



## Contrôle des fronts d'oxydation d'AlGaAs pour l'optique guidée

Stéphane Calvez, Gael Lafleur, Oleksandr Stepanenko, Alexandre Arnoult, Pierre-François Calmon, Jean-Baptiste Doucet, Antoine Monmayrant, Henri Camon, Guilhem Almuneau

### ► To cite this version:

Stéphane Calvez, Gael Lafleur, Oleksandr Stepanenko, Alexandre Arnoult, Pierre-François Calmon, et al.. Contrôle des fronts d'oxydation d'AlGaAs pour l'optique guidée. Optique Toulouse 2018, Jul 2018, Toulouse, France. poster P146, 2018. hal-01855938

**HAL Id: hal-01855938**

**<https://laas.hal.science/hal-01855938>**

Submitted on 8 Aug 2018

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



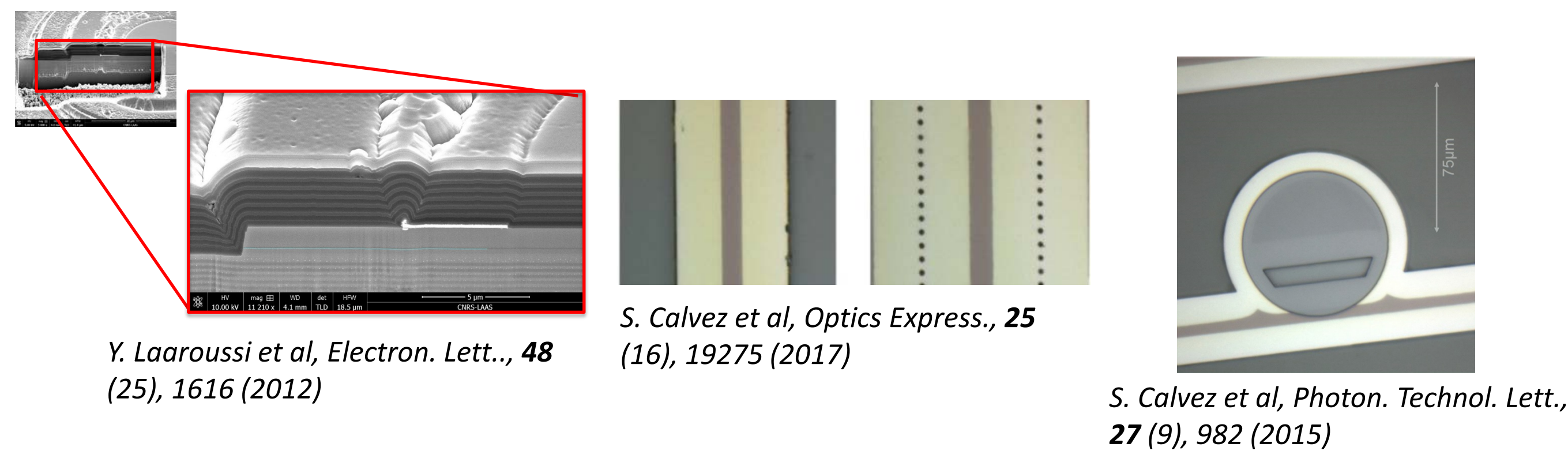
## Contexte et positionnement

L'oxydation humide sélective des semiconducteurs III-V à forte teneur en aluminium en un oxyde (isolant) est une étape technologique clef qui permet d'introduire des confinements optique et électrique essentiels à la réalisation de composants photoniques tels que les VCSELs, les guides d'onde et autres dispositifs d'optique intégrée [1-3].

### VCSELs

### Guides d'onde

### Micro-disques



Ce procédé présente néanmoins deux inconvénients majeurs:

- L'oxydation de couches enterrées nécessite la gravure de mésas pour accéder aux couches cibles et, de ce fait, induit une perte de planéité. Cette limitation peut être partiellement levée en oxydant non pas à partir de mésas continus mais via des trous [4-5].
- La transformation induite est généralement anisotrope [6].

