



Définition et fabrication du miroir pour l'unité adaptative de l'E-ELT

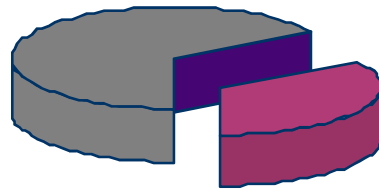
*B CREPY (b), S CHAILLOT (g), JM CONAN (d), R COUSTY (b), C DELREZ (c), M DIMMLER (a),
JL DOURNAUX (f), S DE ZOTTI (e), E GABRIEL (c), R GASMI (f), R GRASSER (b), N HUBIN
(a), P JAGOUREL (f), L JOCHUM (a), F LOCRE (b), P-Y MADEC (a), P MORIN (b), M MUELLER
(a), G PETIT (d), D PETITGAS (b), JJ ROLAND (a), JC SINQUIN (b), E VERNET (a)
ESO (a), CILAS (b), AMOS ©, ONERA (d), ASTRIUM (e), ObsPM (f), Boostec (g)*

Polissage optique pour les grands instruments, LAM le 17 juin 2011

Company Profile

Shareholders

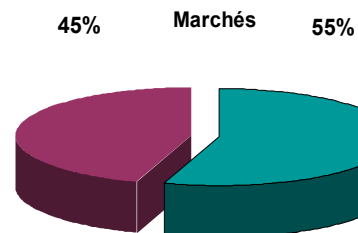
**ASTRIUM SAS 63 %
(EADS)**



AREVA 37 %

Turnover (FY 2010)

M€ 19,3



■ France ■ Export

140 employees



□ Ingénieurs & Cadres
■ Techniciens & Agents de Maîtrise
■ Agents Administratifs
■ Techniciens d'Atelier & Ouvriers

CILAS Localisations



Mont Audouze
Optronic Test Centre
(110 000 m²)



Limoges
Transparent
ceramics
development



Orléans
Headquarters (30 000 m²)



Marseille
Optical Thin Films (4 000 m²)

CILAS

Activités & Programmes

Programmes Militaires et sécurités

- **Opto-mécanique**
 - ✓ Goniomètres et Bancs de Test
 - ✓ Aide à l'appontage d'hélicoptères
- **Télémétrie, Désignation, Détection, Contre Mesures**
 - ✓ Désignation Laser à 1,06µm
 - ✓ Sources Laser
 - ✓ Contre Mesure Laser
 - ✓ Imagerie Active : Détecteurs d'optiques & de snipers, Lidars, Systèmes de Surveillance laser...
 - ✓ Télémétrie : 1,06µm - 1,54µm
- **Programmes Classifiés**
- **Essais de Systèmes Optroniques**

Programmes Nucléaires, Scientifiques & Industriels

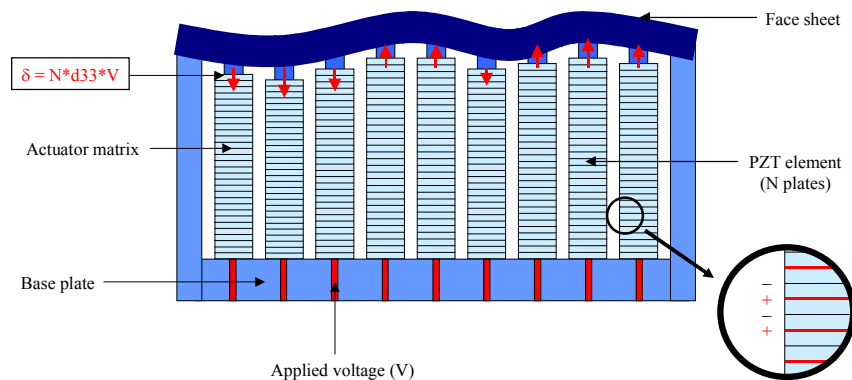
- **Programmes Nucléaires**
 - ✓ Laser Mégajoule
 - Amplificateurs
 - Miroirs Adaptatifs (M1)
 - ✓ Ingénierie et Support
 - ✓ Instrumentation Optique
- **Instrumentation Scientifique & Industrielle**
 - ✓ Granulométrie (µ et nano)
 - ✓ Capteurs Optroniques
 - ✓ **Optiques Adaptatives**
 - ✓ Couches Minces
 - ✓ Composants spéciaux UV, IR, Visible
 - ✓ Instruments de Métrologie Optique

