



Filtre à bande étroite sur substrat de grande dimension pour application spatiale

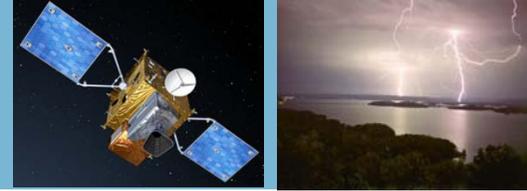
Fabien Pradal

Sagem REOSC, Saint-Pierre du Perray

Plan

- **Application**
- **Spécifications du composant**
- **Technologies concernées**
- **Conception**
- **Développement**
- **Fabrication de prototypes**

Application

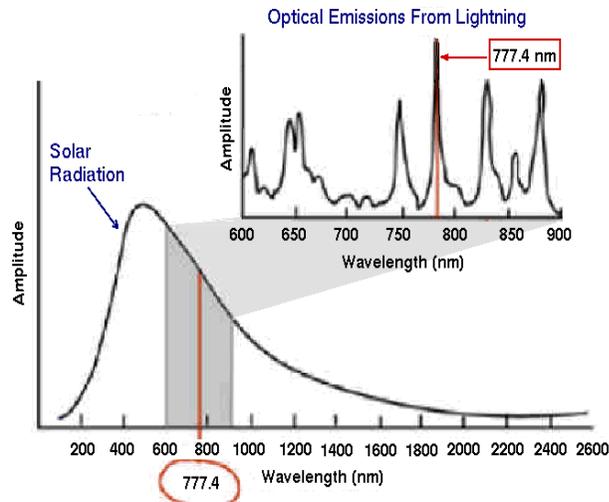
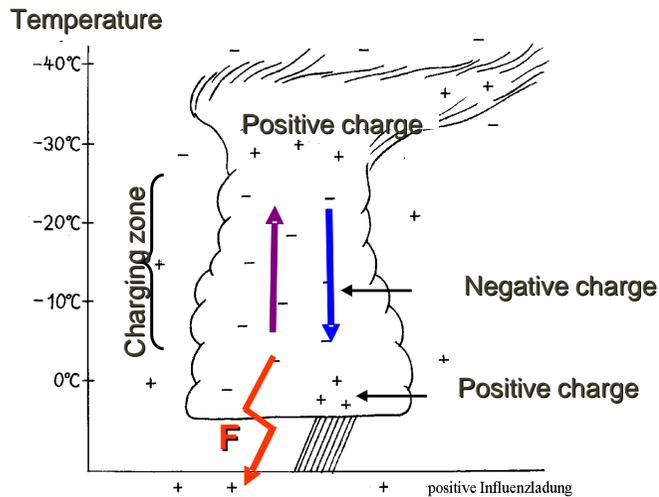


→ Motivation du développement :

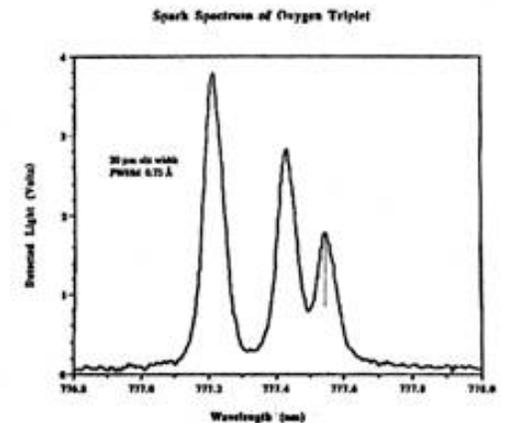
- En préparation de l'instrument Lightning Imager pour le programme MTG
- Les performances de l'instrument sont déterminées par les propriétés du filtre

→ Application :

- Observation spatiale des éclairs (Lightning Imager)
- Moyen : Isoler le triplet d'émission de l'oxygène [777.15nm; 777.6nm] du fond (terre)



Fond solaire

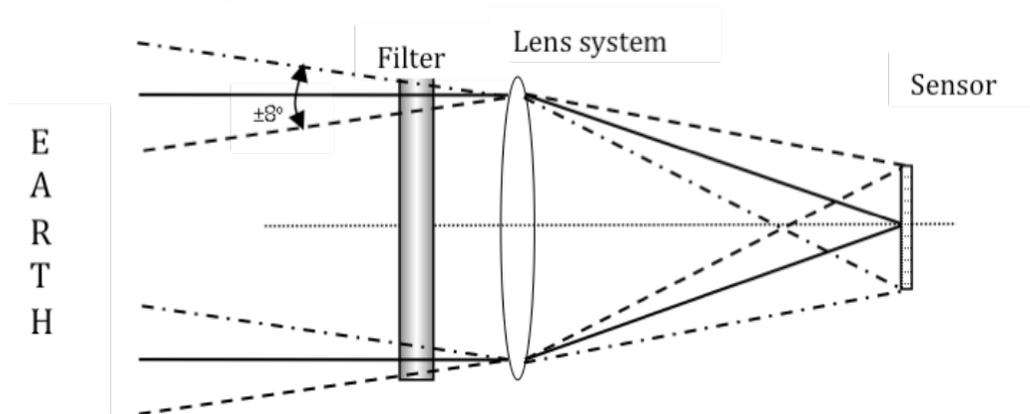


KAISER
ELECTRO-OPTICS

Triplet de l'oxygène

Lightning Instrument : les 2 concepts

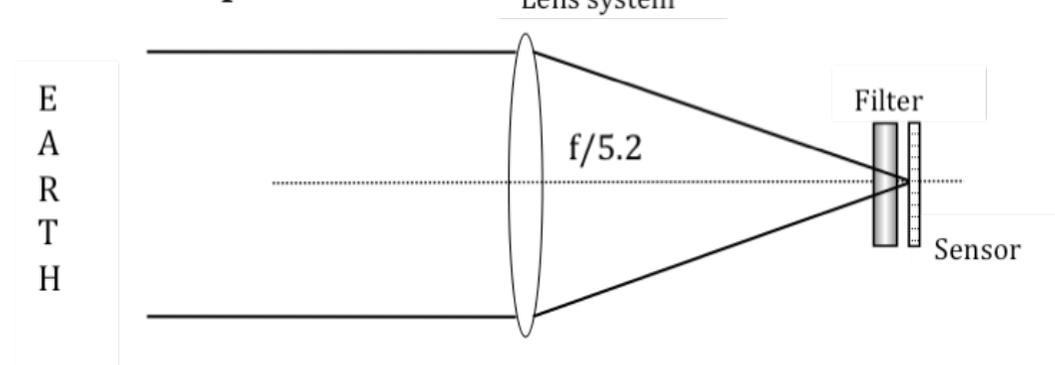
Concept A



→ Concept A ($\sim \Phi 180\text{mm}$):

