



# SYNTHÈSE D'HÉTÉROSTRUCTURES GRAPHÈNE / NITRURE DE BORE

**Catherine JOURNET-GAUTIER**

*Laboratoire des Multimatériaux et Interfaces  
Université Claude Bernard Lyon 1*



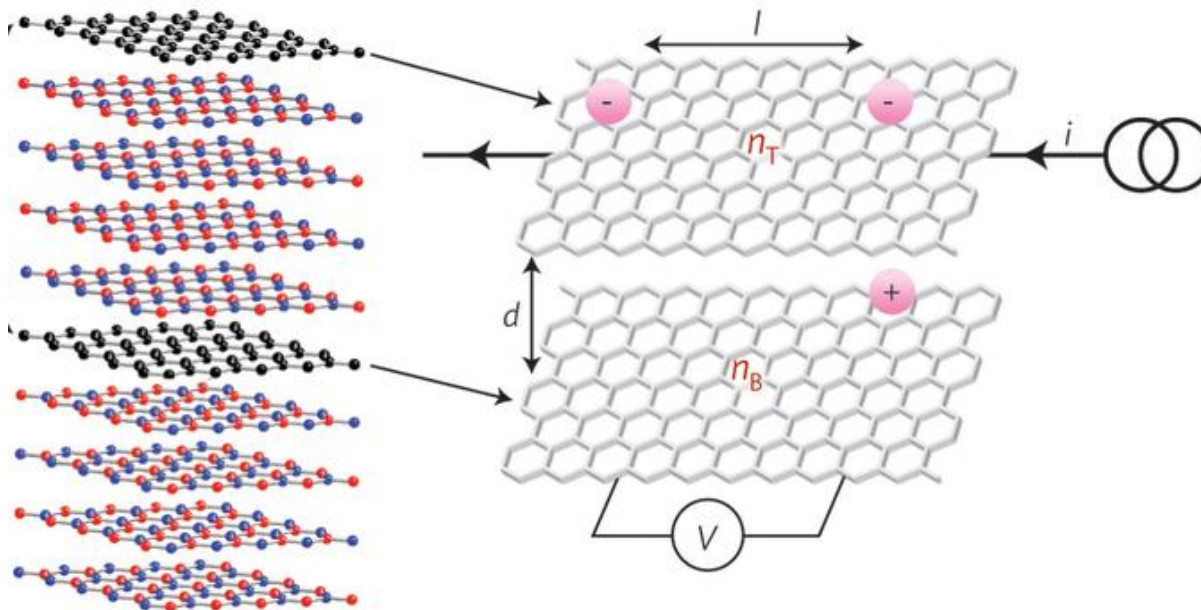


## Hétérostructures verticales de graphène

Barrières atomiquement minces, puits quantiques

⇒ Nouveaux dispositifs électroniques, optoélectroniques, micromécaniques

