

Nanoelectronique de charge

Dominique Mailly

Campus Paris Saclay

FONDATION DE COOPERATION SCIENTIFIQUE



Des domaines d'action ont été identifiés pour lesquels les compétences et les forces sont réunis sur le plateau et permettront de rapides avancées

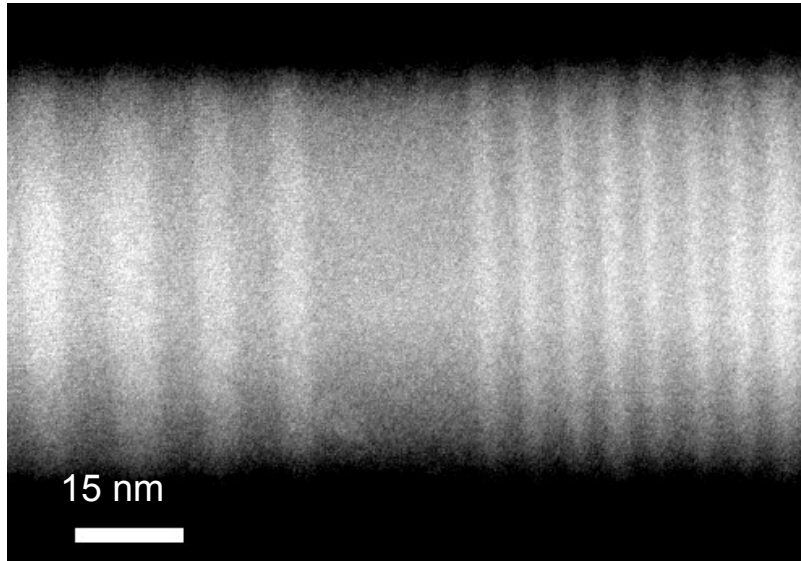
- Transport quantique cohérent (forte interaction avec PALM)
- Nanofils semiconducteurs
- Nanodispositifs à base de carbone
- Théorie&modélisation

Nanofils semiconducteur

- La faible dimension permet une relaxation des contraintes et ouvre accès à des combinaisons de matériaux inédits ayant des très forts désaccords de maille.
- Système unidimensionnel cristallin pratiquement exempt de défauts (cf top down gravure).
- Possibilités de croissance d'hétérostructures axiale et/ou radiale : boîte quantique, gaz d'électron cylindrique, Ouvre des perspectives de couplages électrons photons et de leurs manipulations de l'un par l'autre.
- Par dépôt contrôlé de catalyseur ou ouverture de masque on peut localiser la croissance d'un nanofils unique et par la suite le contacter pour en mesurer ses propriétés électriques

