

MESURES DIMENSIONNELLES

MMT, bras de mesure et laser trackers se démocratisent

▼ Sauf exception, fini le dictat des salles de métrologie dans lesquelles des spécialistes sont retranchés derrière leurs MMT avec leurs lourdes tables de granit. Désormais, le contrôle s'installe à l'atelier, au plus proche des moyens de production. Cette révolution a été provoquée par le développement des petites MMT et surtout par celui des bras de mesure portables au début des années 1990, puis par l'émergence des lasers de poursuite. Ces nouveaux appareils ont révolutionné les méthodes d'inspection et de mesures traditionnelles. Bardés d'informatique et de logiciels experts, ces nouveaux instruments assurent des mesures rapides et fréquentes, avec de considérables gains en termes de temps de réponse et de qualité.

Ces dernières années, nous avons véritablement sorti la mesure 3D des salles blanches où elle était cantonnée jusqu'à présent», explique Serge Durand, Marketing & Business Development Manager chez Hexagon Metrology. C'est un événement fort du contrôle qualité. Résultat, sur le terrain des principales disciplines de mécanique générale (enlèvement de ma-

tière, tôlerie...), les traditionnelles salles de métrologie avec atmosphère et température contrôlées font moins recette car les mesures dimensionnelles se doivent d'être aussi proches que possible des moyens de production. Cette proximité permet de corriger, et même d'anticiper, toute dérive de cote ou de qualité d'états de surface avec des délais très courts. Moins de temps et de pièces per-

dues sont autant de productivité gagnée pour conquérir ou conserver de précieuses «parts de marché».

«L'idée, avec les premières applications du transfert des machines à mesurer tridimensionnelles (MMT) à l'atelier, date d'une petite vingtaine d'années. Dans un premier temps, des stations de mesure 3D compactes opérant par palpation, légèrement moins précises que les MMT traditionnelles, mais plus aptes aux environnements difficiles, furent implantées aux pieds des machines», se souvient Serge Durand. Une machine qui intervient dans le flux de production est capable de contrôler partiellement ou 100% des pièces. Cette dernière stratégie est celle du secteur aéronautique pour des raisons évidentes de sécurité. Agiles, ces unités ont progressé en rapidité d'inspection et sont munies de systèmes multicapteurs. Par exemple, «Turboméca a retenu la Duramax pour systématiquement contrôler l'usinage des aubes de turbines. Afin d'automatiser le cycle de contrôle, long, complexe et répétitif, un robot polyarticulé travaille en liaison avec la MMT», précise Stéphane Roussel, responsable «service applications» chez Carl Zeiss. «Pourtant, les petites MMT ont progressivement

Pour la reverse engineering

Numérisation 3D, digitalisation, rétroconception ou *reverse engineering*, sont autant de termes qui consistent à obtenir le fichier CAO d'une pièce réelle. La digitalisation, première étape, permet d'obtenir le nuage de points de la pièce (format fichier STL). Ce dernier est ensuite retravaillé par un bureau d'études pour réaliser la rétroconception, aussi appelé *reverse engineering*, exploitable dans tout logiciel de dessin type Catia V5, Pro-Engineering, Solidworks, Rhinoceros 3D... (aux formats de fichier IGES ou STEP). Cette démarche conceptuelle est directement

tributaire des nouveaux moyens de mesure et notamment des bras munis de têtes laser, car elle a pour objectif de créer un fichier CAO d'une pièce dont on ne sait rien et pour laquelle on doit établir rapidement un fichier de définition pour en réaliser la copie. Autre raison, l'analyse des déformations d'un moule en fonction de l'usure temporelle ou d'un changement de matière. La démarche qui sert à visualiser puis comparer les défauts de forme de la pièce avec son fichier CAO théorique s'accélère et devient encore plus précise au fur et à mesure que les dispositifs de relevés de surfaces s'améliorent.



Credform

Le Go! Scan 3D est utilisable dans un environnement quelconque afin de relever des nuages de points dans l'espace sans contact avec la pièce. Il rend la numérisation 3D encore plus facile pour des mesures rapides et fiables.

été détrônées à leur tour par les bras de mesure 3D», poursuit Serge Durand (Hexagon Metrology).

