

# 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**)

# 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

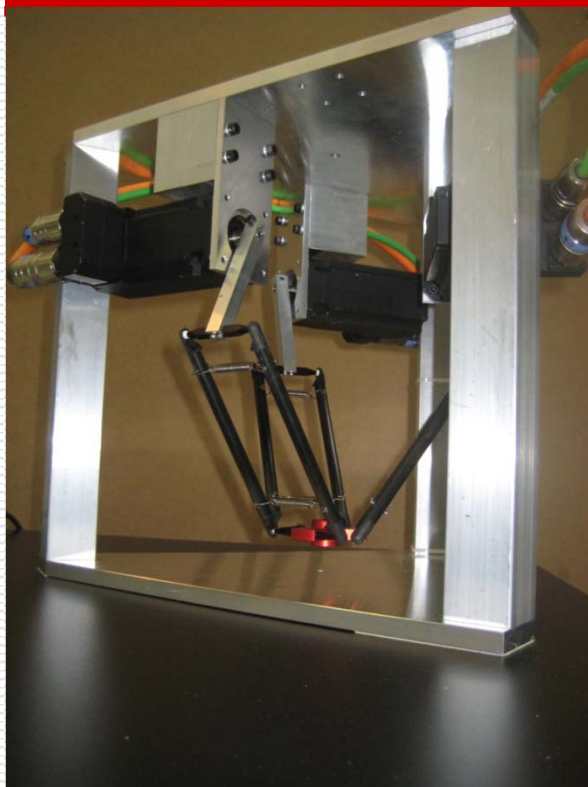
# Plan de présentation

---

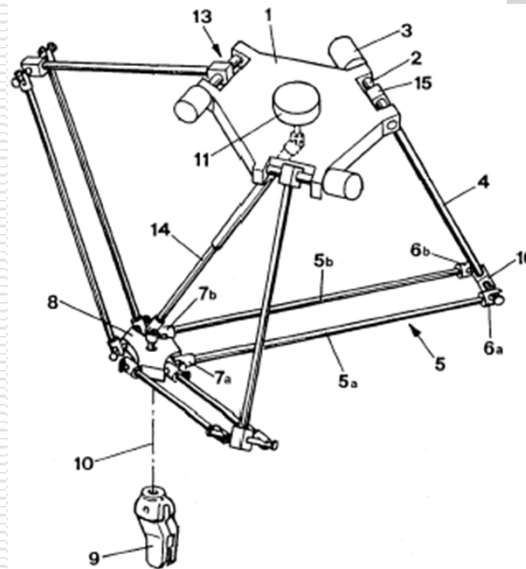
- **Cinématiques parallèles**
  - Packaging
  - Assemblage
  - Machines-outils
  - Réhabilitation
  - Chirurgie
- **Problématiques de la Très Haute Précision**
- **Cinématiques parallèles pour THP**
- **Conclusion**

# Packaging Robots Delta

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



Micro-Delta 240  
L. barres parallèles: 160 mm  
Accélération curviligne  $\rightarrow$  90 g



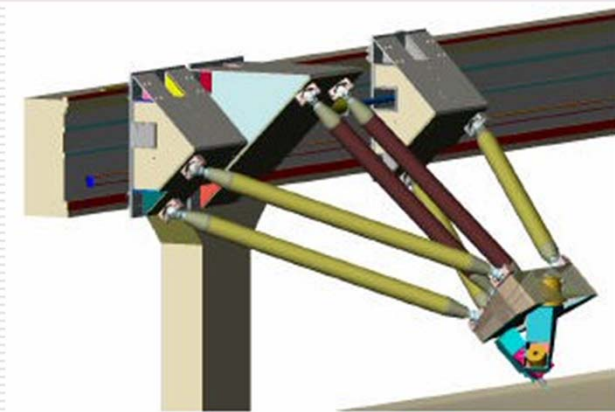
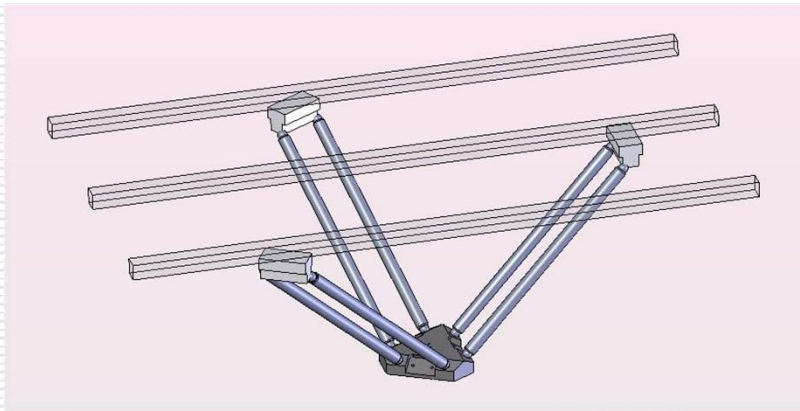
# Packaging

[FKambly.mpg](#)

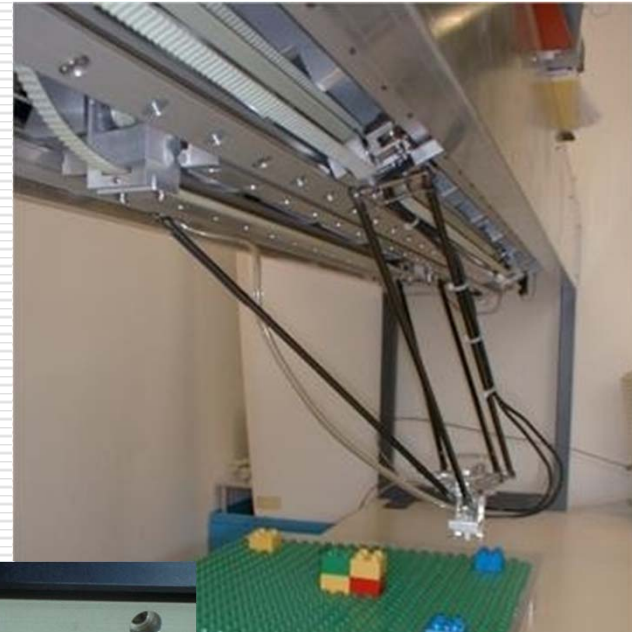
## Aria Delta (Demaurex, Gr. Bosch)



# Delta linéaire: horizontal



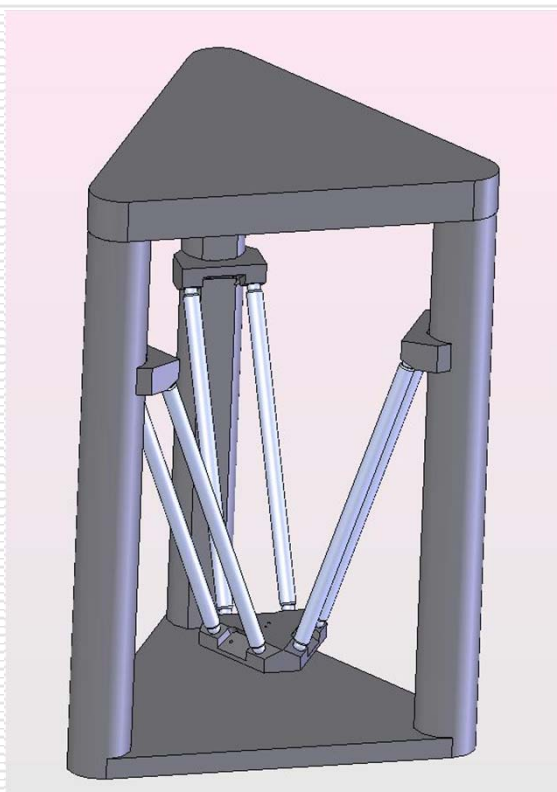
Pegasus



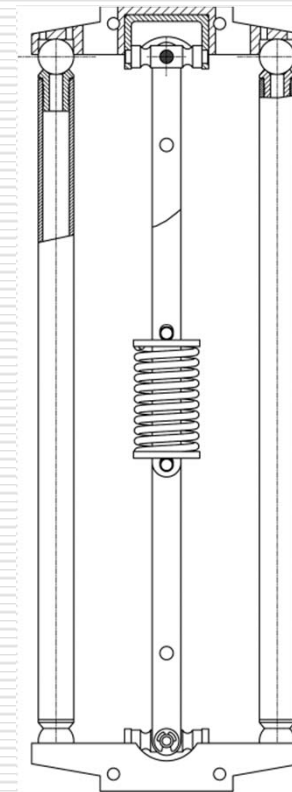
Transmission  
par palan

# Delta Linéaire : vertical

(assemblage, chassage, voire usinage)



