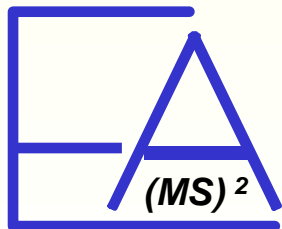


# *Expertise en industrialisation de produits mécaniques*

Jean.Marc Linares\* et Jean Henri Brun\*\*

\* EA(MS)<sup>2</sup>, \*\* PFT pays d'Aix



**Directeur:** Pr. Jean Michel Sprauel

Tél. 04 42 93 90 96

Fax: 04 42 93 90 70

Émail: [sprauel@iut.univ-aix.fr](mailto:sprauel@iut.univ-aix.fr)

**Animateur PFT:** Jean Henri Brun

Tél. 04 42 93 90 85

Fax: 04 42 93 90 70

Émail: [brun@iut.univ-aix.fr](mailto:brun@iut.univ-aix.fr)

*I.U.T. Aix en Provence, 2, avenue Gaston Berger, 13100 Aix en Provence*

# Plan de l'exposé:

Présentation du Laboratoire EA(MS)<sup>2</sup>

Présentation de la Plateforme Technologique

Secteur: Géométrie des surfaces

Secteur: UGV

Conclusion

# Présentation du Laboratoire EA(MS)<sup>2</sup>

Directeur: Pr Jean Michel Sprauel

## Activité Mécanique Matériaux:

**Resp:** J.M.Sprauel, Pr  
S.Courtois, MCF  
Fabrice Galzy, Doctorant

## Activité Géométrie:

**Resp:** J.M.Linares, MCF  
J. Bachmann, ATER Doctorant  
S. Aranda, DEA

## Activité Industrialisation:

**Resp:** M. Barouh, Prag  
L. Rizzitelli, Past  
J.H. Brun, Animateur plateforme

## Thème de recherche

**Analyse et Modélisation de la «Signature» des procédés de mise en forme, afin d'améliorer la qualité des produits et d'abaisser les coûts.**

- ⇒ approche expérimentale fondée sur des méthodes statistiques,
- ⇒ développement de modèles physiques et fonctionnels,
- ⇒ mise en œuvre de méthodes inverses.

- Analyse et modélisation de la signature mécanique et micro structurale des procédés de mise en forme des matériaux métalliques,
- Analyse et modélisation de la signature topographique des procédés de mise en forme des matériaux,

## Analyse et modélisation de la signature mécanique et micro structurale des procédés de mise en forme des matériaux métalliques

**Améliorer la tenue en service des pièces en agissant sur la composition et la microstructure initiale du matériau :**

- amélioration des méthodes d'évaluation des contraintes résiduelles :
  - ⇒ diffractions des rayons X,
  - ⇒ maîtrise des grands instruments (neutrons, synchrotrons),
  - ⇒ développement des méthodes mécaniques (trou incrémental).
  
- amélioration des propriétés mécaniques des matériaux:
  - ⇒ traitements superficiels des aciers :
    - carbonituration, traitements thermiques, galetage, usinage
  - ⇒ liaisons céramique / métal, prothèses dentaires.

## Analyse et modélisation de la signature topographique des procédés de mise en forme des matériaux

**Maîtriser la qualité géométrique des surfaces des pièces afin d'améliorer le fonctionnement des ensembles mécaniques:**

- vérification et contrôle des contraintes dimensionnelles et des spécifications géométriques imposées par le concepteur.
  - ⇒ développement de nouveaux algorithmes d'association de surfaces en métrologie tridimensionnelle,
  - ⇒ fournir en temps réel (à posteriori) une estimation pertinente des incertitudes sur les grandeurs mesurées.
  
- contribution à la cotation fonctionnelle par une approche systémique.
  - ⇒ développement d'une méthode générique, fondée sur un concept nouveau : « le Groupe Fonctionnel »,
  - ⇒ simulation de l'assemblage des pièces mécaniques par une méthode de type Monte Carlo.

# Présentation de la Plate-Forme Technologique

Travailler avec les entreprises sur un ensemble d'opérations de transferts technologiques, d'expertise, d'assistance technique, de valorisation et de formations associées dans le domaine de la Mécanique et de l'Industrialisation de produits.

- Mettre en réseau, développer et partager les moyens dont disposent les établissements publics d'enseignement.
- Optimiser un espace servant à la formation et aux prestations.
- Favoriser l'évolution technologique en proposant un soutien technologique enrichi.
- Présenter aux étudiants des équipements performants et les former à ses outils.

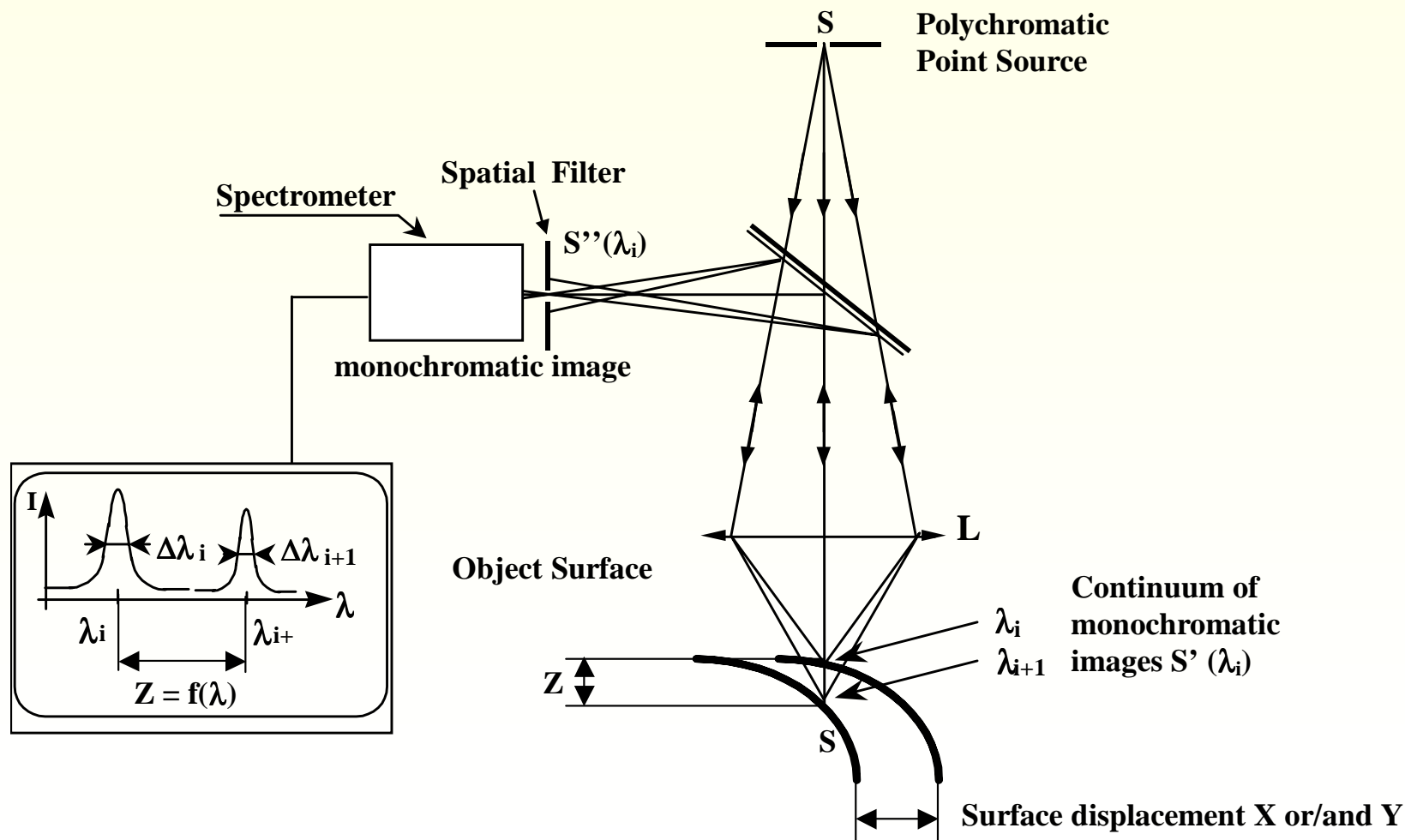


- Un personnel pointu dans les différents domaines de la mécanique.
- Des parcs matériels de haute technologie et disponibles.
- Un interlocuteur privilégié.
- Un réseau de compétences à disposition.

