
mise en œuvre des systèmes de Vision
pour le contrôle de pièces découpées

par Emmanuel Lévy

SOMMAIRE

Présentation de Satimage.....	p. 3
Vision et exploitation industrielle.....	p. 4
La Vision, une technologie puissante et polyvalente.....	p. 4
Vers une exploitation industrielle simple et dédiée.....	p. 5
Les moyens de mesure par Vision dédiés au contrôle de la découpe.....	p. 6
Une fonction, un appareil.....	p. 6
Un contrôle statistique complémentaire.....	p. 7
Contrôle qualité et optimisation de la maintenance.....	p. 7
Le confort des mesures absolues.....	p. 8
La visualisation, une approche intuitive.....	p. 9
Vers une nouvelle connaissance du process.....	p. 9
Le contrôle de la rectitude : RECTA.....	p.10
Présentation de la machine de Vision RECTA.....	p. 10
La mise en œuvre de RECTA pour le contrôle de la découpe.....	p. 11
Les besoins auxquels répond RECTA.....	p. 12
Le contrôle de la bavure : BAVUREX.....	p.13
Présentation du capteur portatif BAVUREX.....	p. 13
La mise en œuvre de BAVUREX pour le contrôle de la découpe.....	p. 13
Les besoins auxquels répond BAVUREX.....	p. 14
Un secret de fabrication : FireWire.....	p.15
Articles de presse.....	ANNEXES

Présentation de Satimage

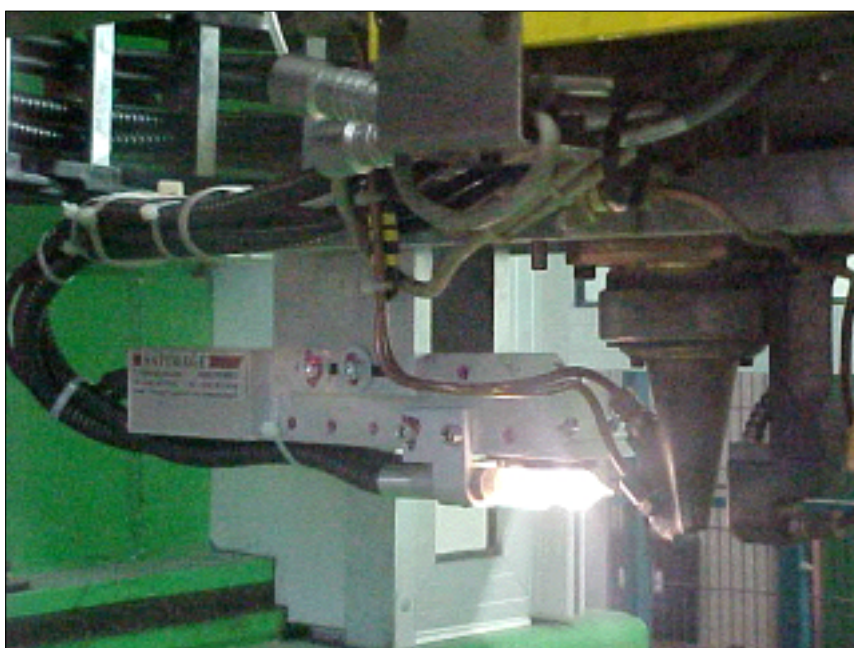
Satimage est une société spécialisée dans la mesure géométrique et dimensionnelle par Vision.

La Vision est un outil puissant pour la mesure de précision sans contact. Favorisée par des avancées rapides dans les deux mondes technologiques qui la portent, la micro-informatique et la vidéo, la Vision apparaît de plus en plus comme une solution rentable pour le contrôle de conformité dimensionnelle de la fabrication, et aussi le contrôle - en cours et en décalé - du process industriel.

Satimage s'inscrit dans cette démarche. Ses produits s'adressent à tous les industriels concernés par un contrôle dimensionnel précis sur tout ou partie de la fabrication. Ils vont plus loin, notamment quand la mesure du produit permet le "feed-back", c'est-à-dire de réagir sur le réglage du process.

En pratique, l'industrie mécanique, où la conformité dimensionnelle est impérativement requise dans des tolérances étroites, et les fabrications en grandes série (secteurs autour de l'automobile en particulier) trouvent avec les systèmes de Vision de Satimage des outils efficaces de maîtrise de la qualité de production.

Vendant pour l'essentiel du clé en main aux industriels, Satimage poursuit continuellement une politique de développement de produits à fort potentiel en ambiance industrielle.



Capteur Satimage temps réel embarqué sur machine industrielle de soudage laser.