Company UNIMEC





# Delta linéaire Unimec: caracteristiques

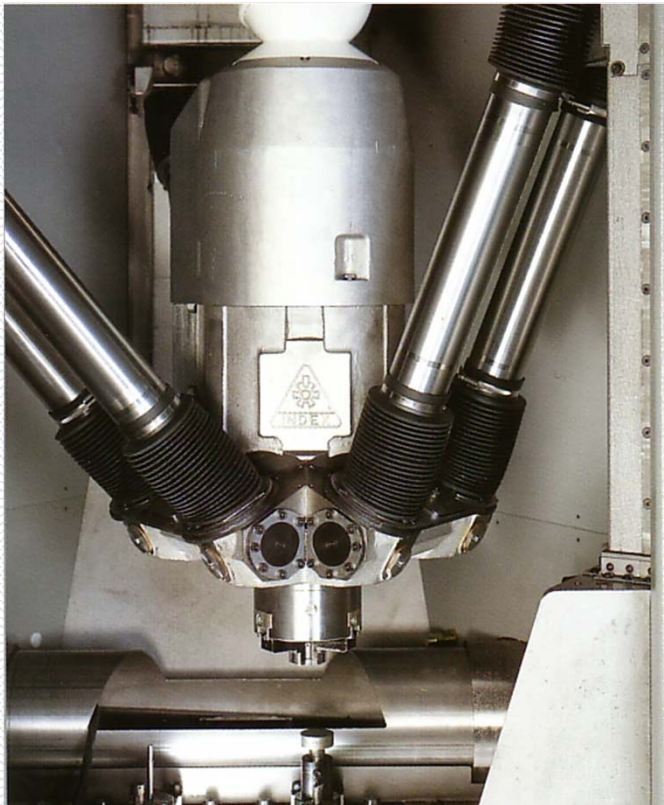
---

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

# Machines-outils

## Delta linéaire

---

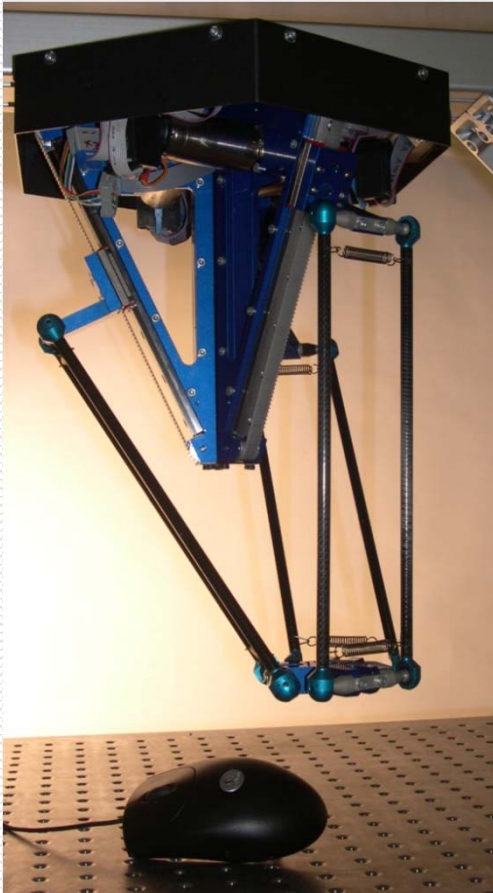


**Urane SX:**  
Comau Renault  
Automation

**Krause & Moser**

**Index**

# Assemblage Delta Keops



## Characteristics:

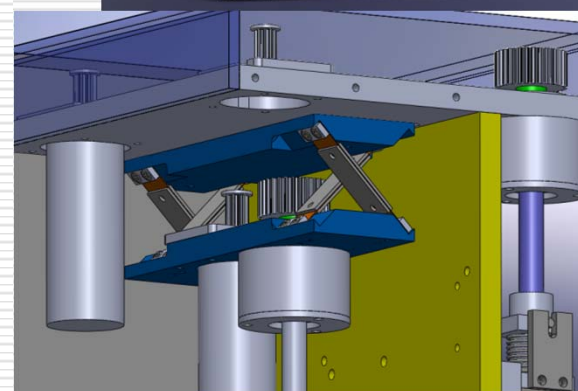
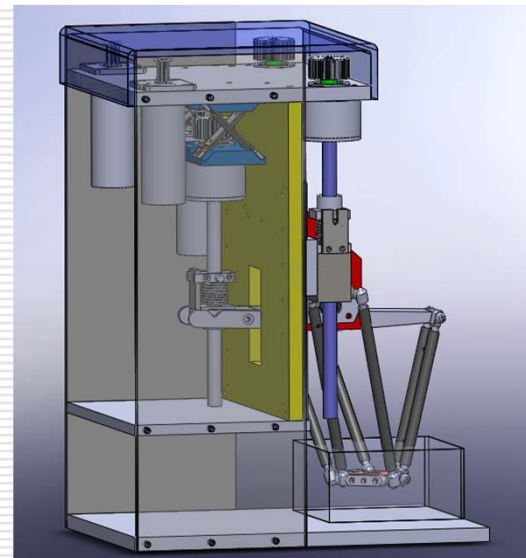
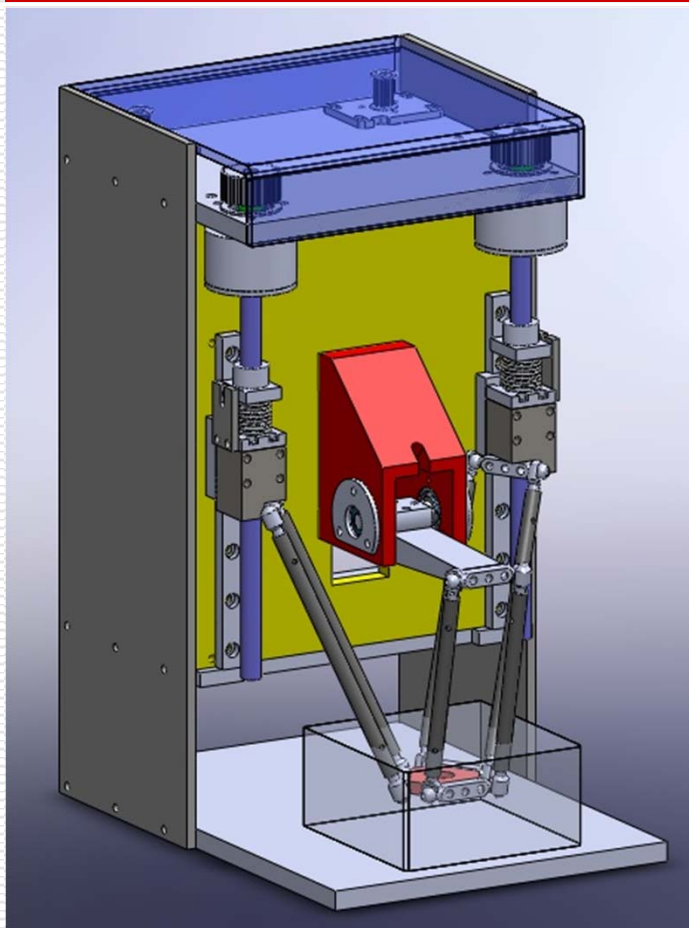
L. of parallel bars: 250 mm  
Space resolution: 20 mm  
Velocity:  $> 5\text{m/s}$   
Acceleration:  $\rightarrow 50\text{ m/s}^2$   
Working space:  $\phi = 240\text{ mm}$   
 $H = 80\text{ mm}$   
 $\phi = 340\text{ mm}$   
 $H = 40\text{ mm}$



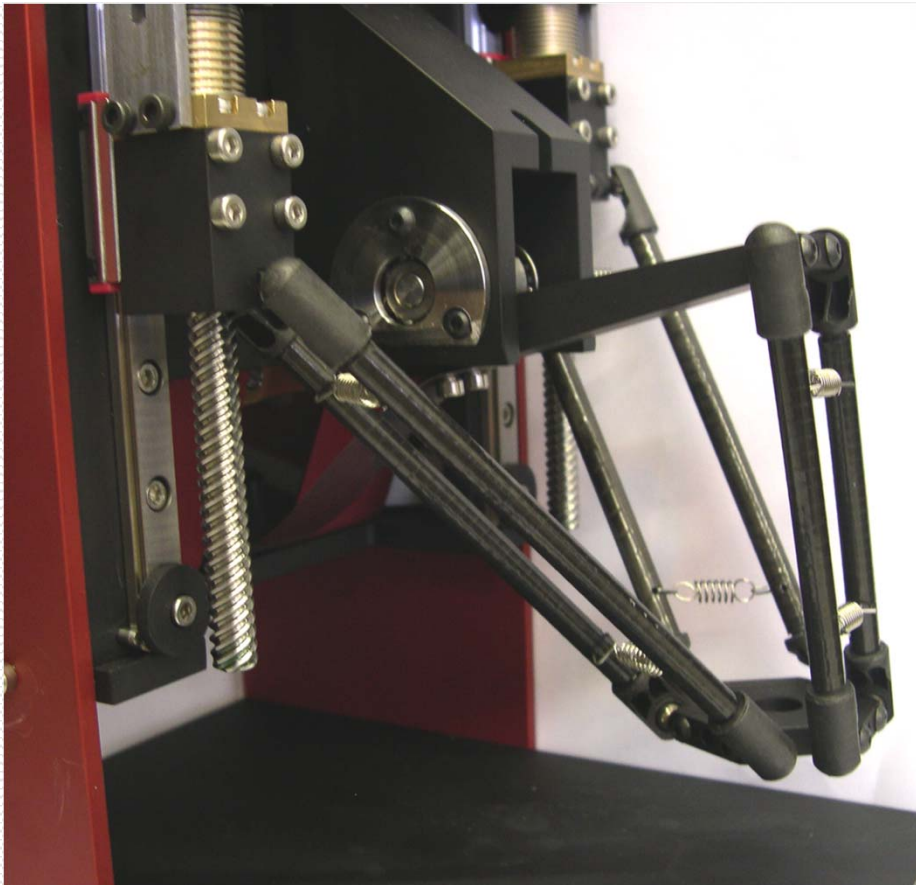
[F-Kheops.mpg](#)

# Assemblage DELTA Ibis

F-Ibis.mpg



# Assemblage DELTA Ibis



## Load, forces

- ❑ Vertical forces:  $> 10 \text{ N}$
- ❑ Load:  $\rightarrow 300 \text{ g}$

## Working volume:

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

## Resolution :

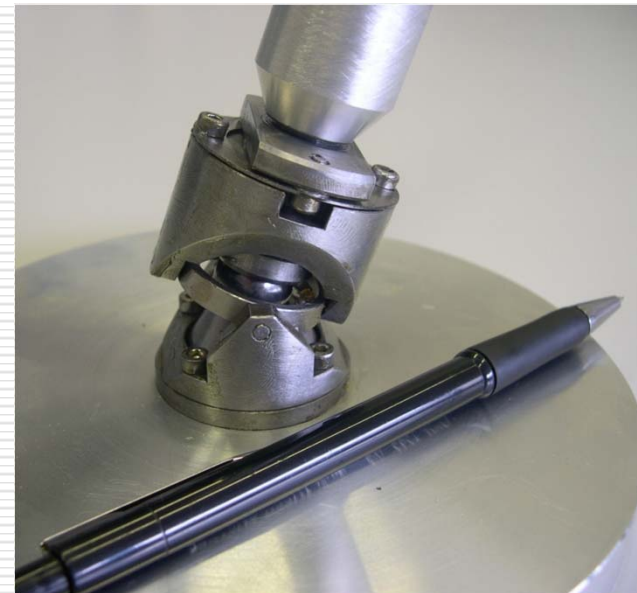
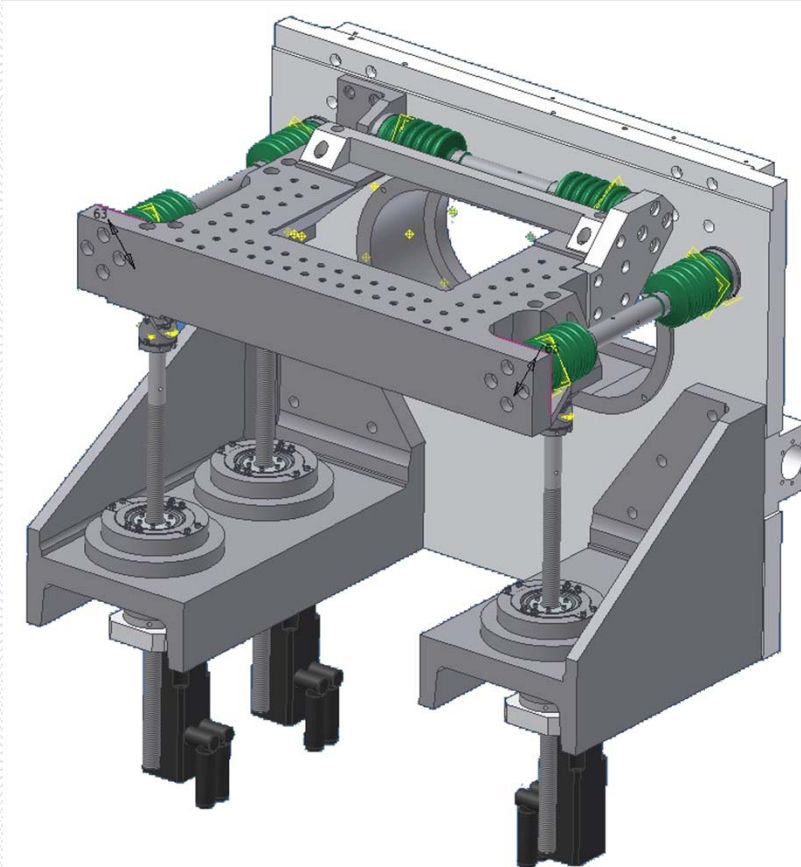
- ❑ Vertical movement:  $0,5 \mu\text{m}$
- ❑ Lateral movement :  $1,3 \mu\text{m}$

