



HEIDENHAIN

araxe

72, rue Yves le Coz
78000 VERSAILLES

tél : 01 30 21 48 49
fax : 01 39 51 16 33

<http://www.araxe.com>
contact@araxe.com

HEIDENHAIN

Information technique

Dynamic Precision – pour un usinage dynamique de grande précision

Les entreprises de production modernes cherchent en premier lieu à augmenter leur productivité tout en réduisant leurs coûts. A cela s'ajoutent les contraintes liées à la volonté de réduire le nombre de pièces rebutées, de raccourcir les temps d'usinage et d'éviter les reprises d'usinage qui impliquent des étapes supplémentaires. Les commandes des machines-outils doivent donc être en mesure d'atteindre le meilleur compromis entre durée d'usinage, bon état de surface et précision des pièces, et ainsi trouver une approche qui soit optimale pour la fraiseuse, comme pour le processus de fabrication.

Le concept "Dynamic Precision" de HEIDENHAIN regroupe plusieurs fonctions pour commandes TNC qui contribuent à augmenter sensiblement la précision de contour des machines-outils, même en cas d'avances élevées et de contourages complexes. La précision dynamique d'une machine-outil est déterminée par l'accélération des axes d'avance qui est nécessaire pour obtenir un mouvement de contourage précis entre la pièce et l'outil.

Au cours de l'accélération des axes d'avance, il arrive que certains composants de la machine se déforment sous l'effet des forces d'inertie, voire que des vibrations apparaissent. Avec Dynamic Precision, les erreurs dynamiques survenant pendant l'opération d'usinage sont considérablement réduites au niveau du TCP (Tool Center Point), si bien que les programmes CN peuvent être exécutés bien plus rapidement tout en assurant une précision et un état de surface des pièces de bien meilleure qualité.



En réduisant sensiblement les erreurs au niveau du Tool Center Point (TCP) pendant l'exécution hautement dynamique de programmes CN, Dynamic Precision contribue fortement à accroître la performance des machines-outils.

Comme Dynamic Precision augmente la dynamique de précision des machines-outils dans un temps d'usinage réduit, elle permet d'atteindre visiblement une meilleure précision de la pièce et un meilleur état de surface. Les opérateurs ne perdent donc plus ni temps, ni argent à rebuter des pièces inutilement.

dynamic + **precision**

Dynamic Precision

Un temps d'usinage plus court, une plus grande précision et un meilleur état de surface

Les erreurs visibles au niveau de la surface de la pièce et les erreurs de géométrie s'expliquent par trois types d'erreurs.

Les **erreurs cinématiques** ou **statiques** des machines-outils regroupent les effets résultant de l'écart entre la cinématique réelle d'une machine et le modèle de cinématique configuré sur la commande. Les facteurs qui influencent la précision de la cinématique de la machine dans la pratique sont les suivants :

- La précision de fabrication et de montage des composants de la machine
- Les fléchissements dus au poids du châssis de la machine ou les déformations associées

Les erreurs cinématiques varient généralement très peu sur les machines-outils sophistiquées et peuvent être représentées et compensées en conséquence grâce aux options logicielles pour TNC KinematicsComp et KinematicsOpt.

Les **erreurs thermiques** regroupent quant à elles les effets des variations de température à l'intérieur du châssis de la machine ou de la pièce sur la précision au niveau du Tool Center Point (TCP). Les variations de température à l'intérieur du châssis sont dues :

- aux courants d'air froids ou chauds dans le hall des machines
- aux rayonnements du soleil
- aux dégagements de chaleur provenant des composants et des entraînements d'une machine-outil
- aux flux de liquide d'arrosage froids ou chauds dans la zone de travail de la machine

Les erreurs thermiques des machines-outils sont visibles sur la pièce en l'espace de quelques minutes ou quelques heures. Avec l'option logicielle KinematicsOpt, les opérateurs de machines à cinq axes peuvent compenser efficacement et en un rien de temps les effets des variations thermiques avec la position des axes rotatifs.

Enfin, les **erreurs dynamiques** d'une machine-outil regroupent les brefs écarts ou les vibrations temporaires au niveau du Tool Center Point (TCP). Les origines des erreurs dynamiques sont les suivantes :

- Les forces et les couples d'avance, mais également les efforts d'usinage, entraînent des erreurs d'angle et de position du Tool Center Point.
- Les erreurs de poursuite entre la position nominale et la position effective des axes d'avance ne peuvent pas être complètement compensées par l'asservissement des entraînements.

Usinage d'un coin : vitesse, accélération et à-coup des axes X et Y

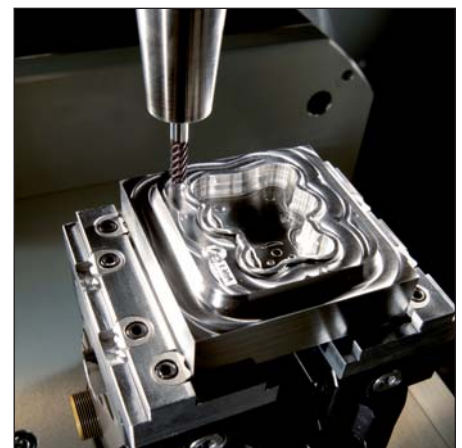
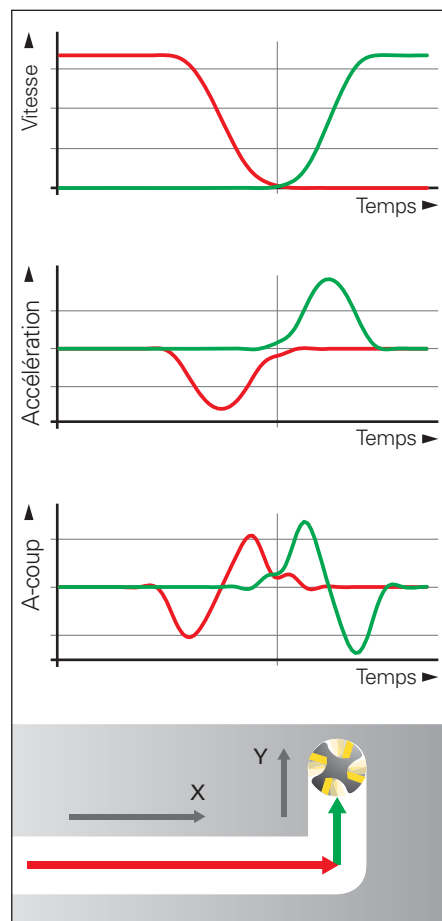
Généralement, plus les programmes CN sont exécutés rapidement, plus les erreurs dynamiques sont importantes. La réduction du temps d'usinage se fait alors au détriment de la précision et de la qualité de surface de la pièce et il faut recourir à des temps d'usinage plus longs pour respecter les contours avec exactitude.

Ce problème se retrouve notamment dans l'usinage de **surfaces de forme libre** pour lesquelles on cherche à obtenir le meilleur état de surface et la meilleure précision possibles. Nombreux sont les usinages de forme libre qui combinent des coins et des surfaces légèrement courbées. Ce type d'usinage implique donc des changements de direction fréquents. A chaque changement de direction, les axes doivent soit freiner soit accélérer. La mesure de la durée d'un changement d'accélération correspond à l'à-coup. Ainsi, un à-coup élevé indique une accélération rapide et implique donc un gain de temps. Un à-coup élevé entraîne toutefois également la formation de vibrations sur la machine, et donc des imprécisions et des erreurs sur la surface des pièces. Pour limiter au maximum les déviations dues à des erreurs dynamiques, il faut se contenter de déplacements lents.

