

# micronora

I N F O R M A T I O N S

Revue du Salon International des Microtechniques



Le laser s'invite  
dans tous les secteurs  
de l'industrie

## Micro-Nano électronique

Des Mems aux Nems pour  
des capteurs + précis + petits

> page 13

## Micro-usinage

Micro-machine : le CTDEC  
investit dans l'ultra précision

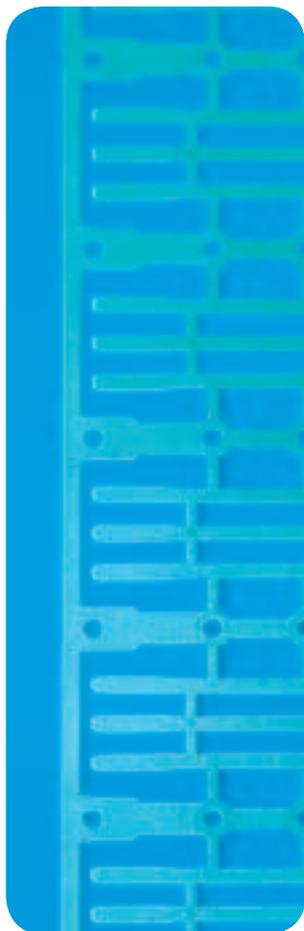
> page 27

## Salon Micronora

microtechniques et précision  
25-28 sept. 2012 – Besançon  
[www.micronora.com](http://www.micronora.com)

# La qualité totale est notre véritable culture d'entreprise

Depuis 50 ans, nous confier l'exécution de pièces c'est bénéficier d'un savoir-faire, de solutions techniques, de compétences et de rapidité d'exécution.



## GROSPERRIN

[www.grosperrin.com](http://www.grosperrin.com)

Concepteur - Analyste  
Outilleur  
Découpeur - Emboutisseur - Assembleur

Z.I. La Louvière - 14 Route de Besançon - 25480 PIREY - FRANCE  
Tél. +33 (0)3 81 50 21 67- Fax +33 (0)3 81 53 41 96 - [contact@grosperrin.com](mailto:contact@grosperrin.com) - [www.grosperrin.com](http://www.grosperrin.com)

# Les marchés de niche en plein essor

Aujourd'hui, les lasers savent tout faire. De plus, ils le font de mieux en mieux. Mais si le laser est désormais incontournable dans l'automobile, l'aéronautique, les télécommunications, ou le médical, on assiste en parallèle au développement de marchés de niche. Le laser s'invite partout.

Ce thème de "niche" est particulièrement abordé dans ce numéro.

Posalux, par exemple, excelle en tant que leader mondial dans le perçage de minitrous pour les injecteurs Diesel, mais cherche à se diversifier. PEMTec et Emag investissent tous deux dans l'usinage électrochimique ECM (Electro Chemical Machining). L'américain MAG IAS, plus grand fabricant américain de machines-outils, se tourne vers l'usinage cryogénique pour les matériaux difficiles à usiner. Le projet EDGE s'inscrit clairement dans la même dynamique, puisqu'il ambitionne de faire passer le délai de fabrication d'un outil spécial de 3 semaines à 1 jour.

Enfin, la micro-machine MPX que vient d'acquérir le CTDEC en vue d'usiner les quadrants des cavités résonantes du futur collisionneur du CERN correspond à un marché extrêmement pointu qui n'a aujourd'hui aucun équivalent dans le monde.

De quoi parlent ces marchés de niche ? De tendances aujourd'hui bien connues de l'industrie, où "l'ordinaire" ne peut plus être produit dans les pays dit avancés. La mondialisation fait qu'ils ne sont plus compétitifs dans ces domaines, et qu'ils doivent se spécialiser vers des marchés à forte valeur ajoutée. Et cela dans une course désormais sans fin où l'innovation technologique s'incarne de plus en plus dans des innovations de process... Un domaine où les lasers ont un potentiel énorme avec de multiples applications dans les tiroirs des laboratoires industriels.

Salon de niche également, celle de la précision et/ou de la miniaturisation, Micronora intéresse tous les marchés en quête de technologies de pointe. De plus, son organisation transversale favorise le croisement des technologies et leurs applications dans ces secteurs innovants. Une opportunité pour se diversifier.

En parfaite adéquation avec les besoins des industriels et les exigences des marchés, Micronora bénéficie d'atouts indéniables pour favoriser le développement de votre entreprise.

Aussi, les vœux que je formule pour l'année qui vient, à l'égard de tous nos lecteurs, et spécialement aux exposants et visiteurs de Micronora, sont des vœux d'espoir afin que, même si des incertitudes sur la fiabilité de la zone Euro persistent, l'activité économique reste bien orientée, et que 2012 connaisse un développement favorable aux activités et aux résultats des entreprises.

Vive 2012 ! Ensemble, nous pourrons ainsi faire de Micronora une grande réussite.



■ Le Président, MICHEL GOETZ



## Sommaire

► Technologies laser	2
► Microtechniques au congrès de mécanique	11
► Micro / nanoélectronique	13
► Plastiques thermoformés	15
► Robotique	17
► Métrologie	19
► Nano-métrologie	21
► Usinage électrochimique	23
► Micro-usinage	25
► Machines-outils	31
► Outils coupants	35
► Interview de Michèle Blondeau	39

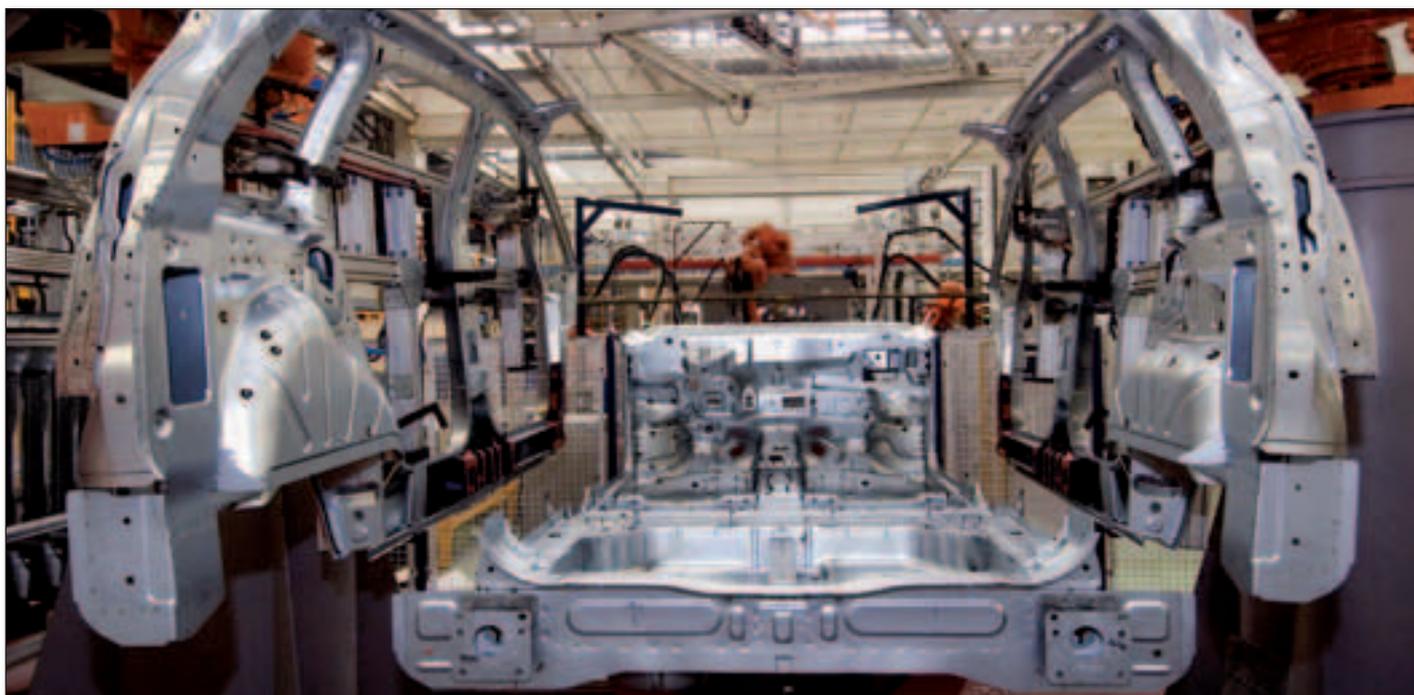
Photo de couverture :  
**Laser Cheval est spécialisée**  
**dans la conception et la réalisation**  
**de machines de micro usinage par laser.**  
 Source : Laser Cheval

Revue du Salon International des Microtechniques  
 Administration : MICRONORA  
 BP 62125 - 25052 BESANÇON CEDEX 5  
 Tél. : 00 33 (0)3 81 52 17 35  
 Fax : 00 33 (0)3 81 41 30 89  
 Site : www.micronora.com  
 E-mail : contact@micronora.com  
 3 numéros / an - Tirage 15 000 exemplaires  
 Directeur de la publication : Michel Goetz  
 Date de dépôt : janvier 2012  
 Conception et réalisation : Cactus/Besançon  
 Impression : Imprimerie de Champagne/Langres

Nous déclinons toute responsabilité pour les erreurs involontaires qui auraient pu se glisser dans le présent document, malgré tous les soins apportés à son exécution. (Jurisprudence Cour d'Appel de Toulouse 1887, de Paris 19.10.1901) Tous droits de reproduction interdits.

# Le laser s'invite désormais dans tous les secteurs de l'

Grâce à la puissance phénoménale développée en un temps très court, le laser sait couper, percer, et dans chacune de ces applications, la R&D des instituts et organismes de recherche invente des Que les industriels transforment en procédés, où "les" lasers n'ont parfois aucune concurrence.



Le ferrage, avec la mise en place des côtés de caisse, utilise de plus en plus le soudage laser. Source : PSA

Les Journées Nationales des Procédés Laser pour l'Industrie (JNPLI) se sont déroulées à l'École des Mines de Paris du 14 au 16 septembre à l'initiative du CLFA (Coopération Laser Franco-Allemande) et du CLP (Club Laser et Procédés). Au total, ce sont 32 conférences, ainsi que des stands de présentation d'équipements industriels, qui ont balayé les thèmes des lasers et procédés hybrides pour l'assemblage, le marquage et les micro-applications, le contrôle de procédés, les applications laser pour l'industrie médicale et enfin, les traitements de surface par laser. Micronora était présent et nous avons demandé à John Lopez, responsable des activités de Micro Usinage Laser sur le centre technologique ALPhANOV et Président du CLP, de nous piloter dans l'univers des lasers.

*"En tout premier lieu, il convient de distinguer le marché tel qu'il est aujourd'hui et les secteurs de croissance qui feront l'objet de cet article. En effet, les technologies conventionnelles telles que les CO<sub>2</sub> à flux ou les YAG pompés par lampe constituent encore en 2011 la principale part du marché des systèmes laser (environ 7 Milliards de Dollars). En revanche, les plus fortes progressions sont observées sur les nouvelles technologies telles que les lasers à fibre, les lasers à disques, les lasers à diodes ou encore les lasers à impulsions brèves (picofemto)".* John Lopez poursuit en précisant que les lasers diode sont les plus utilisés et représentent le plus gros marché pour les télécommunications et les transferts d'information dans divers instruments de mesure (télémètres), dans les lecteurs de code-barres, les pointeurs

laser. Mais aussi dans l'imprimerie en tant que sources de lumière, dans les lecteurs de CD et DVD... Les lasers excimer sont largement utilisés dans le domaine de la microlithographie. Pour le transfert de puissance avec des utilisations en découpe, perçage, usinage, les deux types de lasers utilisés le plus couramment sont les lasers à solides (surtout les lasers Nd :YAG) et les lasers à gaz (surtout les lasers au dioxyde de carbone).

## **Lasers à fibres, lasers à disques, lasers femtoseconde...**

Durant ces 10 dernières années, des technologies lasers sont montées en puissance pour investir des applications nouvelles.

# industrie

usiner, graver, souder de plus en plus de matériaux sur des épaisseurs de plus en plus grandes.  
possibles dans des niches de plus en plus exotiques...



Découpe de métal par diode laser. Source : Laserline

Ce sont, sans hiérarchie, les lasers à fibres, lasers à disques et les lasers à impulsions brèves (pico et femtoseconde).

Développés dans les années 90 pour la télécommunication optique, les lasers à fibres offrent maintenant une alternative aux lasers solides (Nd :YAG) et aux lasers CO<sub>2</sub> pour le traitement des matériaux. Selon André Eltze, Laserline, "les lasers à diodes atteignent aujourd'hui des puissances de 15 kW et rentrent dans des applications telles que le soudage des matières plastiques, le traitement de surface (durcissement et rechargement) ainsi que le soudo-brasage des éléments de carrosserie automobile". Industriellement, Trumpf et Laseo, par exemple, proposent des équipements intégrés employant des lasers à fibres.

Dans le domaine de l'usinage, le laser à disques constitue l'une des réalisations

les plus marquantes de la technique laser. Le substrat actif est un mince disque de cristal qui est refroidi sur toute sa surface d'un côté et pompé par les diodes laser de l'autre côté. Les premiers produits de série sont aujourd'hui utilisés aussi bien pour les petites puissances que dans le domaine du kW, pour la découpe et le perçage.

L'utilisation d'impulsions ultra-courtes (de l'ordre de quelques dizaines de femtosecondes) s'appuie sur le fait que la puissance instantanée de ces lasers est d'autant plus grande que l'impulsion est courte. Ces lasers ouvrent de nombreuses perspectives à la fois industrielles et scientifiques. En particulier, pour le micro usinage, il est possible d'atteindre en mode femtoseconde le seuil d'ablation de presque tous les types de matériaux : métaux spéciaux et céramiques utilisés en milieu médical, céramiques piézo-électriques, silicium et matériaux organiques pour la micro-électronique, métaux pour la micro-mécanique... L'usinage est alors très précis (de l'ordre du micron), sans bavure et avec une Zone Thermiquement Affectée (ZAT) très réduite (ce qui est difficile à obtenir en mode nanoseconde). Selon Eric Mottay, PDG d'Amplitude Systèmes (Pessac), "les applications des lasers ultrabrefs touchent des domaines aussi variés que l'imagerie cellulaire, la chirurgie de l'œil, l'industrie du semi-conducteur, les cellules photovoltaïques, l'industrie pharmaceutique".

Citons enfin le soudage hybride laser-arc, un procédé récent qui combine le soudage laser avec le soudage à l'arc type MIG-MAG. Cette combinaison permet un procédé plus stable et une grande souplesse de positionnement des pièces car le

## BBS Consult : réouvrir des champs de créativité

Au sein de BBS Consult (Le Gavre – 44), Benoît Colin travaille essentiellement pour les industriels du luxe avec un discours poétique puisque pour lui, "le laser permet de réouvrir des champs de créativité dans le domaine des traitements de surface" en complément des technologies conventionnelles type galvano, PVD, plaquage... "Nous utilisons des sources laser YAG fibré de 20 et 50 W pour réaliser des ablations partielles de pièces plaquées or, nickel/paladium ou platine avec une ablation superficielle de la couche de plaquage qui fait apparaître un motif ou un logo". Une pièce en vermeil laisse ainsi apparaître la couche d'argent après avoir éliminer le plaquage en or. Pour la cosmétique, une pièce injectée en plastique ABS puis métallisée laisse apparaître le plastique après ablation partielle (transparence) ou totale du métal. Pour la joaillerie, le laser perce le métal pour créer des ajourages et incruster des pierres précieuses. Enfin, pour des opérations de super finition en horlogerie, le laser permet des aspects de surface tels que les effets de sablage, de micro-billage, brossage, brossage croisé, perlage anguleux... Et la profession des métiers du luxe est très friande de ces nouveaux champs de créativité.

soudage à l'arc apporte du métal en fusion pour remplir le joint, et l'usage du laser augmente la vitesse du travail. La qualité du soudage est aussi améliorée. suite page 5



Groupe européen qui développe et produit des pièces et ensembles électromécaniques par découpage, emboutissage, moulage par injection, surmoulage, travail du tube et assemblage.