# *Secteur: Géométrie des surfaces*

*Application à l'étude de la micro géométrie*

# Principe de mesurage:



## Caractéristiques du système de mesure:

<b>Etendue de mesure</b>	20 $\mu\text{m}$	80 $\mu\text{m}$	300 $\mu\text{m}$	350 $\mu\text{m}$	3 mm	6 mm	10 mm
<b>Distance de travail</b>	0,6 mm	2,1 mm	4,5 mm	12 mm	38 mm	53 mm	65 mm
<b>Résolution en Z</b>	1 nm	3 nm	10 nm	10 nm	100 nm	200 nm	300 nm
<b>Précision</b>	10 nm	30 nm	0,1 $\mu\text{m}$	0,1 $\mu\text{m}$	1 $\mu\text{m}$	2 $\mu\text{m}$	1 $\mu\text{m}$
<b>Diamètre du spot</b>	1 $\mu\text{m}$	2 $\mu\text{m}$	4 $\mu\text{m}$	1,5 $\mu\text{m}$	10 $\mu\text{m}$	40 $\mu\text{m}$	50 $\mu\text{m}$
<b>Résolution latérale</b>	0,5 $\mu\text{m}$	1 $\mu\text{m}$	2 $\mu\text{m}$	0,75	5 $\mu\text{m}$	20 $\mu\text{m}$	25 $\mu\text{m}$
<b>Angle incl. (+/-)</b>	44°	35°	30°	30°	15°	15°	10°

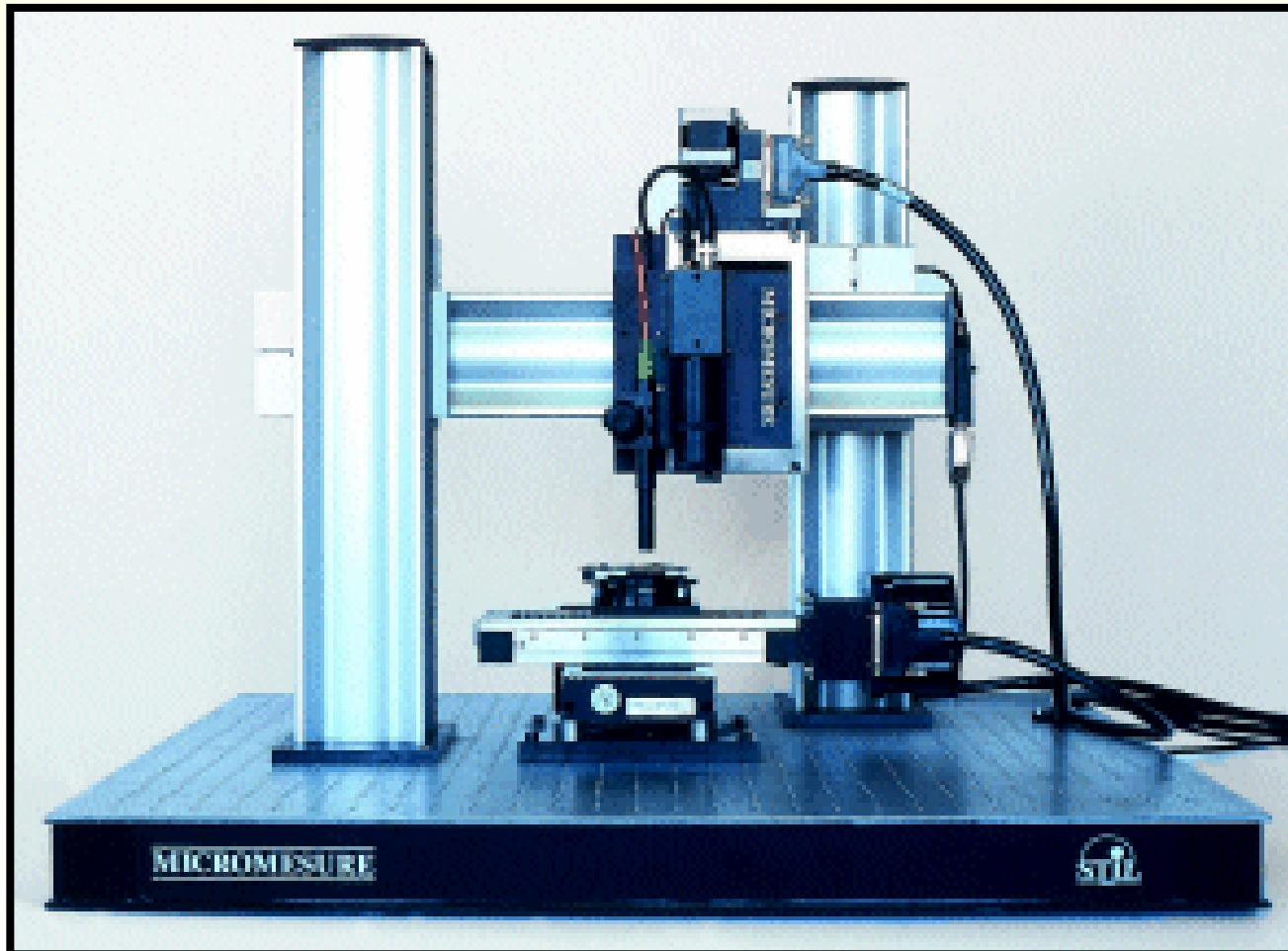
Coffret d'interface



Capteur optique

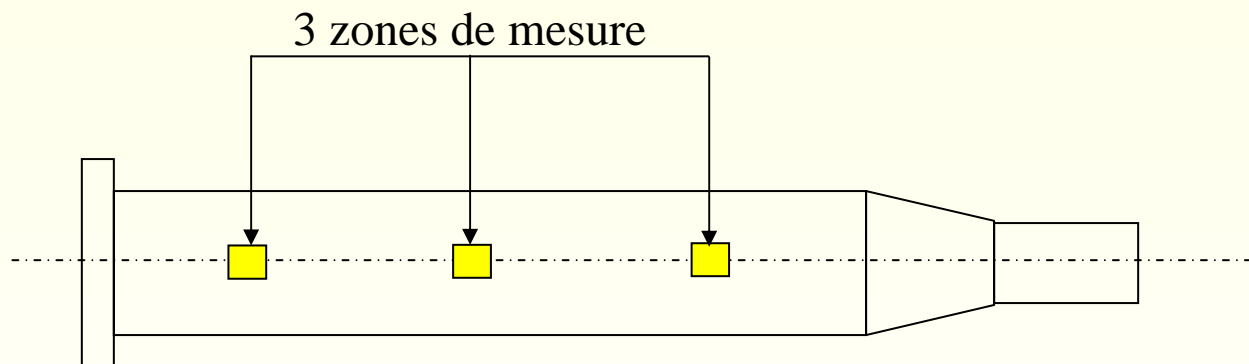


## Station de mesure optique 3D:

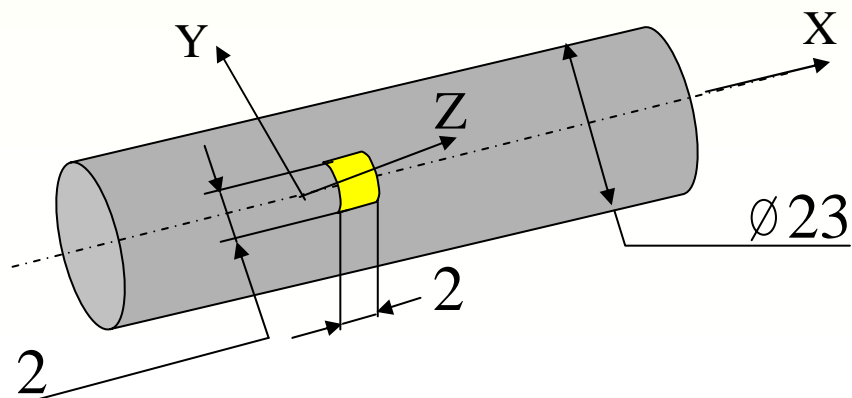


## Exemple :

### Localisation des zones de mesure:



### Zone de mesure:



Sur chaque zone de mesure sont acquis 1 million de points sur une surface de 2 x 2 mm

