too large (>65536)
 If K is negative or zero
- Error 1: If the programmed axis does not exist
 If several axes are programmed or the same axis is programmed several times
 If M3/M4 or M40-M45 are programmed twice
 If mirroring is active on the tapping axis
 If the spindle is not in state M5
- Error 39: If S is not compatible with the speed range programmed
 If an automatic speed range search is necessary but not authorised [gamma not programmed and bit 7 of P7 N0 equal to 1].

2.1.4 Execution of the Rigid Tap Removal Cycle

This cycle can be executed even if homing was not completed on the axis and/or spindle.

The inclined plane can be active.

The spindle must be controlled by the group in which the cycle is programmed.

At the beginning of the cycle, the spindle is in state M5.

For scaling of the spindle speed setting, the speed range which was active when tapping was interrupted must be recovered. If necessary, this speed range can be programmed in G39+. If the speed range is not programmed, the equivalent of an automatic speed range search will be performed, but the function will not be sent to the PLC.

The subroutines normally called by functions M3/M4 and M40-M45 are not executed.

At the beginning of the cycle, the spindle is controlled in the specified direction at the minimum spindle speed (P62 N1, N3, N5 or N7). Then the spindle is accelerated continuously up to the programmed speed S.

From the beginning of the cycle, movement on the Z axis is servoed to the spindle [G38] and the following error is minimised to comply with the specified pitch. The rigid tapping parameters set in P63 are used.

At the end of the cycle, when the travel is complete, the spindle is stopped and placed in its initial state. An internal M2 function is forced.

2.1.5 Particular Conditions for Tap Removal on Sight

Stop_Broche [%W22.0 to 3] is active and generates a deceleration on the spindle and axis.

REMARK *A reset is possible provided the axis and spindle are immobile.*

As for rigid tapping (during the tap removal phase):

- The feed rate override potentiometer is forced to 100%
- Cycle stop is active
- The spindle speed override potentiometer is operative.

3 Change in Spindle Synchronisation

For the software at index M, a different synchronisation principle is used, whereby the master spindle position is not servoed but is instead controlled in an open speed loop.

3.1 Functional Description of the Software

Notation conventions

BM denotes the Master Spindle or Master Spindle number and BE the Slave Spindle or Slave Spindle number.

The spindles are numbered from 0 to 3.

Spindles denoted simply B can be either a master or a slave spindle.

When a parameter E is written Exxxx+B, xxxx+B is the parameter number.

Example: For the slave spindle at address 1, E94124+BE = E94125.

3.1.1 Speed-Dependent Acceleration

To be consistent with real spindle acceleration capabilities (see Sec. 3.1), the user can select speed-dependent acceleration.

New parameters E90370+b and E90380+b are used to specify the maximum speed in rpm for the maximum torque and power.

$E90370+b = N_{\text{base}}$

$E90380+b = N_{\text{max}}$

Speed-dependent acceleration is enabled by setting parameter E90360+b to a value above 0.

This function operates as follows:

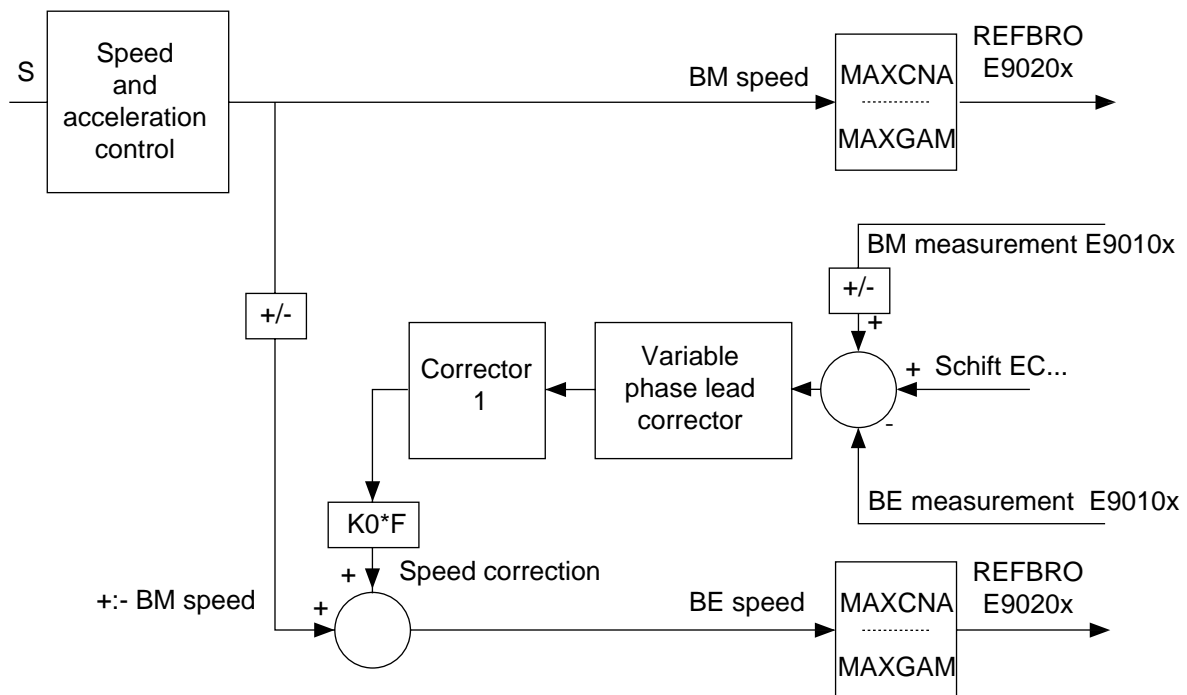
If $N < E90370$	THEN acceleration = maximum specified by E90330
If $E90370 < N < E90380$	THEN acceleration = $E90330 * E90370 / N$
If $N < E90380$	THEN acceleration = $E90330 * E90370 * E90380 / N^2$

REMARKS

- *This functionality can be used independently of synchronisation.*
- *When a spindle is slave, acceleration is not managed on that spindle. The slave spindle (BE) receives the setting from the master spindle (BM).*
- *When a BM is has a higher dynamic range than a BE, the parameters of the BM must be set to allow the BE to follow.*
- *No check is made on the settings of parameters E90370 and E90380.*

3.2 Spindle Synchronisation with Master Spindle Speed Control

General Block Diagram



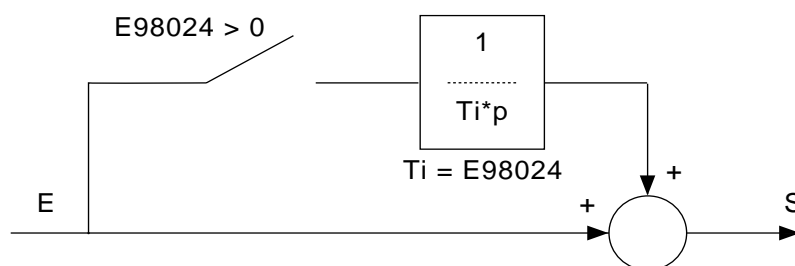
3.2.1 Corrector with Integral Action

Integral action is used to cancel the static error. The static error is the error which would exist in steady state with a constant speed setting for BM. This error is due to the fact that since spindle speed control is open loop, there is always a difference between the speed setting and the real speed. Therefore, to minimise integral action (beneficial for the dynamic response), the speed loop of the BM and BE must be set so that the real speed = the speed setting. This setting is generally made by tach generator feedback to the servo-drive after checking parameters P46, P47, P48 and P49 (maximum speed in the range).

When the two spindles are mechanically linked, integral action must be frozen so as not to add the residual error.