Lieu d'implantation : Espagne.

Fonctionnalités :
Contrôle dimensionnel et géométrique du plan de joint.
Réglage de la palette d'accostage des tôles à souder.

Vision et exploitation industrielle

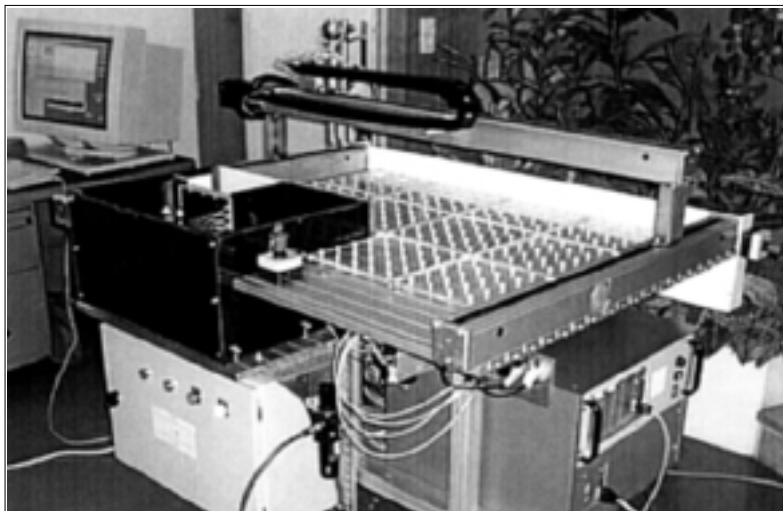
Technologie nouvelle et qui se perfectionne, la Vision est un moyen puissant. La société Satimage prend le pari de faire d'un moyen puissant un outil robuste.

La Vision, une technologie puissante et polyvalente

L'exploitation de la Vision comme outil de mesure présente des avantages intrinsèques :

- p Pas de contact avec l'objet, donc aucun risque de dégradation, aucune déformation, et peu de limitation sur la taille minimale de la cote.
- p Maintenance réduite aux aspects mécaniques de la machine de contrôle, dans certains cas pas de maintenance du tout.
- p Une quantité d'information fournie à chaque instant très importante : le capteur de base, le CCD, est constitué d'environ 300.000 capteurs qui fournissent environ 30 valeurs par seconde.

De son côté, l'informatique offre des calculs de plus en plus rapides, et les programmeurs enrichissent les logiciels de fonctions de plus en plus avancées. Si bien que dans certains cas on peut attendre de la vision la puissance nécessaires pour effectuer des tâches aussi complexes que celles qu'on attend de l'œil humain - en plus puissant, plus fiable et plus productif.



La machine de contrôle de têtes de prothèses en céramique de Satimage réalise un contrôle plus poussé que ce dont est capable l'œil humain en un temps raisonnable.

Vers une exploitation industrielle simple et dédiée

Désireux d'être fournisseur de l'industrie sur une grande échelle, Satimage développe une ligne de produits remplissant des fonctionnalités nouvelles, mais simples.

Sur cette ligne de produits (les produits dits dédiés), le principe est de mettre la puissance de la Vision, moins au service d'une fonctionnalité complexe, et davantage au service du confort d'utilisation - confort recouvrant fiabilité, robustesse et une extrême simplicité d'emploi.

Et cela sans aucune concession quant à la qualité des mesures.



Dans le système SLOTS (mesure de fentes de filtres), la puissance se traduit en productivité : le capteur enregistre en haute-précision jusqu'à 15 mesures par seconde à la volée.

Les moyens de mesure par Vision dédiés au contrôle de la découpe

Ces moyens fournissent 1. le contrôle qualité, 2. une alternative aux plans de maintenance des outillages, 3. un nouveau regard sur la fabrication.

Une fonction, un appareil

Des appareils simples et clairement identifiés à une fonction, c'est le mot d'ordre de la gamme d'appareils dédiés de Satimage. Cette conférence est l'occasion d'en présenter deux qui sont conçus pour deux besoins très spécifiques pouvant concerner les acteurs de la découpe.

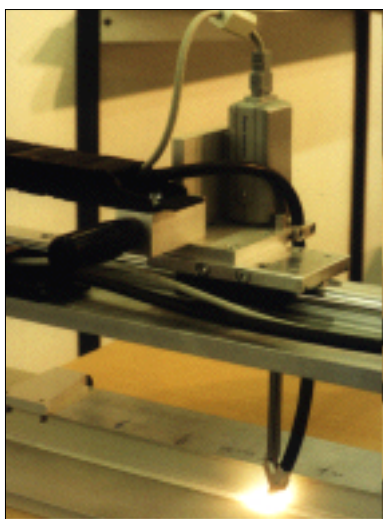
Il s'agit de **RECTA**, un appareil de contrôle rapide de la rectitude sur les grandes longueurs, qui fonctionne dans le 1/100ème, et de **BAVUREX**, appareil de mesure des bavures, fonctionnant à partir de bavures de 1/100ème.