Les pièces aux surfaces **légèrement incurvées** ou légèrement obliques sont souvent confrontées à un problème de marques laissées sur leur surface. Ces marques proviennent des vibrations de la machine, mais également des perturbations extérieures.

Dans le cadre d'un **usinage sur cinq axes**, les axes linéaires sont soumis à des mouvements hautement dynamiques qui sont dus aux mouvements de compensation (avance élevée, accélération élevée). Il peut, là encore, en résulter des déviations importantes provoquées par des vibrations ou d'autres déviations dynamiques.

Comme la précision dynamique de la machine varie **avec son âge et en fonction de sa charge**, des déviations supplémentaires peuvent apparaître. Cela se voit alors principalement dans les phases d'accélération.



Le concept **Dynamic Precision** regroupe plusieurs fonctions optionnelles pour les commandes HEIDENHAIN qui permettent de réduire efficacement les erreurs dynamiques des machines-outils. Elles améliorent le comportement dynamique de la machine, permettent d'obtenir une plus grande rigidité au niveau du TCP et autorisent un fraisage à la limite du technologiquement possible, indépendamment de l'âge et de la charge de la machine et quelle que soit la position d'usinage.

Les avantages de Dynamic Precision pour les utilisateurs finaux

Pour obtenir des pièces précises et d'un bon état de surface, il n'est plus nécessaire d'usiner lentement, car les machines-outils usinent **avec rapidité et précision** grâce à Dynamic Precision.

Haute précision et rapidité d'usinage sont également synonymes de hausse de la productivité, car les coûts d'usinage par pièce sont réduits, sans pour autant sacrifier la précision et la qualité de surface.

Dynamic Precision s'assure en outre que la précision reste constante, quelles que soient la charge et la durée d'usinage. Il n'est donc plus nécessaire de réduire les avances en fonction de l'usure et de la charge de la machine.

Qu'est-ce que Dynamic Precision ?

Les fonctions de Dynamic Precision sont proposées comme options pour les commandes numériques de HEIDENHAIN. Elles peuvent être utilisées soit de manière individuelle, soit en combinaison.

- Fonction CTC – Compensation des écarts de position dus aux accélérations au niveau du TCP (Tool Center Point) permettant d'atteindre une meilleure précision dans les phases d'accélération
 - Fonction AVD – Atténuation active des vibrations pour de meilleurs états de surface
 - PAC – Adaptation des paramètres d'asservissement en fonction de la position
 - Fonction LAC – Adaptation des paramètres d'asservissement en fonction de la charge permettant d'atteindre une haute précision, indépendamment de la charge et du vieillissement.
 - MAC – Adaptation des paramètres d'asservissement en fonction du mouvement
- Chacune de ces fonctions fait l'objet d'une description détaillée ci-après.

Comment fonctionne Dynamic Precision ?

Les fonctions de Dynamic Precision sont adaptées à une fréquence d'horloge élevée dans l'unité d'asservissement – un composant des commandes numériques HEIDENHAIN – aux mouvements et aux charges de la machine-outil.

Comme Dynamic Precision consiste en un ensemble de fonctions logicielles, il n'est aucunement question d'intervenir dans la mécanique de la machine ou dans la chaîne cinématique. Il est toutefois nécessaire que le constructeur de la machine active, configure et adapte ces différentes fonctions à la machine.



Fonction CTC

Compensation des écarts de position dus à l'accélération au niveau du Tool Center Point

Les phases d'accélération dynamiques génèrent des forces qui peuvent déformer brièvement certaines parties de la machine. Ces déformations peuvent entraîner des erreurs au niveau du centre de l'outil, le Tool Center Point (TCP). En raison du couplage mécanique des axes, et en plus de la déformation dans le sens de l'axe, l'accélération dynamique d'un axe peut également provoquer une déformation des axes perpendiculaires au sens de l'accélération. Cela est notamment le cas lorsque les forces d'avance n'interviennent pas au niveau du centre de gravité d'un axe. Il peut alors en résulter, dans les phases de freinage et d'accélération, des mouvements de tangage dus à l'inertie des masses (voir Figure 1).

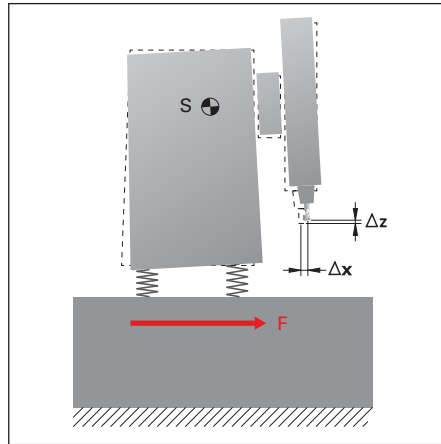


Figure 1 : Mouvement de tangage d'un axe

Les écarts de position qui en résultent dans le sens de l'axe en accélération et des axes perpendiculaires sont proportionnels à l'accélération de l'axe d'avance en mouvement (Figure 2). Ces écarts dépendent par ailleurs de la rigidité des guidages, de la distance entre le point d'attaque de la force d'avance et le centre de gravité des masses, ainsi que de la distance entre le centre de gravité des masses et le centre d'outil (TCP).

Comme les systèmes de mesure de position ne détectent pas ces écarts, le système d'asservissement des axes d'avance n'est pas en mesure de réagir.

Impacts sur la pièce

L'effet est particulièrement visible lorsque le même point d'une pièce est approché une fois avec une forte accélération et une fois avec une faible accélération.

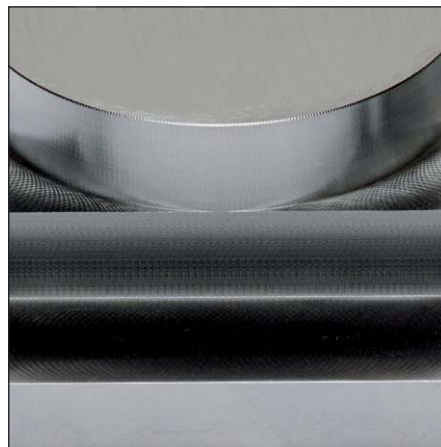


Figure 3 : Tenon sur un carré fraisé avec la fonction CTC. Pas de méplat visible.

Exemple 1 : Fraisage de cercles

En cas de déflexion dynamique dans les axes X et Y, le tenon (R32 F10000) est usiné avec une largeur trop importante. Cela est clairement visible lors du fraisage du carré qui se trouve sous le tenon. Comme sa longueur latérale correspond exactement au diamètre du tenon, le carré et le tenon de forme circulaire doivent, dans l'idéal, former une tangente (Figure 3). Toutefois, comme le tenon est trop grand, du fait de la déflexion, une partie du tenon est abîmée lors du fraisage du carré. On constate alors un méplat au niveau du cercle (Figure 4).

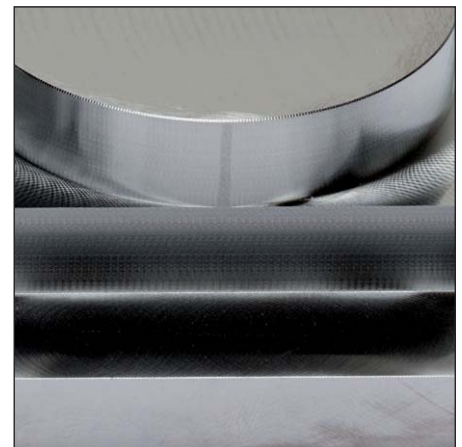


Figure 4 : Effet de la déflexion élastique (le tenon, trop grand, a été aplati lors du fraisage du carré).

