



DSM/IRAMIS



Institut de Physique



Université de Caen
Normandie

Orientation, mise en forme et polissage de cristaux pour l'optique et adhérence moléculaire

Vivien Ménard
CIMAP Caen

Journée thématique colmol 2023

LABORATOIRE D'EXCELLENCE 





Plan de la présentation

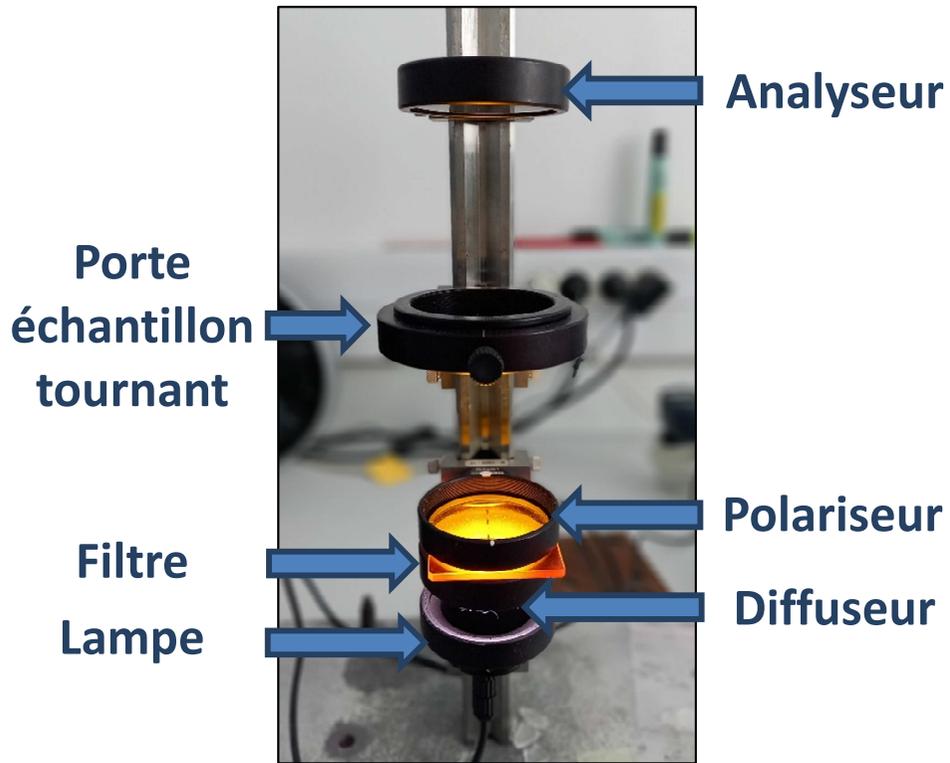
- ❖ **Orientation cristalline**
 - Polariscope
 - Méthode de Laue
- ❖ **Taille/mise en forme**
 - Sciage et carottage
- ❖ **Polissage plan pour l'optique**
 - Matériel
 - Choix de l'abrasif
- ❖ **Contrôle de surface**
 - Microscope inversé
 - Microscope interférométrique et confocal
 - Interféromètre de Fizeau
- ❖ **Adhérence moléculaire**



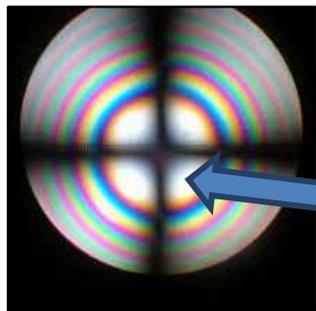
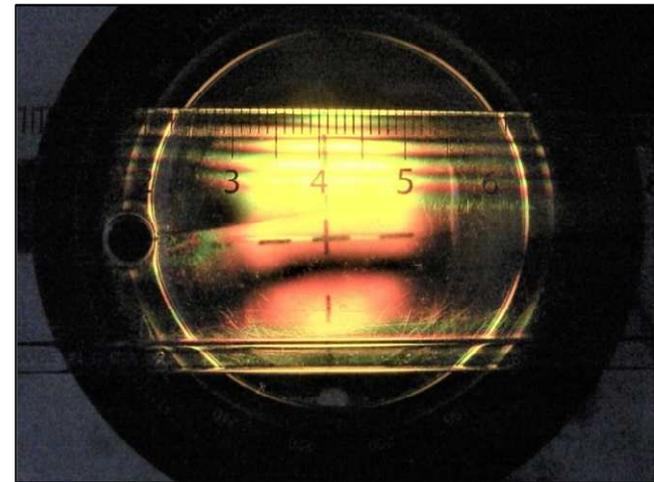
Plan de la présentation

- ❖ **Orientation cristalline**
 - **Polariscope**
 - **Méthode de Laue**
- ❖ **Taille/mise en forme**
 - **Sciage et carottage**
- ❖ **Polissage plan pour l'optique**
 - **Matériel**
 - **Choix de l'abrasif**
- ❖ **Contrôle de surface**
 - **Microscope inversé**
 - **Microscope interférométrique et confocal**
 - **Interféromètre de Fizeau**
- ❖ **Adhérence moléculaire**

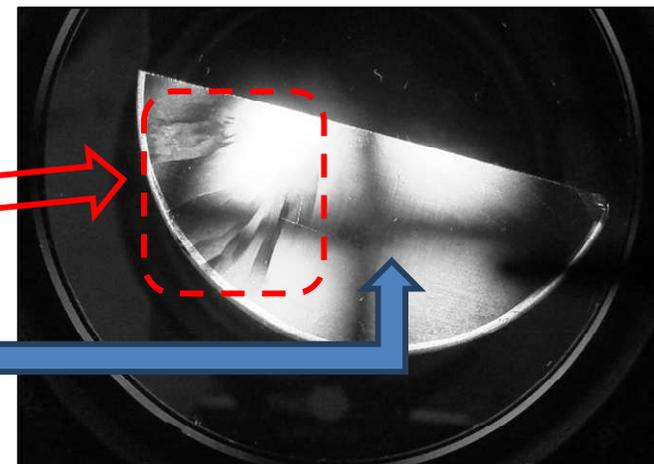
Polariscope



Observer la bi-réfringence des matériaux



Zone maclée
 Croix de malte, cristal uni-axe

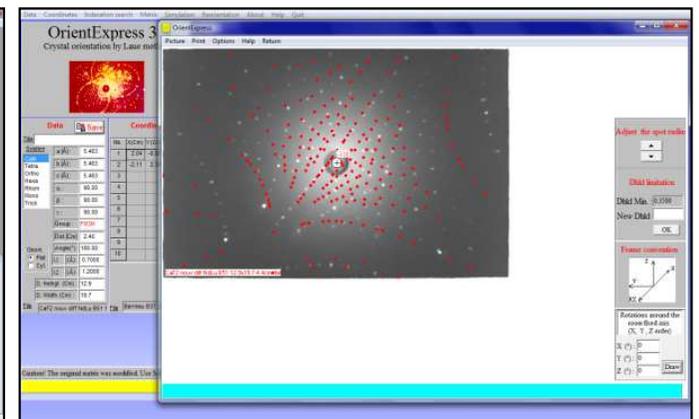
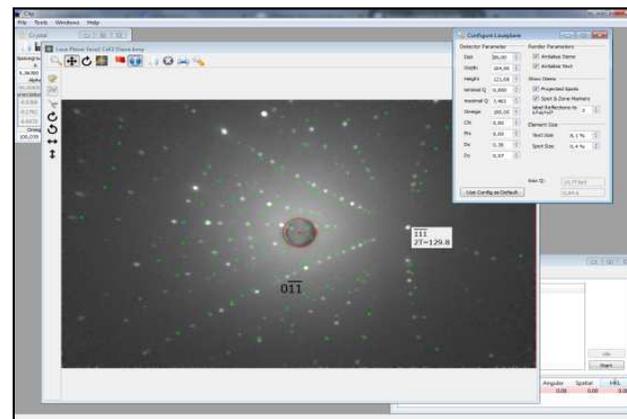
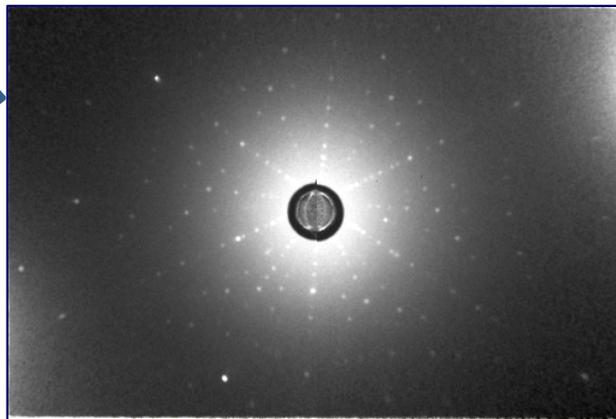
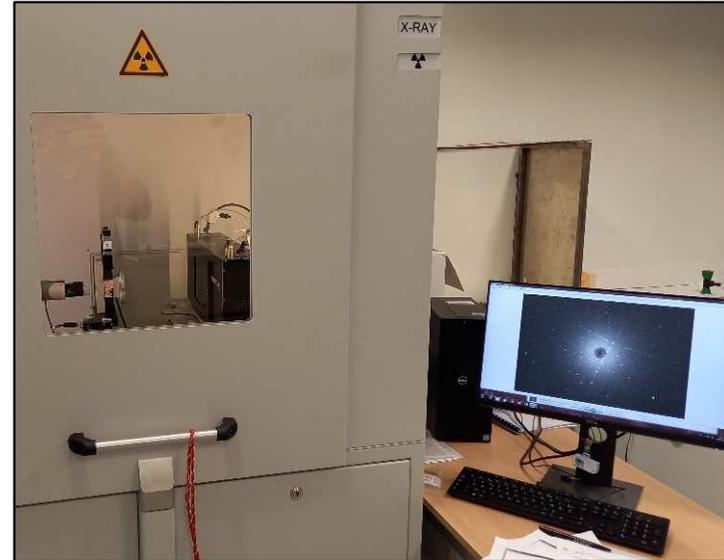
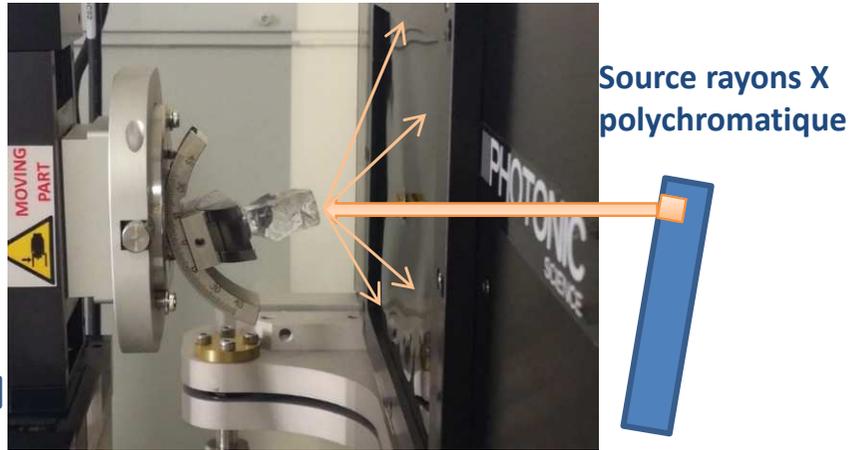




