

# Techniques de Mesure Optique

**dans la Mise en Forme de Tôles**

Digitalisation 3D dans l'Outillage  
Analyse des Emboutis



# Techniques de Mesures Optiques dans la Mise en Forme de Tôles

Les techniques de mesures optiques dans l'industrie de la mise en forme de tôle et de l'outillage se sont considérablement développées ces dernières années. Elles comprennent principalement la numérisation 3D des pièces et outils pour leur contrôle géométrique, la détermination des lois de comportement des matériaux et la mesure des déformées sur les emboutis. Une bonne interface avec les logiciels de CAO, CFAO, calcul et simulation a permis d'intégrer ces techniques dans le processus même de fabrication. L'objectif de cette intégration est d'optimiser les produits et coûts de mise au point et de fabrication. Les techniques de photogrammétrie ont ainsi pu prouver qu'elles apportaient un gain qualitatif sur les produits fabriqués, tout en réduisant les coûts et délais de fabrication.

## Introduction

Cette brochure vous propose de découvrir trois techniques de mesure par méthodes optiques dérivées de l'analyse numérique des images et de la photogrammétrie, qui sont devenues depuis quelques années des "incontournables" dans la mise en forme des tôles.

La digitalisation 3D avec ATOS permet d'effectuer le relevé des formes gauches les plus complexes. Cette technologie s'est largement répandue dans le domaine de l'industrie automobile pour la rétro-conception, l'analyse et le contrôle qualité des procédés de fabrication, comme lors des pré-séries, le contrôle des assemblages, la fabrication et l'optimisation des outils, le suivi de production et le contrôle d'entrée des éléments sous-traités.

L'analyse des emboutis avec ARGUS passe par la mesure des déformations principales et secondaires sur la totalité de la surface d'un flan mis en forme. Elle permet de calculer et cartographier les amincissements et, connaissant la courbe limite de formage (CLF) du matériau, de mettre en évidence les points chauds et les zones de striction possibles. Ces mesures permettent également de valider et corrélérer les résultats issus des calculs d'emboutissage et d'hydroformage.

Enfin, la détermination des lois de comportement des matériaux avec ARAMIS, ainsi que la détermination des courbes limites de formage, des courbes de diffusion,... qui peuvent être caractérisées rapidement, précisément et de manière indépendante de l'opérateur.

Les principaux avantages de ces technologies sont:

- La mesure 3D de la topologie complète de pièces, qui peut être comparée avec des données CAO ou issues de calculs en simulation.
- La rapidité de mesure, bien supérieure aux moyens traditionnels.
- Une résolution et précision de mesure, qui excèdent les besoins des applications relatées.
- La mobilité des systèmes, qui peuvent être utilisés sur les sites même de production.

L'importance que vont prendre ces technologies dans le futur ne va pas faiblir, bien au contraire, car elles suscitent de réelles économies de temps de mise au point, de coût de fabrication, un fort accroissement de la qualité des produits finis et un feed-back sur une production devenu beaucoup plus rapide.

## ATOS, Digitalisation 3D

ATOS est un système de digitalisation, qui effectue le relevé de formes complet d'un objet 3D. Cette technologie est principalement utilisée dans l'industrie automobile pour des applications de reverse engineering, contrôle géométrique et contrôle qualité:

- Contrôle de prototypes
- Contrôle d'assemblages
- Fabrication d'outillages et mise au point
- Contrôle de production
- Contrôle de pièces sous traitées

### Principe de Mesure

Le capteur ATOS fonctionne selon le principe de la triangulation. Il projette un réseau de franges sur l'objet à mesurer et l'observe avec ses 2 caméras (Fig. 1). Les algorithmes de photogrammétrie permettent alors de calculer, pour chacun des pixels, les coordonnées 3D très précises de points. Suivant la résolution des caméras, ce nuage de points peut contenir jusqu'à 4 millions de points de coordonnées 3D.

Le projecteur et les 2 caméras sont intégrés dans la tête de mesure ATOS. Les caractéristiques géométriques de la tête et les distorsions optiques sont calibrées par photogrammétrie. Par la suite, l'utilisateur place simplement la tête de mesure dans n'importe quelle position, face à l'objet à mesurer, sans avoir recours à une quelconque mécanique (Fig. 2). Des vignettes positionnées dans le champ de mesure sont utilisées comme références de mesure.

Pour digitaliser la totalité d'un objet, plusieurs patches de mesure individuels doivent être concaténés. Les vignettes servent alors à ATOS pour positionner chaque patch dans le même repère de coordonnées. Chaque mesure individuelle va participer à la création du modèle 3D complet. L'utilisateur peut voir directement à l'écran l'avancement de sa digitalisation. Cette opération permet également de mesurer les bords de pièce et des éléments caractéristiques tels que des trous. Le résultat de cette digitalisation est un nuage de points dense maillé décrivant la totalité de la surface de l'objet. De puissants algorithmes de décimation et filtrage permettent le calcul automatique d'un maillage optimisé, c'est à dire une description fidèle utilisant un minimum de mailles. (Fig. 3).

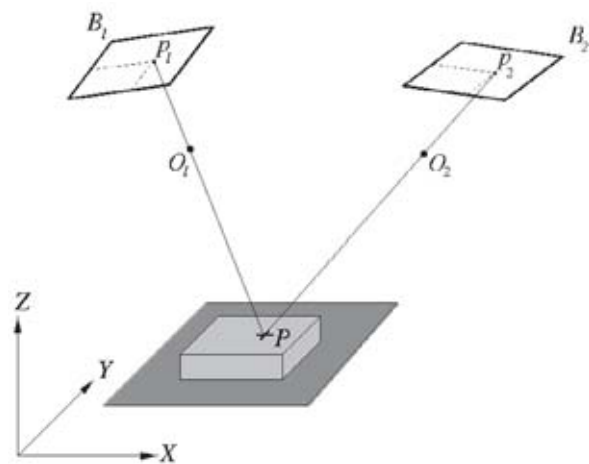
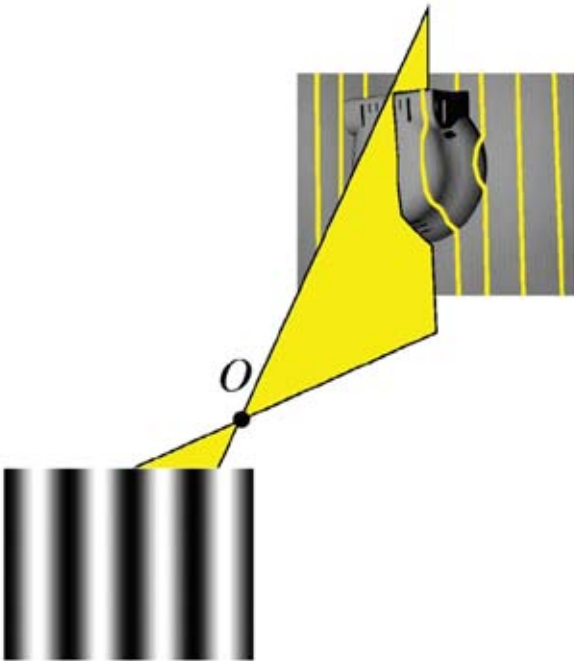
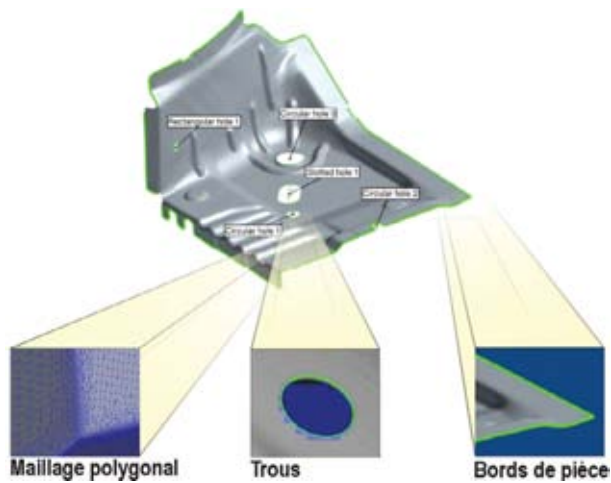


Fig. 1: Projection de franges et triangulation



Fig. 2: Mise en situation du capteur ATOS



**Fig. 3:** Résultats de mesure avec ATOS

Pour des objets plus imposants, comme un côté de caisse, une caisse en blanc ou les grands outils de mise en forme, les points de références sont disposés directement sur l'objet à mesurer. Avant la phase de digitalisation, le squelette de ces points de référence est créé en utilisant le système de photogrammétrie TRITOP, en prenant des clichés de la pièce, selon différentes incidences, avec un appareil photo numérique reflex haute résolution



(Fig. 4). Le logiciel TRITOP assemble automatiquement toutes ces images et crée un jeu de points de coordonnées 3D avec une grande précision. Par exemple, pour un objet de 4 m<sup>3</sup>, chaque point possèdera une incertitude de mesure inférieure à 0.1 mm.



