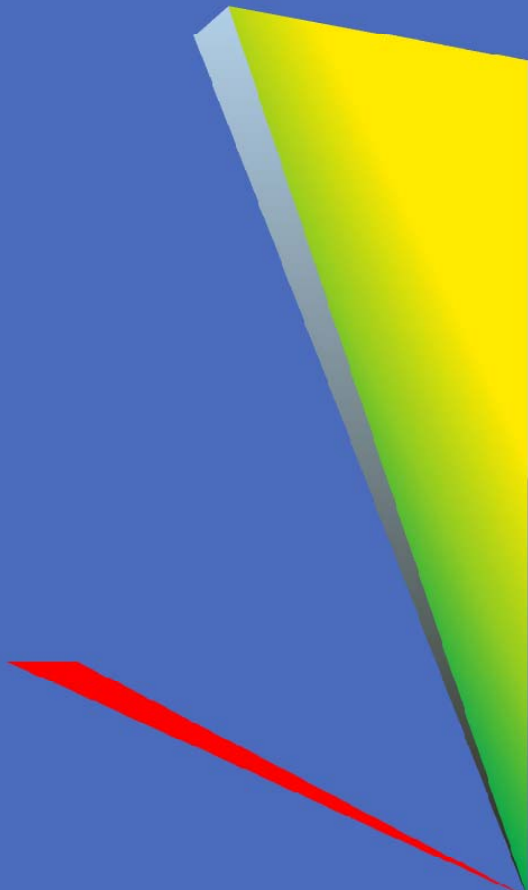


Institut Fresnel

UMR 6133

Équipe RCMO

*Recherche en matériaux, technologies et
composants de Couches Minces Optiques*

The logo features a stylized, three-dimensional geometric shape on a blue background. It consists of a yellow and green triangular prism-like structure and a red triangular structure, both pointing towards the bottom right.

Institut
FRESNEL
MARSEILLE

2006-2010



Moyens Humains

6 Permanents

2 CNRS + 4 ECM

*Pour les 4,5 ans considérés
pour l'évaluation*

8,6 ETPR

1 CDD Ingénieur IE

3 Doctorants

**Soit 1,9 ETPR / an
en moyenne**

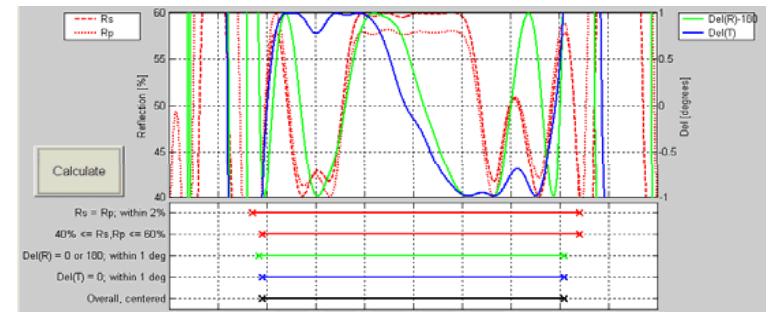
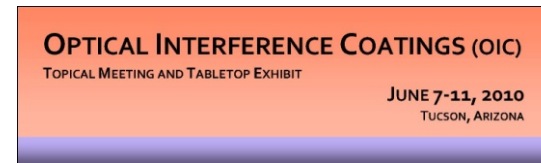
Thèmes de Recherche

- **Thème 1 : Design et Modélisation**
 - *Th1-1 : Design*
 - *Th1-2 : Modélisation*
- **Thème 2 : Technologies de réalisation**
 - *Th2-1 : Contrôle optique large bande*
 - *Th2-2 : Filtres linéairement variables*
 - *Th2-3 : Transfert*
- **Thème 3 : Nouveaux Concepts**
 - *Th3-1 : Light Trimming*
 - *Th3-2 : Nano structuration par laser femtoseconde*

Thème 1 : Design et Modélisation

- *Th1-1 : Design*
 - *Expertise de tout premier plan en conception de filtres optiques interférentiels*

OSA



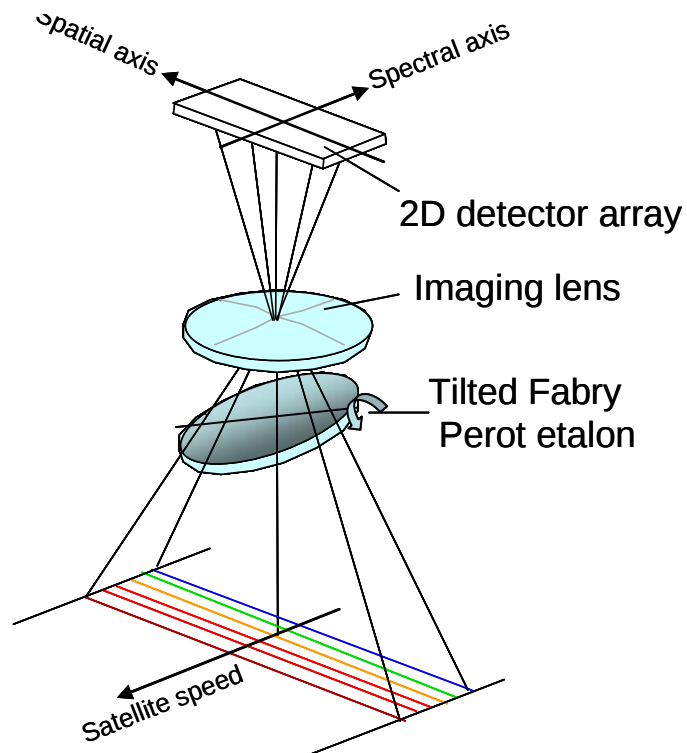
Rank	Author	Design	Width [nm]	Percent of #1 Width [%]
1	Fabien Lemarchand	LemarB3	61.706	100.0%
2	Michael Trubetskov	TrubeB1	58.686	95.1%
3	Vladimir Pervak	Per_B1	58.016	94.0%

Markus TILSCH **Fabien LEMARCHAND** Karen HENDRIX

(Design Problem OIC 2007 & 2010)

Thème 1 : Design et Modélisation

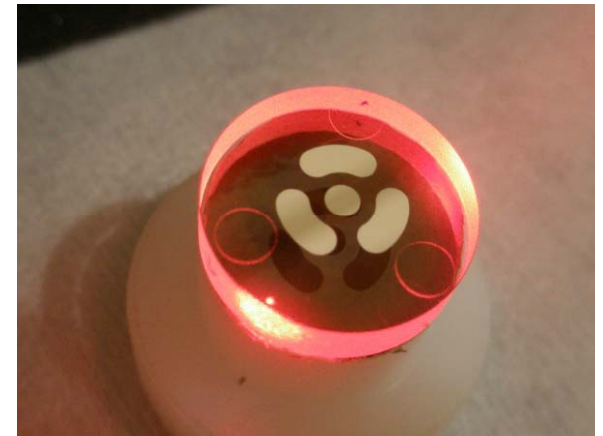
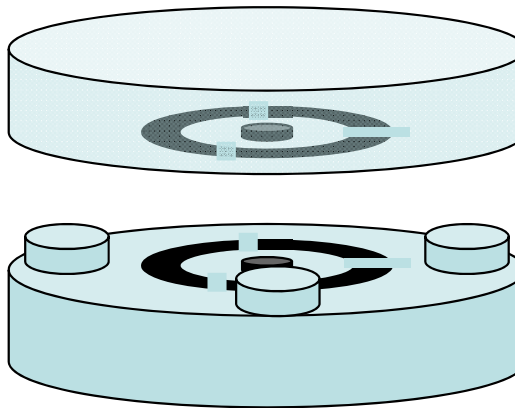
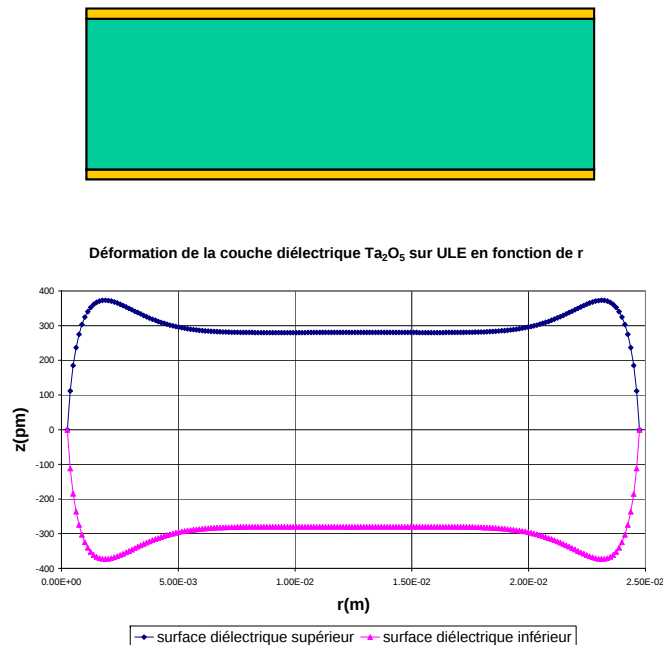
- *Th1-1 : Design*
 - *Pré-définition de fonctions de filtrage adaptées à des instruments en phase de conception*



Fluorescence IMAGING Spectrometer

Thème 1 : Design et Modélisation

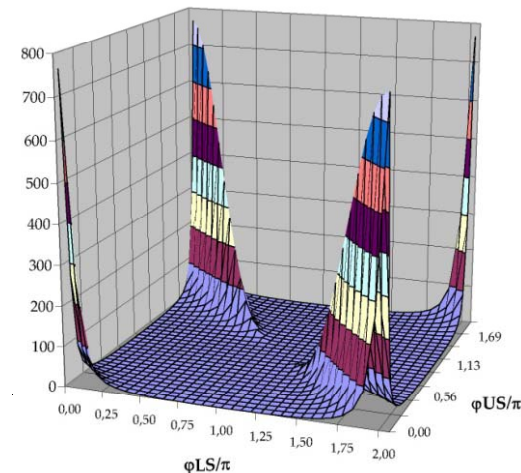
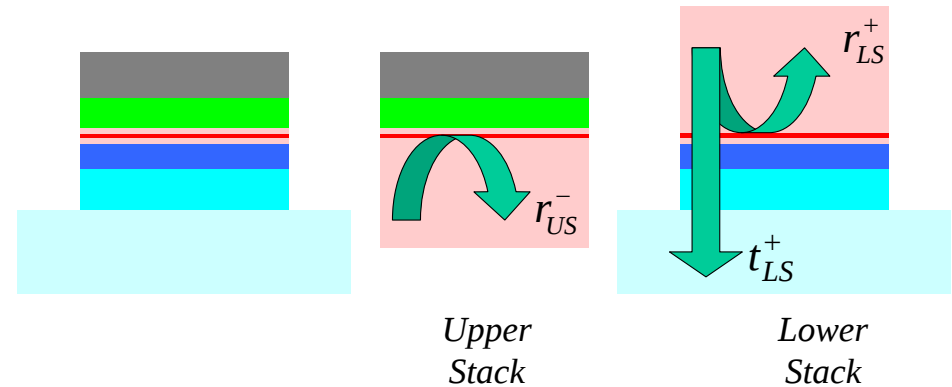
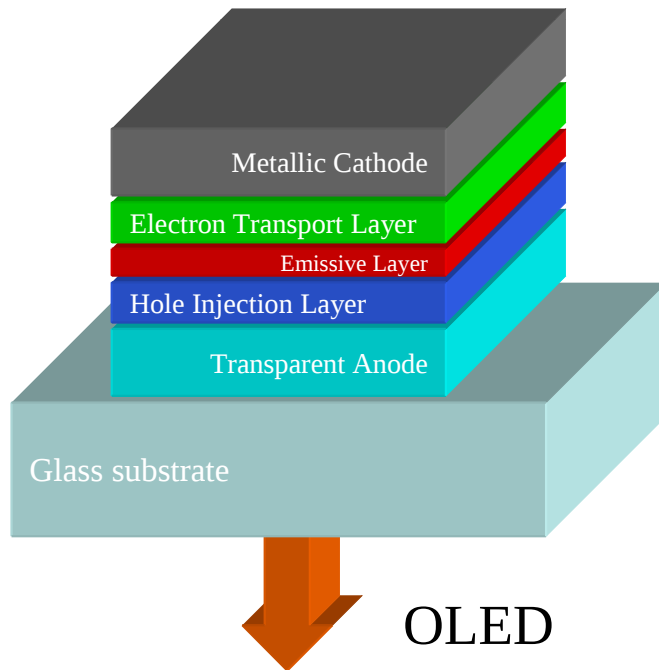
- *Th1-2 : Modélisation*
 - Comportement thermo-mécanique de lames de verre à surfaces partiellement traitées (revêtements métalliques ou diélectriques)