**SIDEO**

EXPERTISE & INNOVATION

10 grande Rue - F-25150 Vermondans  
 Tél. +33 (0)3 81 92 28 44 - Fax +33 (0)3 81 92 28 45  
 contact@sideo.fr - [www.sideo.fr](http://www.sideo.fr)

ISO TS 16949

**SIDEO**  
BEDEVILLE

**SIDEO**  
PMPC

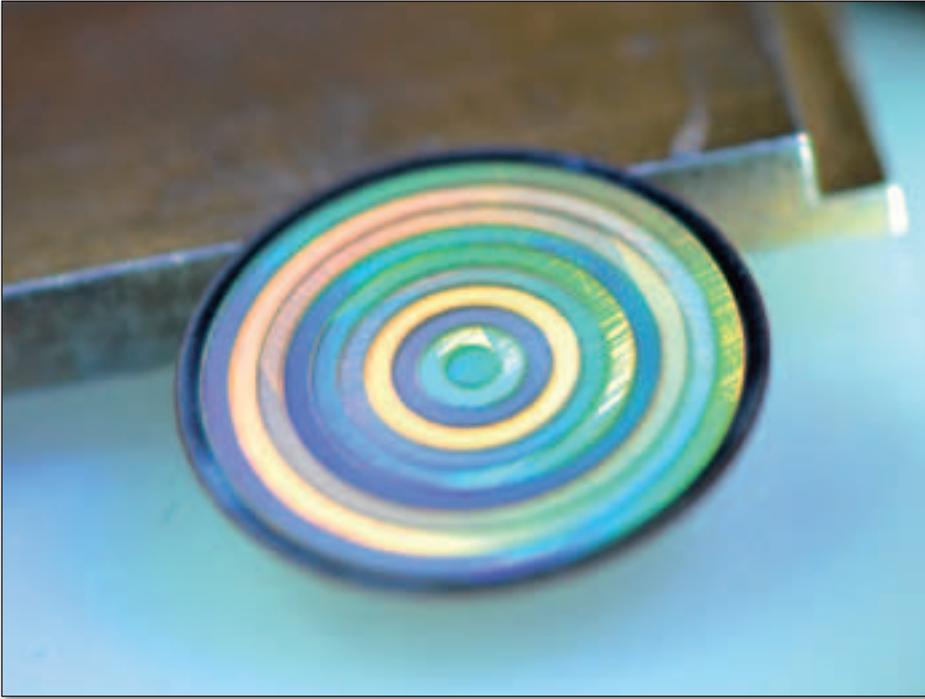
**SIDEO**  
RDT

**SIDEO**  
VOGT

**SIDEO**  
CONTEC

**SIDEO**  
RO

**SIDEO**  
SK



Structures holographiques produites par laser femto-seconde sur acier inoxydable. Source : ALPhANOV

Par rapport au soudage laser, le soudage hybride présente l'avantage d'augmenter les tolérances (jeu d'accostage multiplié par 2 à 4 selon les épaisseurs à souder). Il offre une meilleure pénétration, tant en largeur qu'en profondeur et permet des applications plus variées.

### Le micro-usinage laser présent dans tous les domaines

Les procédés de micro-usinage (gravure, perçage, marquage) ont connu une forte croissance durant ces 10 dernières années. En effet, la tendance générale à la miniaturisation et les procédés développés pour des pièces "macro" sont aujourd'hui transposés dans le domaine microscopique. Les matériaux et les applications deviennent de plus en plus exotiques et complexes. Citons par exemple l'usinage de stents, le perçage de cathéters par laser UV nanoseconde à la vitesse de 80 trous/seconde (NCLA) ou de trous de 4  $\mu\text{m}$  de diamètres sur 100  $\mu\text{m}$  de profondeur (Oxford Laser), la réalisation de fils de diamètre 100 nm (Université Bochum Lat), la découpe de wafers à la vitesse de 100 m/s par laser picoseconde (Trumpf), l'usinage 3D de billes de mousse de très faible dimension (CEA Valduc).

À Besançon, Femto-St sait réaliser, avec un unique flash laser ultrabref et ultra-intense, des nano-canaux de 200 à 800 nanomètres de diamètre sur une longueur de plus de 40 micromètres dans du verre. Les rapports de forme accessibles par cette technique excèdent 100.

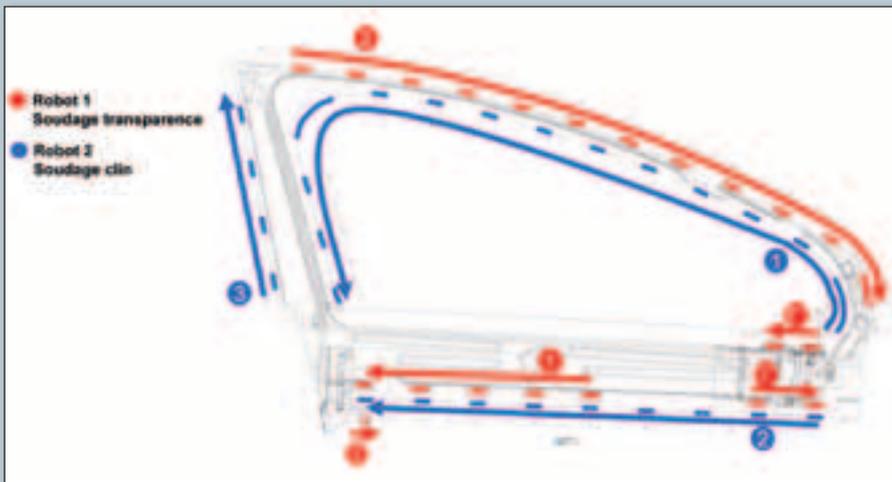
Chez ALPhANOV, John Lopez mentionne la découpe de céramique PZT par laser femtoseconde pour le domaine électronique. Ce procédé peut être transposé à d'autres matériaux ultra durs (CW, cBN, PCD...), ultra fragiles ou encore sensibles à l'échauffement. Il garantit une découpe précise et minimise l'endommagement du matériau ce qui permet ainsi de conserver l'intégrité des propriétés et fonctionnalités du PZT.

suite page 7

### Les lasers chez PSA Peugeot Citroën

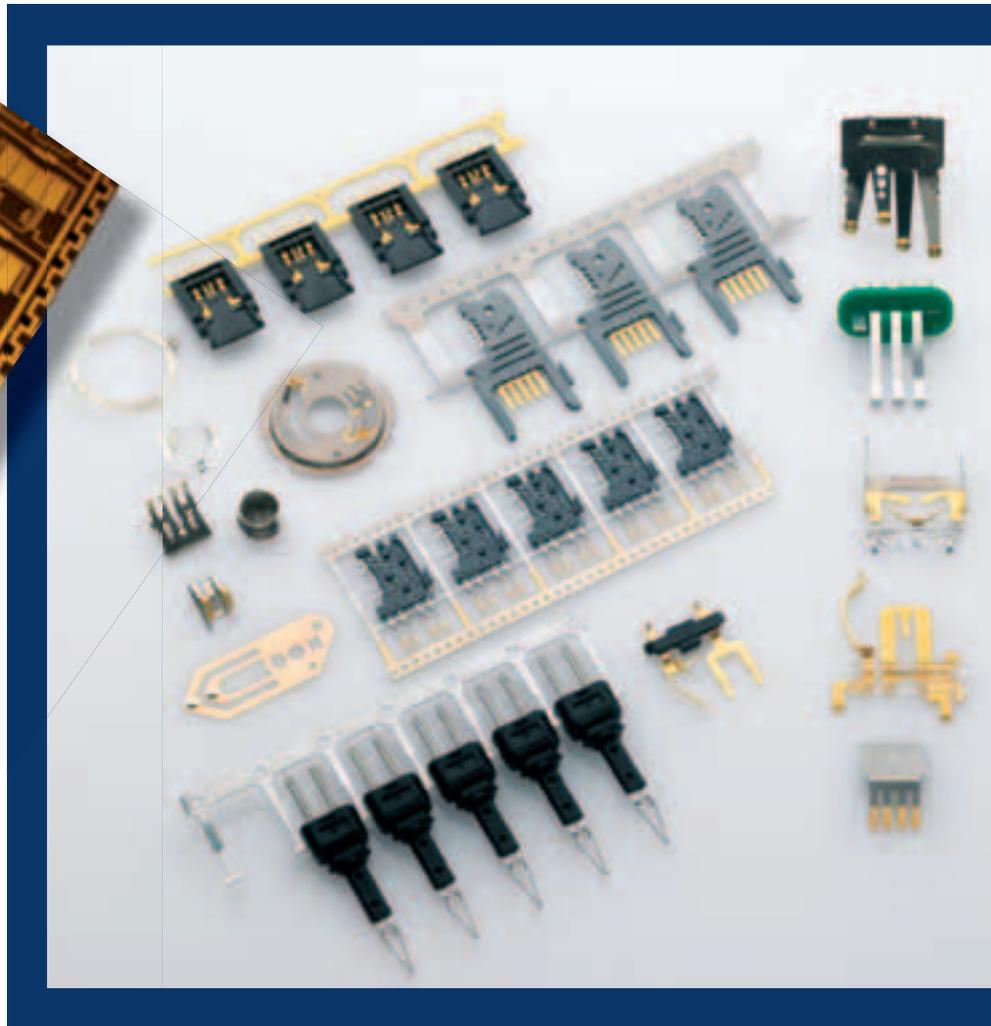
En 1998, lorsque Mathieu Kielwasser (aujourd'hui Expert Applications Laser) entre chez PSA, il n'y a aucune application de soudage laser chez le constructeur. La première aura lieu sur la C4 Picasso en 2006 en soudage transparence avec un laser YAG pompé par lampes 4 kW. Aujourd'hui, les opérations de soudage ont lieu sur la caisse en blanc, la liaison au sol et le groupe motopropulseur. À noter également, des applications en soudage pour les butées tige d'amortisseur et certains pignons. L'entreprise utilise aujourd'hui 23 lasers, essentiellement des lasers disque 4 et 6 kW, et prochainement, 18 nouveaux

lasers seront utilisés pour la remplaçante de la 207. "Même si aujourd'hui, le soudage laser scanner a le vent en poupe, nous n'utilisons que le soudage laser conventionnel acier en double épaisseur transparence, clin et bout à bout. Et nous étudions effectivement pour le court et moyen terme le soudage laser scanner, le soudage laser acier en triple épaisseur et le soudage laser aluminium. Nous avons aussi des projets futurs de texturation laser (amélioration des performances tribologiques des composants mécaniques) sur les segments et cylindres, ainsi que des projets de perçage laser (moteur, boîte de vitesse...) et de traitement de surface laser".



Exemple de séquence de soudage laser pour la porte avant des véhicules 3008 – 5008 de PSA. Source : PSA

# Interplex Soprec



Découpage de précision | Surmoulage en bande  
Contactage en continu | Assemblage dans l'outil

**an**  
**Interplex**  
**Industries**  
**company**



Interplex est présent en Amérique, en Asie  
et en Europe sur 26 sites.

[www.interplex.com](http://www.interplex.com)

## INTERPLEX SOPREC

Rue Thales  
ZI la Maltière  
25410 DANNEMARIE SUR CRÊTE  
Tél +33 (0)3 81 48 34 00  
Fax +33 (0)3 81 58 59 59

[www.interplex-soprec.com](http://www.interplex-soprec.com)



Inspection d'un dispositif photovoltaïque après un procédé d'ablation sélective de couches minces par laser.  
Source : ALPhANOV



Brasage manuel par laser. Source : Irepa laser

### Laser femtoseconde et laser excimer en chirurgie réfractive

La technique du Lasik (LAsik in-Situ Keratomileusis) est une intervention chirurgicale de l'œil qui consiste à découper une fine lamelle dans l'épaisseur de la cornée (partie transparente de la surface de l'œil) afin de permettre un remodelage en profondeur de la courbure cornéenne au laser. L'intervention Femto-Lasik (aujourd'hui couramment pratiquée) utilise deux lasers successifs (laser femtoseconde et laser excimer). L'énergie du faisceau laser est déchargée à l'intérieur de la cornée à la profondeur voulue et non à la surface de la cornée, comme c'est le cas dans la technique Lasik avec le seul laser excimer. Ce phénomène de photodisruption lors de la traversée de la cornée à la profondeur souhaitée provoque la formation d'une couche de milliers de minuscules bulles d'air. Le volet de cornée peut alors être soulevé au-dessus de ces bulles d'air, et rabattu sur le côté. Comme pour le Lasik classique, l'anomalie visuelle (myopie, hypermétropie, astigmatisme) est alors corrigée par l'élimination de tissu cornéen au laser excimer. À la fin, le volet de cornée est replacé dans sa position originale et ferme la plaie cornéenne comme un pansement biologique. On estime qu'il y aurait aujourd'hui plus de 1000 machines Lasik installées dans le monde.

Un deuxième thème en vogue concerne la structuration de surface métallique par laser pour diverses applications telles que la réalisation de structures holographiques sur des pièces d'aspects ou de décoration, ou l'amélioration des propriétés tribologiques ou hydrodynamiques de surface de frottement ou exposée à l'écoulement d'un fluide (canalisation pour le transport de pétrole ou de gaz, aube de turbine aéronautique ou hydraulique, pale d'éolienne ...) ou encore la fonctionnalisation de surface (super hydrophobie, accroche mécanique avant collage...).

### Le laser pour booster les cellules photovoltaïques

Dans un contexte de développement des énergies renouvelables, et du photovoltaïque en particulier, le laboratoire LP3 (Marseille) mène des recherches sur plusieurs thématiques liées à la filière silicium ou de type CIS. En ce qui concerne le silicium, il a été montré qu'un moyen simple d'améliorer le rendement des cellules solaires photovoltaïques actuelles pourrait être obtenu en irradiant la structure du silicium avec des impulsions laser femtoseconde. Cette irradiation entraîne la formation de micro-structures érigées (spikes) sur la surface du silicium qui devient ainsi fortement absorbant au rayonnement solaire (texturation de type black silicon). Le projet européen SOLASYS, présenté par le laboratoire LP3, consiste à développer des procédés laser pour réaliser

un maximum d'étapes de fabrication de cellules photovoltaïques par laser : 3 lasers seraient utilisés pour réaliser 7 procédés de texturation de surface, d'ablation sélective de couches minces et de microsoudage d'interconnexion. Des résultats prometteurs ont déjà été obtenus avec des lasers picosecondes et femtosecondes. Parallèlement, suite à des travaux réalisés précédemment avec EDF et l'ESPC, le laboratoire LP3 est impliqué dans un projet OSEO-ISI (SOLCIS) coordonné par la société NEXCIS sur le développement de cellules photovoltaïques de type CIS et CIGS en films minces.

ALPhANOV travaille également sur la gravure sélective de couches minces par laser, pour les opérations de *patterning* sur les cellules solaires basées sur la technologie couche mince (CIS, CIGS, CdTe...), pour la fabrication de diodes électroluminescentes organiques (OLED) ou encore pour la fabrication des écrans d'affichage plats.

### Le laser et les matériaux composites

Selon Thomas Graf, Directeur de l'ISFW à l'université de Stuttgart, "l'usage des matériaux composites au laser a pris de l'essor au cours de ces dernières années, notamment l'usage des plastiques à renfort fibre de carbone (PRFC).

suite page 9

Maîtriser la matière pour proposer des solutions innovantes



Automobile



Électronique



Microtechniques & Horlogerie



Médical



Luxe & Cosmétique



Habitat & Énergie

**40 ans d'innovation** au service de l'industrie des **microtechniques**, de l'**horlogerie** et du **luxe**.

**Produit standard ou sur-mesure**, quel que soit votre besoin, nous avons certainement à vous proposer **une solution pertinente de thermoformage** de pièce technique ou de conditionnement.

