

SYSTÈMES DE MESURE DES PERFORMANCES ET DE CALIBRATION DES MACHINES



Choisis par les professionnels du monde entier en raison de leurs caractéristiques :

- Précision et traçabilité
- Souplesse et facilité d'utilisation
- Portabilité
- Assistance technique et service dans le monde entier

Afin de vous aider à faire le bon choix, RENISHAW vous invite à découvrir :

- Le système de mesure à laser ML10/EC10
- L'outil de calibrage d'axe rotatif RX10
- Le Ballbar QC10
- La jauge de vérification de MMT MCG



LA MÉTROLOGIE : C'EST NOTRE MÉTIER

Des solutions concrètes

Avec plus de 25 ans d'expérience dans le domaine de la métrologie, Renishaw a la réputation dans le monde entier de produire des systèmes de mesure de grande qualité. Du palpeur à contact au spectromètre à effet Raman, Renishaw propose des solutions concrètes aux problèmes les plus difficiles.

La réponse aux exigences de l'industrie moderne

En réponse aux exigences de l'industrie moderne qui impose des critères de tolérance toujours plus stricts et des contraintes liées aux normes de qualité internationales, les performances des machines de production n'ont jamais été aussi importantes. Pour satisfaire à ces demandes, Renishaw produit des systèmes de mesure qui évaluent, contrôlent et améliorent les performances des machines. Ces outils combinent les technologies mécaniques, électroniques et optiques les plus avancées dans le but d'augmenter la polyvalence, la portabilité et la simplicité d'utilisation.

Ces produits, jusqu'alors uniquement réservés aux laboratoires de recherche et aux bureaux de normalisations, peuvent maintenant être utilisés directement dans les ateliers.

La "Référence" dans l'industrie

Les systèmes de mesure Renishaw sont reconnus dans le monde entier et sont considérés comme la «Référence» pour le contrôle des performances des machines.



RENISHAW®

Le système de mesure à laser le plus sophistiqué du monde

L'interféromètre à laser ML10 se situe à l'avant-garde des instruments de diagnostic des machines-outils et des machines de mesures tridimensionnelles (MMT). Sa précision de 1,1 ppm fournit une traçabilité internationale à un niveau de performance jamais atteint à ce jour.

Lorsque vous achetez un interféromètre à laser Renishaw, vous devenez propriétaire du système le plus précis du marché. Vous bénéficiez également d'un réseau d'assistance international maîtrisant parfaitement la métrologie, la maintenance des machines, et les contraintes liées aux environnements de production.

Faites un bilan de l'état de votre machine - en 15 minutes

La calibration des machines peut souvent se révéler être une activité fort dispendieuse en temps. Pour contribuer à réduire ces délais, le Ballbar QC10 de Renishaw, avec son logiciel exclusif de diagnostic, permet d'effectuer un "contrôle rapide" des performances des machines. Associé au calibre en Zérodur®, le système permet de disposer d'une précision de mesure traçable de $\pm 0,0015$ mm.

La jauge MCG constitue l'outil idéal pour mesurer rapidement tout changement dans les performances volumétriques des machines de mesures tridimensionnelles. Sa simplicité d'utilisation et la souplesse de sa configuration permettent son emploi sur une grande diversité de machines.

Le contrôle des performances des machines

Les logiciels de mesure

Le système de mesure à laser

Le Ballbar QC10

La jauge de vérification des MMT (MCG)

Service et assistance technique



Pour de plus amples informations sur l'utilisation de ces systèmes, consultez les rubriques correspondantes de cette brochure.

LE CONTRÔLE DES PERFORMANCES DES MACHINES

Présentation des systèmes

LE SYSTÈME DE MESURE À LASER ML10

Utilisé pour une évaluation exhaustive de la précision des machines outils, des machines de mesures tridimensionnelles et autres systèmes de positionnement, le système de mesure à laser ML10 est de loin l'outil le mieux adapté à cette tâche.

LES FAITS PARLENT D'EUX-MÊMES ...

- **C'est le système le plus précis de sa catégorie :** La précision de 1,1 ppm du système est conservée sur l'intégralité de sa plage d'utilisation, qui s'étend de 0°C à 40°C. C'est un niveau de performance inégalé à ce jour.
- **Des alignements rapides et sûrs grâce au laser monté sur trépied :** Tous les alignements peuvent s'effectuer de manière confortable et sûre à l'extérieur de la machine, évitant ainsi la perte d'une partie de la course des axes ou les effets de traînée du câble lors de la saisie des mesures.
- **La portabilité :** Une mallette, un trépied et un PC portable, c'est tout ce qu'il faut pour disposer d'un système complet.
- **Les pionniers du logiciel de correction automatique d'erreur :** Ces logiciels de correction automatique des erreurs de positionnement d'un axe sont compatibles avec la plupart des contrôleurs de machines-outils.
- **Une disponibilité quasi immédiate :** La conception soigneusement étudiée du système permet d'effectuer des mesures de haute précision à peine 15 minutes après la mise sous tension.
- **Des systèmes optiques conçus pour les utilisateurs en atelier :** Tous les boîtiers sont fabriqués dans un aluminium dur anodisé, ce qui permet d'obtenir des composants optiques durables et légers qui s'adaptent thermiquement à l'environnement de l'atelier dix fois plus rapidement que les boîtiers optiques en acier.
- **Des mesures sur de grandes longueurs :** Il est possible d'effectuer des mesures linéaires sur des axes pouvant atteindre 80 mètres. Grâce à l'option « Dual Axis », la mesure simultanée de deux axes parallèles (Maître-Esclave) est aussi réalisable.
- **La calibration des axes rotatifs :** L'association du laser ML10 et de l'indexeur rotatif RX10 permet de disposer de la seule méthode entièrement automatique de calibration des axes rotatifs.
- **L'interférométrie est traçable :** Les contrôles réalisés avec le système de mesures à laser Renishaw, y compris la rectitude et l'angularité, sont interférométriques. Leur traçabilité est ainsi assurée par la définition internationale de la longueur d'onde de la lumière LASER.

La conformité aux normes internationales : Étant donné l'évolution constante que connaît l'industrie de la fabrication, il est important que les données soient saisies et évaluées conformément aux normes les plus récentes. Renishaw est conscient de cette nécessité et réactualise constamment ses systèmes, dont les versions les plus récentes sont continuellement mises à la disposition des utilisateurs.

Une assistance technique et des services internationaux : La présence de Renishaw dans le monde entier garantit aux utilisateurs une assistance permanente. Si vous avez besoin de conseils ou si vous avez une exigence particulière, n'hésitez pas à faire appel à la longue expérience de Renishaw.



Calibration d'un axe linéaire d'une machine-outil en utilisant un système de mesure à laser.

Le système de mesure à laser le plus sophistiqué du monde



Calibration d'une diagonale d'une MMT avec un système de mesure à laser.

LE BALLBAR QC10

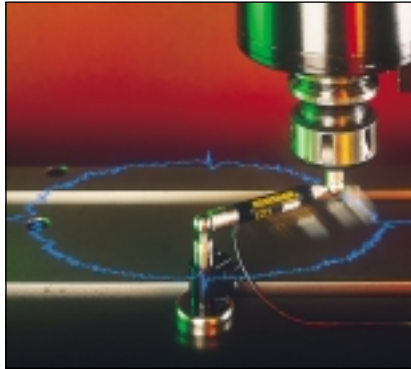
Le Ballbar QC10 s'impose le « Standard » dans le domaine de la vérification rapide et régulière des performances des machines-outils à commande numérique.

Ce système, facile à mettre en œuvre et simple à utiliser, constitue un outil essentiel qui a sa place dans tous les ateliers.

- **Il permet de réduire les coûts** : L'utilisation régulière du Ballbar QC10 permet de réduire les frais de maintenance, les temps d'indisponibilité et les rebuts.
- **Une procédure de contrôle extrêmement rapide** : Il ne faut que 15 minutes pour évaluer les performances de votre machine.
- **Une mise en place facile** : Sa méthode de centrage brevetée permet une mise en place simple et rapide.
- **Une grande simplicité d'utilisation** : Grâce à son logiciel exclusif de saisie des données et de diagnostic, son utilisation est aisée.
- **La prévision des opérations de maintenance** : L'utilisation régulière du système permet d'établir un programme de maintenance pour chaque machine.
- **L'analyse de l'évolution des performances des machines** : Le logiciel exclusif de diagnostic définit une liste hiérarchisée des réparations les plus urgentes pour améliorer les performances de la machine.
- **La conformité aux normes** : ISO, ANSI, QS et ATA

LA JAUGE DE VÉRIFICATION DES MMT (MCG)

- **Une conception exclusive pour les machines de mesures tridimensionnelles** : Elle permet d'évaluer les performances volumétriques et la répétabilité.
- **La conformité aux normes** : Cette méthode de mesure est conforme à la norme BS EN ISO 10360-2.
- **Une mise en place souple et polyvalente** : La jauge MCG, fournie avec de nombreuses extensions, s'adapte à toutes les tailles de MMT
- **L'identification des changements de performance des machines** : L'évolution des valeurs volumétriques indique un changement de l'état de la machine.



***Rapidité et
performance
des tests***



LE CONTRÔLE DES PERFORMANCES DES MACHINES

Pourquoi contrôler les performances des machines ?

CONSTRUCTEURS DE MACHINES, VOUS POUVEZ...

AMÉLIORER LES PERFORMANCES DE VOTRE MACHINE

La mesure rapide et précise des performances de la machine permet d'isoler rapidement les problèmes mécaniques ou électriques et de les résoudre.

AMÉLIORER LA CONCEPTION DE LA MACHINE

Une analyse détaillée de la machine permet d'identifier l'impact des nouvelles caractéristiques sur les performances de la machine.

RÉDUIRE LES TEMPS DES CYCLES DE FABRICATION

En enregistrant soigneusement les performances de chaque machine produite et en contrôlant soigneusement le processus de fabrication, il est possible d'obtenir un bon aperçu des problèmes techniques de production. Les temps de réception de la machine peuvent être réduits, car il n'est plus nécessaire de procéder à des tests d'usinage longs à réaliser.

PROUVER LES PERFORMANCES

Grâce aux résultats de calibration traçables, les clients ont la certitude que leurs nouvelles machines répondent aux spécifications avant même qu'elles ne quittent leur lieu de montage. La portabilité exceptionnelle du système permet de répondre aux demandes des clients et de procéder, sur site, à des tests de réception.

ASSURER UN SERVICE APRES-VENTE IRREPROCHABLE

Un service après-vente de grande qualité est un impératif commercial. Grâce à l'utilisation de ces mêmes outils sur site, il est possible de rétablir les performances d'origine de la machine avec certitude.

UTILISATEURS DE MACHINES, VOUS POUVEZ...

MINIMISER LES REBUTS ET AMÉLIORER LA PRÉCISION DES PIÈCES USINÉES

En s'assurant qu'une machine fonctionne selon ses spécifications, les risques de rebut sont minimisés. Ceci permet également de respecter des tolérances plus strictes dans la production et d'améliorer la qualité et la précision d'ensemble.

MINIMISER LES TEMPS D'INDISPONIBILITÉ DES MACHINES

Une image détaillée de l'évolution de chacune des caractéristiques machine est nécessaire à l'élaboration d'une planification des travaux de maintenance.

ÊTRE COMPÉTITIFS

Les rapports de calibration et les résultats réguliers d'évaluation des performances des machines constituent d'excellentes preuves nécessaires à l'appréciation des compétences d'un sous-traitant. Ceux-ci fournissent un avantage concurrentiel précieux vis à vis d'autres entreprises qui n'effectuent peut-être pas de tels tests.

ÊTRE EN CONFORMITÉ AVEC L'ISO 9000

L'une des clauses concernant l'application des normes de qualité ISO 9000 impose un matériel de fabrication et d'inspection calibré, surveillé et contrôlé.

CLASSIFIER LES PERFORMANCES DE VOS MACHINES

En calibrant toutes les machines, il est possible de les classer selon leurs capacités respectives d'usinage et de définir des tolérances de fabrication. Celles-ci permettent de s'assurer que les machines sont adaptées à l'usage auquel vous les employez, réduisant ainsi la probabilité de rebuts.

PROLONGER LA DURÉE DE VIE DE VOS MACHINES

Certains types d'erreurs machine peuvent entraîner une usure excessive du système d'entraînement et de guidage. En détectant et éliminant ces erreurs dès leur apparition, il est possible de prolonger la durée de vie de celles-ci.

VÉRIFIER LA QUALITÉ D'UNE NOUVELLE MACHINE LORS DE SA LIVRAISON

Le transport et l'installation sur site peuvent avoir un effet préjudiciable sur la précision d'une machine. Immédiatement après son installation, une vérification des performances de la machine permet de déterminer si elle est prête à remplir sa fonction.

LE CONTRÔLE DES PERFORMANCES DES MACHINES

Comment et quand calibrer et tester les performances ?



LES CALIBRATIONS ANNUELLES

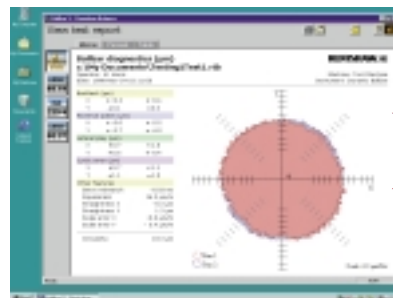
Les mesures effectuées avec le laser ML10 permettent d'établir les caractéristiques géométriques et dynamiques d'une machine. Grâce à ces informations, il est possible d'élaborer un plan de maintenance pour chacune d'elles. Toutefois, les performances d'une machine varient sensiblement au cours d'une même année, en particulier si elle a été heurtée ou déplacée. En conséquence, les calibrations annuelles devraient, dans la mesure du possible, être complétées par des contrôles plus réguliers.

1. Effectuer une calibration complète au laser



● Effectuez un test complet de calibration au laser pour mesurer, pour chaque axe, toutes les caractéristiques de géométrie, de positionnement et de mouvement.