S. Michel, F. Lemarquis, and M. Lequime, "Determination of thermal and elastic coefficients of optical thin-film materials," in *Advances in Optical Thin Films III*, N. Kaiser, M. Lequime, H. A. Macleod, eds., Proc. SPIE **7101**, 71010S (2008)

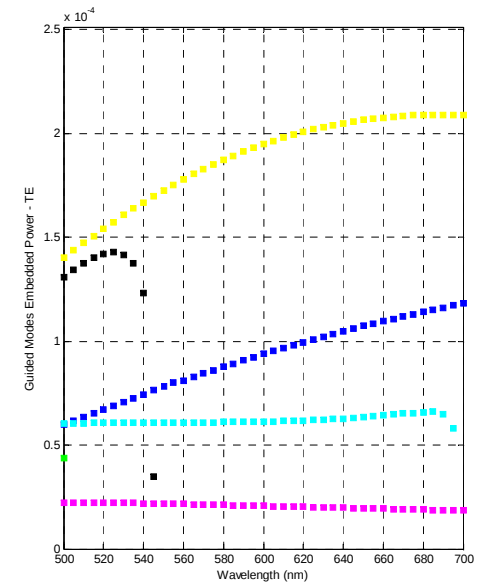
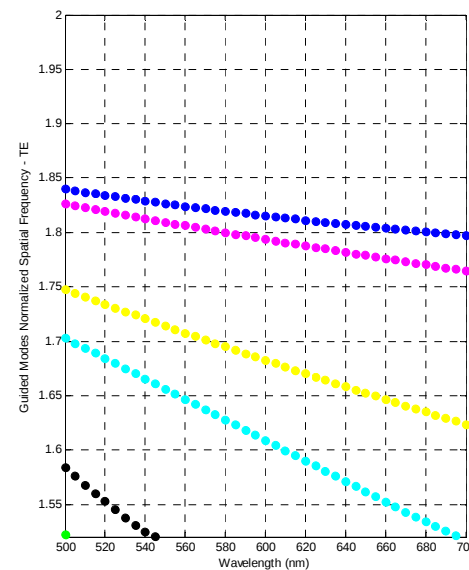
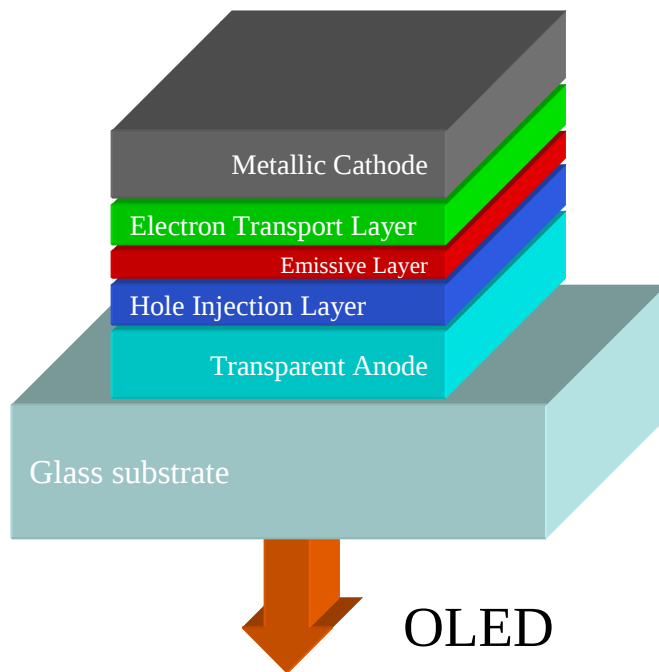
Thème 1 : Design et Modélisation

- *Th1-2 : Modélisation*
 - *Propriétés spectrales de micro-cavités planaires multicouches*



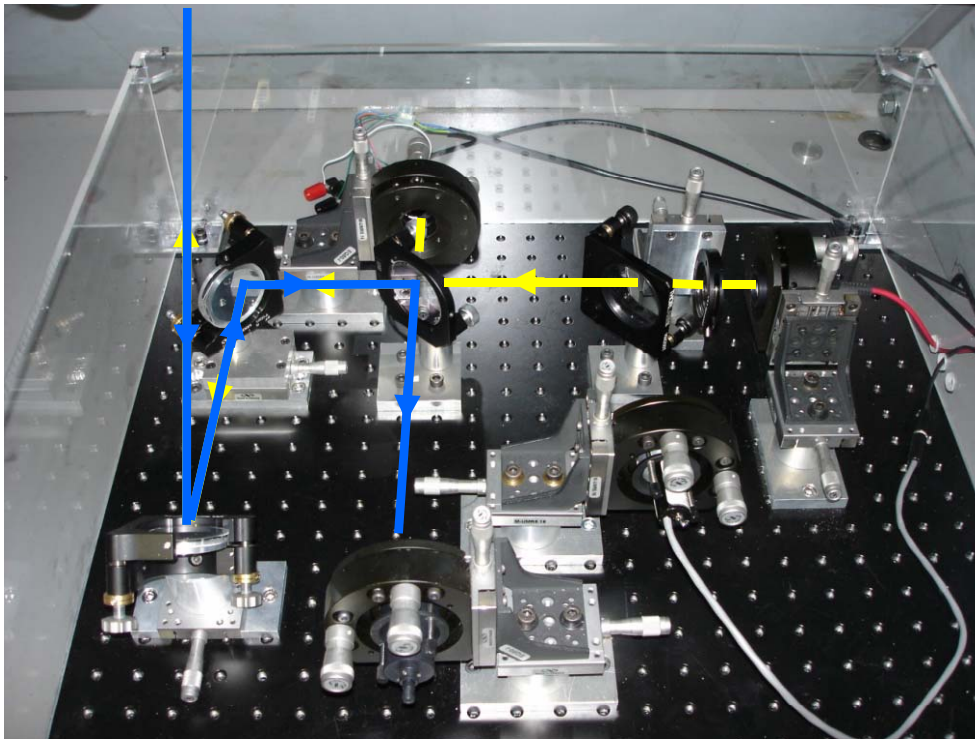
Thème 1 : Design et Modélisation

- *Th1-2 : Modélisation*
 - *Propriétés spectrales de micro-cavités planaires multicouches*



Thème 2 : Technologies de réalisation

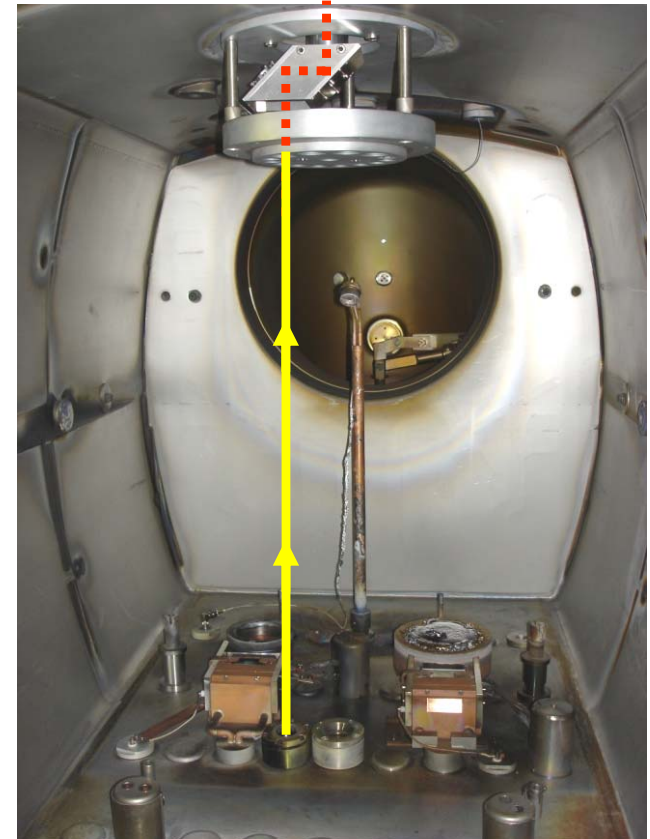
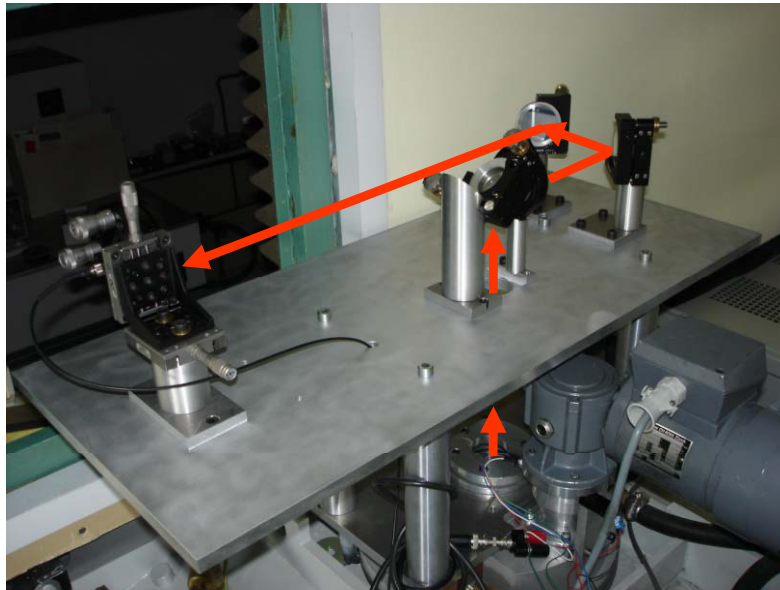
- *Th2-1 : Contrôle optique large bande*
 - Contrôle R & T de filtres interférentiels en cours de dépôt



B. Badoil, F. Lemarchand, M. Cathelinaud and M. Lequime, "Interest of broadband optical monitoring for thin film filter manufacturing," *Appl. Opt.* **46**, 4294-4303 (2007)

Thème 2 : Technologies de réalisation

- *Th2-1 : Contrôle optique large bande*
 - Contrôle R & T de filtres interférentiels en cours de dépôt