**Contactez-nous !**

PLASTIFORM SAS  
RUE DE L'ESPLANADE NORD  
ZI - 25220 THISE - FRANCE  
TÉL. +33 (0)3 81 47 91 70  
FAX +33 (0)3 81 80 75 97

[www.plastiform-france.com](http://www.plastiform-france.com)

Mail : [commercial@plastiform-france.com](mailto:commercial@plastiform-france.com)



**PLASTIFORM**

SOLUTIONS THERMOFORMEES

## Laser Cheval : une qualité d'usinage jamais atteinte

Laser Cheval a toujours puisé dans ses racines horlogères pour développer des applications laser de micro usinage. Aujourd'hui, la société est présente dans tous les secteurs de l'industrie (horlogerie, luxe, médical, aéronautique, automobile, militaire...). Au travers notamment de la version renouvelée de sa machine de marquage phare, le LEM 2, commercialisé depuis le début de 2011 ; de machines spéciales de marquage équipées de systèmes de recalage automatique par vision ; de machines de marquage grand champ pour le décor de pièces d'habillage pour l'automobile. A cela, s'ajoutent les nouvelles machines multi-axes, pilotées par commande numérique, destinées aux applications de découpe et de soudage. Ces dernières sont équipées de sources laser fibré de dernière génération, de très



Le LEM 2 offre 4 niveaux de puissance : 10, 20, 30, et 50 W. Source : Laser Cheval

faible encombrement, refroidies par air et de durée de vie quasiment illimitée. Ces matériels permettent d'accéder à une qualité d'usinage jamais atteinte en configuration industrielle, grâce à l'association de machines de grande précision ( $\pm 2 \mu\text{m}$ ) et à la finesse du faisceau focalisé.

*Pour atteindre la productivité visée nous travaillons déjà sur des sources laser adaptées, et des lasers femtoseconde de moyenne puissance (kW) seront bientôt disponibles sur le marché". De fait, plusieurs grands projets coopératifs européens sur l'usinage laser des PRFC sont en cours avec une participation de grands industriels.*

Le centre technologique ALPhANOV



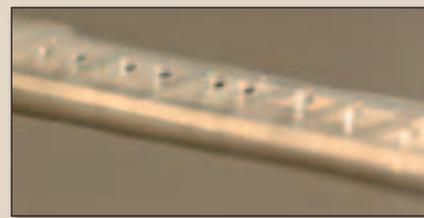
Rechargement métallique sur plastique.

Source : Irepa laser

dispose lui aussi d'une expérience de plusieurs années dans le domaine du traitement des matériaux composites par laser. Les travaux actuels portent sur plusieurs applications pour l'aéronautique. D'une part, l'activation et la préparation de surface avant collage ou mise en peinture de composites organiques (les techniques laser actuelles autorisent une gravure sélective de la matrice sans affecter les fibres de renfort). D'autre part, le marquage pour la traçabilité de pièces en composite céramique. Enfin, le perçage de pièces en forme prototype (3D) en composite organique ou composite céramique. Pour cette dernière application, la principale difficulté est de minimiser l'échauffement et la délamination autour des trous. Chez EADS, l'industrialisation et l'automatisation des Composites Carbone Thermodurcissable sont bien avancées notamment chez Airbus sur le caisson central de l'A380 et du long courrier A350 en remplacement de l'aluminium. Eric Soccad, ingénieur EADS Nantes, travaille également sur les matériaux thermoplastiques (résine PEEK / PEI / PPS avec renfort Carbone). "Pour l'instant, il n'y a qu'une seule pièce industrialisée (plancher du cockpit

## Un effet lotus obtenu sur un plastique avec un laser femtoseconde

L'un des secteurs les plus porteurs et les plus secrets est celui des micro-structurations de surfaces. L'Université de Twente (Pays-Bas) a développé une technique pour structurer une surface plastique avec un laser femtoseconde en cherchant "l'effet feuille de lotus". L'objectif est de créer une micro et une nano-rugosité sur lesquelles les gouttes d'eau sphériques roulent en emportant les salissures. Le laser est appliqué en deux étapes pour former une structure de piliers de  $10 \mu\text{m}$  qui servent de support à une rugosité submicronique désordonnée. Les applications de surfaces rendues ultrahydrophobes sont celles où la maîtrise des conditions de mouillage est importante, dans les cas où un fluide est en contact avec un solide : contrôle des écoulements en microfluidique, contrôle du frottement en lubrification, maîtrise de la formation de gouttes dans des émulsions... Des démonstrations étonnantes montrent qu'un pot de mayonnaise microstructuré se vide d'un seul trait sans trace restante.

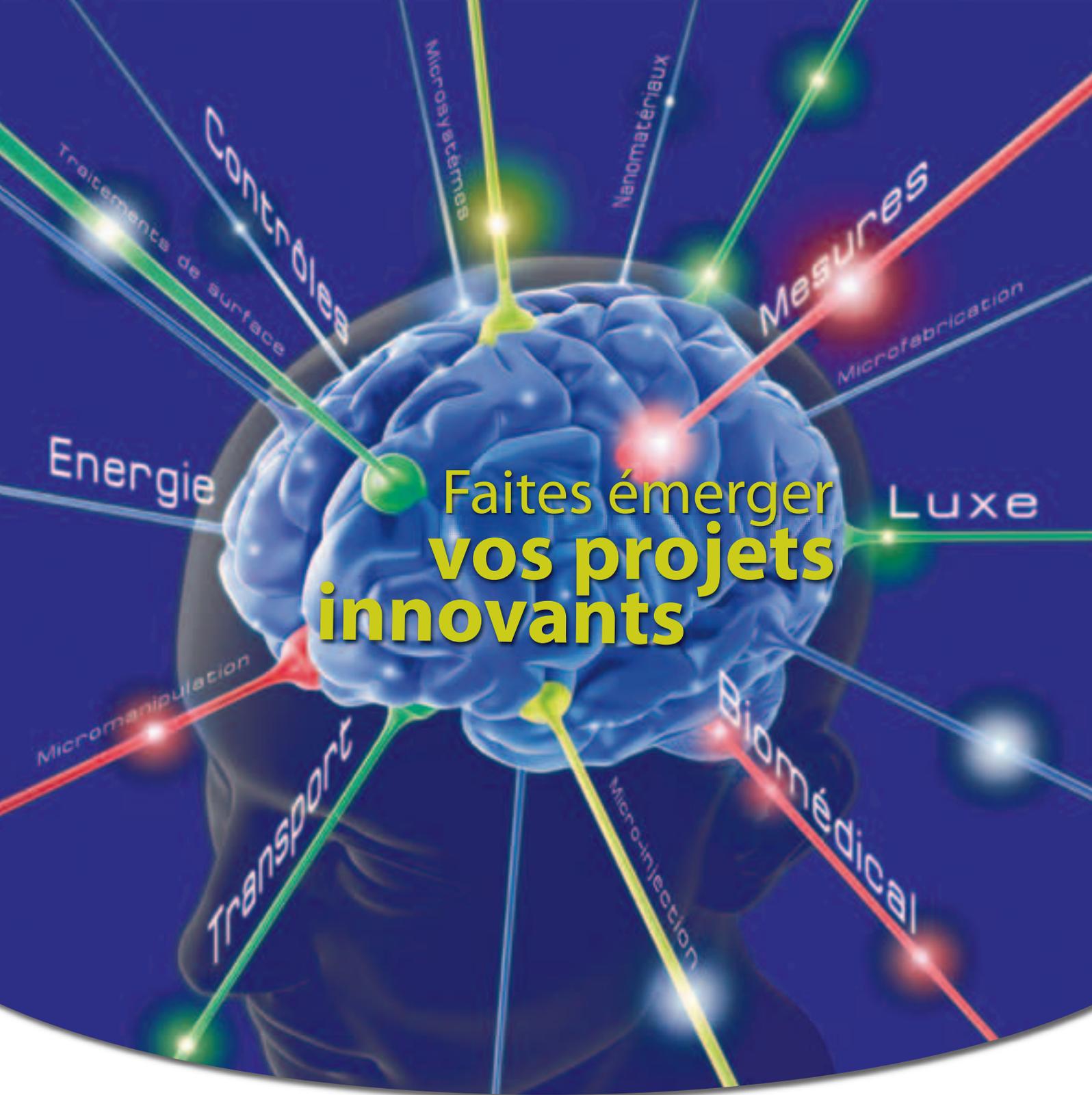


La surface est rendue ainsi fortement hydrophobe sans qu'il ne soit nécessaire d'ajouter des cires comme dans la plupart des cas d'effet lotus.

Source : Université de Twente

de l'A400M), mais l'automatisation est une priorité pour le développement industriel de ces matériaux thermoplastiques". Deux technologies sont en développement avec l'Irepa Laser. L'une pour le placement des fibres avec le procédé Flash-TP où il est question de draper les pièces avec un laser Trumpf Yag 4 kW fibré. L'autre concerne le drapage de nappe Dalidat en forte largeur (150 voire 300 mm) toujours avec l'Irepa Laser. ■

Jean-Yves Catherin



Faites émerger  
vos projets  
innovants



Inside everything

Pôle des microtechniques

Le Pôle bénéficie du soutien de ses partenaires financeurs :



Labellisé :



Pôle des microtechniques - TEMIS INNOVATION - Maison des Microtechniques - 18, rue Alain Savary - 25 000 Besançon - France  
Tél. +33 (0)3 81 25 53 65 - Fax : +33 (0)3 81 25 53 51- Mail : contact@polemicrotechniques.fr - www.polemicrotechniques.fr

# Les microtechniques au Congrès Français de Mécanique

Du 29 août au 2 septembre 2011, la communauté française de mécanique a organisé le XX<sup>e</sup> Congrès Français de Mécanique à Besançon.

Au travers de nombreux exposés, nous avons extrait quatre thèmes plus spécifiquement microtechniques.

## Le développement du micro-hydroformage de tubes

Le procédé d'hydroformage de tubes s'est répandu dans l'industrie automobile pour la réalisation de pièces tubulaires complexes. Aujourd'hui, la tendance à l'intégration de fonctions dans des composants de plus en plus petits, conduit à reproduire les procédés de fabrication classiques à de plus petites dimensions. Ces procédés peuvent compléter, voire concurrencer les procédés issus de la microélectronique. Yanxia Lu, du centre de recherche Femto-ST, a présenté un pilote expérimental instrumenté et les premiers tests effectués sur du gonflement libre en cavité ouverte sur des tubes de 4 mm pour une épaisseur de 0,1 mm. L'originalité de l'outillage développé est la conception d'un double piston où sont découplés les aspects guidage en translation et génération de pression.

## Des composants micro-structurés par moulage de microsphères de verre

La réalisation de dispositifs micro-fluidiques en verre, utilise aujourd'hui différentes technologies telles que celles issues

de la microélectronique, et le micro-usinage de précision. En parallèle, le procédé MIP (pour injection de poudres métalliques) s'est imposé ces dernières années. Femto-ST travaille sur la fabrication de composants structurés à base de poudres de verre en utilisant le procédé MIP. Le but des travaux présentés par Mohamed Sahli est de conduire des recherches relatives aux différentes conditions de mélangeage de poudres de verres, de moulage par injection, de déliantage et de densification adaptées aux MIP. L'étude valide que le moulage par injection de mélanges à partir de poudres de verre et de polymères pourrait être un processus adéquat pour obtenir des composants micro-structurés.

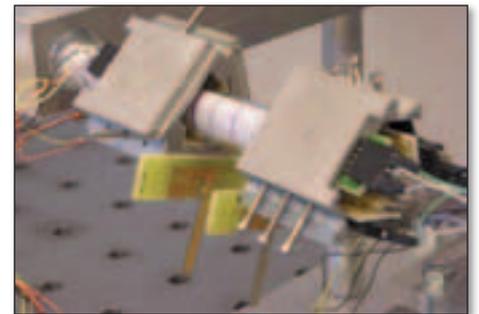
## Des microcavités sur polymères par le procédé de roll embossing

A l'échelle industrielle, la fabrication en masse des microcomposants de formes complexes est souvent réalisée par moulage par injection. Le procédé de compression à chaud est généralement utilisé comme une alternative, pour un prototype rapide à faible coût. Le procédé Roll to Roll (R2R) est ainsi une alternative pour la production de masse à haute résolution de composants micro-structurés. Dans ce procédé, le préchauffage du substrat est

effectué avant le passage entre les rouleaux contenant des microstructures. L'étude présentée par Mohamed Sahli, Femto-ST, a permis de montrer que le procédé R2R correspond à une technologie performante et bien adaptée pour réaliser les motifs de taille micrométrique, voire nanométrique.

## Musine : conception modulaire de microsystèmes de production

L'assemblage des microproduits de type MEMS hybrides, est réalisé par une succession d'opérations complexes. Dominique Gendreau, ingénieur au Femto-ST (AS2M) de Besançon a présenté le projet Musine, qui a pour objectif de simuler différentes configurations de système de production, dans le but de choisir la plus performante.



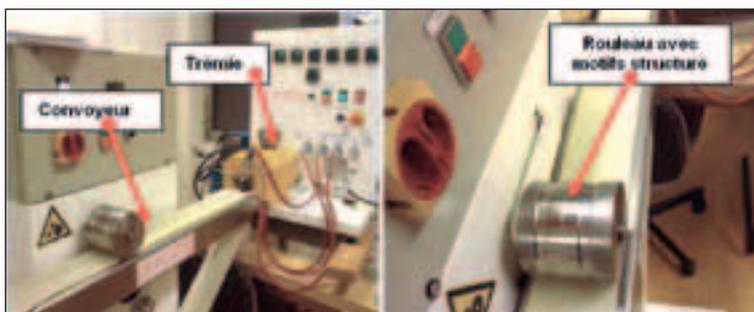
Dans le projet Musine, la pince composée de deux microrobots utilise deux doigts de préhension.

Source : Femto-ST

Dans les disciplines de la microrobotique et de l'adaptronique, il étudie et réalise des systèmes micromécatroniques. Il développe ainsi une station d'expérimentation qui permet de caractériser des constituants microrobotiques (précision, vitesse, répétabilité, fiabilité...) et de valider les résultats de la simulation informatique selon des critères de performance du système de production. ■

Yann Clavel

Dispositif expérimental instrumenté utilisé pour le Roll to Roll en continu.  
Source : Femto-ST





Industries Micromécaniques  
Internationales

Vous créez...  
nous réalisons

Le groupe IMI :  
un monde  
de  
microtechniques

7 centres de production

Le groupe IMI rassemble sept sociétés spécialisées dans les microtechniques. Les talents conjugués des 350 collaborateurs du groupe, tous rompus aux exigences de la haute qualité de leurs productions, vous apportent les solutions adéquates à vos besoins dans les domaines de l'horlogerie, la bijouterie, les industries du luxe, la téléphonie, le médical...

Composants pour l'horlogerie,  
la bijouterie, les Industries du luxe  
et la micromécanique



Couronnes de remontoirs  
de montres. Pousoirs  
Pierres et composants  
pour la haute horlogerie  
Revêtements de surface  
Composants en métaux  
communs, précieux  
et en céramique  
pour les marchés du luxe

École-Valentin (25) France  
Tél.: 33 / (0)3 81 40 56 00



Fabrication de pierres d'horlogerie  
et industrielles

Portugal

Cadrans de montres

Articles de luxe et cadrans



Cadrans soignés  
Fabrication de petites et  
moyennes séries  
Restauration et rénovation de  
cadrans anciens

Le Locle - Suisse  
Tél.: 33 / +41 32 925 70 10

ÉQUINOXE Ltd

Décors, pose de pierres  
sur flaconnages  
Polissage, pose manuelle  
de composants sur articles de luxe  
Cadrans de travail  
Cadrans grandes séries

Ile Maurice

Lasers



Conception et fabrication de machines laser  
de série et spécifiques de découpage,  
soudage, marquage et perçage

Sous-traitance laser tous secteurs  
à la demande

Pirey (25) France Tél.: 33 / (0)3 81 48 34 60

Céramiques

HARDEX

Fabrication  
de céramiques  
par pressage  
et procédé CIM  
pour l'horlogerie, la bijouterie,  
la téléphonie et les implants dentaires  
Usinage de matériaux durs

Mamay (70) France  
Tél.: 33 / (0)3 84 31 95 40

paris implants

Recherche, développement et  
commercialisation d'implants dentaires  
(titane et céramique)  
Iso 13485-2003 / Iso 9001-2000  
Marquage CE 1014

Mamay (70) France  
Tél.: 33 / (0)4 78 50 19 57

Groupe IMI

Siège social :  
48 rue des Founottes  
25000 BESANÇON

Tél. : 03 81 25 24 36

Fax : 03 81 25 24 37

www.groupe-imi.fr

# Des MEMS aux NEMS pour des capteurs plus petits et plus précis

Pour détecter un phénomène, l'industrie a besoin de plus en plus de capteurs.

