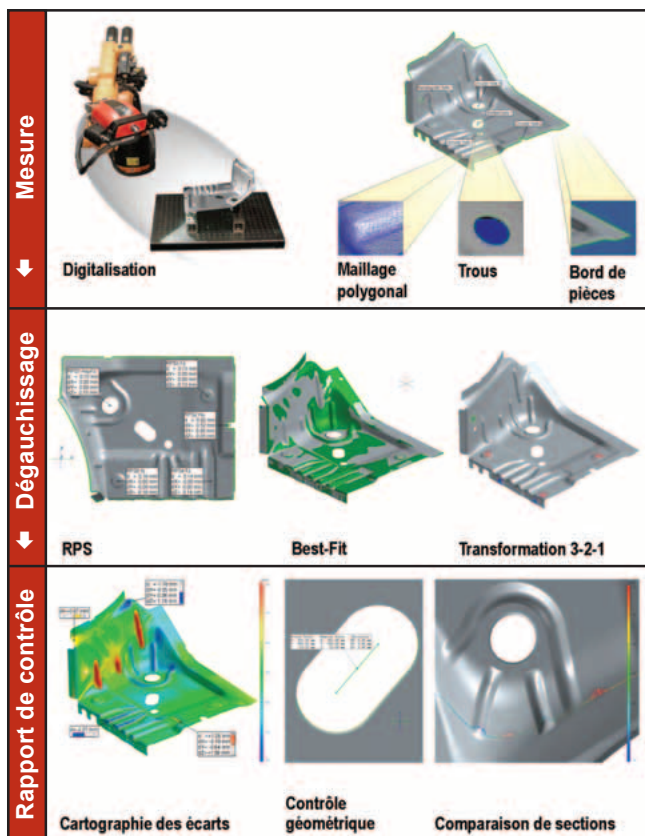


Mesure Industrielle 3D



**Contrôle Qualité et Inspection
Avec le Capteur de
Digitalisation 3D ATOS**

Contrôle Qualité et Inspection Avec le Capteur de Digitalisation 3D ATOS

Le contrôle qualité est devenu un élément incontournable des procédés de fabrication actuels. La capacité à reproduire les géométries «telles que conçues» tout au long de la chaîne de production permet de combler les attentes des designers et de remplir les exigences fonctionnelles et dimensionnelles prévues par les ingénieurs. Afin d'atteindre cet objectif, de nombreuses entreprises se sont équipées de machines de mesures tridimensionnelles et utilisent les méthodes traditionnelles de contrôle. Celles-ci ont fait leurs preuves depuis longtemps et sont bien adaptées à la mesure de formes géométriques simples. En revanche, elles ont montré leurs limites lors du contrôle de formes complexes et de l'assemblage de pièces, pour lesquels elles se sont avérées lentes et peu adaptées. Les nouvelles techniques de digitalisation 3D par méthodes optiques, basées sur la projection de lumière structurée, ont prouvé leur efficacité, tant en précision qu'en rapidité d'acquisition, surtout sur des surfaces complexes. L'intégration logicielle des moyens de contrôle et la création de rapports de mesures en font un outil incontournable pour le contrôle qualité et l'optimisation des procédés de fabrication.

Introduction

De nos jours, de nombreux secteurs industriels ont intégré dans leur procédé de fabrication des outils de digitalisation 3D pour le contrôle qualité. Différentes raisons ont poussé ces sociétés à compléter leur équipement avec un capteur de mesure optique:

- La capacité à acquérir toute la géométrie de la surface d'une pièce de façon extrêmement détaillée, sous la forme d'un nuage de points dense.
- Le nuage de points ou les points de contrôle peuvent être mis en référence après la mesure, contrairement aux méthodes traditionnelles qui nécessitent un dégauchissage avant chaque mesure.
- Les écarts par rapport à la CAO et aux primitives géométriques résultent directement du nuage de points.
- Les zones critiques sont mesurées et mises en évidence où qu'elles se trouvent, sans avoir été identifiées au préalable.

- Les rapports de mesure peuvent être édités sous la forme de cartographies 3D en couleur, de tracés Go/No-Go, de comparaisons de sections, ou tels que ceux habituellement fournis par les MMT.
- La mesure ne nécessite pas de mise en place spécifique.
- La portabilité des systèmes leur permet d'être directement implantés au pied même de la pièce ou de l'assemblage, sur les sites industriels les plus hostiles, sans nécessiter d'installation spécialisée.

Les capteurs de digitalisation 3D fournissent des résultats de mesure particulièrement utiles à l'analyse des processus. Ils ont largement prouvé leur efficacité dans l'analyse des prototypes, des pré-séries et pour l'identification des causes de défauts constatés. Les images de la page de garde décrivent une procédure traditionnelle de contrôle utilisant le moyen de mesure industriel ATOS:

Etape 1 – Acquisition des données et enregistrement des surfaces géométriques «telles que construites» sous la forme d'un nuage de points ou d'un maillage. De plus la cotation des bords de pièces, des trous, des tracés, ... sont mesurées.

Etape 2 – Les données acquises sont mathématiquement recalées dans le même repère de coordonnées que la pièce pour être rapidement comparées au modèle CAO. Les règles de dégauchissage appliquées sont identiques à celles utilisées avec les moyens de mesure mécaniques.

Etape 3 – Comparaison entre le nuage de points mesuré et le modèle mathématique. Le résultat correspond à l'écart entre le «tel que construit» et le «tel que conçu». Ces cartographies permettent de visualiser très rapidement les déviations entre les attentes des designers et celles des concepteurs.

A ce stade, l'utilisateur a la possibilité de tester plusieurs méthodes de mise en référentiel, créer des tracés Go/No-Go, repérer des points de contrôle particuliers et afficher leurs déviations, créer des sections puis les comparer à la CAO et enfin créer des primitives géométriques (points, droites, plans, cercles, sphères, cylindres, cônes, ...) pour en extraire des valeurs dimensionnelles. Toutes ces informations peuvent ensuite être compilées sous la forme d'un rapport de mesure.

Ce type de rapport est régulièrement utilisé pour l'amélioration des processus de fabrication, le suivi de la qualité, l'amélioration du produit ou la décision de mise sur le marché.

Le Capteur Optique de Numérisation 3D

Une grande diversité d'applications

Le système de mesure optique 3D ATOS est le seul capteur capable d'être directement reconfiguré par l'utilisateur afin de s'adapter au mieux aux différents types de mesure. L'opérateur change simplement et rapidement de volume de mesure pour augmenter la densité de points mesurés ou élargir sa surface d'acquisition. Grâce à cette flexibilité, le système ATOS est capable de digitaliser des objets de tailles variées, des plus petites pièces d'injection plastique, aux avions complets.

Petits Objets

Lors de la mesure de petits objets ou de parties nécessitant beaucoup de détails, l'utilisation du système ATOS SO s'impose (Fig. 1). Dans cette configuration, le sujet est placé directement sous le capteur de mesure. Le relevé de points qu'il permet d'obtenir est si dense que même les rails de collage et les clips de fixation sont mesurés. Les contre-dépouilles d'une vue sont automatiquement complétées par les vues prises sous différentes incidences. Toutes ces vues sont ensuite assemblées par le logiciel pour créer un fichier maillé fermé.

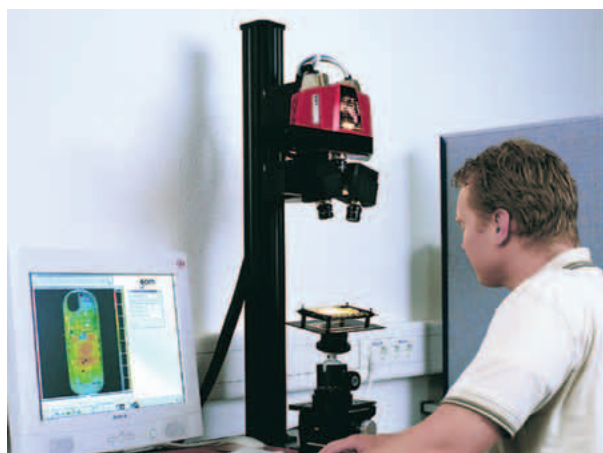


Fig. 1 Mesure de petites pièces avec le système de mesure ATOS SO

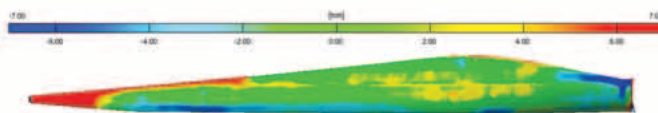
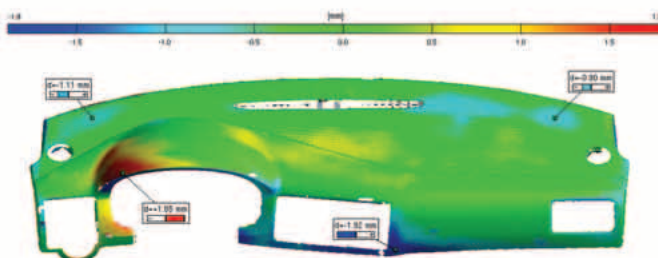
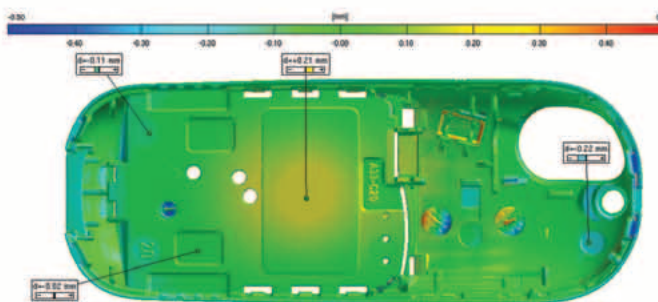


Fig. 2 Mesure de pièces de tailles variées: tableau de bord et pale d'éolienne

Grands Objets

Lors de la mesure de grands objets, la tête de mesure ATOS est simplement posée sur un Trusquin, un trépied photo ou un bras robot, permettant de la positionner librement dans l'espace.