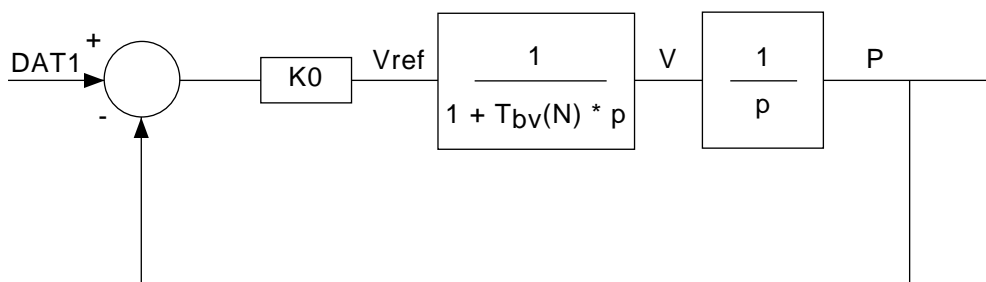
This control is provided by parameter E98024+BE:

If E98024 = 0 THEN no integral action
 If E98024 > 0 THEN integral action with $T_i = E98024$ (in ms)
 If E98024 < 0 THEN integral action is frozen



3.2.2 Corrector with Variable Phase Lead

Tests have shown that when a spindle is servoed in position by the principle used for an axis (corrector P with constant gain K0), instability (hunting) tends to occur at high speed.



This is due to the fact that the speed loop time constant $T_{bv}(N)$ increases at high speed.

For satisfactory stability, the product $K0 * T_{bv}(N)$ must be held below 0.5.

Since $T_{bv}(N)$ increases with N, K0 must be decreased when the speed increases.

But this results in a prohibitive response time to levels (speed or synchronisation error).

A variable phase lead corrector $K0 \frac{1 + T_{bv}(N) \times p}{1 + T_{bv0} \times p}$ has been installed in the CNC. It is for the purpose of substituting a fixed time constant T_{bv0} for variable time constant $T_{bv}(N)$. Tests have shown its usefulness at high speed.

The CNC calculates the value $T_{bv}(N) = f(N)$ from:

- T_{bv0}
- Parameters E90370 and E90380.

There is no specific parameter for T_{bv0} , which is determined from the gain (E90320+b).

In effect, in a first-order looped system, the following relation between the gain and time constant is required to ensure stability:

$$1/3 < K0 \times T_{bv0} < 1/2, \text{ from which is determined } T_{bv0} \approx \frac{1}{2 \times K0}$$

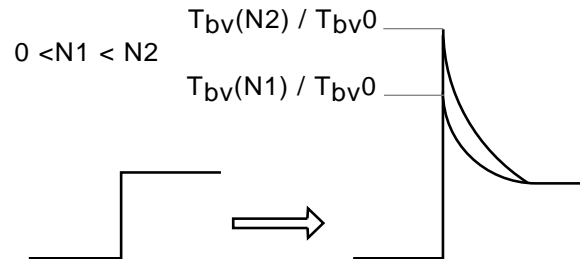
The following law applies:

If $N < E90370$	THEN $T_{bv}(N) = T_{bv0}$
If $E90370 < N < E90380$	THEN $T_{bv}(N) = T_{bv0} \times N / E90370$
If $N > E90380$	THEN $T_{bv}(N) = T_{bv0} \times N^2 / E90370 / E90380$

It can even be attempted to decrease T_{bv0} . A boost factor F is introduced for this purpose. When parameter E90360+BE is greater than 1, the phase lead corrector is enabled and is set to F (the unit is 0.001, i.e. when E90360 = 1000, F = 1 and the time constant is equal to T_{bv0} ; when E90360 = 1200, F = 1.2 and the time constant is equal to $T_{bv0}/1.2$).

Response of the Corrector to a Level

The response of the corrector to a level depends on the speed. It has the following form:



Remark concerning parameters E90370 and E90380

Parameters E90370 and E90380 are used to set both the acceleration and the time constant. This is not a problem, since:

- The two uses are mutually exclusive: when the parameters are used to calculate the time constant, the spindle is a slave, so the acceleration is not calculated and conversely
- The settings for each type of use are related to the torque vs. speed characteristic of the motor and are close to N_{base} for E90370 and N_{max} for E90380.

