



## FABRICATION DE SONDES POUR LE CHAMP PROCHE OPTIQUE EN TECHNOLOGIE SOL-GEL

MOURCHED Bachar  
Doctorant

*Directeurs de thèse:*

GALL-BORRUT Pascale

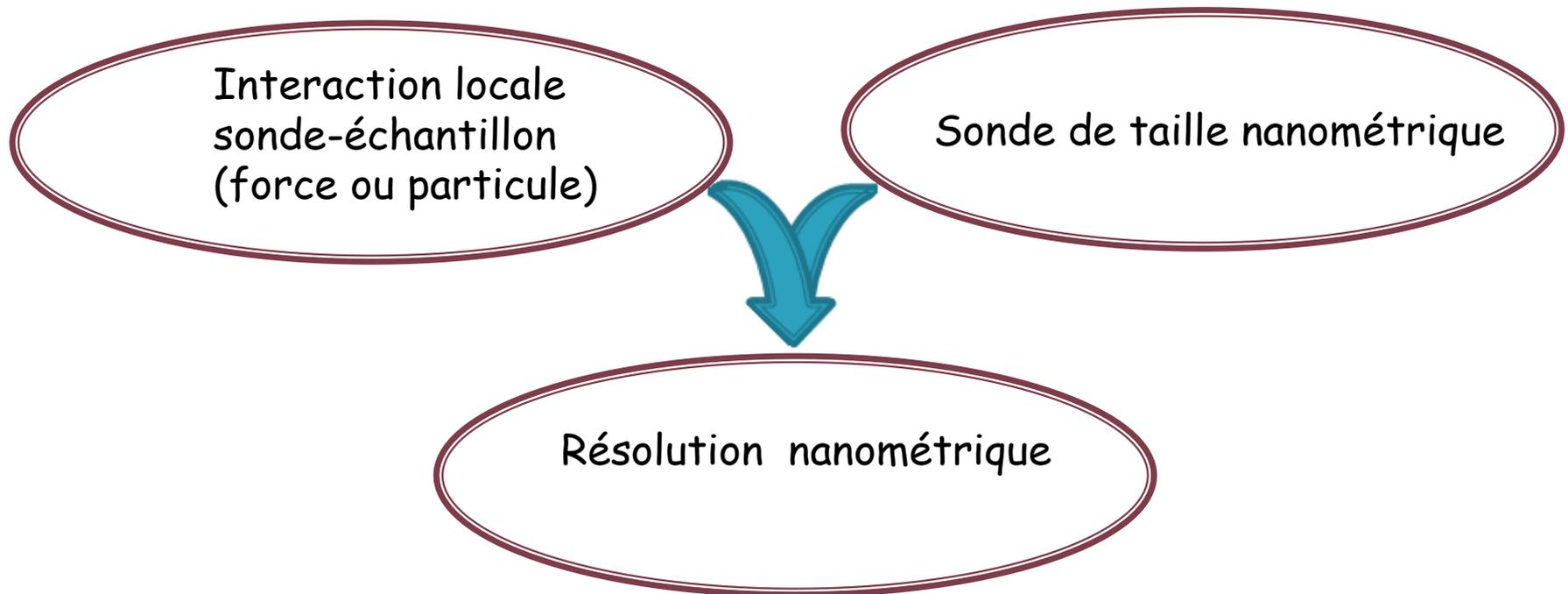
KRIBICH Raphael

## ● Plan

1. Présentation du projet
2. Méthodes de fabrication des sondes
3. Résultats
4. Conclusion et perspectives

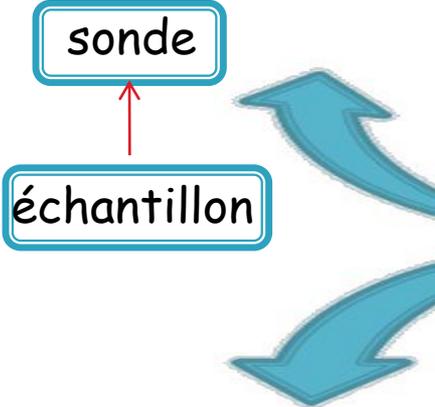
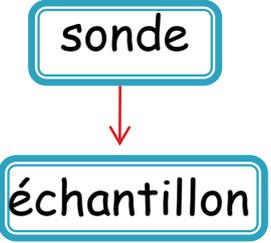
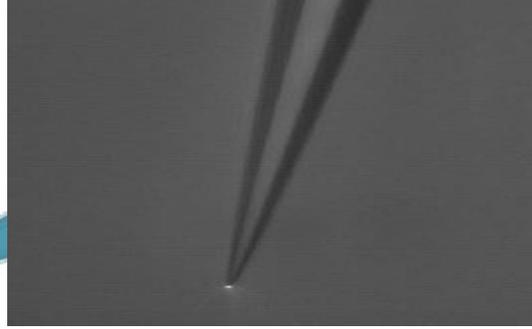
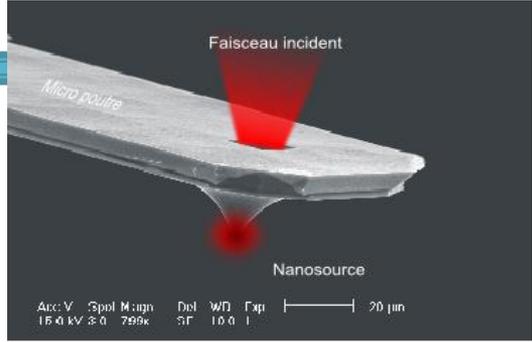
➤ Les microscopies :

- ◇ Microscopie optique classique
- ◇ Microscopie électronique
- ◇ Microscopie à sonde locale



Microscopie à force atomique (AFM)  
Microscopie à effet tunnel électronique (STM)  
**Microscopie en champ proche optique (SNOM)**

➤ Microscopie en champ proche optique (SNOM)

Modes de fonctionnement	Types de sondes commerciales
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Mode collection</u></li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Mode source</u></li> </ul> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>Fibres optiques étirées</u></li> </ul>  <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <u>sondes de type AFM</u></li> </ul> 