Pas de mesurage en X et Y de 2 microns, résolution en Z: 10 nm

## Recherche des paramètres du cylindre moyen:

### Paramètres du cylindre en micromètre:

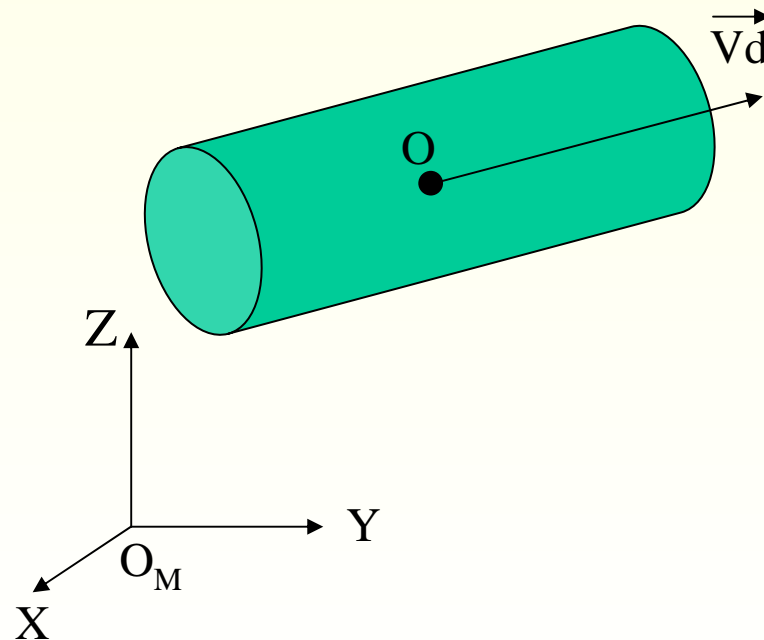
$$\begin{array}{l|l} \vec{Vd} & \vec{O_M O} \\ \hline 0.9999999987 & 971.894 \\ 5.1097 \cdot 10^{-5} & 952.965 \\ 1.8064 \cdot 10^{-5} & -11445.855 \end{array}$$

$$\emptyset = 22918.212$$

### Incertitude des paramètres:

$$\begin{array}{l|l} U_c(\vec{O_M O}) & U_c(\vec{Vd}) \\ \hline 0.027 & 2.6 \cdot 10^{-9} \\ 0.028 & 5.111 \cdot 10^{-5} \\ 1.321 & 2.431 \cdot 10^{-5} \end{array}$$

$$U_c \emptyset = 0.0026$$

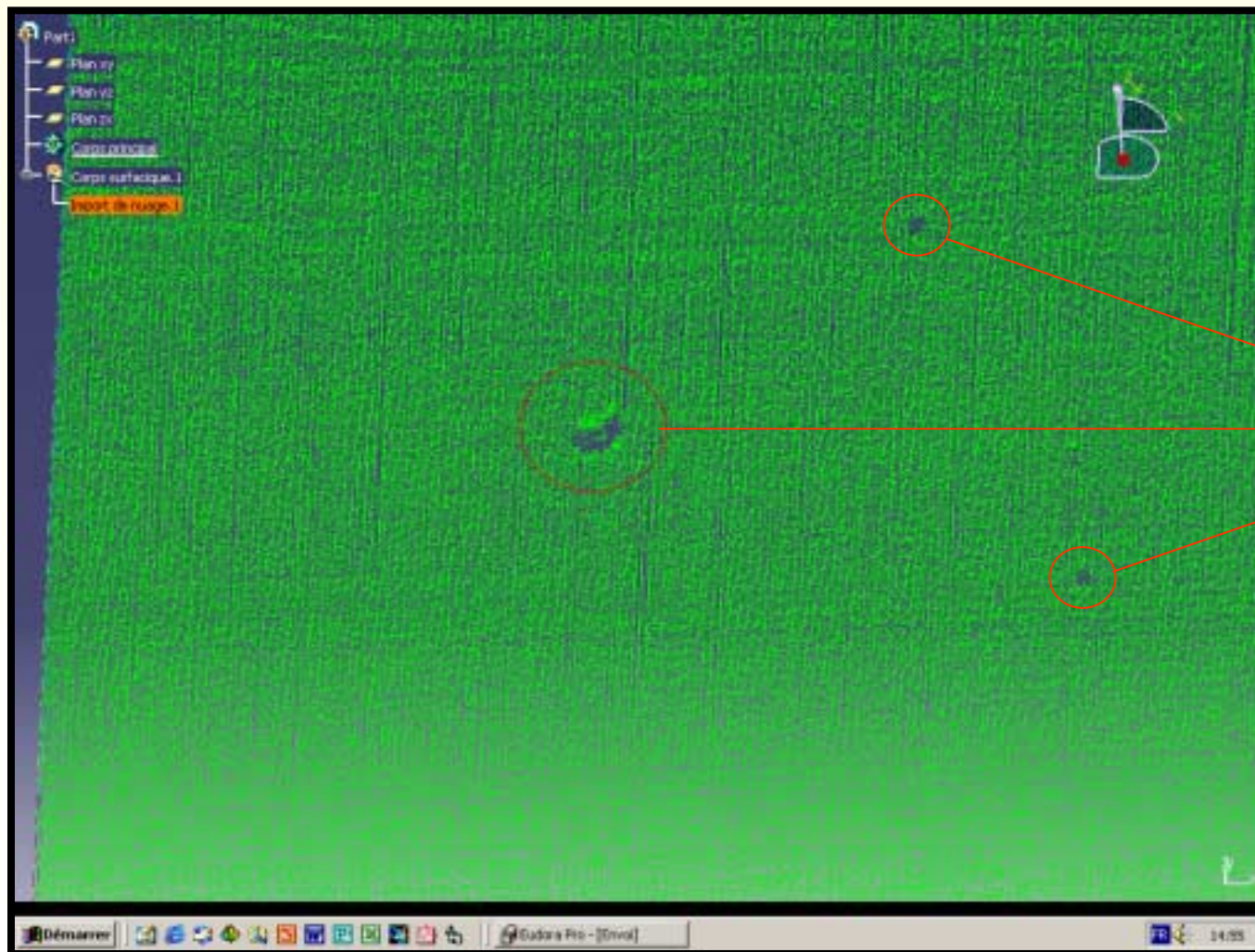


## Suppression de la forme cylindrique:

## Importation sous CATIA V5R7:



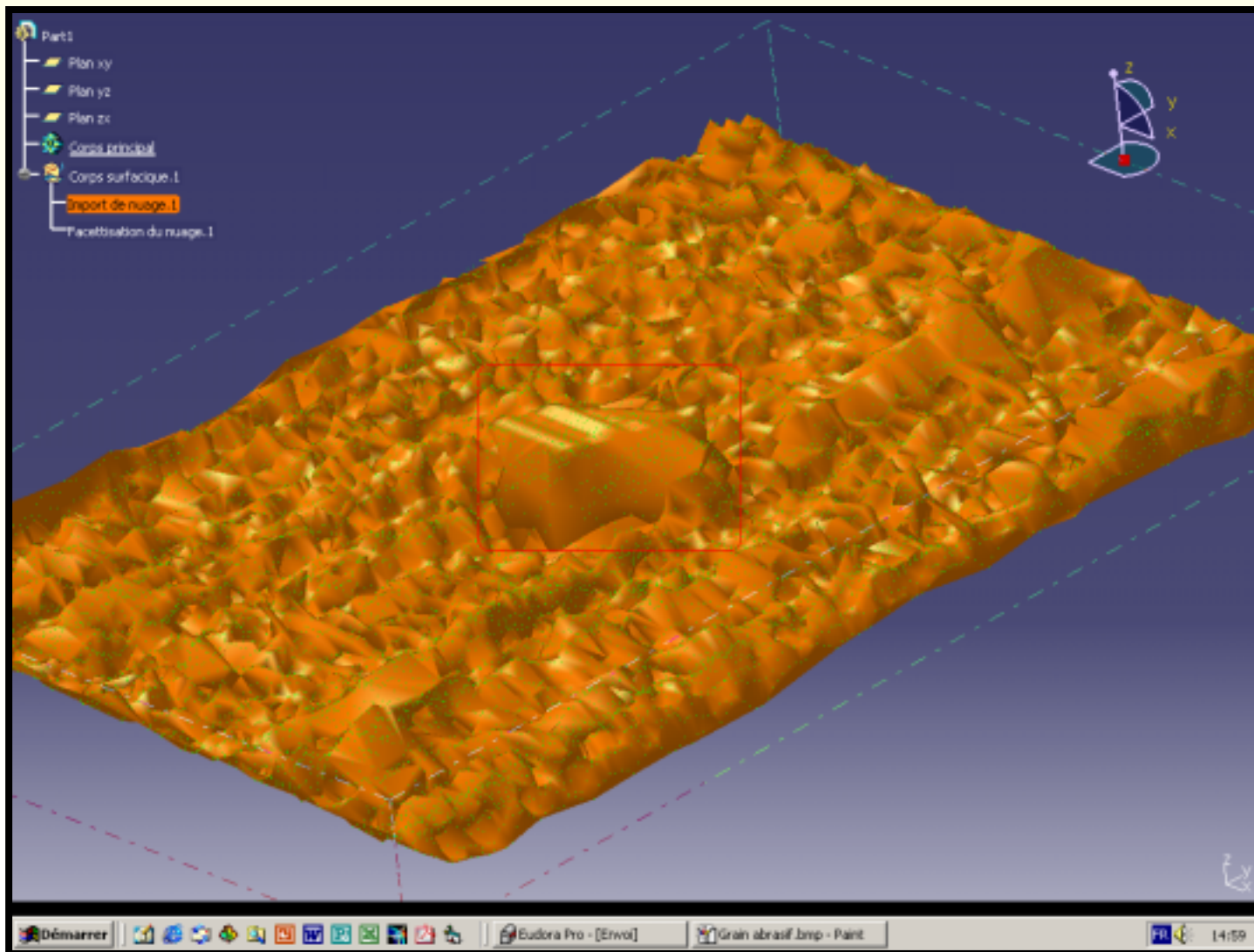
## Points corrigés importés sous CATIA V5 :



