

Actualité du LMA pour Virgo : Les défis technologiques pour les détecteurs d'ondes gravitationnelles



@Eric Le Roux / Université Claude Bernard Lyon 1

- **Planning**
- **Infrastructure**
- **Process**
- **Bruit thermique**
- **Métrologie**
- **Pertes optiques**





SR, bancs de
détection, cavité de
filtrage

Grosses optiques

Upgrade au LMA

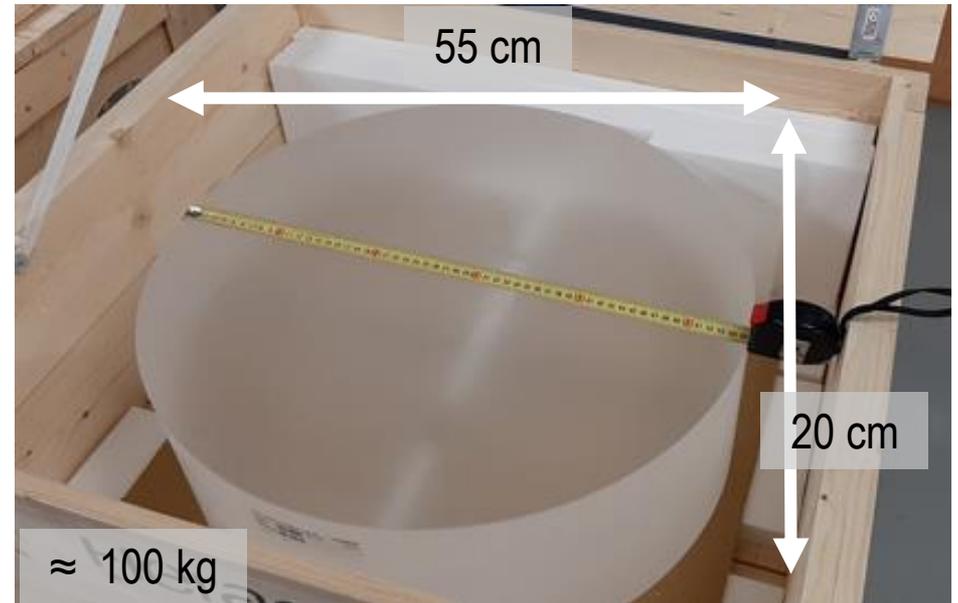
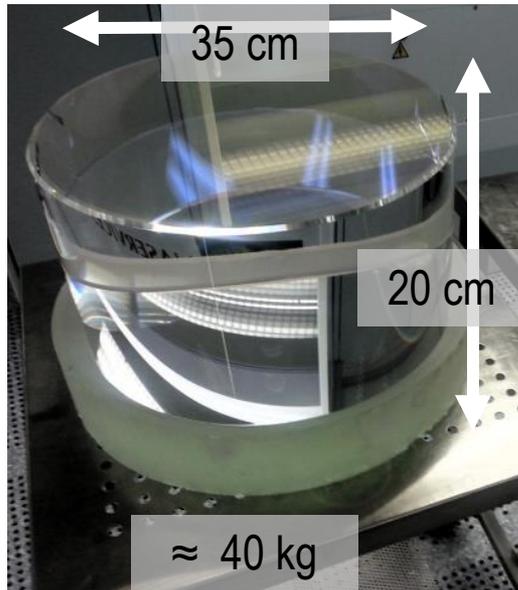
- Agrandissement de la zone ISO 3 pour pouvoir accueillir de nouveaux instruments de mesures
- Manque de place pour la métrologie et pour l'accueil de nouveaux bancs de caractérisation
- L'agrandissement de notre salle blanche est maintenant terminé.
- Bientôt des appareils de caractérisation optique pour de très grands miroirs y prendront place