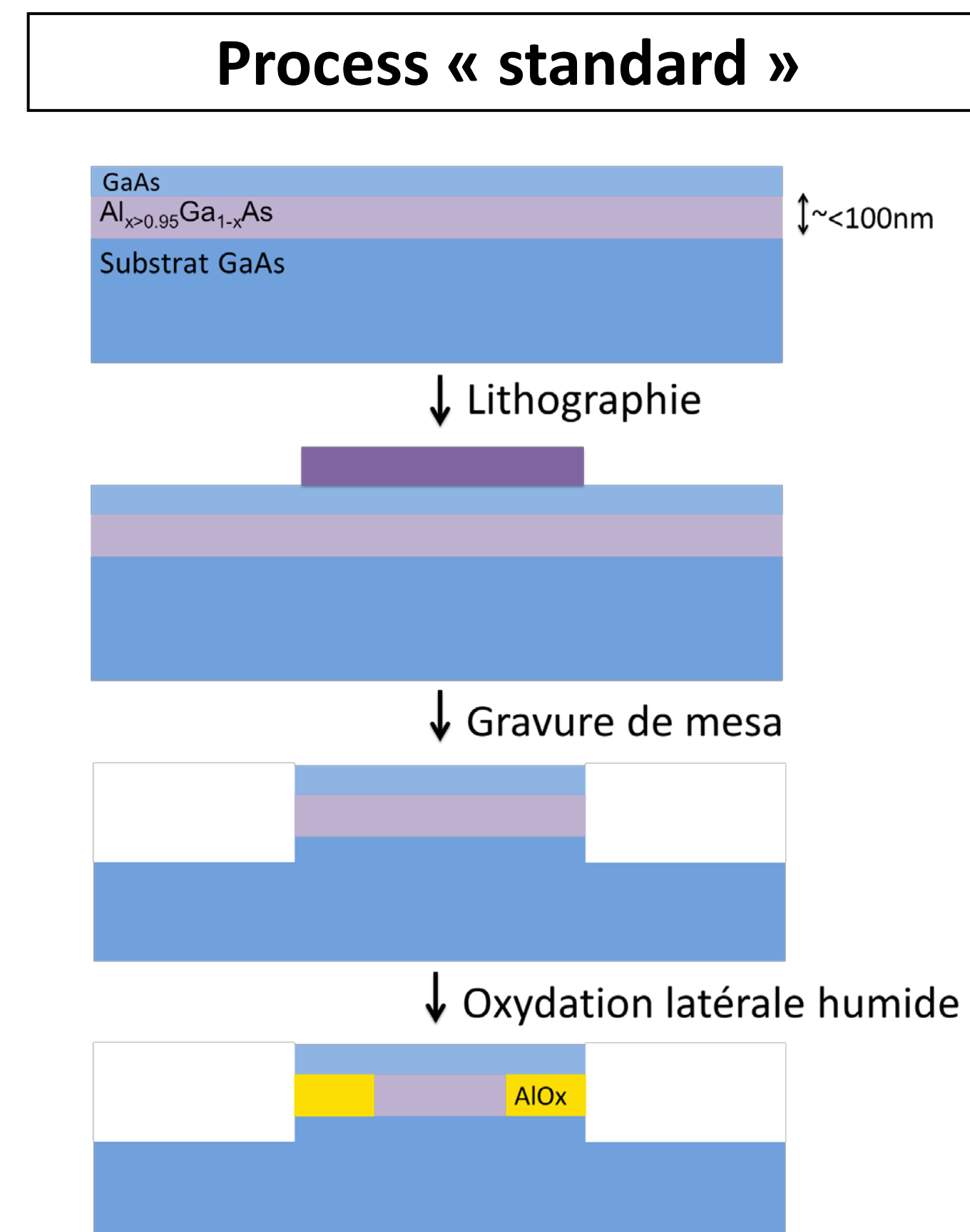
## Références

- D. L. Huffaker et al., *Appl. Phys. Lett.* **65**, 97 (1994).
- J. M. Dallesasse et al., *Proc. IEEE*, **101**, 2234–2242 (2013).
- J. M. Dallesasse et al., *J. Appl. Phys.* **68**, 2235–2238 (1990).
- C.L. Chua et al, *Photon. Technol. Lett.*, **9** (8), 1060 (1997)
- S. Calvez et al, *Optics Express.*, **25** (16), 19275 (2017)
- K. Koizumi et al., *J. Cryst. Growth*, **198**, 1136–1140 (1999)

