



## Objectifs

### Fondamental:

- Développer des procédés de fabrication des nano-objets dans une approche bottom-up en s'appuyant sur les mécanismes fondamentaux de la nanostructuration et de l'auto-organisation;
- Comprendre les propriétés électroniques des nanodots de Si et de Ge;
- Modéliser des structures et des composants

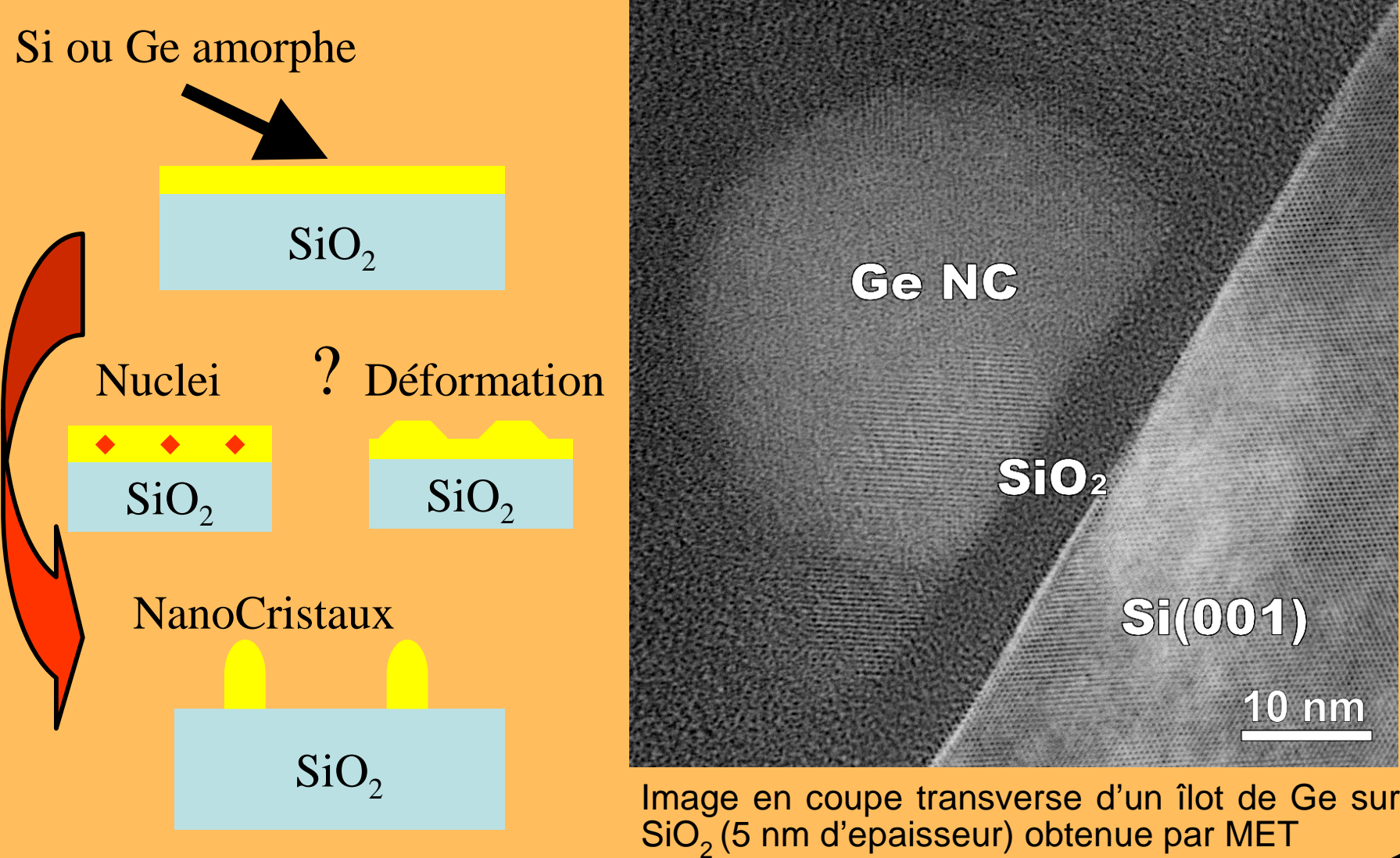
### Appliqué:

- Marché NAND Flash en forte croissance
- ⇒ solution idéale pour les applications qui demandent une large mémoire de stockage, telles que appareil photos, MP3, téléphone portables, clés USB ...
- Pourquoi les nanodots ?** NAND Flash de STM doit répondre à un nombre croissant d'applications : large spectre de densités, différentes tailles de pages, différentes puissances et possibilités de packaging.