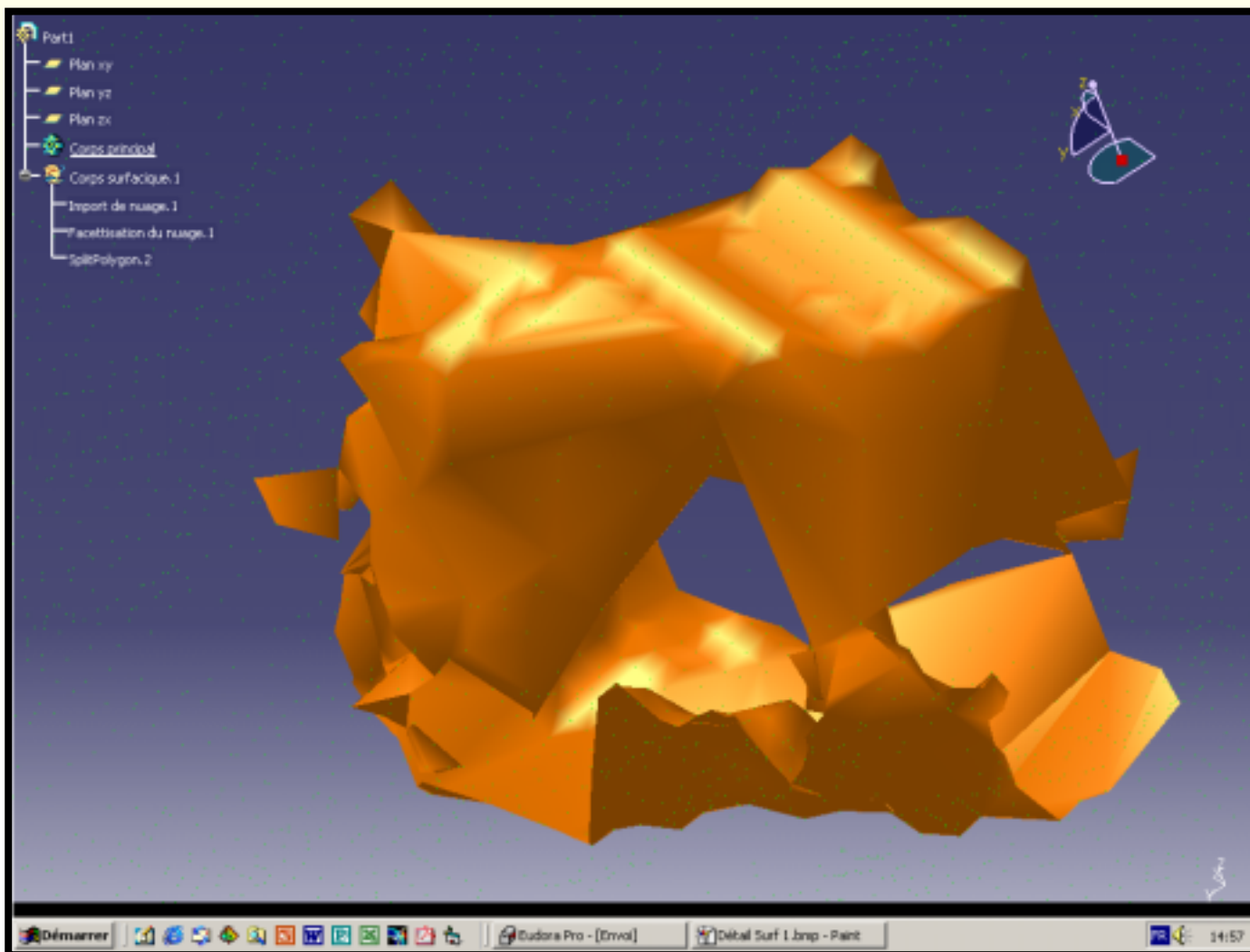
Défauts  
locaux



# Zone locale sous CATIA V5 :

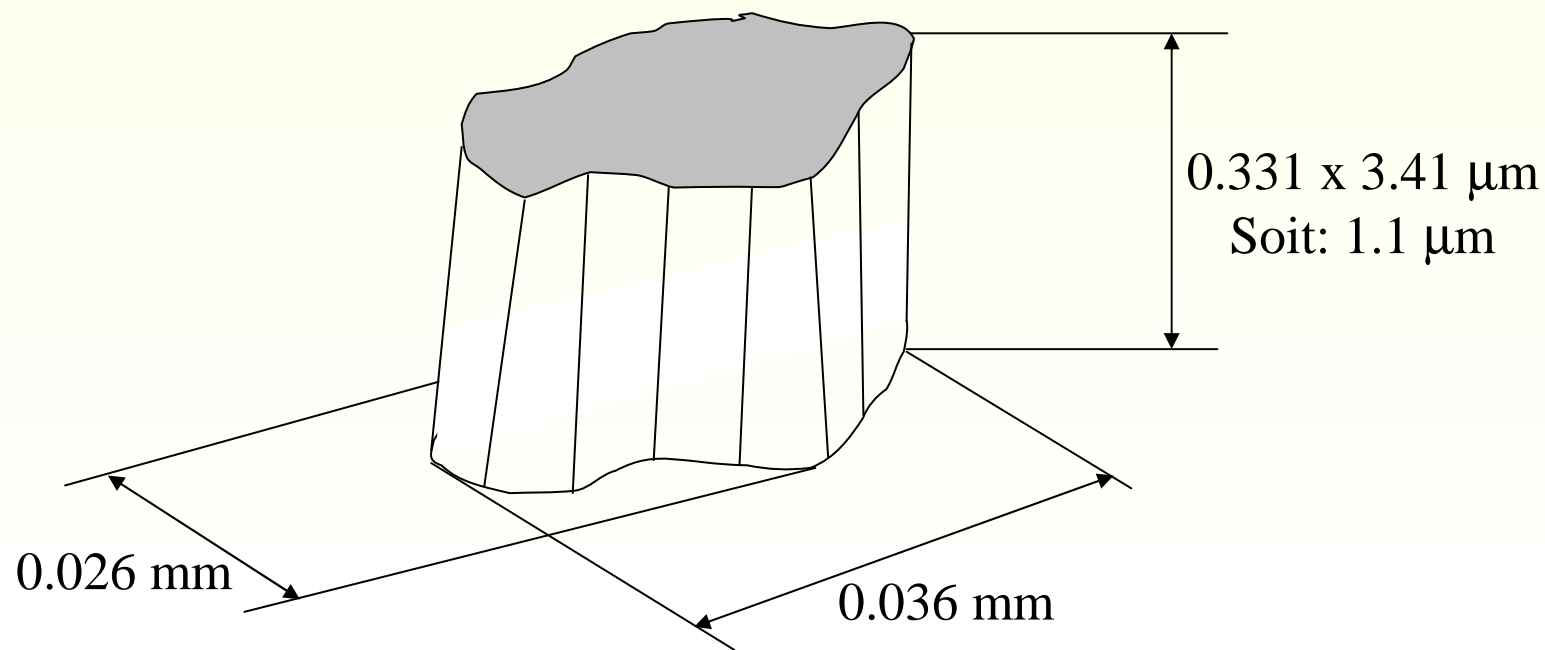


# Grain abrasif sous CATIA V5 R7:

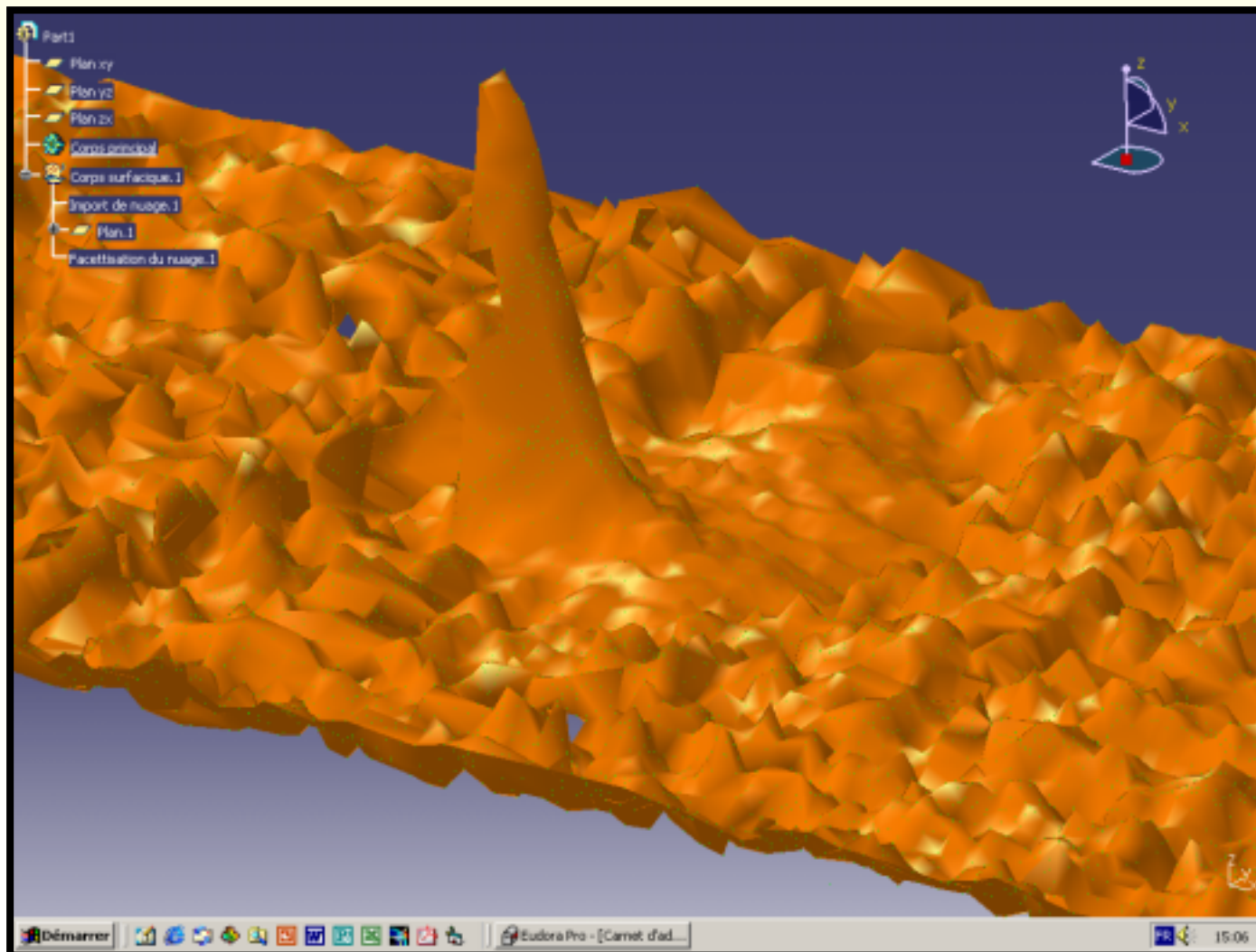


## Estimation de la dimension de l'inclusion:

Indice de réfraction du diamant: 3.41