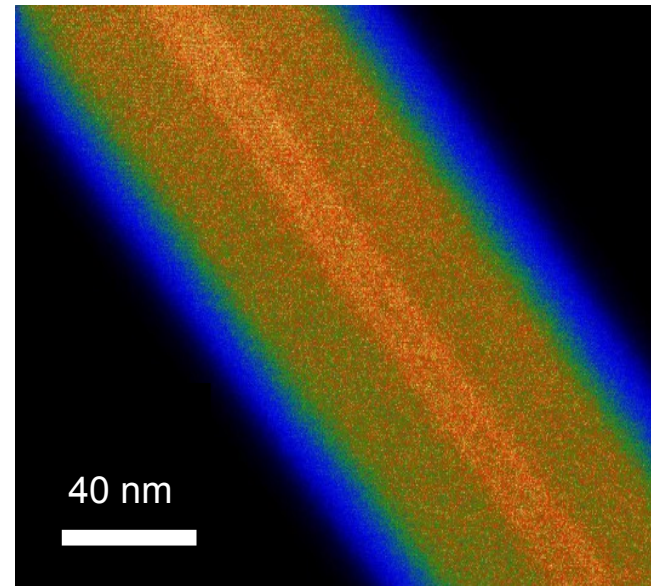
Une grande variété de structures

Heterostructure axiale



Super-réseau GaP/GaAsP

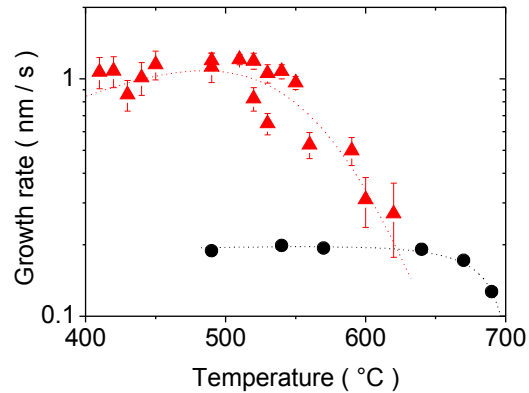
Heterostructure radiale



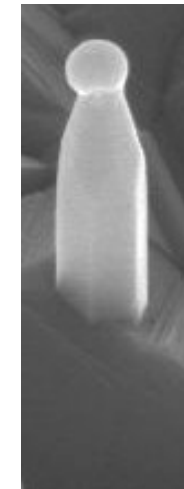
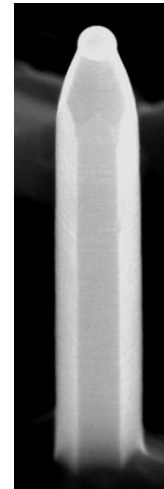
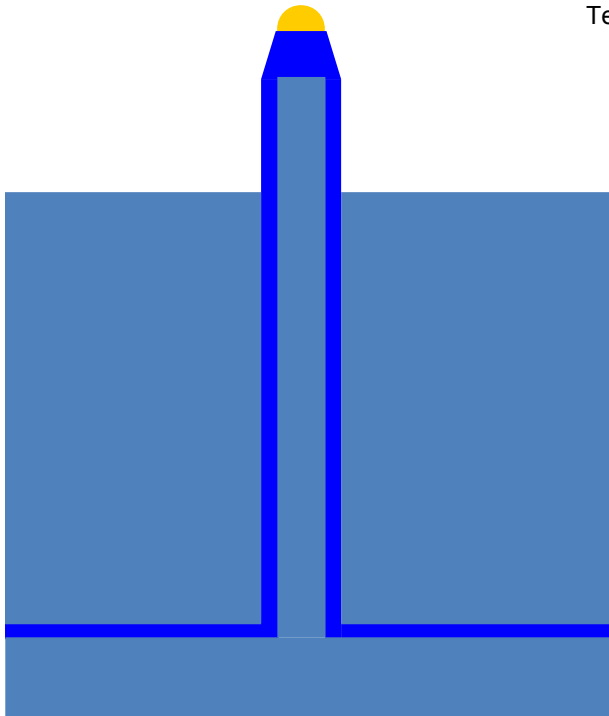
InAsP/InP coeur coquille

