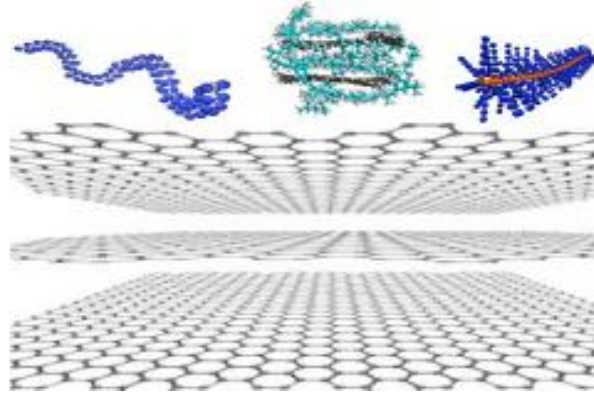


GRAPHENE ET NANOCOMPOSITES



Les attentes les plus classiques

Renfort, Conductivité de matrices polymères

Propriétés mécaniques ($Y \sim 1 \text{TPa}$, $\sigma \sim 100 \text{GPa}$)

Conductivité électrique

Et en plus

Forme et surface spécifique:

Propriétés barrière, Anti-feu, bas coût, etc

« Graphène » en tant que charge pour nanocomposites polymères

CONTEXTE

=>Beaucoup de recherches dans le domaine et déjà des centaines de publications
De nombreux groupes en Europe

Premier bilan

Renfort mécanique en-dessous des attentes (longueur, interface...)

Conductivité : guère mieux qu'autres charges (seuil de perco > NTC)

Propriétés barrière, antifeu ~ Argile

Procédés de laboratoire (quantités limitées)

Propriétés passent par le contrôle de la structuration, Importance Procédé

Peut-être pas une publication décrivant un nanocomposite avec un vrai « graphène »

« Graphene based nanocomposites »=

GO, rGO, TRGO, FLG, GNP (etc) TRGO module divisé par 4



Analyse récente

Atelier Groupe Français des Polymères 16 avril 2013

Graphènes et Nanocomposites



Relever les défis Nanocomposites: Un objectif de l'initiative GraphAine

1/ Production de masse

Plateforme **CANOE**, kgs, Mélanges maîtres, **ARKEMA** (projet GRAPPA)



2/ Exfoliation mono-feuillet non destructive (“au-delà du GO”)

A. Pénicaud Graphène réduit (**CRPP**)

D. Bassani (**ISM**)

Fonctionnalisation réversible et transférable à grande échelle (brevet)

3/ Procédés innovants

CRPP, **CANOE** outils pilote

4/ Utilisation plus focalisée sur certaines caractéristiques uniques du graphène:

Surface spécifique : barrière (élec. organique), diélectrique et électrostrictifs

Bionanocomposites: Biopiles, biocapteurs (N. Mano **CRPP**), Actionneurs

MEMS Organiques (**CRPP**, **ISM**, **LOF**)

Initiative GraphAine Chimie-Matériaux

Synthèse organique de graphène (H. Bock, F. Durola **CRPP**)

Applications optiques (L. Cognet, B. Lounis **LP2N**)

Des projets en cours, soumis: une volonté de structuration.
en s'appuyant sur des atouts locaux **Chimie et Science des Matériaux**

LA SEULE PLATEFORME NANOSECURISEE DEDIEE A LA MISE EN ŒUVRE DES NANO-CARBONE



TECHNOLOGIES DE FILAGE
(VOIE COAGULATION, VOIE FONDUE)



TECHNOLOGIES COUCHES MINCES
(SPRAY, SPIN COATING, JET D'ENCRE)



TECHNOLOGIES COMPOSITES
(PREPREG, COMPOUNDING, INFUSION, RTM....)