3.3 Man/Machine Interface

The synchronisation error is displayable by external parameter E95224+BE.

3.4 Principle of Use of the Software Product

3.4.1 Setting Procedure

Adjust the speed loop for each spindle so that the measured speed is identical to the programmed speed.

Adjust the tach generator feedback signal on the servo-drive by checking the measured speed displayed on the Info page.

Cancel the acceleration ramps on the servo-drives.

If possible, set the spindle with the highest dynamic range as slave.

Set speed ranges N_{base} and N_{max} .

Plot the rotation speeds for maximum torques (N_{base}) and maximum power (N_{max}) on curve S1 of the motor catalogue.

Reference these speeds to the spindle if the motor/spindle gear ratio is not equal to 1.

Set parameters $E90370+B = N_{base}$ and $E90380+B = N_{max}$.

Set the maximum master and slave acceleration $E90330+B$.

If the master has a higher dynamic range than the slave, make the settings according to the slave.

Set PI.

Set $K0 = E90320+BE = 500$ $Ti = E98024+BE$ $Fboost = E90360+BE = 1000$

Set speed levels of 1000 rpm. Set K0 to have a satisfactory response of the synchronisation error.

Set $Ti = E98024+BE = 500$ ms. Then adjust to have an overshoot without oscillation.

Set higher levels. Then set rotation reversals. Check the behaviour. Adjust N_{base} and N_{max} of the slave if necessary.

If there is a large oscillation of the synchronisation error at high speed, increase $Fboost$ and decrease N_{max} of the slave.

3.4.2 Programming Spindle Synchronisation

Choice of Master

The request to synchronise a slave spindle to a master spindle is made in the part programme by loading the physical address of the master spindle ($24 + BM$) in parameter $E94124+BE$.

Example: Spindles 0 and 1 slave, spindle 3 master $E94124 = 27$, $E94125 = 27$

Synchronisation is refused with error 94 if homing is not completed on BM and BE.

Selecting Forward or Reverse Synchronisation

The direction of rotation (M3 or M4) must be programmed for BM and BE before requesting synchronisation. This determines the synchronisation mode: if both spindles rotate in the same direction, synchronisation is forward; otherwise it is reverse.

Programming the Angle

The setting of function EC determines the angle between the positions of the master spindle and slave spindle during synchronisation. BE position = +/- (BM position + EC). EC is programmed in degrees.

Selecting the Type of Synchronisation

If the spindles are not servoed in position when synchronisation is requested, synchronisation is performed according to the principle described herein. Otherwise, servoed spindle synchronisation with automatic gain control is used.

Master Spindle Acceleration Parameters

The parameters concerning acceleration of the master spindle must be set before requesting synchronisation:

E90330+BM	Max. acceleration in deg/s ² . If not specified, the setting of parameter P32 is used as default
E90370+BM	N _{base} Maximum speed at maximum torque in rpm
E90380+BM	N _{max} Maximum speed at maximum power in rpm
E90360+BM	If > 0, enabling of acceleration = f(N)

It should be noted that if BE has a lower dynamic range than BM, the characteristics of BE must be used, or else BE will not be able to follow BM during accelerations.

Slave Spindle Servoing Parameters

The following parameters concerning the slave spindle must be set before requesting synchronisation:

E90320+BE	Position loop gain K0 in rpm/rev	
E90370+BE	Maximum speed for $T_{bv}(N)=T_{bv0}$	(E90370 = N _{base})
E90380+BE	Maximum speed N2 for calculation of $T_{bv}(N)$	(E90380 = N _{max})
E90360+BE	Boost factor F	
E98024+BE	Integral action time constant in ms	

Enabling and Disabling Integral Action

Integral action is used to cancel the static error. It must be active during the synchronisation phase. When the two spindles are mechanically linked (e.g. during part off), integral action must mandatorily be frozen at the value it had at the time of mechanical linkage.

