
Optimisation du temps de cycle Machines ISO

Contenu

| | | |
|------|--|----|
| 1 | Généralités | 4 |
| 1.1 | Le contenu du document..... | 4 |
| 1.2 | Le temps de cycle..... | 4 |
| 1.3 | Chaque seconde compte | 4 |
| 1.4 | Processus de réalisation d'une pièce | 4 |
| 1.5 | Où visualiser le temps de cycle ?..... | 5 |
| 2 | Définition du processus de travail | 6 |
| 2.1 | Choix du programme modèle | 6 |
| 2.2 | Définition du plan d'opération | 6 |
| 2.3 | Choix des outils..... | 7 |
| 2.4 | Choix des processus d'usinage..... | 7 |
| 2.5 | Montage des outils..... | 8 |
| 2.6 | Récupération de la pièce au canon..... | 10 |
| 2.7 | Travail sans canon | 10 |
| 2.8 | Ravitainer plusieurs pièces par serrage..... | 10 |
| 2.9 | Les barres | 11 |
| 2.10 | Pompe HP..... | 11 |
| 2.11 | Réaliser pièce à l'envers..... | 11 |
| 2.12 | Maîtrise des copeaux..... | 12 |
| 2.13 | Option préchauffe machine..... | 12 |
| 3 | Indexage des outils | 13 |
| 3.1 | Appel d'outils en temps masqué..... | 13 |
| 3.2 | Approche des outils..... | 15 |
| 3.3 | Dégagement des outils | 16 |
| 3.4 | Approche/Dégagement d'une fraise en bout..... | 16 |
| 3.5 | Approche/Dégagement d'une fraise à fendre | 17 |
| 3.6 | Double position d'approche d'outil [G980]..... | 18 |
| 4 | Usinages simultanés..... | 19 |
| 4.1 | Ebauche-Finition simultanée..... | 19 |
| 4.2 | Super-impose | 20 |
| 4.3 | Trois outils simultanément dans la matière | 21 |
| 4.4 | Perçage opération & contre-opération simultanée..... | 22 |
| 5 | Programmation..... | 23 |
| 5.1 | Où gagner du temps dans le programme ?..... | 23 |
| 5.2 | Programme modèle..... | 23 |

| | | |
|------|---|----|
| 5.3 | Hors boucle | 23 |
| 5.4 | Commentaires..... | 23 |
| 5.5 | Nombre de lignes de code..... | 24 |
| 5.6 | Répétition de codes..... | 24 |
| 5.7 | Appel de sous-programme | 25 |
| 5.8 | Synchronisations des canaux | 25 |
| 5.9 | Contournage lié/Arrêt précis..... | 25 |
| 5.10 | Eviter les retours en position de référence | 26 |
| 5.11 | Optimiser les temporisations | 27 |
| 5.12 | Positionnement en axe C..... | 28 |
| 5.13 | Transmit | 28 |
| 5.14 | Coupe de pièces | 29 |
| 5.15 | Contrôle bris du coupeur..... | 31 |
| 5.16 | Perçage-débouillage..... | 31 |
| 5.17 | Travail pendant ravitaillement matière | 32 |
| 5.18 | Prise de pièce par la contre-broche | 34 |
| 5.19 | Gestion de l'éjecteur | 34 |
| 6 | Pour les experts en programmation..... | 35 |
| 6.1 | Suppression des macros | 35 |
| 6.2 | Macro B | 35 |

1 Généralités

1.1 Le contenu du document

Ce document est la première édition du « Trucs & Astuces » Tornos.
Par ce document, nous souhaitons mettre notre expérience du décolletage à votre profit.
Cette première édition va traiter d'un sujet très important dans le monde du décolletage, à savoir : le temps de cycle.

1.2 Le temps de cycle

Au fait, qu'est-ce que le temps de cycle ?
Le temps de cycle est le temps que la machine met pour produire une pièce.
Le temps de cycle a donc une importance capitale dans le monde décolletage.
Chaque pièce usinée est de l'argent pour l'entreprise qui la produit.
Plus une machine est rapide dans l'usinage de sa pièce, plus de pièces seront produites pour une période donnée, donc plus d'argent entrera dans les caisses de l'entreprise.

1.3 Chaque seconde compte

Prenons un exemple concret :

Imaginez :

- une série de pièces qui nécessite une production de masse sur une année.
- un parc de 10 machines destinées à l'usinage de cette pièce.
- une production à plein temps 24/24h et 7/7j.
- un temps de cycle pour réaliser la pièce de 65 secondes.
- un prix par pièce de 1.-

La capacité maximale de votre atelier est de **4'851'692 pièces/année** soit un chiffre d'affaire de **4'851'692.-/année**.

Maintenant imaginez que vous parveniez à diminuer votre temps de cycle de 2 petites secondes, la capacité maximale de votre atelier passera à **5'005'714 pièces/année** soit un chiffre d'affaire de **5'005'714.-/année**.

Les 2 petites secondes de gagnées vous on fait gagner **154'022.-**.

1.4 Processus de réalisation d'une pièce

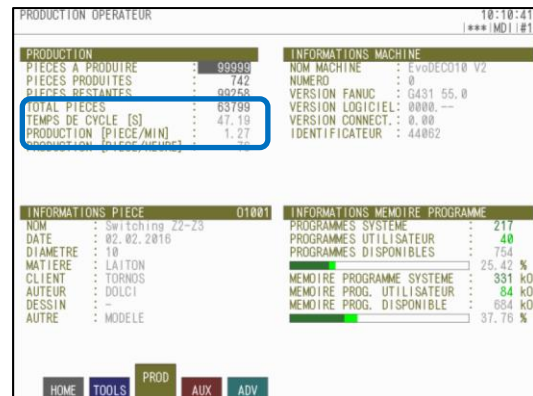
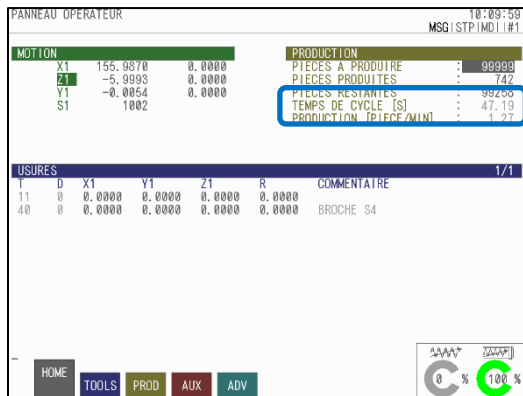
Il est important de savoir que chaque étape de réalisation d'une pièce est importante pour obtenir un temps de cycle optimal. Voici ces différentes étapes :

- 1) Définir le plan d'opérations
- 2) Définir la liste des outils
- 3) Programmer la pièce
- 4) Réaliser la mise en train
- 5) Mettre au point le programme sur la machine (sortir la pièce juste)
- 6) Optimiser le temps de cycle en adaptant le programme

1.5 Où visualiser le temps de cycle ?

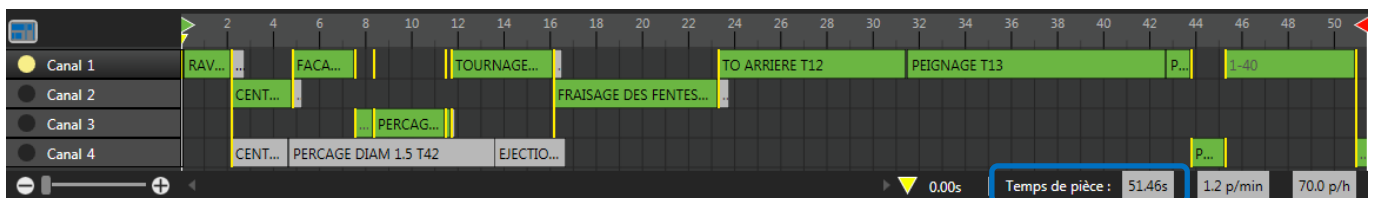
Sur les machines Tornos ISO de dernière génération il est possible de visualiser le temps de cycle dans l'interface T-MI (page de la CNC).

Il suffit d'aller sur la page « HOME » ou « PROD » du T-MI.



Veillez à ne jamais prendre en considération le premier temps de cycle, il faut toujours attendre le second tour de programme pour avoir un temps représentatif. Il faut également savoir qu'il s'agit d'un chronométrage réel il y a donc des petites fluctuations d'un cycle à l'autre.

Veillez également noter que le logiciel de programmation TISIS, permet d'avoir une estimation du temps de cycle.



2 Définition du processus de travail

2.1 Choix du programme modèle

Tornos propose plusieurs types de programme modèle. Une alternative intéressante au modèle "Standard" est le modèle "Turbo". Ce dernier modèle permet l'usinage d'une pièce par un processus innovant qui boucle beaucoup plus rapidement. A titre d'exemple, un modèle "Standard" sur une SwissGT26 boucle en 14.1 secondes alors qu'avec un modèle "Turbo" (en usinant exactement le même lopin dans les mêmes conditions coupe) boucle lui en seulement 8.8 secondes. Ceci représente un gain de **5,3** secondes soit 37.6% du temps de cycle.

Je vous invite à lire le Trucs et Astuces N°6 qui parle exclusivement de ce nouveau modèle.

2.2 Définition du plan d'opération

Pour qu'un temps de cycle soit optimal, il faut évidemment faire un maximum d'opération en parallèle. Il faut donc organiser intelligemment son plan d'opération afin d'utiliser au mieux tous les canaux de la machine.

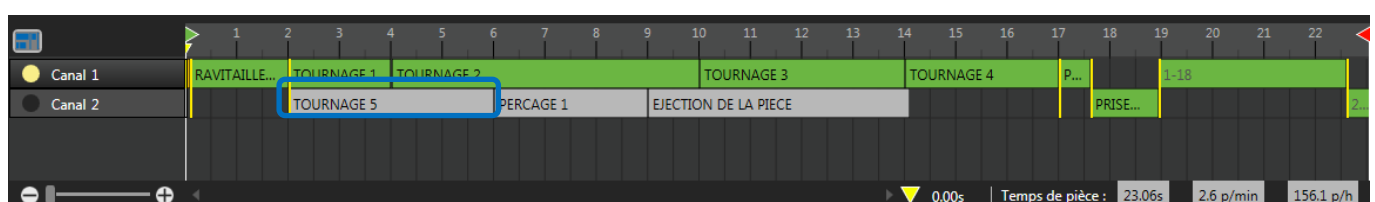
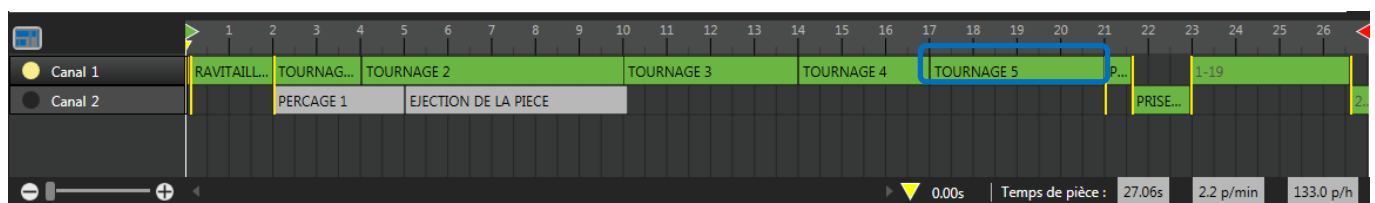
Par exemple sur une machine simple de 2 canaux, on peut se demander s'il ne serait pas judicieux de réaliser des opérations de tournage en contre-opération afin d'équilibrer au mieux les temps d'usinage dans les 2 canaux.

Il peut être intéressant de savoir que certains fabricants d'outils proposent des solutions pour avoir un porte-plaquette pour réaliser du tournage sur des positions en bout. Ce qui présente l'avantage de pouvoir réaliser plus d'opérations de tournage en contre-opération.



Exemple :

Dans l'exemple ci-dessous nous avons déplacé le « Tournage 5 » en contre-opération, et ainsi gagné quatre précieuses secondes sur le temps de cycle.