⇒ FET



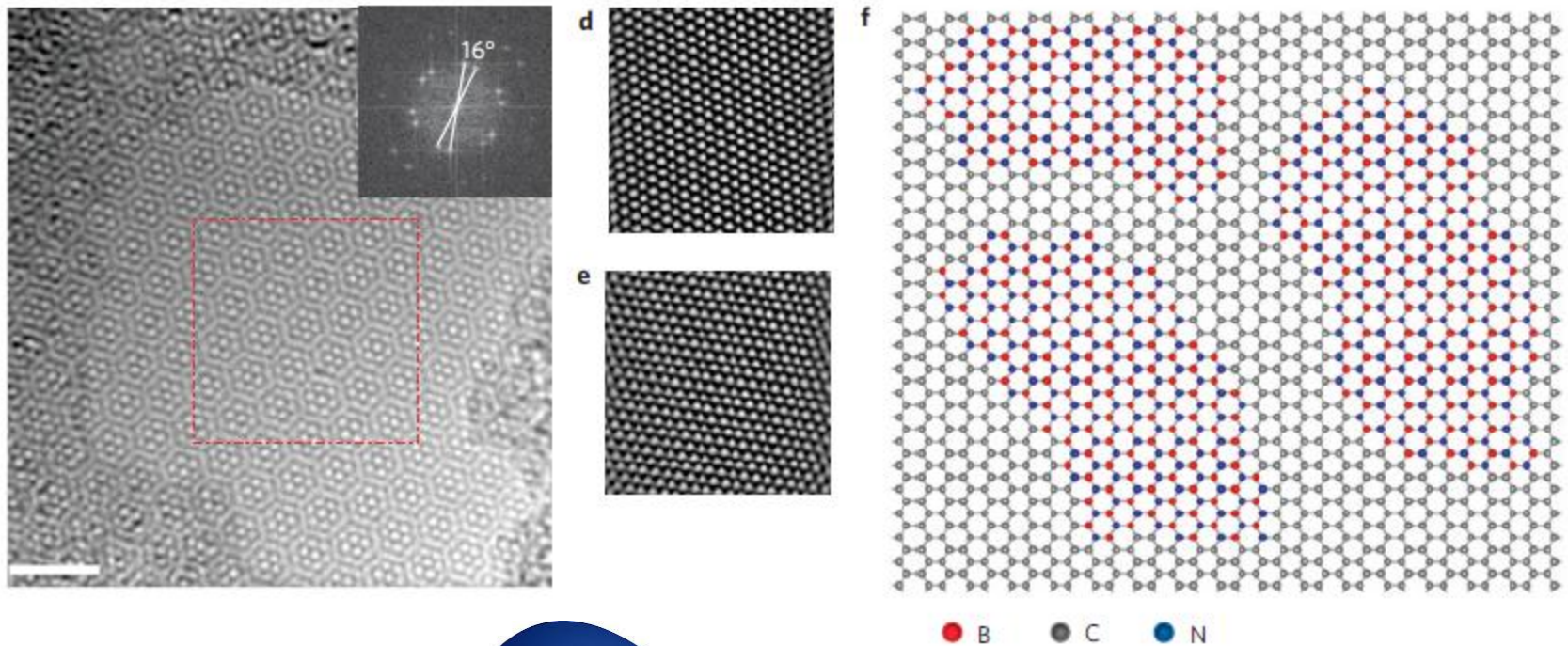
V. Bouchiat, *Nature Physics*, **8**, 862–863 (2012)





## Hétérostructures horizontales de graphène

Contrôle précis de la largeur de bande interdite et des propriétés magnétiques



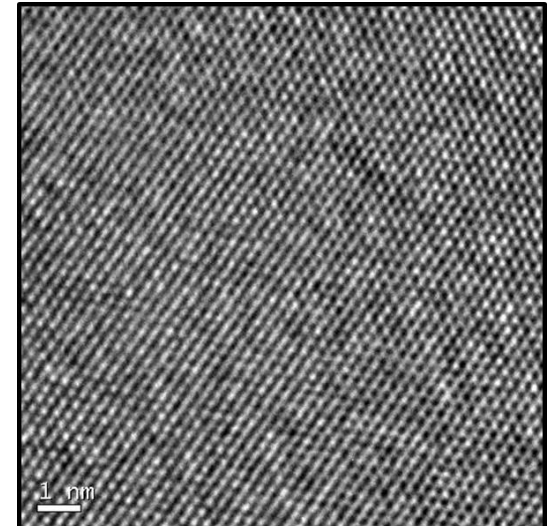
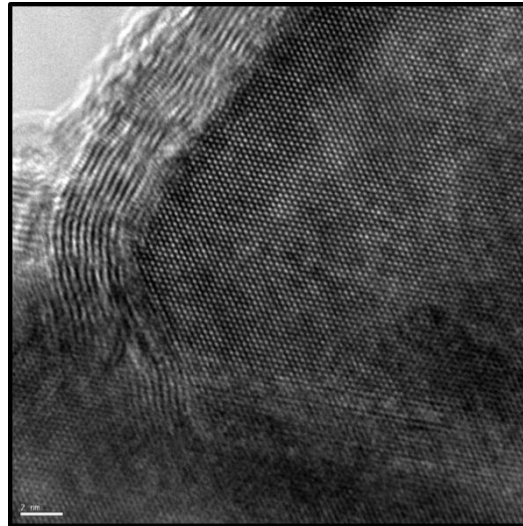
L. Ci et al., *Nature Materials*, **9**, 430-435 (2010)



