

Journée de réflexion autour du Flagship Graphène

18 Avril 2013

Activités et projets

Spectroscopies optiques

Propriétés opto-électroniques

Bordeaux, Réseau Aquitain sur les Matériaux à base de Graphène,
Groupe Nanophotonique du Laboratoire Photonique, Numérique et Nanosciences (LP2N)
Responsables du projet: Brahim Lounis et Laurent Cognet
Forces impliquées dans le projet Graphène: 4 permanents et 2 non-permanents

Montpellier, Axe Graphène , *Laboratoire Charles Coulomb (L2C)*,
Responsable du projet: Antoine Tiberj
Forces impliquées dans le projet Graphène: 11 permanents et 2 non-permanents

Orléans, Equipe : Désordre et Propriétés Optiques
Laboratoire Conditions Extrêmes et Matériaux: Haute température et Irradiation (CEMHTI)
Responsable du projet: Mohamed Ramzi Ammar
Forces impliquées dans le projet Graphène: 5 permanents et 1 non-permanents

Strasbourg, Equipe Opto-électronique et Spintronique du Graphène
Institut de Physique et Chimie des Matériaux de Strasbourg (IPCMS)
Responsable du Projet: Stéphane Berciaud
Forces impliquées dans le projet Graphène: 8 permanents et 4 non-permanents

...et autres groupes

Activités reconnues et souvent originales dans l'étude des propriétés optiques et /ou opto-électroniques des nanostructures carbonées:

Nanotubes de carbone, en particulier au **niveau individuel**

Graphène

Graphite

Carbone désordonné

Techniques expérimentales

Diffusion Raman

Diffusion Rayleigh

Absorption

Imagerie par photo thermie de nano-objets

Photoluminescence, y compris résolue en temps

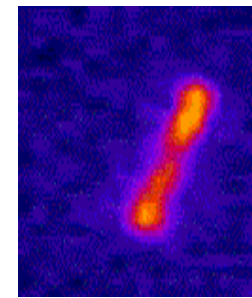
Expériences pompe sonde

Spectroscopie THz

Développement de spectromètres aux performances souvent uniques et de protocoles expérimentaux originaux qui sont complètement adaptés à l'étude du graphène

Couplage avec la théorie

Savoir-faire dans l'étude des propriétés optiques des nanotubes de carbone

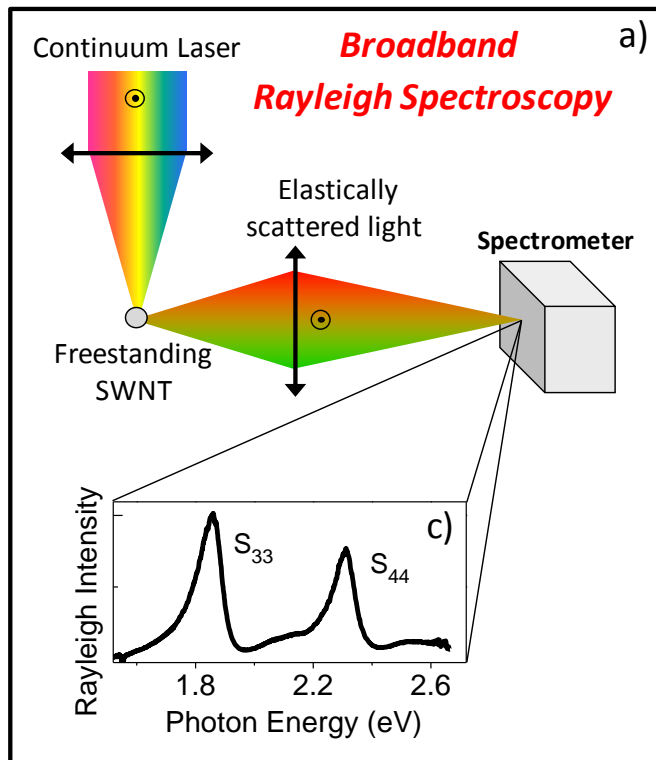


Les développements en synthèse, spectroscopie optique et diffusion Raman ont permis l'étude des propriétés intrinsèques des nanotubes de carbone par des mesures au niveau du nanotube individuel.

