

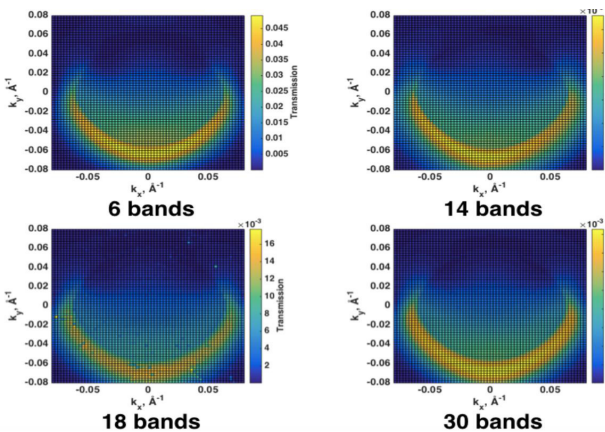


Anisotropie spatiale de la transmission tunnel en présence d'interactions d'échange et spin-orbite dans des hétérostructures semi-conductrices

Henri-Jean Drouhin : tél : 01.69.33/45.47, henri-jean.drouhin@polytechnique.edu
 Thi-Huong Dang, tél: 01.69.33/44.77, thi-huong.dang@polytechnique.edu

La spintronique fait aujourd'hui largement appel aux interactions spin-orbite de cœur, de volume et de surface et a donné naissance à un champ de recherche appelé spin-orbitronique. La spin-orbitronique intègre les effets Hall de spin et utilise les notions de courants de spin-orbite dans les matériaux massifs comme les métaux de transition lourds, que ce soit via des phénomènes intrinsèques ou extrinsèques. Ces anisotropies de courant peuvent être observées au niveau des interfaces entre deux matériaux différents ou de jonctions tunnel magnétiques impliquant les interactions spin-orbite ainsi que sur des nouveaux matériaux de type isolants topologiques. Dans le cadre de la thèse de Thi-Huong Dang, en collaboration avec l'UMR de Physique CNRS/Thalès, nous avons étudié les courants de charges (électrons ou trous) et de spin à l'interface d'hétérojonctions et de jonctions tunnel magnétiques à base de semi-conducteurs III-V. Nous avons mis en évidence par le calcul une asymétrie direc-

tionnelle spécifique provenant des effets conjoints des interactions spin-orbite et d'échange dans des processus impliquant à la fois des états propagatifs et des états évanescents. Dans certains systèmes, nous avons démontré l'existence d'une asymétrie spectaculaire, pouvant atteindre 100%, et universelle (indépendante des propriétés des matériaux semi-conducteurs). Ces phénomènes se traduisent par l'apparition d'un effet Hall tunnel anormal, une génération de courant de charge transverse à la direction du courant nominal, et permettent d'envisager diverses applications. Cette étude a été menée dans le cadre de développements analytiques et numériques poussés incluant des théories $\mathbf{k}\cdot\mathbf{p}$ avancées pour traiter les hétérostructures semi-conductrices dans le cadre de méthodes à 30 bandes (figure) décrivant entièrement la première zone de Brillouin. Un travail analytique a conduit à développer une théorie perturbative du transport électronique.



Transmission électronique, dans l'espace réciproque, dans la bande de valence d'une jonction GaMnAs/AlAs/GaMnAs (état antiparallèle) montrant clairement une asymétrie de transmission et donnant lieu à un effet Hall tunnel. Les paramètres sont ceux d'une structure physique réelle avec une énergie fixée au niveau de Fermi de GaMnAs (-0.25 eV du sommet de la bande de valence).

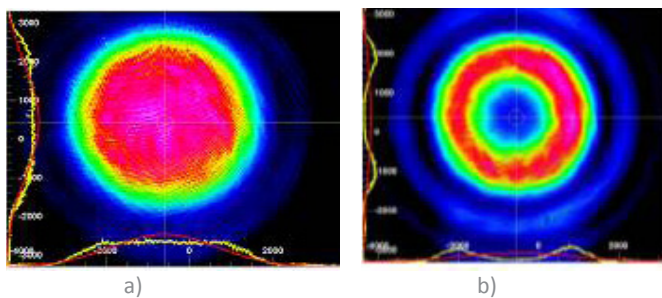


Méthode interférométrique pour la mise en forme spatiale d'un faisceau laser gaussien

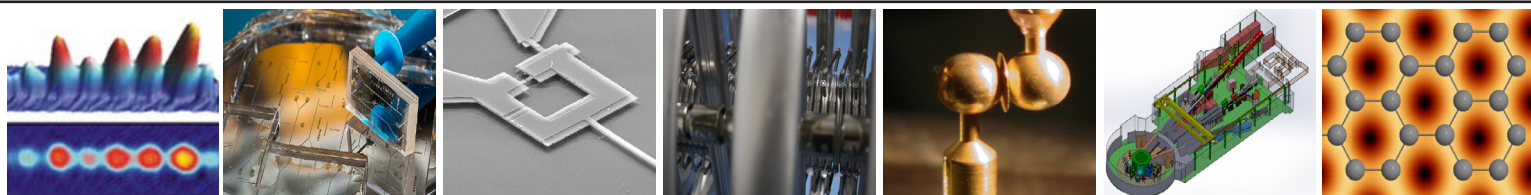
Kamel Aït-Ameur : tél : 02.31.45.25.73, kamel.aitameur@ensicaen.fr