Sur ces deux appareils on retrouve des caractéristiques communes qui rejoignent le mot d'ordre de simplicité:

- p ce sont des appareils d'une mise en œuvre rudimentaire : ils fonctionnent de façon entièrement automatique dès qu'ils sont sous tension.
- p ce sont des appareils qui fournissent une information parlante et simple : dans les deux cas, l'appareil fournit à son utilisateur une représentation graphique de son produit mettant en lumière les défauts qu'il recherche.
- p derrière la représentation graphique, ces appareils fournissent des mesures absolues justes, qui permettent d'appliquer naturellement des seuils de tolérance basés sur le dimensionnel.

Un contrôle statistique complémentaire

Les deux moyens présentés sont destinés au contrôle statistique, c'est-à-dire à des mesures de produits prélevés sur la production. Sans pouvoir se substituer aux capteurs équipant les presses, ils permettent néanmoins de réagir relativement vite en cas d'anomalie, parce qu'ils sont conçus pour être rapides à utiliser (quelques secondes pour **BAVUREX**, une minute environ pour **RECTA** manipulation comprise).



La partie capteur
de **RECTA**.

Exploités en bord de ligne, ces moyens apportent des atouts liés au fait que c'est le produit qu'ils mesurent, et que leurs mesures sont absolues.

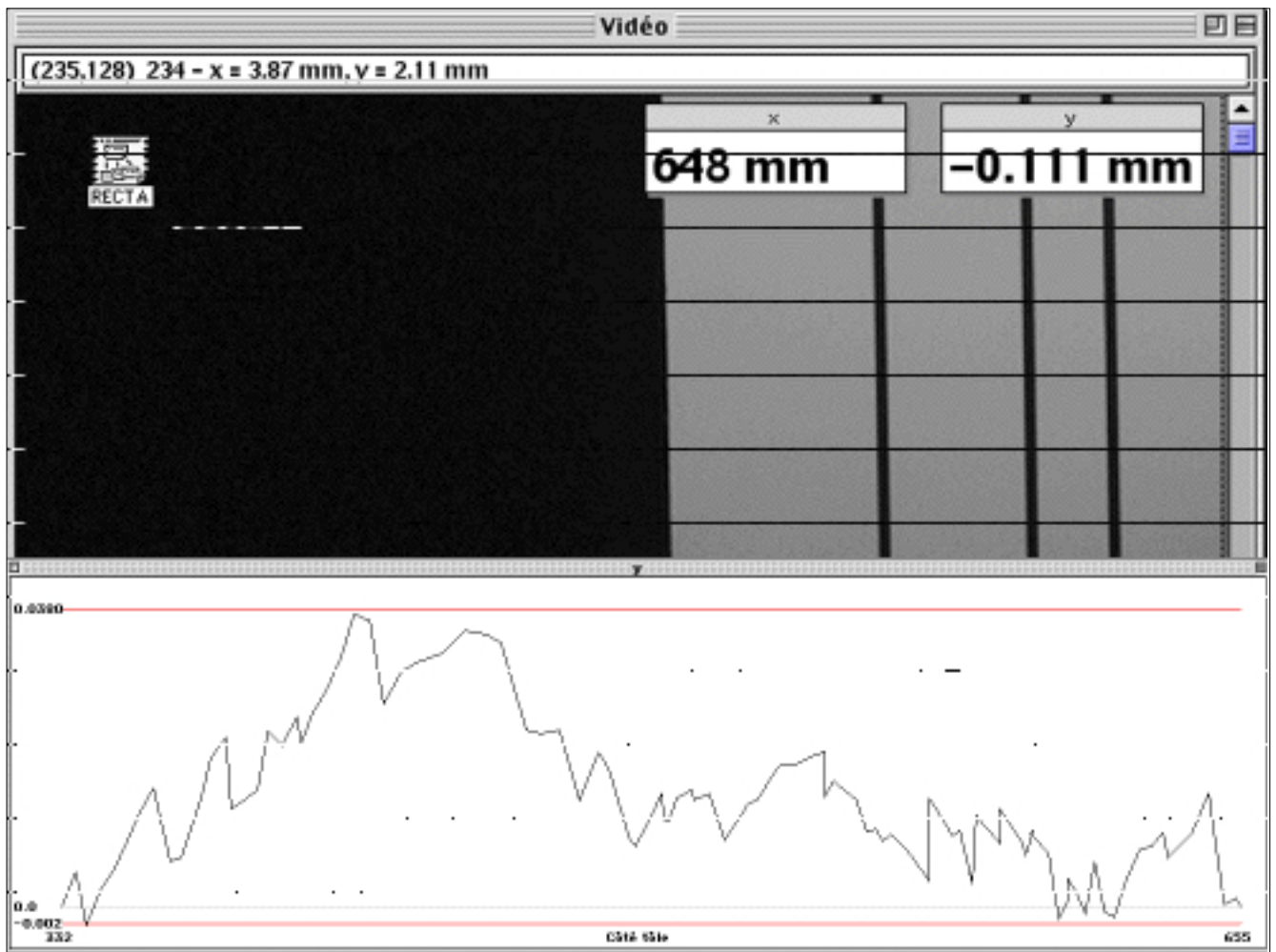
Contrôle qualité et optimisation de la maintenance

