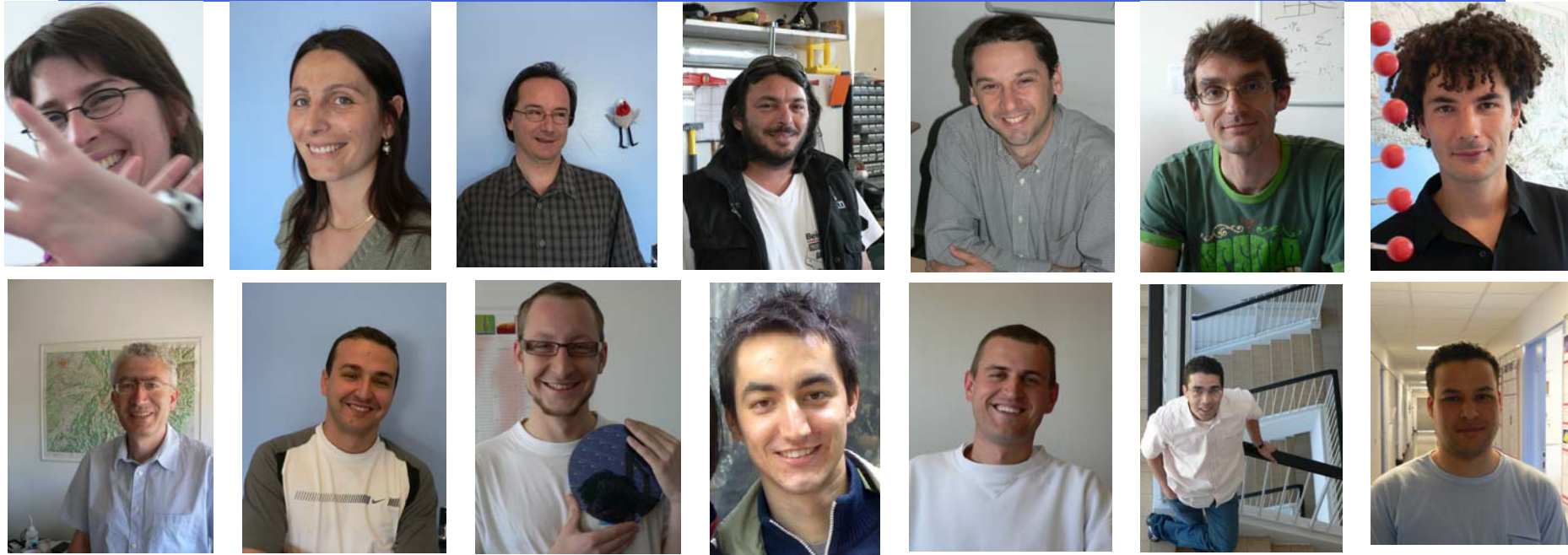


Contraintes mécaniques dans les objets de petites dimensions

Responsable O. Thomas, campus Saint Jérôme



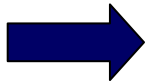
Permanents

Virginie Chamard, chargé de recherche CNRS
Stéphanie Escoubas, maître de conférences, Université Paul Cézanne
Marc Gailhanou, ingénieur de recherche CNRS
Pierre-Marie Guérini, technicien, Université Paul Cézanne
Christophe Guichet, maître de conférences, Université Paul Cézanne
Stéphane Labat, maître de conférences, Université Paul Cézanne
Jean-Marc Roussel, maître de conférences, Université Paul Cézanne
Olivier Thomas, professeur, Université Paul Cézanne

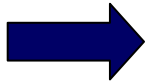
ATER, post-doc et doctorants

Mohammed Benoudia, doctorant
Michel Eberlein, doctorant
Mohammed El Garah, M2R
Bruno Imbert, doctorant
Andrey Minkevich, postdoc
Saad Jakani, postdoc