**Fig. 4:** Mesure d'un côté de caisse avec TRITOP

## Digitalisation 3D pour le contrôle de pièces embouties

L'utilisation des techniques de digitalisation 3D a nettement fait progresser le contrôle et l'aide à la mise au point des prototypes et des pré-séries de pièces embouties, aussi bien chez les constructeurs automobiles que chez leurs sous-traitants.

Tout d'abord, les flans emboutis sont digitalisés suivant la méthode décrite précédemment. Puis la mesure est dégauchie par rapport au modèle CAO. Tous les éléments mesurés, tels que les trous, les bords de pièces, les points de surface, peuvent être utilisés pour cette mise en référentiel. Ils représentent des contraintes qui sont généralement directement issues du modèle CAO et participent à construire un système RPS (Reference Point

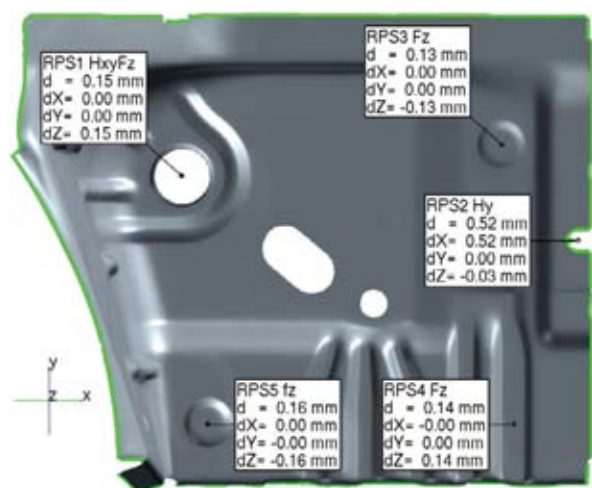


Fig. 5: Dégauçissage à travers des points de référence (RPS)

System). La Figure 5 présente un exemple de mise en référentiel RPS.

Après la mise en référentiel, ATOS calcule, pour chacun des points, son écart par rapport au nominal en respectant la normale de la surface en tout point. Comme la densité des points de mesure est très importante, ces déviations peuvent être représentées sous la forme d'une cartographie couleur tridimensionnelle (Fig. 6). Ce type de représentation permet d'analyser rapidement et précisément les défauts géométriques. Il est encore plus efficace lors des phases de prototypage et pré-série pour contrôler le bon déroulement de la mise en forme. Il facilite aussi la compréhension du processus en offrant une vision d'ensemble et un diagnostic rapide et fiable en cas de dysfonctionnement de la ligne d'emboutissage.

De la même manière, il est possible de contrôler la

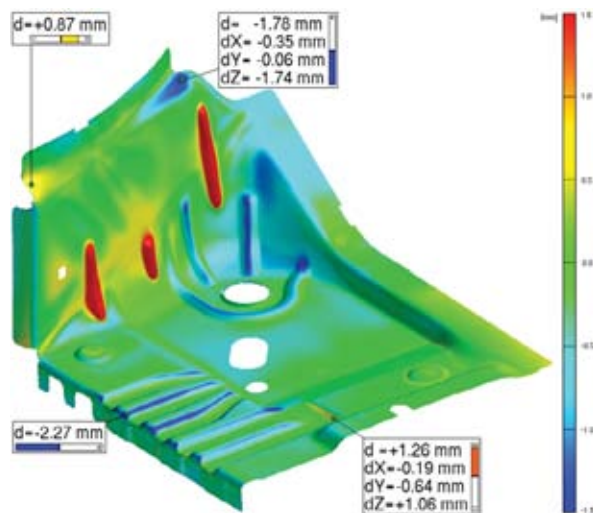


Fig. 6: Cartographie couleur des écarts et étiquettes de valeurs

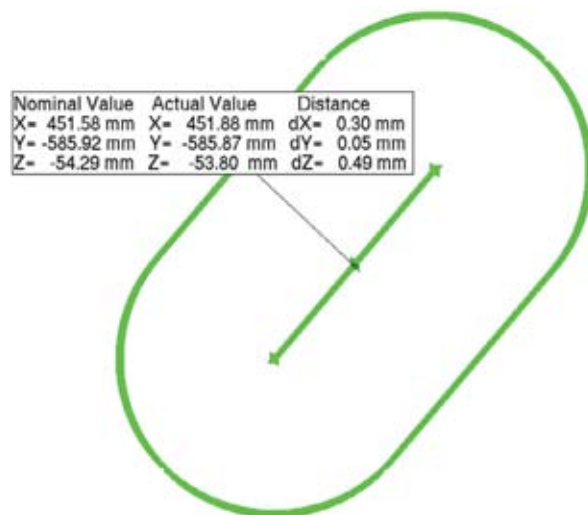
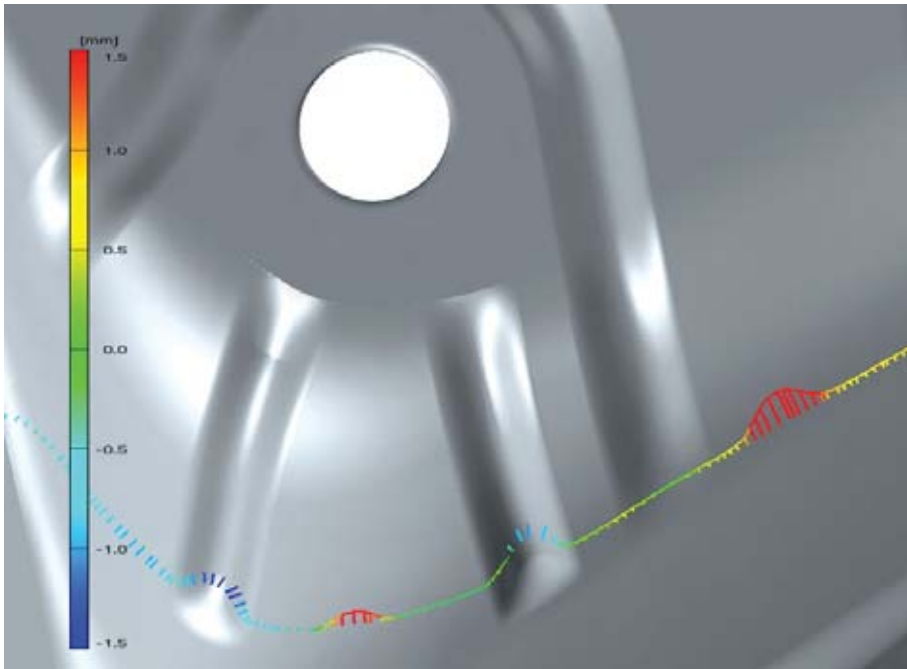