Etudiés initialement pour contrôler les

tubes, ces bras de mesure imaginés par Romer dès 1986 puis par l'américain Faro trouvent d'autres applications et se géné-

ralisèrent à l'aube des années 1990. Portatifs, fiables, faciles à utiliser, ils trouvent de multiples applications pour contrôler des pièces de tôlerie, de forge, de fonderie et les ensembles mécano soudés. Ces nouveaux appareils opèrent par contact, d'une manière extrêmement souple, rapide avec la précision du dixième de millimètre. Sur de nombreux postes, ils remplacèrent trusquins, pieds à coulisse, jauges de profondeur, palmers et calibres. Couplés avec un PC, ils fournissent des rapports détaillés complets pour les valeurs mesurées et détrônent définitivement une bonne partie des outillages de contrôles dédiés à certaines pièces. De plus, en ces temps de crise économique, le but de tout gestionnaire consiste à faire de la qualité avec de moindres budgets, d'où leur plébiscite.

« Progressivement, ces bras de mesure se sont améliorés, passant d'une tolérance du dixième à moins de 0,02 mm, le tout pour des coûts très intéressants. Ces instruments sont livrés avec des logiciels simples, adaptés aux opérateurs non spécialistes de la métrologie. Ces nouveaux moyens sont souvent installés en mode self-



Turbonómica Tarnos

Cet équipement appartient à manory © pash news. Toute reproduction est interdite.

La MMT Duramax de Zeiss est asservie avec un robot six axes pour le contrôle de pièces de turbines.



Creiform

Le Metra Scan-R effectue 36 000 mesures par seconde avec une résolution de 0,1 à 0,05 mm sur les trois axes.

service et chaque intervenant, en fonction de sa tâche, exécute une gamme de contrôle qui lui est propre. De plus, ces bras de mesure, conçus pour enregistrer chaque point palpé en 3D, intéressent le domaine de la rétroconception à partir d'objets ou de prototypes existants (voir encadré). Pour résumer, ils ont trouvé de nombreux adeptes appréciant leurs performances

pour des budgets modestes compris entre 15 000 et 20 000 €. Cette accessibilité a permis aux entreprises de toutes tailles, particulièrement les PME et les mécaniciens, de s'équiper. Ainsi, le nombre de 70 à 75 petites MMT d'atelier vendues chaque année en France il y a 15 ans a progressivement décliné pour atteindre moins de 20 unités au profit de cette nouvelle généra-

Tomographie : dans l'intimité des matériaux

La tomographie est une technologie récente, comparable à la radiographie, qui présente de nombreux avantages car rien ne lui échappe, y compris l'intimité même des matériaux. Son principe autorise de scanner puis récupérer des coupes 2D d'une pièce ou d'un ensemble puis d'associer ces multiples plans pour faire une reconstruction d'images en trois dimensions. L'approche permet de relever toute géométrie extérieure et intérieure d'un élément sans y toucher, par le biais des rayons X qui passent à travers sans le modifier. La technologie de ces machines à mesurer et l'informatique associée sont complexes. Elle exige une enceinte imperméable aux rayons X (plomb, béton, verres spéciaux...) pour tout opérateur évoluant à proximité. La taille des pièces demeure relativement restreinte, mais l'association des coupes obtenues facilite le relevé des géométries complexes externes, mais aussi internes, d'éléments sans y toucher, qu'il va ensuite falloir comparer aux fichiers théoriques de CAO. Son principal avantage, c'est que, quelle que soit la ou les matières (dans le cas d'un assemblage), il devient possible d'inspecter l'homogénéité d'une pièce avec détection éventuelle de criques, porosités, inclusions, bulles d'air, fissures ou défauts d'étanchéité lors d'un montage.

L'environnement informatique des machines de tomographie permet naturellement de faire du contrôle et de la mesure dimensionnelle sur des profils cachés ou dans des zones difficilement accessibles comme la chambre de combustion d'un moteur thermique. Son principe de fonctionnement est relativement simple. La pièce est placée sur un plateau tournant puis l'appareil réalise une radiographie sur 361°. Ensuite, le logiciel de calcul traite les données pour en extraire divers nuages de points et images de chaque coupe. Avec ces éléments, tout opérateur réalise des mesures très précises. Cependant, en fonction des paramètres de la machine et de la pièce ou de l'ensemble observé, la durée d'acquisition d'une tomographie peut demander une heure. Ce procédé de mesure est très performant mais reste onéreux au niveau investissement machine, car il faut envisager une enveloppe de 400 000 à 500 000 €. Aussi, pour répondre aux besoins des industriels, dès 2008, le groupe Sematec, spécialisé dans la mesure a investi dans un tomographe Zeiss Metrotom. L'expertise apportée avec ce premier outil a permis au groupe d'investir dans un deuxième tomographe, suite à de nombreuses demandes clients. L'appareil OPTIV CT 160 se montre plus puissant en terme de résolution d'images.