2.3 Choix des outils

Pour avoir un temps de cycle optimal il est important d'avoir les temps d'usinage les plus courts possible (temps que passent les outils dans la matière).

Pour se faire il faut avoir le bon outillage en fonction de la pièce à usiner.

Dans le choix des outils il faut tenir compte :

- Des caractéristiques de l'outil
- Du revêtement de l'outil
- De la rigidité du support
- Du nombre de dents (pour une fraise)
- De l'arrosage intégré (par le centre)

Investir dans des outils de forme peut également s'avérer être particulièrement avantageux. Cela permet d'usiner plusieurs éléments d'une pièce en une seule opération.



Avoir un bon outillage est un investissement important. Cela dit, si votre outillage vous permet des avances plus élevées dans la matière, ou des passes d'ébauches plus importantes, les temps de cycle vont diminuer donc les coûts de revient des pièces également.

2.4 Choix des processus d'usinage

Il est toujours intéressant de se poser la question, de savoir si le processus d'usinage choisi est le meilleur en termes de temps de cycle.

Pas de vis :

Pour réaliser un pas de vis, est-ce judicieux de le faire par peignage (plusieurs passes) ?

Avez-vous pensé à un tourbillonage ou un roulage qui est souvent plus rapide (une seule passe) ?

Usinage de plats :

Pour réaliser plusieurs plats sur votre pièce avez-vous pensé au polygonnage, c'est bien plus rapide que par fraisage transversal.

2.5 Montage des outils

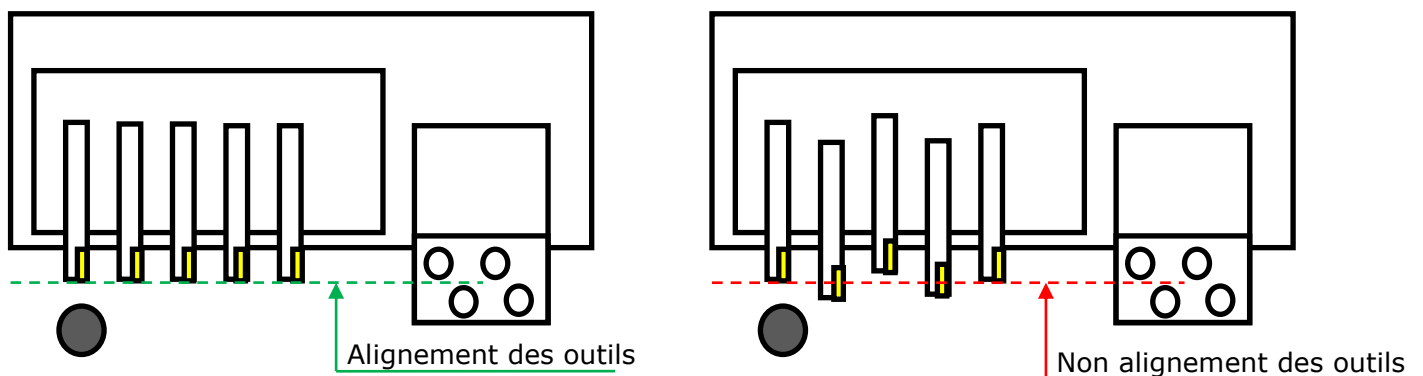
Le montage des outils à une importance fondamentale dans le temps de cycle.

Il faut toujours penser aux éléments suivants :

- Géométries des outils
- Sens des outils
- Ordonnancement des outils (selon processus)
- Rapprochement des outils

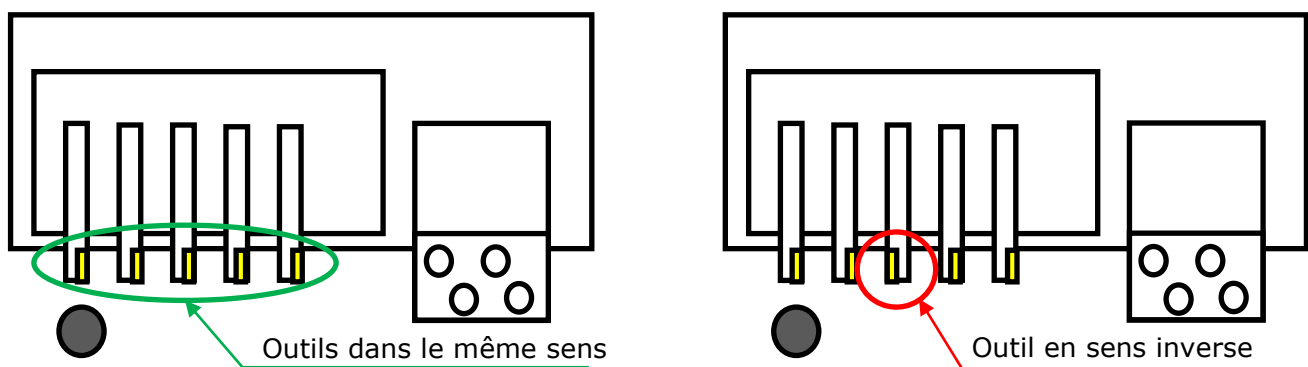
Géométries des outils :

Il est important d'essayer d'avoir les mêmes géométries (X et Z) sur tous les outils d'un même système. Ceci permettra de diminuer au maximum les déplacements des axes lors des indexages d'outils.



Sens des outils :

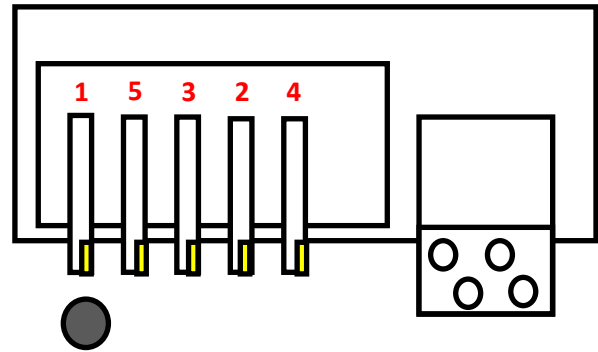
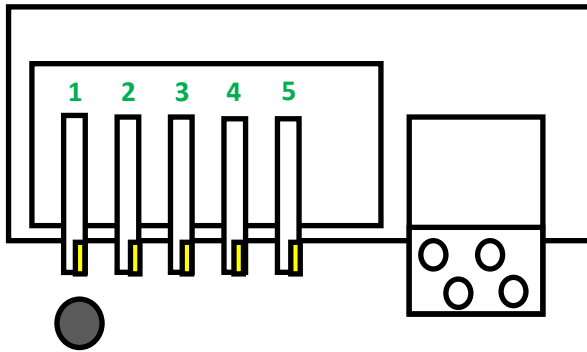
Il est important d'avoir les outils (porte-plaquette) dans le même sens. Ceci évite les inversions de sens de rotation de la broche matière, ce qui prend du temps de cycle.



Il est intéressant de constater que lors de la prise de pièce, en principe la contre-broche tourne dans le sens antihoraire [M404], ce qui est dû au sens des burins. Et très souvent nous utilisons la contre-broche pour travailler sur des mèches en contre-opération. Donc en principe la contre-broche doit inverser son sens de rotation [M403], ce qui peut prendre du temps de cycle. Il peut donc être intéressant d'utiliser des mèches qui coupent à gauche afin d'éviter les inversions de sens de rotation.

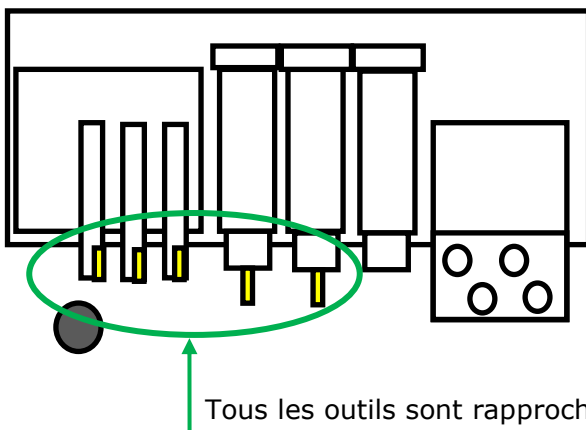
Ordonnement des outils :

Il est important que les outils soient dans l'ordre correspondant au processus d'usinage. Ce qui signifie que le premier outil utilisé doit se trouver à côté du deuxième, le deuxième outil utilisé à côté du troisième, et ainsi de suite. Ceci évite les va et vient du système d'outils lors des indexages.

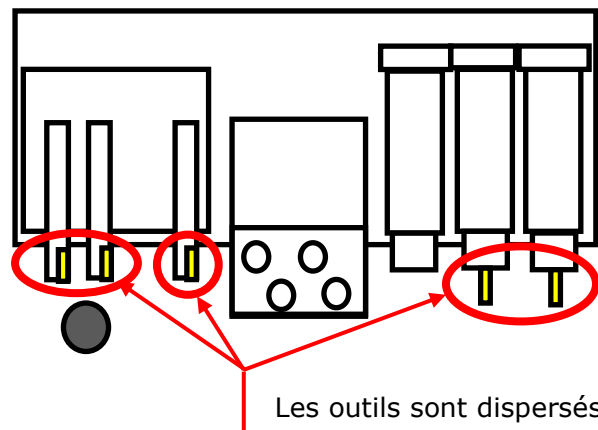


Rapprochement des outils :

Il est important d'essayer de rapprocher au maximum les outils devant être utilisés. Toujours dans le but de diminuer au maximum les déplacements d'axes lors des indexages d'outils.



Tous les outils sont rapprochés



Les outils sont dispersés

Noter également que certains fabricants d'outils proposent des supports qui permettent un rapprochement maximale entre les outils, ce qui en plus d'augmenter le nombre d'outils utilisables sur la machine, présente l'avantage de réduire les temps d'indexage des outils.



2.6 Récupération de la pièce au canon

Si la pièce vous le permet, Tornos propose des solutions pour récupérer la pièce directement au canon. Cela évite la prise de pièce en contre-broche et vous fait évidemment gagner du temps.

2.7 Travail sans canon

De nombreuses machines Tornos permettent de travailler sans canon. L'un des avantages de travailler sans canon est de diminuer la longueur de la chute. En diminuant la longueur de la chute, nous économisons évidemment de la matière, et en plus nous diminuons le nombre de ravitaillement nouvelle barre. Donc nous gagnons du temps.

Cela peut être intéressant sur de très longues séries.

Tornos recommande de ne pas faire des pièces d'une longueur supérieure à 3 fois son diamètre en mode sans canon.

2.8 Ravitailler plusieurs pièces par serrage

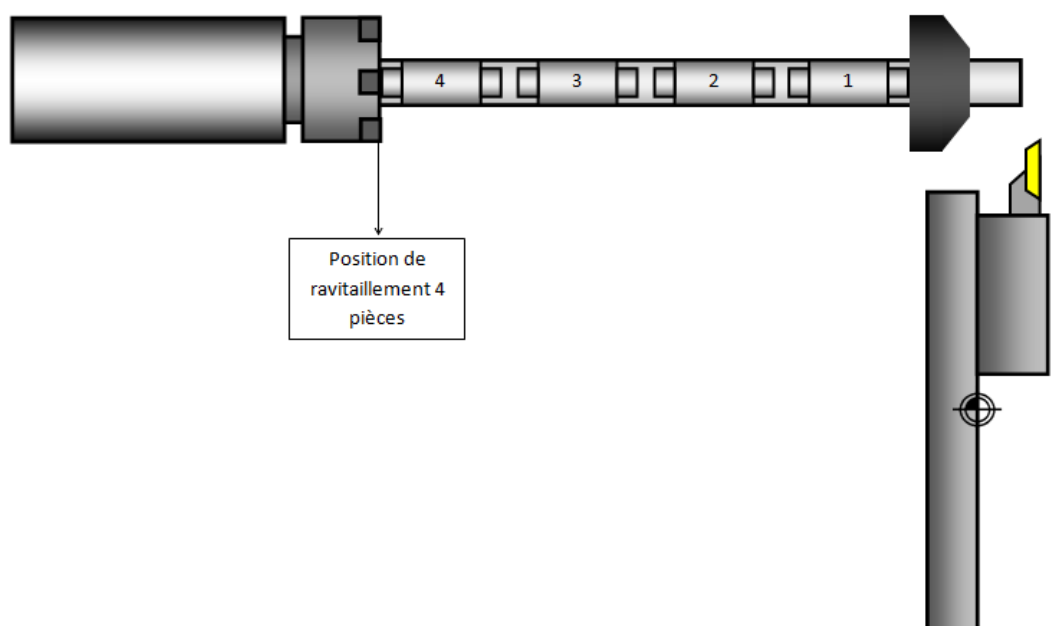
Par défaut la machine exécute une pièce par serrage.