Couplage éventuellement à la diffraction électronique

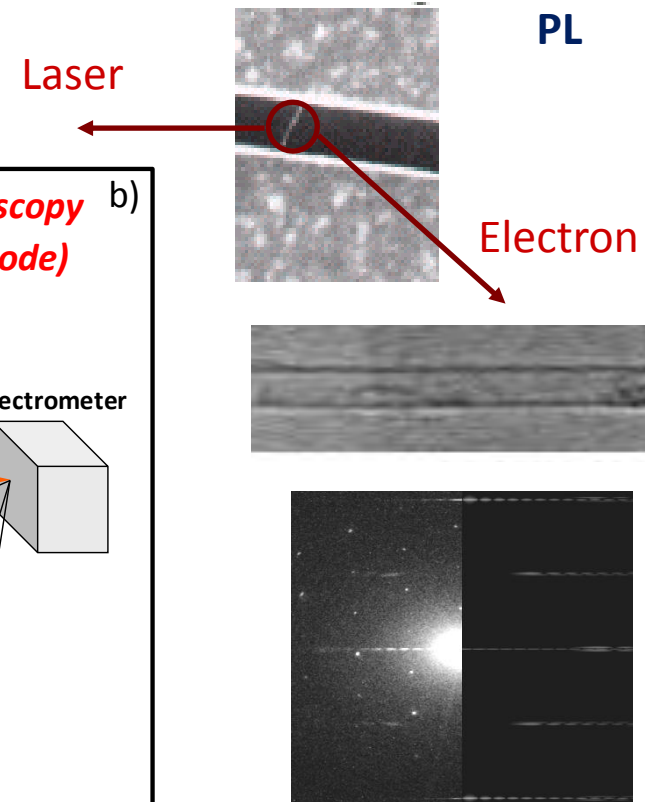
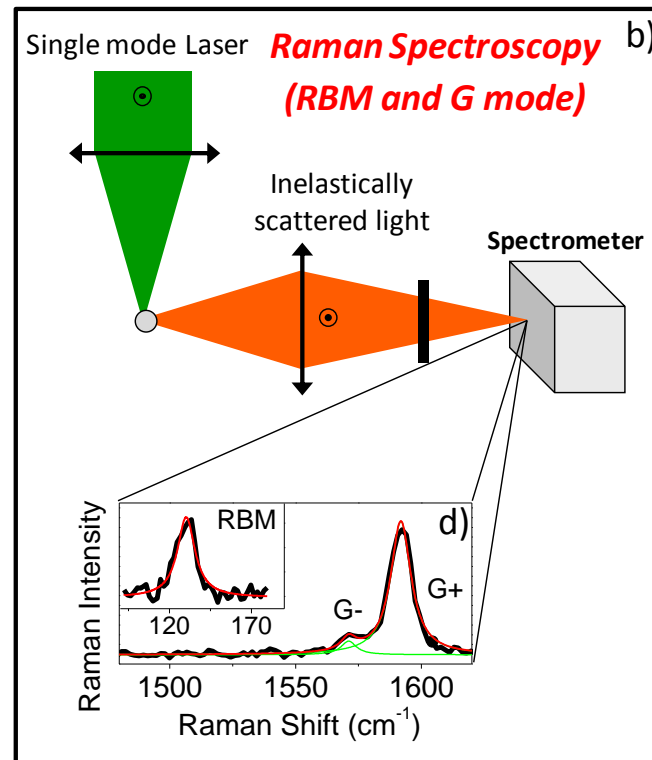
Diffusion Rayleigh

Energies de transition



Diffusion Raman

Phonons



Diffraction d'un tube (n,m)

Savoir-faire dans l'étude des propriétés optiques des nanotubes de carbone

Expertise des équipes sur les études des excitations électroniques par des techniques de spectroscopie optiques.

Absorption

Photoluminescence

Expériences pompe-sonde

Spectroscopie THz

Problèmes abordés:

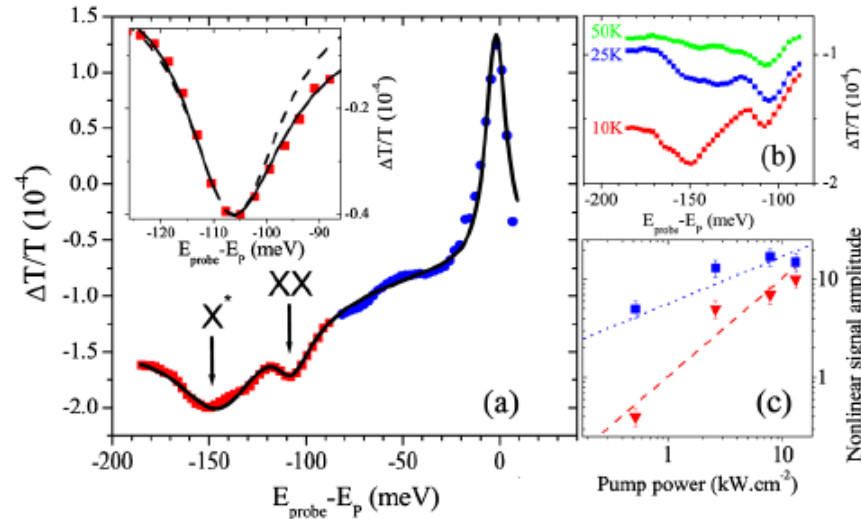
Dynamique des Excitons

Création et physique

Bi exciton

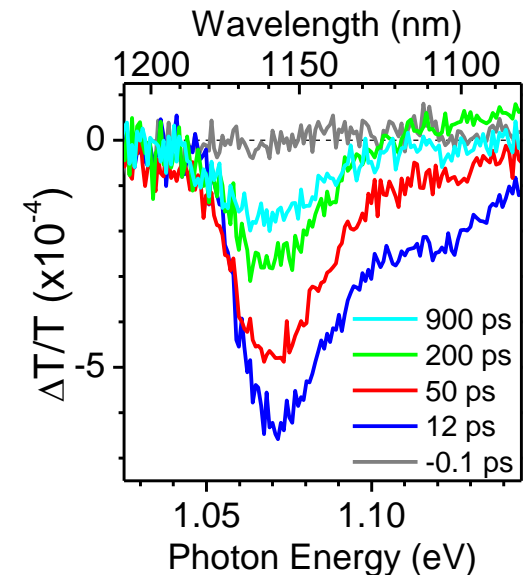
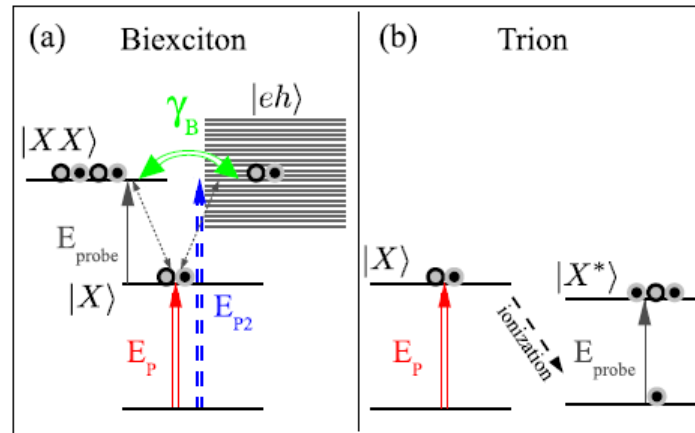
Trions

Réflexion autour du Flagship Graphène, 18 avril 2013



absorption induite par un bi exciton tube (9,7)

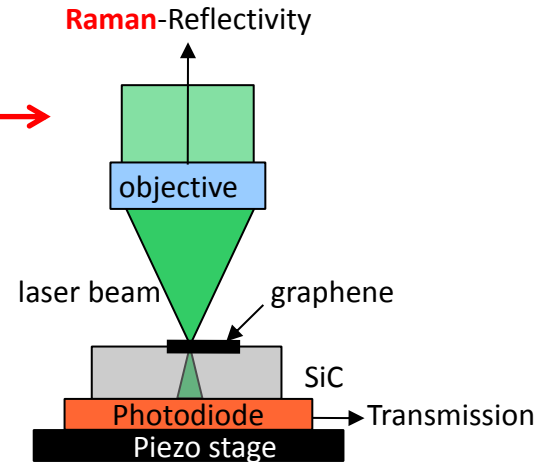
absorption induite par un trion tube (6,5)



Caractérisation in-situ (y compris de nano dispositifs)