Thèmes de recherche



Pptés mécaniques spécifiques aux petites dimensions



Contraintes, diffusion et réactivité



Déformations et contraintes locales

Les outils

- ✓ **Diffraction/diffusion des rayons X :**
4 cercles, analyse in situ au labo et sur **grands instruments** (diffraction anormale, analyses in situ, diffusion diffuse, diffraction cohérente, microdiffraction...).
- ✓ **Mesures de courbure:** en température, en cours de croissance, couplage avec la diffraction.
- ✓ **Simulation numérique:** Monte-Carlo, Dynamique Moléculaire, Elements Finis, Algorithmes d'inversion

Partenariats

- ✓ **Microélectronique:**
STMicron, Alliance, Atmel, CEA leti, Réseau RMNT Stressnet, IBM Watson, ANR CRISTAL
- ✓ **GdR CNRS « RELAX »**
- ✓ **FEDER, PACA, CG13**
- ✓ **ESRF, Soleil**
- ✓ U. Cornell (NSF-CNRS),
U. Debrecen (Balaton), U. Leoben,
U. Dortmund, U. Illinois...

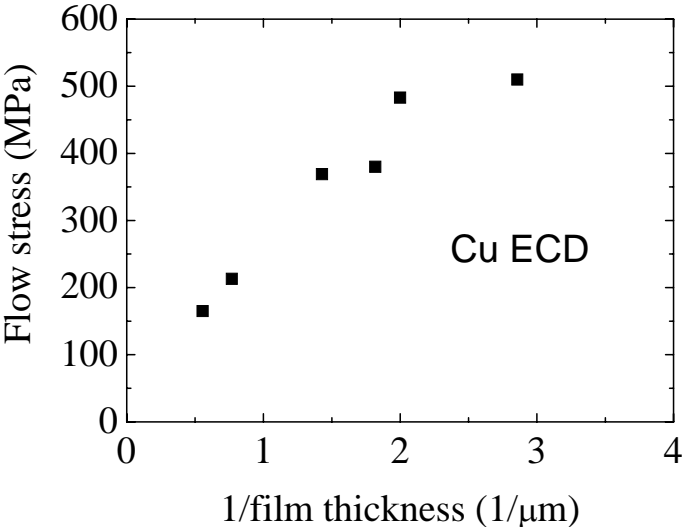
Pp mécaniques de films minces et de nanostructures

M. Gailhanou, S. Jakani, S. Labat, O. Thomas

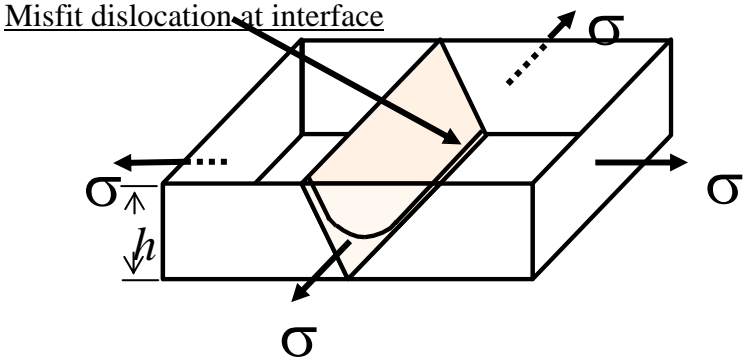
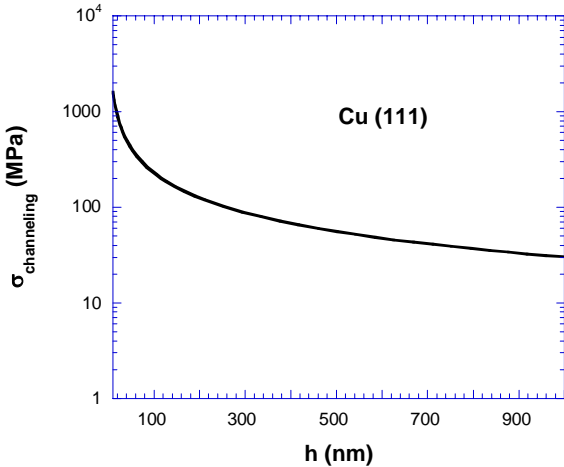
Nanoélasticité, plasticité de films minces et structures confinées

Cu, Al, Au, Ag, Ni, ...

Si, Ge, GaAs, GaInAs, ...