Et comme les technologies se miniaturisent, les capteurs font de même.

Après les MEMS dont l'usage explose, la technologie à l'échelle nanoscopique promet des capteurs NEMS encore plus précis.



Les capteurs MEMS permettent de renseigner sur le bon fonctionnement des véhicules et leur niveau de pollution. Source : ST-Microelectronics



Zone de photolithographie dans les installations de l'Alliance Crollesz (Isère). Source : ST-Microelectronics

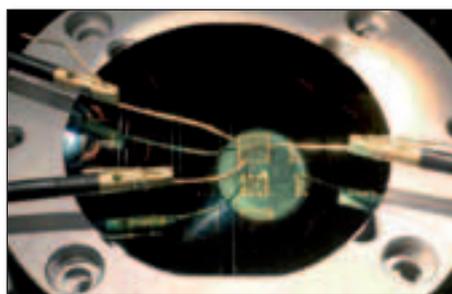
L'injection, l'allumage, la climatisation, l'indication de vitesse, la position des sièges, le freinage automobile font largement appel à l'électronique, par le biais de calculateurs qui ont besoin d'informations prélevées sur le moteur, la boîte de vitesses, les roues... C'est le rôle des capteurs et qui plus est de capteurs souvent très évolués, dits "intelligents".

## Les capteurs MEMS accélèrent dans l'automobile

Selon une étude récente (début 2011) de ABI Research, les capteurs MEMS (Micro-ElectroMechanical Systems) vont connaître une explosion dans l'automobile. Leur nombre devrait passer de 300 millions en 2010 à plus de 830 millions en 2016. Ces capteurs (essentiellement des accéléromètres, capteurs de pression et gyroscopes) sont avant tout destinés aux systèmes de sécurité, pour des applications d'air-bag, de contrôle de pression des pneus ou de stabilité. Entre 2010 et 2016, ces systèmes de sécurité vont passer de 100 à 150 millions, ce qui signifie que le nombre

de capteurs MEMS par système va passer de 3 à 5,5 pendant cette période. Cette augmentation s'explique par le souci d'améliorer l'efficacité des systèmes de sécurité.

Au même instant (mai 2011), la société STMicroelectronics annonce qu'elle muscle ses capacités de production (plus de 3 millions de capteurs par jour) pour accélérer la révolution des capteurs de mouvement. Benedetto Vigna, Directeur général de la division MEMS, Capteurs & Produits Analogiques de Hautes Performances, précise que "ST renforce son outil de production pour anticiper et encourager l'adoption des MEMS dans des marchés à forte croissance



Mesures électriques sous pointes de nanocomposants. Grâce à des micromanipulateurs, des pointes en or viennent établir un contact électrique avec des nanoélectrodes par l'intermédiaire de carrés d'or de 100 µm de côté. Source : CEA Leti

tels que la santé, les applications industrielles et l'automobile...".

Ces capteurs MEMS sont fabriqués par le processus de micro-usinage en surface THELMA (Thick Epi-Poly Layer for Microactuators and Accelerometers), qui associe des couches de silicium poly-cristallin d'épaisseur et de finesse variables pour les structures et les interconnexions. Le procédé complémentaire VENSENS (Venice Sensor) permet quant à lui d'intégrer une cavité dans le silicium monocristallin pour réaliser des capteurs de pression ultra-compacts.

## Des MEMS aux NEMS

Après 25 ans d'innovations et de développement de ces dispositifs MEMS, le Leti du CEA Grenoble lance une nouvelle génération de systèmes microélectromécaniques à échelle nanoscopique : les NEMS. Les études portent sur le développement de systèmes électromécaniques de taille nanométrique, pouvant détecter une quantité infime de matière, par exemple, quelques molécules de gaz. De tels capteurs fonctionnent comme des "nez ultrasensibles", capables de détecter de manière précoce les biomarqueurs spécifiques de certaines maladies, comme le cancer du poumon. Les capteurs NEMS pourraient aider à détecter des agents chimiques et autres substances dangereuses, et même offrir aux médecins de nouveaux outils de diagnostic non-invasifs. Les chercheurs envisagent des futurs capteurs qui pourraient, par exemple, alerter les médecins dès les premiers signes de cancer du poumon, en détectant les marqueurs chimiques associés à la maladie dans le souffle du patient. ■

Jean-Yves Catherin



## Double rôle

### Une actrice – Deux personnages

La machine d'électro-érosion avec changement automatique de fil, le meilleur casting pour vos exigences de géométries et états de surface.

- Usinage alterné avec 2 fils différents sans interruption ni démontage.
- Changement automatique et précis au micron au travers des guides en V (et une conicité jusqu'à 30°).

Plus d'applications et d'arguments économiques sur [www.gfac.com/fr](http://www.gfac.com/fr)  
Tél: 01 69 31 69 00



**+GF+**

AgieCharmilles



Where quality comes together.

Hexagon Metrology connaît la métrologie sur le bout des doigts. Avec la gamme de produits la plus complète sur le marché, une activité à vocation internationale, une exigence de qualité extrême, nous sommes parfaitement équipés pour répondre à toutes les demandes des clients.

La ligne de produits proposés, machines, systèmes et logiciels, est complétée par une gamme étendue de services : support produit, service après-vente et prestations associées.

[www.hexagonmetrology.com](http://www.hexagonmetrology.com)



**HEXAGON**  
METROLOGY

# Plastiform : des thermoformés haute précision pour lignes automatisées

Avec près de 45 ans d'expérience et la particularité de concevoir des produits thermoformés innovants, Plastiform est parmi les leaders du thermoformage technique en France.

Venant du milieu de l'horlogerie, René Rodary, qui reprend l'entreprise Plastiform en 1981, développe une politique inédite de conditionnements thermoformés sur-mesure. Il pose alors un regard nouveau sur la fonction du thermoformé. S'agit-il de tenir, de caler ? Seulement cela ? Ou plus ?

## Penser le thermoformé pour une chaîne logistique complète

L'originalité et le leadership de Plastiform naissent dans la quête de ce "plus", portée aujourd'hui par l'énergie d'Olivier Rodary, Président de l'entreprise, pour qui les notions de précision et d'innovation sont omniprésentes. "Notre métier est avant tout d'apporter des solutions sur mesure à nos clients, des produits qui simplifient la Supply Chain et apportent une plus grande valeur ajoutée aux productions automatisées et à la logistique. En protégeant les pièces et en intégrant les contraintes de la robotique, nous réduisons au minimum les problèmes de qualité liés aux manipulations et au transport, et permettons ainsi à nos clients de se concentrer sur leur vrai métier : développer leur produit ! Aujourd'hui, nous intervenons sur des chaînes logistiques complexes et



Spécialiste du thermoformage pour des prototypes, petites, moyennes et grandes séries, Plastiform réalise des produits depuis la micropièce de 10 mm2 jusqu'au format de 1500 x 2000 mm. Source : Plastiform

*hautement automatisées. Par exemple, depuis le conditionnement chez un sous-traitant qui produit une pièce métallique surmoulée, jusqu'au client final, en passant par 1, 2 ou 3 autres acteurs qui vont tour à tour déposer un circuit électronique, réaliser un montage ou faire une finition. Chacun possède ses lignes de production, avec ses contraintes et ses référentiels propres : notre savoir-faire est de combiner toutes ces données pour créer un seul produit qui réponde aux besoins de tous. Ceci nécessite de comprendre les exigences de nos clients et des roboticiens, mais aussi d'assurer une précision au dixième".*

## Matériaux nouveaux et traçabilité

Plastiform se distingue également par sa capacité d'innovation. Et pas seulement sur la forme, mais également au niveau des matières, en les choisissant par rapport à l'application afin d'apporter au client une plus grande valeur ajoutée. Si un process exige une phase à 150°C, Plastiform prend en compte ce critère pour proposer des plateaux haute température qui vont éviter de multiples opérations de déchargement/rechargement. Conçus pour tenir à cette température sans modification structurale ou dimensionnelle, ces plateaux sont utilisables tout au long de la fabrication.

Même chose pour des processus exigeant des températures négatives ou une chimie agressive. Plastiform propose des solutions sur la base de plastiques techniques tels que le PPSU, le PEI, le silicone ou le PEEK.



Les produits thermoformés sont devenus très techniques pour satisfaire des applications très pointues. Source : Plastiform

Autre lieu d'innovation : les conditionnements de sécurité incluant des puces RFID. Alors qu'aujourd'hui ce sont souvent les palettes ou les bacs qui sont identifiés en termes de traçabilité, Plastiform incorpore dans le thermoformé un module RFID qui assure la traçabilité et la sécurisation des données confidentielles... Avec des applications dans le domaine médical. ■

Jean-Yves Catherin

## Conditionnement et pièces techniques

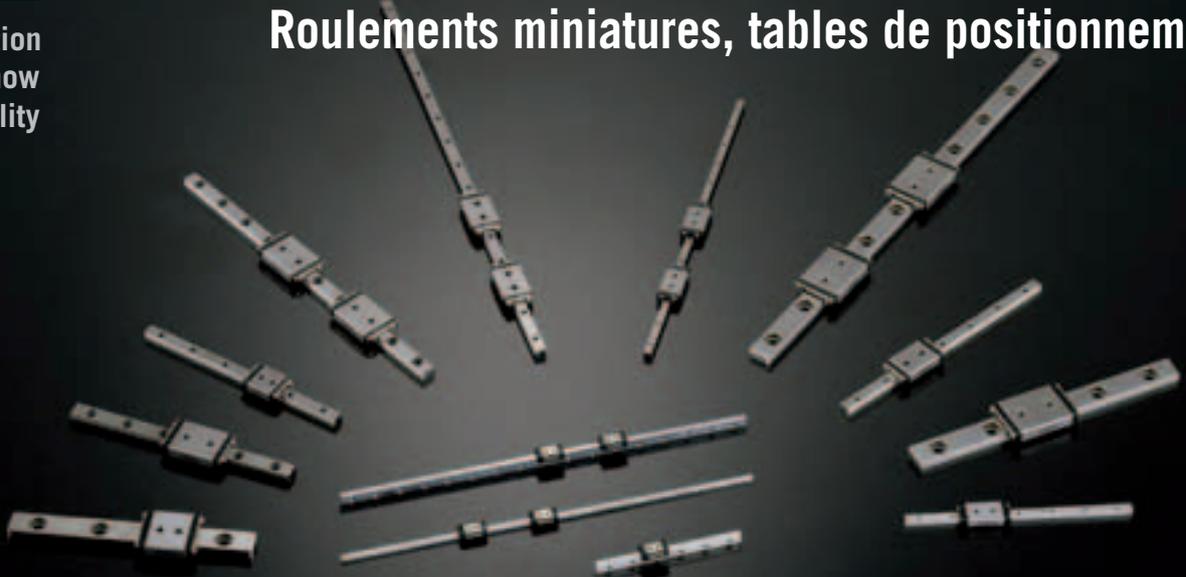
Plastiform située à Thise (25) emploie aujourd'hui 25 personnes, dont 4 au sein du Bureau d'Études. Elle a 2 activités distinctes : le conditionnement (70 %) et la pièce technique (30 %). Elle propose des solutions innovantes pour les applications les plus exigeantes des domaines de l'automobile, l'électronique, les microtechniques, l'aéronautique ou le médical.

# IKO

## Guides linéaires de très haute précision à lubrification interne

### Roulements miniatures, tables de positionnement

Innovation  
Know-how  
Originality



**IKO Nippon Thompson Europe**

Roissypole Le Dôme  
2, rue de La Haye  
B.P. 15950 Tremblay en France  
95733 ROISSY C.D.G cedex - France  
Tél. +33 (0)1 48 16 57 39  
Fax +33 (0)1 48 16 57 46  
contact@iko-france.com

[www.iko-france.com](http://www.iko-france.com)

## SOLUTIONS INNOVANTES de composants d'interconnectique

- Découpage
- Moulage & Surmoulage
- Assemblage
- Mécatronique
- Connectique Pressfit

ISO 9001 ISO.TS 16949



**loupot**

103, AVENUE DE TY-BOS - 29556 QUIMPER CEDEX 9  
TEL : 02 98 65 66 67

[www.loupot.com](http://www.loupot.com)

## vendre / acheter / rechercher

OUTILS COUPANTS - ABRASIFS - MÉTROLOGIE ET CONTRÔLE MACHINES, ÉQUIPEMENTS et ACCESSOIRES - MATIÈRES

# STOCKINDUS .com

Rendez-vous sur votre site d'annonces

[www.stockindus.com](http://www.stockindus.com)

info@stockindus.com

# Un robot collaboratif pour l'assistance au geste industriel

Le Cetim et le CEA-List ont mis en commun leurs compétences en mécatronique pour concevoir un robot collaboratif ou "cobot". Associant l'intelligence et l'adaptabilité des hommes à la force des robots, ce cobot démultiplie l'effort humain pour l'assister dans les tâches industrielles pénibles et répétitives.

Développé et produit par la société RB3D (Auxerre – 89) à partir de sa technologie propre et de celles des deux instituts Carnot Cetim et CEA-List, le "cobot" est un bras mécatronique dédié à des tâches industrielles pénibles comme le brossage, le burinage ou encore la manipulation. L'opérateur manipule l'outil avec le bras instrumenté et "là où une opération de brossage réclame un effort de 20 kg, le cobot ne demande plus qu'un effort d'un kilo", explique Serge Grygorowicz, président de la société RB3D.

## Un robot dédié à l'effort

Les évolutions récentes de la robotique manufacturière permettent aujourd'hui une interaction directe "homme-robot". Développées essentiellement pour des besoins de programmation simple et



Demier réglage du bras collaboratif cobot dans le laboratoire de Robotique interactive du CEA-List, qui permet ici de manipuler sans effort une pièce industrielle de 7 kg.  
Source : C.Dupont/CEA-List

rapide, ces fonctions de pilotage interactif des robots industriels n'autorisent cependant pas de travailler en amplification d'effort. De plus, l'inertie de ces systèmes en rend le contrôle délicat, avec un impact important dans le ressenti de l'opérateur. Pour relever ces défis de performance et dans le but de développer une nouvelle génération de robots industriels, le CEA-List a apporté son expertise en téléopération à retour d'effort, initialement développée pour l'industrie nucléaire. Il a ainsi participé

à la conception d'un robot collaboratif (cobot) dédié à la génération d'effort. Un mode de commande intuitif, intégré au cobot, amplifie l'effort de l'opérateur d'un facteur réglable de 1 à 50, en utilisant un unique capteur d'efforts. L'opérateur conserve ainsi une information quantitative du déroulement de la tâche par un retour d'effort paramétrable. L'inertie apparente et les autres imperfections éventuellement ressenties par l'opérateur (frottements par exemple) sont grandement réduites par l'introduction du facteur d'amplification.

## Cobot = contraction de "robot collaboratif"



Le cobot est un bras mécatronique dédié à des tâches industrielles pénibles comme le brossage, le burinage ou encore la manipulation. Source : Cetim

Ce type d'équipement permet d'assister l'homme au travail dans les tâches industrielles où il est nécessaire d'appliquer un

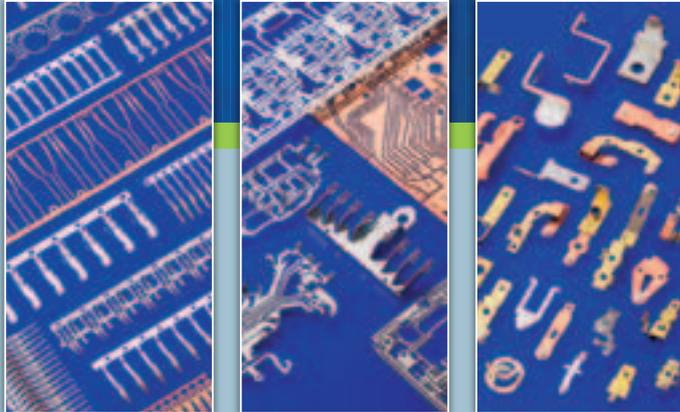
effort pendant le travail, comme le ponçage, le meulage ou la manipulation. C'est une sorte d'outil de travail contrôlé par l'utilisateur. Il est donc piloté continuellement par l'homme au moyen d'une commande intuitive. Délesté des efforts dans sa tâche, l'utilisateur peut se concentrer sur le contrôle du travail à accomplir. A l'instar d'un robot polyarticulé, un cobot est entièrement électrique. Mû par des moteurs brushless et des axes linéaires ou rotatifs, ceci lui permet d'obtenir une grande variété de vitesses de déplacement, ainsi qu'un pilotage très fin et précis.