➤ Comparatif des caractéristiques des sondes commerciales

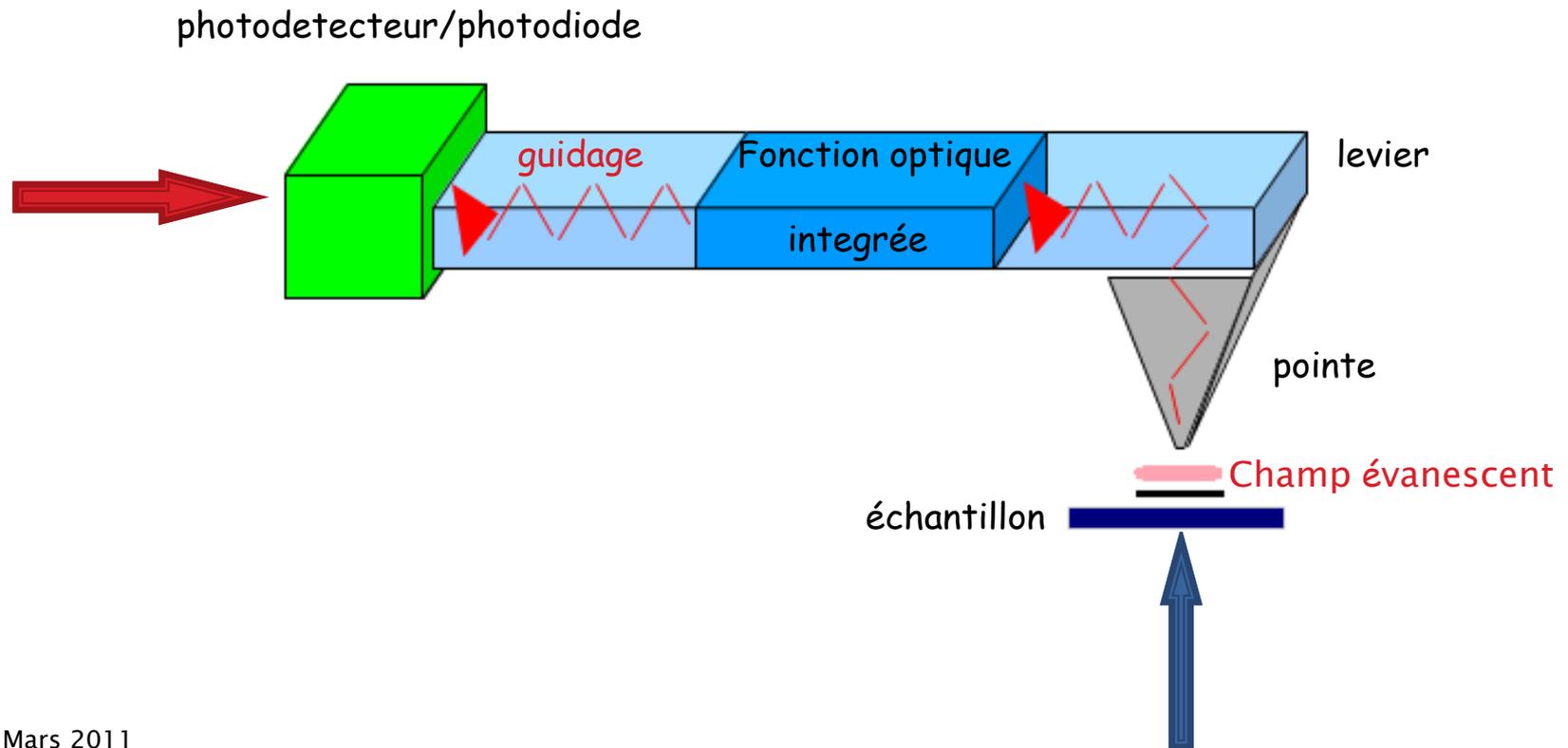
type de sonde Caractéristiques	Fibre optique étirée	Cantiliver Silicium
Matériau de base	Verre :peu couteux 	Silicium monocristallin Couteux 
Process de fabrication	Unitaire peu reproductible 	Collectif reproductible 
Fragilité lors de l'utilisation	fragile 	Peu fragile 
Modes d'utilisation	Collection et/ou Source 	/ source 
Fonctions optiques intégrées	guidage 	/ 

## ➤ Comparatif de sondes

type de sonde Caracteristiques	Fibre optique étirée	Cantiliver Silicium	Notre proposition de sonde
Matériau de base	Verre :peu couteux 	Silicium monocristallin Couteux 	Hybride sol-gel: peu couteux 
Process de fabrication	Unitaire peu reproductible 	Collectif reproductible 	Collectif reproductible 
Fragilité lors de l'utilisation	fragile 	Peu fragile 	Peu fragile 
Modes d'utilisation	Collection et/ou Source 	/ source 	Collection et/ou source 
Fonctions optiques intégrées	guidage 	/ 	Guidage Selection de longueur d'onde 

➤ Objectif du projet

- ✚ Système levier-pointe en sol-gel
- ✚ Mode source et mode collection
- ✚ Circuits optiques



- Matériau de base de la sonde : organo-minéral  
Synthèse et procédé: sol-gel



chimie douce (basse énergie)

réseau minéral + réseau organique

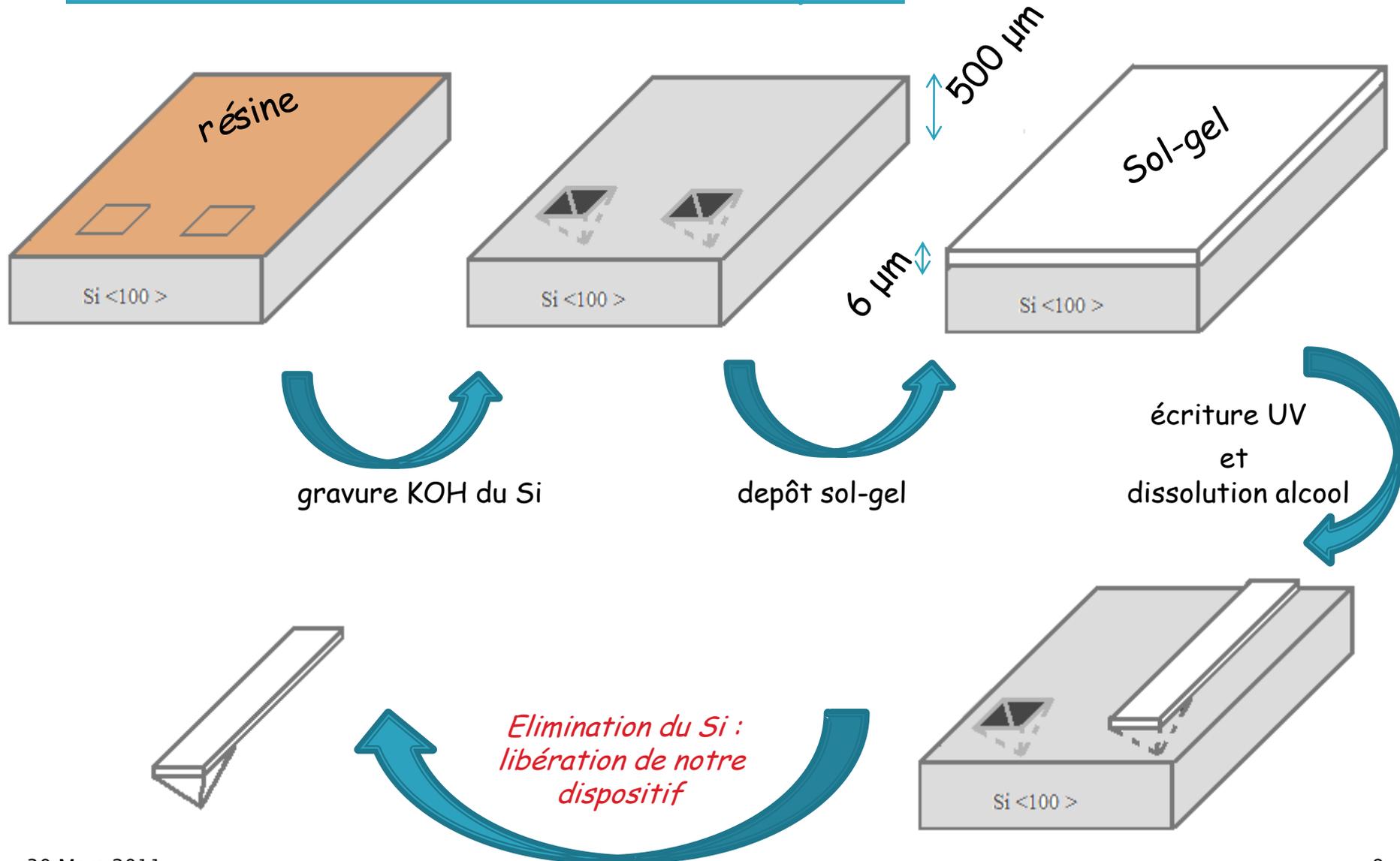
propriétés mécaniques, optiques et physiques

indice et épaisseur réglables (guides d'onde )