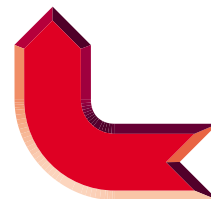
2. Matérialiser la « signature machine » avec le Ballbar

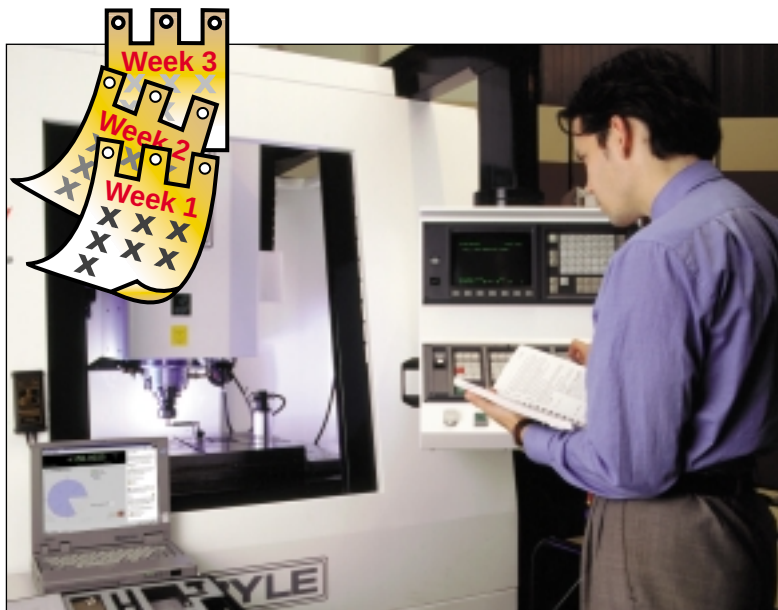


● Un test Ballbar QC10 sur machines-outils ou un test avec jauge MCG sur MMT matérialise la « signature machine », image instantanée de la calibration complète au laser effectuée précédemment. Ces tests rapides sont désormais associés aux calibrations par laser.

MISE EN ŒUVRE DES CALIBRATIONS ANNUELLES ET DES TESTS REGULIERS DE PERFORMANCES MACHINE

Le laser ML10, le Ballbar QC10 et la jauge MCG sont des outils complémentaires. En matière de positionnement et de géométrie machine, le système de mesure laser ML10 garantit l'ultra précision et la meilleure traçabilité. Le Ballbar QC10 et la jauge MCG sont tous deux des outils de contrôle périodique. Ils offrent la possibilité de suivre rapidement, fréquemment et avec précision l'évolution de l'état des machines dans le but d'élaborer des plans de maintenance.





DES TESTS REGULIERS DE PERFORMANCE

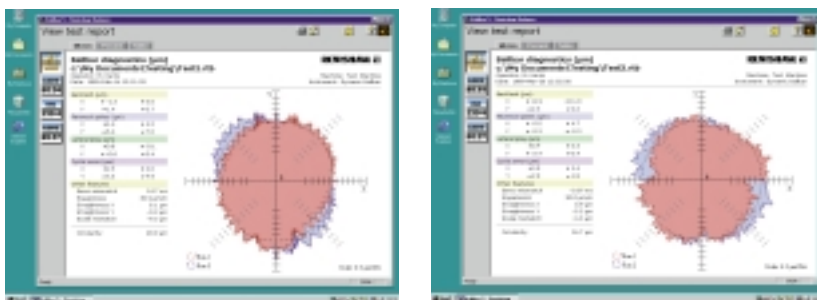
Le Ballbar QC10 peut évaluer rapidement et simplement les performances des machines-outils, grâce à une procédure de test intégralement automatisée. **En seulement 15 minutes**, les données de circularité ainsi obtenues permettent à son puissant logiciel de diagnostic d'identifier et de quantifier des erreurs géométriques ou électroniques.

Le service de maintenance peut alors rapidement intervenir sur les problèmes identifiés : - soit en utilisant le Ballbar QC10 pour effectuer les réglages et valider les résultats.

- soit en effectuant une contre mesure avec le système à laser ML10.

Il en est de même pour la jauge MCG qui est utilisée sur les machines de mesures tridimensionnelles.

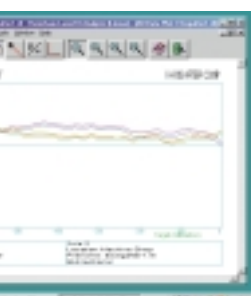
3. Re-vérifier régulièrement la machine



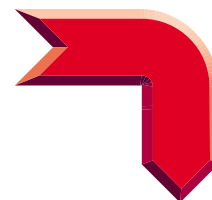
● Il est fortement recommandé d'effectuer des vérifications hebdomadaires ou mensuelles avec le Ballbar QC10 ou la jauge MCG. Ces vérifications s'imposent aussi en cas de chocs, de déplacement ou lorsque les pièces s'écartent des tolérances.

La planification de ces contrôles permet d'enregistrer les performances d'une machine de façon régulière, et de prévoir intelligemment les problèmes en utilisant l'analyse des tendances.

5. Réparer et re-calibrer à l'aide d'un laser



● Après les travaux de maintenance, il est possible de calibrer de nouveau la machine en utilisant le système de mesure à laser ML10.



4. Mettre en évidence les zones à problèmes



● Lorsque la précision d'une machine devient inacceptable, utilisez le logiciel de diagnostic QC10 pour localiser les problèmes et pour décider de la nature des travaux de maintenance à réaliser. En ce qui concerne les machines de mesures tridimensionnelles, une contre-mesure au laser est recommandée pour l'identification précise d'un défaut.

LES LOGICIELS DE MESURE



Le logiciel du laser et celui du Ballbar sont livrés sous forme d'un CD-ROM en version multilingue.



DES LOGICIELS CONÇUS POUR L'UTILISATEUR

L'interface utilisateur du laser ML10 et celle du Ballbar QC10 utilisent des logiciels compatibles Windows® 95, 98 et NT entièrement développés par Renishaw.

Le logiciel du laser ML10 permet l'acquisition de données en statique et en dynamique pour les mesures de linéarité, d'angles, de rectitude, d'équerrage et d'axes rotatifs. La version standard comporte l'option dynamique, double axes, micromètres digitaux, niveaux électroniques, il comprend également un module universel de compensation automatique ainsi qu'une aide en ligne contextuelle.

UNE GRANDE SOUPLESSE DE SAISIE DES DONNÉES

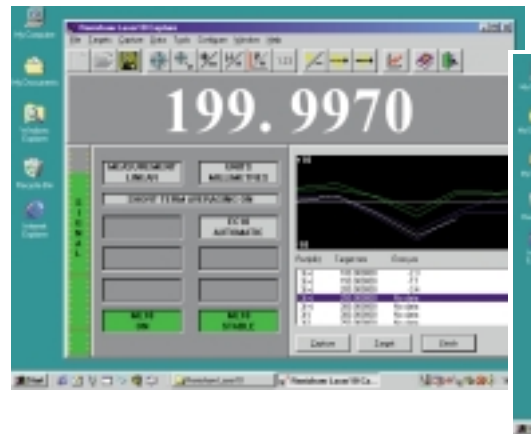
Afin de répondre aux exigences des multiples applications, le logiciel du système à laser offre différentes méthodes de saisie des données :

Méthodes manuelles :

Clavier, commande à distance.

Méthodes automatiques :

Fonctions temporelles, de positionnement, dynamiques, déclenchement par codeur (Via le boîtier de déclenchement TB10).

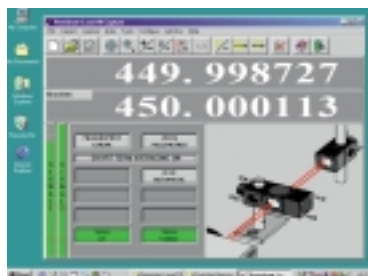


Double mesure simultanée

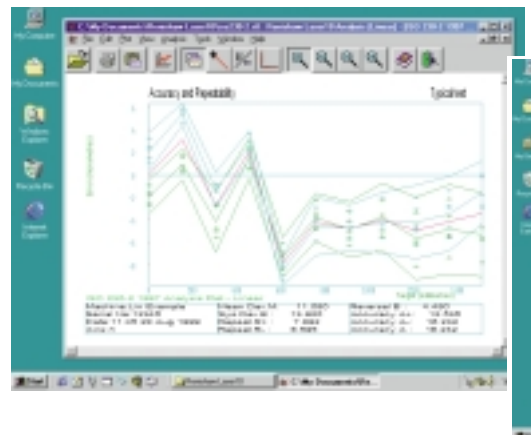
ANALYSE DES DONNÉES SELON LES NORMES INTERNATIONALES

Les données recueillies par le système au laser peuvent être analysées selon les normes suivantes

- ISO 230-2
- ANSI B5.54
- ANSI B89
- VDI 3441
- VDI 2617
- JIS-B6330
- GB-10931-89



Les données peuvent être saisies simultanément sur deux axes, puis analysées indépendamment.



Dans l'environnement Windows, les données saisies peuvent s'exporter sous forme brute vers d'autres applications (Tableurs...). Il est également possible de couper et de coller les données analysées vers d'autres applications, laissant ainsi une grande liberté de mise en forme des résultats.

LES LIAISONS AVEC D'AUTRES INSTRUMENTS

LES SYSTÈMES À LASER HP 5528

Le logiciel Renishaw peut être utilisé comme interface utilisateur avec les systèmes HP5528. Il est alors associé à notre kit d'interface GPIB. Ce kit interface est disponible soit en format ISA, soit en format de type PCMCIA pour ordinateur portable de type « NOTEBOOK ».

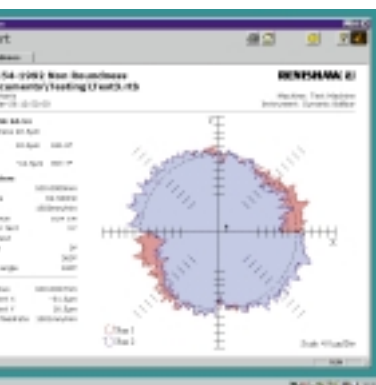
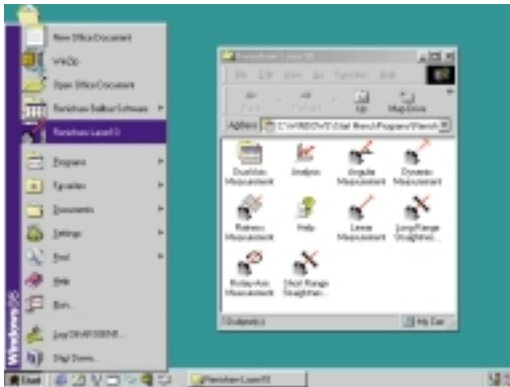
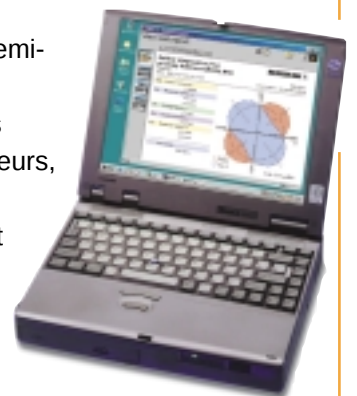
LES NIVEAUX ÉLECTRONIQUES ET LES APPAREILS NUMÉRIQUES

Le logiciel offre une grande souplesse dans la saisie, le stockage et la présentation des résultats provenant des niveaux électroniques et des appareils numériques. Les données saisies peuvent alors être analysées selon les normes nationales et internationales.

De plus amples informations concernant l'interfaçage des systèmes sont proposées aux pages **32-33**

CONFIGURATION INFORMATIQUE MINIMALE

- Pentium 200 Mhz au minimum,
- 20 Mb de RAM,
- CD-ROM pour l'installation du logiciel,
- Lecteur de disquette pour le transfert éventuel des données,
- Système d'exploitation Windows® 95, 98 ou NT,
- Résolution d'écran 800 x 600 pixels minimum,
- **Pour le système laser** : Si une carte d'interface PCM10 est utilisée, le micro-ordinateur portable doit disposer d'un emplacement de carte PCMCIA de type II. Si une carte d'interface d'ordinateur PC10 est utilisée, l'ordinateur de bureau doit disposer d'un emplacement libre de type ISA 8-bits demi-longueur.
- Un port série RS232 est nécessaire pour les logiciels de compensation automatique d'erreurs, le rotary RX10, et les interfaces digitales.
- **Pour le système Ballbar** : - l'ordinateur doit disposer d'au moins un port série RS232 (9600 Baud).



Les données recueillies par le système Ballbar peuvent être analysées selon les normes suivantes :

- ISO 230-4
- ANSI B5.54

LE SYSTÈME DE MESURE À LASER

L'architecture du système

Le système de mesure à laser Renishaw constitue une solution idéale pour la calibration complète des machines. Il autorise la mesure de nombreuses caractéristiques géométriques et dynamiques. Son architecture souple et modulaire, lui permet de s'adapter au mieux aux conditions de mesure et d'évoluer au fur et à mesure des besoins.

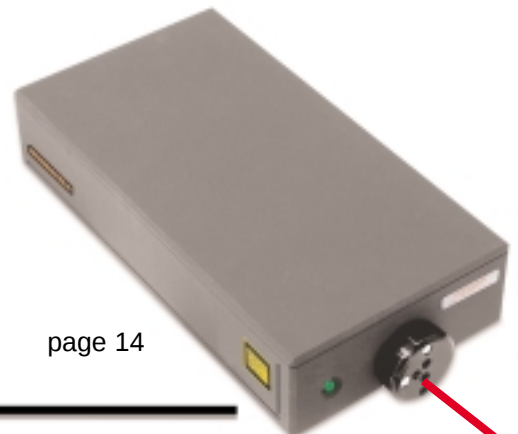
UNITE DE COMPENSATION EC10



page 15

La source à laser ML10 et l'unité de compensation de l'environnement EC10 sont au cœur du système. Ces composants essentiels constituent ensemble le système de mesure à laser le plus précis du marché. Sa précision de 1,1 ppm est conservée sur l'intégralité de sa plage d'utilisation, comprise entre 0 °C et 40 °C.

SOURCE À LASER ML10



page 14



page 32

CARTE D'INTERFACE PC10

EMPLACEMENT ISA

MICRO-ORDINATEUR DE BUREAU



page 32

DISPOSITIF D'INTERFACE LX10

RS232/IEEE

SYSTÈME À LASER HP5528 / NIVEAUX ÉLECTRONIQUES ET APPAREILS NUMÉRIQUES

page 32, 33



page 32

CARTE D'INTERFACE PCM10

EMPLACEMENT PCMCIA

MICRO-ORDINATEUR PORTABLE



LES OPTIONS DE MESURE

page 16



Précision et répétabilité du positionnement linéaire d'un axe

page 18



Mouvements angulaires d'un axe (Lacet, Tangage)

page 20



Rectitude d'un axe

page 22



Orthogonalité entre les axes

page 24



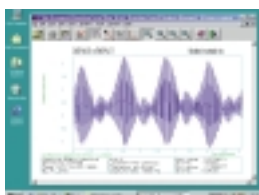
Planéité d'une surface

page 26



Positionnement angulaire d'un axe ou table rotative

page 28



Caractéristiques dynamiques d'une machine

LE SYSTÈME DE MESURE À LASER

Le laser et l'unité de compensation

LA SOURCE À LASER ML 10

La source à laser ML10 représente le dispositif central du système de mesure. Elle contient un tube à laser à Hélium Néon (HeNe) produisant une lumière laser stabilisée à 633 nm. Le classement de la puissance de ce laser en « Classe II » permet son utilisation sans matériel spécial de sécurité. Ce laser simple fréquence est constitué de circuits électroniques sophistiqués utilisés pour la stabilisation, l'interpolation et le comptage des franges d'interférence. Ses grandes caractéristiques techniques autorisent des mesures d'une résolution réelle du nanomètre, à des vitesses d'avance supérieures à 1 mètre/s, et ceci sur des longueurs pouvant atteindre 80 mètres.