- Le filtre est positionné à l'entrée de l'instrument
- Chaque pixel reçoit le flux lumineux d'une incidence

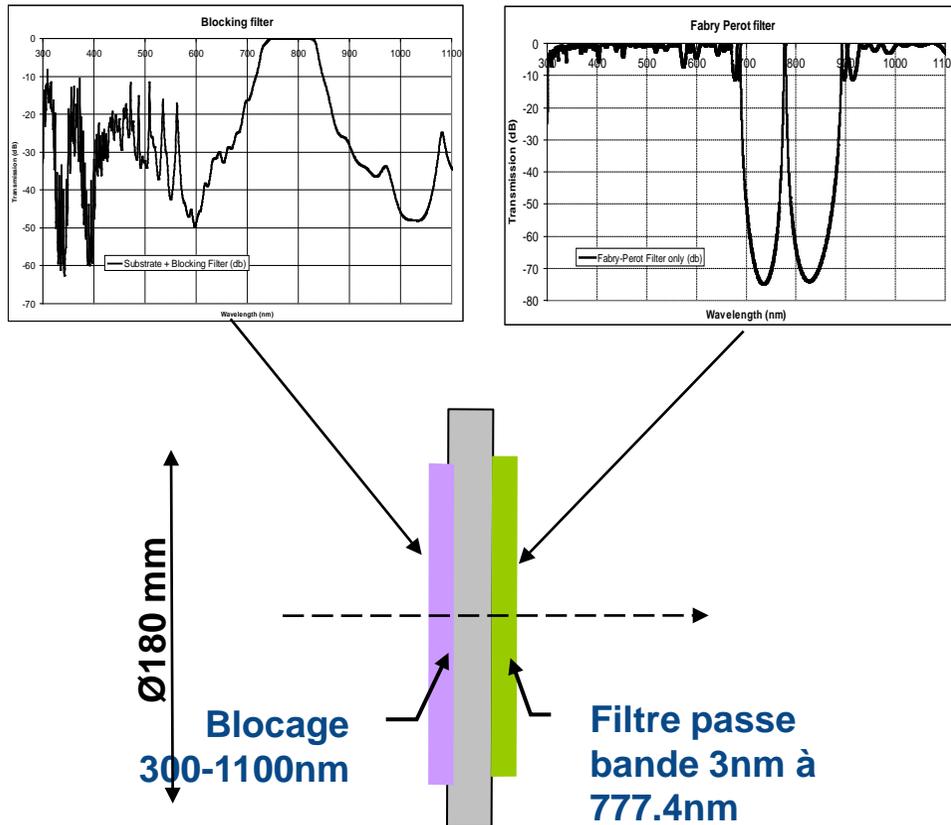
Concept B



→ Concept B ($\sim \Phi 100\text{mm}$):

- Le filtre est positionné proche du détecteur
- Chaque pixel reçoit le flux lumineux d'un cône

Spécifications du composant



→ Filtre étroit

- Largeur spectrale <3nm

→ Niveau de transmission :

- >80% entre 777.15nm et 777.6nm

→ Diamètre de la zone utile :

- $\varnothing 180\text{mm}$

→ Angle d'incidence

- Jusqu'à 8°

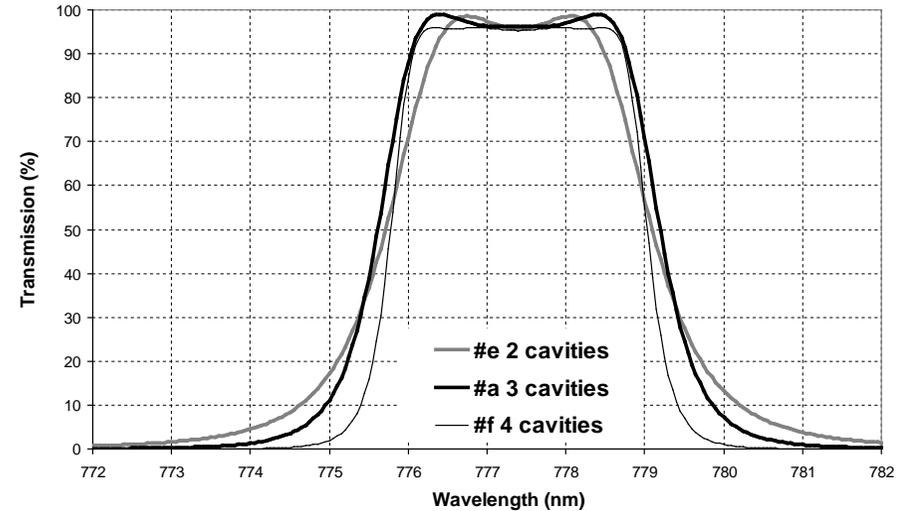
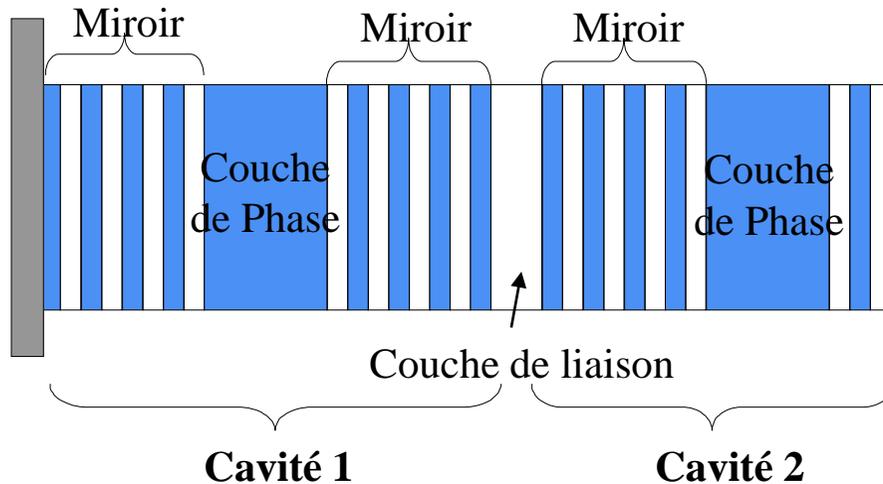
→ Rejection : $<10^{-3}$

→ Environnement spatial :

- Thermiques, Humidité, Adhésion, Solubilité, Propreté, Abrasion
- Radiation (protons, rayons gamma et électrons)

Conception

→ Principe du design d'un filtre Fabry-Perot :



Effet du nombre de cavités

→ Stratégie :