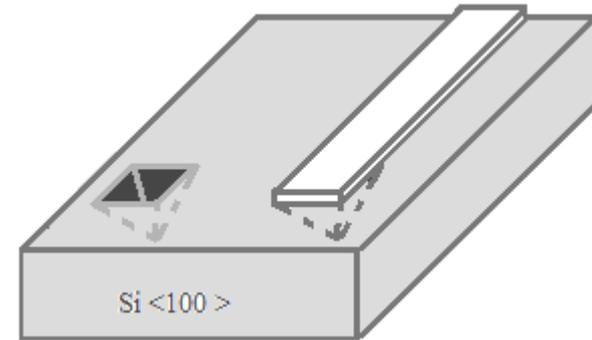
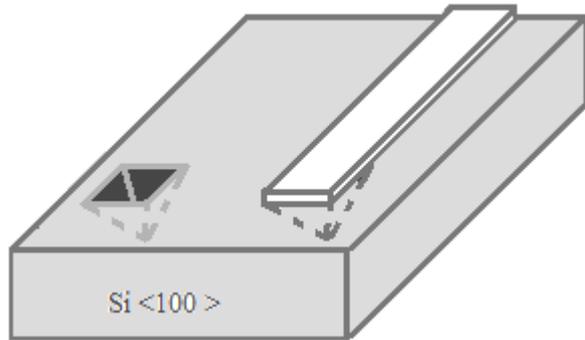
circuits optiques intégrés

bas coût

## 2. Process de fabrication du levier et de la pointe

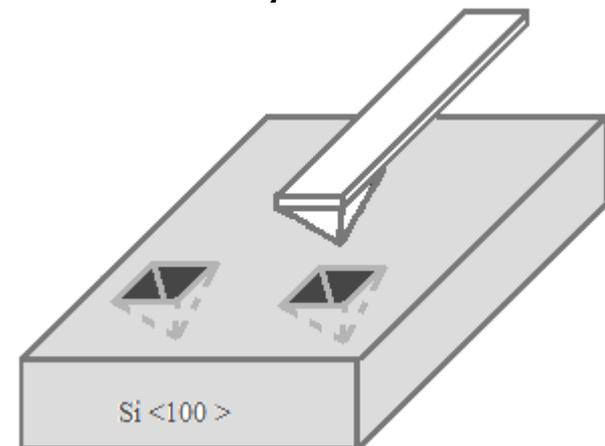
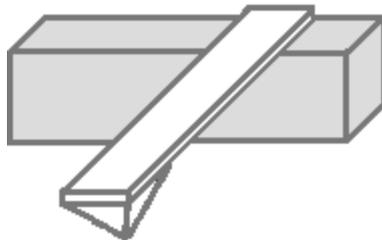


## Elimination du Si



1. Gravure face arrière

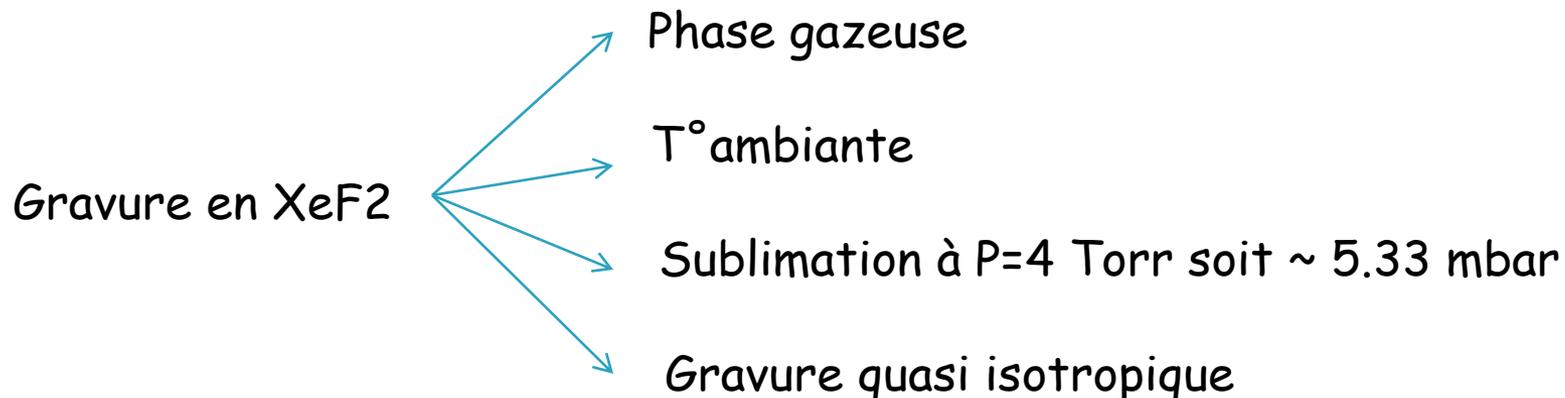
2. Démoulage



## 1. Gravure face arrière

### *Propriétés des principales solutions de gravure*

Agent d'attaque	Masque	Commentaires
EDP (Ethylenediamine)	SiO <sub>2</sub> , SiN, Au, Ag, Cr, Ta	Toxique
<b>TMAH</b>	SiO <sub>2</sub> , SiN	Liquide
<b>KOH</b>	SiN, Cr, Au	Liquide
Hydrazine	SiO <sub>2</sub> , SiN, Metals	Toxique & explosif
<b>XeF<sub>2</sub></b>	Résine, Al, Au, SiO <sub>2</sub> , SiN <sub>4</sub> , NiTi	Gaz

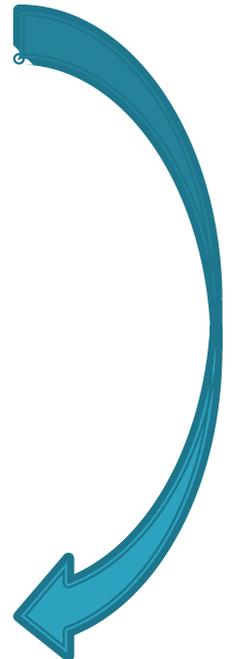
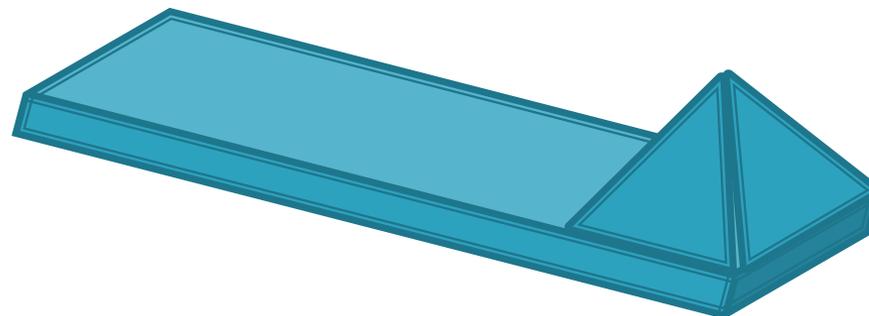
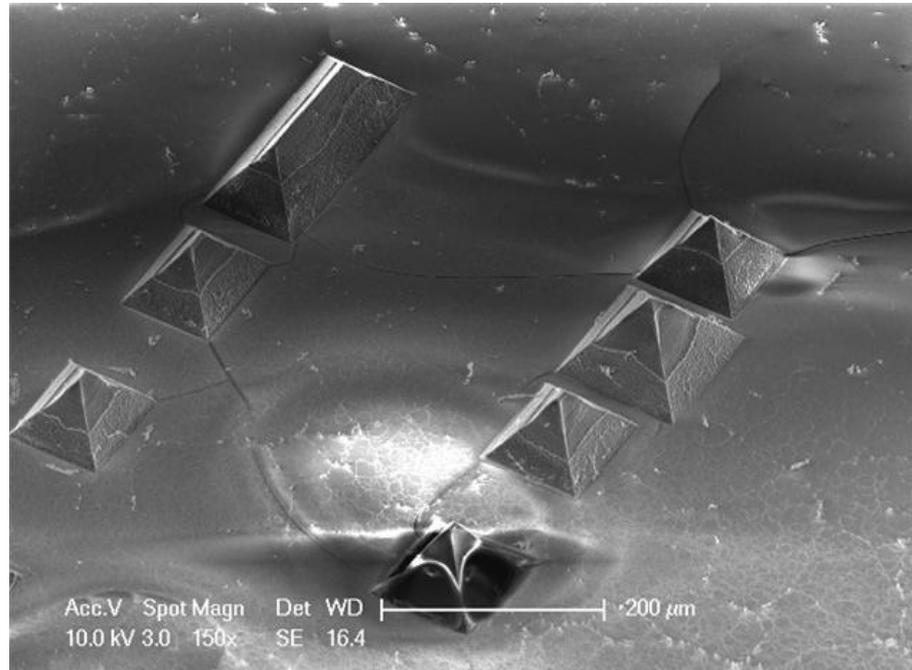