La longueur d'onde du laser ML10 est traçable selon des normes internationales. La traçabilité de chaque laser ML10 est garantie par l'utilisation d'un laser de référence stabilisé à l'iode et se trouvant dans les locaux de Renishaw. Ce laser de référence est quant à lui raccordé périodiquement par le Laboratoire National de Physique (NPL) de Grande-Bretagne. Cette procédure permet d'obtenir la reconnaissance des laboratoires nationaux suivants:

- NIST (US)
- NPL (Inde)
- NIM (Chine)
- LNE et CTA (France)
- IGMC (Italie)
- NRLM (Japon)
- PTB (Allemagne)



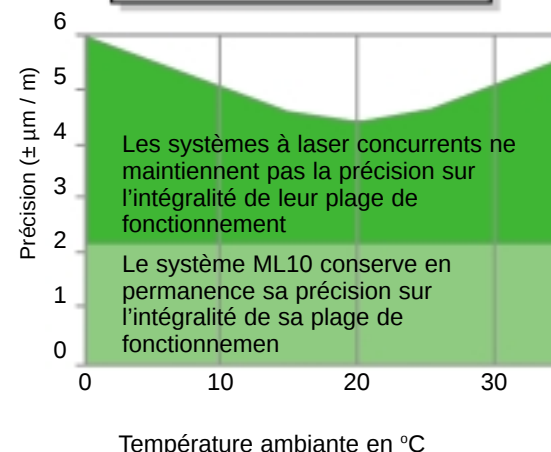
Precision du système à laser: 1,1 ppm sur l'intégralité de sa plage de fonctionnement.



SPÉCIFICATION	
Source à laser	Tube à laser à Hélium Néon (HeNe) (Classe II)
Puissance du laser	<1 mW
Longueur d'onde dans le vide	632.9906 nm (nominal)
Précision de la fréquence à long terme	± 0.1 ppm (partie par million)
Sorties	RS485 depuis la prise "Datalink" à 5 broches
Alimentation électrique	Modules spécifiques pour les tensions de 100, 110, 220, 240 volts Tolérance de tension: ± 10 % Tolérance de fréquence: 45 - 65 Hz
Température de fonctionnement	0 – 40 °C
Humidité de fonctionnement	0 – 95% sans condensation
Poids	5.3 kg
Dimensions	335 x 176 x 75 mm

Précision de la longueur d'onde du laser :
Précision de la correction de l'indice de réfraction de l'air :
Précision du système Renishaw :
Précision du systèmes concurrents types :
Précision de la correction de dilatation matériaux du système Renishaw :
Précision de la correction de dilatation matériaux des systèmes concurrents :

***Précision comparative des systèmes**
- incluant la correction de dilatation matériaux



LE DISPOSITIF DE CORRECTION EC10

La précision d'un système de mesure de distance à laser dépend essentiellement de l'efficacité de son dispositif de correction. En effet, la variation de la réfraction de l'air modifie la longueur d'onde du laser et perturbe ainsi sa précision. Pour tenir compte de cette réalité, Renishaw a conçu une unité de compensation (EC10) extrêmement précise.

Ce dispositif de correction EC10 surveille l'environnement extérieur de manière continue en recueillant des données au moyen de capteurs à haute précision qui mesurent la température, la pression et l'humidité de l'air ambiant. À partir de ces données, le dispositif calcule la vraie longueur d'onde du laser en utilisant l'équation d'Edlen. La longueur d'onde corrigée est associée au comptage des franges provenant du laser ML10 pour donner, avec une précision garantie, des mesures de distance.

Pour normaliser toutes les mesures (Température de référence à 20°C) et corriger les effets de dilatation thermique de la machine, le dispositif EC10 peut également recevoir des données fournies par un, deux ou trois capteurs de température matériau. Ceux-ci doivent être placés, sur la machine soumise au test, à des positions stratégiques.

La correction thermique est particulièrement importante lors de la réalisation de mesures linéaires, spécialement sur les machines de grande taille ou celles construites avec des matériaux possédant un coefficient de dilatation élevé.



L'unité de compensation EC10 peut également être utilisée comme appareil autonome d'enregistrement des données d'environnement.

± 0,1 ppm
± 1,0 ppm
± 1,1 ppm
up to ± 3,0 ppm

± 1,0 ppm*

± 3,0 ppm*

SPÉCIFICATION	SYSTÈME MÉTRIQUE
Plage de température de l'air	0 – 40 °C
Précision de température de l'air	± 0,5 °C
Plage de pression de l'air	750 – 1150 mbar
Précision de la pression de l'air	± 2,2 mbar
Plage d'humidité relative	0 – 95% (sans condensation)
Précision d'humidité relative	20% RH
Précision de la correction de la longueur d'onde	± 1.0 ppm (partie par million)
Plage de température matériau	0 – 40 °C
Précision de la température matériau	± 0,1 °C
Alimentation électrique	Modules spécifiques pour les tensions de 100, 110, 220, 240 volts Tolérance de tension: ± 20 % Tolérance de fréquence: 45 - 65 Hz
Poids	4,0 kg
Dimensions	335 x 176 x 75 mm

LE SYSTÈME DE MESURE À LASER

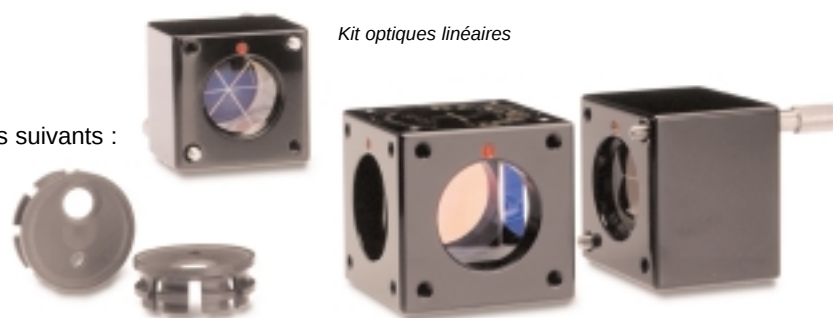
Les mesures linéaires

Il s'agit de la forme de mesure de précision la plus couramment effectuée sur les machines. Le système mesure la précision et la répétabilité de positionnement linéaire en comparant la position de la machine et la valeur mesurée par le laser. Ces valeurs peuvent alors être affichées, imprimées et analysées statistiquement par le logiciel selon des normes nationales et internationales. Sur la plupart des machines-outils actuelles, il est également possible de télécharger automatiquement dans le contrôleur de la machine les données de corrections. Ainsi, la précision de la machine peut être vérifiée et améliorée de manière simple et rapide.

MISE EN ŒUVRE

Les composants utilisés pour ce type de mesure sont les suivants :

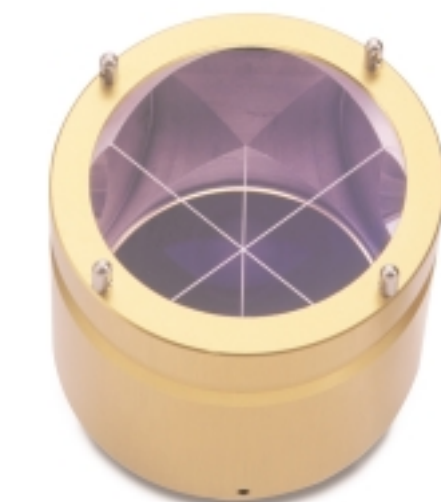
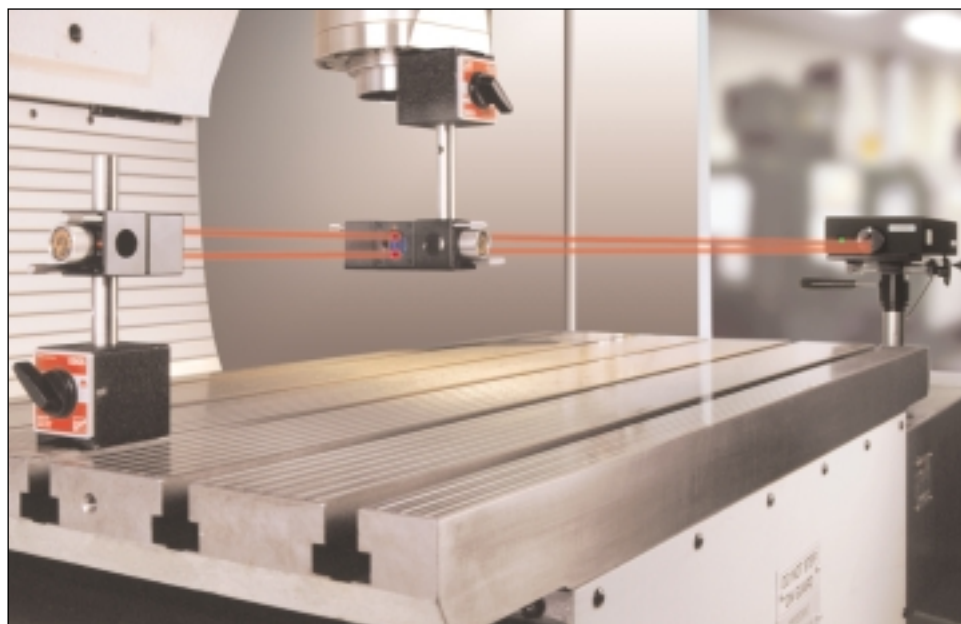
- Un séparateur de faisceau linéaire
- Deux rétroreflecteurs linéaires
- Des cibles (pour faciliter l'alignement optique)



Pour la prise de mesure linéaire, un rétroreflecteur est fixé au séparateur de faisceau pour matérialiser le signal de référence de l'interféromètre. L'autre rétroreflecteur se déplace par rapport au premier bloc optique (Bloc interférométrique) et représente ainsi le signal de mesure. L'interféromètre à laser détecte alors tous changements relatifs entre le signal de référence et le signal de mesure.

Pour installer les optiques sur la machine, une gamme d'accessoires et de fixations est disponible. Il est également possible de se procurer d'autres accessoires destinés à simplifier la mise en œuvre des mesures et la saisie des données. Ces accessoires sont décrits dans la section « Accessoires et optiques complémentaires ». (page 30)

Mesure du positionnement linéaire de l'axe X sur un centre d'usinage vertical



Rétroreflecteur et périscope du kit longue distance

Pour la mesure des axes de plus de 40 mètres de longueur, il est nécessaire d'utiliser la version longue distance de la source à laser ML10X, et le kit optiques linéaires longue distance breveté par Renishaw.



Pour les machines à double entraînement, effectuer la mesure au moyen de deux systèmes à laser en utilisant le logiciel DUAL AXIS. (Voir page 32).



Une longévité accrue : Les blocs optiques en aluminium, y compris les pas de vis, bénéficient d'une anodisation dure et d'un traitement anticorrosion favorisant ainsi la résistance aux chocs.

Une amélioration de la réponse dynamique : Grâce à une masse inférieure de moitié à celle des blocs optiques en acier, la charge sur la machine est ainsi réduite.

Une adaptation thermique rapide : Les blocs optiques en aluminium se stabilisent thermiquement dix fois plus rapidement que les blocs d'optiques en acier.

Aucun problème de dérive thermique : Le bloc interférométrique est éloigné de la source de chaleur de la tête laser. Cette source thermique placée à l'extérieur de la machine n'a donc pas d'influence sur son comportement.

Une mise en œuvre plus facile : Le bloc interférométrique peut être fixé aux parties de la machine présentant un intérêt particulier, sans aucune perte de course sur l'axe. Ceci permet également de procéder à de nombreuses mesures de l'axe dans une même position, sans qu'il soit nécessaire de réaligner le laser.

Un alignement simplifié du laser : Le laser monté sur trépied permet d'effectuer facilement des alignements à l'extérieur de la machine.

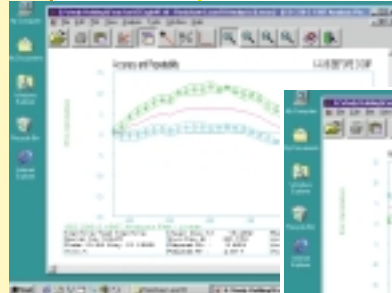
Un alignement de longue portée plus facile : Le rétrorélecteur de grande taille constitue une cible facile pour recevoir et renvoyer une plus grande quantité de lumière laser, et ceci même avec de fortes turbulences de l'air.



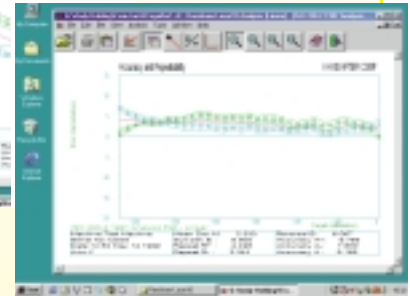
La conception exclusive des kits optiques linéaires, angulaires et de rectitude autorise des échanges pour différentes mesures sans nécessiter le réalignement du laser.

LA PUISSANCE DE LA CORRECTION AUTOMATIQUE DES ERREURS LINÉAIRES

AVANT



APRÈS



Avec l'option de compensation automatique d'erreurs, les données saisies lors du cycle de calibration permettent le calcul automatique des tables de compensation qui sont utilisées par la commande numérique. Après chargement de ces tables de compensation dans la CN, on réalise un dernier contrôle laser pour s'assurer de l'amélioration de la précision finale de la machine. Le logiciel comporte un module d'aide à l'opérateur, ainsi qu'un indicateur de progression. Le logiciel est compatible avec la plupart des contrôleurs du marché y compris :

- Cincinnati A850, A850SX, A950.
- Fanuc 0M, 0T.
- Fanuc 10, 11, 12, 15, 16, 18, 20, 21
- Num 750, 760, 1060.
- Mazak M-Plus, M2, M32
- Siemens Série 800

Contactez Renishaw si votre contrôleur ne figure pas dans cette liste.

SPÉCIFICATIONS

SYSTÈME MÉTRIQUE

Mesure linéaire (portée standard) (longue distance)	0 – 40 mètres 0 – 80 mètres
Précision (avec compensation EC10)	± 1,1 ppm (partie par million)
Résolution	0,001 µm
Vitesse maximale	60 m/min (1 m/s)
Précision de la mesure de vitesse	± 0.05%

% = pourcentage de la valeur affichée

LE SYSTÈME DE MESURE À LASER

Les mesures angulaires

Le manque de précision de positionnement des machines-outils et des machines de mesures tridimensionnelles a pour principale cause les mouvements angulaires de leurs axes (Lacet, Tangage). Les erreurs de lacet peuvent avoir pour origine des jeux latéraux liés aux mauvais réglages des guidages. Tandis qu'une erreur de tangage peut être causée par un effet de flexion de ces mêmes guidages.