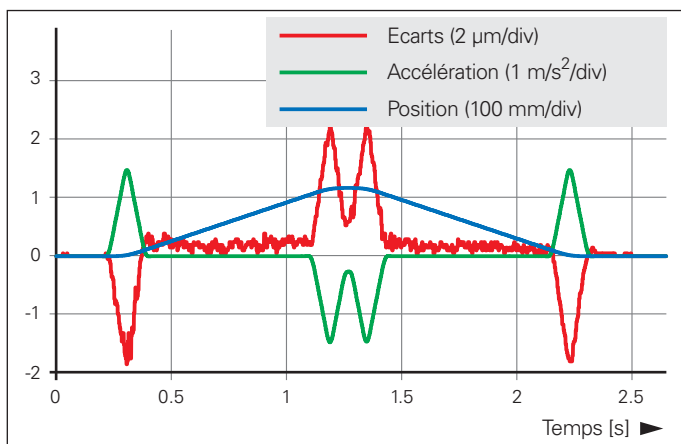


Figure 2 : Erreur due à l'accélération au moment des changements de position

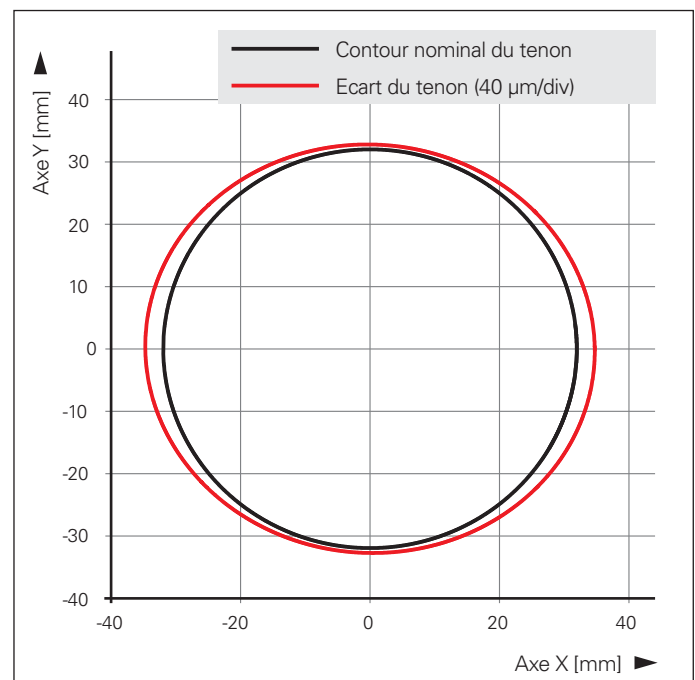


Figure 5 : Précision du mouvement circulaire. La déviation par rapport au contour nominal a été grossie 500 fois.

L'impact de la déflexion est représenté en Figure 5. Les déviations dues à l'accélération, connues grâce à des mesures, sont alors ajoutées au mouvement réel. En raison des différents comportements dans les sens X et Y (masses, géométrie de la machine, etc.), la trajectoire qui en résulte décrit une légère ellipse.

La Figure 6 représente l'écart d'usinage (non grossi). On constate ici nettement que la déflexion provoque un agrandissement du rayon d'environ 5 µm dans le sens de l'axe X, et donc un aplatissement du cercle d'une largeur d'environ 1,2 mm lors du fraisage de la surface inférieure. Cette erreur se reflète également dans l'erreur qui est mesurée sur la pièce réelle.

Exemple 2 : Fraisage de poches, déflexion perpendiculaire au sens d'accélération

Lors du fraisage de poches, des déformations des axes dues à l'accélération et perpendiculaires au sens de déplacement peuvent laisser des marques sur la surface des pièces (Figure 7). La phase d'accélération provoque un mouvement de tangage et la fraise est brièvement pressée contre la matière. La fonction CTC permet d'éviter ce mouvement parasite (Figure 8).

Compensation par la fonction CTC

Avec la fonction CTC (Cross Talk Compensation), HEIDENHAIN propose une option de commande pour compenser les écarts de position dus à l'accélération au niveau du TCP. Les valeurs et les paramètres impliqués sont connus de la commande (accélération) ou déterminés par une opération de mesure (rigidité de la machine).

Cette fonction permet d'améliorer la précision d'usinage sans pour autant modifier la machine d'un point de vue mécanique, ni même augmenter le temps d'usinage. De plus, la précision qu'il est possible d'atteindre avec la fonction CTC ne dépend pas des mouvements d'accélération effectués.

Impacts dans la pratique

Lors d'un test, la fonction CTC a permis de réduire jusqu'à 80 % en moyenne l'erreur de contour mesurée à l'aide d'un système de mesure KGM. Il a ainsi été possible d'augmenter l'à-coup, qui sert de repère pour définir la durée d'un changement d'accélération, et donc de réduire considérablement la durée de l'usinage.

Une augmentation de l'à-coup d'un facteur 2 permet de réduire les temps de contourage jusqu'à 15 %. Grâce à la fonction CTC, l'erreur moyenne correspondait toutefois à seulement 50 % des erreurs enregistrées sans la fonction CTC.

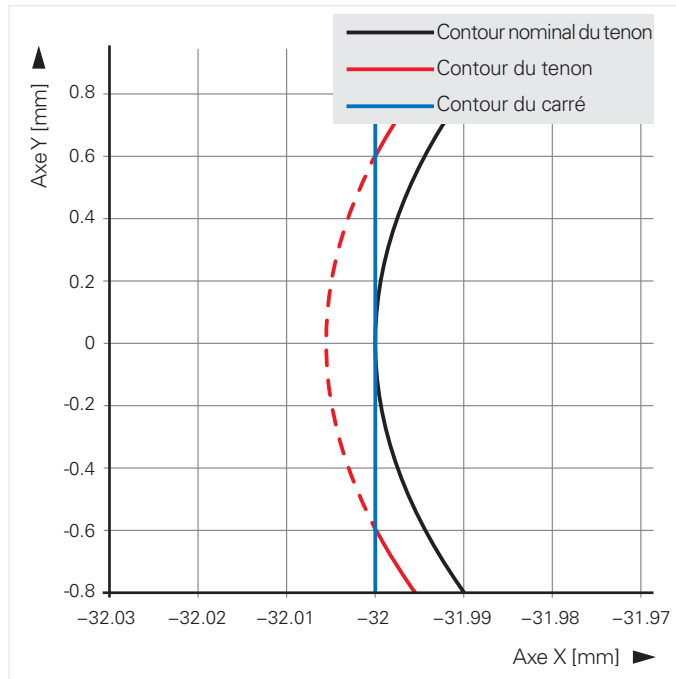


Figure 6 : Cet extrait de courbe représente l'endommagement du tenon lors du fraisage du carré.



Figure 7 : Usinage sans fonction CTC



Figure 8 : Usinage avec la fonction CTC

Fonction AVD

Atténuation active des vibrations

Les surfaces obliques ou incurvées sont souvent confrontées à des problèmes d'ombres ou de variations de contraste visibles sur la surface des pièces. Ces marques sont particulièrement gênantes, car l'œil humain est très sensible aux variations de contraste de 0,5 à 5 mm lorsqu'il se trouve à une distance d'observation typique de 30 à 60 cm. Elles sont principalement dues aux éléments suivants :

- Vibrations mécaniques résultant des élasticités dans la chaîne cinématique ou de la configuration de la machine.
- Ecart de position au sein d'une période de signal (erreur d'interpolation) dus au système de mesure utilisé (à ce sujet, consulter l'Information technique *Perfect Surfaces with HEIDENHAIN Encoders*).

Cette Information technique vous présente les erreurs de surface provoquées par les vibrations mécaniques.