La plupart des lasers commerciaux délivrent un faisceau de sortie dont la distribution transversale d'intensité est gaussienne alors que beaucoup d'applications laser ont besoin d'un faisceau ayant une distribution d'intensité différente. C'est le but de la mise en forme spatiale qui consiste en général à transformer le faisceau gaussien en un faisceau uniformisé (en anglais FT, Flat-Top) ou creux (anneau de lumière, en anglais OBB, Optical Bottle Beam) dans le plan focal d'une lentille. Ces transformations peuvent être obtenues en faisant traverser par le faisceau gaussien un Élément Optique Diffractif (EOD) possédant le profil de phase adéquat, ce qui permet d'obtenir en champ lointain le profil d'intensité désiré. Cet élément optique diffractif est soit un modulateur spatial de lumière (en anglais SLM, Spatial Light Modulator) ou bien un profil de phase gravé dans un substrat transparent. Dans les deux cas, il s'agit de dispositifs qui ne fonctionnent pas correctement à plusieurs longueurs d'onde, et qui sont très coûteux et fragiles pour le cas du SLM. De plus, la mise en forme diffractive présente

l'inconvénient majeur d'introduire une aberration optique qui détériore la qualité de la tache focale finale. L'équipe Laser, Instrumentation Optique et Applications du CIMAP a récemment développé une technique innovante permettant de transformer un faisceau gaussien (FG) en un faisceau uniformisé (FT) ou creux (OBB) par un procédé interférométrique basé sur la superposition cohérente de deux faisceaux gaussiens coaxiaux monochromatiques de même largeur mais de rayon de courbure opposé. Ces deux faisceaux sont issus d'un interféromètre de Michelson éclairé par le faisceau gaussien à mettre en forme. Le dispositif a la particularité d'être bon marché et robuste vis-à-vis du dommage optique. La figure montre les profils d'intensité expérimentaux obtenus. Nous travaillons maintenant à rendre ce procédé quasi-insensible à la longueur d'onde afin qu'il soit applicable à des faisceaux laser à spectres élargis (femtoseconde et super-continuum).



Profil d'intensité dans le plan focal d'une lentille : (a) faisceau uniformisé, (b) faisceau creux





Ephriem Mengesha a étudié la physico-chimie à l'Université d'Addis Abeba (Ethiopie). Il a poursuivi son cursus par une thèse sur l'effet tunnel des protons dans les porphycènes à l'Académie des sciences de Pologne (Varsovie) en collaboration avec Anne Zehnacker-Rentien (ISMO, Université Paris-Sud).

Arrivé en juin 2015 au LIDYL pour un stage postdoctoral sur les « complexes flexibles » dans le groupe DyR, il présente ici ses résultats les plus récents.

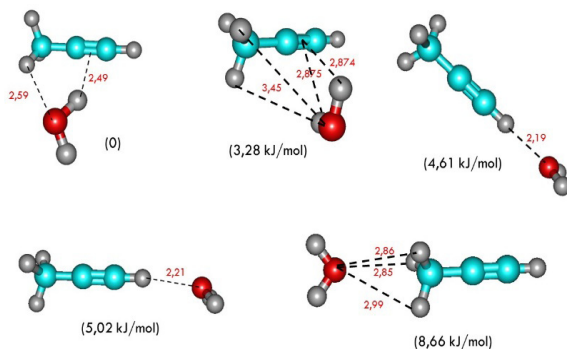
Ephriem Mengesha : tél : 01.69.08/81.21, ephriem.mengesha@cea.fr

Les complexes flexibles à 0.4 K

Certains assemblages moléculaires dépendent d'un équilibre subtil entre plusieurs forces de faible intensité (forces de van der Waals ou forces générant les liaisons hydrogènes). Ces forces permettent l'existence de systèmes moléculaires souples ayant un grand nombre de degrés de liberté de déformation. Cette flexibilité se trouve notamment, mais pas seulement, dans les molécules biologiques, et est à l'origine de leur adaptation en fonction de leur environnement (processus de reconnaissance chirale, etc.). Un cas intéressant se produit lorsqu'une interaction de faible intensité existe entre deux molécules dont l'une a une certaine propension à être en même temps donneur et accepteur d'un proton : par exemple, une molécule d'alcyne ayant une triple liaison, orbitale π , et un atome d'hydrogène acide sur sa terminaison. C'est dans ce contexte que l'interaction entre une molécule d'eau et une molécule de propyne a été étudiée sur le dispositif Gouttelium. En effet, les gouttelettes d'hélium s'avèrent être des

micro-réacteurs très commodes pour former des complexes dont on maîtrise la stœchiométrie à l'échelle moléculaire. C'est ainsi que le complexe propyne-eau a été fabriqué. Par ailleurs, les gouttelettes d'hélium étant superfluides ($T_{\text{goutte}} \approx 0,4 \text{ K}$), elles perturbent peu, en première approximation, le complexe.

