

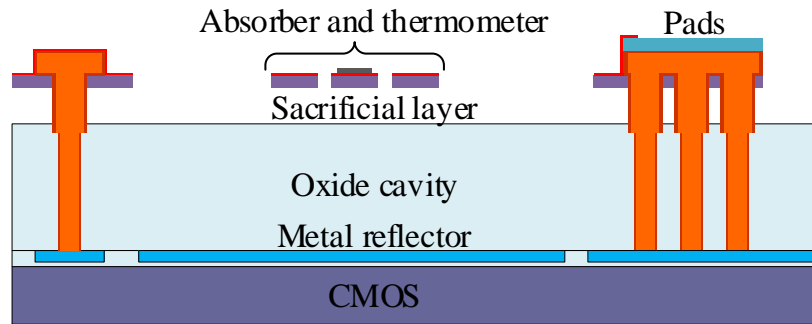
SURFACES HAUTES IMPÉDANCES POUR DÉTECTEURS POLARIMÉTRIQUES EN BANDE 350 UM

Assemblée générale du Labex FOCUS | Dussopt Laurent | 20/06/2022

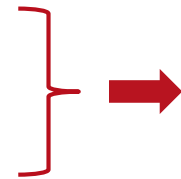
Léti: A. Aliane, H. Kaya, V. Goudon, L. Dussopt.
IRFU: L. Rodriguez, C. Delisle, A. Poglitsch, V. Revéret.
CEA-Tech: M. Hamdi.

INTRODUCTION

- Développement de l'**instrument B-BOP** du satellite SPICA
 - Phase A: démontrer des matrices de détecteurs bolométriques pour la bande 100 μm
 - Phases suivantes: adapter les détecteurs aux bandes 200 μm et 350 μm



Coupe techno des détecteurs B-BOP-100um

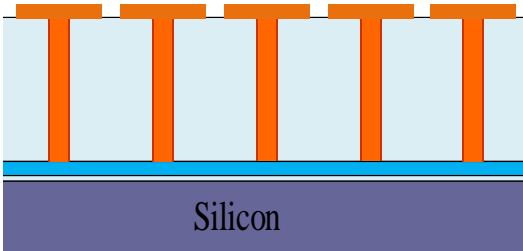
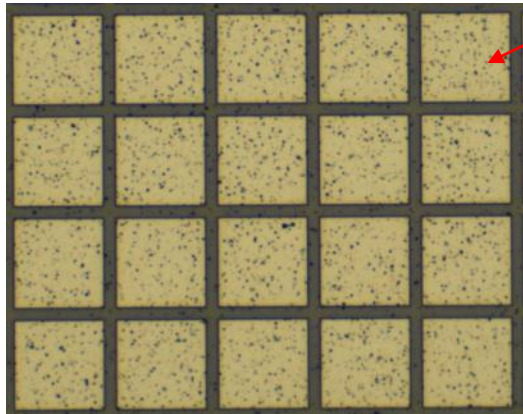
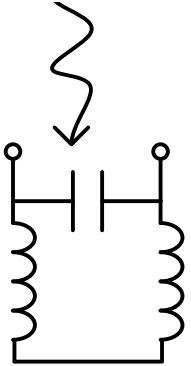


~13.5 μm entre absorbeurs et réflecteur
 ... équivalent à ~29 μm compte tenu des indices optiques des matériaux
 ... soit $\sim\lambda/4$ pour la bande 100 μm mais $\lambda/12$ à 350 μm .

- **Verrou:** le schéma d'intégration (above-IC) des détecteurs B-BOP ne permet pas de réaliser une cavité optique quart d'onde classique dimensionnée pour la bande 350 μm .
 - Solution proposée: Surfaces Haute Impédance (HIS)
- Travaux effectués dans le cadre du **projet Focus DMM-2018-LD** « Surfaces haute impédance pour détecteurs en gamme sub-millimétrique », 2019-2020.
 - 2019-2020: Conception et fabrication (LETI)
 - 2021: Caract. optique polarisée à T° ambiante (CEA Tech Nvelle Aquitaine, Time Domain Spectro.)
 - 2021: Caract. optique polarisée à froid (IRFU/Dap, Fourier Transform Spectro.)

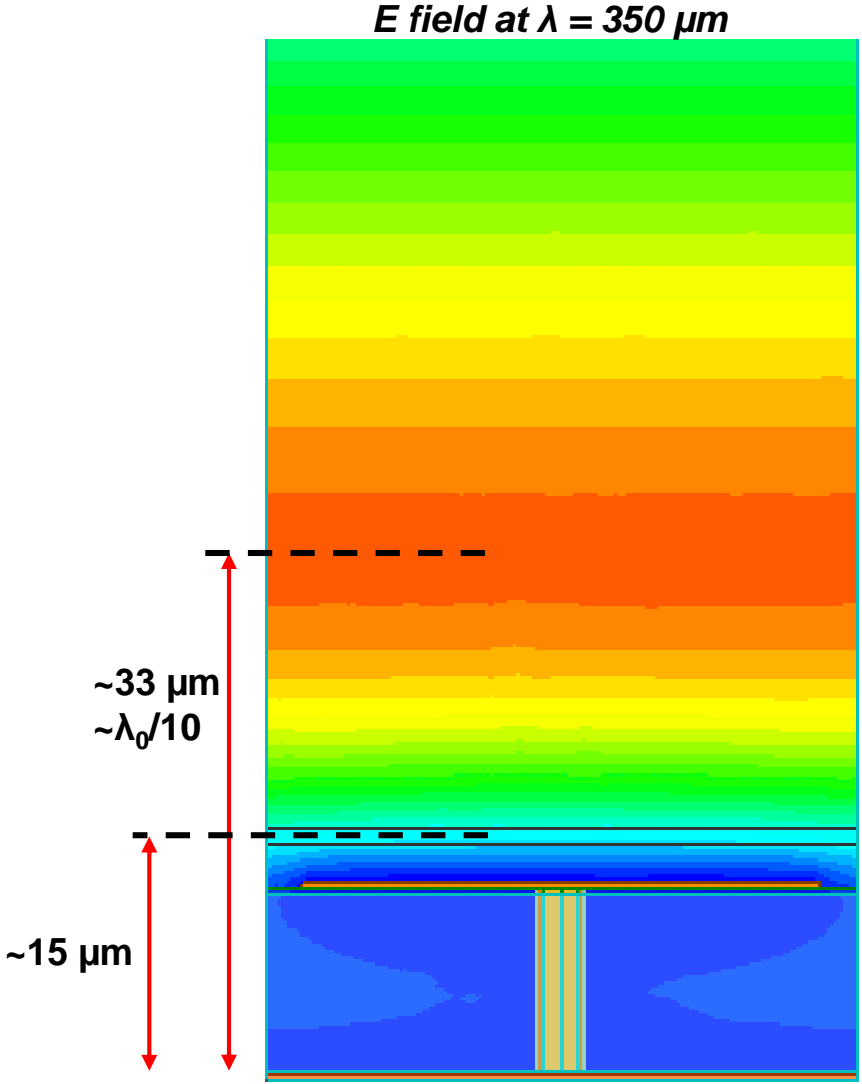
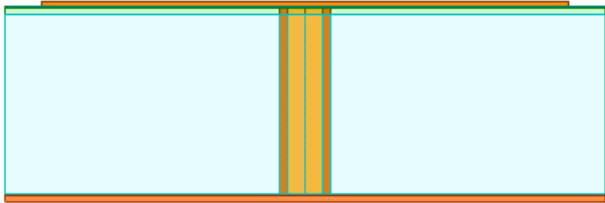
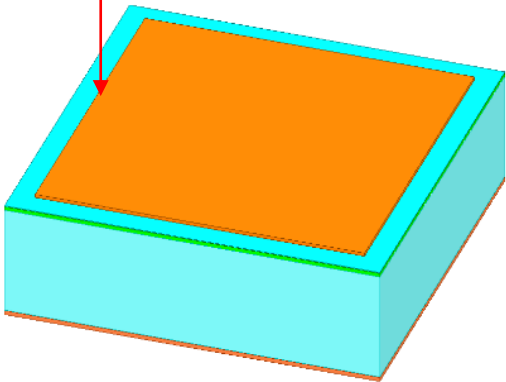
INTRODUCTION

- **Surface Haute Impédance:**
 - Structure périodique résonante
 - Période et épaisseur sub- λ



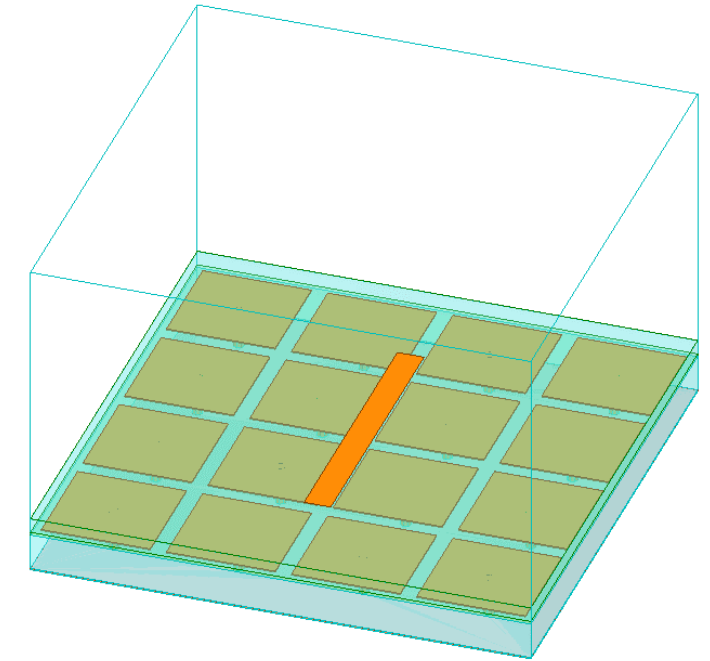
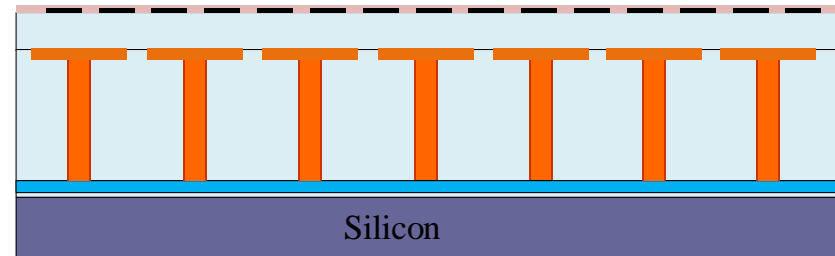
Motif élémentaire:

- période 37.5 μm
- gap 4.6 μm
- via \varnothing 3 μm



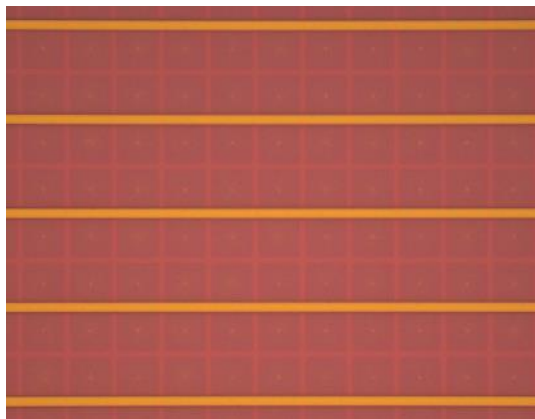
PROTOTYPES

- 4 motifs d'absorption différents: grilles et dipôles
- Absorbeurs: $R \sim 9-30 \Omega/\square$ à 300 K ($3-11 \Omega/\square$ à 4 K)
- Échantillons de 20x20 mm²

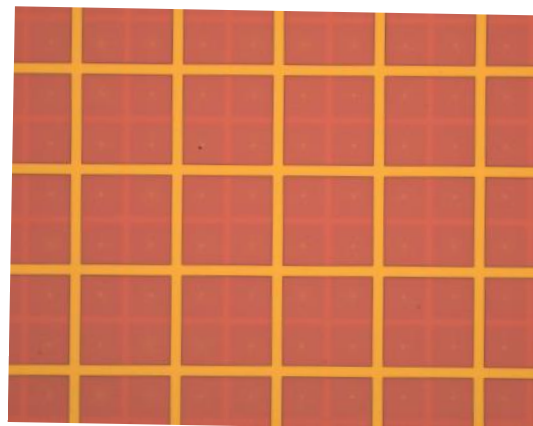


Simulation Ansys-HFSS

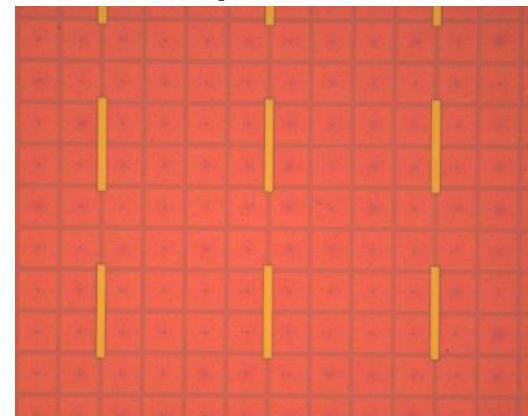
Grille 1D



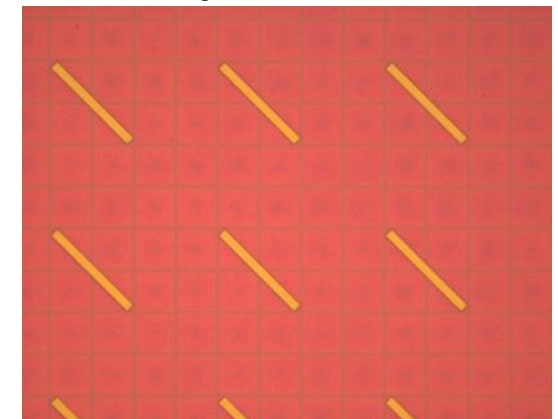
Grille 2D



Dipôles 0°

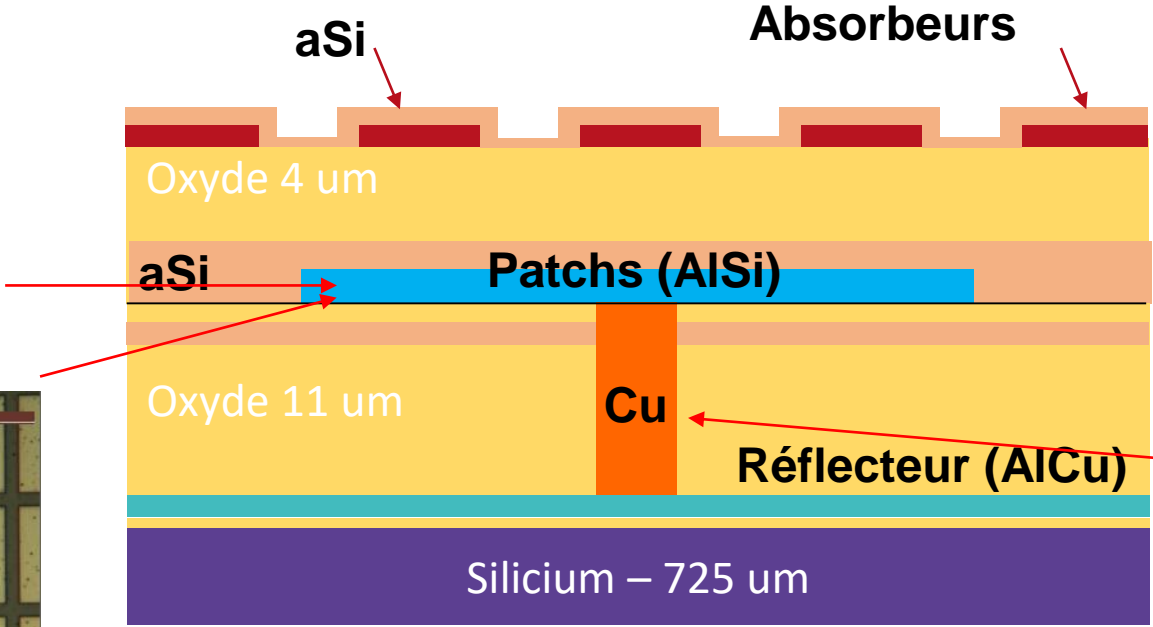
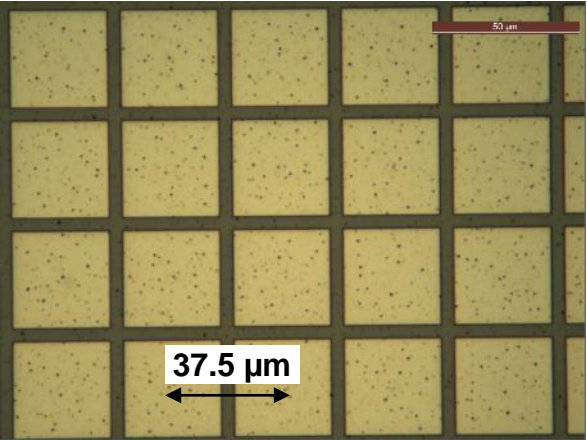
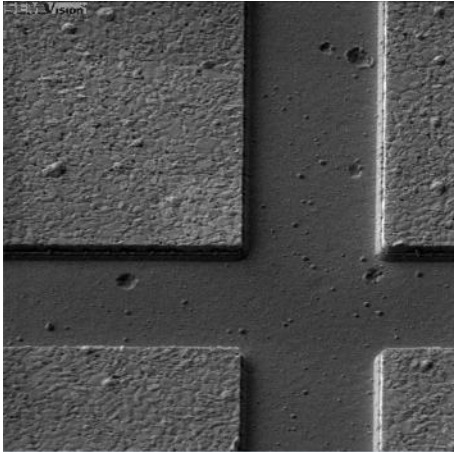


Dipôles 45°

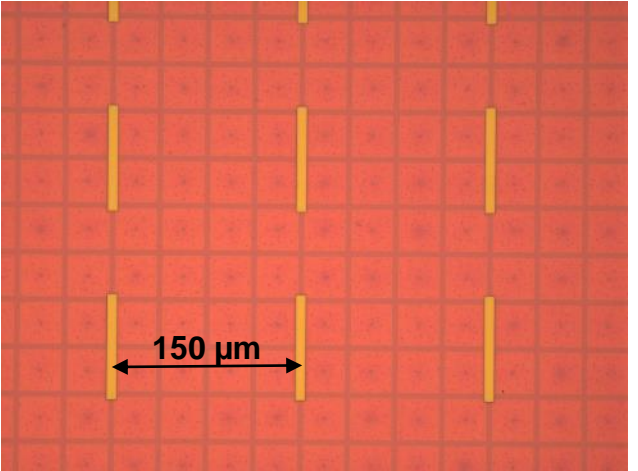


FABRICATION

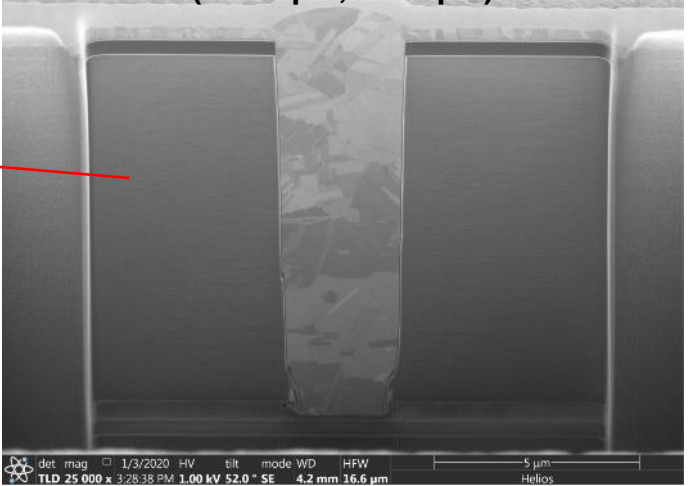
- Fabrication sur wafers 200 mm (LETI)
- Absorbeurs: bicouches Ti/TiN (plusieurs variantes)