Plan de la présentation

- ❖ **Orientation cristalline**
 - Polariscope
 - **Méthode de Laue**
- ❖ **Taille/mise en forme**
 - Sciage et carottage
- ❖ **Polissage plan pour l'optique**
 - Matériel
 - Choix de l'abrasif
- ❖ **Contrôle de surface**
 - Microscope inversé
 - Microscope interférométrique et confocal
 - Interféromètre de Fizeau
- ❖ **Adhérence moléculaire**

Méthode de Laue



Traitement cliché par Clip4 ou OrientExpress

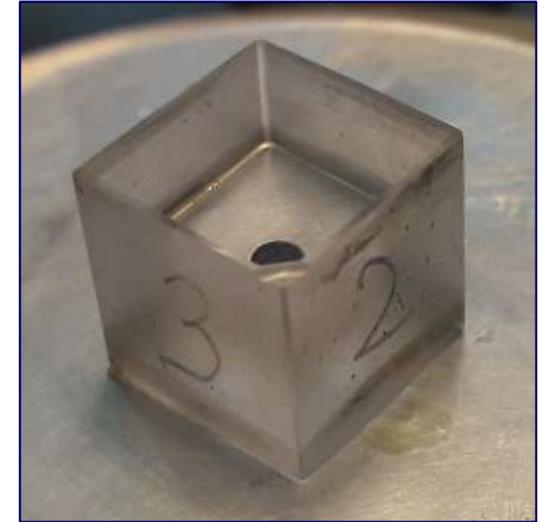
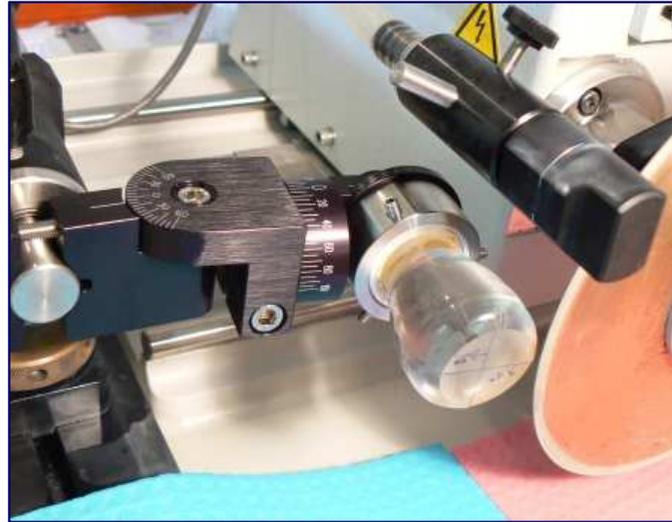


Plan de la présentation

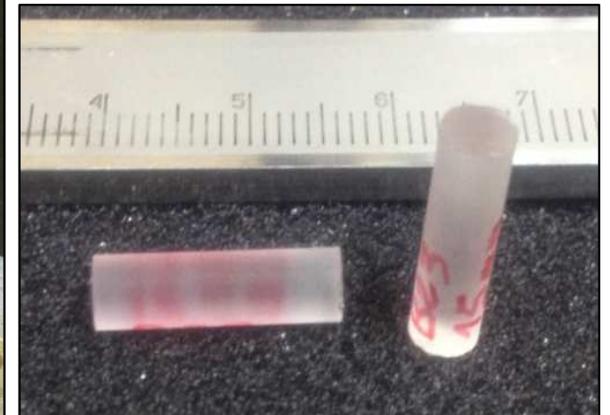
- ❖ **Orientation cristalline**
 - Polariscope
 - Méthode de Laue
- ❖ **Taille/mise en forme**
 - **Sciage et carottage**
- ❖ **Polissage plan pour l'optique**
 - Matériel
 - Choix de l'abrasif
- ❖ **Contrôle de surface**
 - Microscope inversé
 - Microscope interférométrique et confocal
 - Interféromètre de Fizeau
- ❖ **Adhérence moléculaire**

Mise en forme

Découpe selon orientation (tête goniométrique) sur scie à fil ou à disque



Carottage → Barreaux
disques



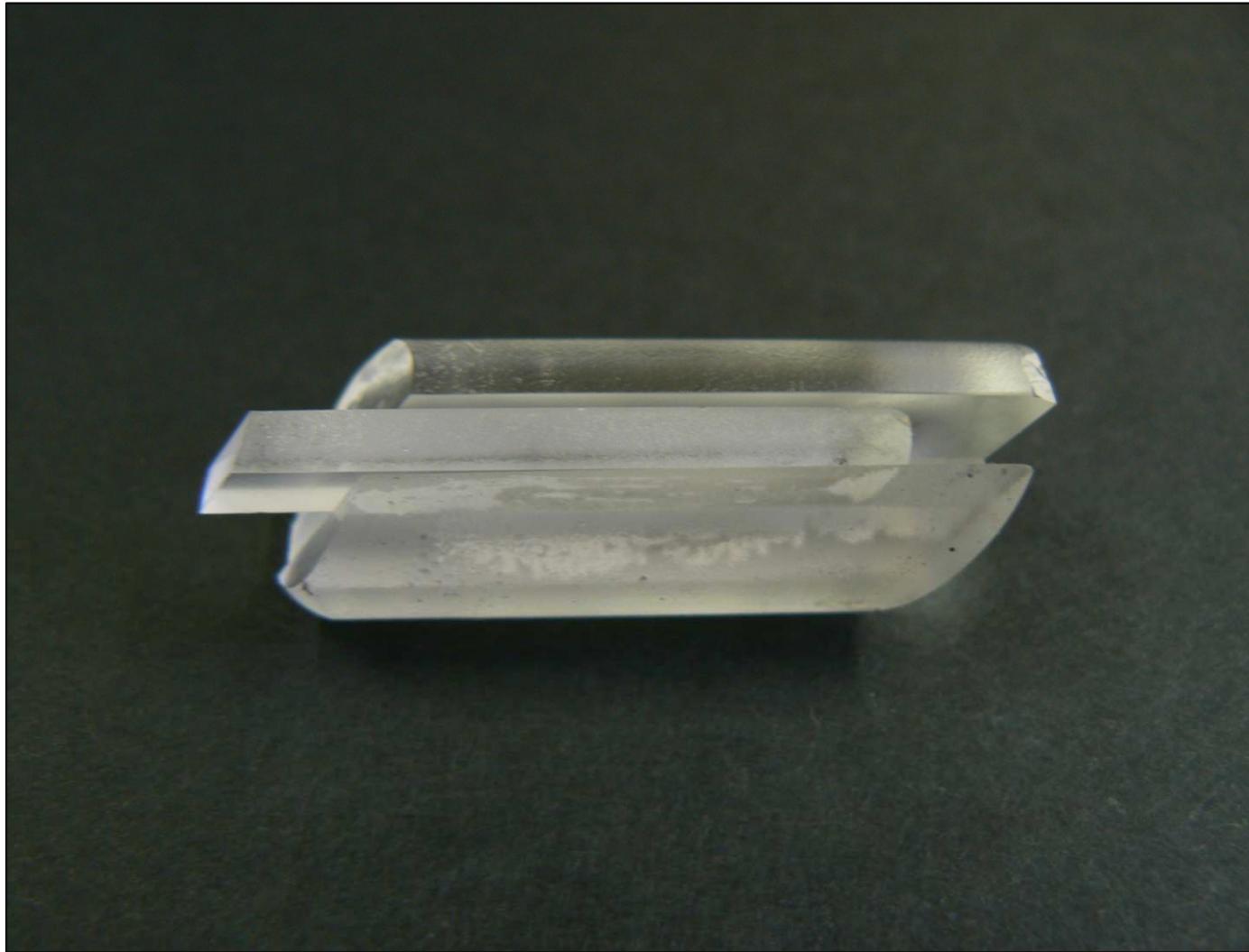
Mise en forme (barreaux CaF_2 4x3x30mm Brewster)



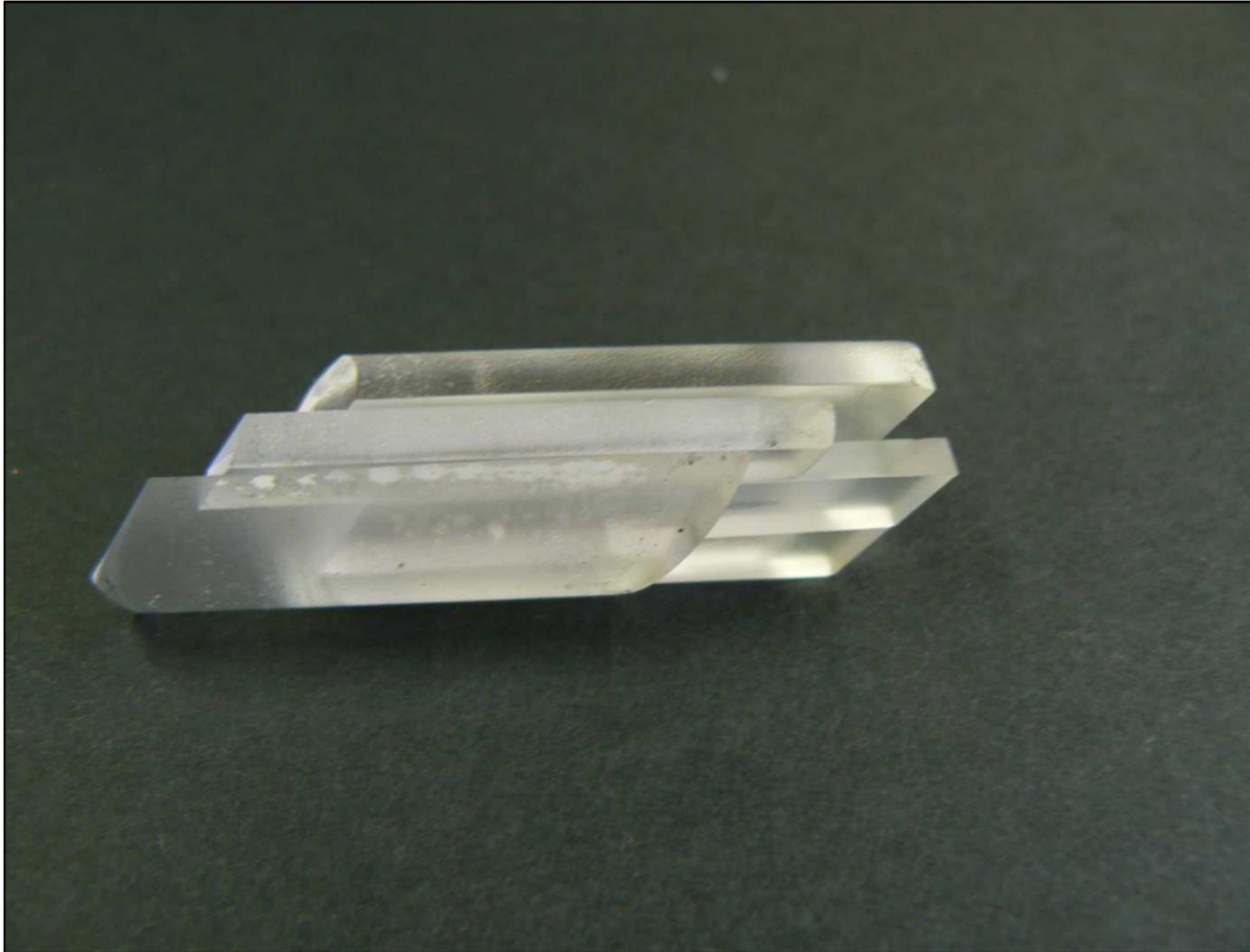
Mise en forme (barreaux CaF₂ 4x3x30mm Brewster)