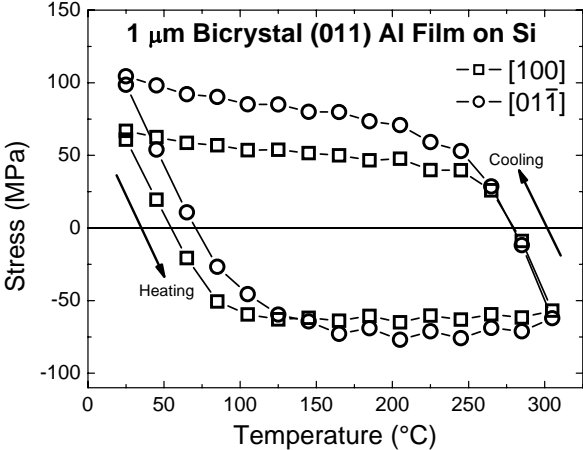


Coll. STRESSNET

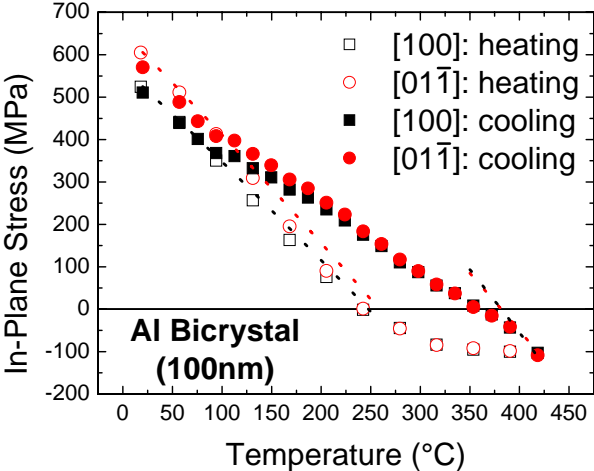


Pp mécaniques de films minces et de nanostructures

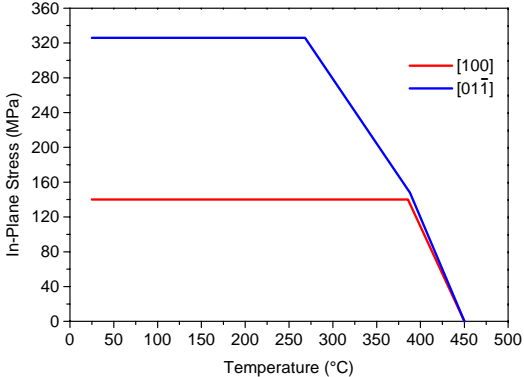
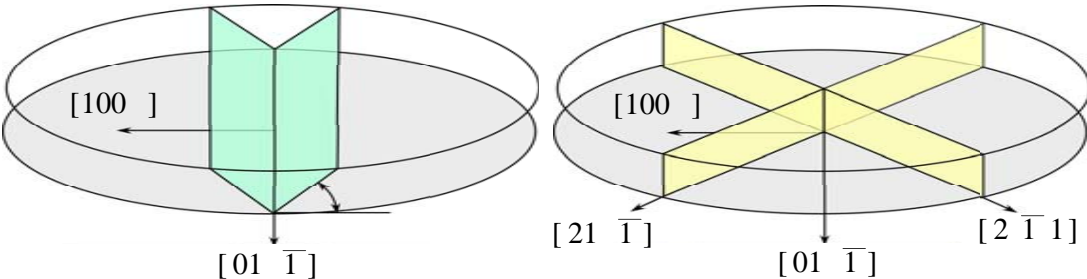
ESRF ID01



