

Robots parallèles:

**du packaging à cadence élevée à la
production d'ultra haute précision.**

Reymond CLAVEL

Laboratoire de Systèmes Robotiques (LSRO2)

Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (**EPFL**)



Le LSRO2

L'équipe:

- 20 employés
- 28 patents
- 37 PhD terminés et 3 PhD en cours
- 7 spin-off

Domaines de recherche

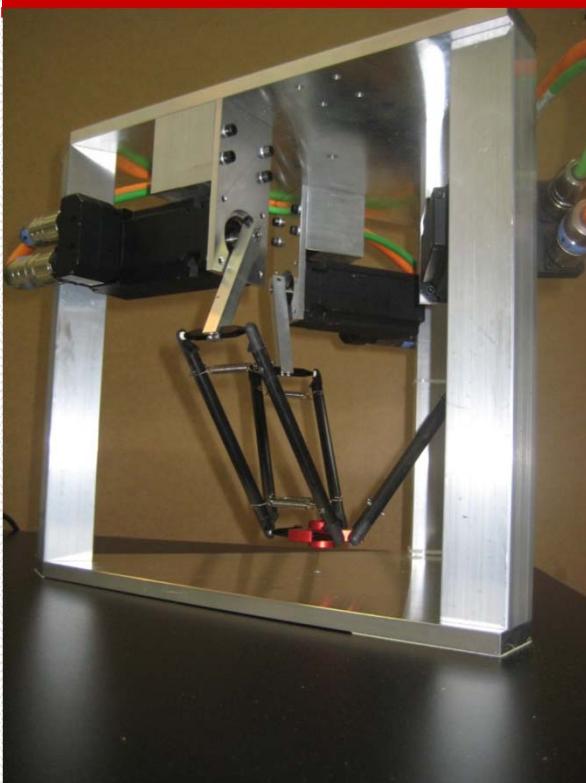
- Robots parallèles à haute dynamique
- Robots d'ultra haute précision
- Robotique chirurgicale et réalité virtuelle
- Robotique de rééducation

Plan de présentation

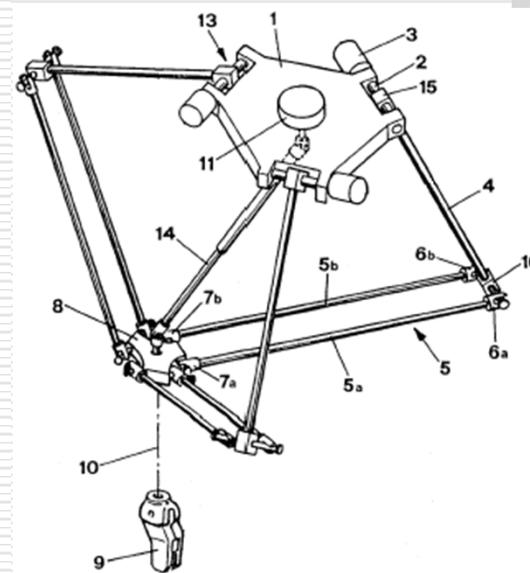
- **Cinématiques parallèles**
 - Packaging
 - Assemblage
 - Machines-outils
 - Réhabilitation
 - Chirurgie
- **Problématiques de la Très Haute Précision**
- **Cinématiques parallèles pour THP**
- **Conclusion**

Packaging Robots Delta

[F-Delta DD Bosch-2011.m4v](#)



Micro-Delta 240
L. barres parallèles: 160 mm
Accélération curviligne → 90 g



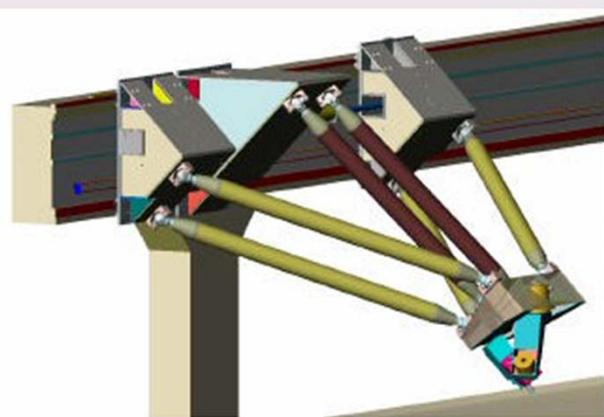
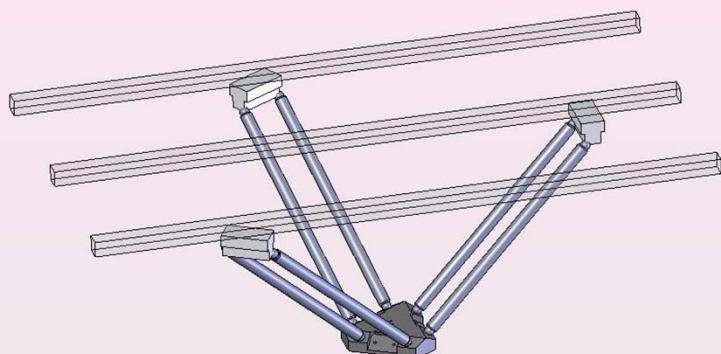
Packaging

Aria Delta (Demaurex, Gr. Bosch)

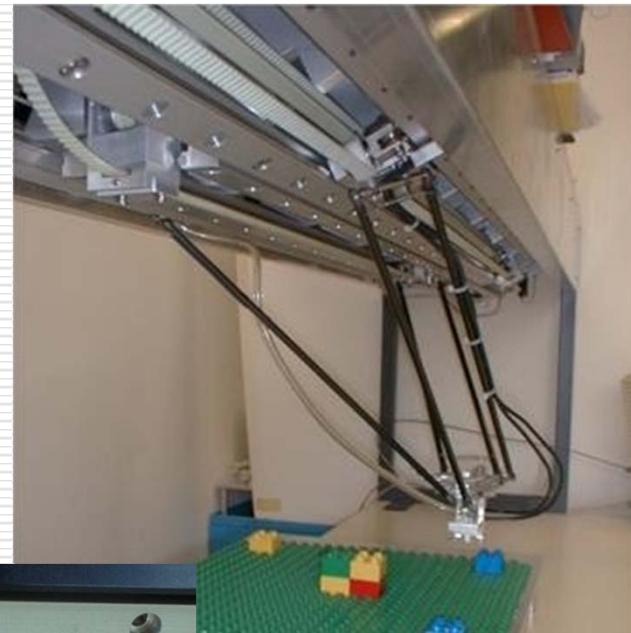
[FKambly.mpg](#)



Delta linéaire: horizontal



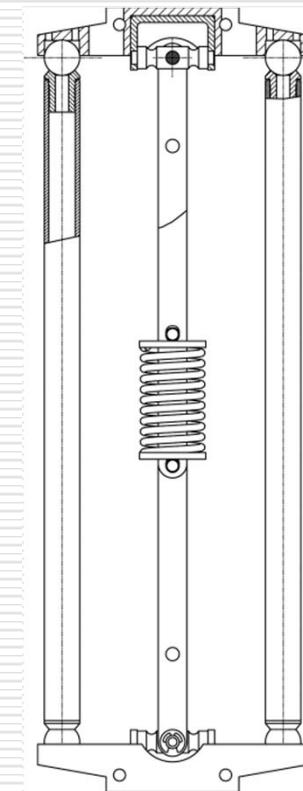
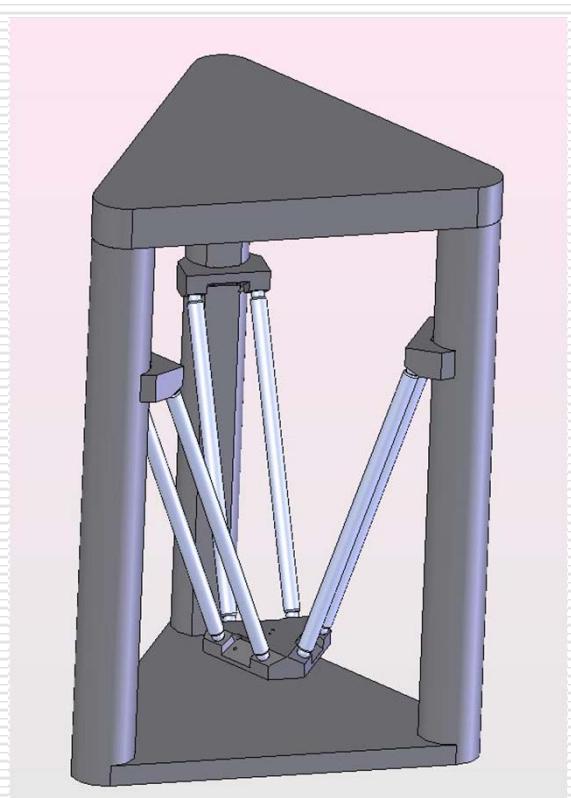
Pegasus



Transmission
par palan

Delta Linéaire : vertical

(assemblage, chassage, voire usinage)



Company UNIMEC

Delta linéaire Unimec: caractéristiques

L. Barres parallèles:	300 mm
Résolution spatiale:	0,15 μm
Résolution verticale:	60 nm
Vitesse:	$\rightarrow 0,4 \text{ m/s}$
Accélération:	$\rightarrow 50 \text{ m/s}^2$
Force verticale:	> 300N
Raideur:	50 N / μm
Volume de travail:	$\phi = 240 - 280 \text{ mm}$ $H = 80 \text{ mm}$

Machines-outils

Delta linéaire



Index

Urane SX:
Comau Renault
Automation

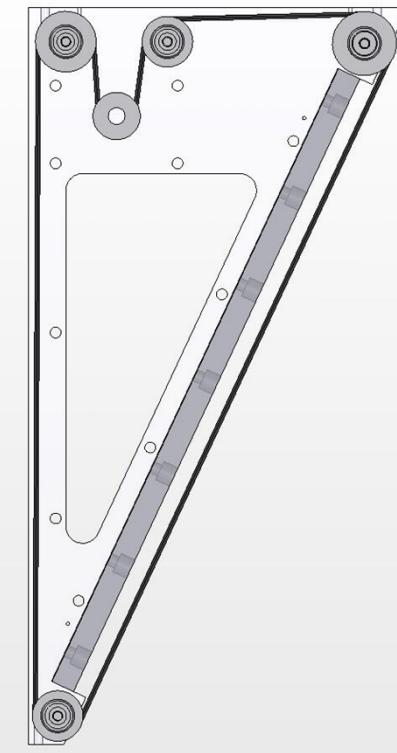
Krause & Moser

Assemblage Delta Keops



Characteristics:

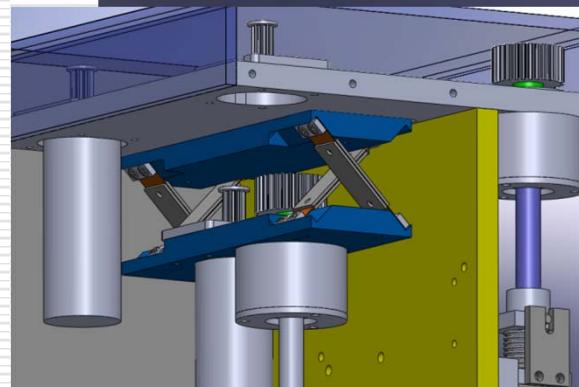
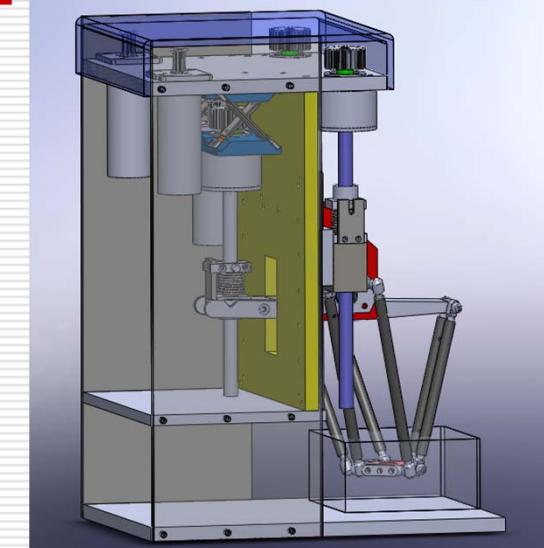
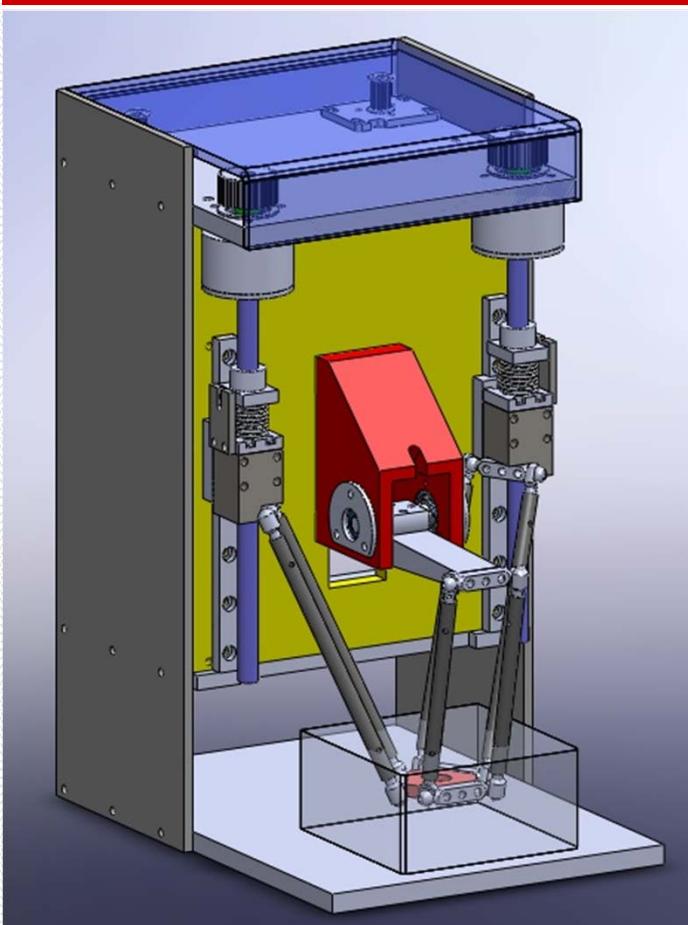
L. of parallel bars: 250 mm
Space resolution: 20 mm
Velocity: > 5m/s
Acceleration: → 50 m/s²
Working space: $\phi = 240$ mm
 $H = 80$ mm
 $\phi = 340$ mm
 $H = 40$ mm



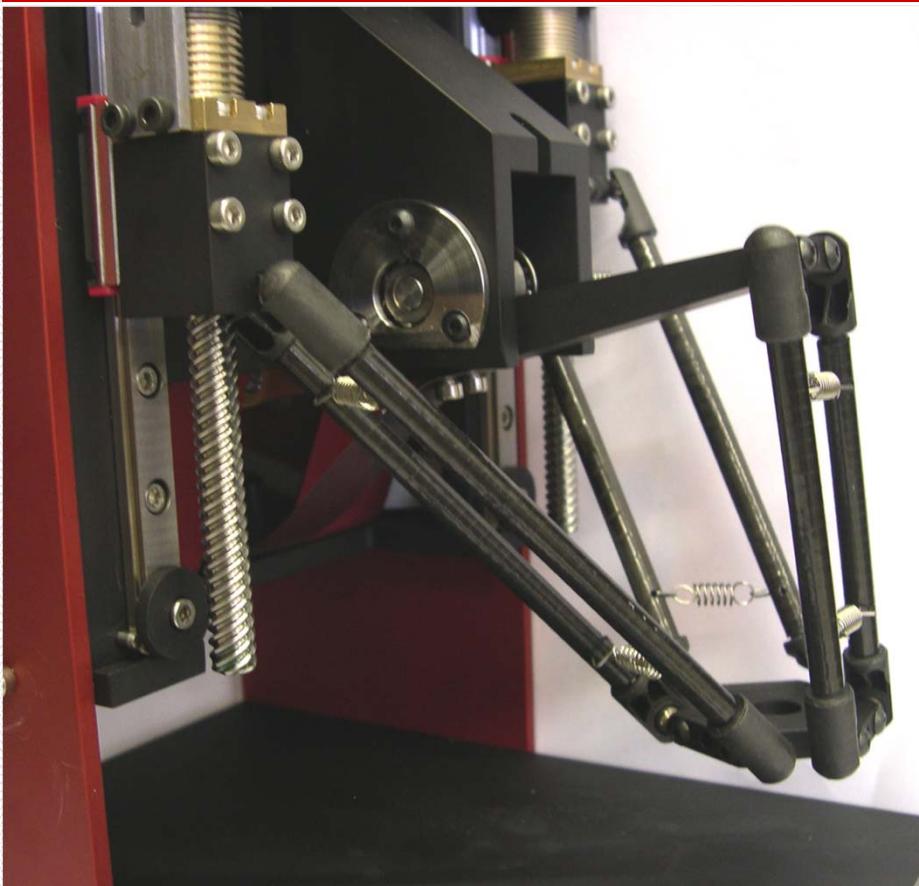
[F-Kheops.mpg](#)

Assemblage DELTA Ibis

[F-Ibis.mpg](#)



Assemblage DELTA Ibis



Load, forces

- Vertical forces: > 10 N
- Load: → 300 g

Working volume:

- X: 150 mm (lateral)
- Y: 120 mm
- Z: 50 mm

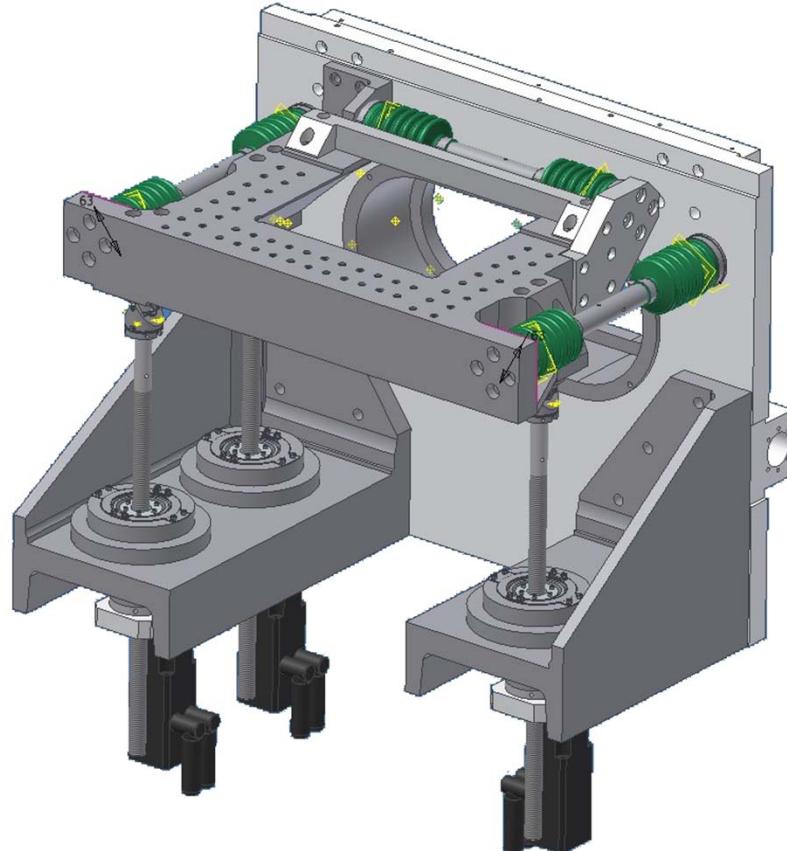
Resolution :

- Vertical movement: 0,5 µm
- Lateral movement : 1,3 µm

Overall dimensions:

- Z : 285 mm
- X : 160 mm
- Y : 150 mm

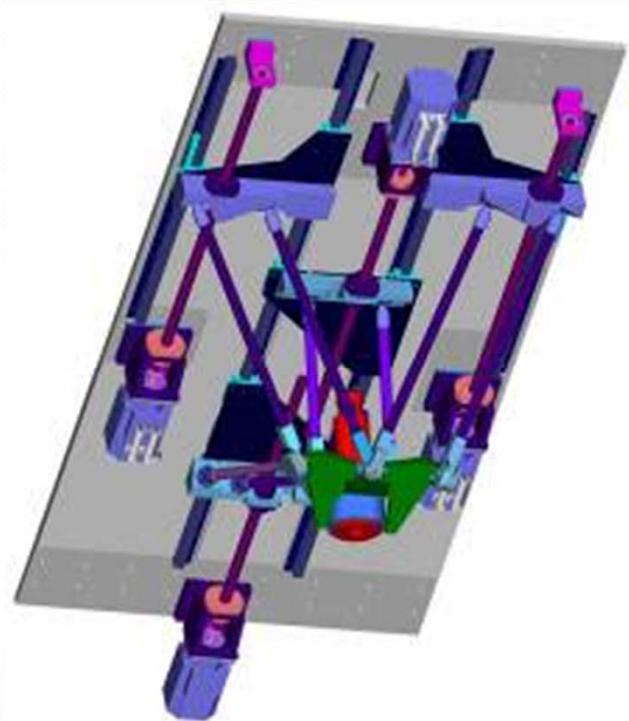
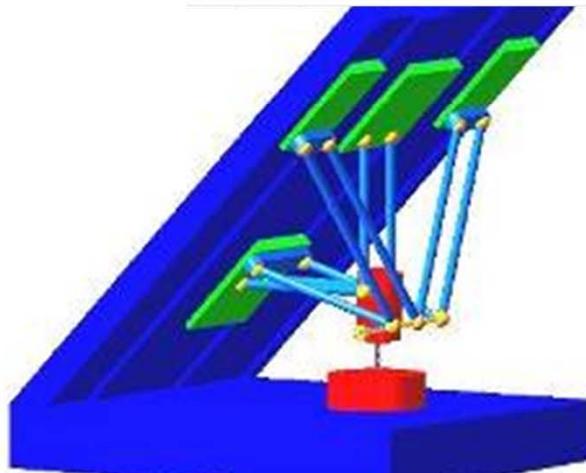
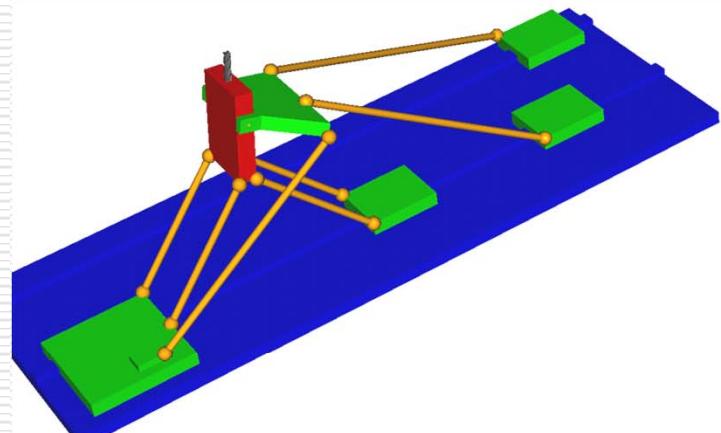
Usinage « Stewart 3 »



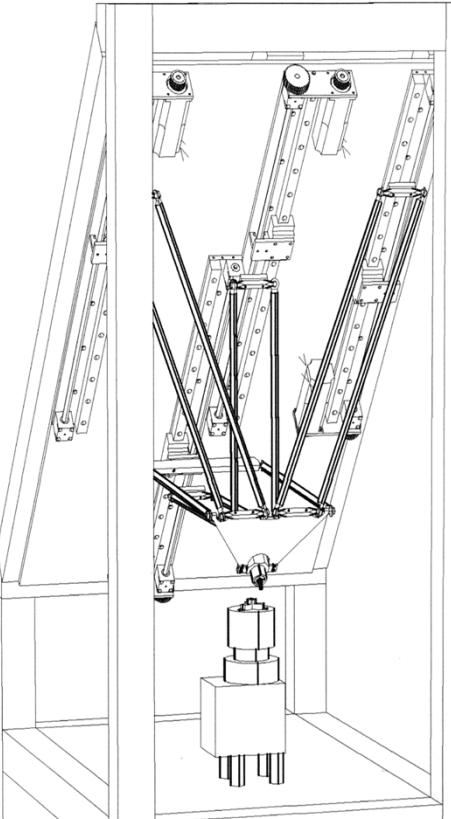
Machine-outil Hita PDR (STT)

PDR: Poursuite de rigidité

STT: Stiffness Tracking Technology



Machine-outil Hita PDR (ou STT) 4+1 axes

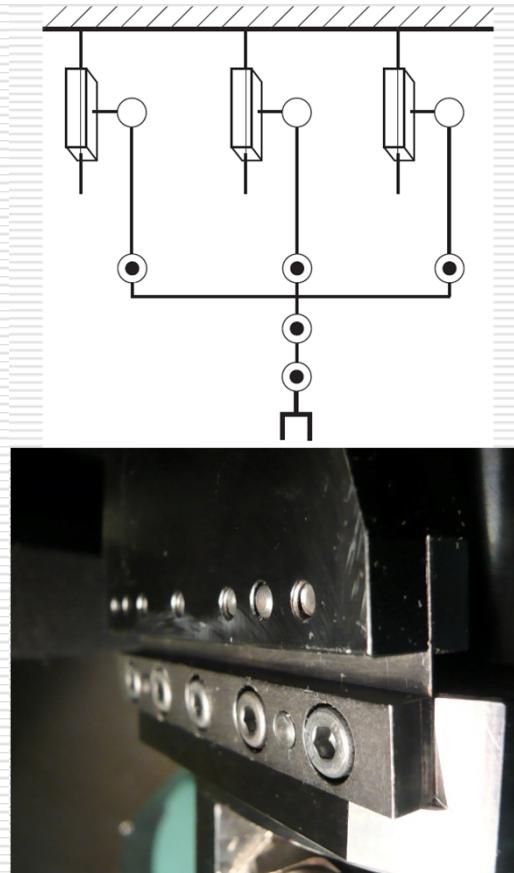


Avec Willemin -Macodel

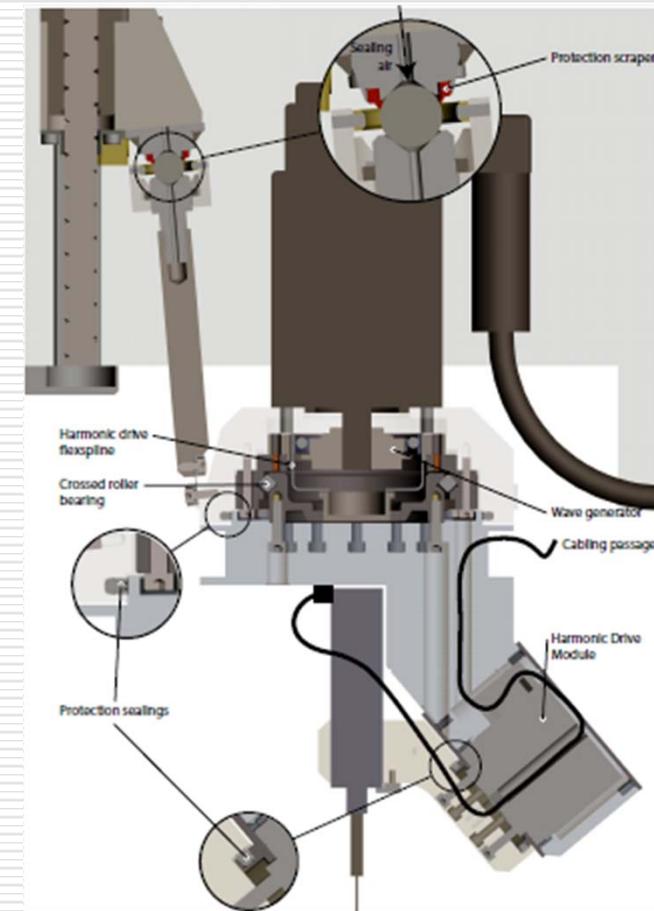
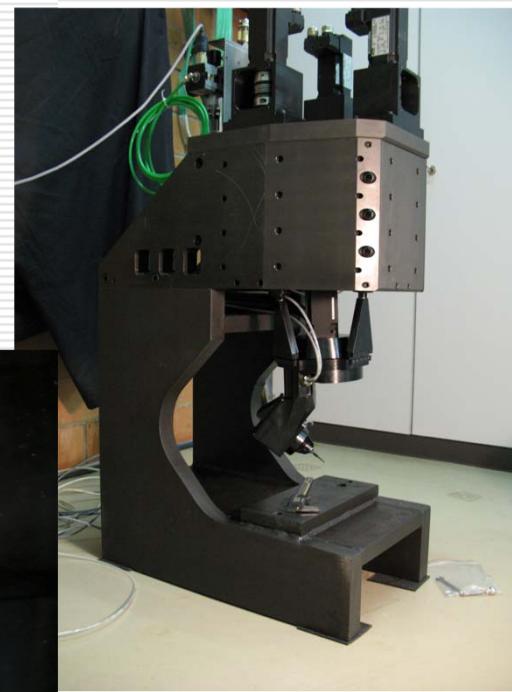
Hita [Hita.mpg](#)

Machine-outil : usinage 5 axes

Omicron (cinématique hybride)

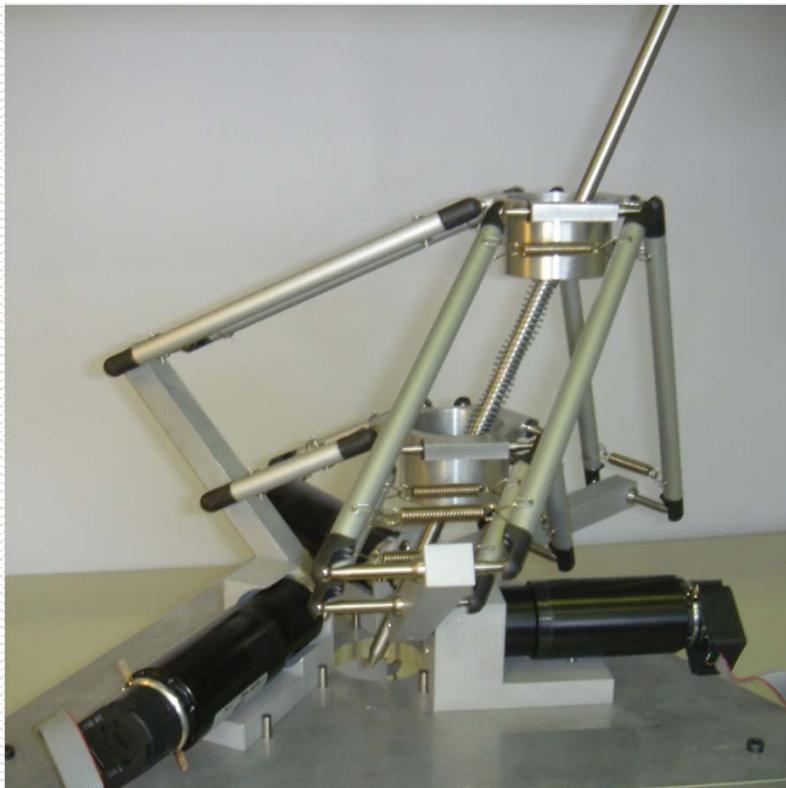


[F-Omicron.wmv](#)