AlGaAs/GaAs nanofils coeur/coquille

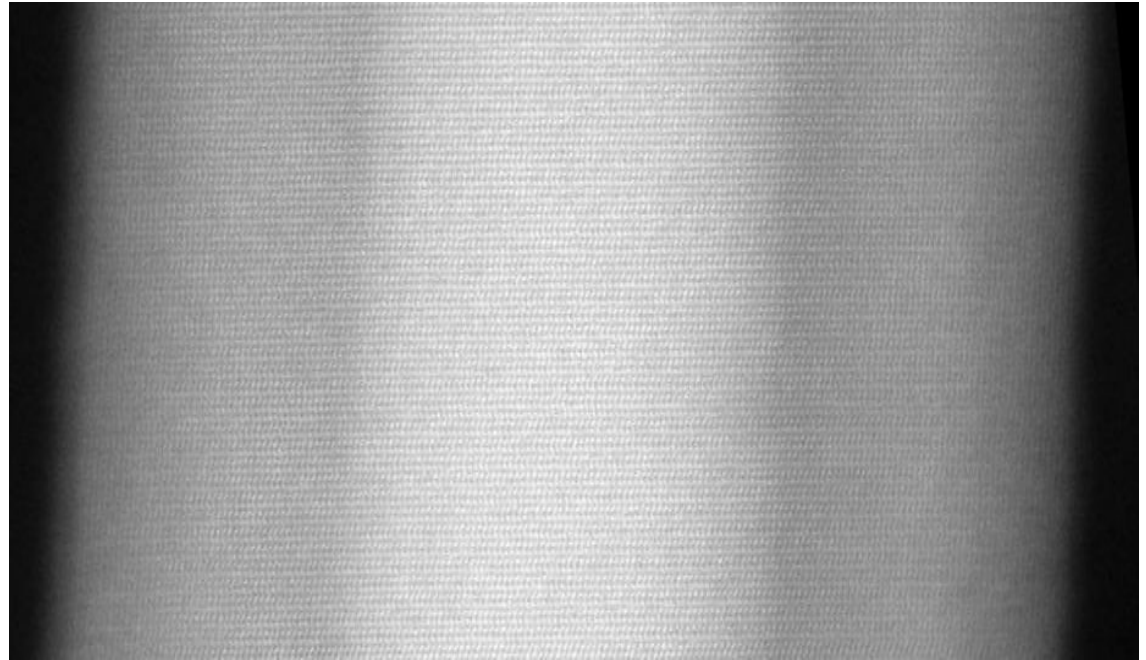
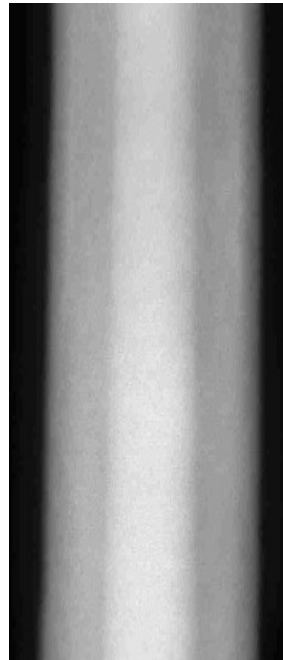
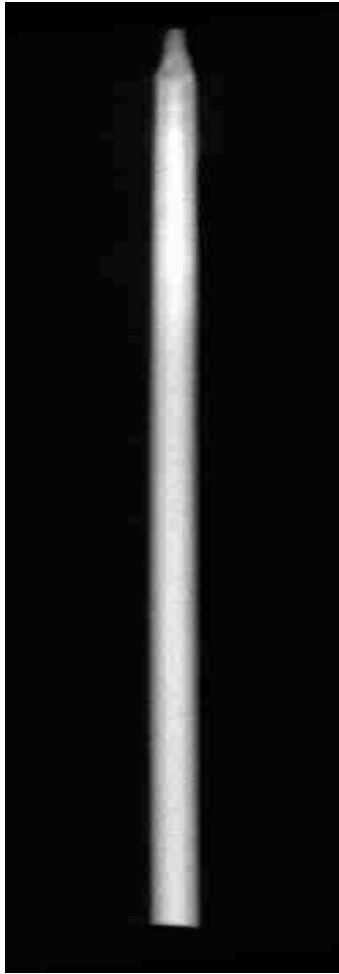
- ▲ Croissance 1D
- Croissance 2D