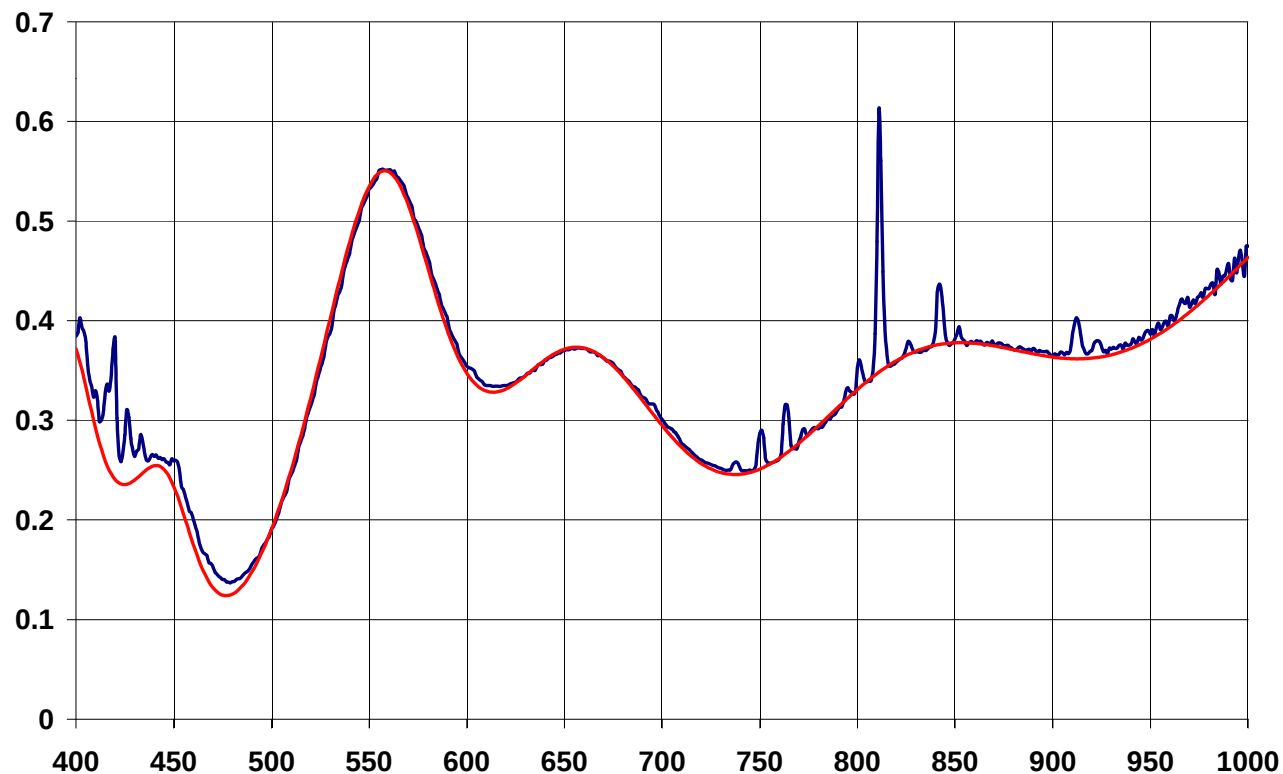
Thème 2 : Technologies de réalisation

- *Th2-1 : Contrôle optique large bande*
 - *Contrôle R & T de filtres interférentiels en cours de dépôt*

	Épaisseur (nm)	Matériau
Couche 1	179.6	HfO ₂
Couche 2	259.6	SiO ₂
Couche 3	58.5	HfO ₂
Couche 4	253.6	SiO ₂
Couche 5	77.8	HfO ₂
Couche 6	19.9	SiO ₂
Couche 7	11.7	Hf
Couche 8	145.0	HfO ₂

Thème 2 : Technologies de réalisation

- *Th2-1 : Contrôle optique large bande*
 - *Contrôle R & T de filtres interférentiels en cours de dépôt*



$e_7 = 11.7$ nm

$e_7 = 11.3$ nm

Thème 2 : Technologies de réalisation

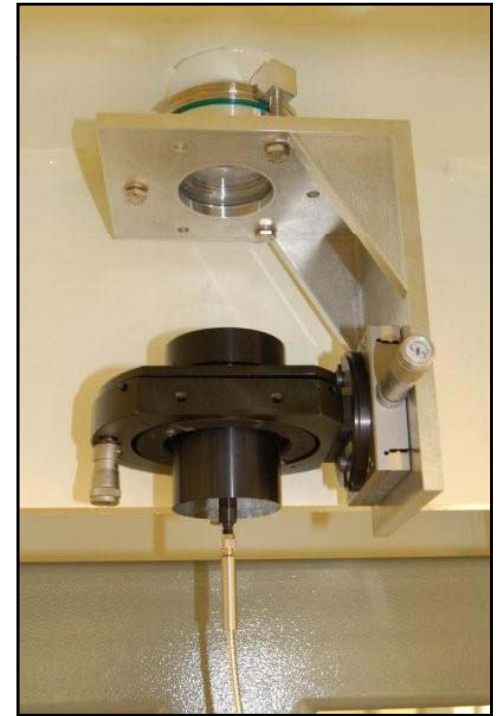
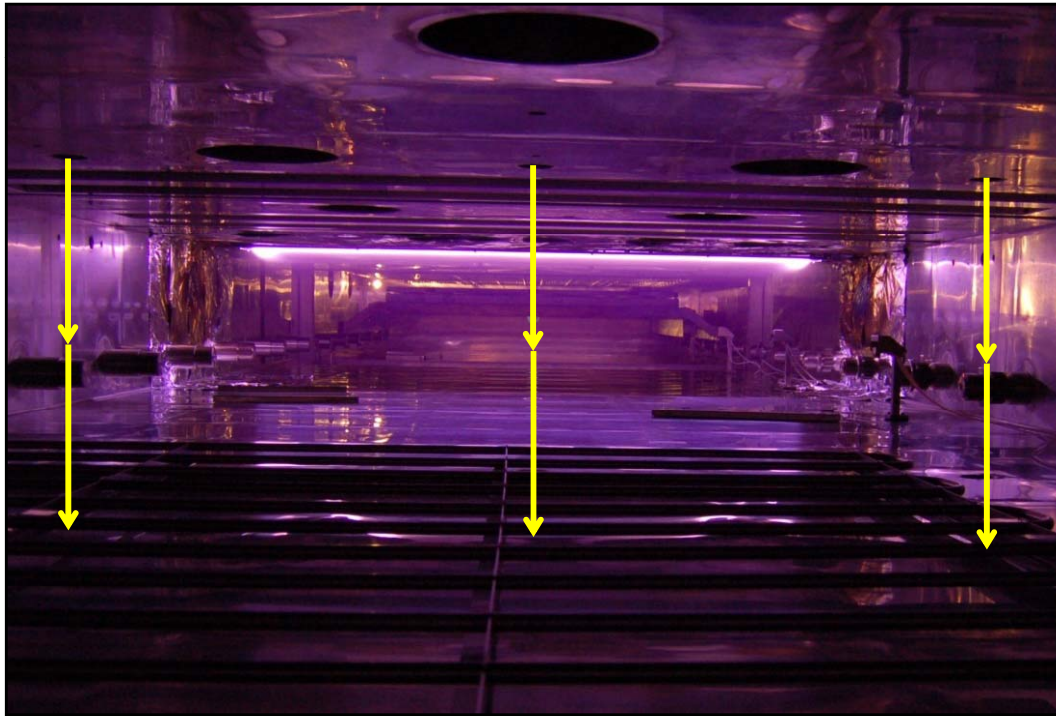
- *Th2-1 : Contrôle optique large bande*
 - *Système de contrôle UV-VIS-NIR machine PACA2M*



G. Chauveau, D. Torricini, G. Borsoni, C. Grèzes-Besset, D. Stojcevski, and M. Lequime, "Magnetron Sputtering Deposition Machine for 2-Meter Optics," in *Optical Interference Coatings*, OSA Technical Digest (OSA, 2010), paper MB6.

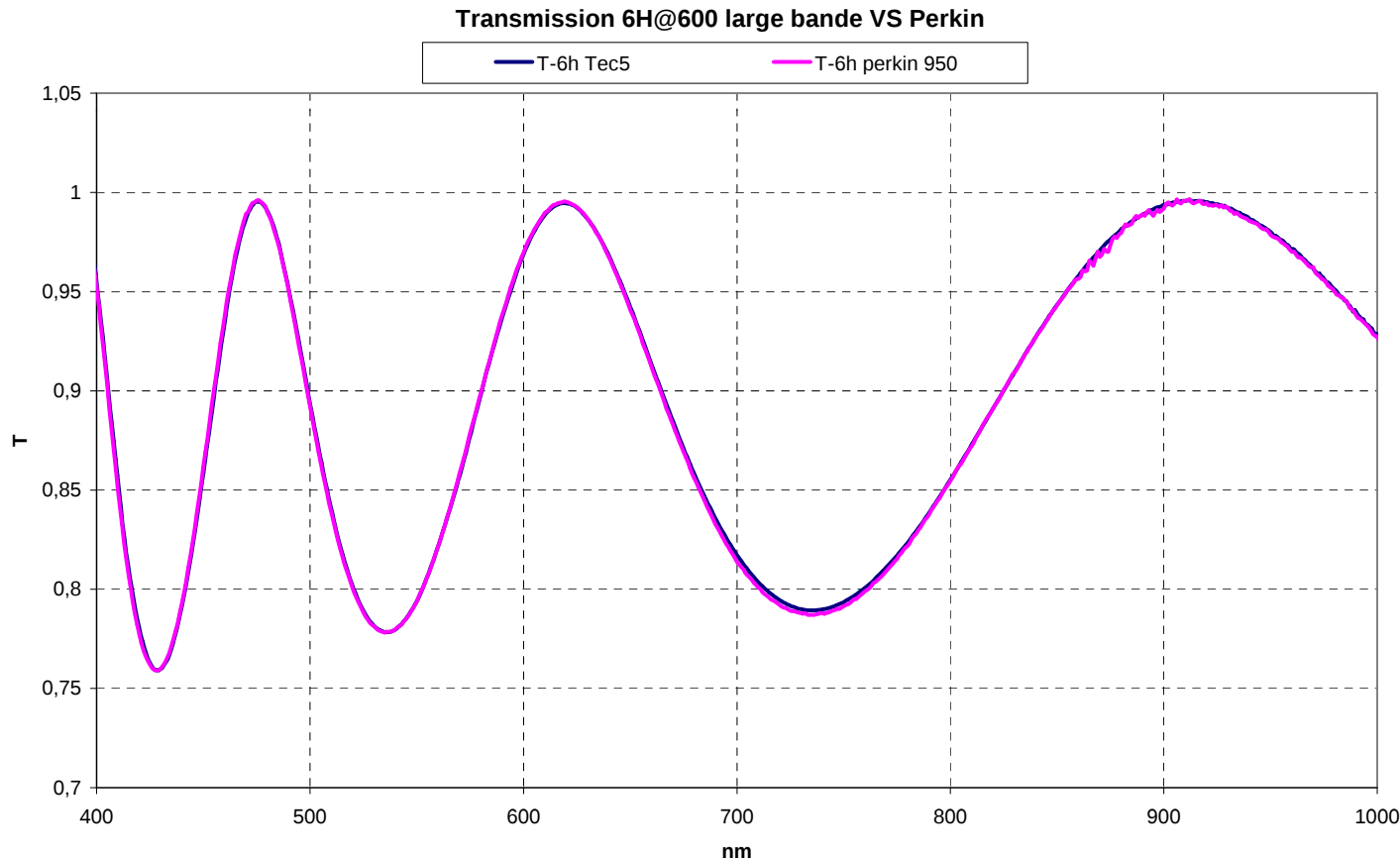
Thème 2 : Technologies de réalisation

- *Th2-1 : Contrôle optique large bande*
 - *Système de contrôle UV-VIS-NIR machine PACA2M*



