



Qualité : toujours une longueur d'avance

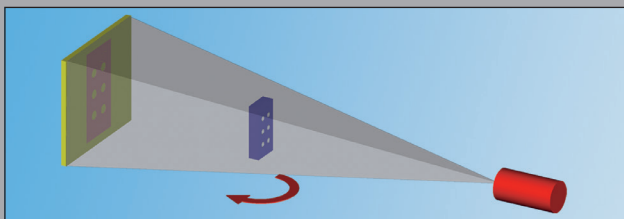


Machines de mesure avec Tomographie assistée par ordinateur (CT)

# Machines de mesure multisensors avec CT (Tomographie assistée par ordinateur)

## Machine de mesure avec CT : mesurer par un simple clic

La tomographie par rayonnement X (ou CT, tomographie assistée par ordinateur), a été développée à l'origine pour des applications médicales. Depuis les années 90, des systèmes fonctionnant selon le principe CT sont utilisés dans l'industrie pour le contrôle non destructif de matières. La toute première présentation mondiale par Werth en 2005 d'une machine de mesure avec CT, le TomoScope®, a ouvert la voie à une mesure précise et rapide de pièces. La mesure complète, par « simple clic », devenait réalité. Des centaines de milliers de points de mesure sont automatiquement créés, ils incarnent, intégralement et précisément, la géométrie de la pièce, y compris les géométries intérieures et les contre-dépouilles. A partir des premiers prototypes, différentes versions de machines ont été développées pour différents domaines d'application. En fonction du besoin, l'accent peut être mis sur une résolution et une précision maximale ou une plage de mesure de grande dimension, ou encore sur la rapidité de la mesure. Les machines sortent en quelques minutes une copie numérique (volume Voxel et nuage de points) de la pièce tomographiée. Pour la tomographie, la pièce est placée sur un plateau tournant et traversée par des rayons X. Un détecteur panneau convertit l'image radio en une image 2D numérique. L'objet est tourné sur 360° et de nombreuses images radio sont saisies dans les différentes positions de rotation.



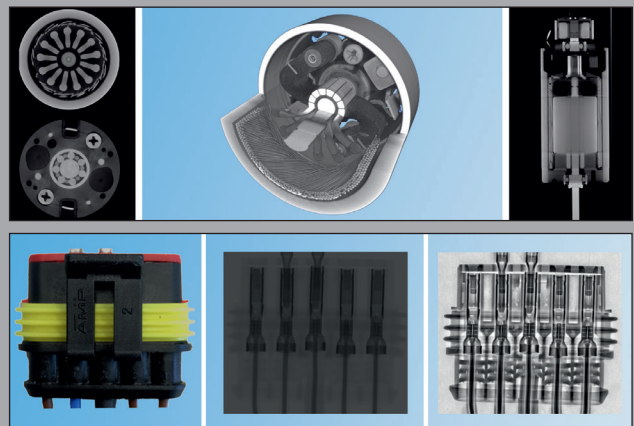
Principe de la tomographie assistée par ordinateur

Pour finir, ces images sont évaluées de façon mathématique. Une reconstruction 3D du volume d'ensemble de l'objet de mesure s'ensuit.

## Une mesure et un contrôle exhaustifs avec la CT

Les machines de mesure traditionnelles ne sont adaptées que de façon relative aux exigences relatives à une saisie complète et précise de la géométrie d'une pièce. A l'inverse, les machines de mesure Werth équipées de la technologie CT offrent des avantages significatifs. D'un point de vue