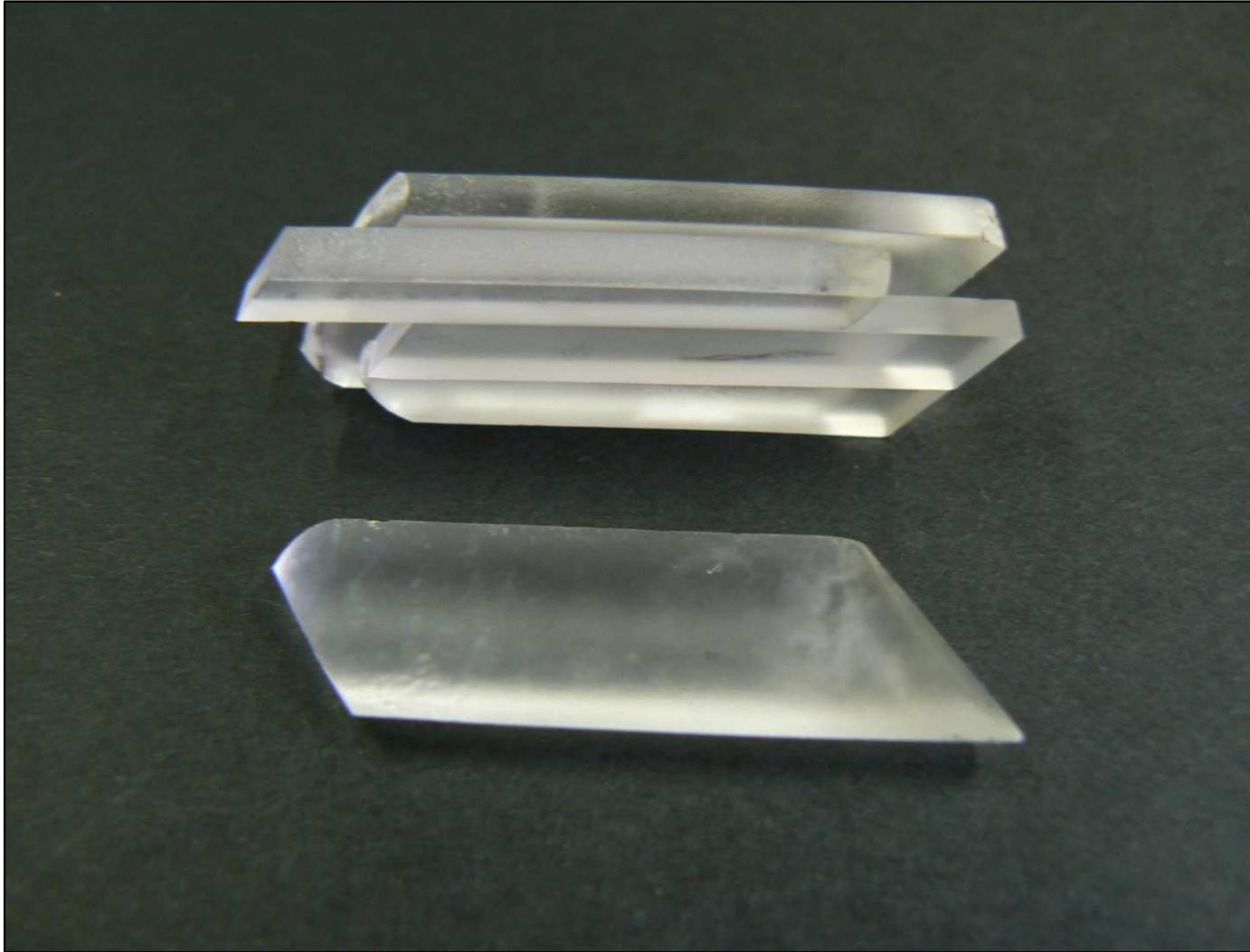
Mise en forme (barreaux CaF₂ 4x3x30mm Brewster)



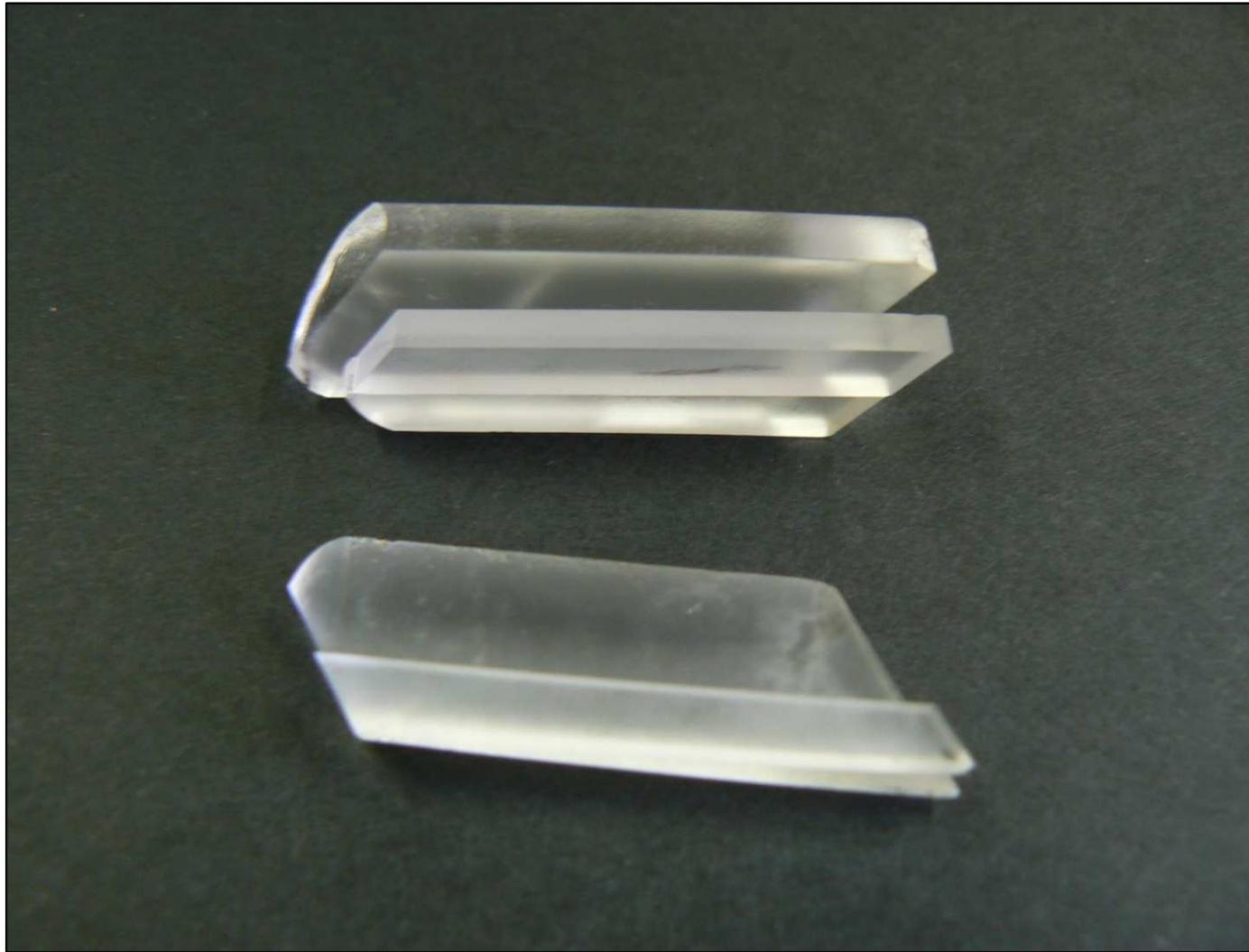
Mise en forme (barreaux CaF₂ 4x3x30mm Brewster)



Mise en forme (barreaux CaF_2 4x3x30mm Brewster)



Mise en forme (barreaux CaF₂ 4x3x30mm Brewster)



Mise en forme (barreaux CaF₂ 4x3x30mm Brewster)

Environ 2
jours plus
tard ... Le
barreau est
taillé.