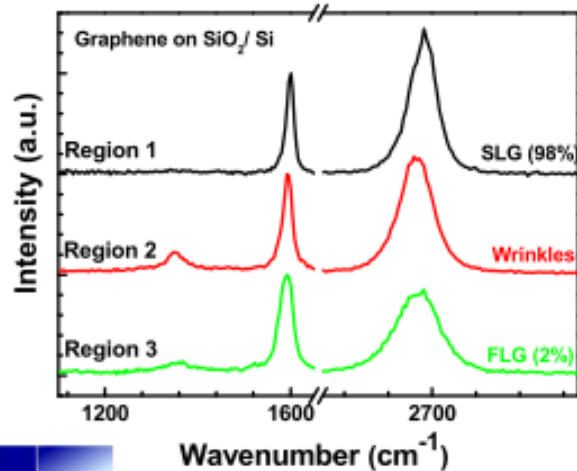
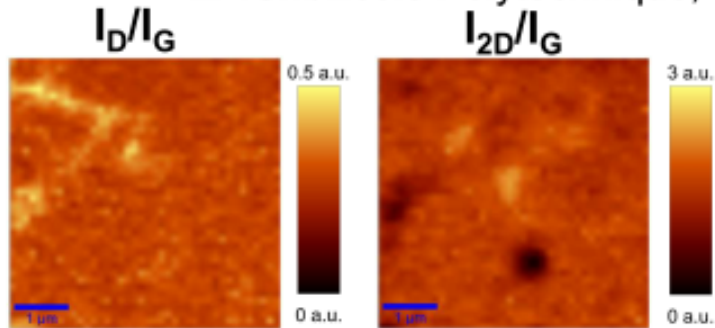
CONTRÔLE NON DESTRUCTIF PAR ULTRASONS
CARACTÉRISATION MÉCANIQUE

EN COURS D'ETABLISSEMENT :

- PRODUCTION DE DIFFÉRENTS GRADES DE GRAPHÈNE (RÉACTEUR 3KG/JOUR PUIS TRANSFERT 20TONNES/AN)
 - FABRICATION DE MÉLANGES-MAITRES (POLYMÈRE TP, VOIE AQUEUSE, ...)
- VENTE DE SEMI-PRODUITS A DES TRANSFORMATEURS, INTEGRATEURS ET END-USERS

Conception et caractérisation

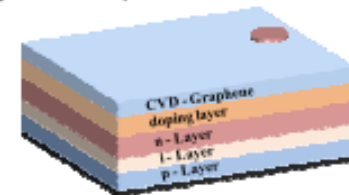
- ▶ Graphene et analogues 2D par CVD et exfoliation liquide (EIRIS/LGEP)
 - LPN/CNRS et IMPMC/UPMC pour le CVD et l'exfoliation par anodic bonding, LPICM/Ecole Polytechnique, Semilab Taiwan, Tokyo Tech



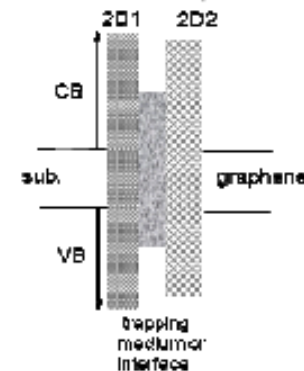
Graphene CVD

▶ Heterojonctions

- Potentiel pour le PV (multi jonctions) et électrode graphène CVD: collaborations LPICM/Ecole Polytechnique, IMPMC/UPMC



- Charge trapping devices : combinaisons graphène/analogues 2D avec IMPMC/UPMC et EIRIS pour la voie liquide



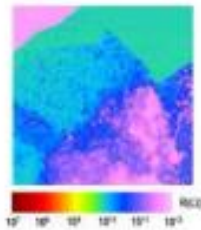
Propriétés électroniques

► Caractérisation

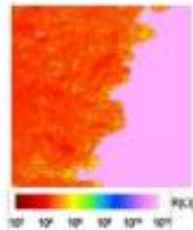
- Étude des interactions aux interfaces des matériaux 2D
- Modulation des propriétés électroniques par fonctionnalisation (n_s , W_F , CB, VB)

- Collaborations IRAMIS/CEA, LPICM/Orgatech

GO



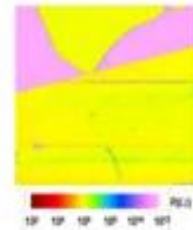
rGO_{hydrazine}



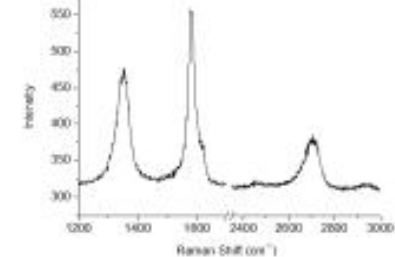
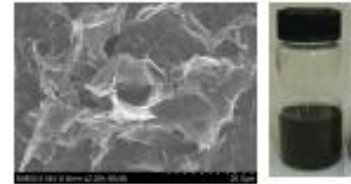
rGO_{UV}