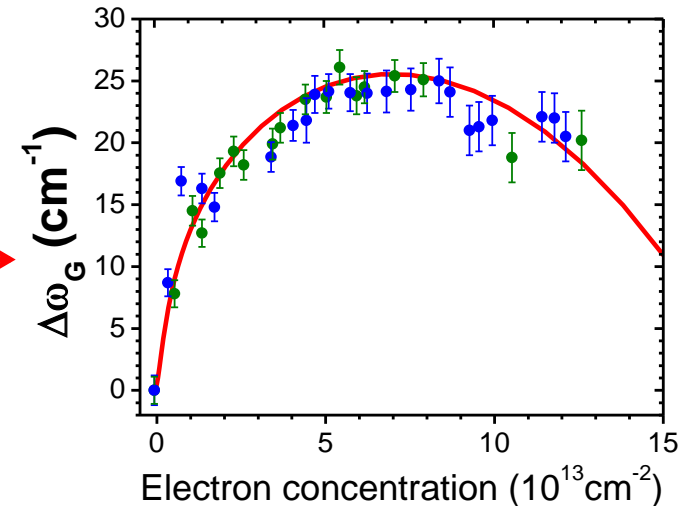
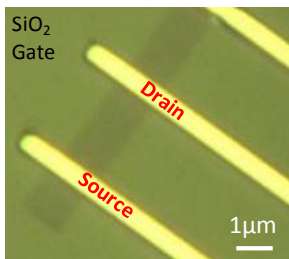
- Nombre de feuillets
mono-, double-, triple- feuillets
- Désordre entre feuillets
Bernal ou autres
- Désordre intra feuille
Nombre et type de défauts

Couplage avec des mesures de transmission / réflexion



Dopage, déformation et propriétés thermiques

- Dopage
électrostatique,
Couplage avec transport
électrochimique,
transfert de charge
forts taux de dopage
- Contraintes et déformations
1D et 2D
- Propriétés thermiques



Spectroscopies optiques (diffusion Raman en particulier) sont essentielles en tant que techniques dédiées, précises et (souvent) non-invasives dans les projets qui concernent:

Synthèse de graphène

Contrôle de la qualité et des caractéristiques d'échantillons de graphène produits par différents voies (CVD et épitaxie de SiC),

Etudes in-situ

Chimie du graphène

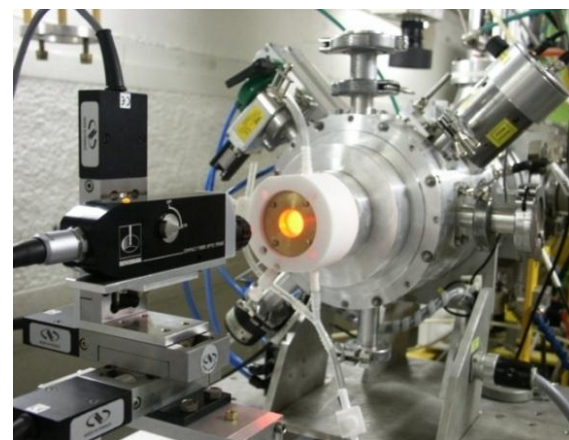
Défauts (type, concentration)

Fonctionnalisation

Dopage

Hybride graphène- métal

Oxyde de graphène et oxyde de graphène réduit



Questions ouvertes:

Beaucoup d'effets à discriminer

Unification des pratiques et des protocoles (aspect métrologie)

De la dénomination de ce qu'on appelle graphène à l'évaluation précise du type et du taux de défaut, et du niveau des contraintes

Mesures combinant spectroscopie optiques - transport - photo transport sur du graphène suspendu, i.e. libre d'environnement.