Si la course de la poupée le permet, il peut être intéressant de ravitailler plusieurs pièces par serrage cela vous permettra de diminuer le temps de cycle moyen d'usinage d'une pièce.

Ce phénomène vient du fait que les temps d'ouvertures et fermetures de pince broche, leurs temporisations respectives et la temporisation de fin de mouvement Z lors du ravitaillement ne sont prisent en compte plus qu'une seule fois pour le nombre de pièces ravitaillées.

NB: plus on usine de pièces par serrage, plus la valeur introduite dans la largeur du coupeur (G801 B_) doit être précise.

| Valeurs indicatives | |
|------------------------------|--------------------------------------|
| Nombre de pièces par serrage | Temps de cycle gagné par pièce [sec] |
| 1 | 0 |
| 2 | 0.75 |
| 3 | 1 |
| 4 | 1.125 |
| 5 | 1.2 |
| 6 | 1.25 |
| 7 | 1.285 |
| 8 | 1.312 |
| 9 | 1.333 |
| 10 | 1.35 |



2.9 Les barres

Les barres utilisées, peuvent également avoir leur importance au niveau du temps de cycle.

Leur rectitude est très importante et si elle est assurée, plus la barre est longue, moins souvent il faudra ravitailler une nouvelle barre, donc nous gagnons en productivité.

Les barres profilées peuvent également être une bonne solution pour gagner en temps de cycle. Par exemple avec une barre 6 pans, cela peut éviter de devoir réaliser des usinages qui prennent du temps. Il est relativement facile au jour d'aujourd'hui de trouver des barres profilées ainsi que des pinces et canons de forme.

L'usinage de barres tubulaires peut également être intéressant, cela évite des perçages et la coupe de pièces est réduite du fait de ne pas couper jusqu'au centre.

2.10 Pompe HP

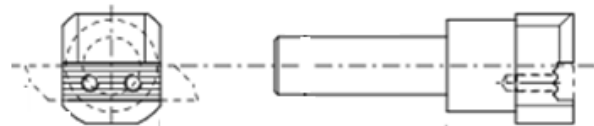
Tornos propose de nombreuses solutions en termes de pompe haute pression (HP). Ses pompes HP sont intéressantes en termes de temps de cycle pour 2 raisons :

- Elles permettent une meilleure évacuation des copeaux, donc de la chaleur. Ce qui souvent permet une légère augmentation des avances d'usinage.
- Elles permettent une meilleure évacuation des copeaux, ce qui peut éviter des arrêts machines pour enlever manuellement les copeaux.

2.11 Réaliser pièce à l'envers

Avez-vous pensé à réaliser la pièce dans l'autre sens. Autrement dit de faire la partie usinée en opération en contre-opération et vis-versa. Il est souvent intéressant de se poser la question. Parfois, il y a du temps à gagner.

Il peut être intéressant de savoir que certains fabricants d'outils proposent des solutions pour avoir un porte-plaquette pour réaliser du tournage sur des positions en bout. Ce qui présente l'avantage de pouvoir réaliser plus d'opérations de tournage en contre-opération.



2.12 Maîtrise des copeaux

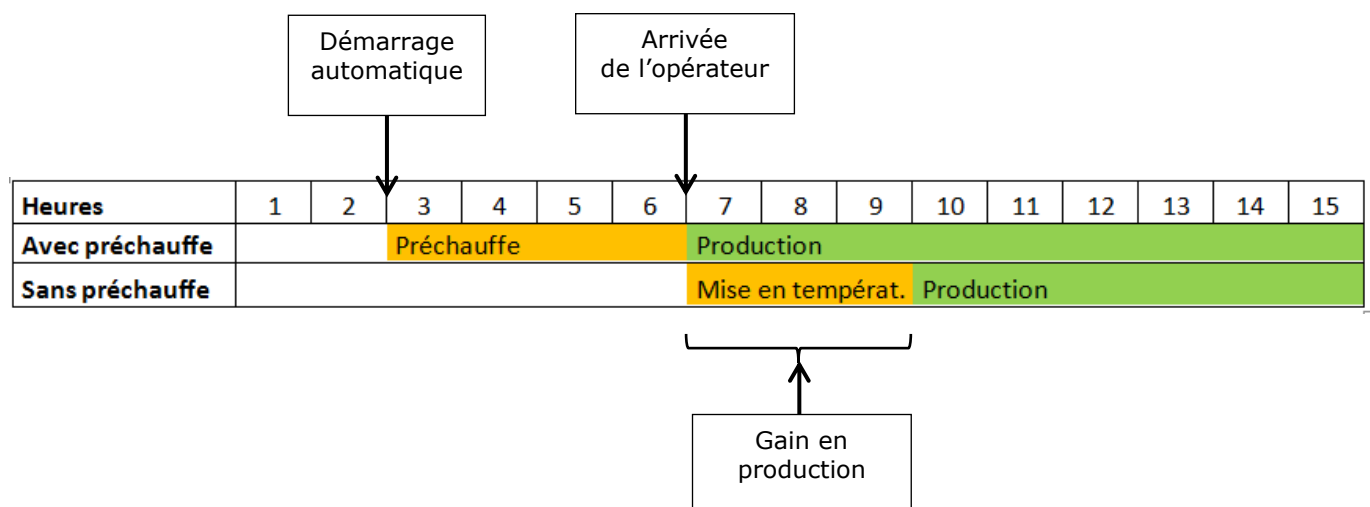
Avez-vous pensé d'utiliser la macro brise copeaux (G965) proposé par Tornos. En effet cette dernière vous permet de paramétrer la longueur de vos copeaux. En ayant des copeaux plus courts, vous aurez une meilleure évacuation de la chaleur de la zone d'usinage. Une meilleure évacuation des copeaux, peut vous permettre une diminution des arrêts machine du fait que les copeaux s'évacueront tout seul et que la durée de vie des outils peut être augmentée. Ainsi votre productivité se verra être améliorée.



2.13 Option préchauffe machine

Tornos propose en option une fonctionnalité de préchauffe de la machine pour les pièces très précises. La machine peut donc démarrer automatiquement, en mode sans matière, à une date et heure prédéfini à l'avance. L'avantage de cette fonctionnalité est de gagner le temps d'attente de mise en température de la machine.

Exemple :

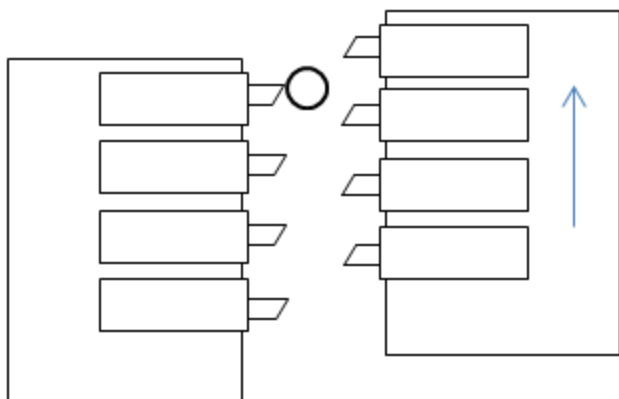


3 Indexage des outils

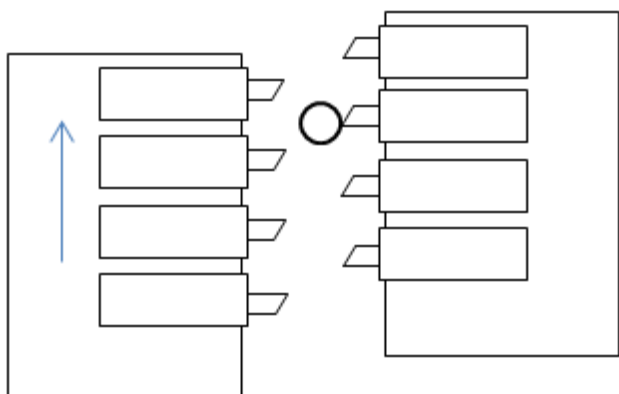
3.1 Appel d'outils en temps masqué

Sur les machines possédant des systèmes d'outils indépendants (EvoDECO, SwissNano) pour travailler à la barre, penser à organiser intelligemment vos outils, afin de pouvoir indexer les outils pendant que l'autre système est en cours d'usinage, et vice-versa.

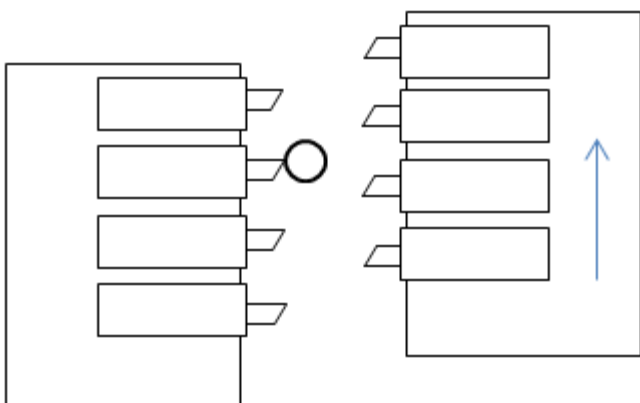
Exemple :



Usinage avec un outil du peigne 2
En parallèle préparation du prochain outil du peigne 1



Usinage avec un outil du peigne 1
En parallèle préparation du prochain outil du peigne 2



Usinage avec un outil du peigne 2
En parallèle préparation du prochain outil du peigne 1

NB : il est également intéressant, de mettre en rotation les outils tournants depuis l'autre canal en temps masqué.

Il est possible d'indexer un outil en interpolation circulaire et de paramétrer la vitesse d'indexage, ceci afin de permettre à l'outil d'arriver en position au moment exact où l'outil de l'autre système a terminé son usinage. Ceci permet d'éviter des mouvements brusques dans la machine dû à l'indexage d'outil (pendant que l'autre système travail dans la matière).

Exemple :

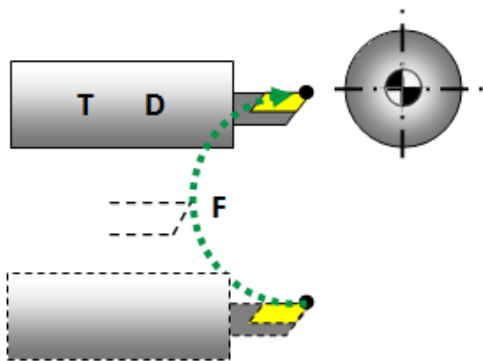
G903 T_ D_ F_

G903 : Appel d'un outil en interpolation circulaire

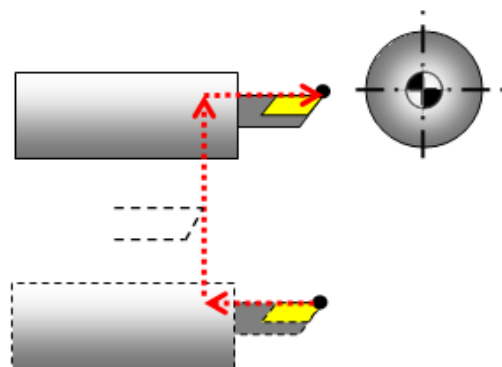
T_ D_ : Numéro de l'outil et de son correcteur souhaité

F_ : Avance lors de l'indexage [mm/min]

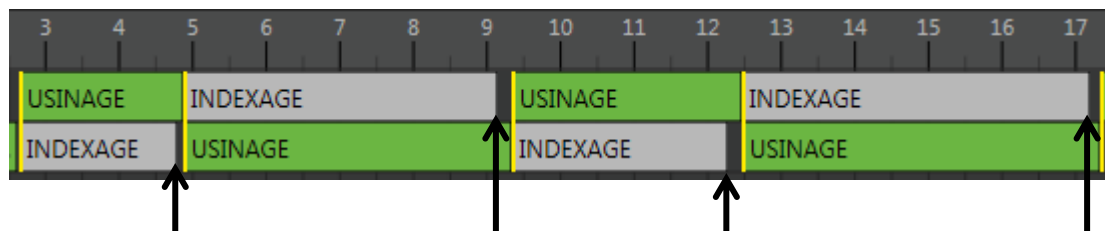
Indexage en interpolation circulaire



Indexage traditionnel



A noter que le Gantt du logiciel TISIS permet de déterminer très facilement l'avance de l'indexage pour arriver en position au bon moment.