## Résultats d'attaque

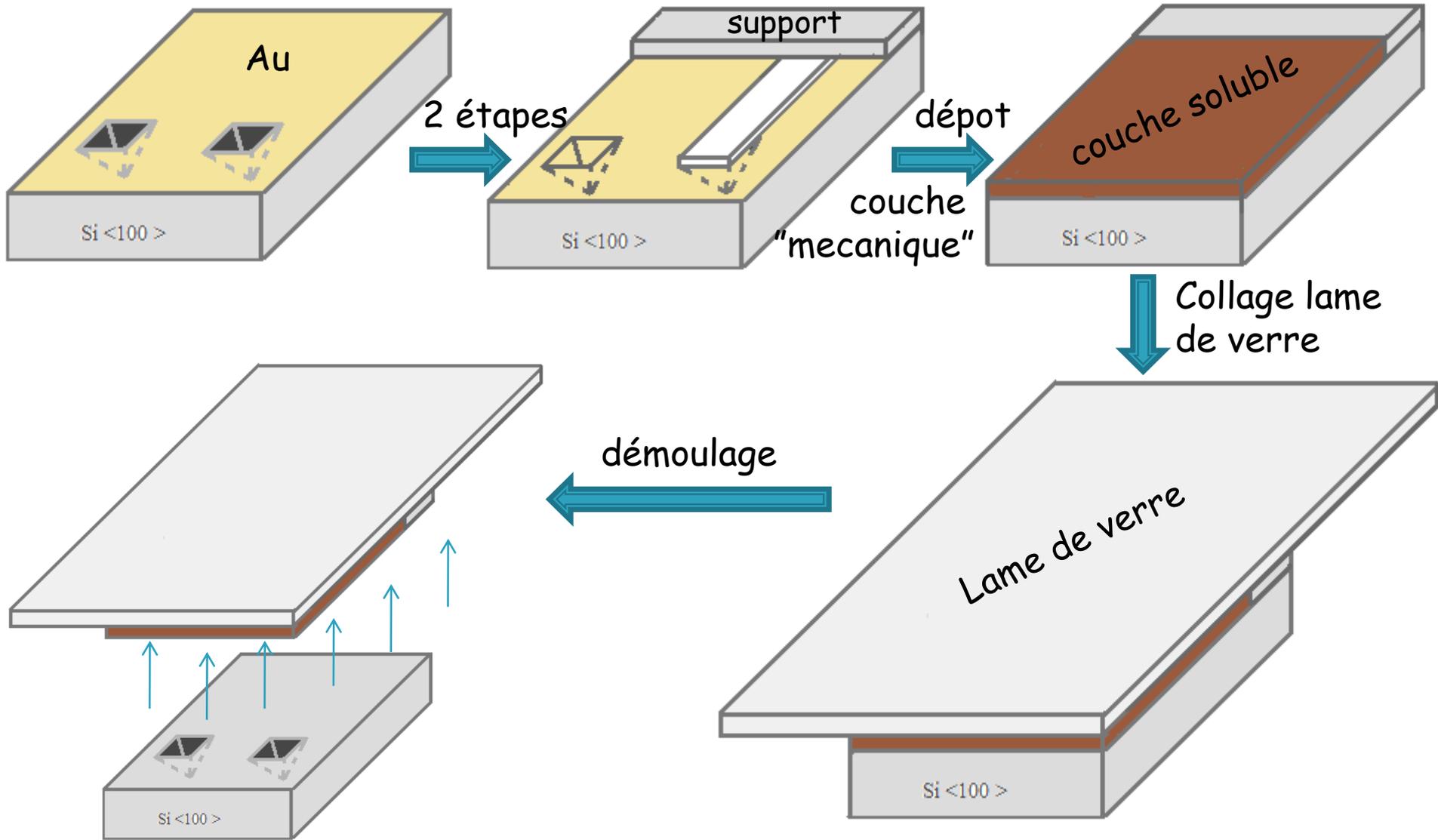
Agent d'attaque	Durée d'attaque	épaisseur de sol-gel attaquée	épaisseur de Si attaquée	Rapport de gravure	Centrale de technologie
KOH	5 mn	6 $\mu\text{m}$	30 $\mu\text{m}$	6/30	CTM, UM2
TMAH	1h 35mn	6 $\mu\text{m}$	180 $\mu\text{m}$	6/180	CTM, UM2
XeF <sub>2</sub>	6h	0 $\mu\text{m}$	500 $\mu\text{m}$	0/500	Minerve (IEF), Orsay

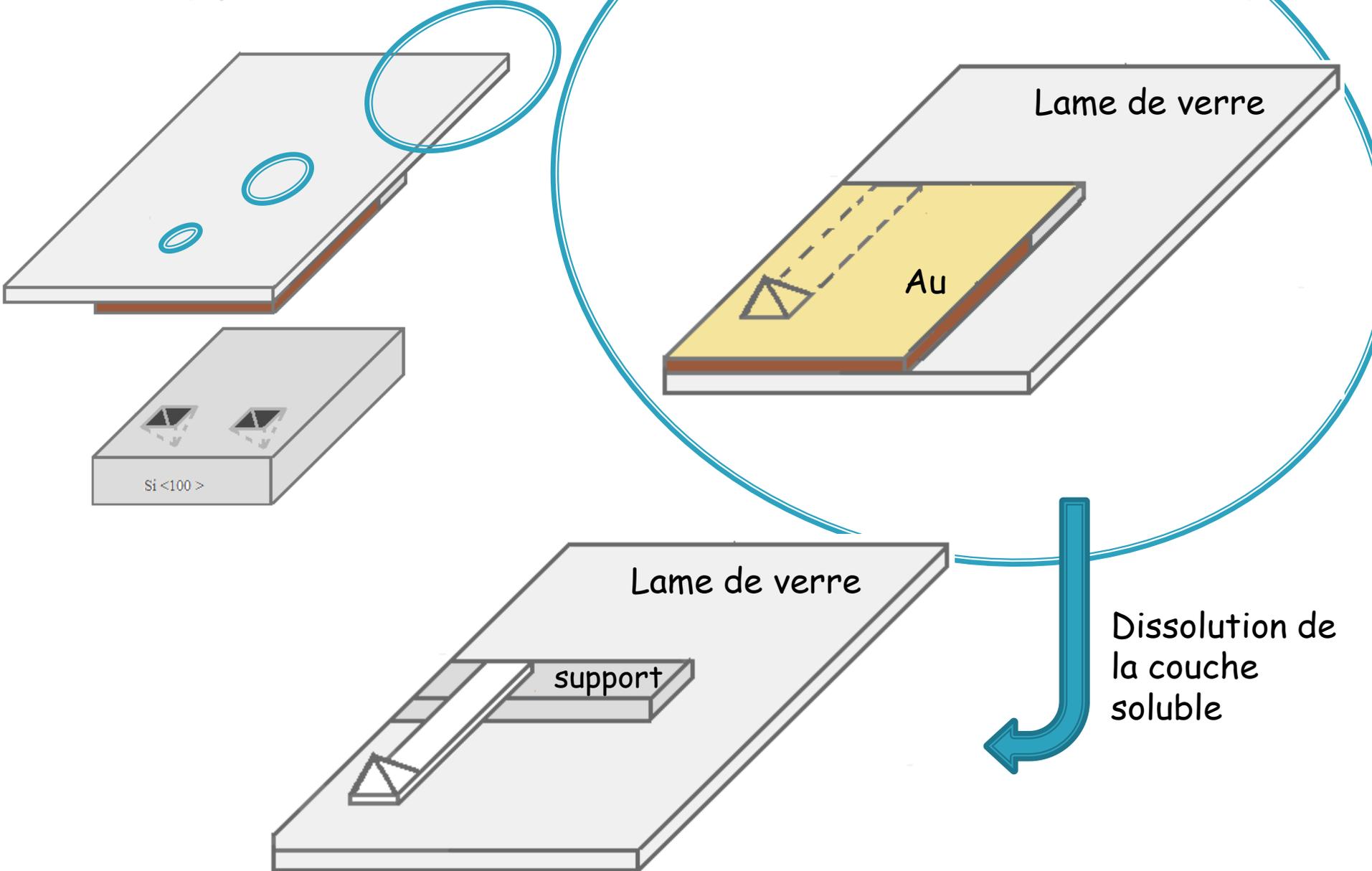
## Premières structures obtenues

pyramides en sol-gel restants après l'attaque du Si par XeF<sub>2</sub>  
microscope électronique à balayage (MEB)



