

Instrumentation dans le détecteur: la voie silicium

Présentation du 20 06 2022

Motivations:

Vers 2008 il devient manifeste (pour moi) que si on espère un avenir pour la filière bolomètres résistifs tout silicium, il faut évoluer vers des fonctions instrumentales dans le détecteur.

Quelles fonctions ?

- La spectrométrie par méthodes interférométriques,
 - À basse résolution (2 ondes)
 - À haute résolution (multi-ondes) Fabry Perot.

Dans ces deux cas préserver au mieux les fonctions d'imagerie.

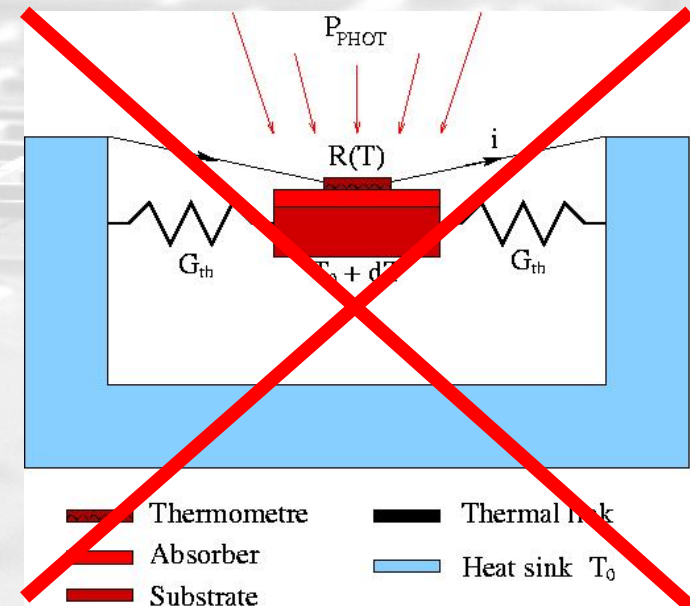
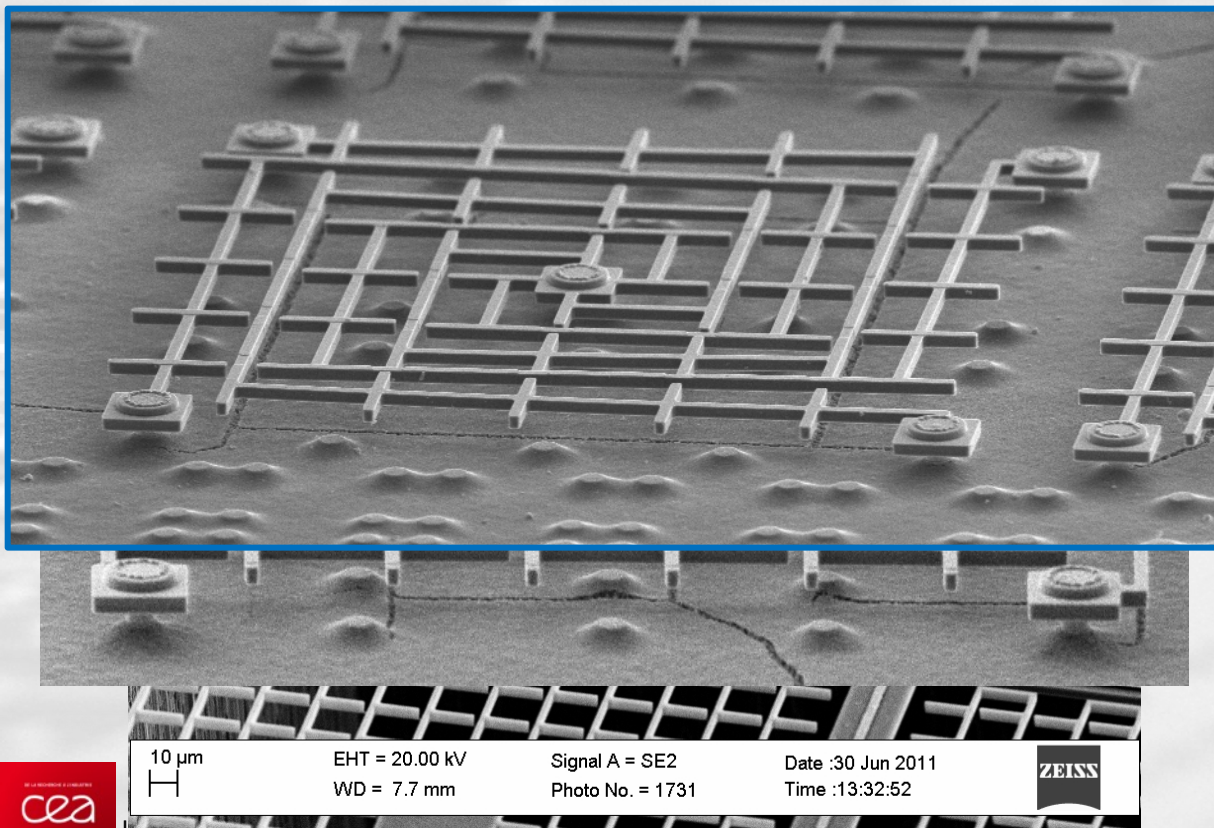
- La polarimétrie
 - Dans le pixel, en évitant les pièces mécaniques en mouvement dans la perspective d'un appli. spatiale. => Pixels de Stokes.

La cryogénie dans le pixel

- pour ne refroidir que la partie sensible : cryogénérateur par évaporation d'électrons chauds.

Quels atouts ?:

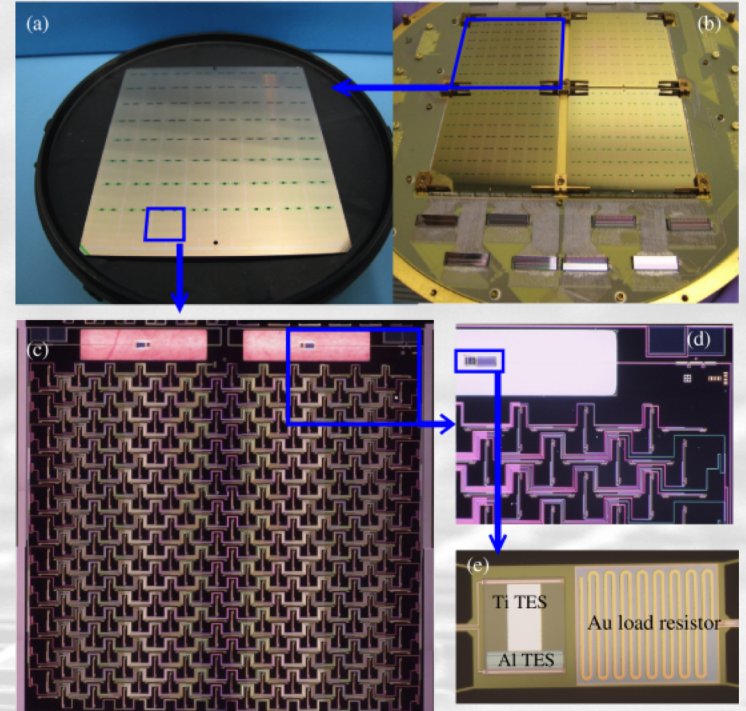
- Une maîtrise des processus de la micro-fabrication du Silicium
- Un retour d'expérience des faiblesses de l'expérience PACS,
- Une maîtrise de la fabrication et tests de l'électronique classique aux températures cryogéniques (P_{gmmme} FP7 CESAR) .
- Une maîtrise système acquise durant le développement de la caméra ArTeMiS



2013-2014 POLARISATION: les idées se concrétisent:

(Spectro voir la présentation de Timothée)