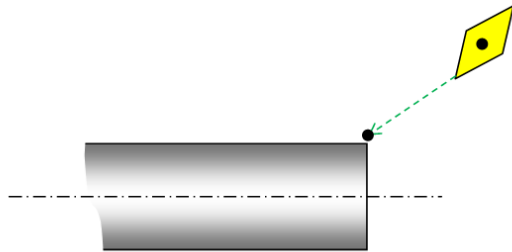


Jouer avec l'argument F du G903 afin que l'indexage soit le plus long possible sans pour autant qu'il ne soit plus long que l'usinage qui se fait en parallèle dans l'autre canal.

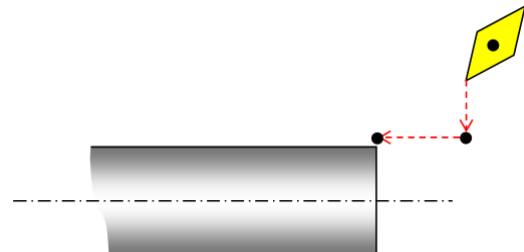
3.2 Approche des outils

Dans la mesure du possible essayer de réaliser des approches d'outils en avance rapide [G0] sur plusieurs axes simultanés.

Exemple :



Gain de temps

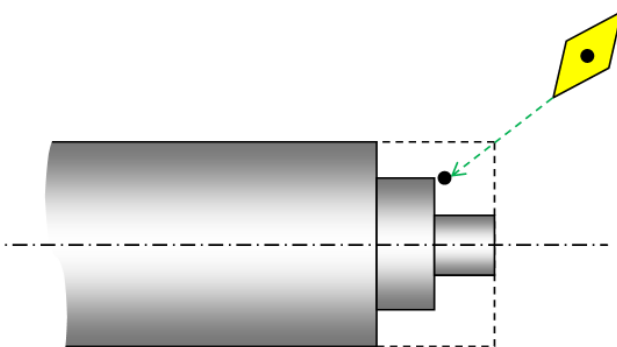


Perte de temps

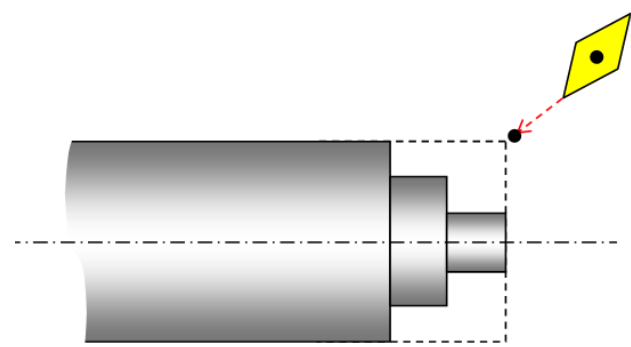
Ne pas oublier également que vous pouvez faire une approche d'outil sur des axes linéaires et rotatifs en même temps (par exemple Y Z + C).

Lors de l'approche d'un outil il faut penser que si la pièce est déjà en partie usinée que l'on peut faire ses approches d'outils plus proche que la pièce brute initiale.

Exemple :



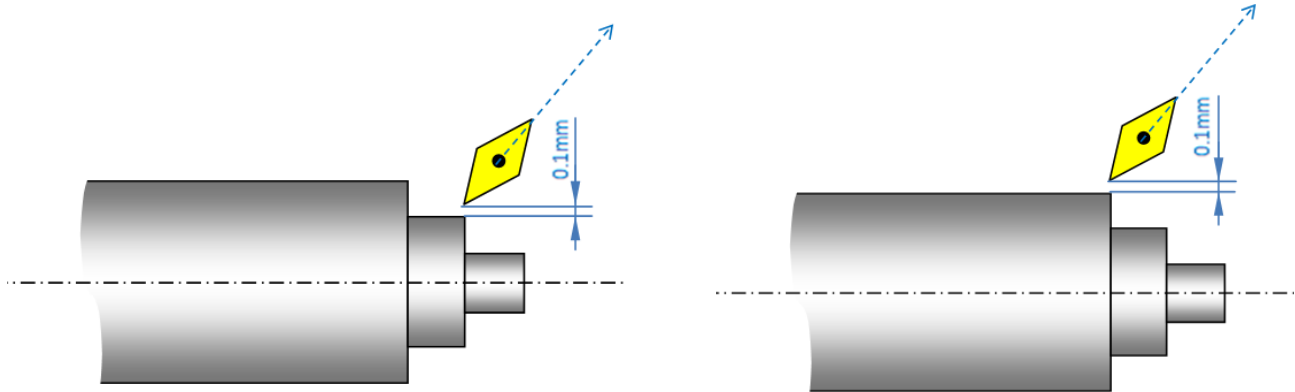
Gain de temps



Perte de temps

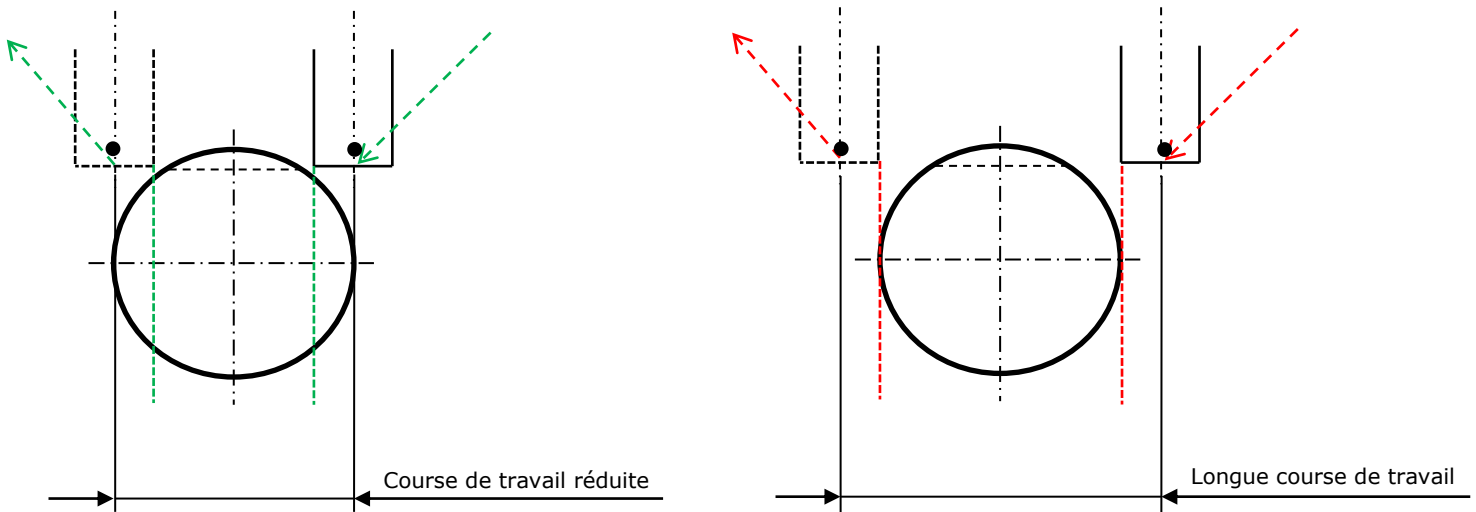
3.3 Dégagement des outils

Lorsque l'on ressort un outil de la matière [G1], si les outils sont préréglés précisément, 0.1 mm de sécurité est amplement suffisant avant le dégagement en avance rapide [G0].



3.4 Approche/Dégagement d'une fraise en bout

Lorsque vous réalisez un fraisage transversal il faut tenir compte du fait que l'on peut s'approcher en avance rapide plus près que le diamètre matière + sécurité. Il en va de même pour le dégagement. Plus la course de travail [G1] sera réduite plus on gagnera en temps de cycle.

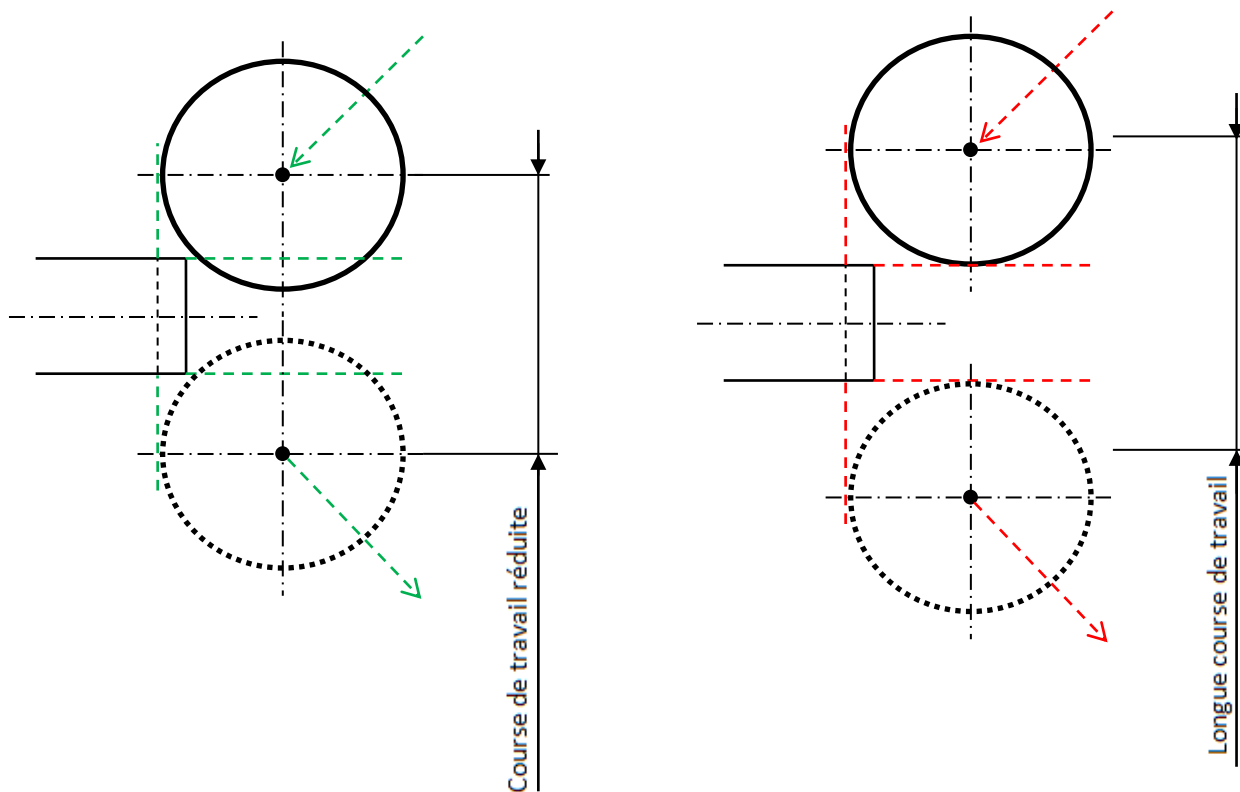


3.5 Approche/Dégagement d'une fraise à fendre

Lorsque vous réalisez un fendage pensez toujours à optimiser vos approches et vos dégagements de fraise tout en tenant compte du rayon de la fraise.