## 2. Démoulage





## Premières structures obtenues

pyramides en sol-gel restants après démoulage du sol-gel  
microscope électronique à balayage (MEB)

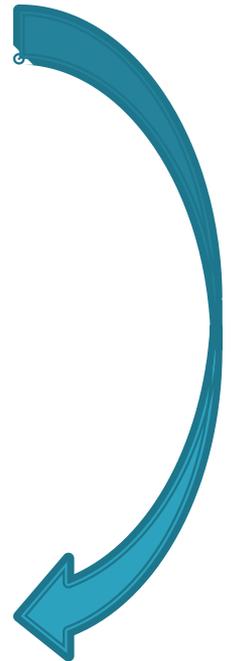
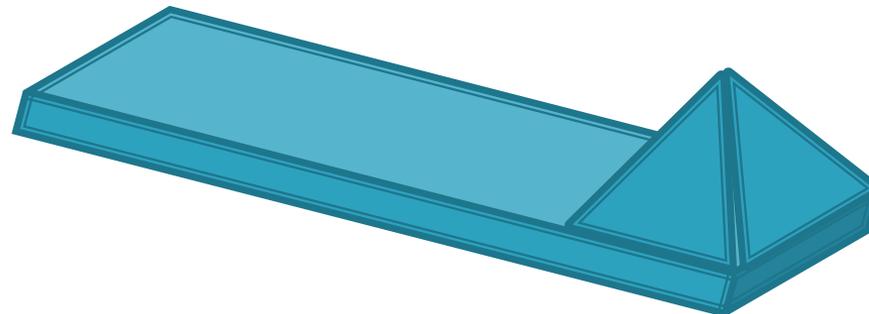
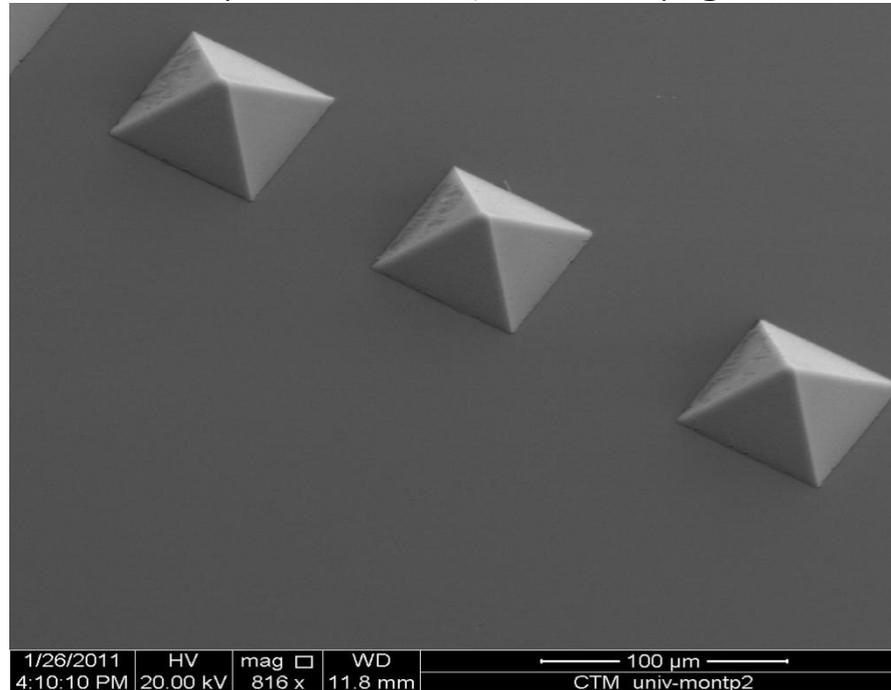
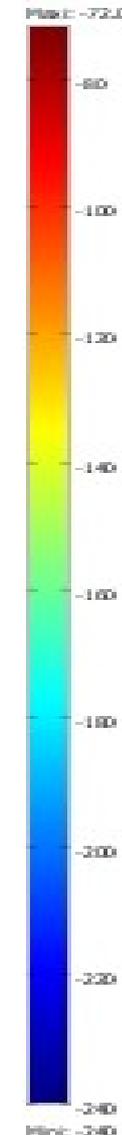
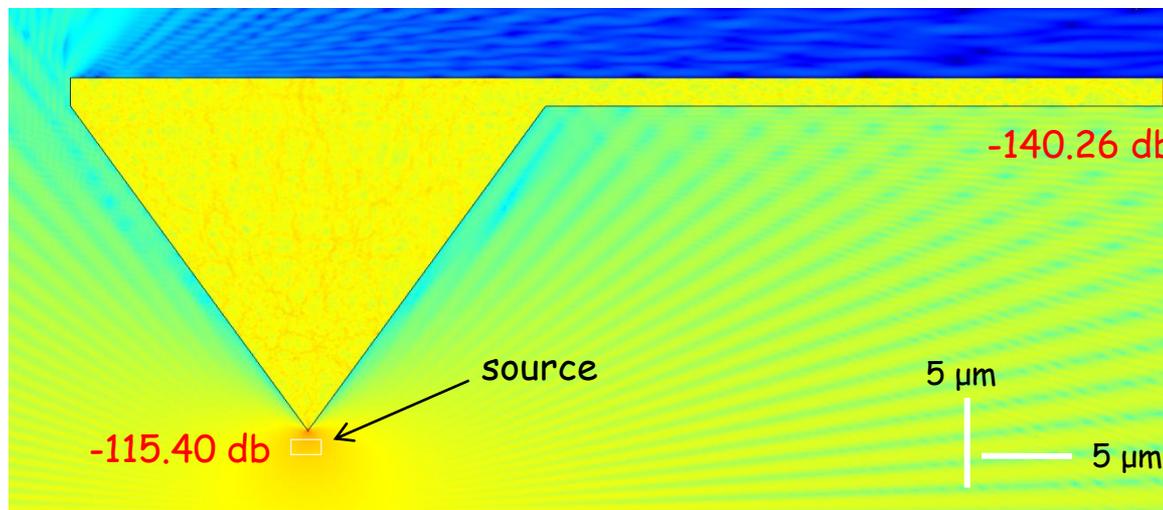
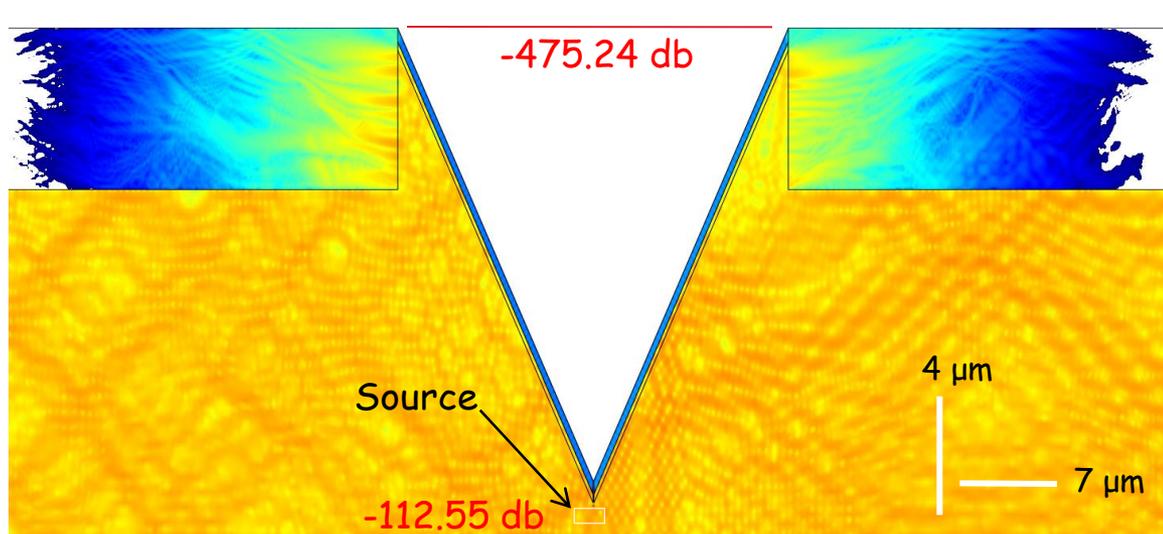