Ces capteurs mesurent des grandeurs qui entrent dans la qualité des produit. Ils sont donc utilisés en contrôle qualité, soit pour contrôler la qualité de découpe d'une fourniture de tôles, soit en interne pour s'assurer que la découpe répond à ce qu'on lui demande et qu'elle permet la suite du process, soit enfin en contrôle qualité avant livraison.

D'un autre côté, le fait qu'ils fournissent des mesures absolues et qu'ils soient relativement rapides de mise en œuvre suggère de les utiliser (même si la qualité du produit n'est pas en jeu) pour suivre l'évolution des outils. S'il y a des économies à effectuer en espaçant les réfections d'outils ou autres, on peut s'appuyer sur ces capteurs pour définir des consignes de maintenance liées à l'état du produit, et ne réparer que quand le produit montre que c'est nécessaire.

Le confort des mesures absolues

Dans un appareil dédié, il est aisé d'imposer par construction une distance fixée entre l'objet visé et la caméra. Or, la distance objet-caméra est - dans les systèmes de dernière génération - le seul facteur pouvant perturber la justesse de la mesure. En effet, l'optique étant maintenant contrôlée numériquement, la caméra est devenue "optiquement rigide". Dans les systèmes dernière génération, fonctionnant en tout numérique, le véritable étalon de la mesure est la dimension du pixel du capteur CCD, qui ne varie pas dans le temps.



Ecran opérateur de RECTA

Un capteur qui produit des mesures invariablement justes, qui ne comporte ni réglage ni calibration, c'est un capteur sur lequel on peut compter. C'est particulièrement important dans les moments où on détecte des anomalies, et où on gagne du temps à pouvoir faire confiance au capteur comme à un juge de paix.

La visualisation, une approche intuitive

Une autre caractéristique commune aux deux capteurs est qu'ils affichent tous deux sur leur écran une image parlante d'elle-même. Par le biais d'une optique spécifique, l'utilisateur a sous les yeux, sans peine, l'image prise comme au microscope de la caractéristique qui l'intéresse. Au-delà de la mesure qu'elle rend possible, l'image "technique" délivrée par le capteur contient une foule d'informations parlantes pour l'œil humain. Par exemple la visualisation permet d'apprécier la forme des défauts (le capteur mesurant uniquement des amplitudes de défaut), qui est souvent une signature de leur origine.