MISE EN ŒUVRE

Les composants utilisés pour ce type de mesure sont les suivants:

- Un séparateur de faisceau angulaire
- Un rétroreflecteur angulaire
- Des cibles (pour faciliter l'alignement optique)

Lors de la mise en œuvre du système, il est préférable de monter le séparateur de faisceau sur un point fixe de la machine, par exemple sur la broche d'une machine-outil à table mobile ou sur le marbre d'une machine de mesures tridimensionnelles. Le rétroreflecteur est alors monté sur sa partie mobile, par exemple sur la table d'une machine-outil ou sur la tête d'une MMT. L'interféromètre à laser détecte alors tous changements d'angle relatifs entre le signal de



Mesure de tangage de l'axe X sur un centre d'usinage vertical à table mobile.



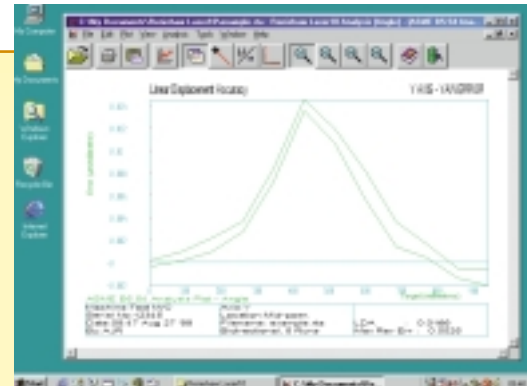
Le kit optiques angulaires peut également être utilisé pour mesurer la planéité des tables de MMT et des marbres de métrologie. (Voir page 24).



Les axes rotatifs peuvent également être calibrés en utilisant le kit optiques angulaires associés à l'indexeur rotatif RX10. (Voir page 26).



- **Une longévité accrue** : Les blocs optiques en aluminium, y compris les pas de vis, bénéficient d'une anodisation dure et d'un traitement anticorrosion favorisant ainsi la résistance aux chocs.
- **Une amélioration de la réponse dynamique** : Grâce à une masse inférieure de moitié à celle des boîtiers d'optiques en acier, la charge sur la machine est ainsi réduite. Ceci est particulièrement important lors de la mesure des erreurs angulaires sur les MMT.
- **Une adaptation thermique rapide** : Les blocs optiques en aluminium se stabilisent thermiquement dix fois plus rapidement que les blocs optiques en acier.
- **Aucun problème de dérive thermique** : Le bloc interférométrique est éloigné de la source de chaleur de la tête laser. Cette source thermique placée à l'extérieur de la machine n'a donc pas d'influence sur son comportement.
- **La traçabilité** : L'interférométrie bénéficie directement de la traçabilité de la longueur d'onde du laser. Ce qui n'est pas le cas pour les systèmes basés sur des cellules PSD/CCD/Quad.
- **La précision** : L'interférométrie offre une meilleure linéarité, une plus grande précision, et une moindre sensibilité au bruit résultant de la turbulence de l'air, que les systèmes basés sur des cellules PSD/CCD/Quad.
- **Une mise en œuvre plus facile** : Le bloc interférométrique peut être fixé aux parties de la machine présentant un intérêt particulier, sans aucune perte de course sur l'axe. Ceci permet également de procéder à de nombreuses mesures de l'axe dans une même position, sans qu'il soit nécessaire de réaligner le laser.
- **La commodité** : L'absence de câbles sur les optiques mobiles supprime les perturbations liées aux effets de traînée, favorisant ainsi une meilleure précision et une plus grande souplesse de mise en œuvre.
- **La polyvalence** : Le logiciel supporte également les mesures angulaires réalisées avec des niveaux électroniques.



Tracé type d'une mesure angulaire.



Pour une mise en œuvre simultanée de mesures angulaires et linéaires, veuillez nous contacter pour obtenir des informations sur nos kits optiques spéciaux.



SPÉCIFICATIONS	SYSTÈME MÉTRIQUE
Distance de mesure	0 – 15 mètres
Plage de mesure angulaire	± 175 mm/m
Précision angulaire	± 0,6%* ± 0,5 ± 0,1M µm/m
Résolution	0,1 µm/m
<i>M = Distance de mesure en mètre;</i> <i>% = Pourcentage de l'angle calculé</i> <i>* Une précision des optiques angulaires supérieure à ± 0,2 % est disponible sur commande spéciale.</i>	

LE SYSTÈME DE MESURE À LASER

Les mesures de rectitude

Les mesures de rectitude d'une machine mettent en évidence toutes déformations de structure et erreurs d'alignement des guidages. Ces déformations ou ces erreurs résultent probablement d'une usure des guidages, d'un choc ou de défauts liés à la mauvaise réalisation des fondations de la machine. Les erreurs de rectitude ont un effet direct sur la précision de positionnement et de contournage d'une machine.

MISE EN ŒUVRE

Les composants utilisés pour ce type de mesure sont les suivants:

- Un séparateur de faisceau de rectitude
- Un rétro réflecteur de rectitude

Lors de la mise en œuvre du système, il est préférable de monter le rétro réflecteur de rectitude sur un point fixe de la machine, alors que le séparateur de faisceau est monté sur la partie mobile.

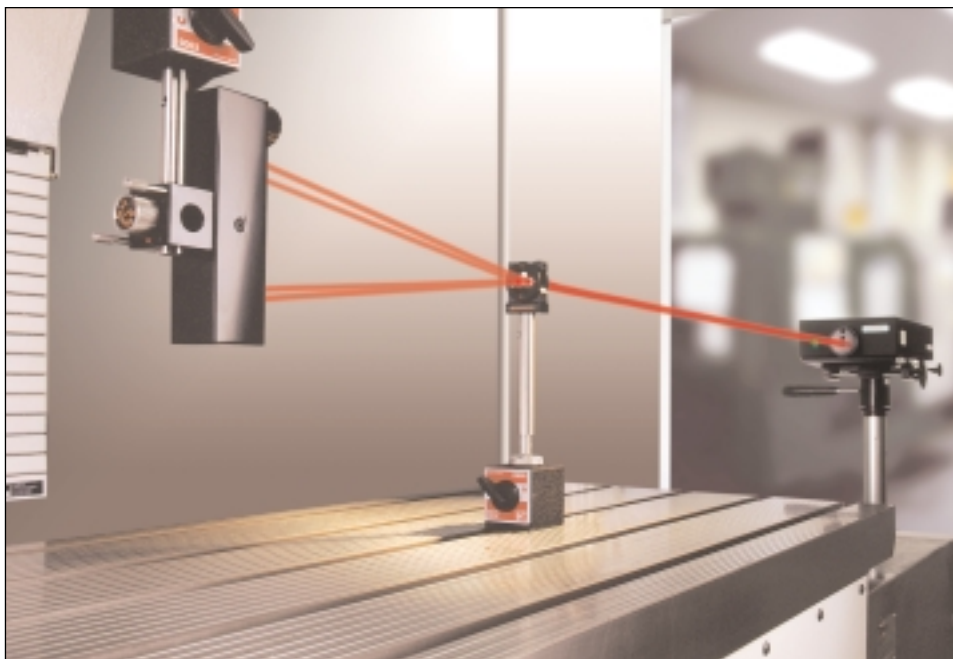
Le système de mesure de rectitude est composé de deux kits optiques, l'un pour des axes courts (0,1-4,0 mètres), l'autre pour des axes plus longs (1-30 mètres)



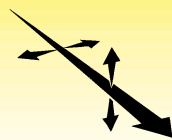
Kit optiques rectitude courte distance



Mesure de la rectitude verticale de l'axe X sur un centre d'usinage à table mobile



Si des mesures de rectitude sont effectuées sur deux axes, il est possible d'en évaluer le parallélisme ou l'orthogonalité.
(Voir page 22).

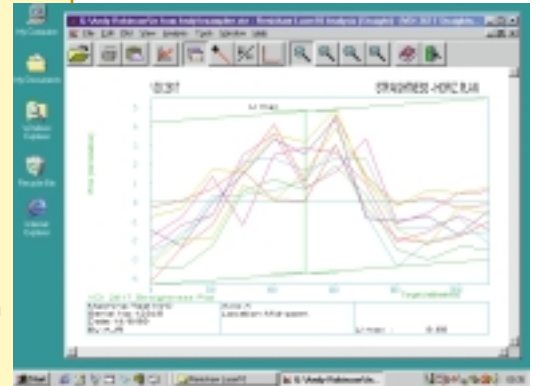


Une mise en œuvre simplifiée : La conception sophistiquée du rétroreflecteur de rectitude, protégé par un brevet, rend l'alignement beaucoup plus facile qu'avec les systèmes concurrents..

Les meilleures performances : Les systèmes basés sur des cellules PSD/CCD/Quad sont sensibles aux problèmes de bruit principalement pour les mesures effectuées sur de longues distances.

La commodité : L'absence de câbles sur les optiques mobiles supprime les perturbations liées aux effets de traînée, favorisant ainsi une meilleure précision et une plus grande souplesse de mise en œuvre.

La polyvalence : Le logiciel supporte également les mesures de rectitude réalisées avec des appareils numériques, des règles ou équerres en granit.

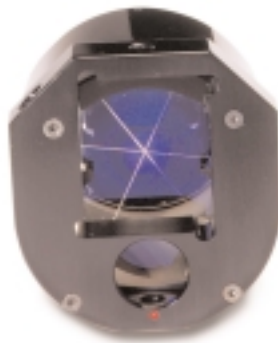


Tracé type d'une mesure de rectitude.

Kit optiques rectitude longue distance

Pour les mesures de rectitude verticale sur un axe horizontal et de rectitude sur un axe vertical, il est nécessaire de disposer d'un kit d'accessoires de rectitude.

Kit d'accessoires de rectitude



SPÉCIFICATIONS	SYSTÈME MÉTRIQUE
Distance de mesure (courte distance) (longue distance)	0,1 – 4,0 mètres 1 – 30 mètres
Plage de mesure de rectitude	± 2,5 mm
Précision (courte distance) (longue distance)	$\pm 0,5\% \pm 0,5 \pm 0,15M^2 \mu m$ $\pm 2,5\% \pm 5 \pm 0,015M^2 \mu m$
Résolution (courte distance) (longue distance)	0,01 μm 0,1 μm
<i>M = Distance de mesure en mètre</i> <i>% = Pourcentage de la valeur affichée</i>	

LE SYSTÈME DE MESURE À LASER

Les mesures d'orthogonalité

Les mesures d'orthogonalité permettent de déterminer la déviation angulaire entre deux axes normalement orthogonaux, en comparant leurs valeurs de rectitude. Elles mettent en évidence toutes déformations de structure et erreurs d'alignement des guidages. Ces déformations ou ces erreurs résultent probablement d'une usure des guidages, d'un choc, de défauts liés à la mauvaise réalisation des fondations de la machine ou d'une mauvaise calibration des organes de mesure sur des machines à portique. Les erreurs d'orthogonalité ont un effet direct sur la précision de positionnement et de contournage d'une machine.

MISE EN ŒUVRE

Ces accessoires sont nécessaires pour réaliser cette mesure :

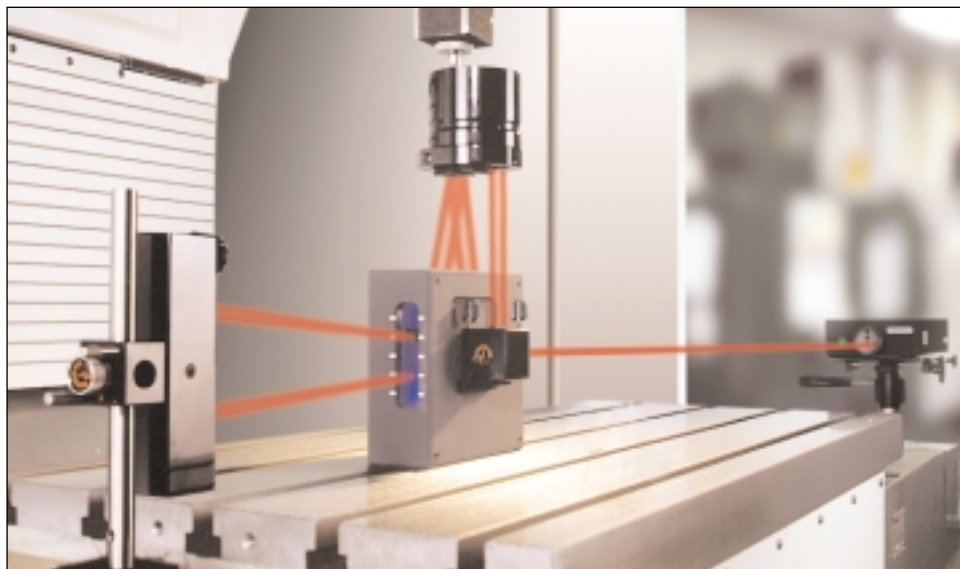
- Equerre optique + support miroir pivotant

Associés à l'équerre optique, les kits optiques et d'accessoires de rectitude sont nécessaires à la mise en œuvre de cette mesure (voir page suivante). D'autres accessoires de montage peuvent être utiles, en fonction de la configuration de la machine ou des axes à mesurer.



Equerre optique

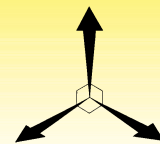
Mesure d'orthogonalité entre les axes X et Z sur un centre d'usinage vertical.



Il est également possible de mesurer rapidement l'orthogonalité des machines-outils en utilisant le Ballbar QC10. (Voir page 34).



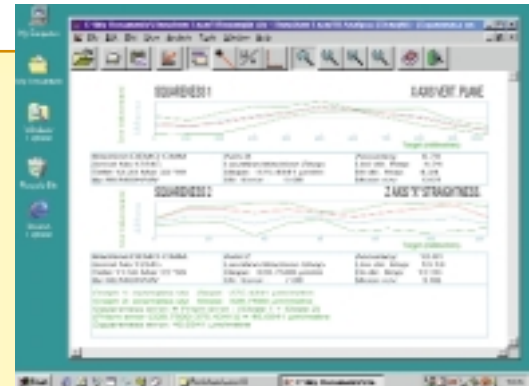
Sur les machines de petites dimensions, l'espace de travail limité interdit toutes mesures d'orthogonalité au laser. Dans ce cas, pourquoi ne pas utiliser une équerre de granit et un comparateur numérique connecté au logiciel de mesure d'orthogonalité Renishaw ? (Voir page 33).



● **Une mise en œuvre simplifiée** : La conception sophistiquée du rétroreflecteur de rectitude, protégé par un brevet, rend l'alignement beaucoup plus facile qu'avec les systèmes concurrents.

● **Une plus grande précision** : L'équerre optique permet d'obtenir une plus grande précision en raison de la qualité irréprochable des optiques utilisés ($\pm 0,5$ arcsec).