→ Gain d'une surface de 25 m²

- Agrandissement de la zone ISO 3 pour pouvoir accueillir de nouveaux instruments de mesures
- Manque de place pour la métrologie et pour l'accueil de nouveaux bancs de caractérisation
- L'agrandissement de notre salle blanche est maintenant terminé.
- Bientôt des appareils de caractérisation optique pour de très grands miroirs y prendront place





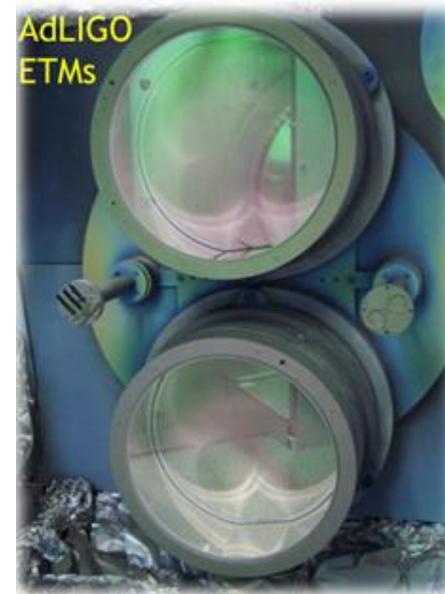
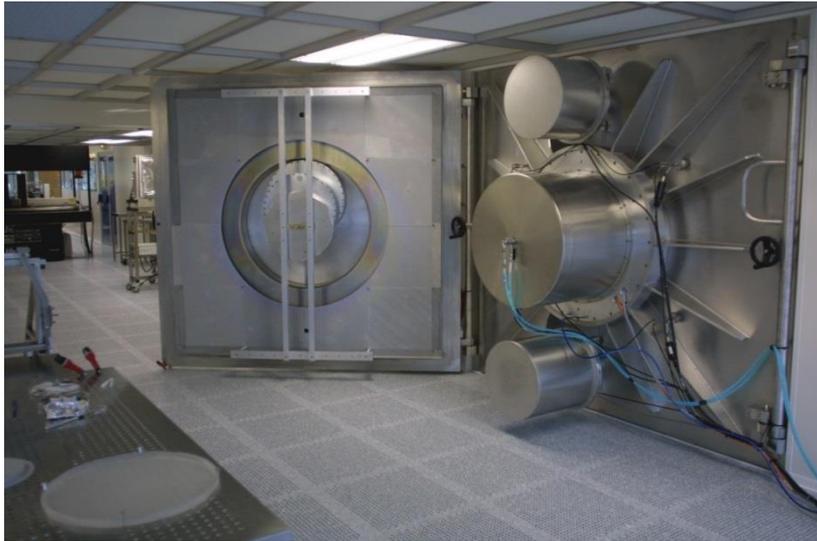
Substrat du miroir de fin (EM) pour O5

- Agrandissement des optiques (adaptation/manipulation manutention)
- Approvisionnement des grands substrats (Suprasil)
- Tous les substrats ont été livrés au LMA en avril 2021 et sont prêts à être polis début 2022 (4 EM, 4IM, 4 PR/SR).

