



Avis de Soutenance

M. Kévin Jaouen

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

**Backside Absorbing Layer Microscopy :
un nouvel outil pour l'étude des matériaux**

dirigés par M. Renaud Cornut et M. Vincent Derycke

Soutenance prévue le **mercredi 16 octobre 2019** à 14h00

Lieu : Bâtiment 772 - Orme des Merisiers CEA Saclay 91190 Saint- Aubin
Salle : Amphithéâtre Claude Bloch

Composition du Jury :

M. Emmanuel Maisonhaute Professeur à Sorbonne Université (LISE)	Rapporteur
M. Erik Dujardin Directeur de Recherche, CNRS (CEMES)	Rapporteur
Mme. Anna Proust Professeure à Sorbonne Université (IPCM)	Examineur
M. Abdelkarim Ouerghi Directeur de Recherche, CNRS (C2N)	Examineur



Mots clés : Backside Absorbing Layer Microscopy BALM, matériaux 2D, couches antireflets, caractérisations locales et *in situ*, propriétés optiques et électrochimiques

Résumé : La microscopie optique sur substrats antireflets est un outil de caractérisation simple et puissant qui a notamment permis l'isolation du graphène en 2004. Depuis, le domaine d'étude des matériaux bidimensionnels (2D) s'est rapidement développé, tant au niveau fondamental qu'appliqué. Ces matériaux ultraminces présentent des inhomogénéités (bords, joints de grains, multicouches, etc.) qui impactent fortement leurs propriétés physiques et chimiques. Ainsi leur caractérisation à l'échelle locale est primordiale.

Cette thèse s'intéresse à une technique récente de microscopie optique à fort contraste, nommée BALM, basée sur l'utilisation originale de couches antireflets très minces (2-5 nm) et fortement absorbantes (métalliques). Elle a notamment pour but d'évaluer les mérites de cette technique pour l'étude des matériaux 2D et de leur réactivité chimique. Ainsi, les différents leviers permettant d'améliorer les conditions d'observation des matériaux 2D ont tout d'abord été étudiés et optimisés pour deux matériaux modèles : l'oxyde de graphène et les monocouches de MoS₂.

L'étude de la dynamique de dépôt de couches moléculaires a notamment permis de montrer à la fois l'extrême sensibilité de BALM pour ce type de mesures et l'apport significatif des multicouches antireflets pour l'augmentation du contraste lors de l'observation des matériaux 2D. L'un des atouts principaux de BALM venant de sa combinaison à d'autres techniques, nous nous sommes particulièrement intéressés au couplage de mesures optiques et électrochimiques pour lesquelles le revêtement antireflet sert d'électrode de travail. Nous avons ainsi pu étudier optiquement la dynamique de réduction électrochimique de l'oxyde de graphène (GO), l'électro-greffage de couches minces organiques par réduction de sels de diazonium sur le GO et sa forme réduite (rGO), ainsi que l'intercalation d'ions métalliques entre feuillets de GO.

En combinant versatilité et fort-contraste, BALM est ainsi établi comme un outil prometteur pour l'étude des matériaux 2D et en particulier pour la caractérisation locale et *in situ* de leur réactivité chimique et électrochimique.

Keywords : Backside Absorbing Layer Microscopy BALM, 2D materials, anti-reflective coatings, local and *in situ* characterizations, optical and electrochemical properties

Abstract: Optical microscopy based on anti-reflective coatings is a simple yet powerful characterization tool which notably allowed the first observation of graphene in 2004. Since then, the field of two-dimensional (2D) materials has developed rapidly both at the fundamental and applied levels. These ultrathin materials present inhomogeneities (edges, grain boundaries, multilayers, etc.) which strongly impact their physical and chemical properties. Thus their local characterization is essential.

This thesis focuses on a recent enhanced-contrast optical microscopy technique, named BALM, based on ultrathin (2-5 nm) and strongly light-absorbing (metallic) anti-reflective layers. The goal is notably to evaluate the benefits of this technique for the study of 2D materials and their chemical reactivity. The various levers to improve 2D materials observation were investigated and optimized for two model materials: graphene oxide and MoS₂ monolayers. The investigation of molecular