métrologique, ces systèmes optimisés garantissent un niveau de précision et de fiabilité qu'il était jusqu'alors impossible d'obtenir avec la tomographie par rayonnement X. Des composants mécaniques entrant dans la technologie de commande, utilisés également chez Werth pour d'autres machines de mesure, constituent la base. Les erreurs de palpation et de mesure de longueur sont spécifiées suivant la VDI / VDE 2617-13, comme c'est le cas pour les machines classiques. Des mesures avec une précision de quelques microns peuvent par exemple être exécutées sur des pièces plastique. Les fonctions requises pleinement intégrées au logiciel pour la mesure automatique facilitent l'utilisation. En fonction de la tâche à réaliser, différents types de machine peuvent être proposés. Les critères liés à la sélection d'une machine adaptée portent sur la taille maximale de l'objet à mesurer et la précision requise. En fonction de la matière et de la taille de l'objet à mesurer, une technologie par rayonnement X adaptée doit être choisie. Tous les systèmes peuvent être utilisés, en plus du contrôle dimensionnel, pour le contrôle matière afin de détecter des défauts tels que des inclusions, des fissures et des erreurs de montage.



Contrôle de la structure matière et de la position de montage en image radio et sur volume Voxel

Avec le TomoScope® S, Werth a présenté en 2005 la première machine de mesure spécialement développée avec la CT (avec technique multisensorielle en option). Les sources de rayonnement aujourd'hui disponibles, avec une tension des tubes de 130 kV, 160 kV, 190 kV ou 225 kV, donnent une grande polyvalence à la machine. Avec le TomoScope® XS, on retrouve la technologie des grands condensée dans un modèle de petites dimensions. Les tubes de transmission avec, pour la toute première fois, un design monobloc des tubes, du générateur et du système de vide, produisent un petit spot même à une puissance élevée, permettant d'exécuter des mesures rapides à haute résolution. La combinaison

# Technologie multisensors, la fiabilité assurée

d'une structure ouverte et d'un design monobloc permet une durée de vie illimitée avec des intervalles d'entretien espacés et des coûts de fonctionnement réduits. Avec sa structure compacte et son faible poids, la machine peut être installée pratiquement partout. Elle est également rapidement amortie de par un prix d'achat modéré et de faibles coûts d'exploitation. Le TomoCheck® S HA de Werth atteint une précision jusqu'alors inégalée de par sa structure en granit couplée à une mécanique et une technologie sur coussins d'air haute précision. Les erreurs de palpation du sensor CT sont inférieures au micron, ceci grâce à un procédé breveté, l'utilisation d'un tube spécifique et d'un détecteur haute résolution. Pour la mesure complète et précise de pièces volumineuses ayant une densité élevée (aluminium, acier, titane, matière plastique de type hybride, céramique), le TomoScope® L de Werth s'impose. Comme toutes les machines de mesure Werth, le TomoScope® L se distingue aussi par une modularité avant-gardiste. En fonction de l'application, ces machines peuvent être équipées de tubes à rayons X dont la tension va de 130 kV à 300 kV, avec cible de transmission ou de réflexion. L'utilisation de deux sources de rayonnement X avec changement automatique est également possible. Le TomoScope® XL permet de mesurer des pièces très volumineuses. Sur cette machine, la distance entre la source de rayonnement et le sensor CT est plus grande, permettant d'avoir

des grossissements plus importants et de réduire les erreurs de mesure par la diminution des artefacts d'angle de cône. Les autres caractéristiques techniques sont similaires à celles du TomoScope® L.

Avec le TomoScope® XL NC, Werth Messtechnik GmbH apporte une solution à la mesure de pièces de grandes dimensions, dont la longueur est supérieure à un mètre. Avec une tension des tubes à rayons X de 450 kV, le TomoScope® XL NC peut également être utilisé pour la mesure de pièces moteur, par exemple, et autres pièces difficilement pénétrables par les rayons.