La Figure 2 présente la capacité du système à mesurer des objets de tailles diverses (de quelques centimètres à plusieurs dizaines de mètres). Les photos de gauche montrent un tableau de bord de véhicule et la pale d'une éolienne. Sur la droite sont représentées les cartographies couleur qui caractérisent la comparaison entre le modèle conçu et le modèle CAO.

L'aspect principal de toute opération de mesure reste la précision du système de mesure. Le Tableau 1 présente, pour différents objets, la précision absolue et la densité de points que l'on peut attendre du système ATOS :

Objet:	Précision absolue:	Densité de points:
Coque de téléphone	+/- 0.01 mm	0.05 mm
Tôle métallique 500 x 300 x 300 mm ³	+/- 0.03 mm	0.1 mm
Tableau de bord	+/- 0.05 mm	0.2 mm
Outil d'emboutissage 5 x 2 x 1 m ³	+/- 0.1 mm	0.2 mm
Caisse en blanc	+/- 0.15 mm	0.4 mm
Rotor d'éolienne (20 m)	+/- 0.6 mm	0.8 mm

Tableau 1: Incertitude typique et tailles d'objets associées

Principe de mesure

Le fonctionnement du capteur 3D ATOS (Fig. 3) est basé sur la stéréovision. La tête de mesure projette différents types de franges sur la pièce à mesurer. Ces franges sont enregistrées par deux caméras CCD. En quelques secondes, les algorithmes de traitement d'image et de photogrammétrie calculent, avec précision, un point de coordonnées 3D (x,y,z) pour chacun des 4 millions de pixels des caméras.

Pour mesurer un objet dans sa globalité, l'acquisition de différentes vues, sous des angles d'incidence dissemblables, est nécessaire. Le système ATOS reconnaît automatiquement les vignettes spécifiques essentielles à l'assemblage de ces vues. Elles peuvent être placées directement sur l'objet ou sur un montage supportant cet objet. Toutes les mesures sont automatiquement recalées ensemble dans un même référentiel de mesure. Pour les petites pièces, les vignettes sont directement mesurées avec ATOS; pour les grands objets, il est recommandé d'utiliser le système de photogrammétrie TRITOP (Fig. 4) pour augmenter la rapidité et la précision de la mesure.



Fig. 3 ATOS, le capteur 3D, conçu pour les mesures en laboratoires de métrologie et les environnements industriels

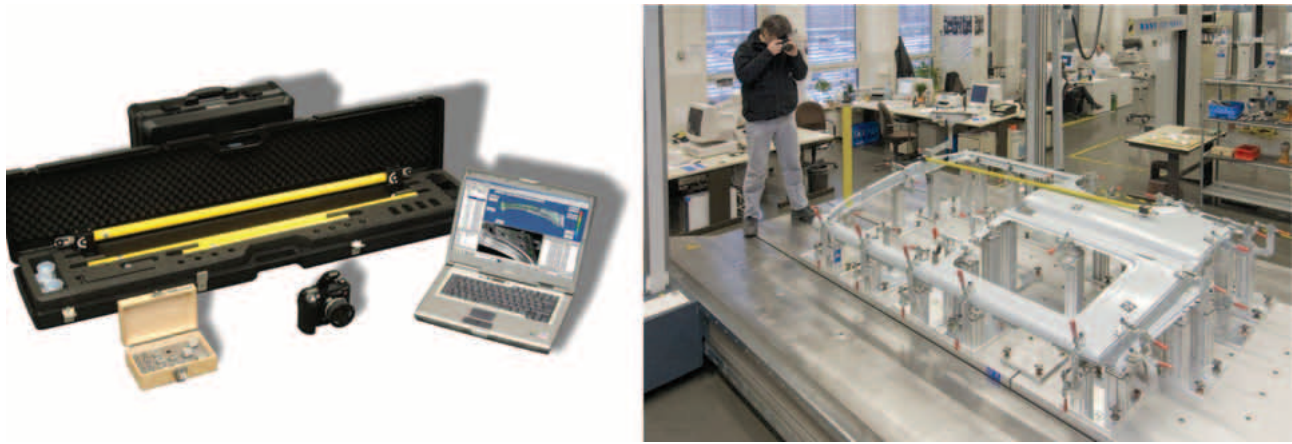


Fig. 4 TRITOP, le système de photogrammétrie, utilisé pour la mesure d'un côté de caisse automobile sans son gabarit

Résultats de mesure

Après l'acquisition, le logiciel détermine un maillage polygonal de haute résolution à la surface de l'objet, créant des petits triangles dans les zones tourmentées et des grands dans les zones tendues, sans aucune perte de précision. Les éléments spécifiques tels que des trous, bords de pièce, lignes caractéristiques... peuvent être mesurés en 3D puis ajoutés au maillage polygonal pour obtenir les dimensions et coordonnées de ces éléments. La Figure 5 montre trois types de résultats différents.

Dégauchissage de l'objet

Toutes les données acquises lors de la mesure sont placées dans le référentiel du capteur. Afin de pouvoir les comparer aux données CAO, il faut les transposer dans le repère de celles-ci. Cette transformation est analogue à celles qu'effectuent les machines à mesurer mécaniques. En revanche, elle ne fait pas partie du processus de mesure et ne nécessite donc pas d'immobilisation du système.

Transformation 3-2-1

La méthode 3-2-1 (plan, droite, point) exige la connaissance de six coordonnées pour le dégauchissage. Dans le cas d'une méthode ZZZ-YY-X, les trois coordonnées Z définissent le plan Z, les deux coordonnées Y la direction de l'axe Y et la coordonnée X l'origine. Pour augmenter la pertinence de la remise en position, d'autres coordonnées peuvent être utilisées. Dans le cas où l'on utilise quatre coordonnées en Z, l'ordinateur calculera le plan moyen passant par ces quatre points.

La méthode 3-2-1 est essentiellement utilisée lorsque la pièce est bridée sur un support. Les éléments servant à la mise en référentiel sont numérisés puis repositionnés, avec l'ensemble du nuage de points, par rapport aux valeurs nominales. Sur la Figure 6, les surfaces utilisées pour la transformation 3-2-1 sont représentées en couleur. Dans cet exemple, la mise en référentiel s'est effectuée directement sur des points appartenant à la surface de l'objet, simulant mathématiquement les points de fixation.

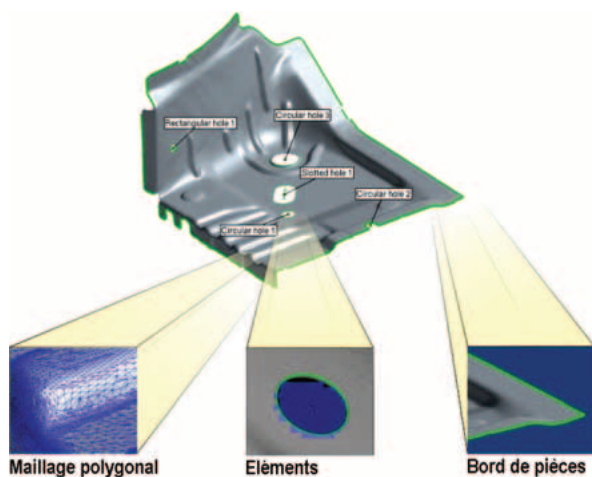


Fig. 5 Données types mesurées avec le capteur ATOS

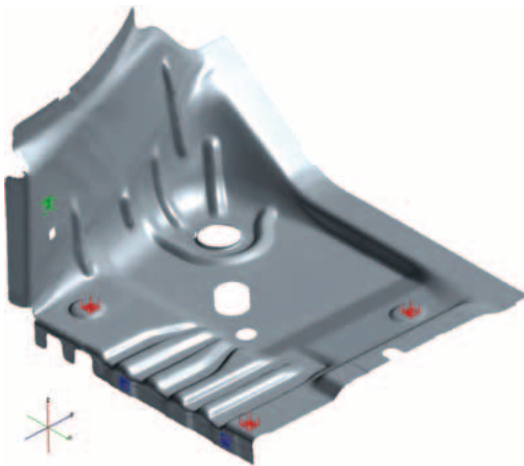


Fig. 6 Transformation 3-2-1 (plan/trait/point)

Dégauchissage RPS

La mise en référentiel RPS (Reference Point System) s'appuie sur des points caractéristiques. Pour les définir, on utilise des éléments géométriques tels que des trous ronds, carrés ou oblongs, plans, droites, cylindres... Les coordonnées de ces points caractéristiques sont définies ainsi que les degrés de liberté pour lesquels ils s'appliquent. Basé sur ces informations, le logiciel calcule la remise en position RPS. De la même façon qu'une transformation 3-2-1, au moins six coordonnées doivent être spécifiées afin de déterminer les trois axes. Dans le cas d'une redondance de l'information, les coordonnées sont moyennées et pondérées selon le nombre de points impliqués.