● **La polyvalence** : Le logiciel supporte également les mesures d'orthogonalité réalisées avec des appareils numériques, des règles ou équerres en granit.



Tracé type d'une mesure d'orthogonalité.



Kit optiques de rectitude



Kit d'accessoires de rectitude



SPÉCIFICATIONS	SYSTÈME MÉTRIQUE
Plage	$\pm 3/M$ mm/m
Précision (courte distance)	$\pm 0,5\% \pm 2,5 \pm 0,8M$ $\mu\text{m}/\text{m}$
(longue distance)	$\pm 2,5\% \pm 2,5 \pm 0,08M$ $\mu\text{m}/\text{m}$
Résolution	0.01 $\mu\text{m}/\text{m}$
<i>M = Distance de mesure en mètre de l'axe le plus long</i> <i>% = Pourcentage de la valeur affichée</i>	

LE SYSTÈME DE MESURE À LASER

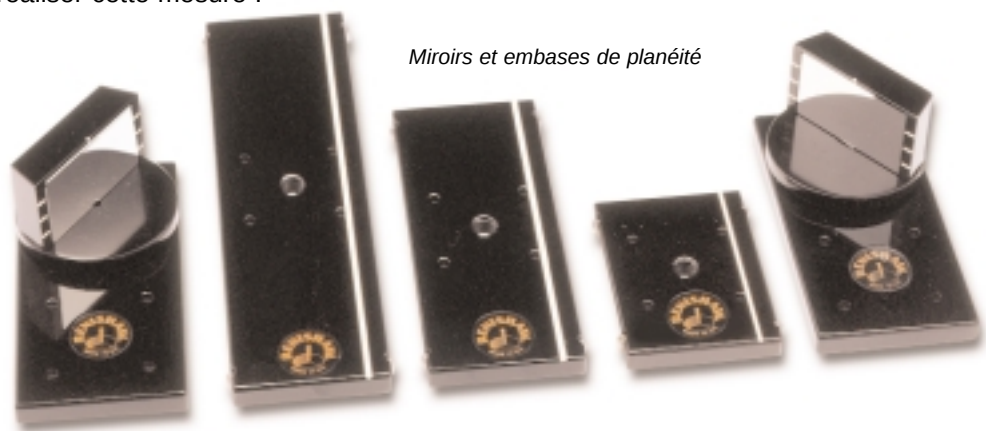
Les mesures de planéité

Ces mesures sont effectuées pour évaluer la précision des tables de MMT et de tous les types de surface plane. Elles permettent de déterminer, de quantifier les creux et les crêtes significatives de la surface et ainsi de procéder à des travaux correctifs par remise à niveau ou rodage abrasif supplémentaire.

MISE EN ŒUVRE

Ces accessoires sont nécessaires pour réaliser cette mesure :

- Une embase de 50 mm
- Une embase de 100 mm
- Une embase de 150 mm
- Deux miroirs tournant de planéité



Kit optiques angulaires

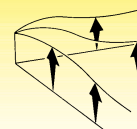


Les optiques de mesures angulaires sont également nécessaires, ils doivent être fixés sur les embases de planéité. Ceux-ci sont disponibles séparément, ils sont présentés dans la section « les mesures angulaires ». (Voir page 18).

Le rétroréflecteur angulaire est monté sur l'une des trois embases de mesures de planéité. La taille de l'embase dépend de la surface et du nombre de points à mesurer. Le séparateur de faisceau est monté sur l'un des miroirs tournant.



Si vous utilisez actuellement des niveaux électroniques, pourquoi ne pas les connecter au logiciel de mesure de planéité Renishaw ? (Voir page 33).



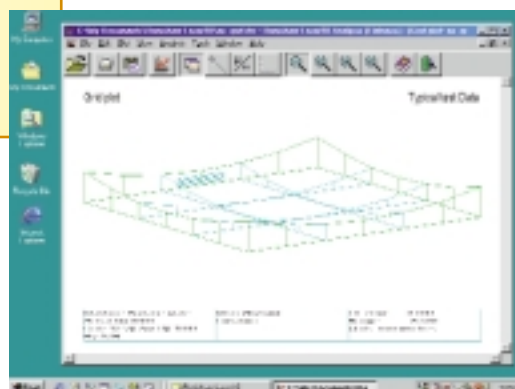
● **Absence de dérive thermique** : Les optiques sont éloignées de la source de chaleur (source à laser).

● **La traçabilité** : L'interférométrie bénéficie directement de la traçabilité de la longueur d'onde du laser. Ce qui n'est pas le cas pour les systèmes basés sur des cellules PSD/CCD/Quad.

● **Une mise en œuvre simplifiée** : Les miroirs de planéité sont antidérapants et totalement réglables, tant pour l'inclinaison que pour le lacet. Ils autorisent ainsi des réglages rapides et simplifiés.

● **La polyvalence** : Le logiciel supporte également les mesures de planéité utilisant des niveaux électroniques et les deux méthodes de mesure Grille et Moody.

● **Un positionnement simple du laser** : Toutes les lignes de mesure peuvent être obtenues à partir d'un même positionnement du laser.



Tracés types de mesures de planéité. Le graphe supérieur représente un tracé de type Moody, tandis que le tracé inférieur représente un tracé de type Grille.

Avant de procéder aux mesures, il est nécessaire de tracer la "carte" des mesures sur la surface à contrôler. La longueur de chaque ligne doit être un multiple entier de l'embase de planéité sélectionnée. Il existe deux méthodes standard permettant d'effectuer des mesures de planéité :

a) **La méthode de Moody** : Dans laquelle les mesures sont limitées à huit lignes.

b) **La méthode de la Grille** : Dans laquelle il est possible de mesurer un nombre quelconque de lignes dans deux directions orthogonales.

SPÉCIFICATIONS	SYSTÈME MÉTRIQUE
Distance de mesure	0 – 15 mètres
Plage de mesure de planéité	± 1,5 mm
Précision	± 0,6%* ± 0,02M ² µm
Résolution	0,01 µm
M = Longueur de la diagonale en mètre % = Pourcentage de la planéité calculée * Une précision des optiques angulaires supérieure à ± 0,2 % est disponible sur commande spéciale.	

LE SYSTÈME DE MESURE À LASER

Les mesures rotatives

On oublie souvent que sur de nombreuses machines, c'est la qualité d'un axe rotatif qui détermine la précision de l'ensemble du système. Ces axes peuvent être les 4ème ou 5ème axe sur les machines-outils ou la table rotative d'une MMT. Tenant compte de l'importance de la précision de ces axes, les normes nationales et internationales récentes donnent des spécifications rigoureuses pour cette mesure. Voilà pourquoi, Renishaw a mis au point un système de calibration spécifique pour axes rotatifs, le RX10, qui doit être utilisé conjointement avec un système à laser.

Cette méthode brevetée de calibration a révolutionné la mesure des axes rotatifs. Une procédure automatique de test permet dorénavant de contrôler ces axes en à peine 25 minutes, et ce, quelle que soit la position angulaire. Ceci constitue une économie de temps extraordinaire comparativement aux méthodes traditionnelles, qui font appel aux autocollimateurs et polygones optiques et qui nécessitent souvent 5 heures de plus.

MISE EN ŒUVRE

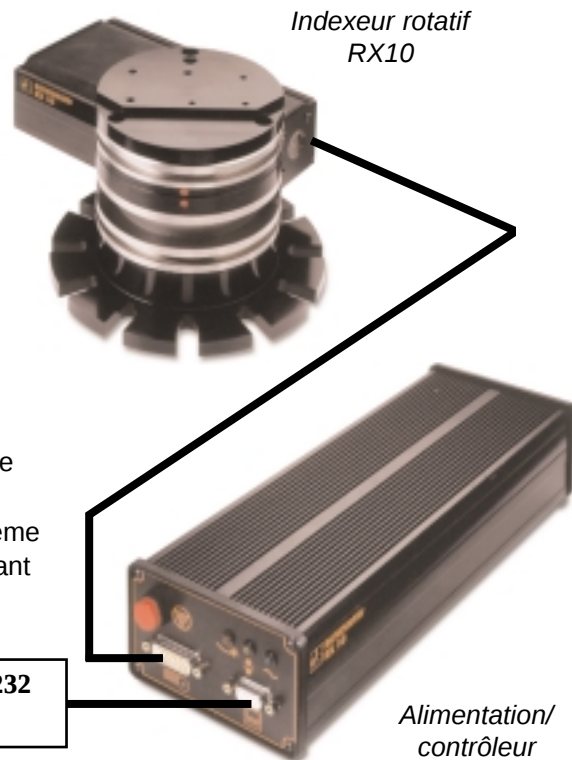
Ces accessoires sont nécessaires pour réaliser cette mesure:

- Un indexeur rotatif RX10
- Une alimentation/contrôleur RX10



Les blocs optiques de mesures angulaires sont également nécessaires, ils doivent être fixés sur l'indexeur RX10. Ceux-ci sont disponibles séparément, ils sont présentés dans la section « les mesures angulaires ». (Voir page 18).

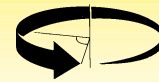
Le RX10 intègre un couplage Hirth de très haute précision, garantissant une grande qualité et fiabilité de l'indexeur. Grâce à sa routine intégrée d'autocalibration, les erreurs de réglage sont facilement éliminées. Le système peut fonctionner dans toutes les positions (horizontale, verticale...) permettant une calibration aisée des axes rotatifs quelle qu'en soit la direction.



CONNEXION RS-232
VERS PC



Si vous devez mesurer des tables indexées ayant une élévation verticale importante, veuillez vous renseigner au sujet de nos accessoires spéciaux pour indexeur rotatif RX10.

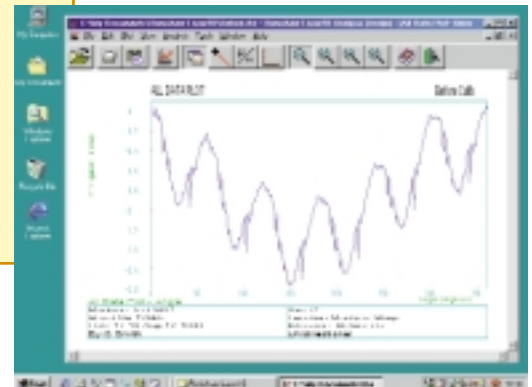


Une mise œuvre simplifiée : L'indexeur exécute une routine automatique de calibration permettant d'éliminer les erreurs de réglage, de sorte qu'il n'est pas nécessaire de centrer le système avec précision.

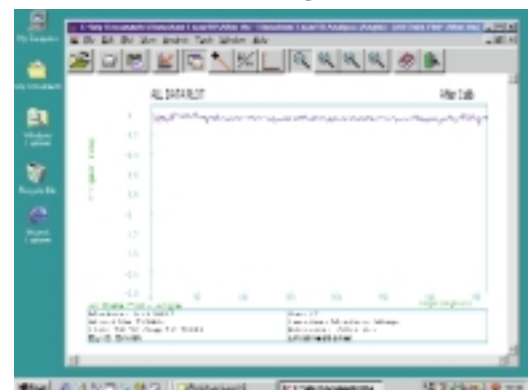
Une calibration automatique rapide : L'indexeur est motorisé afin de pouvoir effectuer les mouvements de verrouillage, de déverrouillage et de rotation pour permettre un suivi automatique sans qu'aucune intervention de l'utilisateur ne soit nécessaire (il s'agit d'une solution idéale pour les MMT).

La polyvalence : Le système peut calibrer avec précision tous types d'angles, même dans le cas de révolutions multiples.

AVANT



APRÈS



Ces deux graphes représentent des mesures sur un axe rotatif avant sa calibration et après correction de ses erreurs.

Il est possible de calibrer simplement un axe rotatif en effectuant les cinq opérations suivantes :

- 1 Fixez un rétrorélecteur angulaire standard à l'indexeur rotatif RX10.
- 2 Installez et fixez l'indexeur rotatif RX10 sur l'axe à contrôler au moyen de sa plaque de montage.
- 3 Montez le séparateur de faisceau angulaire sur un élément stable et indépendant.
- 4 L'axe rotatif est calibré en le faisant tourner séquentiellement de cible en cible, conformément au cycle de mesure présélectionné dans le logiciel laser Renishaw. Les mesures laser sont relevées à chaque position.
- 5 Au cours du cycle, l'indexeur rotatif RX10 tourne automatiquement en sens inverse de la rotation de l'axe contrôlé afin de garantir le retour du signal laser.

Les normes internationales récentes précisent qu'un axe rotatif peut être calibré suivant l'une de ces méthodes :

- Par incréments de $0,1^\circ$ sur 5°
- Par intervalles de 3° sur 360°
- Sur les positions 0° , 90° , 180° , 270° et sur neuf autres positions angulaires aléatoires sur 360° . Il est extrêmement difficile, si ce n'est impossible, d'effectuer ces mesures en utilisant des autocollimateurs et des polygones optiques.

SPÉCIFICATIONS	SYSTÈME MÉTRIQUE
Plage angulaire	Illimitée
Précision d'indexage	± 1 arcsec ou $\pm 5 \mu\text{m/m}$
Répétabilité	$0,2$ arcsec ou $1 \mu\text{m/m}$
Montage	Faces supérieure ou inférieure pour sur positionnement broche ou sur table
Fonctionnement	Vertical ou horizontal
Contrôle	Automatique via RS-232 et PC
Température de fonctionnement	$0 - 40^\circ\text{C}$

LE SYSTÈME DE MESURE À LASER

Les mesures dynamiques

La polyvalence et la puissance du système à laser Renishaw sont accrues par ses possibilités de contrôles dynamiques. En plus des tests statiques traditionnels décrits précédemment dans cette section, ils permettent de procéder à la mesure des caractéristiques machines en temps réel. Ces mesures, normalement réalisées au moyen d'un matériel spécialisé, font du laser un outil essentiel dans les processus de CONTRÔLE DE L'ÉTAT des machines.