## Technologie multisensors et tomographie assistée par ordinateur

La structure mécanique de base des machines de mesure CT de Werth repose sur l'utilisation de composants ayant fait leurs preuves sur les machines de mesure Werth, ce qui permet une reproductibilité, une fiabilité et une précision élevées. Outre le sensor CT, d'autres sensors peuvent également être intégrés. Si la CT est combinée à des systèmes conventionnels comme des systèmes de palpation par contact, l'analyse d'image, les sensors laser ou le palpeur fibre tactile-optique de Werth, cela ouvre la voie à de nombreuses autres possibilités. Ceci présente un avantage pour l'utilisateur, puisque les sensors supplémentaires d'une machine multisensors sont montés sur des axes indépendants. Ainsi, les collisions sont évitées et les sensors peuvent être positionnés en-dehors de la zone de travail pendant la tomographie. Un maximum de flexibilité est obtenu lorsque l'axe multisensors est équipé d'une tête pivotante ou rotative / pivotante et comporte l'interface de changement rapide de sensor. Si des pièces sont difficiles à mesurer du fait de leur composition matière, ou si des mesures plus précises sont nécessaires, des parties de la pièce peuvent également être mesurées par contact ou de façon optique. L'intégration d'un système de changement de palettes sur la machine permet d'acheminer automatiquement plusieurs pièces identiques ou différentes avec les axes de la machine dans la zone de mesure, sans temps de préparation additionnels et sans avoir à mettre en place d'autres mesures de protection contre le rayonnement.

La machine reste fermée pendant tout le processus de mesure et peut fonctionner sans intervention de l'opérateur et sans surveillance humaine.

La technologie multisensors est également utilisée pour réduire des erreurs de mesure systématiques de la tomographie dues à des artefacts. Ces erreurs peuvent



Werth TomoScope® XS



Werth TomoScope® S



Werth TomoCheck® S HA



Werth TomoScope® L

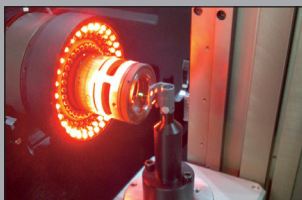


Werth TomoScope® XL



Werth TomoScope® XL NC

## Des méthodes de mesure spécifiques



Mesure avec système multisenseurs :  
Calibrage de la pièce avec le  
Palpeur Fibre 3D Werth avant la  
mesure avec le sensor CT



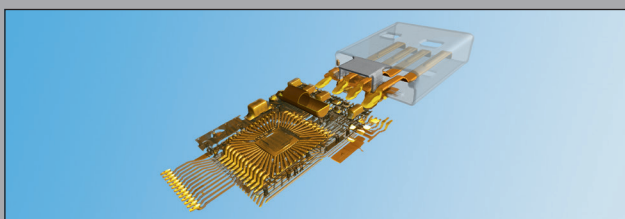
Machine de mesure avec tomo-  
graphie et changeur de pallettes

être saisies sur des pièces étalons avec l'AutoCorrection de Werth pour être automatiquement corrigées par la suite pendant la mesure en série. Ce procédé permet par exemple de mesurer des micro-alésages avec une précision inférieure à un micron sur des pièces en acier, de façon similaire à une mesure avec le palpeur fibre. La traçabilité des mesures aux étalons du PTB (Physikalisch Technischen Bundesanstalt = Institut Fédéral Allemand Physico-Technique) s'effectue en tenant compte des propriétés réelles de la pièce. La traçabilité des résultats de mesure est garantie dès lors que les machines de mesure ont été étalonnées par le laboratoire DakKS accrédité pour les MMT avec tomographie. Ceci s'effectue conformément à la directive VDI / VDE 2617 page 13.

## Des procédés spéciaux pour des applications spéciales

Des procédés présentant pour certaines applications des avantages en termes de temps de mesure, de résolution et d'incertitude de mesure, sont présentés ci-dessous.

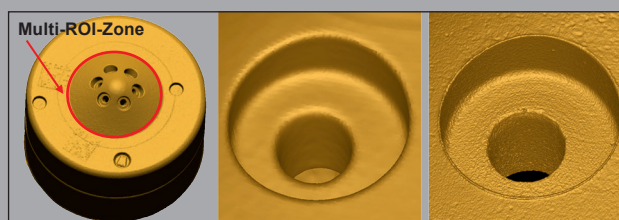
- **Rastertomographie** : Avec la Rastertomographie, soit la plage de mesure du sensor Ct est élargie, soit la résolution est augmentée.