Fig. 7: Contrôle de position d'un trou oblong

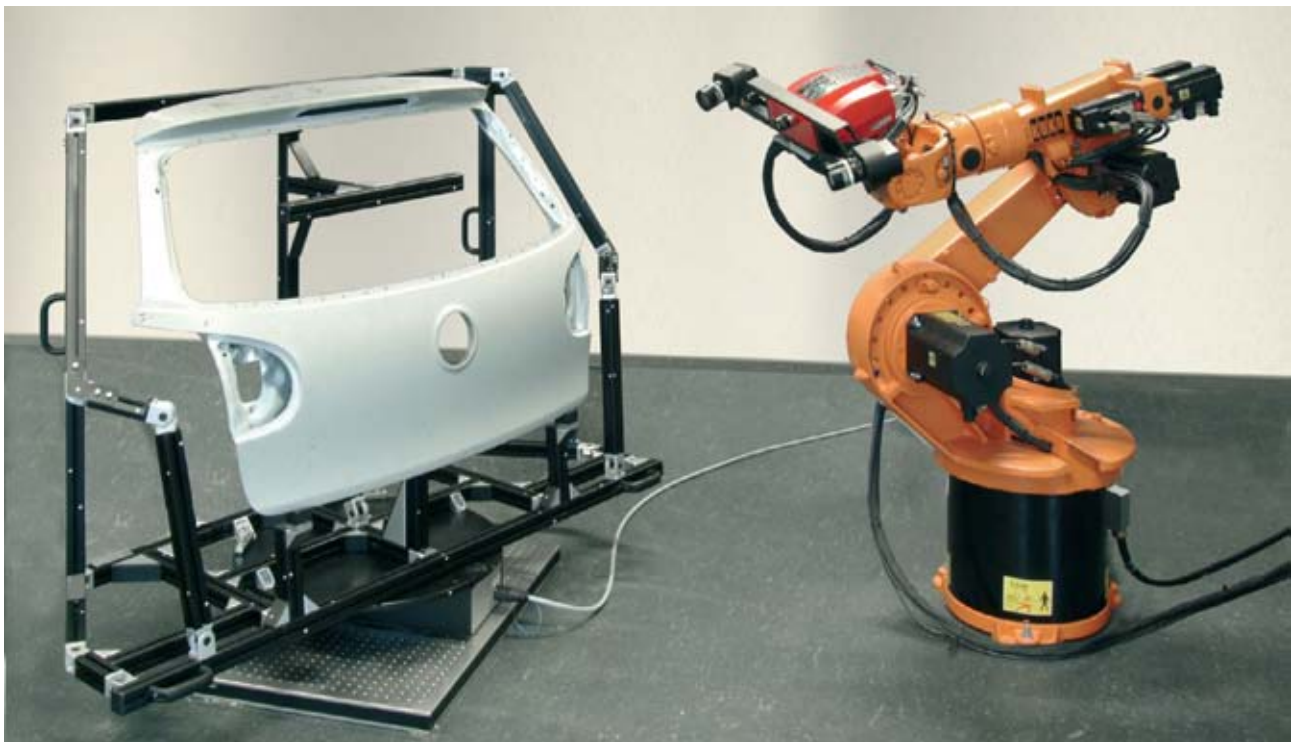
position des trous ronds, carrés ou oblongs, des bords de pièce ou des sections particulières. La valeur des écarts peut être indiquée dans des étiquettes accompagnée du rappel des valeurs théoriques (Fig. 7). ATOS gère aussi le tolérancement de ces éléments qui peut également apparaître dans les étiquettes.

Des sections peuvent être librement définies à partir du maillage. Leurs écarts par rapport au théorique sont alors visualisés et quantifiés sous forme de vecteurs colorés répartis le long de ces sections (Fig. 8).

Dans le cas de mesures répétitives, comme par exemple lors du contrôle qualité en phase de production, ATOS intègre de puissants outils de macro-programmation. Outre la possibilité de rejouer des séquences apprises en mode apprentissage, les macros peuvent gérer des variables,



**Fig. 8:** Analyse de sections



**Fig. 9:** ATOS sur un bras robot

effectuer des calculs, piloter des bras robots ou des plateaux tournants. Il devient donc très simple d'installer le système ATOS dans une configuration automatique, comprenant des produits standards du commerce (Fig. 9).

Le robot est piloté manuellement par l'opérateur. ATOS enregistre chaque position et les conditions de mesure associées. Le programme ainsi réalisé peut être exécuté autant de fois que nécessaire.

L'analyse est ensuite réalisée via macro-programmes. Ces macros peuvent elles aussi être créées en mode apprentissage et contenir des variables, des rapports pré-définis, la mise en référentiel ainsi que des informations propres à la pièce mesurée.

## Digitalisation 3D dans l'Outillage

Dans l'industrie de l'outillage, le système ATOS peut être utilisé pour effectuer diverses tâches, comme la mesure de bruts de fonderie, la remontée de la mise au point et la duplication d'outils par usinage sur nuages de points denses.

### Mesure de bruts de fonderie pour l'optimisation de leur usinage

La plupart des grands outils d'emboutissage sont obtenus à partir de bruts de fonderie produits sur mesure. Une surépaisseur matière est prévue pour compenser les retraits et conserver une marge de sécurité. La partie travaillante doit également posséder les tolérances suffisantes pour accepter les opérations de mise au point ( usinage, polissage, rectification, ...).

La digitalisation 3D par méthode optique effectue le relevé de la forme réelle du brut de fonderie qui peut être très rapidement comparé dans sa globalité par rapport au théorique. ATOS peut être configuré pour travailler sur des surfaces de mesure élémentaires de 2 x 2 m. Il est alors capable de digitaliser l'outil complet en moins d'une demi-heure (Fig. 10).

Le fichier de mesure est directement importable dans des logiciels de FAO comme TEBIS ou WorkNC

sous le format STL (nuage de points triangulé). Ces données de mesure permettent dans un premier temps de prononcer la réception de la pièce et de calculer le balancement idéal du brut. Dans un deuxième temps il est possible de calculer le parcours d'outil optimal, en respectant le bon angle d'attaque et la bonne profondeur de passe en tout point (Fig.11). Ces jeux de données numériques peuvent également être importés dans les logiciels de vérification de collision, pour s'assurer que l'usinage va se faire en toute sécurité, sans casse ou crash de la fraise, même sans surveillance humaine.

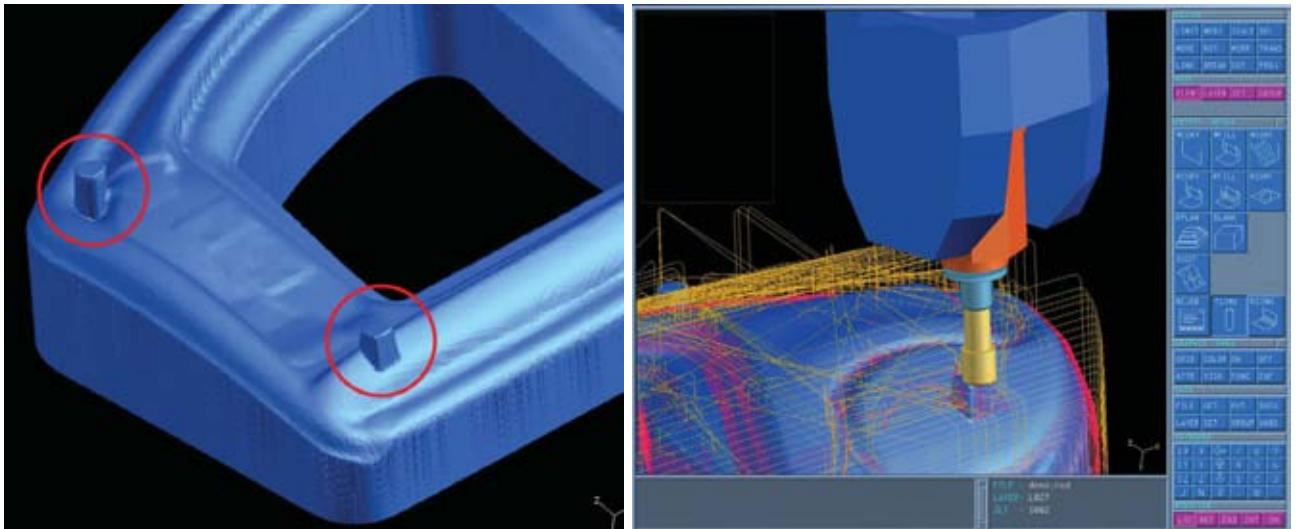
De telles opérations engendrent un gain de temps de l'ordre de 50%.

### Remontée de la MAP (Mise Au Point)

Dans la plupart des cas, les premières pièces frappées par un outil ne sont pas conforme à la définition numérique, même si une simulation d'emboutissage a été effectuée auparavant. Une opération de mise au point manuelle est donc nécessaire. Cette mise au point se fait de façon itérative : mesure, mise au point, mesure, ... Une fois cette opération terminée, l'outil est dans certaines zones très différent de sa CAO initiale.