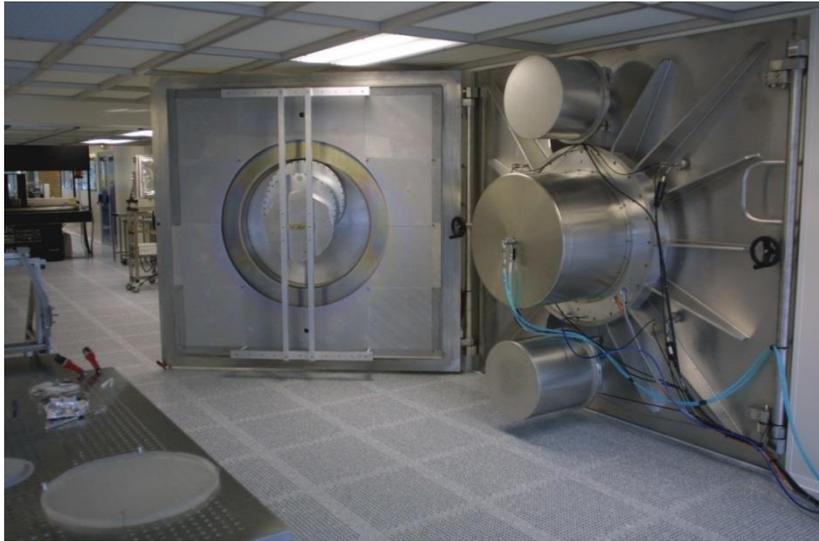


Adaptation, manipulation et manutention :

- Manipulation des optiques de 40 kg se fait à 2
- Manipulation des optiques de 100 kg → utilisation d'une machine pour les déplacements retournements et chargements des optiques



- Nouveau matériau pour le revêtement afin de réduire le bruit thermique.
- Couches d'oxyde : seulement des cibles à installer (déjà achetées à l'avance par aLIGO), premier test de revêtement dans la grande machine de revêtement en janvier 2022
- Diminuer la densité de défauts diffusants et des points absorbants
- Amélioration de la planéité (=surface) sur les grands diamètres



- Nouveau matériau pour le revêtement afin de réduire le bruit thermique.
- Couches d'oxyde : seulement des cibles à installer (déjà achetées à l'avance par aLIGO), premier test de revêtement dans la grande machine de revêtement en janvier 2022
- Diminuer la densité de défauts diffusants et des points absorbants
- Amélioration de la planéité (=surface) sur les grands diamètres
- Uniformité (0,1%) sur partie centrale à optimiser sur $\varnothing 250$ mm ($\varnothing 150$ mm pour AdV. VIRGO) en rotation simple pour EM (un miroir à la fois) et sur $\varnothing 150$ mm en mouvement planétaire pour IM avec le nouveau matériau à haut indice.

Nouveaux matériaux :

Candidats potentiels : **Nitrure de silicium (testé au LMA)**, mélange **Ti:GeO2 (LIGO)**.
Résultats intéressants avec les deux candidats envisagés