Visible sur la Figure 7, le point de référence RPS1 est défini selon 3 axes; il est appelé point principal de référence. Le point RPS2 prend uniquement effet selon l'axe Y et évite ainsi un phénomène de torsion. Les points restant, RPS3, RPS4 et RPS5, ne sont actifs que selon l'axe Z. Ainsi, le plan Z est sur-défini par ces quatre points, dont les coordonnées sont moyennées pour un recalage "au mieux". Cette méthode est largement utilisée dans l'industrie automobile.

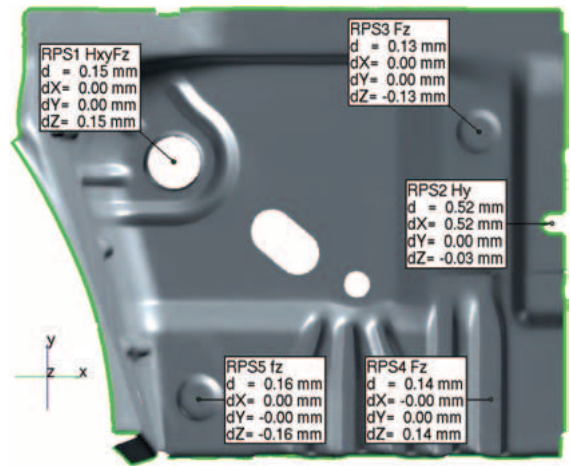


Fig. 7 Dégauchissage RPS

Best-Fit Registration

Lors de la mise en référentiel type Best-Fit, la totalité de la surface de la pièce (ou uniquement les zones spécifiques sélectionnées) est positionnée par rapport à la CAO, en utilisant la méthode des moindres carrés. Cette méthode est la plus efficace pour repositionner une pièce de forme (Fig.8). Elle permet d'analyser les défauts de forme et de juger de la pertinence d'une mesure ou du processus de fabrication. Elle permet également d'identifier un dégauchissage RPS mal définis ou une fixation influençant la forme de la pièce. Toutefois, un défaut de forme sur la pièce fabriquée affecte directement la mise en référentiel Best-fit. C'est pourquoi ce type de dégauchissage est généralement employé comme étape intermédiaire d'un problème d'alignement.

La Figure 8 présente le résultat d'une mesure (à gauche), le fichier CAO associé (au milieu) et les deux jeux de données dégauchis par la méthode Best-fit (à droite). Le nuage de points apparaît en bleu sur l'image et le fichier CAO en gris. On peut immédiatement remarquer une erreur de recalage, dû à l'absence des nervures de renfort sur le modèle CAO.

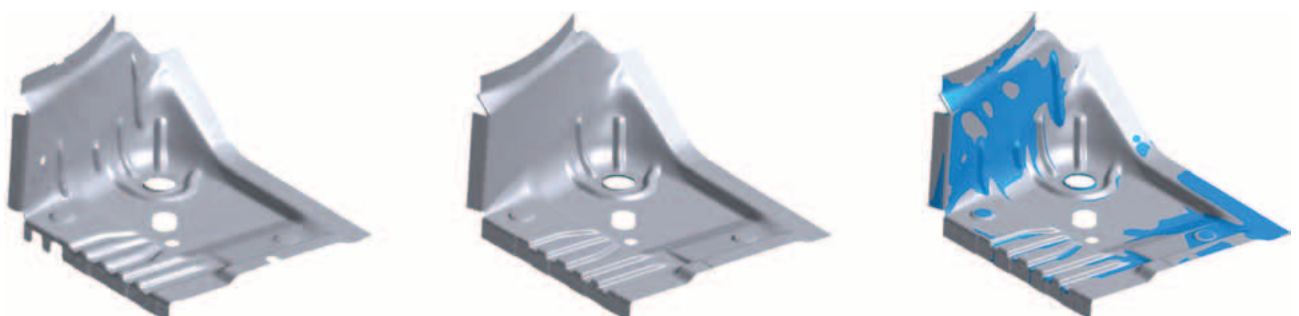


Fig. 8 Repositionnement au mieux par rapport au modèle CAO (Best-Fit)

La mise en référentiel : un vrai problème métrologique

Les erreurs lors des phases de recalage provoquent la majorité des aberrations de mesure constatées lors de l'utilisation de machines de palpation mécanique. Traditionnellement, les dégauchissages sont pratiqués avant la mesure, avec l'une des méthodes définies précédemment. La mesure des points est ensuite effectuée dans le repère ainsi déterminé. Une erreur commise lors de l'alignement provoquera inévitablement l'inexactitude de toutes les mesures faites à posteriori.

La digitalisation 3D avec ATOS permet d'éviter ce genre de problème : tout d'abord, le fichier STL de mesure est positionné au mieux par rapport à la CAO (Best-fit). La cartographie couleur des déviations met en évidence les défauts majeurs. Ensuite, la méthode RPS est appliquée et une nouvelle cartographie est calculée. La comparaison des deux cartographies confirme ou infirme une bonne réalisation. En effet, si l'on constate d'importantes dif-

férences, il devient intéressant de s'interroger sur la pertinence des éléments utilisés par la méthode RPS. Les Figures 9, 10 et 11 illustrent un scénario de ce type.

La Figure 9 présente le nuage de points issu de la digitalisation d'un poinçon de côté de caisse d'un véhicule. La finesse du détail rend compte de la qualité et de l'importante résolution du relevé de la pièce «Telle que construit».

La Figure 10 présente le résultat de la comparaison entre le «Tel que construit» et le «Tel que conçu» (CAO), après une mise en référentiel type RPS. On y observe d'importants écarts dans les zones de fortes courbures. Les étiquettes de légende et la couleur du tracé rendent les écarts clairement visibles. Potentiellement, cet outil pourrait être réparé en ressoudant de la matière dans les zones creuses pour être ensuite ré-usinées. Cette solution demandera beaucoup de travail pour un résultat de qualité discutable.