72 designs
de largeur < 4nm

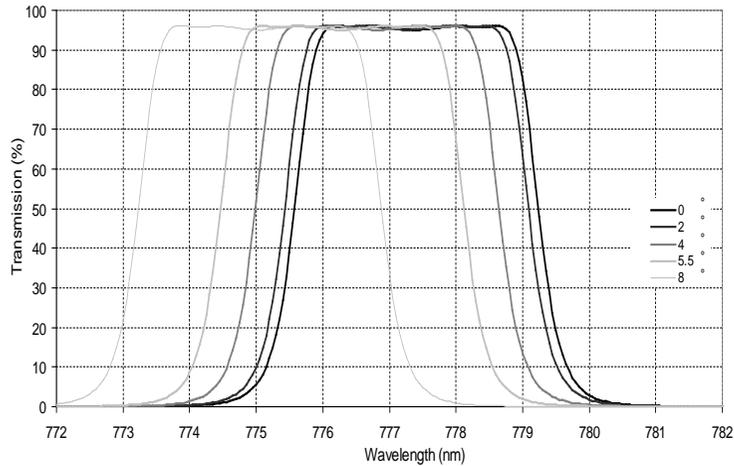
Sélection en fonction des
largeurs de filtres
compatibles avec : AOI,
uniformité

Sensibilité aux
erreurs de
fabrication /
uniformité

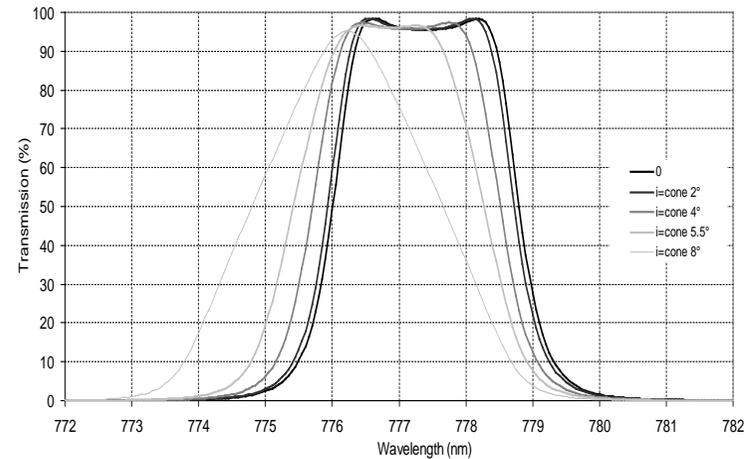
2 designs:
- 2.6nm
- 3.2nm

Conception

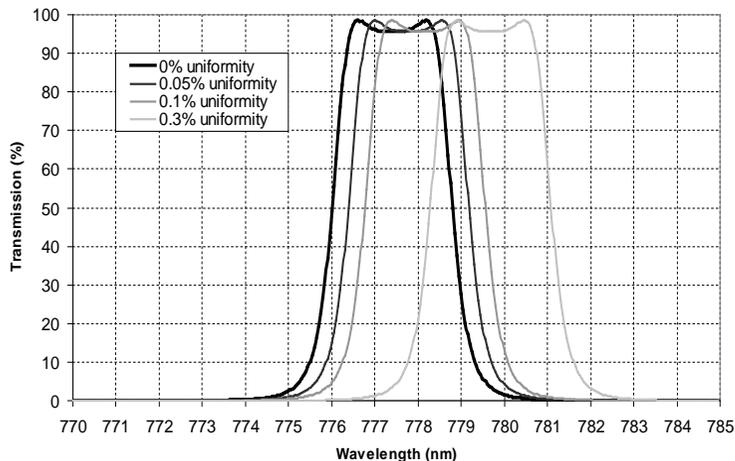
→ Effet d'un angle d'incidence :



→ Effet d'un cône d'incidence :



→ Effet de l'uniformité :

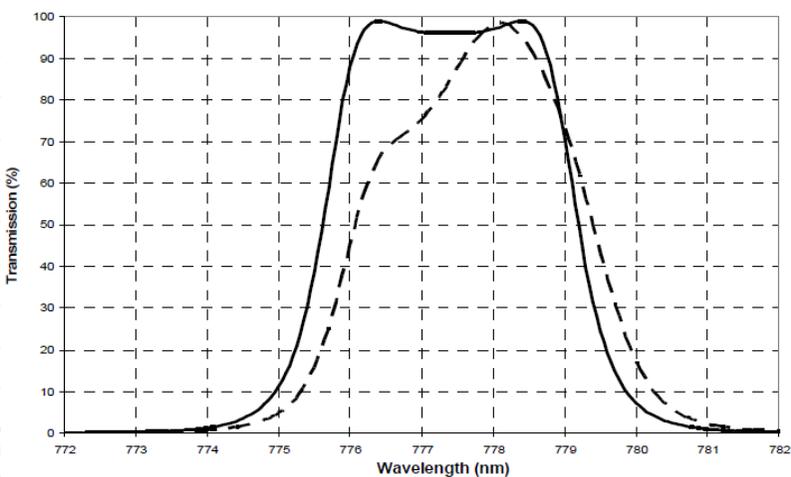
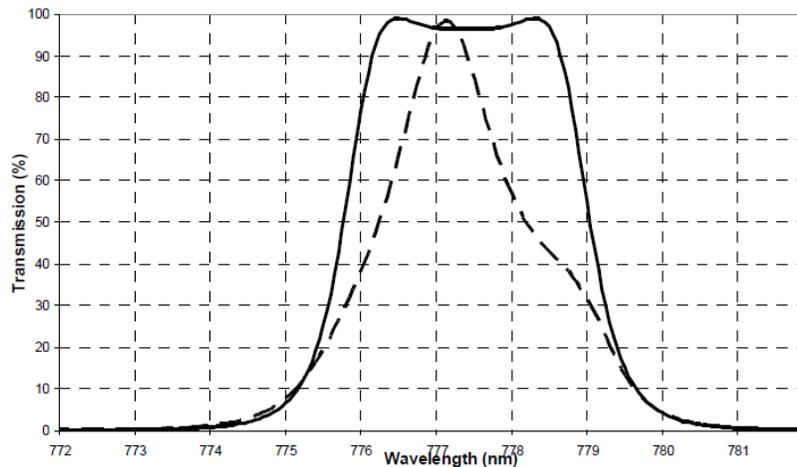
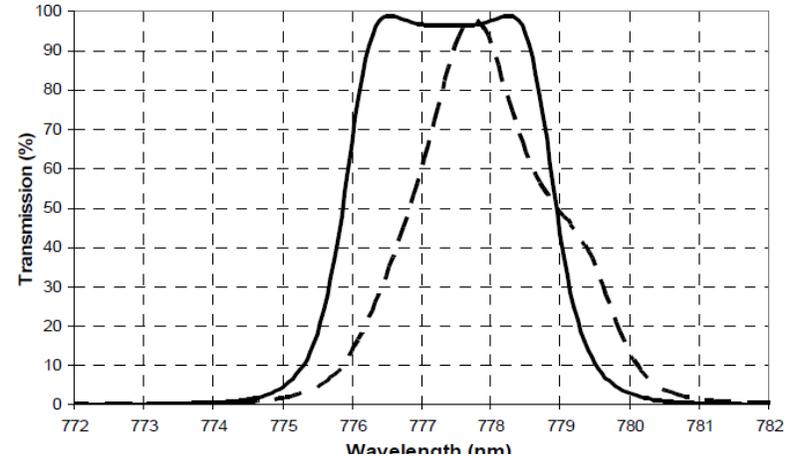
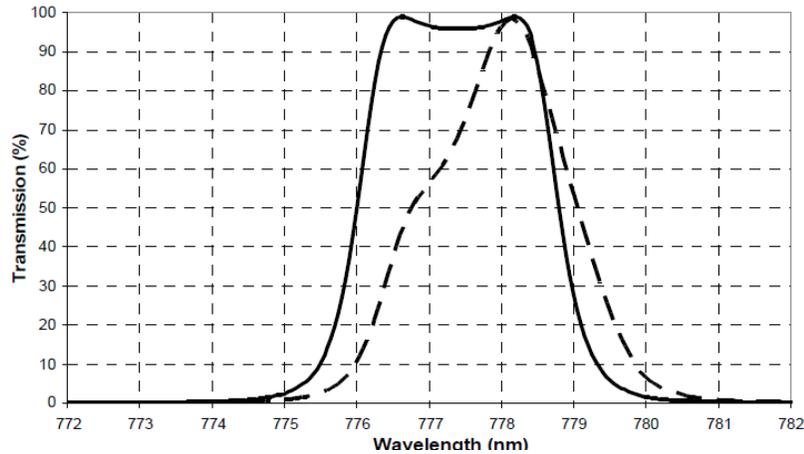