Sommaire

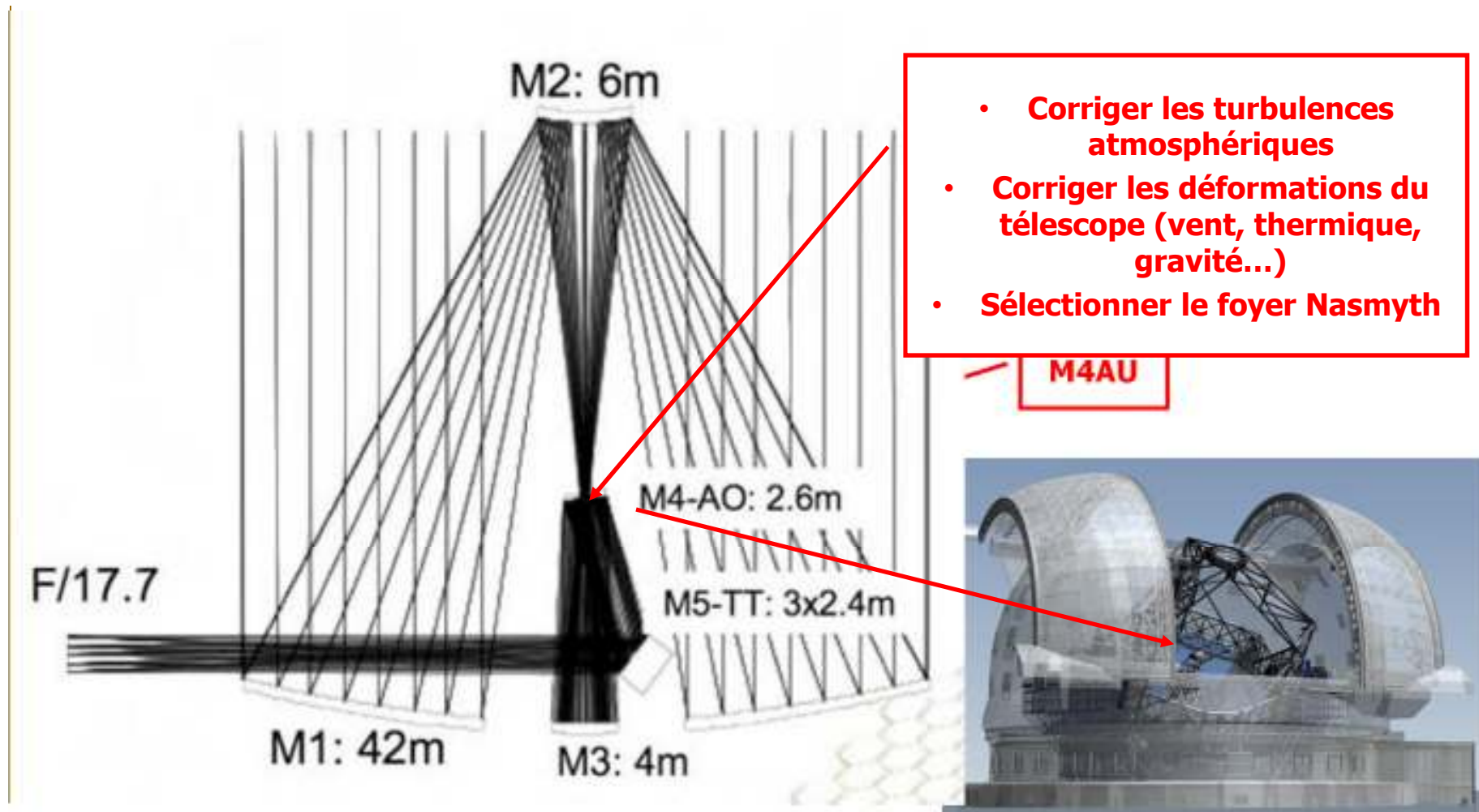
- ❑ Introduction
- ❑ Caractéristiques principales
- ❑ Définition
- ❑ Fabrication
- ❑ Conclusions

Introduction

- L'ESO a initié en 2007 une étude préliminaire de 5,2 Meuros sur 30 mois pour démontrer la faisabilité d'une unité adaptative (M4AU) de $\phi 2,7$ m, pour l'E-ELT
 - ↪ Conception préliminaire
 - ↪ Maquettages
 - ↪ Prototype de démonstration
- CILAS propose une solution basée sur l'utilisation de céramiques piézo-électriques (SAM=piezo-stacks) pour la réalisation du miroir.
- CILAS et ses partenaires ont soutenu la conception préliminaire avec succès en juillet 2010.