## Tâche 1 : Fabrication des structures et composants

### ELABORATION DES NANOSTRUCTURES $\varnothing = (\text{épaisseur})^{1/2}$

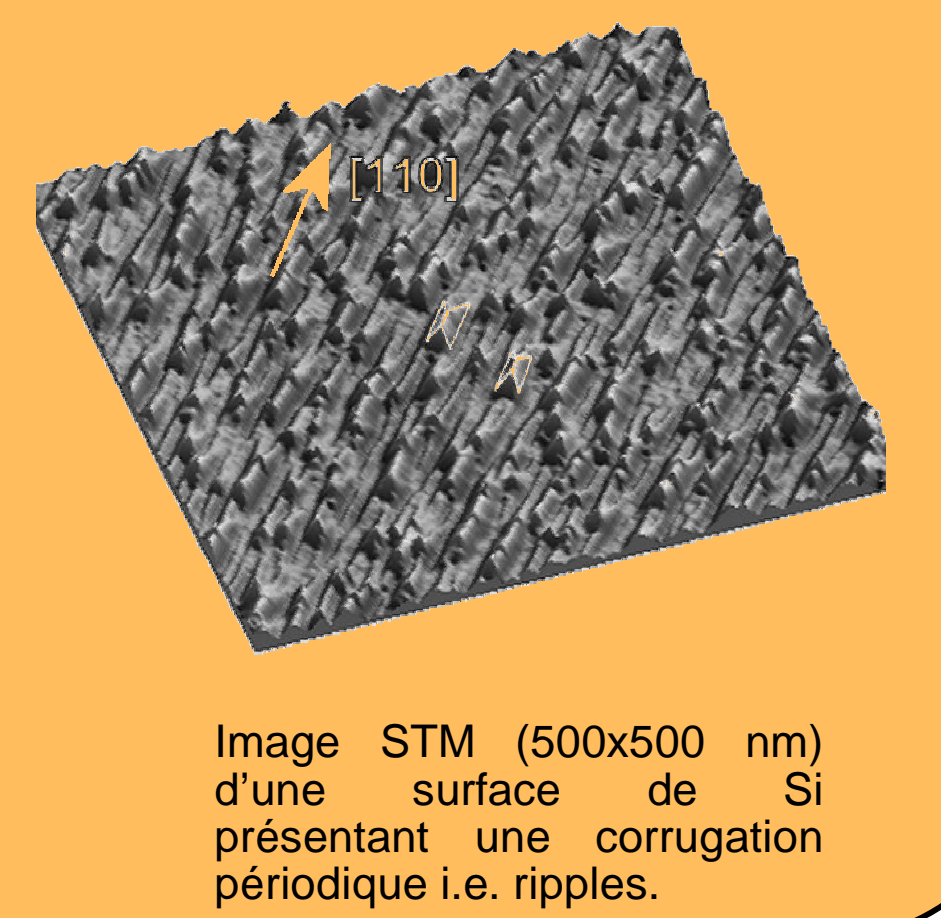
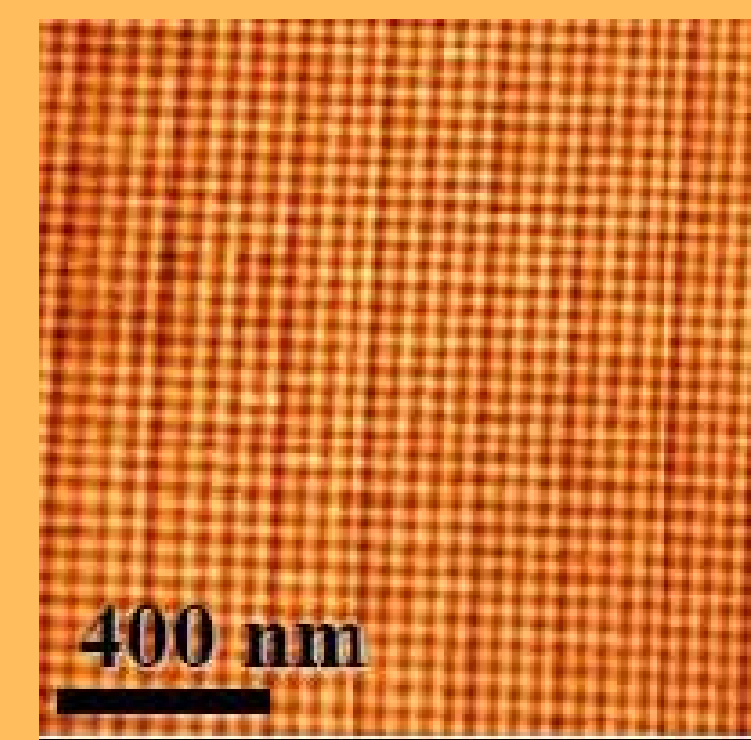
Tout d'abord, la surface oxydée (5 nm d'épaisseur) subit un traitement chimique afin d'éliminer toute contamination de surface qui pourrait perturber la nucléation des nanostructures. La procédure de dépôt consiste à déposer une épaisseur contrôlée de Ge à température ambiante afin d'obtenir une couche amorphe. L'échantillon subit par la suite un traitement thermique pour obtenir la formation de nanostructures de Ge.