Pour se faire, nous avons deux solutions :

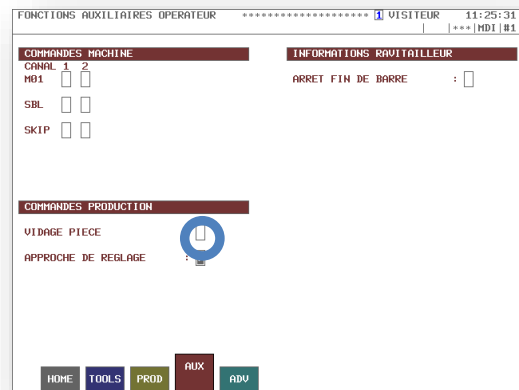
- Programmation en utilisant les accostages avec correction de trajectoire [G41/G42]
- Optimiser les approches en programmant des approches en positions machines



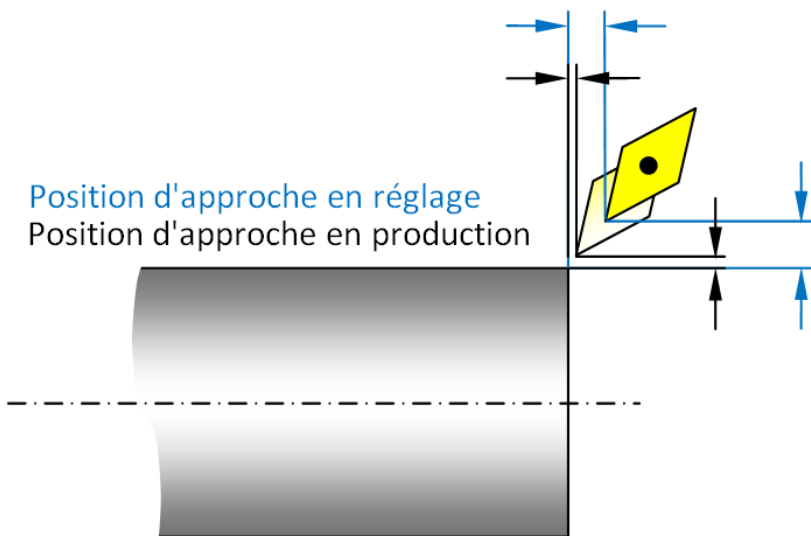
3.6 Double position d'approche d'outil [G980]

Cette option proposée par Tornos est particulièrement intéressante pour avoir des approches d'outils optimales (*donc des temps de cycle optimaux*) sans prendre le risque de collisionner avec la matière.

En effet, cette fonction vous permet d'avoir deux positions d'approches d'outil différentes entre la phase de réglage et la phase de production de votre machine. Le passage d'une phase à l'autre est possible via une case à cocher sur l'écran de la CNC (T-MI).



Ce principe vous permet de positionner vos outils extrêmement proche de la matière en avance rapide, sans risquer de venir taper grâce à une approche plus éloignée lorsque vous êtes en phase de réglage de vos outils.



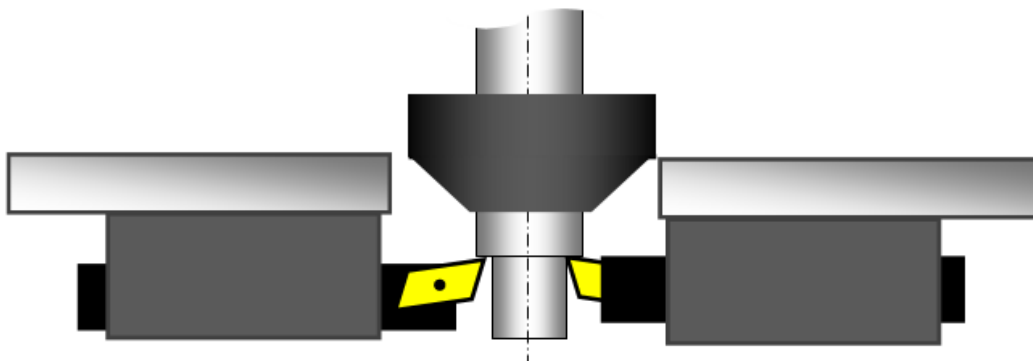
Exemple de programmation
G980 X10.01 Z0.01 U12 W1

4 Usinages simultanés

4.1 Ebauche-Finition simultanée

Sur les machines disposant de deux systèmes d'outils indépendants pour travailler sur la broche matière, il y a la possibilité de faire une ébauche-finition d'une portée simultanément. Pour ce faire, il faut un burin finition sur le premier système d'outils, et un burin ébauche sur le second. Il suffit ensuite de légèrement reculer le burin ébauche en Z (en général 0.1mm) par rapport au burin finition. Pour la programmation il y a une fonctionnalité de synchronisation des axes X [M142/M144].

Exemple :



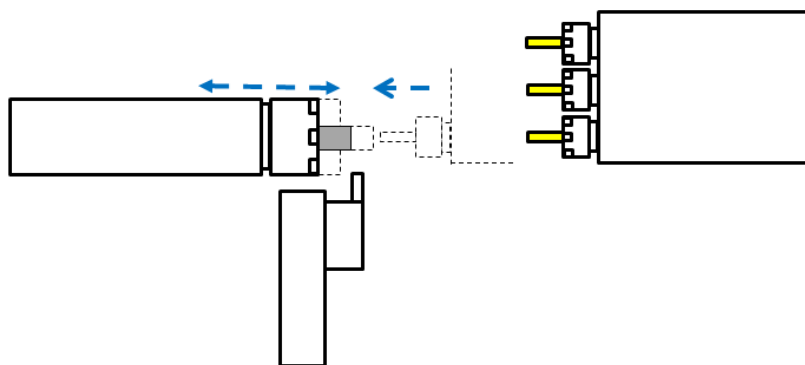
| Exemple de programmation | |
|---|------------------------|
| Canal 1 | Canal 2 |
| G54 G0 X5.3 Y0 Z1 T11 D0 M103 S4000 P1 | G95 G0 X5 Y0 T21 D0 |
| M9005 | M9005 |
| M142 G1 Z-12 F0.05 G1 X5.4 G0 X10 Z2 M143 | |
| M9006 | M9006 |

4.2 Super-impose

Plusieurs cinématiques Tornos se prêtent bien à la fonction de super-impose [M152]. La fonction super-impose permet de faire deux opérations simultanément, donc gagner du temps. Pour ce faire il faut que l'un des deux outils soit sur un axe Z indépendant de l'axe Z de la broche matière.

Exemple :

Nous pouvons observer un tournage traditionnel avec le peigne sur la broche et simultanément un perçage avec l'unité en bout. L'axe Z de l'unité en bout, va automatiquement compenser le déplacement de la broche matière instantanément.

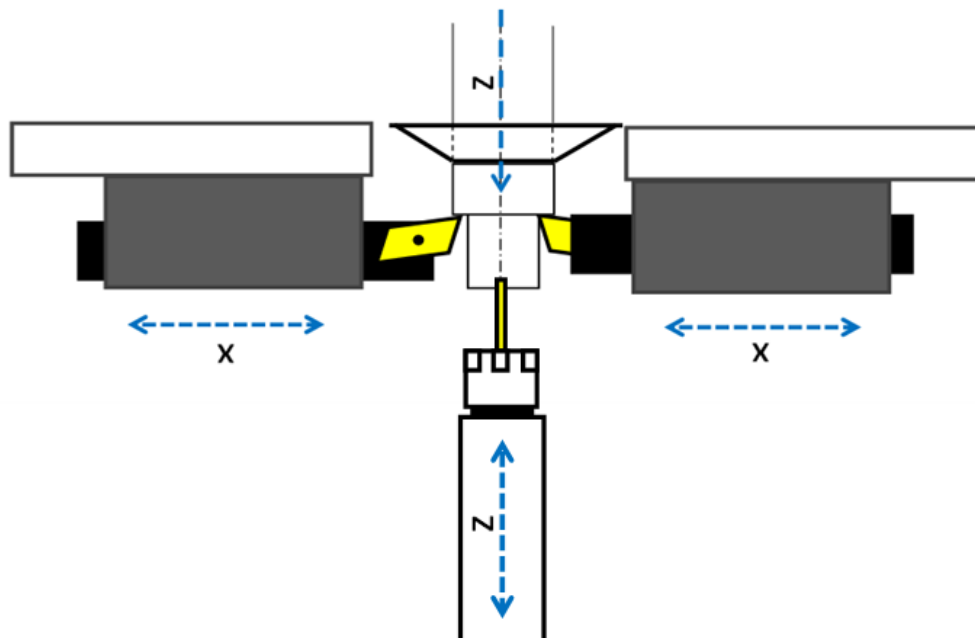


| Exemple de programmation | |
|--|--------------------|
| Canal 1 | Canal 2 |
| G54 G95 G0 X3 Y0 Z1 T1 D0 M103 S4000 P1 | G95 |
| M9005 | M9005 |
| | G915 |
| M9006 | G0 X0 Y0 Z1 T31 D0 |
| | M9006 |
| | M152 |
| M9007 | M9007 |
| G1 Z-4 F0.04 | G1 Z-7 F0.06 |
| X3.5 Z4.5 F0.03 | G0 Z2 |
| X5 | |
| G0 X10 | |
| M9008 | M9008 |
| | M153 |

4.3 Trois outils simultanément dans la matière

Il est même possible d'engager un troisième outil simultanément à la barre sur EvoDECO. Pour se faire il faut utiliser « Ebauche-Finition simultanée » + « Super-impose ».

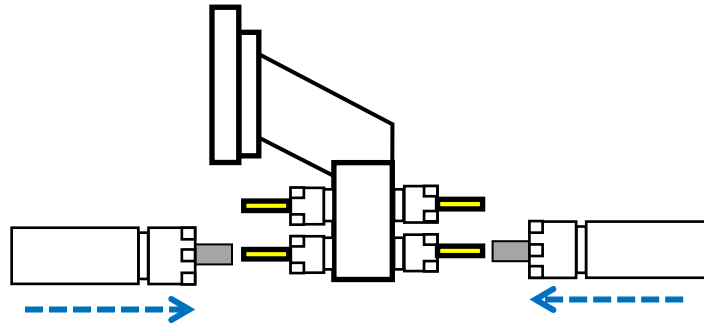
Exemple :



| Exemple de programmation | | |
|---|------------------------|--|
| Canal 1 | Canal 2 | Canal 3 |
| G54 G95 G0 X5.3 Y0 Z1 T11 D0 M103 S4000 P1 M9005 P13 | G95 G0 X5 Y0 T21 D0 | G95 |
| M9006 P13 | | M9005 P13 G915 G0 X0 Z1 T31 D0 |
| M9007 P123 M142 G1 Z-12 F0.05 G1 X5.4 G0 X10 Z2 M143 M9007 P123 | M9007 P123 | M9006 P13 M152 M9007 P123 G1 Z-7 F0.06 G0 Z2 |
| M9007 P123 | M9007 P123 | M9007 P123 M153 |

4.4 Perçage opération & contre-opération simultanée

Un grand nombre de machines Tornos peuvent bénéficier d'une embase en bout bidirectionnel. Pour gagner en temps de cycle il est intéressant de faire un perçage en opération et contre-opération de façon simultanée.



| Exemple de programmation | |
|----------------------------|----------------------------------|
| Canal 1 | Canal 2 |
| M9005 | M9005 |
| G54 | G55 |
| G0 G95 Y0 Z1 T354 G97 M103 | G0 G95 Z1 T454 G97 M403 S4000 P4 |
| S4000 P1 | |
| G0 X0 | |
| M9006 | M9006 |
| G1 Z-10 F0.04 | G1 Z-12 F0.04 |
| G0 Z2 | G0 Z2 |
| M9007 | M9007 |
| ... | ... |

5 Programmation

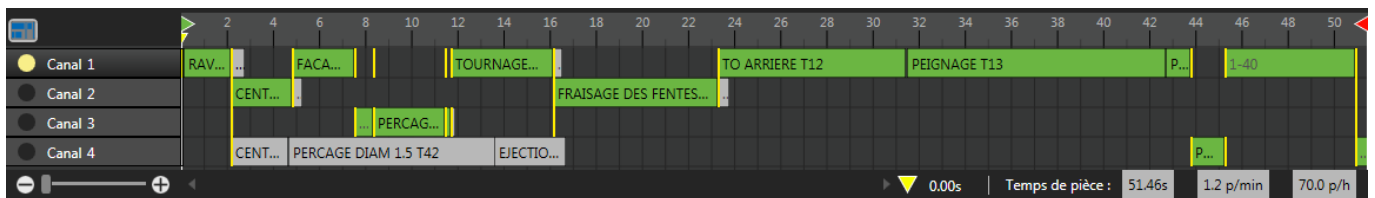
5.1 Où gagner du temps dans le programme ?