M4AU dans la tour ARU



L'unité adaptative

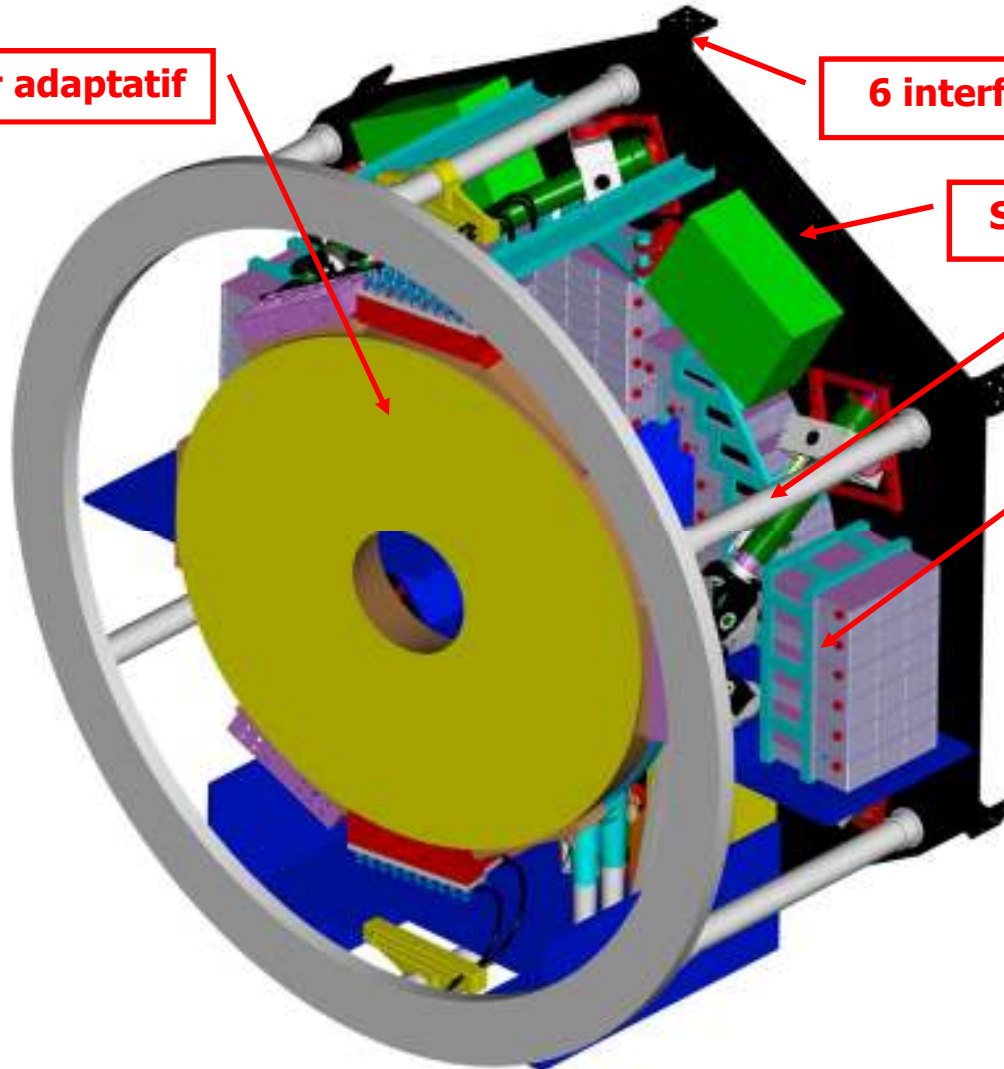
Miroir adaptatif

6 interfaces mécaniques

Structure porteuse

Système de positionnement

Système de contrôle



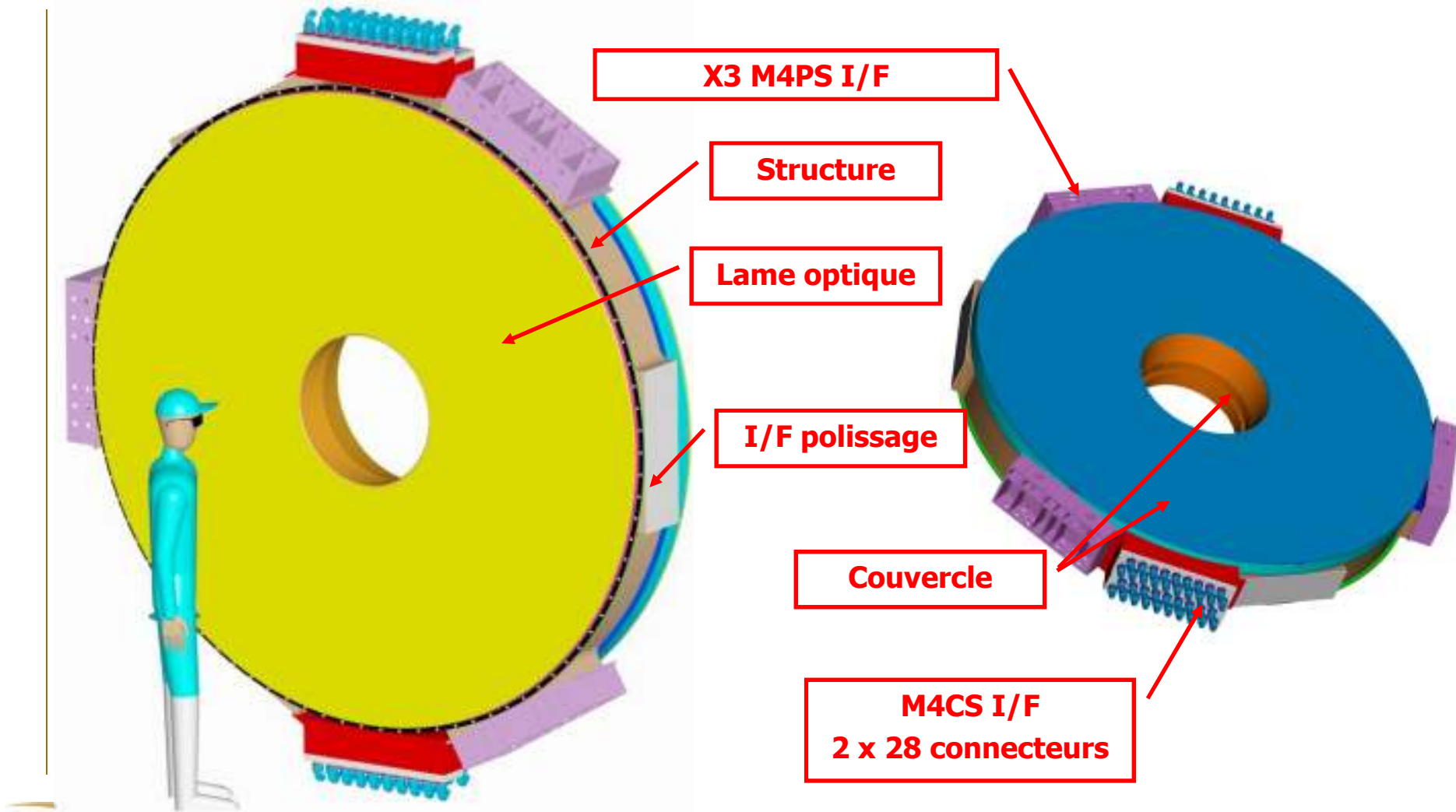
Quelques éléments dimensionnant

- ❑ Ext $\phi 2,7$ m, int $\phi 0,7$ m \Rightarrow Grandes dimensions
- ❑ FE < 145 nm \Rightarrow Grande quantité d'actionneurs
- ❑ Première fréquence propre > 20 Hz \Rightarrow Rigidité
- ❑ Mass < 10 tons \Rightarrow Allègement de structure
- ❑ Adressage Nasmyth & tip/tilt \Rightarrow Amplitude et résolution
- ❑ Planéité locale < 15 nm \Rightarrow Print through
- ❑ Planéité globale < 250 nm \Rightarrow Hysteresis, creep (open loop)
- ❑ $T_{\text{surface}} = T_{\text{ambiante}} \pm 1$ °C \Rightarrow Thermalisation
- ❑ Cross coupling < 0,025 arcsec \Rightarrow Friction, stratégie de control
- ❑ MTBF > 3 ans, durée de vie 30 ans \Rightarrow Fiabilité et politique de maintenance intégrée