## Overall dimensions:

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

# Usinage

## « Stewart 3 »



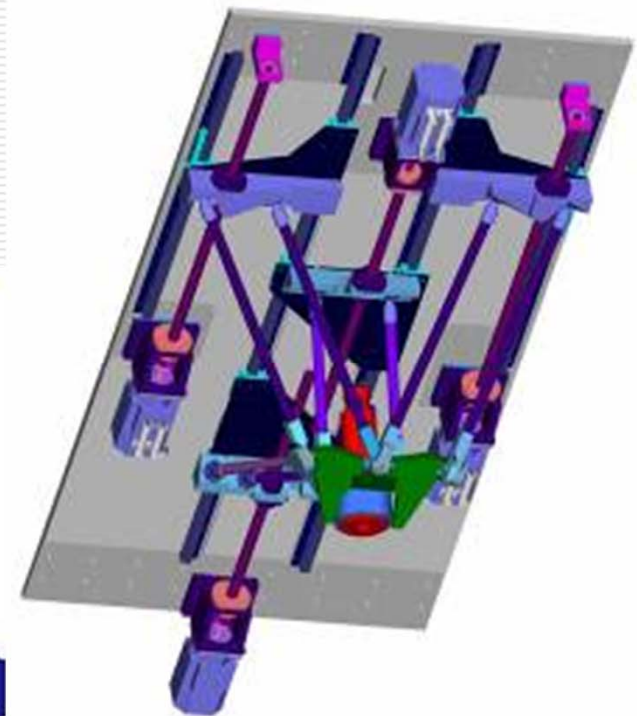
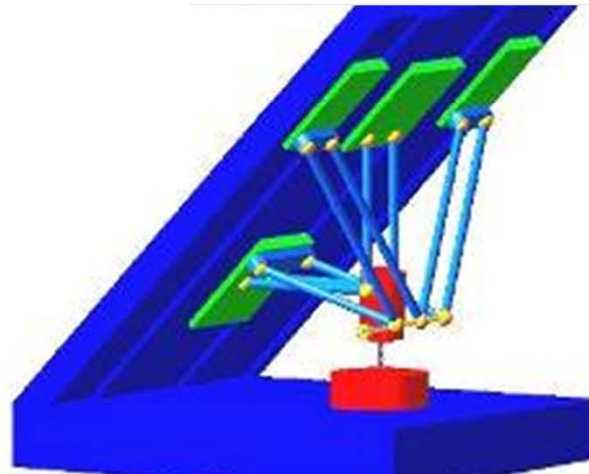
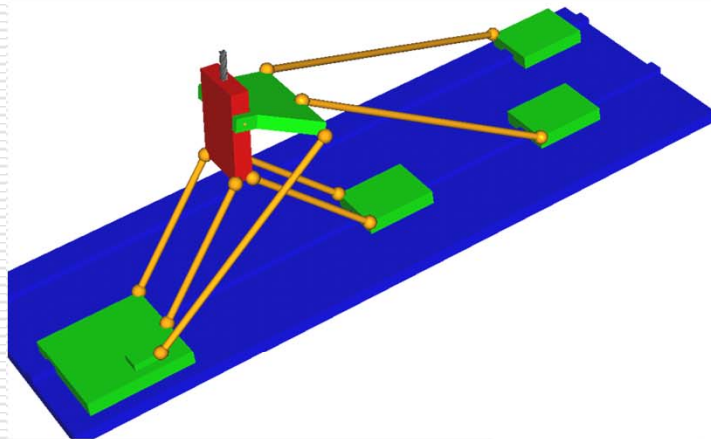
# Machine-outil

## Hita PDR (STT)

---

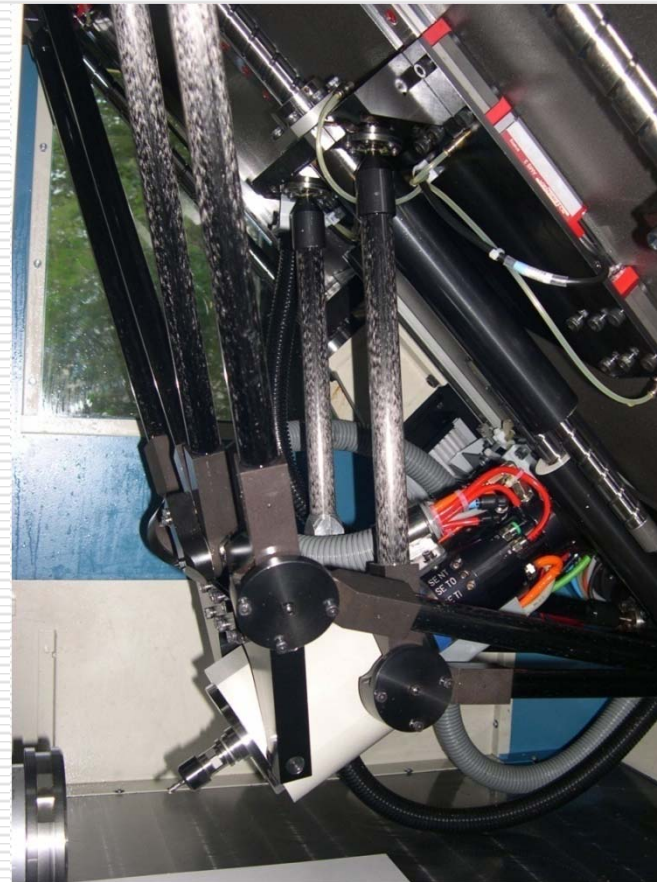
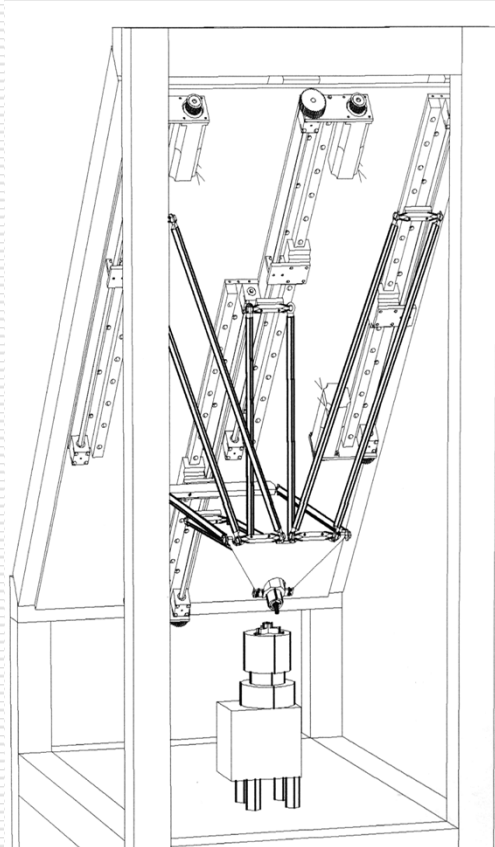
PDR: Poursuite de rigidité

STT: Stifness Tracking Technology



# Machine-outil

## Hita PDR (ou STT) 4+1 axes

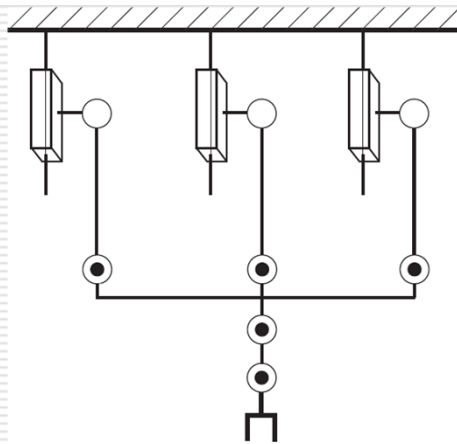


Avec Willemin -Macodel

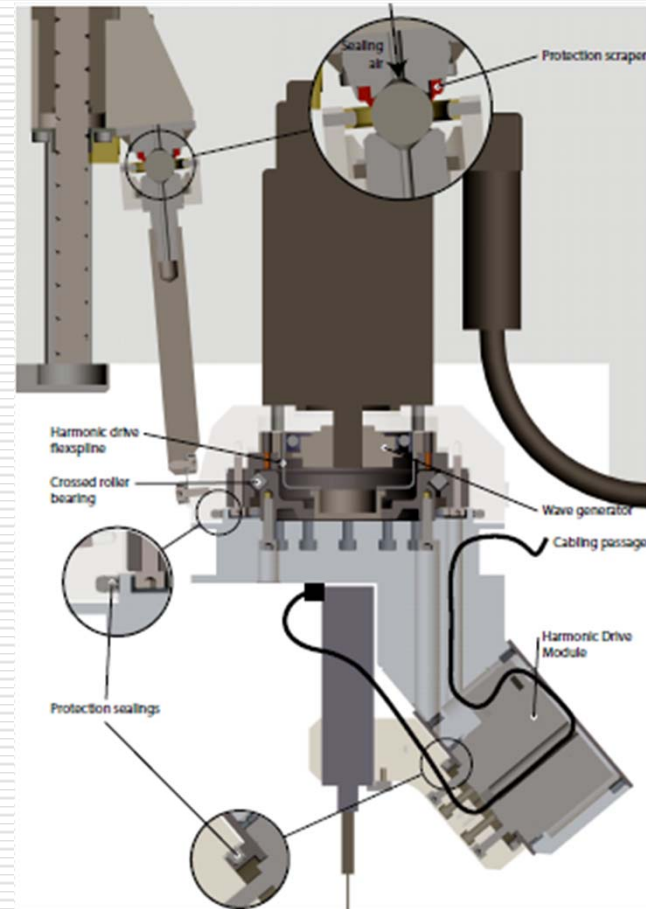
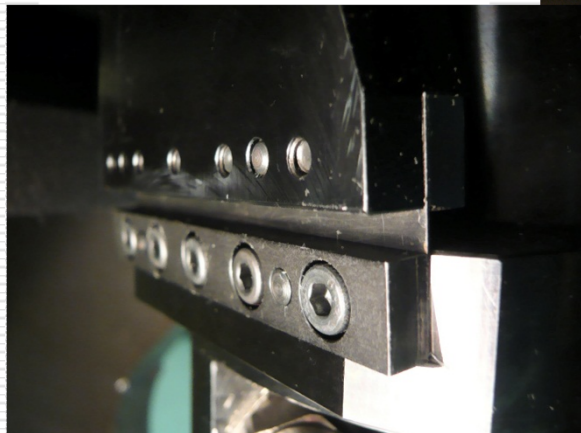
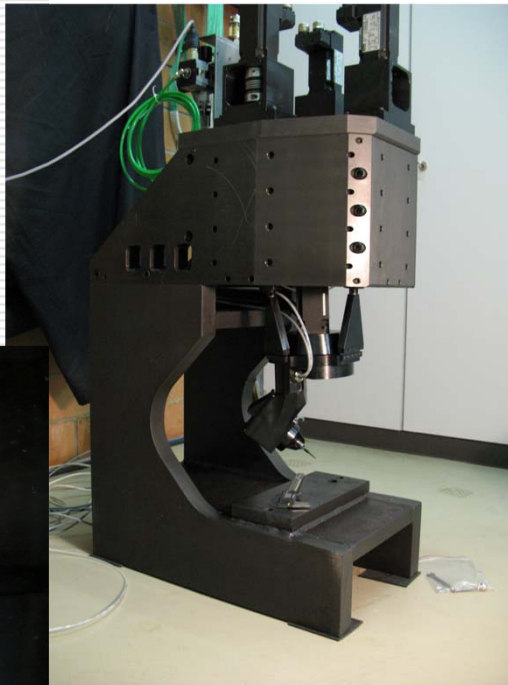
Hita [Hita.mpg](#)