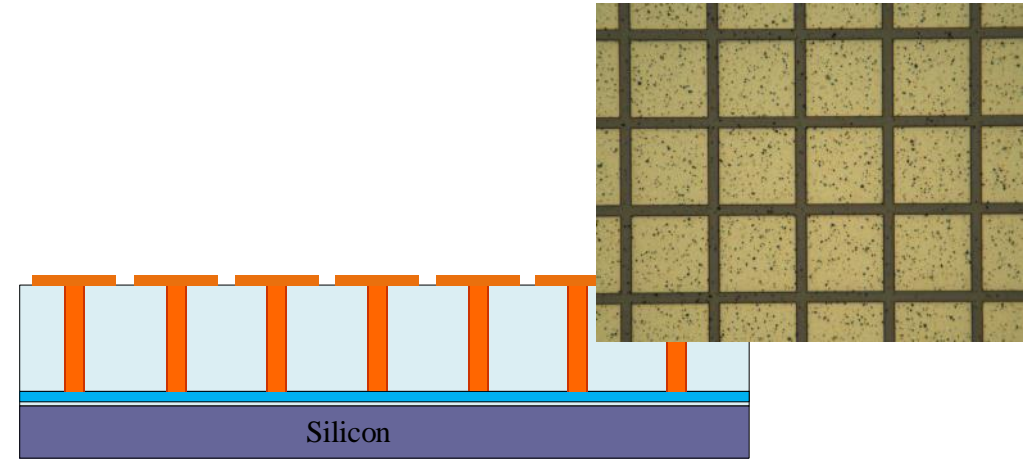
Absorbeurs dipoles au-dessus de la Surface Haute Impédance



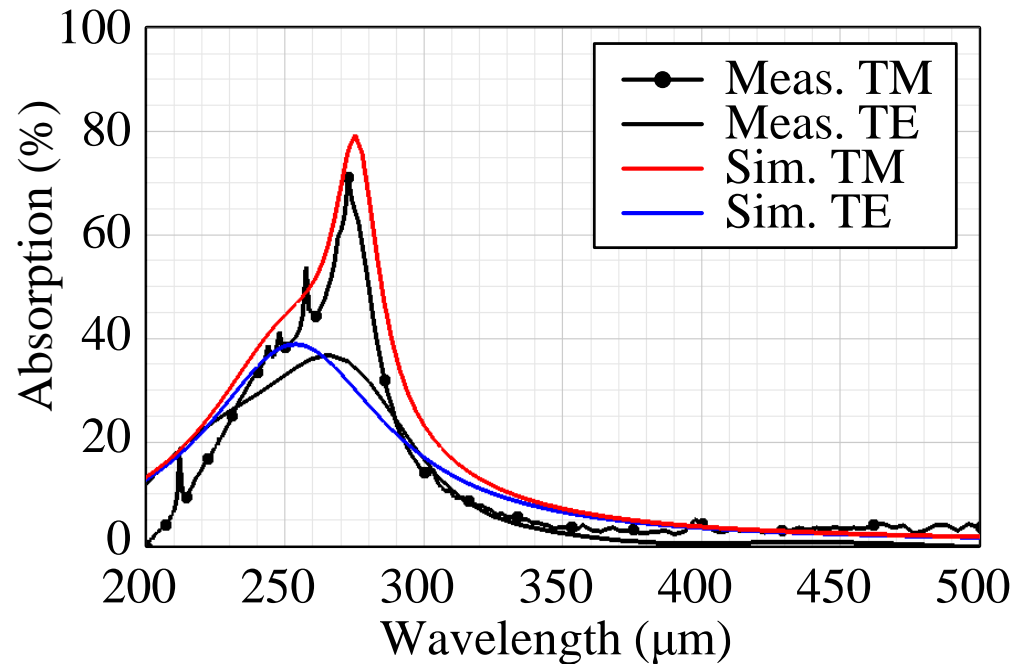
Vias en cuivre après remplissage ECD (Ø = 3 μm, h~11 μm)



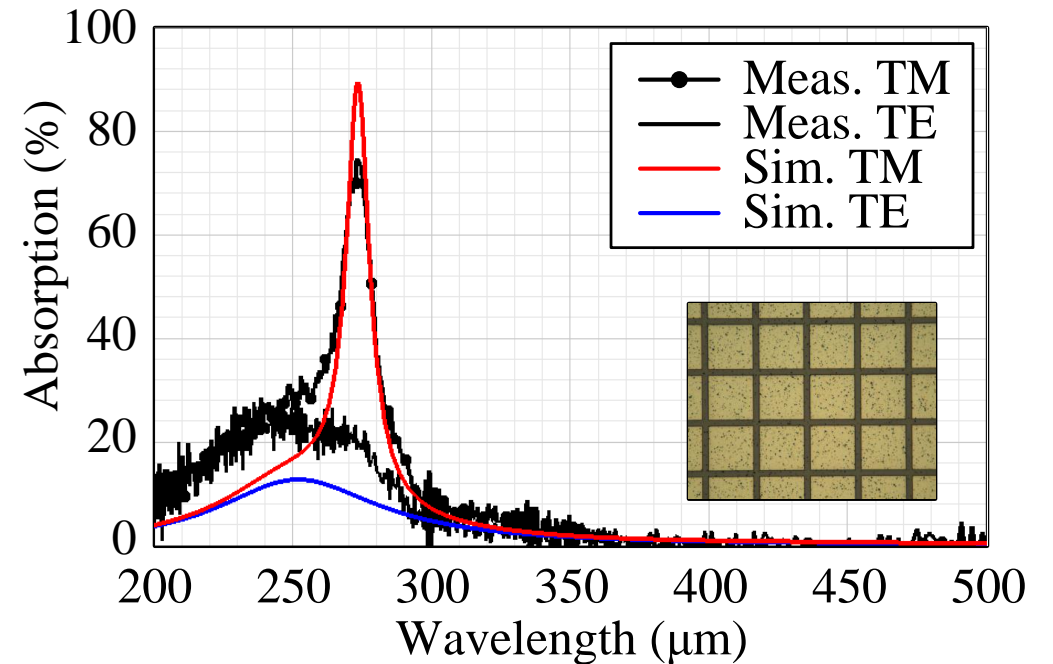
- **Surface Haute Impédance seule**
 - Absorption ~40% à 300 K → ~20% à 300 mK
 - Pic d'absorption à 275 μm en incidence oblique et mode TM
 - Absorption < 10% à λ > 300 μm