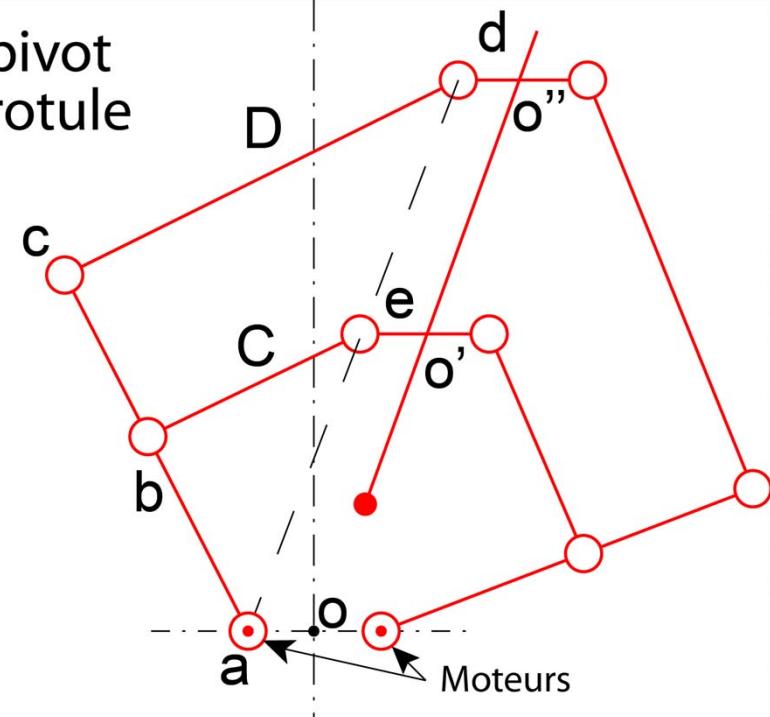


Usinage, chirurgie

Delta Thalès



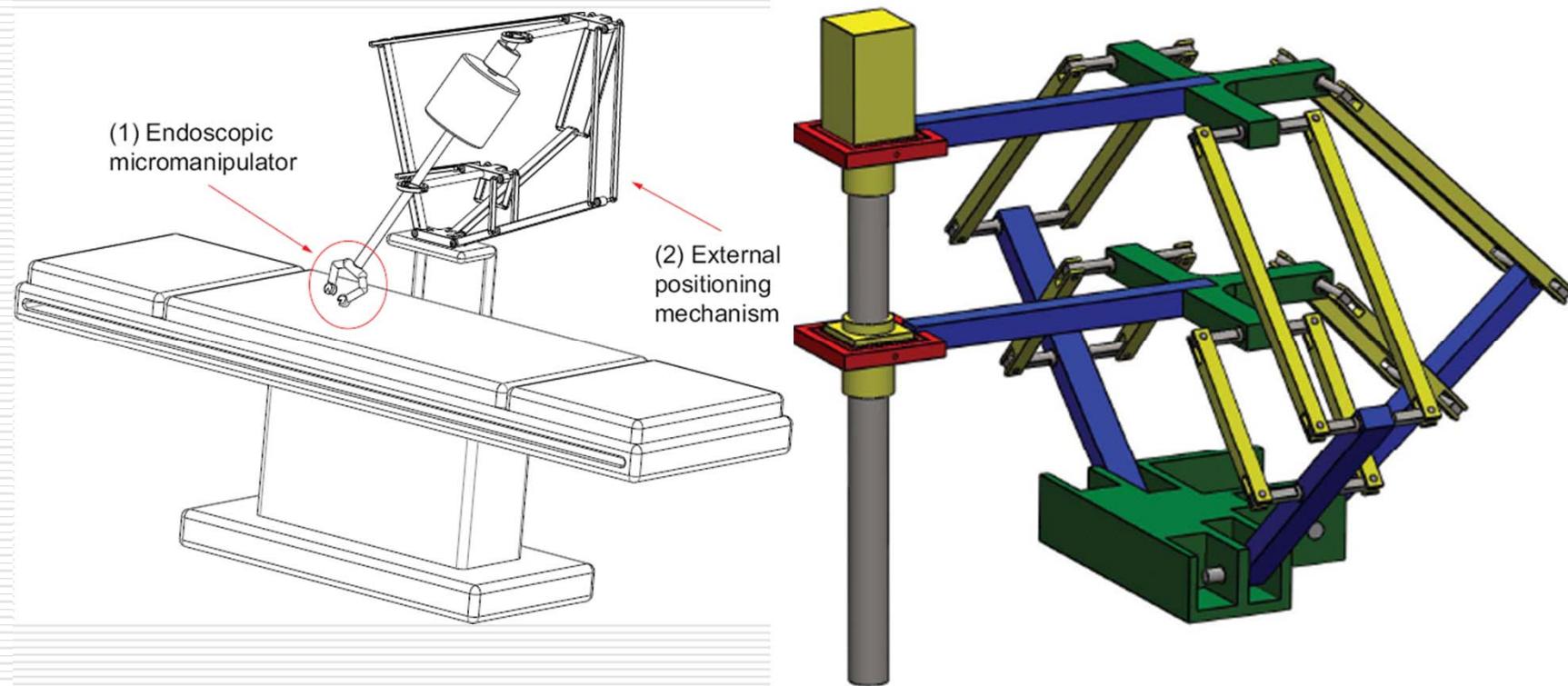
● = pivot
○ = rotule



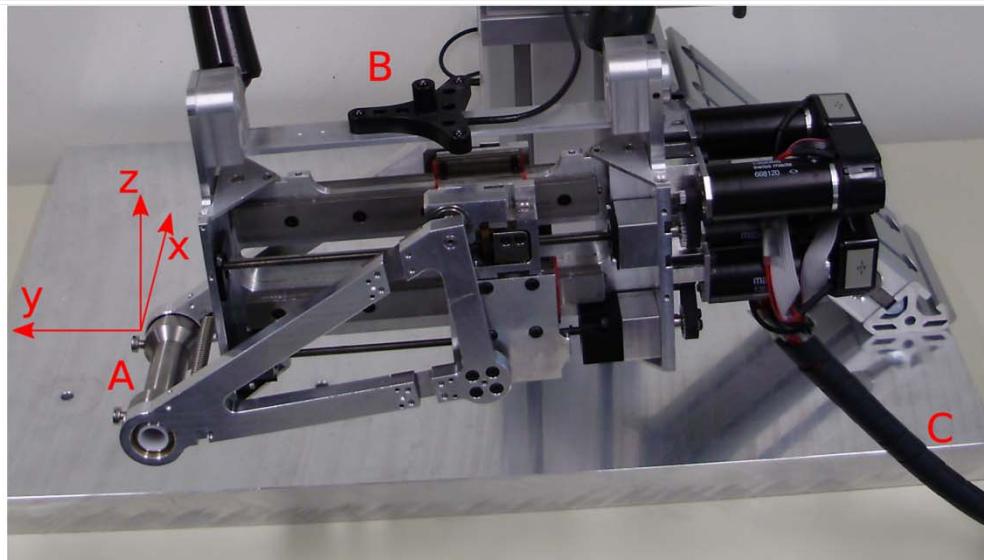
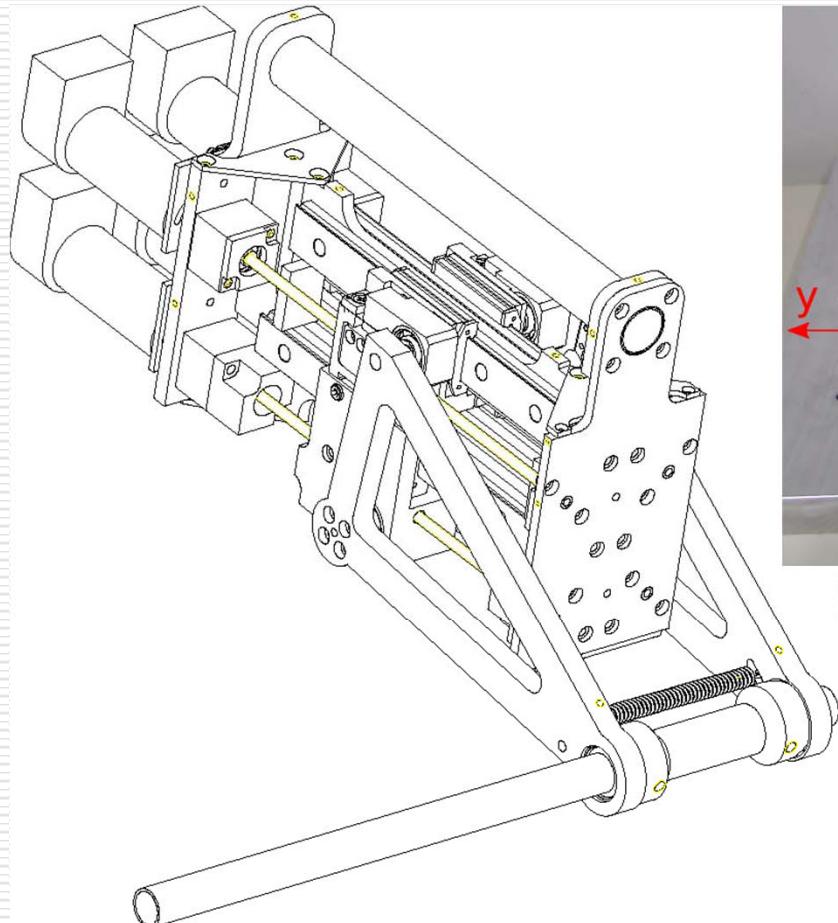
[FThales.mpg](#)

Chirurgie mini invasive

Dionis



Chirurgie Neuroglide



Cinematique hybride

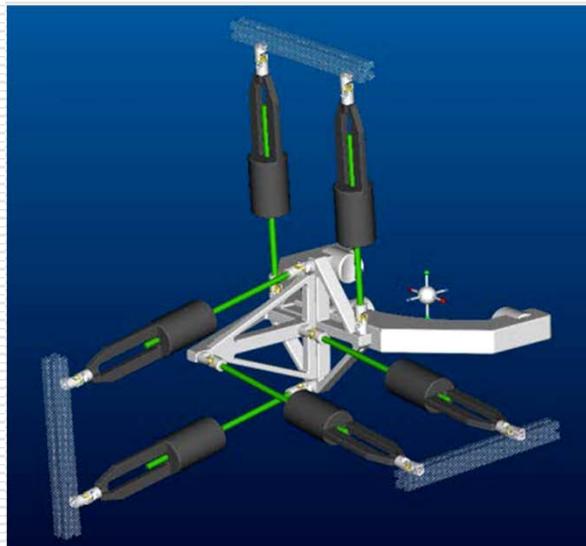
4 ddl: X, Y, θ_x, θ_y

Avec les Compagnies Baur SA et
Force Dimension

Ré-éducation Walk Trainer™

**Contrôle des mouvements du bassin
avec une cinématique parallèle à 6 ddl**

F - [Simul.pelvic.mpg](#)