Tableau comparatif:

Gravure XeF <sub>2</sub>	démoulage
Étapes classiques → bien maîtrisées	Association d'étapes à optimiser
Durée moyenne: 2 journées	Durée moyenne: plus courte
Non reproductible (destruction du moule)	Reproductible (bas coût)

## ➤ Simulations

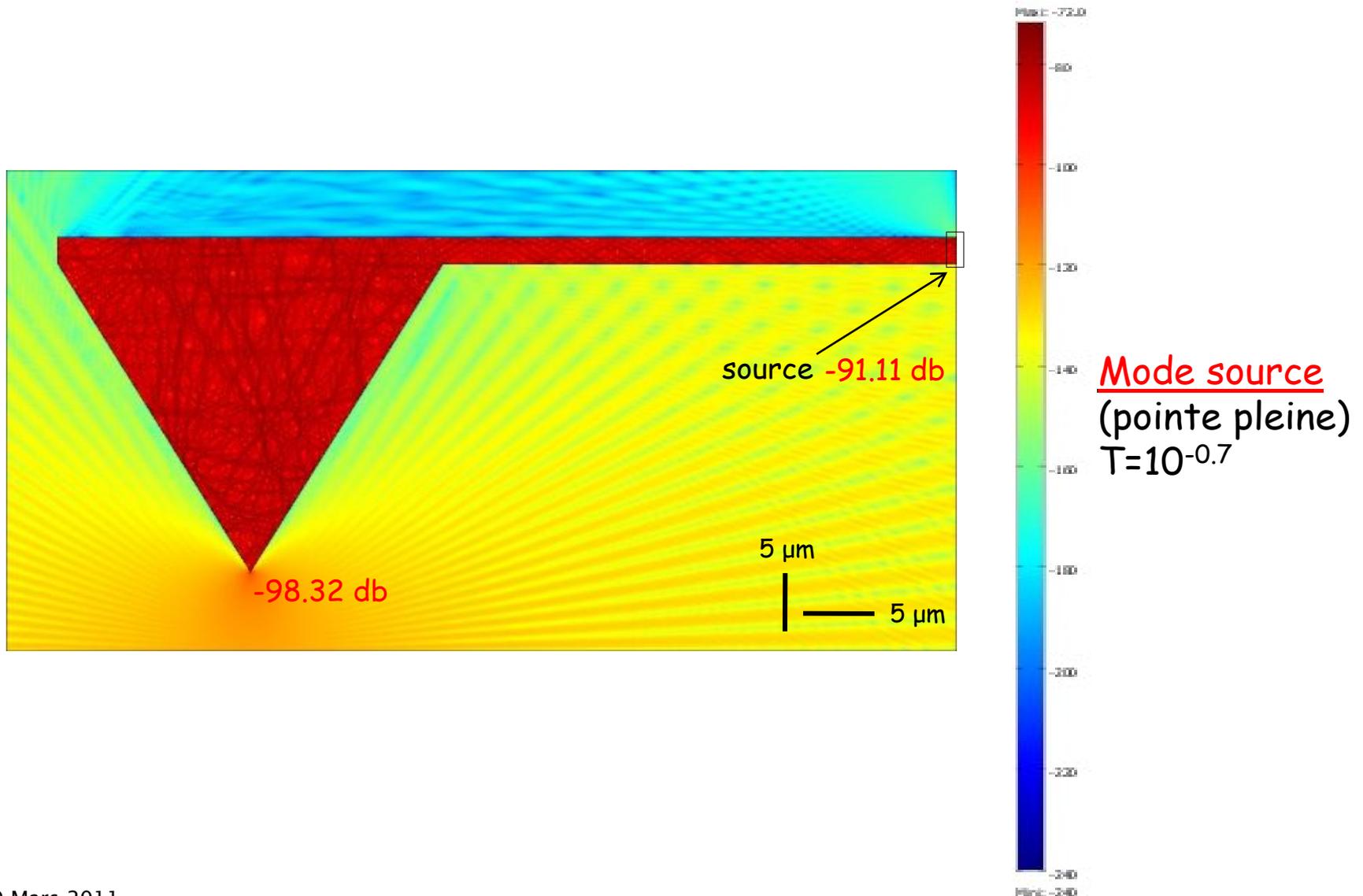
### □ Densité d'énergie pour un levier-pointe totalement métallisée



Mode collection  
(pointe creuse commerciale)  
 $T=10^{-36}$

Mode collection  
(pointe pleine)  
 $T=10^{-3.5}$

## □ Densité d'énergie pour un levier-pointe totalement métallisée



#### 4. Conclusion et perspectives

Conclusion: Maîtrise du procédé sol-gel  
Maîtrise de la fabrication et la libération des pointes (moule Si)  
Ecriture et alignement des leviers sur les pointes  
Libération des structures en cours

Perspectives: Tester les structures suspendues (optique, mécanique)  
Intégrer les sous-ensembles (sonde + circuits optiques)

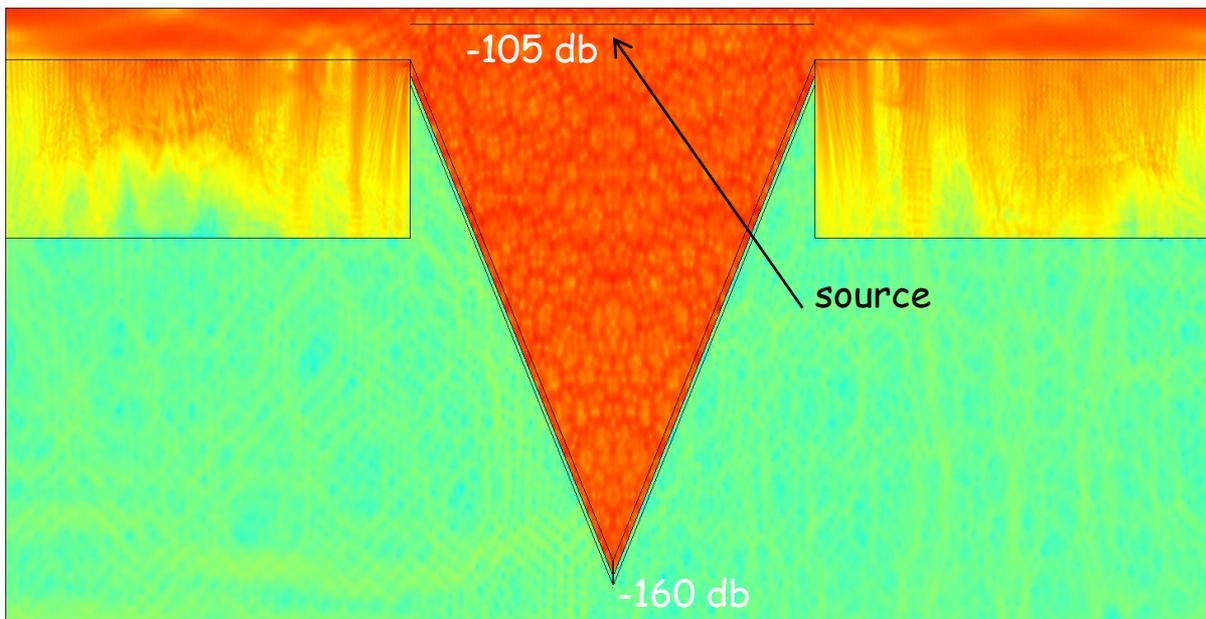
Remerciements : ETIENNE Pascal (laboratoire L2C)