F. Fossard, A. Girard, D. Gratias, M. Parlier, J.-F. Justin et A. Loiseau

Synthèse h-BN par Chemical Vapor Deposition (CVD) sur substrats silicium (Si)

Précurseur : Borazine ( $B_3N_3H_6$ )

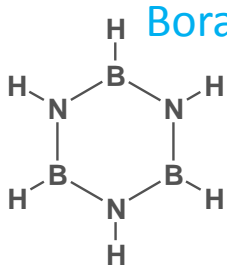


C. Journet, B. Toury, C. Marichy et A. Brioude

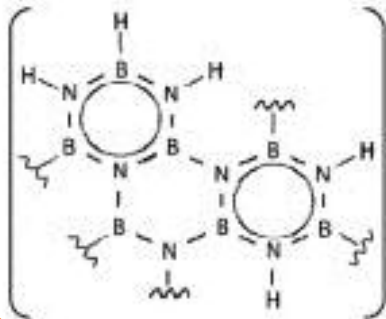


Développement, sur mesure, de précurseurs à base de bore et d'azote

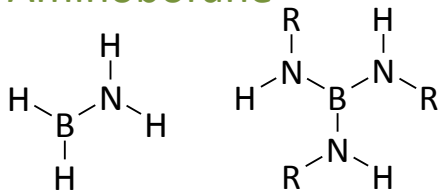
Borazine



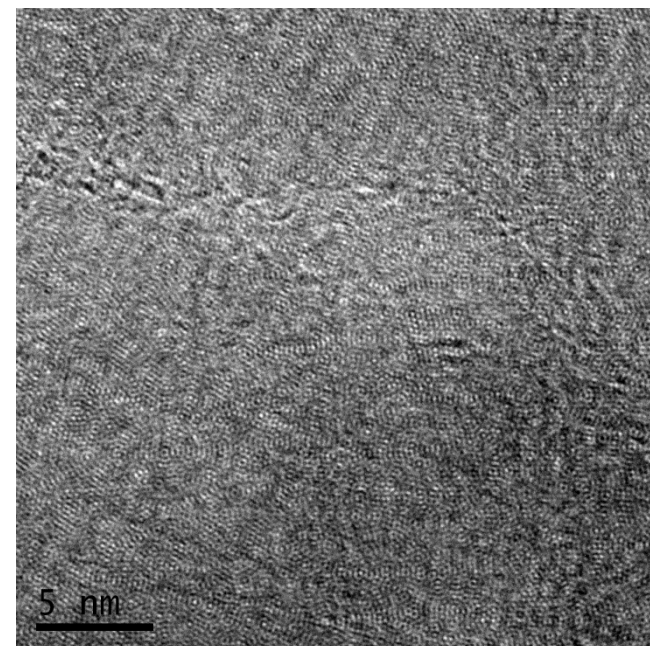
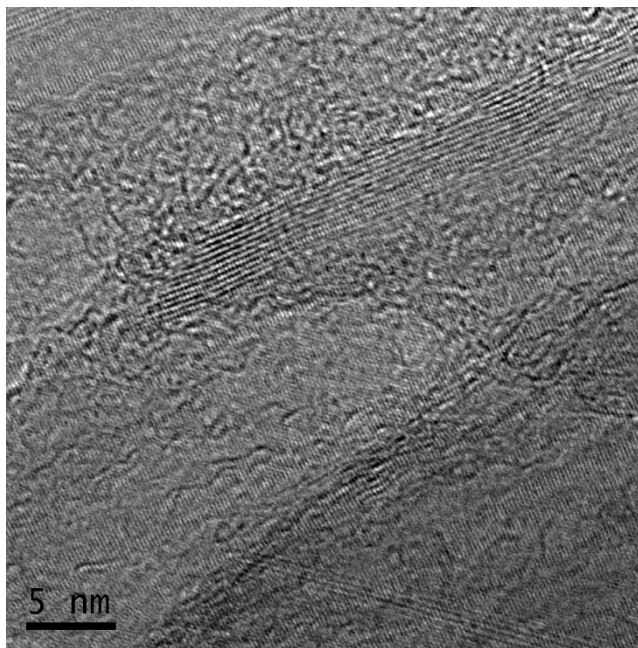
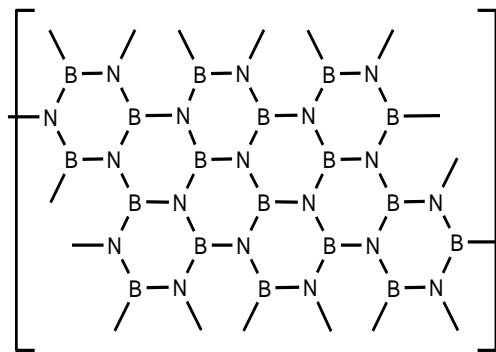
Polyborazylene (L)