FSC, Swortec



JNRR / 2011



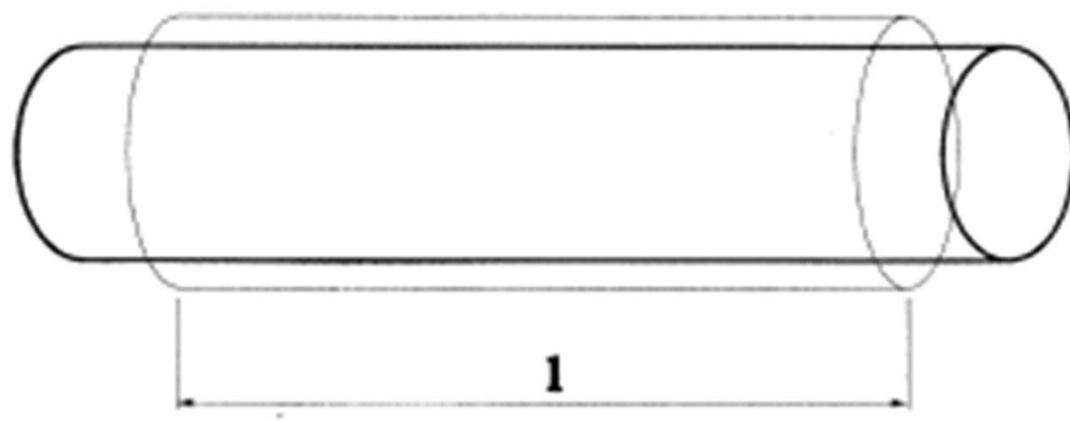
Problématiques de la très haute précision

- Géométrie
- Effets thermiques
- Effets de la gravité
- Efforts sur le robot

Problématiques de la très haute précision: géométrique

- Précision d'usinage et d'assemblage
- Références de parallélismes, de perpendicularité, etc...
- EDM à fil intéressant
- Articulations flexibles intéressantes, mais attention au centre de pivotement; course max. 10°.

Problématiques de la très haute précision: thermique



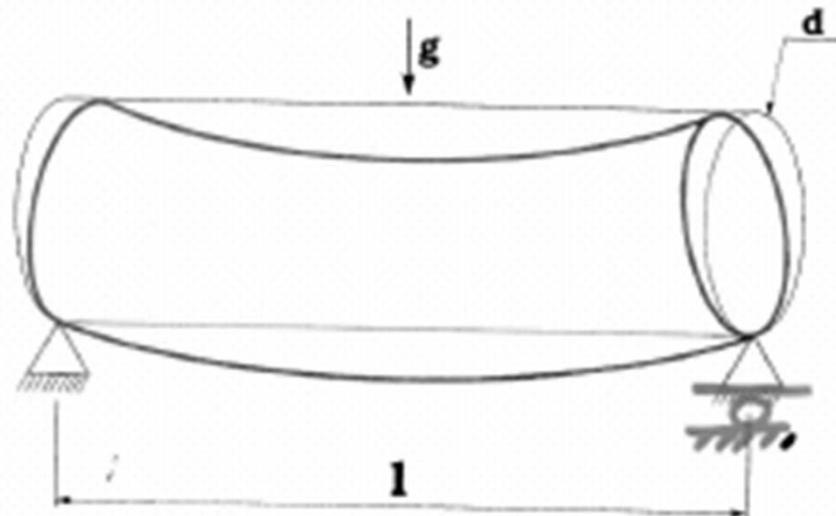
Acier

$$l = 100\text{mm} \rightarrow \Delta l = 1'200\text{nm}$$

$$\Delta T = 1^\circ\text{C}$$

Δ aux matériaux et aux effets différentiels

Problématiques de la très haute précision: gravité



Sur 2 appuis parfaits

Acier

$$l = 100\text{mm} \rightarrow \text{flèche}_2 = 80\text{nm}$$

$$D = 10 \text{ mm}$$

En console

$$\text{Flèche}_c = 760\text{nm}$$

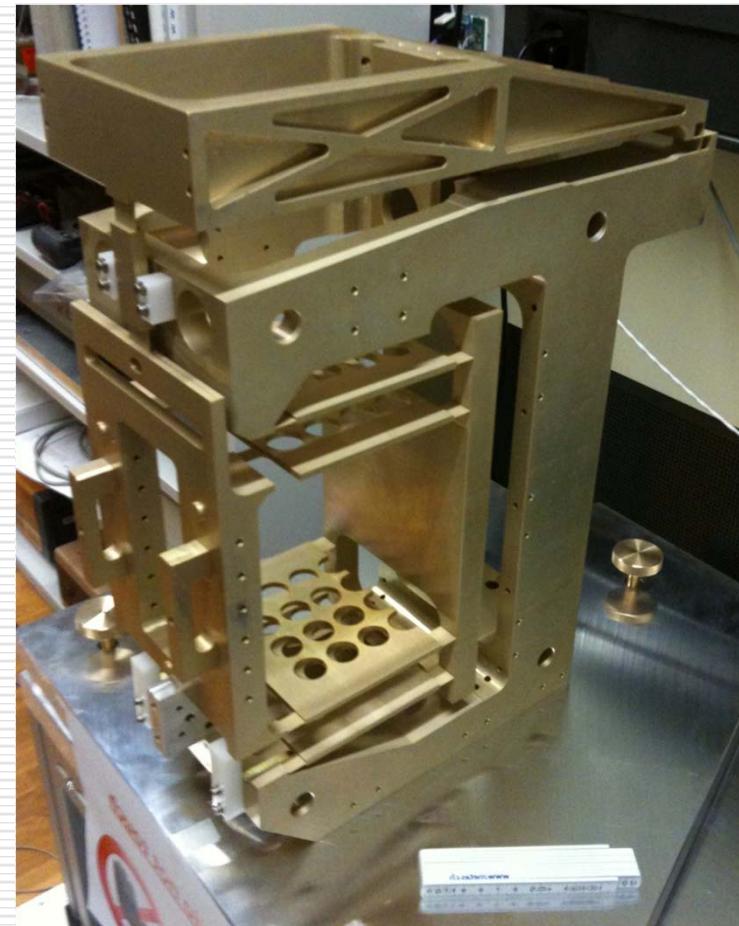
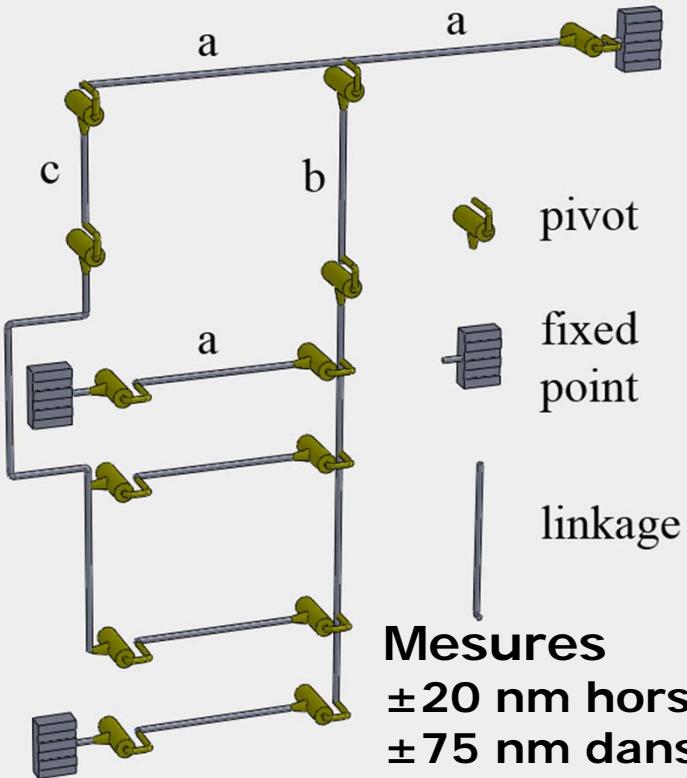
Problématiques de la très haute précision: efforts externes

- Privilégier les contraintes de traction et compression où toute la section travaille.

Ex: barre d'acier

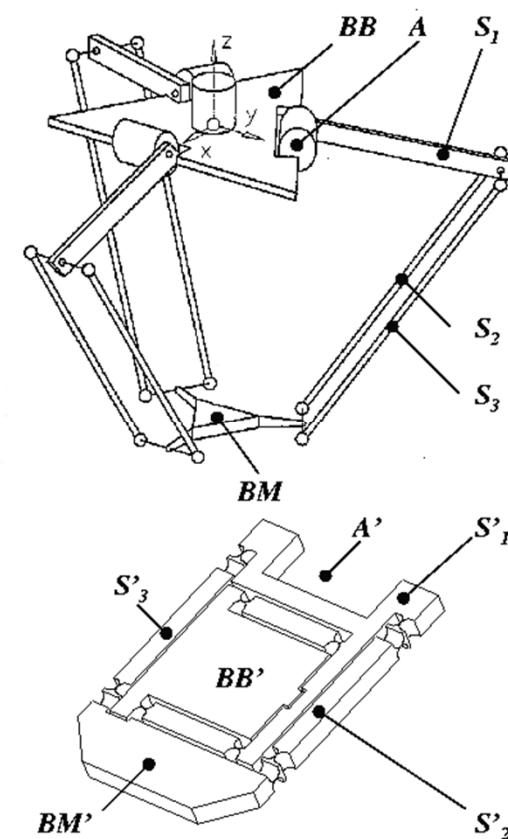
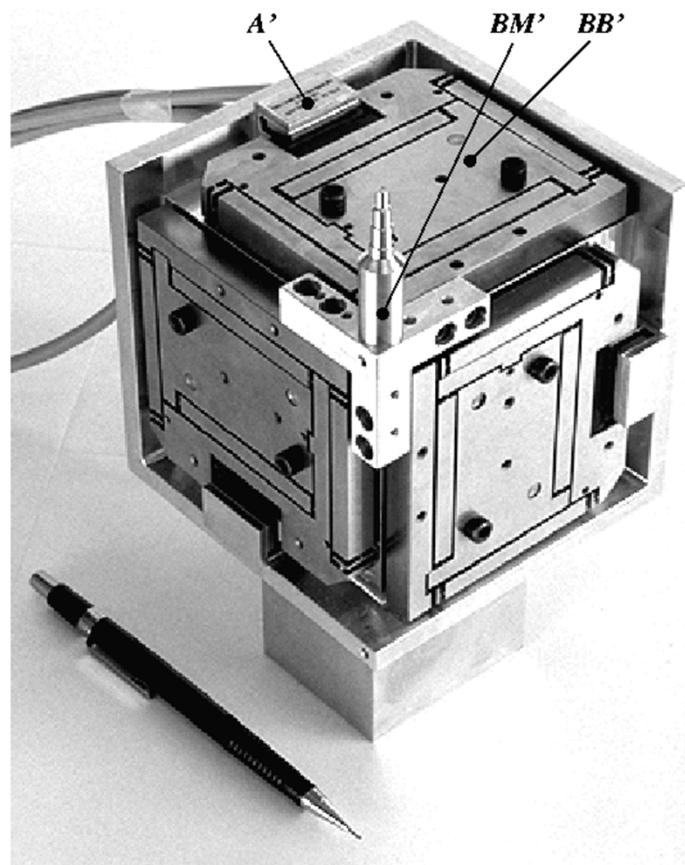
- Diamètre 10 mm
- longueur 100mm
- Charge appliquée: $10\text{N} \rightarrow \Delta l = 60\text{ nm}$