### AUTO-ORGANISATION DES NANOSTRUCTURES

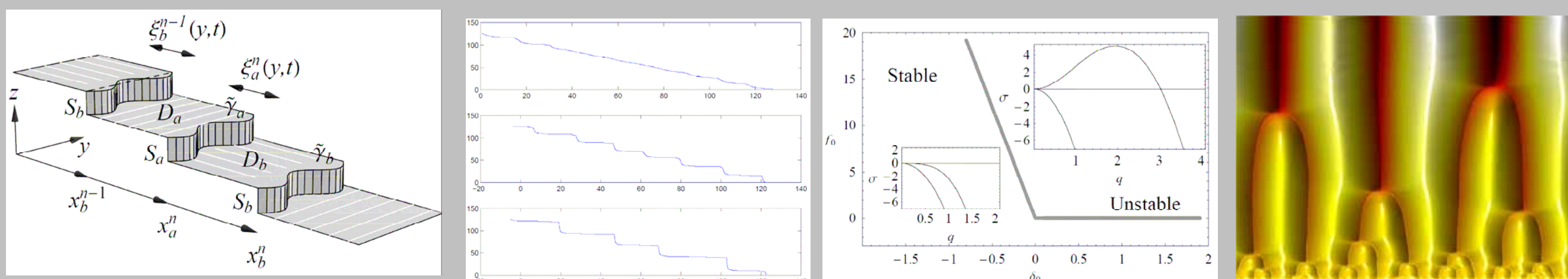
L'utilisation de surface 'texturée' permet de localiser la nucléation de nanocristaux de Ge sur la surface d'oxyde de silicium. Dans ce projet, deux types de structuration de surface sont envisagés :

- 1, La lithographie par canon à ions (FIB) qui permet de réaliser de motifs d'une ~20 nm de diamètre sur de grande surface.
- 2, L'exploitation de instabilités de croissance i.e. corrugation périodique, obtenue sur des surfaces vicinales de Si.



## Tâche 2 : Modélisation Nanostructuration et auto-assemblage

### Instabilités de l'écoulement de marches sur une surface vicinale Si(001), effets d'anisotropie cinétique



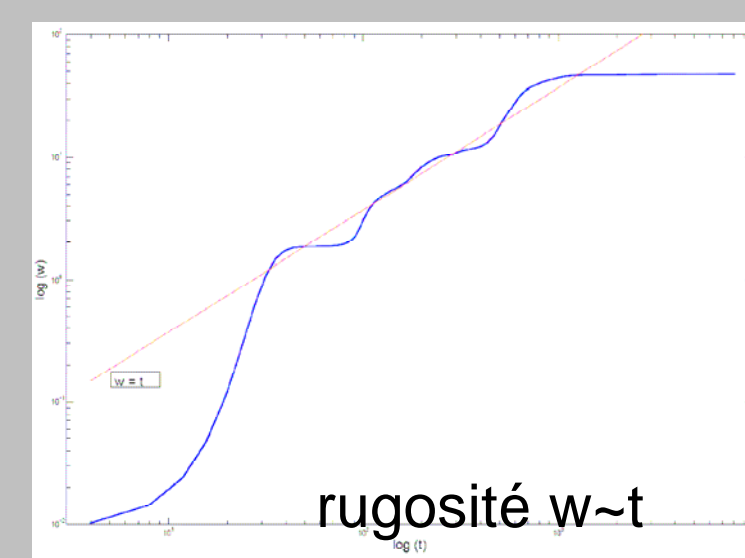
T. Frisch & A. Verga, PRL 2005 et 2006

$$\partial_t u = -\partial_y^2 \left[ \frac{f\alpha}{48} (f\alpha + 12\delta)u + \partial_y^2 u + \frac{f}{12} (\partial_y u)^2 \right]$$