Le temps de cycle est le temps qu'il se passe entre le début de boucle et la fin de boucle. Il faut donc optimiser le programme uniquement entre le début de boucle [code M120] et la fin de boucle [code M121].

Un programme pièce est réparti sur ses différents canaux. Il est important de savoir que ça ne sert à rien d'optimiser le programme sur des opérations qui ne se trouvent pas sur le chemin critique. Le logiciel de programmation « TISIS », mis à disposition par Tornos permet de mettre en évidence le chemin critique.

Exemple :

Dans le Gantt ci-dessous nous voyons les opérations en vert qui définissent le chemin critique, il est donc inutile de chercher à gagner du temps sur les opérations qui ne sont pas vertes.



5.2 Programme modèle

Tornos a pour habitude de livrer avec ses machines des modèles de programme pièce, permettant l'usinage d'un lopin de façon entièrement sécurisée. Il est évidemment possible d'adapter se modèle à sa convenance afin de gagner en temps de cycle.

5.3 Hors boucle

Il faut toujours faire un maximum d'opérations hors de la boucle d'usinage, soit avant le code M120. Exemple de codes :

- Activation arrosage [M8]
- Mise en rotation des outils [Mxx03]
- Initialisation valeurs
- Calculs préliminaires
- Décalage d'origine
- ...

5.4 Commentaires

La suppression des commentaires dans le programme va vous faire gagner du temps.

Exemple :

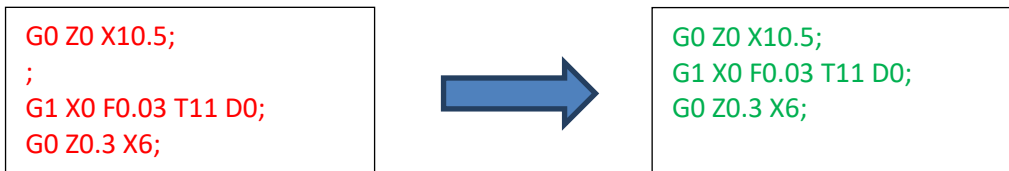


5.5 Nombre de lignes de code

Pour que le temps de cycle soit optimal, il faut faire en sorte d'avoir le moins de lignes de codes possible.

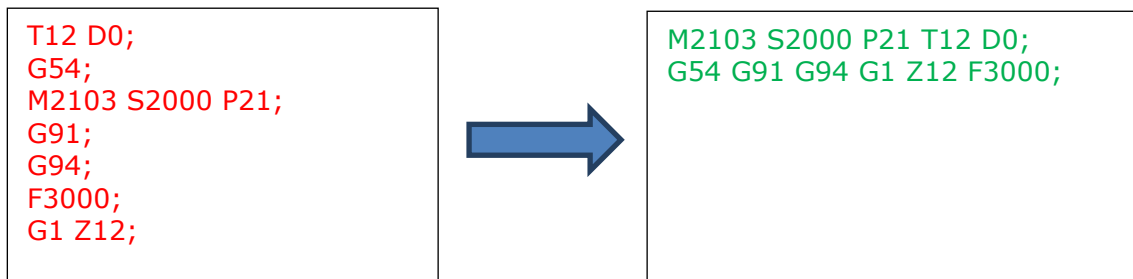
Il faut donc supprimer les sauts de ligne inutiles

Exemple :



Il faut également mettre un maximum de codes sur la même ligne.

Exemple :



NB: sur SwissNano il n'est pas possible de mettre en rotation la broche sur la même ligne que l'appel d'outil.

5.6 Répétition de codes

Certains codes sont modaux, ce qui signifie qu'ils restent actifs jusqu'à leur annulation.

Il faut donc éviter de les répéter.

Voici quelques exemples de codes modaux :

- G0/G1
- G40/G41/G42
- G54/G55/G56/G57/G58/G59
- G61/G64
- G90/G91
- G94/G95
- G96/G97
- ...

Il faut également éviter de répéter plusieurs fois d'affilée l'appel du même outil T_ D_.

5.7 Appel de sous-programme

Les appels de sous-programme [G65] prennent du temps de cycle. Il est donc judicieux de les éviter s'ils ne sont pas indispensables.

5.8 Synchronisations des canaux

Les synchronisations des canaux [M9xxx] prennent également du temps, il faut donc utiliser uniquement celles qui sont nécessaires.

Sur les machines possédant plus que 2 canaux il n'est évidemment pas nécessaire de synchroniser les 4 canaux, il est possible d'en synchroniser que 2 ou 3 à la fois.

| Exemple de programmation | | | |
|--------------------------|----------------|----------------|----------------|
| Canal 1 | Canal 2 | Canal 3 | Canal 4 |
| M9000 P1234 | M9000 P1234 | M9000 P1234 | M9000 P1234 |
| ... | ... | ... | ... |
| M9001 P12 | M9001 P12 | ... | ... |
| ... | ... | ... | ... |
| ... | M9002 P24 | ... | M9002 P24 |
| ... | ... | ... | ... |
| M9003 P134 | ... | M9003 P134 | M9003 P134 |
| ... | ... | ... | ... |
| ... | ... | ... | ... |

5.9 Contournage lié/Arrêt précis

Sur nos machines, il est possible de travailler en mode contournage lié [G64] ou en mode arrêt précis [G61].

L'arrêt précis est pratique pour certaines opérations de finition, mais il faut savoir qu'une fois qu'il a été activé, il reste actif tant qu'il n'y a pas été annulé [G64]. Et en effet, l'arrêt précis fait perdre du temps, car il marque un petit temps mort entre chaque segment.

Le mode par défaut est le contournage lié [G64].



A noter qu'il est possible d'utiliser la fonction G9 qui elle active un arrêt précis mais uniquement sur le bloc en cours.

5.10 Eviter les retours en position de référence

Très souvent nous voyons des retours des axes en position de référence dans les programmes [G28]. Il faut à tout prix les éviter s'ils ne sont pas nécessaires, car les longs déplacements prennent évidemment du temps.

S'il s'agit simplement de vouloir une simplicité de programmation, optez plutôt pour la fonction [G53 G0 X_Y_Z_].

Le [G53] vous permet de programmer une position machine. De plus il présente l'avantage d'être actif uniquement sur un seul bloc, il n'y a donc pas besoin de réactiver un décalage d'origine.

Exemple :

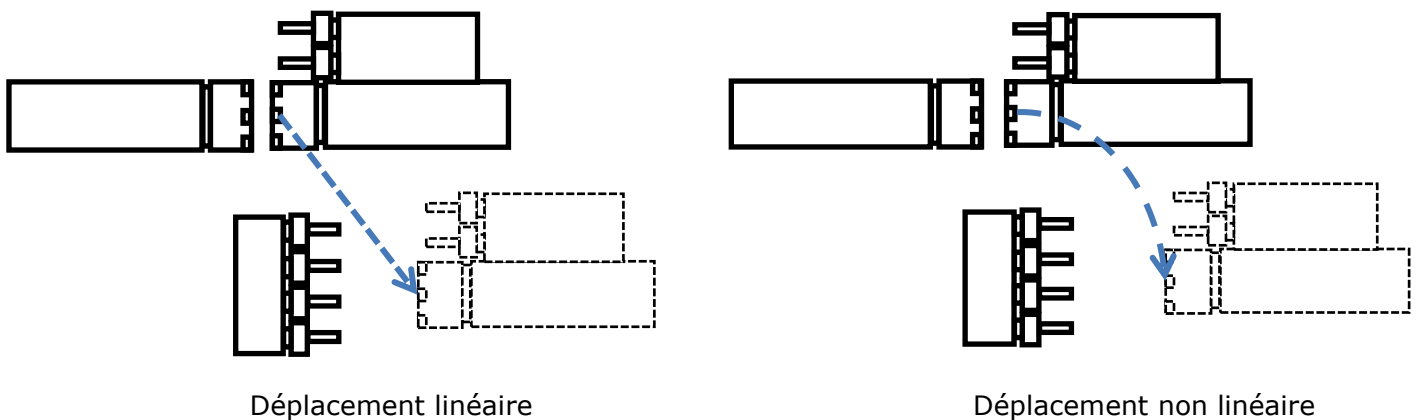
G53 G0 X212 → l'axe X va donc se rendre en avance rapide à une position machine de 212.

Il est également possible de faire des positionnements machine sur 2 axes simultanés.

Exemple :

G53 G0 X212 Z243 → l'axe X va donc se rendre en avance rapide à une position machine de 212 et en même temps l'axe Z à une position de 243.

Il faut tout de même savoir que lorsque l'on programme 2 axes en position machine simultanément, que le déplacement ne se fait pas de façon linéaire.



5.11 Optimiser les temporisations

Il est intéressant d'affiner au mieux la durée des temporisations. Donc faites quelques essais réels pour affiner au mieux les temporisations. De plus n'oubliez pas que certains de vos éléments pneumatiques comprennent des limiteurs de débit réglables.

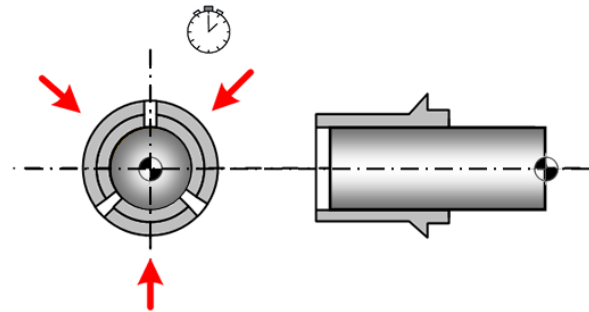
Dans les programmes modèles livrés par Tornos, il y a toujours une fonction G802 dans la partie d'initialisation. Cette fonction G802 permet de paramétrer les temporisations non accessibles par l'utilisateur, qui se trouvent à l'intérieur des macros Tornos (G9xx). Par défaut, Tornos les configure de façon à garantir le bon fonctionnement de la machine. Cela dit, elles peuvent parfois être affinées (réduites).

Exemple :

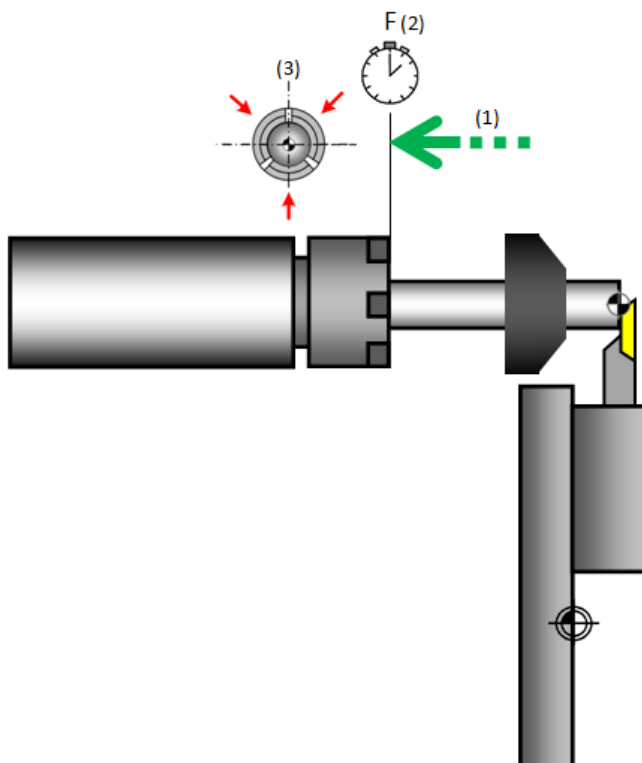
Si je prends par exemple une temporisation de fermeture pince broche, elle a pour rôle de garantir que la pince soit fermée avant que la machine n'entame une autre action.