→ Autres effets :

- Effet de la température (décalage <math><0.1\text{ nm}</math>)
- Effet des radiations (décalage <math><0.1\text{ nm}</math>)
- Répétabilité du centrage

Conception

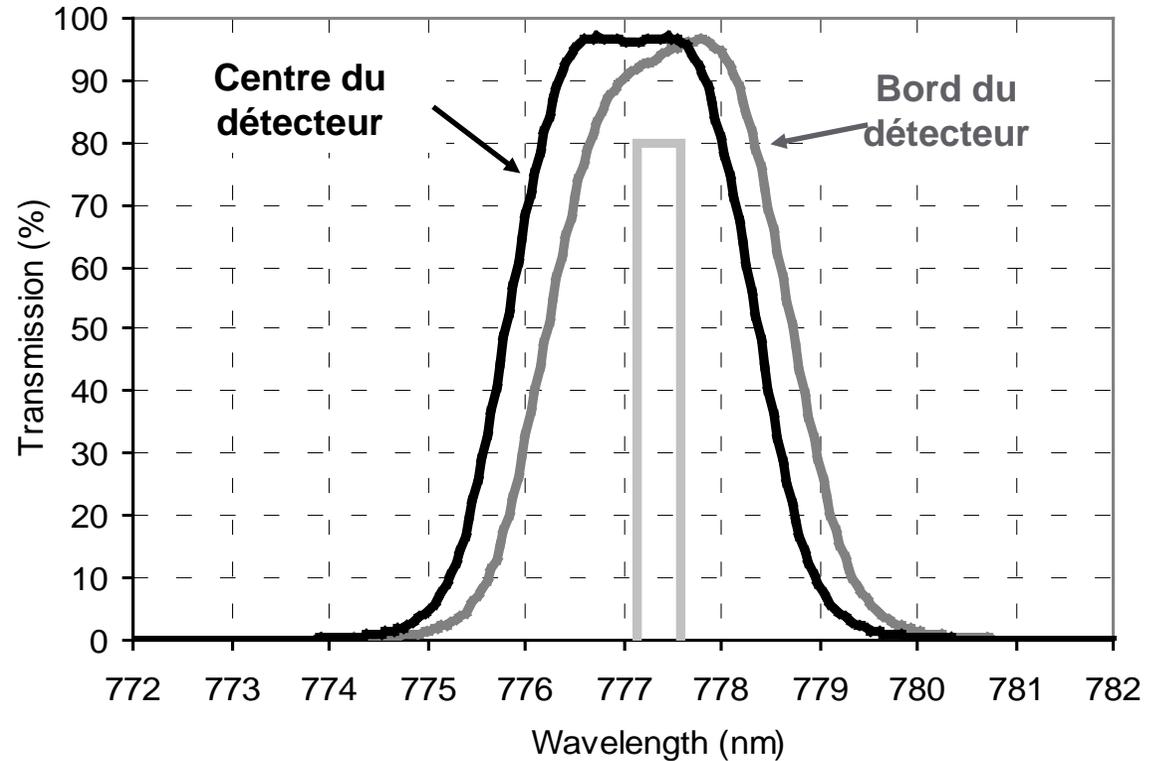
→ Etude théorique de la sensibilité aux erreurs de fabrication pour différents designs:



Conception

→ Simulation des performances du filtre au niveau du détecteur :

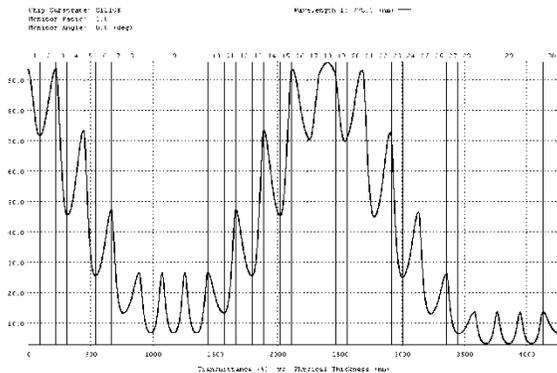
- Filtre de 2.6nm
- 4 cavités
- >80 couches
- Epaisseur >10µm