### Modélisation 2D de la croissance par épitaxie d'une surface vicinale

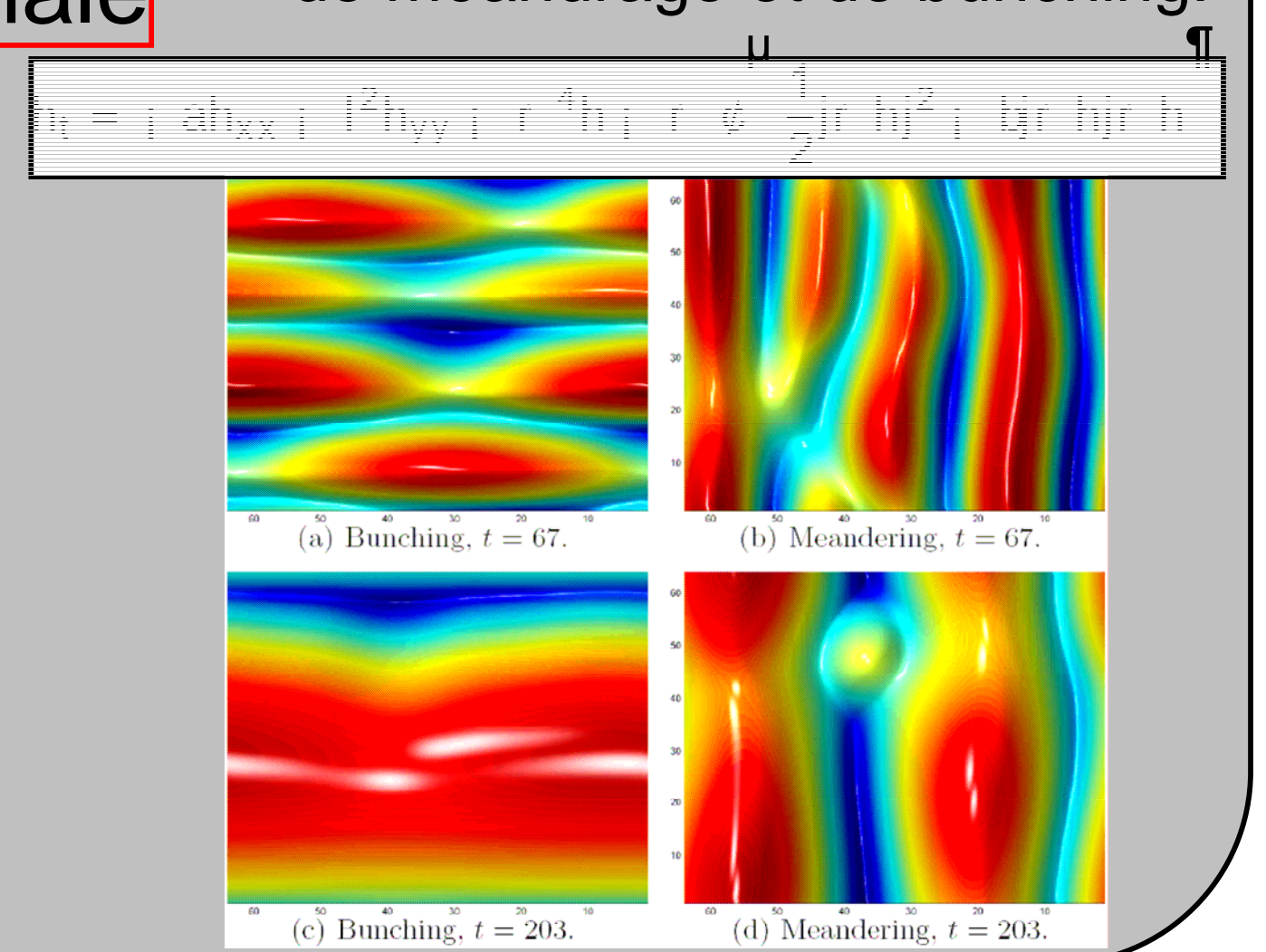
Evolution 2D des méandres: effets non linéaires sur l'instabilité de Bales-Zangwill