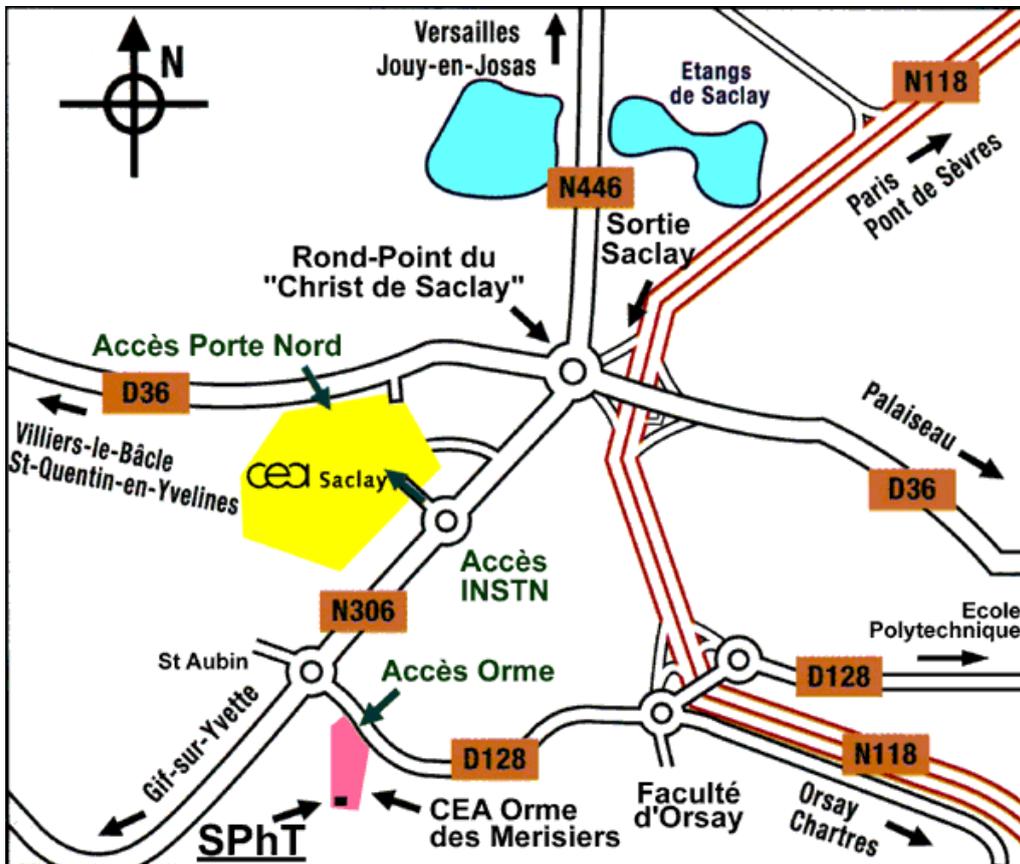
layer deposition dynamic notably showed the extreme sensitivity of BALM for such measurements and the significant contribution of multilayers anti-reflective coatings to enhance contrast during the observation of 2D materials. One of the main assets of BALM comes from its combination to other techniques. We particularly considered the coupling between optical measurements and electrochemistry for which the anti-reflective layer serves as working electrode. We investigated optically the dynamic of electrochemical reduction of Graphene Oxide (GO), the electrografting of organic layers by diazonium salts reduction on GO and its reduced form (rGO), as well as the intercalation of metallic ions within GO sheets.

By combining versatility and high-contrast, BALM is established as a promising tool for the study of 2D materials, especially for the local and *in situ* characterization of their chemical and electrochemical reactivity.



Rejoindre l'amphithéâtre Claude BLOCH à l'Orme des Merisiers :

L'amphi Claude Bloch (bât 773) se trouve sur le site de l'Orme des Merisiers, qui est une annexe du CEA, sur la route D128 à 100 m du rond-point de Saint Aubin avec la N306, rond-point qui dessert également le synchrotron Soleil (voir plan ci-dessous).



Pour vous rendre à l'Orme des Merisiers par les transports en commun :

Depuis Paris ou les aéroports, empruntez le RER B direction Saint-Rémy-lès-Chevreuse.

Soit :

- Descendez à la station Le Guichet : prenez le bus ligne 9 à la gare routière (Départs à 13h20 ou 13h35 pour des arrivées à 13h28 ou 13h43).
- Descendez à la station Massy-Palaiseau : prenez le 91.06 qui mène à l'Orme des Merisiers en 27 min (Départs à 13h05 ou 13h20 pour des arrivées à 13h32 ou 13h47)

Descendez du bus, rebroussez chemin de quelques pas, traversez la route : l'entrée de l'Orme des Merisiers se trouve sur votre gauche. Entrez et suivez la route pendant 8 minutes environ. L'amphi C. Bloch se trouve dans le bât 773 « SPhT » qui est tout au fond à droite (Bâtiment en brique).

Pour vous rendre à l'Orme des Merisiers par la route :

De l'ouest (Pont de Sèvres), empruntez la nationale N118 en direction de Bordeaux (sur environ 14 km) et sortez en suivant la direction Saclay pour atteindre immédiatement le rond-point Le Christ de Saclay (en travaux).

Du sud (Porte d'Orléans ou Porte d'Italie), prenez l'autoroute A6 (sur environ 10 km), continuez par l'A10 en direction de Palaiseau (sur environ 7 km). Quittez l'autoroute par la voie de gauche, en suivant la direction Centre Universitaire-Saclay pour prendre la D36 jusqu'au rond-point Le Christ de Saclay (à environ 7 km).

Une fois arrivé au rond-point Le Christ de Saclay, prenez la N306 en direction de Gif-sur-Yvette. A 2 km (au premier carrefour d'importance), prenez à gauche la direction CEA Orme des Merisiers par la D128. L'entrée principale est 200 m plus loin sur la droite.

A l'entrée du CEA Orme des Merisiers, roulez tout droit sur environ 600 m, puis tournez à droite et gardez-vous sur le parking, vous êtes devant l'entrée de l'IPhT et de l'amphi C. Bloch – bât 772.