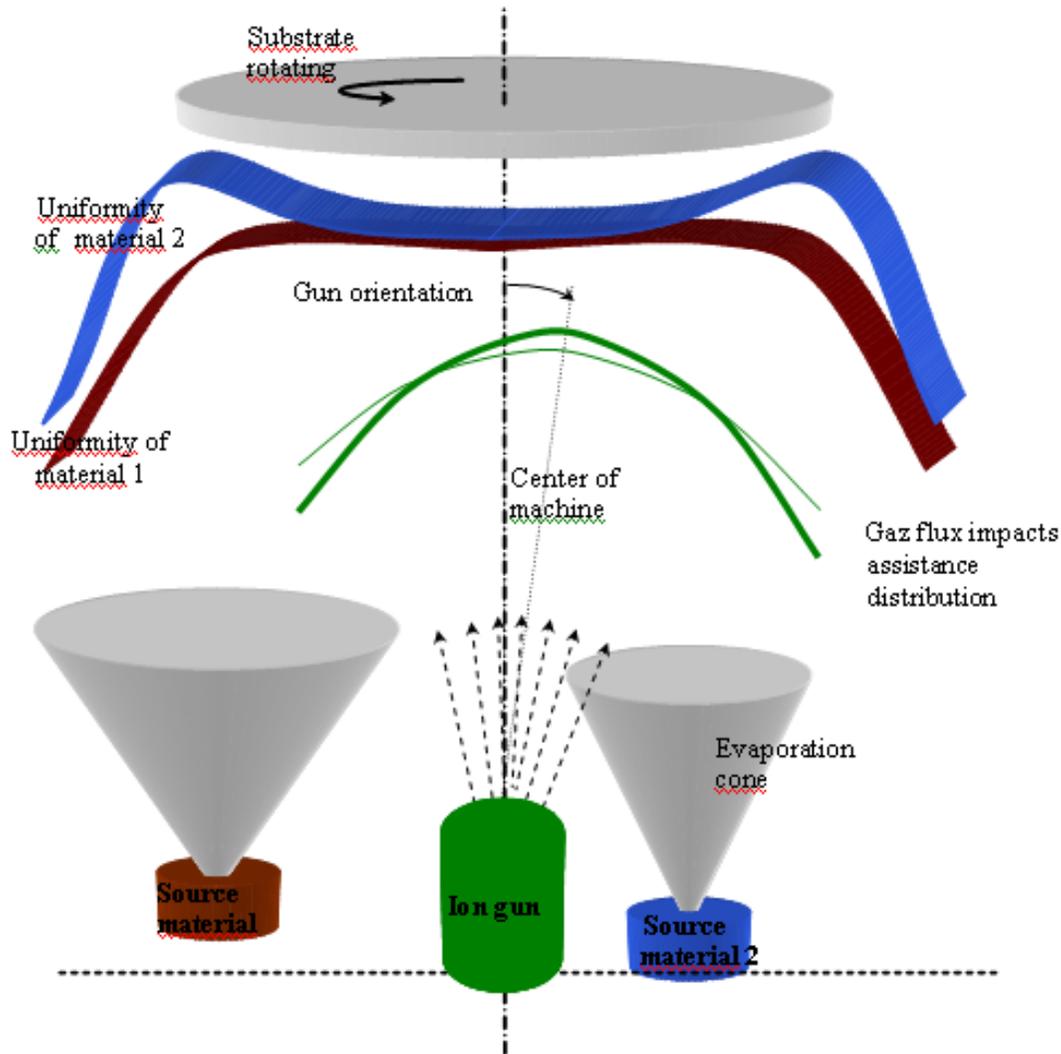
$$T_{Sensor}(\lambda) = \frac{1}{\sum_{(x,y)} \alpha_{(x,y)}} \sum_{(x,y)}^{29} [\alpha_{(x,y)} \times T_{(x,y)}(\lambda)]$$

→ Bâti utilisé pour la fabrication des filtres :

- Bâti BAK 760
- Evaporation sous IAD
- Détection de fin de couche :
Contrôle optique monochromatique



Bâti BAK 760
Pompage cryo



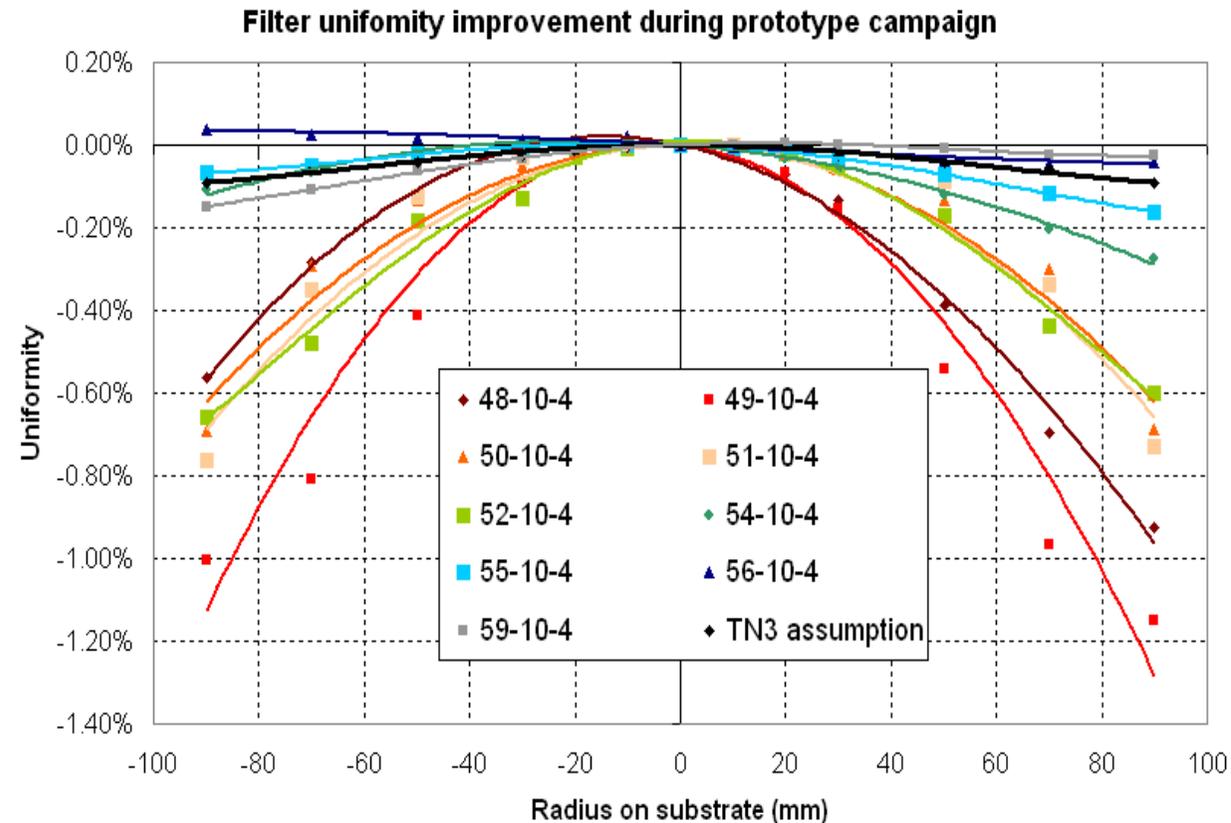
→ Conditions pour maîtriser l'uniformité (épaisseur+indice) :