# Machine-outil : usinage 5 axes Omicron (cinématique hybride)

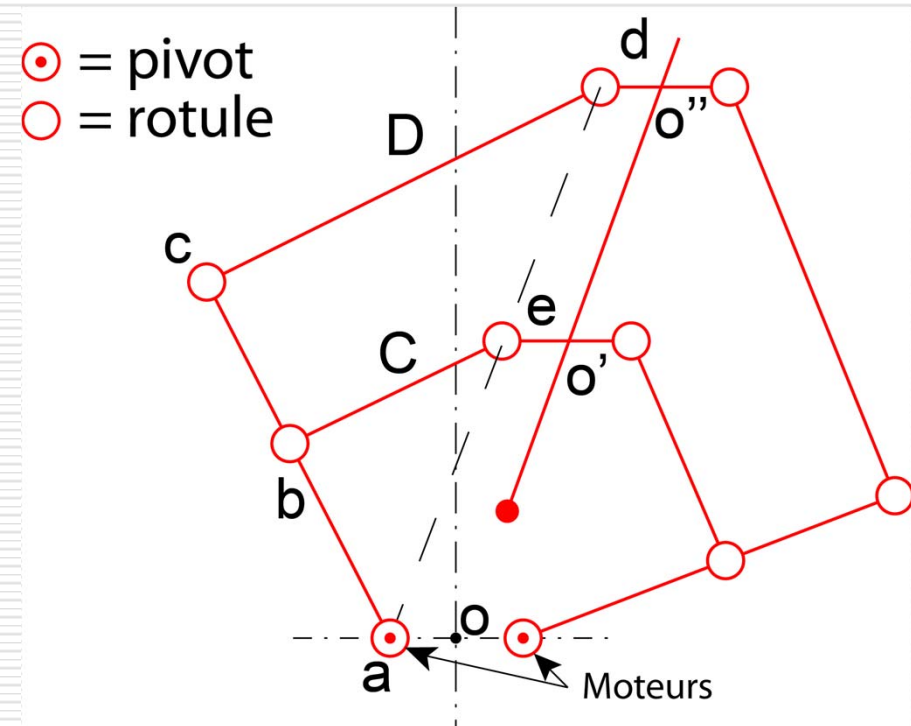
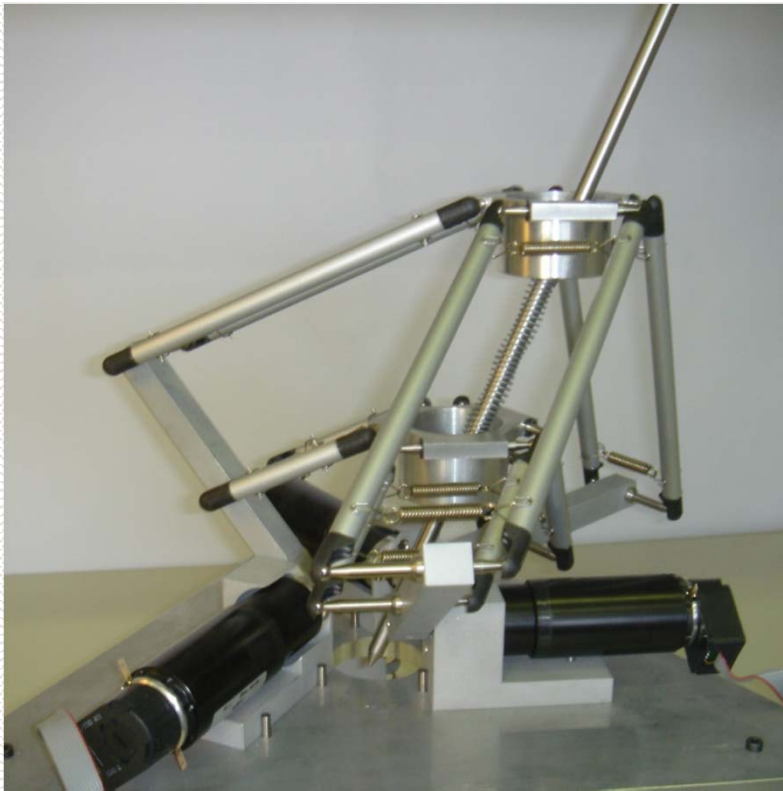


F-[Omicron.wmv](#)



# Usinage, chirurgie

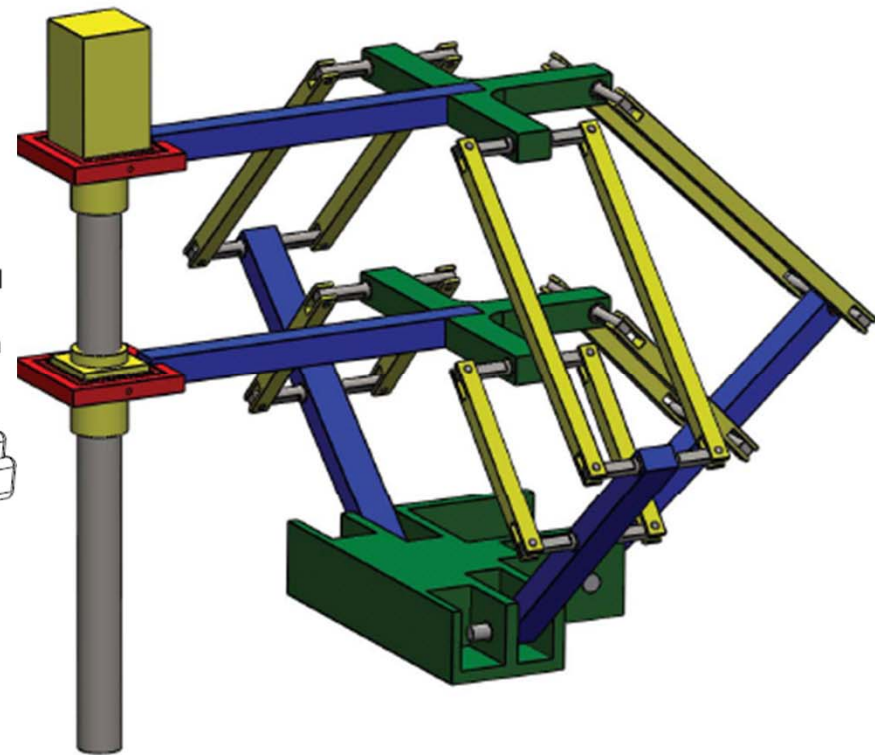
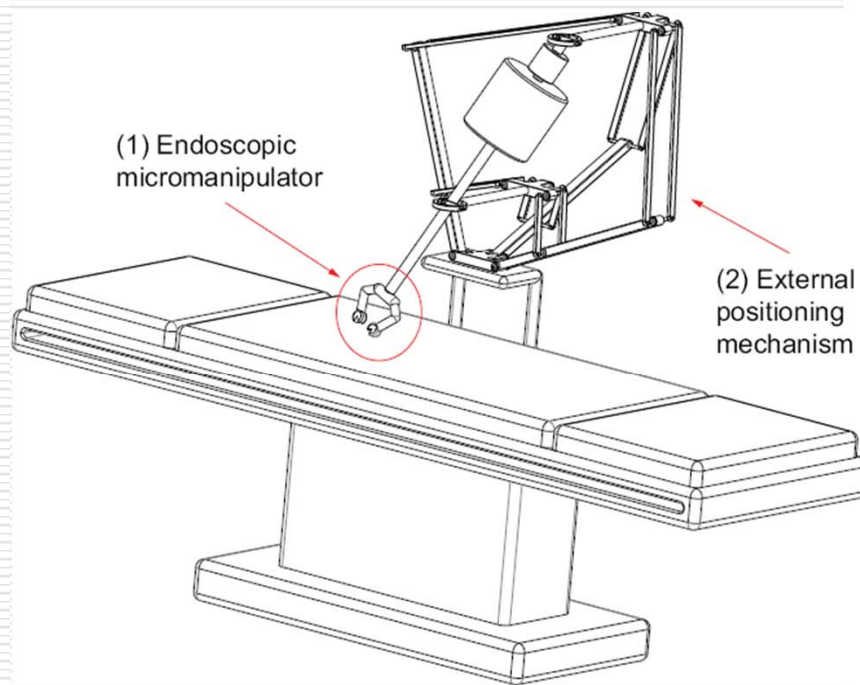
## Delta Thalès



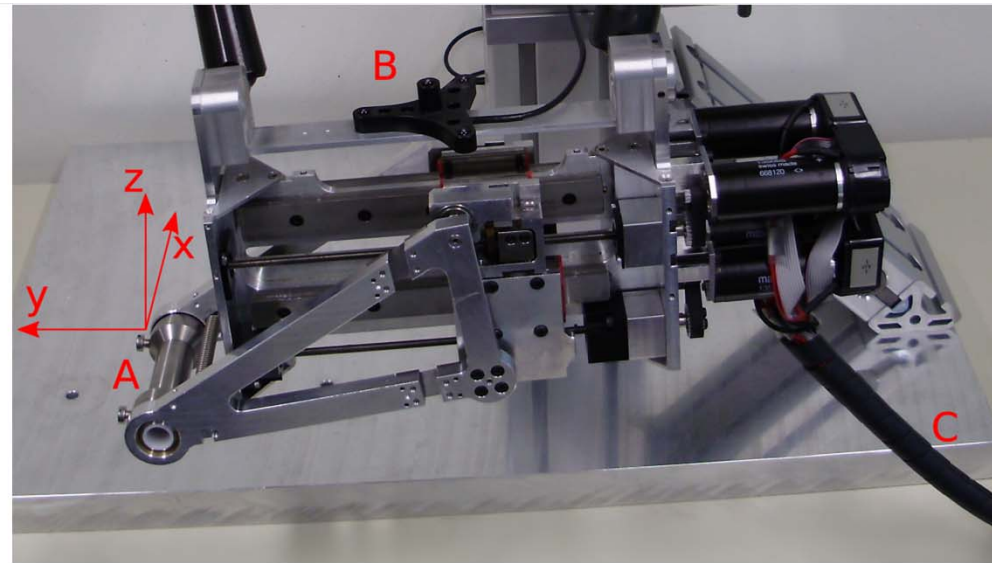
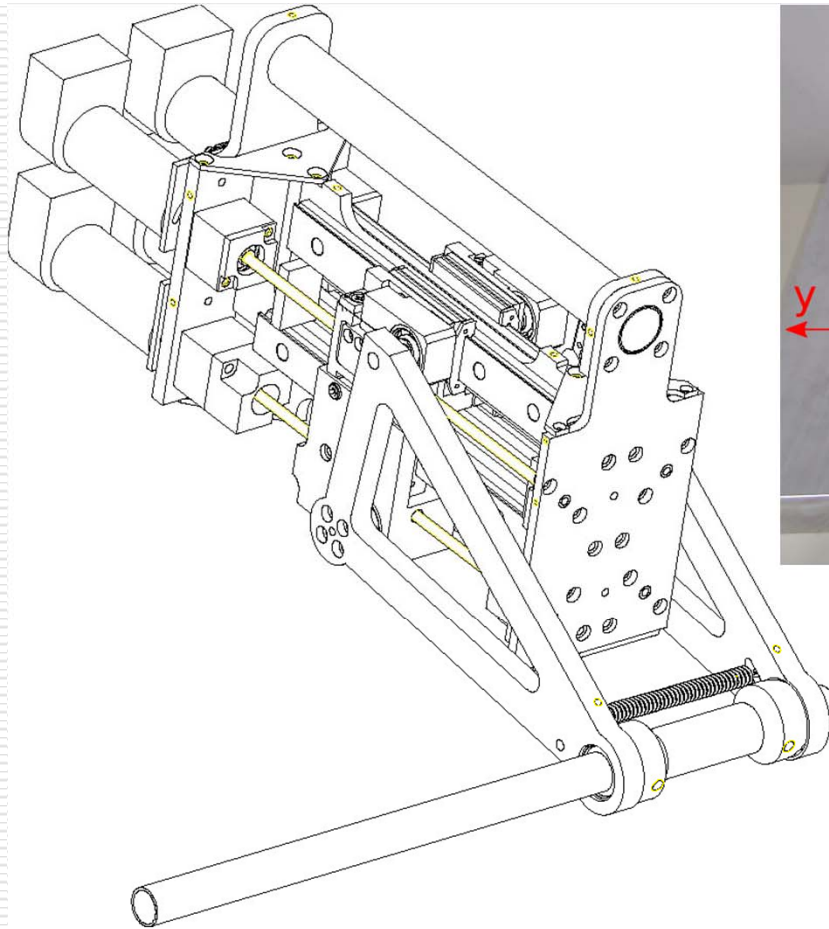
[FThales.mpg](#)