Propriétés intrinsèques

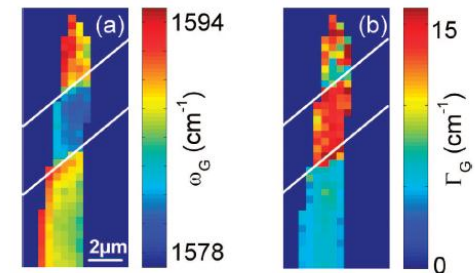
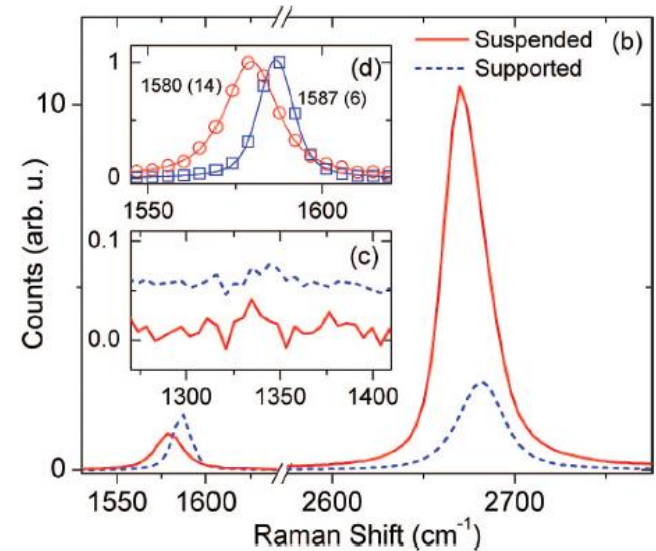
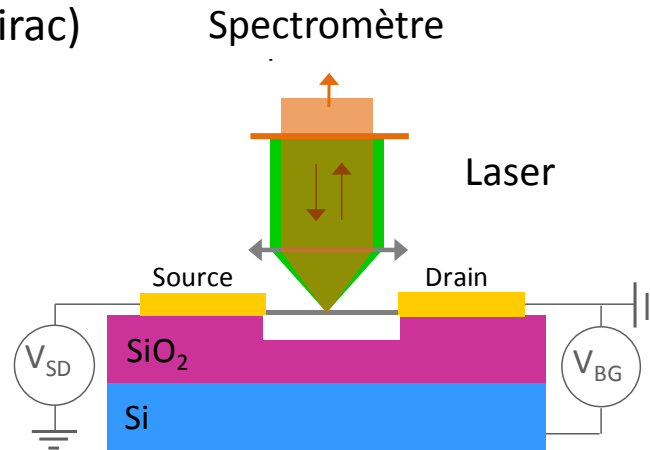
Dépendance avec l'énergie d'excitation
(approche du point de Dirac)

Effet de température

Effet de la pression

Effet du dopage

Effet de l'atmosphère



Fréquence

Largeur

Questions ouvertes:

Comprendre les processus de diffusion, d'émission, d'absorption

Couplage électron-phonon et électron-électron

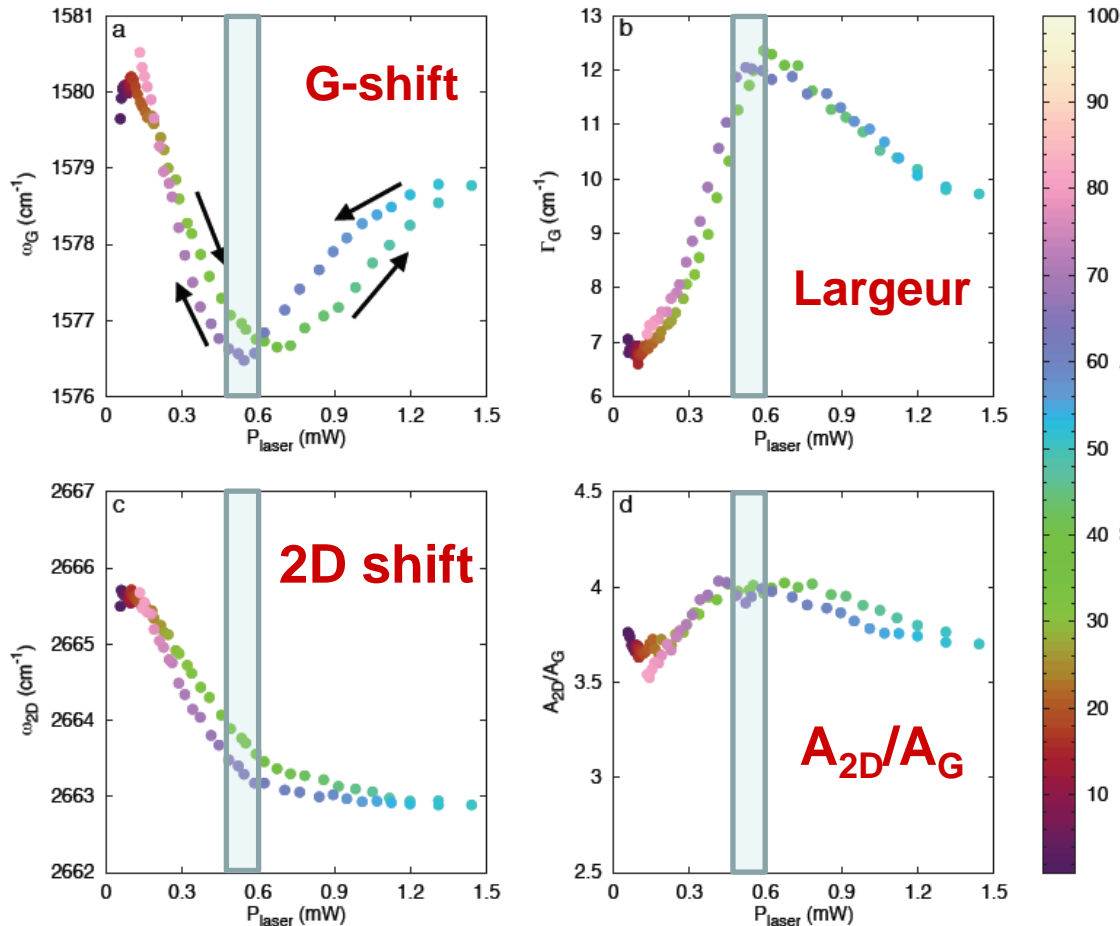
Le couplage avec la théorie est essentiel