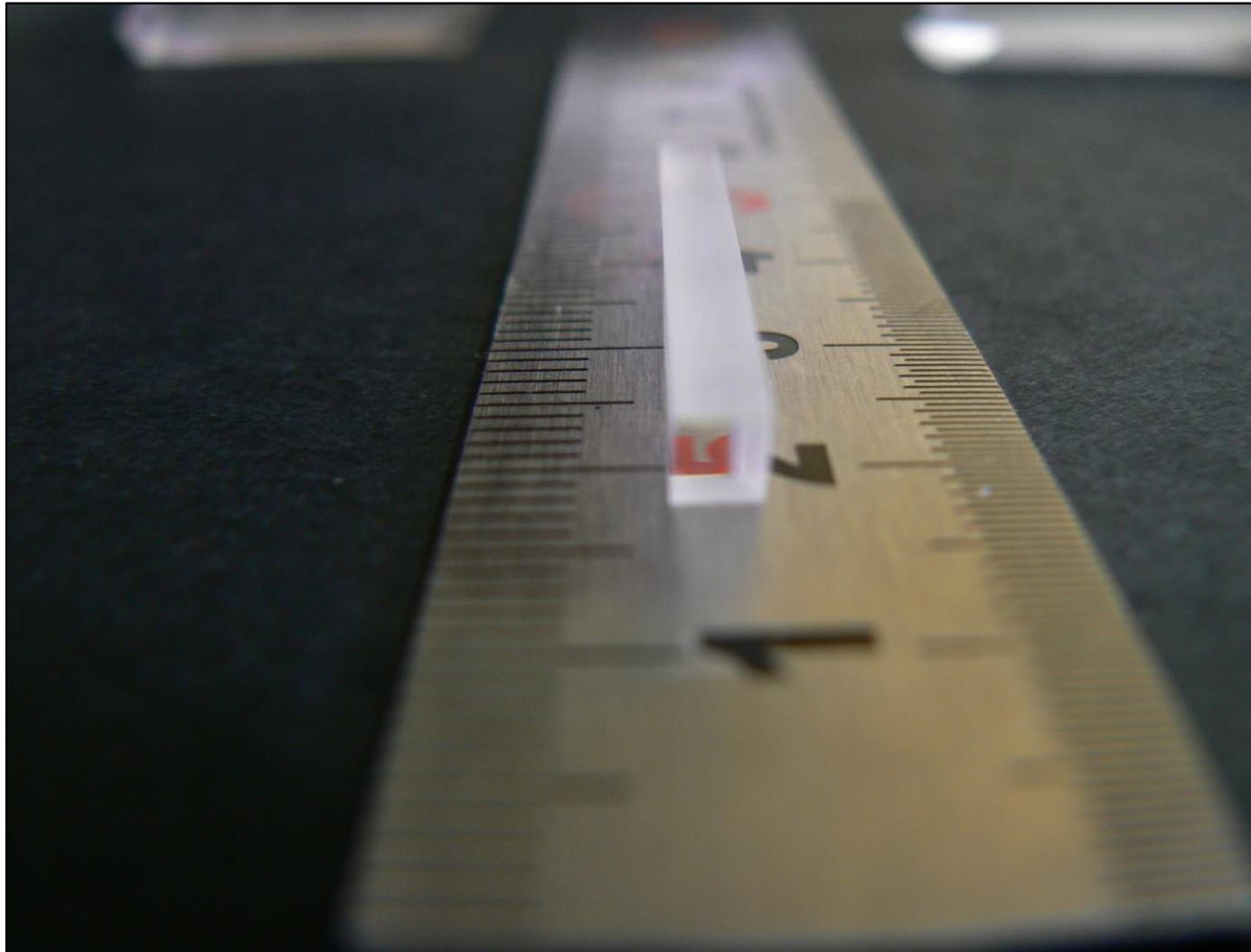


Mise en forme (barreaux CaF₂ 4x3x30mm Brewster)



Mise en forme (barreaux CaF₂ 4x3x30mm Brewster)

Après
polissage, à
Brewster,
on peut voir
(le 5) au
travers

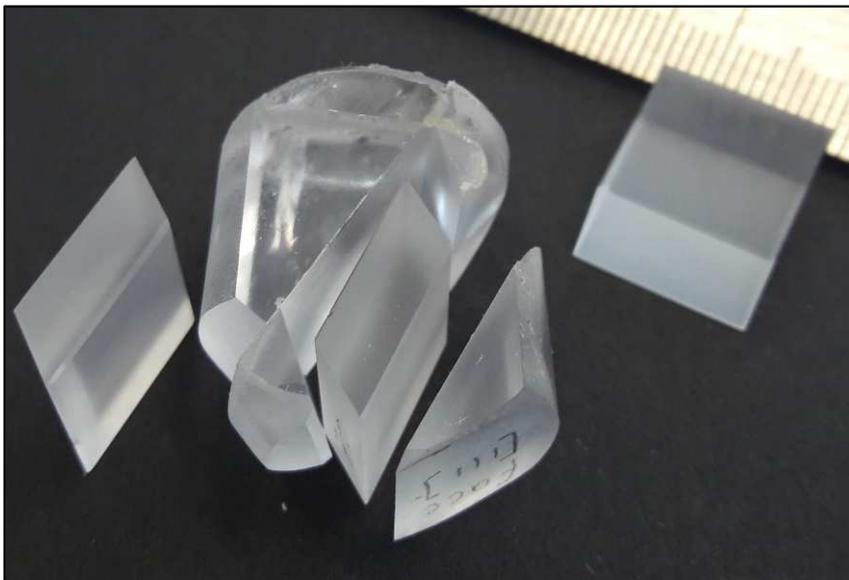


Mise en forme (CaF_2 [111] à Brewster, face 13mm^2)

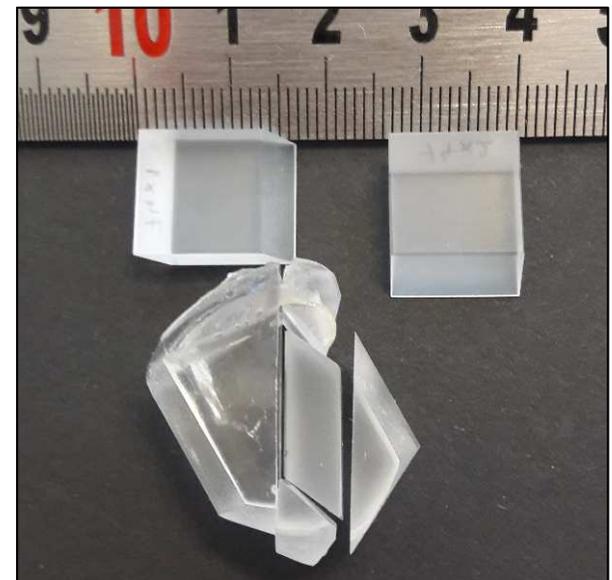
Cristal
 $\varnothing 18\text{ mm}$



Éviter les « pièges »
cristallins (fissures,
inclusions, bulles ...)



Après quelques
heures (jours) de
découpe, sur 3
cristaux ...





Plan de la présentation

- ❖ **Orientation cristalline**
 - Polariscope
 - Méthode de Laue
- ❖ **Taille/mise en forme**
 - Sciage et carottage
- ❖ **Polissage plan pour l'optique**
 - **Matériel**
 - Choix de l'abrasif
- ❖ **Contrôle de surface**
 - Microscope inversé
 - Microscope interférométrique et confocal
 - Interféromètre de Fizeau
- ❖ **Adhérence moléculaire**

Tours de polissage traditionnels



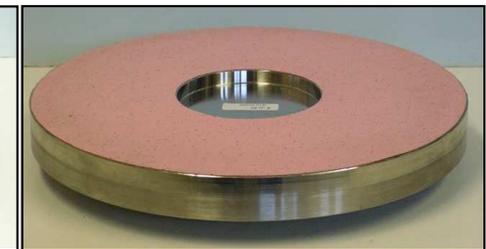
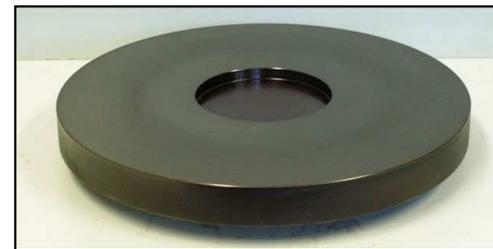
Présentation du matériel « Logitech »



La polisseuse (x2)



Le « Jig » (porte échantillon)



Les outils (plateaux)

La balance



Les blocs de rectifications

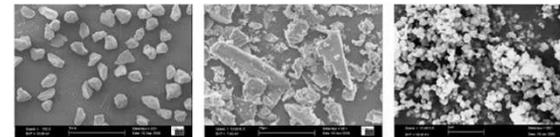


Plan de la présentation

- ❖ Orientation cristalline
 - Polariscope
 - Méthode de Laue
- ❖ Taille/mise en forme
 - Sciage et carottage
- ❖ Polissage plan pour l'optique
 - Matériel
 - **Choix de l'abrasif**
- ❖ Contrôle de surface
 - Microscope inversé
 - Microscope interférométrique et confocal
 - Interféromètre de Fizeau
- ❖ Adhérence moléculaire

Il existe une grande variété d'abrasifs :

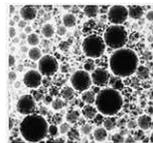
- Lié, très gros grains (meules, millimétriques) à fins (papiers, μ métriques), qui sont appropriés pour préparer une surface assez rapidement.
- Libre, gros grains (poudre 10aines de μ m à mettre en solution ou déjà fournies en solution) à super-méga-fins (silices colloïdales, nano-métrique), qui sont appropriés pour préparer et polir à qualité optique.
- De composition différente:
 - SiC (papiers abrasifs notamment), carbure de bore nitreux, grenat, oxyde alumine, oxydes de cériums (vieux classique toujours d'actualité), diamant, silice colloïdale, etc.



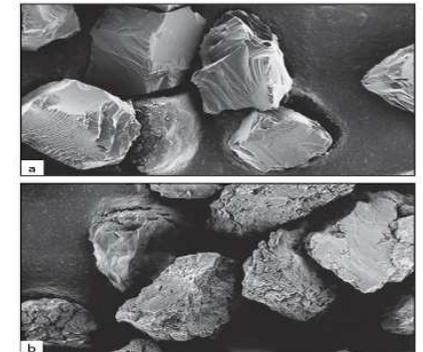
Le choix de l'abrasif est bien souvent une affaire de test !!!