- **Le JPL propose une structure pour mesurer la polarisation dans le pixel.**



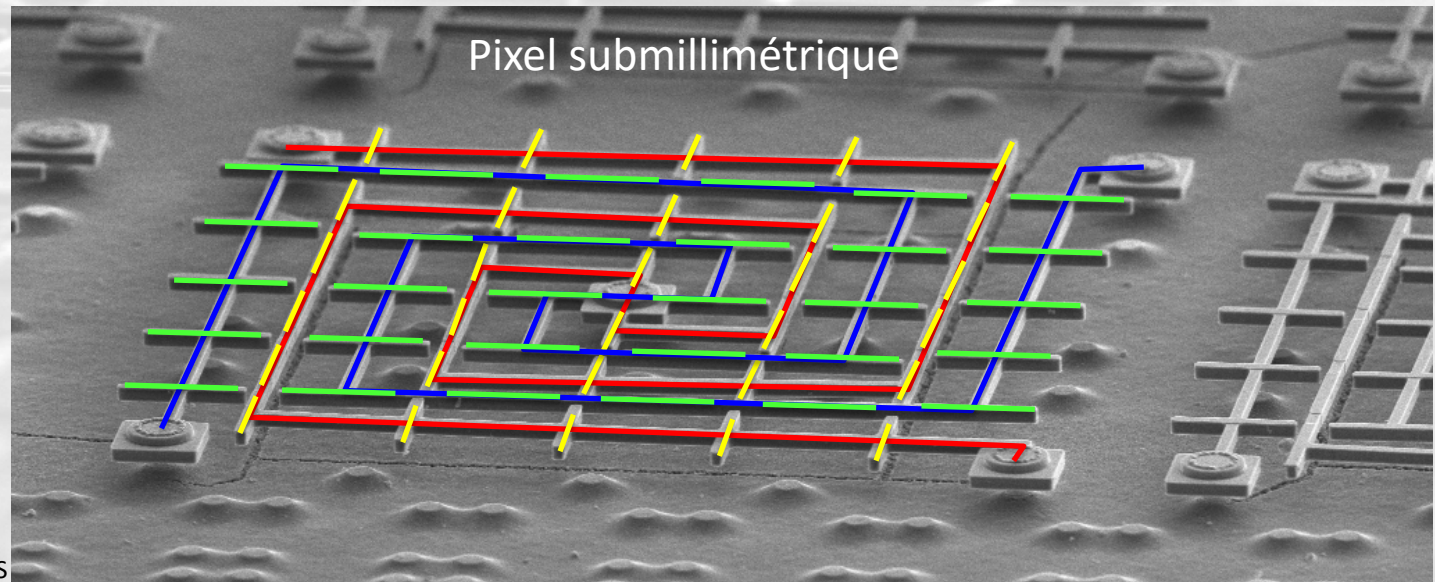
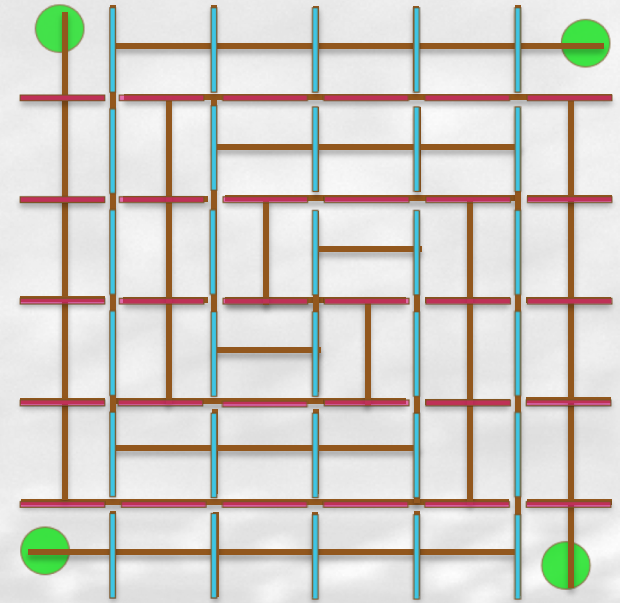
Caractéristiques:

- Absorption « slot antennas »
- Senseur TES unique par polarisation
- Réseau phasé entre absorbeurs et TES !!
- => conversion champ électromagnétique chaleur ds TES

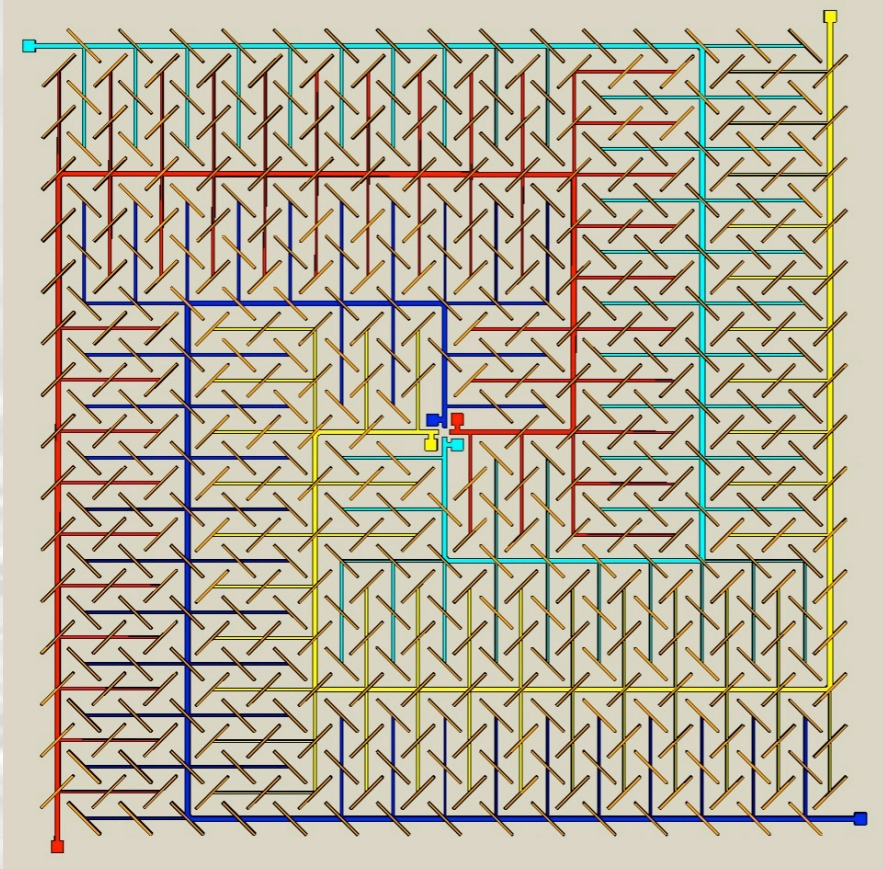
- **Une structure spirale pourrait remplir les fonctions nécessaires à une polarimétrie mais conversion onde-chaleur et mesure « T » délocalisée dans le pixel.**

Du concept au prototype

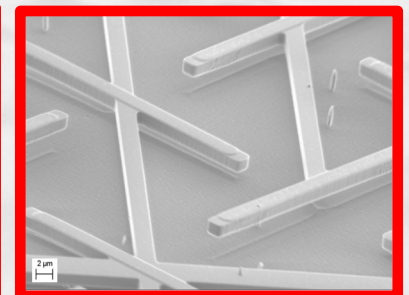
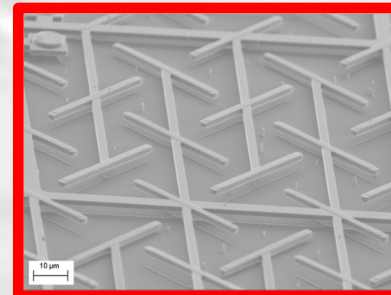
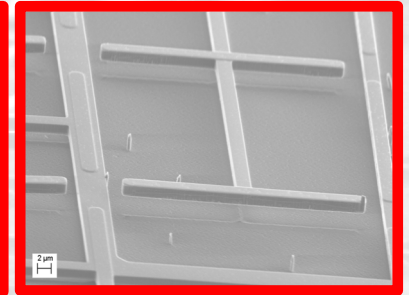
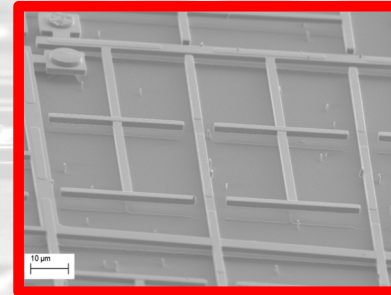
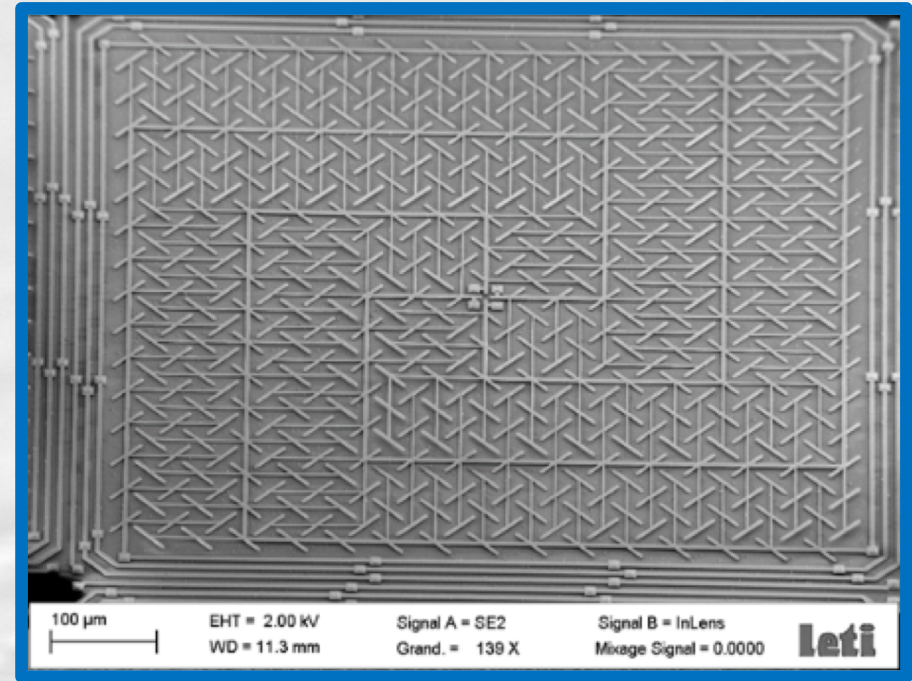
- **Design Avril 2013 pour dépôt de brevet:**
 - **Deux réseaux de dipôles orthogonaux**
 - **portés par deux spirales silicium**
 - **La spirale est le thermomètre**
 - **La spirale est la résistance thermique**
 - **La spirale est le lien « quadratique » des dipôles**