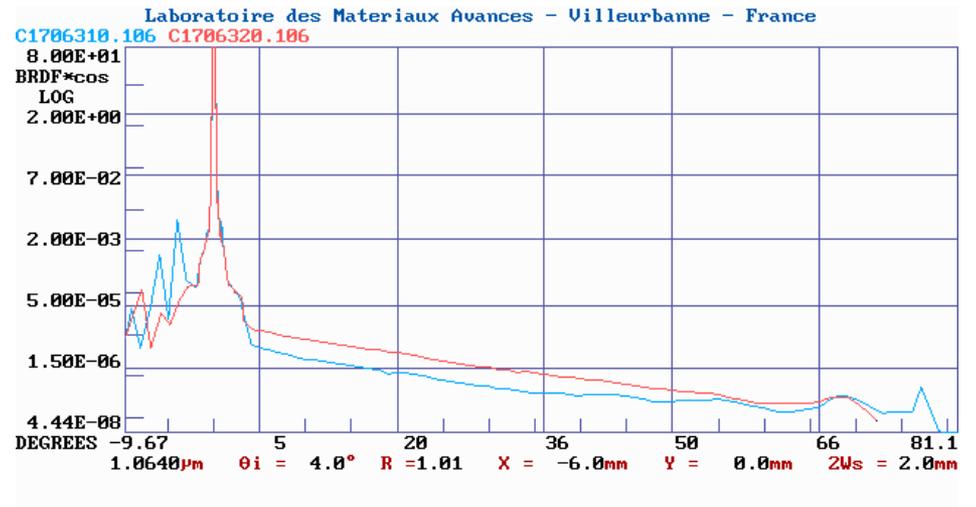
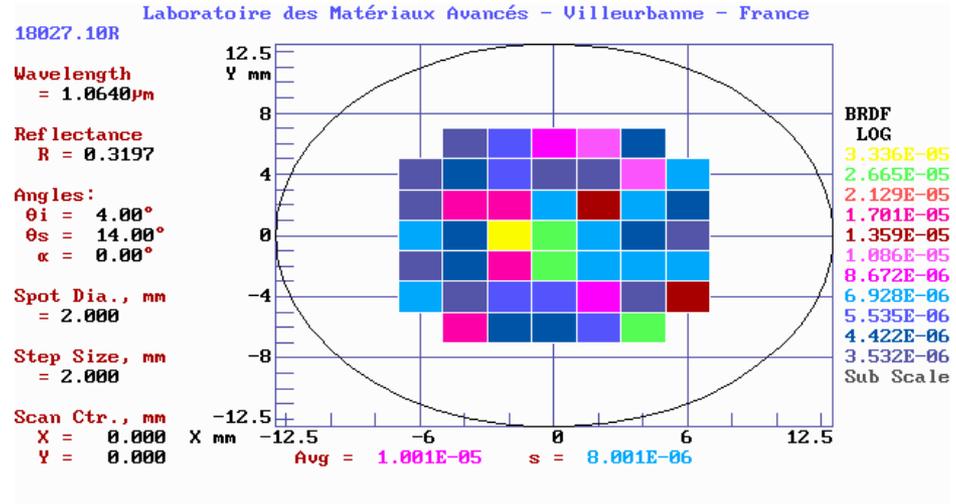
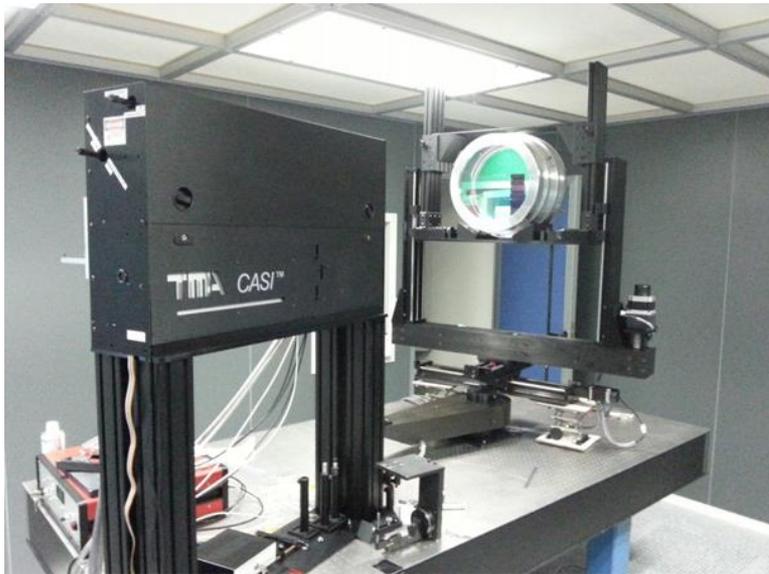
Si3N4 :

- R&D depuis 2018 dans le DIBS Si3N4
- Bonne pertes mécaniques : amélioration d'un facteur 3
- Problème d'absorption qui est 10 à 40 fois plus grande
- Problème de bulles sur les empilements et de délamination (≈ 10)

Ti:GeO2 :