Thème 2 : Technologies de réalisation

- *Th2-1 : Contrôle optique large bande*
 - *Système de contrôle UV-VIS-NIR machine PACA2M*

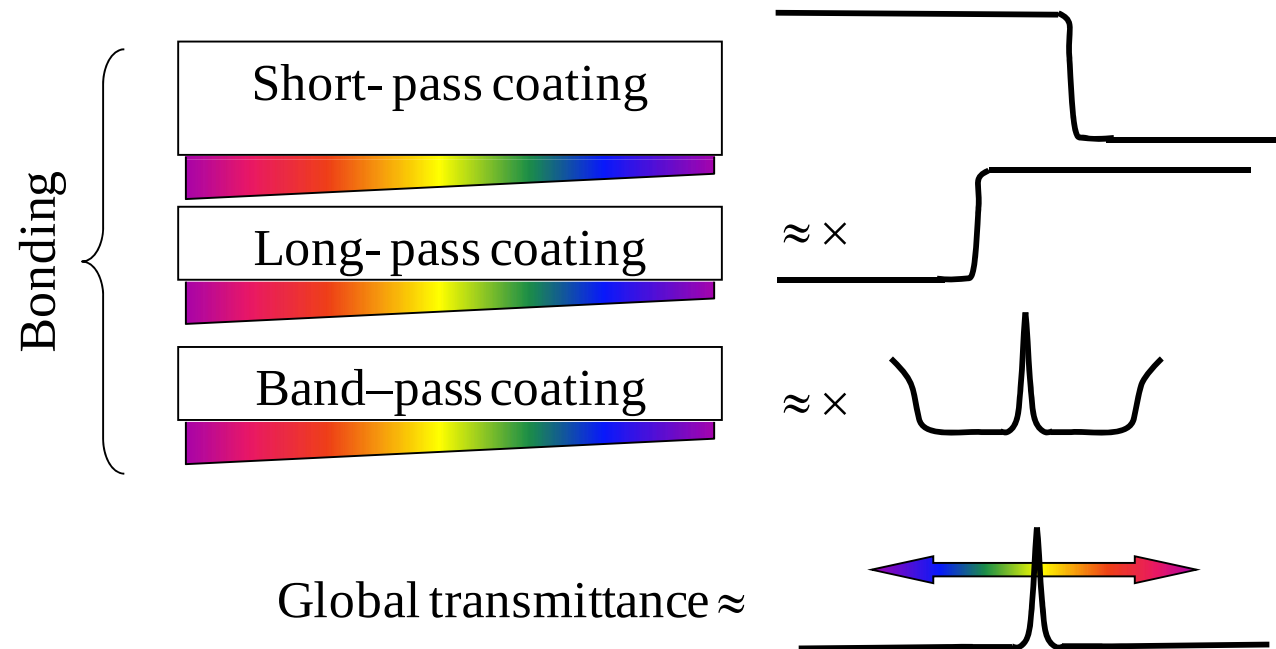


G. Chauveau, D. Torricini, G. Borsoni, C. Grèzes-Besset, D. Stojcevski, and M. Lequime, "Magnetron Sputtering Deposition Machine for 2-Meter Optics," in *Optical Interference Coatings*, OSA Technical Digest (OSA, 2010), paper MB6.

Thème 2 : Technologies de réalisation

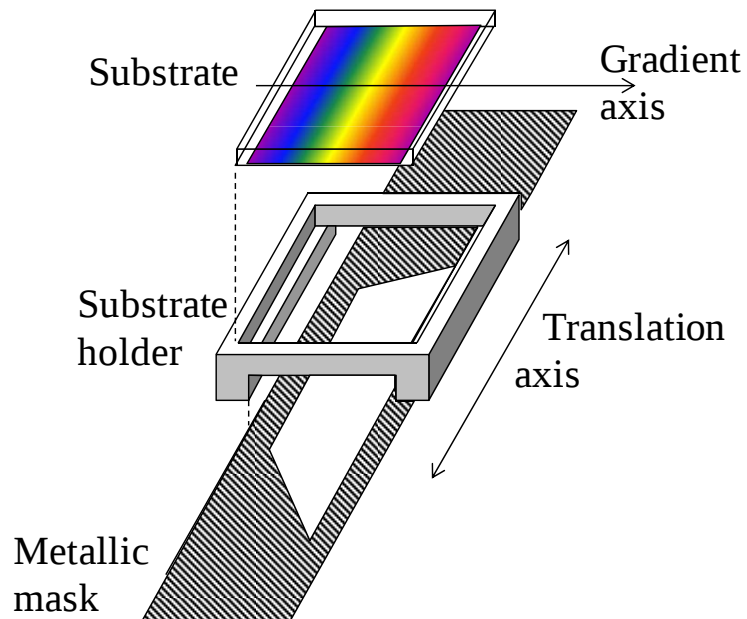
- *Th2-2 : Filtrés linéairement variables*

- Filtre passe-bande (FWHM 15 nm ; Réjection 0,5% ; 400-1000 nm)
- Environ 240 couches (BP 40 ; SP 106 ; LP 97)



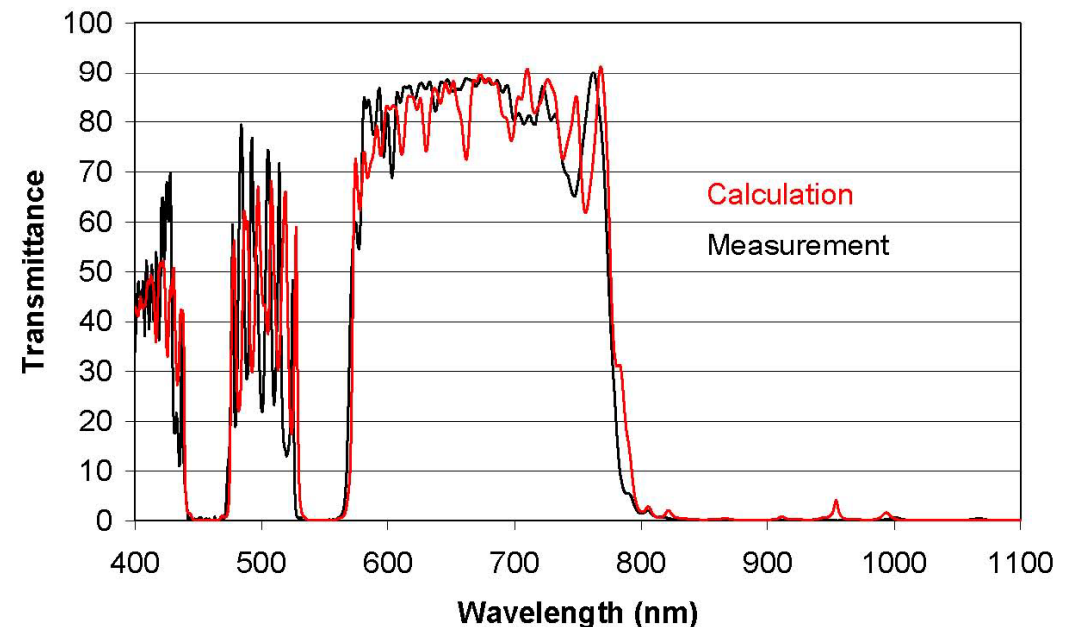
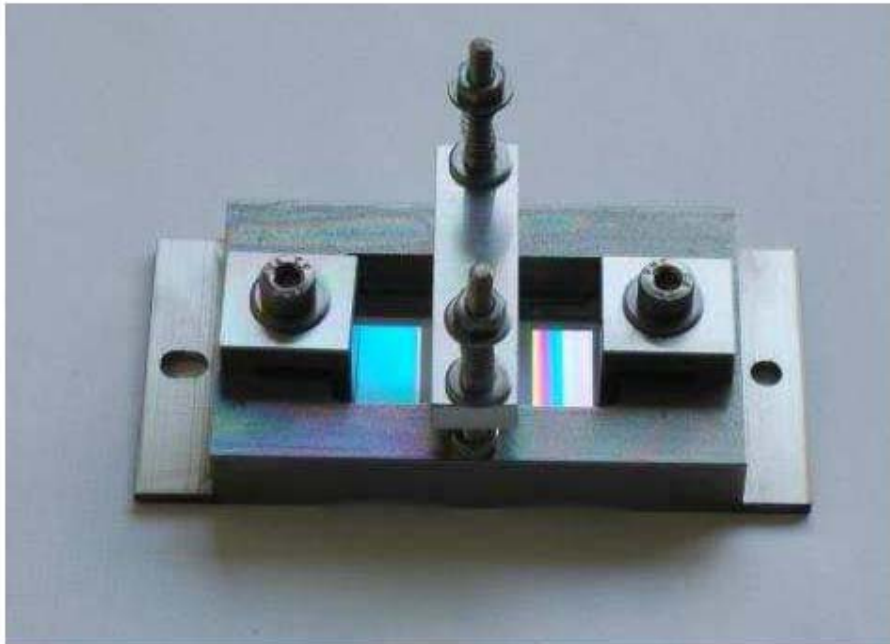
Thème 2 : Technologies de réalisation

- *Th2-2 : Filtres linéairement variables*
 - Filtre passe-bande (FWHM 15 nm ; Réjection 0,5% ; 400-1000 nm)
 - Environ 240 couches (BP 40 ; SP 106 ; LP 97)



Thème 2 : Technologies de réalisation

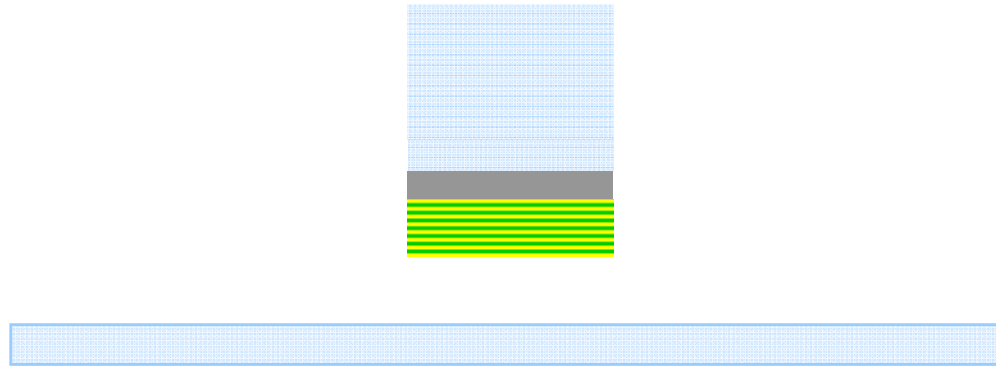
- *Th2-2 : Filtres linéairement variables*
 - Filtre passe-bande (FWHM 15 nm ; Réjection 0,5% ; 400-1000 nm)
 - Environ 240 couches (BP 40 ; SP 106 ; LP 97)



F. Lemarquis, L. Abel-Tiberini, C. Koc, M. Lequime, "400-1000 nm all-dielectric linear variable filters for ultra compact spectrometers," International Conference on Space Optics, Rhodes (2010)