## La mécatronique au service de l'humain

Le cobot, qui inclut une forte composante logicielle, s'intègre parfaitement dans la stratégie mécatronique de la société RB3D. "Le fait d'être une jeune entreprise nous a permis de démarrer avec des collaborateurs qui ont tous une formation de mécatronicien. L'intégration mécatronique, qui se fait naturellement, nous permet de développer des outils intelligents, adaptés au domaine industriel, et qui ont notamment pour objectifs d'apporter à l'homme puissance et endurance dans ses gestes tout en limitant le risque de TMS (troubles musculo-squelettique) au travail".

Yann Clavel

# Être partenaire dans toutes les étapes de production C'est aller plus loin



Pièces en bande  
pour l'électronique et la téléphonie  
Circuits découpés complexes  
Pièces assemblées et contactées  
par sertissage ou par soudure  
Pièces découpées pour la connectique

Z.I. La Louvière - 1, route de Besançon - F 25 480 PIREY  
Tél. 03 81 47 41 00 - Fax : 03 81 80 94 57 - E-mail : [sopil@sopil.fr](mailto:sopil@sopil.fr)  
[www.sopil.fr](http://www.sopil.fr)

**SOPIL**  
O U T I L L A G E - D É C O U P A G E

CACTUS - FCS Beaumont B.408 237 170 - Photos : Pierre Guénet

**EMISSA** SA **La productivité en marche !**

Jambe-Ducommun 18 - 2400 Le Locle - Switzerland  
Tél : +41 (0) 32 933 06 66 Fax : +41 (0) 32 933 06 60  
[www.emissa.com](http://www.emissa.com) -- [info@emissa.com](mailto:info@emissa.com)

## SPEED TOOL

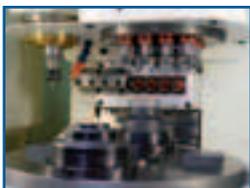


**SUPER  
MAGNUM**



10 broches alternées verticales,  
**changement d'outil < 0,2 secondes,**  
changeur d'outils, broche 40'000 t/min,  
4 broches horizontales,

8 porte-outil de tournage vertical horizontal,  
machine 4 axes horizontal vertical pour opération de  
tournage, contournage, fraisage, perçage, taraudage.



## WIN FLEX TURN MultiBar



**Usinage de 6 pièces en simultané  
Plus de 100 outils  
DU JAMAIS VU DANS LE DÉCOLLETAGE !**



**LA NOUVELLE RÉFÉRENCE**  
dans la **productivité**,  
la **convivialité** de réglage des outils  
et de la programmation.  
**Usinage complet en simultané !**



VENEZ NOUS RENCONTRER : SIMODEC - BASELWORLD - INDUSTRIE

# L'infiniteFocus d'Alicona contrôle les outils de coupe



L'IF-Real3D mesure les rayons, les angles et la rugosité des arêtes de coupe. Source : Alicona

Alicona propose désormais trois équipements de mesure destinés à contrôler les outils de coupe. Ces systèmes de mesure

font partie de la gamme de produits InfiniteFocus. Ils sont basés sur la technologie de variation focale et sont tous les trois des instruments de contrôle-qualité de rugosité et de forme destinés tant aux laboratoires, qu'à la production. L'IF-Real3D mesure en 3D les arêtes de coupe des forets, fraises et tarauds. Il mesure également les rayons, les angles et la rugosité des arêtes de coupe pour les applications de recherche comme pour celles de production. Le module de rotation à 360° permet la mesure des outils sur l'intégralité de leur surface. Grâce à ce système, l'utilisateur augmente la durabilité des outils, améliore la fiabilité du processus de fabrication et optimise la vitesse et

les propriétés de coupe. L'IF-EdgeMaster est un système de mesure automatique de plaquettes de coupe, constitué d'un dispositif optique 3D ergonomique et de haute résolution de mesure de forme, de rayon, d'angle, de rugosité et d'écaillage des arêtes de coupe. Sa rapidité et sa précision en font l'équipement de mesure idéal en environnement de production. L'IF-ToolPrecision est un système de mesure 3D optique automatisé d'ultra-haute précision pour les outils de géométrie circulaire (forets, fraises et tarauds). Il combine les fonctions de machine à mesurer tridimensionnelle, machine de mesure de surface, de circularité et de forme. Il permet l'acquisition simultanée de plus de 30 paramètres en automatique à 360°, sur toute la longueur de l'outil. ■

# Bora : hexapode miniature de positionnement de haute précision

Au dernier salon MesurExpoVision et Espace Laser, l'hexapode miniature Bora, de la société Symétrie (Nîmes – 30) a reçu le trophée de l'innovation dans la catégorie "Contrôles et essais". Bora est un hexapode miniature, constitué d'un plateau de 160 mm de diamètre, pensé et réalisé pour le positionnement et le réglage d'éléments requérant une grande précision suivant les 6 degrés de liberté (Rx, Ry, Rz, Tx, Ty, Tz). Il a séduit autant par sa taille (157 mm de haut) que par sa précision (0,1  $\mu\text{m}$ ) pour positionner un objet de 5 kilogrammes horizontalement ou un objet de 10 kilogrammes verticalement. Ses résolutions en translation et en rotation sont respectivement de 0,1  $\mu\text{m}$  et 2  $\mu\text{rad}$ . La raideur de Bora lui confère une grande stabilité et garantit dans le temps la qualité du positionnement



Une résolution de 0,1  $\mu\text{m}$ , 6 degrés de liberté pour un poids de 4,5 kg !  
Source : Symétrie

(raideur de 1 N /  $\mu\text{m}$  en XY et de 10 N /  $\mu\text{m}$  en Z). L'hexapode Bora se distingue par une étendue de mouvement importante : 30 mm en translation et 20° en angulaire avec une charge utile de 10 kg. Le pilotage de l'hexapode est

facilité par un contrôleur développé par Symétrie. Deux modèles sont disponibles : en version système autonome accessible par une liaison Ethernet ou RS232 et en version avec logiciel de pilotage spécifique.

Bora répond aux applications les plus exigeantes des industries de pointe, notamment les secteurs de l'instrumentation, l'optique, les laboratoires d'essais, l'aéronautique et le spatial, la métrologie, les semi-conducteurs et les nanotechnologies. De plus, il est annoncé avec des options de compatibilité salle blanche et compatibilité sous vide. ■

# scoder

ZA l'Orée du Bois  
1 rue de la Forêt  
25480 PIREY

Tel. : (33) 03 81 48 21 22

Fax : (33) 03 81 48 21 49

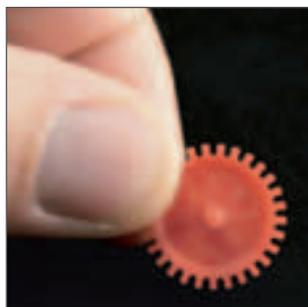
E-mail : [scoder@scoder.fr](mailto:scoder@scoder.fr)

O U T I L L A G E  
D É C O U P A G E  
E M B O U T I S S A G E  
A S S E M B L A G E



## Anticiper **Innover** Créer **LA RÉPONSE GLOBALE À VOS DÉFIS INDUSTRIELS**

Spécialiste de la transformation des matières plastiques par injection  
Étude et réalisation d'outillages pour l'injection  
et le soufflage des matières plastiques



- Tous secteurs d'activité
- Petites, moyennes et grandes séries
- Injection de tous thermoplastiques et technopolymères
- 37 presses à injecter de 20T à 430T
- Mono-matière, presses électriques, bi-matière plateau rotatif
- Étude et réalisation de moule France et LCC



**SIÈGE SOCIAL**

Z.I. du Curtillet - BP 6 - 39170 PRATZ  
Tél. +33 (0)3 84 42 11 91 - Fax +33 (0)3 84 42 20 29

E-mail : [info@rgf-plastique.com](mailto:info@rgf-plastique.com)

[WWW.RGF-PLASTIQUE.COM](http://WWW.RGF-PLASTIQUE.COM)

# La précision nanométrique à faible coût avec TriNano

Le coût de la quête d'incertitude la plus faible possible pour mesurer des objets de plus en plus petits augmente de façon exponentielle avec la miniaturisation.

TriNano propose une solution plus précise et moins chère par rapport à l'état de l'art.



La machine TriNano utilise une table porte-pièce mobile afin de respecter le principe d'Abbe en 3D. Source : Trinano

Engineering BV (Pays-Bas) note cependant que "dans la majorité des cas, les pièces produites en micro-fabrication, n'exigent pas d'avoir une grande plage de mesure. En effet, la plupart

de ces objets ont des dimensions de quelques centimètres (pièces micromécaniques, lentilles, platines de montres, petits engrenages...). Pour mesurer ces petites pièces avec une extrême précision, nous avons décidé de créer une machine de mesure CMM plus rapide et plus économique".

TriNano est une nouvelle machine de mesure de micro-coordonnées destinée à mesurer en 3D des objets dont les dimensions vont du millimètre à quelques centimètres, avec une précision nanométrique. Les Machines de Mesure Tridimensionnelle (CMM) existantes, respectent le principe d'Abbe en 2D voire en 3D, ce principe étant une des méthodes privilégiées pour atteindre une incertitude nanométrique. La plupart de ces machines de mesure sont l'aboutissement de recherches complexes, dans le cadre desquelles le défi consiste à obtenir l'incertitude la plus faible sur une grande plage de mesure. Il en résulte que ce sont des systèmes techniquement complexes et coûteux. Ernst Treffers, directeur du développement commercial de Xpress Precision

de ces objets ont des dimensions de quelques centimètres (pièces micromécaniques, lentilles, platines de montres, petits engrenages...). Pour mesurer ces petites pièces avec une extrême précision, nous avons décidé de créer une machine de mesure CMM plus rapide et plus économique".

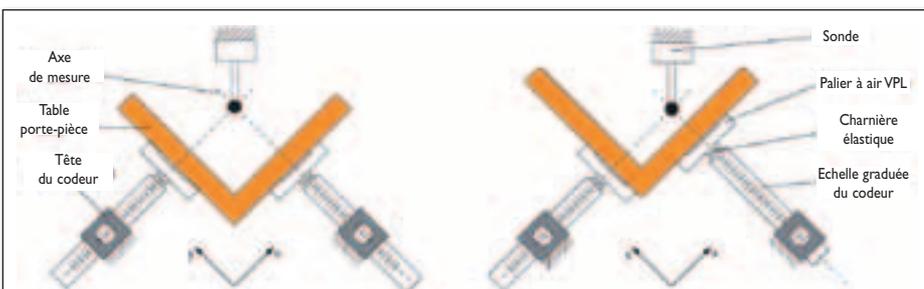
## Des mesures qui respectent le principe d'Abbe

Pour atteindre une incertitude de l'ordre du nanomètre tout en conservant le caractère économique des machines CMM, un nouveau principe de fonctionnement a donc été mis au point. Ce principe utilise une table porte-pièce mobile supportée par des paliers à air (VPL) et une sonde

fixe (palpeur). La table se déplace dans trois directions au moyen de trois plateaux de translation linéaire identiques. Ces plateaux sont placés de manière orthogonale et en parallèle (comme un tripode). Sur chaque plateau linéaire, on a fixé l'échelle graduée d'un codeur linéaire optique. Étant donné que l'orientation de l'échelle graduée ne varie pas par rapport à la sonde, la machine TriNano respecte le principe d'Abbe sur toute sa plage de mesure. On voit en effet sur les schémas que la pointe de la sonde est toujours située à l'intersection des axes de mesure des codeurs.

Outre les économies de coût évidentes qui découlent de la fabrication de trois axes identiques, cette configuration permet des mesures rapides grâce à son excellent comportement dynamique. De plus, le fait de respecter le principe d'Abbe en 3D permet de réduire considérablement les erreurs non répétables et permet à une machine TriNano NI00 d'atteindre une incertitude en 3D de 100 nanomètres sur toute sa plage de mesure. La TriNano est conçue pour être utilisée avec une large gamme de capteurs. Dans la configuration standard, la TriNano sera fournie avec un système Gannen XM sondage. Ce Gannen XM est un système 3D fourni par Xpress Precision Engineering. Il est adapté pour mesurer les caractéristiques de taille sub-micrométrique avec l'incertitude du nanomètre.

Enfin, la TriNano est conçue de telle sorte qu'elle exclut l'usage de matériaux à très faible coefficient de dilatation thermique (en général coûteux). Ce qui a pour conséquence de générer une réduction des prix pouvant atteindre 50 % par rapport à des dispositifs MMT ultra précision classiques.



Principe de fonctionnement schématique en 2D. À gauche, la table porte-pièce est en position neutre. À droite, elle vient d'effectuer une translation dans le sens y. Source : Trinano

Yann Clavel

# EasyPLAST Systems<sup>®</sup>

Polymer Laser Assembling Technology

*Du développement de procédé à l'application industrielle,  
il n'y a qu'un pas.*

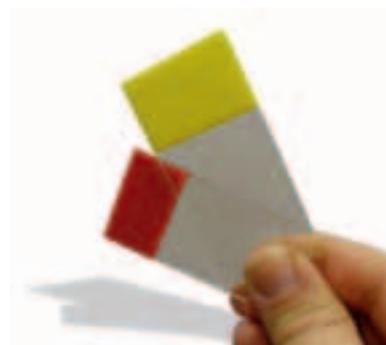


## Le soudage par laser en bord à bord de matériaux plastiques translucides

Une technique innovante aujourd'hui maîtrisée par IREPA LASER.

Une solution industrielle rapide et de qualité pour l'Emballage, le Médical, la Cosmétique, l'Automobile, ...

[www.easy-plast.com](http://www.easy-plast.com)



by IREPA LASER

**oelheld**<sup>®</sup>  
technologies

**Votre spécialiste pour :**  
**vos fluides diélectriques, huiles de**  
**coupe et de rectification**



oelheld technologies SAS • Technopôle de Forbach-Sud • 140, Avenue Jean-Eric Bousch  
57600 Oeting • Téléphone : +33 (0)3.87.90.42.14 • Télécopie : +33 (0)3.87.84.66.91  
E-mail : [hutec@oelheld.fr](mailto:hutec@oelheld.fr) • Internet : [www.oelheld.fr](http://www.oelheld.fr)

Human Technology  
pour l'homme, la nature  
et la machine



# Usinage électrochimique de précision chez PEMTec

L'usinage électrochimique ECM (Electro Chemical Machining) s'opère par dissolution anodique rapide du métal de la pièce à usiner reliée au pôle positif (anode) d'un générateur de courant continu, l'outil d'usinage (cathode) étant relié au pôle négatif. Un liquide conducteur de l'électricité appelé électrolyte sépare l'anode et la cathode à une distance appelée gap, comme en électroérosion par enfonçage (EDM). Le procédé PEM de PEMTec reprend le principe de l'ECM auquel il ajoute une électrode vibrant à une fréquence de 50 Hz, avec un flux d'électrolyte constant. Ce flux permet de chasser les boues de métal en suspension dans le gap. Il en résulte un espace de travail toujours propre sans arc électrique, qui améliore les états de surface, la précision pouvant atteindre jusqu'à 3 à 4  $\mu\text{m}$  suivant le métal usiné.



Selon Alain Funfrock, commercial France PEMTec, l'usinage électrochimique apporte des solutions d'applications jusqu'alors irréalisables d'un point de vue technique ou en termes de rentabilité (50 à 60 fois plus rapide que l'électroérosion !).