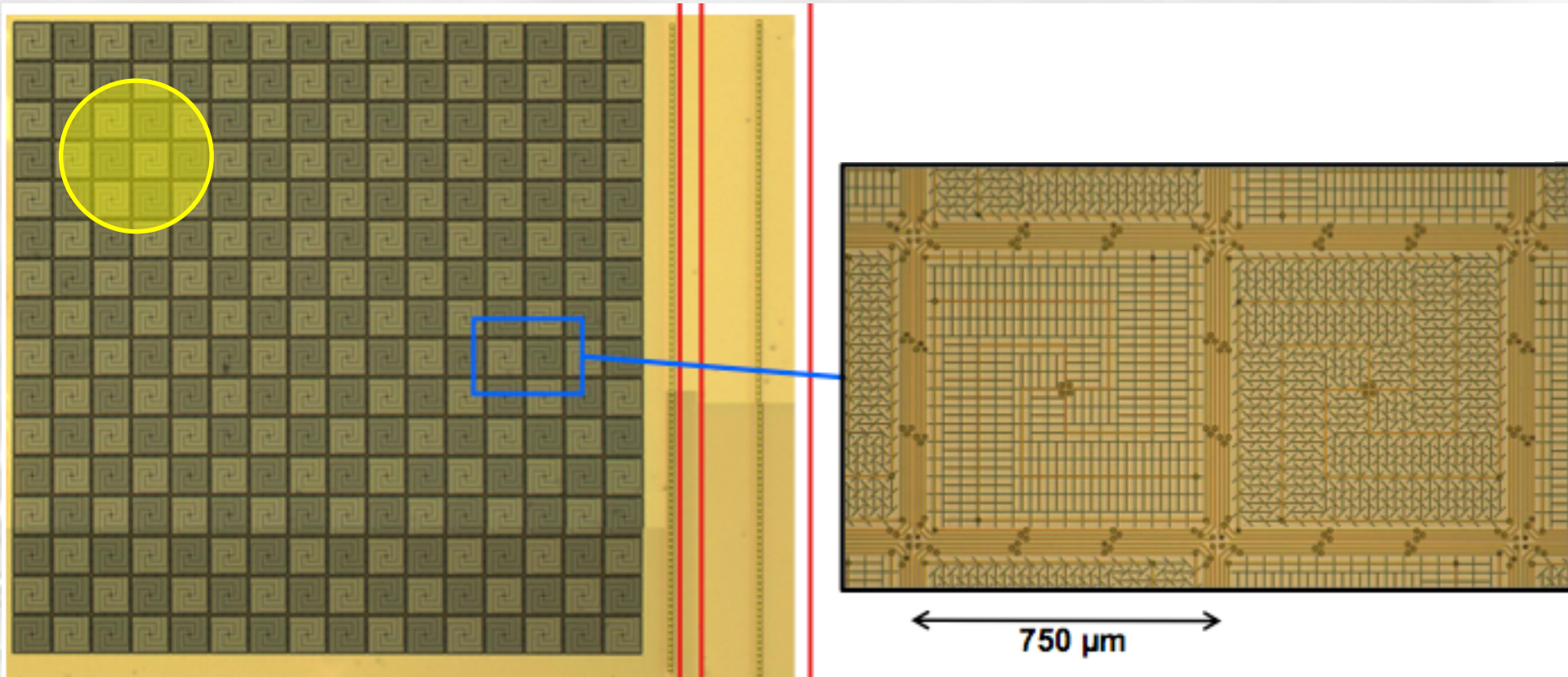
Du prototype au démonstrateur



Pixel $100\ \mu\text{m}$
 $\pm 45^\circ$

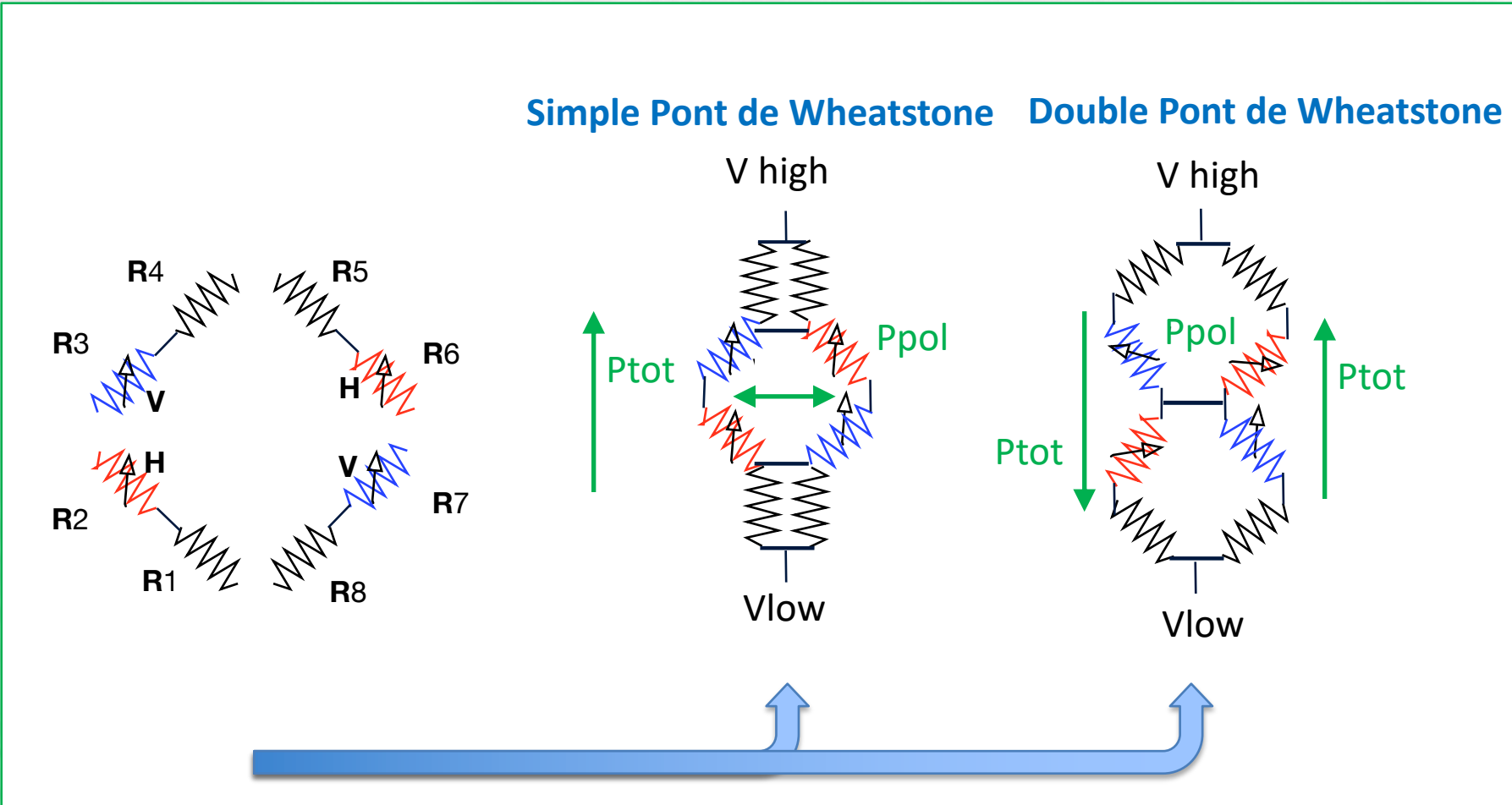


Pixels de Stokes : la fonction instrumentale installée



- On accède ainsi aux trois premiers paramètres de Stokes (I, Q, U), sans pièces tournantes, lames demi-onde, avec 100 % (>90 %) de lumière incidente absorbée