Très haute précision Axe rectiligne à 13 cols

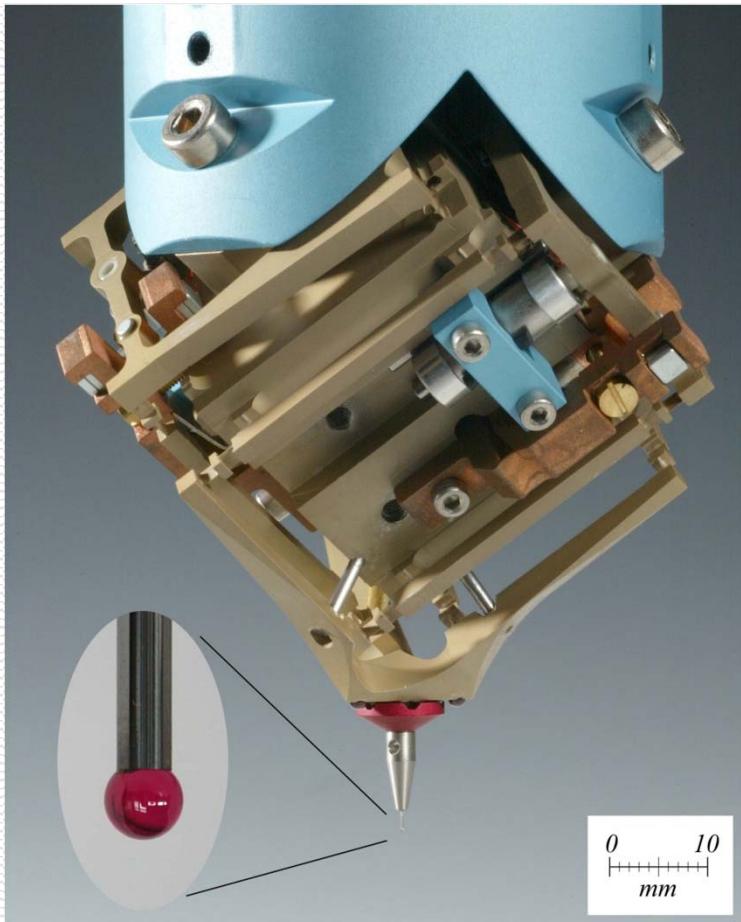


Très haute précision Delta cube

Delta
cube I



Très haute précision 3 D Probe



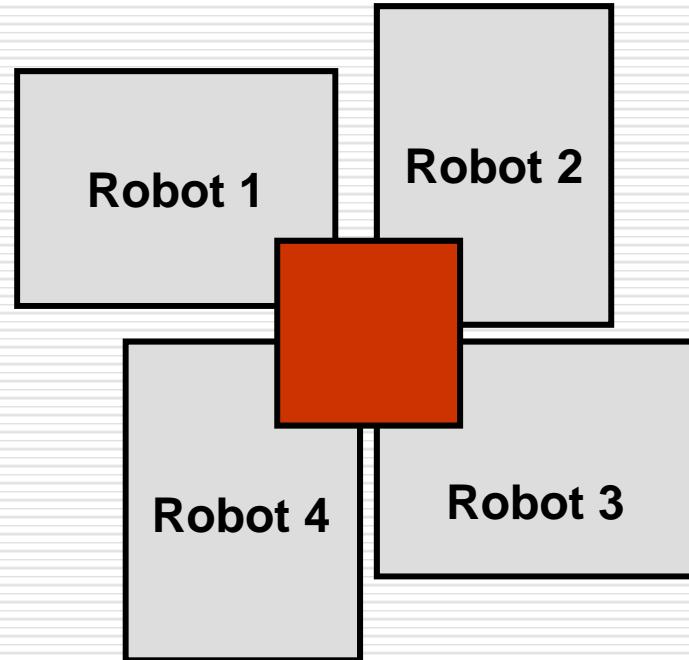
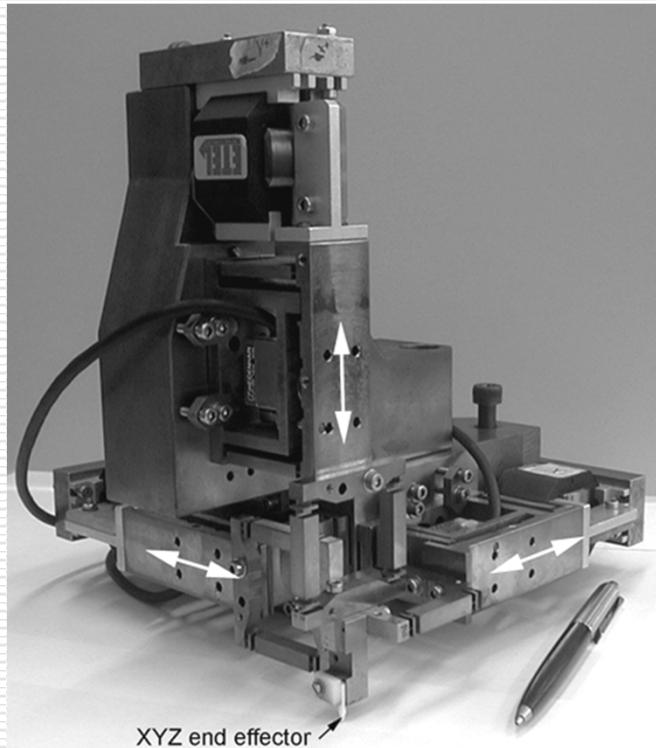
Palpeur 3D, pour métrologie:
Mesure par METAS avec une
précision de 20 nm.

Fabrication monolithique
en alliage d'Al

MECARTEX
& METAS



Très haute précision Robots actifs dans un petit espace

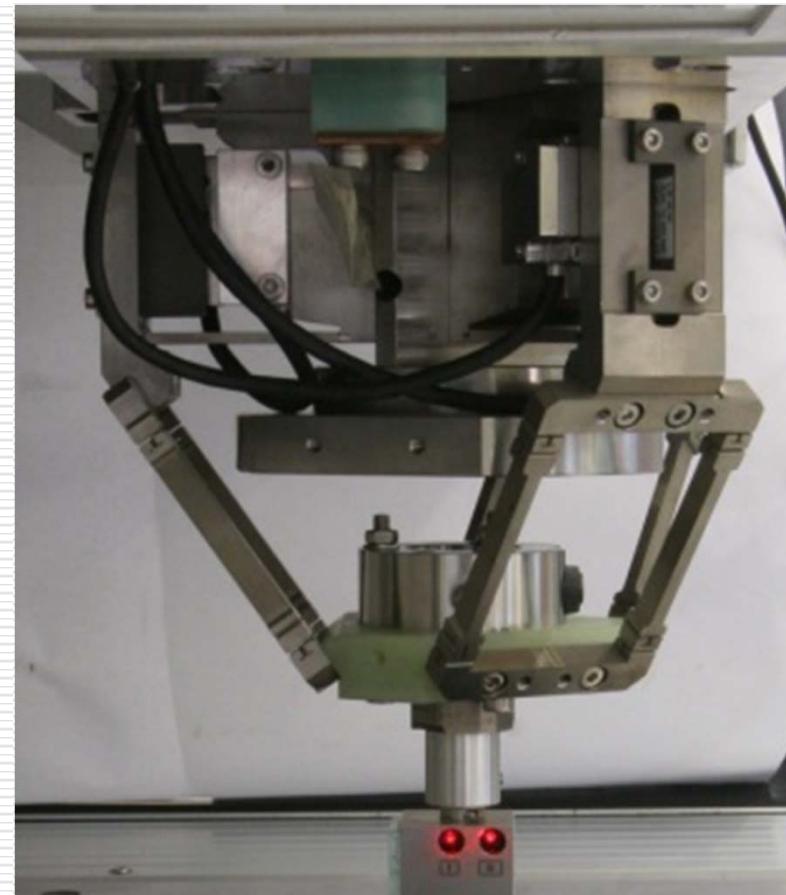


Delta cube II pour micro-manipulation
Répétabilité environ 10 nm

Très haute précision Delta cube IV

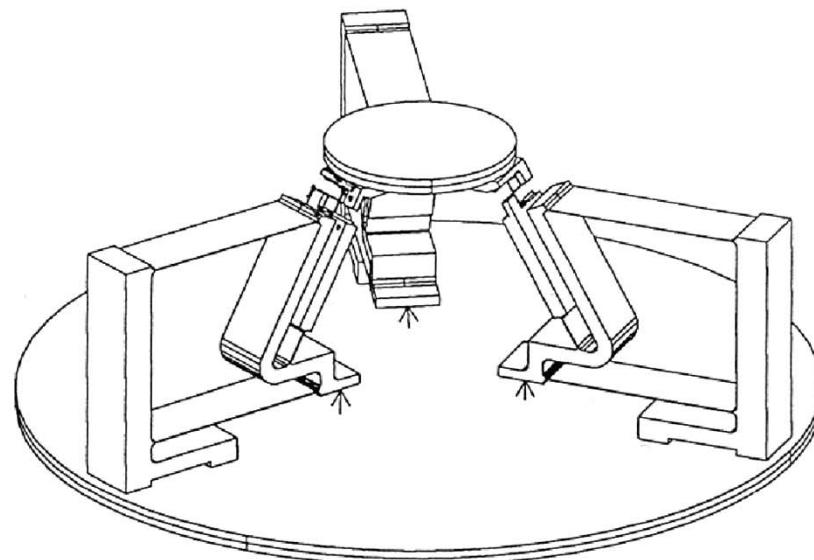
**AGIETRON Micro-Nano
pour applications EDM
(Agie-Charmilles)**