Les ombres périodiques sont généralement causées par des vibrations basse fréquence qui peuvent aller jusqu'à 100 Hz. De telles vibrations apparaissent par exemple dans cette plage de fréquence avec des avances de finition habituelles, généralement comprises entre 3000 et 6000 mm/min. A la lumière, des écarts de contour de 1 μm (ou moins) peuvent alors se voir sur la surface de la pièce.

Ces perturbations de l'état de surface ont deux causes principales :

- **L'élasticité dans la chaîne cinématique**
Les déformations élastiques de l'entraînement par vis à billes ou l'élasticité de la courroie crantée peuvent, par exemple, entraîner une vibration entre l'entrée de l'entraînement (moteur) et la sortie de l'entraînement (chariot).
- **Les vibrations machine**
Ce type de vibrations ne peut pas être évité. Les vibrations machine sont typiquement comprises dans une plage de fréquence de 10 à 30 Hz.

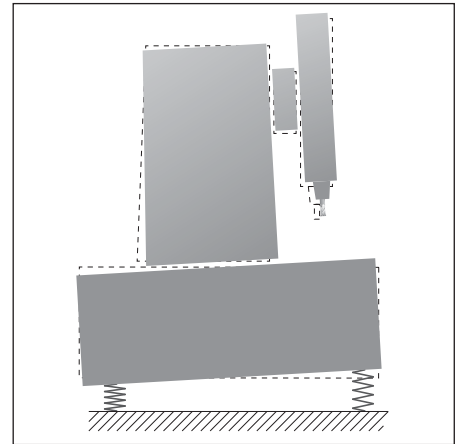
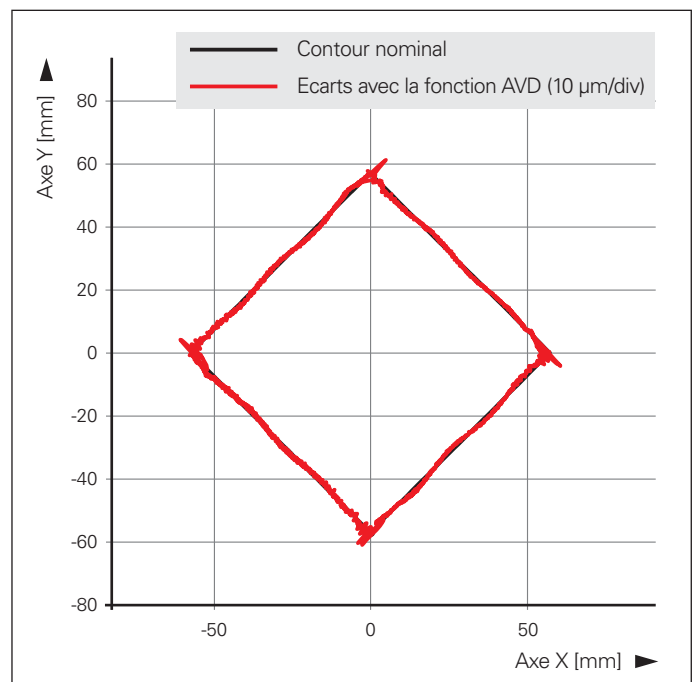
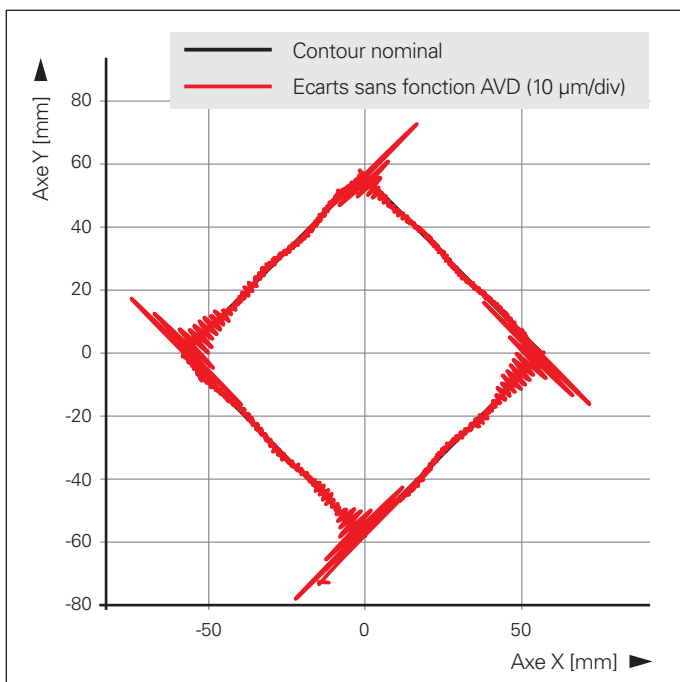


Figure 1 : Vibrations de la machine



Figures 2 et 3 : Ecart dus au vibrations

Mesures conventionnelles pour y remédier

Les vibrations peuvent être provoquées par des phases d'accélération de la machine ou des couplages par le sol, par l'attaque de la fraise ou encore par des ondulations du moteur. Les vibrations provoquées par de fortes accélérations peuvent certes être réduites par une diminution de l'à-coup, mais cela rallonge toutefois la durée de l'usinage.

Compensation par la fonction AVD

La fonction AVD (Active Vibration Damping) supprime les vibrations basse fréquence dominantes (vibrations liées à la configuration de la machine ou à l'élasticité dans la chaîne cinématique).

Elle permet de réaliser un fraisage rapide, sans vibrations. En supprimant les perturbations résultant des phases d'accélération, il est possible d'atteindre des valeurs d'à-coup élevées et donc des accélérations importantes. Cela permet de réduire les temps d'usinage, sans pour autant porter préjudice à l'état de surface de la pièce.

Impacts dans la pratique

Sur la pièce de l'exemple, deux carrés sont disposés à des angles différents l'un par rapport à l'autre. Les phases d'accélération au niveau des coins font vibrer les axes X et Y (Figures 2 et 3). Les vibrations perpendiculaires à la surface de la pièce sont visibles sous la forme d'ombres sur la surface de la pièce (Figure 4). La longueur de période de 2 mm à une avance de 2000 mm/min résulte de la vibration machine mesurée à une fréquence de 16,5 Hz. L'amplitude de la vibration a pratiquement pu être éliminée grâce à la fonction AVD (Figure 5).

Pour obtenir des surfaces d'une qualité comparable sans fonction AVD, il faudrait réduire les valeurs d'à-coup d'un facteur 3.

Conclusion

La fonction AVD accroît la productivité d'une machine-outil et/ou améliore l'état de surface des pièces.

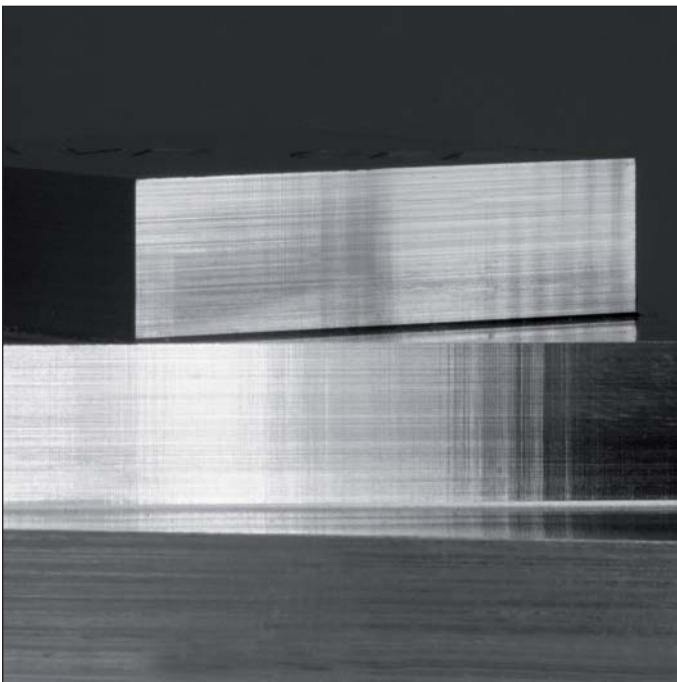


Figure 4 : Les vibrations peuvent altérer de manière significative la qualité de surface des pièces.