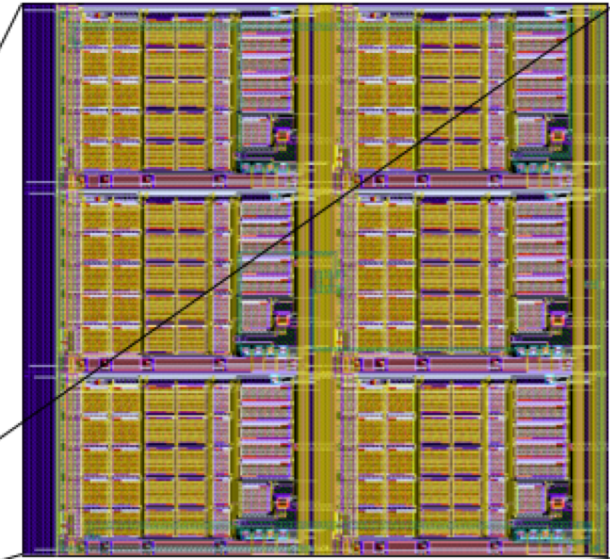
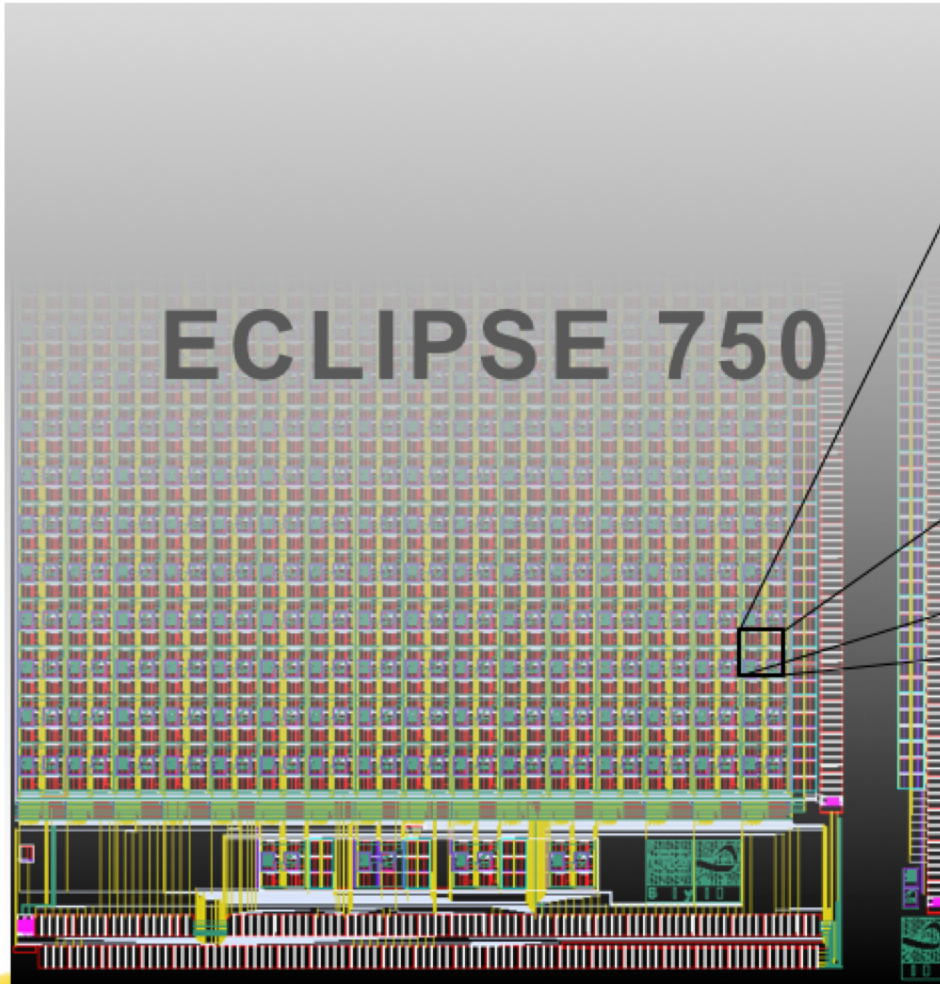
Mode de lecture original: deux configurations



**Gain par rapport aux réalisations précédentes:
Système doublement différentiel Puissance totale et polarisation
lu par un circuit ASIC développé au DEDIP.**

ECLIPSE 750:

CMOS AMS 350nm, 300 PADs. 50-100 mK, 1536 readout circuits, $1\mu\text{W}$, 1.7 cm^2



1 Pixel : 6 points
élémentaires de lecture.

Bruit mesuré à 100 mK
100Hz: 100 nV/√Hz ce qui est
conforme à nos attentes
pour atteindre l'aW/Hz

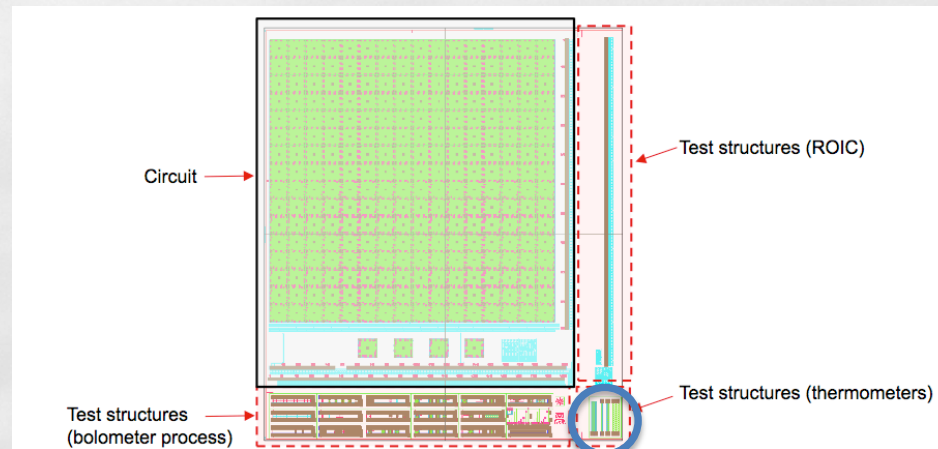
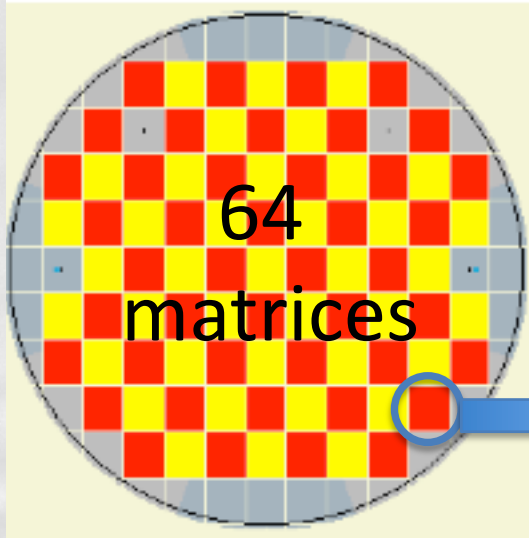
La dissipation par l'électronique front end froide est le facteur limitant au nombre de pixels: quelques milliers

Points ouverts:

- La réalisation du dopage à mieux que 2%
 - => « splits en dopage » ?
- Cavity $\lambda/4$ mal définie ?
 - => combien de « clous » pour tenir la spirale ?
- Nombre de points de lecture,
 - => simple ou double pont de Wheatstone ?
- Réalisations sur circuit d'interconnexion ou sur ASIC CMOS

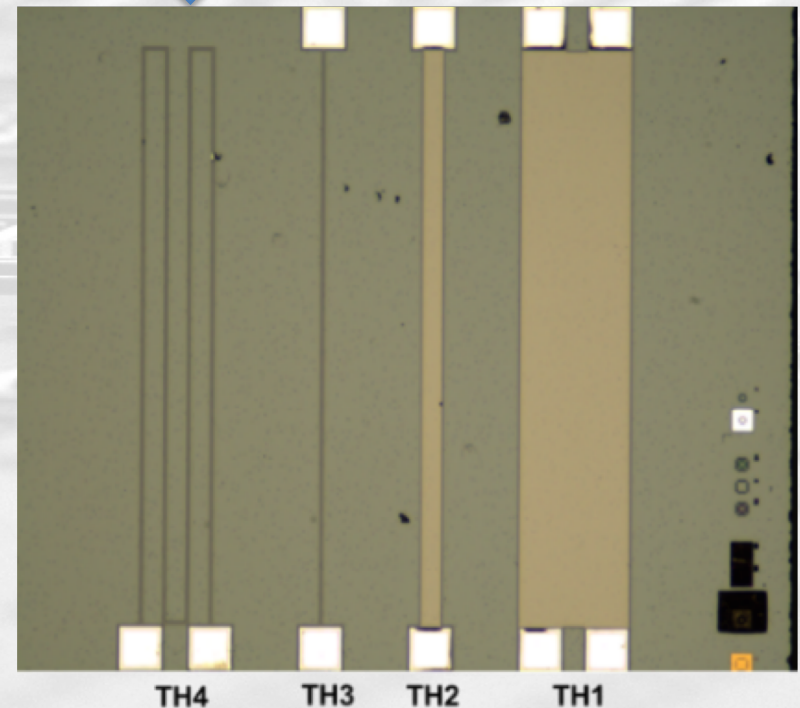
**Les premiers échantillons ont été obtenus à l'Automne 2020
=> mais 2 surprises**