# Chirurgie mini invasive

## Dionis



# Chirurgie Neuroglide



## Cinematique hybride

4 ddl:  $X, Y, \theta_x, \theta_y$

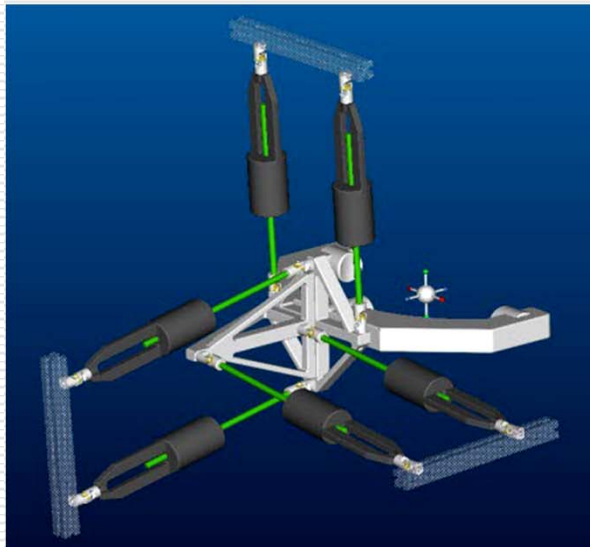
Avec les Compagnies Baur SA et  
Force Dimension

# Ré-éducation

## Walk Trainer™

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

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



FSC, Swortec

[PELVIS\\_LEG\\_CLOSE.wmv](#)



# Problématiques de la très haute précision

---

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

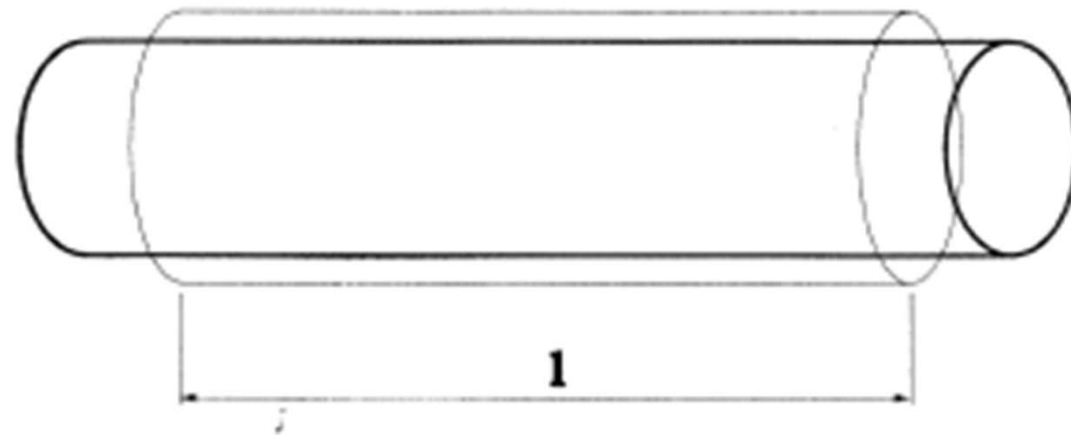
# Problématiques de la très haute précision: géométrique

---

- ❑ 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.  $10^\circ$ .

# Problématiques de la très haute précision: thermique

---



Acier

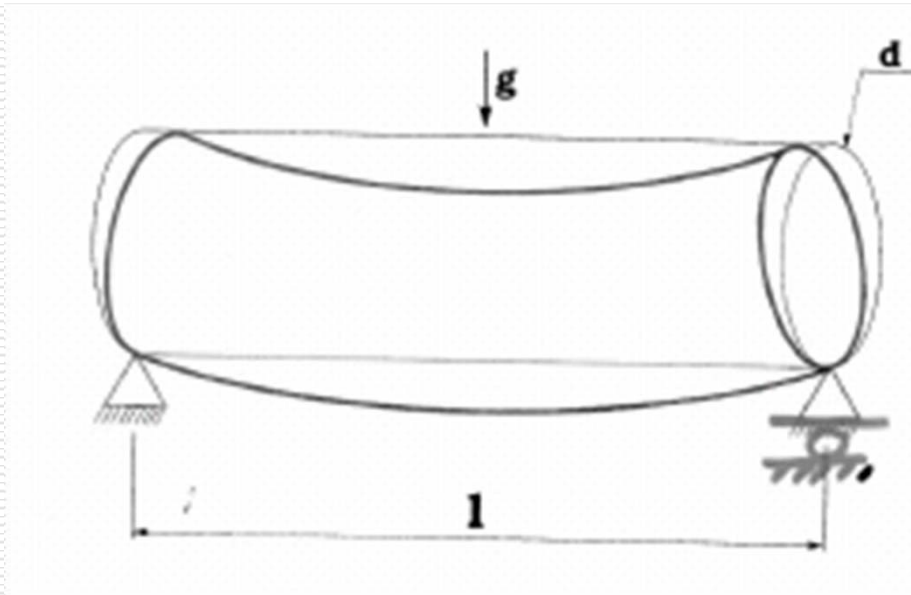
$l = 100\text{mm} \rightarrow \Delta l = 1'200\text{nm}$

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

**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

---

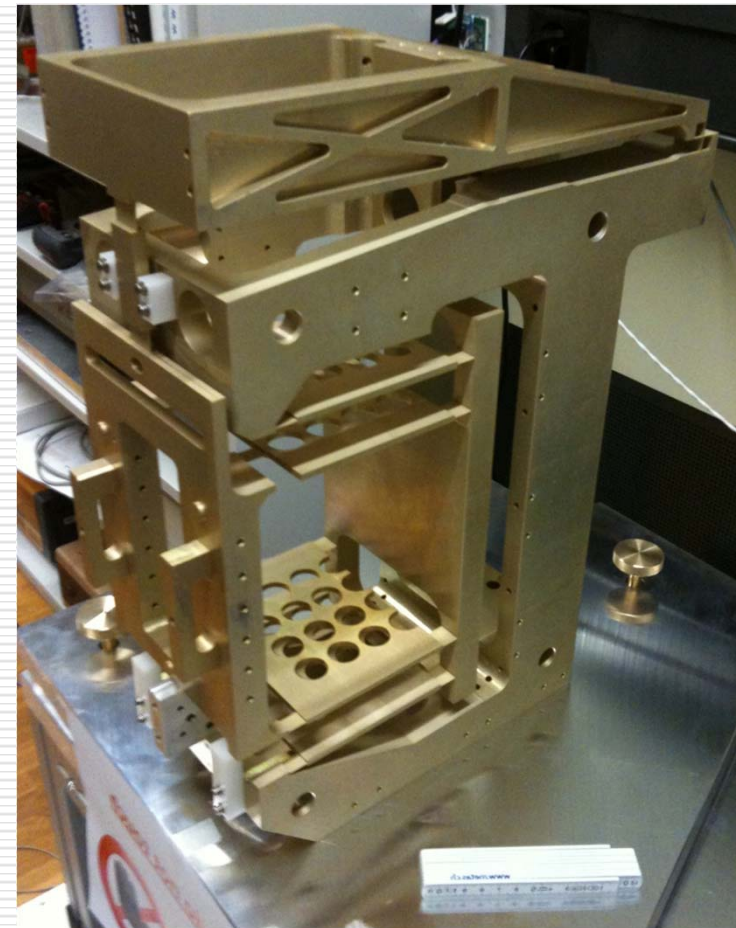
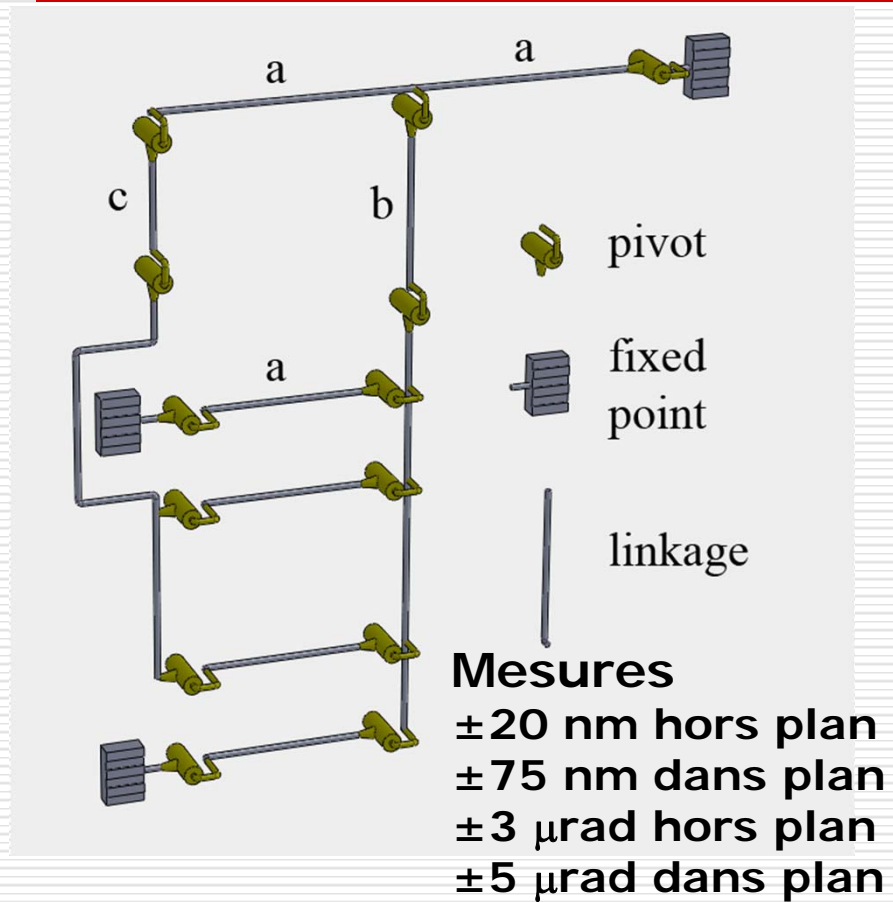
- Privilégier les contraintes de traction et compression où toute la section travaille.