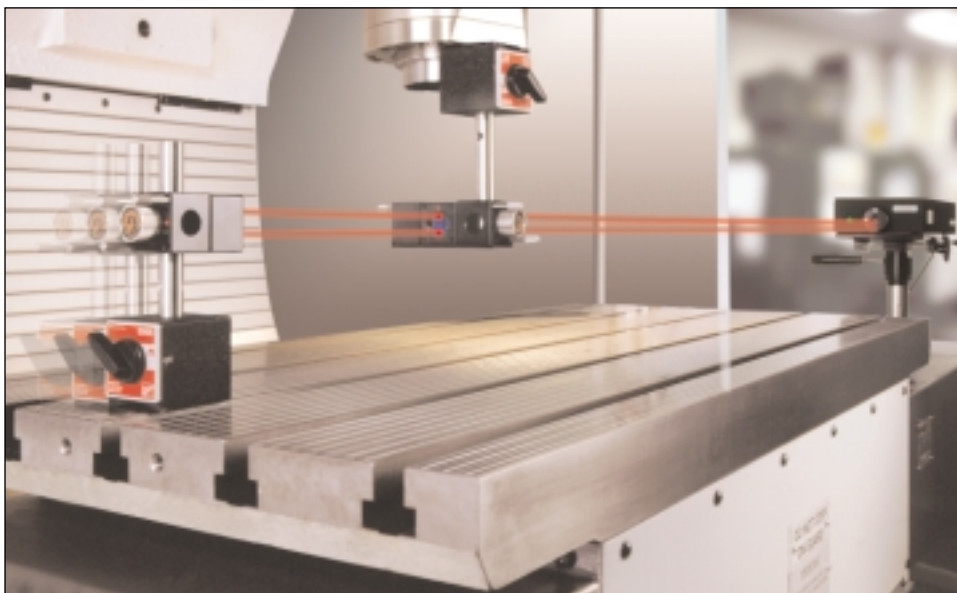
Ce logiciel peut être utilisé pour évaluer les vitesses, les accélérations, les vibrations, et les performances des asservissements. Ceci est important dans la vérification des performances des différents types de machine. Parmi les machines pouvant bénéficier de ces mesures, on peut citer :

- Les machines d'insertion automatisées
- Les machines de pose de CMS
- Les systèmes hydrauliques et pneumatiques
- Les systèmes de positionnement et de va-et-vient
- Les tables optiques
- Les presses rotatives d'impression
- Les machines de perçage et de convoyage de circuits imprimés
- Les machines de gravure de circuits imprimés



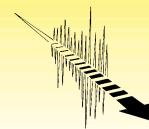
Logiciel dynamique

Cette option ne demande aucun matériel supplémentaire, si ce n'est le kit optiques utilisé pour la mesure. Ce logiciel peut-être utilisé seul ou en liaison avec le logiciel laser standard.



Ces mesures en temps réel mettent en évidence et quantifient les caractéristiques de certaines erreurs de machine. Par exemple :

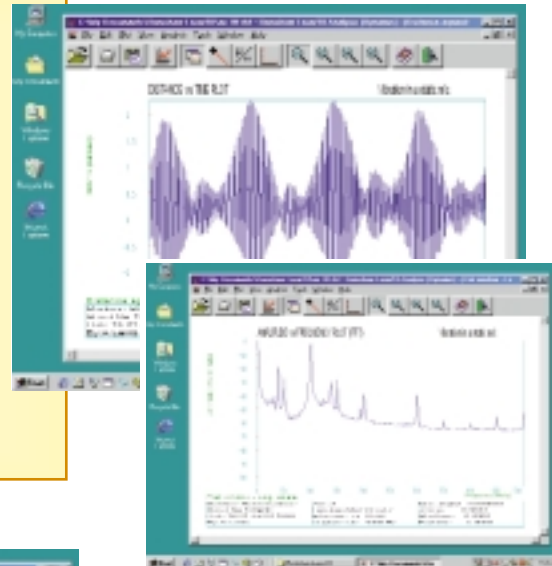
- La précharge et l'hystérésis des mécanismes à vis/écrous
- La stabilité de positionnement et les performances des encodeurs
- Les caractéristiques de résonance des moteurs, des broches et des systèmes d'entraînement
- La précision, la stabilité de la vitesse d'avance ou des interpolations
- L'optimisation de la boucle d'asservissement



Analyse des vibrations

Une analyse approfondie des vibrations : L'utilisation des transformées rapides de Fourier (FFT) permet une analyse fréquentielle des résultats ce qui autorise l'identification des phénomènes vibratoires et la localisation de leur origine.

- **La polyvalence des optiques utilisées** : Le logiciel supporte la saisie et l'analyse dynamiques des données issues des mesures linéaires, angulaires ou de rectitude.
- **Hautes performances** : L'utilisation d'une source à laser simple fréquence permet d'obtenir : - des mesures d'une résolution réelle du nanomètre - des vitesses d'avance pouvant atteindre 1 mètre/sec sans limite d'accélération - un taux d'échantillonnage de 5000 Hz
- **Flexibilité des mesures** : Les données peuvent être saisies en utilisant la base de temps interne ou en synchronisation externe jusqu'à 4000 Hz.



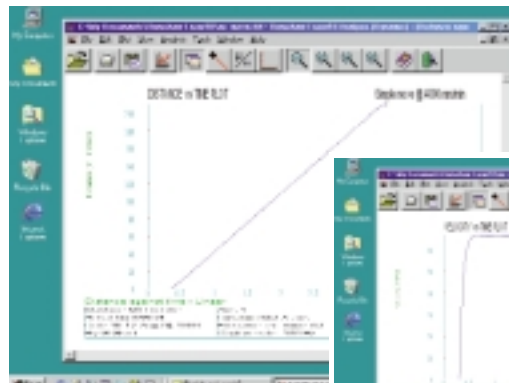
Analyse suivant transformées de Fourier

En utilisant le mode d'acquisition dynamique, les mesures suivantes peuvent être réalisées :

- Déplacement en fonction du temps
- Vitesse en fonction du temps
- Accélération en fonction du temps
- Amplitude et la fréquence des vibrations



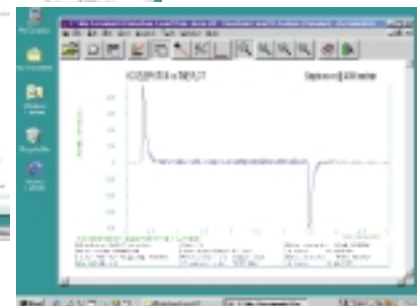
Associé au boîtier de déclenchement TB10, le logiciel dynamique constitue la solution idéale pour l'étude des dispositifs à vis à billes. (Voir page 31).



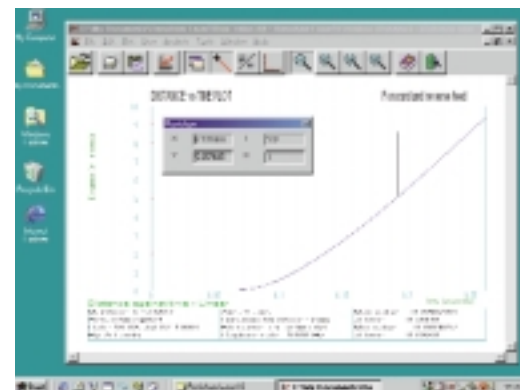
Le déplacement en fonction du temps



La vitesse en fonction du temps



L'accélération en fonction du temps



L'analyse de la réponse des servocommandes

SPÉCIFICATIONS	SYSTÈME MÉTRIQUE
Fréquence d'échantillonnage	10 – 5000 Hz
Précision du déplacement linéaire	± 1,1 ppm (partie par million)
Précision de la vitesse	± 0,01%
Précision de l'accélération	± 0,01%
Précision temporelle	± 0,14%
Résolution	0,001 µm
% = Pourcentage de la valeur affichée	

LE SYSTÈME DE MESURE À LASER

ACCESSOIRES ET OPTIQUES COMPLÉMENTAIRES

LE KIT DE MONTAGE DES OPTIQUES

Ce kit comprend les éléments essentiels nécessaires à la fixation des optiques Renishaw sur une machine. Ils ont été étudiés pour une interchangeabilité maximale des optiques sans réalignment du laser. Ce kit comprend des noix de montage en aluminium anodisé, des colonnes en acier inoxydable et des semelles. L'ensemble de ces éléments est fileté ou taraudé M8 pour en permettre la fixation sur des pieds magnétiques standard ou sur des têtes de mesure Renishaw.



LE MIROIR PIVOTANT

Ce miroir peut être utilisé comme accessoire d'alignement pour la mesure des diagonales suivant la norme ANSI B5.54. Il est également utilisable pour les mesures sur tours à banc incliné. Il se fixe à toutes les optiques de mesure standards pour en faciliter la mise en œuvre.



LE MIROIR DE RENVOI FIXE

Ce miroir renvoie le faisceau du laser à 90°. Comme le miroir pivotant, il se fixe sur toutes les optiques de mesure standards pour en faciliter la mise en œuvre.

LES TRÉPIEDS

Le système de mesure à laser de Renishaw propose deux trépieds. Ces trépieds ne servent pas uniquement de base de montage stable mais aussi d'élément de réglage du laser ML10. Ils autorisent les réglages suivant les quatre directions utiles : translations ou rotations verticale et horizontale.

Renishaw propose également un adaptateur permettant d'utiliser le laser Renishaw avec d'autres trépieds.

SPÉCIFICATIONS	SYSTÈME MÉTRIQUE
Plage de positionnement (trépied standard) (trépied compact)	0,6 – 1,95 m 0,66 – 1,75 m
Hauteur en position repliée (trépied standard) (trépied compact)	1,02 m 0,7 m
Poids (trépied standard) (trépied compact)	7,9 kg 7,3 kg
Hauteur du conteneur (trépied standard) (trépied compact)	1,15 m 0,8 m

LE TRÉPIED STANDARD

Il offre les plus grandes possibilités de réglage du laser. Il peut être fourni avec un conteneur robuste pour en sécuriser le stockage et le transport. (Note : la semelle du trépied est stockée dans le conteneur laser/optiques).



LE TRÉPIED COMPACT

Hormis ses dimensions réduites, ce trépied compact reste identique au trépied standard. C'est la solution la plus portable du marché.



LES CONTENEURS

La portabilité des systèmes de mesure à laser est extrêmement importante. Ceci est encore plus vrai pour les sociétés de service en calibration ou pour les sociétés regroupant plusieurs sites de production. Le système à laser Renishaw a été conçu dans cette perspective et il dispose d'une gamme de conteneurs s'adaptant à la taille du système.



LE CONTENEUR LASER/OPTIQUES



Ce conteneur renferme l'ensemble du système à laser renishaw. Celui-ci inclut la source à laser ML10, l'unité de compensation EC10, les capteurs, les câbles, tous les kits optiques, et la semelle du trépied. Il est extrêmement robuste et intègre des joints qui isolent son contenu de la poussière. Il est fourni avec un chariot adapté qui se fixe directement sur le conteneur, sur lequel prend place le trépied. Ce dispositif parfaitement étudié offre la meilleure portabilité, et la meilleure protection, garantissant ainsi votre investissement.

LA PETITE MALLETTE DE TRANSPORT

Cette mallette est prévue pour contenir soit une source à laser ML10, soit une unité de compensation EC10 et ses capteurs d'environnement.

LA GRANDE MALLETTE DE TRANSPORT

Cette mallette peut abriter une source à laser ML10, une unité de compensation EC10, les capteurs d'environnement, les câbles, les kits optiques linéaires, angulaires et de planéité.

LA MALLETTE DE TRANSPORT DES KITS RECTITUDES ET EQUERRAGE

Cette mallette de transport peut contenir les kits optiques de rectitude et d'orthogonalité, accompagnés de leurs accessoires.

LES ACCESSOIRES DE SAISIE DE DONNÉES

LA COMMANDE A DISTANCE

Cette commande permet la saisie manuelle des données à distance. Elle constitue la solution idéale lorsque le contrôleur de la machine se trouve éloigné de la zone de mesure. Elle comporte un bouton de prise de mesure et un bouton de remise à zéro du laser qui est protégé contre les appuis accidentels. Elle est fournie avec un câble d'une longueur de 10 mètres, qui peut être prolongée par incrément de 5 mètres.



LE BOÎTIER DE DÉCLENCHEMENT TB10

Ce dispositif contrôle les signaux de positionnement des encodeurs de la machine, et il génère des signaux de déclenchement vers le laser Renishaw. Il est ainsi possible de synchroniser la saisie des données en fonction du positionnement de la machine.

Il est principalement utilisé pour la saisie des mesures "au vol" ou pour contrôler les erreurs d'échelle. Dans ce cas, un déplacement sans arrêt sur la totalité de l'axe permet la collecte des données de positionnement, d'angle, de rectitude, etc. Ce dispositif utilise une alimentation secteur et s'interface avec les encodeurs à quadrature TTL ou à boucle de courant analogique. Les intervalles de déclenchement des mesures sont paramétrables par l'utilisateur.



LE SYSTÈME DE MESURE À LASER

L'interfaçage du système

LES INTERFACES DU LASER



PCM10 - INTERFACE POUR ORDINATEURS PORTABLES (NOTEBOOK)
Afin de placer à leur maximum les notions de portabilité et de performance, Renishaw a mis au point sa propre interface PCMCIA (PCCARD de type II) pour connecter son système à laser aux ordinateurs portables. Alors que d'autres utilisent des cartes ISA de longueur normale ou des ports RS-232 plus lents, l'interface PCM10 de Renishaw supporte une communication à 1 Mb/s. Ce taux de transfert autorise une saisie des données au rythme de 5000 mesures par seconde, à une vitesse d'avance de 1 mètre par seconde, tout en conservant une résolution réelle du nanomètre.

Il n'est pas nécessaire d'utiliser un ordinateur de bureau encombrant ou une station d'accueil avec l'interface PCM10 de Renishaw.

PC10 - INTERFACE POUR ORDINATEURS DE BUREAU

Cette carte PC10 offre le même niveau de performance que celui de l'interface PCM10. Elle est utilisée pour connecter le laser à un ordinateur de bureau ou à une station d'accueil comportant un slot ISA 8Bit demi-longueur.



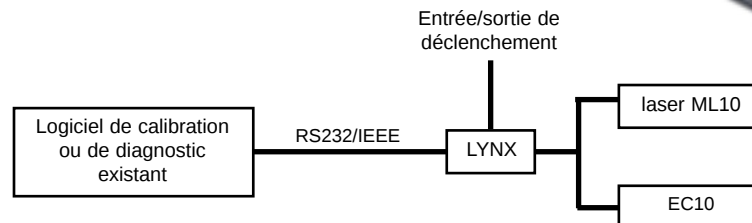
GPIB - INTERFACE POUR HP 5528

Pour les adeptes du logiciel de calibration Renishaw, cette interface permet le raccordement d'un laser HP5528.*

LX10 - INTERFACE POUR LOGICIEL PERSONNALISÉ

L'interface LX10 offre tous les avantages matériels du système à laser ML10, sans devoir modifier le logiciel existant *. Il peut aussi émuler le HP5528 sans aucune perte de résolution ou de précision.

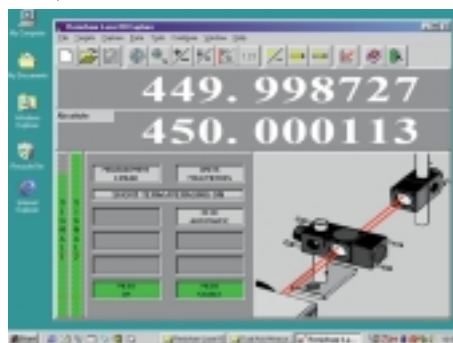
Il permet également d'interfacer le système à laser ML10 à des ordinateurs ne comportant pas de slot d'extension ou carte PCMCIA en utilisant le port RS-232 de l'ordinateur.