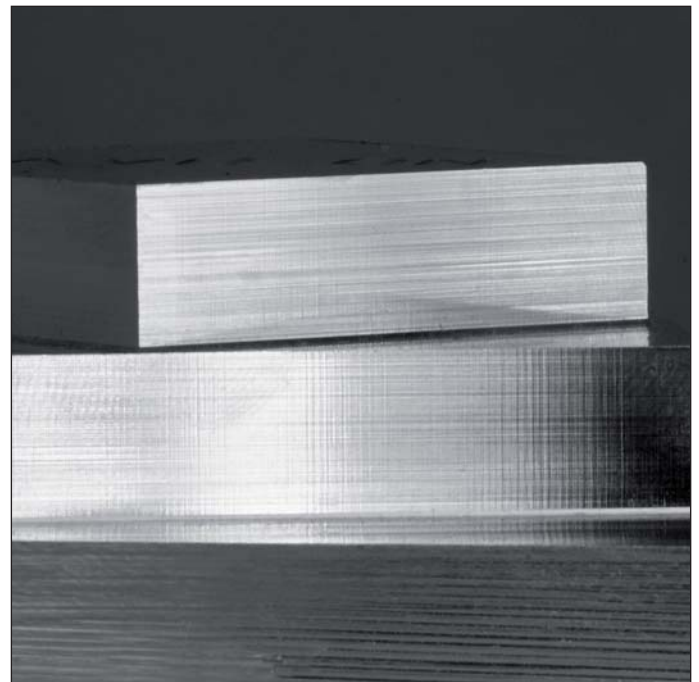


Figure 5 : La fonction AVD permet d'obtenir un bien meilleur état de surface.

Fonction PAC

Adaptation des paramètres d'asservissement en fonction de la position

En fonction de la position des axes dans la zone d'usinage, les conditions de cinématique d'une machine influencent le comportement dynamique variable de la machine, qui peut alors agir négativement sur la stabilité ou la qualité de l'asservissement.

Un changement de la position des axes modifie les rapports de masse d'une machine (voir figure). La rigidité peut, elle aussi, varier en fonction de la position, comme par exemple avec des entraînements à vis à billes. Une modification des rapports de masse et de la rigidité entraîne un décalage des fréquences propres de la chaîne cinématique. Il en résulte un comportement d'asservissement variable en fonction de la position.

L'erreur de poursuite peut servir de référence pour estimer la qualité de l'asservissement. Elle joue le rôle d'indicateur, car elle permet d'évaluer la qualité avec laquelle l'asservissement trace un contour nominal.

Mesures conventionnelles

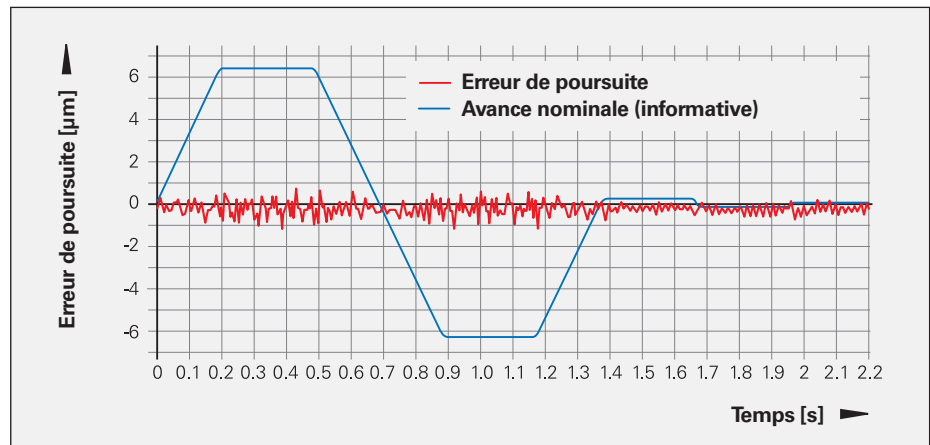
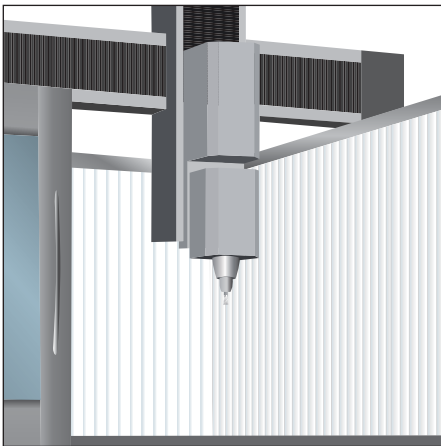
Les boucles d'asservissement des axes doivent toujours être ajustées de manière à rester stables et robustes quelle que soit la position. Pour cette raison, il est nécessaire d'effectuer systématiquement un réglage à la position la plus faible. Ces positions se trouvent souvent à la limite d'une plage de course (limite de la zone d'usinage, changeur d'outil, position de chargement de la table, etc.). Au centre de la zone d'usinage, où s'effectue la majeure partie des usinages critiques en termes de précision, la dynamique d'asservissement, ainsi que la précision dynamique qui en résulte, pourraient être sensiblement améliorées. Un ajustement à la position la plus faible ne permet toutefois pas d'exploiter pleinement le potentiel d'amélioration de la précision dynamique.

Avantages de la fonction PAC

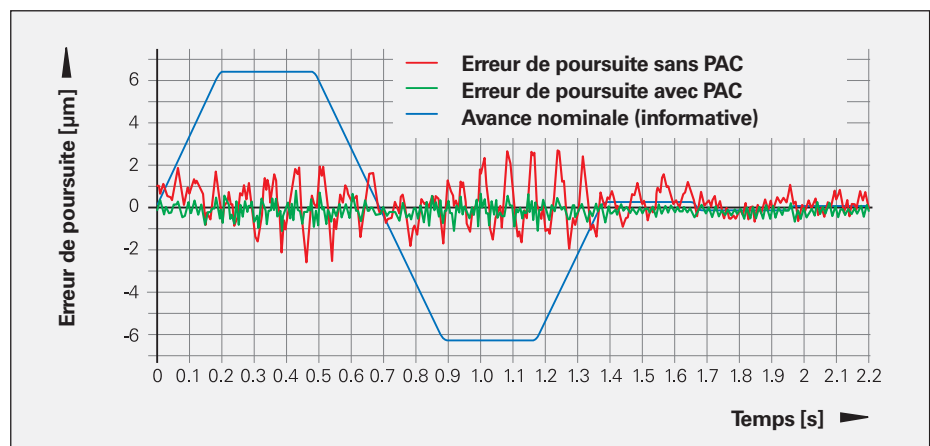
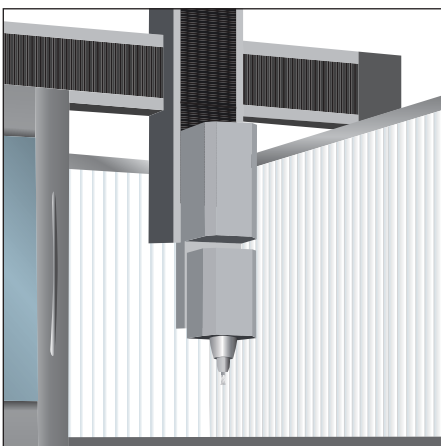
Grâce à l'option PAC (Position Adaptive Control) de HEIDENHAIN, il est possible de modifier certains paramètres machine en fonction de la position des axes pour exploiter au maximum la dynamique de la machine.