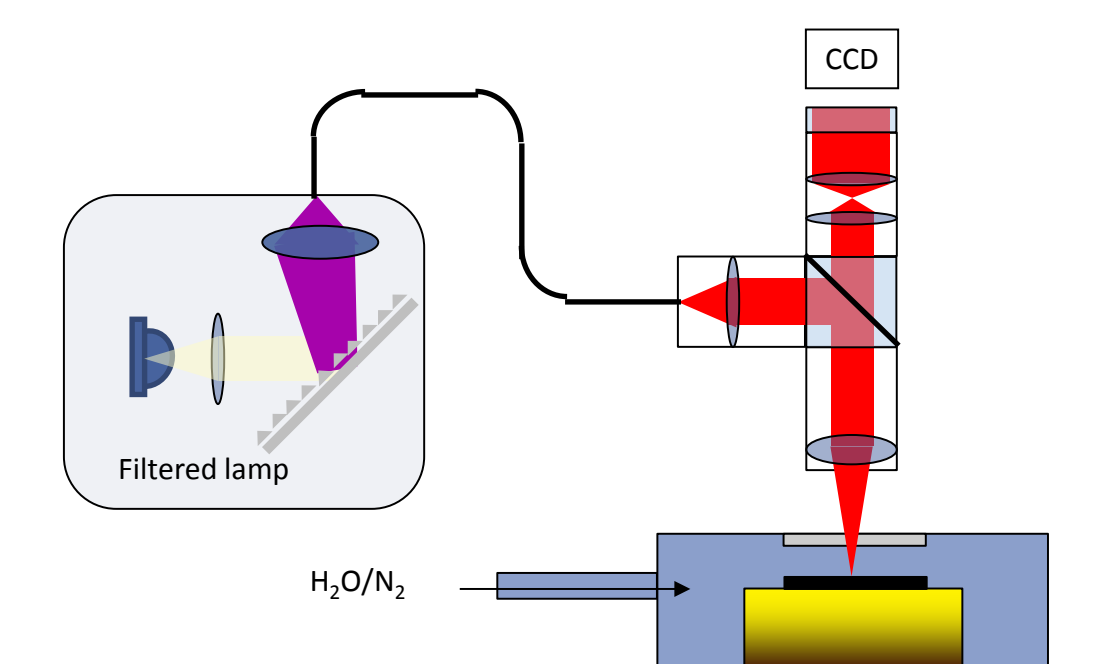
## Objectifs de l'étude

- Caractériser/quantifier l'anisotropie de l'oxydation d'AlGaAs.
- Limiter les effets de cette anisotropie en :
  - choissant des conditions process favorables
  - développant des modèles permettant de reproduire les distorsions induites et d'établir des méthodes pour les pré-compenser.