Wafers 200 mm

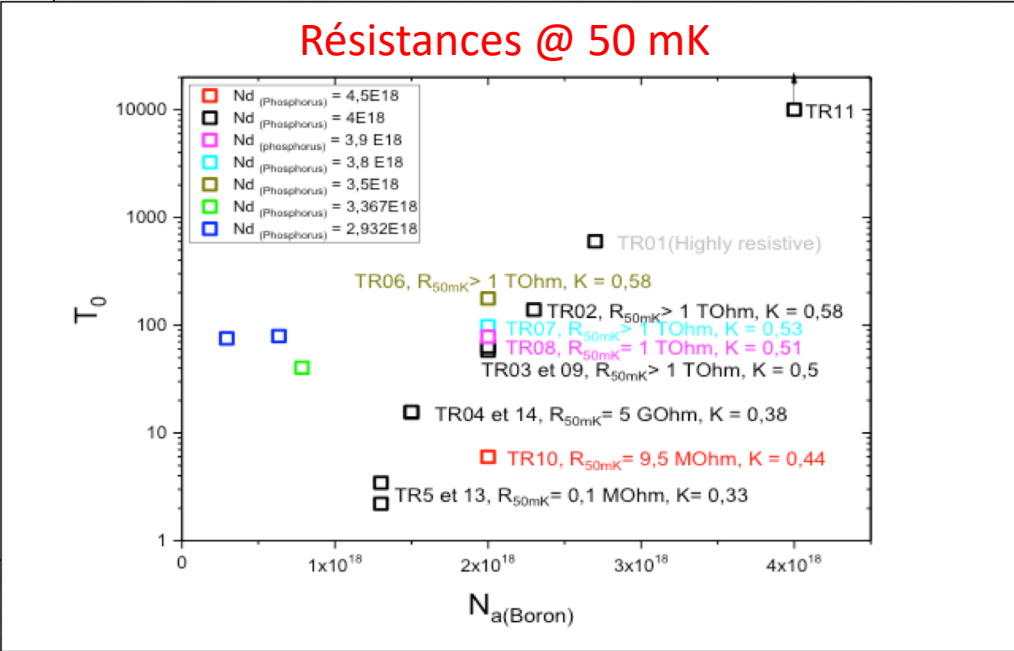
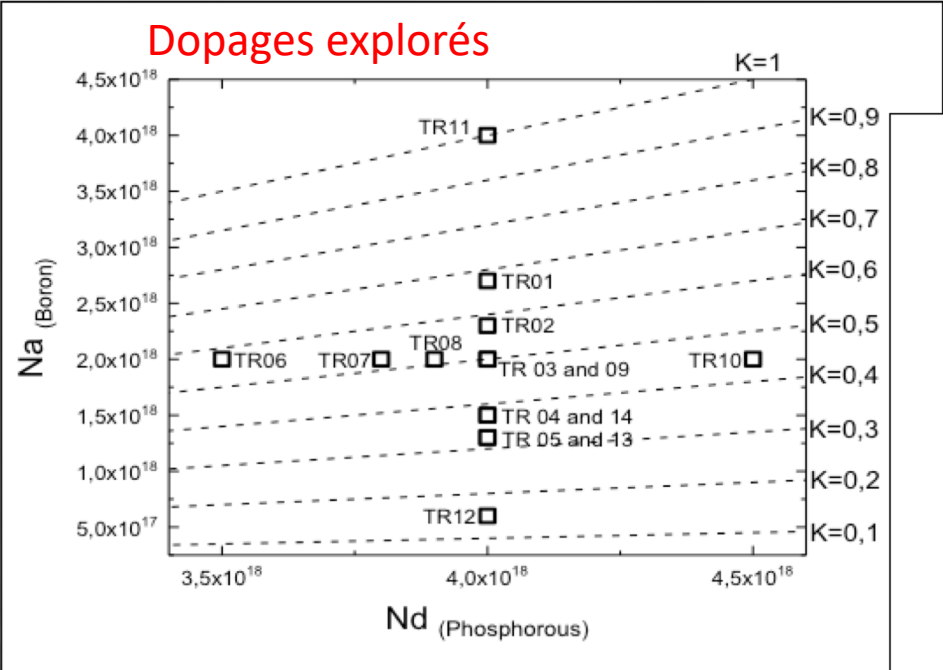


Les thermomètres « méandre ou fin » ont une Résistance 1000 X plus importante qu'attendue. Ils sont représentatifs des spirales sur les détecteurs

La métallisation des pads est insuffisante pour assurer le rendement des 300 bondings nécessaires au bon fonctionnement De l'ASIC