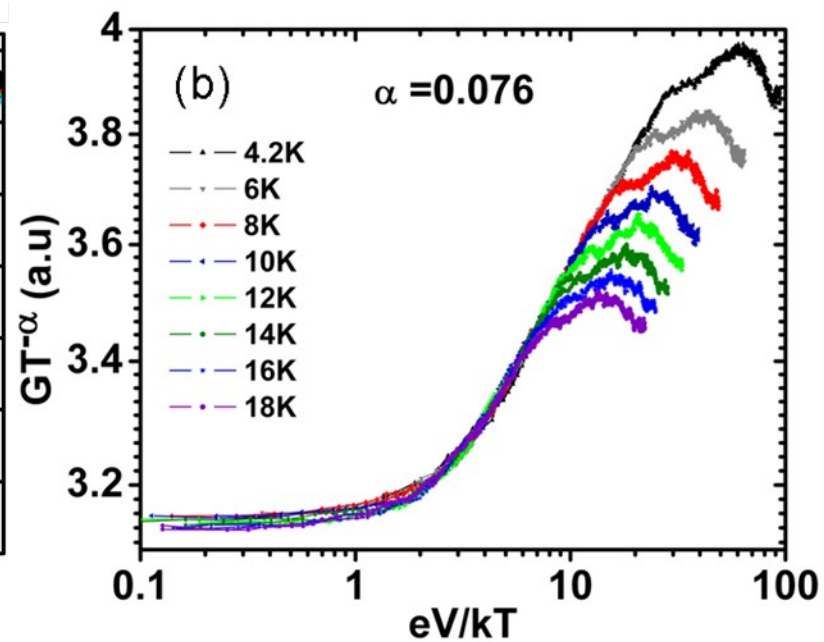
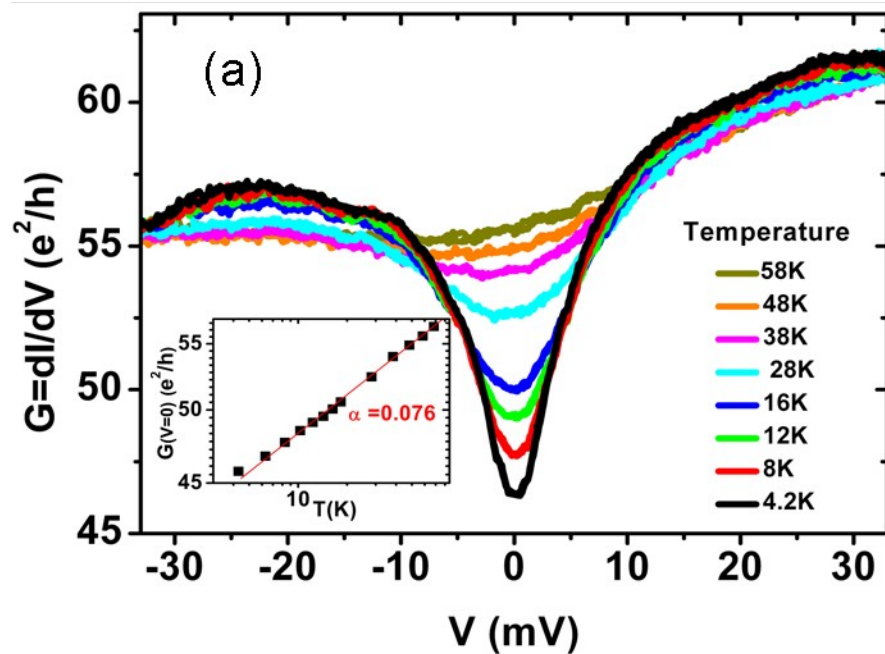
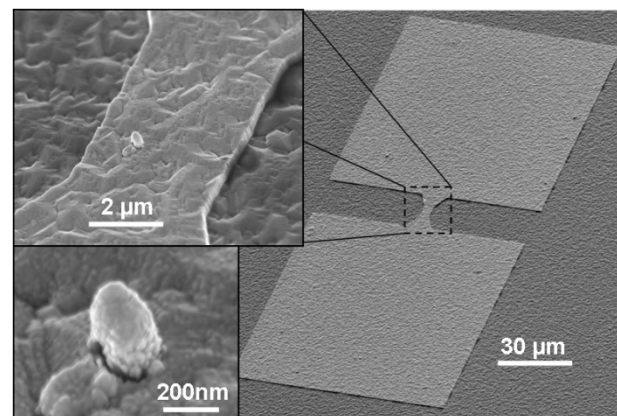
- dépôt du catalyseur (ebeam litho)
- Croissance axiale : croissance du coeur en GaAs
- Croissance radiale : coquille AlGaAs (+ couche Si dopage)
- Croissance 2D : enterrement en GaAs