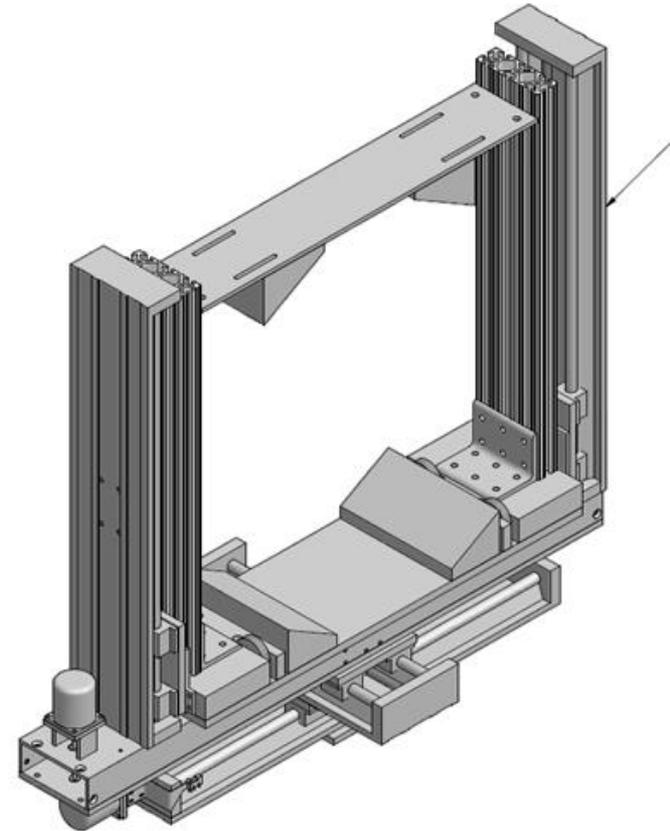
- Développé par le CRC LIGO
- Problème de bulles sur les empilements et de délamination (≈ 100)
- Facteur 3 sur les pertes mécaniques
- Absorption 3 ppm donc 3 fois plus grand que la spéc (< 1 ppm)
- C'est un oxyde donc facile à mettre en place dans la grande machine

Banc diffusiomètre CASI

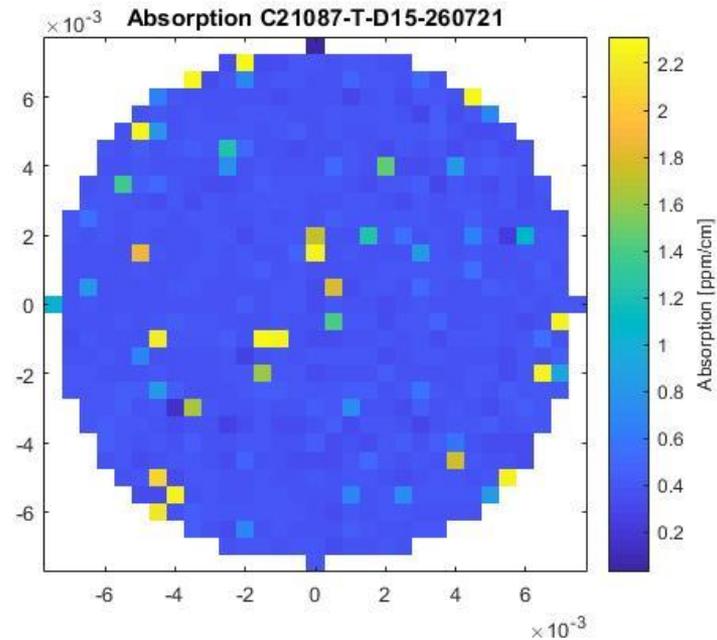


Banc diffusiomètre CASI

- Un porte-échantillon plus robuste, capable de supporter l'augmentation de poids, est nécessaire pour pouvoir mesurer les cartes de diffusion à 1064 nm ainsi que les cartes de transmission/réflexion des revêtements HR et AR.
- Il a déjà été adapté au diamètre de 55 cm de la BS mais pas à un poids de 100 kg