Avec MECARTEX, une
spin-off du LSRO

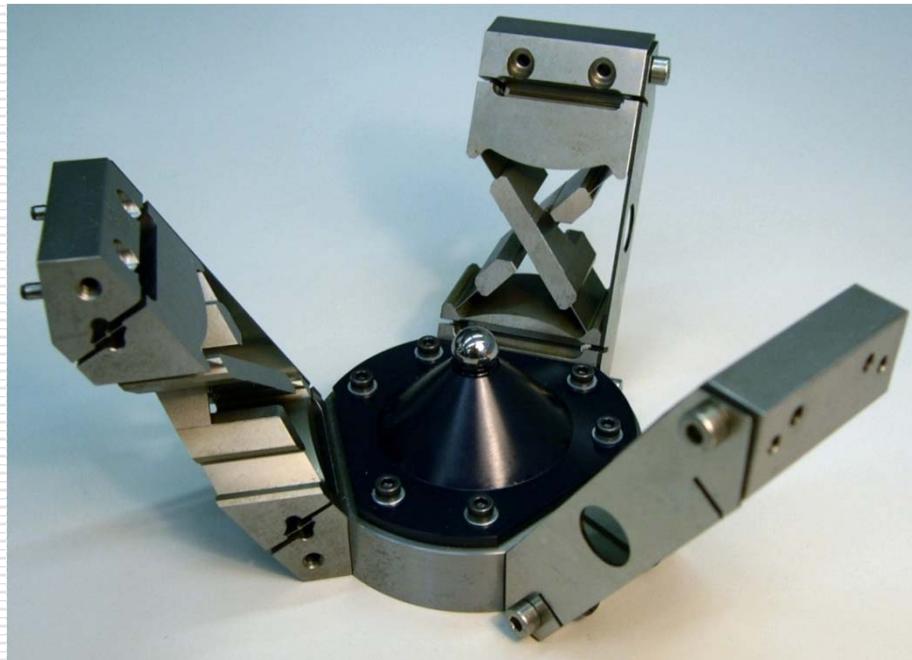


Très haute précision

Orion

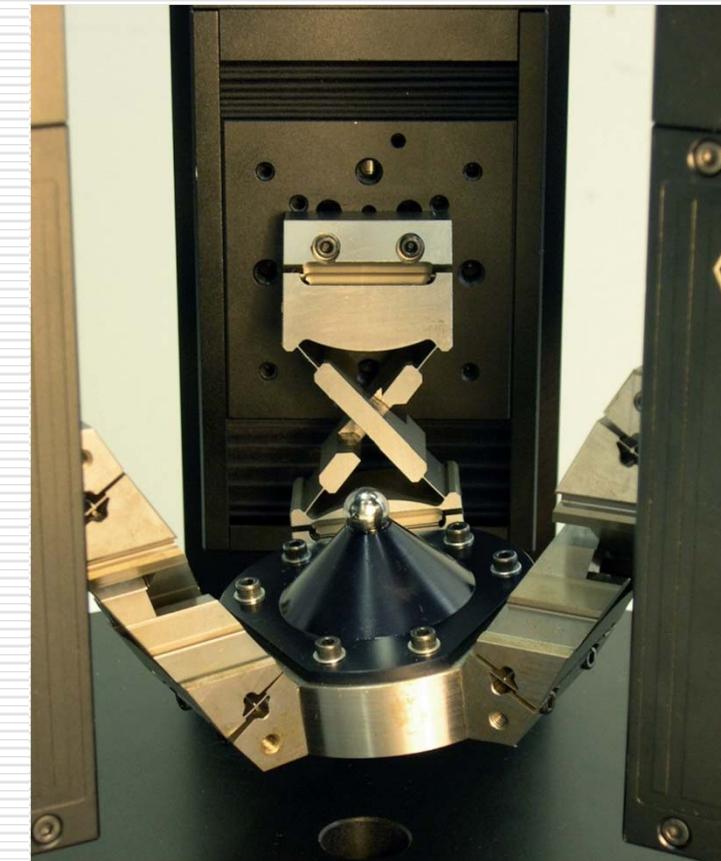


Très haute précision Minangle



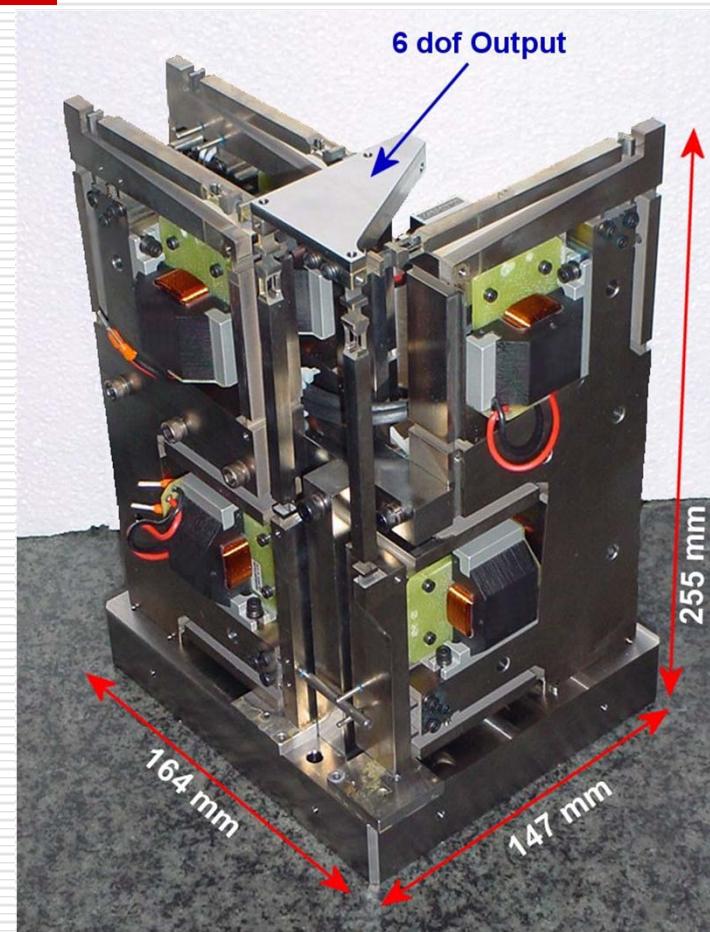
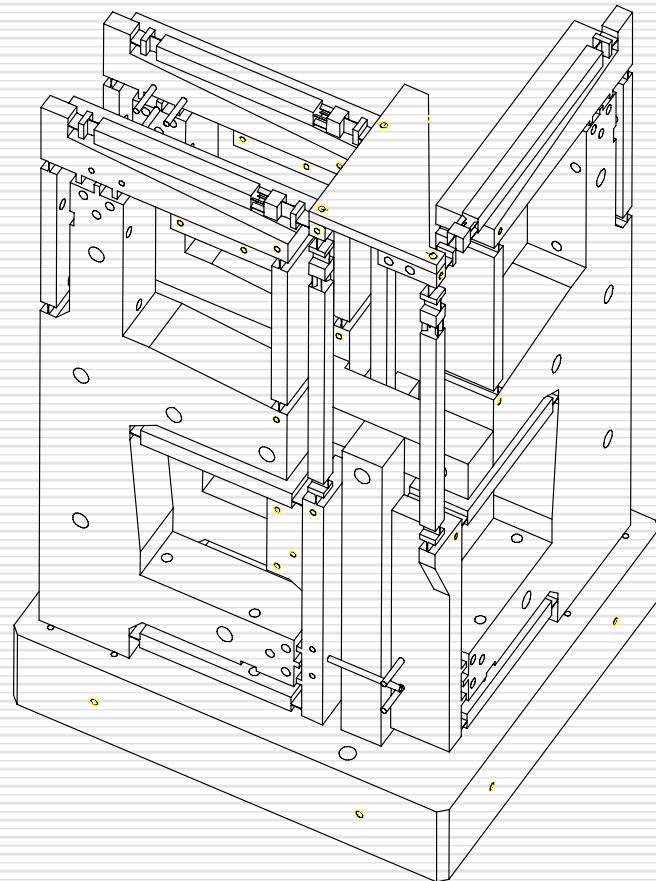
3 ddl: z , θ_x , θ_y $\rightarrow \pm 15^\circ$

[F-MinAngle et simul Delta lin.wmv](#)