tion de moyens de contrôle» détaille Serge Durand. Qu'on se rassure, les grandes MMT n'ont pas disparu de leurs salles blanches. Les constructeurs ont aussi amélioré leurs performances pour rendre leurs déplacements plus rapides. Elles restent indispensables pour mesurer des cotes inférieures ou égales à cinq microns. Certaines MMT à portiques sont même uniques lorsqu'elles doivent évaluer avec précision de gros volumes. Ainsi, une unité de 40 m de longueur a été conçue tout spécialement pour mesurer exactement un avion de type drone. Il lui aura fallu un génie civil conçu spécialement. De plus, elles sont capables de recevoir et puis de changer en mode automatique capteurs et stylets en fonction des tâches à effectuer. Certaines sont même équipées de têtes laser afin d'effectuer du contrôle sans contact (surfaces souples ou difficiles d'accès).

Une grande évolution, l'apparition du laser tracker

Quant aux bras de mesure, l'ultime étape d'amélioration consiste à les équiper de têtes de lecture optiques ou laser qui vont les transformer en mode « multigage » 3D. Ainsi, les bras seront capables de relever des millions de points ou nuages de points en quelques secondes, sans contact et avec une haute précision géométrique. Faro, spécialiste de cette technologie de mesure 3D portable, présentera lors d'Industrie Paris 2014, ses solutions pour le contrôle dimensionnel, la numérisation, la comparaison à la CAO et la rétroconception. Sa nouvelle génération de bras de mesure avec scanner 3D intégré Edge ScanArm ES et le nouveau scanner laser Focus^{3D} X 330 sont portables pour une utilisation simple et intuitive. Ils recueillent des données précises et fiables afin d'éditer les rapports de contrôle. Le bras de mesure Edge ScanArm ES allie puissance du scanner 3D Laser Line Probe ES avec souplesse d'utilisation du bras de mesure Faro (FaroArm) pour un système 3D



Carl Zeiss

Installer des MMT à l'atelier permet d'anticiper toute dérive de cotes au plus près des moyens de production.

Mesure par photogrammétrie

Outre tous les appareils de mesure optique 2D pour petites pièces, la photogrammétrie fait aussi des progrès appréciables et démocratise le contrôle et la mesure dans l'espace d'un nombre considérable de pièces, voire d'ensembles complets, sans contact et avec une rapidité inimaginable encore il y a quelques années.

L'inspection optique se déroule instantanément surtout sans contact avec l'élément à mesurer, y compris pour des surfaces gauches et complexes de type siège, tableau de bord, intérieur de portière ou carrosserie automobile. Les Go Scan, Handy Scan et Metra Scan 3D conçu par Creaform rendent la numérisation 3D encore plus facile pour des mesures rapides et fiables sans aucun support, puisque ces appareils s'autopositionnent dans

un environnement quelconque.

Ils ne requièrent aucune expérience préalable des opérateurs tout en offrant une assistance visuelle durant la numérisation.

Ils se présentent sous forme de poignées spéciales incorporant la caméra vidéo photogramétrique et plusieurs spots d'éclairage, chaque ensemble étant relié à sa base par un câble d'alimentation.

Eventuellement, ces appareils peuvent être assistés de supports de référencement dynamiques afin d'établir puis «verrouiller» un système de coordonnées, virtuelles dans l'atelier.

Ces trois appareils de mesure sont assortis d'un logiciel de traitement d'images qui pilote et gère l'ensemble. Il produit un maillage direct et autorise une visualisation des surfaces

numérisées en temps réel sur l'écran.

Chaque appareil rassemble les éléments et fonctions essentielles dans un environnement de travail uniforme, convivial et intuitif.

Le Go Scan (1,1 kg), par exemple, est éclairé par une source de lumière blanche (Led) et réalise 550 000 mesures par seconde avec une résolution de 0,5 mm et une exactitude de 0,1 mm dans une profondeur de champ de 250 mm.