Qualité cristallographique des nanofils coeur/coquille

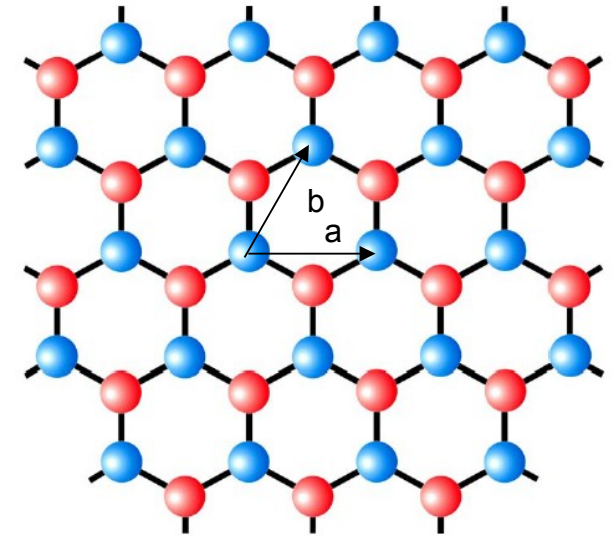
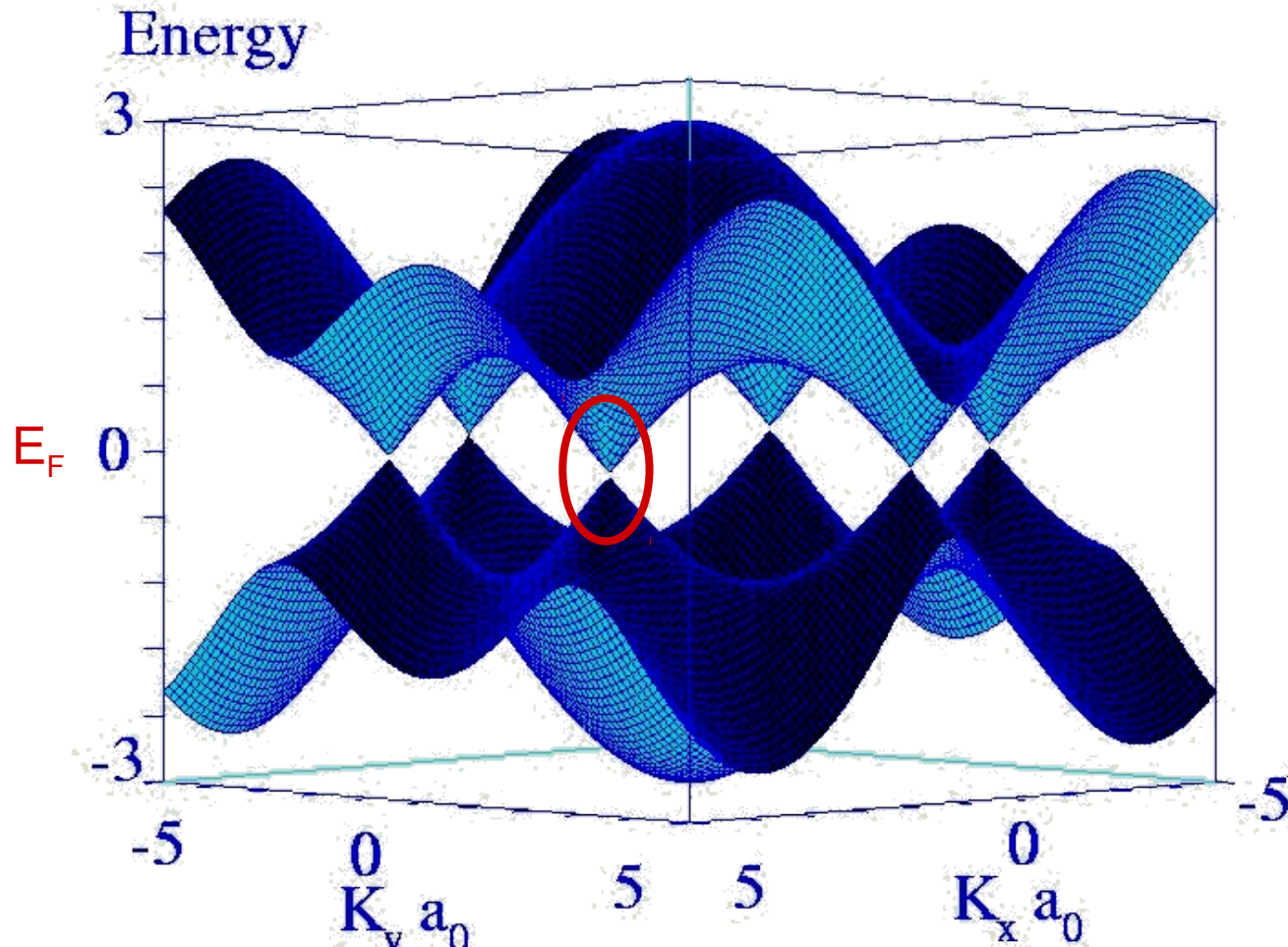