En jouant sur certains paramètres de filtre et certains facteurs d'asservissement qui dépendent de la position, il est possible de régler l'asservissement optimal pour la machine afin d'obtenir le meilleur résultat d'usinage possible dans la zone d'usinage, quelle que soit la position. Cela permet également d'améliorer la précision dynamique aux positions qui sont pertinentes pour la plupart des usinages.

Plus les facteurs d'asservissement choisis sont élevés, plus il est possible de supprimer les perturbations (par exemple, les erreurs de transmission, l'ondulation de couple du moteur, etc.) et donc de réduire l'erreur de poursuite. Il en résulte alors, une fois encore, un meilleur respect des contours.



Asservissement optimisé à Z=0, erreur de poursuite comprise dans la bande de tolérance ($\pm 1 \mu\text{m}$)



Asservissement à Z = -500

- sans PAC : avec des oscillations facilement reconnaissables et une erreur de poursuite en dehors de la bande de tolérance ($\pm 3 \mu\text{m}$)
- avec PAC : erreur de poursuite dans la bande de tolérance ($\pm 1 \mu\text{m}$)

Fonction LAC

Adaptation des paramètres d'asservissement en fonction de la charge

Le comportement dynamique en fonction de la masse (axe linéaire) ou de l'inertie de masse (axe rotatif) de la pièce fixée peut varier sur les machines avec des tables en mouvement. Les valeurs de pré-commande de la friction et de l'accélération d'un axe ne s'appliquent qu'à la masse ou à l'inertie de masse présente au cours du processus de réglage. Dès lors que la charge est modifiée, les valeurs de pré-commande ne conviennent alors plus à la situation réelle. Ce réglage inadéquat se reflète dans les phases d'accélération où l'erreur de poursuite est plus marquée. Il en résulte alors des écarts de contour.

Mesures conventionnelles

Les constructeurs de machine peuvent préparer des jeux de paramètres, activables par un appel de cycle, pour faire face à ces différentes situations de charge. Les erreurs de poursuite peuvent ainsi, certes, être réduites, mais il subsiste encore les erreurs résiduelles qui dépendent des conditions de charge.

Il est par exemple typique d'utiliser deux jeux de paramètres pour les niveaux de charge 0 - 150 kg (ajusté pour 75 kg) et

150 - 500 kg (ajusté pour 325 kg). Dans le pire des cas, la masse réelle peut s'écarter jusqu'à 175 kg de la situation de charge ajustée.

Ce phénomène est d'autant plus critique dans le cas d'un plateau circulaire. Ce n'est alors pas la masse mais l'inertie qui est pertinente pour le paramétrage de la pré-commande. Le mauvais serrage d'une pièce peut facilement multiplier le moment d'inertie de masse d'une même masse.

Compensation par la fonction LAC

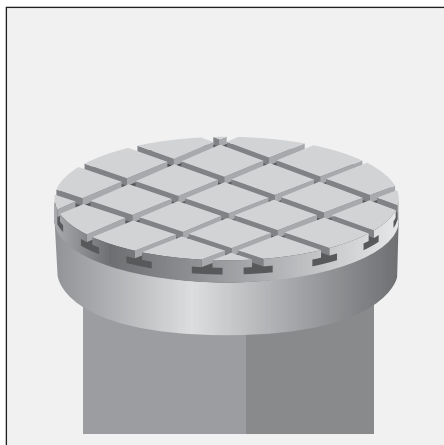
Grâce à l'option LAC (Load Adaptive Control) de HEIDENHAIN, la commande est en mesure de déterminer automatiquement la masse (pour un axe linéaire) ou l'inertie de masse (pour un axe rotatif) d'une pièce, ainsi que la force de friction effective. Afin d'optimiser le comportement d'asservissement pour différentes charges, des pré-commandes adaptatives, qui sont fonction de l'accélération, du couple de retenue, de l'adhérence et du frottement, peuvent être activées à des vitesses de rotation élevées. Même pendant l'usinage d'une pièce, la commande est en mesure d'adapter en permanence les paramètres de la précom-

mande adaptative à la masse ou à l'inertie de masse effective de la pièce. Des paramètres définissent la vitesse d'adaptation par défaut. L'opérateur de la machine n'a alors plus besoin de déterminer lui-même l'état de charge, excluant ainsi tout risque d'erreur de sa part.

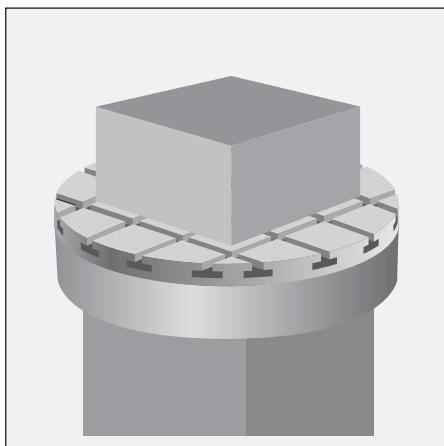
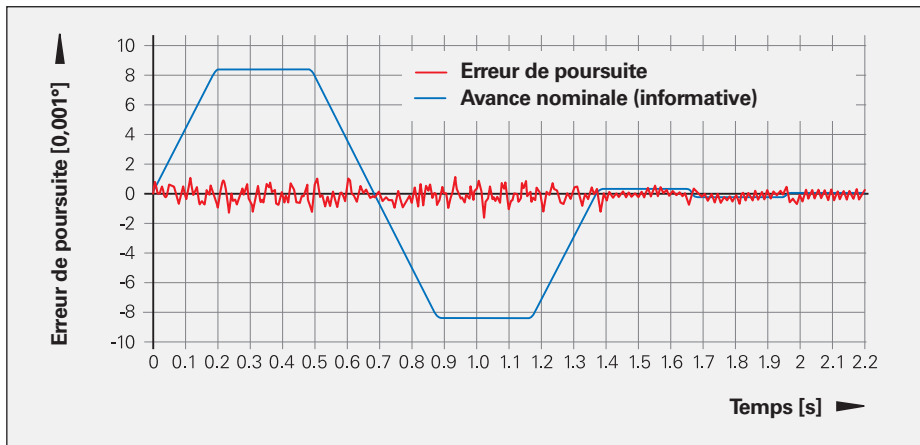
Autres avantages de la fonction LAC

Le vieillissement des composants de la machine (guidages, mécanismes par vis à billes, etc.) peut modifier fortement les forces de friction au cours de la durée de vie d'une machine-outil. La pré-commande qui a été réglée de manière optimale au moment de la livraison de la machine n'est donc plus valable au bout de quelques années. L'option LAC garantit quant à elle en permanence un ajustement optimal de l'axe.

Même les rapports de friction qui varient rapidement - par exemple ceux provenant des impulsions de lubrification sur les guidages coulissants - peuvent être compensés de manière optimale grâce à la fonction LAC.