Ex: barre d'acier

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

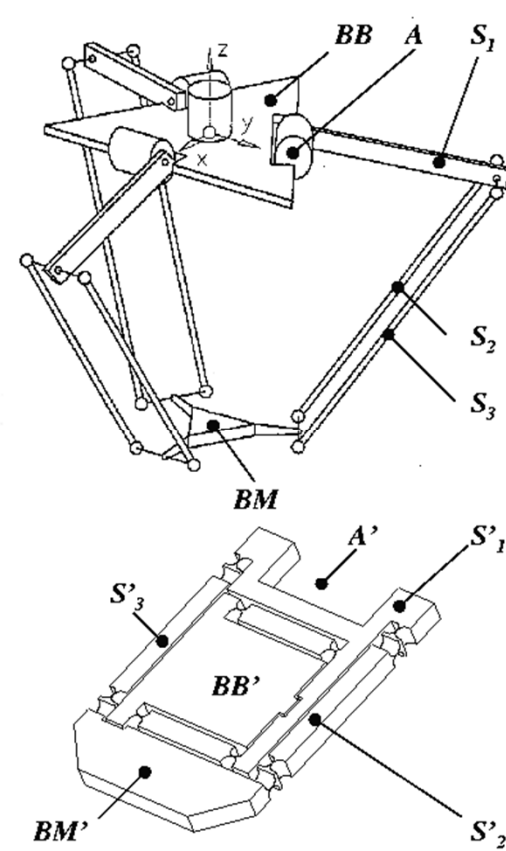
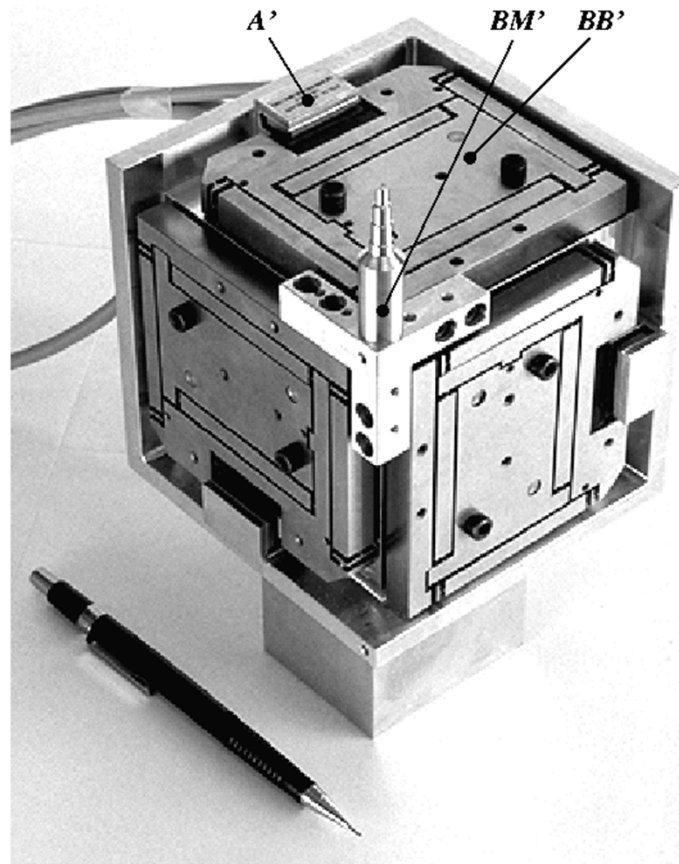
# Très haute précision

## Axe rectiligne à 13 cols



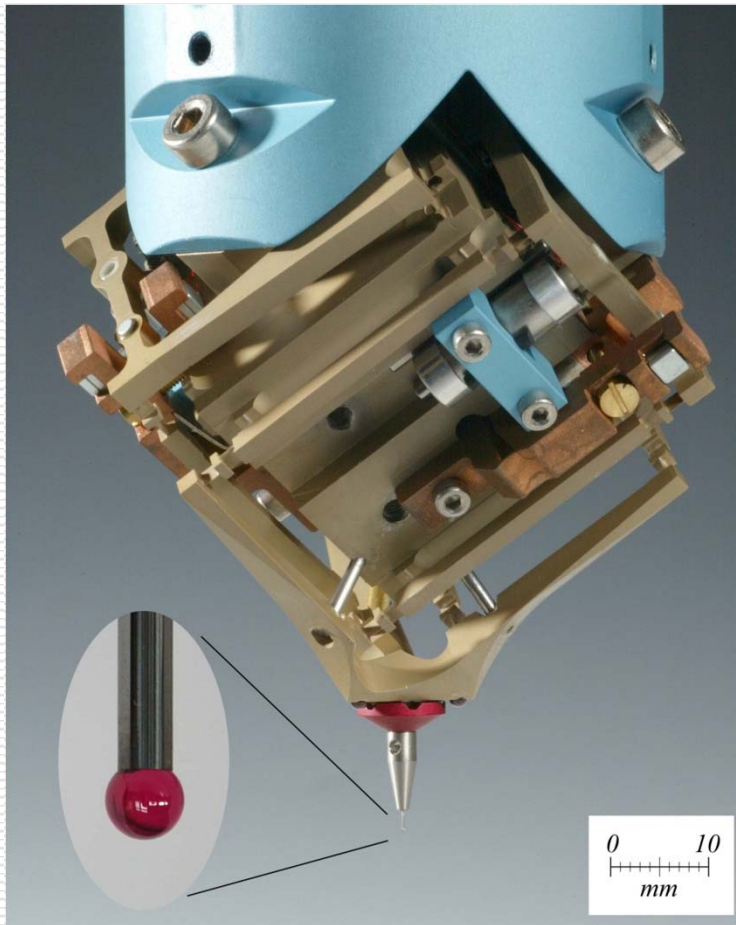
# Très haute précision Delta cube

Delta  
cube I



# Très haute précision

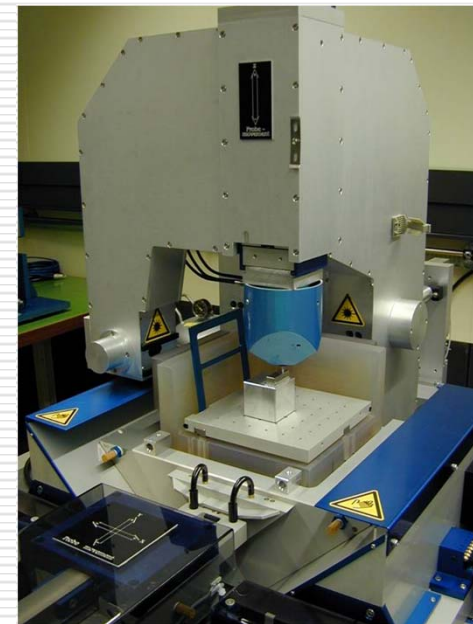
## 3 D Probe



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

Fabrication monolithique  
en alliage d'Al

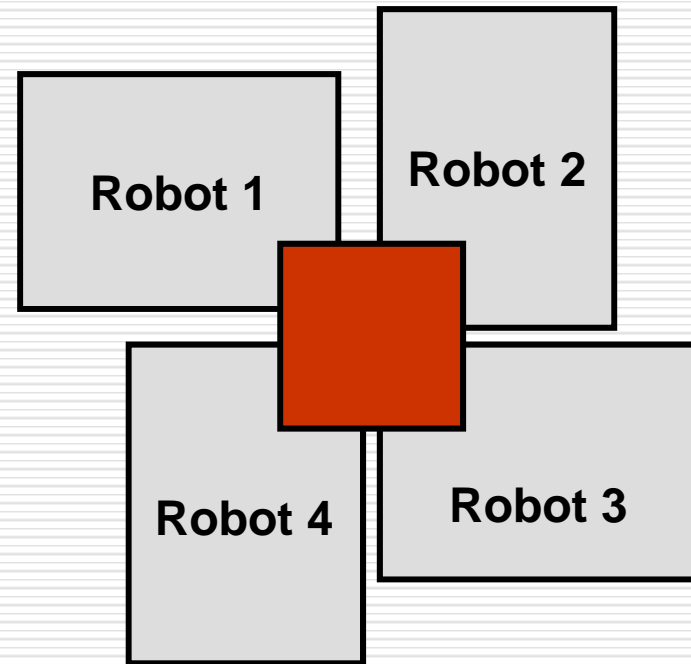
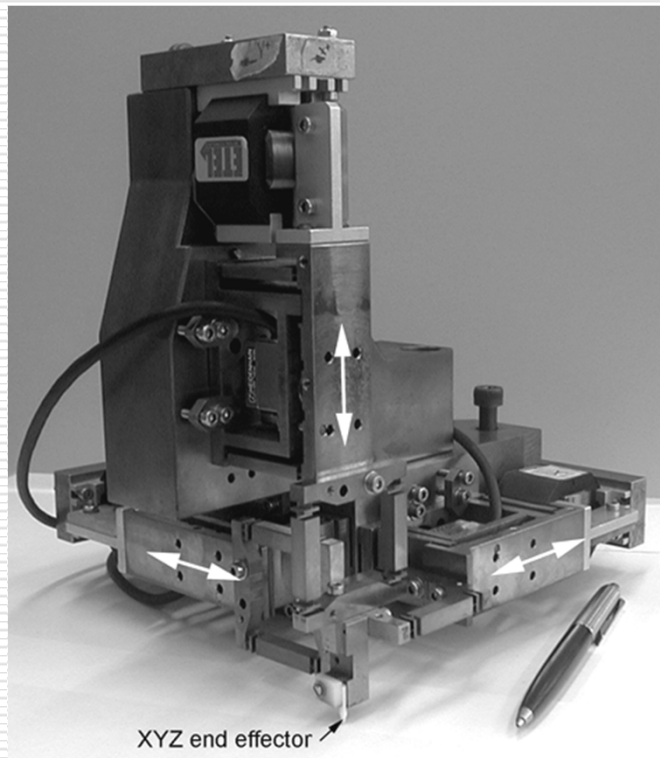
MECARTEX  
& METAS