- Configuration géométrique du bâti (épaisseurs)
- Uniformité des cônes d'évaporation (épaisseurs)
- Uniformité de l'assistance ionique (indices)

→ + Stabilité temporelle

→ Optimisation de l'uniformité :

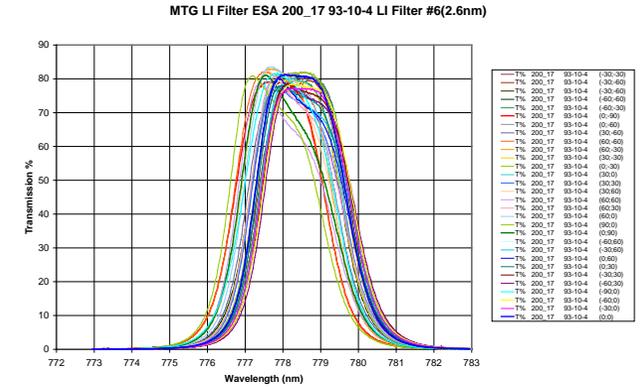
- Implantation des sources d'évaporation
- Position du canon à ion
- Hauteur du plateau
- Perpendicularité du plateau
- Asservissement des cônes d'évaporation avec les données quartz
- Asservissement du canon à ions avec les données quartz



Caractérisation

→ Caractérisation spectrale :

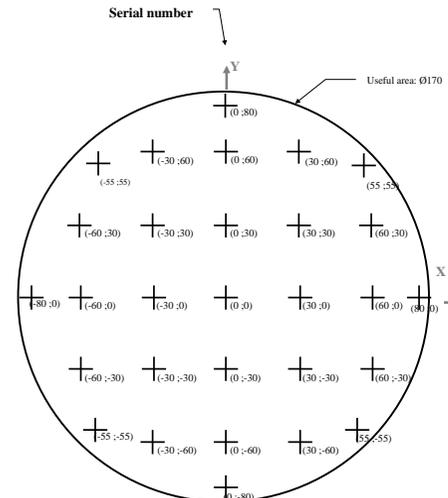
- Mapping 29 points
- Cartographie de l'uniformité