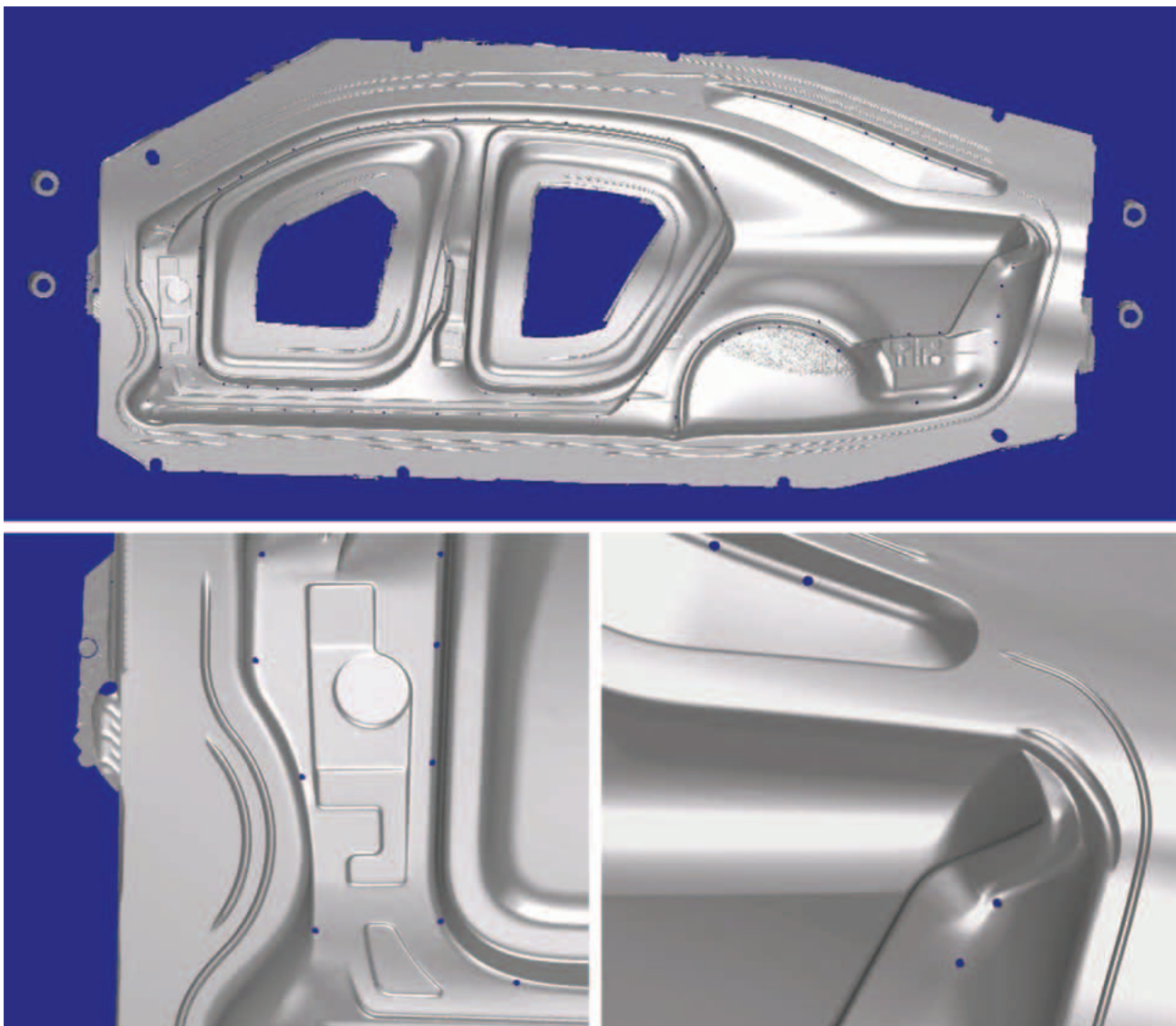


Fig. 9 Nuage de points d'une matrice de côté de caisse

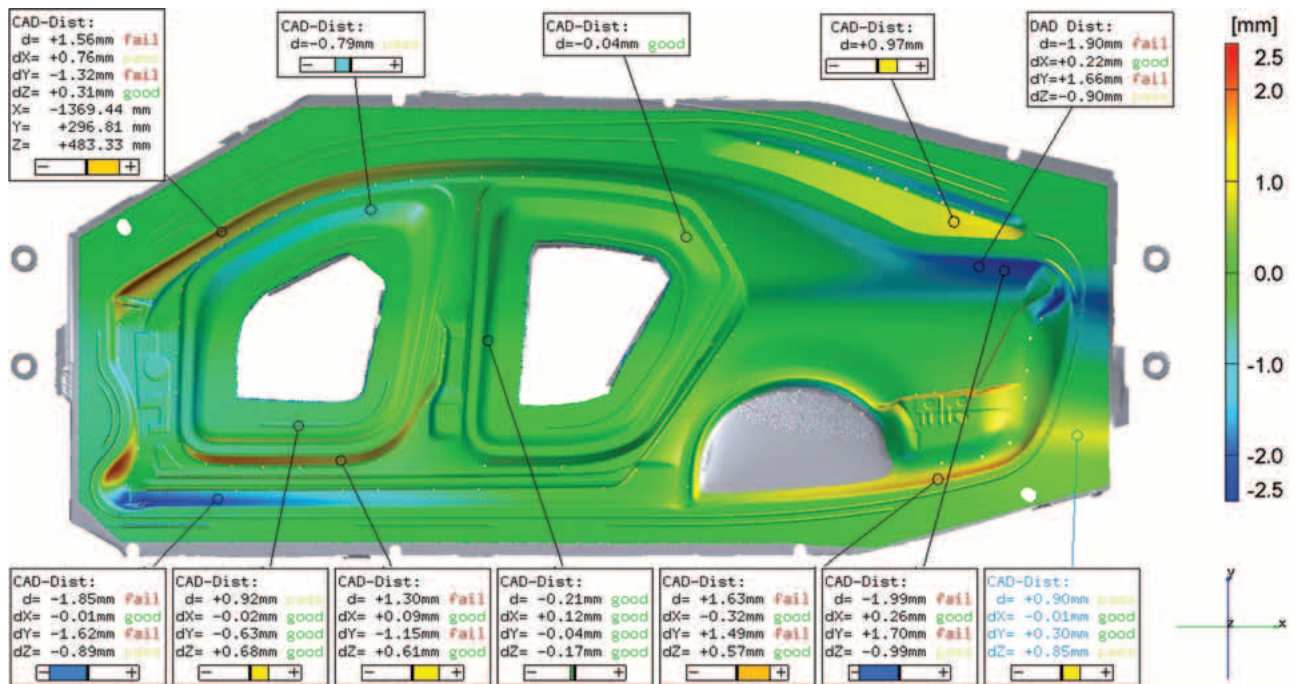


Fig. 10 Ecarts entre mesure et CAO, après le dégauchissage RPS

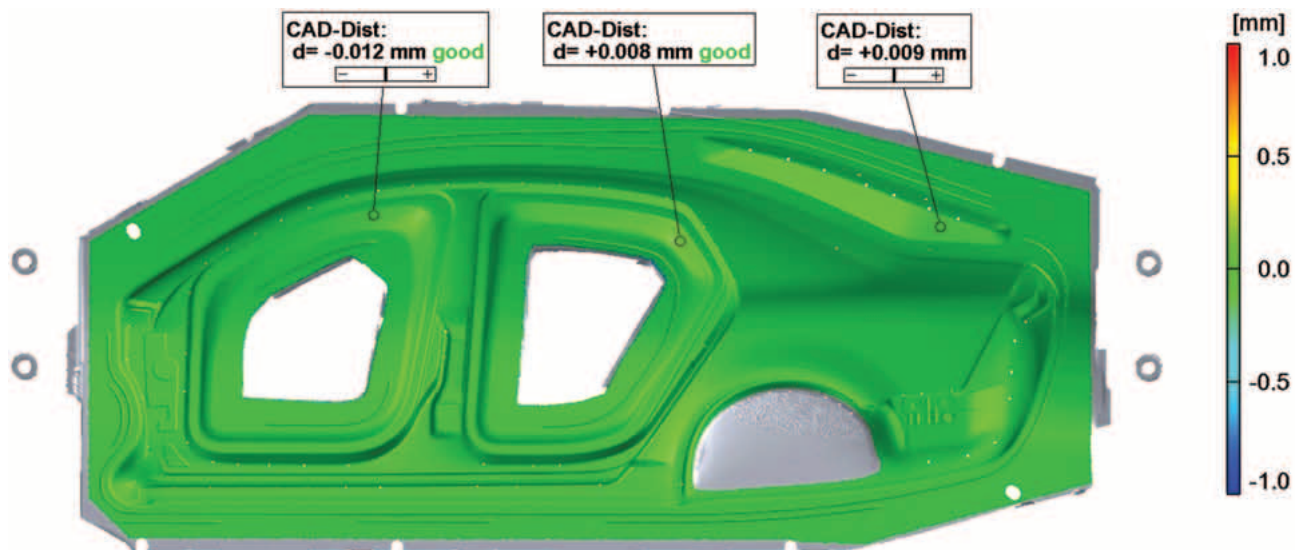


Fig. 11 Ecarts entre mesure et CAO, après le dégauchissage Best-Fit (élimination de points RPS éronés)

La Figure 11 présente la même comparaison, mais dégauchie selon la méthode Best-fit. Les écarts entre «Tel que conçu» et «Tel que construit» sont maintenant devenus insignifiants. La mauvaise définition des points RPS a conduit au résultat représenté Figure 10. Une rapide mise en référentiel de type Best-fit permet de contrôler la pertinence des résultats obtenus et prouve l'importance d'une mesure effectuée avant dégauchissage. Une telle sécurité n'est pas envisageable avec l'utilisation de moyens de contrôle classiques.

Analyse des Résultats

Cartographie couleur des écarts et étiquettes

Après avoir replacé les données mesurées dans le bon repère de coordonnées, l'écart par rapport à la CAO est automatiquement calculé pour chaque point mesuré. Pour une meilleure lisibilité, une gamme de couleurs est associée à chaque intervalle de valeur. On obtient ainsi une cartographie couleur 3D claire, parfaitement représentative du résultat de la comparaison «Tel que construit / Tel que conçu». Dans les exemples suivants, les zones rouges indiquent une sur-épaisseur du «Tel que construit» par rapport à la CAO. En revanche, les zones bleues indiquent les zones situées sous la surface de la CAO. Les classes de couleur sont automatiquement déterminées lors du calcul des écarts. Ces mêmes classes de couleurs peuvent également être paramétrées par l'utilisateur, notamment sous forme de cartographies Go/No-Go. La visualisation

du tolérancement de la pièce devient beaucoup plus spontanée. De la même façon, les écarts numériques de points particuliers (Fig. 12) sont rapidement visualisables sur des étiquettes, avec une représentation du code couleur associé. La forme et le contenu de ces étiquettes peuvent être librement définis par l'utilisateur.