Mesures TDS et FTIR à 300 K

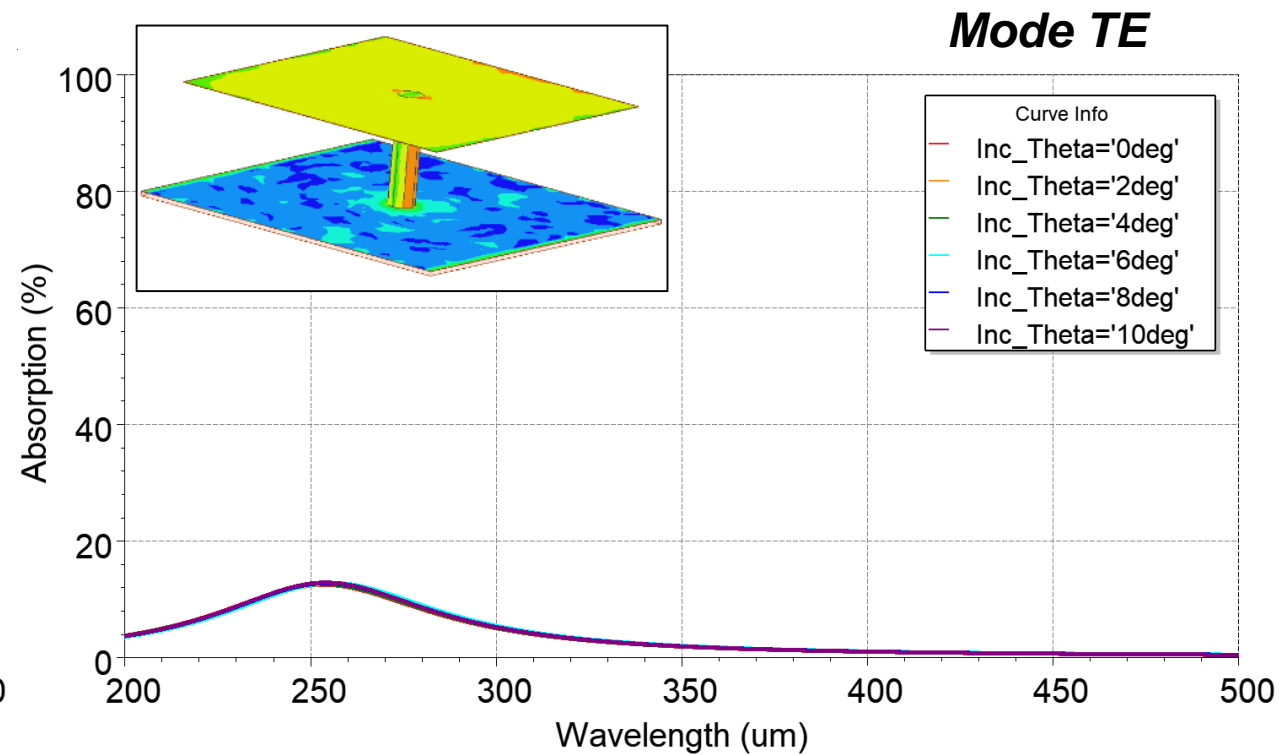
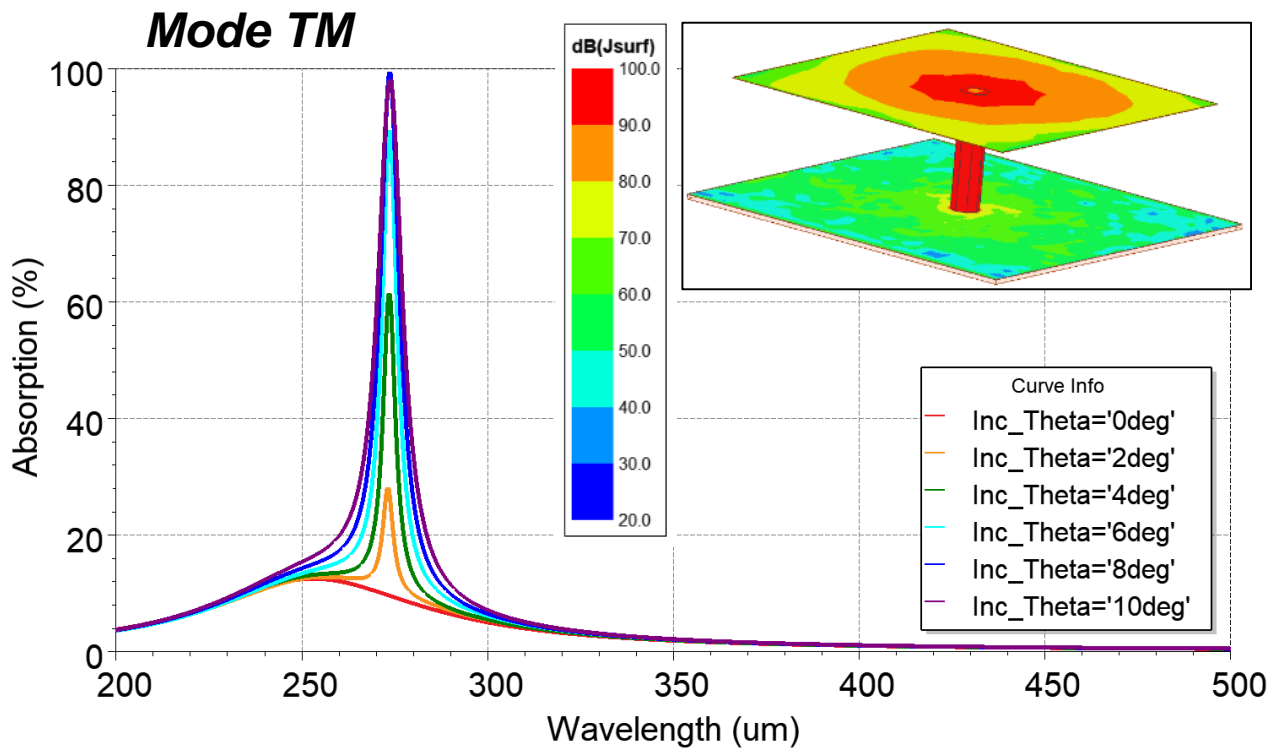
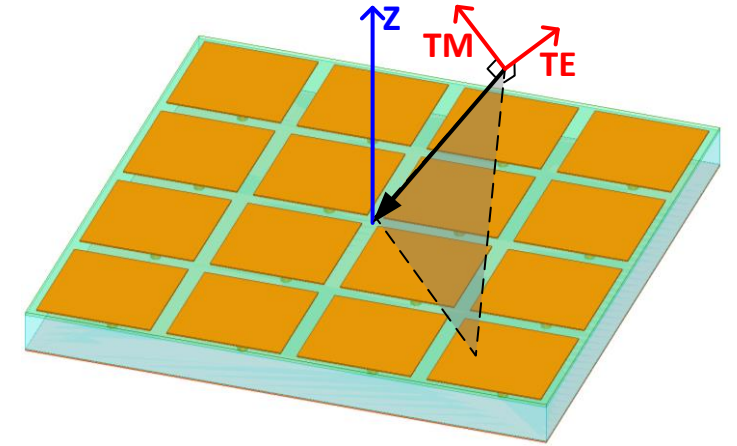


Mesure FTS à 300 mK



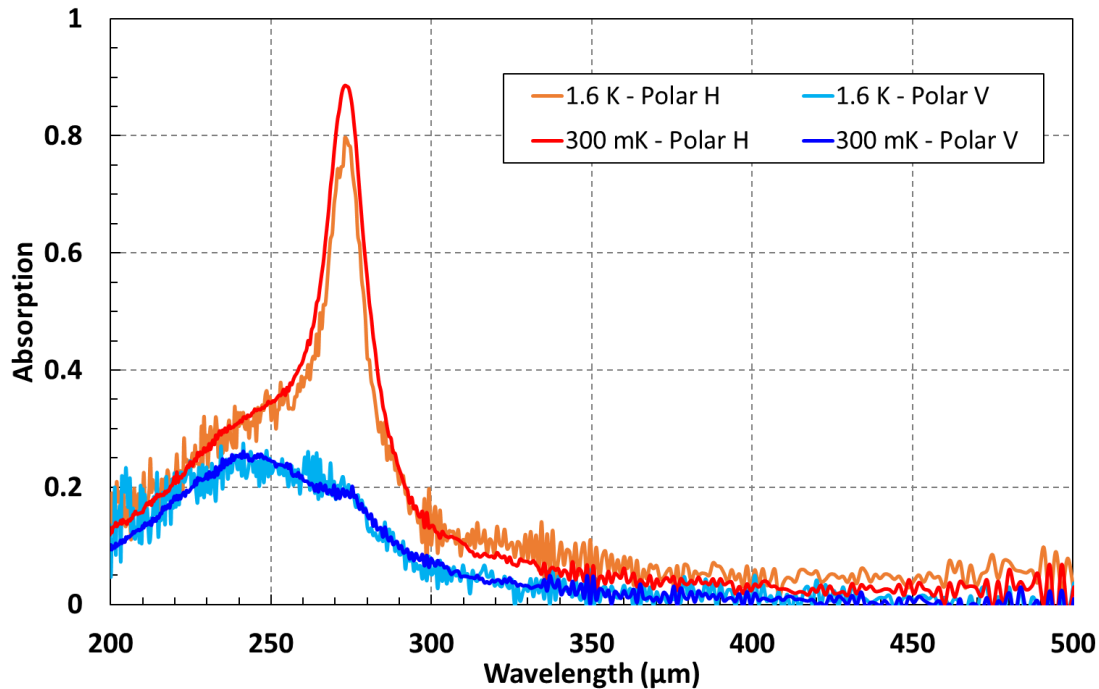
IMPACT DE L'ANGLE D'INCIDENCE

- Incidence oblique:
 - Fort couplage aux vias en mode TM (champ E aligné avec les vias).
 - Pic d'absorption à 273 μm => peu gênant pour un détecteur à 350 μm .

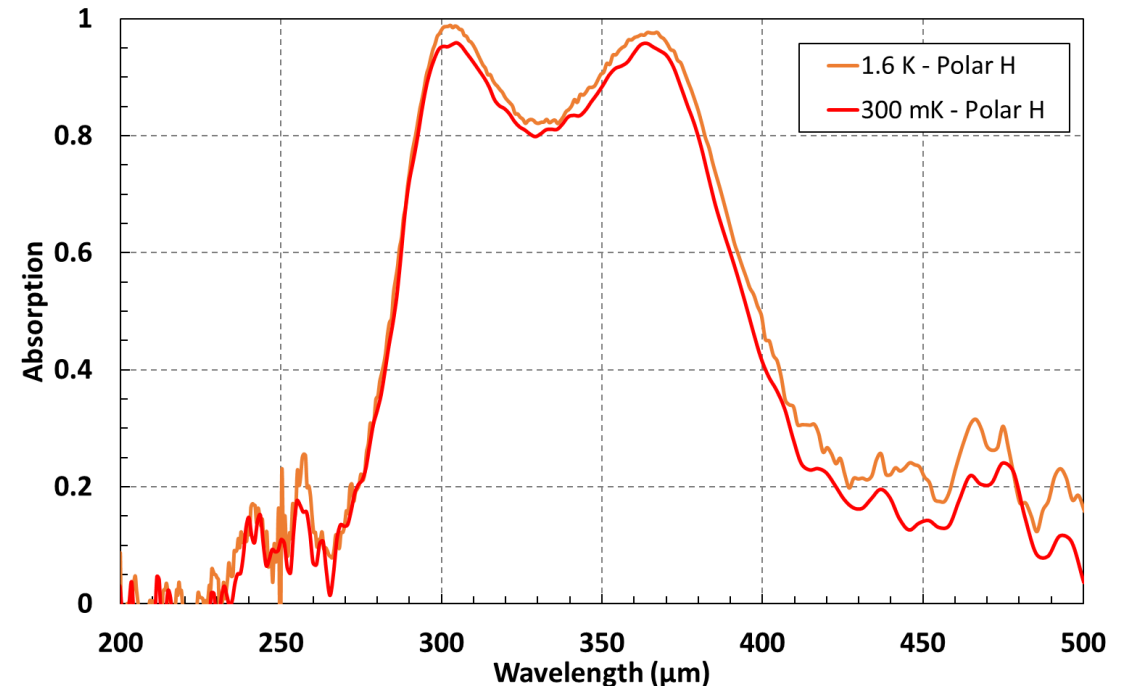


- Les structures contiennent plusieurs métaux supraconducteurs:
 - Aluminium (plan réflecteur, patches): $T_c \sim 1.25$ K, $R_{RR} \sim 13.5$, $R_{DC} \sim 0.01 \Omega/\square$ @ 4 K
 - Ti/TiN (50/50 nm) (absorbeurs): $T_c \sim 3.2$ K, $R_{RR} \sim 3.1$, $R_{DC} \sim 3 \Omega/\square$ @ 4 K
- Nous avons vérifié que l'absorption optique reste inchangée dans la gamme 0.3-1.6 K ($h\nu \gg 3.5kT$)