# Très haute précision

## Robots actifs dans un petit espace

---



**Delta cube II pour micro-manipulation**  
**Répétabilité environ 10 nm**

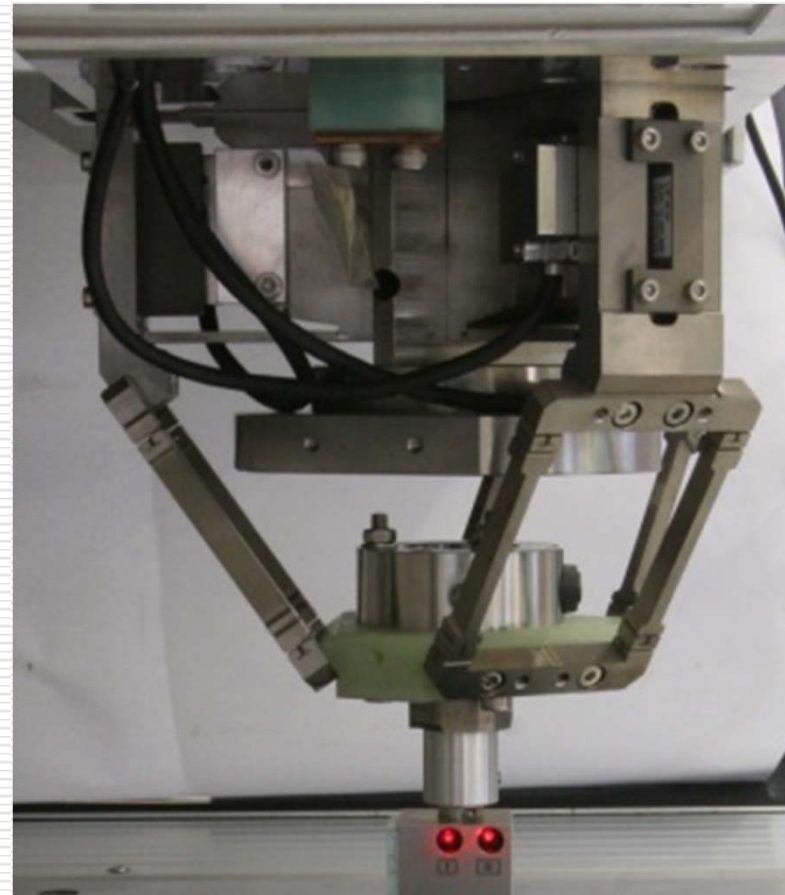
# Très haute précision

## Delta cube IV

---

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

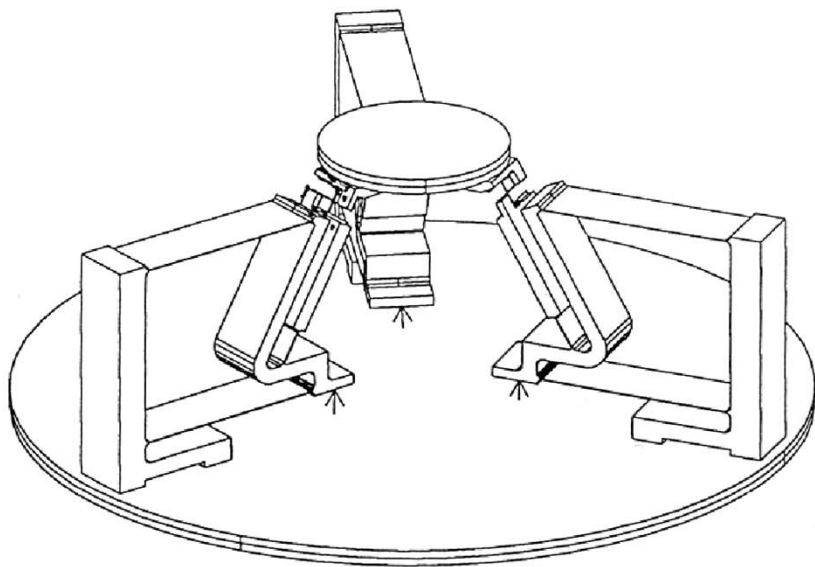
**Avec MECARTEX, une  
spin-off du LSRO**



# Très haute précision

## Orion

---

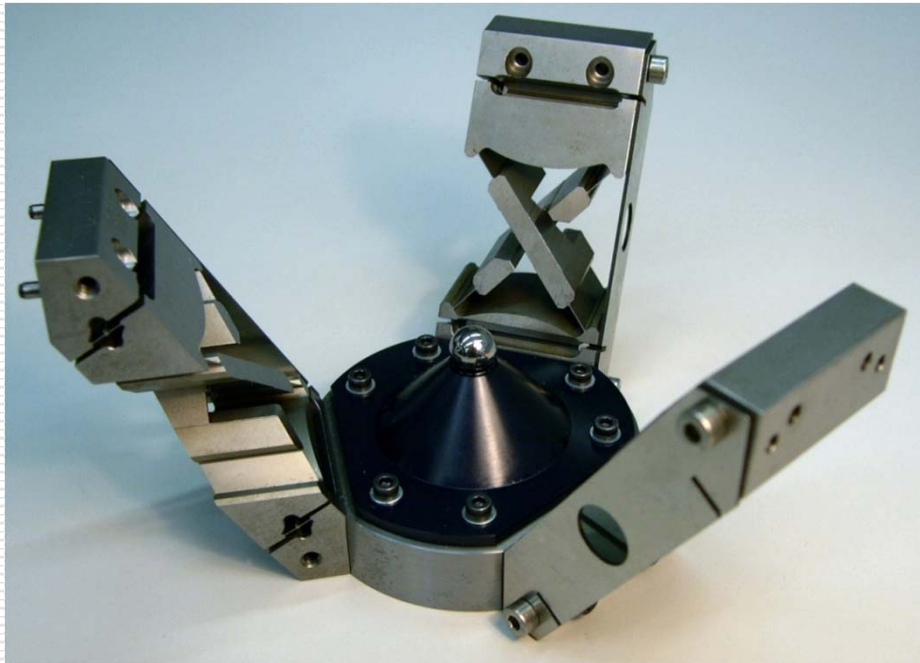




# Très haute précision

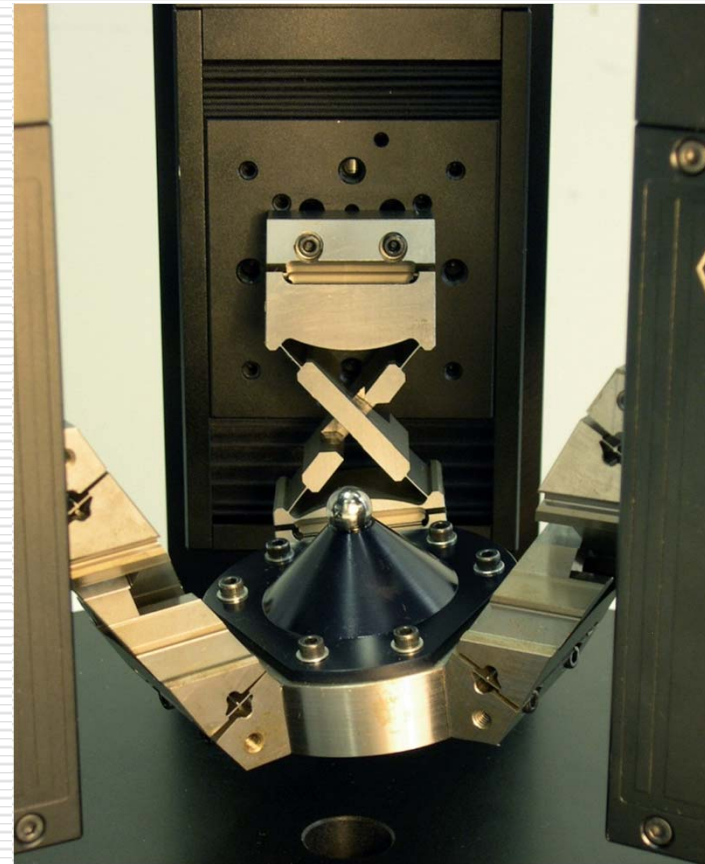
## Minangle

---



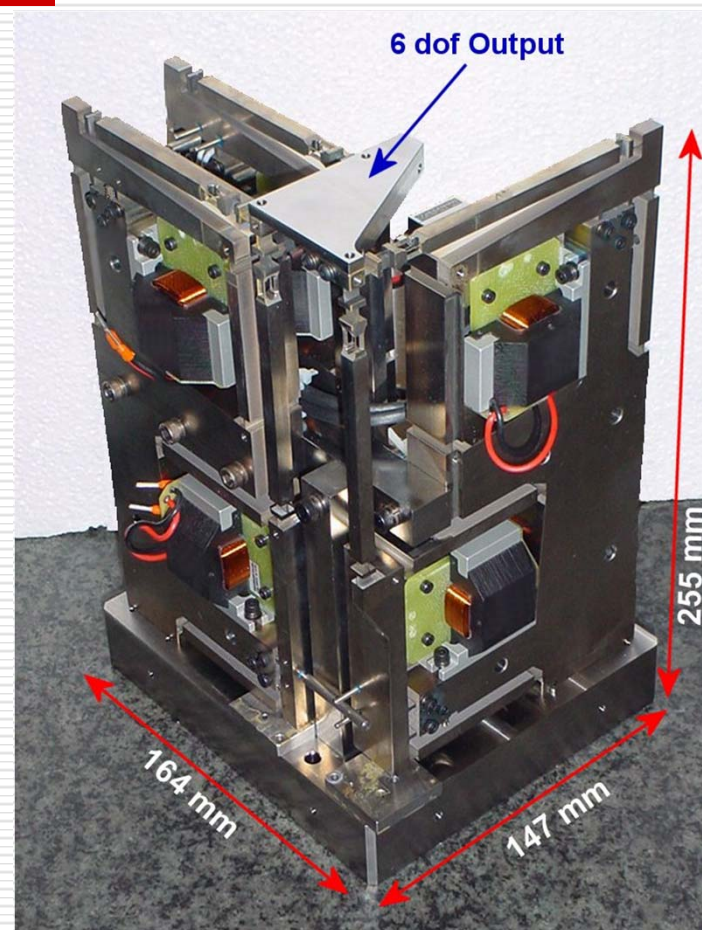
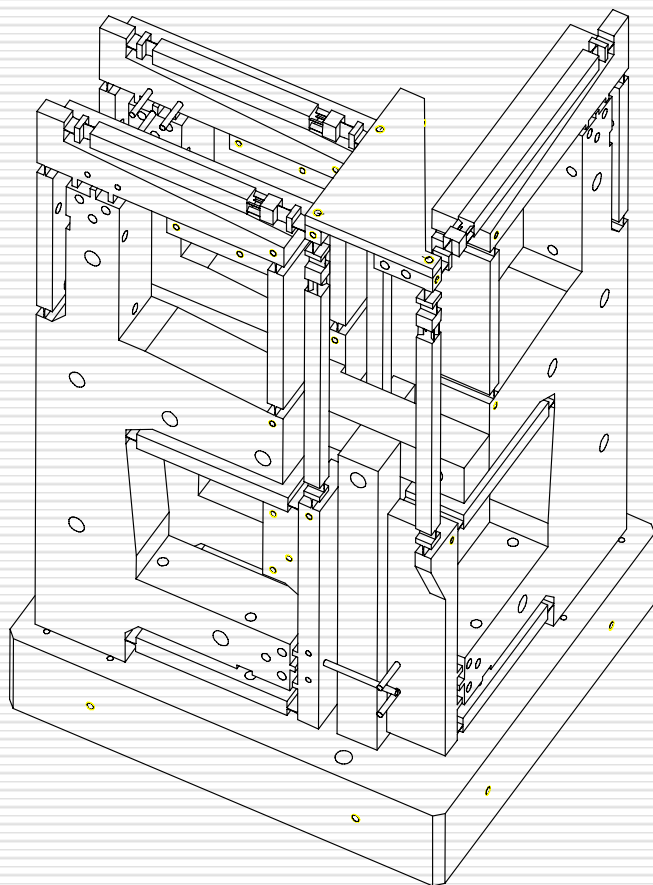
3 ddl:  $z, \theta_x, \theta_y \rightarrow \pm 15^\circ$