Mesure de transport



Nanotube de Carbone et graphène

Le graphène : une structure de bande très particulière



Deux atomes par maille: pseudo spin

Applications du Graphène

Mobilité excellente même à l'ambiante ;
plus d'un ordre de grandeur p/r au
meilleur Si



Transistor

Atome en surface libre ;
fonctionnalisation par geffage



capteur

Transparent



Ecran plat

Souple et transposable sur de
nombreuses surfaces

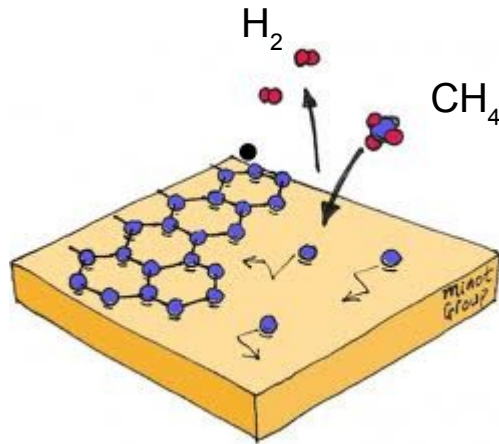


Électronique flexible

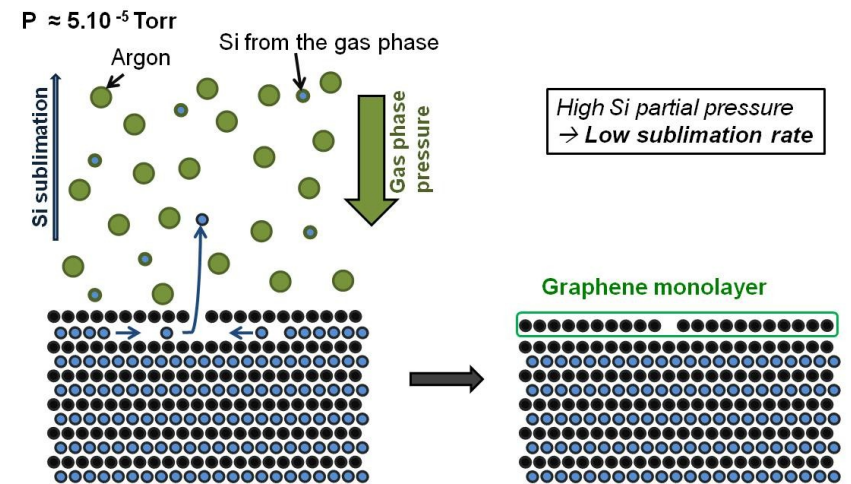
il faut un matériau de bonne qualité et homogène sur de grandes surfaces

Travail sur la croissance

CVD sur métaux



Épitaxie sur SiC



Ces deux méthodes compatibles grandes dimensions donnent pour l'instant des couches avec trop de défauts

Travail sur la modélisation

- Comprendre le rôle des défauts structuraux
- Comprendre la présence et le rôle des « dopants » indésirables
- Modéliser plusieurs couches
- Modifier la géométrie pour ouvrir un gap (nanoruban)
- Modéliser l'injection de spin car temps de cohérence de spin très long.
- Comprendre la distribution des charges en présence de potentiel

Transport polarisé en spin dans les nanorubans de graphène

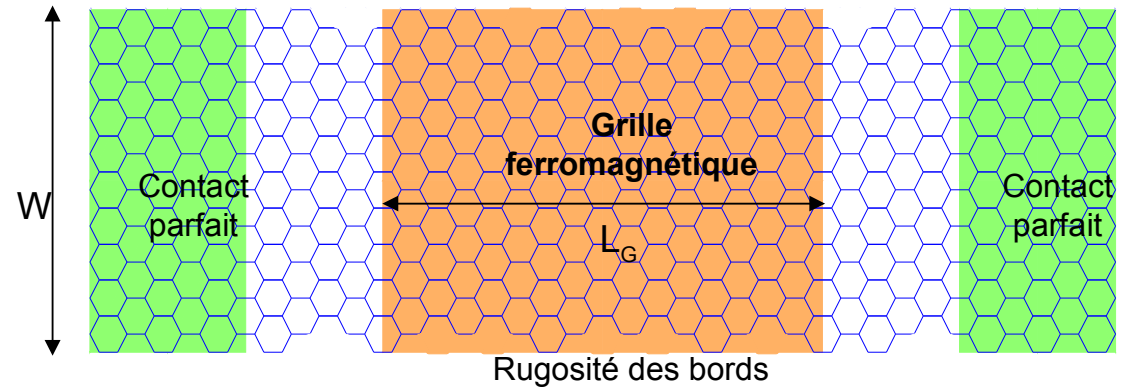
Un plan de graphène est semi-métallique (gap nul)