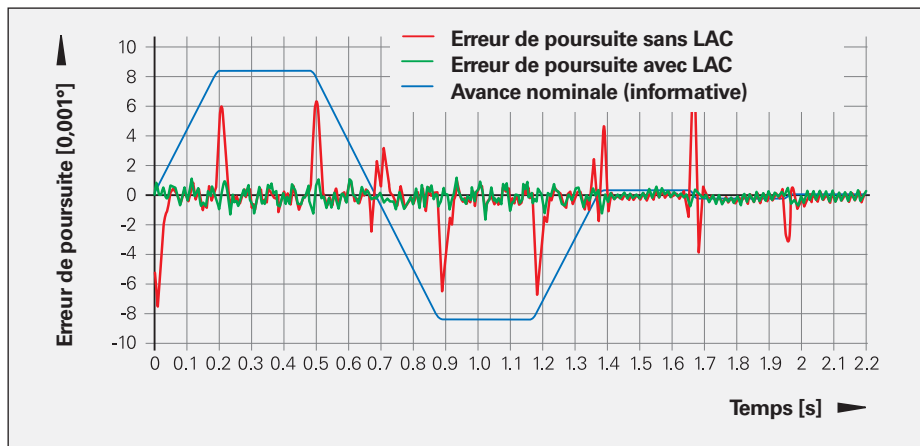


Précommande optimale pour plateau circulaire non chargé avec erreur de poursuite dans la bande de tolérance ($\pm 0,001^\circ$)



Charge modifiée

- sans LAC : avec une précommande non modifiée, l'erreur de poursuite se trouve en dehors de la bande de tolérance ($\pm 0,008^\circ$)
- avec LAC : l'erreur de poursuite est comprise dans la bande de tolérance ($\pm 0,001^\circ$)



MAC

Adaptation des paramètres d'asservissement en fonction du mouvement

Le comportement de la machine peut varier non seulement en fonction de la position des axes dans la zone de travail, mais également en fonction de la vitesse. Cette variation de comportement est notamment imputable à l'influence de la vitesse sur la friction des guidages. Une modification des conditions de friction peut avoir un effet sur le comportement vibratoire d'une machine-outil. Un asservissement qui a été réglé de manière optimale, généralement lorsque la machine est à l'arrêt, peut entraîner de fortes vibrations en avance rapide.

La fonction MAC permet de modifier facilement la précontrainte d'un système à pignon et crémaillère avec deux moteurs d'avance distincts en fonction de la vitesse.

Avantages de la fonction MAC

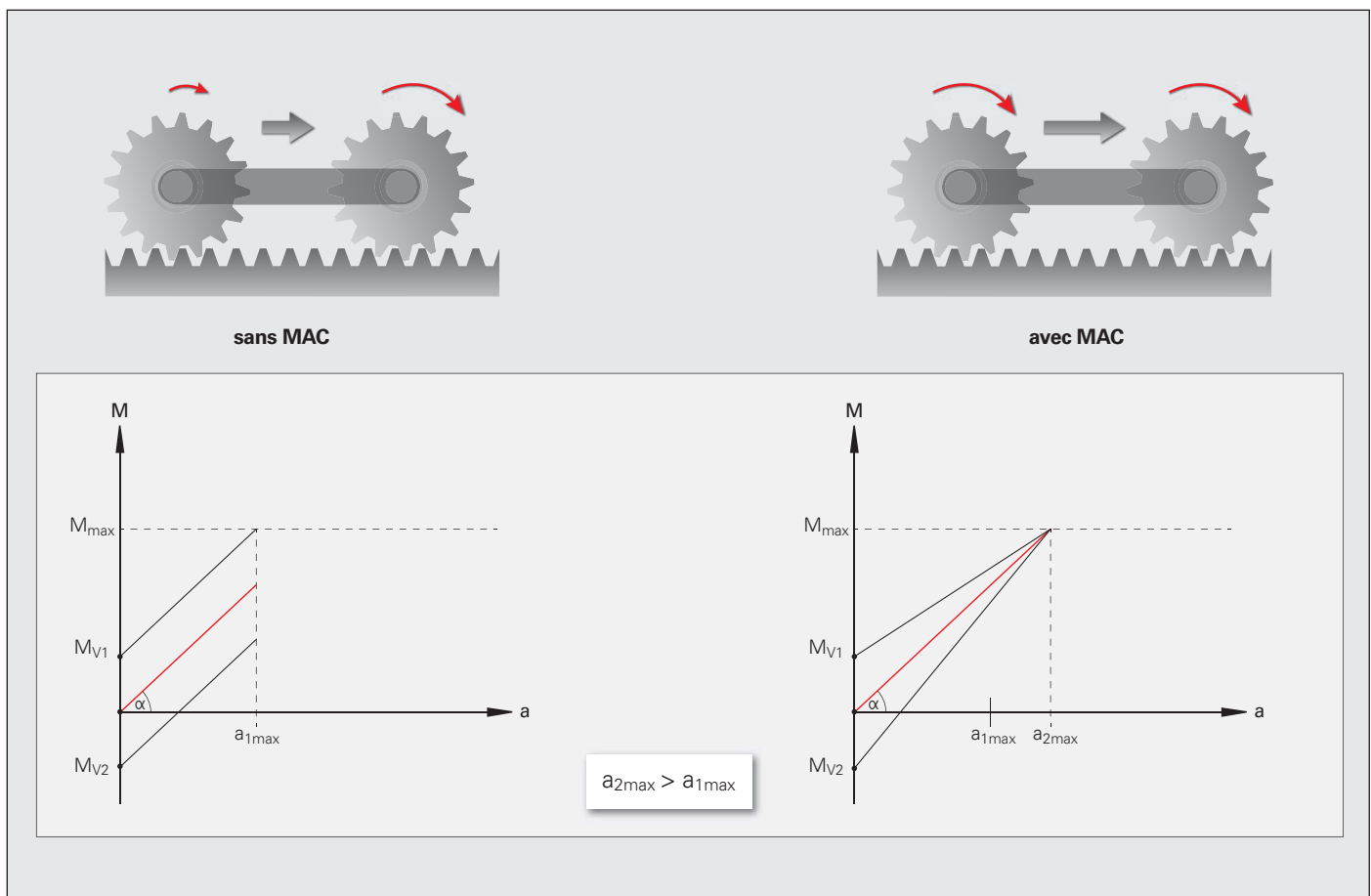
Exemple 1

L'option MAC (Motion Adaptive Control) permet de modifier des paramètres machine en fonction d'autres valeurs d'entrée, telles que la vitesse, l'erreur de poursuite ou l'accélération d'un entraînement. Grâce à cette adaptation des paramètres d'asservissement en fonction du mouvement, il est par exemple possible d'adapter le facteur k_V en fonction de la vitesse pour des entraînements dont la stabilité varie en fonction des différentes vitesses de déplacement. Quel que soit le type d'usinage, il est donc possible d'appliquer les paramètres d'asservissement optimaux, et donc de supprimer de manière optimale les perturbations tout en améliorant le comportement dynamique de la machine.

Exemple 2

Un autre cas d'application est la variation du couple de tension entre les axes maître et esclave en fonction de l'accélération pour l'asservissement du couple maître-esclave. L'option MAC permet alors d'atteindre une accélération maximale beaucoup plus importante lors des déplacements en rapide, en réduisant par exemple les paramètres du couple de tension.

Une réduction du couple de tension à l'arrêt permet également de réduire sensiblement la formation de chaleur, et donc de limiter les déformations ou les décalages dus à la température.



Dynamic Precision

Les fonctions se complètent de manière optimale

Les différentes fonctions de Dynamic Precision se complètent de manière optimale. Les graphiques ci-dessous en sont la preuve dans le cas d'une combinaison des fonctions CTC et AVD. Le contour nominal y est représenté en noir. Les écarts au niveau du TCP ont été enregistrés à l'aide d'un système de mesure KGM à une vitesse d'avance de 10000 m/s. Sur ces graphiques, les écarts par rapport au contour nominal ont été grossis par un facteur de 500.

Sur la Figure 1, les écarts par rapport au contour nominal sont représentés par un tracé rouge. On constate d'importantes déviations dans les phases d'accélération, au niveau des coins, en raison de la vitesse élevée.