CHES C1



Thermomécanique de films Al (011)
Coll. U. Cornell



**Plasticité anisotrope, interactions entre grains,
Effet de taille**

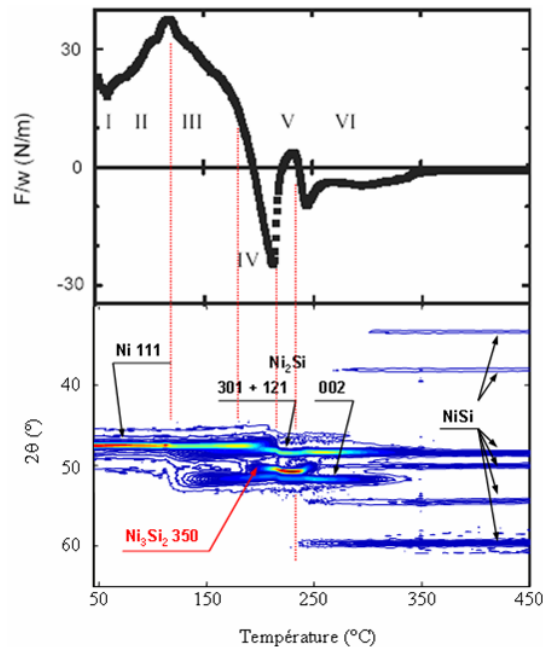
Contraintes, Diffusion et Réactivité

M. Benoudia, S. Escoubas, M. Gailhanou, C. Guichet, S. Labat, JM. Roussel, O. Thomas

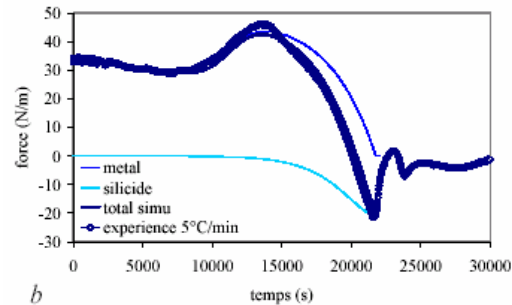
Dvpmnt des contraintes au cours de l'interdiffusion ou de la réaction
Influence des contraintes sur la cinétique
Systèmes miscibles ou à formation de phase

Systèmes réactifs: Pd/Si, Co/Si, Ni/Si

Solutions solides: Mo/V, Cu/Ni, Si/Si_xGe_{1-x}

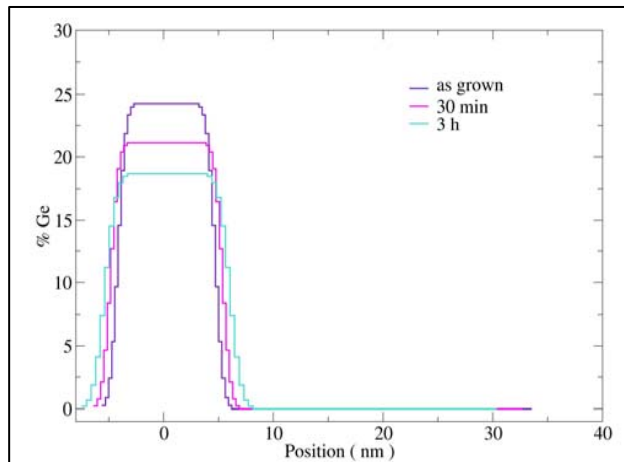
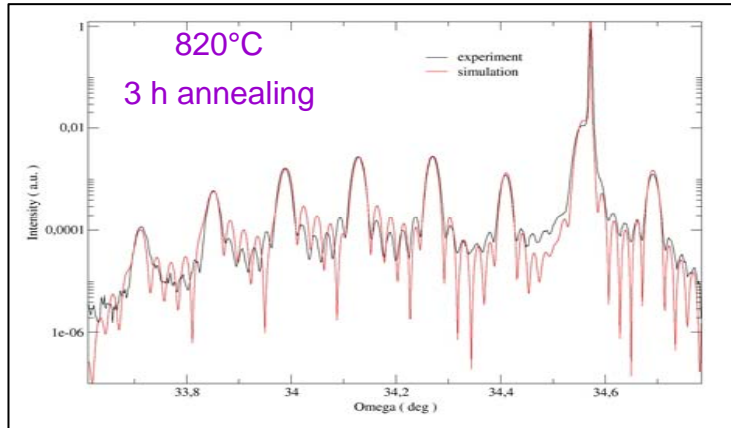


Réaction Ni(13 nm) / Si (001)
LURE H10 Coll. STMico.