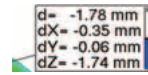


Fig. 12 Exemple d'étiquette d'information avec les valeurs numériques des écarts

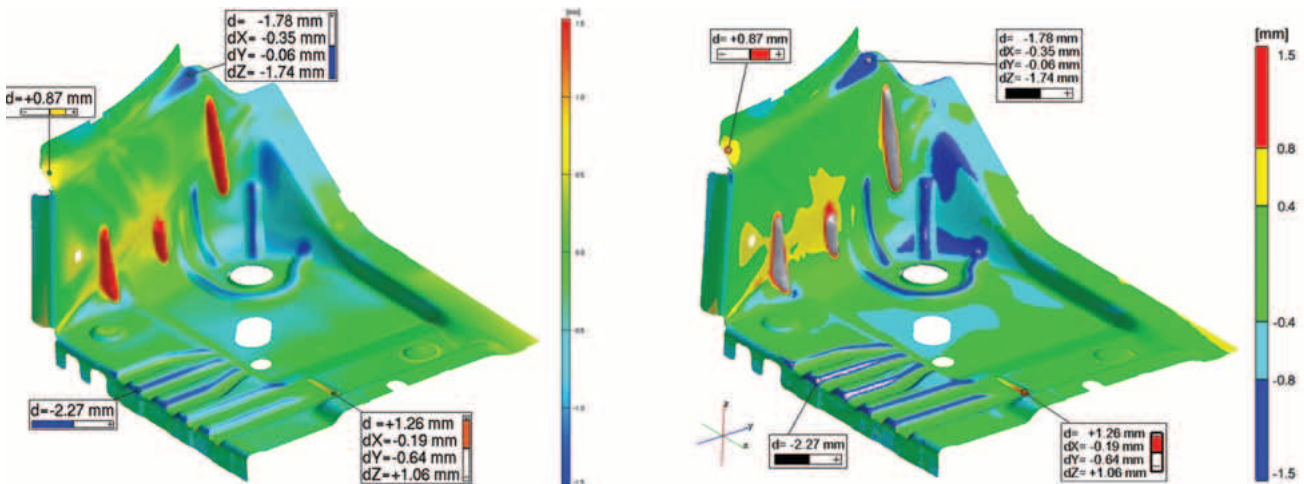


Fig. 13 Ecarts entre mesure et CAO, sur une pièce en tôle. A gauche une variation continue des couleurs, à droite des classes discrètes

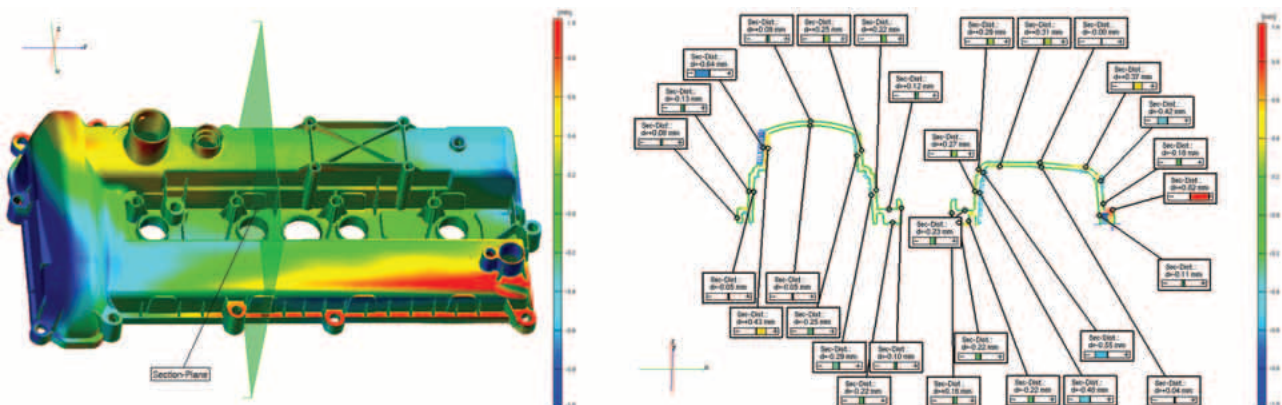


Fig. 14 Contrôle par analyse de section, tolérances par couleur et informations sur des points particuliers

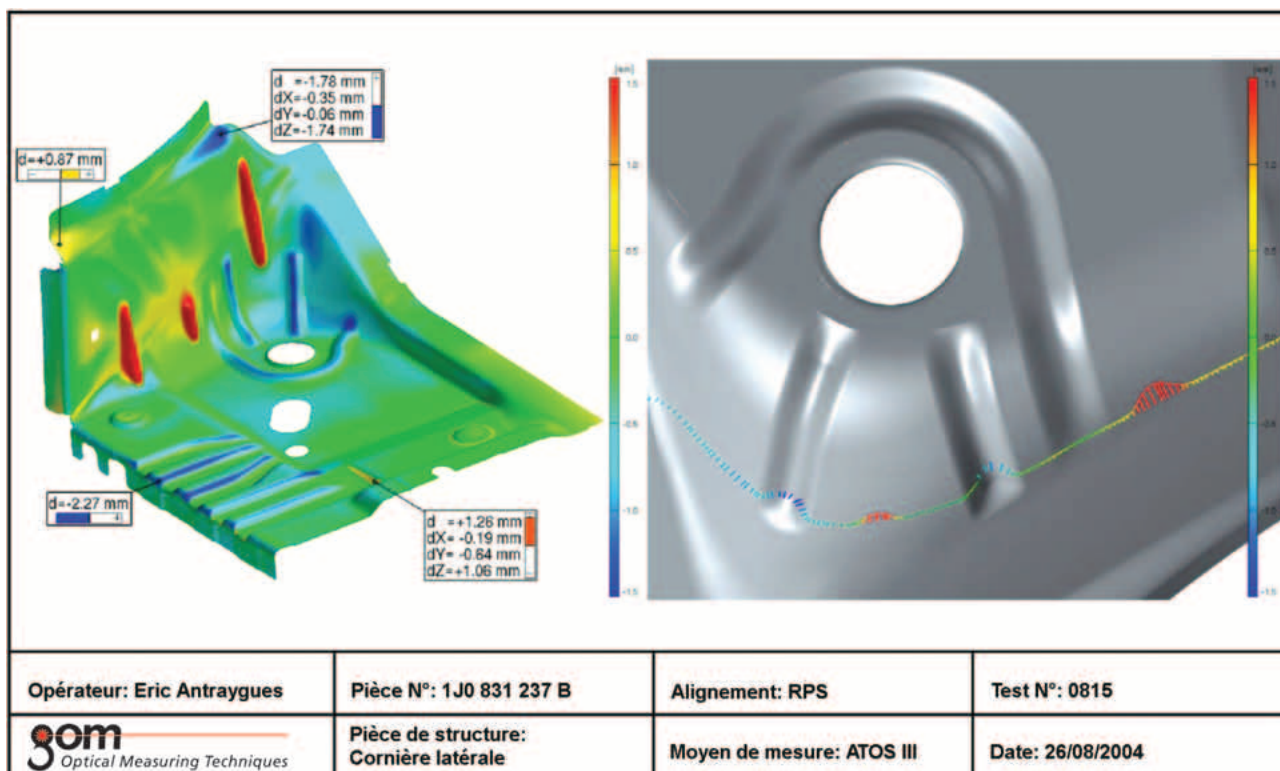


Fig. 15 Exemple de rapport de mesure

Analyse de sections

L'analyse des écarts et des déformations peut aussi se faire sur des sections. A partir du nuage de points, des sections sont créées puis comparées aux données CAO.

La Figure 14 représente le nuage de points issu de la digitalisation d'une culasse moteur comparée à son modèle numérique. Quelques secondes suffisent au logiciel pour calculer et analyser des sections. L'édition de rapports de mesure permet de documenter les résultats. Ces rapports intègrent des copies d'écran, des tableaux de valeurs et des informations personnalisées sur la mesure comme le numéro de la pièce, le nom de l'opérateur, la date... (Fig. 15)

Comparaison au modèle CAO ou au plan de cotation: Mesure et analyse de primitives

Pour effectuer le contrôle dimensionnel en comparaison au plan de cotation, il est possible d'utiliser les fonctions avancées d'ATOS. La définition d'éléments géométriques, tels que des cylindres, sphères, cônes, plans et cercles, est calculée par ajustement au mieux (Best-Fit) dans le nuage de points. La grande quantité de points de mesure utilisée rend statistiquement très fiable l'incertitude de mesure. Ainsi calculés, ces éléments sont ensuite

comparés aux nominaux. Les écarts 3D sont affichés dans des étiquettes.

La Figure 16 présente un exemple de cotation d'un trou oblong dans ATOS.

La Figure 17 illustre le nuage de points d'une pompe à eau. La planéité de la zone d'étanchéité ainsi que la cylindricité d'un de ses éléments y ont été analysés. Les défauts géométriques sont mis en évidence par la cartographie couleur et les étiquettes d'analyse qui permettent de quantifier plus précisément des points spécifiques.