Fig. 10: Relevé rapide avec ATOS, configuré en grande surface de mesure, d'un brut de fonderie

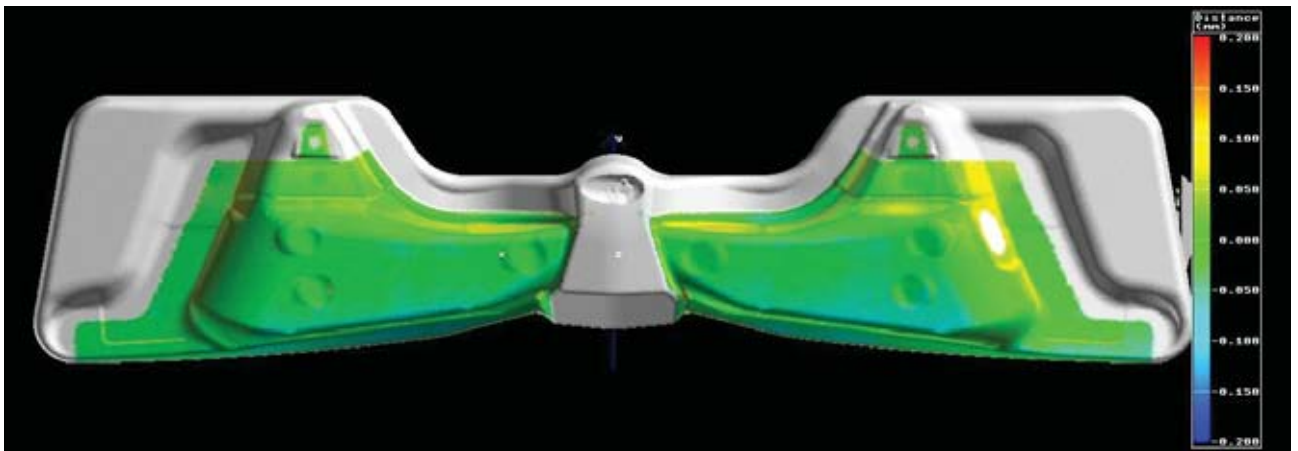


**Fig. 11:** Résultat de mesure et calcul du parcours d'outil optimal

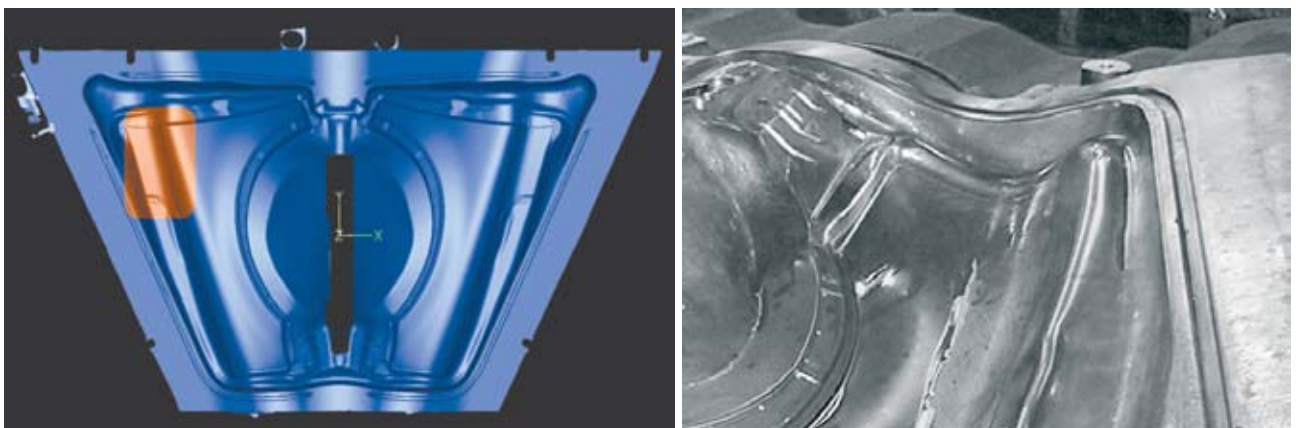
La digitalisation 3D optique permet de mettre en évidence toutes les modifications apportées par la MAP en comparant le réel au théorique (Fig. 12). La reconstruction des surfaces ne se fait alors que dans les zones effectivement modifiées. La MAP ainsi remontée dans le modèle CAO permet de faciliter toutes les opérations à suivre, telles que la réparation et la reproduction d'outillage.

### Usinage sur nuage de points

Pour dupliquer rapidement un outil, ou une zone modifiée, le nuage de points triangulé (STL) résultant d'une digitalisation 3D avec ATOS peut être directement importé dans les logiciels de CFAO. Aucune reconstruction de surface n'est nécessaire. La très grande densité de points et la qualité de chaque point mesuré par ATOS permet un usinage direct, avec des opérations de finition tout à fait standard (Fig. 13).



**Fig. 12:** Comparaison nominal/réel d'un outil après mise au point



**Fig. 13:** Nuage de points de mesure maillé et résultat d'usinage correspondant

## ARGUS, Analyse des Emboutis

Traditionnellement les équipements de mesure des amincissements dans l'emboutissage donnent des résultats en un unique point et sont généralement dépendante de l'opérateur. Le système de mesure ARGUS fournit quand à lui des informations sur toute la surface de la pièce. Il quantifie les déformations principales et secondaires, l'amincissement et les points chauds par rapport aux strictions via les courbes limites de formage.

Les principaux avantages de cette technologie sont:

- La mesure sur toute la surface de la pièce dont les résultats sont comparables aux données de calcul et simulation.
- La mesure simple, rapide et in-situ pour les investigations permettant une bonne compréhension des phénomènes physiques.
- Mode de calcul complètement automatique, garantissant un haut niveau de précision et de répétabilité de mesure, indépendamment de l'opérateur.
- Grande portabilité du moyen qui permet de se déplacer afin de réaliser les mesures au pied même des outils.

Ces avantages lui ont permis d'être largement approuvé dans l'industrie de l'aluminium, de l'acier, de l'outillage et de l'automobile.

### Principe

Pour analyser un embouti avec le système ARGUS, il faut commencer par disposer sur le flan un réseau de points régulier (Fig. 14). L'espacement entre les points varie typiquement entre 1 et 5 mm. Pour résister au process d'emboutissage, les techniques les plus couramment utilisées sont le marquage électrochimique et la gravure laser. Les points suivent la déformation du flan lors de la mise en forme et restent visibles même lors de déplacements importants de la tôle par rapport à l'outil. Le centre de ces points constitue notre référence pour le calcul des coordonnées et l'analyse des déformations.

Le flan embouti est alors photographié sous des angles d'incidence différents avec une caméra CCD (1280 x 1024 ou 2048 x 2048 pixels) (Fig. 15). Les coordonnées 3D des points sont obtenues en combinant l'analyse des images élémentaires et les algorithmes de photogrammétrie. La surface totale de la pièce est ainsi décrite au pas de marquage par tous les points mesurés.