HIS seule



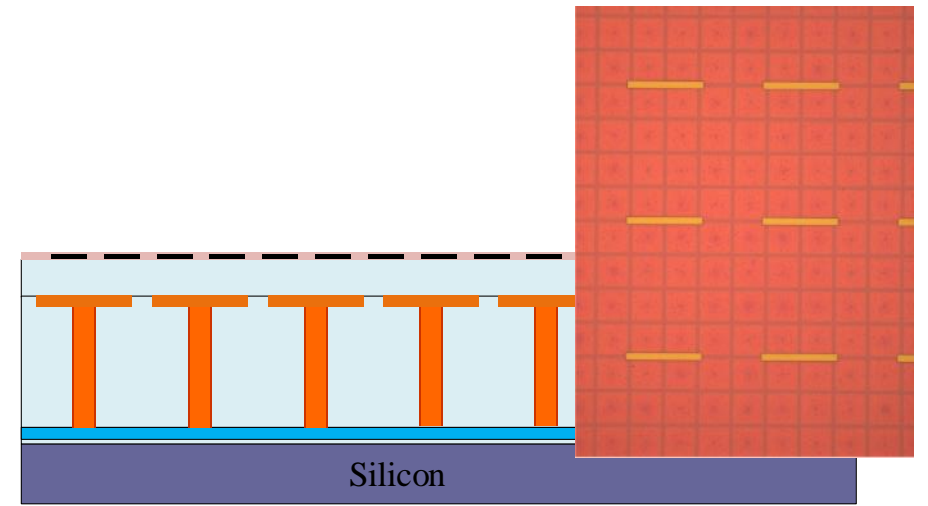
HIS + dipoles absorbants



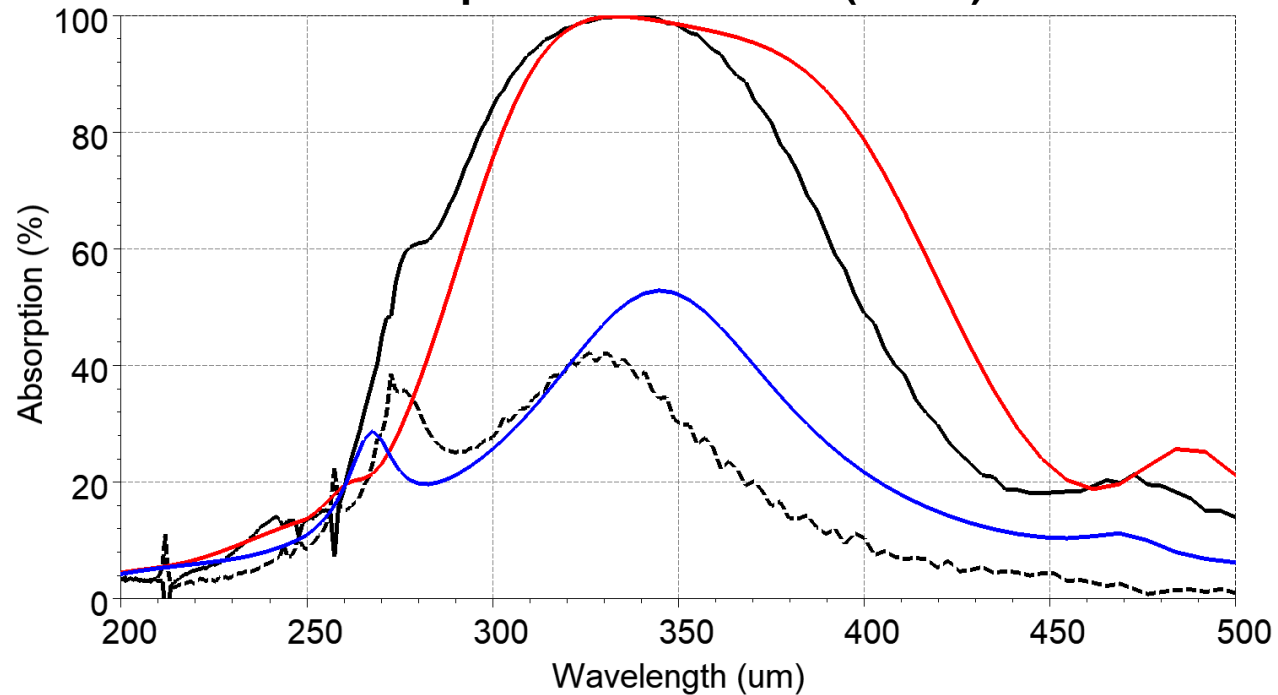
DIPÔLES ABSORBANTS ALIGNÉS AVEC LA HIS

- **Absorption totale**

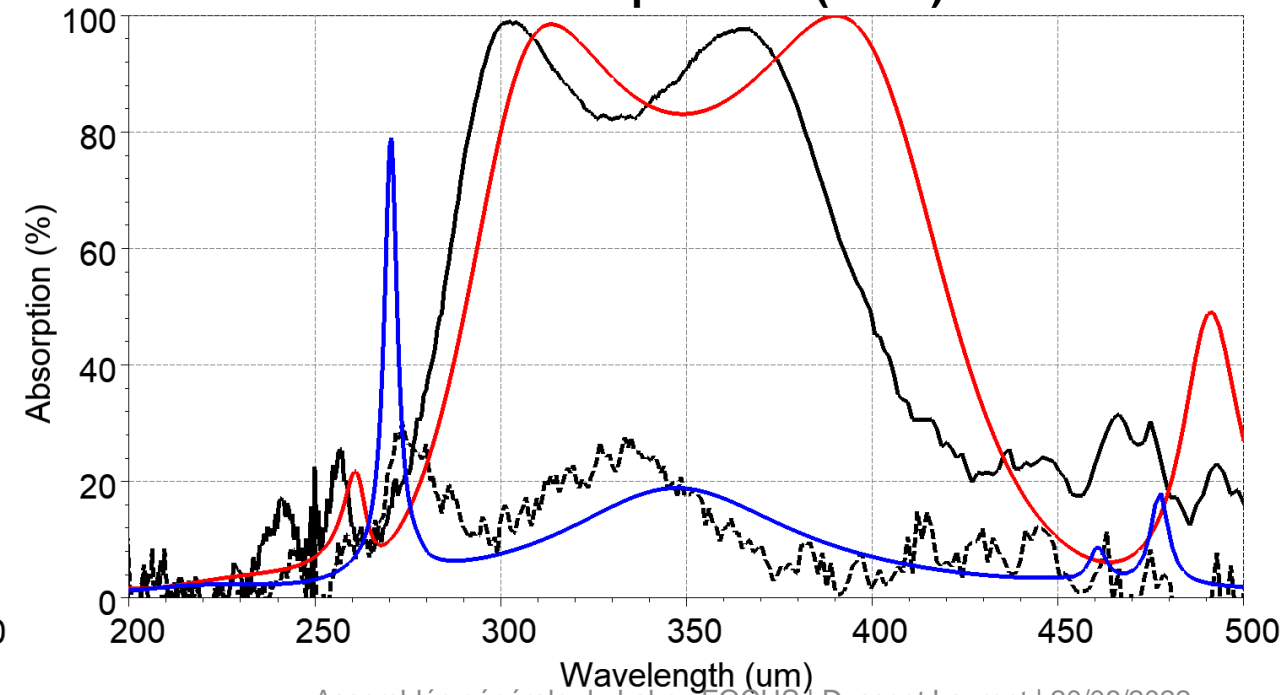
- Large bande d'absorption couvrant 300-400 μm
- Absorption max > 90%
- Bonne discrimination entre les 2 polarisations.



Température ambiante (300 K)



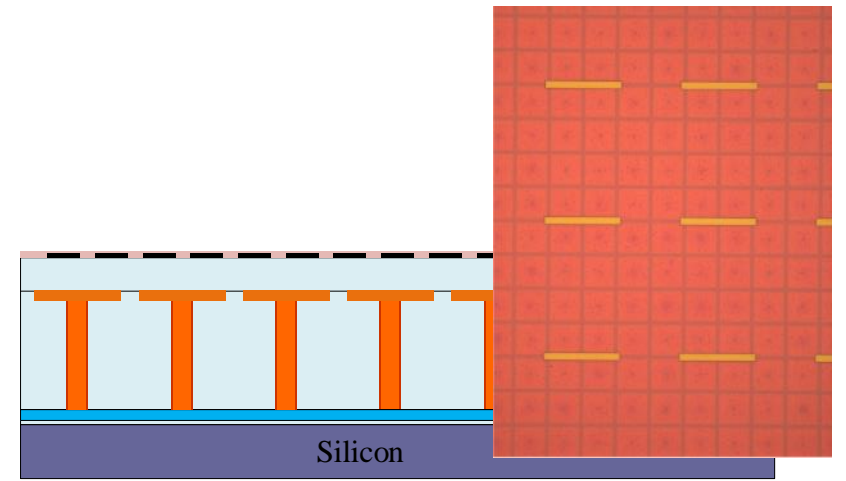
Basse température (1.6 K)