$$h_t = -h_{xxx} - Ah_{xyy} + Bh_{xyy} - h_{yy} - (h_y)_{yy}^2 - h_{yyy}$$



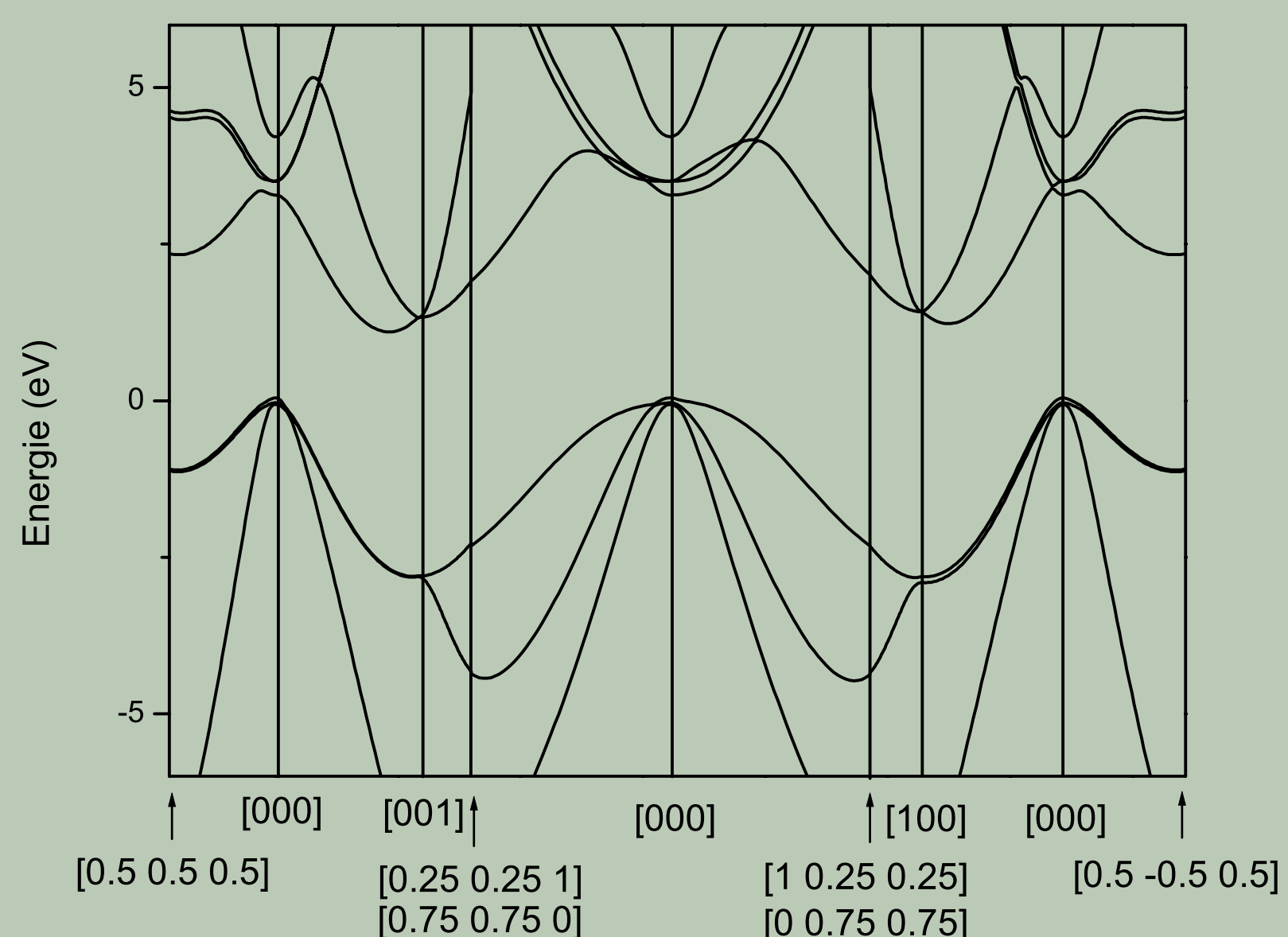
T. Frisch & A. Verga, Physica D 2006

Couplage des instabilités de méandrage et de bunching:

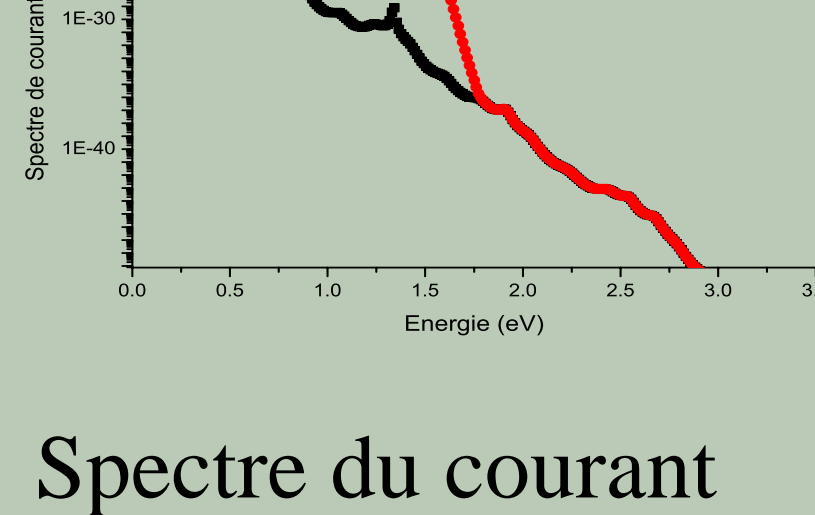


## Tâche 3 : Propriétés physiques des nano-composants

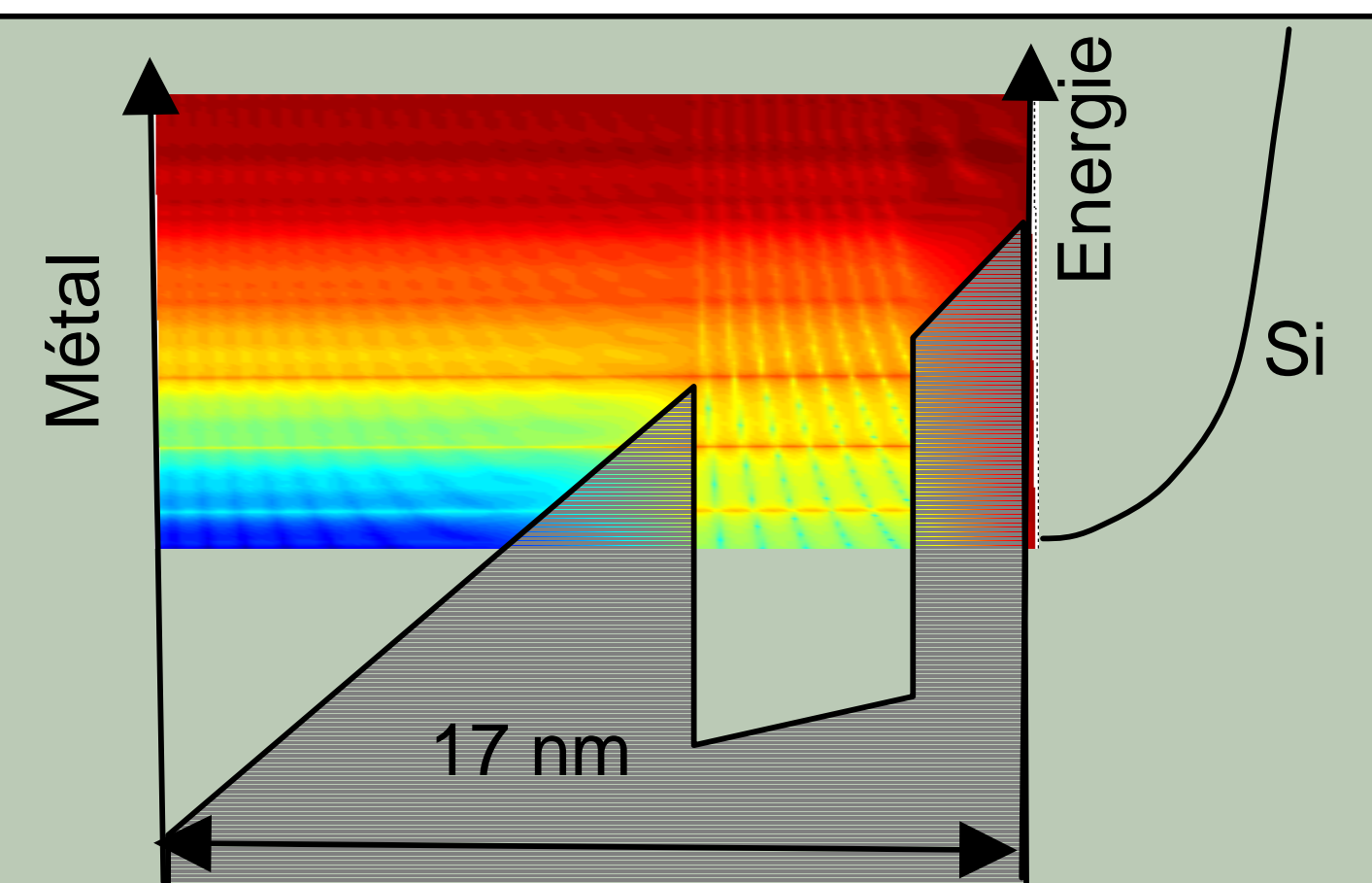
Développement du calcul des états propres dans une boîte: Hamiltonien du matériau avec contraintes mécaniques