Rastertomographie augmentant la résolution

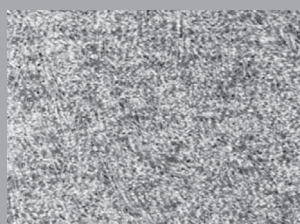
- **Multi ROI-CT** : Une ou plusieurs parties d'une pièce sont mesurées en haute résolution avec la tomographie d'une coupe (ROI). Cette mesure par coupe, également appelée tomographie locale ou tomographie ROI (Region of Interest), permet d'obtenir une résolution élevée de zones de la pièce, même sur des pièces volumineuses.

En association avec l'Excentrique-CT (Tomographie Excentrique), il est possible, d'une part, de placer de n'importe quelle façon des pièces sur le plateau tournant et de les mesurer, et, d'autre part, de définir des centres de rotation virtuels pour des tomographies en-dehors du centre de l'axe de rotation. Les zones mesurées avec une résolution différente peuvent être regroupées en un nuage de points et être évaluées ensemble (Multi ROI-CT).

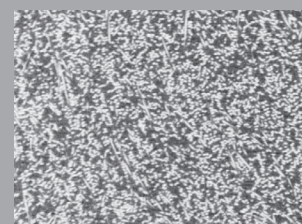


Injecteur de carburant : injecteur complet (à gauche), sans ROI-CT (au centre), avec ROI-CT (à droite)

- **Correction de Drift** : La Correction de Drift permet de sélectionner une méthode pour corriger le Drift de la MMT (dû à des variations de température modifiant la position du spot de mesure ou de la pièce). Ceci permet par exemple d'améliorer l'incertitude de mesure lors de mesure sur des pièces ayant des tolérances serrées ou encore la perceptibilité des détails pour des tâches de mesure telles que l'analyse de structures fibreuses.

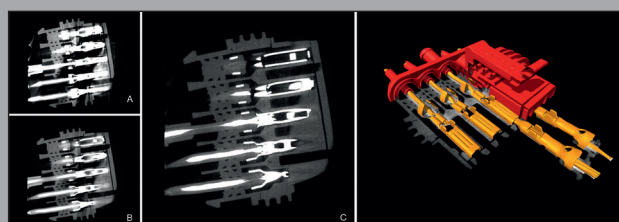


Sans correction de Drift



Avec Correction de Drift

- **Multispectre-CT** : La Multispectre-CT permet de minimiser les artefacts générés lors de la mesure de pièces multi-matériaux. Pour cela, deux mesures CT sont réalisées avec des spectres adaptés à chaque matériau, et sont combinées dans un seul volume.

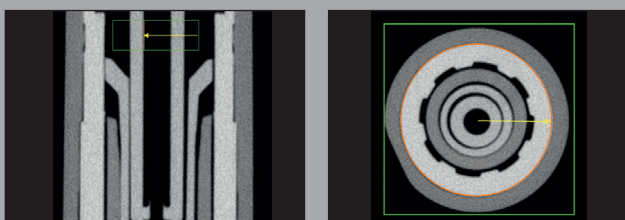


Les artefacts (C et D) sont minimisés en combinant plusieurs mesures CT (A et B) adaptées aux matériaux respectifs



# Evaluation des données de mesure avec WinWerth®

- **Demi-Tomographie (Demi-CT) :** La Demi-CT est utilisée pour tomographier des pièces de grandes dimensions ne pouvant pas être représentées intégralement sur le détecteur. Pour cela, le centre de l'axe de rotation est positionné sur le bord du champ optique. La Demi-CT permet ainsi de pratiquement doubler le diamètre de mesure de la pièce.
- **Coupe de Volume-CT :** L'option Coupe de Volume-CT permet d'évaluer des coupes du volume Voxel avec le sensor d'analyse d'image. Ainsi toutes les stratégies de mesure éprouvées avec l'analyse d'image Werth sont également disponibles pour évaluation dans le volume Voxel.



Coupe de volume à travers le volume Voxel d'un stylo

- **OnTheFly-CT :** L'option OnTheFly-CT permet de réduire significativement le temps de mesure avec le sensor CT par une rotation continue de la pièce.