# Adhésion sous CATIA V5 :



# *Secteur: Géométrie des surfaces*

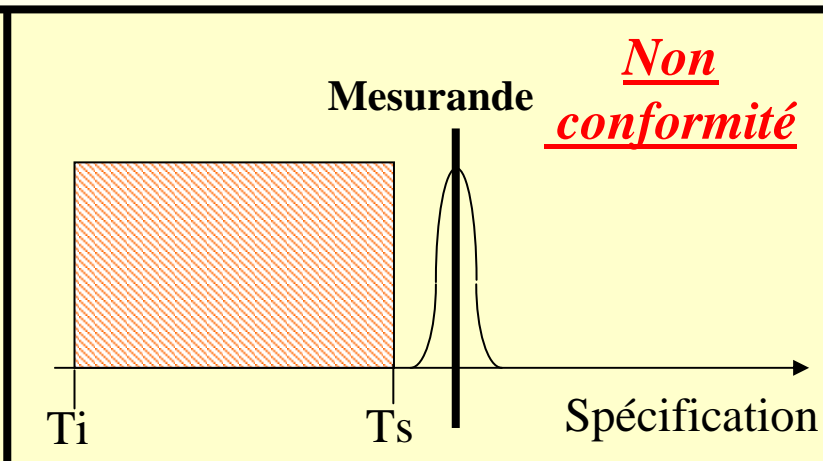
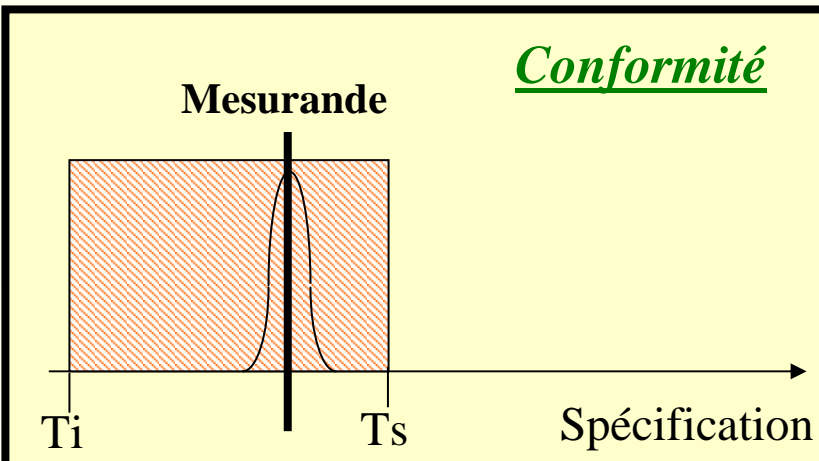
*Application à la mesure tridimensionnelle*

## Décision de conformité:

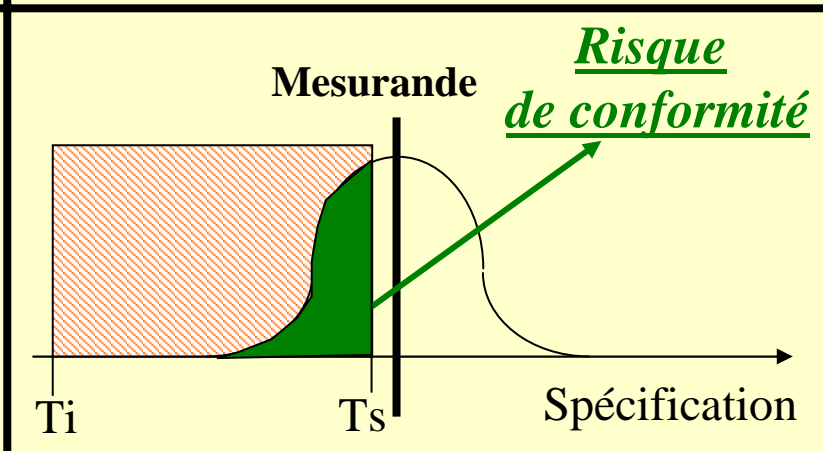
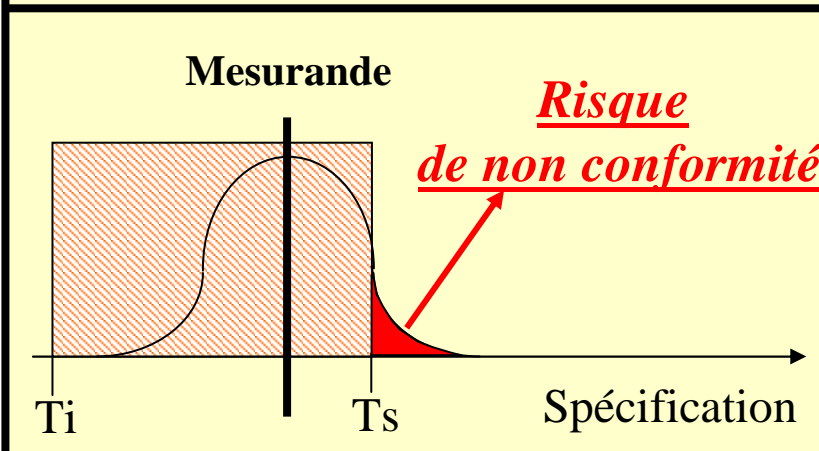
Mesurande appartient à IT