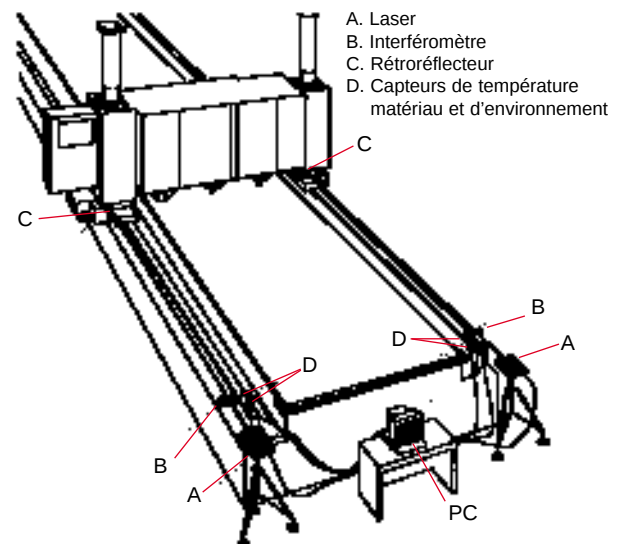
* Non compatible avec les mesures dynamiques

LA CALIBRATION DOUBLE-AXES

Dans certaines installations, un axe machine est piloté par deux dispositifs d'entraînement et deux systèmes de mesure (par exemple, les systèmes "GANTRY" ou MAÎTRE-ESCLAVE). Dans ce cas, une seconde carte d'interface, couplée au logiciel dual axis, assure la fonction de saisie automatique des données en simultanément sur les deux axes.



Les données provenant de ces mesures sont affichées, saisies simultanément et peuvent être analysées indépendamment.



LES INTERFACES POUR INSTRUMENTS

Les interfaces pour instruments vous permettent d'afficher, d'enregistrer et d'analyser vos données en utilisant le logiciel de calibration Renishaw. Vous pouvez :

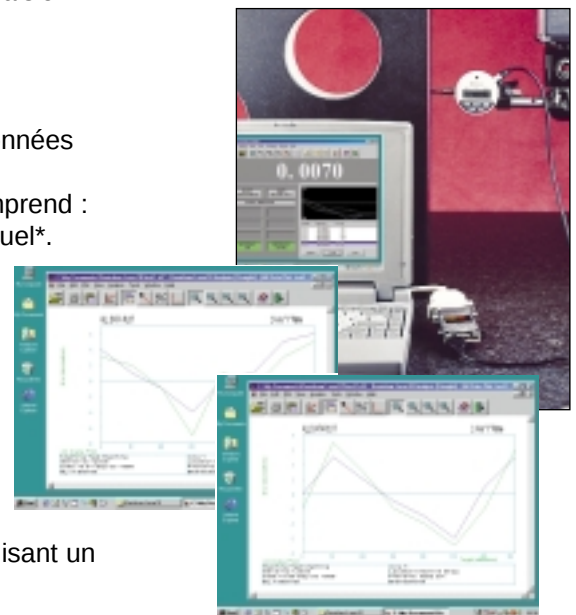
- Lors de l'utilisation de niveaux électroniques ou appareils numériques, accéder au puissant logiciel Renishaw pour la saisie des données angulaires, de rectitude et de planéité.
- Analyser les données selon les normes nationales et internationales.
- Effectuer une présentation uniforme des graphiques de calibration, quelle que soit la technique de mesure.
- Disposer d'une interface utilisateur homogène.
- Accéder à un même emplacement pour la sauvegarde et le chargement des données.
- Augmenter le nombre d'instruments de mesure, et associer votre méthode de mesure préférée à chaque type de saisie.

INTERFACE POUR APPAREILS NUMÉRIQUES

Cette interface accepte les données provenant des indicateurs numériques $\mu\text{MAX}\mu\text{M}$ de FEDERAL PRODUCTS et DIGIMATIC de MITUTOYO. Les données provenant de l'indicateur sont automatiquement converties dans un format utilisable par le logiciel de calibration Renishaw. Le kit facile à installer, comprend : une interface électronique, un câble d'adaptation série, un driver et un manuel*.

Qu'est-il possible de mesurer ?

- **La rectitude des axes** - en utilisant un indicateur numérique et une règle.
- **L'orthogonalité des axes** - en utilisant un indicateur numérique et une équerre.
- **Le roulis des axes** - en utilisant deux indicateurs numériques, une règle et le logiciel dual axis.
- **Des tests de répétabilité linéaire, d'oscillation et de dérive** - en utilisant un indicateur numérique.



INTERFACE POUR AMPLIFICATEUR 832 DE FEDERAL

Cette interface accepte des données provenant de l'amplificateur de la série 832 de FEDERAL PRODUCTS, de ses niveaux et des jauges électroniques associés. Les données provenant de l'indicateur sont automatiquement converties dans un format utilisable par le logiciel de calibration Renishaw. Le kit facile à installer, comprend : une interface électronique, un câble d'adaptation série, un driver et un manuel*.

Qu'est-il possible de mesurer ?

- **La rectitude des axes** - en utilisant une jauge électronique et une règle.
- **L'orthogonalité des axes** - en utilisant une jauge électronique et une équerre.
- **Le roulis et le tangage des axes horizontaux** - en utilisant des niveaux électroniques.
- **Le tangage et le lacet des axes verticaux** - en utilisant des niveaux électroniques.
- **Le roulis des axes verticaux** - en utilisant une jauge électronique double et une règle.
- **La planéité des surfaces** - en utilisant des niveaux électroniques.



*Note: Ces interfaces n'incluent ni les appareils de mesure, ni les logiciels de calibration Renishaw, qui doivent être achetés séparément.

LE BALLBAR QC10

UNE VÉRIFICATION RAPIDE PRODUISANT DES RÉSULTATS DÉTERMINANTS

Dans le monde, le Ballbar QC10 est considéré comme étant une solution révolutionnaire pour la réalisation des tests réguliers de suivi des performances machine. Il permet de :

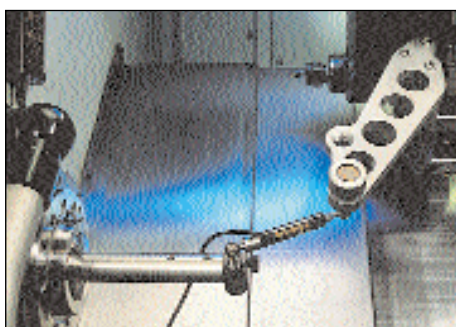
- Vérifier les performances des machines
- Maintenir les tolérances de fabrication
- Classer et comparer les machines
- Constater un état
- Effectuer les tests d'acceptation des nouvelles machines
- Déclencher une maintenance prédictive

1. Mise en œuvre



- La mise en œuvre est rapide et simple.
- Le Ballbar QC10 est monté entre deux articulations magnétiques répétables.
- De simples commandes G02 et G03 sont nécessaires pour effectuer le test.

LES ACCESSOIRES DU BALLBAR



L'adaptateur 360° pour tour permet d'utiliser le Ballbar sur les tours à commande numérique de grande taille et de réaliser un diagnostic entièrement automatisé.



Pour les machines de petite taille, le kit d'accessoires de petit cercle permet d'effectuer des tests sur des rayons inférieurs à 100 mm. En outre, il permet de procéder à une analyse approfondie des asservissements.

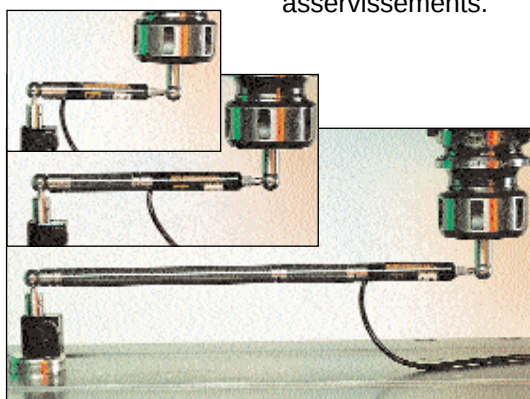
Pour les applications sur machine bi-axes, un pivot rétractable spécial,



l'adaptateur VTL, est utilisé.

Celui-ci permet aux machines d'insertion, de découpe au laser, aux tours verticaux, ... de bénéficier du diagnostic Ballbar.

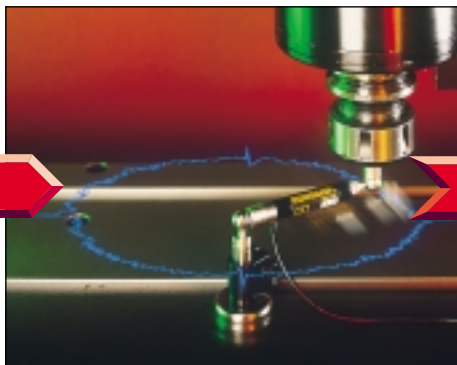
En utilisant les extensions fournies, le Ballbar réalise des mesures en interpolation circulaire de rayon compris entre 100 et 600 mm.



Le Ballbar QC10 calibré au laser garantit l'obtention de résultats très précis. Utilisé avec le calibre Zerodur[®]*, il peut mesurer le rayon absolu parcouru par un outil. Il est particulièrement utile pour le diagnostic des erreurs de tangage, de déformations thermiques et des effets liés aux interpolations à grande vitesse qui ont une incidence sur la précision de la machine.

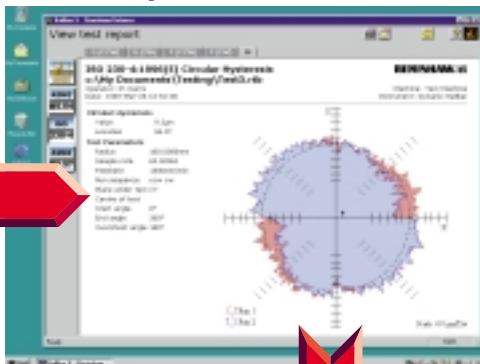
*Zerodur est une marque déposée appartenant à Schott Glass Technologies Inc.

2. Saisie de données



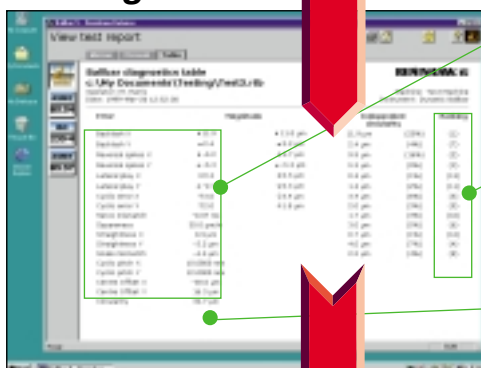
- Pendant la calibration, la machine est programmée pour effectuer deux cercles consécutifs. L'un des tests est effectué dans le sens horaire, l'autre dans le sens anti-horaire.
- Le Ballbar QC10 mesure avec précision les variations de rayon pendant le test.

3. Analyse



- Les données recueillies par le Ballbar QC10 sont envoyées directement à un ordinateur par l'intermédiaire d'une liaison série RS-232 standard.
- Le logiciel Renishaw analyse les données conformément aux normes de performance des machines ISO 230-4 ou ANSI B5.54.

4. Diagnostic



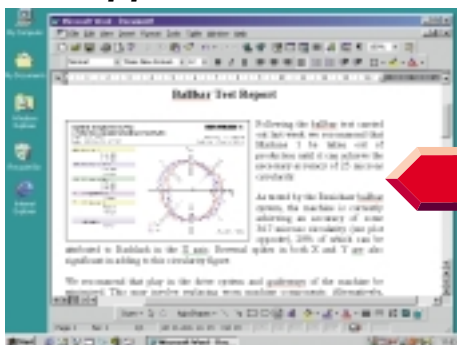
- Une analyse logicielle puissante permet d'effectuer le diagnostic des erreurs spécifiques de la machine.
- Chaque erreur est classée selon l'importance de son effet sur la précision d'ensemble de la machine.
- La précision globale de la machine est quantifiée par une valeur de circularité.

5. Correction



- La détection et la localisation des défauts spécifiques de la machine permettent d'assurer une maintenance efficace et ciblée, et donc de réduire les temps d'indisponibilité de la machine.
- Le manuel de diagnostic du Ballbar QC10 explique les causes possibles pour chaque type d'erreur et propose des conseils sur leur suppression.

6. Rapport



- Des rapports personnalisés peuvent être définis dans le but de les adapter au mieux à vos besoins.



SPÉCIFICATIONS	SYSTÈME MÉTRIQUE
Résolution	0,1 μm
Précision du capteur Ballbar	$\pm 0,5 \mu\text{m}$ (at 20 °C)
Taux d'échantillonnage maximum	250 valeurs par seconde
Extension disponibles*	50, 150, 300 mm
Plage opérationnelle	0-50 °C
Précisions du calibre à 20 °C	$\pm 1 \mu\text{m}$ (100 mm) $\pm 1 \mu\text{m}$ (150 mm) $\pm 1.5 \mu\text{m}$ (300 mm))

* extensions plus longues disponibles sur demande spéciale.

LA JAUGE DE VÉRIFICATION DE MMT (MCG)

UNE ALTERNATIVE RAPIDE AUX BARRES A BOULES

La jauge de vérification de MMT (MCG) de Renishaw permet d'effectuer rapidement et efficacement des contrôles périodiques des performances des machines à mesurer tridimensionnelles conformément aux recommandations des normes internationales. Elle permet d'obtenir une évaluation rapide et automatique des capacités de la machine et elle peut être utilisée pour les caractériser.

LE PRINCIPE DE MESURE

Le bras dispose d'un logement qui se positionne avec précision sur la bille en rubis du pivot réglable. Cette liaison très précise autorise des rotations horizontales sur 360° et verticales sur $\pm 45^\circ$. Au bout de ce bras, il y a un autre emplacement, matérialisé par deux tiges et une bille en carbure de tungstène, ainsi qu'un stylet spécialement calibré qui est fixé sur un palpeur Renishaw. Le bras peut décrire une sphère tronquée d'un rayon R (voir l'illustration) autour du pivot.

Le bras ayant une longueur fixe, toute déviation du rayon R apporte une indication sur les performances de mesure volumétrique de la machine. La répétabilité peut également être déterminée en effectuant plusieurs passages et en comparant les valeurs de rayon mesurées à une même position.