## Approche Expérimentale

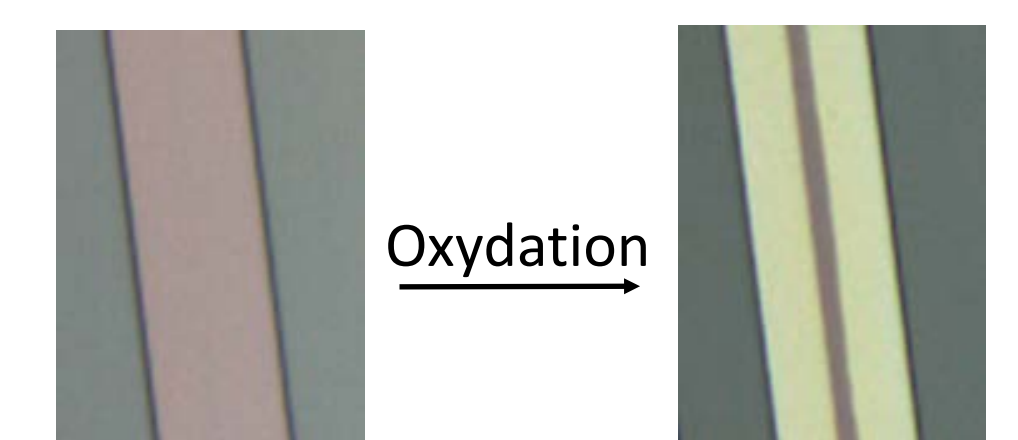


### Visualisation in-situ

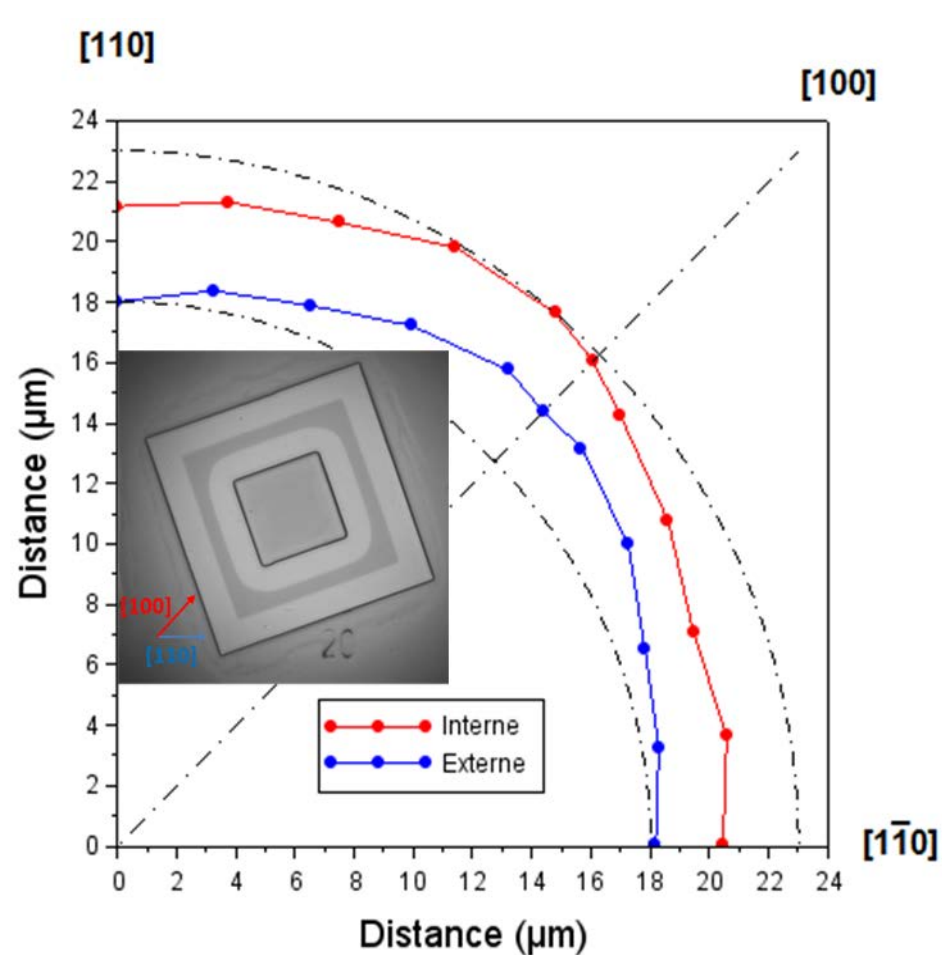


G. Almuneau et al, *Semi. Sc. & Technol.*, **23**, 105021 (2008)

- Lampe spectralement filtrée ( $\Delta\lambda \sim 5\text{nm}$ )
- Résolution spatiale  $\sim 1\mu\text{m}$
- Observation en « temps réel »