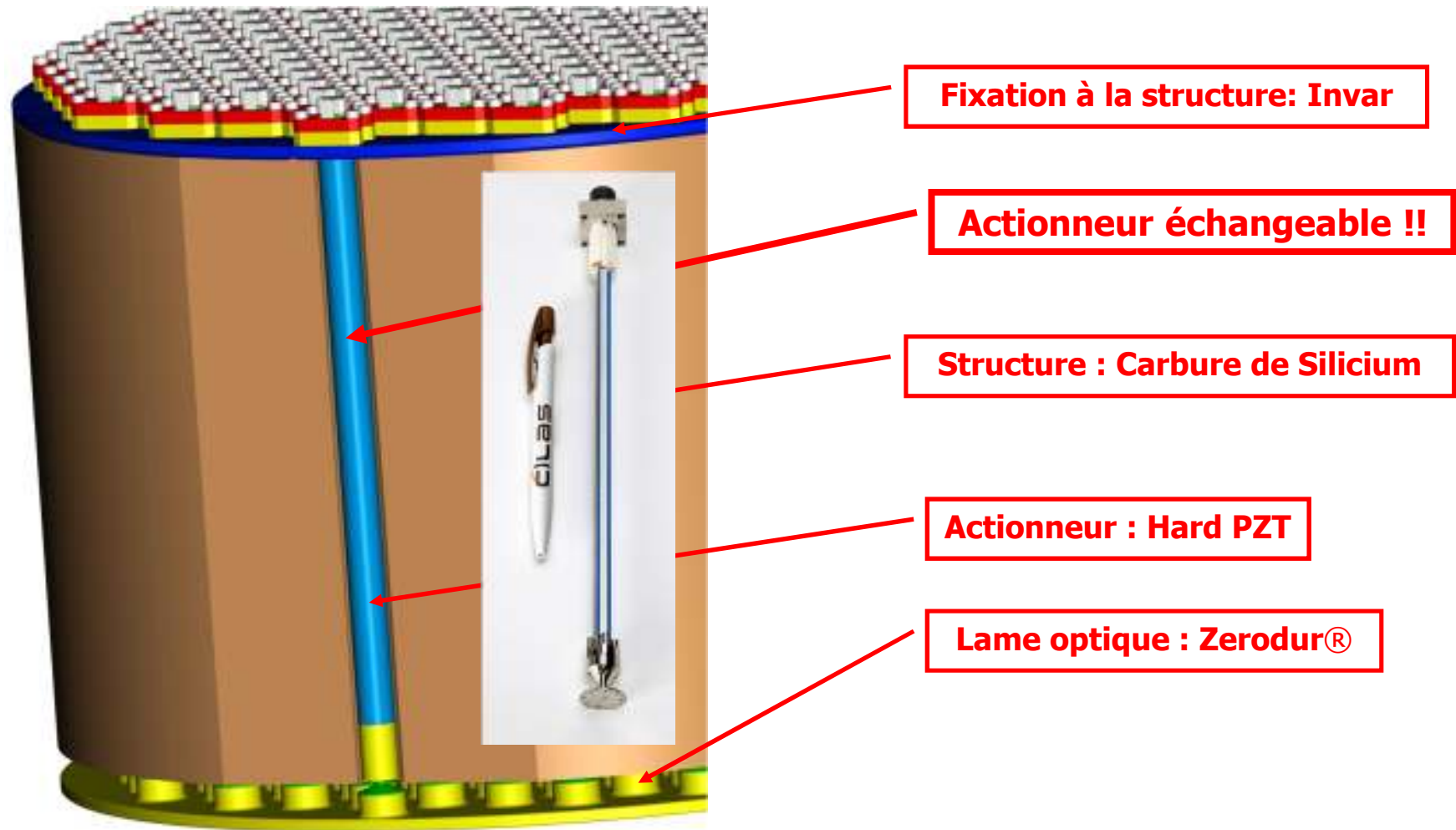
Décomposition de la masse

Sous-ensemble n-1	Sous-ensemble n-2	Masse (kg)
M4AM		3126
	<i>Optical plate</i>	<i>126</i>
	<i>Actuators</i>	<i>833</i>
	<i>Equipped Base plate</i>	<i>1970</i>
	<i>HV distribution</i>	<i>147</i>
	<i>Main covers</i>	<i>50</i>
M4PS		2155
M4CS		2200
M4MS		1900
M4AU total		9380

Miroir adaptatif



Fixation des actionneurs



Courses des actionneurs

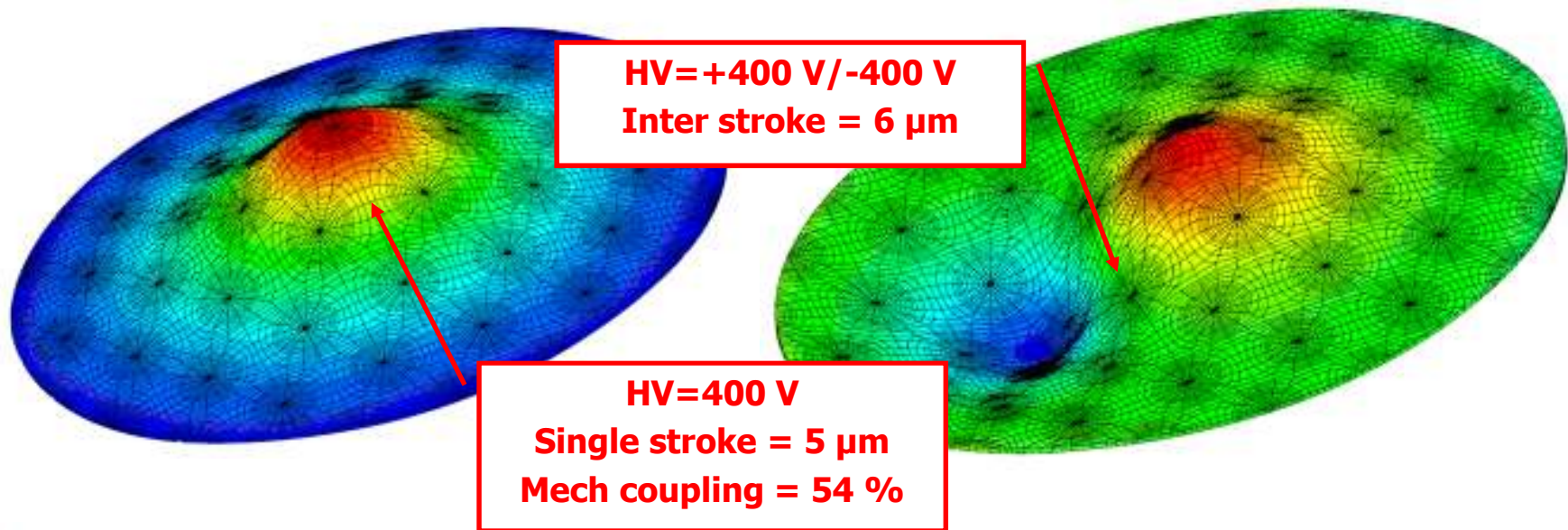
Amplitude de course PV

Course statique	37 μm
Course dynamique	50 μm
Total	87 μm
Capacité de course	96 μm