Mesurande n'appartient pas à IT

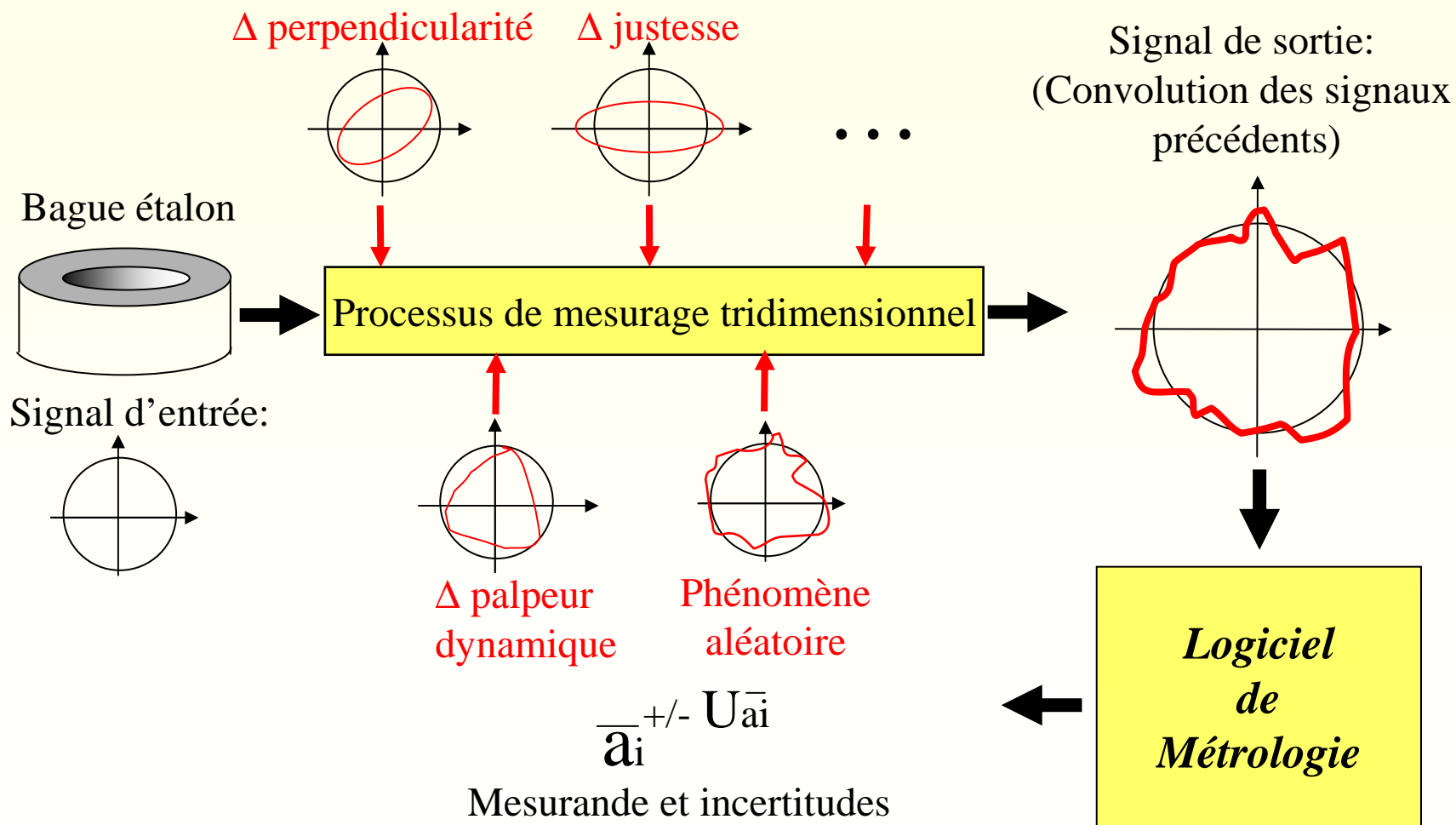
$C_p = IT/U$  élevé



$C_p = IT/U$  faible



# Perturbations internes et externes





Essais:

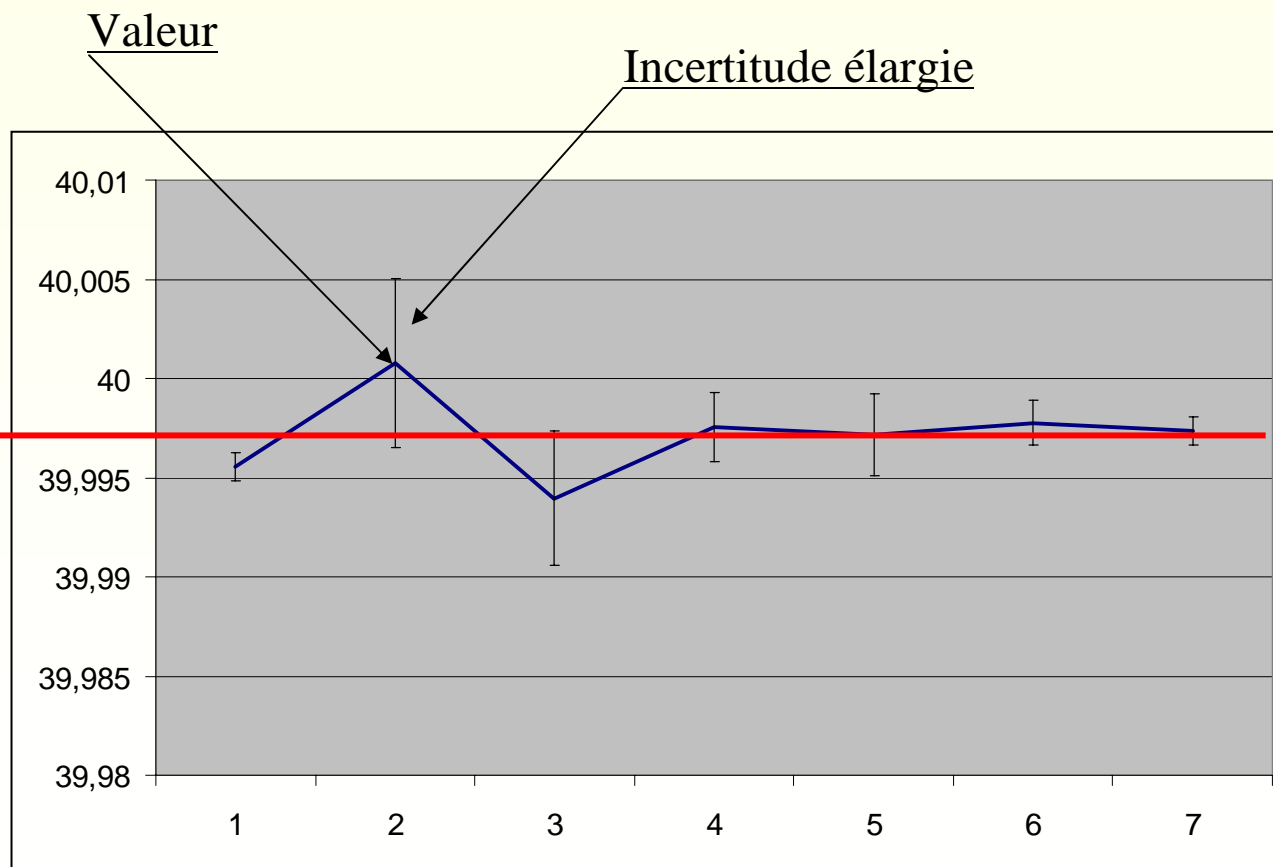
N°	1	2	3	4	5	6	7
Nb	4	8	16	24	48	96	192



Valeur de la bague  
étalon  
39.998 mm

**CONCLUSION:**

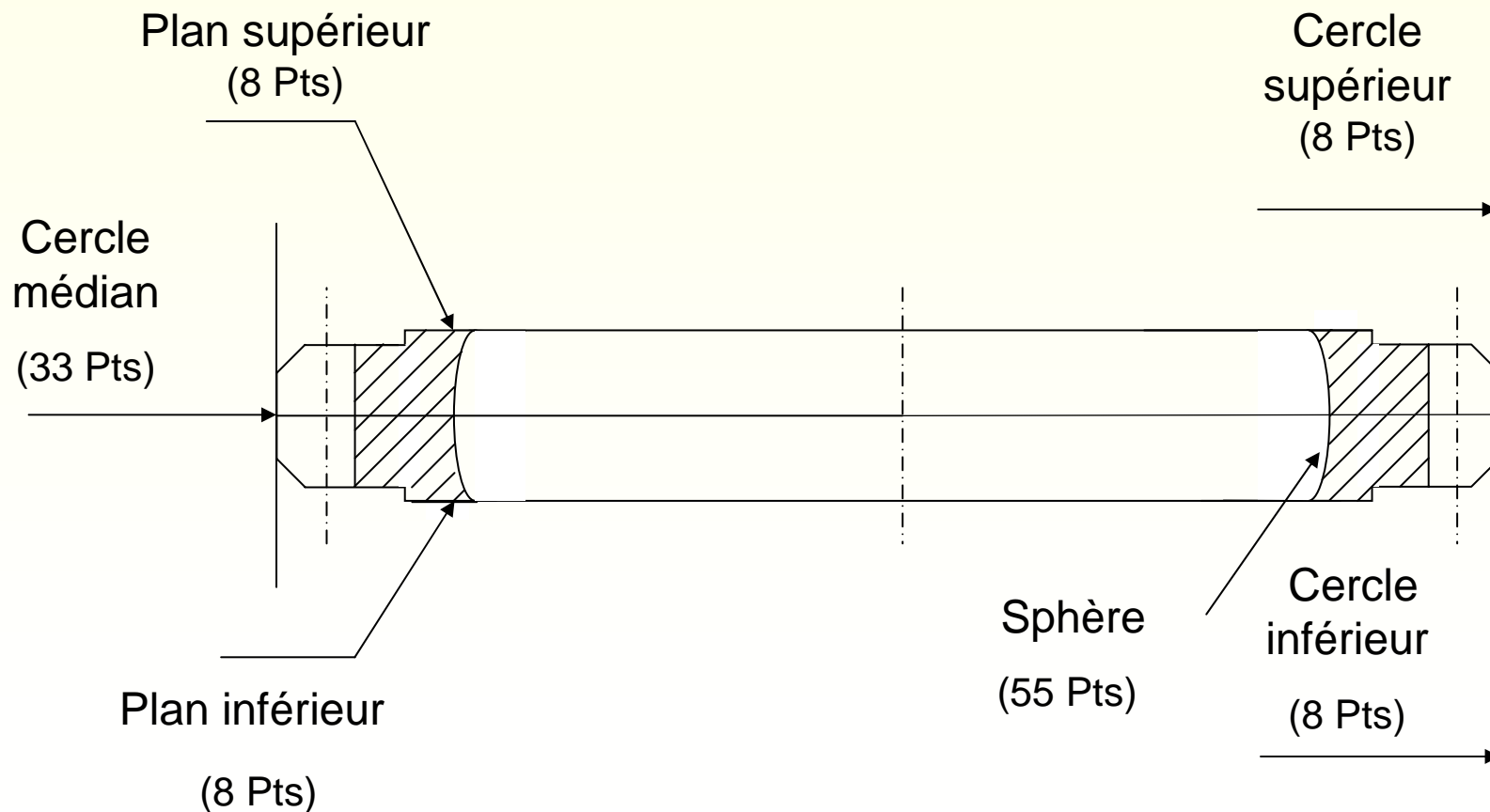
La valeur du  
diamètre de la bague est  
toujours inscrite dans la  
zone d'incertitude





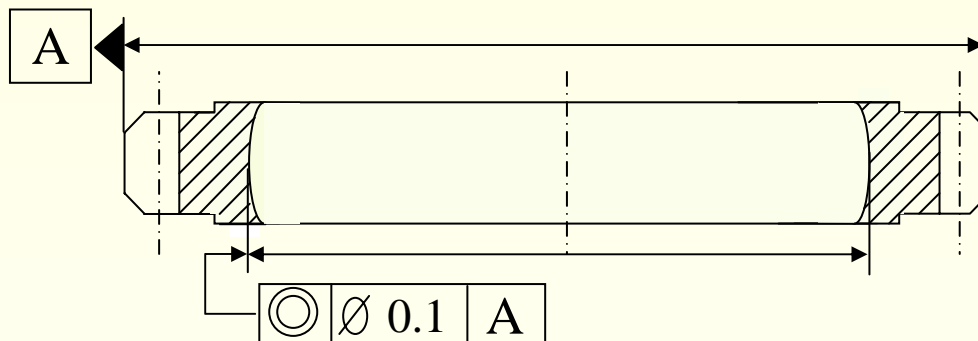
# Pièce industrielle:

*(Travaux réalisés en collaboration avec l'IMQ Toulon)*

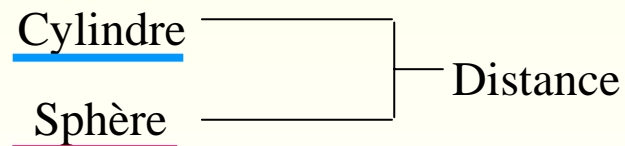


# Spécification à contrôler:

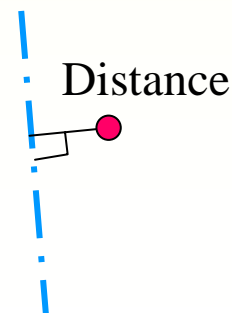
*Coaxialité Sphère / cylindre*



## 2 possibilités de gamme de mesure:



**NB :** Cylindre construit avec les points des Cercle Inf et Cercle Sup



**Résultats:**

Solution 1: Défaut de per.  $d = 0.0099$  mm  $U(d) = 0.051$  mm  
 Solution 2: Défaut de per.  $d = 0.0099$  mm  $U(d) = 0.032$  mm

Distances	Selected Distance	Results (mm)		
		Distance	uc(d)	U(d) (k=2)
DistanceDr1CerInf	DistanceDr1CerInf	9,983E-04	0,02579	0,05158
DistanceDr2CerSup	DistanceDr2CerSup	9,983E-04	0,01631	0,03261



→ Valeur du mesurande

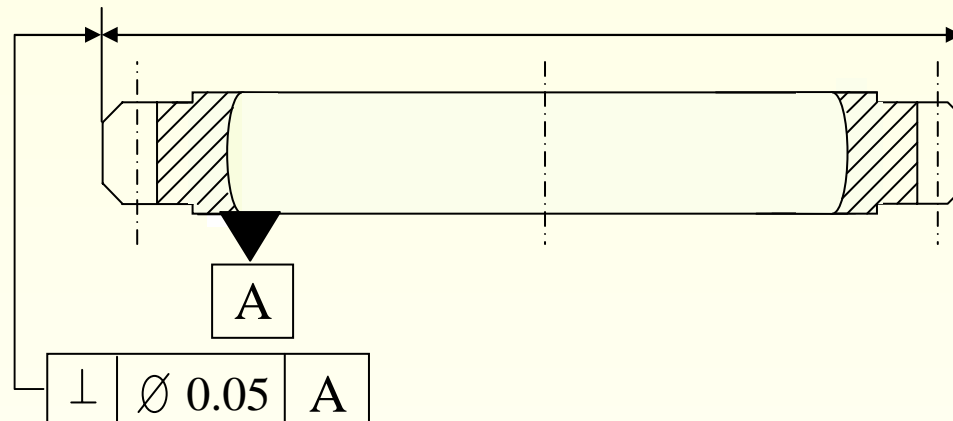
→ Incertitude élargie

→ Risque de dépassement de IT

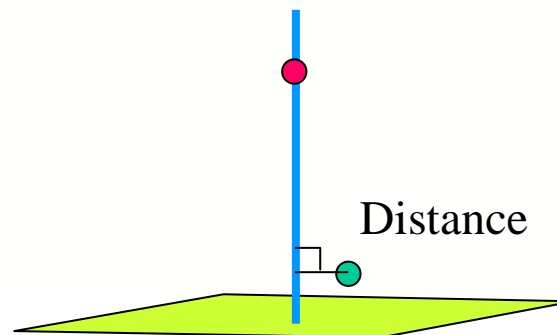
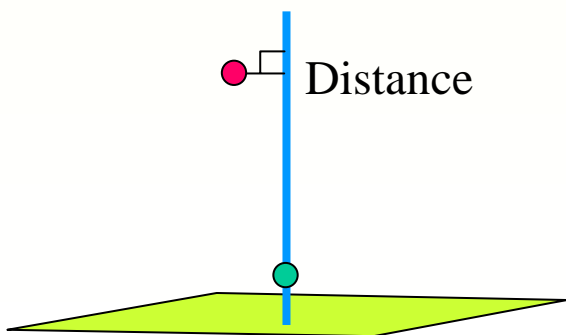
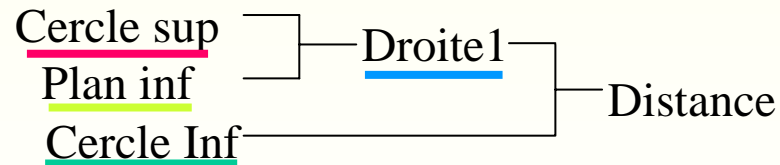
**Remarque: La gamme influe sur l'incertitudes**