S. Berciaud et al., Nano Lett. 9, 346 (2009)

Les propriétés du graphène sont extrêmement sensibles à son environnement

La diffusion Raman (et l'absorption IR) permettent d'étudier en détail ces effets

Graphène déposé sur un substrat hydrophile



Experiment chronology

Puissance Laser

Photo-dopage réversible

**Dopé n
1.5 mW**

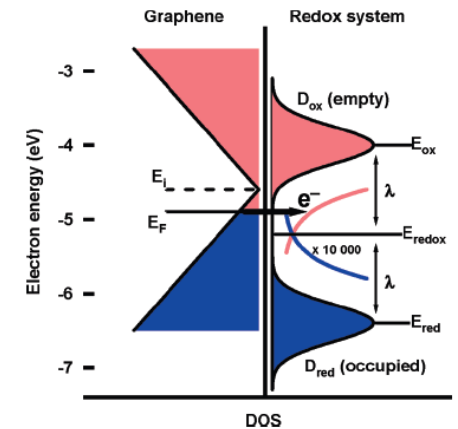
**neutre
0.5-0.6 mW**

**Dopé p
0 mW**

A. Tiberj et al., soumis (2013)

Constat:

Forte implication des effets de l'environnement
dans les propriétés électroniques
dans le transport électronique
dans la fonctionnalisation (réactivité)



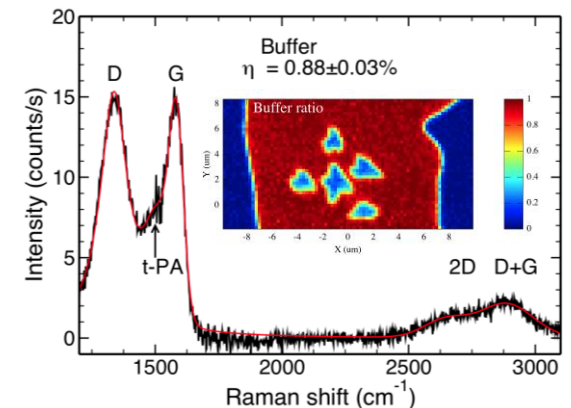
P. Levesque et al., Nano Lett.11, 132 (2011)

Questions ouvertes **pour lesquelles les spectroscopies optiques sont pertinentes**

Interaction et interface graphène-substrat
pour tous modes de fabrication du graphène

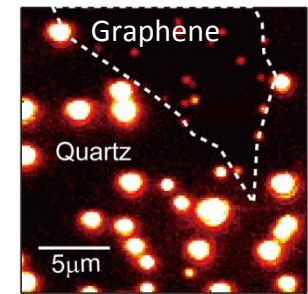
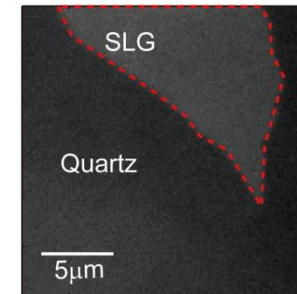
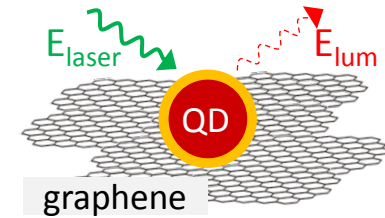
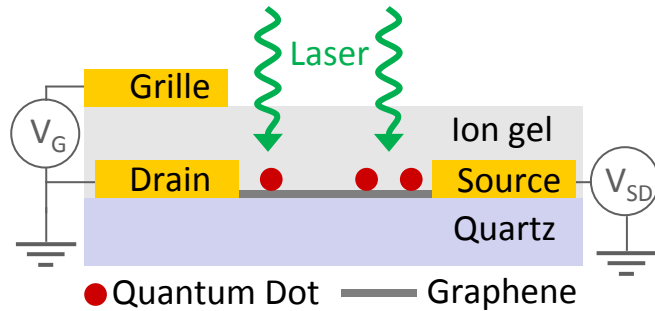
Rôle de l'atmosphère → chimie de surface