Marge de 10%

Arrangement des actionneurs

- ❑ Maillage géométrique triangulaire
- ❑ Espacement inter-actionneur de 29 mm permet d'atteindre la spécification objectif (113nm, confirmé par les modélisations de l'ONERA)



Stratégie de réduction de risques

Risques	Maquette 1	Maquette 2	Prototype de démonstration
Course libre	x		
Capacité de course et couplage mécanique		x	
Comportement thermique		x (local)	x (global)
Comportement dynamique		x (local)	x (global)
Hysteresis et creep		x	
Echange des actionneurs		x	
Fiabilité des actionneurs	x (envt)	x (méca)	
Crédibilité « large size »			x

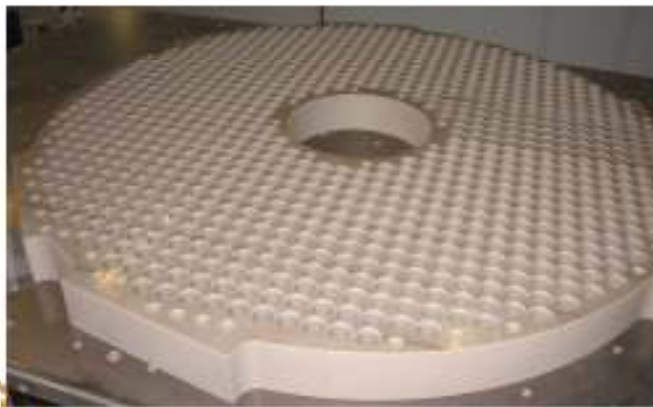
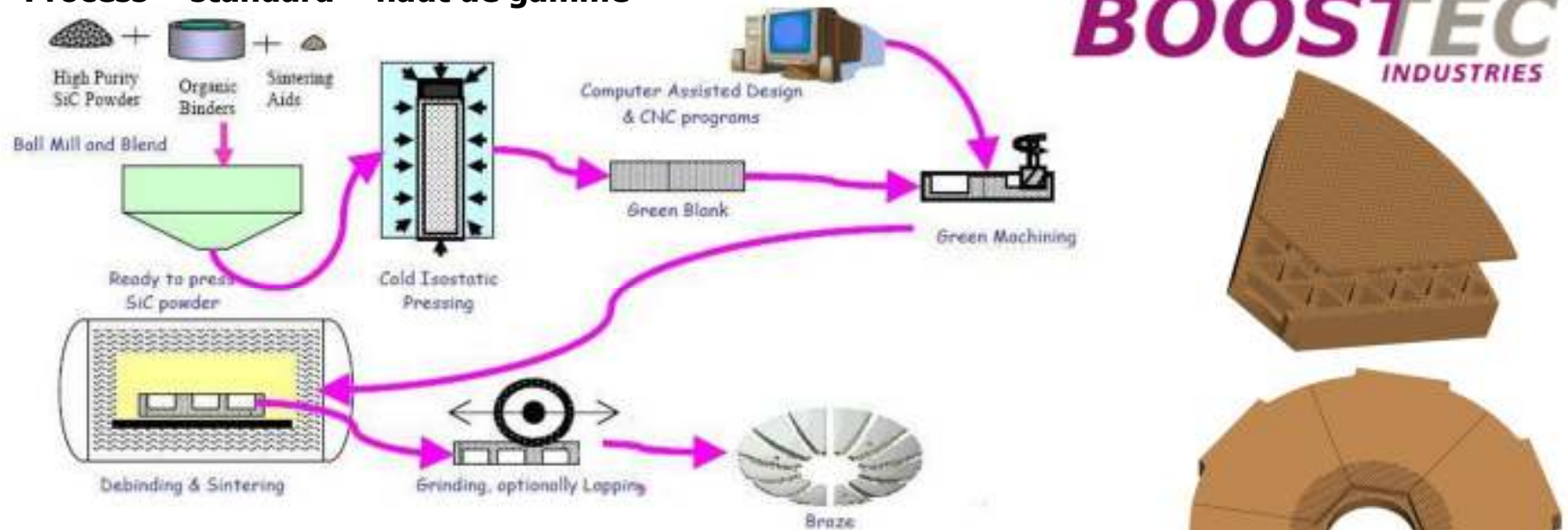
Fabrication du miroir

Étapes synthétiques (hors contrôles à chaque étape et essais)

1. Fabrication des sous-ensembles en //:
 - ↳ Structure en carbure de silicium (et invar)
 - ↳ Fabrication de la lame optique
 - ↳ Fabrication des actionneurs
2. Assemblage
3. Amincissement, doucissage et polissage
4. Dépôt « coating »