Avec et Sans électrons chauds dans le Si

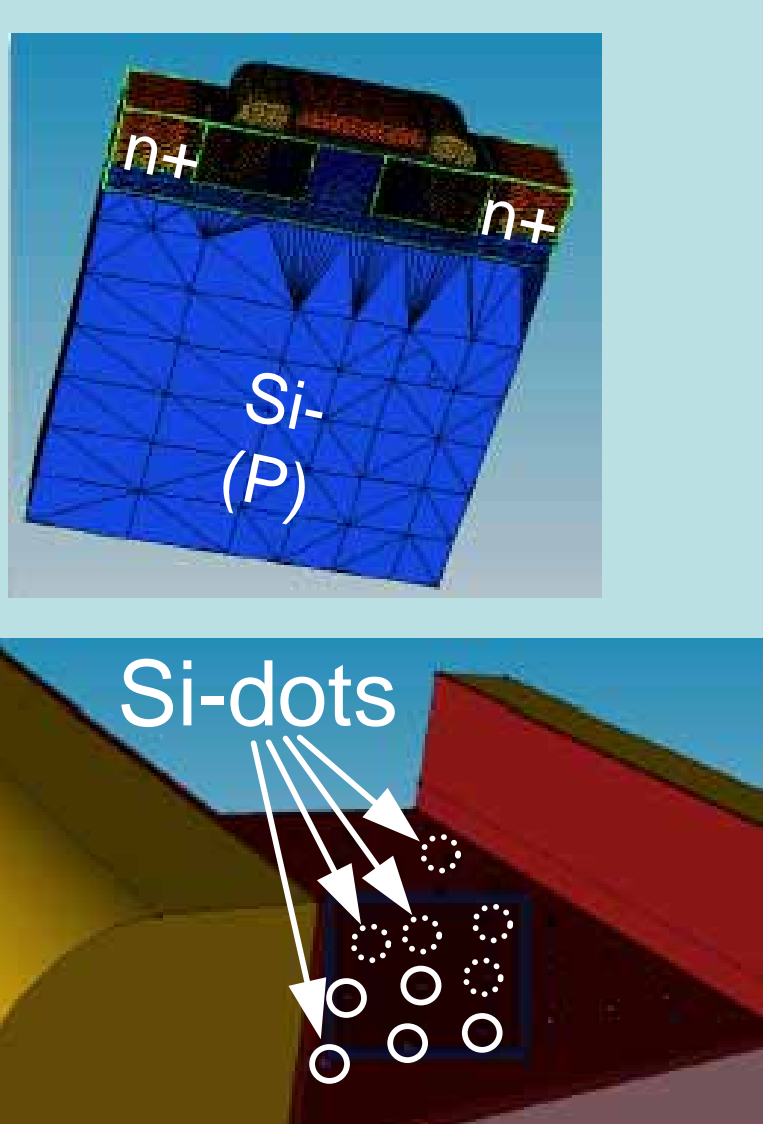


Modèle de transport 1D à travers la structure Si - isolant - boîte - isolant - métal