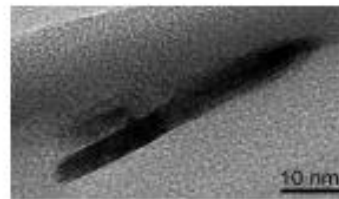
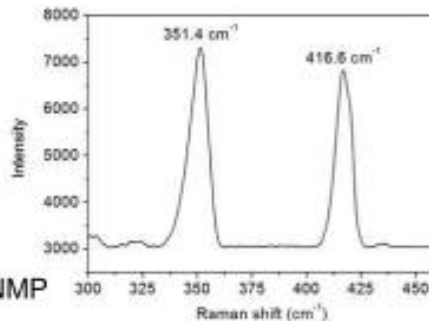
rGO_{bacterial}



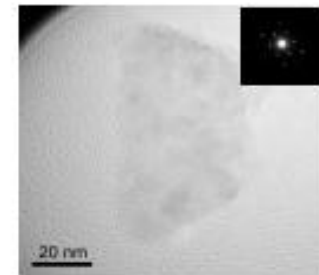
Mesure Resiscope / LGEP sur GoX réduit



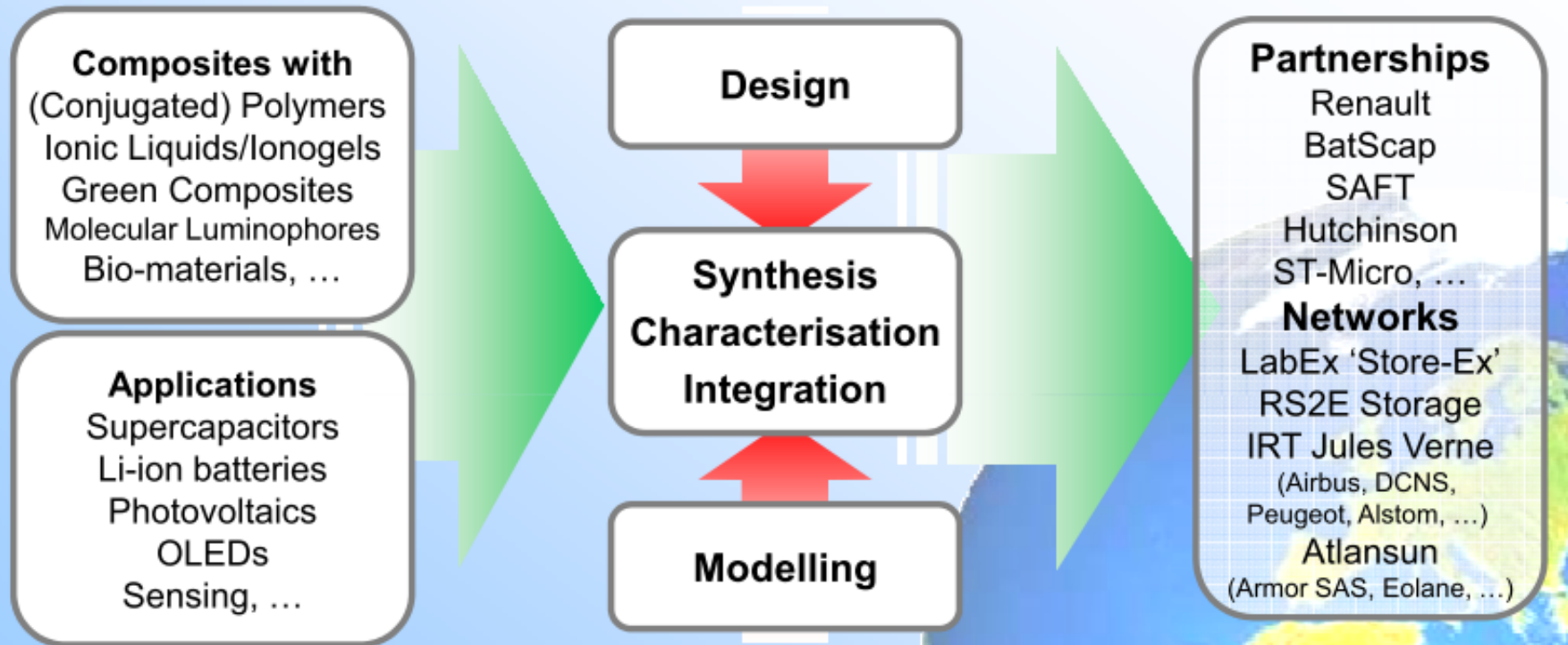
dispersion WS₂ dans NMP



HRTEMWS₂



WS₂ produit par grinding @ EIRIS/Japon (hBN, MoS₂ en cours)



Staff: **>15 Permanent Researchers**, including Thierry Brousse, Olivier Chauvet, Jean-Luc Duvail, Abedlaziz El Mel, Chris Ewels, Joel Gaubicher, Agnes Granier, Dominique Guyomard, Bernard Humbert, Jean Le Bideau, Serge Lefrant, Jean-Yves Mevellec, Pierre-Yves Tessier, ...