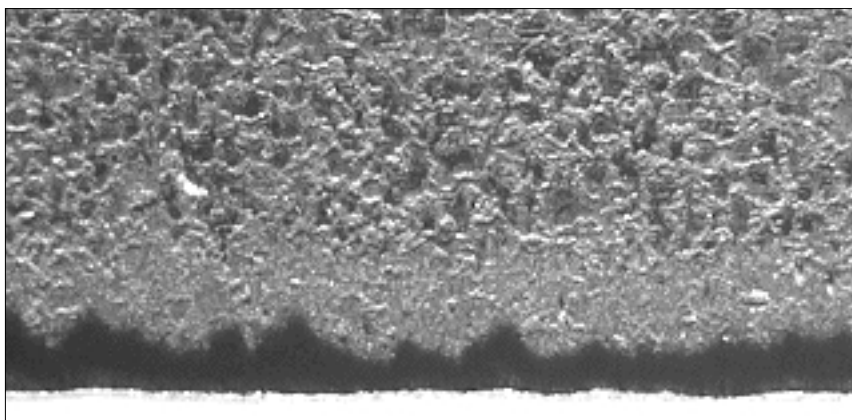


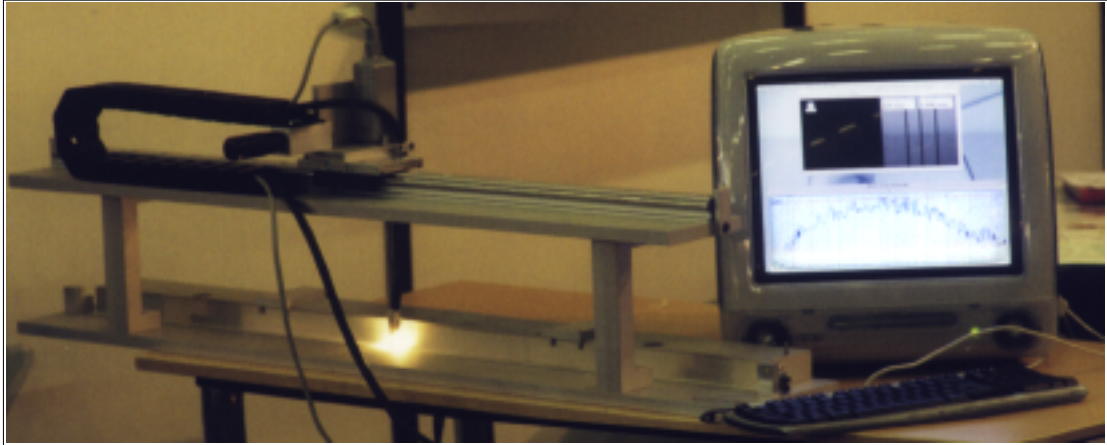
Image vidéo BAVUREX.

Une visualisation assistée de la bavure qui deviendra vite aussi intuitive que la vision directe.

Vers une nouvelle connaissance du process

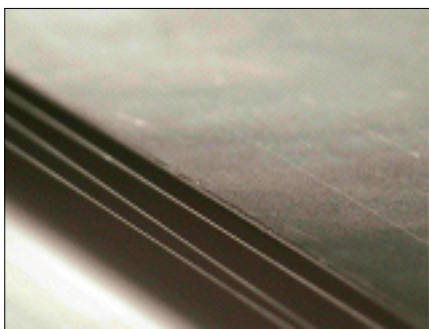
Assisté par son capteur, l'utilisateur a comme un "œil technique" dirigé vers son produit. Ce nouvel œil, il l'utilise avec l'expérience aussi bien que les autres. Associé aux informations dont il dispose déjà, le capteur le renseigne finalement en permanence sur l'ensemble du process. Car le plus souvent un phénomène survenant sur le process a une répercussion visible sur le produit - visible, pour l'"œil" suffisamment adapté.

Le contrôle de la rectitude : **RECTA**



Présentation de la machine de Vision **RECTA**

Dans **RECTA**, un fil tendu est utilisé comme référence de rectitude. Dans certaines versions, un second fil tendu à une distance rigoureusement connue du premier sert de référence dimensionnelle permanente. La caméra, coulissant au-dessus du fil, est utilisée en fort grossissement pour mesurer la variation de la (petite) distance entre celui-ci et le bord / l'arête / la génératrice de l'objet dont on contrôle la rectitude. **RECTA** s'adapte aux plats, y compris épais, et aux barres.



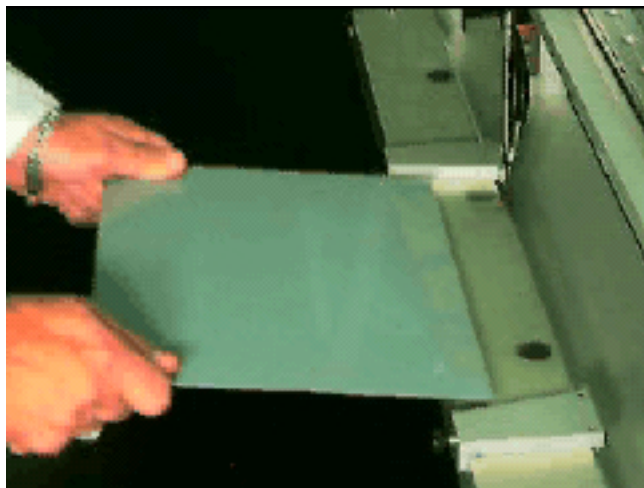
Bord de la tôle prête pour la mesure avec RECTA.