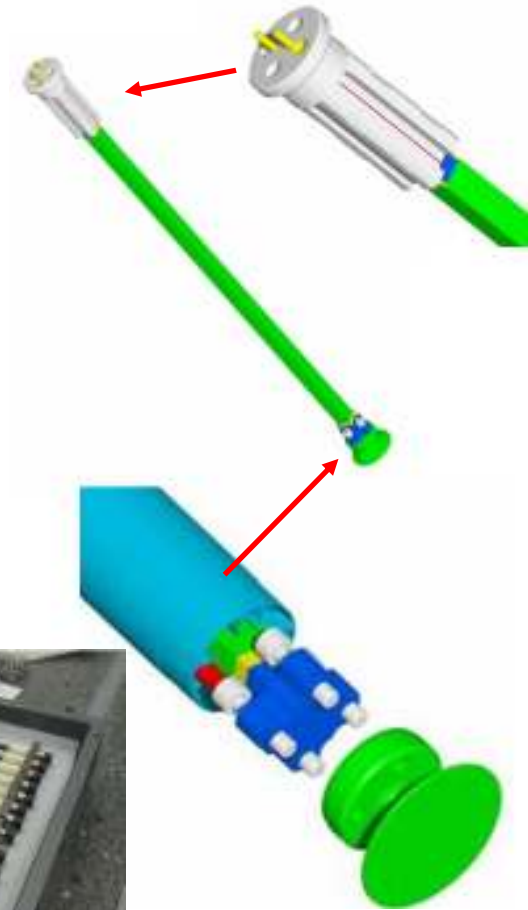
Fabrication de la structure en SiC

Process « standard » haut de gamme

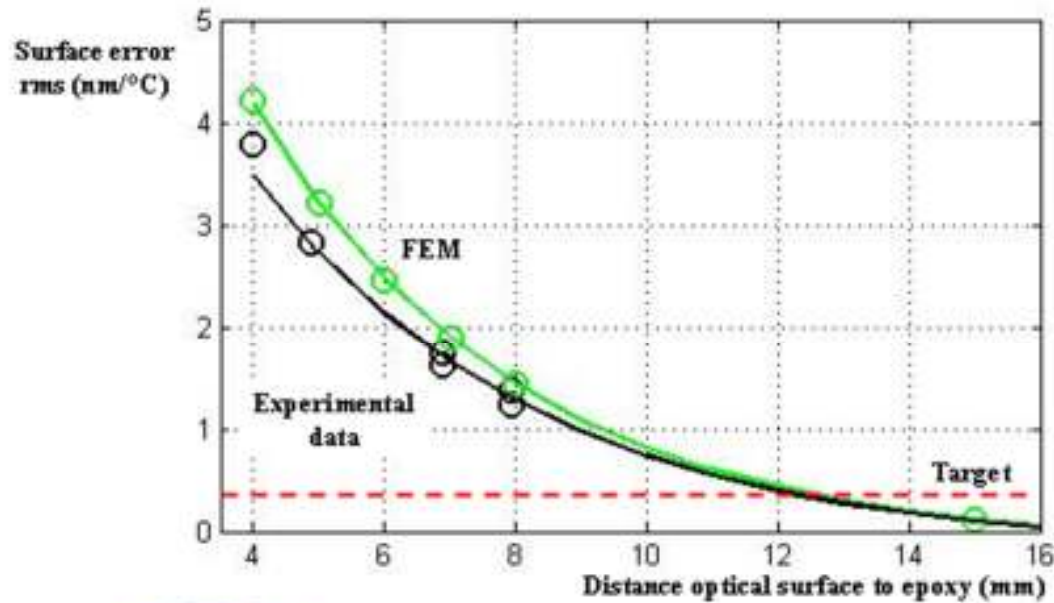


Fabrication des actionneurs

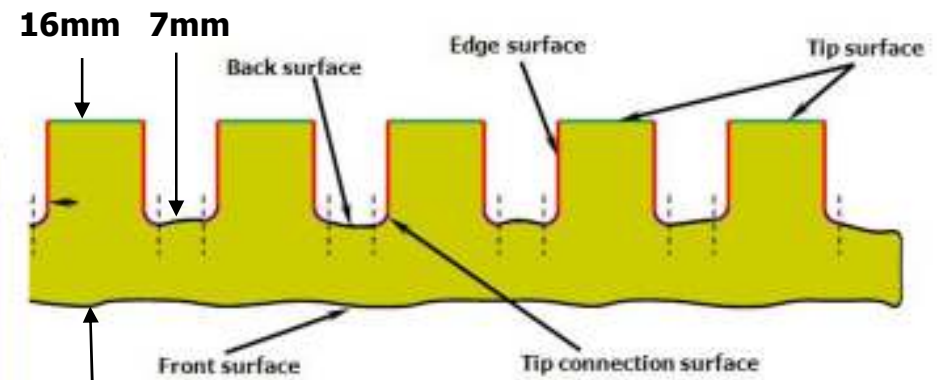
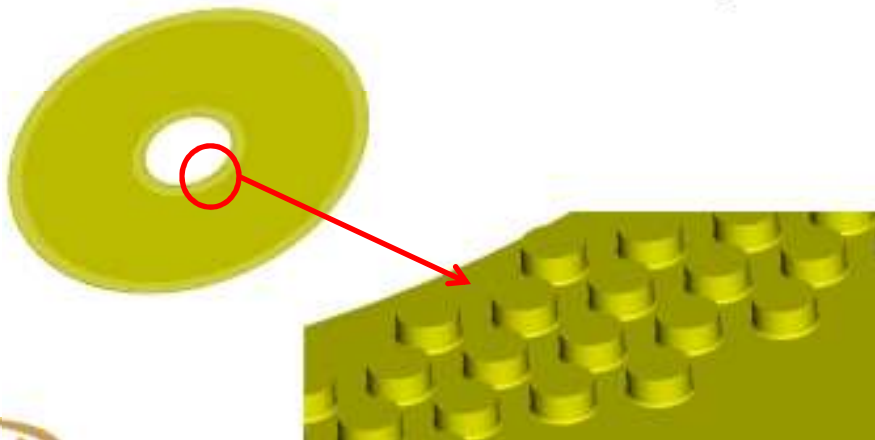
Assemblage PZT/connectique/interface lame optique
Validation d'une production industrielle par batch de 100 pièces