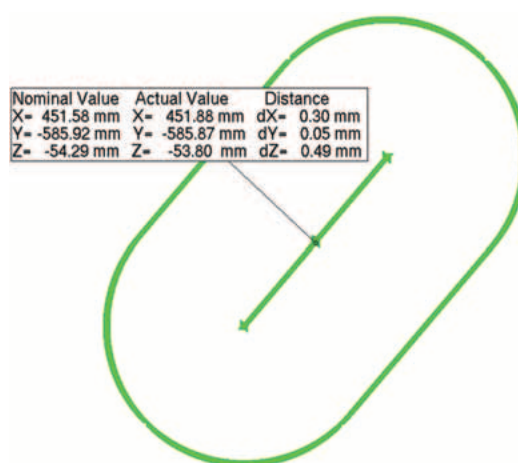


Fig. 16 Mesure des caractéristiques géométriques d'un trou oblong

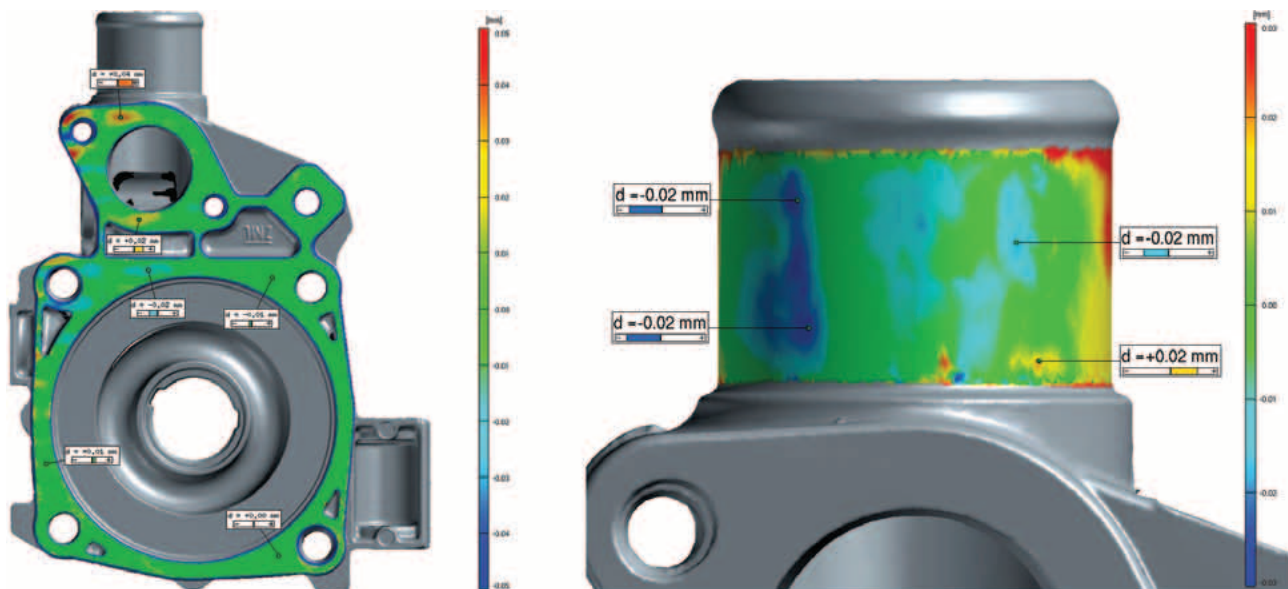


Fig. 17 Représentation de la planéité du joint et de la cylindricité du tuyau d'alimentation d'une pompe à eau

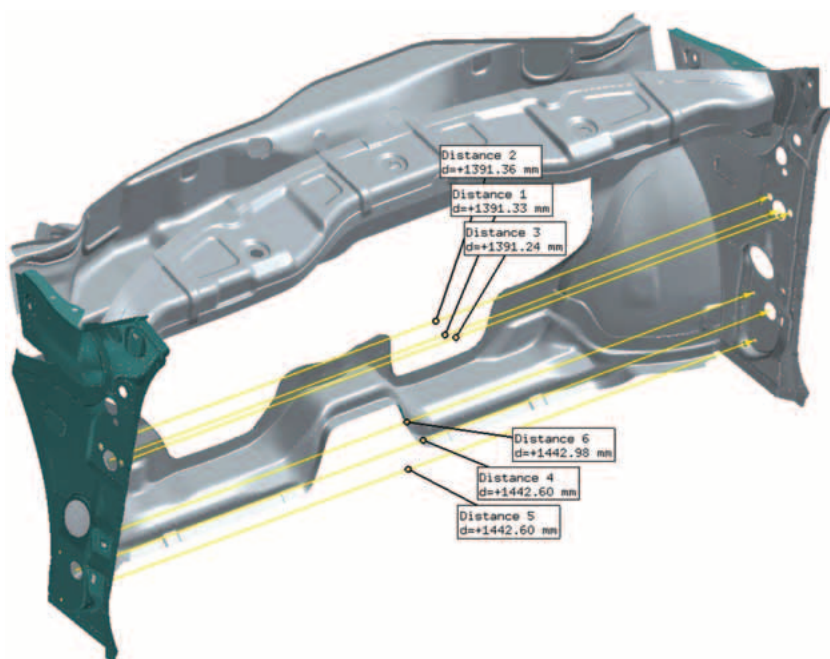


Fig. 18 Mesure des entraxes sur un caisson avant assemblé

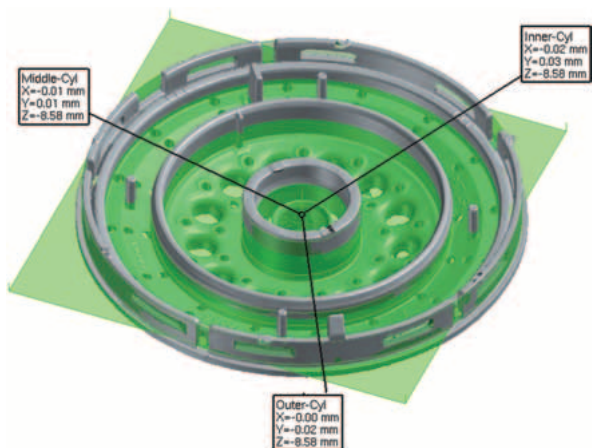


Fig. 19 Analyse de la concentricité des divers éléments d'une grille de pommeau de douche

Angles et distances

Le logiciel ATOS permet également de calculer des angles et distances provenant soit d'éléments géométriques, soit directement de points appartenant au nuage polygonisé. La Figure 18 représente le nuage de points d'un caisson avant d'automobile dont la cotation des trous de fixation est directement calculée à partir du nuage de points.

La Figure 19 présente la grille d'une pomme de douche dont la concentricité des trois principaux éléments a été analysée via la définition d'un plan de coupe. Ce défaut y est clairement mis en évidence grâce au jeu de coordonnées recueillis. La Figure 20 représente le défaut de positionnement des quatre plots d'attache de cette même pomme de douche.

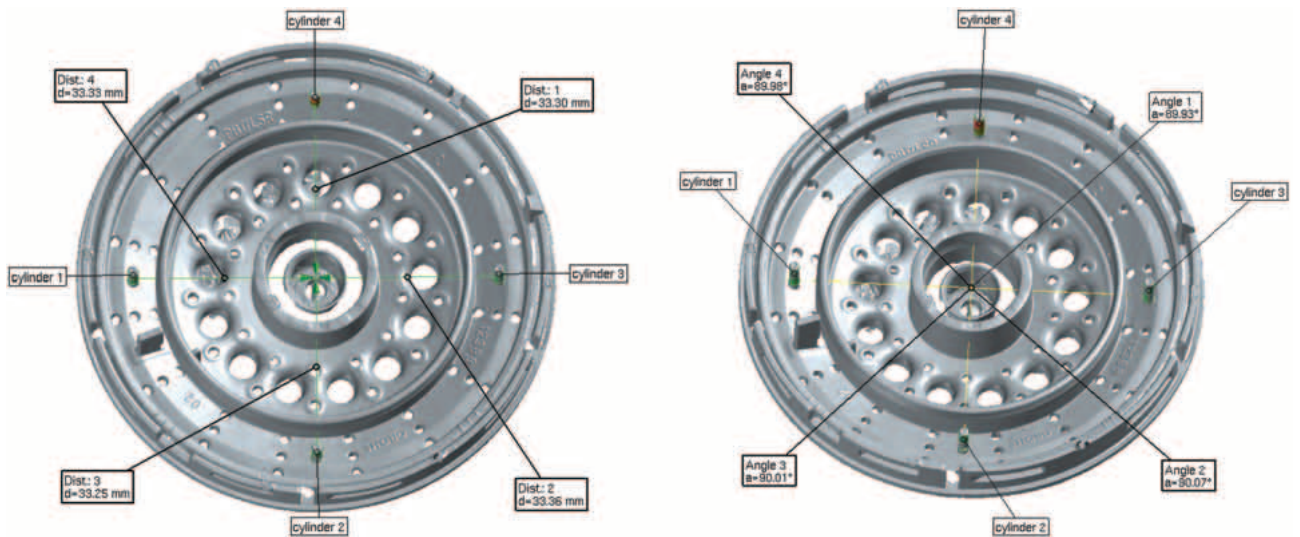


Fig. 20 Distance et perpendicularité des quatre pions de centrage de la grille de pommeau de douche

Analyse de Prototypes

Habituellement, la vérification d'un prototype passe d'abord par la réalisation d'une gamme de mesure à partir du modèle CAO. Cette gamme définira l'ensemble des caractéristiques à mesurer et leur tolérancement respectif. Pour des pièces complexes, plusieurs centaines d'éléments peuvent être nécessaires à mesurer. La mesure de tous ces éléments par une machine de mesure tactile sera longue et fastidieuse pour une analyse des écarts difficile qui ne permettra pas de remonter obligatoirement à l'origine des défauts, étant donné l'absence d'information sur la totalité de la pièce.

Aujourd'hui, une nouvelle méthode a été mise en place par de nombreuses entreprises aux domaines d'activité très variés. Elle ne nécessite aucune définition de gamme préalable. Elle est simplement

réalisée en digitalisant la totalité du prototype puis en le comparant au modèle CAO. La cartographie couleur des écarts permet une analyse simple, rapide et fiable.

La Figure 21 illustre une telle analyse sur une coque de téléphone portable. Les nombreuses fonctions d'ATOS permettent à l'utilisateur d'identifier les zones de déformation sur la totalité de la pièce, de contrôler en détail certains secteurs particuliers, d'appliquer différents scénarios de dégauchissage, d'établir des rapports de contrôle, etc... Le tout en un temps record pour une fiabilité éprouvée. Ainsi la définition et l'analyse de primitives géométriques, d'angles et de distances se fait directement depuis le nuage de points.