CaF₂ dureté Mohs : 4 , diamant ➡ pas parfait mais OK

LiYF₄, dureté Mohs : 5 , diamant ➡ gros problème d'implantation à la surface !!!



silice colloïdale ➡ OK



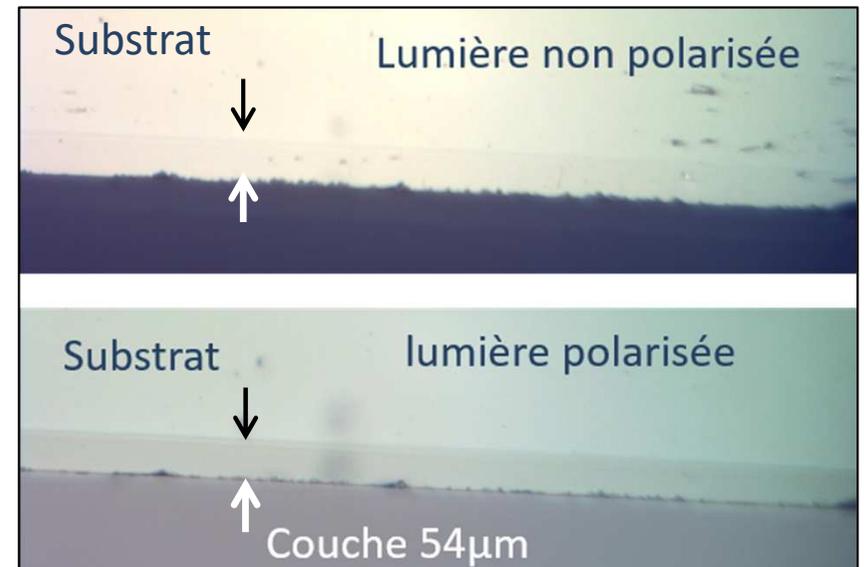
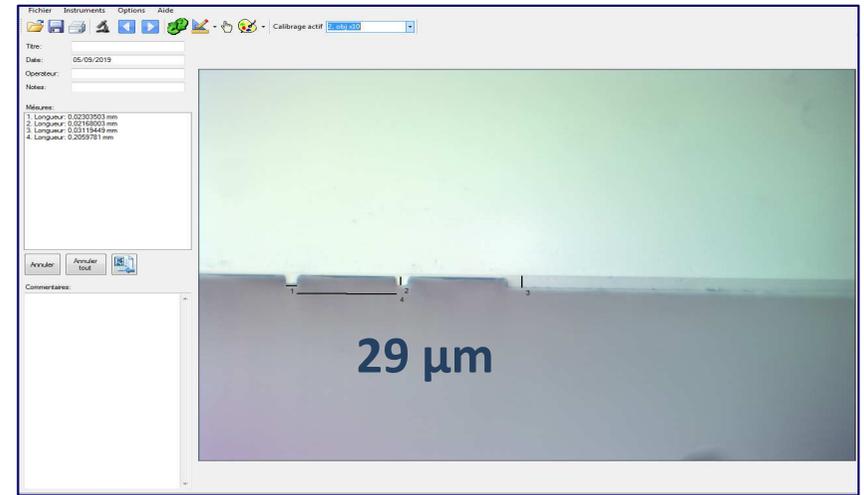
Il est donc nécessaire d'avoir une variété d'abrasif dans un atelier de polissage.



Plan de la présentation

- ❖ **Orientation cristalline**
 - Polariscope
 - Méthode de Laue
- ❖ **Taille/mise en forme**
 - Sciage et carottage
- ❖ **Polissage plan pour l'optique**
 - Matériel
 - Choix de l'abrasif
- ❖ **Contrôle de surface**
 - **Microscope inversé**
 - Microscope interférométrique et confocal
 - Interféromètre de Fizeau
- ❖ **Adhérence moléculaire**

Caractérisation : Microscope inversé

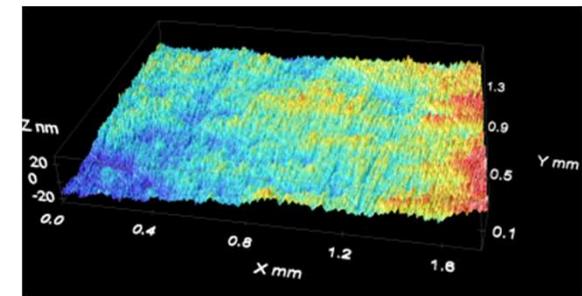
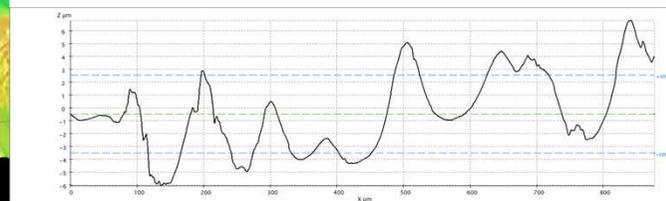
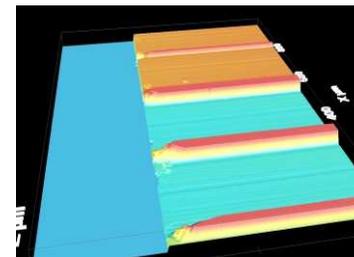
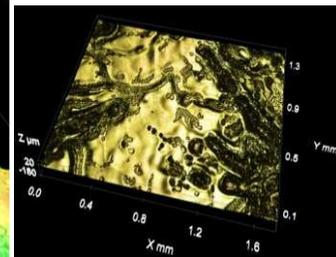
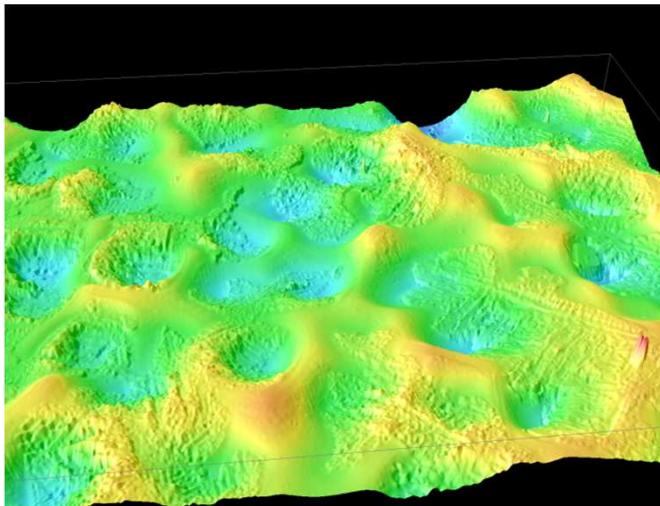
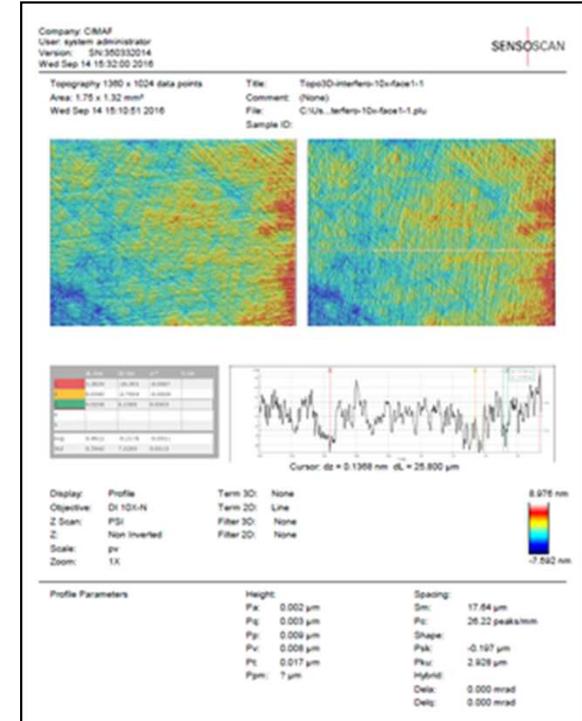




Plan de la présentation

- ❖ Orientation cristalline
 - Polariscope
 - Méthode de Laue
- ❖ Taille/mise en forme
 - Sciage et carottage
- ❖ Polissage plan pour l'optique
 - Matériel
 - Choix de l'abrasif
- ❖ Cristaux massifs
- ❖ Contrôle de surface
 - Microscope inversé
 - **Microscope interférométrique et confocal**
 - Interféromètre de Fizeau
- ❖ Adhérence moléculaire