E98024+BE = 0	No integral action
E98024+BE > 0	Integral action with $T_i = E98024+BE$ (in ms)
E98024+BE < 0	Integral action frozen

Synchronisation Error and Tolerance

The synchronisation error (difference between the measured positions) is read in E95224+BE (in internal units). When it is less than the tolerance loaded in parameter P44 or programmed in E90310+BE (in rev/65536), the spindle-in-position report is sent to the PLC (%R13.B) and Boolean E93524+BE goes high.

Programming Example

```
(SPEED CONTROLLED SPINDLE SYNCHRONISATION)
(MASTER = B1 SLAVE = B2)
WHILE E91124=1 DO $Homing on spindle 1
M64M40M3S50%
ENDW
WHILE E91125=1 DO $Homing on broche 2
M65M40M3S50
ENDW
E94124=-1          Cancel synchronisation on spindle 1
E94125=-1          Cancel synchronisation on spindle 2
E91024=0           Speed control on spindle 1
E91025=0           Speed control on spindle 2
E90330=20000       Max. accel. on spindle 1 in deg/s²
E90331=20000       Max. accel. on spindle 2
E90370=1500        Nbase speed at max. torque on spindle 1 in rpm
E90371=1500        Nbase speed at max. torque on spindle 2
E90380=4000        Nmax speed at max. power on spindle 1 in rpm
E90381=4000        Nmax speed at max. power on spindle 2
E90321=500         Gain on spindle 2 in rpm/rev
E98025=500         Ti on spindle 2 in ms
E90360=1           Enable acceleration = f[N] on master
E90361=1000        Enable phase lead corrector on slave
M64 M40 M4 S100 EC0 Start spindle 1
M65 M40 M4 S100     Start spindle 2
E94125=24          Synchronise spindle 2 with master spindle 1
WHILE E93525=0 DO G4 F.5 $ Wait for synchronisation at 100 rpm
ENDW
$SYNCHRO OK
M64 M40 M3 S2000
WHILE E93525=0 DO G4 F.5 $Wait for synchronisation at 2000 rpm
ENDW
E98025=-E98025     Integral action frozen
G4 F5
E98025=-E98025     Integral action restored
G4 F5
M2
```

3.5 List of Parameters E Relative to Spindles

The table below lists the external parameters and associated mnemonics.

The parameter can be programmed by its number or its mnemonic.

Example: E90113 is equivalent to E[MODULOB4]

Parameter	Description	Value or unit	Associated mnemonic
E79000	Position measurement E90100 B.group		MESPOSBG
E79001	Speed reference E90200 B.group		REFVITBG
E90100 to E90103	Spindle position measurement	1/100000	MESPOSB1 to MESPOSB4
E90110 to E90113	Modulo spindles		MODULOB1 to MODULOB4
E90200 to E90203	Spindle speed reference		REFVITB1 to REFVITB4
E90300 to E90303	Maximum spindle speed with indexing		VITPALB1 to VITPALB4
E90310 to E90313	In-position or synchronisation window (P44)		FENETRE1 to FENETRE4
E90320 to E90323	Spindle position loop gain (P45)	rpm/rev	GAINB1 to GAINB4
E90330 to E90333	Spindle acceleration	deg/s ²	ACCB1 to ACCB4
E90360 to E90363	On master spindle, enable and management On slave spindle, phase lead boost factor	1/1000	ACCKFNB1 to ACCKFNB4
E90370 to E90373	N _{base} spindle rotation speed at maximum torque	rpm	N_CMAXB1 to N_CMAXB4
E90380 to E90383	N _{max} spindle rotation speed at maximum power	rpm	N_PMAXB1 to N_PMAXB4
E90390 to E90393	Maximum calculated speed in range when integral action is frozen		MAXGANB1 to MAXGAMB4
E90124 to E90127	Axes 24 to 27 or servoed spindles		ASS_B1 to ASS_B4
E91124 to 91127	Homing not completed on axes 24 to 27 or spindles		POM_B1 to POM_B4
E93525 to 93527	Axes 24 to 27 or synchronised spindles		POS_B1 to POS_B4