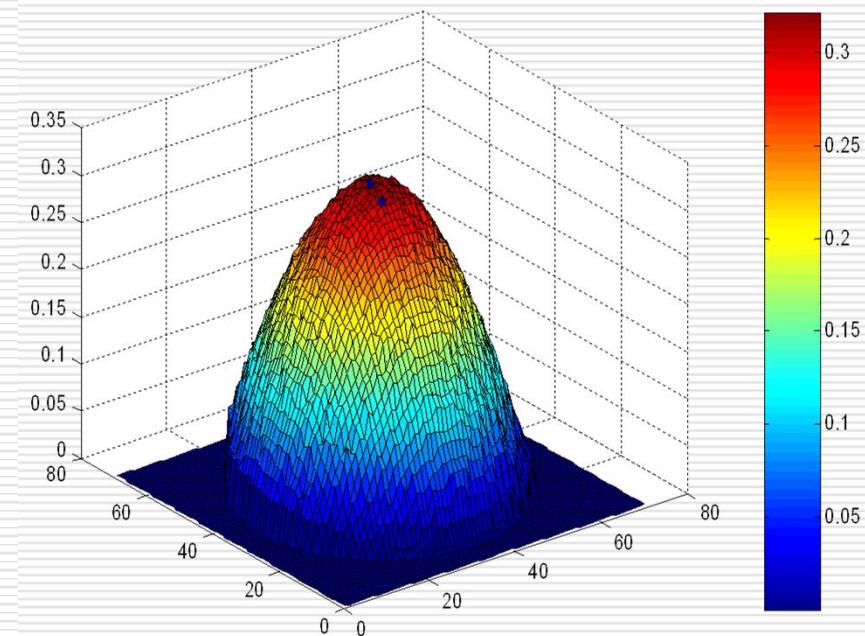
Très haute précision

Sigma 6



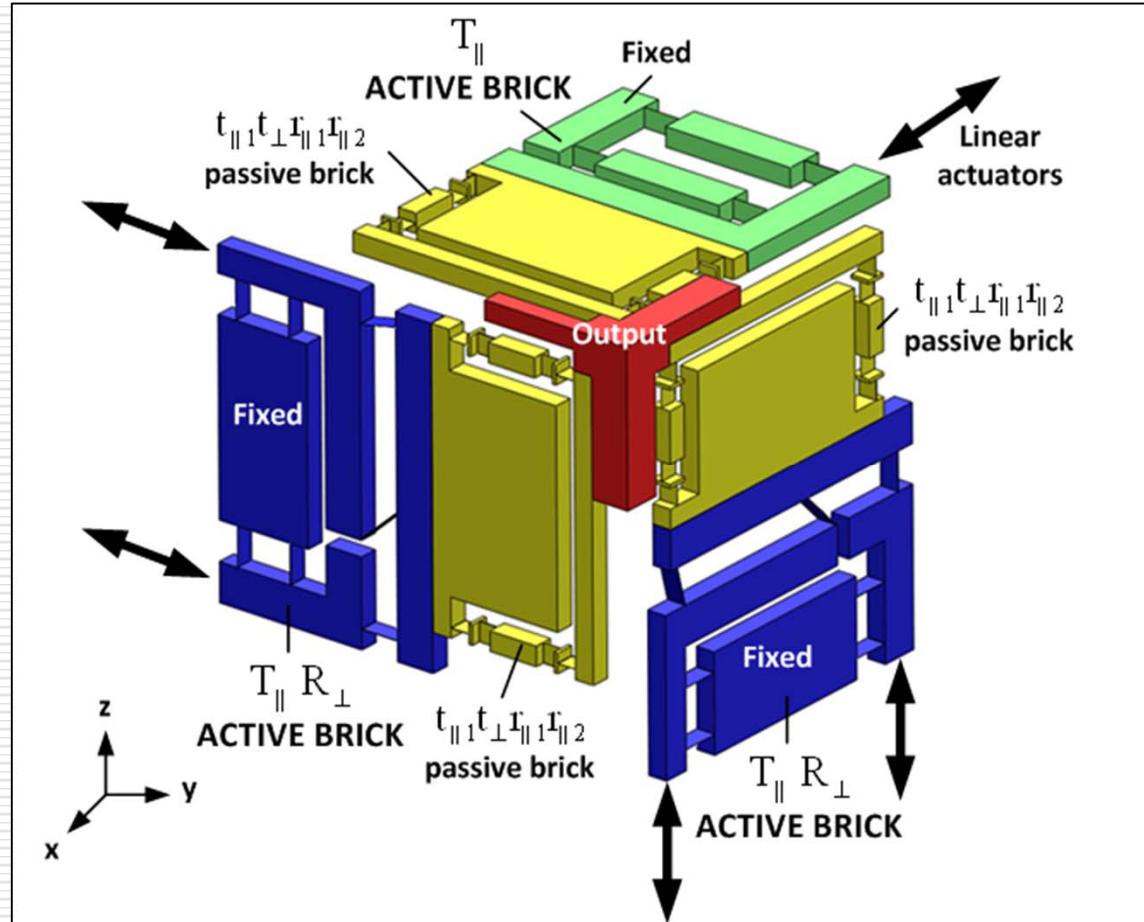
Très haute précision Optical fibers alignment

- Précision: 0,1 micron,
- high dynamic
(alignement time: 1 sec.)
- High stiffness for assure
a high precision during
the gluing.

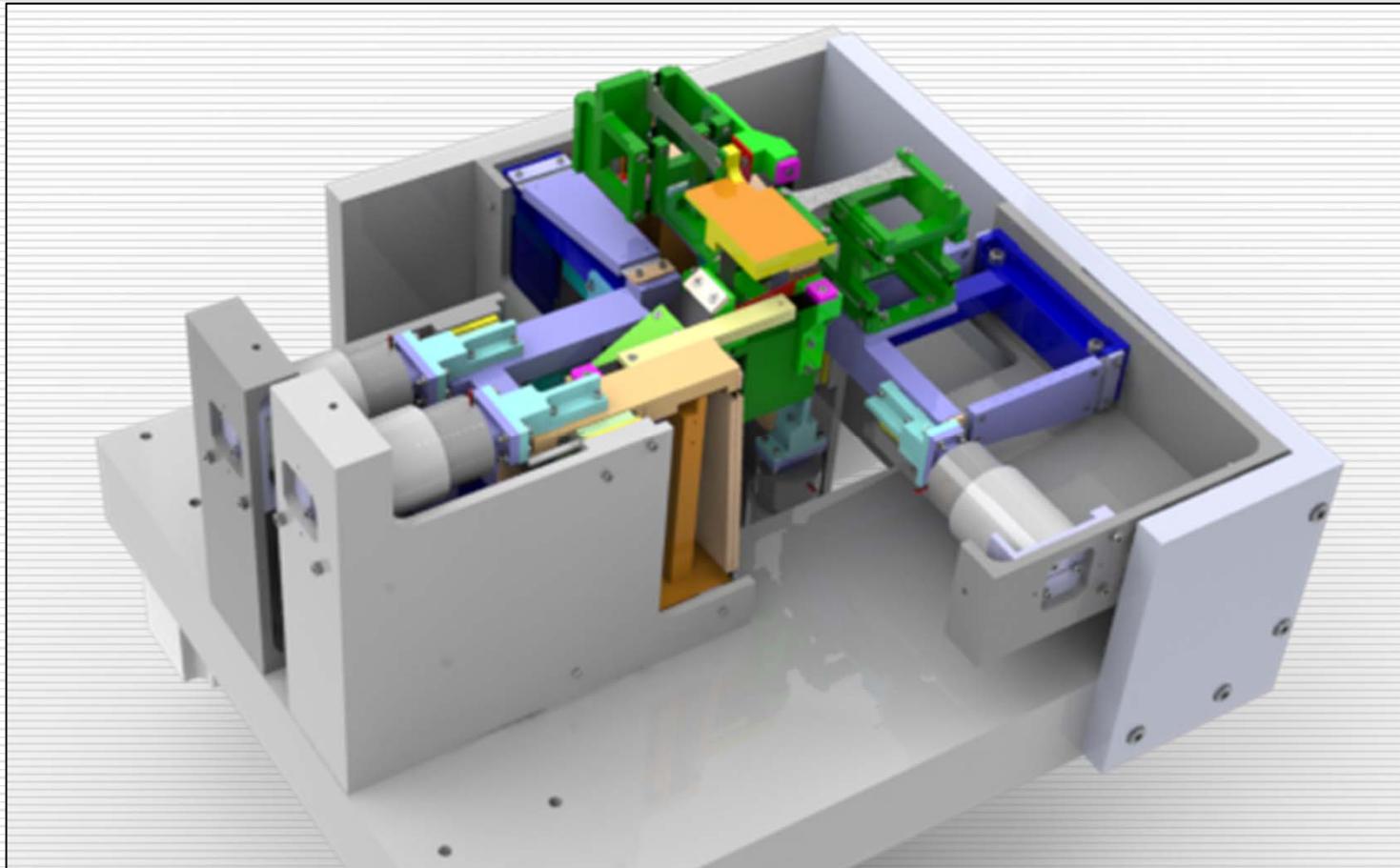


Très haute précision Système modulaire Legolas

5 ddl

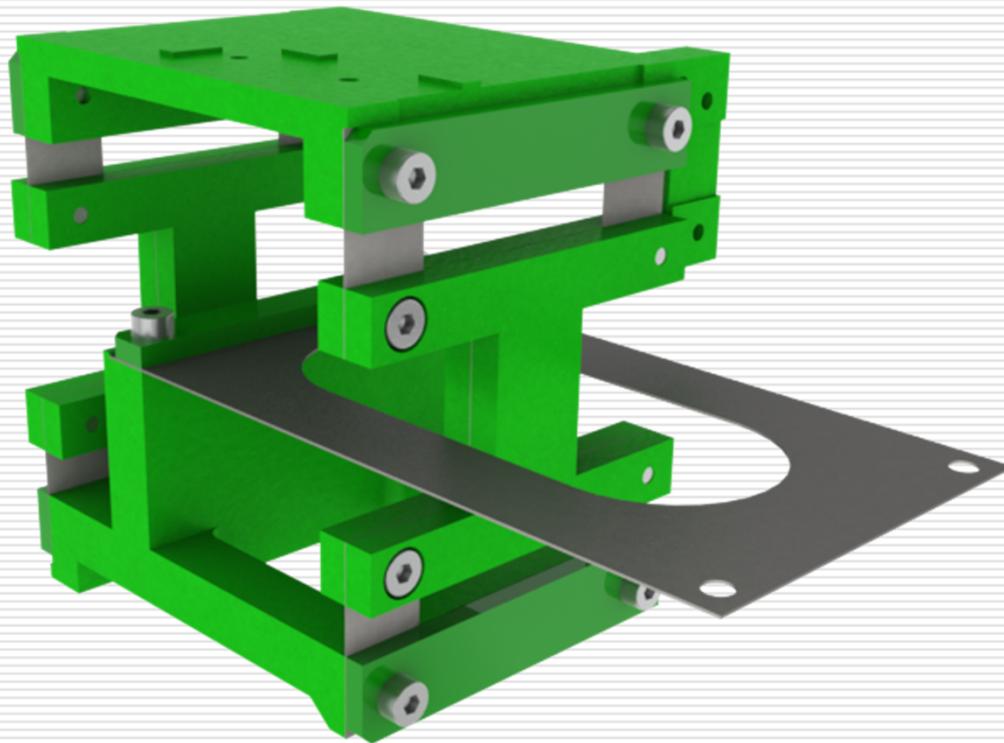


Très haute précision Système modulaire Legolas



Très haute précision Système modulaire Legolas

Brique de transmission passive



Conclusions

- **Les cinématiques parallèles et / ou hybrides peuvent être de très bonnes solutions pour beaucoup d'applications où une dynamique élevée est utile.**
- **Peuvent être particulièrement intéressantes pour la haute précision**
- **Les concepts peuvent apporter des solutions dans des domaines très différents.**
- **Aucunes limites pour de nouvelles idées.**
- **Les cinématiques hybrides ou main g – main d peuvent être très pertinentes.**

Merci de votre attention

**Un autre type
d'application
imaginé par les
étudiants**