Le centre d'usinage électrochimique de précision PEMTec chez MPB à Ligny en Barrois. Source : PEMTec

Parmi les avantages du procédé, citons le fait qu'il n'y ait aucune usure d'électrode, aucune incidence thermique sur la structure métallique et aucun risque de micro-fissure. Le procédé supprime les prestations et traitements de post-usinage, autorise une vitesse d'usinage de 0,1 - 2 mm / min indépendamment de la surface à éroder. Les qualités de surface de l'électrode sont reproduites à valeur identique, la rugosité pouvant atteindre Ra 0,03  $\mu\text{m}$ . Ajoutons à cela l'absence de contrainte mécanique sur la pièce, la possibilité d'usiner des pièces de très fine épaisseur. Et la possibilité de réaliser l'ébauche, la finition, la rectification et le polissage en une opération. ■

## Emag investit dans la finition électrochimique



La finition électrochimique est un process libre de tout contact sans apport thermique. Source : Emag

A l'EMO de Hanovre 2011, Emag proposait une solution d'usinage électrochimique pour alliages à base de nickel et alliages de titane. Les inconvénients de

l'usinage de métaux conventionnel, comme l'usure d'outil, la contrainte mécanique, la formation de microfissures par contrainte thermique, les couches d'oxydation ou encore les post-travaux d'ébavurage n'existent plus avec ce procédé, car il s'agit d'un process libre de contact sans apport thermique.

Emag propose donc trois machines distinctes pour cibler les divers niveaux d'utilisation courants de cette technologie. Avec la première "Basic Standard / Basic Integrated" (BS/BI), l'opérateur charge et décharge les pièces à la main, le système est automatisé à minima sous le contrôle d'un Siemens S7-300 avec un courant de 200

à 5000 A (pulsations de 4000 A maxi) et 30 à 60V. La seconde machine "Comfort Standard / Comfort Integrated" (CS/CI) est basée sur un concept modulaire et dotée d'interfaces hardware et software intelligentes. Par rapport à la version précédente, cette machine autorise des pulsations jusqu'à 20000 A et une liberté verticale supplémentaire de 300 mm. La troisième machine prend 2 aspects "Premium One" et "Premium Two" (PO/PT). Evolutives et modulaires, elles sont destinées aux microstructures 2D et 3D sophistiquées. Leur générateur peut délivrer jusqu'à 40000 A avec des fréquences d'impulsion pouvant atteindre les 100 kHz. Elles sont assises sur une base en granite ou en Mineralit et offrent une précision de positionnement capable d'obtenir un fini surfacique Ra de 0,05. ■



**DIAMAC**  
CUTTING TOOLS

Depuis 40 ans,  
Diamac conçoit, fabrique,  
industrialise et distribue  
des outils coupants standards  
et spéciaux.

ZA F-25330 Cléron  
Tél. +33 (0)3 81 62 23 99  
contact@diamac.fr  
www.diamac.fr

ISO 9001 : 2008

BUREAU VERITAS  
Certification

N° 191 247 A



ISO 14001 : 2004

BUREAU VERITAS  
Certification

N° 191 247 B



**Biomédical**



**Horlogerie**



**Aéronautique**

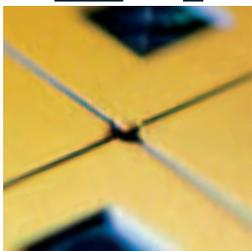
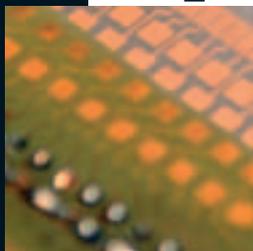


**Automobile**

600 personnes  
7 départements  
de recherche

**savoir-faire**  
automatique  
informatique  
mécanique  
optique  
électronique

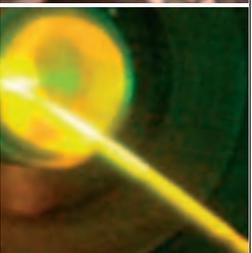
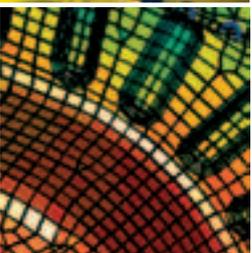
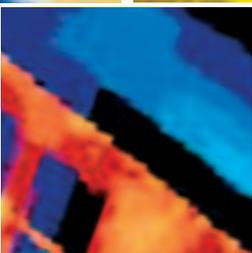
temps-fréquence  
énergie  
microtechniques  
nanotechnologies



INSTITUT DE RECHERCHE

**FEMTO-ST**

cultiver  
l'innovation,  
de la recherche  
fondamentale  
au partenariat  
industriel



**femto-st**  
sciences & technologies

www.femto-st.fr

# Posalux : rester leader mondial des micro-trous en innovant

Comment se diversifier sans se perdre quand on est leader dans un domaine très "niche" ou le marché mondial est occupé par deux sociétés ?

Partant d'un grand savoir-faire régional horloger, Posalux (Bienne – Suisse) a construit son métier et sa renommée sur le micro-perçage de trous d'un diamètre de 100 µm pour les injecteurs diesel. Cette "niche" est devenue au fil des temps un véritable business car il n'y a aujourd'hui dans le monde que deux sociétés sur ce créneau. Et le marché s'est largement développé depuis la fin des années 90 lorsque le moteur diesel a vécu quelques mutations technologiques. Philippe-Emmanuel Grize, responsable du développement commercial chez Posalux, explique que "les normes européennes d'émission, dites normes Euro (en vigueur depuis 1992) ont largement contribué à l'expansion de notre société. En effet, la législation européenne est de plus en

*plus sévère sur les rejets des moteurs à explosion et notre expertise a permis à nos clients de s'adapter aux normes qui diffèrent selon les types de moteurs".*

## De l'EDM à l'hybride EDM assistée par ultrasons

En fait, cette niche reste aujourd'hui un point fort de l'entreprise biennoise, mais avec le temps, elle fut aussi perçue comme une limite lorsqu'il fut nécessaire de se diversifier. Pour s'ouvrir à d'autres marchés, Posalux s'est adressée au cabinet de conseil d'entreprise Objectifresult qui a sélectionné huit marchés en croissance, du médical au cleantech en passant par le spatial, l'horlogerie et les semi-conducteurs. "Cette étude a mis en évidence des besoins d'usinage auxquels aucune technologie ne répondait actuellement. Avec le Laboratoire de Conception de Systèmes Mécaniques (LCSM) de l'EPFL, nous nous sommes orientés vers le développement de systèmes d'usinage ultrasonore pour répondre précisément aux attentes des clients en matière de productivité, précision, prix du marché et matériaux à usiner".

Un premier projet Posalux-LCSM soutenu par la Confédération pour la promotion de l'innovation (CTI), s'est achevé par la livraison à l'entreprise d'un prototype fonctionnel, qui marie électroérosion et usinage ultrasonore. "En faisant vibrer nos outils à 20 kHz et à une amplitude de 5 µm, on gagne 25 % de productivité. Nos clients, fournisseurs de rang 1 de l'industrie



Giuseppe Cusanelli (à gauche) et Philippe-Emmanuel Grize (à droite) de la société Posalux. Source : Posalux

*automobile, sont extrêmement intéressés par ces développements qui leur permettent de faire des économies substantielles".*

## Et si l'on supprimait l'EDM pour des matériaux non-conducteurs ?

La quête d'innovation aurait pu s'arrêter là, mais Posalux sait très bien que son métier de base est historiquement centré sur l'électroérosion. Et comme cette technologie suppose que le matériau soit enlevé par des décharges de courant électrique, elle limite le champ d'action de l'entreprise aux matériaux conducteurs. Et la conclusion d'Objectifresult dit explicitement qu'il n'existe pas aujourd'hui de moyens industriels dans la niche des trous de 50 à 500 microns dans les matériaux durs non-conducteurs.

Un second projet CTI a donc démarré entre Posalux et LCSM, plus orienté R&D, où il est question de supprimer l'EDM pour ne garder que les vibrations. Il s'agit alors de marier un procédé utilisant des micro-poudres abrasives et les ultrasons pour usiner des matériaux tels que la céramique, le verre, le saphir... pour des applications dans les domaines de l'opto-électronique, l'horlogerie ou le médical (micro-fluidique). ■

Jean-Yves Catherin



La Microfor HP4 Hybrid EDM possède 4 têtes et utilise une technologie mariant ultrason et EDM. Source : Posalux

# roland bailly s.a.



- ▶ un seul interlocuteur
- ▶ 3 métiers complémentaires
- ▶ une solution globale clé en main

Un concept original d'industrialisation de vos pièces plastiques, de la conception de la pièce à la périphérie de votre machine automatique.

## Dépt. Microplast

- Etude - Fabrication de **Moules de haute précision**
- **Micromécanique**
- Travaux d'usinage par **Electro-érosion à fil - Enfonçage**
- Microperçage
- **Production de micropièces** techniques en matière synthétique injectée
- **Surmoulage**



## Dépt. Vibration



- **Techniques d'alimentation - Distribution - Sélection**
- **Triage de pièces par bols vibrants - Centrifugeuses**
- **Élévateurs...**
- **Vibrateurs linéaires - Convoyeurs à bande et à rouleaux**
- **Trémies de stockage...**
- **Périphériques** pour machines automatiques pour toutes industries



5, rue Bernard Palissy - Z.I. Trépillot - BP 1103 - 25002 Besançon Cedex - France  
Téléphone (0033) 03 81 50 48 77 - Télécopie (0033) 03 81 50 22 69  
<http://www.roland-bailly.fr> - <http://www.roland-bailly.com> - e-mail: [info@roland-bailly.fr](mailto:info@roland-bailly.fr)



# Micro-machine : le CTDEC investit dans l'ultra-précision

Dans l'optique de pouvoir mettre au point les techniques d'usinage des pièces d'alignement du faisceau du futur collisionneur du CERN, le CTDEC s'est doté de la première micro-machine d'usinage vendue par le consortium japonais DTF.

Micronora a consacré un dossier aux micro-usines (n° 109) dans lequel il était question des micro-machines d'usinage. Aujourd'hui, le salon Intercut qui s'est déroulé à Cluses (74) nous offre l'occasion de revenir sur le sujet avec un éclairage particulièrement intéressant. Rappelons d'abord le contexte... Le Japon est une île (sur un espace restreint) et les Japonais souhaitent faire des économies de place et d'énergie dans leurs ateliers. Ils ont aussi besoin de disposer de machines de plus en plus précises à moindre coût et s'orientent vers des machines plus flexibles afin de s'adapter facilement et sans perte de temps aux changements de séries et aux variations de taille de lots.

## Le consortium DTF invente "l'usine sur un bureau"

Pour cela, ils ont développé le consortium DTF (DeskTop Factory), soit "l'usine sur un bureau". Le principe est de produire des pièces de petites tailles avec des équipements de petite dimension, en spécialisant les machines sur un faible nombre d'opérations plutôt que de disposer de machines encombrantes capables de "tout faire". Ce consortium a été créé en 2000 au Japon, dans la préfecture de Nagano (tradition horlogère). Ce lieu ne devait rien au hasard, car la ville possède de nombreuses implantations d'usines Seiko et de leurs sous-traitants, qui avaient d'énormes besoins de miniaturisation des outils de production. En 2002, le lancement des groupes de travail pour l'usinage de précision, les traitements de surface et la standardisation, s'appuyait sur 20 partenaires (14 entreprises et 6 instituts). En 2003, un centre de tournage DTF et une machine



La machine Multi-Pro MPX de Takashima.  
Source : CTDEC

de nettoyage/traitement de surface furent présentés lors du Suwa Messe, à Suwa. Depuis 2003, les Japonais ont fait le tour du monde pour présenter les technologies développées. Les membres du consortium DTF ont développé des machines pour de nombreuses applications : tournage, micro-perçage, fraisage, traitement de surface, lavage, injection plastique, marquage, électro-érosion...

## Les micro-machines conçues par DTF

Le tour DTF présenté en 2003 à Suwa a des caractéristiques techniques surprenantes. Au niveau de ses dimensions extérieures, il tient sur une feuille A3 (295 x 420 mm). Il est constitué d'une broche de tournage tournant à 7000 tr/min avec une puissance de 200 W, et d'une broche de fraisage latérale un axe, avec là encore une vitesse de 7000 tr/min et une puissance

de 200 W. La tourelle de tournage indexée comporte 6 outils et le magasin d'outils fraisage dispose de 3 outils de fraisage. Les courses en X, Y et Z sont respectivement de 50, 300 et 50 mm. De plus, la machine est pilotée par un PC (absence de CN) avec une architecture ouverte.

Une machine de micro-perçage DTF a été réalisée par la société Bissiah. Elle permet de percer des trous de diamètres allant de 0,03 à 0,3 mm. Elle est instrumentée avec un capteur de couple et un capteur d'effort (avance).

Le combiné fraisage-tournage de Toyosk est composé de 2 machines (largeur 45 cm, profondeur 115 cm) positionnées côte à côte et couplées avec 2 bras manipulateur et un pupitre de commande (ou pilotées par ordinateur).



Le combiné fraisage-tournage de Toyosk est composé de 2 machines.  
Source : DTF/Toyosk

suite page 29

# CUIVRE GRAPHITE

## Reconnaître les signes du temps

### Graphite – Le matériau pour le profit

Le cuivre, c'était hier. Celui qui voudra travailler économiquement, utilisera demain le graphite comme électrode. Comme cette transition doit être optimale et comme le graphite magnifie le processus EDM, notre service Client se doit de vous accompagner: Formation graphite, Applications, Conception des électrodes, Centre d'usinage pour le graphite, et même vous fournir le graphite.

Toutes les questions  
que vous vous posez et  
tout ce qui peut faciliter  
cette transition est sur  
[www.gfac.com/fr](http://www.gfac.com/fr)  
Tél: 01 69 31 69 00



Customer Services

+GF+

AgieCharmilles

**3 JOURS D'ÉCHANGES DÉDIÉS À LA SOUS-TRAITANCE INDUSTRIELLE DU QUART SUD-EST**

agence-agithe.com

27, 28 ET 29 MARS 2012  
Parc des expositions - Valence

**340 exposants**  
Mécanique, tôlerie,  
plastiques, machines spéciales,  
traitements et revêtements,  
électronique, fournitures et  
services à l'industrie...

**5000 visiteurs**  
EXCLUSIVEMENT SUR INVITATION

► **Contactez-nous au 04 75 75 70 10**

[www.rist.org](http://www.rist.org)

CHAMBRES DE COMMERCE  
ET D'INDUSTRIE

# LEO & ASSOCIÉS

ASSURANCES – PLACEMENTS – AUDITS – CONSEILS

Une équipe de spécialistes en assurances  
et audit des risques d'Entreprises  
métallurgiques, microtechniques  
et micromécaniques.

- Dommages aux biens  
Pertes exploitation
- Risques techniques  
(Bris de Machines, Montage, Essais)
- Responsabilités Civiles  
(Dirigeants, Mandataires Sociaux ...)
- Marchandises transportées  
(Monde Entier)
- Protection Juridique
- Gestion et protection du poste clients  
(Assurance Crédit, Affacturage)
- Transmission d'Entreprise  
Etude patrimoniale
- Régime collectif de Prévoyance  
Retraite
- Epargne salariale
- Protection du dirigeant
- Protection Homme Clef

LEO & ASSOCIÉS

Parc Astrea – ZAC Lafayette – 27 A rue Clément Marot – 25000 BESANÇON  
Tél. : 03 81 48 32 32 – Fax : 03 81 50 77 76  
E-mail : [service.entreprise@leoetassocies.com](mailto:service.entreprise@leoetassocies.com)

N°ORIAS 07001461-07027901-07028644-07031229  
Registre d'immatriculation des intermédiaires d'assurances : <http://www.orias.fr>  
Garanties financières et assurances responsabilité civile conformes aux articles L530-1 et L530-2 du code des assurances

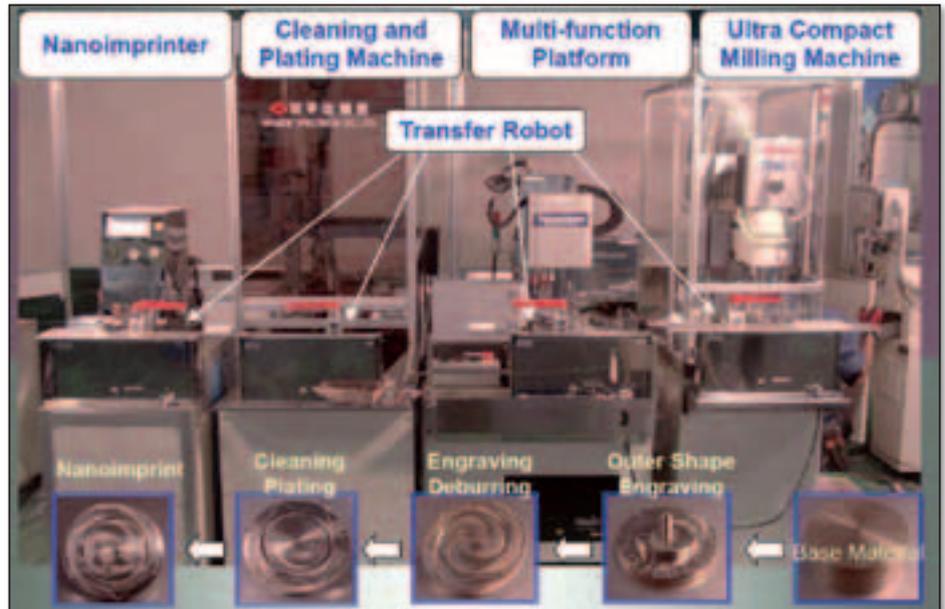
Elles sont équipées de broches d'une puissance de 1 kW, tournant de 100 à 10000 tr/min en tournage et de 100 à 15000 tr/min en fraisage. Elles ont toutes deux des courses de 100 x 100 x 100 mm selon les 3 axes X, Y et Z. Elles ont une précision en positionnement de 5 µm et en répétabilité de 2 µm.