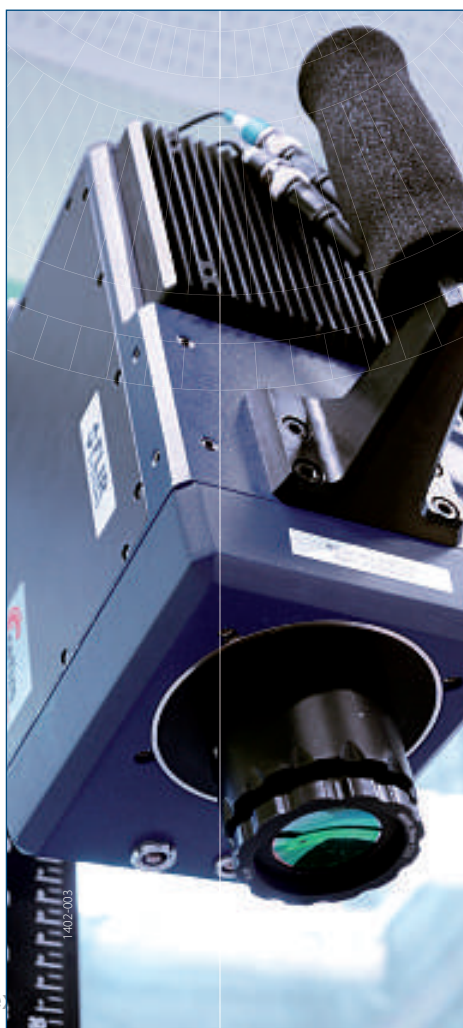
En fonction des variantes, un capteur de type Metra SCAN-R (36 000 mesures par seconde), avec une résolution de 0,1 mm à 0,05 mm sur les trois axes, peut être monté en extrémité du poignet d'un robot six axes afin de réaliser l'inspection complète d'une portière ou autre élément automobile ayant une taille de 0,3 m à plus de 3 m en des temps records.

avec ou sans contact. Sa technologie Enhanced Scanning issue d'améliorations apportées au matériel et au logiciel, permet de numériser tout type de surfaces, y compris celles qui

sont réfléchissantes ou sombres, sans préparation préalable. De nouveaux algorithmes de filtrage ajustent et optimisent les paramètres de numérisation en fonction du

matériau (plastique, métal), de la finition des surfaces et des couleurs.

« L'autre grande évolution de la mesure dimensionnelle a été l'apparition du laser tracker, instrument



Les méthodes alternatives au ressuage et à la magnétoscopie

Dans le cadre du projet européen Green Testing, le Cetim, Ixtrem et Holo3 organisent une journée technique gratuite le 27 mars 2014 au Cetim à Senlis.

- Présentation du projet Green Testing
- Guides des bonnes pratiques en magnétoscopie et ressuage
- Présentation des techniques alternatives : *magnétoscopie basse fréquence, thermographie infrarouge par induction, ondes guidées ultrasonores, résonance acoustique.*
- Démonstration des méthodes alternatives sur des cas industriels

La journée sera ponctuée par des témoignages industriels.

Programme complet et inscription sur www.cetim.fr/Actualites/Agenda

CONTACT Patrick Bouteille
Tél.: 03 44 67 36 82
sqr@cetim.fr

Toute reproduction est interdite.



37



L'autre évolution a été l'apparition du laser tracker pour mesurer avec précision les grands éléments en un temps record.

portatif monté sur trépied, capable de mesurer de grands volumes, des longueurs et des angles, afin de réaliser des relevés rapides et précis en trois dimensions. Pour un investissement de l'ordre de 80 000 €, ce type d'appareils est utilisé en aéronautique, pour l'automobile, en robotique. Il concerne les industries

mécaniques fournissant des grandes pièces», reprend Serge Durand. Egalement appelé «laser de poursuite», c'est un instrument portatif utilisable quasiment partout. «Ce n'est plus la pièce que l'on porte sur la machine à mesurer, mais c'est la machine à mesurer

qui se déplace jusqu'aux volumes à estimer», précise de son côté Johann Delerue, spécialiste de la question chez Faro. Sa précision est de l'ordre de $5\mu\text{m}/\text{m}$ et ceci jusqu'à 160 mètres. Mais là encore, la technologie progresse puisque le scanner laser Focus^{3D} X 330 du constructeur affiche une portée quasi triplée par rapport aux anciens modèles. Pour les inspections, la rétroconception et la documentation en trois dimensions exigeant une précision élevée, il est capable de numériser des objets à plus de 300 mètres de distance. Avec son récepteur GPS intégré, ce scanner laser met en corrélation des numérisations individuelles lors du post-traitement. Sa qualité de numérisation améliorée fournit des modèles volumiques semblables à de véritables photos, un atout pour le contrôle dimensionnel des grandes pièces et le relevé d'implantations de machines voire d'usines complètes. «D'un excellent rapport qualité/prix, cette nouvelle génération de laser trackers associe simplicité d'utilisation et haut niveau de performances, sans jamais sacrifier à la précision», conclut Christophe Bénéard, responsable de Faro France.

Jean Guilhem



Cet e

Imaginé par Romer, le bras de mesure 3D peut être aussi équipé d'une tête laser.