



# Institut de physique

Actualités scientifiques

## Propriétés structurales d'une interface organique-inorganique : un nouveau regard sur la dynamique de cristallisation

Juin 2018

En observant en temps réel le dépôt de molécules de pérylène sur un substrat d'argent, les chercheurs ont pu mettre en évidence les mécanismes de cristallisation conduisant à une interface organique-inorganique de grande qualité.

Depuis plusieurs décennies, les nanosciences et les nanotechnologies tentent d'intégrer des composés organiques dans des dispositifs fonctionnels. Pour des applications telles que la micro-électronique, la spintronique ou le photovoltaïque, la combinaison de matériaux organiques et inorganiques devrait permettre d'obtenir, par des procédés peu coûteux, des architectures aux propriétés uniques. Pourtant, les performances mesurées en pratique restent en deçà de celles attendues, principalement à cause des défauts d'organisation de la couche organique au niveau de l'interface hybride, défauts se répercutant ensuite dans les couches supérieures.

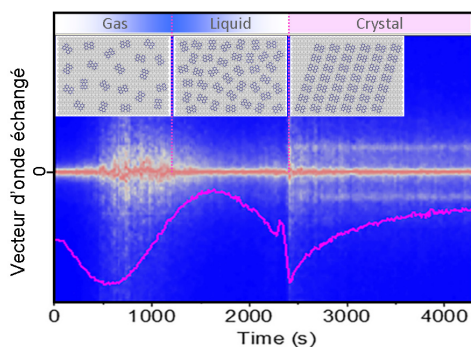
Responsables par exemple du mauvais transport de charges, ils sont surtout liés au caractère intrinsèque de ces interfaces. En effet, la taille, l'anisotropie, la faiblesse des forces liant ces molécules entre elles ainsi que leur flexibilité donnent lieu, lorsqu'elles sont déposées sur des substrats inorganiques, à des modes d'organisation complexes. Ces considérations, couplées à une grande sensibilité aux conditions du dépôt et la qualité du substrat, produisent des structures polymorphes et peu denses. Une amélioration des performances des dispositifs hybrides passe donc par une meilleure description des modes d'organisation de l'interface organique/inorganique.

Des chercheurs de l'Institut des sciences moléculaires d'Orsay (ISMO, CNRS/UPSud/Univ. Paris Saclay) ont réussi à suivre en temps réel la

dynamique d'organisation d'une interface organique/inorganique modèle, en exploitant la diffraction d'atomes rapides en incidence rasante. Cette technique, développée à l'ISMO et baptisée GIFAD (*Grazing Incidence Fast Atom Diffraction*), exploite le caractère ondulatoire d'atomes d'hélium d'énergie de l'ordre du kilo-électronvolt. Le dépôt d'une monocouche de pérylène (un hydrocarbure aromatique) sur un monocristal d'argent, effectué par évaporation sous vide, est analysé en continu pour extraire la rugosité de la surface à l'échelle du nanomètre, les transitions de phase, ainsi que la structure cristalline.

Les transitions de phase gaz-liquide et liquide-solide du pérylène, souvent évoquées mais jamais observées directement, apparaissent ici de manière claire. Mais la découverte majeure apportée par cette étude se trouve dans les mécanismes de cristallisation. Les mesures montrent qu'une phase cristalline, de faible densité, se forme juste après la transition gaz-liquide sur une partie seulement de la surface d'argent. Les domaines restant encore liquides ne cristallisent que lorsqu'une deuxième couche de pérylène commence à croître. Les interactions intermoléculaires au sein de cette bi-couche provoquent un transfert de molécules de la deuxième couche vers la première. Lorsque la densité atteint une valeur critique, une cristallisation instantanée se produit à l'échelle macroscopique par un processus d'auto-organisation. La phase ainsi obtenue est donc très compacte. Il est à noter que cette cristallisation ultra-rapide ne se produit que pour un substrat de grande qualité et pour des vitesses de dépôt relativement bien définies. Cette étude démontre qu'il est possible, en maîtrisant les conditions de dépôt, d'obtenir une interface hybride de grande qualité cristalline. La densité élevée de la phase ainsi obtenue la rend également plus stable dans le temps.

Du point de vue fondamental, ces résultats fournissent des informations nouvelles sur la nature des transitions de phases. En particulier, la dynamique de cristallisation observée pourrait apporter des éléments de réponse à la question de la nature exacte des transitions liquide-solide des systèmes bidimensionnels.



La figure montre l'évolution, pendant le dépôt, du motif de diffraction. La tache centrale horizontale correspond à l'ordre 0, son intensité est normalisée à une valeur constante. L'apparition d'ordres de diffraction élevés signe la présence d'un ordre cristallin à longue distance. La courbe superposée montre l'évolution de la réflectivité du faisceau GIFAD. A faible densité, les molécules forment une couche très diluée comparable à une phase gazeuse car les molécules sont très mobiles. Le pic de réflectivité vers 1600s signe la présence d'une couche, partiellement liquide, qui mouille parfaitement le substrat. L'anomalie qui apparaît sur la réflectivité à 2300s correspond à une cristallisation ultra-rapide de la monocouche. © ISMO (CNRS/UPSud)

### En savoir plus

[Ultrafast Crystallization Dynamics at an Organic-Inorganic Interface Revealed in Real Time by Grazing Incidence Fast Atom Diffraction](#)

A. Momeni, E. M. Staicu Casagrande, A. Dechaux et H. Khemliche

*The Journal of Physical Chemistry Letters* (2018), doi:10.1021/acs.jpcllett.7b03246

### Contact chercheur

Hocine Khemliche, chercheur CNRS

### Informations complémentaires

Institut des sciences moléculaires d'Orsay (ISMO, CNRS/Univ. Paris-Sud/Univ. Paris Saclay)



www.cnrs.fr

Institut de Physique

CNRS - Campus Gérard Mégie  
3 rue Michel-Ange, 75794 Paris Cedex 16

T 01 44 96 42 53

inp.com@cnrs.fr

www.cnrs.fr/inp

Illustration du bandeau : © Cyril FRESILLON / Daumet / CNRS Photothèque