Les points mesurés ne sont pas encore identifiés. Le

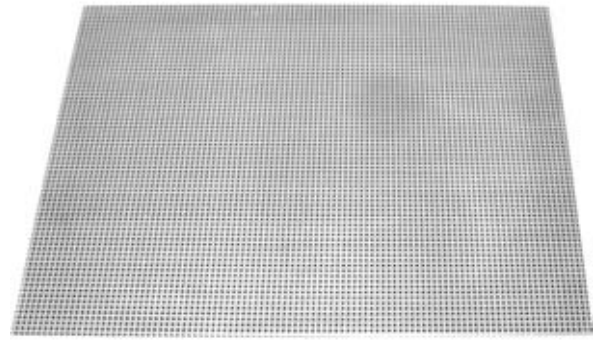


Fig. 14: Réseau de points réguliers sur un flan prêt à être mesuré



Fig. 15: Le même flan après mise en forme

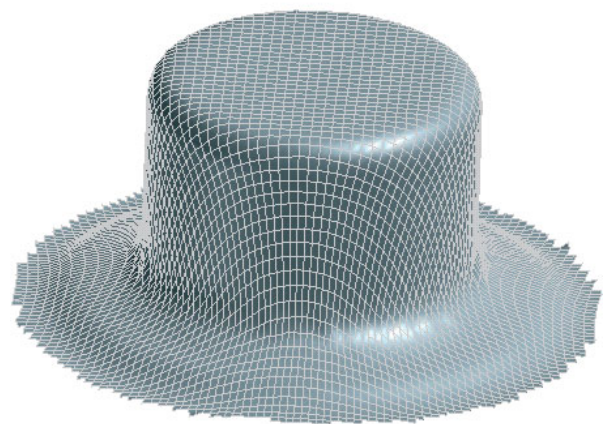


Fig. 16: Maillage créé à partir des points mesurés

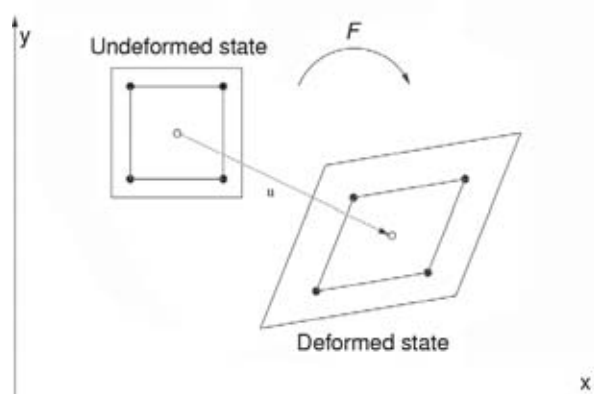


Fig. 17: Calcul du tenseur surfacique de déformation

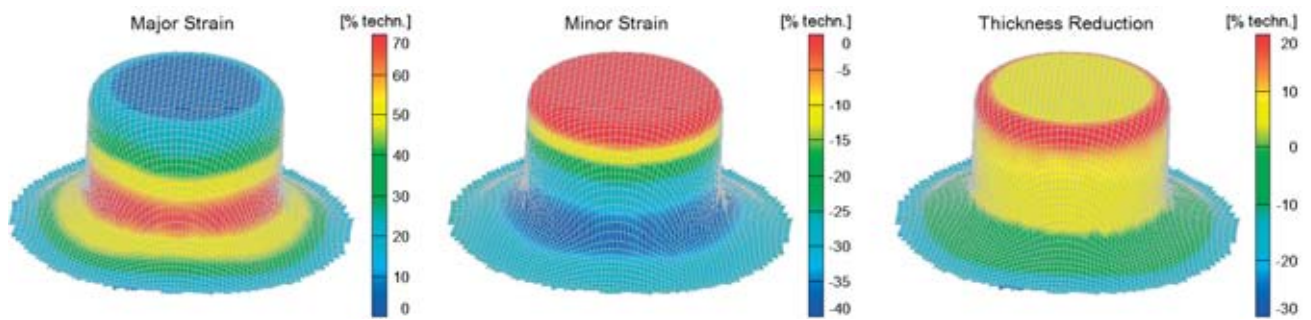


Fig. 18: Déformation principale, secondaire et amincissement

logiciel calcule donc automatiquement le maillage en assignant à chaque point ses mitoyens pour définir les intersections des mailles (Fig. 16). A partir de ce maillage, ARGUS calcule la topologie après mise en forme, projète les déplacements sur cette topologie et définit le tenseur de déformation surfacique résultant pour chacune des mailles (Fig. 17). Le résultat obtenu correspond aux déformations principales et secondaires ainsi qu'à l'amincissement, déterminés sur l'ensemble de la surface de la pièce (Fig. 18). L'amincissement est directement calculé à partir des déformations et du principe de conservation du volume. Le diagramme limite de formage (DLF) permet de comparer les couples de déformations principales et secondaires en tout point par rapport à la courbe limite de formage théorique du matériau (Fig. 19). Les zones à risque de striction sont ainsi mises en évidence. Toutes ces informations sont calculées à partir des points inscrits à la surface du flan. Elles sont donc erronées dans les petits rayons ou lors de la mesure de tôles épaisses. Le logiciel détermine donc automatiquement le résultat sur la fibre neutre si l'utilisateur définit l'épaisseur et le sens matière. Pour se faire, le logiciel projète en 3D les coordonnées de chaque point de mesure sur la fibre neutre

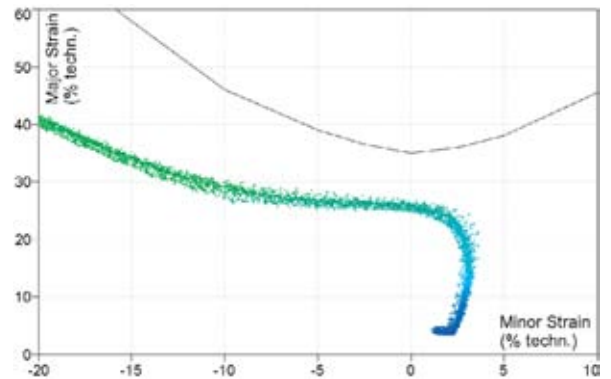


Fig. 19: Tracé CLF

en respectant le vecteur normal issu de la mesure. Il recalcule ensuite, avec ces nouveaux jeux de coordonnées, les tenseurs de déformation. La Fig. 20 montre un exemple des écarts obtenus avec et sans compensation de matière.

Si la pièce est impliquée dans la résistance au crash, il est également important de pouvoir évaluer la raideur apportée par la mise en forme. ARGUS permet de calculer cette raideur en tout point, à partir des caractéristiques du matériau.

Toutes ces informations peuvent être visualisées sous forme de cartographies couleurs 3D, de diagrammes le long de sections ou de tracés de CLF.

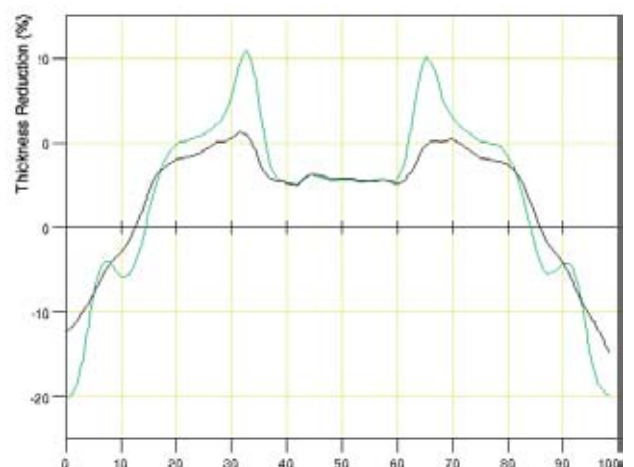
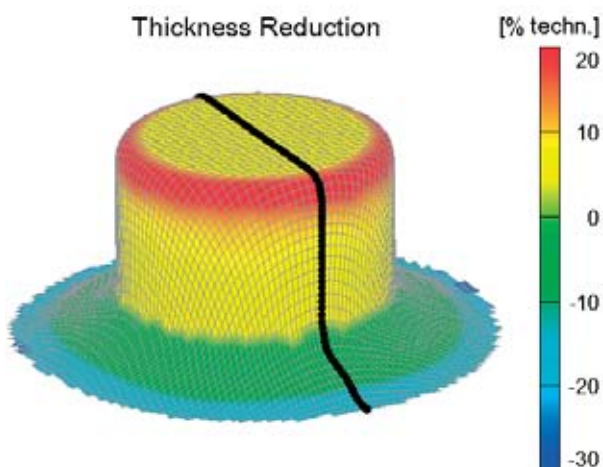


Fig. 20: Amincissement le long d'une section avec et sans compensation de matière

Elles peuvent bien entendu être exportées sous les formats les plus standard (ASCII, EXCEL, ..) ou les plus complexes, définis par l'utilisateur lui-même. Enfin ARGUS permet toutes les opérations de dégauchissage afin de replacer la mesure dans le référentiel CAO.

La flexibilité et la rapidité du moyen permettent d'effectuer les mesures les plus diverses. Une série de 3 vues est suffisante pour les pièces simples. Comme aucune procédure de calibrage n'est nécessaire, l'utilisateur peut très facilement travailler avec les surfaces de mesure les plus petites (quelques mm<sup>2</sup>) et les surfaces les plus grandes (quelques m<sup>2</sup>) en changeant simplement sa distance de mesure.