Les fils tendus, bien visibles sur cette photo, garantissent la justesse absolue des mesures.

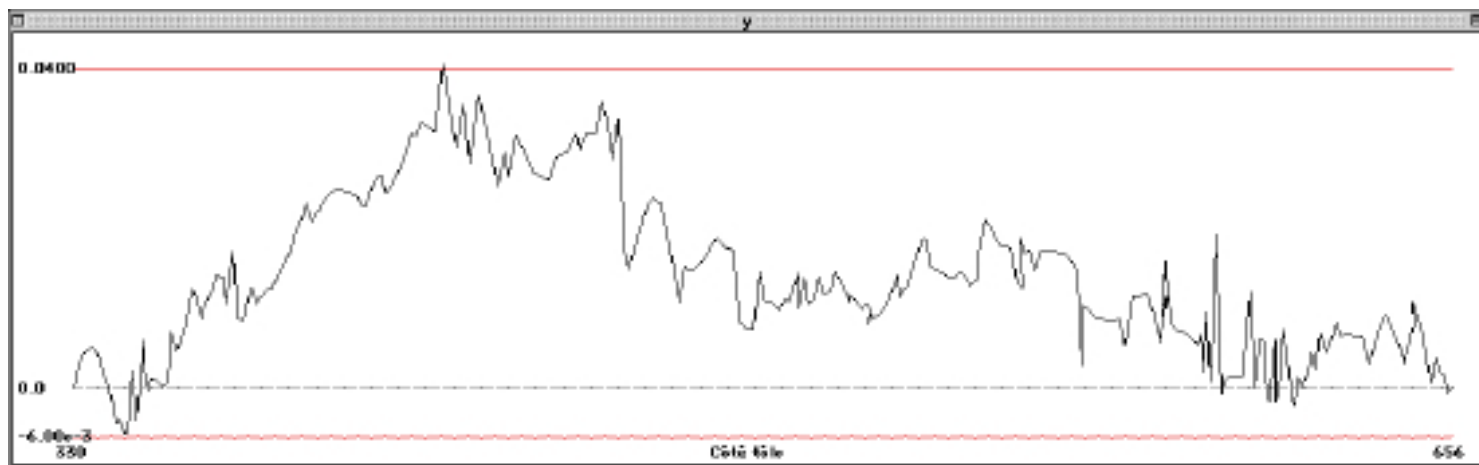
Un puissant programme logiciel calcule en permanence, en fonction des angles sous lesquels elle voit les fils de référence, la position exacte de la caméra, afin de produire une mesure indépendante des imperfections mécaniques de la translation (roulis, tangage, jeu, rectitude du rail etc.). Par exemple, une translation d'une rectitude de quelques $\times 1/10$ mm par mètre, est suffisante pour obtenir $\pm 5 \mu\text{m}$ de précision sur la rectitude du produit contrôlé.

La mise en œuvre de RECTA pour le contrôle de la découpe

Très simple à utiliser, **RECTA** se fixe sur le bord de la table où on pose le flan découpé à contrôler. L'opérateur met le flan en butée. Puis il fait coulisser la tête de mesure vidéo qui mesure automatiquement la totalité du bord cisailé.



C'est tout ! La forme exacte du bord s'affiche à l'écran, avec l'écart à la rectitude en tout point à quelques microns près, ainsi que le diagnostic de conformité.



RECTA se décline dans des dimensions utiles de 1 à 6 mètres. Par exemple, un **RECTA** 2 mètres peut être équipé d'une motorisation à 10 m/mn. Un contrôle prend alors 12 secondes, et fournit un graphique comportant 1 point par millimètre soit 2000 points. Chaque point est précis dans $\pm 5 \mu\text{m}$.

Les besoins auxquels répond **RECTA**

Sur une presse de découpe, la maintenance préventive, indispensable du fait de l'usure de l'outil coupant, est une opération parfois lourde et onéreuse. Il faut d'abord démonter la cisaille, et porter l'outil coupant au laboratoire de contrôle. A l'aide d'une machine à mesurer tridimensionnelle, d'autant plus coûteuse que l'outil est plus grand, on en mesure alors la déformation. Dès que la précision du 1/100 mm ou mieux est requise sur des pièces de plus d'un mètre, cette solution présente deux inconvénients majeur.

D'une part, elle requiert beaucoup de temps : transfert de la pièce au laboratoire de contrôle, mise en œuvre du programme de mesure, puis mesure point par point. Un temps trop long qu'un contrôle fréquent soit possible. En outre, le temps de la mesure elle-même va augmenter proportionnellement à la finesse de l'échantillonnage. Ainsi, si l'on considère la découpe en vue du rabotage laser, un échantillonnage de moins de 10 mm est inenvisageable alors que les défauts locaux d'un ou deux millimètres peuvent être critiques pour la suite du process de fabrication.