Parameter	Description	Value or unit	Associated mnemonic
E94124 to E94127	Master axis number for spindle synchronisation		MASTERB1 to MASTERB4
E95024 to E95027	Spindle position reference	IU	REFPOSB1 to REFPOSB4
E95224 to E95227	Spindle synchronisation error	IU	ERRSYNB1 to ERRSYNB4
E98024 to E98027	Spindle integral action time constant >0 integral action <0 integral action frozen =0 no integral action		TIB1 to TIB4

4 Resumption of Thread Cutting

4.1 General

Thread cutting may be interrupted and the part removed from the chuck, for instance for quenching. It is then reinstalled in the chuck to continue the thread cutting operation (possibly using a different spindle speed than during roughing).

When reinstalled in the chuck, the part is in a different angular position (and possibly a different axial position) than before. It is therefore necessary to teach in the new position of the thread and use it as argument in a `reprise_filetage` (resumed thread cutting) cycle.

Teach-in of the thread position is carried out manually by positioning the tool in the roughed thread and measuring the axial position) (or radial position for thread cutting in X) called `Xpos_teachin` as well as the angular position of the spindle `Spos_teachin` (E90100 for spindle 1).

4.2 Programming

Syntax

G38+ J<Xpos_delta> EC<Spos_teachin> K.. Z..

where:

J<Xpos_delta> = <Xpos_teachin> - <Xdépart>

Difference between the teach-in position of the axis and its start point when thread cutting is resumed, expressed in mm or inches, depending on whether G71 or G70 is programmed. For a taper thread, the difference is that of the major axis, i.e., the axis to which the pitch applies.

EC<Spos_teachin> Teach-in angular spindle position in degrees.

K.. Thread pitch.

Z.. Thread cutting end point.

Notes

Arguments J and EC must be programmed immediately after function G38+.

When the resumed thread cutting cycle includes several passes with straight or oblique infeed, the values of arguments J and EC remain unchanged.

For sequenced thread cutting, the blocks after the initial block must not include any arguments except the end point and possibly the pitch.

Example

Example of longitudinal thread cutting with tapered retraction

...	
G0X..Z..	Positioning at the start point
G38+ J.. EC.. K.. Z..	Longitudinal thread cutting
X.. Z..	Tapered sequencing of the thread
G0 X..	Rapid retraction off the thread

4.3 Constraints

High-speed machining is prohibited for resumed thread cutting to allow on-the-fly exit from the thread. If this function is active when G38+ is analysed, it is automatically cancelled (E11012 = 0).

The gains on the axes must be set consistently with the position loop time constant set in machine parameter P56.

The spindle must be rotating at steady speed before the block containing G38+ is executed.

4.4 Inclusion of function G38+ in Cycle G33

4.4.1 Syntax of Resumed Thread Cutting Included in the Call to Cycle G33

The teach-in positions are declared in EC.. for the spindle position and EZ.. or EX.. for the axis, depending on whether thread cutting is axial or radial. The presence of these two arguments distinguishes between normal and resumed thread cutting.

G33 X.. Z.. P.. EZ.. EC.. K.. [S..] [R..] [EA..] [EB..] [F..]

The difference between the teach-in position of the axis and its initial position is calculated in macro %10033 as well as its assignment to function J after G38+.

Macro %10033 ensures that the syntax is consistent:

It checks that both the teach-in position of the spindle and the teach-in position on the thread axis (major axis) are programmed. For a 45-degree taper thread, either axis is accepted.

In case of an error, it displays the message No 838: \$ Restart threading incoherent data.

5 Miscellaneous Changes and Updates

5.1 Creation of CNC Files

Always use the following numbering to avoid file transfer and backup problems:

- 1-9999.9 for main programs
- 10100-10255 for cycles
- 20100, 20200, 20300 and 20400 for messages
- 11000 for Reset.

5.2 Section 6.5, Message display with wait operator response

Ignore the second remark on section 6.5.