Caractérisation : Microscope interférométrique/confocal

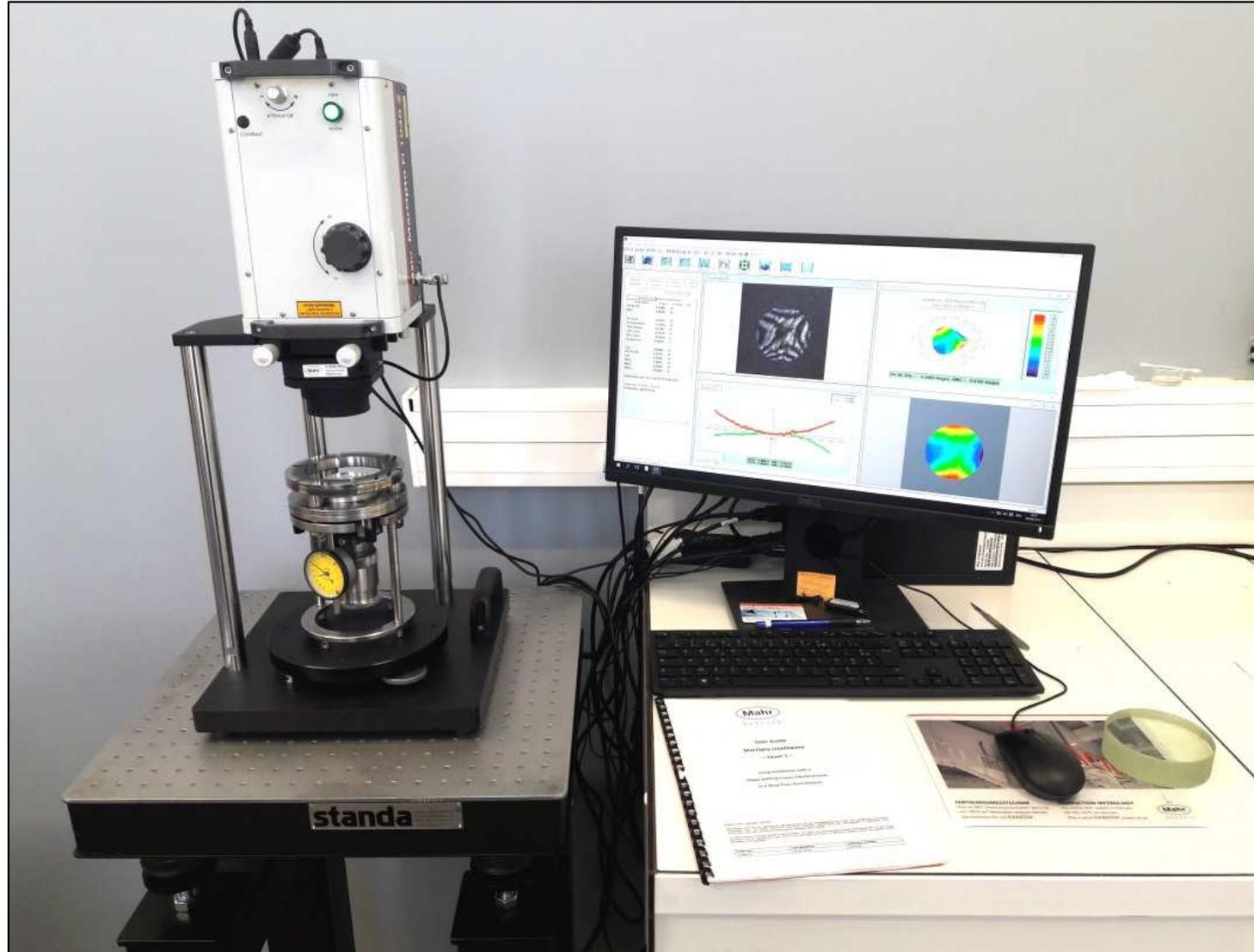




Plan de la présentation

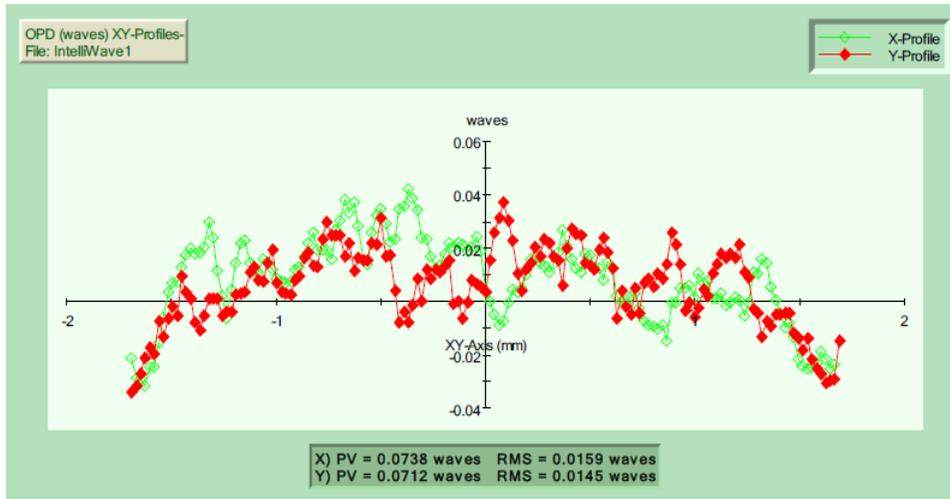
- ❖ **Orientation cristalline**
 - Polariscope
 - Méthode de Laue
- ❖ **taille/mise en forme**
 - Sciage et carottage
- ❖ **Polissage plan pour l'optique**
 - Matériel
 - Choix de l'abrasif
- ❖ **Cristaux massifs**
- ❖ **Contrôle de surface:**
 - Microscope inversé
 - Microscope interférométrique et confocal
 - Interféromètre de Fizeau

Caractérisation : Interféromètre de Fizeau

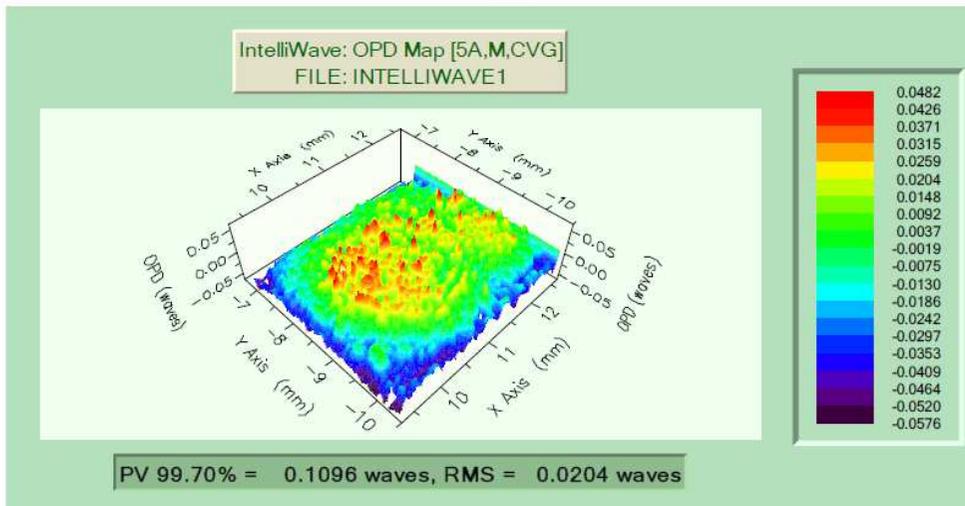


Rapport interférométrie, les mesures

Cross Section X / Y



3D View



Results

| Sommaire rapport IntelliWave | | | |
|--|---------|--------|----|
| Paramètre | Valeur | Unités | QC |
| PV 99.70% | 0.1096 | Ondes | |
| RMS | 0.0204 | Ondes | |
| 4) Focus | -0.0169 | Ondes | |
| 5) Astigmatism | 0.0064 | Ondes | |
| 6) XY Astigm | 0.0016 | Ondes | |
| 7) X Coma | 0.0144 | Ondes | |
| 8) Y Coma | -0.0038 | Ondes | |
| 9) Spherical | -0.0083 | Ondes | |
| Sag | 0.0763 | fr | |
| IRR 99.70% | 0.1946 | fr | |
| RSI | 0.0367 | fr | |
| RMSt | 0.0379 | fr | |
| RMSi | 0.0309 | fr | |
| RMSa | 0.0295 | fr | |
| Date(measured): Thu Mar 11 14:50:25 2021 | | | |
| Supprimés: X Incl., Y Incl. | | | |
| Traitement: [5A,M,CVG] | | | |

fr @ 546nm

$$1/0,1096 = \lambda/9 \text{ PV}$$

$$1/0,0204 = \lambda/49 \text{ RMS}$$

Échantillon unique 4,2x4,2 mm

Diapositive 30

M1

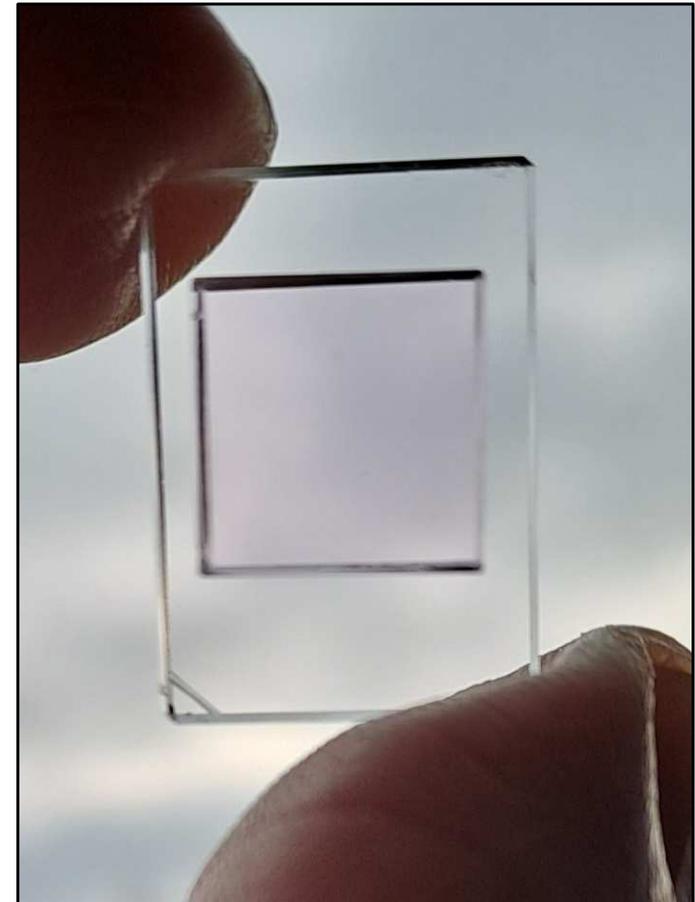
MENARD; 31/03/2022



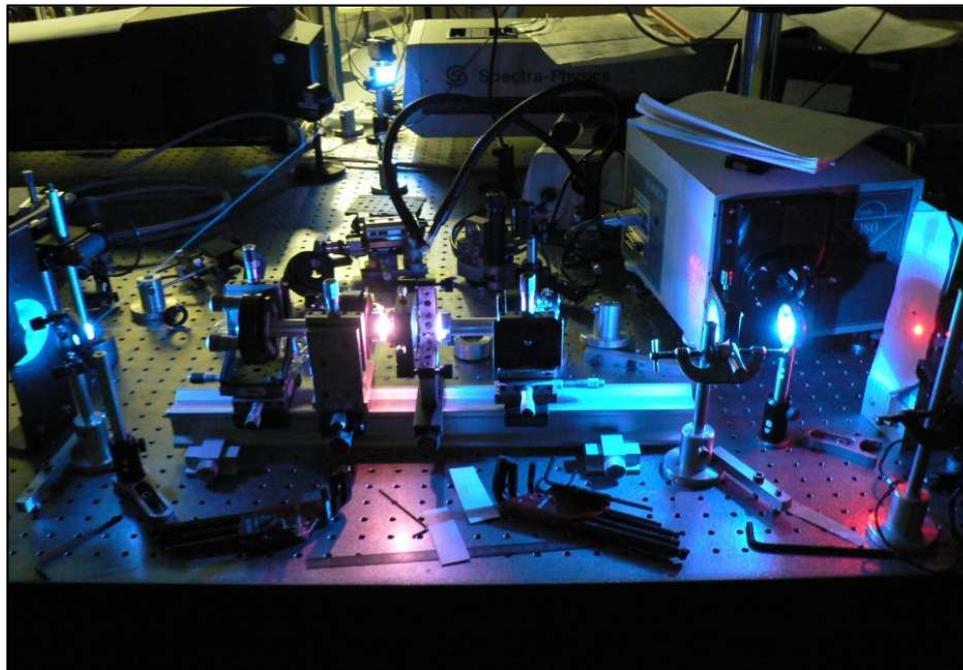
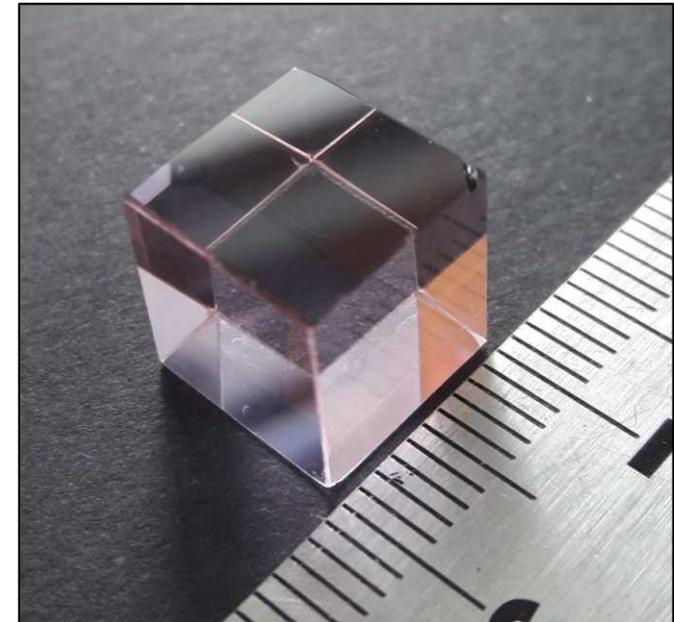
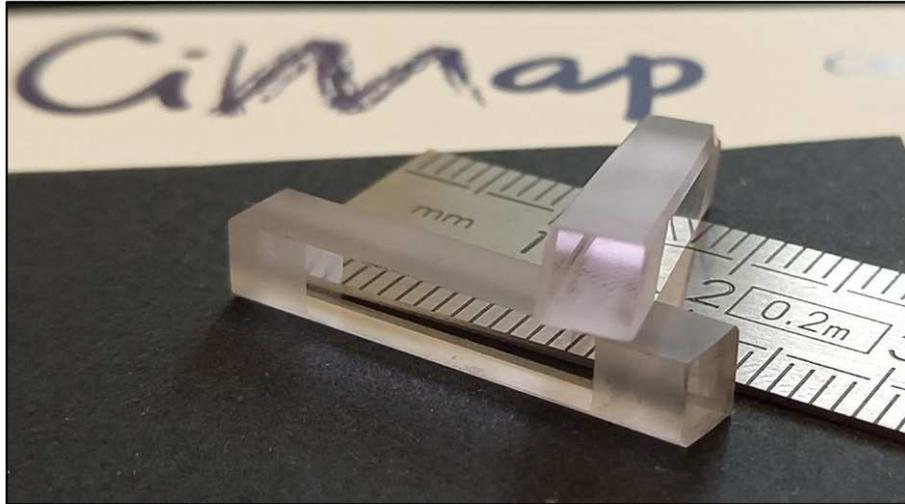
Plan de la présentation