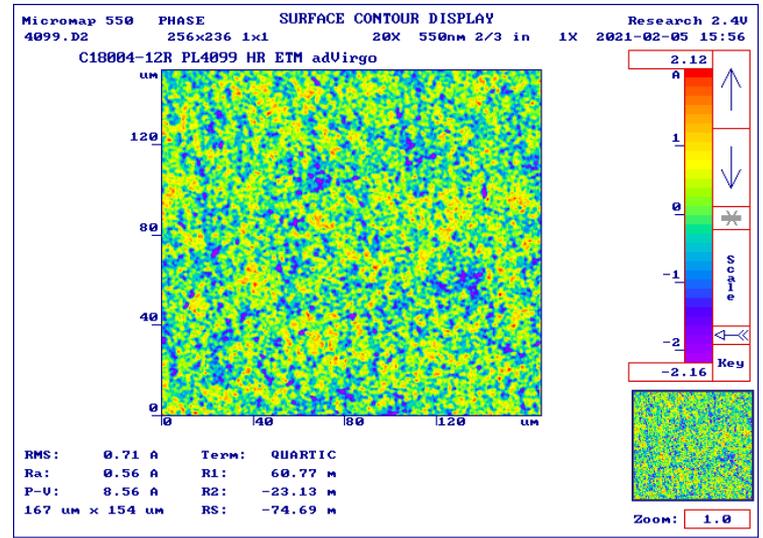
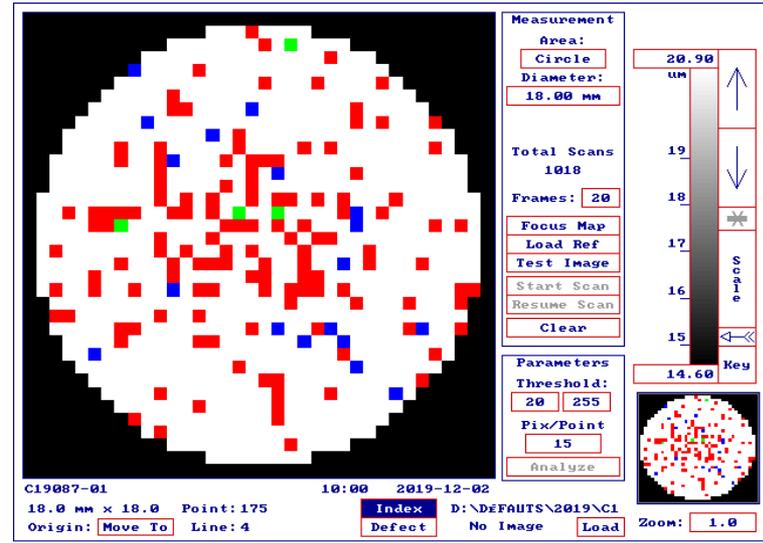
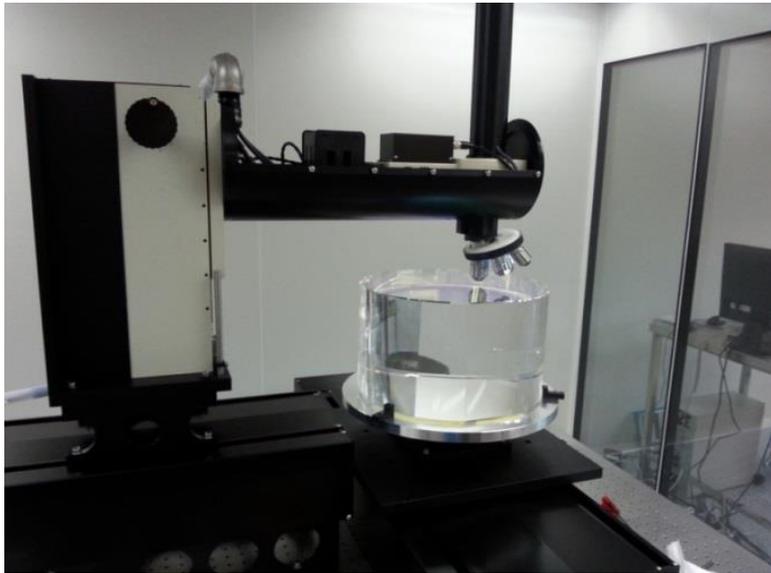


Banc d'absorption



- Test effectué pour voir si l'axe vertical du banc est capable de supporter l'augmentation de poids des miroirs.
- Validation de la charge des moteurs
- Adaptation des montures