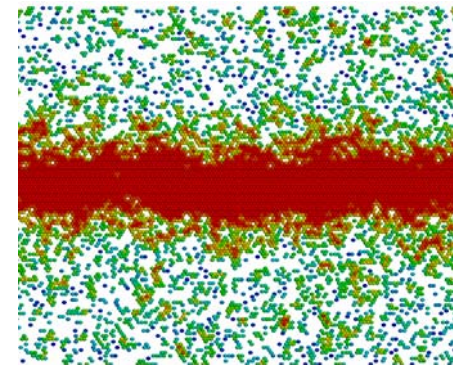
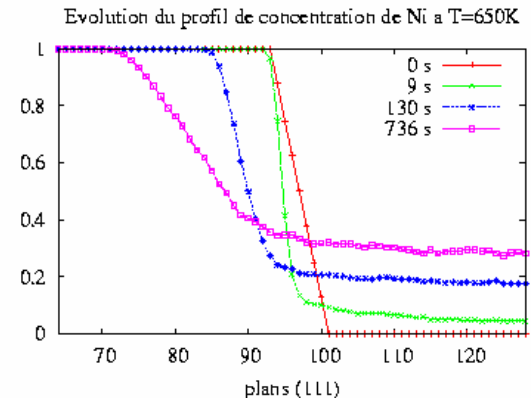
Simul. F. Cacho,
G. Cailletaud, ENSMP

Contraintes, Diffusion et Réactivité



Si/Si_xGe_{1-x}
HRXRD: expérience et simulation

Asymétrie de diffusion



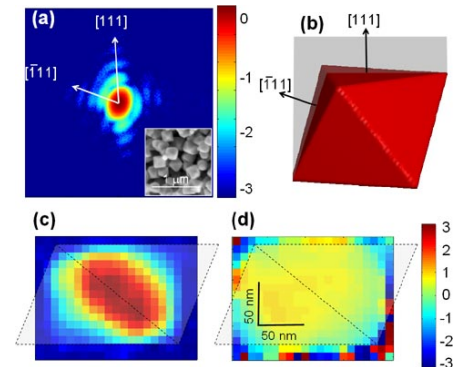
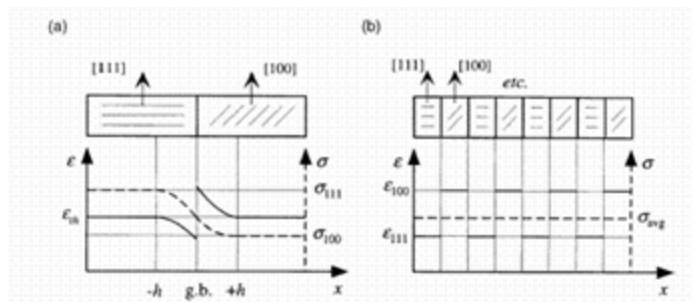
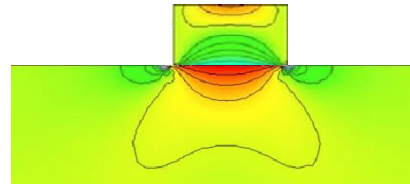
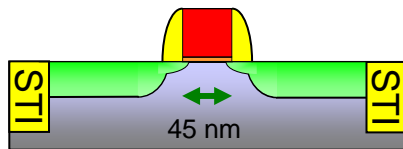
Cu/Ni
Simulations Monte Carlo

Déformations et contraintes locales

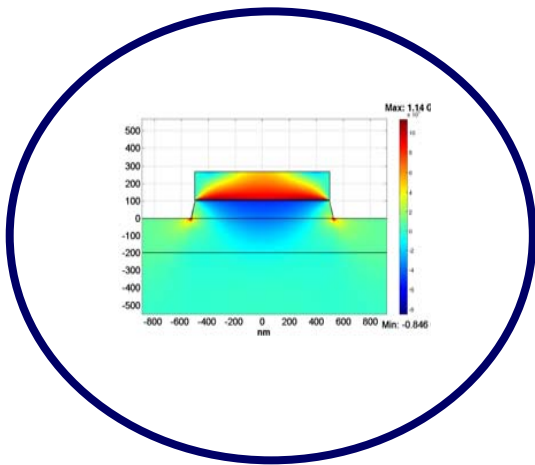
V. Chamard, M. Eberlein, S. Escoubas, M. Gailhanou, S. Labat, A. Minkevich, O. Thomas