→ Découpé en **nanorubans**, il peut devenir semi-conducteur

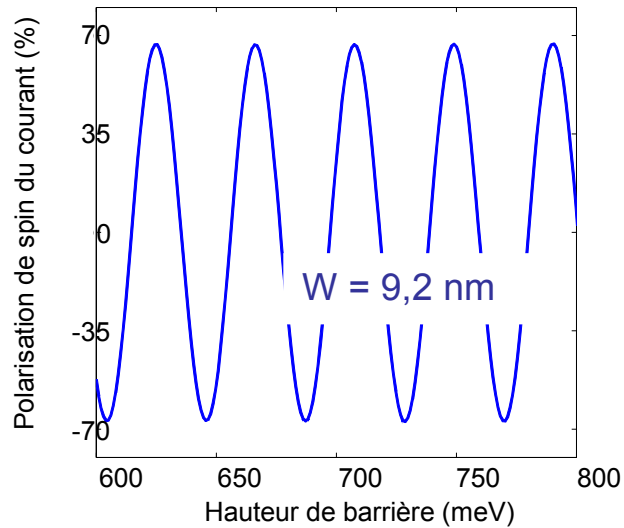
→ Potentiel pour dispositifs nanoélectroniques et spintroniques
(longueur de relaxation de spin $> 1,5 \mu\text{m}$)

Structure avec grille ferromagnétique

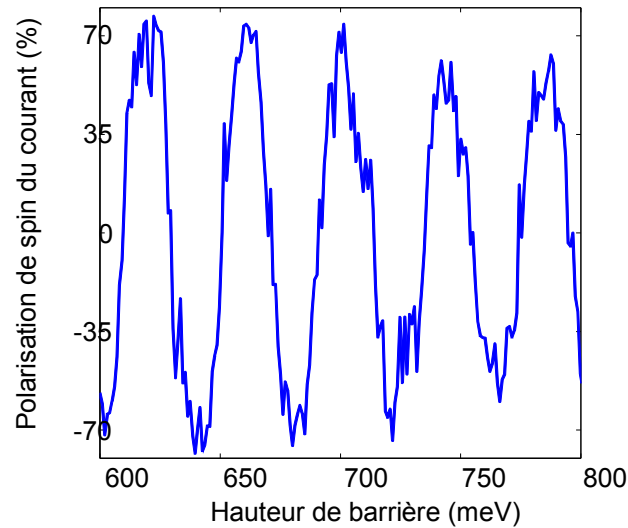
- Contrôle de la polarisation de spin par la tension de grille ?
- Effet de la rugosité des bords de ruban ?