Pour affiner cette valeur il faut une bonne connaissance de sa machine. Car en effet les temps de fermeture de pince dépendent :

- Du diamètre de la barre
- De l'état de la pince
- De la qualité (débit) du circuit pneumatique

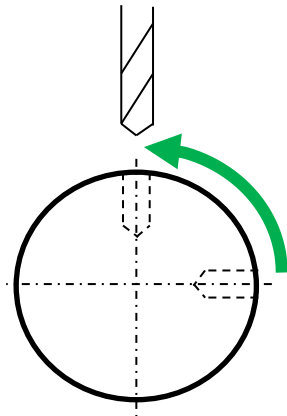


Une autre temporisation très intéressante, est la temporisation de fin de ravitaillement pièce (G802 F_). Par défaut une valeur de 0.5 secondes est prise en compte. Dans la majorité des cas cette dernière peut être réduite.

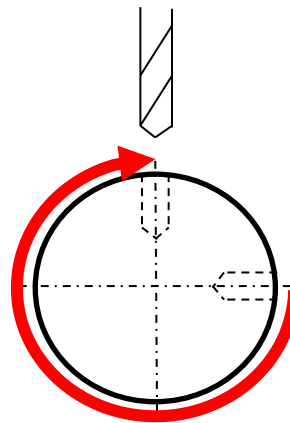


5.12 Positionnement en axe C

Lorsque vous faites plusieurs orientations successives de votre axe C, veillez à toujours prendre le chemin le plus court.



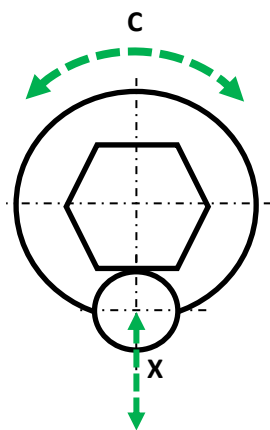
Chemin le plus court



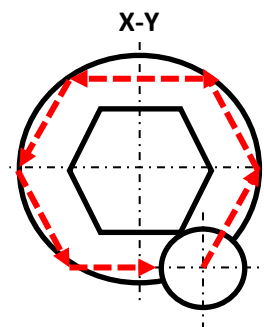
Chemin le plus long

5.13 Transmit

Lorsque vous devez faire du fraisage sur une face, optez pour un fraisage en mode Transmit [G12.1] (mouvement en X et C) plutôt qu'un fraisage traditionnel (mouvement en X et Y). Dans de nombreux cas, cela vous fera gagner en temps de cycle.



Fraisage en Transmit



Fraisage traditionnel

5.14 Coupe de pièces

En général la coupe de la pièce se trouve sur le chemin critique. Il est donc important que l'opération s'effectue le plus rapidement possible.

Coupe en deux temps :

Dans les modèles Tornos la coupe s'effectue en 2 deux temps. Dans le deuxième temps l'avance de la coupe est réduite car l'effort de coupe est plus important lorsque le coupeur arrive au point de centre. S'il s'avère que vous estimez que ce n'est pas nécessaire vous pouvez faire la coupe en une seule fois, vous gagnerez du temps.

Exemple :

```
G1 G95 X0 F0.02 (COUPE) ;
G1 X-1 F0.01 (FIN DE COUPE) ;
```



```
G1 G95 X-1 F0.02 ;
```

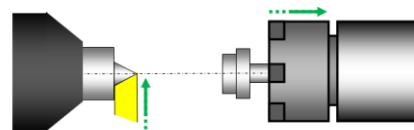
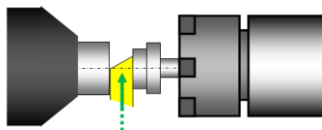
Une autre possibilité est de faire la fin de coupe en même temps que le dégagement de la contre-broche.

Exemple :

```
G1 G95 X0 F0.02 (COUPE) ;
G1 X-1 F0.01 (FIN DE COUPE) ;
M9203 ;
```



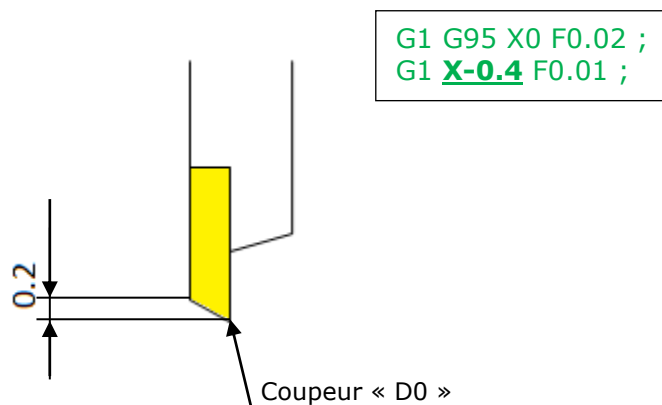
```
G1 G95 X0 F0.02 (COUPE) ;
M9203 ;
G1 X-1 F0.01 (FIN DE COUPE) ;
```



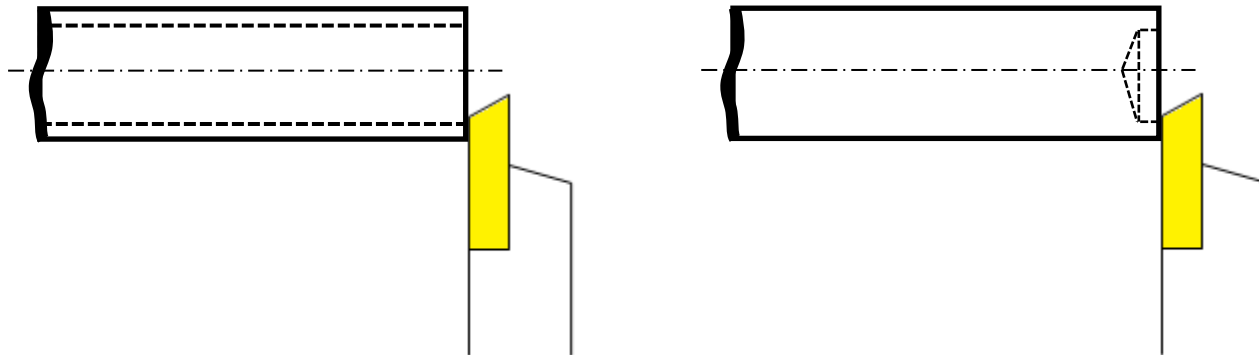
Position fin de coupe :

Dans les modèles Tornos la position fin de coupe est à X-1mm. Cette distance peut être affinée en fonction du type de coupeur utilisé. Pour un coupeur droit on peut mettre X0 comme position fin de coupe.

Pour un coupeur qui a un angle suivre l'exemple ci-dessous :



Si l'on usine des tubes, ou des pièces qui sont percées outre en opération, alors il n'est pas nécessaire de faire la coupe jusqu'au centre. Une coupe jusqu'au diamètre intérieur de la pièce vous fera gagner du temps.



Position fin de coupe pour usinage de tube

Position fin de coupe pour pièce percée outre

NB : pour l'usinage de tubes, nous préconisons de mettre un bouchon en bout de barre, afin d'éviter que l'huile de coupe finisse dans le ravitailleur.

Coupe à vitesse constante :

Dans les modèles Tornos la coupe est réalisée avec une avance en mm/tr [G95] et une fréquence de rotation constante [G97].

Or, plus un outil (porte-plaquette) approche du centre de la barre, moins il enlève de matière.

Il y a donc la possibilité de faire une coupe à vitesse constante (m/min) [G96], et une avance en mm/tr [G95].

En utilisant [G95] + [G96] l'avantage est que plus on approche du centre de la barre plus la broche tourne vite et plus l'avance augmente.

Ceci est très appréciable notamment pour la coupe de gros diamètre. Cela vous fera gagner du temps de cycle.

Exemple :

```
G1 G95 X0 F0.02 (COUPE) ;
G1 X-1 F0.01 (FIN DE
COUPE) ;
```

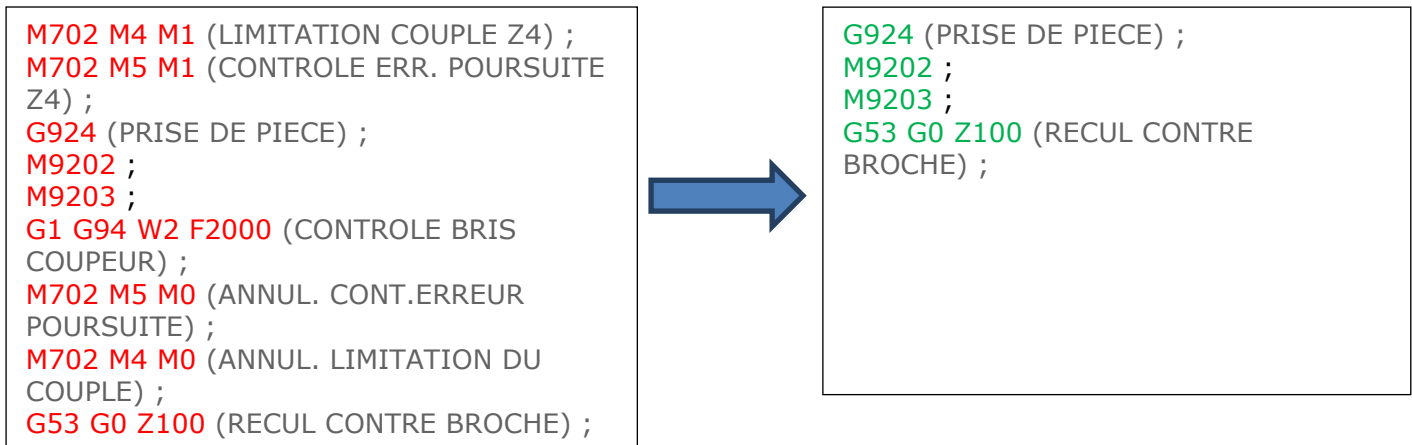


```
G92 S_ (VITESSE MAXI
TR/MIN) ;
G95 G96 ;
M103 S_ P1 (VITESSE M/MIN) ;
G1 X-1 F0.02 (COUPE) ;
```

5.15 Contrôle bris du coupeur

Dans les modèles livrés par Tornos, il y a toujours un contrôle de bris du coupeur qui y est intégré. Ce contrôle bris de coupeur fonctionne en contrôlant le recul de la contre-broche Z4 après la prise de pièce (avec la limitation du couple + contrôle de l'erreur de poursuite). Ce système est pratique mais évidemment il prend un peu de temps de cycle. Il est évidemment possible de le supprimer.