Graphene Contracts: ANRs: GrapheneStock (supercap.), Nanosim-graphene (modelling), Progelec applic. (electrodes), EU Project BACCARA (batteries), Tours 2015 (ST-Micro), OSCAR (Roll-to-Roll solar), ...

Techniques: Optical Spectroscopy (multi-wavelength, time-resolved, ...), DFT modelling, Plasma Growth, Nanotemplating, EPR, NMR, EELS, ... **2 Patents:** Redox electrodes (pending), doped Ribbons (DoI)

De nombreux autres laboratoires en France avec expertise

NANOCOMPOSITES

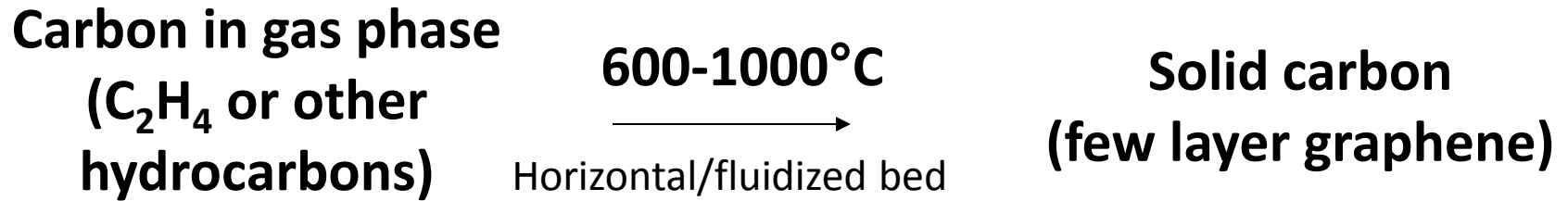
Formulation

Procédés

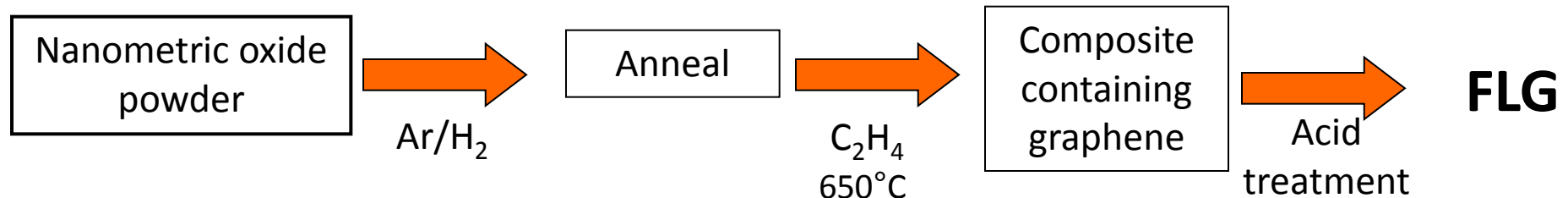
Propriétés