D'autre part, ce protocole systématique ne garantit pas la qualité de la découpe car si la maintenance intervient trop tard, il y a déjà eu non-qualité. Si la maintenance est trop fréquente en revanche, il y a un manque de productivité. Et rien n'indique le juste moment, sinon un calendrier théorique. Cette question devient particulièrement critique quand la transformation qui suit la découpe dépend de sa précision.

RECTA permet un contrôle rapide et précis de la tôle cisailée elle-même et de ce fait répond directement à la question cruciale : est-ce que la presse découpe correctement ? Installée à côté de la presse, cette machine à mesurer la rectitude permet un contrôle très rapide donc fréquent, et de haute précision donc opérationnel.

Enfin, l'archivage des mesures effectuées par **RECTA** permet une organisation de l'information en vue d'une connaissance de l'historique de la presse en fonction du nombre de coupes, de la matière, et des réglages (approche process) et d'une traçabilité face aux réclamations des clients de la découpe (approche produit).

RECTA est donc à la fois **aide au réglage**, **juge de paix** entre l'unité de découpe et ses clients, et **outil de prévention** d'une dérive. Cette machine apporte aussi une aide à la maîtrise du process par une meilleure connaissance de l'évolution de la découpe.

Le contrôle de la bavure **BAVUREX**

Présentation du capteur portatif **BAVUREX**

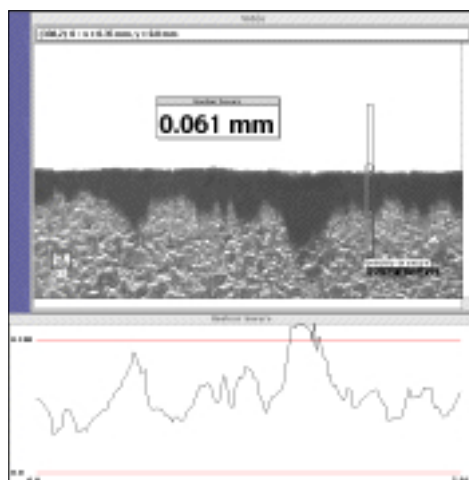
BAVUREX est un boîtier portatif, dont la face inférieure est rectifiée. La tôle dont on souhaite contrôler la bavure doit être posée sur une plaque diffusant la lumière (en général, un plexiglas blanc). La face inférieure du capteur se pose sur la tôle. Un système d'agrafes rétractiles indexe le capteur par rapport au bord. Une fibre optique et un cordon IEEE 1394 relient le capteur, d'une part à la source de lumière, d'autre part à l'unité centrale.

La caméra vise 4 mm de longueur du bord. L'éclairage réalise une ombre fortement agrandie de la bavure, qui apparaît à l'écran comme une "chaîne de montagne" noire.

Le logiciel mesure la hauteur de la bavure. Sur commande de l'opérateur, il enregistre le profil de la bavure le long des 4 mm (environ 5 secondes). La plus petite hauteur de bavure détectable est de 5 μm . L'appareil peut visualiser dans son écran des bavures d'une dimension jusqu'à 0.75 mm.