Thème 2 : Technologies de réalisation

- *Th2-3 : Transfert de filtres interférentiels*

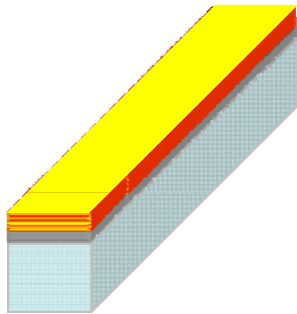


- ① *Dépôt d'une couche sacrificielle sur un substrat donneur*
- ② *Dépôt du filtre interférentiel multicouches*
- ③ *“Collage” du filtre sur le substrat accepteur*
- ④ *Dissolution de la couche sacrificielle*

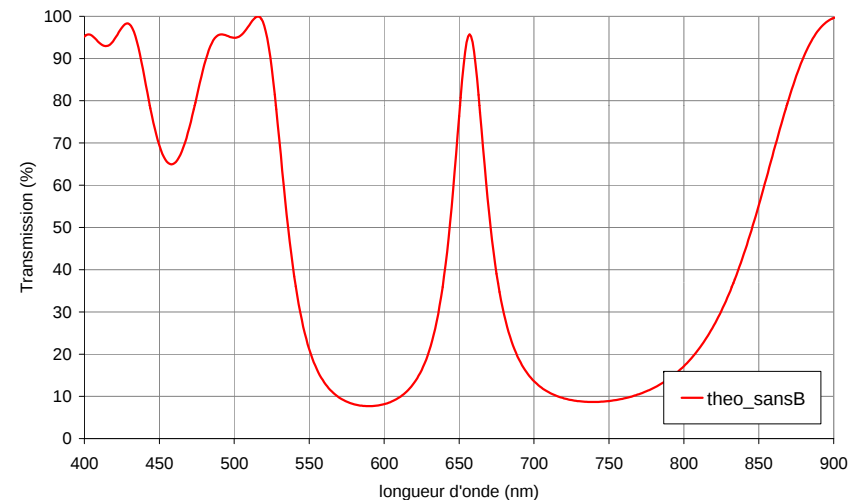
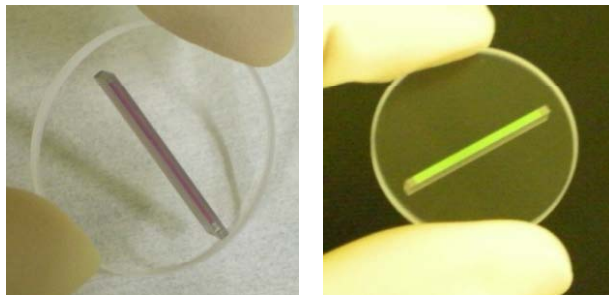
Thème 2 : Technologies de réalisation

- *Th2-3 : Transfert de filtres interférentiels*

Étape de dépôt



Étape de collage



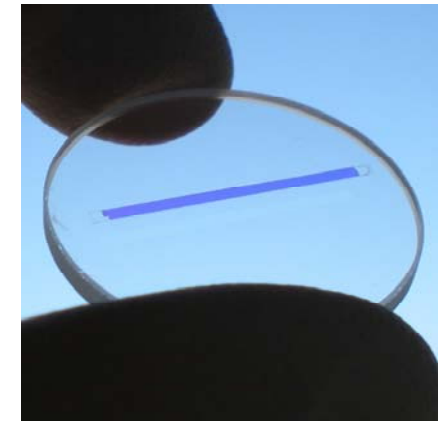
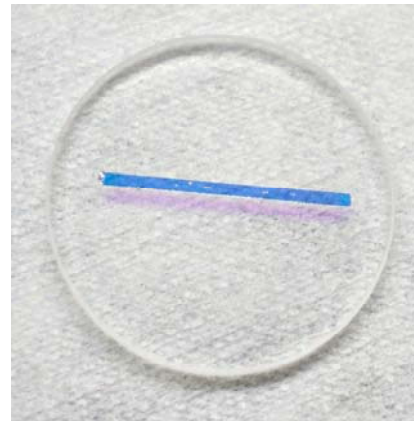
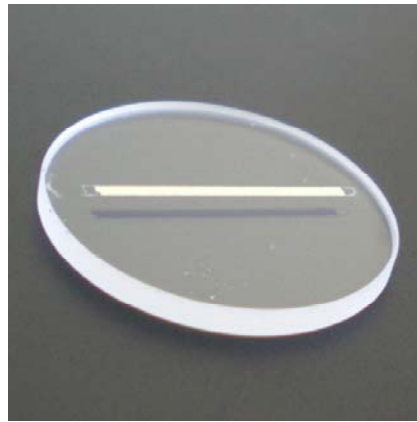
Adhérence moléculaire renforcée
“Silicate bonding”

Thème 2 : Technologies de réalisation

- Th2-3 : Transfert de filtres interférentiels

Etape de séparation

Dissolution de la couche sacrificielle



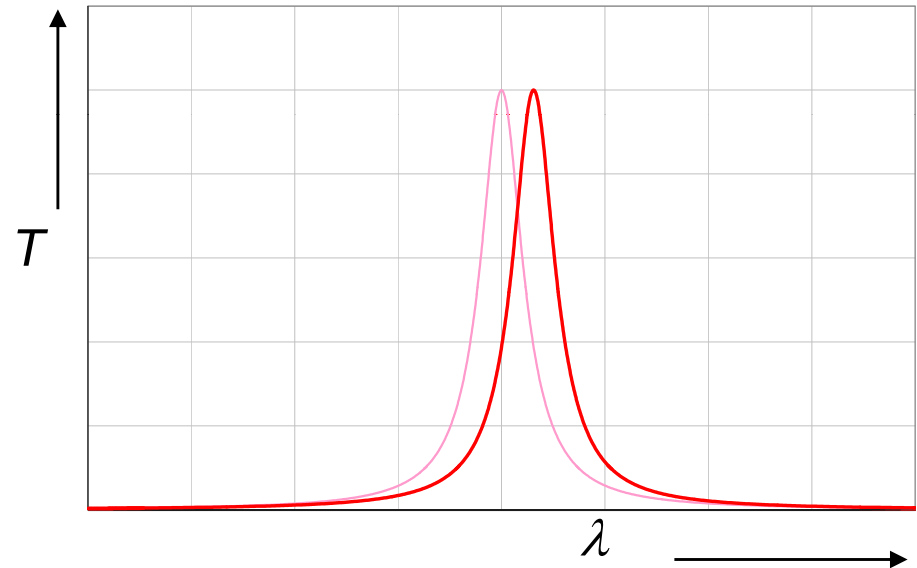
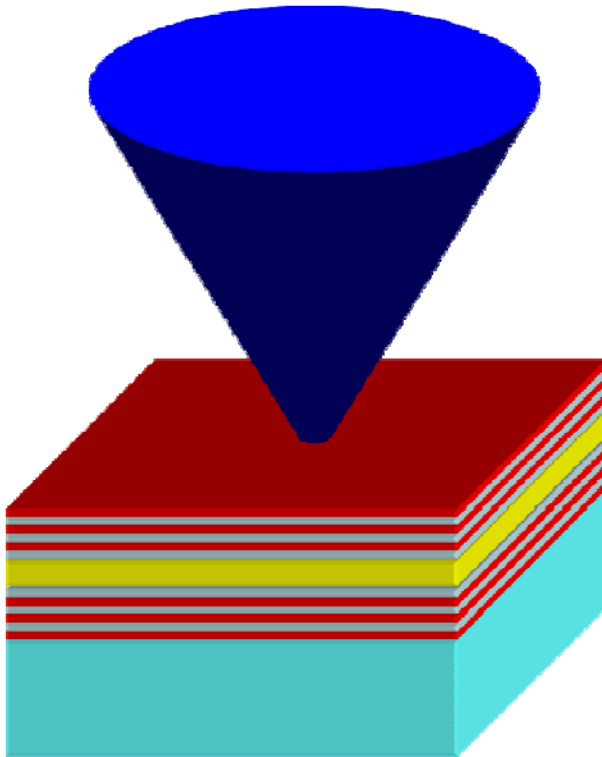
Observation au microscope Nomarski



Thème 3 : Nouveaux concepts

- Th3-1 : Light Trimming

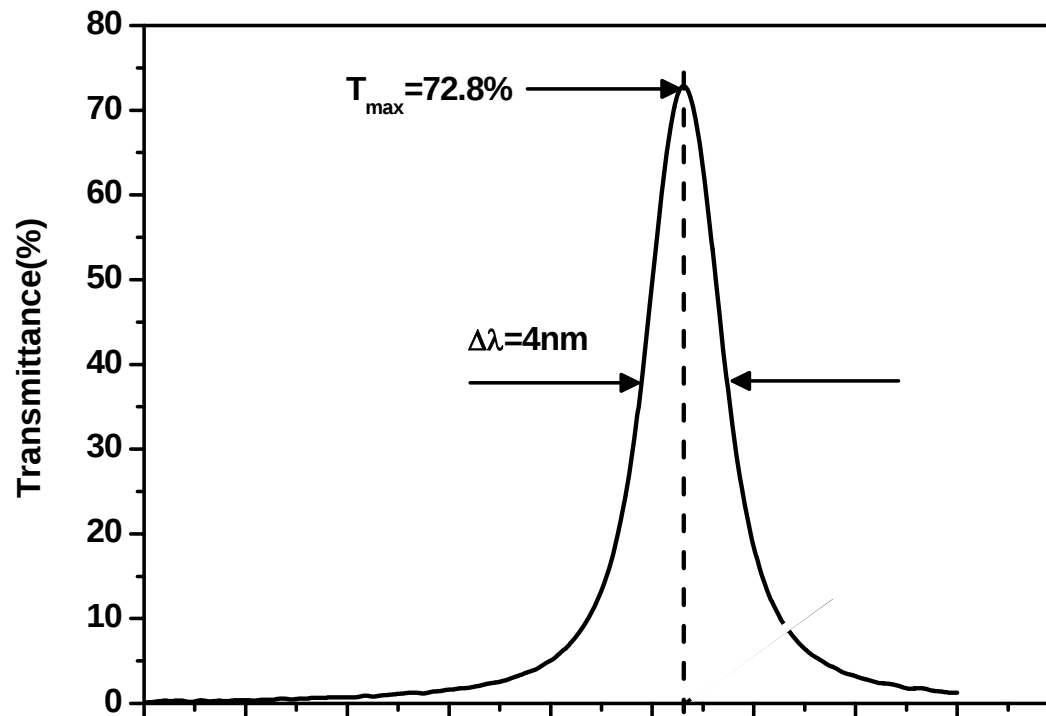
$$2en_{sp} = m\lambda_0$$



$$\frac{\Delta\lambda}{\lambda_0} = \kappa \frac{\Delta n_{sp}}{n_{sp}}$$

Thème 3 : Nouveaux concepts

- *Th3-1 : Light Trimming*



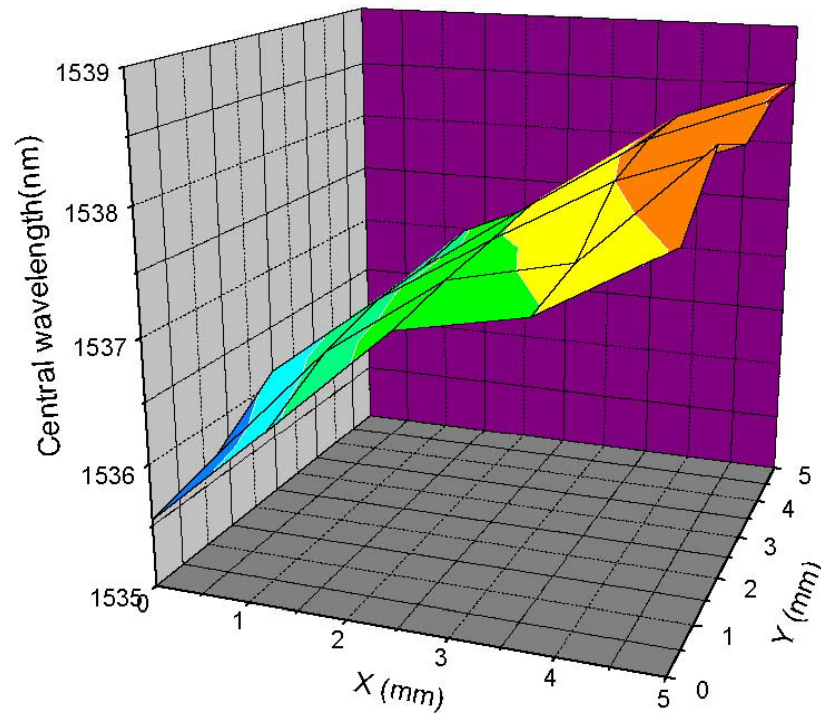
FP simple cavité
(HL)⁴ 6P (LH)⁴

- ZnS ($n_H = 2,25$)
- Cryolite ($n_L = 1,3$)
- $\text{Ge}_{15}\text{Sb}_{20}\text{S}_{65}$ ($n_P = 2,4$)
- Substrat silice