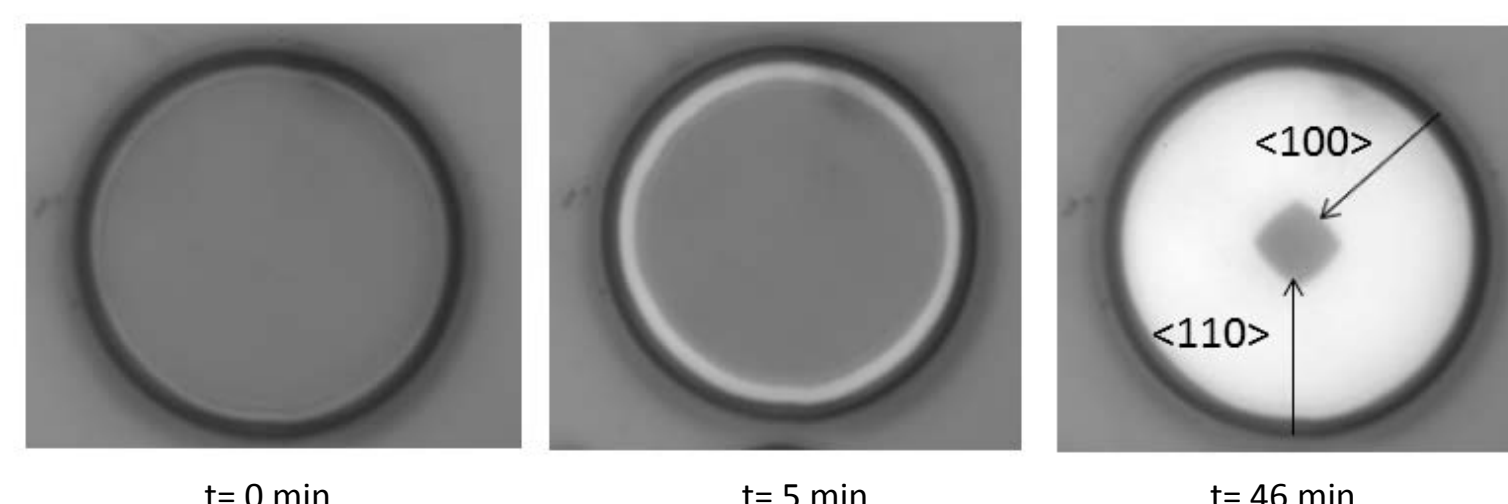


## Observations expérimentales