5.3 Automatic Homing Cycle

Three part programmes transferable by UT3 are used to perform automatic homing or referencing on machines equipped with incremental encoders (including machines with one or more synchronised axis pairs).

The macros recognise the type of axis (linear, modulo or with limited excursion) and generate the necessary cycle.

If the axis is the reference switch, a retraction is programmed.

List of Macros

- % 9990 Example of automatic homing for machining centres with one axis group
- %10159 Homing macro called by function G159, AUTO or MDI mode
- %9990.9 Homing macro called by the above macros. Argument L0 = symbolic name of the axis.

REMARK *Programme %9990 must be customised.*

5.3.1 Homing Mode

On machines with a single axis group, homing is performed on each axis. The order and speed must be specified in programme %9990.

On machines with multiple axis groups, programme %9990 supplied must be renamed %9990.i to have a different programme for each CNC group. Homing is performed on each axis. The order and speed must be specified in programme %9990.i. In addition, the required synchronisations must be programmed.

Customising Programme %9990 for a Machine with One Axis Group

Example of programme: Homing is to be carried out first on Z, then on X and Y and last on C.

```
%9990
IF [ .RG80 ] = 159 THEN (call by G159)
  G77 H9990.9
ELSE (call in homing mode: load axis no. in L0)
  (Programme the feed rate Fxxx if required)
  L0=2 F2000 G77 H9990.9 (Z axis)
  L0=0 F3000 G77 H9990.9 (X axis)
  L0=1 G77 H9990.9 (Y axis)
  L0=8 F10000 G77 H9990.9 (C axis)
M2
```


The OEM programmes calls to macro 9990.9 in the order in which he wishes homing to be carried out. Each call, he loads L0 with the logical number of the axis using the following rule:

L0	Axis	L0	Axis	L0	Axis
0	---> X	3	---> U	6	---> A
1	---> Y	4	---> V	7	---> B
2	---> Z	5	---> W	8	---> C

He can specify the feed rate on the axis (F...)

Customising Programmes %9990 for Multigroup Machines

Example: A machine includes two CNC groups:

- Group 1: Z, X, Y and C
- Group 2: Z, X and Y

Synchronisation on the Z axes is required after homing.

```
%9990.1 (Homing on group 1)
IF [.RG80] = 159 THEN (call by G159)
  G77 H9990.9
ELSE (call in homing mode: load axis no. in L0)
  (programme the feed rate Fxxx if required)
  L0=2 F2000 G77 H9990.9(Z axis)
  G78 Q1 P1.2(Wait for homing on Z on another group)
  L0=0 F3000 G77 H9990.9(X axis)
  L0=1 G77 H9990.9(Y axis)
  L0=8 F10000 G77 H9990.9(C axis)
M2
```

```
%9990.2(Homing on group 2)
IF [.RG80] = 159 THEN (call by G159)
  G77 H9990.9
ELSE (call in homing mode: load axis no. in L0)
  (programme the feed rate Fxxx if required)
  L0=2 F2000 G77 H9990.9 (Z axis)
  G78 Q1 P1.1 (Wait for homing on Z on another group)
  L0=0 F3000 G77 H9990.9(X axis)
  L0=1 G77 H9990.9(Y axis)
M2
```

There should be as many programmes %9990.i as there are CNC groups declared in P97 N0.

For each programme %9990.i, the OEM must programme the calls to macro 9990.9 in the order in which he wishes to home the axes of the group.

The required synchronisations are then added.

Automatic Homing Procedure in Homing Mode

A multigroup CNC must be in common group state.

The user places the CNC in homing mode and presses the Cycle start button.

Programmes %9990.i (or programme %9990) are (is) started.

Homing is performed on each of the axes requested if they are declared in the group and measured.

The cycle is described below in a special section.