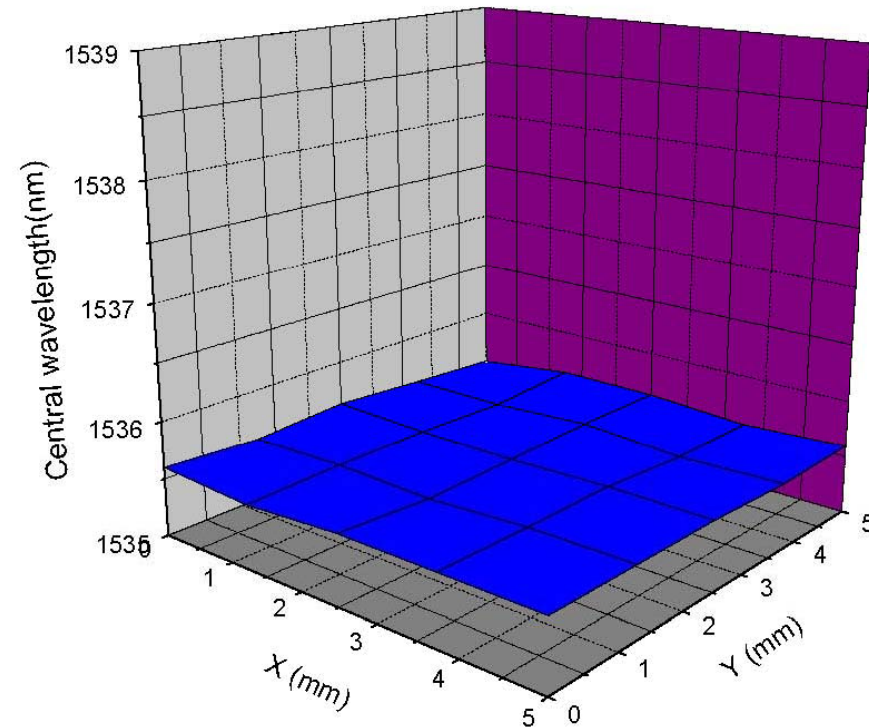
Dépôt EBD

Thème 3 : Nouveaux concepts

- Th3-1 : Light Trimming



3 nm



0,05 nm

Thème 3 : Nouveaux concepts

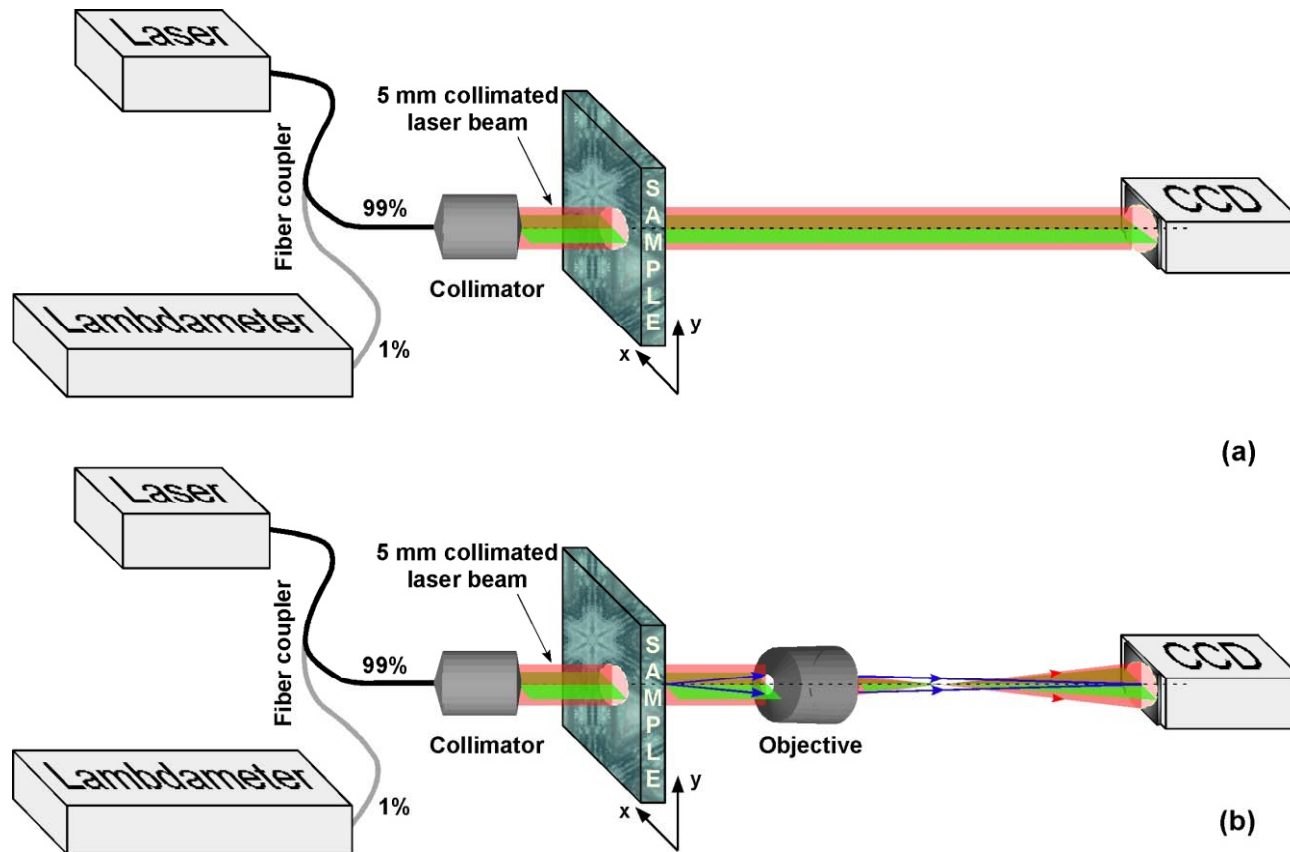
- *Th3-1 : Nano structuration par laser femtoseconde*
 - ANR Blanc 2006 – FESTIC
 - **F**Emto**S**econd laser **T**rimming of optical **I**nterference **C**oatings



- Développement d'un banc de mesure des variations locales d'indice
- Qualification sur filtres tests (implantation ionique)
- Caractérisation filtres photo-inscrits par laser femtoseconde

Thème 3 : Nouveaux concepts

- *Th3-1 : Nano structuration par laser femtoseconde*

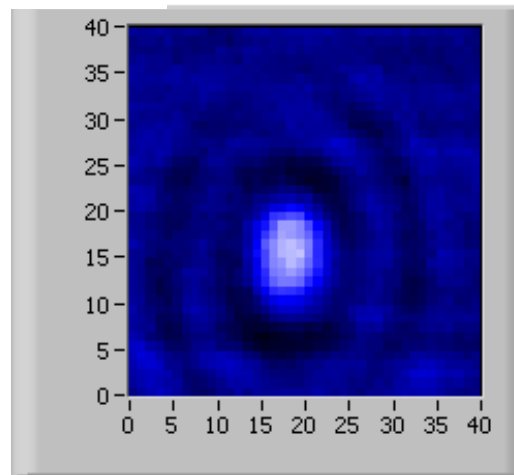
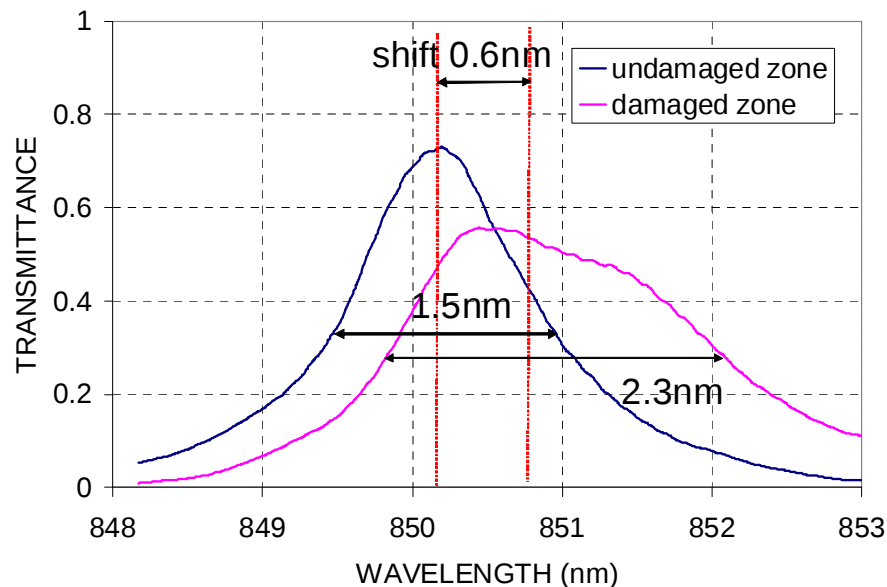


Thème 3 : Nouveaux concepts

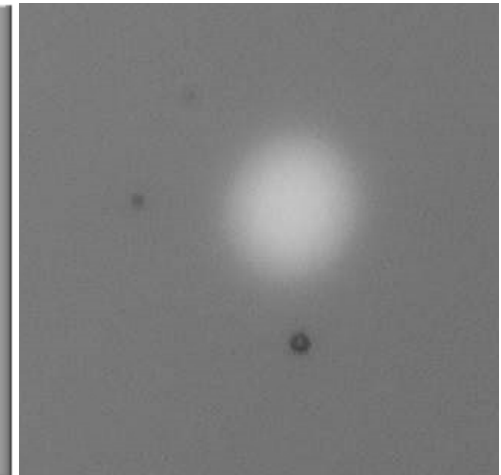
- *Th3-1 : Nano structuration par laser femtoseconde*