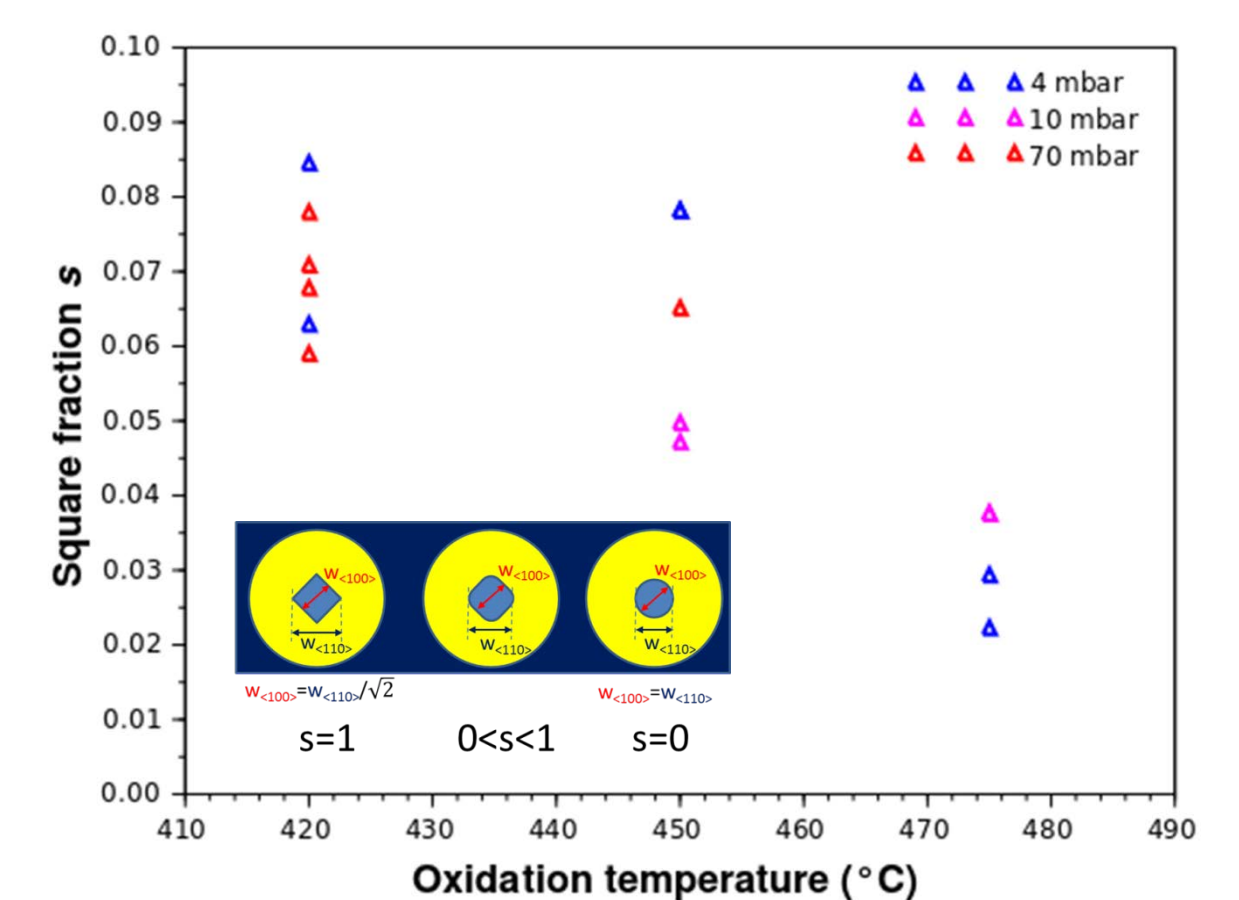
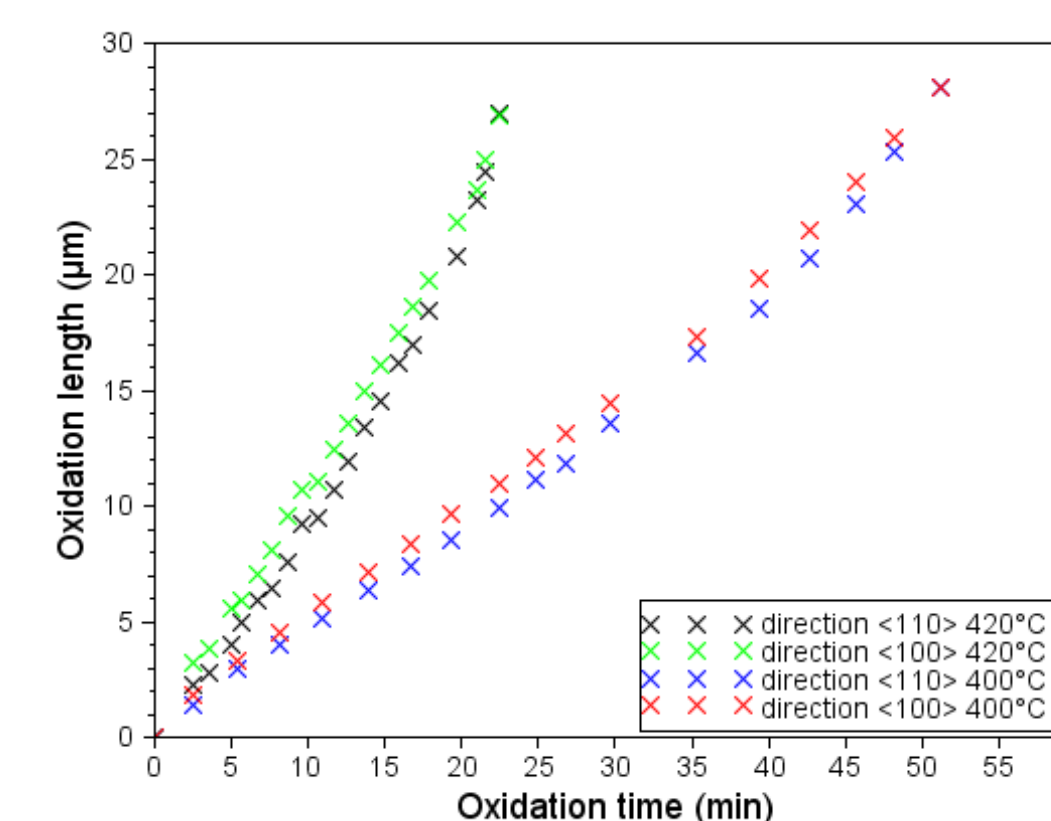