Aminoborane

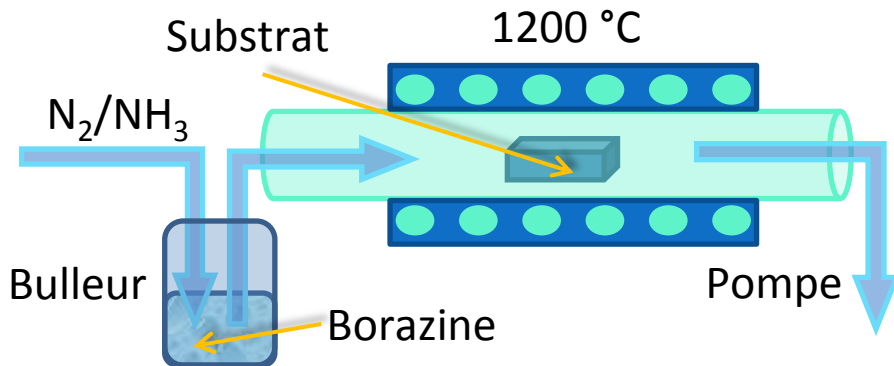


h-BN



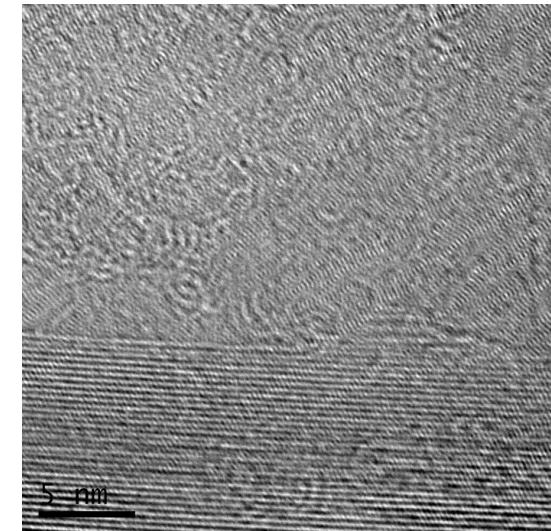
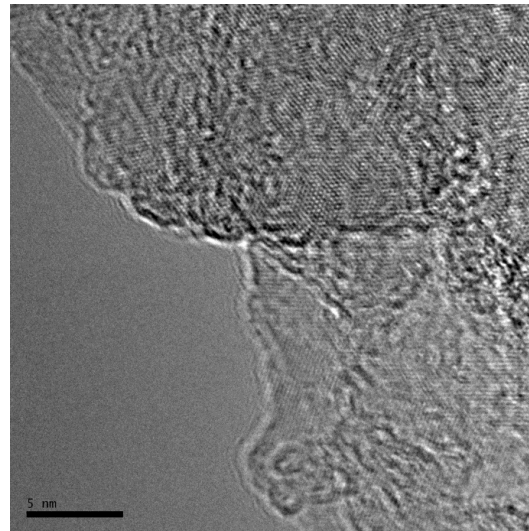
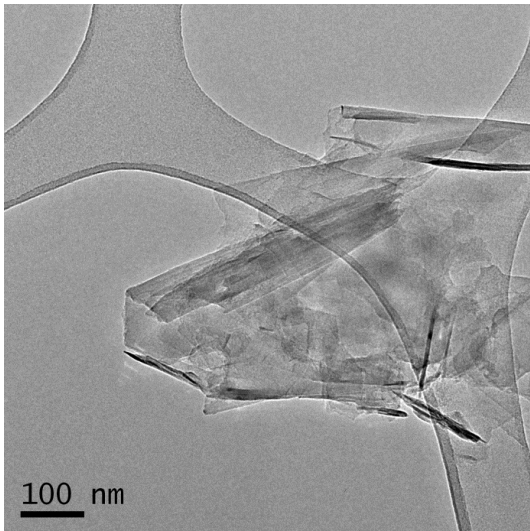
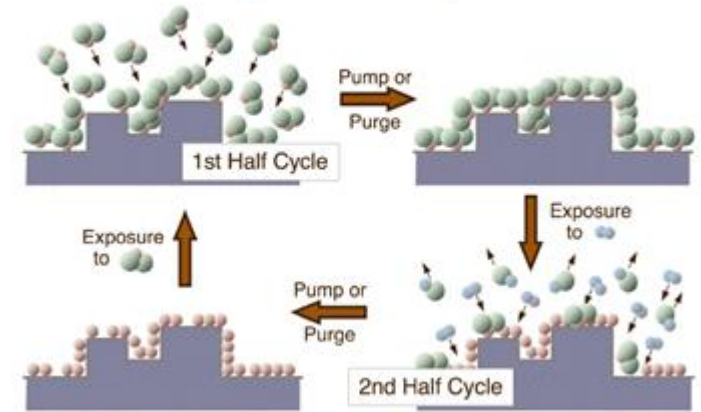