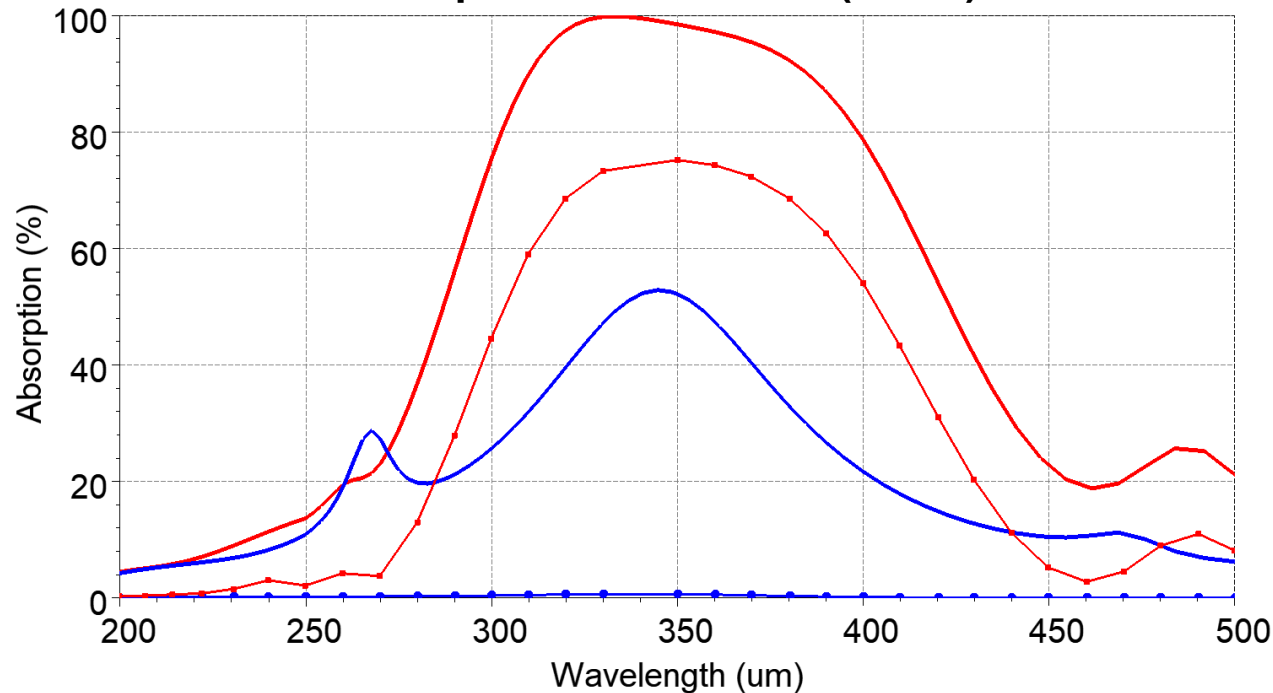
DIPÔLES ABSORBANTS ALIGNÉS AVEC LA HIS

- Absorption dans les dipôles**

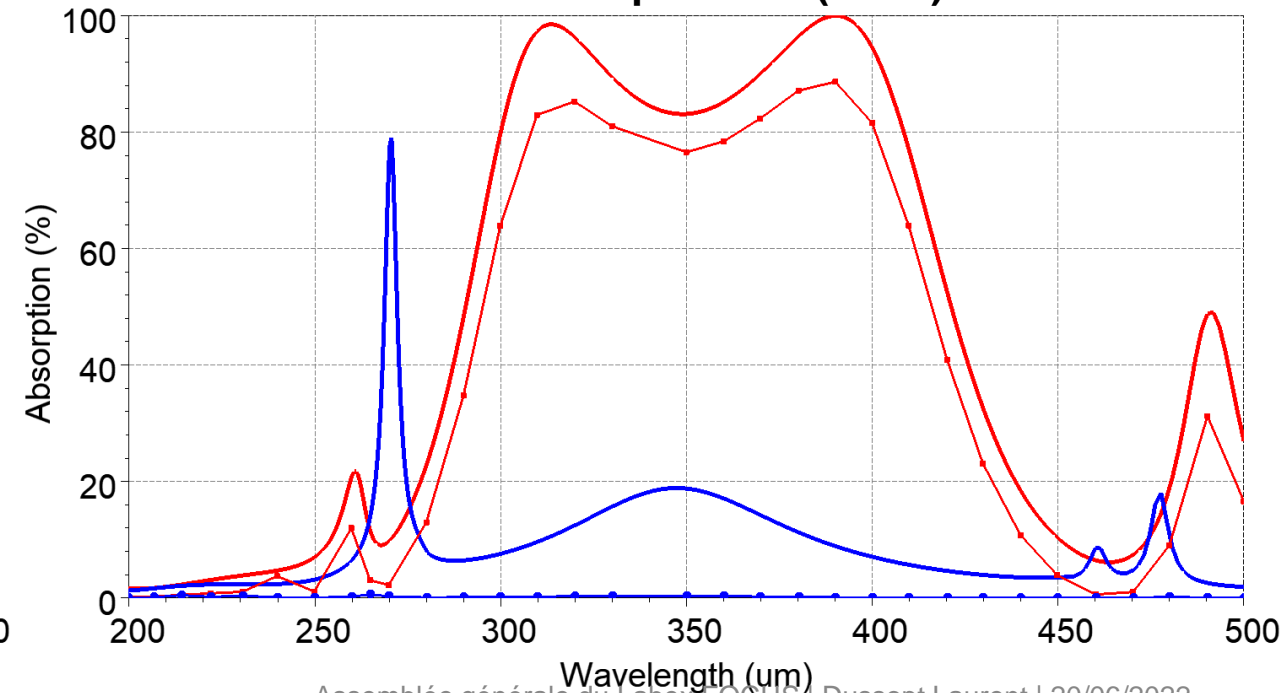
- Polar. Principale: environ 10% inférieure à l'absorption totale.
- Polar. Croisée: < 1% => bonne discrimination pour la polarimétrie.



Température ambiante (300 K)

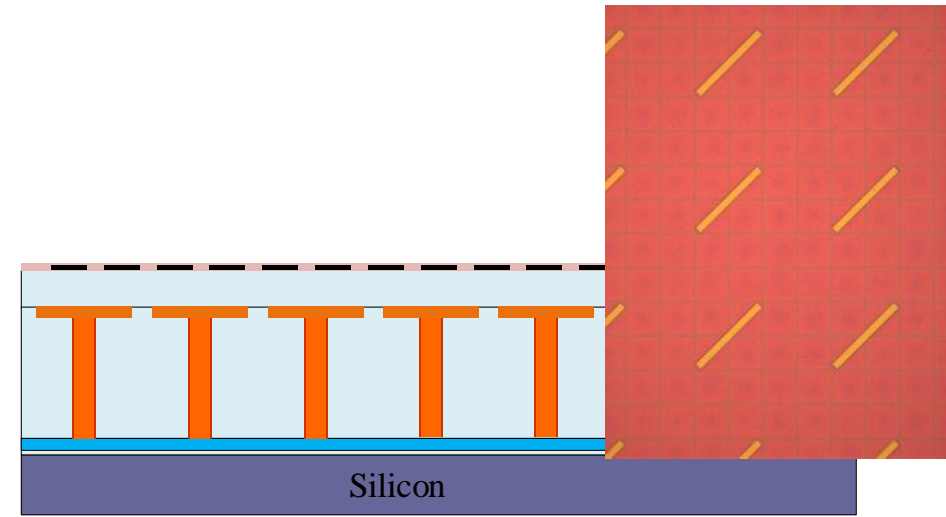


Basse température (1.6 K)