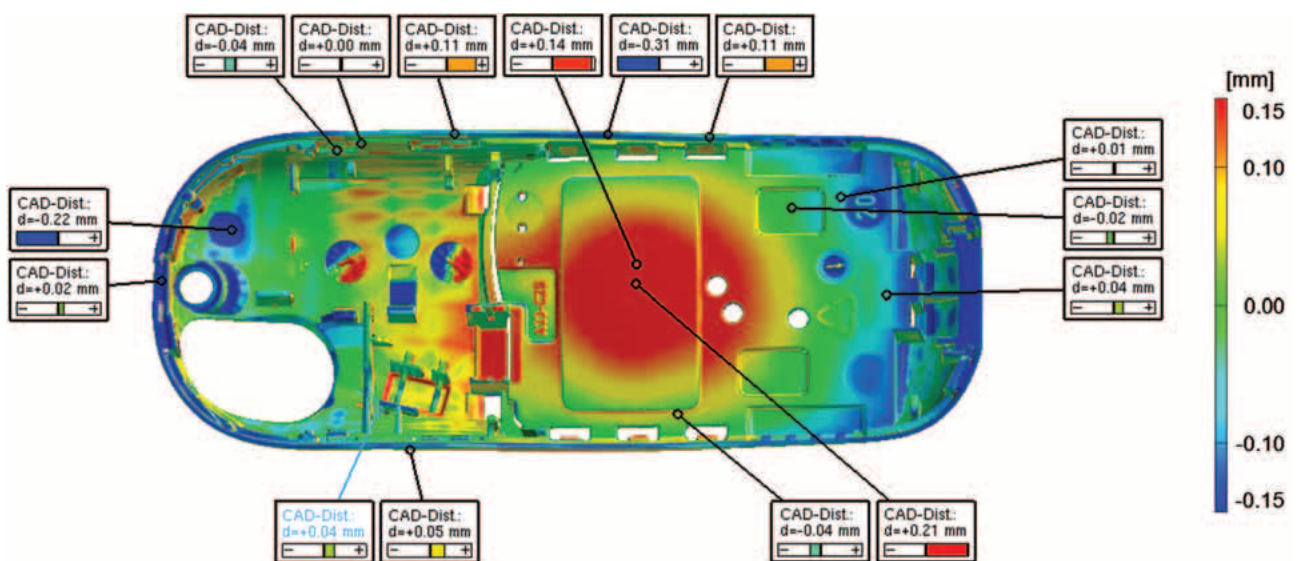


Fig. 21 Analyse d'un prototype de coque de téléphone portable

Application - Mesure d'une Caisse en Blanc

La mesure de pièces embouties, d'assemblage de flans, de caisse en blanc et de caisse complète sont des applications principales d'ATOS. En plus de pouvoir relever la surface des pièces, ATOS peut aussi mesurer les bords de pièces, les trous et toute autre information topologique. Sa résistance, sa flexibilité et sa mobilité en font un outil aussi bien adapté pour la mesure en laboratoire que sur des lignes de production.

La Figure 22 présente le contrôle effectué sur une caisse ferrée de WV Lupo. Cette mesure peut être

utilisée pour analyser, par exemple, les défauts de forme, le positionnement des points d'encrage, les jeux et affleurement et contrôler la position de points clés. Si les pièces ont été mesurées individuellement avant ferrage, il est alors possible de quantifier précisément les déformations dues au procédé de ferrage, en comparant simplement les pièces libres aux pièces montées. Ces informations sont utiles à l'optimisation des postes et procédures de soudage.

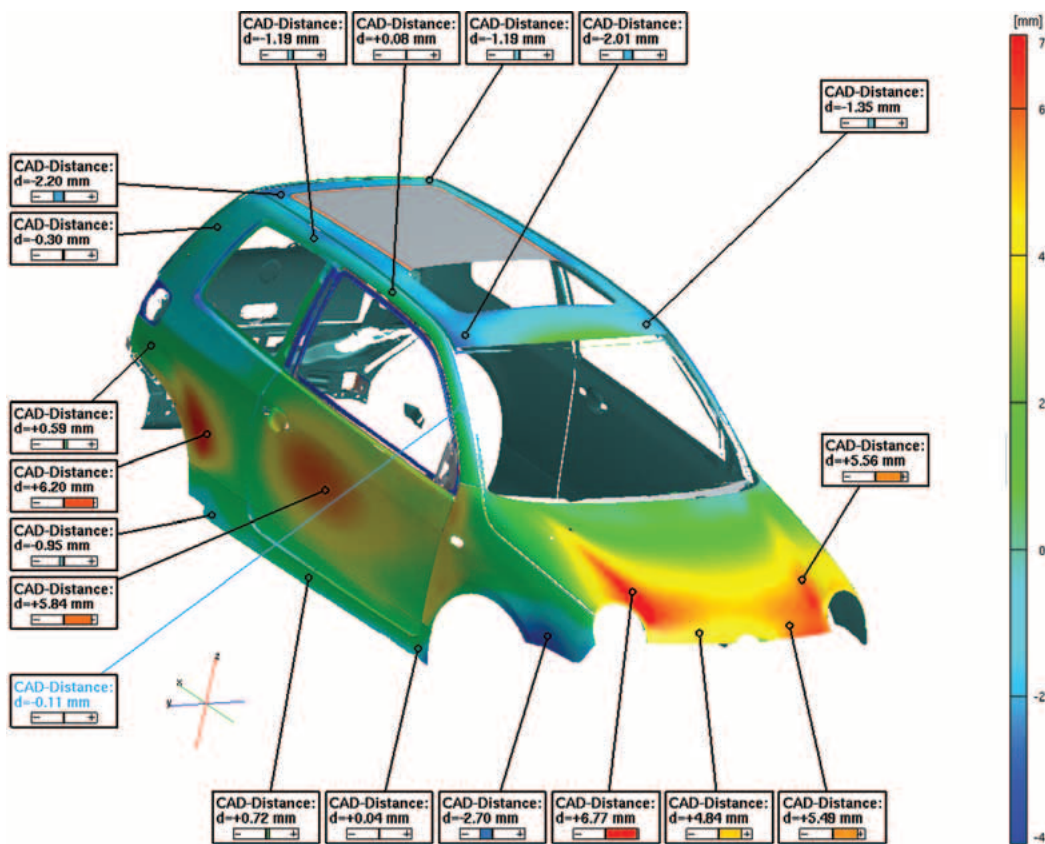


Fig. 22 Écart entre mesure et CAO, d'une caisse en blanc assemblée

Automatisation

Lors des phases de pré-série ou de contrôle qualité par prélèvement statistique, un grand nombre de pièces identiques sont mesurées, contrôlées et un PV est émis. Afin d'automatiser ces tâches, deux éléments supplémentaires sont nécessaires :

- Un moyen de manipulation de la pièce ou de la tête de mesure (table tournante, robot)
- Un éditeur de macro dans le logiciel pour automatiser les mesures, les manipulations de fichiers STL, l'analyse des données, la génération de rapport de contrôle et l'export des données.

Une table tournante est bien adaptée pour la mesure de petits et moyens objets. Elle supporte facilement le montage permettant une bonne mise en position de la pièce. L'opérateur n'a plus qu'à lancer la macro et analyser le PV de synthèse fourni automatiquement par ATOS.

Si la pièce est plus grande ou plus complexe, il peut être préférable de combiner l'action d'un bras manipulateur et d'une table tournante (Fig. 23). Généralement, pour de telles cellules de mesure, la pièce est positionnée dans un montage spécifique tandis que le robot, coordonné avec la table tournante, reproduit un cycle de mesure appris en mode pas à pas (mode apprentissage). La macro intègre la totalité de l'analyse (dégauchissage, création de primitives, mesure dimensionnelle) et la comparaison aux valeurs limites (cartographie couleur et rapport de mesure automatique). Un verdict Go/No-Go est directement prononcé par ATOS. Cette procédure réduit considérablement les temps

de mesure et engendre un gain financier non négligeable. Ainsi le contrôle d'une roue aubagée peut aisément se réduire à 20 minutes contre 90 en mode manuel, sans nécessiter l'implication d'un opérateur expérimenté ou sur-qualifié.