Synthèse par CVD



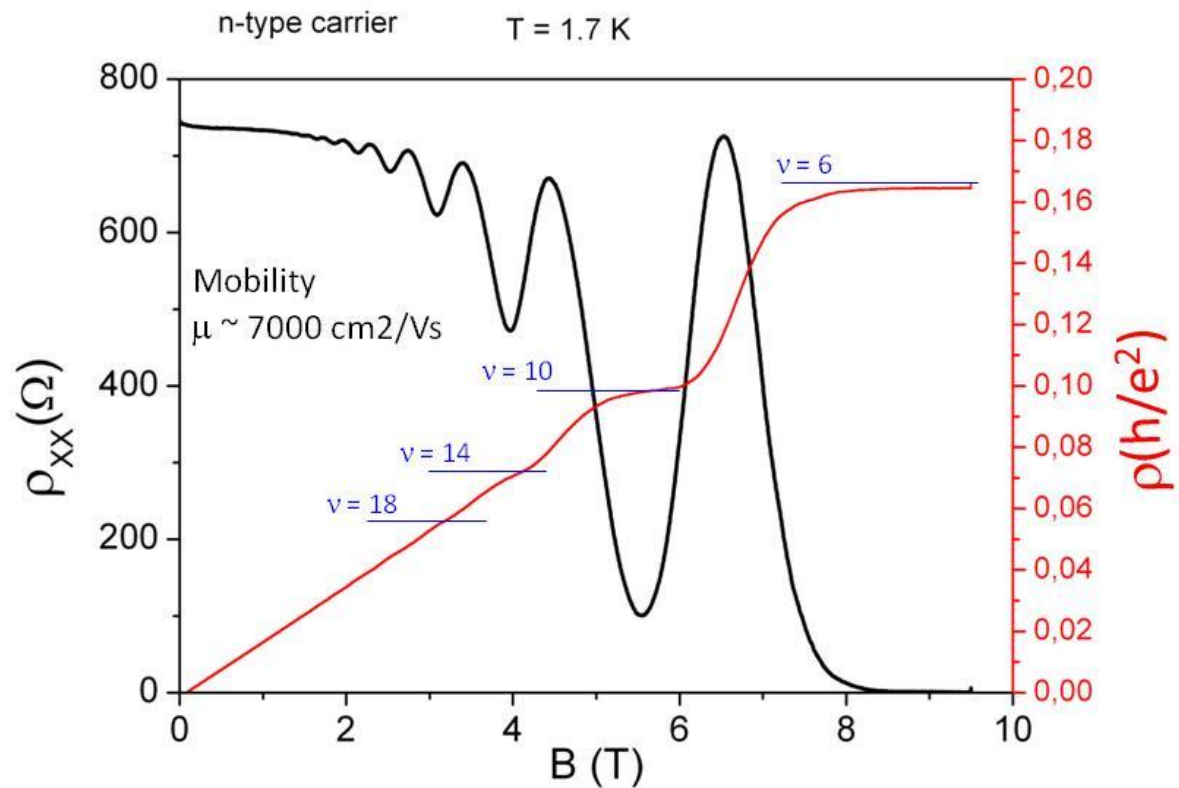
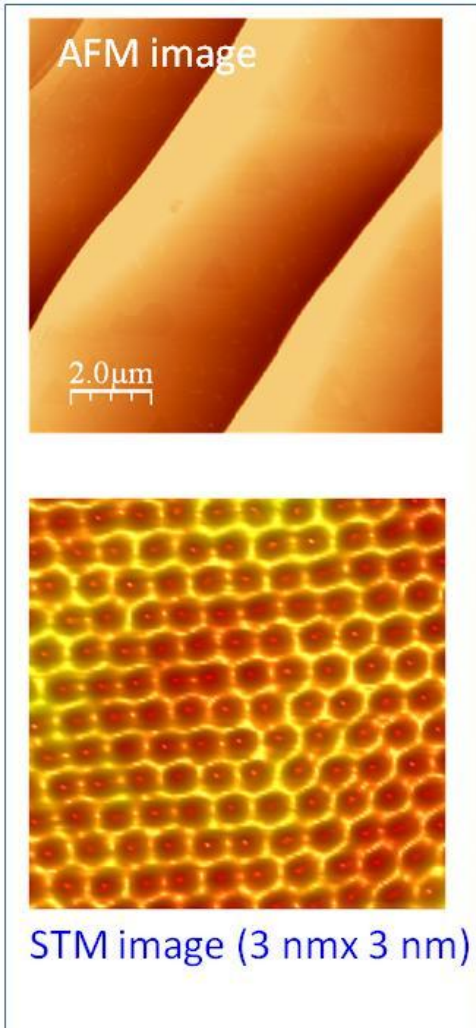
Synthèse par ALD