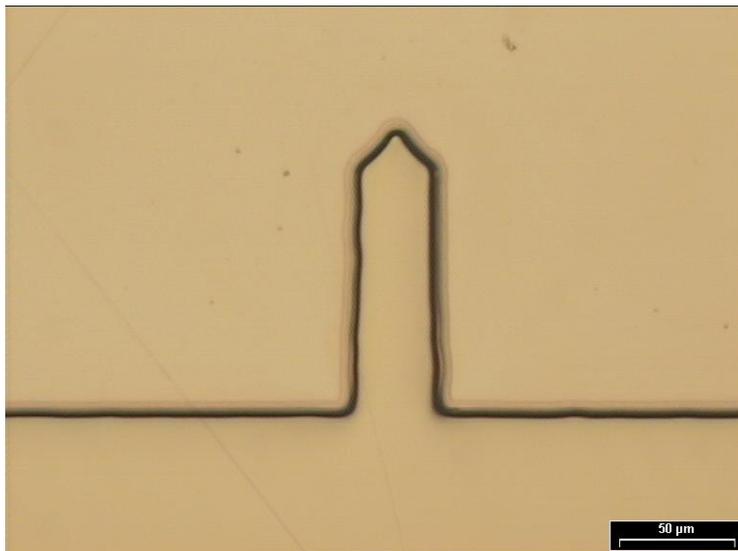
BELIER Benoit ((CTU)IEF-minerve, Université Paris-Sud  
11(Orsay))



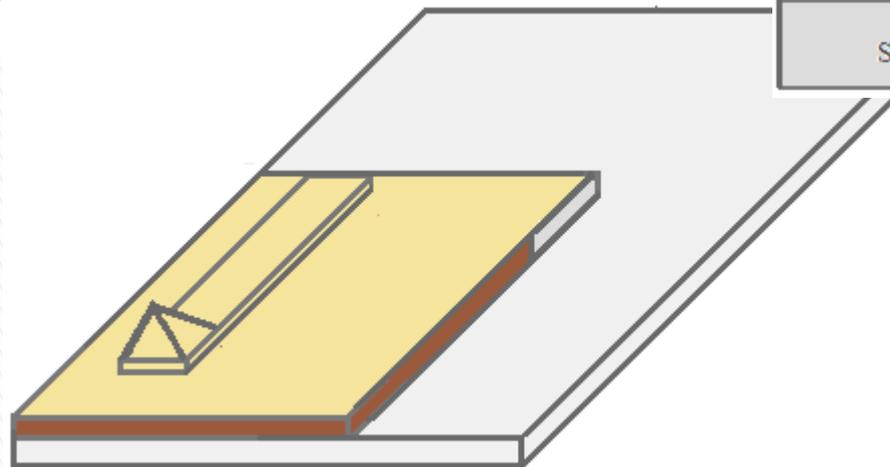
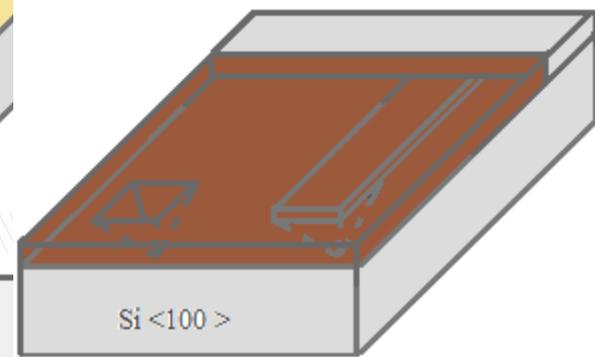
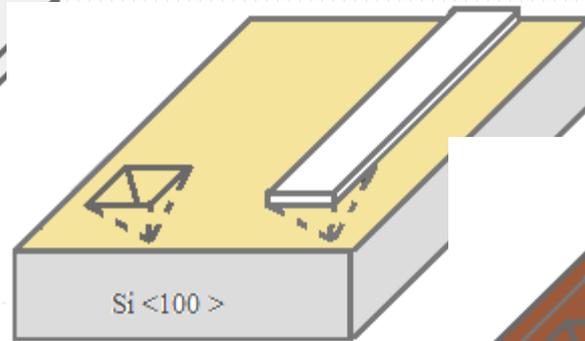
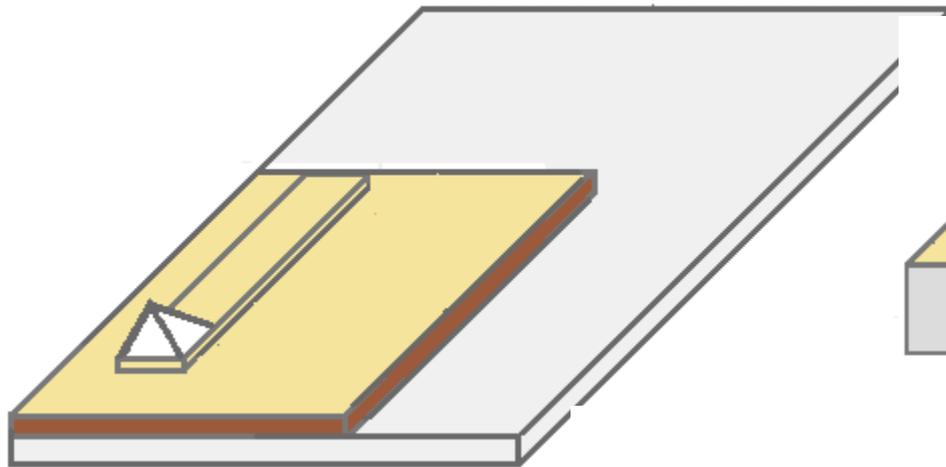
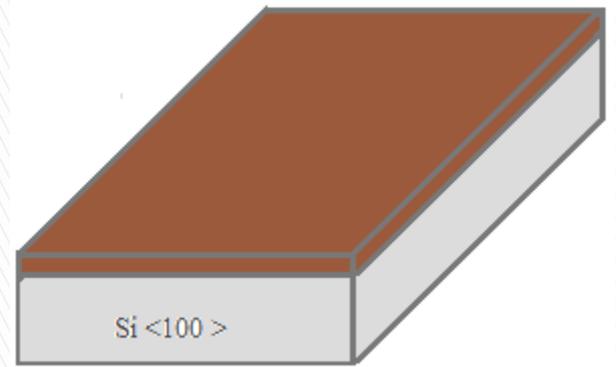
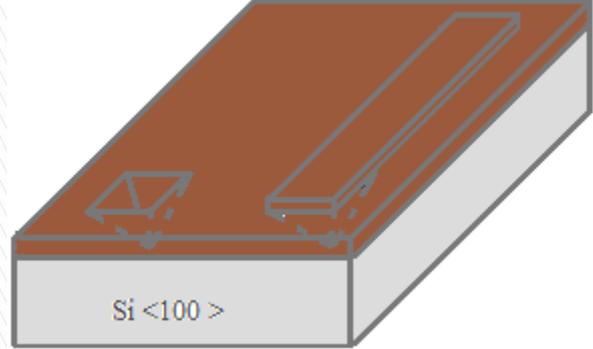
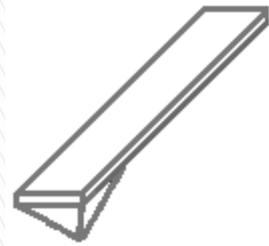
Merci de  
votre  
attention