- ❖ **Orientation cristalline**
 - Polariscope
 - Méthode de Laue
- ❖ **Taille/mise en forme**
 - Sciage et carottage
- ❖ **Polissage plan pour l'optique**
 - Matériel
 - Choix de l'abrasif
- ❖ **Cristaux massifs**
- ❖ **Contrôle de surface**
 - Microscope inversé
 - Microscope interférométrique et confocal
 - Interféromètre de Fizeau
- ❖ **Adhérence moléculaire**

Cristaux adhérents



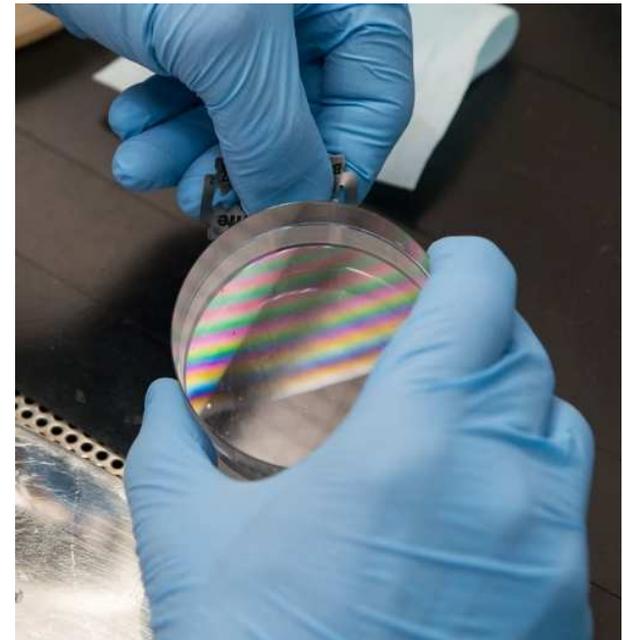
Merci de votre attention



Adhésion moléculaire



Sophie COUMAR
Opticienne de précision

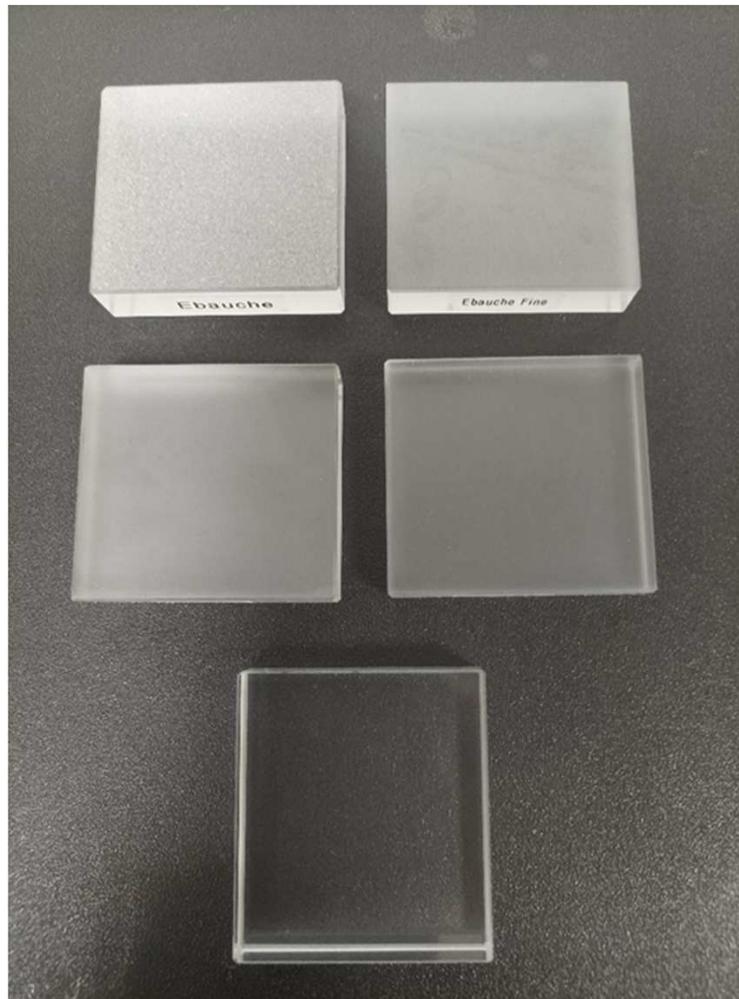




Plan

- Les critères pour réaliser l'adhésion
- Rugosité
- Les avantages
- Epreuve d'adhérence traction
- Epreuve d'adhérence cisaillement
- Résultats des épreuves

Rugosités



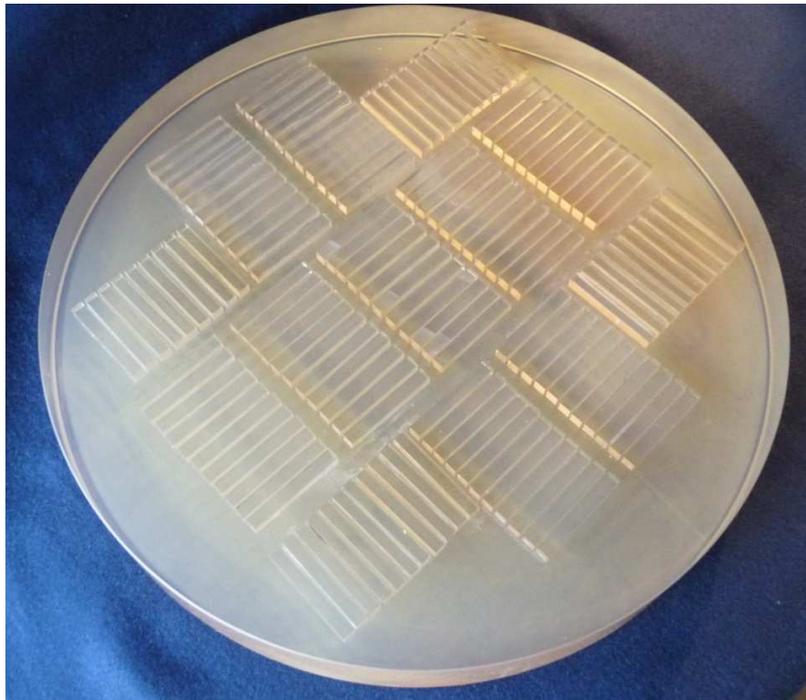
Différentes rugosités
en fonction des étapes

Adhésion moléculaire

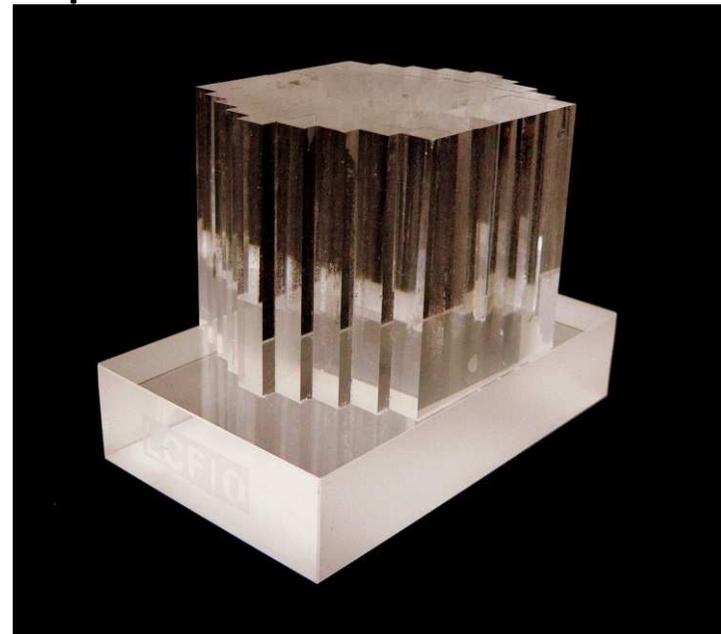
Pour faire de l'adhérence moléculaire entre deux surfaces polies, il faut :

1. Que les deux surfaces soient **complémentaires**.
2. Que la **rugosité du polissage** soit autour de 1 nm (max).
3. Et le plus important que le **polissage soit récent**.