Applications

CVD synthesis process for graphene

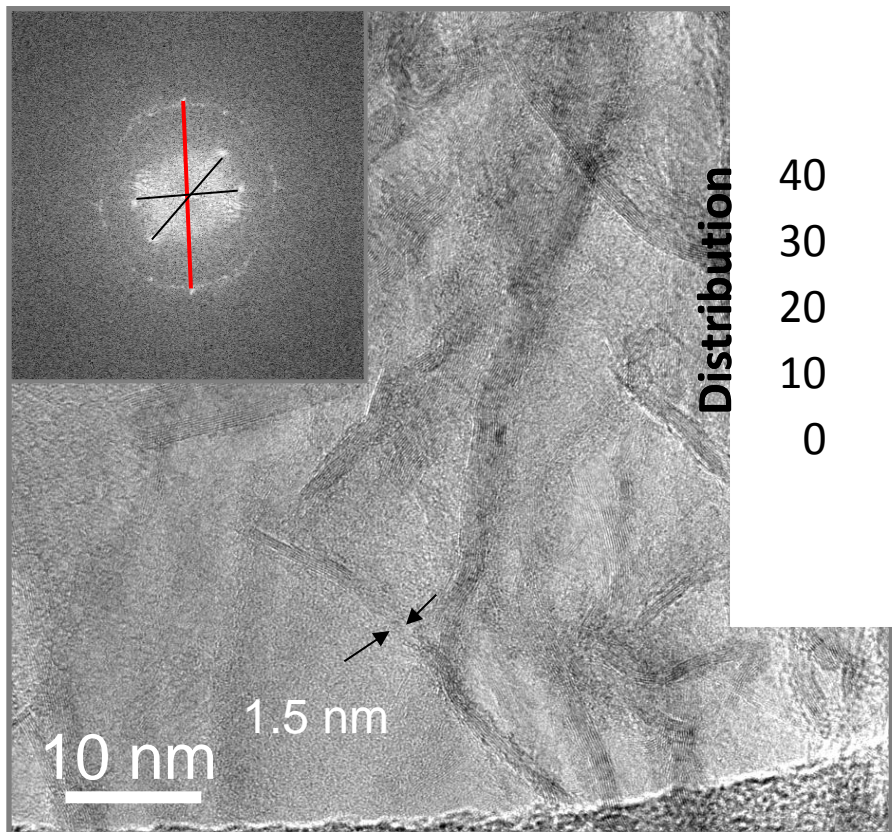


Catalyst = Mixed oxides containing Co, Fe, Ni, Cu

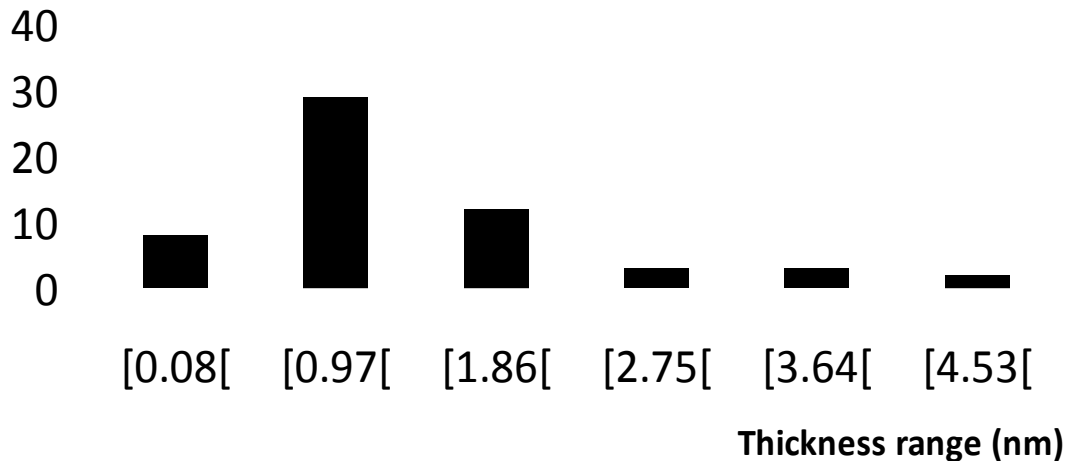


- Low temperatures of production
- **Selective production of CNT, FLG and CNT-FLG hybrids**
- Lower cost of production
- In situ doping, domain size and thickness control

Thickness distribution for purified FLG

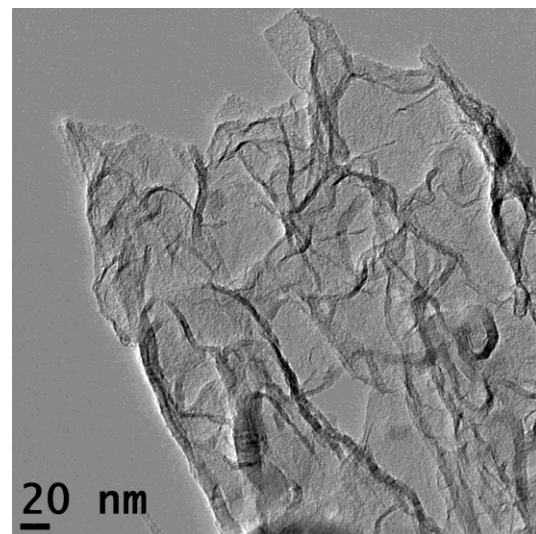


Thickness of graphene flakes



$$d_{002} = 0.34 \text{ nm}$$

$$d_{100} = 0.21 \text{ nm}$$



Petal like flakes of thickness ranging from 1-5 graphene layers