## Un logiciel de mesure unique même pour la CT

Le logiciel WinWerth®, largement utilisé en métrologie et qui est installé sur plusieurs milliers de machines, comporte également les fonctions requises pour mesurer avec la tomographie. Hormis un menu très convivial pour le paramétrage de la tomographie, WinWerth® offre également des fonctions performantes pour la reconstruction en temps réel de données 3D, ainsi que pour la détermination automatique des points de mesure sur des limites matière. L'ensemble de la séquence de mesure avec la CT et d'autres sensors est entièrement piloté par WinWerth®. Pour l'exécution d'une tomographie, l'opérateur doit d'abord sélectionner des réglages adaptés pour la source de rayonnement X. Ceci s'effectue de façon similaire au réglage de la lumière sur des sensors optiques à l'aide des commandes de l'interface utilisateur. Pour étendre la plage dynamique sur des objets à faible contraste, d'autres outils puissants existent. Ils permettent, par exemple, d'augmenter la luminosité ou le contraste, ou de réduire des défauts dans l'image par des filtres. L'utilisation automatique également de différents filtres devant la source de rayonnement X pour la correction

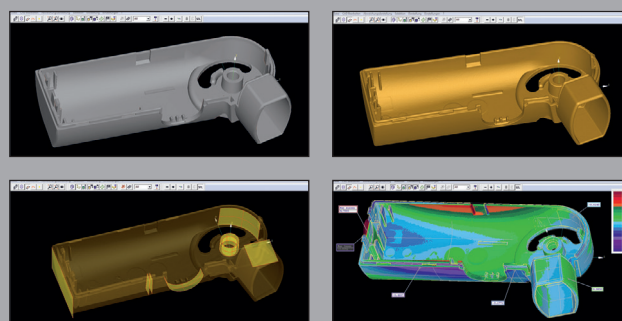
d'artefacts dus au durcissement du faisceau est également prise en charge par le logiciel.

Pour démarrer le processus de tomographie, des ajustements nécessaires pour les capteurs (comme par exemple l'équilibrage des blancs / des noirs du détecteur) sont exécutés par le système, indépendamment de l'opérateur. Le processus de tomographie se déroule ensuite de façon entièrement automatique. Une répétition de la mesure est à tout moment possible grâce aux paramètres technologiques mémorisés pour chaque type de pièce.

## Un balancement plus rapide

Une fois le processus de tomographie et la reconstruction 3D calculée en parallèle achevés, le nuage de points est automatiquement importé dans le module CAO 3D de WinWerth®. L'évaluation des caractéristiques de contrôle individuelles peut se faire soit directement sur la machine de mesure, soit ultérieurement à l'aide des données enregistrées (volume Voxel, nuage de points).

Des programmes de mesure peuvent pour cela être préparés préalablement sur des données CAO. La densité extrêmement importante des données permet de générer en quelques minutes une représentation colorimétrique des écarts de l'ensemble de la pièce par rapport aux données CAO. Cette procédure permet d'obtenir un résultat rapide et beaucoup plus d'informations qu'un rapport de mesure numérique. Les vecteurs d'écart calculés en même temps peuvent, après inversion des signes, être utilisés directement pour la correction de données CAO ou STL pour la fabrication ou la retouche d'outillages pour pièces moulées par injection (brevet). Des éléments géométriques standards peuvent également être calculés à partir des points de mesure et des cotes ainsi définies par simple clic. D'autres évaluations métrologiques, comme des tolérances de forme et de position, peuvent être réalisées de façon similaire.



Mesure simple de géométries standards et de forme libre (représentation colorimétrique des écarts par rapport au modèle CAO)



Qualité : toujours une longueur d'avance



Werth Messtechnik France SARL  
Immeuble Le Montréal  
19Bis Avenue du Québec  
F-91951 Courtaboeuf Cedex  
Tél. +33 1 64 46 20 20  
Fax +33 1 69 28 89 81  
mail@werthfrance.com  
www.werthfrance.com