Dépendance dans le plan – wafer (100)

L'oxydation est **anisotrope** avec des **directions rapides** selon  $\langle 100 \rangle$  et des **directions lentes** selon  $\langle 110 \rangle$



L'anisotropie induit une déformation du front d'oxydation. Pour un méso circulaire, Contour de l'oxyde = combinaison linéaire entre un cercle et un carré La « fraction carrée » permet d'évaluer l'anisotropie



L'anisotropie diminue à haute température

G. Lafleur et al, *Optical Materials Express*, **8** (7), 1788 (2018)

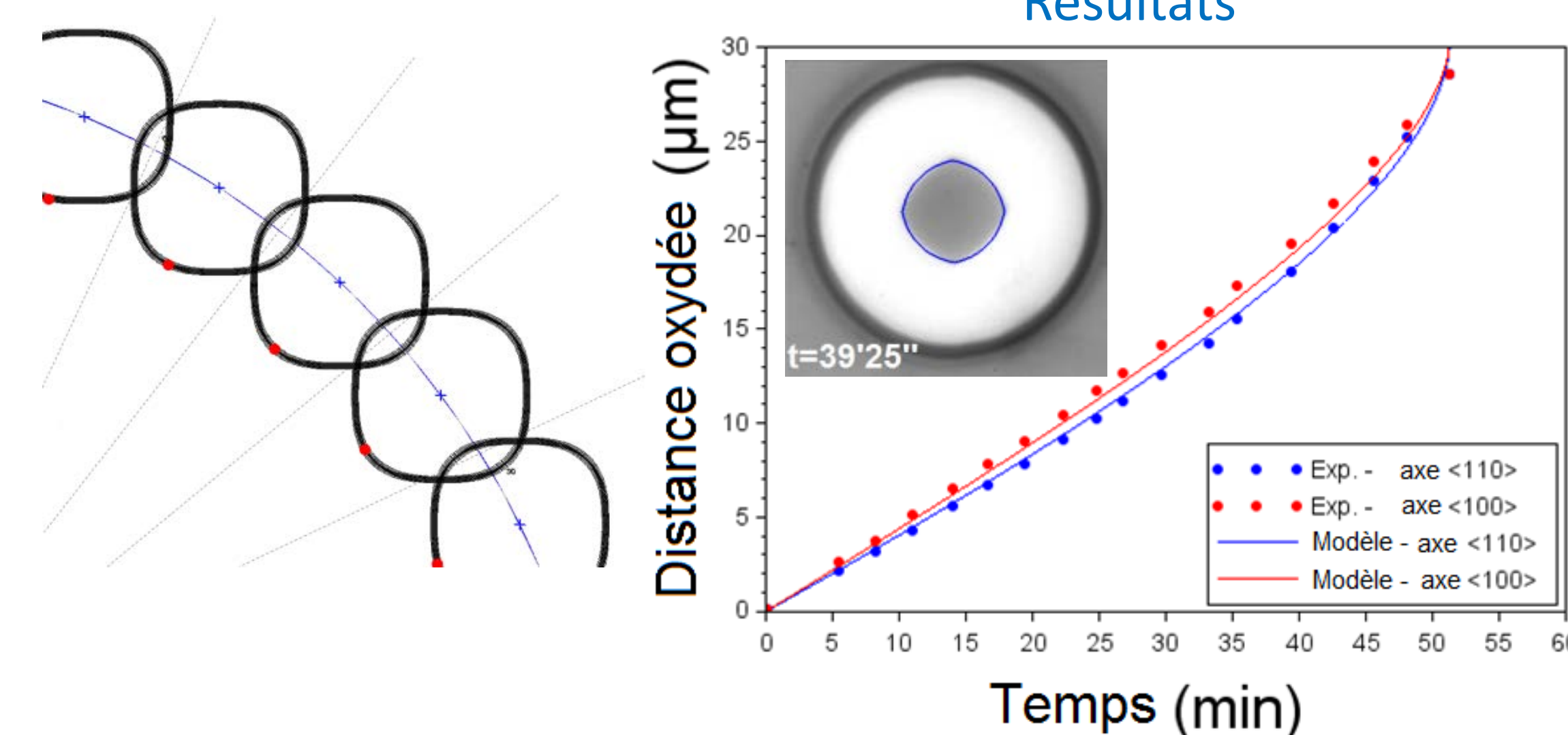
## Modélisation

**Objectif:** Reproduire l'oxydation anisotrope depuis un méso circulaire

### Méthode:

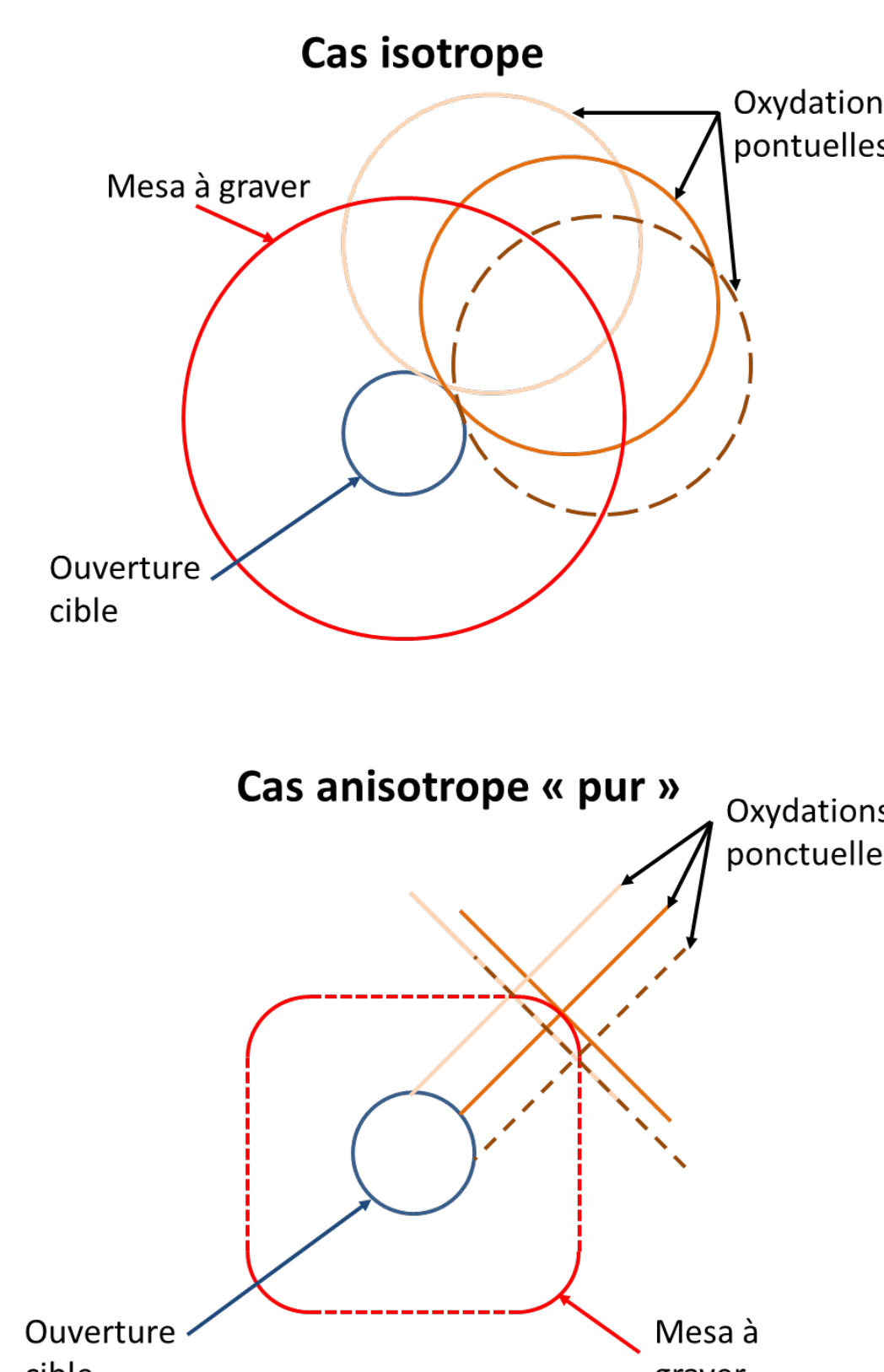
- Modèle analytico-numérique
- Extension d'un modèle isotrope
- Méthode itérative
- Oxydation = combinaison d'oxydations ponctuelles