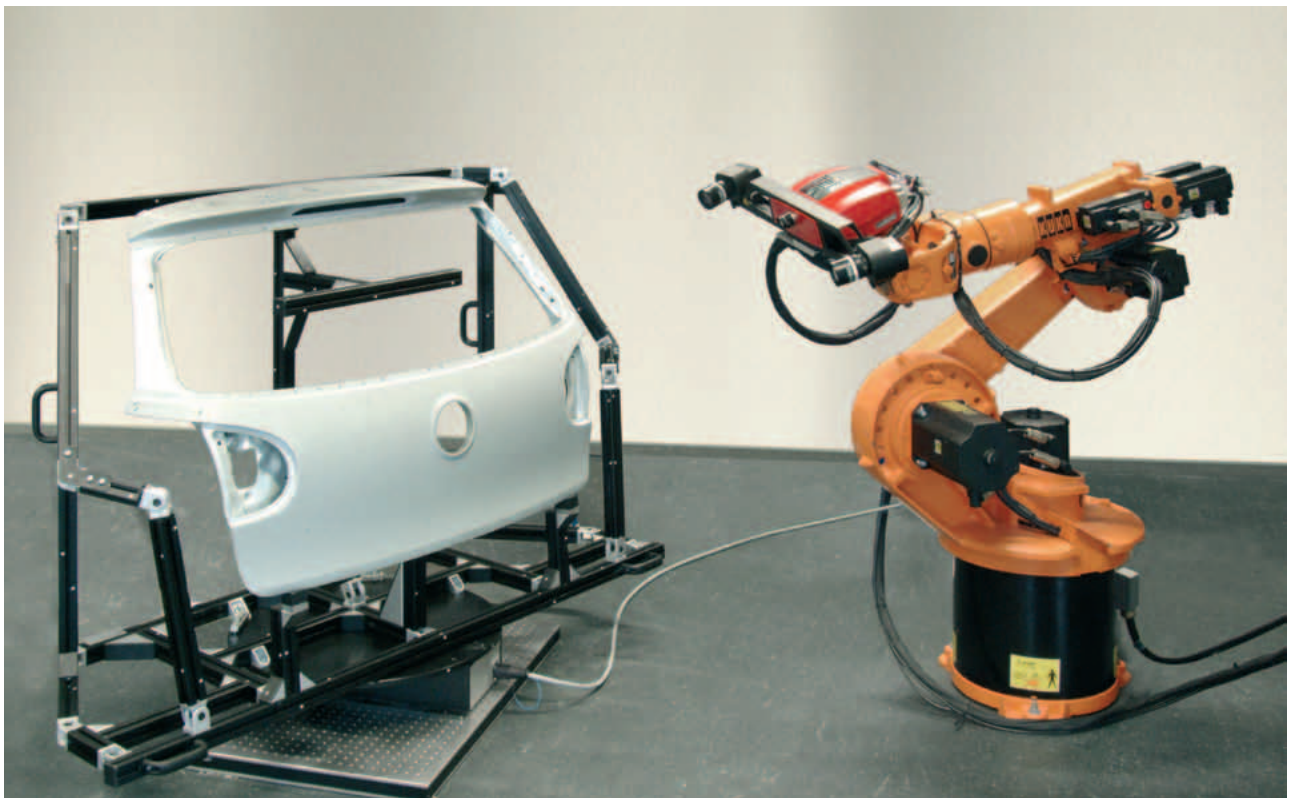


Fig. 23 Exemple de configuration rapide et flexible pour la mesure d'une pièce avec bras manipulateur et plateau tournant

Mesure de Grandes Pièces

La mobilité du système ATOS lui permet de pouvoir facilement mesurer de très grandes pièces comme des avions, des bateaux ou des turbines de génération de puissance. Sur de tels projets, le système de mesure par photogrammétrie TRITOP est utilisé comme complément d'ATOS pour effectuer une pré-mesure des points de recalage.

L'image supérieure de la Figure 24 montre un avion Hercule C130 sur lequel des vignettes de référence ont été déposées. Des photos sont prises sous des angles variés, couvrant la totalité de l'aéronef.

L'image inférieure gauche représente les coordonnées 3D de toutes les vignettes de référence reconnues puis calculées par TRITOP, ainsi que les différentes positions des prises de vue. La dernière illustre le rendu réaliste du nuage de points dense résultant de la mesure avec ATOS.

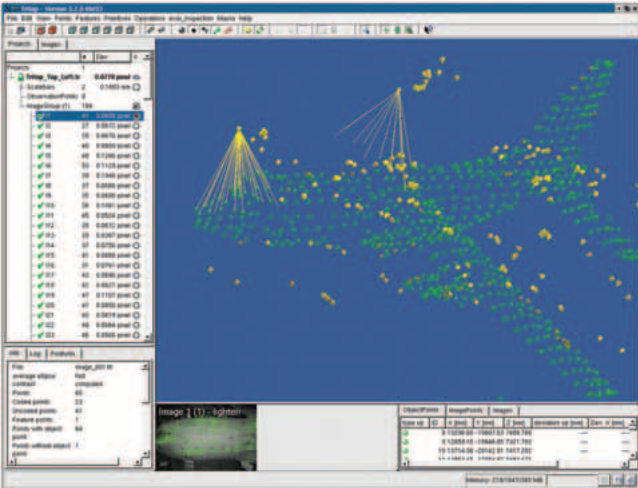


Fig. 24 Digitalisation d'un avion C130

Conclusion

Il y a plus de dix ans, l'industrie automobile fût une force motrice pour la création de capteur de mesure de nuages de points denses. Ces systèmes étaient utilisés pour capturer des formes complexes afin d'effectuer la rétro-conception de pièces en CAO. Le temps passant, ces systèmes se sont affirmés et représentent aujourd'hui d'excellents moyens de mesure et de contrôle dans diverses applications industrielles. Citons par exemple dans l'industrie automobile et aéronautique, l'inspection, l'analyse des défaillances, le contrôle qualité de pièces embouties, de pièces usinées, de sur-couches composites, l'analyse d'assemblages, la mesure d'intérieur et d'extérieur d'habitacles pour l'analyse aérodynamique ou ergonomique. Mais d'autres secteurs sont aussi des sources de retours sur investissements importants, comme le prototypage, la fabrication de moules ou d'outils, la fonderie de précision, l'injection et l'extrusion plastique.

Les points forts du capteur de digitalisation haute précision ATOS sont:

- Sa haute densité de points de mesure et la bonne qualité de ses nuages de points
- L'interprétation aisée des résultats au travers de représentations graphiques efficaces
- Sa très grande vitesse de mesure
- Sa grande adaptabilité aux applications les plus diverses
- Sa mobilité et portabilité

Argentina
ROBTEC ARGENTINA
Phone +54 11 4787 6800
info@robtec.com

Australia
MOSS Pty Ltd
Phone +61 3 9818 8185
scan3d@jprimus.com.au

Austria
Westcam Datentechnik GmbH
Phone +43 5223 5550 90
georg.kraler@westcam.at

Belarus, Russia, Ukraine
MCP Technology
Phone +375 17 262 5612
mcptechnology@mcp.by

Brazil
ROBTEC DO BRASIL
Phone +55 11 4043 2000
info@robtec.com

China
Pro-Technic Machinery Ltd.
Phone +852 2428 2727
atd@protechnic.com.hk

Croatia, Slovenia
Topomatika d.o.o.
Phone +385 91 5046 239
info@topomatika.hr

Czech Republic
MCAE Systems s.r.o.
Phone +420 5 41 59 23 60
mcae@mcae.cz

Denmark
Zebicon
Phone +45 7650 9152
info@zebicon.com

India
APM Technologies
Phone +91 11 5163 1416
apmtech@vsnl.net

Indonesia
PT Henindo
Phone +62 21 489 9675
henvgs@attglobal.net

Iran
Fadak Sanat Gostar (FSG)
Phone +98 21 874 4015
info@fadaksanat.com

Italy
Digi.Lab
Phone +39 06 955 95 152
digilab@digilab.it

Italy
MICROSYSTEM SRL
Phone +39 051 4145611
microsystem@bo.microsystem.it

Japan
Marubeni Solutions Corp.
Phone +81 3 5778 8571
gom_info@msol.co.jp

Malaysia
First High Tech Sdn Bhd
Phone +603 7665 2188
info@1st.com.my

Mexico
CIM Co.
Phone +52 55 5565 6633
info@cimco.com.mx

Portugal
S3D
Phone +35 12 4457 3100
suporte@s3d.pt

South-Korea
OMA Co.
Phone +82 42 822 9501
support@omagom.co.kr

Spain
Metronic S.A.
Phone +34 943 121400
comercial@metronicnet.com

Sweden
Cascade Computing AB
Phone +46 31 84 0870
info@cascade.se

Taiwan
Road Ahead Technologies
Phone +886 2 2 299 9040
marcel@mail.mold.net.tw

Thailand
Mentel Co., Ltd.
Phone +66 2274 0694 98
info@mentel.co.th

Turkey
Cadem A.S.
Phone +90 212 481 75 09
gom@cadem.com.tr

USA (CA)
Capture 3D Inc.
Phone +1 714 546 7072
jgout@capture3d.com

USA (MI)
Capture 3D Inc.
Phone +1 248 426 9001
steve@capture3d.com

USA (TX)
Capture 3D Inc.
Phone +1 281 479 9400
kevin@capture3d.com



GOM mbH
Mittelweg 7-8
38106 Braunschweig
Allemagne
Tél. +49 531 390 29 0
Fax +49 531 390 29 15
info@gom.com

GOM International AG
Bremgarterstrasse 89B
8967 Widen
Suisse
Tél. +41 5 66 31 04 04
Fax +41 5 66 31 04 07
international@gom.com

GOM France SAS
1, Place Saint-Léonard
91100 Corbeil-Essonnes
France
Tél. +33 1 69 89 49 49
Fax +33 1 69 89 49 48
info-france@gom.com

GOM UK Ltd
Business Innovation Centre
Coventry, CV3 2TX
Royaume-Uni
Tél. +44 2476 430 230
Fax +44 2476 430 001
info-uk@gom.com

www.gom.com