## Applications

### Validation du processus d'emboutissage

La portabilité et la robustesse du moyen ARGUS lui permettent d'être utilisé sur site de production. L'analyse d'un point chaud sur une pièce sortie de presse se fait en moins de 2 minutes en ne prenant que 4 à 5 images. C'est donc un outil simple et puissant qui deviendra le juge de paix lors de la réception d'un outil, ou fournira les informations nécessaires à la bonne compréhension du phénomène physique apparu lors de la mise au point.

La figure 21 présente un cas d'étude d'aide à la mise au point, pour lequel une fissure résultait de chaque opération d'emboutissage (zone apparaissant en rouge). L'analyse de cette zone démontre clairement que le matériau est déformé au delà de la limite imposée par la CLF. Après avoir modifié les zones d'appuies, la fissure a disparu et une seconde

mesure avec ARGUS (Fig. 22) prouve que le point chaud a disparu.

La zone critique préalablement visible sur le DLF a disparu et l'ensemble des points mesurés est désormais largement en dessous de la CLF. Effectuer la mesure sur l'ensemble de la pièce permet également de prouver que le problème a bien été résolu et non pas simplement déplacé dans une autre partie de la pièce.

### Mesure de pièces grandes et complexes

La validation des calculs de simulation d'emboutissage nécessite de mesurer non seulement les points chauds d'une pièce, mais aussi la pièce dans son ensemble. Le nombre d'images utilisables dans ARGUS étant illimité, il est très simple de mesurer des pièces grandes et/ou complexes dans leur totalité. Il suffit de prendre trois images sous 3 angles d'incidences différents pour chacune des zones à mesurer. La figure 23 présente le cas d'un renfort mesurant 1200 x 350 mm<sup>2</sup> avec un marquage au pas de 2 mm, ce qui représente plus de 70 000 points de coordonnées 3D mesurés et calculés par ARGUS en moins de 3 heures.

Sur la figure 24, la taille de la pièce mesurée est de 1 000 x 600 mm<sup>2</sup> au pas de 4mm, ce qui donne 45 000 points de coordonnées 3D.

Cette même technique peut aussi être employée pour mesurer des tubes. Elle permet, par exemple, de qualifier la formabilité des tubes par hydroformage. Sur la figure 25, nous pouvons voir l'influence apportée par la ligne de soudure sur les résultats.

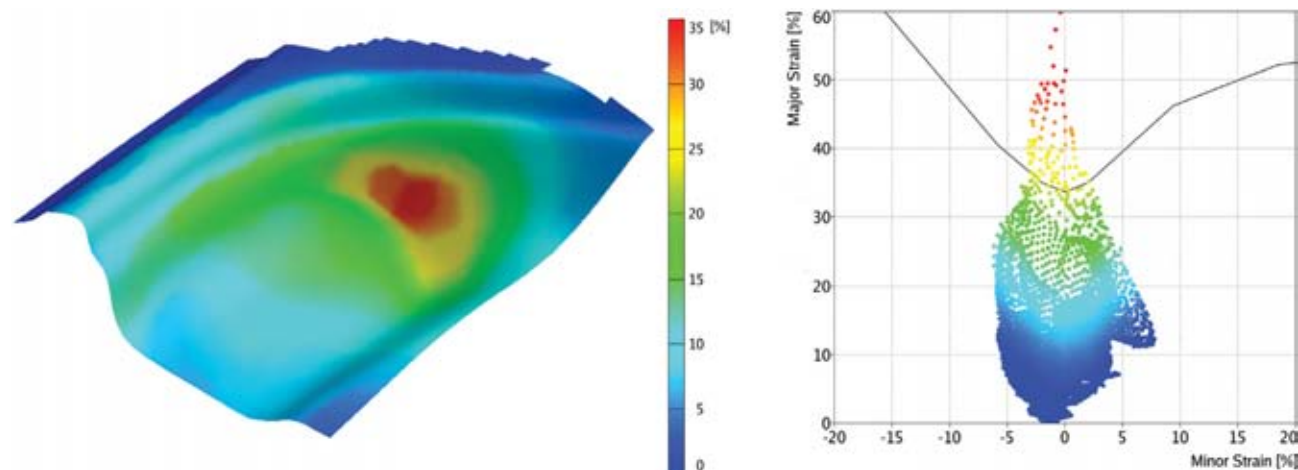
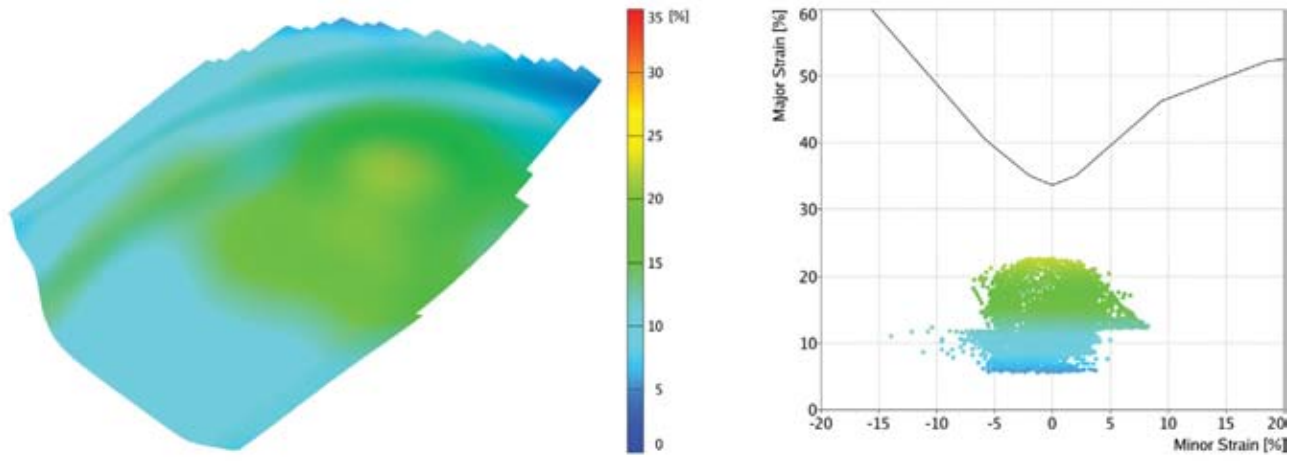
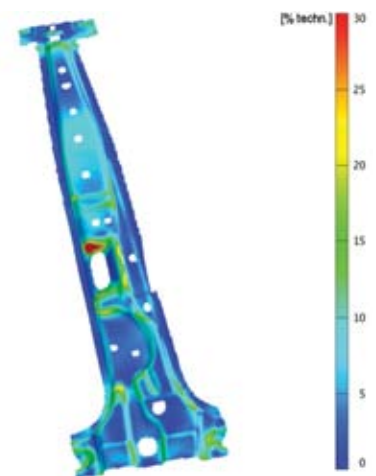
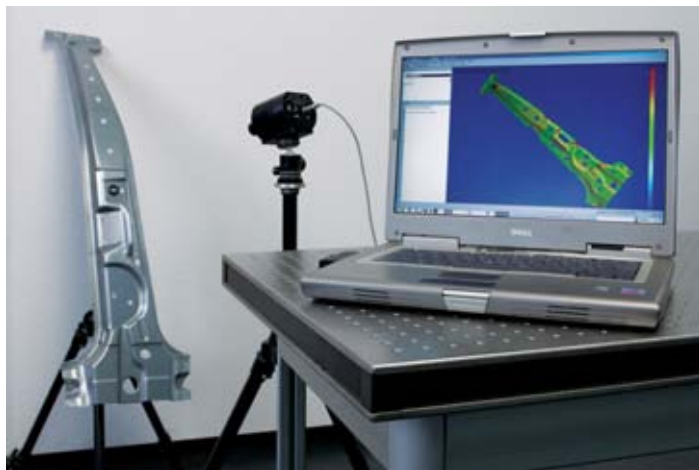


Fig. 21: Mesure en 5 vues d'un point chaud avant optimisation (déformation principale et CLF)