Photo-inscription par laser femtoseconde

- **Cavité Fabry-Perot M13 / 2B / M13** (H : Ta₂O₅ – B : SiO₂)
- réalisée à la fluence seuil du matériau (1030 nm, 520 fs, Ø 37 µm)



(a)



(b)

Production Scientifique

1,9 ETPR / an
en moyenne

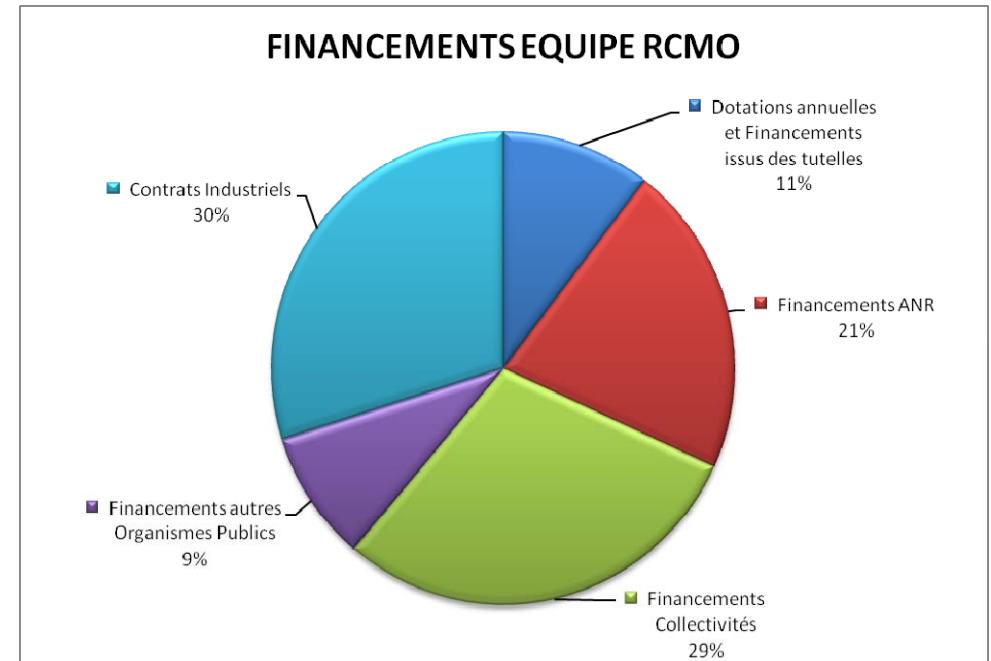
- **ACL** (Articles dans revues internationales ou nationales avec comité de lecture) 32
- **ASCL** (Articles dans revues internationales ou nationales sans comité de lecture) 1
- **INV** (Conférences données à l'invitation du Comité d'organisation) 7
- **ACTI** (Communications avec actes dans congrès international) 9
- **COM** (Communications orales sans actes dans congrès international ou national) 34
- **B** (Brevets, Licences, Logiciels) 1

3,7 ACL / an
par ETPR

~ 10 publications / an
par ETPR

Financements reçus

Dotations Annuelles et Financements issus des Tutelles	72 560 €
Financements ANR	147 826 €
Programmes et Financements Européens	-
Financements Collectivités	203 608 €
Financements Autres Organismes Publics	62 101 €
Contrats Industriels	207 043 €
Autres Financements	-
TOTAL	693 138 €



Rayonnement - Collaborations

- Collaborations nationales

Verres et Céramiques **Rennes** – LP3 **Marseille** – LAM **Marseille**
CILAS, CNES, ASTRIUM



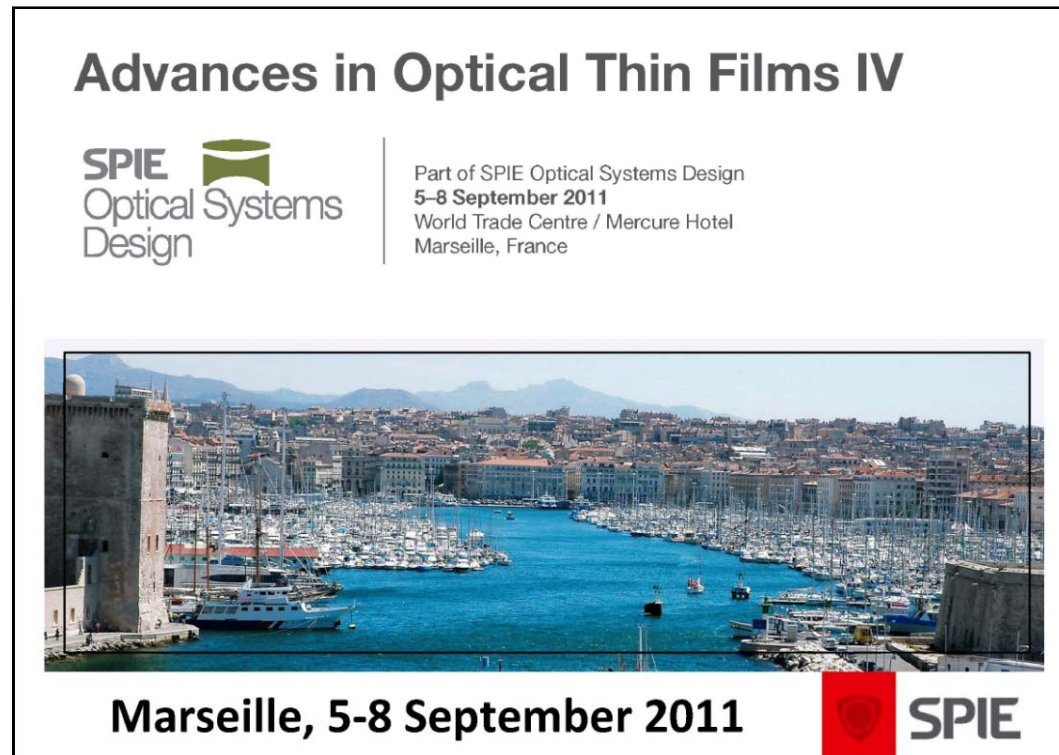
- Collaborations internationales

LARFIS **Montréal** – Optical Engineering Dept **Hangzhou**
ENEA Optical Coatings Group **Rome** – IGR **Glasgow**
Photoinduced Processing Lab, CREOL, UCF **Orlando**

Rayonnement - Collaborations

- Conférences

Advances in Optical Thin Films (Glasgow 2008, [Marseille 2011](#))



*Journées Thématiques et Mini-colloque Couches Minces Optiques
(Marseille 2006, Marseille 2008, Lille 2009, [Palaiseau 2011](#))*

Rayonnement - Collaborations

- Prix et Distinctions

*Fabien Lemarchand - Lauréat du Design Problem - Conférence
OSA Optical Interference Coatings - Tucson - 2007 & 2010*

- Membres de comités éditoriaux

Revue Photoniques (Michel Lequime)

- Activités d'intérêt collectif

Michel Lequime, Président CS Pôle OPTITEC (2006-2008)

Michel Lequime, Secrétaire de la SFO (2009-)

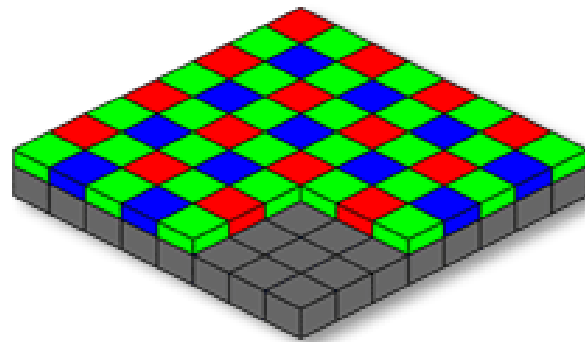
Michel Lequime, Membre CS Pôle ORA (2006-)

Thèses & Devenir Doctorants

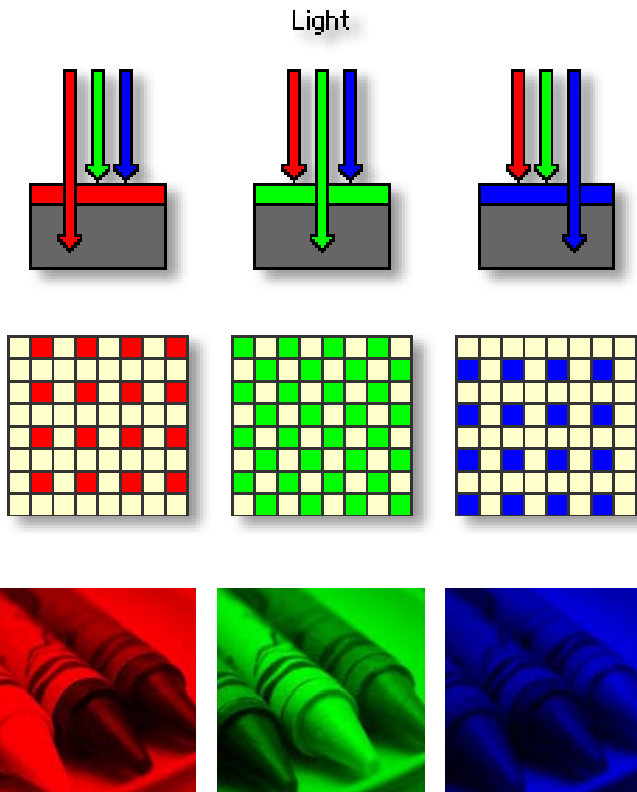
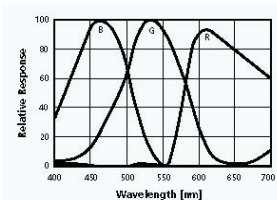
- Thèses en cours : 3
- Thèses soutenues entre 2006 et 2010 : 5
- Insertion professionnelle des doctorants
 - 2 Chercheurs (*Canada NRC, Tongji University*)
 - 3 Ingénieurs embauchés dans l'industrie (*Sodern, Thalès Angénieux, Bertin Technologies*)

PROJET RCMO

- **Thématiques de recherche 2010-2014**
 - *Structuration spatiale à haute densité de fonctions de filtrage par procédés lift-off ou lift-up*