### Résultats



S. Calvez et al, *Optical Materials Express*, **8** (7), 1762 (2018)

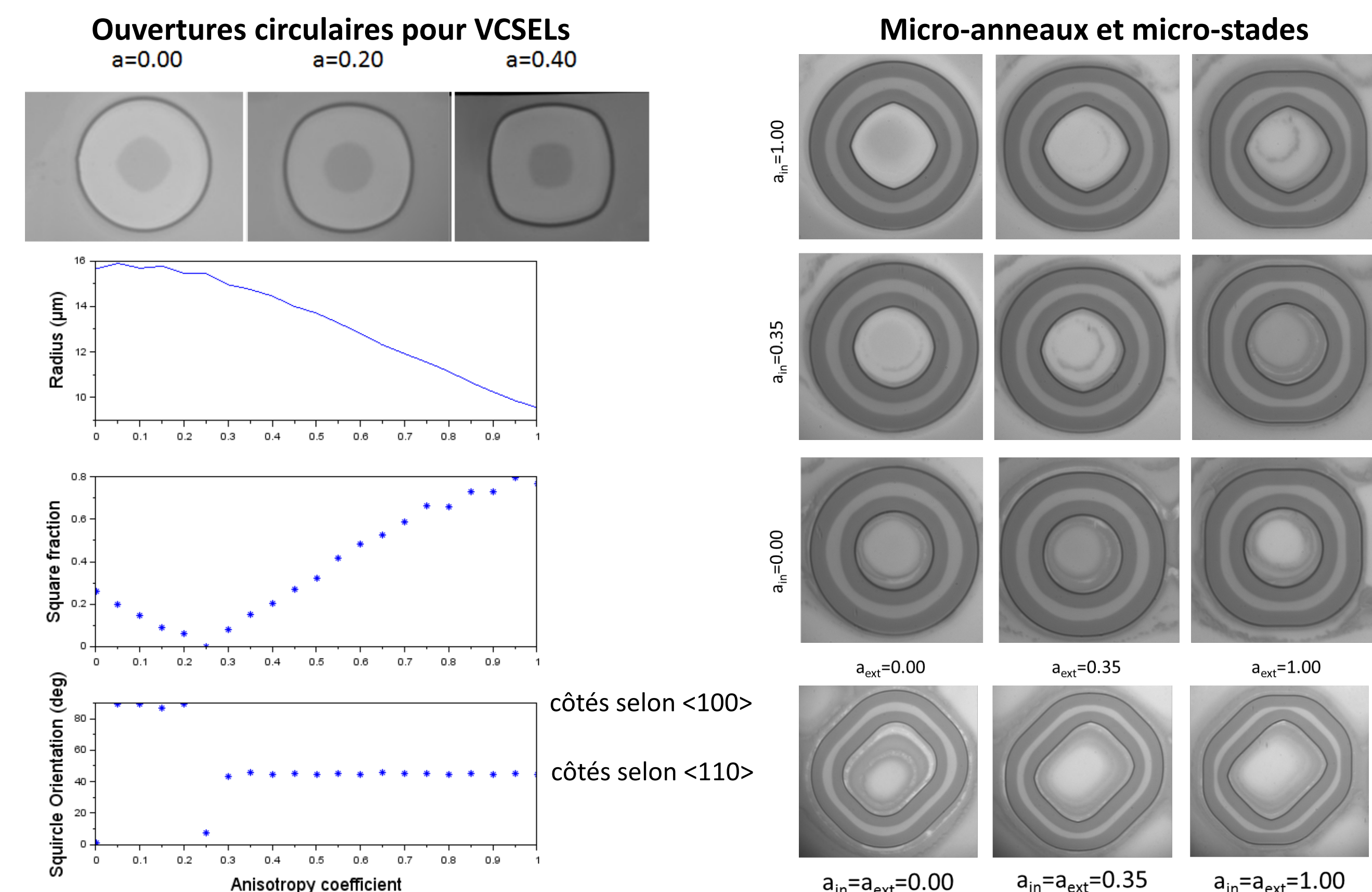
### Méthode



## Problème inverse: pré-compensation

**Objectif:** Définir le méso à graver pour obtenir une ouverture cible après oxydation

### Résultats



S. Calvez et al, *Applied Physics Letters* en préparation

## Conclusions

- L'oxydation humide des semiconducteurs III-V à forte teneur en aluminium est un procédé anisotrope.
- La progression est contrôlée par la structure cristalline du semiconducteur avec, pour des wafers orientés (100), des directions rapides de progression selon les axes  $\langle 100 \rangle$  et des direction lentes selon  $\langle 110 \rangle$ .
- Le contour du front d'oxydation n'est plus homothétique de la forme du méso gravé.

- Les conditions d'oxydation peuvent influencer l'anisotropie notamment la réduire à haute température.
- Un modèle reproduisant les déformations observées dans le cas d'un méso circulaire a été mis au point.
- Une méthode a été élaborée pour prédire le méso à graver pour atteindre une ouverture cible (circulaire / micro-anneaux) après oxydation anisotrope.