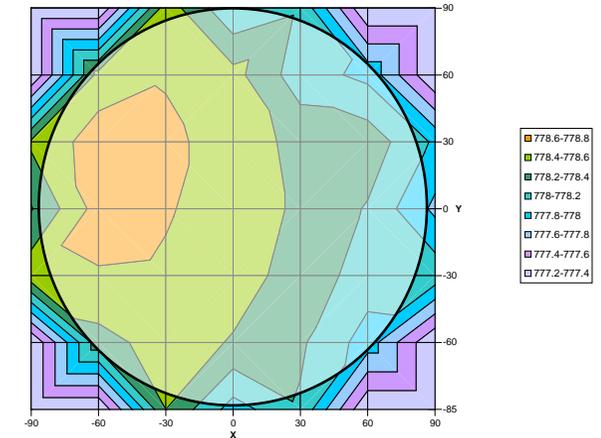
Réponses spectrales pour les 29 points



Spectrophotomètre + Outillage de positionnement



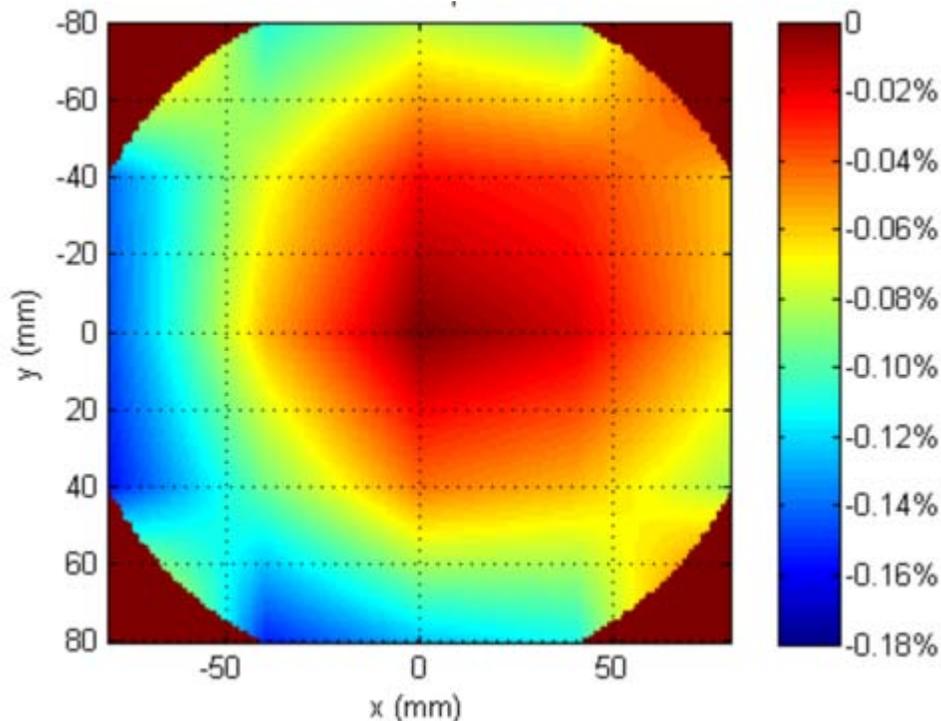
Mapping 29 points



Cartographie de l'uniformité de centrage

Caractérisation

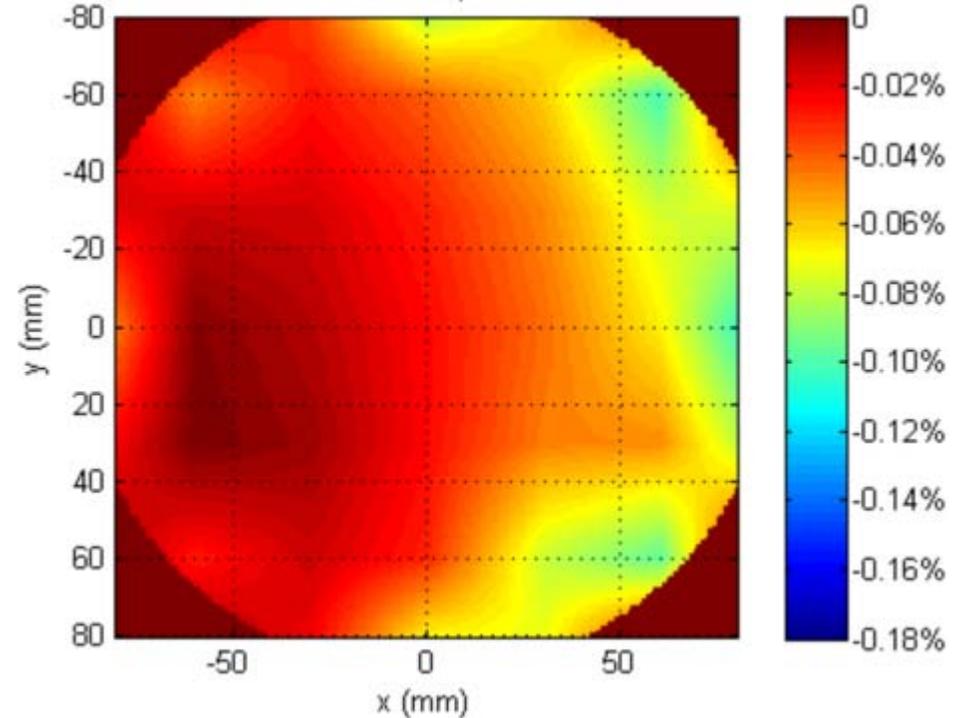
→ Outillage classique :



Uniformité :

- Centrée
- **0.15%** sur $\varnothing 160\text{mm}$

→ Outillage modifié :

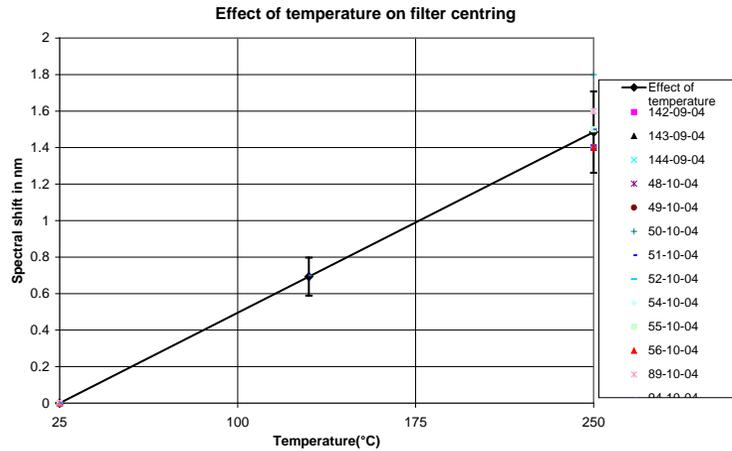


Uniformité :

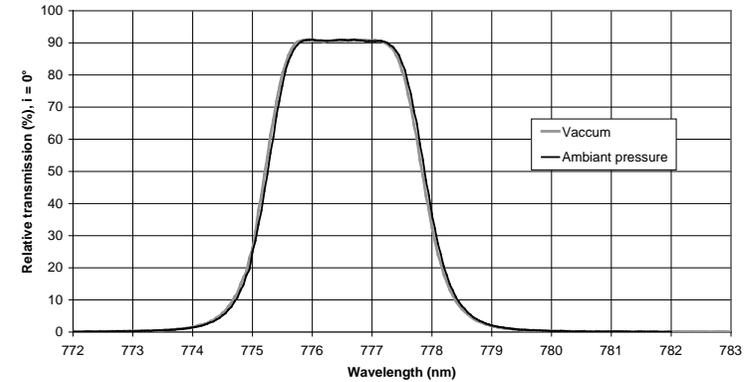
- Décentrée
- **<0.10%** sur $\varnothing 160\text{mm}$

Caractérisation

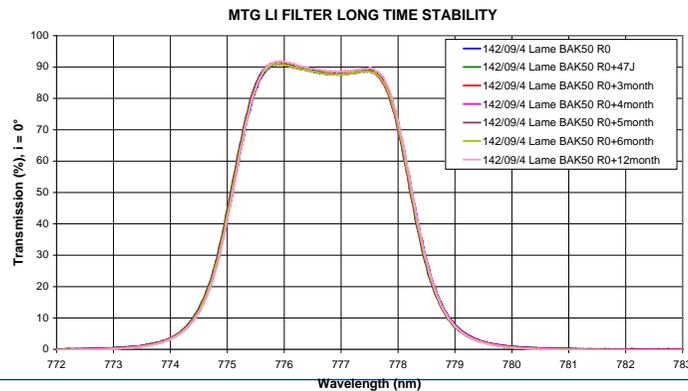
→ Effet de la température :



→ Effet du vide :

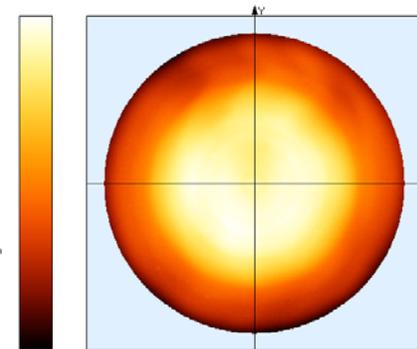


→ Stabilité long terme (1 an) :



→ Contraintes :

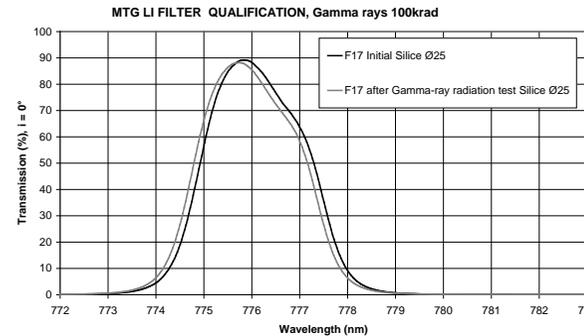
REOSC
SAGEM
WaRPP v 3.30
101213_aveclaque
Date : 13/12/10
Heure : 18:02:03
Surface
L = 632.00 nm
R = 54.428 mm
Résol. : 709x709
Echelle Lin. :
-110.998 nm à
87.075 nm
319801 points
Min = -110.998 nm
Max = 87.075 nm
Moy = 0.000 nm
P-V = 190.073 nm
RMS = 52.199 nm