Propriétés attendues thermomètres



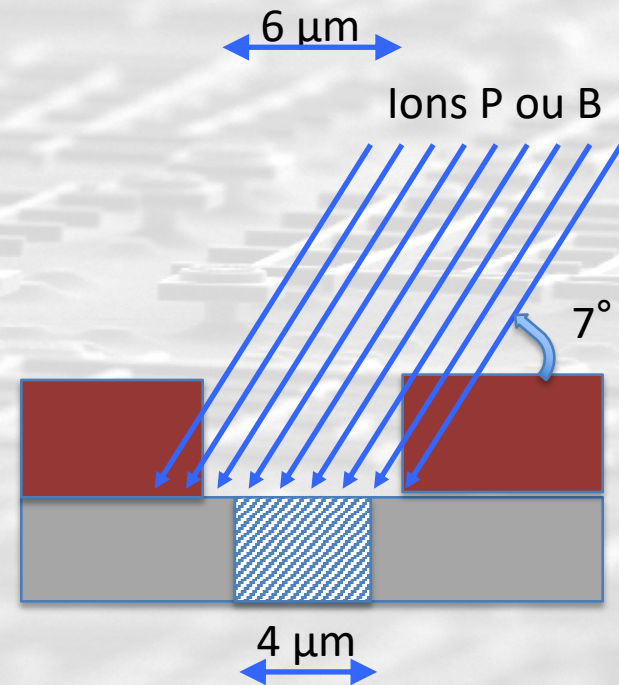
$$R = R_0 \exp \sqrt{\frac{T_0}{T}}$$

Paramètre intrinsèque

Paramètre géométrique

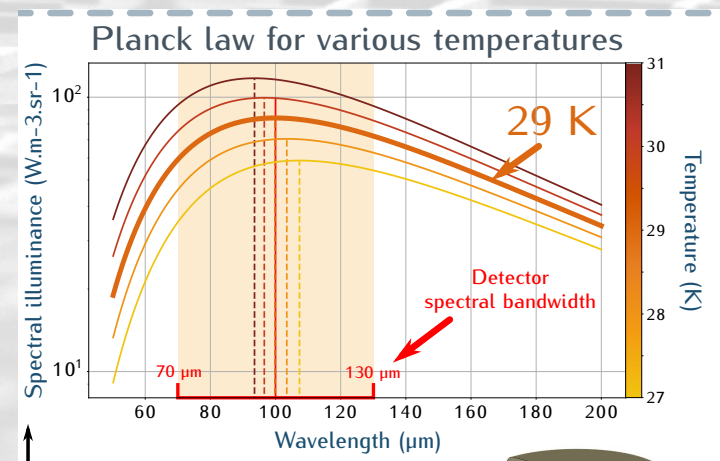
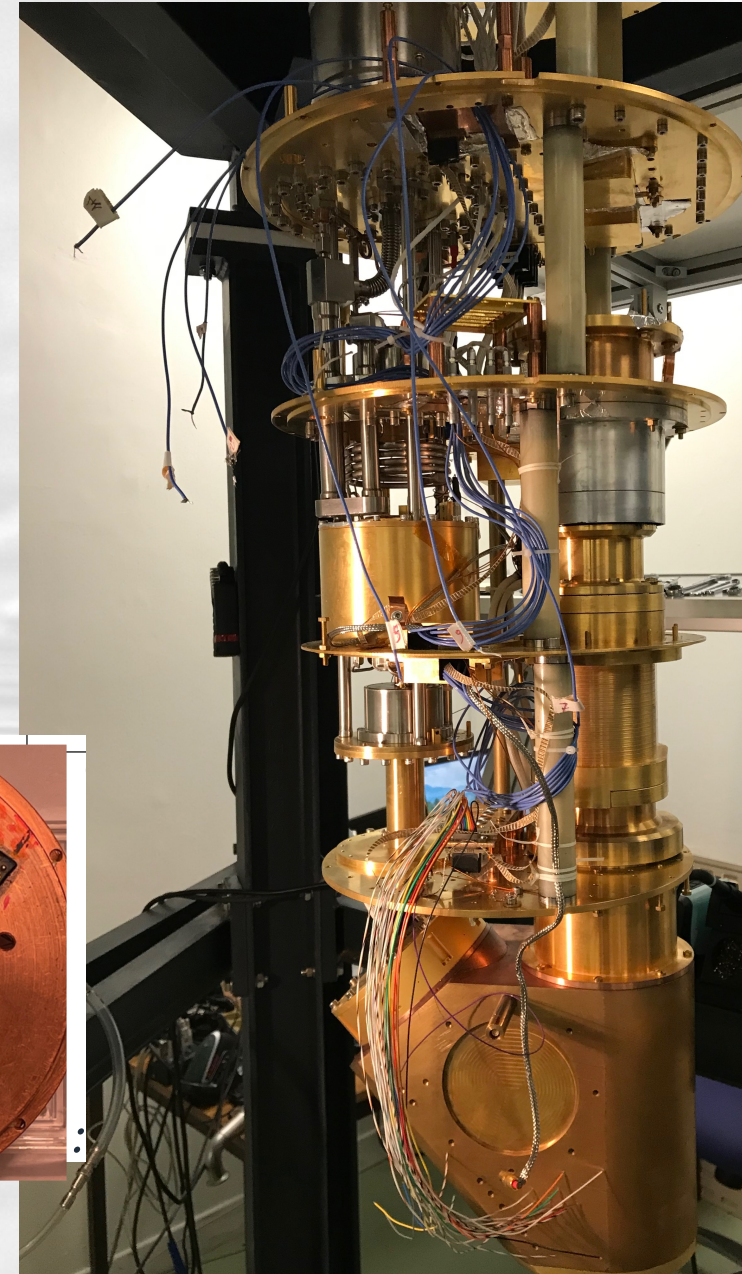
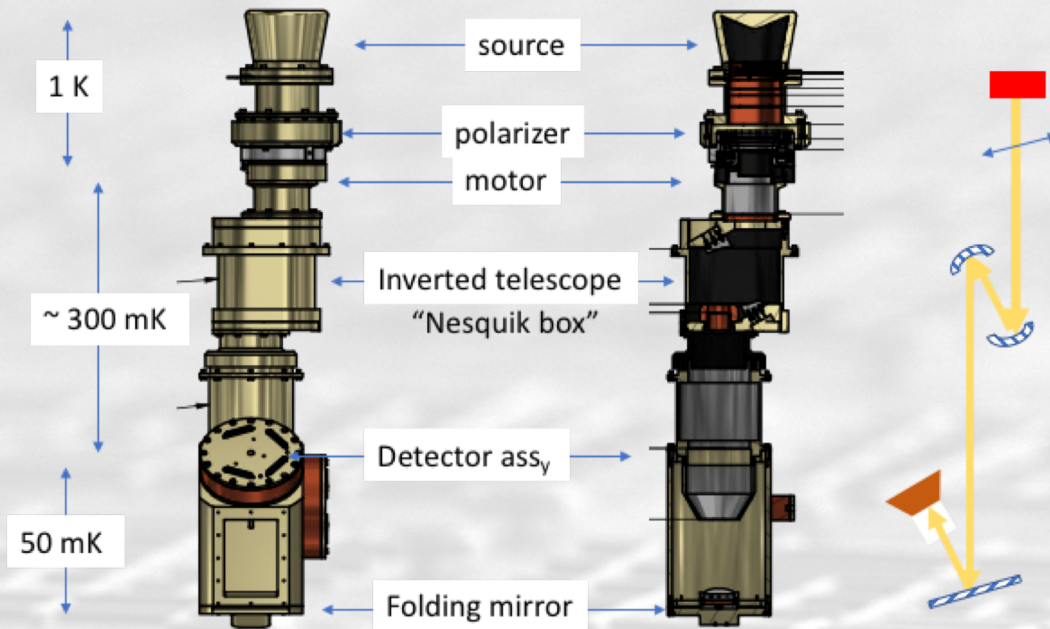
Situation actuelle

- Les deux problèmes sont aujourd'hui résolus:
- Dans le cas du dopage, des mesures faites sur les quelques wafers dopés peine plaque montrent que le problème provient de la hauteur de résine épaisse qui masque en partie la spirale (contrôle capa Cal.)



- La re-métallisation des pads est aujourd'hui sous contrôle:
- Des nouveaux composants (sur RI) sont en cours de test, et des composants sur l'ASIC sont au montage.

Cryostat test de performances est presque operationnel

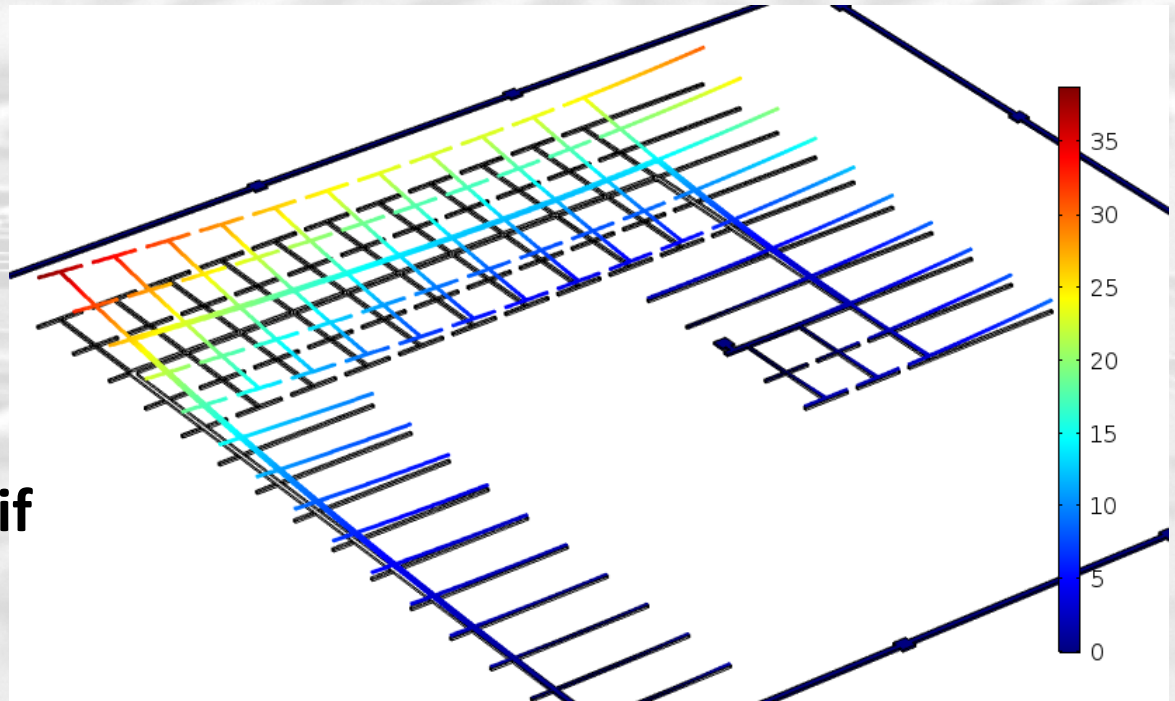


Optique des détecteurs

Le dispositif de mesures spectrales étant déjà opérationnel, nous avons pu mener de nombreuses campagnes d'études optiques:

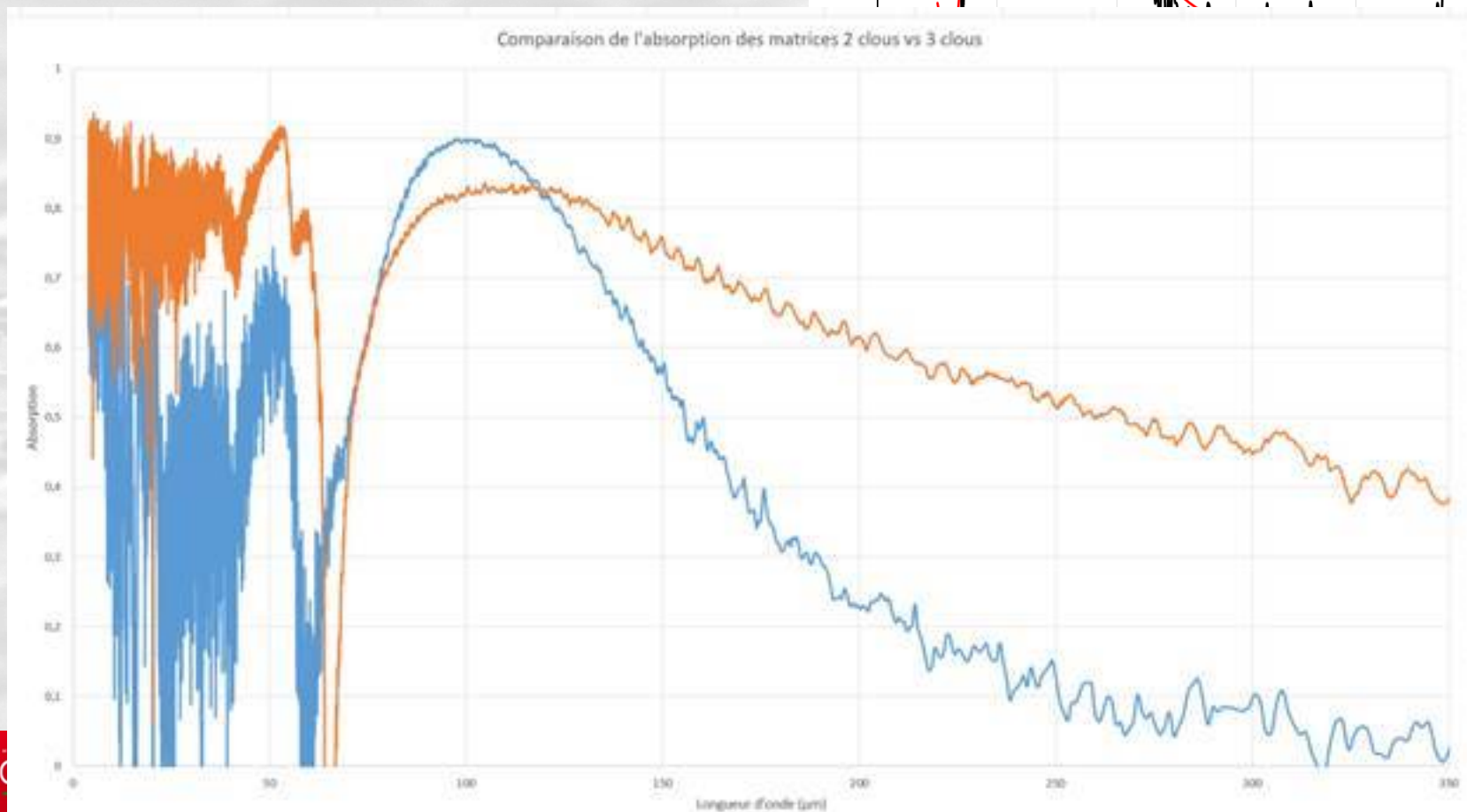
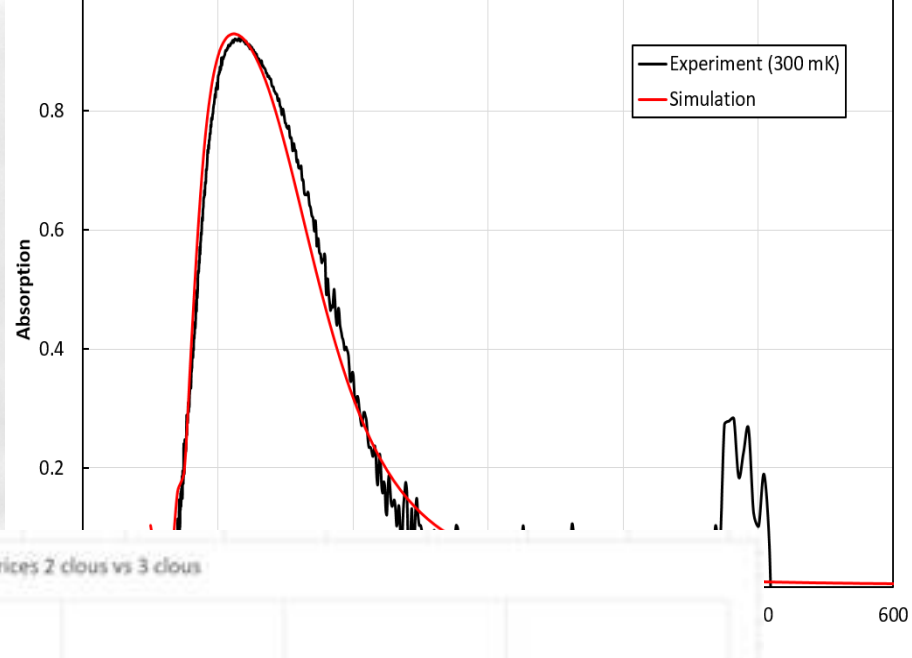
- Pour les détecteurs 100 μm ,
- Pour les détecteurs à 350 μm sur HIS (voir L Dussopt),
- Pour les détecteurs 1 mm (pas présenté aujourd'hui).
- Pour la spectro on chip (voir T Tollet)

- Deux trois « clous »
- La cavité $\lambda/4$ est elle bien adaptée et uniforme pour l'objectif visé ?

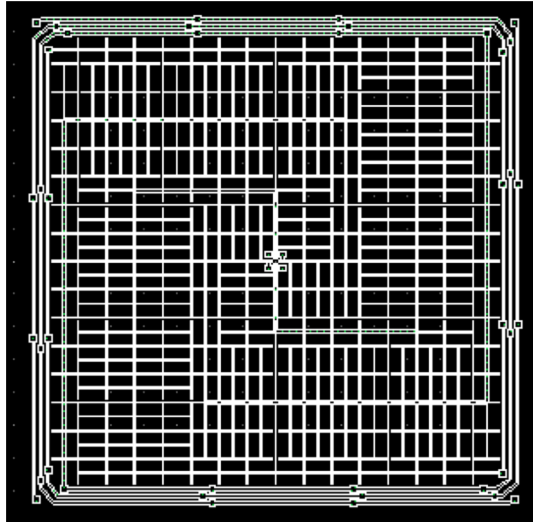


Optique des détecteurs

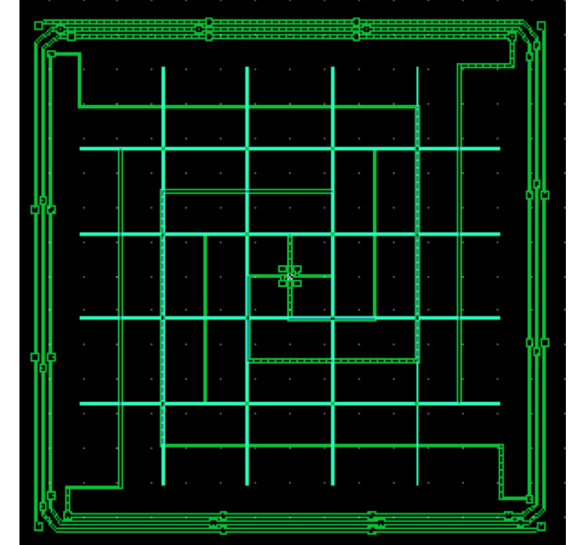
Matrice non libérée →



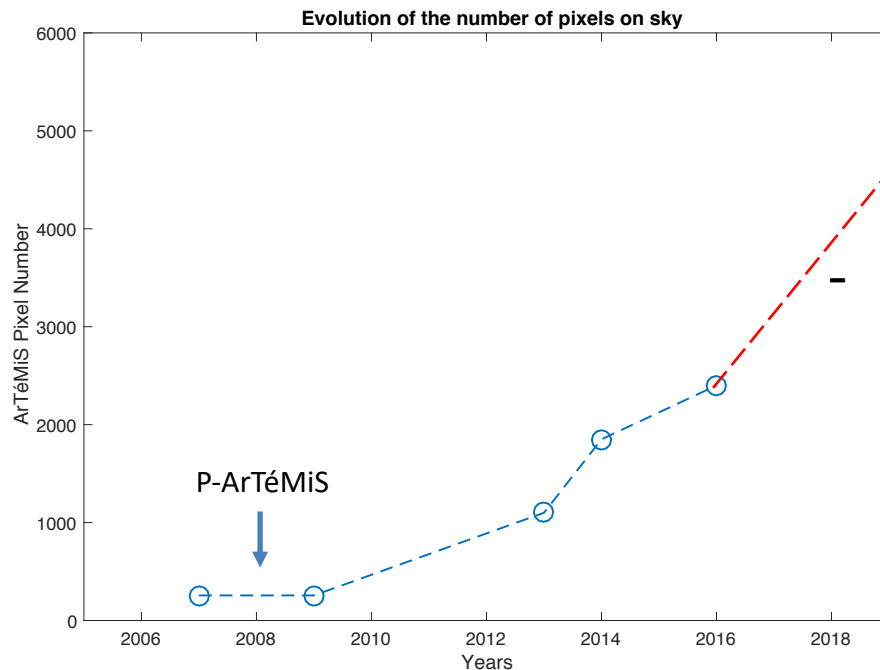
What's next



Pixels 100 μm pour B-BOP



Pixels 350 μm pour ArteMiS



~ 6000 detectors with enhanced capabilities :