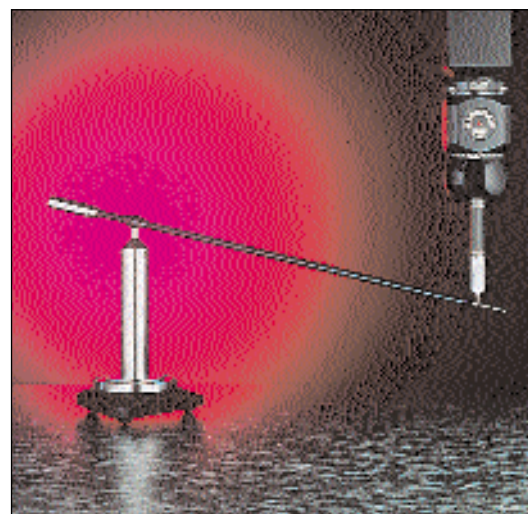
Chacun des quatre bras disponibles est spécialement équilibré afin d'obtenir une force verticale de 2g sur le palpeur qui autorise ainsi des mouvements sans faux palpé. Le bras est compatible avec une grande diversité de palpeur (voir l'illustration). Diverses hauteurs de piliers sont également fournis.

LA RÉALISATION DU TEST

Un total de huit mesures est prélevé dans chacun des trois plans. Ces trois plans correspondent à des élévations du bras de -45° , 0° et $+45^\circ$. Les mesures sont ensuite répétées trois fois afin d'obtenir des valeurs de répétabilité. Ceci permet d'obtenir un ensemble de 72 mesures constituant un test complet de précision volumétrique.

L'ÉVALUATION DES RÉSULTATS

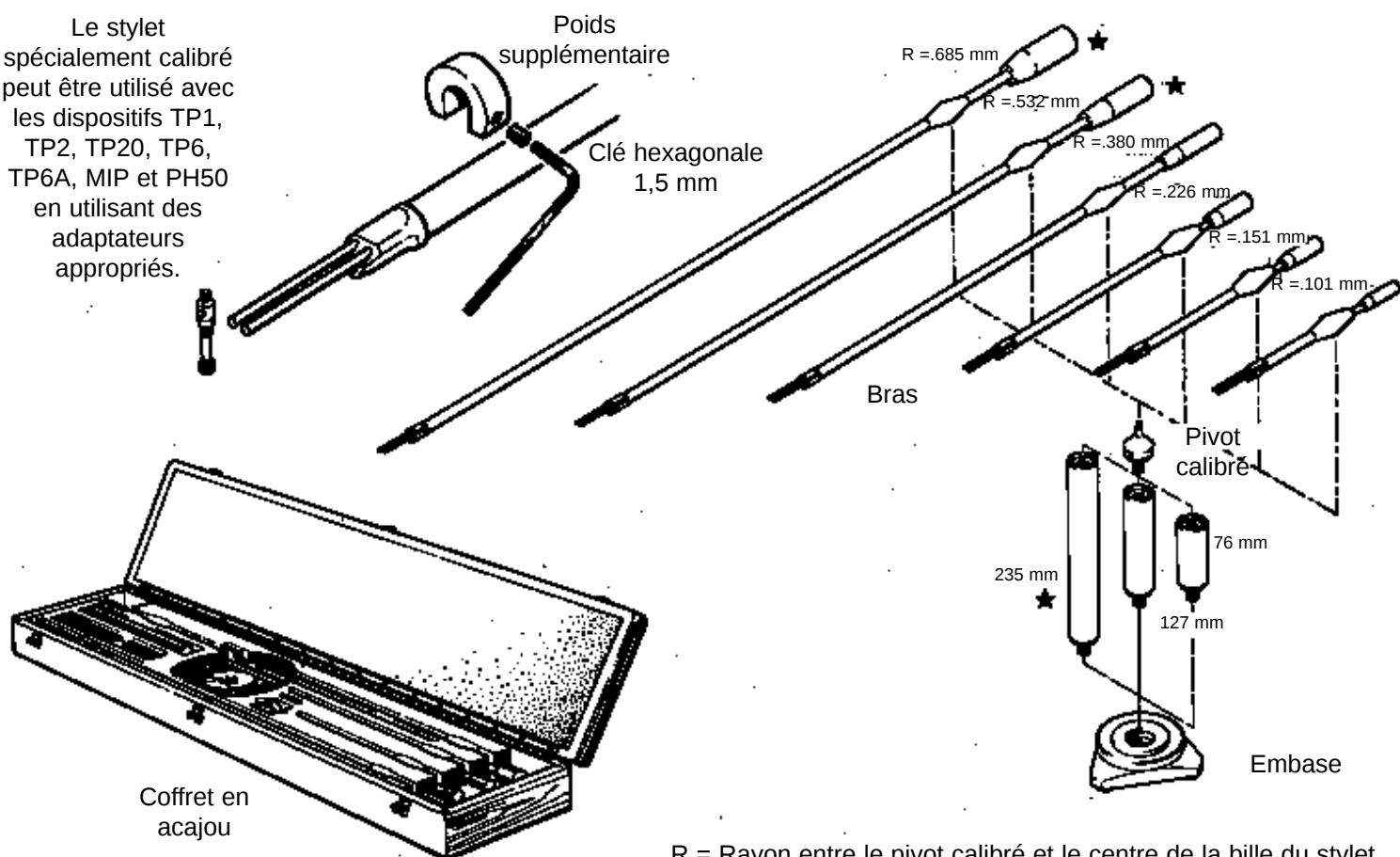
Après saisie des données, les performances de mesure volumétrique sont déterminées en calculant la différence entre les déviations maximales. Des calculs supplémentaires renseignent sur les défauts d'équerrage des axes.



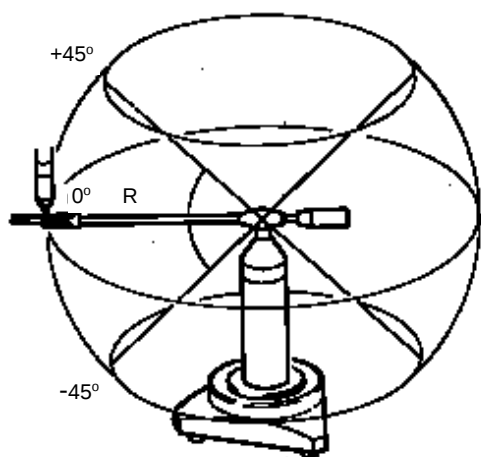
LA CONFORMITÉ AUX NORMES

Les mesures effectuées avec la jauge de vérification de machine sont conformes à la norme britannique BS EN ISO 10360-2.

Le stylet spécialement calibré peut être utilisé avec les dispositifs TP1, TP2, TP20, TP6, TP6A, MIP et PH50 en utilisant des adaptateurs appropriés.



R = Rayon entre le pivot calibré et le centre de la bille du stylet.
★ Ces articles ne sont inclus que dans le kit MCG2.

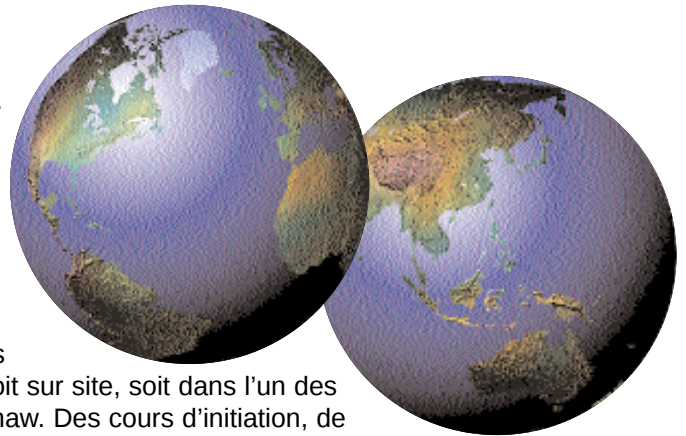


SPÉCIFICATIONS	MCG1	MCG2
Machines concernées	Petites machines - jusqu'à 1 m ³	Grandes machines - supérieures à 1 m ³
Plage de mesure (verticalement) (horizontalement)	± 45° 360°	
Plage de mesure	± 0.5 µm	

SERVICES ET ASSISTANCE TECHNIQUE

L'ASSISTANCE MONDIALE

Renishaw est établi dans les principaux pays et dispose de distributeurs agréés dans les autres zones importantes du monde. Que ce soit pour répondre à des questions ou pour résoudre des problèmes, un personnel qualifié est toujours prêt à assurer les services et l'assistance technique.



LA FORMATION



Une formation complète des opérateurs est disponible soit sur site, soit dans l'un des centres de formation Renishaw. Des cours d'initiation, de recyclage, des séances pour groupes d'utilisateurs et des séminaires sont organisés régulièrement.

Un manuel de l'utilisateur est fourni avec chaque système. Ce manuel contient des procédures de mise en œuvre, des conseils de calibration et des informations d'analyse sous formes écrites et illustrées.



Des procédures détaillées décrivant chaque opération de calibration sont incluses de manière à augmenter la rapidité d'apprentissage.

L'ETALONNAGE

En utilisant son propre système certifié d'étalonnage au laser stabilisé à l'iode et son matériel de mesures d'environnement certifié par le NAMAS, Renishaw délivre des produits étalonnés et traçable aux normes NPL. (National Physical Laboratory) de Grande-Bretagne.



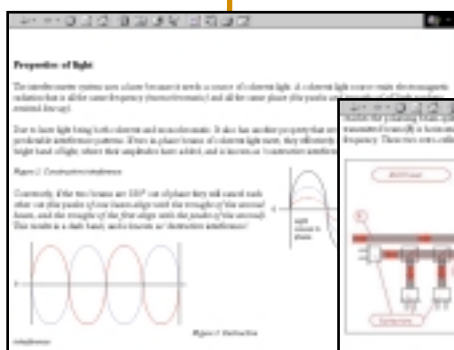
LE SITE WEB

Pour obtenir les informations les plus récentes sur les produits de calibration Renishaw, visitez notre site web à l'adresse suivante:

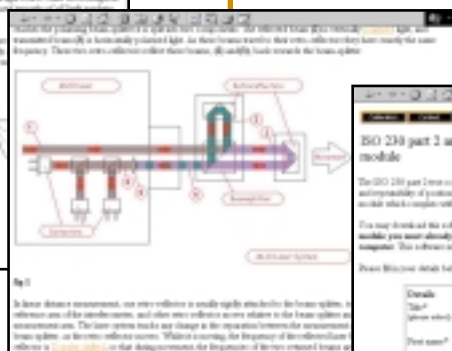
www.renishaw.com

Calibration

Cliquez sur notre section de calibration pour en savoir plus sur nos produits ...



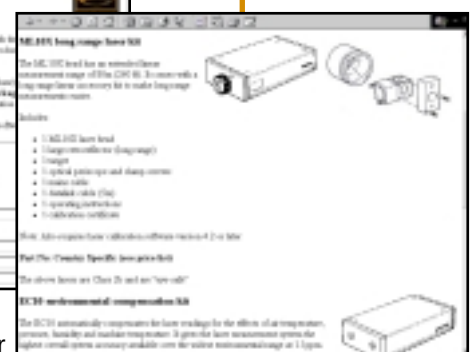
Découvrez les technologies ...



Téléchargez les mises à jour logiciel ...



Consultez notre catalogue illustré en ligne pour obtenir des informations sur les références des pièces détachées et sur les kits spéciaux.



Les solutions globales proposées par Renishaw

Renishaw est le leader mondial incontesté dans le domaine de la métrologie et propose des solutions rentables et à hautes performances pour effectuer les mesures et augmenter la productivité. Un réseau de filiales et de distributeurs couvrant le monde entier garantit une qualité exceptionnelle de service et d'assistance technique à tous les clients.

Renishaw étudie, met au point et fabrique des produits en conformité avec les normes ISO 9001.

Renishaw propose des solutions innovatrices basées sur les produits suivants :

- Systèmes de palpage pour machines de mesures tridimensionnelles.
- Systèmes de prise de référence, de mesure d'outils et d'inspection sur machines outils.
- Systèmes de scanning et de digitalisation
- Systèmes à laser et Ballbar pour la mesure des performances et la calibration des machines
- Systèmes de positionnement à haute précision.
- Systèmes de spectroscopie pour analyses non destructives de matériaux en laboratoire et dans les environnements de fabrication.



Distributeurs agréés Renishaw



Renishaw plc, New Mills, Wotton-under-Edge,
Gloucestershire, GL12 8JR, Grande-Bretagne
Téléphone +44 (0) 1453 524524
Télécopie +44 (0) 1453 524901



Renishaw Inc. 623 Cooper Court, Schaumburg,
Illinois 60173, USA
Téléphone +1 847 843 3666
Télécopie +1 847 843 1744



Renishaw K. K. Across City Nakano-Sakaue,
38-1, Chuo 1-chome, Nakano-ku,
Tokyo 164-0011, Japon
Téléphone +81 3 5332 6021
Télécopie +81 3 5332 6025



Renishaw GmbH Karl-Benz Straße 12,
D 72124 Pliezhausen, Allemagne
Téléphone +49 7127 9810
Télécopie +49 7127 88237



Renishaw S.A. 15 rue Albert Einstein,
Champs sur Marne,
77437 Marne la Vallée, Cedex 2, France
Téléphone +33 1 64 61 84 84
Télécopie +33 1 64 61 65 26



Renishaw S.p.A. Via dei Prati 5,
10044 Pianezza,
Torino, Italie
Téléphone +39 011 966 10 52
Télécopie +39 011 966 40 83



Renishaw Iberica S.A. Edificio Océano,
Calle Garrotxa 10-12,
Parque Más Blau, 08820 Prat de Llobregat,
Barcelona, Espagne
Téléphone +34 93 478 21 31
Télécopie +34 93 478 16 08



Renishaw A.G. Poststrasse 5,
CH 8808 Pfäffikon, Suisse
Téléphone +41 55 410 66 66
Télécopie +41 55 410 66 69



Renishaw (Hong Kong) Ltd. Unit 4A,
3/F, New Bright Building,
11 Sheung Yuet Road, Kowloon Bay, Hong Kong
Téléphone +852 2753 0638
Télécopie +852 2756 8786



Renishaw Latino Americana Ltda.
Calçada dos Crisântemos 22,
Centro Comercial de Alphaville,
C.e.p. 06453-000, Barueri-SP, Brésil
Téléphone +55 11 7295 2866
Télécopie +55 11 7295 1641

Bureaux de représentation Renishaw's



République Populaire de China, Beijing
Téléphone +86 10 6410 7993
Télécopie +86 10 6410 7992



République Populaire de China, Shanghai
Téléphone +86 21 6218 5183
Télécopie +86 21 6218 5193



Singapour
Téléphone +65 8975466
Télécopie +65 8975467



Indonésie, Jakarta
Téléphone +62 21 428 70153
Télécopie +62 21 424 3934



Australie, Melbourne
Téléphone +61 3 9553 8267
Télécopie +61 3 9592 6738



Bureau de liaison
Inde, Bangalore
Téléphone +91 80 5095419
Télécopie +91 80 5095421



Corée du Sud, Seoul
Téléphone +82 2 565 6878
Télécopie +82 2 565 6879

RENISHAW

email: genenq@renishaw.com
Internet: <http://www.renishaw.com>