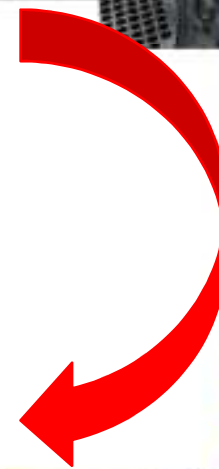
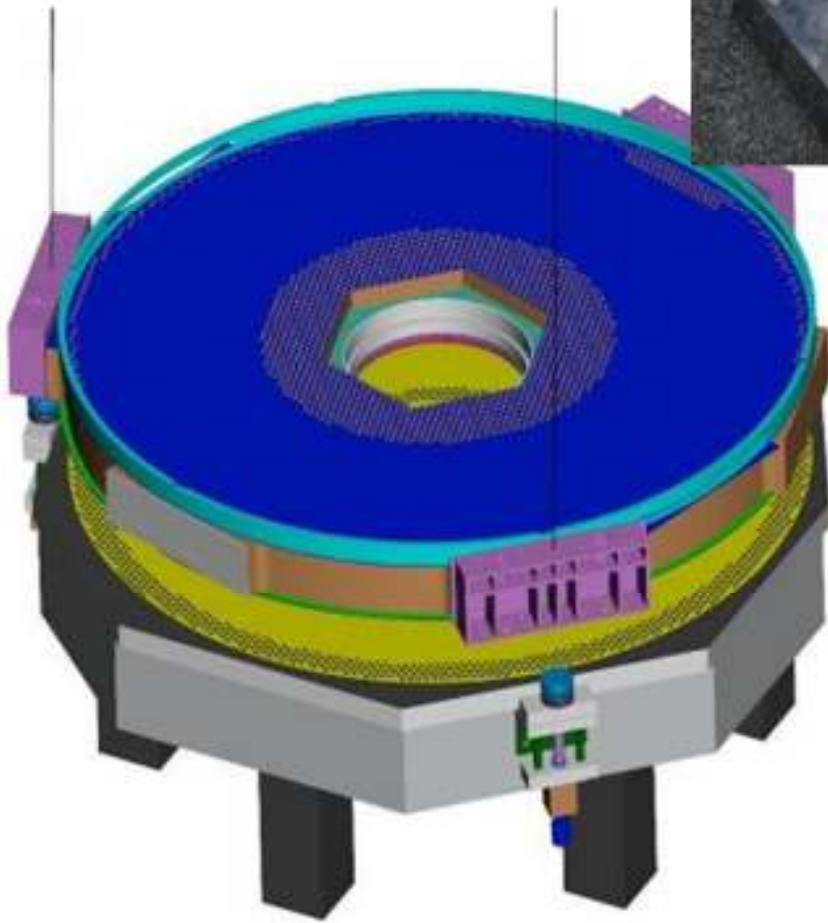
Fabrication de la lame optique



SCHOTT

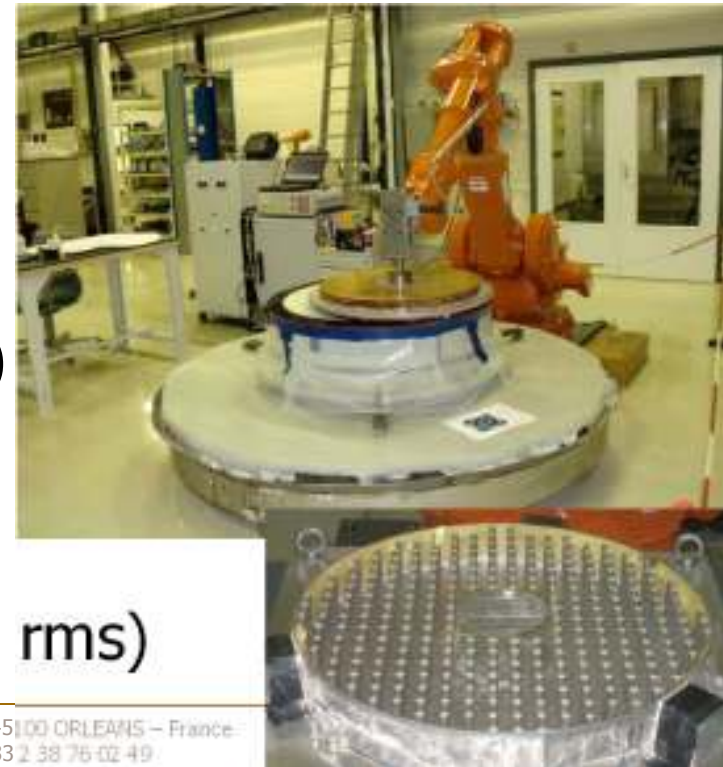


Assemblage du miroir



Amincissement et polissage

- ❑ La technologie CILAS permet de polir le miroir après assemblage (suppression des défauts antérieurs)
- ❑ Outillage spécifique pour:
 - ↪ Étanchéité des actionneurs
 - ↪ Maintient de la lame optique
- ❑ Process en quatre temps:
 - ↪ Amincissement (1mm environ)
 - ↪ Doucissage fin
 - ↪ Polissage ($<5\mu\text{m PV}$)
 - ↪ Polissage local (CCP) ($<7,5\text{nm rms}$)