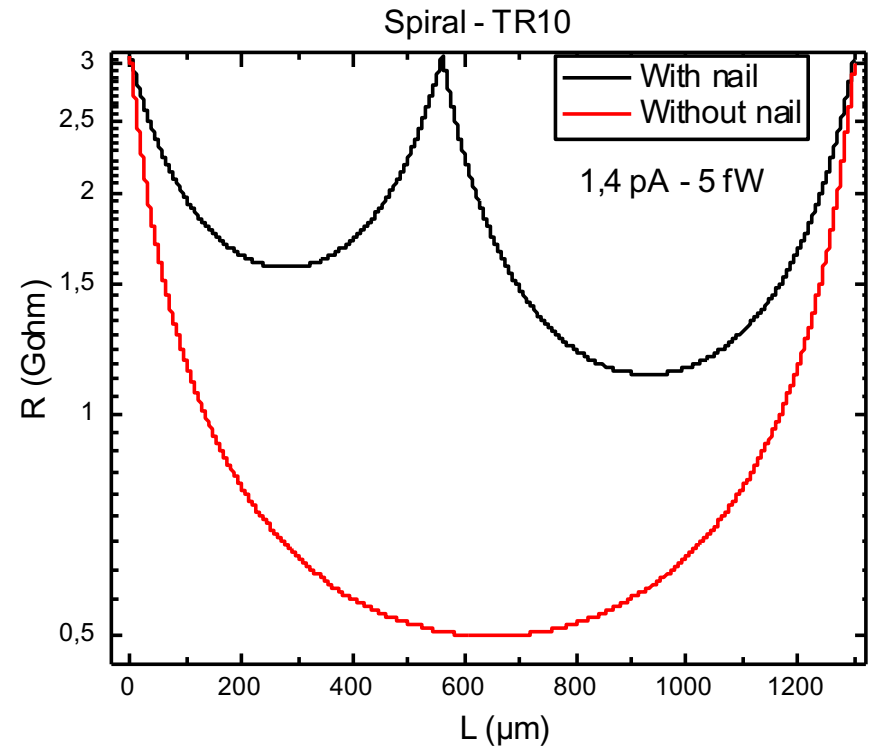
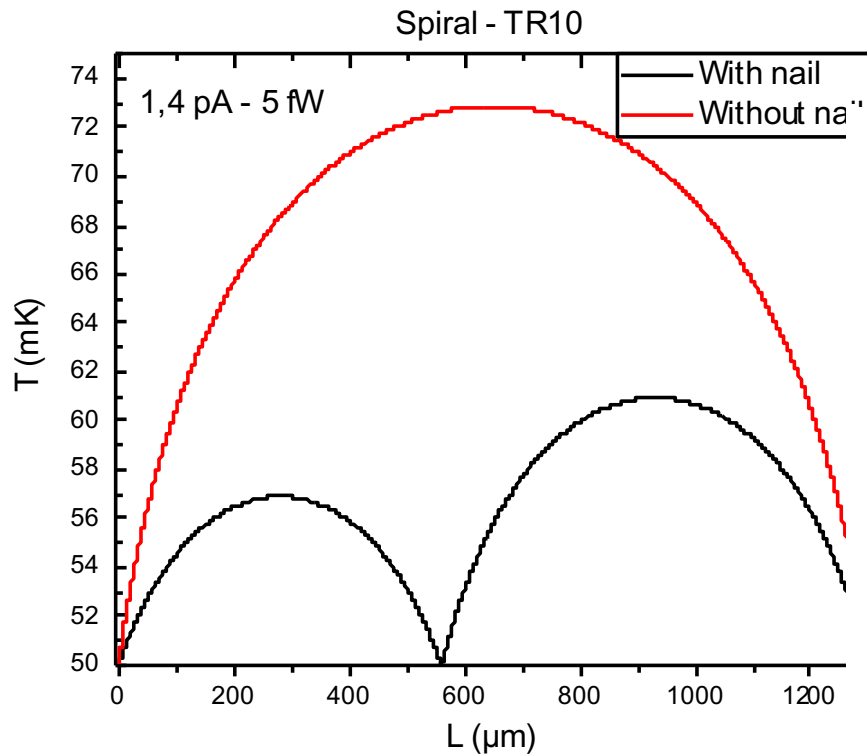
- Polarization sensitive
- 350 μm band (TBC)

Vendredi dernier nous avons été informés que le financement PTC a hauteur de 120 k€ de notre projet d'équiper ArTeMiS de nouveaux détecteurs est accepté

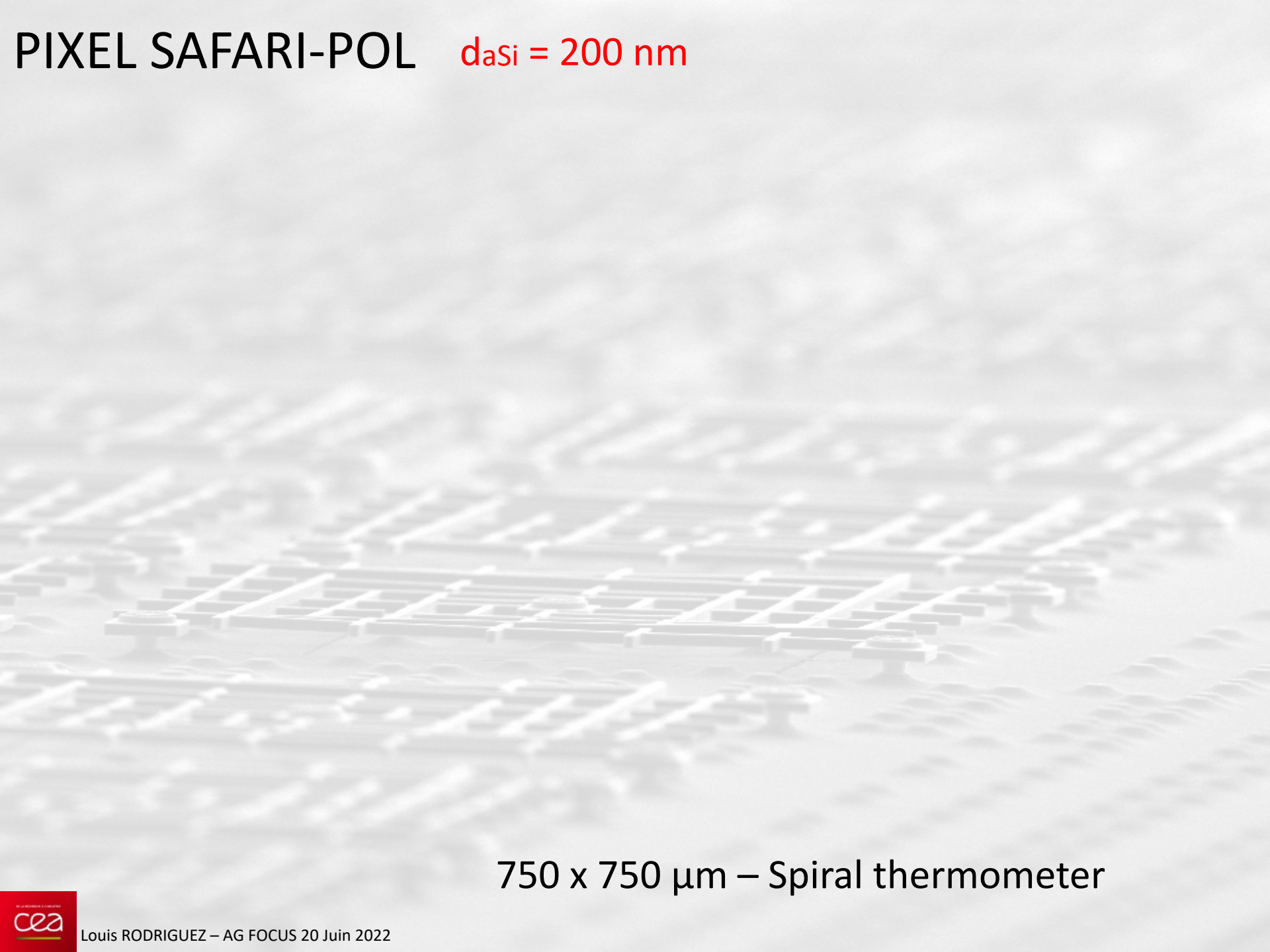


The END

Impact d'un clou additionnel sur les performances sur les profils de température (thermomètres TR10) et de résistance



PIXEL SAFARI-POL $d_{\text{asi}} = 200 \text{ nm}$



750 x 750 μm – Spiral thermometer

PIXEL SAFARI-POL $d_{asi} = 50 \text{ nm}$