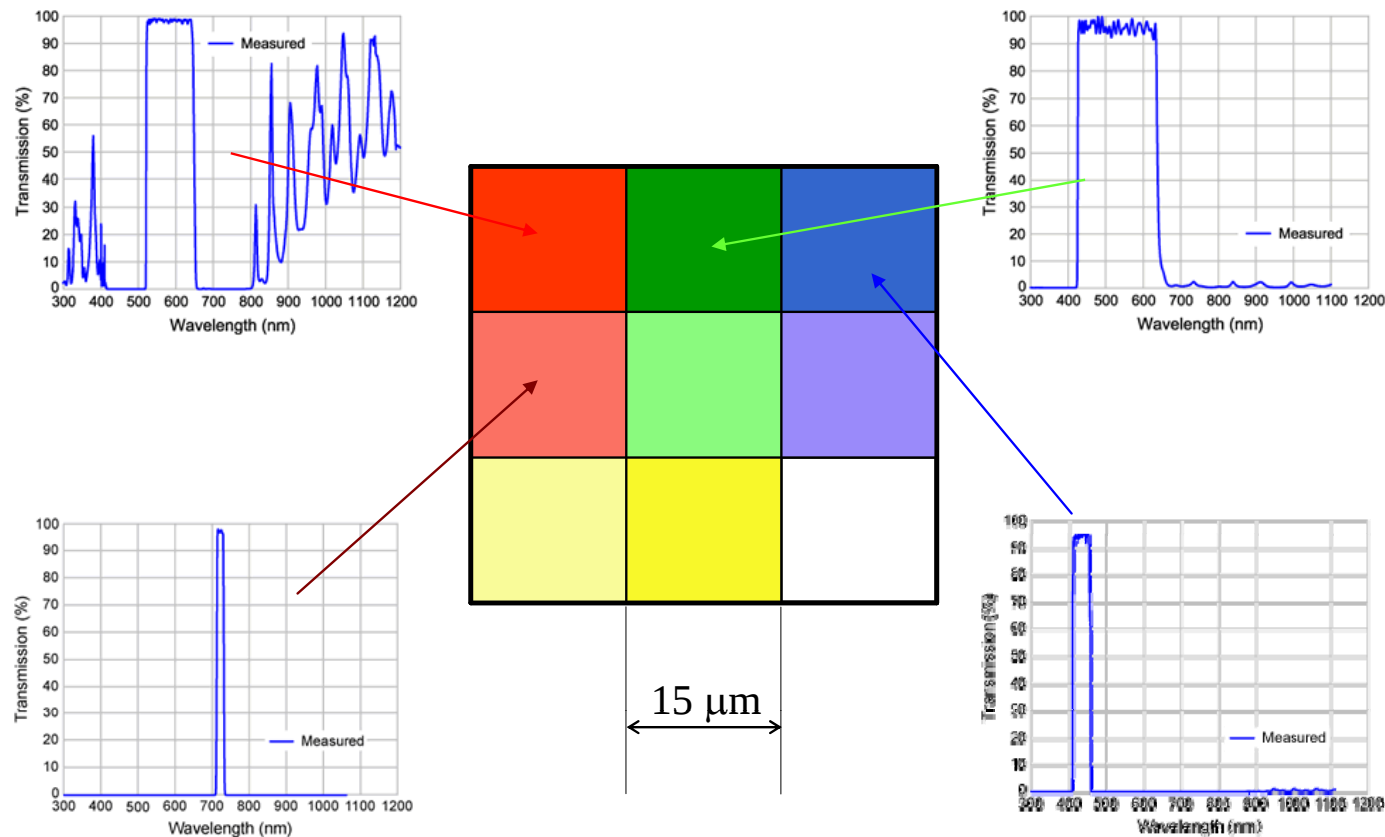


Color Filter Array Sensor



PROJET RCMO

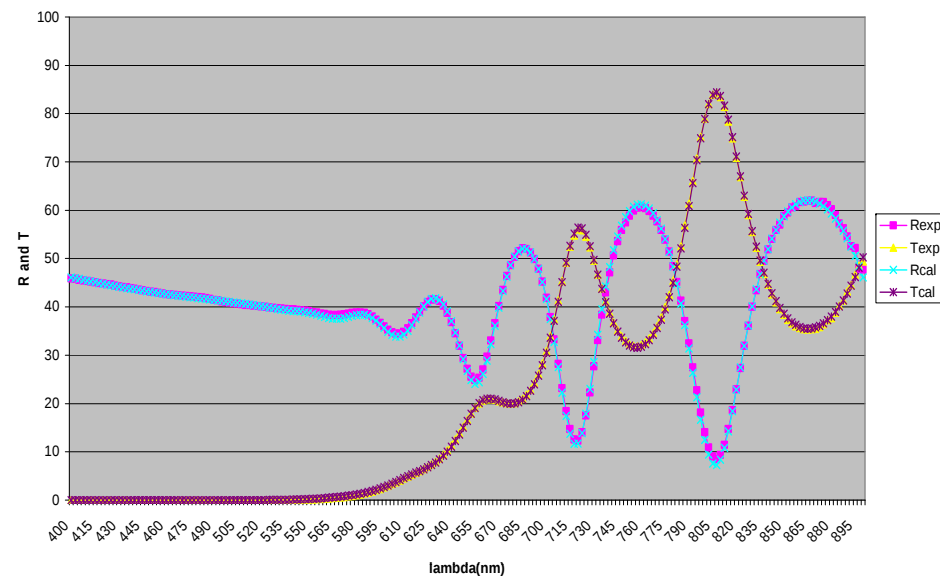
- **Thématiques de recherche 2010-2014**
 - *Structuration spatiale à haute densité de fonctions de filtrage par procédés lift-off ou lift-up*



PROJET RCMO

- **Thématiques de recherche 2010-2014**

- *Détermination a posteriori des caractéristiques opto-géométriques des couches d'un empilement métal-diélectrique*
- *Monocouche de Silicium, Modèle Tauc-Lorentz + Kramers-Krönig avec optimisation globale de type **Clustering***



- *Thèse Lihong GAO (Fabien Lemarchand)*

Oct. 2009 – Oct. 2012

PROJET RCMO

- **Thématiques de recherche 2010-2014**
 - Réalisation et caractérisation d'empilements métal-diélectrique périodiques à très faibles pertes ($\equiv$ métamatériaux à indice de réfraction négatif)
 - Optimisation des propriétés de déphasage à la réflexion des empilements multicouches
 - Couches minces optiques photo-activables pour la réalisation de nouvelles fonctions de filtrage optique à propriétés optimisées

(Candidature CR CNRS 2011 Julien Lumeau)

PROJET RCMO

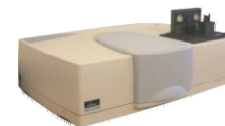
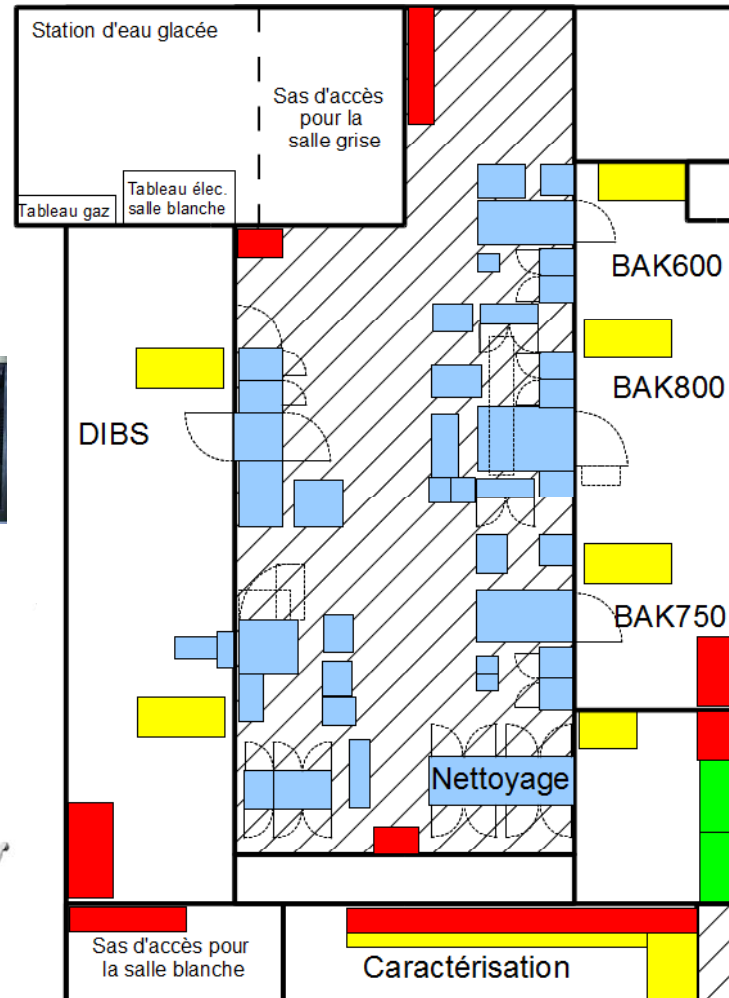
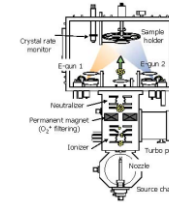
- ***L'Espace Photonique***
 - Réunir dans un même lieu, adapté à cet usage, l'ensemble de nos moyens technologiques
 - Augmenter d'un ordre de grandeur nos capacités de fabrication et de contrôle
 - Cadre : le Contrat de Plan État Région
 - Volet Équipements (2,1 M€, 2009–2012)
 - Volet Bâtiments (2,4 M€, 2010–2012)
 - Matériels déjà acquis en 2010
 - Machine automatisée de nettoyage
 - Spectrophotomètre large bande
 - Système interférométrique de contrôle de rugosité et de forme

L'Espace Photonique

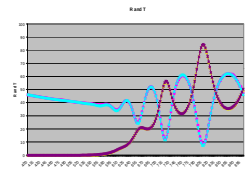
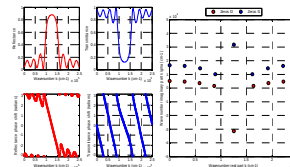
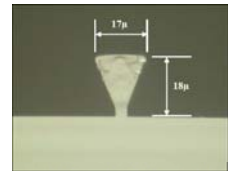
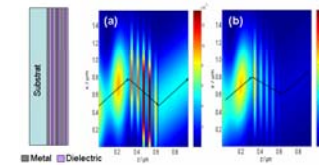
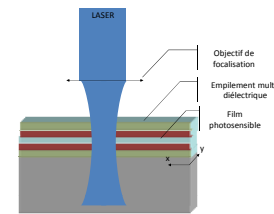
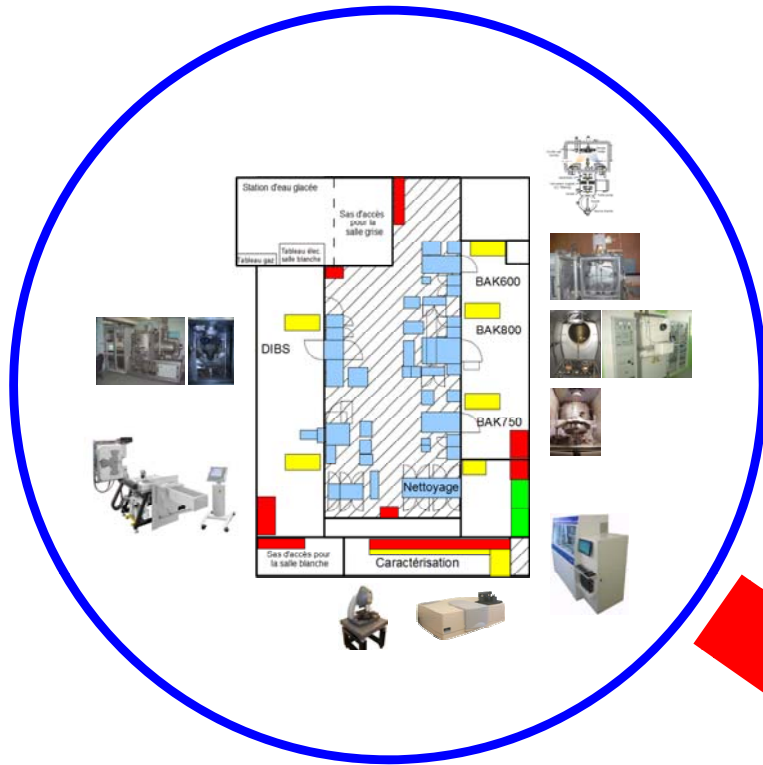
- *Équipements acquis en 2010*



L'Espace Photonique



CONCLUSION



Pixellisation
Reverse Engineering
Couches photo-activables
Empilements métal-diélectrique
Propriétés de phase

Augmentation de la taille de l'équipe