Déformations locales dans le Si de la microélectronique
Déformations de grain à grain dans des films polycristallins
Champ de déformation dans des nanocristaux

Diffraction HR, Diffraction cohérente, Microdiffraction X, FEM

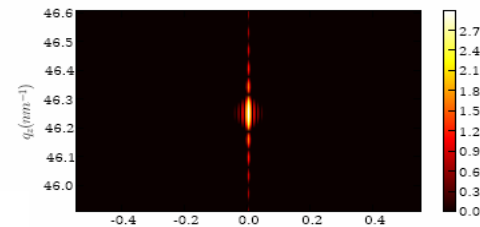


Déformations et contraintes locales

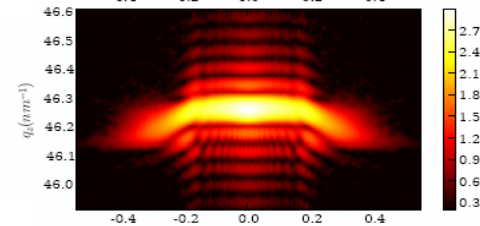


$$\vec{u}(\vec{r}) \longrightarrow I(\vec{q}) = |F(\vec{q})|^2 = \left| \sum_j f_j \exp[i\vec{q} \cdot (\vec{r}_j + \vec{u}_j)] \right|^2$$

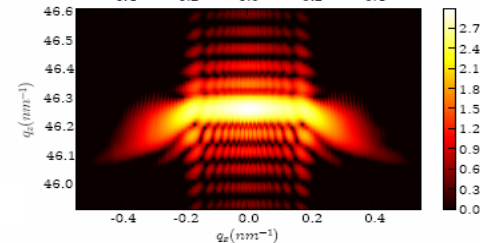
Calc. no strain



Exp.
(ESRF BM32)

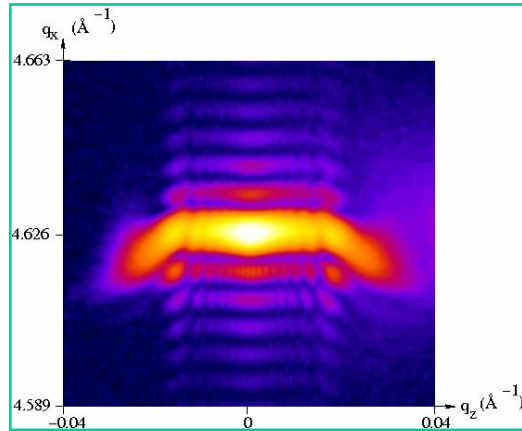


Calc. with strain



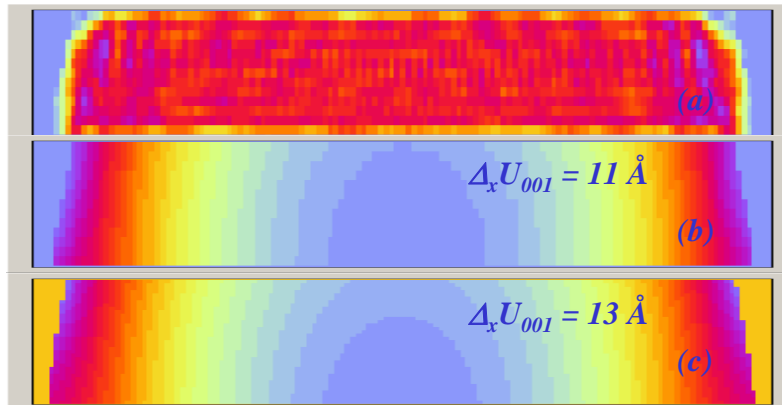
Ligne SOI 1 μm x 100 nm
Coll. CEA Leti

Déformations et contraintes locales



$$I(\vec{q}) \propto |F(\vec{q})|^2,$$
$$F(\vec{q}) = |F(\vec{q})| e^{i\phi(\vec{q})}$$

Inversion



Densité inversée

Déplacement inversé

Déplacement calculé FEM