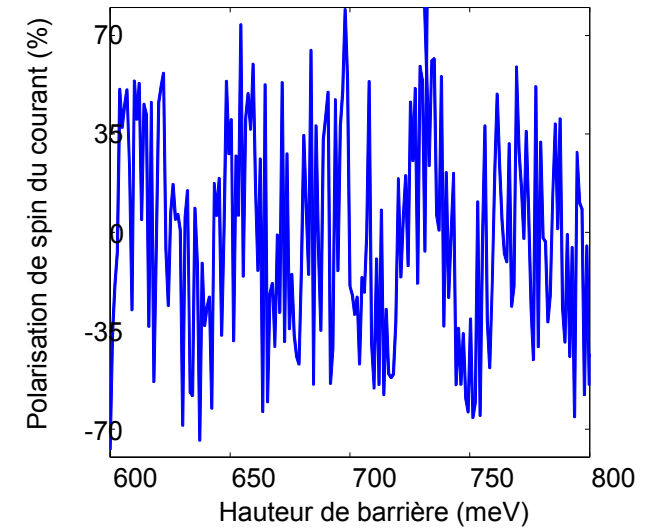
Bords parfaits



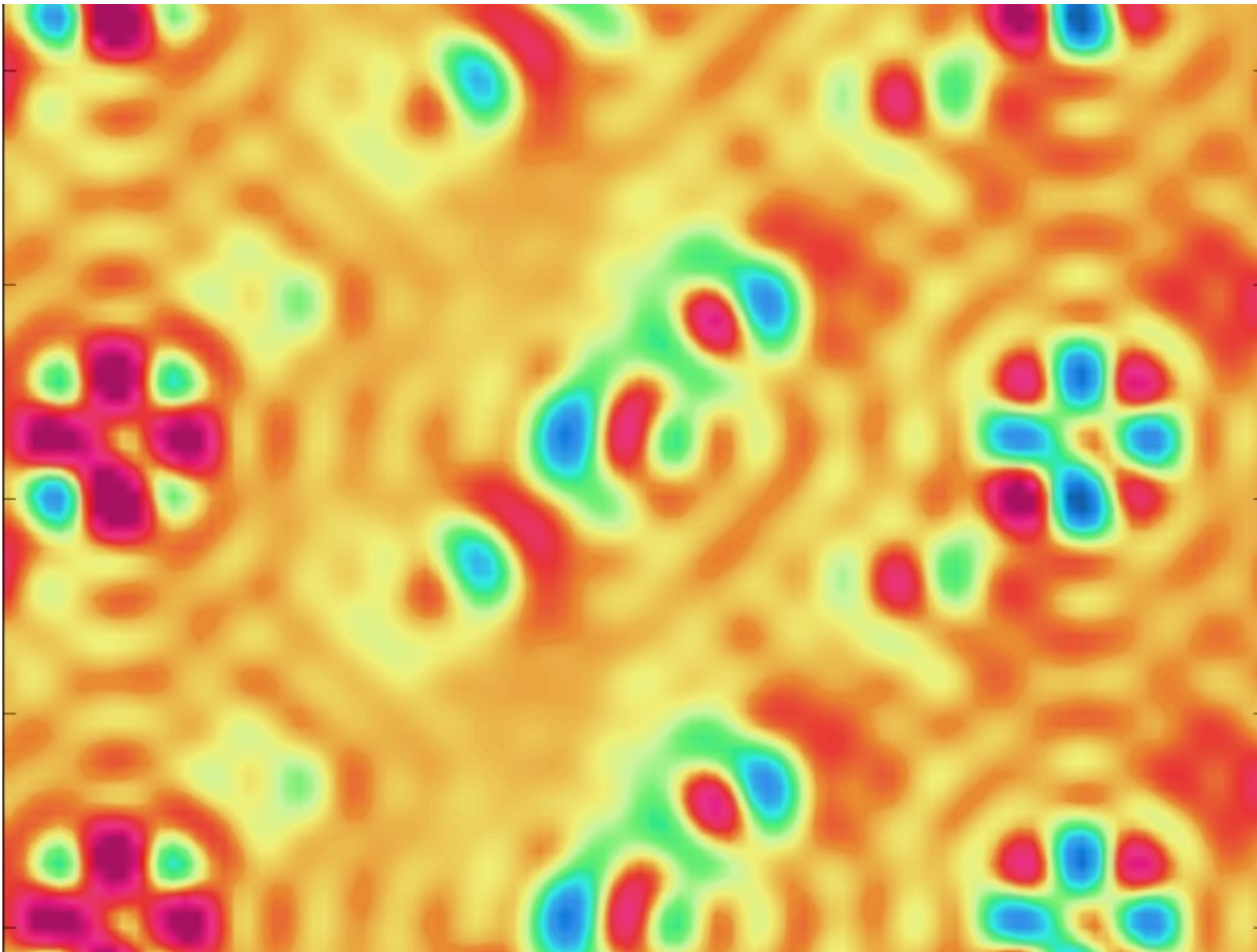
Faible rugosité



Plus forte rugosité



Contrôle efficace de la polarisation de spin si la qualité des bords est maîtrisée



Calcul d'oscillation de charge induite par un potentiel externe

Le Labex s'appuie sur des moyens d'exception

Deux centrales de technologies : IEF& LPN

Des grands instruments : SOLEIL , LLB

Microscopie électronique : LPS, LPN, X (TEMPOS)