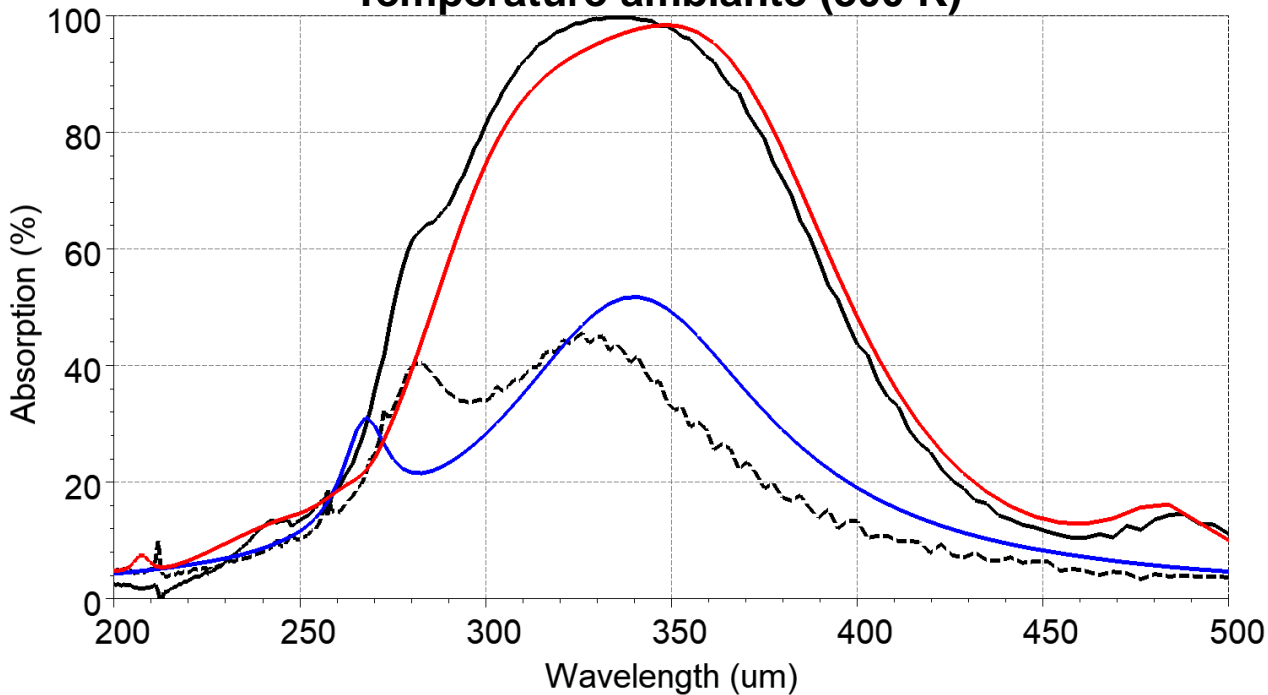


DIPÔLES ABSORBANTS À 45°

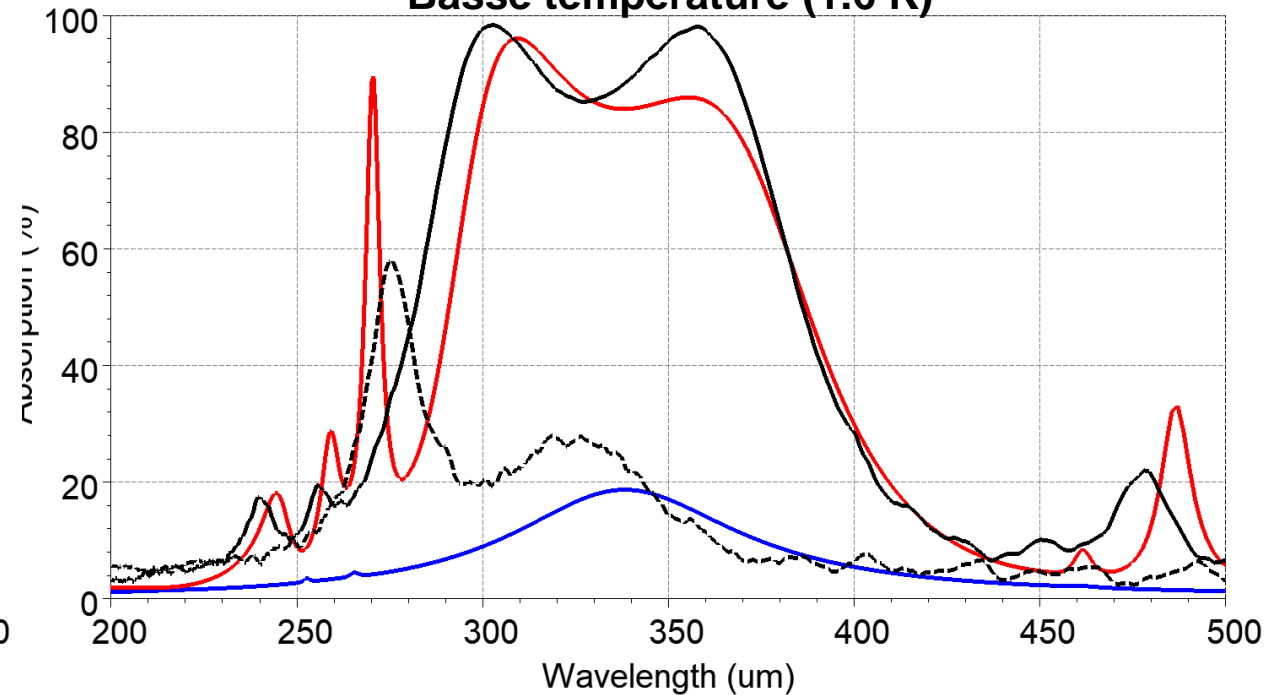
- Absorption similaire à celle des absorbeurs droits => on pourra combiner des absorbeurs d'orientations différentes sur une même HIS pour réaliser de la polarimétrie.



Température ambiante (300 K)

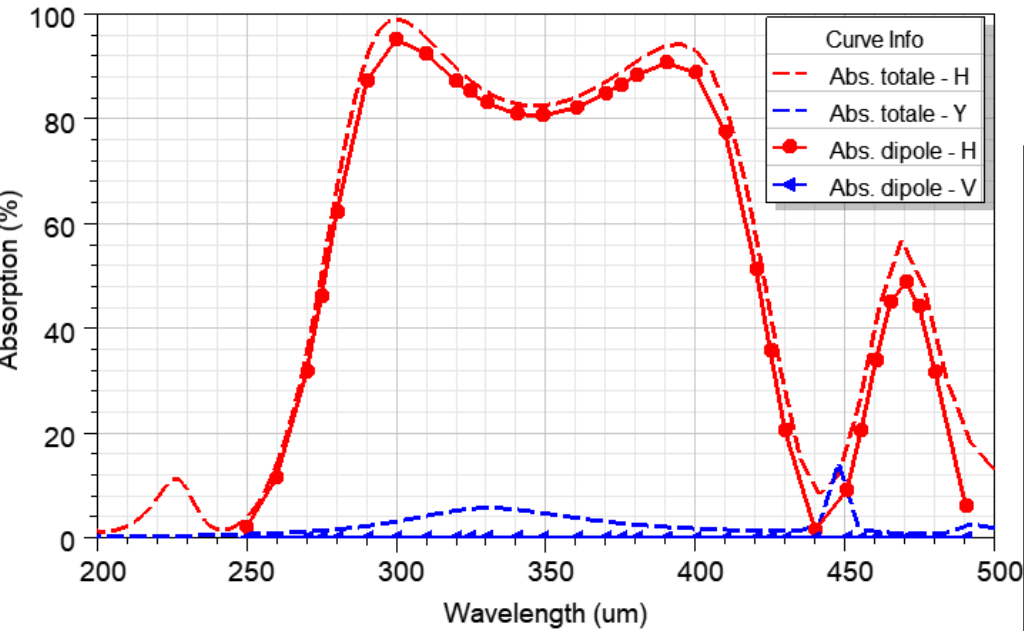
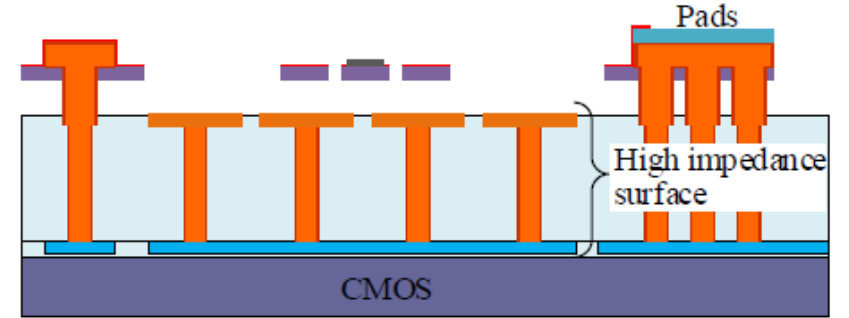


Basse température (1.6 K)



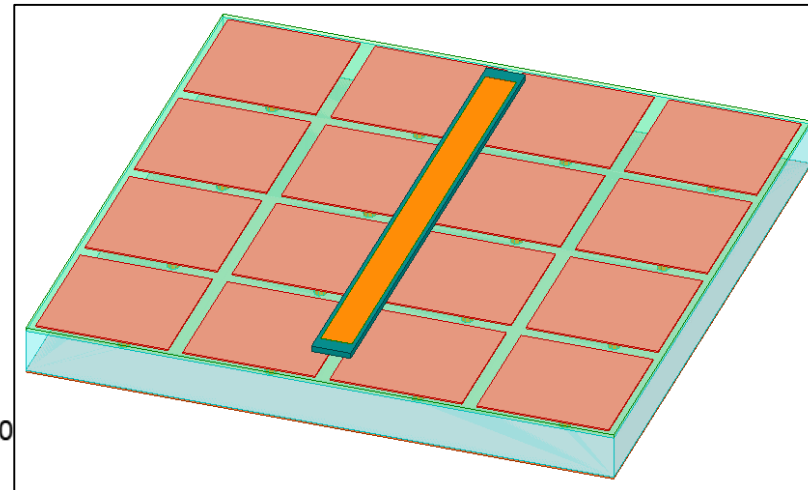
PIXELS POUR LA BANDE 350UM

- Conception préliminaire d'un pixel
 - Taille de pixel: 750 μm
 - Abs. > 50% pour $\lambda > 280\text{-}420 \mu\text{m}$

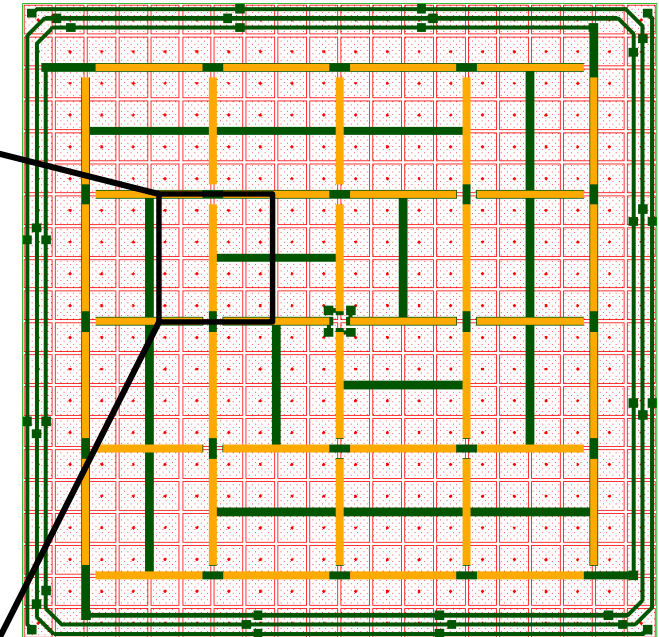


Absorbeurs :