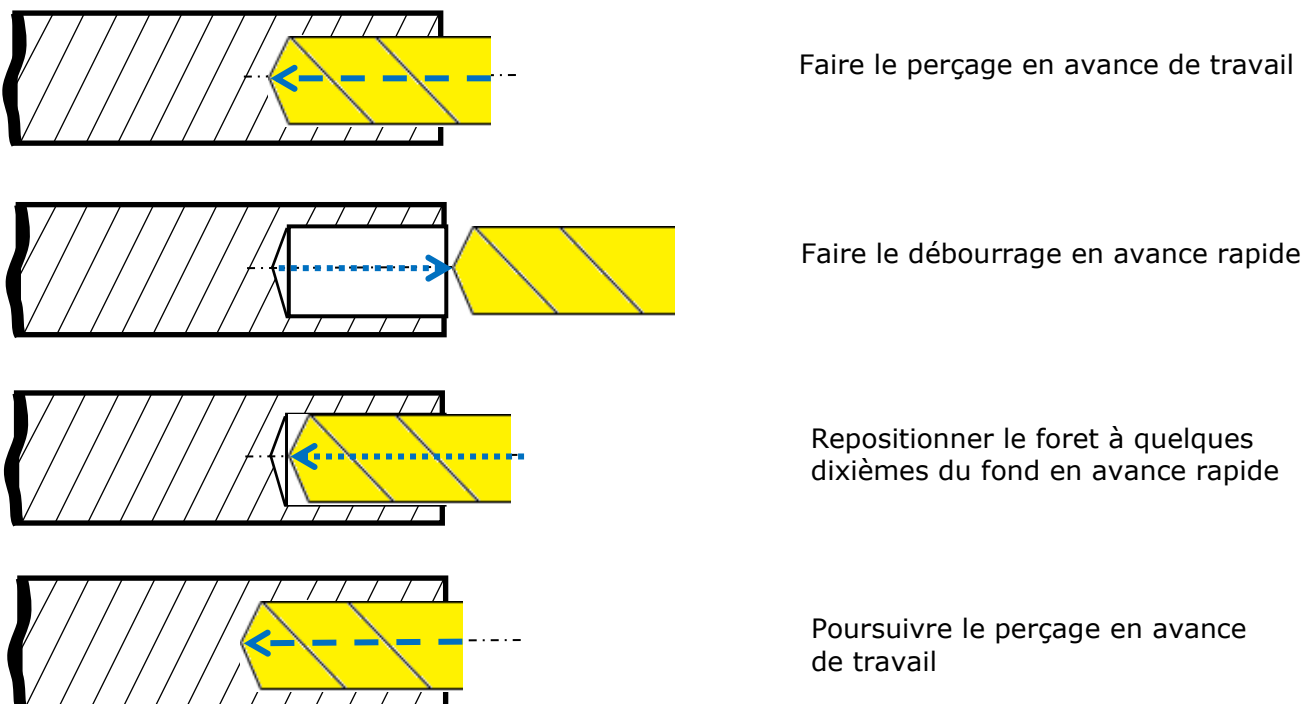
Exemple :



5.16 Perçage-débouillage

Lorsque vous programmez un perçage-débouillage, pensez toujours à faire vos déplacements qui n'enlèvent pas de copeaux dans une avance plus rapide que l'avance de travail.

Exemple :



5.17 Travail pendant ravitaillement matière

Dans les modèles livrés par Tornos, il y a la fonction G912 qui permet de ravitailler une certaine quantité de matière afin de permettre l'usinage d'une pièce. En général le ravitaillement matière se trouve sur le chemin critique. Il est judicieux de faire quelque chose en parallèle dans les autres canaux.

Exemple 1 :

Dans l'exemple ci-dessous, nous avons déplacé le recul de la contre-broche après la prise de pièce. Ainsi pendant le ravitaillement matière nous reculons la contre-broche et gagnons en temps de cycle. Il est intéressant d'ajouter ce même recul après le M121 pour que lorsque le cycle s'arrête la contre-broche soit en arrière.

| Canal 1 | Canal 2 |
|---|---------------------------------|
| Variables pièce (G800) Variables de coupe (G801) Variables de temporisation (G802) Variables éléments machine (G803) | |
| M9000 | M9000 |
| G900 (Initialisation) | G900 (Initialisation) |
| M9001 | M9001 |
| | Référence des axes Z4, X4 et Y4 |
| M9002 | M9002 |
| Référence des axes X1, Y1 G910 (Coupe initiale) | |
| M9003 | M9003 |
| N1 M120 (Début de boucle) | N1 M120 (Début de boucle) |
| G913 (Test du fin de barre) G930 (Gestion du sans matière) G912 (Ravitaillement matière) | |
| M9004 | M9004 |
| Usinage | Usinage Ejection de la pièce |
| M9005 | M9005 |
| Appel du coupeur | |
| M9006 | M9006 |
| | Prise de pièce |
| M9007 | M9007 |
| Coupe | |
| M9008 | M9008 |
| | Recul de la contre broche |
| M121 (Fin de boucle) | M121 (Fin de boucle) |
| Arrêt des broches Arrêt de l'arrosage | Arrêt des broches |
| M9009 | M9009 |
| Arrêt en fin de cycle | Arrêt en fin de cycle |
| M9010 | M9010 |
| M99 P1 M2 | M99 P1 M2 |

| Canal 1 | Canal 2 |
|---|---|
| Variables pièce (G800) Variables de coupe (G801) Variables de temporisation (G802) Variables éléments machine (G803) | |
| M9000 | M9000 |
| G900 (Initialisation) | G900 (Initialisation) |
| M9001 | M9001 |
| | Référence des axes Z4, X4 et Y4 |
| M9002 | M9002 |
| Référence des axes X1, Y1 G910 (Coupe initiale) | |
| M9003 | M9003 |
| N1 M120 (Début de boucle) | N1 M120 (Début de boucle) |
| G913 (Test du fin de barre) G930 (Gestion du sans matière) G912 (Ravitaillement matière) | Recul de la contre broche |
| M9004 | M9004 |
| Usinage | Usinage Ejection de la pièce |
| M9005 | M9005 |
| Appel du coupeur | |
| M9006 | M9006 |
| | Prise de pièce |
| M9007 | M9007 |
| Coupe | |
| M121 (Fin de boucle) | M121 (Fin de boucle) |
| Arrêt des broches Arrêt de l'arrosage | Recul de la contre broche Arrêt des broches |
| M9009 | M9009 |
| Arrêt en fin de cycle | Arrêt en fin de cycle |
| M9010 | M9010 |
| M99 P1 M2 | M99 P1 M2 |

Exemple 2 :

Dans l'exemple ci-dessous, nous avons supprimé la synchronisation canaux [M9004] afin de débiter l'usinage en contre-opération en même temps que le ravitaillement matière. Attention la suppression de cette synchronisation n'est possible que si l'axe Z4 va travailler en contre-opération et non pas à la barre.

| Canal 1 | Canal 2 |
|---|---------------------------------|
| Variables pièce (G800) Variables de coupe (G801) Variables de temporisation (G802) Variables éléments machine (G803) | |
| M9000 | M9000 |
| G900 (Initialisation) | G900 (Initialisation) |
| M9001 | M9001 |
| | Référence des axes Z4, X4 et Y4 |
| M9002 | M9002 |
| Référence des axes X1, Y1 G910 (Coupe initiale) | |
| M9003 | M9003 |
| N1 M120 (Début de boucle) | N1 M120 (Début de boucle) |
| G913 (Test du fin de barre) G930 (Gestion du sans matière) G912 (Ravitaillement matière) | |
| M9004 | M9004 |
| Usinage | Usinage Ejection de la pièce |
| M9005 | M9005 |
| Appel du coupeur | |
| M9006 | M9006 |
| | Prise de pièce |
| M9007 | M9007 |
| Coupe | |
| M9008 | M9008 |
| | Recul de la contre broche |
| M121 (Fin de boucle) | M121 (Fin de boucle) |
| Arrêt des broches Arrêt de l'arrosage | Arrêt des broches |
| M9009 | M9009 |
| Arrêt en fin de cycle | Arrêt en fin de cycle |
| M9010 | M9010 |
| M99 P1 | M99 P1 |
| M2 | M2 |

| Canal 1 | Canal 2 |
|---|------------------------------------|
| Variables pièce (G800) Variables de coupe (G801) Variables de temporisation (G802) Variables éléments machine (G803) | |
| M9000 | M9000 |
| G900 (Initialisation) | G900 (Initialisation) |
| M9001 | M9001 |
| | Référence des axes Z4, X4 et Y4 |
| M9002 | M9002 |
| Référence des axes X1, Y1 G910 (Coupe initiale) | |
| M9003 | M9003 |
| N1 M120 (Début de boucle) | N1 M120 (Début de boucle) |
| G913 (Test du fin de barre) G930 (Gestion du sans matière) G912 (Ravitaillement matière) | Usinage en contre-opération |
| Usinage | Ejection de la pièce |
| M9005 | M9005 |
| Appel du coupeur | |
| M9006 | M9006 |
| | Prise de pièce |
| M9007 | M9007 |
| Coupe | |
| M9008 | M9008 |
| | Recul de la contre broche |
| M121 (Fin de boucle) | M121 (Fin de boucle) |
| Arrêt des broches Arrêt de l'arrosage | Arrêt des broches |
| M9009 | M9009 |
| Arrêt en fin de cycle | Arrêt en fin de cycle |
| M9010 | M9010 |
| M99 P1 | M99 P1 |
| M2 | M2 |

5.18 Prise de pièce par la contre-broche

Dans les modèles livrés par Tornos, il y a toujours une approche de la contre-broche à 2 mm de la pièce avant de faire la prise de pièce. Si vous voulez gagner du temps de cycle il est possible de faire directement la prise de pièce. Il est également possible d'augmenter l'avance (qui par défaut est de 4'000mm/min).

Si G924 A0 (l'approche se fait en avance rapide).
 Si G924 A1000 (l'approche se fait à 1'000mm/min).
 Si G924 (l'approche se fait à 4'000mm/min).

Exemple :

```
G0 X0 T40 ;
G0 Z2 (APPROCHE DE LA CONTRE
BROCHE) ;
G924 (PRISE DE PIECE) ;
```



```
G0 X0 T40 ;
G924 A0 (PRISE DE PIECE) ;
```

Dans les modèles livrés par Tornos, il y a toujours une synchronisation entre les phases de la broche et les phases de la contre-broche [M418]. Le fait d'avoir déjà la contre-broche en rotation à la bonne vitesse (même vitesse que la broche mais dans l'autre sens) au moment du M418 vous fera gagner du temps de cycle.

La synchronisation des phases n'est pas indispensable, si vous n'avez pas besoin d'une prise de pièce orienté, vous pouvez la remplacer par M417 qui va simplement synchroniser les vitesses de broche et contre-broche ce qui vous fera gagner du temps.

5.19 Gestion de l'éjecteur

Il est parfois intéressant d'anticiper la sortie de l'éjecteur juste avant l'ouverture de la pince contre-broche. Ainsi dès que la pince sera ouverte physiquement la pièce sera éjectée.

Exemple :

```
M11 (OUVERTURE DE LA PINCE);
G4 X0.5 ;
M84 (SORTIE DE L'EJECTEUR);
G4 X2 ;
M85 ;
```



```
M84 (SORTIE DE L'EJECTEUR);
M11 (OUVERTURE DE LA PINCE);
G4 X_ ;
M85 ;
```

De plus il est intéressant de faire le recul de l'éjecteur [M85] en même temps qu'autre chose (par exemple pendant un mouvement d'axe).

6 Pour les experts en programmation

6.1 Suppression des macros

Les macros Tornos [G9xx] présentent l'énorme avantage de gérer un très grand nombre de paramètres afin de répondre au mieux au besoin de chaque pièce et de chaque processus d'usinage. Ce qu'il faut tout de même savoir, c'est que de nombreux tests et calculs sont effectués en temps réel à chaque cycle, pendant l'interprétation du programme sur la machine.

Les programmeurs les plus expérimentés peuvent se passer de certaines macros et programmer en direct. Cela permettra de ne plus faire les différents tests et calculs à l'intérieur des macros, et ainsi gagner quelques centièmes de secondes.

Les macros qui peuvent être intéressantes de supprimer pour gagner en temps de cycle sont :

- G911
- G912
- G915
- G924
- G930
- M120/M121

En cas de suppression vous perdrez l'intelligence liée aux événements.
(Travail sans matière, arrêt en fin de cycle, chronométrage, comptage des pièces, ...)

Il est conseillé de ne jamais supprimer la fonction G913, car elle gère le chargement d'une nouvelle barre.

6.2 Macro B

Pour les adeptes de la programmation en macro B nous vous conseillons de ne jamais faire un « GOTO_ » contre le haut du programme. Cela vous fera perdre du temps, et engendrera de grandes irrégularités dans vos temps de cycle.

Nous vous préconisons l'utilisation du « M99 P_ » ou d'une « WHILE ».

Exemple :