La mise en œuvre de **BAVUREX** pour le contrôle de découpe

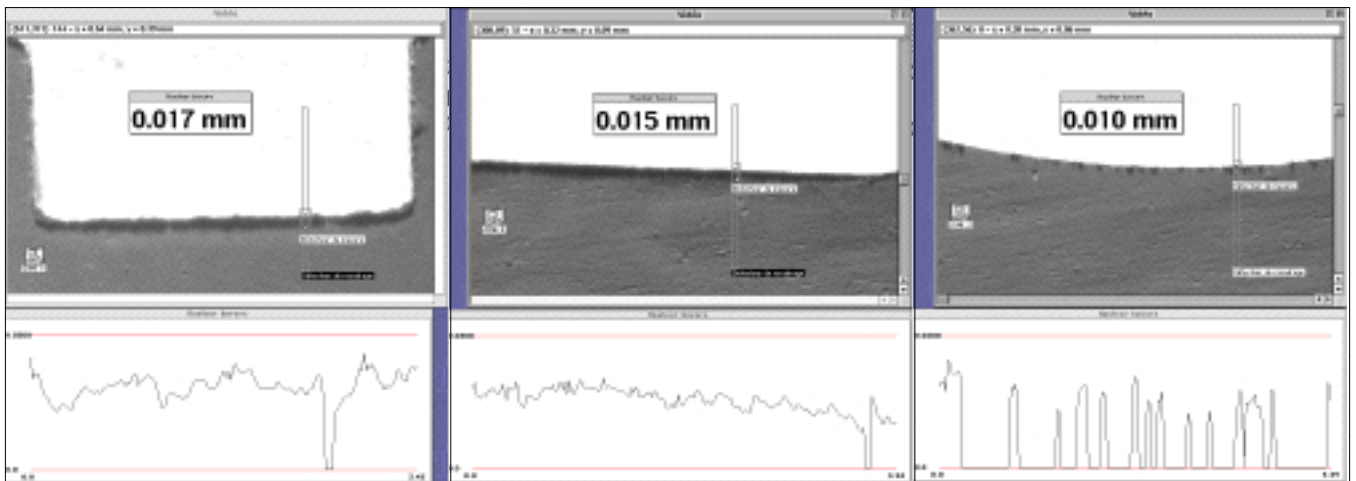
Une fois l'appareil sous tension, on le pose sur le plat de la tôle découpée, celle-ci étant disposée sur la plaque diffusante (plexiglas blanc). On vient bloquer les agrafes contre le bord, ce qui centre celui-ci dans l'écran. Une touche sur le clavier permet de lancer le relevé de la forme noire affichée par l'écran. La courbe s'affiche, graduée en microns. Le logiciel mesure l'altitude maxi de la bavure, mais ne délivre aucun résultat d'analyse de la forme de la bavure. C'est à l'utilisateur d'analyser celle-ci et d'en tirer l'information qu'elle recèle.



Les besoins auxquels répond **BAVUREX**

Suivant l'usage qu'on fait d'une pièce découpée, la bavure doit ou non répondre à un cahier des charges qui spécifie en général une hauteur à ne pas dépasser.

Un exemple de cas où la bavure est strictement contrôlée est le cas des tôles magnétiques de moteur électrique. Le rotor et le stator des moteurs électriques constitués par empilement de tôles magnétiques isolantes ne peuvent pas admettre de bavure trop importante, sous peine de réaliser un empilement de guingois, ou de susciter des courts-circuits empruntant l'empilement de bavures. La dimension de bavure à ne pas dépasser est généralement de l'ordre de 2 à 3/100ème.



Dans cet exemple, sont concernés par le contrôle, à la fois le fournisseur de tôle magnétique (s'il livre des piles et non des bobines), et l'emboutisseur des tôles.

Dans les cas où la bavure n'a pas à répondre à une contrainte de ce type, on peut souvent la considérer comme une bonne signature du coup de presse : elle renseigne sur la géométrie, co-planéité poinçon-matrice, alignement poinçon-matrice, sur l'état du bord coupant de l'outil, etc. Si la découpe est supposée avoir des caractéristiques contrôlées, la bavure peut être un indice commode et suffisamment parlant de l'évolution des outils.

Un secret de fabrication : FireWire

Pour la Vision Industrielle, un saut technologique important s'est produit récemment sous la forme d'un standard de transmission numérique. Il s'appelle IEEE1394. Son petit nom : FireWire, «fil de feu». FireWire, c'est aujourd'hui 400 Mbauds de débit, ce sera demain 800 Mbauds. Pour la première fois un standard numérique «plug and play» peut soutenir une cadence vidéo (et même beaucoup plus), donc exploiter directement une caméra numérique. Une évolution qui est à la vidéo ce que le CD fut au microsillon.



La technologie FireWire est celle sur laquelle sont basés les moyens de contrôle de la découpe en sortie de presse, objet de cette conférence, et tous les nouveaux systèmes de Vision Satimage.

C'est grâce à FireWire que sont atteintes leurs performances en termes de simplicité, de vitesse et de précision :

- p Simplicité : pas de carte d'acquisition vidéo, pas de conversion analogique / numérique, mais une communication directe entre la caméra numérique et l'ordinateur à travers un simple fil.
- p Vitesse : jusqu'à 60 images/seconde dès cette année – cadence qui pourra être multipliée au moins par deux dans un proche avenir – avec des caméras largement diffusées (Sony notamment) donc peu onéreuses et de qualité constante.
- p Précision, d'une part parce que la vitesse de transmission très élevée permet la haute-résolution sans pénaliser la cadence, et d'autre part parce qu'il y a suppression de l'erreur inhérente à la conversion de l'analogique en numérique.

Simplicité, vitesse, précision, trois mots clés pour une exploitation industrielle rentable.