**Fig. 22:** Mesure en 5 vues d'un point chaud après optimisation (déformation principale et CLF)



**Fig. 23:** Mesure avec ARGUS d'une pièce de renfort et déformation principale

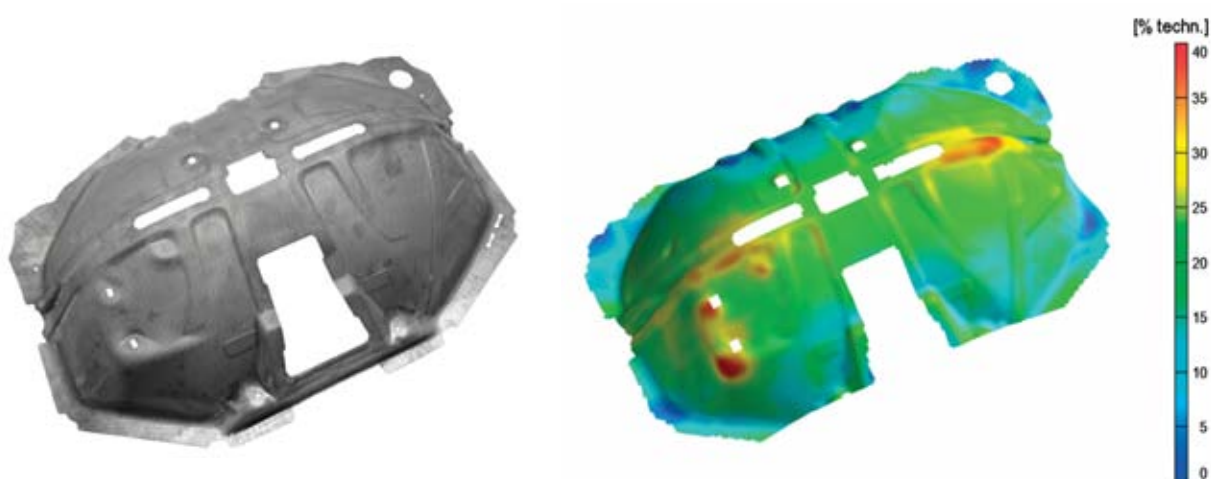


Fig. 24: Mesure avec ARGUS d'un intérieur de passage de roue et amincissement

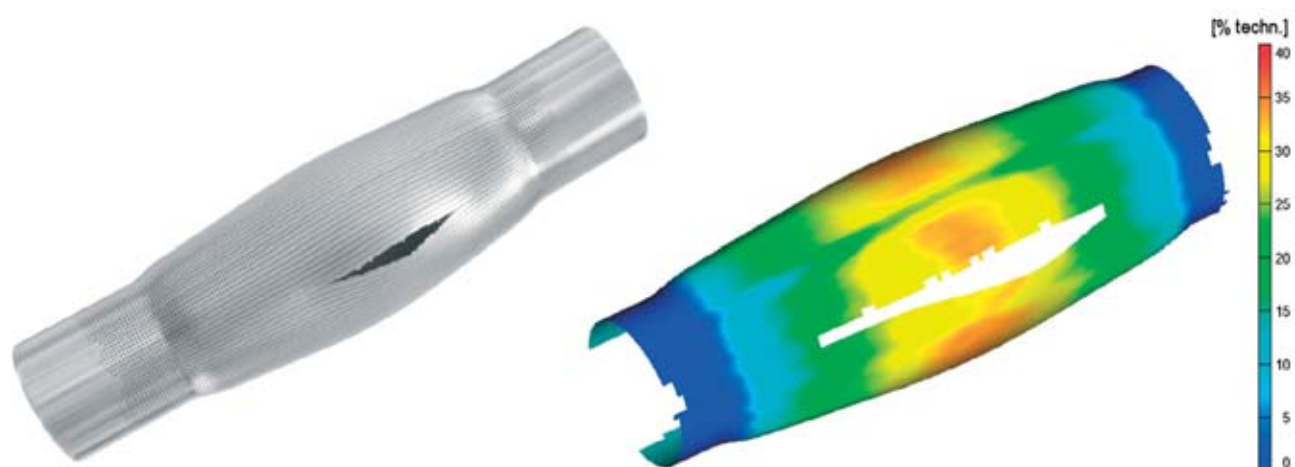


Fig. 25: Hydroformabilité de tubes ; déformation principale

## ARAMIS, Détermination des Courbes Limites de Formage

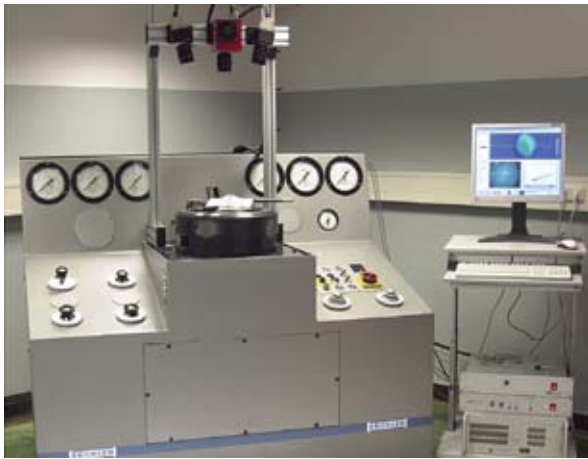
Nous avons vu l'importance de la courbe limite de formage pour le contrôle des emboutis. Cette courbe est propre à chaque matériau et ne peut être déterminée qu'en connaissant leurs caractéristiques de formabilité. La précision de cette détermination est aussi importante que la mesure elle-même. D'un point de vue normatif, cette CLF se calcule expérimentalement suivant la méthode de Nakazima ou Marciniak.

En ajoutant au système ARGUS une seconde caméra, nous créons le système ARAMIS qui peut être facilement monté sur une machine de test d'emboutissage profond (Fig. 26 et 27) pour déterminer expérimentalement la CLF d'un matériau. Le montage est ainsi fait qu'il n'interfère en aucun cas avec le fonctionnement de la machine.

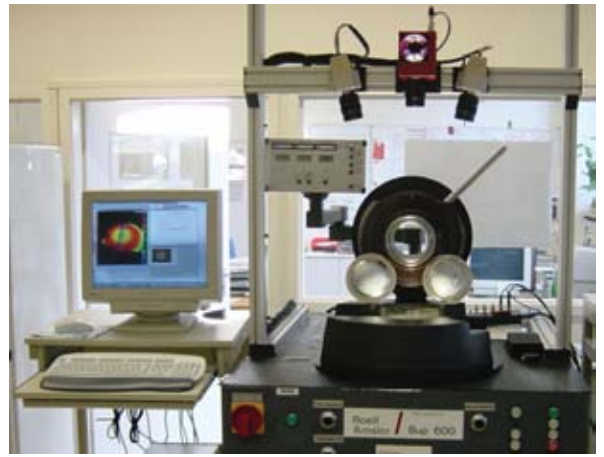
Un projecteur central est ajouté au montage pour pouvoir acquérir des images dans la machine de test elle-même pendant la mise en forme.

Les flans peuvent être marqués d'une structure régulière (traits, cercles, points ...) ou plus simplement et plus efficacement d'un simple mouchetis de peinture aléatoire (Fig. 28). Celui-ci est le plus simple à réaliser, mais aussi celui qui permet d'obtenir le codage le plus dense et donc la mesure la plus précise.

Les deux caméras enregistrent automatiquement les images au cours du test. Comme on peut le voir sur la figure 29, la cadence d'acquisition s'accélère lorsque la rupture devient imminente. Les paramètres machine comme la force ou le déplacement sont également enregistrés pour chaque couple d'images. Les acquisitions d'images peuvent bien évidemment être réglées en fonction de ces



**Fig. 26:** Exemples de configurations du système sur machines de test



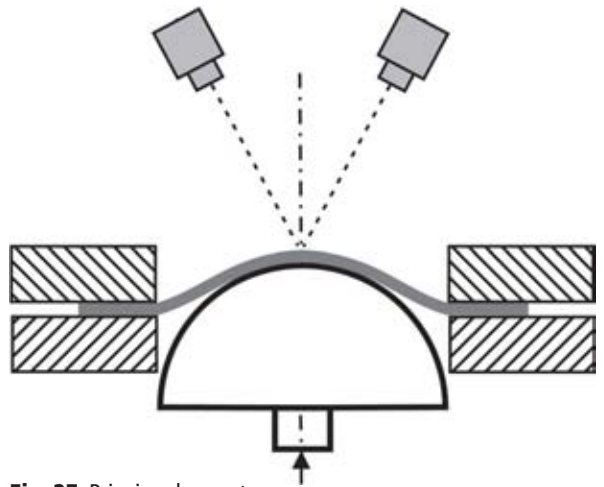
paramètres.