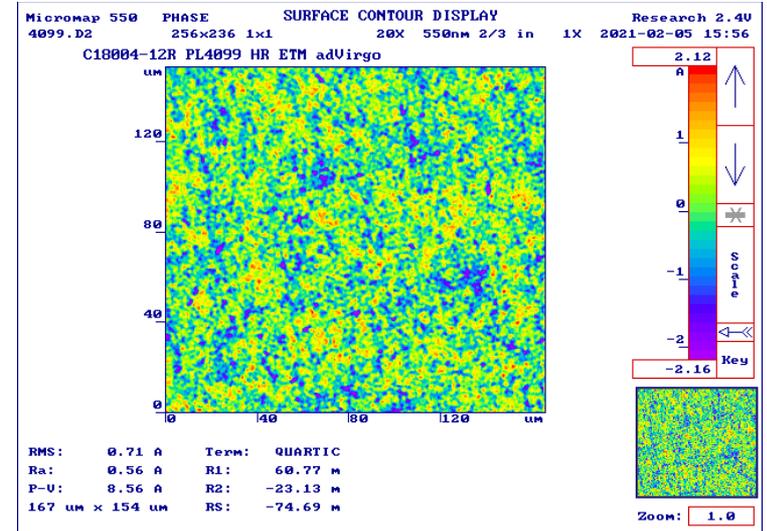
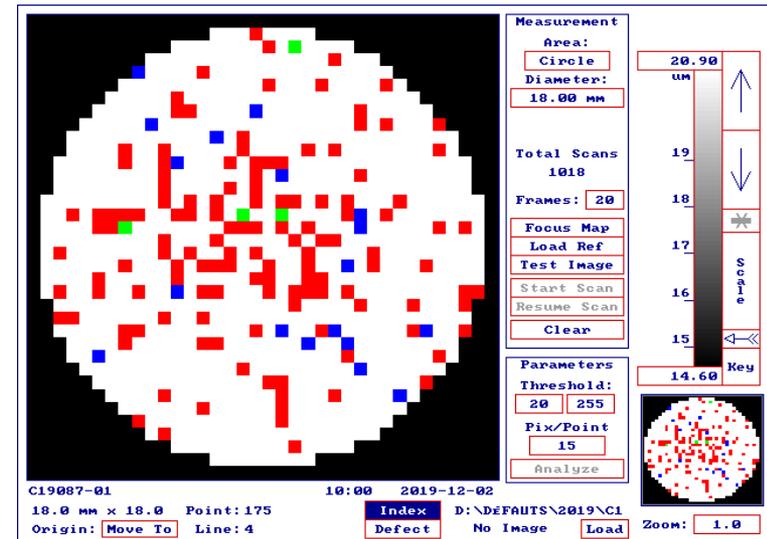
Profilomètre optique