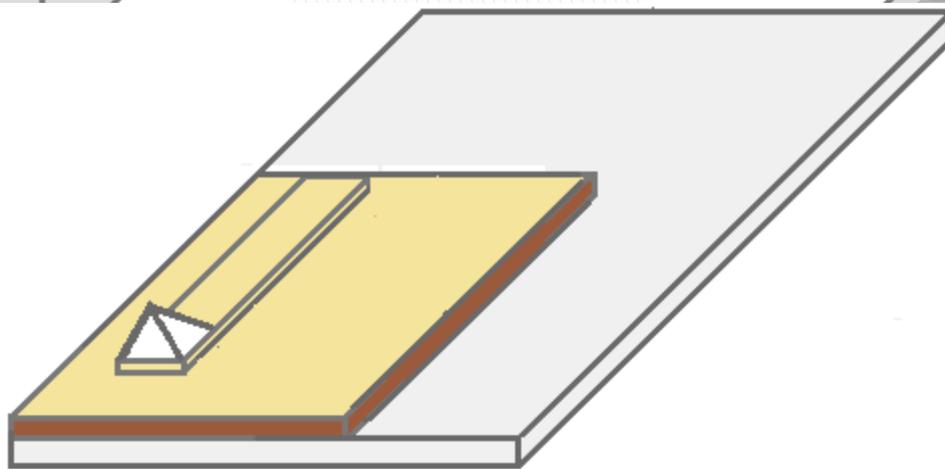
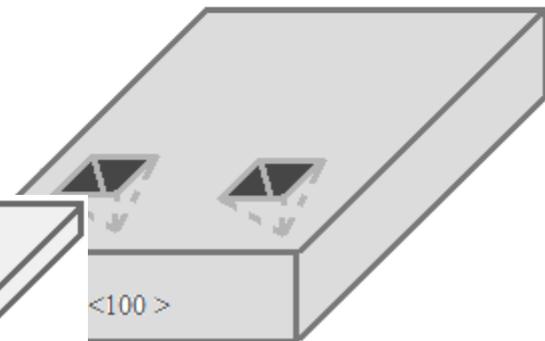
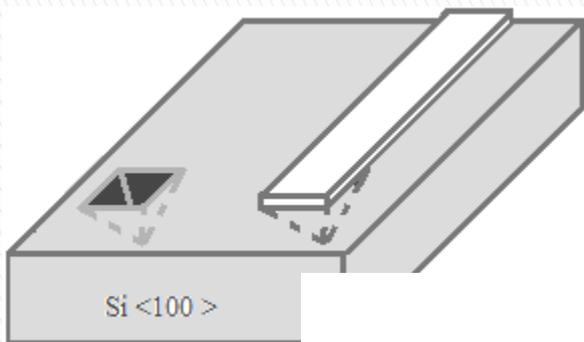
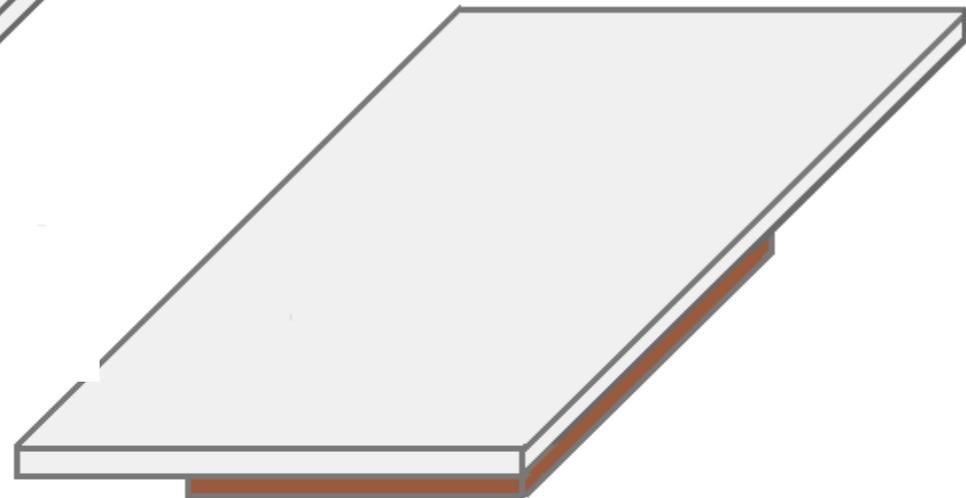
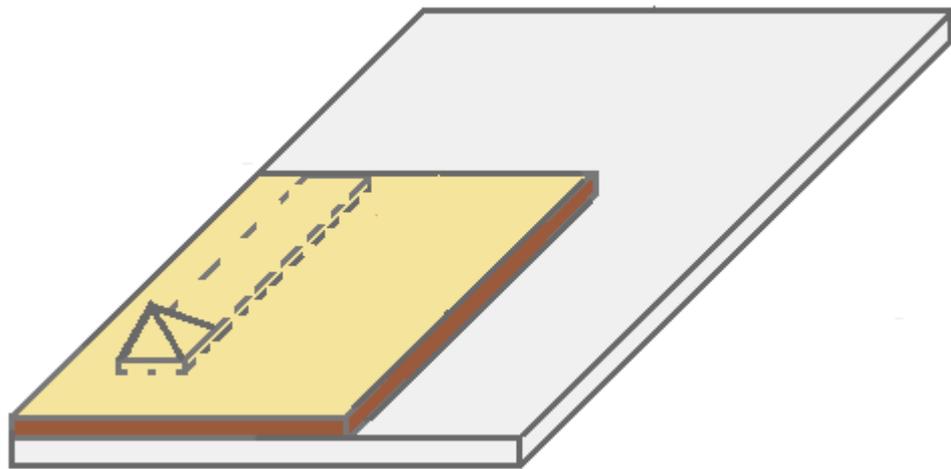


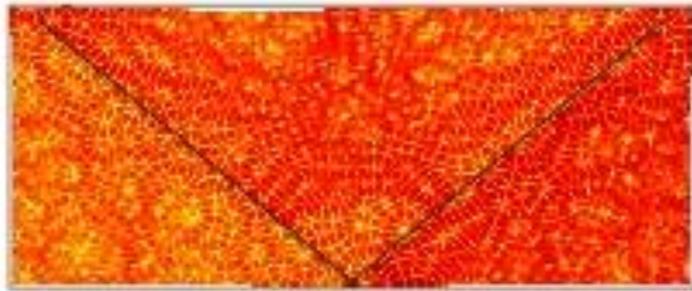
Pointe creuse  
 commerciale en mode  
 source ( $T=10\exp(-5)$ )



Levier en sol gel sur un substrat de Si







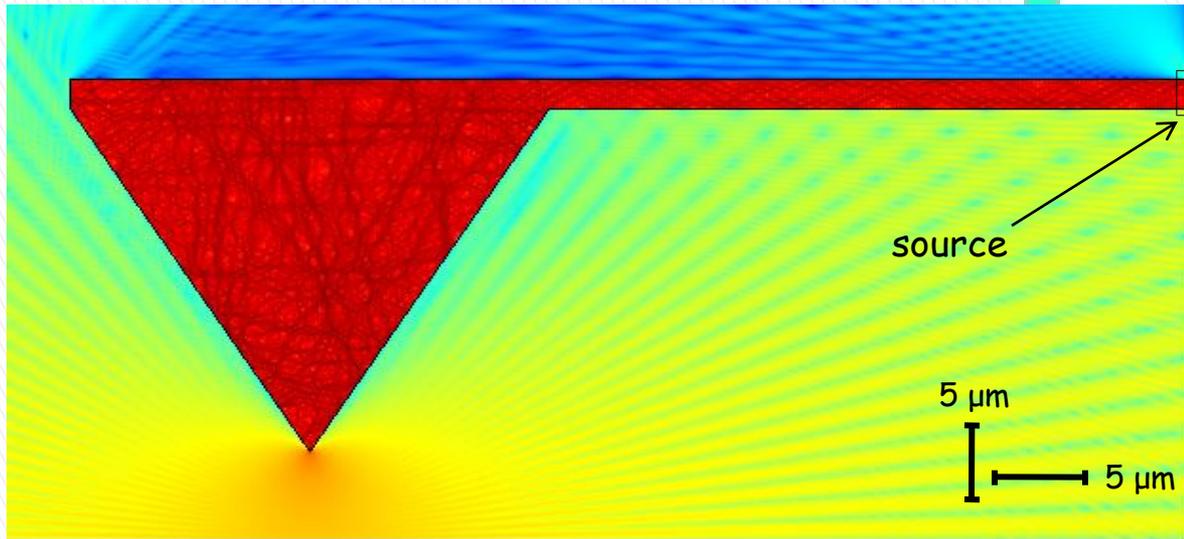
Plot: -116549

-120

-140

-100

-100



Plot: -20461248