Une machine de nickelage (Naruto-150) qui fonctionne avec un système de tambour et 6 réservoirs de 1 litre, permet de traiter des pièces d'un diamètre de 2 à 10 mm et de longueur maxi 10 mm, avec un temps de cycle de 70 secondes.

Une autre machine "multi-rôles" baptisée MPX (produite par Takashima) permet de faire du perçage / gravage, du fraisage 3 axes et de l'électro-érosion. Dotée d'une table de 33 x 23 cm, elle a une largeur de 48 cm, une profondeur de 72,5 cm et pèse 140 kg. Elle peut être équipée de broches tournant de 12 à 20000 tr/min ou de 5 à 60000 tr/min et peut recevoir un changeur d'outils.

### Le CLIC du CERN et ses exigences diaboliques

En fait, cette machine MPX est à Cluses au CTDEC depuis un an, c'est même la toute première machine de ce type vendue hors du Japon. L'affaire est donc loin d'être banale ! Son origine a été relatée dans nos pages (Micronora n°112 : Mu-2010, le projet de tous les défis et Micronora n°116 : Usiner et contrôler au micron : les défis mécaniques de demain). Le CLIC (CERN LInear Collider) est un accélérateur linéaire (en opposition au LHC circulaire), prévu pour les années 2020. Ce collisionneur électron / positron de 48 km de long sera constitué de 2 canons (structure accélératrice) au



Un atelier complet de démonstration sur 6m2 a été réalisé, dans le cadre d'un salon, réunissant des opérations de fraisage, gravage, nettoyage / traitement de surface et marquage. Source : DTF

cœur de 2 tunnels de 24 km et générera au centre un gigantesque impact. Les exigences géométriques sont extrêmes : alignement à 10 µm sur 100 m dans le tunnel et stabilité nanométrique des faisceaux ! La succession des cavités résonantes radiofréquences sera constituée soit de quadrants, soit de disques. Comme il en faudra des milliers pour garnir les tunnels sur 48 km, il s'agit là d'un véritable défi industriel d'usinage. Avec une première question difficile : quelle est la machine-outil capable de relever ce défi ? Après avoir listé de manière exhaustive l'origine des défauts en usinage haute précision, Vincent Moreau, ingénieur au CTDEC, explique que "ce devait être un centre d'usinage de finition avec 3 axes, équipé d'une broche de précision élevée, possédant une architecture ouverte pour des travaux de R&D et doté du meilleur rapport précision / prix". Autre exigence : pouvoir influencer sur tous les paramètres d'usinage.

La machine MPX décrite plus haut est effectivement une plateforme multi procédés (électroérosion, fraisage, gravage...), possédant un bâti en H symétrique, des entraîne-

ments par vis à billes, des guidages par glissières à billes haute précision, des courses en X, Y et Z de 200, 180 et 100 mm et des règles optiques sur chacun des axes. De plus, annoncée avec une répétabilité de 1 µm, elle a été testée à Cluses et confirmée à 1,1 µm.

### Quels avantages pour quels marchés ?

L'avantage premier des micro-machines, c'est le gain de place qu'elles génèrent dans les ateliers. C'est aussi leur faible consommation d'énergie, la flexibilité des équipements, l'architecture ouverte et l'intégration facile dans une chaîne de production. C'est aussi la gamme des machines disponibles depuis les micro-perçages jusqu'à l'injection plastique en passant par de multiples applications "mécaniques". Sans compter tous les concepts créés autour de ces micro-machines, qui en font aujourd'hui une solution globale. Les inconvénients principaux sont la faible puissance des broches, le travail en lopin ou sur ébauche et la nécessité d'avoir des dimensions d'outils appropriés. Côté marché, tous les industriels en demande de petites pièces, précises et en petites séries sont potentiellement intéressés par ces micro-machines. ■

Jean-Yves Catherin

Schéma montrant l'aspect multi-rôle de la MPX. Source DTF/CTDEC



# OSER, C'EST PENSER QUE RIEN N'EST IMPOSSIBLE



Oser, c'est relever les défis d'une économie en évolution permanente mais c'est aussi anticiper le futur de vos activités.  
La Banque Populaire Bourgogne Franche-Comté met à votre disposition l'expertise nécessaire pour faire face à vos enjeux.

**BANQUE POPULAIRE**  
**BOURGOGNE**  
**FRANCHE-COMTÉ**  

---

**BANQUE & ASSURANCE**

Retrouvez-nous sur Internet  
[www.bpbfc.banquepopulaire.fr](http://www.bpbfc.banquepopulaire.fr)

  
**LA BANQUE**  
**QUI DONNE ENVIE D'AGIR**

# Changement d'outil en 1,2 s pour la Milltap 700 de DMG / Mori Seiki



La Milltap 700 est peu exigeante en entretien du fait des capotages statiques.

Source : DMG/Mori Seiki

La Milltap 700, première machine réellement co-développée par les deux constructeurs, a fait son entrée sur le marché des machines de perçage-fraisage très productives avec un changeur d'outils rapide doté de 25 postes, et un changement d'outil en 1,2 secondes (du fait du changeur d'outil dynamique). Parmi les caractéristiques remarquables de cette machine, et au-delà de son design très agréable, on notera sa construction robuste, l'écoulement optimal des copeaux, l'évacuation de ses copeaux par l'arrière en temps masqué et son faible encombrement, comparativement

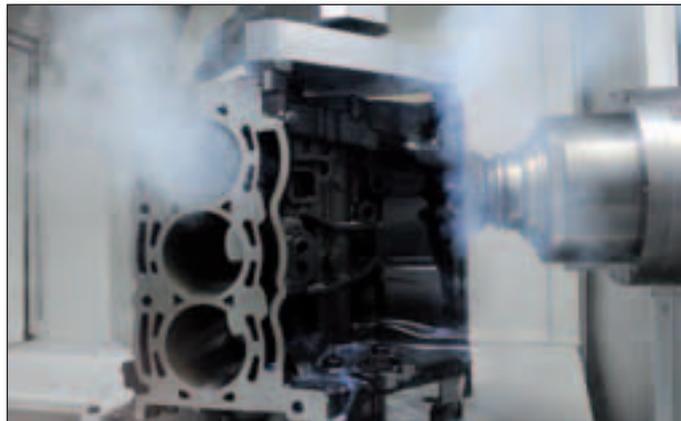
aux machines concurrentes. La vitesse de déplacement rapide de 60 m/mn dans tous les axes et l'accélération à 10 / 10 / 16 m/s<sup>2</sup> (X / Y / Z) permettent de réduire les temps improductifs dans la grande aire d'usinage de 700 x 420 x 380 mm. La commande moderne et rapide Siemens 840D solutionline (en option avec ShopMill) avec usinage rapide des blocs et la construction très rigide, autorisent l'usinage des géométries précises et complexes avec une bonne qualité de surface. La Milltap 700 se distingue également par sa consommation d'énergie réduite de 30 % par rapport aux machines de sa catégorie. Autres caractéristiques : un encombrement réduit et compact (1 650 mm de largeur), une broche à 45 Nm 10 000 tr/mn (en option 24 000 tr/mn). ■

La récente fusion entre DMG et Mori Seiki a donné naissance au premier constructeur mondial de machines-outils. Et pour marquer cette puissance, le groupe a frappé un grand coup à l'EMO de Hanovre avec un stand géant de 7 600 m<sup>2</sup>.

## MAG IAS usine le titane à -196°C

L'usinage cryogénique est une innovation peu banale présentée par l'américain MAG IAS, le plus grand fabricant américain de machines-outils. Le processus multi-breveté utilisant l'azote liquide (-321°F soit -196°C) a été développé sur plusieurs années par Creare Incorporated, HM Dunn et MAG IAS, en collaboration avec Lockheed Martin pour l'avion F 35 Lightning II. Une bouteille d'azote liquide intégrée à la machine délivre l'azote liquide à 1,5 bars à travers des circuits créés dans la broche, l'outil et chaque plaquette de la fraise. Le fluide arrive ainsi à l'endroit où il est utile pour refroidir l'outil et les matériaux difficiles à usiner : titane, alliages Inconel, aciers durcis.

Le système de lubrification a été développé en partenariat avec Walter. Embarqué sur le robot (Kuka), il est destiné à améliorer les conditions de coupe dans les métaux, en assurant un refroidissement optimum et une fragmentation rapide du copeau.



L'azote liquide passe à travers des circuits créés dans la broche, l'outil et chaque plaquette de la fraise.

Source : MAG IAS

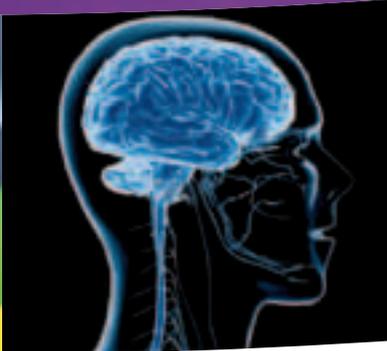
Selon Michael Judge, vice-président du développement commercial cryogénique de Lockheed Martin, cet usinage pourrait améliorer considérablement l'efficacité de la production du F-35 composé d'environ 25 % de titane. "C'est l'une des plus grandes percées dans l'histoire de la métallurgie et elle promet de repenser d'une part les vitesses d'usinage et les coûts des matériaux difficiles à usiner (qui sont critiques dans

l'aéronautique), d'autre part l'entrée en usage courant dans les applications de l'industrie automobile et générale. En plus du gain sur l'enlèvement de métal et la durée de vie de l'outil, l'usinage à faible débit cryogénique est un procédé de fabrication écologique qui va produire une cascade de réductions de coûts supplémentaires en éliminant ou en minimisant considérablement, l'utilisation de liquides de refroidissement". ■

**TEMIS**  
 BESANÇON  
 TECHNOPOLE MICROTECHNIQUE & SCIENTIFIQUE

Pôle national de Formation en microtechniques  
 Pôle européen de recherche en micro et nanotechnologies  
 Pôle entrepreneurial au service de l'Innovation

# Made in TEMIS pour le monde entier



incubateur - pépinière - immobilier locatif - terrains

**TEMIS, site référence en France où les potentiels micro et nanotechnologiques s'affirment comme vecteur de votre croissance.**

**Un système réseau pour entreprendre et innover sur les secteurs à forte valeur ajoutée : billétique, aéronautique, biomédical, horlogerie...**

**Entre Lyon, Strasbourg et Genève, un pôle d'excellence microtechniques :**

- 5' de l'Autoroute A36 (Paris-Mulhouse)  
10' de la gare TGV du Grand Besançon (230 000 habitants)
- Lyon, Strasbourg et Genève = 2h
- Paris = 2h
- Bâle-Mulhouse = 1h30  
Lyon Saint-Exupéry et Genève = 2h



Besançon, créateur de valeurs !

LES PÔLES DE COMPÉTIVITÉ

**TEMIS**  
 BESANÇON  
 TECHNOPOLE MICROTECHNIQUE & SCIENTIFIQUE

[www.temis.org](http://www.temis.org) 03 81 50 46 95



# ChatterMaster : des solutions innovantes contre les vibrations

ChatterMaster est un outil de diagnostic des vibrations d'usinage qui inclut des propositions de solutions. Il est développé et commercialisé par la start-up Vibration (Tarbes – 65), issue de l'ENI de Tarbes. Ce logiciel est le fruit de dix années d'études approfondies sur le sujet au sein du laboratoire et de quatre années de développements spécifiques, avec la collaboration à différentes étapes de Ford, Bosch, Safran, Boostec, Dassault... Il permet en deux heures de faire un diagnostic complet du problème de vibration d'usinage et de définir des solutions applicables immédiatement (paramètres d'usinage, stratégie, porte-pièce, porte-outil, angles outil...), ce qui constitue une véritable révolution dans le domaine de l'usinage. Il intègre des modèles des différents aspects de



Séance de formation pour l'acquisition de ChatterMaster. Source : Vibration

l'usinage, un moteur d'analyse type logiciel expert (en utilisant le langage naturel de l'usineur), et une base de données des solutions adaptées à chaque situation.

Au niveau des applications industrielles, il permet de résoudre des problèmes à chaud (outils cassés, états de surface, bruits...), de trouver une vitesse, un outil,

un porte-outil adapté, de préciser une stratégie d'usinage et de déterminer une marge de sécurité ou des indicateurs précurseurs. Il permet également d'anticiper des problèmes (parois fines, outils longs, pièces à problèmes...), de former et faire coopérer les différents acteurs (programmation, mise au point, opérateur, sous-traitance...), de détecter les problèmes en amont (avant usinage) et enfin de comparer des stratégies.

L'approche a déjà conduit à développer des solutions également innovantes en termes de capteurs et de systèmes d'amortissement spécifiques à l'usinage. ■

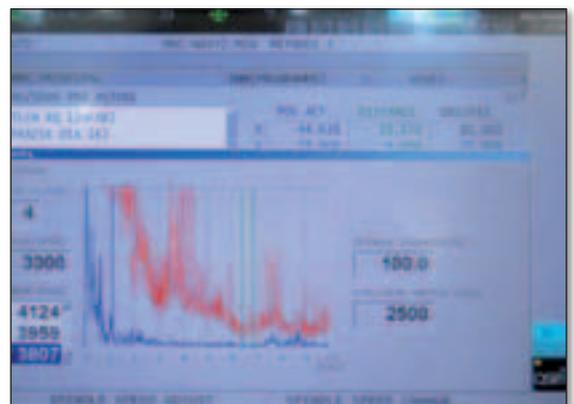
# Mach Navi de Codem pour en finir avec les vibrations

Fin 2008, Okuma avait présenté une fonction CN qui permettait la détection et la suppression des vibrations. Cette nouvelle fonction anti-vibration était une réelle avancée, mais ne correspondait pas à l'attente des utilisateurs, les vibrations n'étant en effet pas si courantes dans les ateliers. L'innovation baptisée "Mach Navi" réside dans le fait d'avoir enrichi cette avancée d'une fonction de détermination des conditions de coupe optimales (vitesse) afin d'améliorer la productivité.

Fabrice Crassin, technicien application Codem, explique le fonctionnement de Mach Navi : "Dans le programme, nous donnons au départ une vitesse de rotation sans être certain qu'elle soit bonne, vitesse qui peut générer des phénomènes de résonance et des vibrations dommageables pour la pièce. Lorsqu'on lance le programme avec la rota-

tion de départ, grâce à un micro ou une sonde installé dans la broche, Mach Navi calcule la fréquence de résonance et indique une vitesse de rotation qui pourra éviter cette vibration. Contrairement à la pratique "approximative" des opérateurs qui baissent la vitesse et augmentent l'avance, cette technique a l'avantage de ne jouer que sur la vitesse".