Une fois que les gouttelettes d'hélium ont été dopées avec les deux molécules, ces dernières migrent au sein de l'agrégat pour former un complexe lié par des liaisons de faible intensité. Des spectres infra-rouge d'absorption dans la région de la vibration C-H sont réalisés afin de sonder la présence de la molécule d'eau sur le propyne, et donc les liaisons de faible intensité. Les spectres sont comparés aux résultats de calculs menés par la méthode DFT-D3 (Figure). Plusieurs bandes des spectres infra-rouge ont été observées et attribuées au complexe propyne-eau. Certaines d'entre elles ont été attribuées au conformère du complexe le plus bas en énergie. D'autres bandes sont toujours en cours d'attribution.



Les différents conformères calculés par la méthode DFT-D3 (fonctionnelle B3LYP, base 6-311++G**). Les liaisons de faible intensité sont symbolisées par les traits en pointillés (distances indiquées en rouge). Les énergies relatives à la forme la plus stable sont indiquées en noir (kJ/mol). Les atomes de carbone de la molécule de propyne sont en bleu, l'atome d'oxygène de la molécule d'eau en rouge, et les atomes d'hydrogène en gris.

La vie des labos

Cette année 2016 s'est achevée sur plusieurs résultats majeurs avec, notamment, des avancées sur des projets qui nous tiennent à cœur : le premier laboratoire refait dans le cadre de NanoChem a enfin été livré, il y accueille des appareils de diffusion de rayons X du NIMBE mais aussi du LLB, illustrant ainsi des synergies entre les différents services de l'IRAMIS. Avec le début des installations des équipes à l'Orme et les premiers photons du laser Fab1-10 d'Attolab qui ont atteint les salles d'expériences, des résultats très prometteurs et marquants dont une ERC advanced, ont été obtenus au LIDYL. Au SPEC, les déménagements progressifs se poursuivent afin de regrouper toutes les équipes à l'Orme. La diffusion neutronique s'est aussi structurée en 2016 avec la mise en place d'une fédération nationale regroupant tous les acteurs ; elle sera chargée d'assurer l'accès aux différents instruments français et de coordonner les futurs développements dans ce domaine.

L'année 2016 a été très riche en résultats scientifiques majeurs publiés dans les plus grandes revues. Pour n'en citer qu'un nombre restreint je peux mentionner l'étude de la dynamique attoseconde d'une résonance de Fano, la démonstration de l'existence d'un ordre amorphe dans les verres ou encore la première réalisation d'un réseau de neurones à bases de memristors organiques.

Notre organisation a évolué en 2016 et elle devrait encore évoluer cette année. La Direction de la Recherche Fondamentale, née de la fusion des Directions des Sciences de la Matière et du Vivant, a connu sa première année d'existence, avec la mise en place d'un directeur et de directions fonctionnelles renforcées. La suite de la réorganisation devrait se traduire en début d'année par une redéfinition de certains instituts, dont l'IRAMIS qui serait promu du niveau de département à celui d'institut, reconnaissant ainsi toute sa valeur. Notons enfin que suite à son évaluation réussie, l'UMR CIMAP est reconduite pour un prochain quinquennal avec un périmètre élargi.

Enfin au niveau supra-organisme, l'Université Paris-Saclay aura connu des hauts et des bas en 2016. Cependant la structuration se poursuit comme l'indique la labélisation des Initiatives de Recherches Stratégiques dont celles coordonnées par le LSI, le SPEC ou encore le LIDYL, mais surtout avec la déclaration faite en Conseil des Ministres en fin d'année qui réaffirme la volonté politique. Le CEA y prendra toute sa part en s'inscrivant comme un membre du noyau de cette nouvelle université de recherche.

Pour 2017, je souhaite que nous restions extrêmement solidaires et mobilisés sur nos objectifs. Nous nous devons de développer une recherche fondamentale en lien avec les enjeux sociétaux et les missions du CEA, c'est-à-dire ouverte sur l'innovation et la création de valeur économique. Cette stratégie collective, s'appuyant sur un support d'aide à la recherche performant, nous permet de faire progresser à la fois la science qui nous motive et les projets ambitieux que nous portons. Votre dynamisme et votre réactivité sont les garanties de nos futurs succès.

Je vous souhaite, ainsi qu'à vos proches une très heureuse année 2017.

Hervé DESVAUX