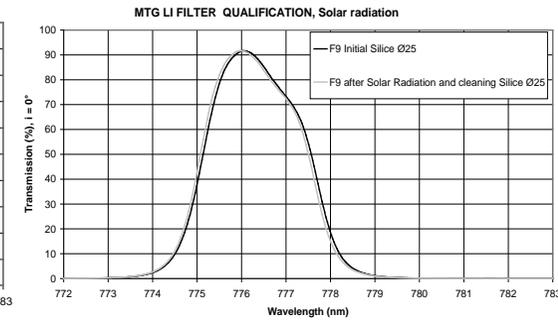
Qualification

- **Cyclage thermique :**
80°C 48h, -45°C 48h
- **Humidité :**
95%, 55°C, 16h
- **Solubilité :**
5min dans l'eau à 100°C
- **Adhérence :**
ISO 9211-4 paragraphe 5 méthode 2
sévérité 02
- **Abrasion :**
ISO 9211-4, méthode 1, sévérité 1
- **Gamma (Co60) :**
100 krads
- **Electrons :**
100 kev
- **Radiation solaire :**
équivalent 1000 h
- **Protons :**
30 Mev

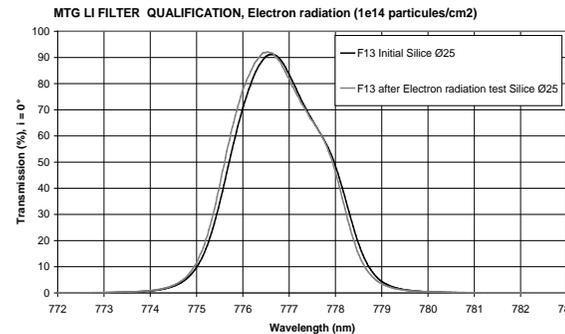
- **Gamma rays (Co60)**
 - ✓ 100 krads
 - ✓ shift < 0.2 nm



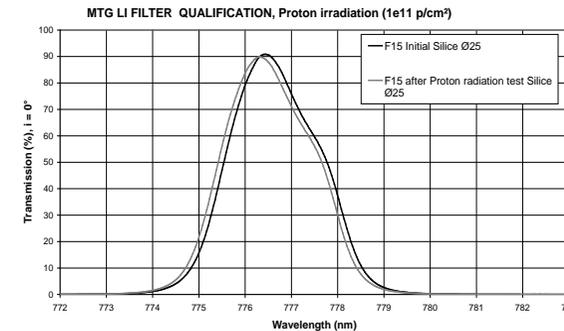
- **Solar radiation**
 - ✓ 1000 equivalent sun hours
 - ✓ shift < 0.2 nm



- **Electrons (100 kev)**
 - ✓ shift < 0.2 nm



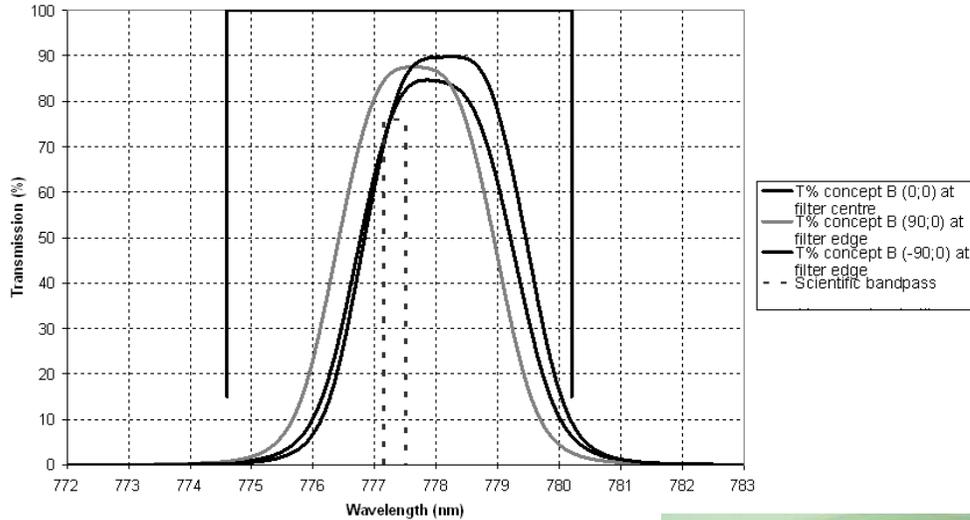
- **Protons (30 Mev)**
 - ✓ shift < 0.2 nm



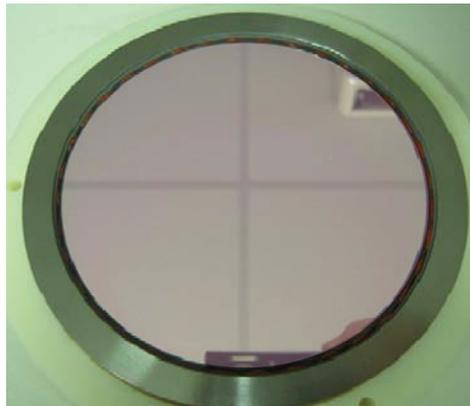
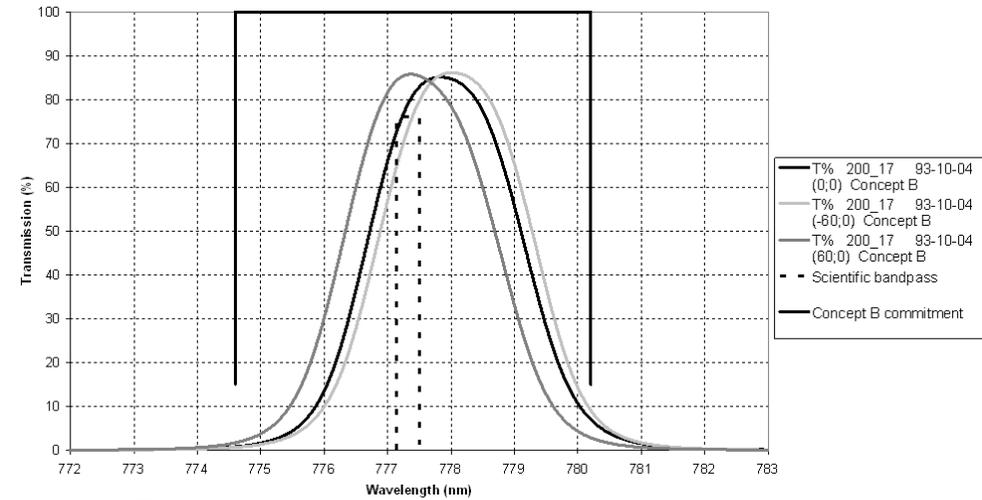
Fabrication de prototypes

→ 2 prototypes réalisés et livrés pour test :

Ø180



Ø110mm



Conclusion

→ L'étude a montré :

- Qu'il était possible de fabriquer des filtres de 3nm sur Ø180mm 0° à 5.5°
- Que la technologie est suffisamment mûre pour lancer la fabrication des FM

... Démarrage des activités FM prévue pour fin 2012.