Avec Dynamic Precision, ici grâce à l'utilisation simultanée des options CTC et AVD, ces déviations peuvent être compensées (ligne verte). L'usinage respecte considérablement mieux les contours avec une avance équivalente. Comme les déviations sont limitées, il est possible d'augmenter l'à-coup pour obtenir un comportement de la machine plus dynamique.

Un à-coup élevé fait davantage vibrer la machine et les vibrations qui en résultent finissent par être visibles sous forme d'ombres sur la pièce. L'option AVD permet alors de réduire ce phénomène d'augmentation des vibrations.

La Figure 2 permet de comparer l'état initial (ligne rouge), autrement dit sans Dynamic Precision et avec un à-coup de 100 %, à un usinage avec Dynamic Precision et un à-coup de 200 % (ligne verte). Il apparaît ici clairement que Dynamic Precision permet d'améliorer la déviation moyenne d'un facteur de 2, même avec une haute dynamique de la machine. En doublant l'à-coup, il a même été possible de réduire de 12 % le temps de contournage pour ce contour.

	Ecart moyen	Temps
CTC off AVD off A-coup 100 %	2,6 µm	1,04 s
CTC on AVD on A-coup 100 %	0,4 µm	1,04 s
CTC on AVD on A-coup 200 %	0,6 µm	0,91 s

Conclusion

Grâce à Dynamic Precision, vous réalisez des usinages bien plus précis, voire même plus rapide en cas d'augmentation de l'à-coup.

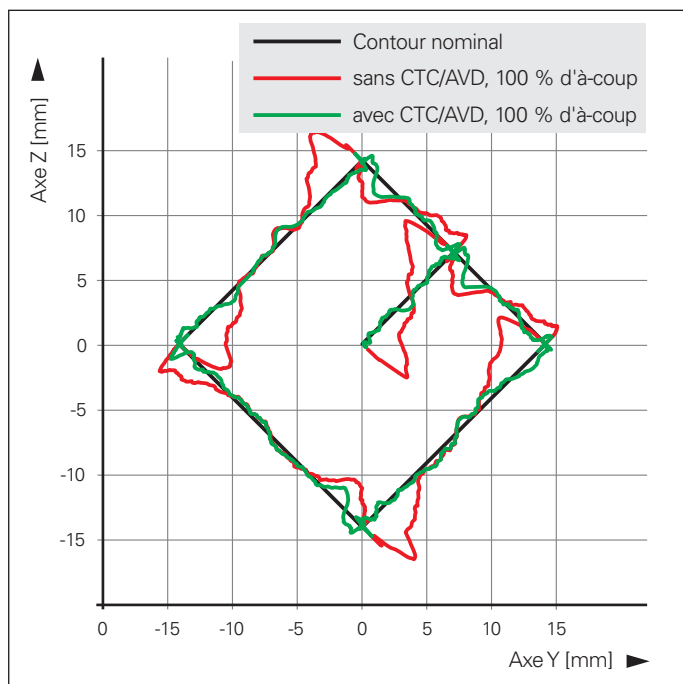


Figure 1 : Déviations avec et sans Dynamic Precision, avec un à-coup de 100 %

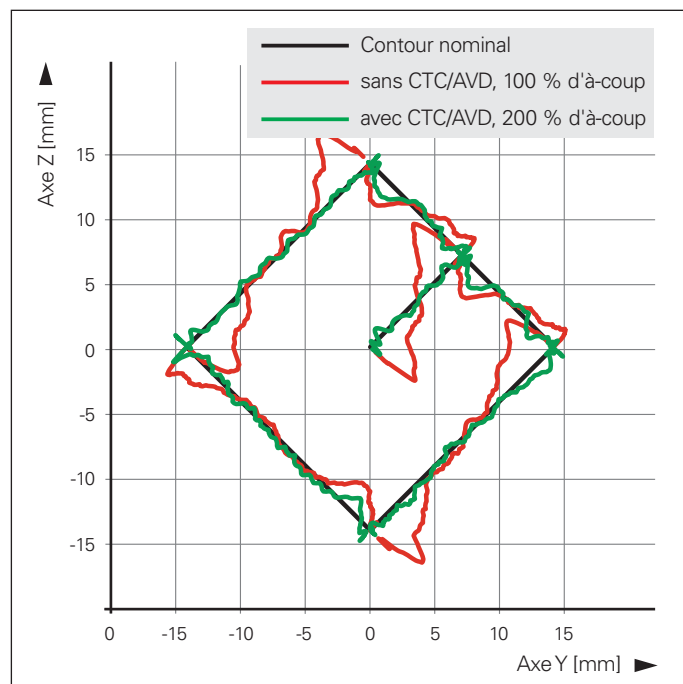


Figure 2 : Déviations sans Dynamic Precision, avec un à-coup de 100 % et déviations avec Dynamic Precision, avec un à-coup de 200 %

Commandes numériques HEIDENHAIN

Commandes numériques pour fraiseuses, machines de fraisage-tournage et centres d'usinage

De la commande paraxiale à trois axes compacte TNC 128 à la commande de contournage iTNC 530 (jusqu'à 18 axes plus broche), les commandes TNC de HEIDENHAIN forment une gamme complète, couvrant presque tous les types d'application. Avec la TNC 640, il existe même une commande numérique pour le fraisage-tournage.

Les TNC de HEIDENHAIN sont polyvalentes : elles sont à la fois adaptées à la commande dans l'atelier et en même temps programmables à distance. Elles conviennent donc pour la production automatisée. Avec la TNC 640 et l'iTNC 530, par exemple, vous maîtrisez aussi bien les fraisages simples que les fraisages à vitesse élevée – avec un guidage des mouvements particulièrement faible en à-coups – ou encore l'usinage en cinq axes avec tête pivotante et plateau circulaire.

Avec les solutions **Dynamic Efficiency** et **Dynamic Precision**, HEIDENHAIN combine des fonctions de commande innovantes pour un usinage à la fois hautement précis et efficace.

Dynamic Efficiency assiste l'utilisateur à réaliser un usinage lourd ou une opération d'ébauche de manière plus fiable et plus efficace. **Dynamic Efficiency** est disponible sur les commandes TNC 640 et iTNC 530.

Dynamic Precision permet d'obtenir des pièces d'une plus grande précision, avec un meilleur état de surface, au cours d'un processus d'usinage plus rapide, conjuguant ainsi haute précision et haute productivité. Les options logicielles de **Dynamic Precision** peuvent être utilisées avec la TNC 640, l'iTNC 530 et la TNC 620.



TNC 640



iTNC 530



TNC 620

	TNC 640	iTNC 530	TNC 620
Dynamic Precision	x	x	x
CTC – Compensation des écarts de position dus aux élasticités	Option	Option	Option
AVD – Atténuation active des vibrations	Option	Option	Option
PAC – Adaptation des paramètres d'asservissement en fonction de la position	Option	Option	Option
LAC – Adaptation des paramètres d'asservissement en fonction de la charge	Option	Option	Option
MAC – Adaptation des paramètres d'asservissement en fonction du mouvement	Option	Option	Option
Dynamic Efficiency	x	x	–
ACC – Suppression active des vibrations	Option	Option	Option
AFC – Asservissement adaptatif de l'avance	Option	Option	–
Fraisage en tourbillon	•	•	•

x Fonctions possibles

• Fonction par défaut

HEIDENHAIN

DR. JOHANNES HEIDENHAIN GmbH

Dr.-Johannes-Heidenhain-Straße 5

83301 Traunreut, Germany

+49 8669 31-0

+49 8669 5061

E-mail: info@heidenhain.de

www.heidenhain.de

Pour plus d'informations :

- Catalogue *TNC 640*
- Catalogue *iTNC 530*
- Catalogue *TNC 620*
- Information technique *Dynamic Efficiency*