Mach Navi permet d'améliorer la productivité (un usinage de qualité peut être réalisé, même en approchant les limites de vitesse de l'outil et de la machine) et d'augmenter la durée de vie des outils (pas d'essais répétitifs avec des outils onéreux pour déterminer les conditions de coupe dans des matériaux durs). Il permet égale-



Mach Navi calcule la fréquence de résonance et indique une vitesse de rotation qui améliore et évite les vibrations. Source : Codem

ment de réduire les rebuts (plus d'échecs lors des usinages tests sur des matériaux chers) et d'essayer de nouveaux matériaux et outils (dont l'usage était trop compliqué avant l'existence de cette fonction). ■



# EDGE et DeQualC pour des solutions de coupe plus performantes

Le CTDEC investit dans deux projets d'amélioration des conditions de coupe :

EDGE a pour ambition de fabriquer des outils spéciaux à haute performance en 1 jour tandis que

DeQualC se propose de mieux comprendre l'usure des poinçons de découpe et des outils de tournage.

EDGE est le fruit d'une collaboration entre le CTDEC, le CETIM, l'ENISE et les Arts et Métiers Paristech. Il a débuté en juin 2011 pour une durée de 18 mois et concerne l'industrialisation des outils spéciaux à hautes performances. Actuellement, la fabrication des outils coupants offre de nombreuses pistes d'amélioration. Leur qualité et le délai de réalisation mettent en jeu des paramètres tout au long du processus de fabrication (réactivité, répétabilité, amélioration de la qualité des arêtes de coupe, chaînage numérique complet de la gamme de fabrication...). Aujourd'hui, le délai moyen d'obtention d'un outil spécial est de 3 semaines. EDGE a pour objectif de ramener ce délai à 1 jour, et d'assurer aux utilisateurs la fourniture d'outils aux caractéristiques identiques à chaque fois.

## Une demande de 20 % standard et 80 % spécial

Selon Christophe Caulin, Ingénieur R&D Enise Saint-Etienne, la cible industrielle vise à la fois les utilisateurs et les fabricants d'outils. "Côté utilisateurs, les Grands



Séquence d'usinage sur un centre d'usinage MGP 300. Source : Cinetic Machining

Comptes ont besoin de gagner en temps de production (outils spéciaux) et d'avoir davantage de stabilité des process, tandis que les PME de la mécanique ont davantage besoin de mettre en place des prototypes et d'avoir pour cela des délais d'approvisionnement très courts. Les fabricants d'outils ont vécu depuis 10 ans un véritable renversement des valeurs. En effet, si en 2000, la répartition de leur production était d'environ 80 % d'outils standards pour 20 % de spécial, aujourd'hui, c'est exactement l'inverse (20 % standard et 80 % spécial)".

Le projet comporte trois phases. Deux axes de R&D, l'un assez fondamental concerne la méthodologie de choix des conditions d'affûtage, l'autre plus applicatif vise la conception d'un démonstrateur industriel dont l'objectif est d'une part de valider le fonctionnement d'une chaîne numérique complète du processus de fabrication des outils, d'autre part d'effectuer une veille active sur les solutions de mesure des outils coupants. Viendra ainsi la phase de mise à disposition du démonstrateur pendant 6 mois, afin de mener l'évaluation technico-économique de cette nouvelle chaîne de production.

## DeQualC : vers l'outil coupant de demain

DeQualC (Découpage Qualité Compétitivité) sera mené durant 3 ans en collaboration avec le Pôle des



De plus en plus d'outils spéciaux avec des délais d'approvisionnement très courts. Source : Ceratizit

Microtechniques et le Pôle Nucléaire de Bourgogne. Patrice Laurent, responsable R&D Innovation CTDEC, explique que l'objectif du projet est de comprendre l'usure des poinçons de découpe et des outils de tournage. "Il permettra à terme de proposer une méthodologie et des moyens de caractérisation de l'usure des outils de mise en forme par enlèvement de matière, (découpage, usinage, emboutissage, pliage...). L'étude sera réalisée en amont par le pôle des Microtechniques dans le secteur de la découpe, activité industrielle de pointe en Franche-Comté. Les ingénieurs du CTDEC s'appuieront ensuite sur l'expérience acquise pour la mettre en application dans le décolletage. Le lien vers le secteur de la découpe ouvert par ce projet, permettra vraisemblablement aux deux secteurs industriels d'échanger plus de données et d'avancer plus rapidement vers une parfaite connaissance des mécanismes de mise en forme de pièces par enlèvement de matière".

Jean-Yves Catherin

# Découvrez le nouveau site internet dédié aux traitements des matériaux !



[www.traitementsetmatériaux.fr](http://www.traitementsetmatériaux.fr)



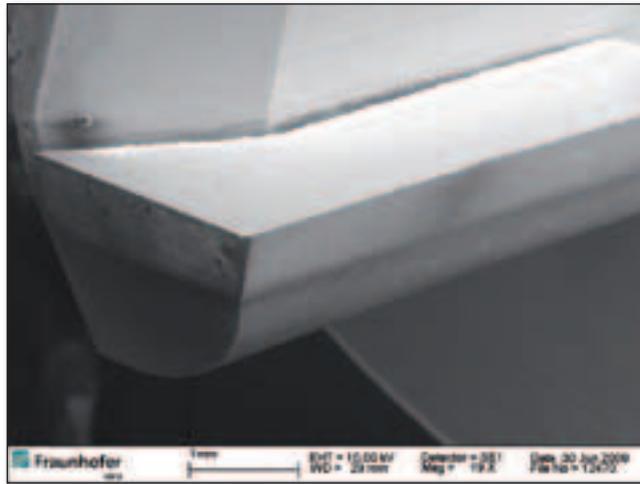
- Les actualités de la profession en temps réel
- Des dossiers complets répondant aux problématiques de vos métiers
- Une base de données produits et services
- Un annuaire professionnel pour trouver votre prestataire en un clic
- Et encore bien d'autres services...

## Traitements & Matériaux

LE SITE INFO-SERVICES DES PROFESSIONNELS DU TRAITEMENT THERMIQUE ET DE L'INGÉNIERIE DES SURFACES

# Le CVD-D, ou l'histoire du PCD Killer

Après les outils carbure, puis le PCD et le CBN, le spécialiste en fabrication d'outils diamant Masnada Diamant Industrie est passé au CVD-D (Chemical-Vapour-Deposition of Diamond) en film épais. Ce matériau possède la dureté la plus élevée et la plus grande résistance à l'abrasion parmi tous les matériaux de coupe existants. Le procédé de fabrication du CVD-D diamant en film épais utilise un réacteur sous vide à des températures proches de 1200°C où de l'hydrogène et du méthane vont générer un plasma sous arc. Ce plasma réduit en carbone dépose le diamant pur sur le substrat (sans ajout de catalyseurs/liants métalliques). Sur la surface du substrat basique, les cristaux de diamant grossissent jusqu'à former une couche constante polycristalline, avec une orientation anarchique des cristaux. La couche sera enlevée du substrat et coupée au laser en segments qui seront brasés sur des outils de coupe.

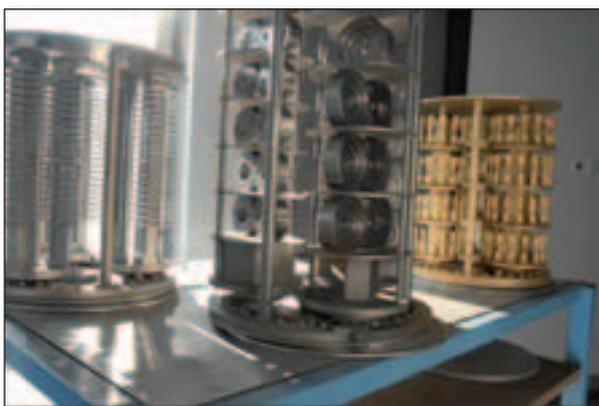


Le microscope à balayage du Fraunhofer Institute met en évidence l'arête d'une fraise CVD-Diamant obtenue brut de laser (acuité 2µ).  
Source : Masnada/Fraunhofer

Le "Diamant CVD en film épais" ne peut pas être rectifié économiquement avec les procédés de rectification actuels utilisés dans le monde entier par les fabricants d'outils. Grâce à l'abrasion laser contrôlée, des arêtes de coupes "laserisées" peuvent être produites.

L'usinage d'alliages d'aluminium et de magnésium, mais aussi l'usinage de nombreux matériaux non ferreux où le diamant est utilisé comme matériau de coupe, sont des champs d'applications dans lesquels le CVD-D apporte des gains importants. Généralement, les segments de diamants sont brasés sur une base carbure, avec un angle d'attaque de 0° ce qui ne permet pas la formation de copeaux ni de briser le copeau. ■

# Les revêtements PVD nanocomposites de DMX



Un outil coupant requiert des paramètres de traitement différents de ceux d'un poinçon, d'une matrice, ou d'une empreinte de moule.  
Source : DMX

DMX implanté à Cluses (74) a choisi la technologie Platit, pour les équipements de revêtements métalliques sous vide. De nouveaux revêtements PVD ont été développés en partenariat avec Platit et adaptés à de nombreux types d'applica-

tions : poinçons, matrices, outils coupants, éléments périphériques et empreintes de moules, matériels d'implantologie dentaire et médicale... Les nouveaux revêtements PVD permettent ainsi d'accroître les performances des outillages en termes de résistance à l'abrasion, à la corrosion, à l'oxydation à chaud, au collage...

Rappelons que lors du dépôt métallique PVD par arc, les pièces à revêtir

sont placées dans une enceinte sous vide ( $10^{-5}$  mbar) et montées à une température comprise entre 300 et 500°C. Une fois la mise sous vide réalisée et la température atteinte, le métal constitutif du revêtement est sublimé à partir des cibles à

l'aide d'un arc électrique et passe à un état gazeux fortement ionisé. Ce métal ionisé est alors combiné avec différents gaz au sein d'un plasma pour former le composé recherché. En créant une différence de potentiel avec les substrats à revêtir, les composés ainsi formés s'empilent pour former la couche du revêtement. DMX a ainsi créé des couches plus ou moins complexes (TiCN, TiAlN, AlTiN, AlCrN, TiAlCN, TiAlCrN, ZrN, CrN...) et a également mis au point des couches dures et spéciales à base de revêtements nanocristallins. Caroline Chouquet, responsable R&D DMX, a récemment procédé à des essais de chariotage dans du 42CrMo4, et l'utilisation du revêtement nanocomposite DM2530 a permis une réduction d'environ 40 % de l'usure en dépouille par rapport à un revêtement TiN et d'augmenter les vitesses de coupe de 110 à 150 m.min<sup>-1</sup>. ■

# Le Répertoire

de la **Machine Outil**



Nouveau moteur de recherche

Tous les produits du Répertoire de la Machine Outil sont accessibles en ligne sur le site

[www.machine-outil.com](http://www.machine-outil.com)



Nouveau design

Gratuit, à votre disposition :

**2 250 fiches produits**

**4 500 actualités**



En ligne depuis 10 ans

# "Plus que jamais, sans innovation point de salut !"

Micronora, salon international des microtechniques et de la précision, se tiendra à Besançon du 25 au 28 septembre 2012. Michèle Blondeau, Directeur Général du salon, nous explique pourquoi, face à un contexte économique et financier préoccupant, le succès de Micronora ne cesse d'augmenter.



## Quels ont été les effets de la crise sur votre précédente édition de 2010 ?

Malgré la crise, Micronora a bien résisté, et a même enregistré un taux significatif de nouveaux exposants (34 %).

## Face à une nouvelle crise, comment se présente le salon 2012 ?

La commercialisation est très bien engagée. Si l'on compare à la précédente édition, nous enregistrons à ce jour le double d'inscriptions. Un très heureux présage ! Force est de constater qu'actuellement, face à la crise financière, l'économie réelle reste bien orientée. Jamais le décalage n'aura été aussi grand ! Malgré quelques ralentissements ponctuels, il semble que la dynamique de reprise à l'œuvre depuis un an, n'est pas réellement remise en cause, même si la visibilité reste faible.

## Y compris pour le secteur machines-outils ?

En 2009, le secteur de la machine-outil avait particulièrement souffert. Or, depuis un an, les entreprises réinvestissent dans leurs équipements de production, et ce dynamisme devrait perdurer en 2012.

D'ailleurs, les exposants de Micronora qui avaient réduit la voilure en 2010 réservent de plus importantes surfaces pour la prochaine édition.

## Comment expliquez-vous que Micronora résiste aussi bien ?

Micronora doit son succès au fait qu'il est un salon de niche. Aujourd'hui, les microtechniques occupent une place de plus en plus importante dans l'industrie mondiale et représentent l'un des secteurs les plus dynamiques. Avec des champs d'applications innombrables et la possibilité de transférer leurs technologies d'un secteur à un autre, les microtechniques possèdent un atout indéniable qui permet aux entreprises de se diversifier et de s'ouvrir à de nouveaux marchés. Mais au-delà de cette spécificité, d'autres facteurs expliquent le succès du salon : sa périodicité (biennale), sa taille humaine et son caractère convivial.

## Investir serait donc une bonne manière de résister aux crises ?

Si les entreprises démontrent chaque jour leurs solides capacités à rebondir, les PME qui s'en sortent le mieux sont celles qui se diversifient, innovent, investissent et s'ouvrent à l'international. Plus que jamais, sans innovation point de salut !

## Peut-on dire du salon Micronora qu'il est une vitrine des technologies innovantes ?

Absolument. La précision et la miniaturisation sont des facteurs incontournables de valeur ajoutée dans tous les secteurs de pointe qui exigent toujours du plus petit, plus précis, plus intelligent. L'originalité de notre salon est de réunir tous les acteurs concernés par ces microtechnologies, de la R&D à la sous-traitance, jusqu'aux

technologies de production. De plus, son organisation favorise le croisement des technologies, ce qui en fait une véritable plateforme d'échanges, particulièrement appréciée des donneurs d'ordre.

## La veille technologique a donc toute sa place à Micronora ?

Notre rôle primordial est de faire en sorte que notre salon soit un outil efficace au service de nos exposants, notamment en attirant des donneurs d'ordre ciblés et qualifiés, afin qu'ils en retirent le meilleur retour sur investissement possible. Mais nous devons aussi faire le point sur les évolutions des technologies, voire de les anticiper. En cela, Micronora est bien plus qu'un salon.

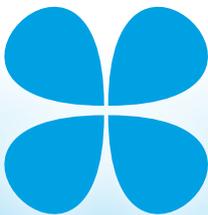
## Quel est votre programme d'animations pour 2012 ?

Depuis plusieurs années, le laser s'est imposé comme un remarquable outil dans beaucoup de domaines. Nous dédions donc un zoom aux technologies laser et à leurs applications industrielles. Pour leur 8<sup>e</sup> édition, les rencontres technologiques européennes micro et nanotechnologies se tiendront à nouveau au cœur du salon. On retrouvera également les conférences micro-nano mais aussi, bien sûr, notre concours des Microns d'Or qui récompense les innovations microtechniques les plus innovantes. Enfin, après la tenue d'assises dédiées au découpage en 2010, le Gimef organisera en 2012 une journée technique.

## 2012, le rendez-vous à ne pas manquer ?

Incontestablement. Sur le salon Micronora du 25 au 28 septembre, à Besançon. ■

Yann Clavel



# Imprimerie de Champagne

GROUPE GRAPHYCOM



✿ FLASHAGE CTP

✿ IMPRESSION OFFSET FEUILLES

✿ FAÇONNAGE

✿ ROUTAGE

## Imprimerie de Champagne

Z.I. Les Franchises - 52200 LANGRES

Contact commercial : 03 25 87 73 13 - Fax : 03 25 87 73 10

E-mail : [contact@imprimerie-champagne.com](mailto:contact@imprimerie-champagne.com)

 **IMPRIM'VERT®** Votre imprimeur agit pour l'environnement

  
Graphycom  
PÔLE GRAPHIQUE

# MICRONORA

SALON INTERNATIONAL DES MICROTECHNIQUES



25 - 28 septembre 2012  
Besançon - France

CACTUS



[www.micronora.com](http://www.micronora.com)

BP. 62125 - 25052 BESANÇON Cedex 5 - Tél. +33 (0)3 81 52 17 35

# REALMECA

## Hyperprecision

Concepteur de machines d'hyperprécision



[www.realmeca.com](http://www.realmeca.com)

# REALMECA

BP-10 - 55120 CLERMONT-EN-ARGONNE  
Tél. (33) 03 29 87 41 75 - Fax (33) 03 29 87 44 46