- Dim. 125x8 μm
- Période 150 μm

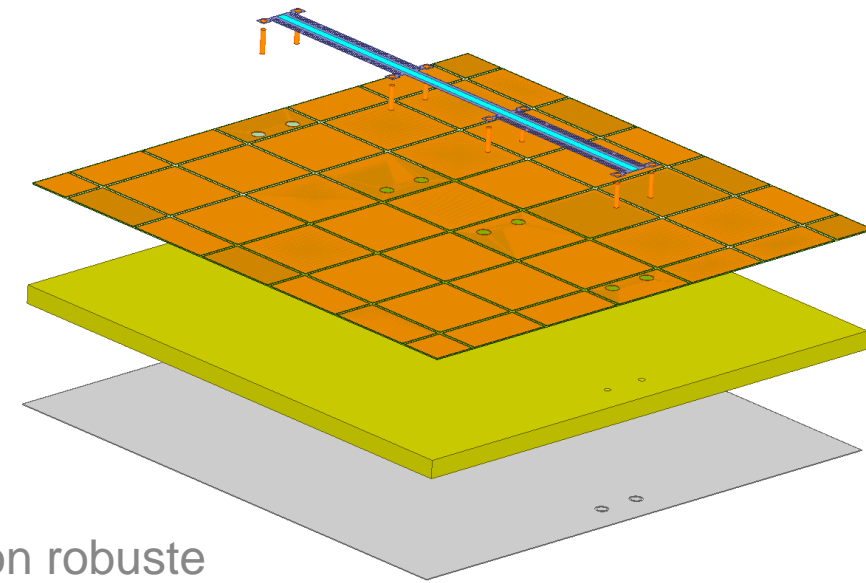


Pixel 350 μm – polarisations H/V

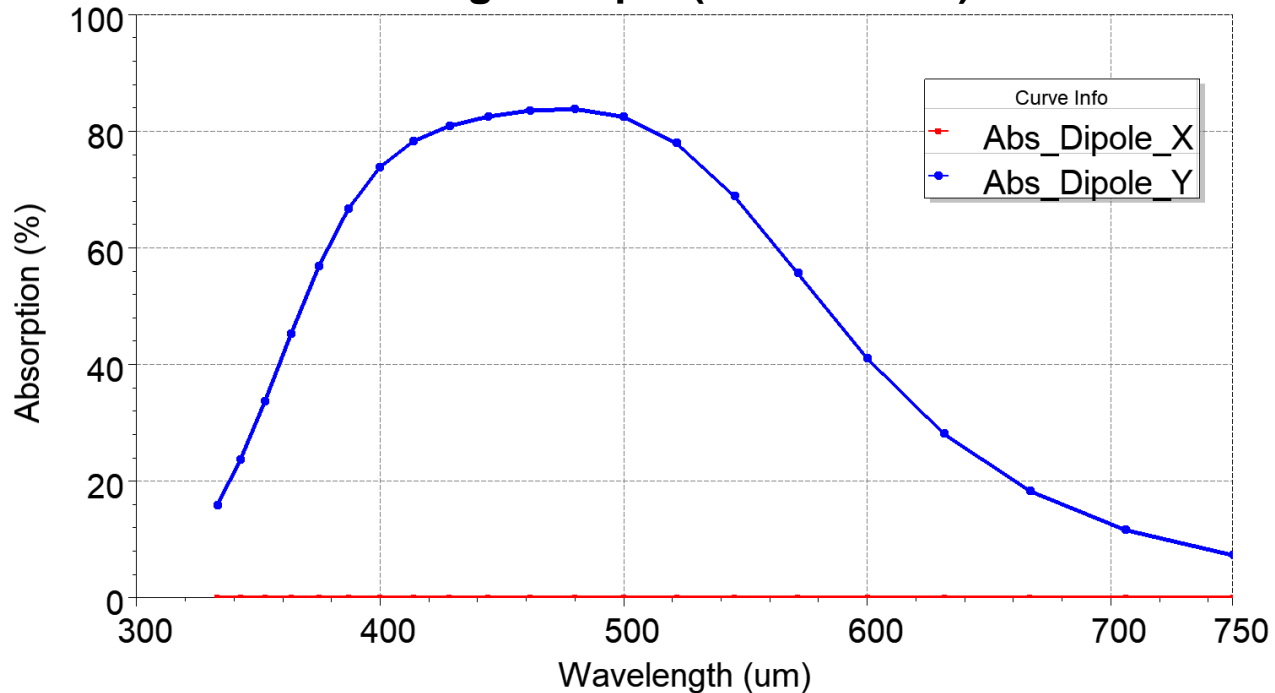


PIXELS POUR LES BANDES 450 UM ET 750 UM

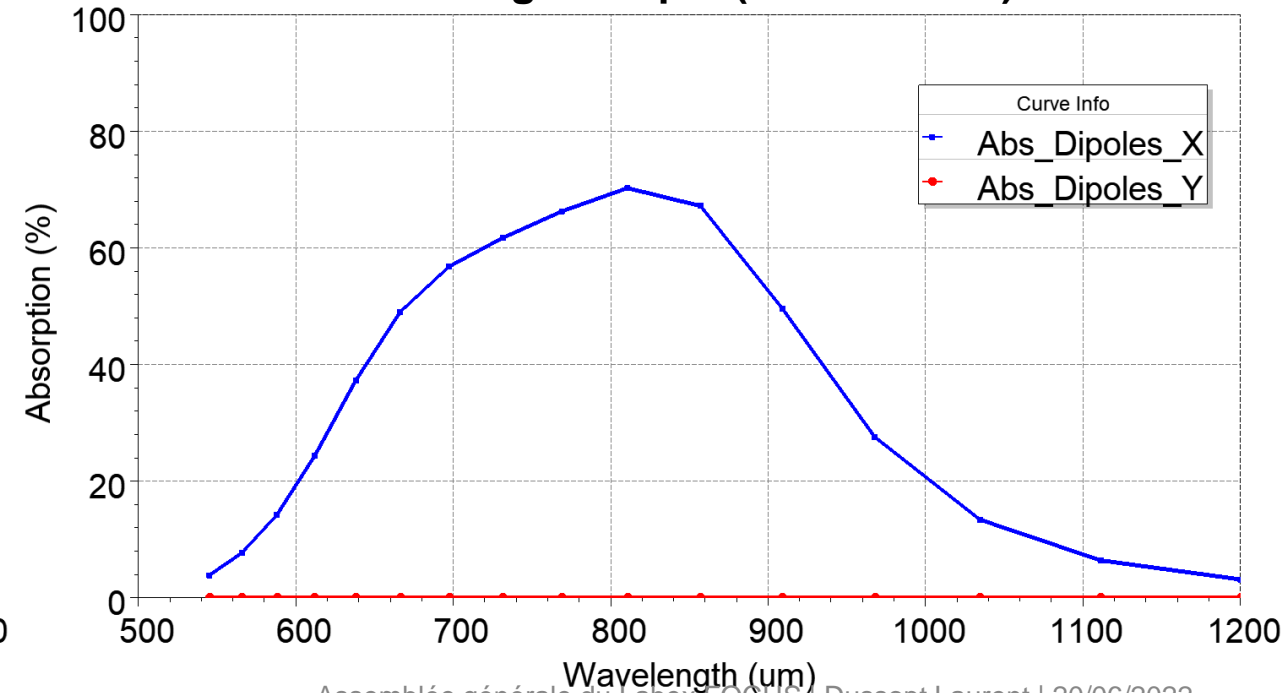
- Pixels développés pour des applications non refroidies à 400 GHz et 650 GHz (thèse A. Fournol, CEA-DGA)
- Performances similaires avec bande d'absorption ~30%
- Pour aller vers les λ millimétriques:
 - Besoin d'un gap sub- μm entre patchs => limites pour une fabrication robuste



Design 450 μm (500-850 GHz)



Design 750 μm (330-510 GHz)



CONCLUSION

- **Démonstration de Surfaces Hautes Impédances en bande 350 μm**

- Conception avec techno proche des détecteurs B-BOP
- Fabrication de prototypes avec absorbeurs “passifs”
- Carac. optiques polarisées à T° ambiante et cryogénique

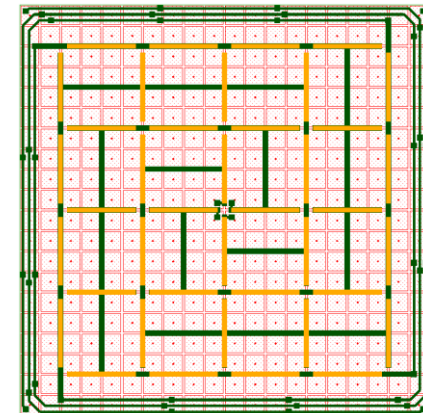
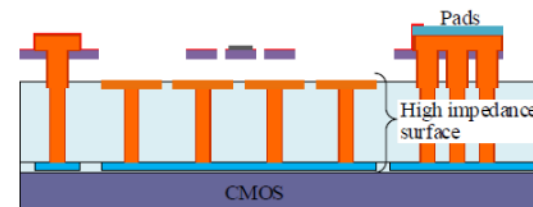
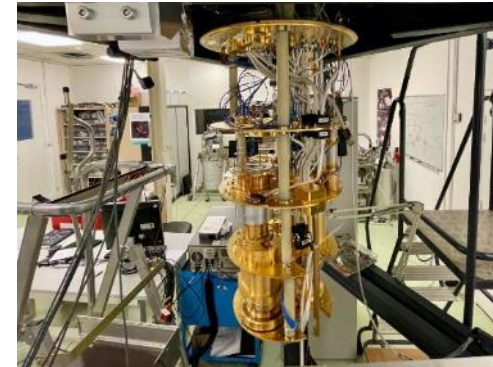
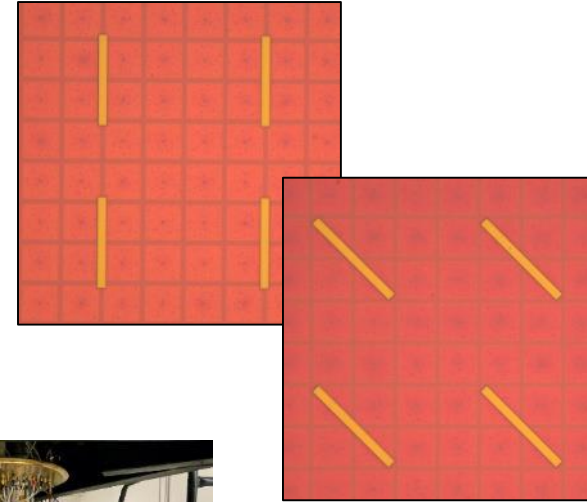
- **Validation des designs:**

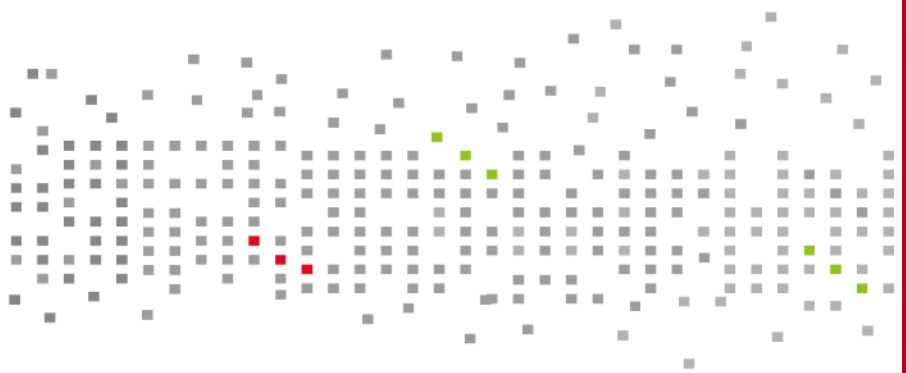
- Bon accord Modèle-Expérience
- Haut niveau d’absorption > 80%
- Bande d’absorption ~30%
- Très bonne discrimination des polarisations (polarimétrie)

- **Perspective: développement de pixels polarimétriques B-BOP 350 μm**

- **Références:**

- L. Dussopt et al, LTD19 conf.
- L. Dussopt et al., J. of Low Temp. Phys., à paraître.





CEA-Leti, technology research institute
Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives
Minatec Campus | 17 avenue des Martyrs | 38054 Grenoble Cedex | France
www.leti-cea.com