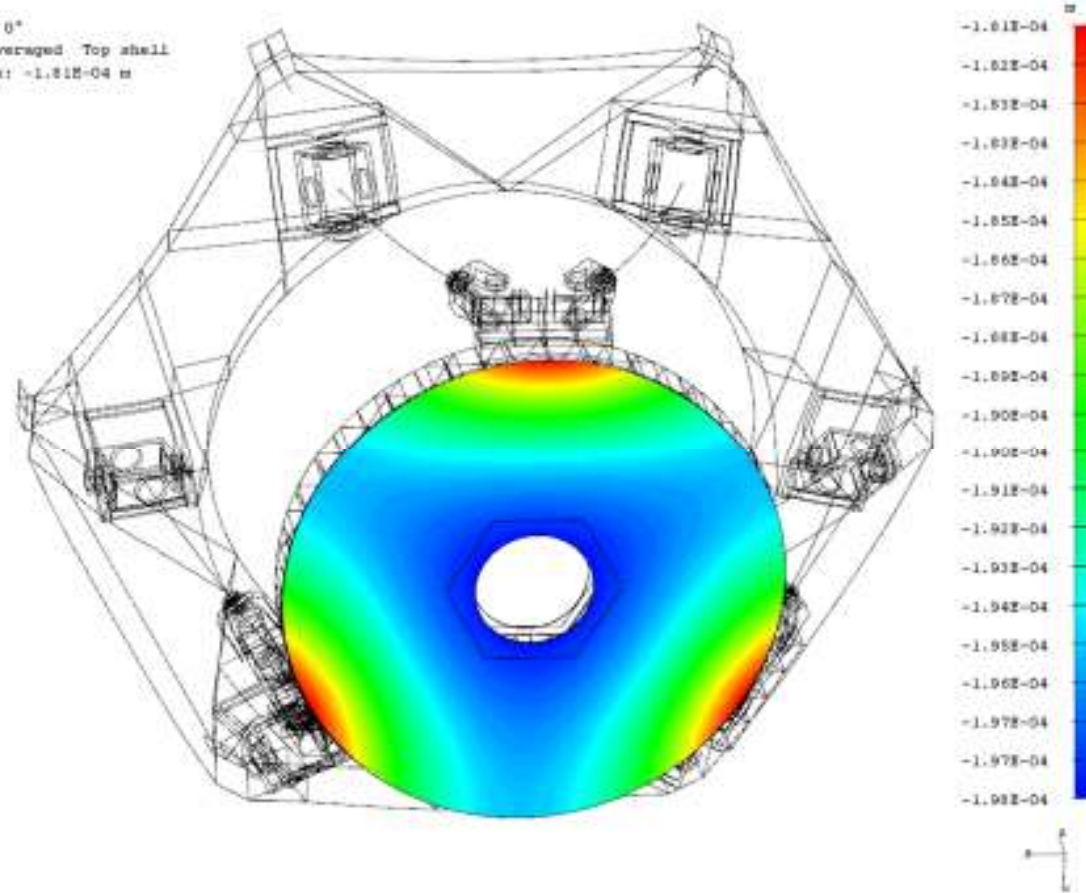


Spécificités du polissage

- ❑ Tenir les spécifications jusqu'à 15mm en bordure extérieur et intérieur
- ❑ Maintenir les hautes fréquences optiques dans les spécifications
- ❑ Gérer les phénomènes de relaxation de contrainte avant et au cours des étapes de polissage
- ❑ Maintenir le M4AM dans un environnement sec (sauf face optique) pendant le polissage
- ❑ Maintenir la lame optique pour éviter les mouvements latéraux durant le polissage

Déformation statique du miroir (1/2)

DISPLACEMENT GRAVITY 0°
 DISPLACEMENT Z Unaveraged Top shell
 Min: -1.98E-04 m Max: -1.81E-04 m



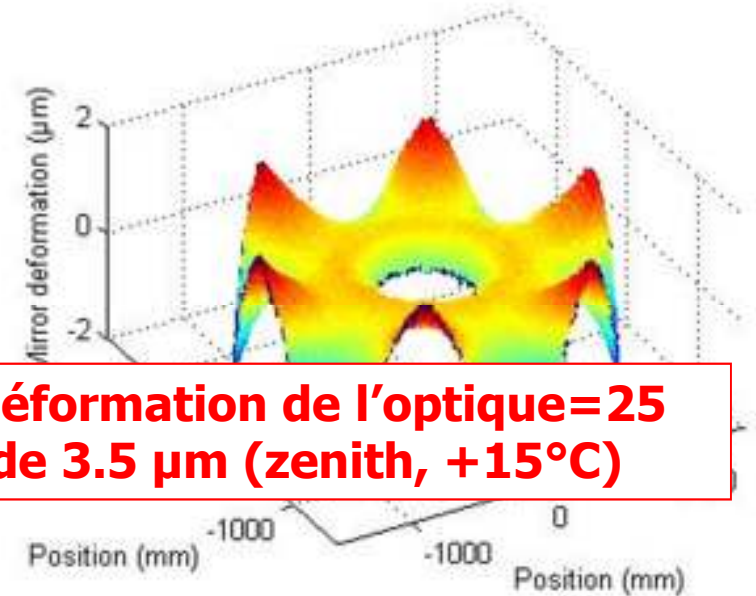
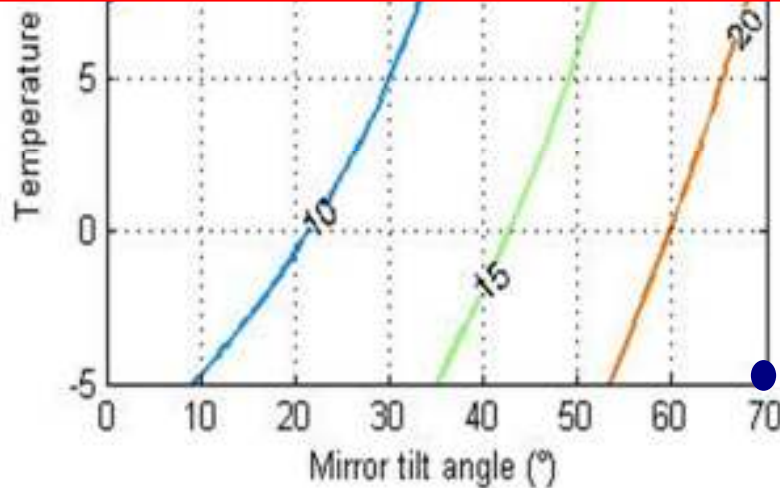
Inclinaison du télescope	$\theta = 0^\circ$	$\theta = 30^\circ$	$\theta = 45^\circ$	$\theta = 70^\circ$
Déformation optique ($\mu\text{m PV}$)	18.4	18.0	16.2	12.1

Déformation statique du miroir (2/2)

3.5 μm PV

Déformation PV du miroir en fonctionnement op. (μm)

Sous contrainte thermo-gravital, déformation de l'optique = 25 μm . Plus petite déformation est de 3.5 μm (zenith, +15°C)



25 μm PV

Conclusions

- ❑ Revue de conception préliminaire passée avec succès en juillet 2010 (PDR=2311 pages)
- ❑ L'étude M4AU a permis de montrer que la technologie miroir adaptatif CILAS était adaptée jusqu'à des dimensions multi-métriques (ambitieux mais réaliste)
- ❑ Progrès dans de nombreux domaines tels que la durée de vie des actionneurs, la modélisation fine de structure statique et dynamique, la maîtrise de l'hystérésis et du creep, le contrôle dynamique de structure...

THE END

Merci pour votre attention!
Questions ?