Typical ALD Cycle



# Epitaxial Graphene on SiC: Large-area and high mobility

## Atmospheric pressure growth on 4H- SiC(0001)



### State of the art mobility in epitaxial graphene!

LARGE AREA: LEEM and ARPES (Synchrotron Soleil),  
 QHE Metrology (LNE), High Frequency devices (IEMN),  
 Magneto-adsorption (LPA), Sensors (ONERA)

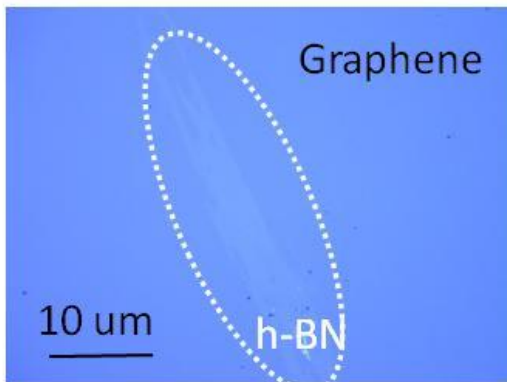
# Heterostructures Graphene h-BN

## GOAL : Wafer-scale Graphene / h-BN heterostructures

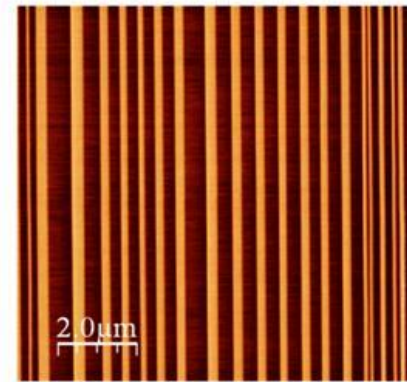
### 1- h-BN encapsulated epitaxial graphene