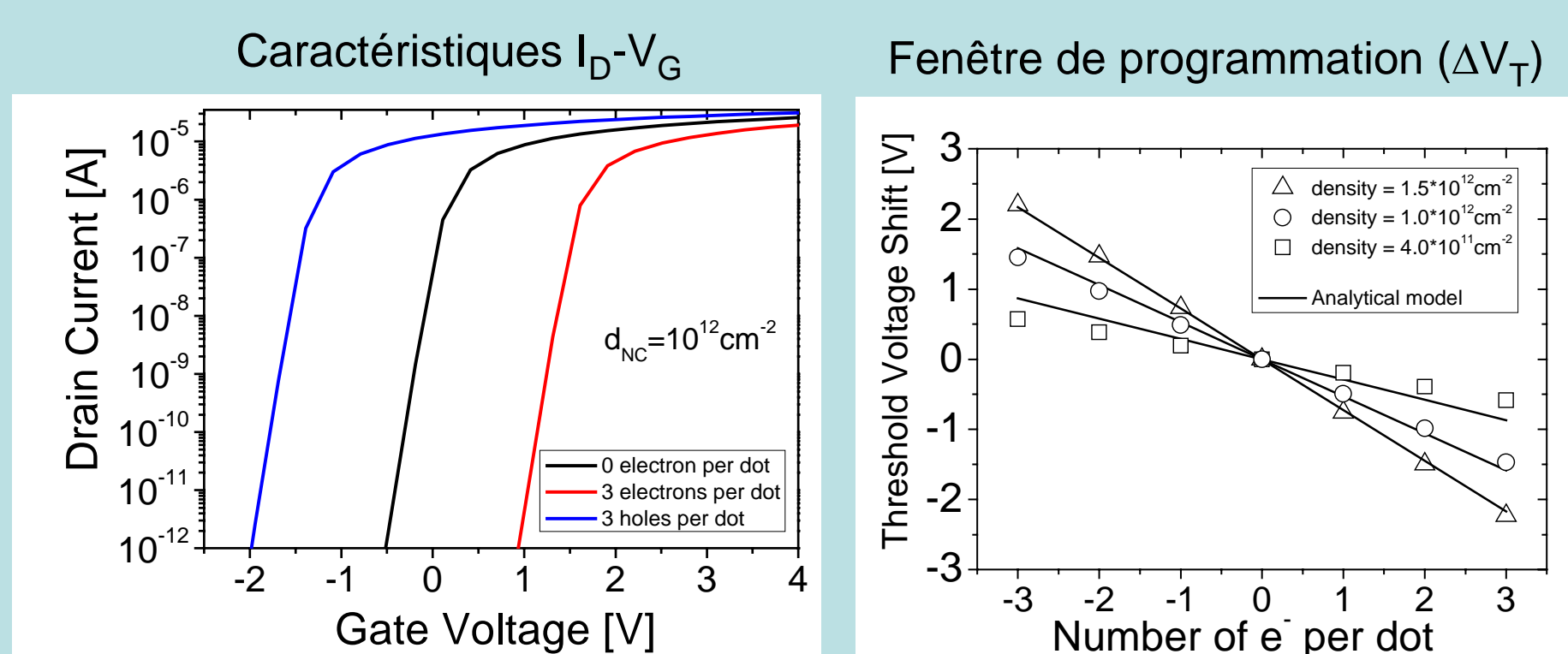


## Tâche 4 : Modélisation des composants

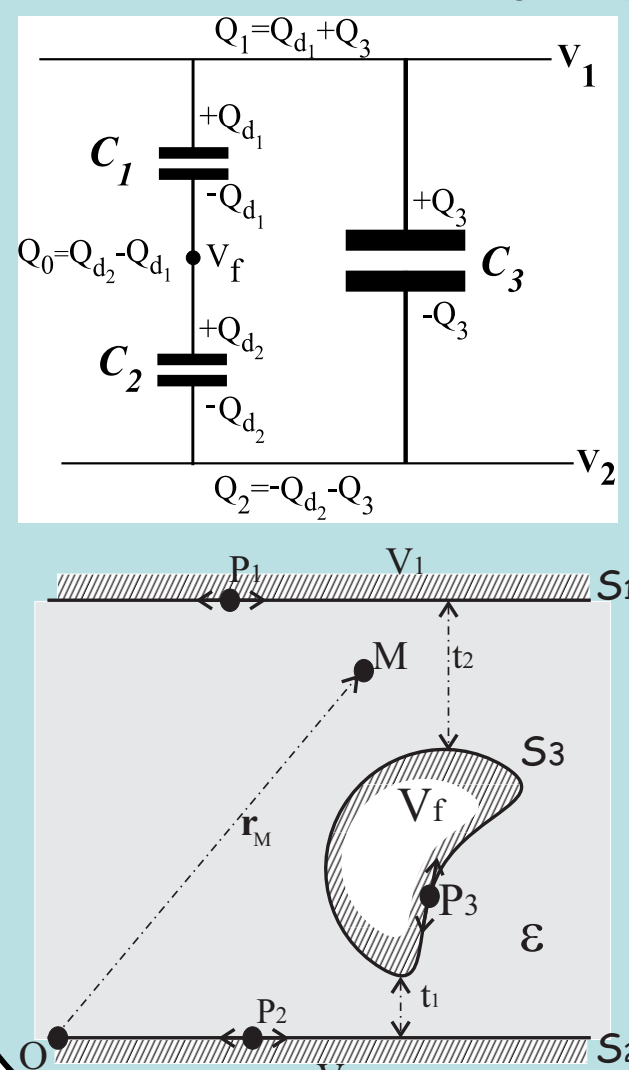
### Simulation TCAD des composants



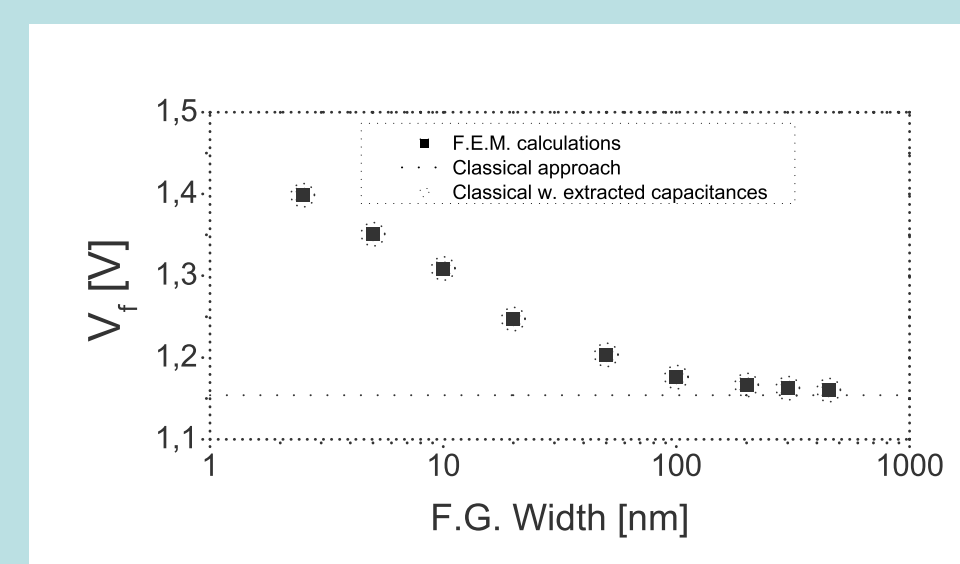
- Simulation 2D & 3D des composants sous ISE-TCAD
- Etude des caractéristiques électrostatiques des dispositifs capacités et mémoires



### Modèles analytiques et semi-analytiques



- Adaptation du modèle capacitif dédié aux GF continues aux mémoires à NCs
- Calcul du potentiel électrostatique par F.E.M. et à l'aide d'une formulation semi-analytique (fonctions de Green)



Calcul du potentiel flottant à l'aide des méthodes i-analytiques ii-semi-analytiques iii-éléments finis

Validation de l'approche semi-analytique pour les conducteurs flottants de taille < 5nm !