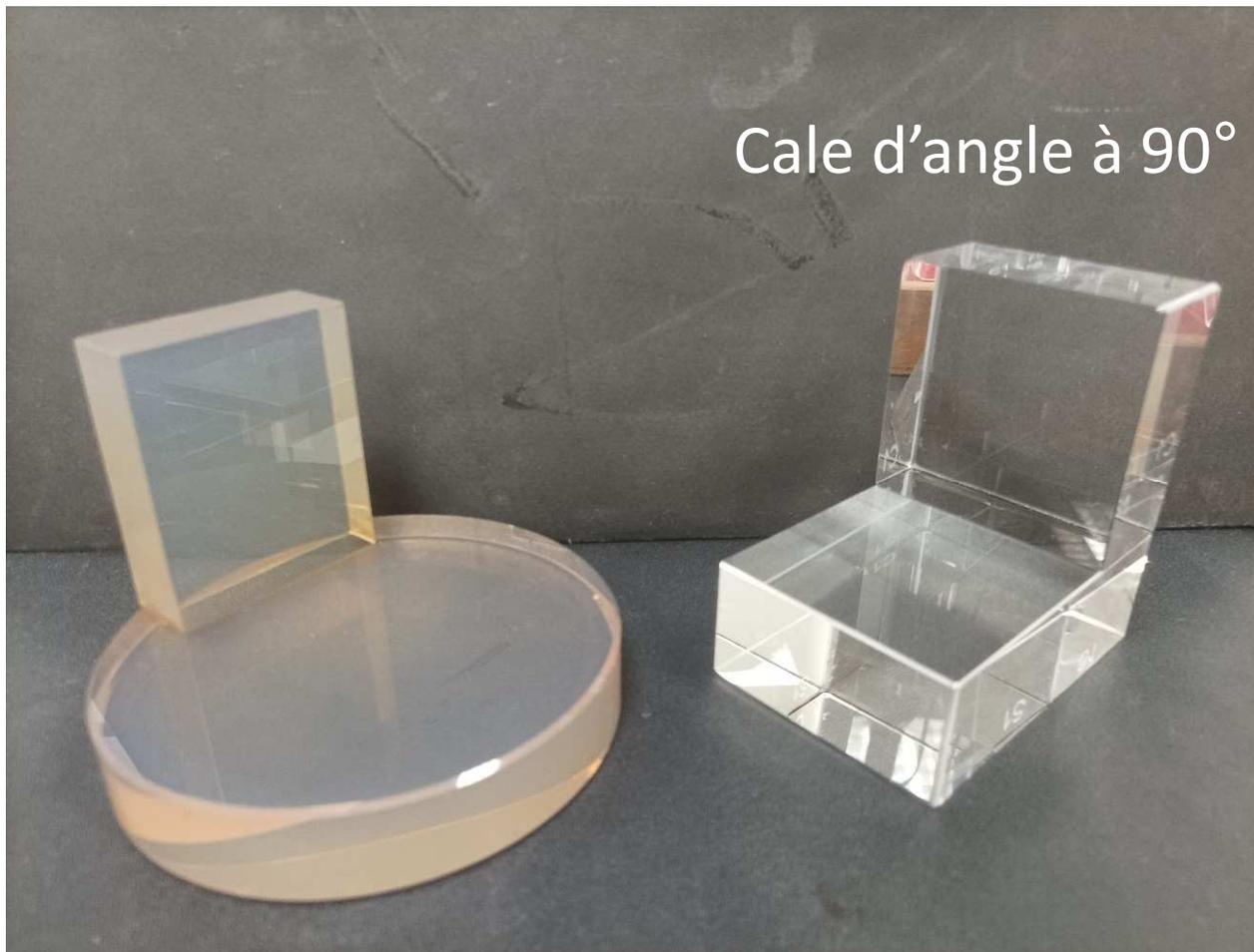
Avantage n°1 : maîtrise de la côte et de l'angle



Pour faire des composants identiques on fait des montages sans colle, pour que la surépaisseur de celle-ci ne fausse pas les résultats finaux .



Avantage n°1 : maîtrise de la côte et de l'angle

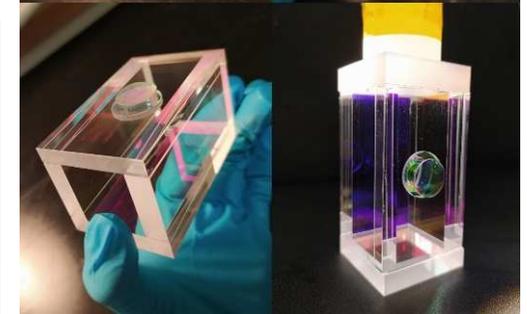
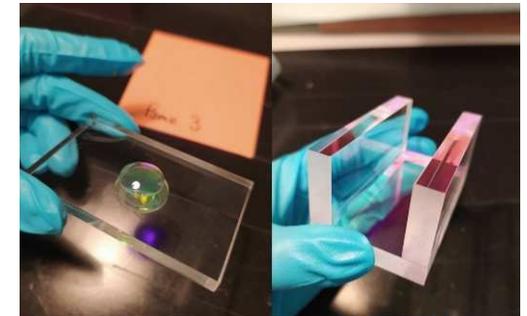


Avantage n°2 : maîtrise sous vide

Mini cellules monolithiques de 30x30 mm réalisées par adhérence moléculaire, pour l'analyse de vapeurs césium.

Dans chaque cellule il y a un prisme en contact avec deux fanges d'angle pour l'un et 4 fanges pour l'autre.

Avantage de l'adhérence, évite le dégazage.





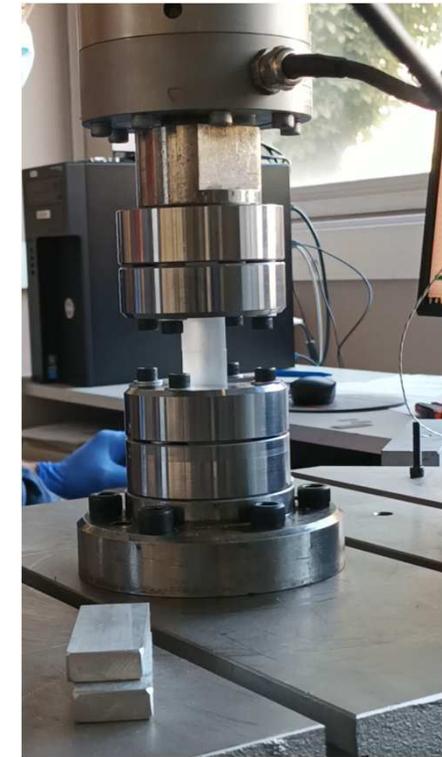
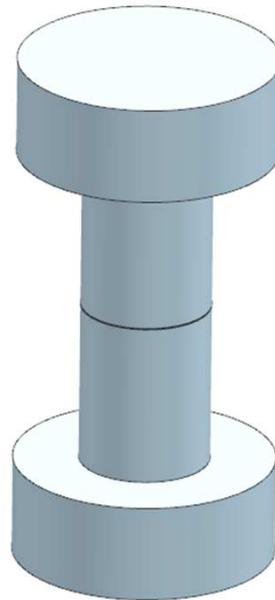
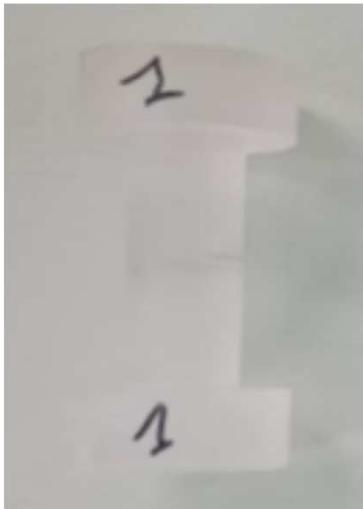
Avantage n°3 : maîtrise de l'indice

En adhérent deux pièces de même indice, on **exclue une interface** verre/colle, qui pourrait par exemple dévier un faisceau.

Eprouvette de traction

Hauteur : 80 mm

Diamètre adhéree : $\varnothing 20$ mm

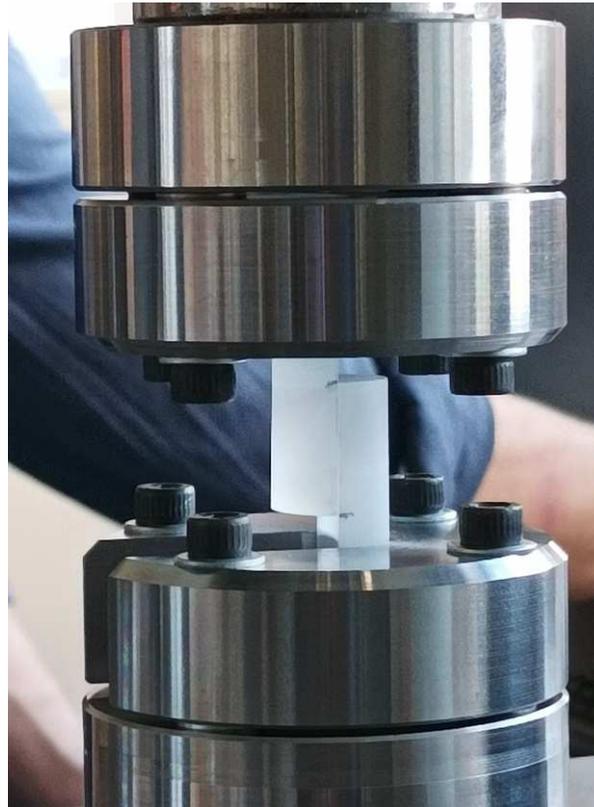
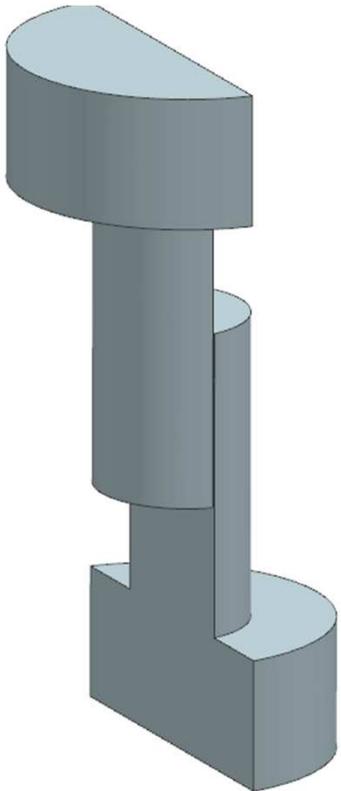


Force moyenne pour désadhérer : $0,24 \text{ N/mm}^2$ (+/- 0,02)

Eprouvette de cisaillement

Hauteur : 80 mm

Surface adhéree : 400 mm²



Phénomène de glissement

Force moyenne de glissement : 0,22 N/mm² (+/- 0,03)



Merci de votre attention