On the Info and Axes pages, English messages inform the operator of progress of the cycle:

x : Moving off Axis reference switch

x Axis reference cycle in progress

x Axis referencing complete

If homing was not possible, the cycle is stopped. The operator acknowledges the message below by pressing ↵ (return)

x Axis referencing failed. QUIT :

The following message is then displayed:

STOP AUTOMATIC REFERENCING CYCLE

Check the machine parameters of the axis on which homing failed (P2/P9: Axis declaration; P17: Travel limits; P16: Reference switch position; P15: Direction of homing; P1: Axis type - modulo and limited excursion, linear).

5.3.2 Call by Function G159: AUTO (or MDI) Mode

The following block can be executed in AUTO or MDI mode and also possibly in SINGLE and DRYRUN modes:

[Fxxx] **G159 <axes>** Enter and Cycle start

where **<axes>** = {X, Y, Z, U, V, W, A, B and C}

Homing is performed on each of the programmed axes in the order XYZ UVW ABC.

The feed rate can be programmed.

Homing is performed on the measured axes declared in the group.

Macro %10159 is activated and calls programmes %9990 (or 9990.i) then %9990.9.

Except in the case of a machine error, and contrary to homing mode, a return is always made to the calling programme, which is responsible for checking whether homing was effective:

Example: Homing of the C axis at 2000 deg/mm in MDI mode

F2000 G159 **C** Enter and Cycle start

Caution: Regardless of the order of the axes programmed after G159, the movements required for homing are carried out in the order XYZ, then UVW and finally ABC by macro %10159 as delivered.

5.3.3 Axes Synchronised by Machine Parameters

Regardless whether it is called by function G159 or in homing mode, macro 9990.9 detects the presence of axes synchronised by machine parameters.

If only one axis is slaved to the programmed axis, homing is conducted jointly on the master and slave axes.

Macro 9990.9 assumes that the master and slave axes have the same characteristics: type, homing direction, travel, switch presence, area covered by the switch, etc.

Parameters P16 (reference switch position) may be slightly different for the two axes and therefore the encoder marker pulses may be reached "almost together" in the same movement. After homing the master axis, the macro continues movement over a length equal to the difference between P16 for the master and slave axes. See the symbolic variable [marge] (margin).

At the end of the cycle, the macro checks that the two axes are in the same state. If not, it displays the message:

MASTER/SLAVE AXIS REFERENCE INCOMPLETE

- If homing is complete on both axes, the cycle ends.
- If both axes are still not homed.

The macro starts a new movement for modulo axes.

If several axes are slaved to the programmed axis, the macro displays the following message at the beginning of the cycle:

MACRO 9990.9; ONLY CONTROLS ONE AXIS

Programme 9990.9 must then be adapted. This basically consists of duplicating the parts including character string mne1 and renaming it mne2, mne3, ..., as many times as there are slave axes. These adaptations are very cumbersome in general but are relatively simple for particular cases. They are performed on a case-by-case basis for such exceptional configurations.

5.3.4 Spindle/C-axis switching in DISC NT

Use of the following parameters:

E353aa = yz

aa between 0 and 31

z is associated with the parameter V260 of the servo-drive (relating to speed controller)

y is associated with the parameter V261 of the servo-drive (relating to position controller)

y, z take the values 0 or 1 depending on whether one wants to apply parameter set 1 (spindle) or 2 (C-axis).

E942xx = yy means that the servo-drive reference xx is henceforth associated with the yy address measurement (axis or spindle) feedback,

xx = physical address of the motor output reference of the spindle or axis,

yy = physical address of the measurement system

P70 N08 must be at the following value FF FF FF 08 (fictitious sensor @ 08 on spindle 1)

Error 92 shall be generated if: **aa** is inexistent and/or **xx** and/or **yy** are not recognized

Example: Spindle 1 (@ 24)

E35324 = 0 selection of spindle parameters

E94224 = 24 G4F1 association of reference / spindle measurement

E91008 = 0 G4F1 C-axis not servo-controlled

C-axis (@ 8)

E35324 = 11 selection of the C-axis parameters

E94224 = 8 G4F1 association of reference / C-axis measurement

E91008 = 1 G4F1 C-axis servo-controlled