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



# Très haute précision

## Sigma 6

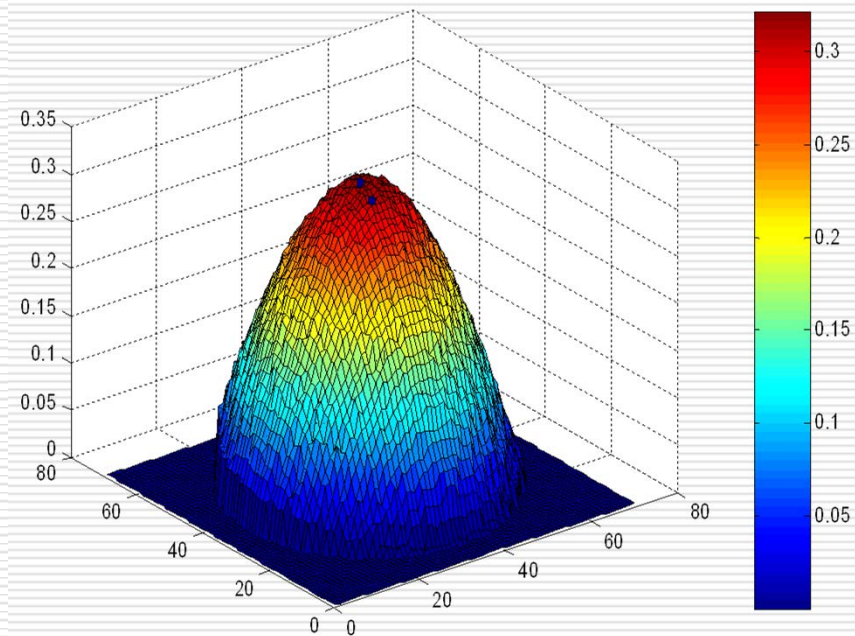


# Très haute précision

## Optical fibers alignment

---

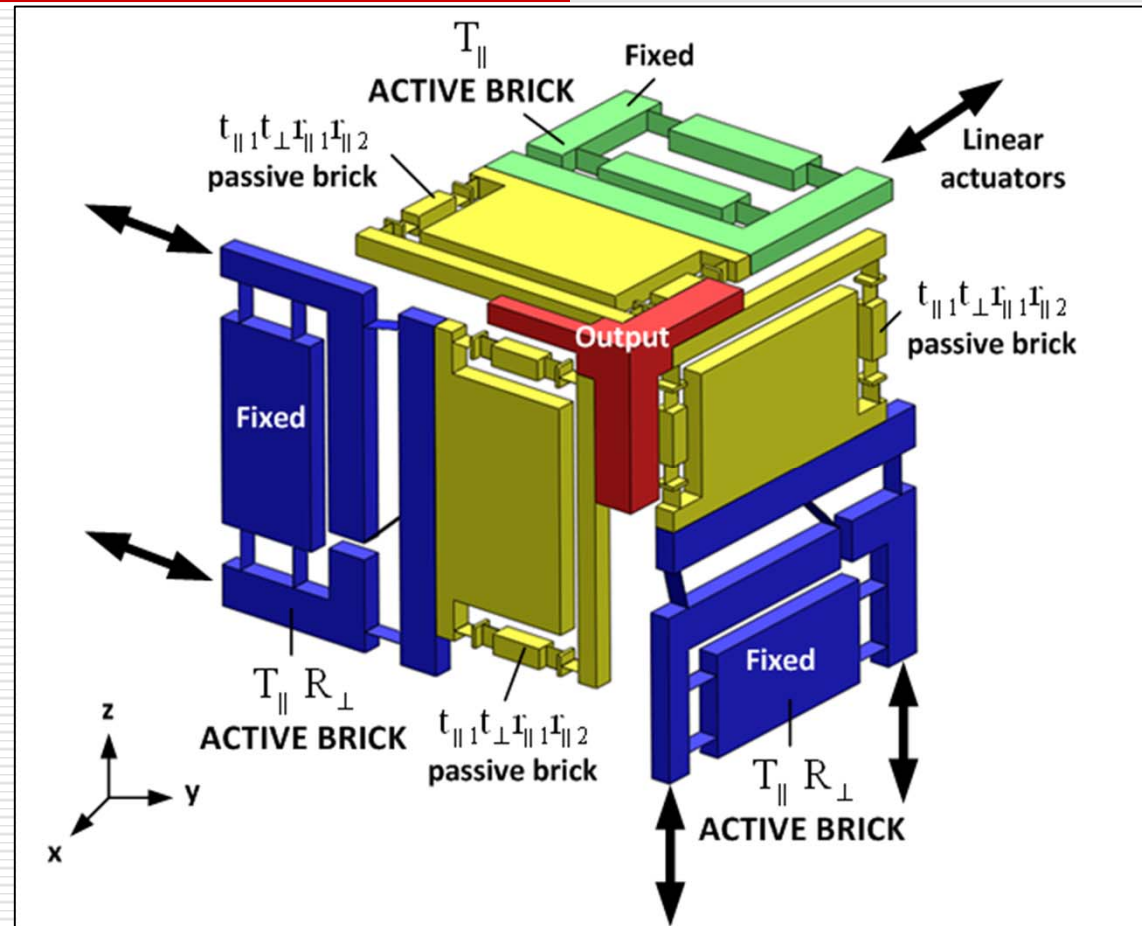
- Précision: 0,1 micron,
- high dynamic  
(alignement time: 1 sec.)
- High stiffness for assure  
a high precision during  
the gluing.



# Très haute précision

## Systeme modulaire Legolas

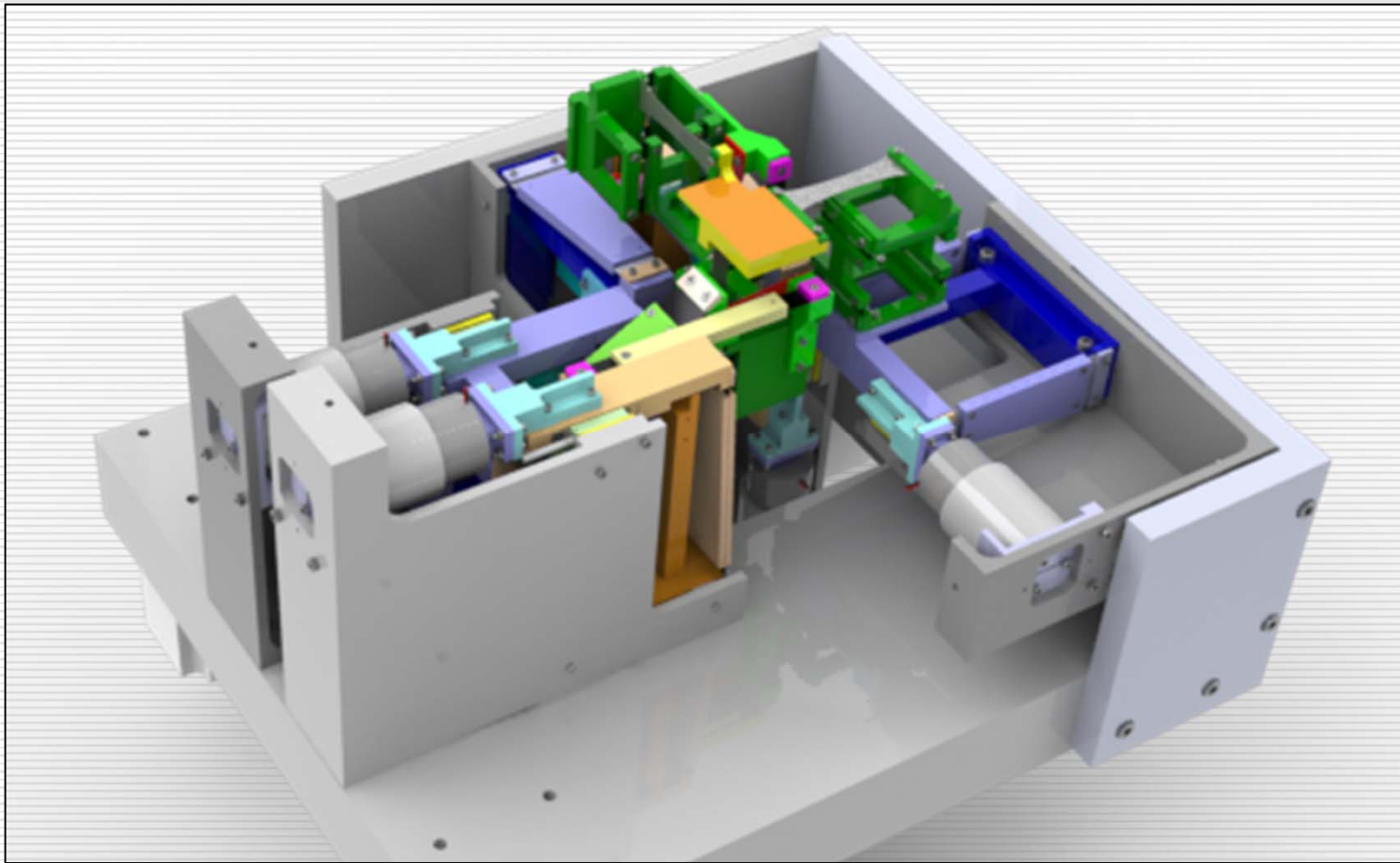
5 ddl



# Très haute précision

## Systeme modulaire Legolas

---

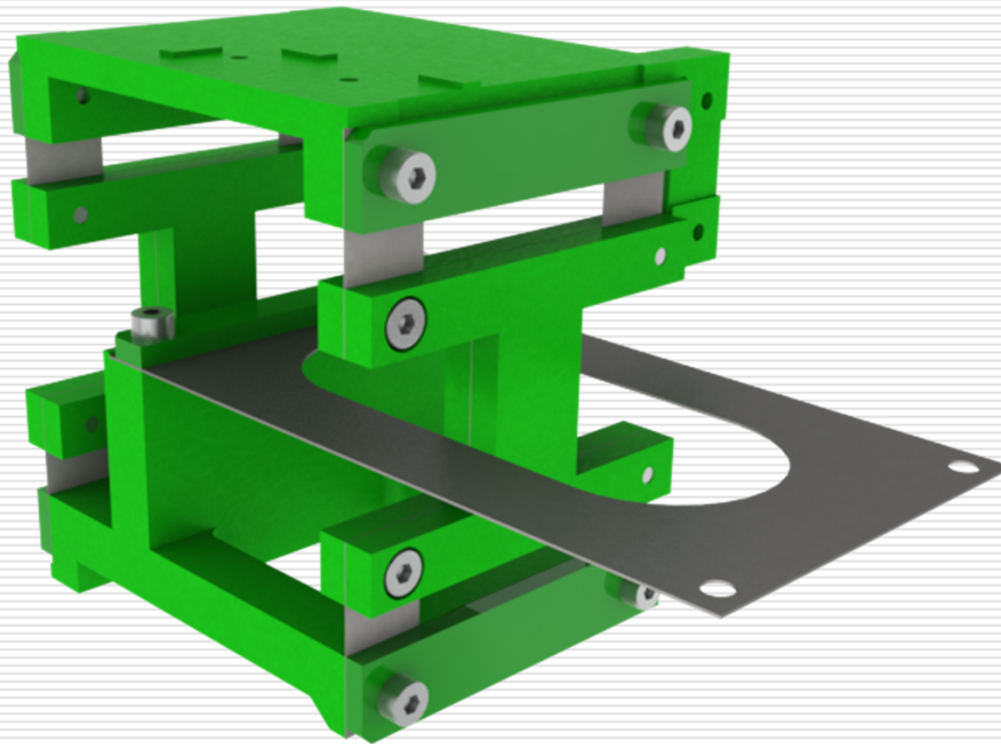


# Très haute précision

## Systeme 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