Toutes ces images sont ensuite analysées. La densité des points de mesure obtenus est de l'ordre de 0,5 à 1 mm. Chaque point de mesure est utilisé afin de déterminer la surface 3D de l'objet et son déplacement relatif, de projeter ce déplacement sur la topologie de la pièce et donc de calculer les déformations 3D de chacun des points (par exemple la déformation principale, secondaire et l'amincissement comme sur la figure 30). Il est possible d'analyser l'image juste avant ou juste après l'apparition de la striction ou encore la totalité du test afin de suivre l'évolution du champ de déformations.

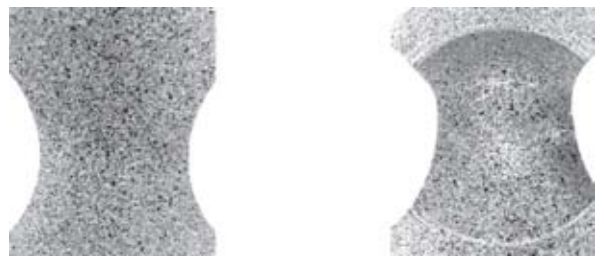
Le groupe de travail Nakazima de l'IDDRG a normalisé le choix du niveau de déformation nécessaire et la méthode de calcul du couple de points Mineur/Majeur le long d'une section. La figure 30 présente une telle section, qui permet de trouver la déformation maximale acceptable par le matériau. En faisant varier la forme des éprouvettes, on décrit la totalité de la CLF (un point par mesure). Une analyse statistique effectuée sur plusieurs pièces de même géométrie permet de calculer l'incertitude expérimentale.

Heureusement, pratiquement toutes les étapes nécessaires à la détermination d'un point de CLF peuvent être automatisées via la macro-programmation également disponible sur ARAMIS. La tâche en devient simple, rapide, parfaitement reproductible et totalement indépendante de l'opérateur.

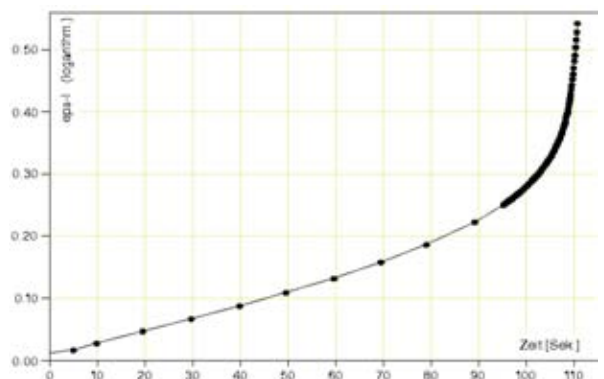
Ce même moyen peut aussi être couplé à une machine de traction classique pour la mesure des "flow curves" des anisotropies normales. L'avantage principal, comparativement aux moyens classiques, correspond à la grande résolution spatiale et la minuscule taille des mailles de mesure



**Fig. 27:** Principe du montage



**Fig. 28:** Flans préparés pour un test Nakazima



**Fig. 29:** Déformation principale en un point, en fonction du temps - Chaque point correspond à une mesure

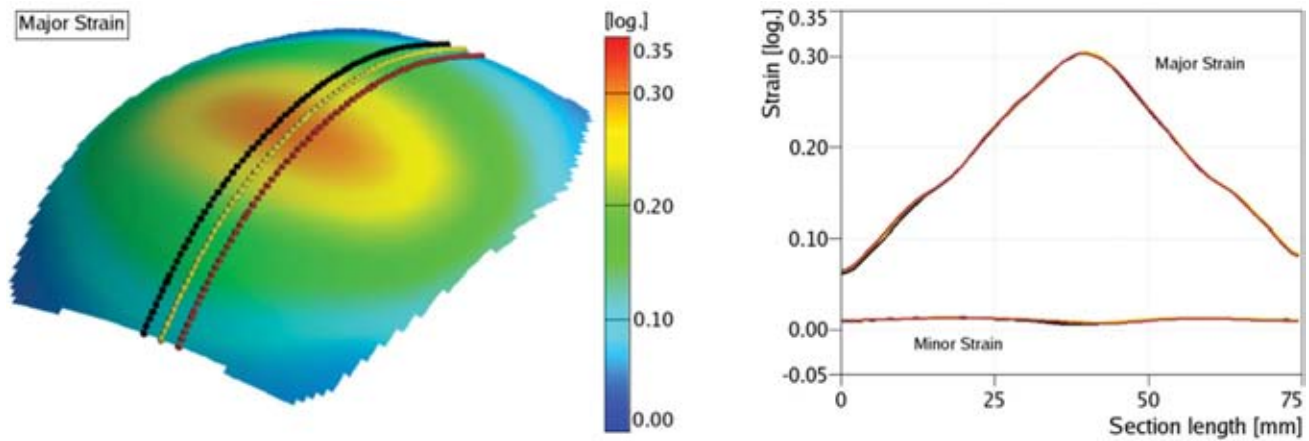


Fig. 30: Déformation principale et secondaire le long d'une section (Nakazima)

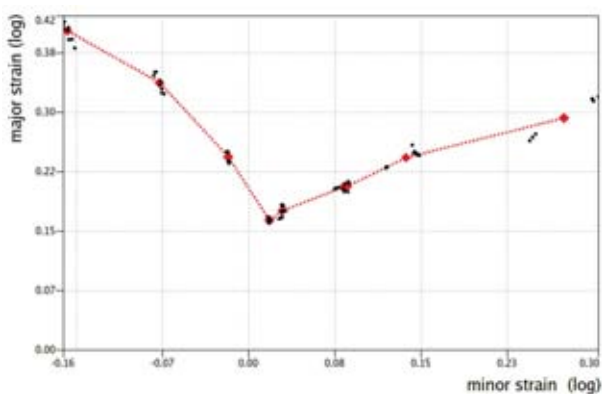


Fig. 31: Courbe Limite de Formage

des déformations. Il est alors possible de mesurer au plus près de la zone d'étranglement tout en gardant une très grande résolution.

## Conclusion

Les technologies de photogrammétrie appliquées à la digitalisation 3D, la mesure des déformations des emboutis ou la caractérisation des matériaux sont aujourd'hui largement matures. Elles se sont naturellement déployées dans les industries car elles ont prouvé qu'elles pouvaient améliorer la compétitivité des industries de mise en forme des tôles. En effet, elles permettent de réduire les temps et les coûts tout en améliorant la qualité des produits.

Leur futur se situe dans l'intégration de ces moyens directement sur les chaînes de production. Des postes de contrôle complètement automatisés et basés sur ces technologies commencent à faire leur apparition. La puissance des analyses qu'ils permettent offre un suivi et un pilotage de la production bien supérieur aux moyens traditionnels.



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

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

**Austria**  
Westcam Datentechnik GmbH  
Phone +43 5223 5550 90  
office@westcam.at

**Belarus, Russia, Ukraine**  
MCP Technology  
Phone +375 17 262 5612  
mcp@technology@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

**Greece**  
EXPERTCAM  
Phone +30 210 2757 410  
exp@cam@otenet.gr

**India**  
APM Technologies  
Phone +91 11 4163 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

**Israel**  
A.Y.Control System & Technology  
Phone +972 4 959 2950  
ay@aycs.co.il

**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

**Poland**  
ITA Sp.J.  
Phone +48 61 843 1060  
office@ita-polska.com.pl

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

**South Africa**  
RGC Engineering Pty.  
Phone +27 11 531 0766  
info@rgcengineering.co.za

**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 2999 6788  
marcel@rat.com.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**  
Capture 3D Inc.  
Phone +1 714 546 7072  
jgout@capture3d.com

**USA**  
Trillion Quality Systems LLC  
Phone +1 610 722 5100  
info@trillion.com



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

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

**GOM France SAS**  
10 quai de la Borde - Bât A2  
91130 Ris Orangis  
France  
Tel +33 1 60 47 90 50  
Fax +33 1 69 06 63 60  
info-france@gom.com

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

**GOM Branch Benelux**  
Rue de la Cortaie 117  
1390 Grez-Doiceau  
Belgique  
Tel +32 10 86 77 15  
Fax +32 10 45 75 31  
info-benelux@gom.com

**www.gom.com**