Epitaxial graphène on SiC Buffer layer on Si face



Transfert d'énergie et / ou de charges

Nanostructures semi conductrices
Nanoparticules métalliques



Processus de relaxation électronique

Z. Chen, S. Berciaud et al. ACS Nano 4, 2964 (2010)

Expériences de spectroscopies résolues en temps (ultra-rapides)

Déclin de luminescence des nanoparticules semi conductrices (boîtes quantiques)

Mesures de transmission différentielle

Emission commandée par la grille

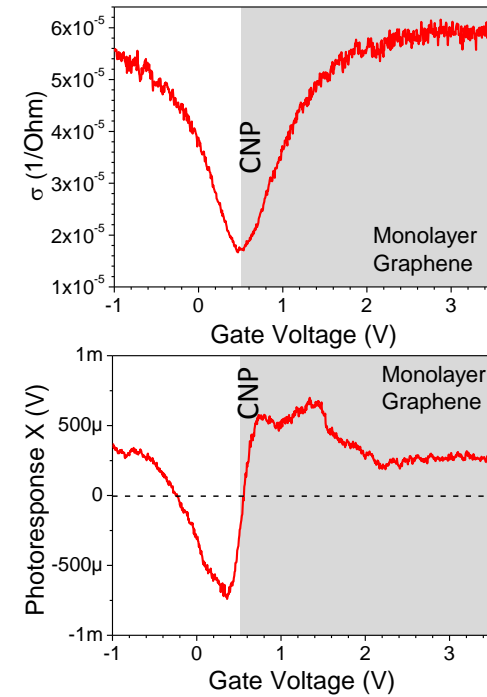
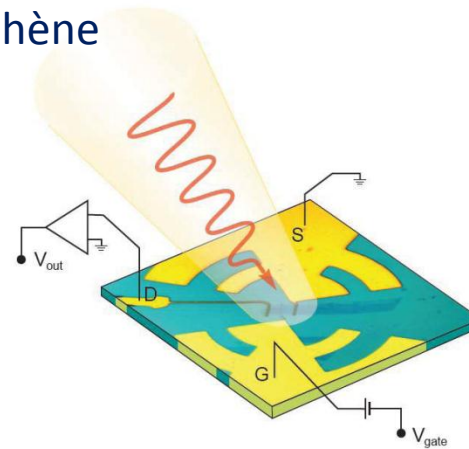
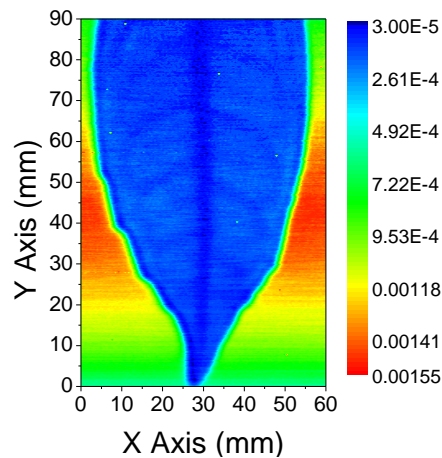
Spectroscopie THz

Ondes plasma à RT pour émission et détection THz

Transistors à effet de champ à base de graphène

Détecteurs THz très efficaces à RT

Imagerie THz



L. Vacarelli et al., Nature Materials 11, 865 (2012)

Bio-capteurs

Nano oxyde de graphène réduit absorbe dans le proche IR (**nano-RGO**: 20 nm)

Spectroscopie d'absorption et utilisation pour le marquage biologique de nano-RGO

Dépendance avec leur taille des propriétés optiques des **nano-RGO**