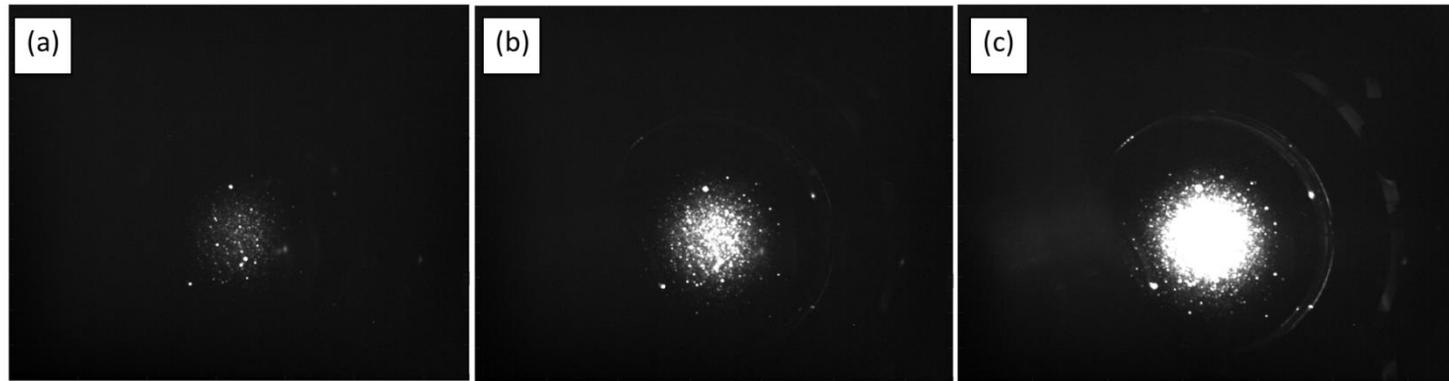
Profilomètre optique



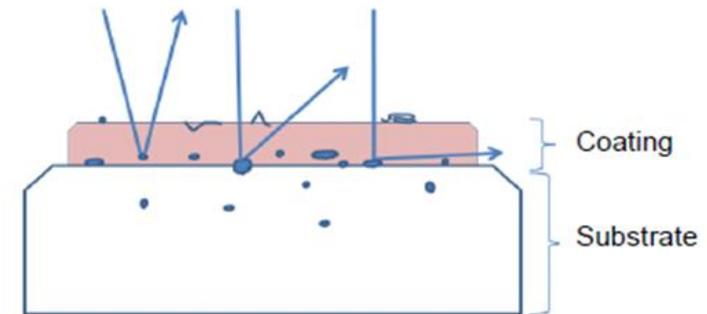
- Nouveau Micromap pour mesurer des grands miroirs
- Optimisation du logiciel
 - Comptage des défauts
 - Enregistrement des données
 - Analyse des données



Thèse en cours sur le sujet : S.Sayah

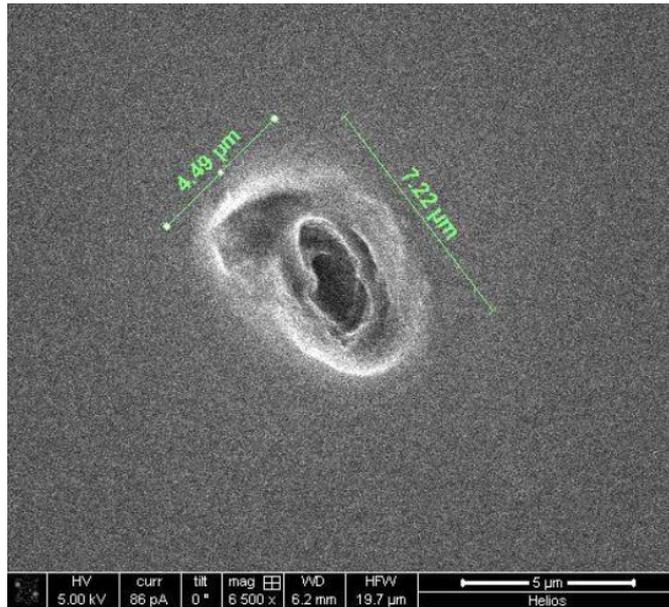


- Quelques défauts ponctuels présents à l'intérieur du revêtement
- Connus depuis plusieurs années
- Facteur limitant pour les futurs détecteurs
- Peut être l'origine de la perte optique supplémentaire observée dans Advanced LIGO et Advanced Virgo.



But de la thèse :

- Caractérisation des défauts ponctuels
- Déterminer leurs origines (chimique et dans le process de dépôt)
- Comprendre l'impact de la lumière diffusée par ces défauts



- Observé à LIGO et Virgo : limite actuellement la puissance dans les cavités des bras de l'interferomètre
- Particules d'aluminium dans le coating
- 1 à 3 points absorbants sur une optique $\varnothing=350$ mm
- Des tests sont en cours dans la grande machine pour trouver l'origine