h-BN grown on Large area Graphene/SiC



h-BN on Graphene 1D Ribbons



#### Articles activity LPN:

- 22 Papers (2 ACS Nano, 1 Scientific Reports, 7 APL, 4 PRB)
- 2 Patents

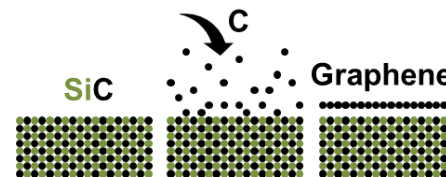


# Croissance de graphène par CVD sur semi-conducteur

A. Michon, M. Portail, S. Vézian, D. Lefebvre, S. Chenot, Y. Cordier

*Collaborations :*

*NOVASiC, L2C (Montpellier), CINaM (Marseille), LPN (Marcoussis), INLN (Valbonne), LCFIO (Palaiseau), LOA (Paris), Synchrotron Soleil (Saint-Aubin), LN2 (Canada), IICO (Mexique)*

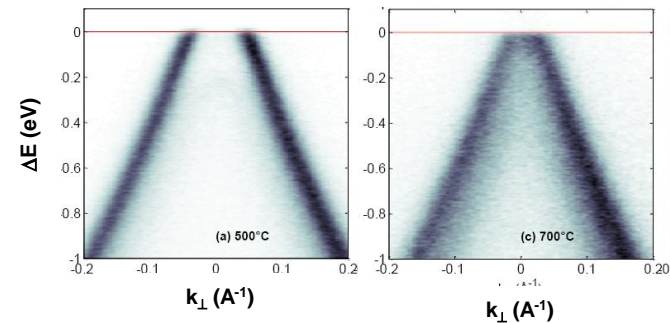


*Michon et al., APL 97 (2010)*

Croissance CVD sous hydrogène sur SiC(0001)



- Contrôle direct des propriétés du graphène : épaisseur, structure, dopage...
- mobilités  $\approx 5000 \text{ cm}^2/\text{V.s}$
- uniformité sur 2 ou 4"



# Croissance de graphène par CVD sur semi-conducteur

## Croissance de graphène sur de nouveaux substrats

Graphène

3C-SiC

Si(111) ou (100)

500 nm

*Portail et al., JCG 349 (2012)*

Graphène

AlN(111)

Si(111)

400 nm

*Michon et al., GDRI 2013*

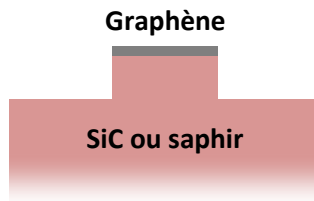
Graphène

Saphir

1.0 μm

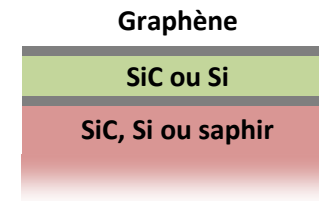
*Michon et al., GDRI 2013*

### Croissance de graphène sur substrats patternés



**Etudes futures :**  
nouvelles hétérostructures et couplage des propriétés du graphène à celles d'autres matériaux

### Croissance d'hétérostructures verticales à base de graphène







## *Graphene: the future in a pencil trace*

- Laboratoire d'Etude des Microstructures (LEM), ONERA – CNRS
- Laboratoire des Multimatériaux et Interfaces (LMI), Université Lyon 1 – CNRS
- Laboratoire de Photonique et de Nanostructures (LPN), CNRS
- Centre de Recherche sur l'Hétéro-Epitaxie et ses Applications (CRHEA), CNRS

### **WP1: Materials**

*Develop hybrid structures formed by the combination of few layers of graphene and other 2D materials that can be the basis of new devices*

### **WP3: Fundamental science of graphene and 2D materials beyond graphene**

*Produce new inorganic 2D crystals, systematically investigate their physical properties*

### **WP10: Nanocomposites**

*Create layered, “sandwich structures” in which the single graphene sheet is decorated on both sides with different organic and inorganic materials*





- Laboratoire d'Etude des Microstructures (LEM), ONERA – CNRS
- Laboratoire des Multimatériaux et Interfaces (LMI), Université Lyon 1 – CNRS
- Laboratoire de Photonique et de Nanostructures (LPN), CNRS
- Centre de Recherche sur l'Hétéro-Epitaxie et ses Applications (CRHEA), CNRS

## Organisation d'une discussion Lavoisier



Où, quand ?