# Spécification à contrôler:

*Perpendicularité  
cylindre/plan*



## 2 possibilités de gamme de mesure:

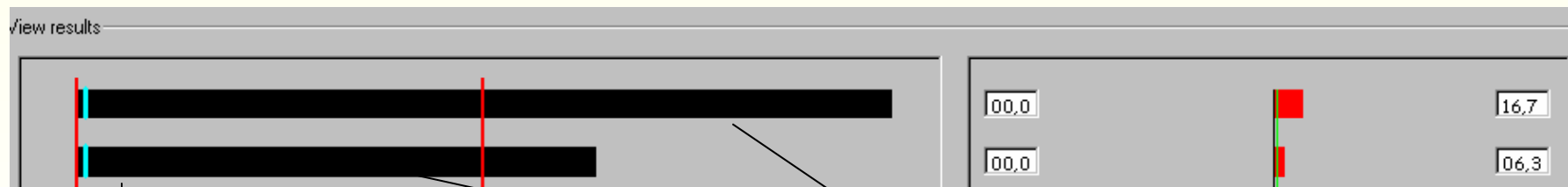


## Résultats:

Solution 1: Défaut de per.  $d = 0.0099$  mm  $U(d) = 0.051$  mm

Solution 2: Défaut de per.  $d = 0.0099$  mm  $U(d) = 0.032$  mm

Distances	Selected Distance		Results (mm)		
			Distance	uc(d)	U(d) (k=2)
DistanceDr1CerInf	DistanceDr1CerInf	Compute	9,983E-04	0,02579	0,05158
DistanceDr2CerSup	DistanceDr2CerSup	Compute	9,983E-04	0,01631	0,03261



Valeur du mesurande

Incertitude élargie

Risque de dépassement de IT

Remarque: **La gamme influe sur l'incertitude**

## Secteur: UGV

*L'Usinage à Grande Vitesse est une technique d'obtention de pièces par enlèvement de copeau, caractérisée par des conditions de coupe particulières, notamment des vitesses 4 à 10 fois plus rapides que l'usinage traditionnel.*

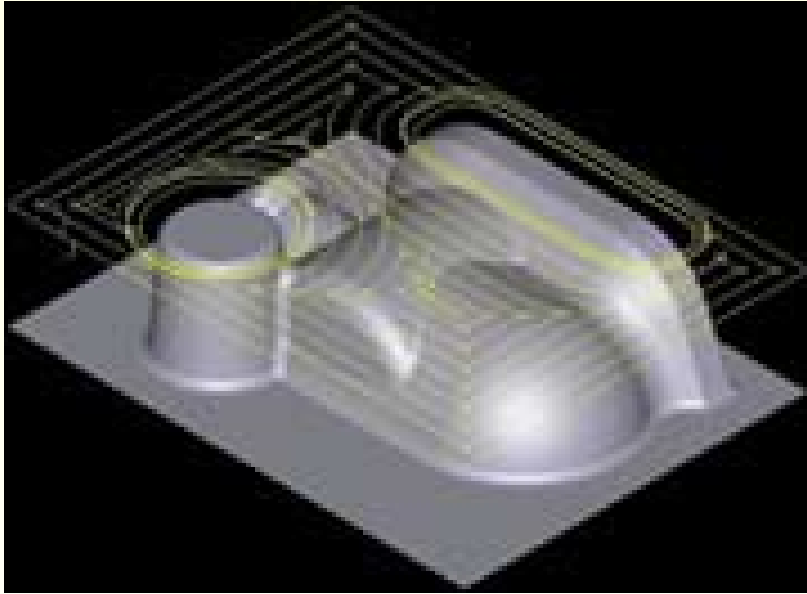
Quels sont les avantages sur l'usinage traditionnel?

*Outre les diminutions des temps de coupe et une productivité considérablement augmentée, l'état de surface est nettement amélioré et les tolérances réduites à quelques microns.*

## Les avantages techniques :

- Conservation des propriétés des matériaux usinés
- Meilleure qualité de surface
- Meilleure précision dimensionnelle
- Usinage de nouveaux matériaux
- Usinage de formes complexes
- La réduction des délais
- La réduction des coûts de production
- Préparation à l'usinage soignée et sûre
- Investissement plus lourd qu'une machine traditionnelle



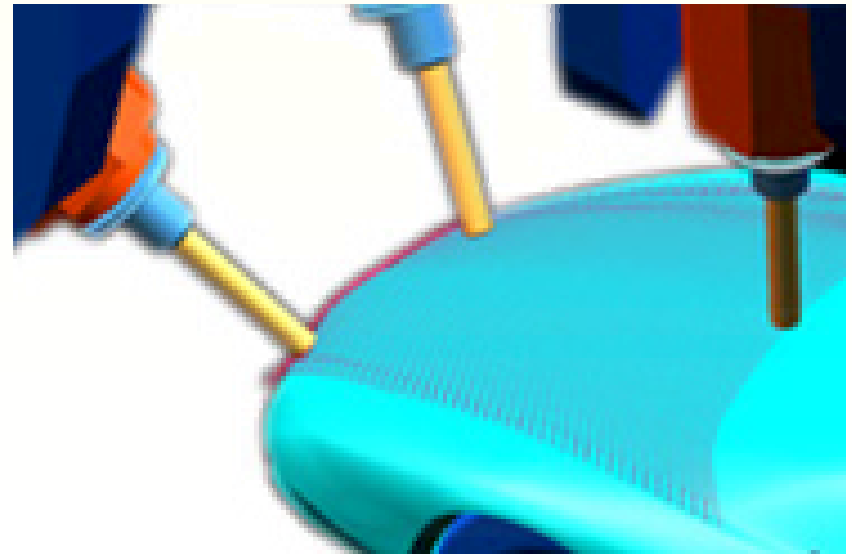


## C.A.O :

Le modèle 3d de la pièce doit être réalisé de façon soignée et précise et les surfaces à usiner parfaitement en contact.

## F.A.O :

Après récupération du modèle il s'agit de définir les stratégies d'usinage et calculer les trajectoires de l'outil.





Centre d'usinage 5 axes  
UGV – DMG 50évolution.





Exemples de pièces  
réalisées.



## Conclusion

Afin de proposer une offre enrichie en matière d'expertise, de qualité et de transfert de technologie, la Plate-Forme technologique est adossée au laboratoire de recherche EA(MS)<sup>2</sup>. Une offre complète est alors envisageable par la recherche du laboratoire et la mise en application à l'aide des moyens de la Plate-forme.



IUT AIX  
PROVENCE



*PFT* Pays d'Aix

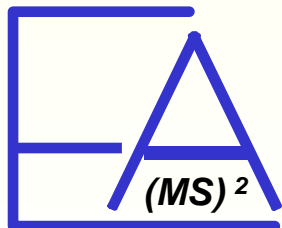
GMP



# *Expertise en industrialisation de produits mécaniques*

Jean.Marc Linares\* et Jean Henri Brun\*\*

\* EA(MS)<sup>2</sup>, \*\* PFT pays d'Aix



*PFT* Pays d'Aix

**Directeur:** Pr. Jean Michel Sprauel

Tél. 04 42 93 90 96

Fax: 04 42 93 90 70

Émail: [sprauel@iut.univ-aix.fr](mailto:sprauel@iut.univ-aix.fr)

**Animateur PFT:** Jean Henri Brun

Tél. 04 42 93 90 85

Fax: 04 42 93 90 70

Émail: [brun@iut.univ-aix.fr](mailto:brun@iut.univ-aix.fr)

*I.U.T. Aix en Provence, 2, Avenue Gaston Berger, 13100 Aix en Provence*